The First Libyan International Conference on Engineering Sciences and its Applications

Under the organization of the Libyan Academy



المؤتمر الليبي الدولي الأول للعلوم الهندسية وتطبيقاتها - الاكاديمية الليبية

First Libyan International Conference on Engineering Sciences & Applications -Libyan Academy

الأكاديمية الليبية
The Libyan Academy

الأكاديمية الليبية
The Libyan Academy

Conference Proceeding

The First Libyan International Conference on Engineering Sciences & Applications

13-15 March 2023

الاكاديمية الليبية للدراسات العليا

Libyan Academy for Postgraduate Studies



Location



Conference Web-Site

https://flice.academy.edu.ly/

الاكاديمية الليبية للدراسات العليا

الوصف

تأسست الأكاديمية سنة (1988م) تحت مسمى: (معهد الدراسات العليا للعلوم الاقتصادية)، في طرابلس– ليبيا، وبدأت تمارس نشاطها في مجال الدراسات العليا في فصل الخريف من العام (1989م) بثلاثة أقسام علمية فقط، هي: (المحاسبة، الإدارة والتنظيم، الاقتصاد)، وفي العام (1995م) صدر القرار رقم (996) بإنشاء مُسمى (أكاديمية الدراسات العليا)، وتضمن القرار تحديد للدرجات العلمية التي تمنحها الأكاديمية لخريجيها، وهي: دبلوم الدراسات العليا، الإجازة العالية (الماجستير)، والإجازة الدقيقة (الدكتوراه)، كما نص القرار أيضا على أن تقوم الأكاديمية بتدريس كافة التخصصات وحسب الامكانات المتوفرة. وقد توسعت الأكاديمية خلال السنوات السابقة حتى وصلت إلى (7) مدارس علمية وهي:

1. مدرسة العلوم الإدارية والمالية.
2. مدرسة العلوم الإنسانية.
3. مدرسة العلوم الهندسية والتطبيقية.
4. مدرسة اللغات.
5. مدرسة الأعلام والفنون.
6. مدرسة الدراسات الإستراتيجية والدولية.
7. مدرسة العلوم الأساسية

المراكز المتخصصة بالاكاديمية الليبية

- معهد تنمية الموارد البشرية. (مركز تدريبي).
- مركز اللغات (مركز تدريبي).
- مركز تقنية المعلومات والدعم الفني.
- مركز الإنتاج الإعلامي والفني.
- مركز الأكاديمية الليبية للإستشارات والبحوث الهندسية.
- الدار الأكاديمية للطباعة والنشر.
- مكتبة علمية.

FLICESA-LA
2023

شكر وتقدير

يتقدم رئيس الأكاديمية الليبية للدراسات العليا واللجنة التحضيرية للمؤتمر الليبي الدولي الأول للعلوم الهندسية وتطبيقاتها بالشكر لكافة الشركات و المؤسسات الراعية التي كانت جزء في نجاح ودعم هذا الحدث الرائع

شركة نفوسه للعمليات النفطية
فرع ليبيا

الأكاديمية الليبية

National Oil Corporation
Libyan Petroleum Institute

الهيئة الليبية للبحث العلمي
Libyan Authority For Scientific Research

جامعة ليبيا المفتوحة
Libya Open University

Q.A.C.C
مركز ضمان الجودة والمعايرة المهنية

الحداثة للإتصالات وتقنية المعلومات


THE BEST
شكر وتقدير
يتقدم رئيس الأكاديمية الليبية للدراسات العليا واللجنة التحضيرية
للمؤتمر الليبي الدولي الأول للعلوم الهندسية وتطبيقاتها بالشكر
لكافة القنوات الفضائية على التغطية خلال الايام المؤتمر
الشامخ
FM SHABABIA
الشبابية
الرسمية
الوطنية
فبراير

CONFERENCE DIRECTOR

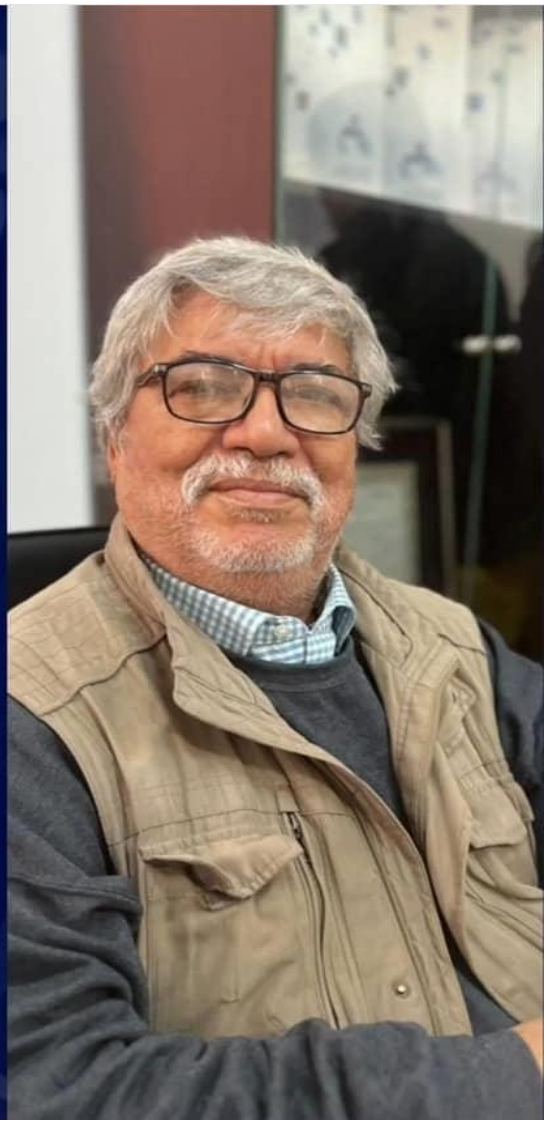


Prof. Ramdan Alhadi Almadani

President of Libyan Academy

P.Abdalla Fadel

Professor Abdalla idris fadel, President of the Conference
Chairman of the Preparatory Committee, and a faculty member at the Libyan Academy for Postgraduate Studies, BA, University of Tripoli, MA, University of Colorado
Ph.D., University of Missouri



Preface

Welcome to the First Libyan International Conference on Engineering Science and Applications (FLICES-LA)

Engineering Sciences (ES) is considered to be the most responsible sciences that role and drive the world development in technology , industry , and services for human. The scientific research in the engineering science fields is increased in spread and momentum, that cover most life aspects and reaches a high levels of technologies in the industrial and human services fields. To keep up with those scientific and technological developments it is a necessity to concern with engineering sciences and its applications, and how to transfer those tech. To the researchers, universities, and industrial and service bodies.

Through the local and international conferences and specialized workshops the ES technologies can be understood , developed, and transferred to our institutional bodies and take what is new in this technology. Through the First Libyan International conference on Engineering Sciences and Applications (FLICES-LA) in Libyan Academy.

We invite all engineers, staff members, specialists, and interested services and institutional bodies to attend and share their new researches and activities through our conference activities that covers many interested aspects.

CONFERENCE GOALS



First Goal

Gathering researchers, interested people, professors, and graduate students in the fields of engineering sciences to consider scientific and research activities and get acquainted, and to know where we stand from these sciences in Libya and the possibility of determining the scientific direction that should be pursued.



Second Goal

The possibility of linking the Libyan Academy and universities with productive, industrial and service institutions and trying to convert the problems of these institutions into real research projects and to benefit from their scientific results in the various fields of engineering sciences.



Third Goal

The participation of postgraduate students for master's and doctoral degrees in publishing their research, learning about what is new in their specializations, and broadening their scientific and research knowledge.



Fourth Goal

Advance the level of research for engineering sciences, identify the real problems facing professors and researchers, and propose solutions through the research presented to the conference.



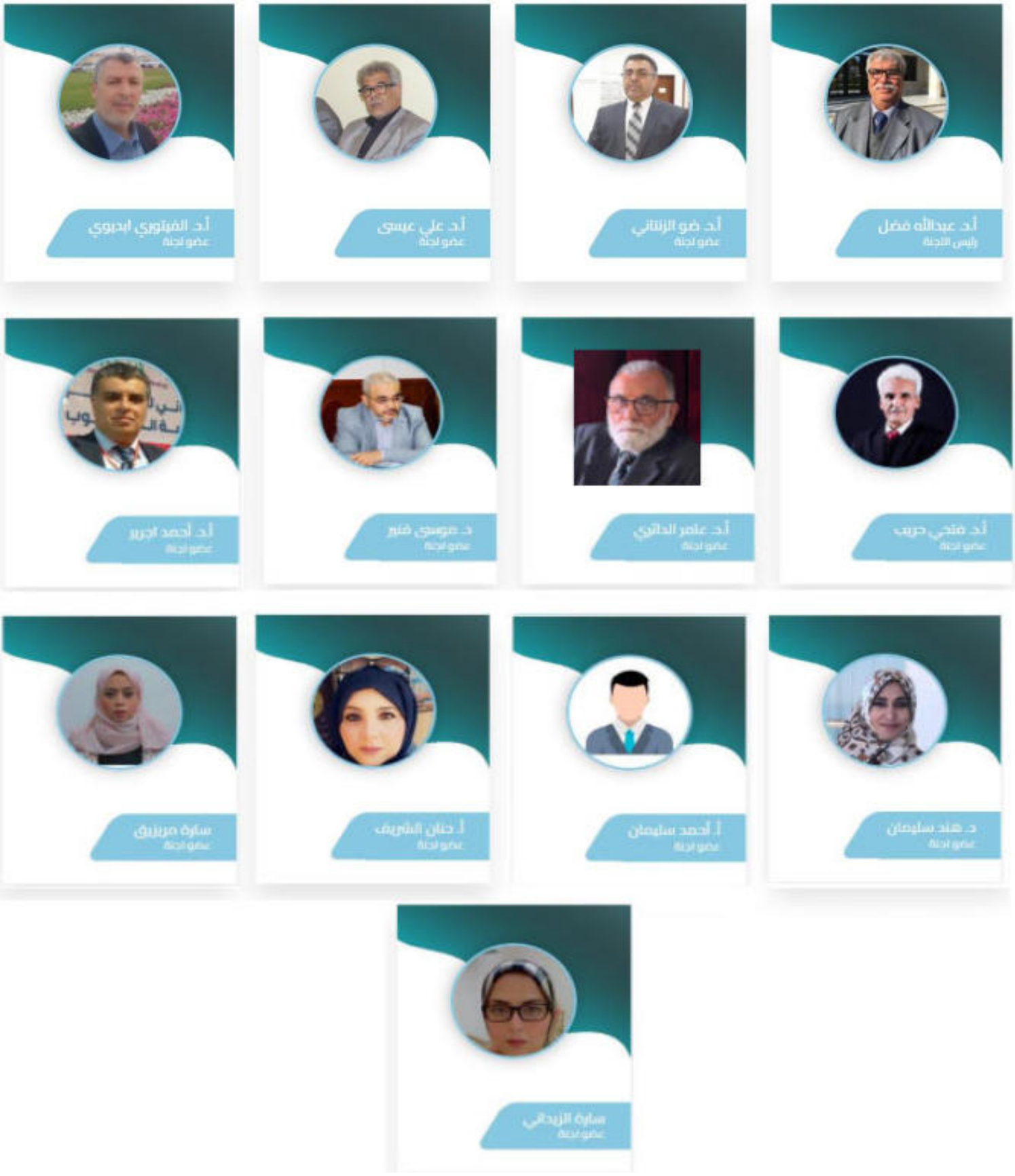
Fifth Goal

The opportunity for professors and researchers to interact with their counterparts at home and abroad and to link scientific and research relations between them and their institutions.

Committees



اللجنة التحضيرية



اللجنة العلمية

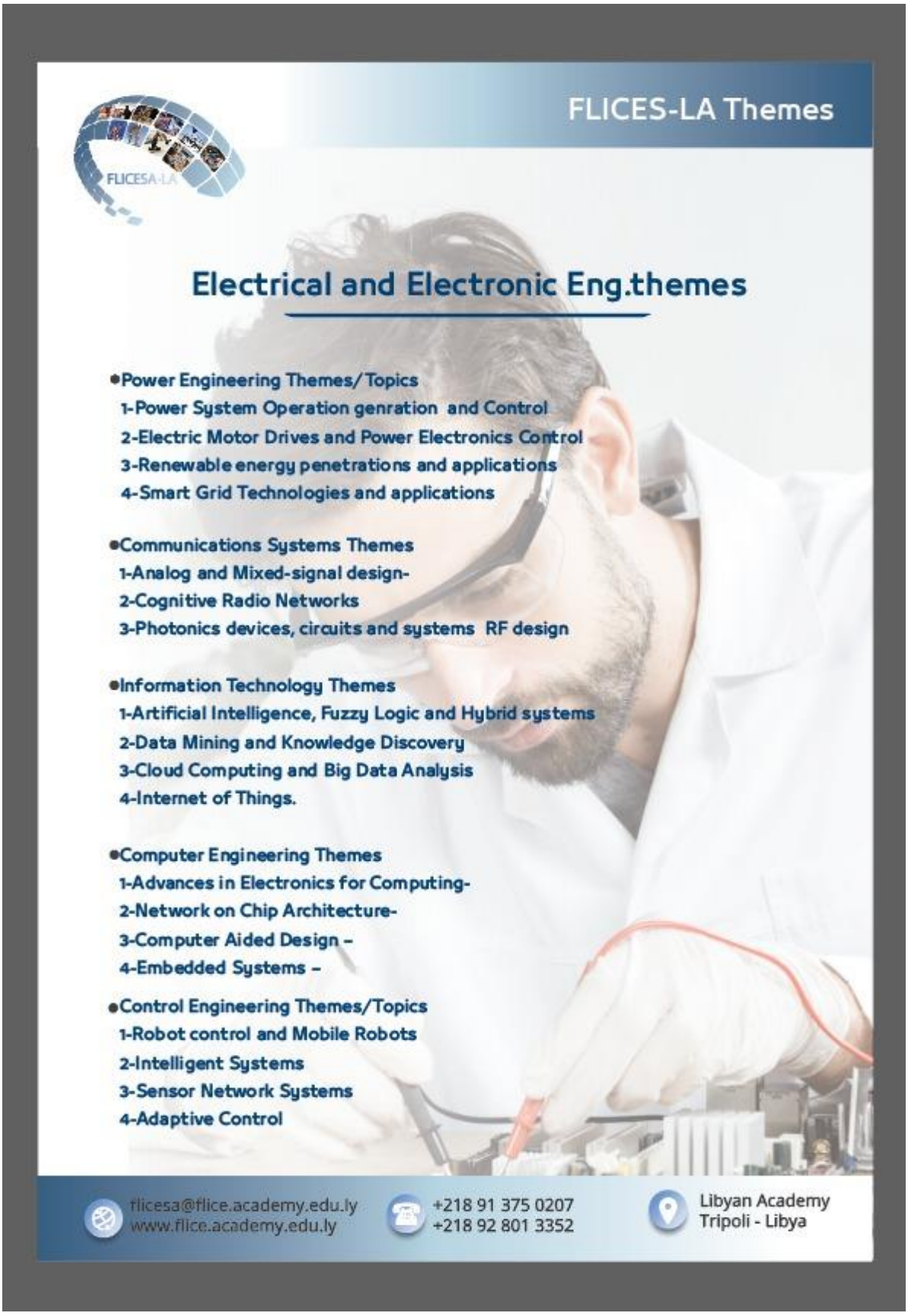


اللجنة الاعلامية






TOPICS


FLICES-LA Themes
FLICESA-LA
Electrical and Electronic Eng.themes
•Power Engineering Themes/ Topics
1-Power System Operation genration and Control
2-Electric Motor Drives and Power Electronics Control
3-Renewable energy penetrations and applications
4-Smart Grid Technologies and applications
•Communications Systems Themes
1-Analog and Mixed-signal design-
2-Cognitive Radio Networks
3-Photonics devices, circuits and systems RF design
•Information Technology Themes
1-Artificial Intelligence, Fuzzy Logic and Hybrid systems
2-Data Mining and Knowledge Discovery
3-Cloud Computing and Big Data Analysis
4-Internet of Things.
•Computer Engineering Themes
1-Advances in Electronics for Computing-
2-Network on Chip Architecture-
3-Computer Aided Design –
4-Embedded Systems –
•Control Engineering Themes/Topics
1-Robot control and Mobile Robots
2-Intelligent Systems
3-Sensor Network Systems
4-Adaptive Control
flicesa@flice.academy.edu.ly
www.flice.academy.edu.ly
+218 91 375 0207
+218 92 801 3352
Libyan Academy
Tripoli - Libya



محاور هندسة العمارة

1 التوجهات المعاصرة و الاستدامة في التخطيط العمراني
و التصميم الحضري
2 الاستدامة في التصميم الحضري
3 تطبيقات و تأثير التقنية الحديثة على التصميم المعماري
4 النمو العشوائي و المعالجات التخطيطية

محاور الهندسة الميكانيكية والصناعية والطاقات

1 هندسة القوى الميكانيكية
2 هندسة المواد واستخداماتها
3 الطاقات المتجددة تطبيقاتها ودورها في تحقيق التنمية المستدامة
4 الهندسة الصناعية وتطبيقاتها

flicesa@flice.academy.edu.ly
www.flice.academy.edu.ly
+218 91 375 0207
+218 92 801 3352
Libyan Academy
Tripoli - Libya

FLICES-LA Themes

Mechanical, Energy, and Aeronautical Engineering

1-Mechanical Power Engineering
2-Materials engineering and their uses
3-Renewable energy, the their applications and its
4-role in achieving sustainable development
5-Industerial Eng. and Applications

Chemical, Petroleum, and Environmental Engineering

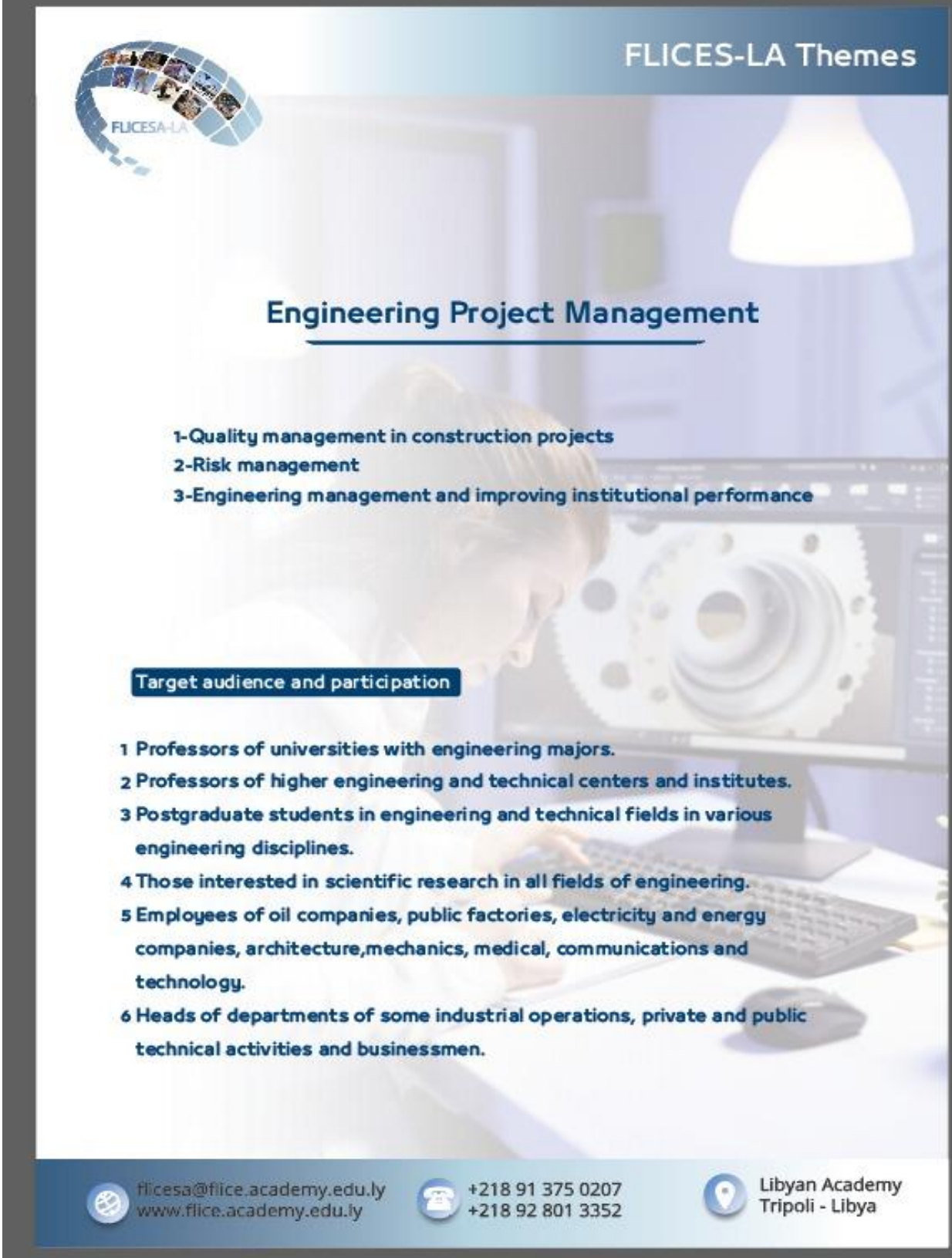
1-Completion and Production Technology
2-Drilling (Well Construction) EOR/IER
3-Reservoir EOR/IER
4-Reservoir Managemen

Biomedical Engineering

1-Instrumentation Equipment and Medical Imaging
2-Biomechanical and Material
3-Genetic Engineering

flicesa@flice.academy.edu.ly
www.flice.academy.edu.ly
+218 91 375 0207
+218 92 801 3352
Libyan Academy
Tripoli - Libya


محاور المؤتمر
محاور الهندسة الطبية
1 التصوير الطبي واجهزة القياس
2 علم المواد والميكانيكا الطبية
3 الهندسة الجينية الهندسة الوراثية
محاور ادارة المشاريع الهندسية
1 إدارة الجودة في المشاريع الانشائية
2 التحكم في أداء المنشآت وتحسينها
3 الادارة الهندسية وتحسين اداء المؤسسات
المستهدفون بالحضور والمشاركة
1 أساتذة الجامعات التي بها تخصصات هندسية
2 أساتذة المراكز والمعاهد الهندسية والتقنية العليا
3 طلاب الدراسات العليا في المجالات الهندسية والتقنية بمختلف التخصصات الهندسية
4 المهتمون بالبحث العلمي في المجالات الهندسية بجميع تخصصاتها
5 موظفو الشركات النفطية والمصانع العامة وشركات الكهرباء والطاقة و العمارة و
المكانيكا و الطبية و الاتصالات و التقنية
6 رؤساء إدارات بعض العمليات الصناعية والأنشطة التقنية الخاصة والعامة و رجال الاعمال
flicesa@flice.academy.edu.ly
www.flice.academy.edu.ly
+218 91 375 0207
+218 92 801 3352
Libyan Academy
Tripoli - Libya


FLICES-LA Themes
FLICESA-LA
Engineering Project Management
1-Quality management in construction projects
2-Risk management
3-Engineering management and improving institutional performance
Target audience and participation
1 Professors of universities with engineering majors.
2 Professors of higher engineering and technical centers and institutes.
3 Postgraduate students in engineering and technical fields in various engineering disciplines.
4 Those interested in scientific research in all fields of engineering.
5 Employees of oil companies, public factories, electricity and energy companies, architecture,mechanics, medical, communications and technology.
6 Heads of departments of some industrial operations, private and public technical activities and businessmen.
flicesa@flice.academy.edu.ly
www.flice.academy.edu.ly
+218 91 375 0207
+218 92 801 3352
Libyan Academy
Tripoli - Libya

Index

Paper ID	Title	Page
AUE001	البيئة المعمارية تحت تأثيرات تلوث النهضة الصناعية زليتن – منطقة سوق الجمعة	1
AUE002	تـصمـيـم نمـــوذج لمســكن عـزل	11
AUE003	علاقة عوامل الهندسة البشرية في البيئة الداخلية بتطور البيئة التعليمية دراسة أرجونومية للبيئة الداخلية لمبنى قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني بجامعة المرقب	20
BME001	A three- dimension finite element analysis to evaluate the effect of rigid and non-rigid connectors in tooth-implant supported prosthesis	27
BME002	Numerical Study of Resilient Implant with micromovable element Implemented in Dental Prosthesis	32
BME003	Numerical Study of the effect of three leaflet opening angles on the blood flow through a bileaflet mechanical heart valve	38
BME004	Computational Approach for Evaluating the effect of Stent Materials on Biomechanical Properties	44
BME005	DESIGN OF HUMAN PROSTHETIC HAND	49
CPE001	Which Type of Water Injection is Able to Give a Higher Oil Recovery Factor "Formation Water or Sea Water"?	58
CPE002	Application of python in the estimation of petrophysical properties,Sarir Field	66
CPE003	Nodal analysis calculation for the estimation of the BEST OPERATING CONDITIONS USING TWO WELLS	71
CPE004	Enhancement of Safety and Reliability in Refineries by Effective Assets Integrity Management: A Case Study of AGOCO Refineries in Libya	76
CPE006	NON-NEWTONIAN MELT FLOW OF THERMOPLASTIC MATRIALS IN EXTRUDER	86
CPE007	Modifying the κ-Parameter in the Peng Robinson Equation of State to Improve Prediction of Vapor Pressure at Low Temperature and Binary Mixture Phase Equilibria	93
CPE008	Investigate the Petrophysical Characteristics of Lower Akakus Reservoir in (A) Structure -NC118 Oil Field by Using Well Logging Data, Ghadames Basin, West Libya	100
CPE011	Physical Properties of Epoxy Foam Prepared Using Natural Rubber As Toughening Agent	105
CPE012	دراسة دراسة لمقارنة بعض الطرق المستخدمة في تقدير قيمه معامل انحراف الغاز الطبيعي الحالة الغاز المنتج من حقل الوفاء	110
CPE013	Optimization of the Concentration Bath of Ni-P Electroless Plating by Photon Energy	119
CPE014	Determination of Knudsen diffusion of gas flow in artificial porous media	123
CPE015	Selection of the best acid formulation for acidizing dolomite formation in Gialo-59 oil field	131
CPE016	الاستكشاف الجيوفيزيائي لحوض سرت باستخدام طريقة الجاذبية	138

CSE001	الطريق الساحلي قطاع }مقترح منهجية لاختيار البديل المناسب لإعادة تأهيل الرصف المرن (بوابة كعام – مدخل مسلاته) كحالة دراسية	156
CSE002	دراسة تأثير مستويات الدمك على الخواص الحجمية والميكانيكية للخلطات الأسفلتية	168
CSE003	دراسة استخدام فضلات الزجاج كبديل جزئي للإسمنت في الخلطات الخرسانية في ليبيا	175
CSE004	استخدام الألياف الكربونية أحادية الاتجاه في تدعيم الأعمدة والكمرات الخرسانية	183
CSE006	Seismic Response Spectrum Curves for Selected Cities in Libya	196
CSE007	دراسة تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة العادية دراسة حالة (محطة النجيلة جنزور	205
CSE008	تأثير إختلاف نسب الخلط للخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم علي الخواص الميكانيكية	213
CSE009	دراسة تأثير الشقوق والفواصل على انهيار صخور عضو يفرن الموازي لمسار الطريق N ()الجبلي نالوت	223
CSE010	دراسة تأثير إضافة الألياف الفولاذية المستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة على الخواص الميكانيكية للخرسانة العادية	231
CSE011	ترميم وصيـانة المبـاني الأثـرية بتطبيق تكـنولوجيا النـانو والطرق العـلمية الحديثة	239
CME001	Photon Coincidence Simulation Through Virtual Chaotic Light Source Timestamps	250
CME 002	OFDM Communication Receiver system with Initialisation Processor	254
CME 004	Performance Improvement of Vector Quantization Methods Using Residual LSF	260
CME 005	imulation FSO System under Effect of Scintillation Index on Weak to Strong Turbulence	266
CME 006	Hybrid Machine Learning Algorithm for Energy Efficient in Wireless Sensor Networks	271
CME 008	Effects of Antenna Radiation on Human Head at Frequencies of Millimeter Waves	276
CME 009	Smart Green House using Wireless Sensor Network	282
CME 011	Improvement of bandwidth and gain of Yagi Array Microstrip Antenna using series and corporate feeding for 5G application	286
CME 012	Automatic Modulation Classification Using Convolutional Neural Networks with Feature Fusion Method	290
CME 013	Wide bandwidth Metamaterial Microstrip Patch Antenna Array using 12.9 Relative Permittivity at 60 GHz	296
CME 014	Performance Analysis of Optical Fiber Communication Systems Under Different type of Modulation Formats	301
CME 016	Computations of Multi-Band Electromagnetic Scattering from NonConducting Spherical Surfaces	304
CME 017	A Synthesis Design of Linear Array Antenna with Chosen Nulls Directions in Searching Systems	307
CME 018	Investigating Performance Parameters of Class E Power Amplifier with Shunt Capacitance Configuration at Lower Microwave Frequency Band	310
CME 019	Computational Method diffracted wave evolution at different sizes of obstacle's edge	315
COE001	Computer vision analysis of image motion by optical flow	319

EME001	Investigative SCM in Africa Bottling Operations LTD By Using Simulation Modeling Software Arena	324
EME002	Supply Chain Performance Measurement using Balanced Scorecard in some of Libyan Companies	330
EME003	Statistical Process Control Implementation in Pharmaceutical Industry for production process	339
EME004	مدى مطابقة البرامج التدريبية للمواصفة القياسية ISO 10015 وأثرها على الأداء الوظيفي دراسة تطبيقية لشركة الواحة للنفط) للمهندسين	343
EME005	The Risks of Multi Package Contracts within Complex Projects	351
EME007	The role of defect elimination as strategy to improve reliability	359
EME008	دراسة تطبيقية النزاعات في العقود الهندسية أسبابها والأثار المترتبة عليها	363
EME009	Understanding Risk Culture among Institutional Managers in Libya	375
EME010	The Potential of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Libyan Construction Industry	384
IT002	COMPARISON BETWEEN ZIGBEE AND Z-WAVE TECHNOLOGIES	388
IT003	Automated Arc Welding Defect Detection for Industry 4.0 Machine Vision System	394
IT004	Automate Quality Assurance Processes based on BPM over Google Cloud Platform	399
IT005	3D data compression with: high degree polynomials	406
IT006	Making Infrastructure data base using GIS applications – Baniwalid bridges	412
IT008	Fingerprint Feature Extraction and Matching using Convolutional Neural Networks(CNNs): A Review	422
IT009	Skin Cancer Classification Based on Deep Learning Transfer Learning Algorithm and Data Augmentation	427
IT010	Integration of 3D Chaotic Maps for Color Image Encryption	433
IT012	دمج انظمة التعليم الالكتروني بالتعليم التقليدي	438
IT013	Expert System to Improve and Develop Mathematic Teachers Skills	452
IT014	Detection of Digital Image Edge Using Fuzzy Logic Algorithm In Matlab	459
IT015	Improving the Quality of Engineering Education in Libya	463
IT016	Image Compression using WebP and JPEG algorithms	466
IT017	Review of Big Data Analytics in Healthcare Sector	474
IT018	Comparing the types of Naive Bayes in the Classification of the Arabic text	482
IT019	استخدام تقنيتي الضغط والتشفير لحماية الملفات النصية في الحوسبة الالكترونية	486
IT020	Data Compression Algorithms and their Applications	490
IT022	Process Mining as an Ecosystem Platform to Mitigate a Deficiency of Processes Modelling	496
MIE001	Meso-Interlaced 1D Finite Element mesh for Modelling Plain Wave Engineering Fabrics	503
MIE002	An Experimental Study of Acoustic Emission Generated by Journal Bearing	510

MIE004	Horizontal Pressure Vessel Designing by Implementation of ASME Codes, Section VIII, Division1	515
MIE006	Effect of the Groove Shaped Base Metal on the Mechanical Properties of Mild Steel Welding	521
MIE007	The effect of ambient temperature on the quality of three-dimensional printer products in FDM technology for ABS material	527
MIE008	Comparison of mechanical properties between PLA and ABS for FDM products	530
PDE 001	Recognizing and Charging Generators for Their Contribution to Network Voltage Support in a Market Environment	533
PDE002	Forecasting of Electricity Demand in Libya using Economic and Demographic Variables	539
PDE 003	Voltage Control Scheme for Distribution System Network	543
PDE 004	A Comprehensive Study About Evaluating and Comparing Two Solar (PV And CSP) At The AlKufrah Desert Region	548
PDE 005	The effect of STATCOM controller on the operation of Distance relay under selected fault conditions for a part of the Libyan network	555
PDE 006	A Modified Topology of Asymmetrical 27-Levels Cascaded Multilevel Inverter	561
PDE 007	لحساب إجراء تيارات دائرة القصر في أنظمة الطاقةANSI **IEC vs الـ ارسة مقارنة وفقًا لـ**	567
PDE 008	Impact of Demand Side Management on Consumption of Residential Consumers with a Photovoltaic System in Libya	581
PDE 009	Renewable Energies (PV -System) and its Applications in Semi-Desert Areas	587
PDE 010	Forecasting of Electrical Energy Demand in Libya using Demand Side Management Measured Data	593
CPE005	Highly efficient eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in Alkalin Environment at different concentrations & quantities: experimental & molecular dynamics study	601
CPE009	Investigation of Using Polyethylene Glycol-400 (PEG-400) As a Surfactant for Separation of organic dyes and some heavy metals from Water Samples by Cloud Point Extraction	606
CME007	A frequency agile RF transmitter for the entire TVWS in Libya	610

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

البيئة المعمارية تحت تأثيرات تلوث النهضة الصناعية

(زليتن – منطقة سوق الجمعة)

أ.فاطمة على البيدى ، م.عبد الرحيم أبو مريقة. ، م.حافظ علي البحباح
عضوٌ هيئة تدريس بكلية التقنية الهندسية /مسلاته
إدارة المرافق المحلية زليتن(المجلس البلدي زليتن)
مصلحة التسجيل العقاري زليتن
Fatmtalbyd53@gmail.com
en91mar@gmail .com

الملخص:

ترتب على النمو والتقدم الصناعي في الدول الصناعية إلى ظهور عدة نتائج سلبية، ولاسيما الصناعات الثقيلة التي لا يمكن الاستغناء عنها في المجتمع مثل صناعة الإسمنت؛ لأهميته في التطور الحضاري على كافة المستويات، و عليهه ينتج حدوث عدة أضرار للقوى العاملة، والبيئة المحيطة على حد سواء إن لم تتخذ الإجراءات اللازمة لتفادى هذه المخاطر.

والمنطقة الصناعية الموجودة في منطقة الدراسة تحتوى على مجموعة مصانع لإنتاج الإسمنت ومجموعة محاجر وهى محور الدراسة ويعتبر المصانع هم الاكثر خطورة البيئة التي تسبب عدة أضرار بشرية وبيئية، وهو ما دفع الباحثون لاختيارها للدراسة، وخاصة إذا لم يتخذ الإجراءات اللازمة الوقائية من هذه الأخطار، واستطلاع وجهة نظر سكان المنطقة؛ لكونهم جز لا يتجزأ من محيط المصنع .

وكذلك إجراء دراسة تخطيطية وميدانية لمعرفة الأخطار البيئية الناتجة من مخلفات ا لمصانع لتفاديها و وضع الحلول المناسبة لمعالجتها ، لتجنب او تقليل نسبة خطورتها على المنطقة المحيطة بهذه المصانع التي تنقسم الى سلسلة جبلية ممتدة من منطقة الغويلات الى منطقة القصبة وترسم خط الافق للمنطقة السكنية من الناحية الجنوبية ويليها الحزام الاخضر المتمثلة في المنطقة زراعية التي تعتبر منتجة للمحاصيل الزراعية للأشجار المثمرة والمحاصيل الموسمية ثم يليها المنطقة السكنية التي تحتوى على العديد من الحيا السكنية وبعض الخدمات والمرافق التابعة لهذه الاحياء.

Abstract: the industrial growth and progress in the industrialized countries led to the emergence of several negative results, especially the heavy industries that cannot be dispensed with in society, such as the cement industry. Because of its importance in the development of civilization at all levels, and accordingly, it results in the occurrence of several damages to the workforce and the surrounding environment alike if the necessary measures are not taken to avoid these risks.

The industrial area located in the study area contains a group of cement production factories and a group of quarries, which are the focus of the study. Factories are considered the most dangerous environment that causes several human and environmental damages, which prompted the researchers to choose it for the study, especially if the necessary preventive measures were not taken from these dangers. Consider the inhabitants of the region; because they are an integral part of the factory environment.

As well as conducting a planning and field study to find out the environmental hazards resulting from the waste of factories to avoid them and develop appropriate solutions to treat them, to avoid or reduce the percentage of their danger to the area surrounding these factories, which is divided into a mountain range extending from the Ghuwailat area to the Kasbah area and draws the horizon line for the residential area from the southern side It is followed by the green belt represented by the agricultural area, which is considered a producer of agricultural crops for fruit trees and seasonal crops, then followed by the residential area, which contains many residential neighborhoods and some services and facilities belonging to these neighborhoods .

1-1مقدمة :-

يشكل التلوث المنبعث من المصانع خطر علي البيئة المحيطة سوء على النطاق العمرانى والنطاق الزراعي على حد سواء وعلي مستخدميها المتمثل في الانسان مما جعل الانسان الباحث ان يجري بعض الدراسات الميدانية لتوغل في تفاصيل تكاد تصبح محسوسة لساكنين تلك المناطق المجاورة والقريبة من هذه المصانع .

فالدراسة النظرية والميدانية للآثار البيئية للمصانع الموجودة بمدينة زليتن، تعتبر من اهم الامور وذلك لمعرفة اهم السباب التى ادت الى عدم القدرة على سيطرة المصانع على هذا التلوث والتهاون في تقديم حلول لها لتفادى هذه الآثار، ولتجنب الأضرار اوتقليل من نسبتها قدر الإمكان على البيئة والسكان.

وايضا التعرف على وجهة نظر مجتمع المحيط بالموقع الجغرافي من مصانع الإسمنت محل الدراسة من أجل تقدم وتطوير أي نشاط صناعي أو اقتصادي ينبغي المحافظة على سلامة المجتمع وبئته .

ومن هنا تأتي أهمية هذه الدراسة لإبراز أسس الصحة المهنية، من أجل بيئة أمنه للانسان وانتاجية كدخل محلي وقومي لا يمكن الاستغناء عنه او تجاهل المردود المادي لهذه المصانع .

ويمكن تتبع ذلك من خلال دراسة مصانع الإسمنت بمدينة زليتن للتعرف على مدى الآثار الجانبية السلبية التي تلحق بالمدينة وسكانها بشكل عام، والمناطق القريبة والمحيطة بالمصنع بشكل الخاص، إذ تعتبر صناعة الإسمنت من الصناعات التنموية والاستراتيجية؛ لارتباط ذلك بأعمال الإنشاء والتعمير؛ ولذلك لا يمكن الاستغناء عليه، ومن ثم ينبغي وضع استراتيجية مناسبه تحقق الأمن والسلامة للأرض الحاضنة للمصانع والسكان .

1-2مشكلة الدراسة:

من خلال الدراسة الاستطلاعية التي أجراها البحاث على الأضرار الناجمة التي تولدت عن مصانع الإسمنت بشكل صلب تتمثل مثلاً في أتربة الإسمنت والإستبسوس والمبيدات؛ التي أدت إلى تدهور نمو النباتات الطبيعية حول المصانع، واختفاء أنواع عديدة من الحيوانات البرية التي تعيش في البيئة المحيطة، فضلا عن الأضرار التي يمكن أن تصيب سكان المنطقة المجاورة وايضا العاملين فيه، كالآثار السلبية على الجهاز التنفسي، والتسمم، والضجيج وغيرها. ومن ثم استوجب طرح عدة تساؤلات ومحاولة الاجابة عليها لتحديد أبعاد المشكلة ووضع الحلول لها، وهي كالتالي:

1 هل الغازات وبقايا مراحل التصنيع الصادرة من المصنع أثناء تشغيله تؤدي إلى تلوث الهواء، مما يؤثر على الانسان والغطاء النباتي بالمنطقة ؟

2- هل يوجد إجراءات وقائية لضمان السلامة المهنية للعاملين في مصانع الإسمنت ؟

3- ما مدى الأثار المترتبة على البيئة المحلية والصحة العامة لمجتمع الدراسة؟

4- ما الخطط المقترحة للحد من هذا التلوث البيئي الناتج عن هذا المصنع؟

5-ماهي الاثار التي تكون مصاحبة لعملية التفجير في المحاجر التابعة لتلك المصانع.

1-3أهداف الدراسة :-

من خلال الدراسة الاستطلاعية التي أجراها الباحث علي مصنع الإسمنت تبين أن هناك آثار نتجت عن مصنع الإسمنت الواقعة في منطقة زليتن محل الدراسة تمثلت في المواد الصلبة مثل أتربة الإسمنت والاستبسوس والمبيدات، والتي أدت لحدوث آثار بيئية سلبية على المنطقة المحيطة بهذه المصانع وعليه تم تحديد أهداف الدراسة:

1- دراسة نظرية وميدانية للآثار البيئية للمصنع بمدينة زليتن، وتقديم حلول لها لتفادى هذه الآثار، لتجنب الأضرار وتقليل من نسبتها قدر الإمكان على البيئة والسكان.

2- التعرف على وجهة نظر مجتمع الدراسة حسب الموقع الجغرافي من مصنع الإسمنت محل الدراسة.

3-تقليل الاضرار الناتيجة من مخلفات المصانع

4-التقليل من الثار المصاحبة لعمليات التفجير

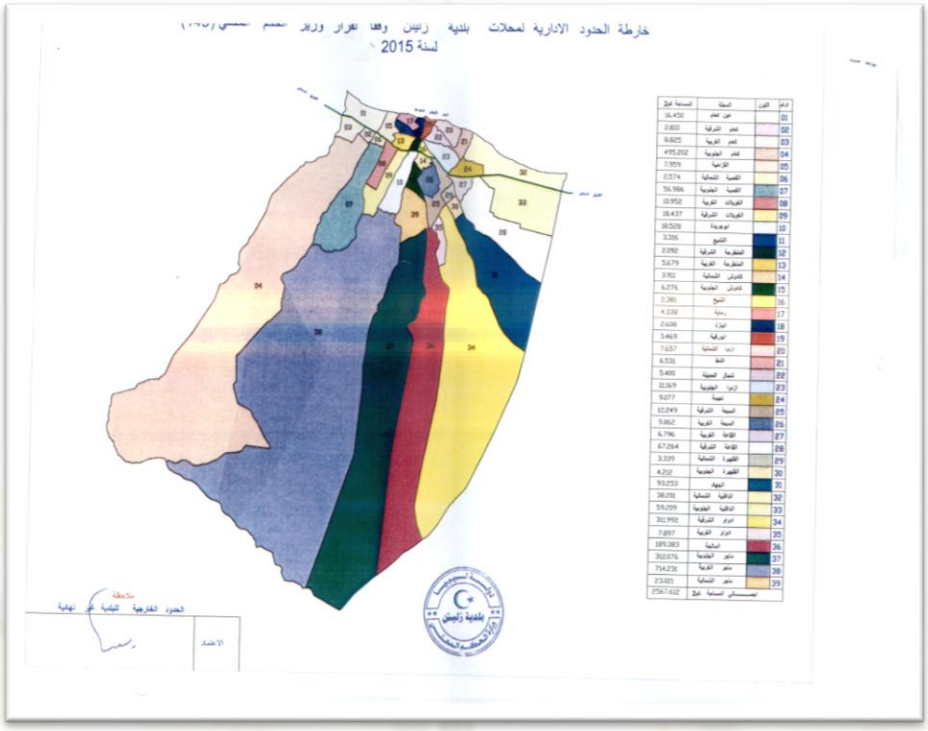
5-الحفاظ على الغطاء النباتي المتمثل في المزارع القريبة من المحاجر

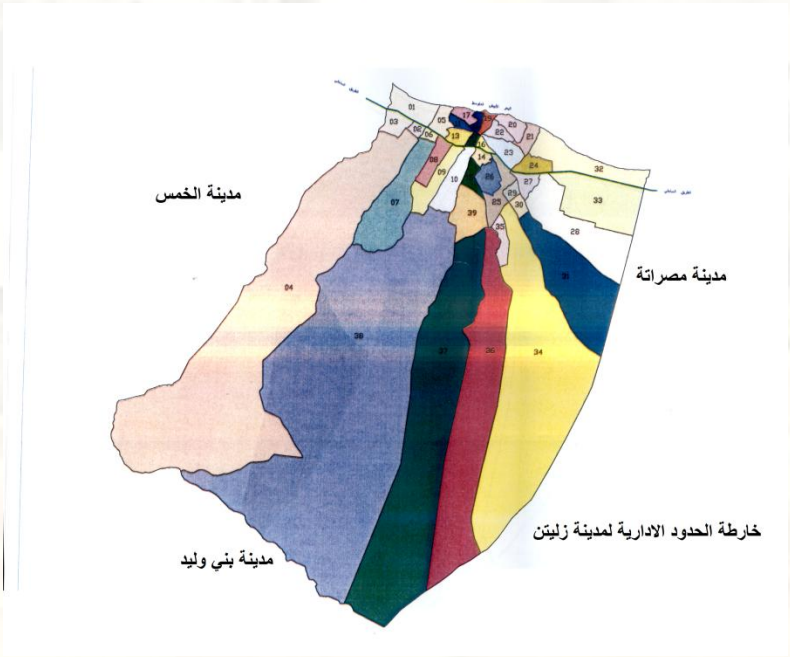
ولتحقيق أهداف الدراسة أتبع الباحث منهج الاستقراء، القائم على الدراسة الميدانية والملاحظة، والمقابلات الشخصية. وسوف توضح هذه الدراسة الأثر البيئي لمصنع الإسمنت بمنطقة زليتن.

1-4مجالات الدراسة : -

المجال المكاني:

تحدد المجال المكاني للدراسة في منطقة سوق الجمعة بمدينة زليتن الواقعة في المنطقة الوسطى وتبعد عن مدينة طرابلس من ناحية الشرق 155 كلم ،





المجال الزمنى :-

تحدد المجال الزمني لسنة 2022 - 2023 م .

أهداف الدراسة :-

من خلال الدراسة الاستطلاعية التي أجراها الباحث علي مصنع الإسمنت تبين أن هناك آثار نتجت عن مصنع الإسمنت الواقعة في منطقة زليتن محل الدراسة تمثلت في

المواد الصلبة مثل أتربة الإسمنت والاستبسوس والمبيدات، والتي أدت لحدوث آثار بيئية سلبية على المنطقة المحيطة بهذه المصانع وعليه تم تحديد أهداف الدراسة:

1- دراسة نظرية وميدانية للآثار البيئية للمصنع بمدينة زليتن، وتقديم حلول لها لتفادى هذه الآثار، لتجنب الأضرار وتقليل من نسبتها قدر الإمكان على البيئة والسكان.

2- التعرف على وجهة نظر مجتمع الدراسة حسب الموقع الجغرافي من مصنع الإسمنت محل الدراسة.

ولتحقيق أهداف الدراسة أتبع الباحث منهج الاستقراء، القائم على الدراسة الميدانية والملاحظة، والمقابلات الشخصية. وسوف توضح هذه الدراسة الأثر البيئي لمصنع الإسمنت بمنطقة زليتن.

فرضية الدراسة:-

قامت الدراسة على فرضيتين، وتحاول الدراسة إثباتها أو نفيها وهي:-

*تختلف الأضرار البيئية على مجتمع الدراسة وفقاً لمدى ثلوث البيئة والموارد الطبيعية التي يسببها المصنع .

*وضعت خطط وبرامج متواضعة المستوى للحد من التلوث الذى مرده للدعم المادي غير الكافي للمصنع.

الدراسات السابقة:

دراسة بعنوان: تقييم الأثر البيئي لمصانع الإسمنت بمنطقة زليتن،

د .يحيى محمد الشيباني، قامت هذه الدراسة على جانبين نظري وميداني، لتقييم الآثار البيئية لمصانع الإسمنت بمنطقة زليتن، وساعد ذلك لتتبع هذه الآثار التي استفادت منها هذه الدراسة، ومع ذلك فقد أغفل الباحث جانب مهم في دراسته وهو ما تحاول هذه الدراسة توضيحه، والمتمثل في تحديد المخاطر الكيمائية والفيزيائية، واعتماد الباحث على استمارة الاستبيان وأغفل الملاحظة الشخصية .

وقد تم تقسيم الدراسة إلى محورين هما:

المحور الأول/ الجانب النظري.

المحور الثاني/ الجانب الميداني.

أولاً- الجانب النظري:

يتحدد الجانب النظري في معرفة مخاطر بيئة العمل، ولاسيما المخاطر الكيمائية والفيزيائية

ذك إن هدف أي مؤسسة صناعية وفق المعايير الدولية تهدف إلى تحقيق عدة أهداف وهي:-

1- سلامة بيئة العمل والتقليل من الحوادث .

2إيجاد حلول للمشكلات واستحداث حلول بديلة في حال عجز الحلول الروتينية في حل المشاكل التي تواجه بيئة المصنع وعامليه .

3- تطوير أساليب طرق الانتاج لتحقيق مردود أفضل[1].

فهل تم مراعاة تجنب مخاطر العمل في مصنع الاتحاد بزلتين بحيث لا تؤثر على سلامة العاملين والسكان القريبين من المصنع، ولا تسبب في تلوث البيئة ومخاطر كيميائية وفيزيائية؟

إذ أتبتث الدراسات الحديثة أن أسباب التلوث ترجع لعدة أسباب منها:

1التلوث بغبار الإسمنت لعدة أسباب[2]:

2انخفاض كفاءة المصفيات (Filiers)؛ لمحدودية عمرها الافتراضي.

3انخفاض معدل جودة خامات المحجر، لتعرضها للرطوبة، فتنخفض كفاءة المصفيات، وتزداد كمية الغبار.

4وجود أملاح الخامات مما تسبب في زيادة التلوث بالغازات السامة، حيث أن المقاييس العالمية قدرت بنسبة (4 %) رطوبة، و (1.7%) أملاح.

([1]) مصطفي عمر محمد حكومة، مدى امكانية تطبيق منهج ستة سيجما بمصانع الإسمنت في ليبيا ودورها في تحقيق التفوق التنافسي لهذه المصانع (دراسة تطبيقية على مصنع البرج للإسمنت بزلتين، رسالة ماجستير غير منشورة، الأكاديمية الليبية ، قسم إدارة المشاريع الهندسية، 2015،ص 58.

([2]) طلعت الأعوج، التلوث الهوائي والبيئة، الجزء الأول، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1994م، ص 53.

كما اتضح أن الغبار المنبعث من مصنع الإسمنت بصفة عامة على أشجار الزيتون واللوز والشعير ، لها تأثير مباشر على انخفاض كمية اليخضور ومساحة الورقة وحجمها وطولها ووزنها بزيادة كمية الغبار المتراكم على الأوراق[1]، وأن تأثير غبار الإسمنت على أشجار الزيتون واضحة للعيان على أوراق الشجر وارتفاع نسبة الأس الهيدروجيني للتربة كلما اقتربت المسافة من المصنع والتي قدرت بحوالي (8.30 – 9.88) [2]، بينما أتبتث دراسة أخرى على منطقة براك الشاطئ أن الغبار المنبعث من الكسارات في المنطقة له تأثير كبير على المزروعات القريبة من المصنع وخاصة القمح والشعير، حيث سجلت عدد الأوراق في نبة القمح المتعرضة للغبار 9 ورقات، بينما الغير المعاملى 11 ورقة، وعدد أوراق الشعير المتعرضة لغبار الكسارات عددها 5 ورقات، والبعيدة عن الغبار 7 ورقات، وكذلك الأمر بالنسبة لحجم الأوراق وقوة اخضرارها وطولها، حيث هناك فرق كبير بين المتعرضة للغبار ، والمحمية من الغبار[3].

ومن خلال التحليل الكيميائي للأراضي الزراعية القريبة من مصنع اسمنت بنغازي، تبين أن الغبار يتكون من أكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد، وأكسيد الكالسيوم، وأكسيد السيليكون، والتي لها تأثير سام على التربة، ومن ثم على النبات المزروع فيها، حيث تزاد نسبة قلوية الأرض عند الاقتراب من المصنع وتقل كل ما ابتعدت[4].

عند تأسيس مصنع الإسمنت بزلتين لم يراعى تحديد الموقع الجغرافي الجيد؛ حيث يقع جنوب غرب مدينة زليتن ويبعد عن مركز المدينة بحوالي 12 كيلوا متر مربع[5]،

ويلاحظ هنا قرب المصنع من الحي السكنى، والمنطقة الزراعية، وإذا لم يكن المصنع مجهز بأجهزة حماية حديثة ، وإصلاح الأجهزة التي تتعطل باستمرار، سيترتب على ذلك أضرار جسيمة، وهو ما قدمته إحدى الدراسات السابقة والتي كان مضمونها ما يلي[6]:

من النتائج السلبية على المدينة وأهلها تعرضها للملوثات الصلبة، الناتجة عن صناعة الإسمنت البورتلاندي (*) بالطريقة الجافة والمتمثلة في الغبار الناتج عن العمليات الأولية ويتصاعد في الهواء الجوي، التي تبدأ بتفجير الحجر الجيري وعمليات تحميل ونقل هذه الحجارة إلى الكسارات، فضلاً عن تصاعده من السيور الناقلة للمواد الخام من كسرات الحجر الجيري إلى مخزن المواد الأولية ومن المخزن نفسه، ومن طاحونة المواد الخام التي ينقل إليها وأماكن تجميع خام الحديد والجبس المعرضة للهواء، والخطر الأكبر من الغبار. ينبعث عن طريق مدخنة الفرن فيكون عن طريق الغبار القلوي، إضافة إلى ذلك الغبار الصادر من صوامع تخزين الإسمنت بعد طحنه وبخاصة الصوامع التي يفرغ منها الإسمنت السائب لبيعه، أضف إلى ذلك الغبار الذي يتصاعد عند التعبئة حيث المكان مفتوح الهواء غالباً ما تكون متحركة، وعليه تم تصنيف وحركة

الغبار إلى:

1 الغبار الخشن والذي يتراوح حجمه من 5 إلى 10 ميكرون، ويتساقك هذا النوع بالقرب من المصنع لكبر حجم حبيباته.

(1) ميلاد محمد الصل، تأثير التلوث بغبار الإسمنت على نباتات الزيتون واللوز والشعير، قسم النباتات- كلية العلوم، مصراتة، جامعة ناصر، 1999م، ص 80.

(2) صالح حسين المجبري، يوسق محمد الككلي، تأثير غبار مصنع أسمنت بنغاري على الأعداد الكلية للفطريات والبكتريا الموجودة بالتربة المحيطة بمصنع الإسمنت، المجلة العلمية للبيئة وتغير المناخ/ المجلد الثاني، الجزء الثاني، 2014، ص 159.

(3) زينب إبراهيم الصويعي، سلوي علي رزق، تأثير غبار الكسارات على الناحيتين الظاهرية والفسيولوجية لنباتي القمح والشعير، بحث بكالوريوس، كلية العلوم الهندسية والتقنية، براك- جامعة سبها، 2009م، ص 8-10.

(4) صالح حسين المجبري، يوسف محمد الككلي، مرجع سابق، ص 159.

(5) يحي محمد الشيباني، مجلة جامعة الزيتونة، العدد السابع، السنة الثانية، 2013م، ص 11

(6) يحي محمد الشيباني ، مرجع سابق، ص 14، 15، ، 19.18.

(*) يصنع من خلط الحجر الجيري بالرمل، مع إضافة كبريت الحديد ثم طحنها، حتى ينتج الكلنكر، ويطحن هذا الأخير مع إضافة الجبس بالنسبة المطلوبة. المرجع نفسه، ص 11.

2الغبار يتراوح حجمه من 1 إلى 5 ميكرون أخف من النوع السابق ولهذا فإنه يسقط بمسافة أبعد من الغبار الخشن.

3الغبار المعدني: يتراوح حجمه من 03.إلي 05.ميكرون، وقد يكون أقل من ذلك، ويتكون هذا النوع من أكاسيد معدنية مثل أكسيد الرصاص وغيرها، حيث تبقى هذه الجزيئات معلقة في الهواء لمدة أطول وأحياناً تبتعد لمسافات أبعد بسبب حركة الهواء،أو عامل يرسبها مثل الأمطار.

وبناء على الدراسة التي أجراها د. يحي الشيباني تبين حجم الأضرار البيئية المترتبة عن الغبار المنبعث من مصنع الإسمنت أثناء عمليات التصنيع المختلفة فيه والتي نتج عنها ملوثات بيئية قدرت 48% من الغبار، 8 % من الأتربة والمعادن الثقيلة، وبطبيعة الحال هذه النسب حسب نتائج الاستبيان ورأي الباحث أن حوالي 93 % رأوا أن هذه الملوثات ألحقت أضرار جمة بالمزروعات بمنطقة الدراسة، وترتب على ذلك هجرة لعديد من الحيوانات البرية بالمنطقة، بالإضافة عن إلحاق أضرار كبيرة بالمنظر الجمالي للمدينة والمنتزهات، مما يؤدي إلى تكوين بيئة غير صالحة للأفراد للتنزه. (جدول 1)

وحتى يتم تحديد مقدار المخاطر الكيمائية والفيزيائية

ينبغي التعرف على هذه المخاطر من خلال الآتي:

معظم عمليات تصنيع الإسمنت في العالم تتمتع بنماذج تشغيل متشابهة وهي تتألف من مراحل مختلفة متباينة تشمل ما يلي: [1]

1 استخراج المواد الأولية من المقالع، ونقلها وتخزينها.

2 إعداد المواد الأولية لمرحلة الإنتاج.

3 إنتاج الكلينكر(clinker).

4 إنتاج الإسمنت.

5 التوضيب والتحميل والتوزيع.

أثناء تحقيق الأهداف سالفة الذكر، وهو ما حاول البحاث التقصي عنه خلال دراسته الميدانية.فانه لم تتم مراعاة السلامة من المخاطر الكيمائية والفيزيائية

المحور الثاني/ الجانب الميداني:

مراحل التصنيع الصادرة من المصانع تلوث الهواء، مما يؤثر على الغطاء النباتي والبنائى بالمنطقة.

من خلال ملاحظة الباحث على الأشجار في المزرع التي تقع بالقرب من مصانع الإسمنت أن كمية غبار الإسمنت على أوراق شجر الزيتون تغطيه بالكامل، وقد ترتب على ذلك انعدام الاخضرار على الشجر، ولاسيما في فصل الصيف حيث ينعدم فيه المطر، ويزداد دبول الشجر في الأراضي التي تفتقر إلى أبار ري بشكل أكبر، كما أن كمية محصول الشجر في تضاءل وخاصة أشجار الزيتون[2].

الأثار المترتبة على البيئة المحلية والصحة العامة :

تمر العملية الإنتاجية بالمصانع بعدة مراحل، ويترتب عليها صدور مواد مشعة من المواد الخام المستخدمة في المصنع وفي هذا الجانب أجاب أتضح: أنه لا يتوفر جهاز قياس الأشعة بالمصنع، ويوجد جهاز لقياس الإكسري؛ للكشف عن المعادن في المواد الخام قبل مرحلة القرن، وفي حالة الكشف عن وجود معادن في المواد الخام يتم التخلص منها حيث لاحظ الباحث أثناء مراحل العمليات ميكانيكياً،

الإنتاجية (التفجير، التعدين النقل، التكسير، الطحن، الحرق، التبريد، التعبئة) وهذه العمليات تصحبها العديد من المشاكل منهاحدوث ضجيج مرتفع يزعج القاطنين في المناطق القريبة من المصانع، وتزداد الخطورة بوجود اهتزازات مؤثرة تعود بالضرر على المباني السكنية القريبة من مناطق التعدين، وأكثر من بيت حدث فيه تشققات وتصدعات من جراء ذلك مع تغير في الوان الاكساءات الخارجية للمباني وتاثرها بالغبار المصاحب للتفجير المستمر في المحاجر.

([1]) مصطفي عمر محمد حكومة، مرجع سابق، ص 58.

.

([2]) وليد محفوظ العكاري، مشرف الأمن الصناعي بمصنع الاتحاد بزليتن، يوم الأثنين، الموافق 14-3-2022م، على تمام الساعة العاشرة والنصف وحتى الساعة الثانية عشر ونصف صباحاً.

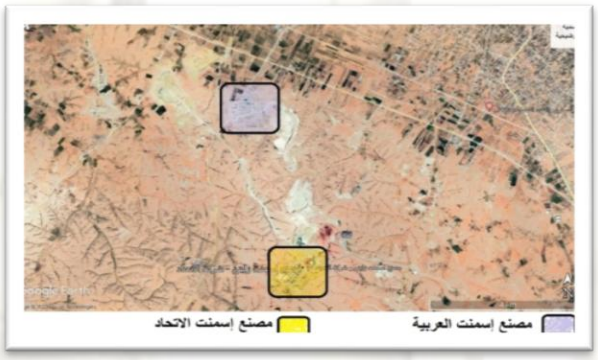
وايضا تبين أن جهة الطواحين والكسارة ترتفع فيها نسبة الضوضاء عن المعدل (85) ديسبل وهذا شي مزعج للسكان.

جدول (1) مكونات الغبار المتصاعد من المدخنة الرئيسية للفرن لمصنع اسمنت زليتن

مكونات الغبار	النسب	الفاقد بالحرق
أكسيد الكالسيوم CaO	%43.60	%39.75
أكسيد السيليكون SiO_2	%9.10	
أكسيد الماغنيسيوم MgO	%3.35	
أكسيد الحديديك Fe_2O_3	%2.40	
أكسيد الألومونيوم Al_2O_3	%1.80	

المصدر: الشركة العربية للإسمنت (مصنع زليتن)

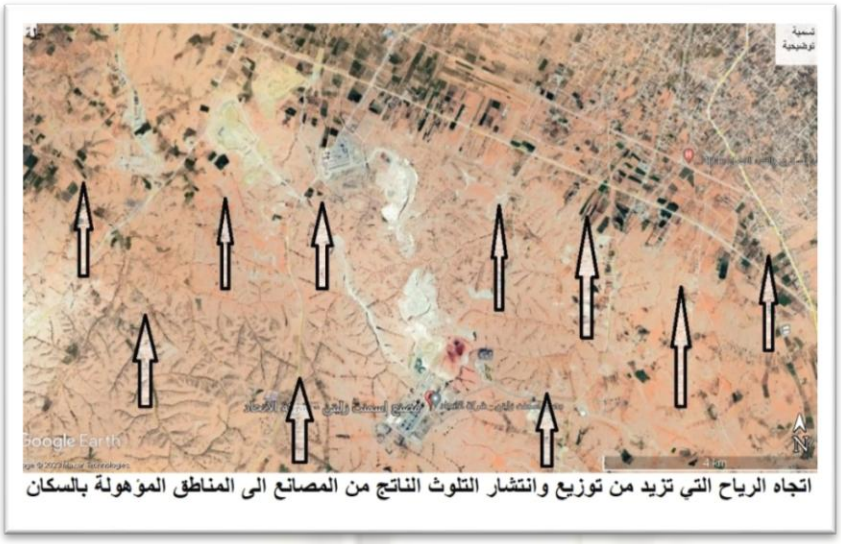
صور جوية توضح الموقع التي تم الدراسة عليها :



(صورة رقم (1)توضيح اماكن مصانع الإسمنت



(صورة رقم (2)توضيح للمنطقة الصناعية والسكنية لمنطقة الدارسة



اتجاه الرياح التي تزيد من توزيع وانتشار التلوث الناتج من المصانع الى المناطق المؤهولة بالسكان

(صورة رقم (3)توضيح لحركة الرياح وتأثيرها على توزيع التلوث على المناطق المجاورة



لوحة موضح فيها المصانع وبعض الاماكن القريبة منهما

النتائج :

من خلال هذه الدراسة تبين الآتي:

1يتلوث الهواء نتيجة الغبار المتصاعد في أثناء مراحل الإنتاج المختلفة .

2للمصنع أثرًا سلبي واضح على تدهور ونمو النباتات والاشجار من حوله، واختفاء أنواع عديدة من الحيوانات البرية التي تعيش في منطقة محل الدراسة.

3 انخفاض نسبة المحاصيل الزراعية، ولاسيما أشجار الزيتون لتراكم الغبار المنبعث من المصنع على أوراقها، والمحملة لبعض أنواع المعادن الثقيلة الناتجة من المصنع.

4إن للمصانع تأثيرات سلبية على البيئة الجمالية الطبيعية .

5 على الرغم من الإجراءات الاحترازية لحماية العاملين بالمصنع إلا أنه هناك بعض التأثيرات على العاملين والسكان القريبين من المصنع مثل التأثيرات على الجهاز التنفسي، والتسمم، والضجيج.

7 من خلال الزيارة الميدانية لمنطقة الدراسة تبين إنشا مصانع جديدة قربيه من المناطق الزراعية والسكنية .

8 زحف محاجر المصانع على سلسة المرتفعات الطبيعة التي تمثل خط الافق للمدينة وتعتبر حاجز طبيعي للملوثات.

9 تعتبر سلسة المرتفعات هي حدود طبيعية لإعطاء الشكل النهائية للمجاورات السكنية.

10من تأثيرات النهضة الصناعية اتلافها للبنى التحتية للمنطقة المجاورة لها ويظهر هذا التأثير في الطرقات واتلافها قبل العمر الافتراضي بسبب الحمولة الزائدة

التوصيات:

1 اختيار المكان المناسب لإقامة الوحدات الصناعية وفق دراسة بيئية قبل الإنشاء بحيث تكون في مناطق بعيدة عن التجمعات السكانية والمناطق الزراعية. لما لهذه المصانع من آثار سلبية على البيئة وصحة الإنسان.

2 معالجة مصانع الإسمنت القائمة؛ وذلك باستخدام فلاتر حديثة لتنقية الهواء، مع الاهتمام باستخدام أجهزة لقياس تلوث الهواء بالمنطقة.

3 تحليل المياه السطحية والجوفية القريبة من مصنع الإسمنت، ومنع سكان المنطقة من استخدامها في حال التلوث.

4 تخصص ميزانيات من مصانع الإسمنت لحماية البيئة المحيطة به وتحسينها.

5 توفير الأمن والصحة المهنية عامل مشجع للعاملين بها على ضمان حقوقهم وتوفير أمنهم؛ يخلق بيئة صناعية مترابطة

6 الحد من تأثير التفجيرات التي تصاحب العمليات الانتاجية في المصنع.

7 تقليص كمية المتفجرات المستعملة في التفجير، واستعمال مواد كيمائية صديقة للبيئة بدل المتفجرات.

8 تخصيص طرق خدمية خاصة داخل المجاورة المحيطة للمنطقة الصناعية تصمم لرفع الحمولات الثقيلة

9 عدم فتح مصانع اخرى في المنطقة نظرا لكمية التلوث المنبعث من المنطقة الصناعية الا بتوفر شروط الصحة والسلامة البيئية

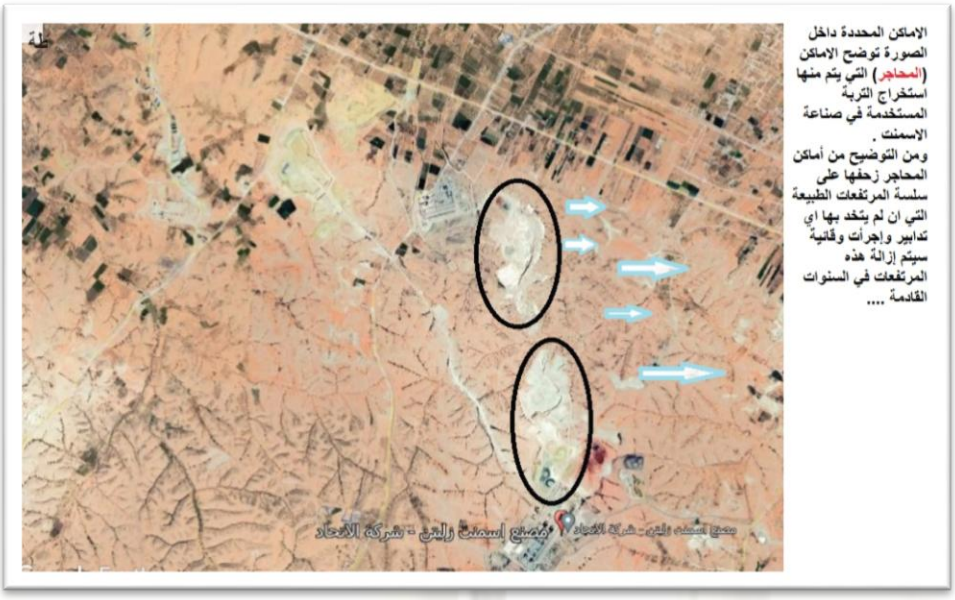
10العمل على تشكيل وتوفير هيئة دولية ومحلية لمتابعة ومراقبة مصادر التلوث في المنطقة الصناعية

11 الاهتمام بالحزام الاخضر والاهتمام به بين المنطقة الصناعية والمنطقة السكنية لمى له من فوائد في انتاج الاكسجين و فلترة وتنقية الهواء الملوث .



12 الحفاظ على السلسة الجبلية الطبيعية التي تعتبر الحد الفاصل بين المنطقة الصناعية والسكنية لما لها من تأثير سلبي في حالة إزالتها وتعتبر كحد طبيعي وخط السماء للمدينة.

صورة توضح زحف المحاجر على السلسة الجبلية



الخاتمة

ان الاضرار الناتجة من هذه المصانع والمحاجر التابعة لها تتطلب من الحد من التلوث البيئي الناتج عنهما وتقديم أهم الحلول للحد من إقلال التلوث الصادر ووضع الحلول لتخلص من الانبعاثات الإشعاعية، وعمليات الضجيج.

وذلك لضمان حماية الانسان وممتلكاته المتمثلة في المساحات النباتية والبنائية المتمثلة والمجاورة للمصانع، والمحاجر.

ايضا التقليل من الانبعاثات المسببة في تدهور الحالة الصحية للمواطن يعتبر مسؤلية على عاتق مدراء هذه المصانه.

يجب علينانحن البحاث الاهتمام بإعادة التصميم الحضري للمجاورات القريبة من مصادر التلوث .

ووضع نسبة كافية من المساحة الاجمالية للمناطق الزراعية و بالحزام الأخضر الذي يفصل بين المنطقة السكنية والمنطقة الصناعية حتى يودى وظيفته على اكمل وجه وهي تنقية الهواء الملوث .

علي الجهات المسؤولة والرقابية تشديد الرقابة على المصانع للالتزام بالمعايير الدولية والبيئية

قائمة المراجع

1-زينب إبراهيم الصويعي، سلوي علي رزق، تأثير غبار الكسارات على الناحيتين الظاهرية والفسيولوجية لنباتي القمح والشعير، بحث بكالوريوس، كلية العلوم الهندسية والتقنية، براك- جامعة سبها، 2009م..

2صالح حسين المجبري، يوسق محمد الككلي، تأثير غبار مصنع أسمنت بنغاري على الأعداد الكلية للفطريات والبكتريا الموجودة بالتربة المحيطة بمصنع الإسمنت، المجلة العلمية للبيئة وتغير المناخ/ المجلد الثاني، الجزء الثاني، 2014.

3طلعت الأعوج، التلوث الهوائي والبيئة، الجزء الأول، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1994م.

4مصطفي عمر محمد حكومة، مدى امكانية تطبيق منهج ستة سيجما بمصانع الإسمنت في ليبيا ودورها في تحقيق التفوق التنافسي لهذه المصانع (دراسة تطبيقية على مصنع البرج للإسمنت بزلتين، رسالة ماجستير غير منشورة، الأكاديمية الليبية ، قسم إدارة المشاريع الهندسية، 2015.

5ميلاد محمد الصل، تأثير التلوث بغبار الإسمنت على نباتات الزيتون واللوز والشعير، قسم النباتات- كلية العلوم، مصراتة، جامعة ناصر، 1999م.

6 وليد محفوظ العكاري، مشرف الأمن الصناعي بمصنع الاتحاد بزلتين، يوم الأثنين، الموافق 14-3-2022م، على تمام الساعة العاشرة والنصف وحتى الساعة الثانية عشر ونصف صباحاً.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

تـصميـم نمـوذج لمسـكن عزل

قيس عمران اخليف[1] ، إيناس أحمد الطبولي[2]
[1]الاكاديمية الليبية، بنغازي، ليبيا
[2] الاكاديمية الليبية، بنغازي، ليبيا
enas2a@yahoo.com[2] ، kais_omran@yahoo.com[1]

الملخص: كان لظهور جائحة كورونا تأثير على معظم البيئات الداخلية والخارجية رافق ذلك اتخاذ اجراءات السلامة و فرض القيود لمنع سرعة انتشار انتقال العدوى كالتباعد الاجتماعي والحجر الصحي في ظل عدم توفر مساحات خاصة وفراغات مهيأة تلبي المتطلبات الوظيفية المتزامنة مع هذه المتغيرات الطارئة ، وبناءً على الاعتبارات التصميمية يُعد توفير فراغات داخلية تراعي المرونة وتحقق أمان المستخدمين من المتطلبات الاساسية والتي أصبحنا في أمس الحاجة إليها .

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مدى امكانية توفير بيئة داخلية أمنة يمكن أن يمارس فيها الاشخاص نشاط حياتهم في فترات قيود الحجر الصحي حيث تفترض الدراسة أهمية تصميم ووجود فراغات داخلية تضاف كاحتياجات وظيفية للمسكن ليحقق الرفاهية والأمان الصحي للمستخدم من مؤثرات البيئة الخارجية وأهمها انتشار الاوبئة والفيروسات، والاخذ بعين الاعتبار المتطلبات الأساسية لصحة الانسان التي يجب توفرها في مساحته الخاصة ، وقد ناقشت الورقة العوامل التصميمية التي يمكن مراعاتها في ذلك وطرح استراتيجيات تحقيق الرفاهية والصحة العامة خاصة بعد جائحة فيروس كورونا COVID-19 من أجل تصميم صحي آمن ومستدام ، اتبعت الدراسة المنهج الاستنباطي والتحليلي من خلال دراسة وتحليل ايجاد الحلول التصميمية المتعلقة بجودة الإسكان ونوعية حياة السكان ، وتطبيق الاستراتيجيات الفعّالة لمنع انتشار العدوى في البيئات المغلقة من خلال نموذج تصميم وظيفي يراعي احتياجات المستخدم في ظل القيود التي فرضتها الجائحة كنتائج هامة يمكن أن تساهم في تصميم بيئات داخلية تحقق المرونة الوظيفية بشكل أمن.

الكلمات المفتاحية: (مسكن آمن صحياً ، جودة الإسكان ، مسكن العزل ،العزل الصحي ، الحجر الصحي).

1. المقدمــة

كان لانتشار الاوبئة على مر التاريخ كأمراض الحصبة والسارس إلى الأنفلونزا وأكثرها انتشار كان جائحة فيروس كورونا (COVID-19) حيث شكّل أزمة عالمية بفعل التزايد المستمر للإصابات وتطور ظهور متحورجديد للفيروس وكذلك تداعيات وقيود الحجر الصحي وعزل المخالطين والمصابين والذي قد يستغرق مدة زمنية أطول حتى تختفي خطورة الاصابة بالعدوى لذلك كان التقيد بالإجراءات الاحترازية أمر هام جداً حيث يأتي هذا ضمن الاستراتيجيات المتبعة لمكافحة ومنع انتشار الأمراض المعدية ، وقد أثر هذا علي سير نمط الحياة العملية بشكلها المعتاد بسبب وجوب التباعد الاجتماعي والمكوث لفترات طويلة داخل فراغات محدودة المساحة في المباني التي لم تكن مهيأة وظيفياً لمثل هذه التداعيات ، ومن الممكن أن تكون هذه المباني سبباً في انتشار الفيروس مما جعلنا نولي أهمية كبيرة لتصميم الفراغات الداخلية والسعي لتوفير بيئة مهيأة تحد من انتشار العدوى والتركيز على توظيف الفراغات بما يراعى الاعتبارات التصميمية والمتطلبات الأساسية لأمان وصحة المستخدم داخل هذه الفراغات، حيث تلعب المباني وفراغاتها دوراً هاماً في مدى انتشار الامراض.

تناقش هذه الورقة تأثير انتشار الاوبئة على البيئات الحضرية وعلى تشكيل الفراغات داخل البيئات المغلقة كما تطرقت للمتطلبـــات الأساسية لصحــة الإنســـان والتي يجب أن يراعى توظيفها وكذلك الاستراتيجيات المتبعة في التصميم حيث جاءت بفكرة تصميم مسكن يراعى فيه إيجاد الحلول الوظيفية الممكنة من خلال تصميم نموذج لمسكن عزل من ناحية وظيفية.

2.1 مشكلة البحث

بظهور جائحة فيروس كورونا (COVID-19) ، وبالرغم من تطبيق التدابير لمحاولة التكيف مع هذه الازمة وقيودها الصارمة إلا أن ذلك أوجد عدة مشاكل كان أهمها عدم تناسب تصميم الفراغات الداخلية لتدابير العزل الصحي وتوفير بيئة نظيفة وأمنة للمستخدم حيث تركزت المشكلة في وجود بيئات وفراغات داخلية غيرمهيأة نفسياً ووظيفياً للمستخدمين والتي قد تحد من امكانية ممارسة نشاط حياتهم في فترات العزل الصحي خلال انتشار الأوبئة .

3.1 أهداف البحث

تهدف الورقة إلى :

- ايجاد الحلول الوظيفية من خلال تصميم نموذج لمسكن عزل تراعى فيه المتطلبات الأساسية لصحة الانسان.
- مراعاة الاستراتيجيات الفعّالة لمواجهة انتشار وانتقال العدوى .
- مراعاة المرونة والربط الوظيفي بين الفراغات.
- تعزيز الجانب النفسي للمستخدم في فترة العزل داخل الفراغ .

4.1 أهمية البحث

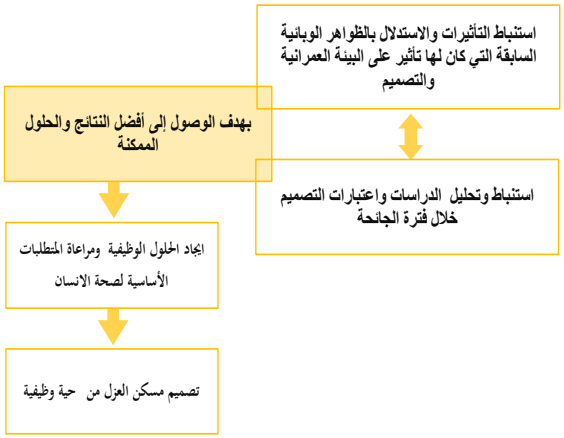
تكمن أهمية الدراسة في الحاجة المُلحة لوجود فراغات داخلية مهيأة يقضي فيها الشخص فترة العزل ، ومدى أهمية مراعاة الاعتبار التصميمية والمتطلبات الأساسية لأمان صحة المستخدم والتي يجب توفرها في مساحته الخاصة .

5.1 فرضية البحث

1. مدى أمكانية توفير فراغات داخلية تضاف كاحتياجات وظيفية للمسكن
2. العزل الوظيفي للفراغات الداخلية
3. الرفاهية والأمان الصحي داخل الفراغات مع وجود العزل .

6.1 المنهجية المتبعة

اتبعت الدراسة المنهجين المنهج الاستنباطي والمنهج التحليلي في ايجاد الحلول التصميمية وتطبيق الاستراتيجيات الفعّالة لمنع انتشار العدوى في البيئات المغلقة ، وقد استندت الورقة في الجانب النظري على الدراسات التي ناقشت الاعتبارات الصحية والتصميمية المتعلقة بظروف انتشار وتفشي الأمراض وسبل التقيد بالإجراءات الاحترازية ، من ضمنها دراسات مركز السيطرة على الأمراض (CDC) ، و منظمة الصحة العالمية (WHO) ، ثم عرضت الورقة نموذج لفكرة تصميم وظيفي يراعي احتياجات المستخدم بتصميم فراغ



صحي آمن ومستدام في ظل القيود التي فرضتها جائحة فيروس كورونا (COVID-19).

شكل (1) : المنهجية المتبعة

2. انتشار الاوبئة في البيئات الحضرية والتصميم :

شهد العالم خلال فترات زمنية متفاوتة في السابق انتشار للأوبئة والجوائح ، وقد اتبعت في ذلك عدة محاولات لاجراءات الحماية وتقليل مخاطر انتقال العدوى ، فعلى

المستوى العمراني في القرن الرابع عشر ، أدى انتشار الطاعون إلى التفكير في التحسينات الحضرية وتوسعة نطاق المدن وتطوير مرافق الحجر الصحي ، وفتح الساحات العامة ، وكان انتشار الأمراض المعدية في القرن العشرين أحد اسباب التجديد الحضري وإزالة العشوائيات ، والنظر في ايجاد سبل لتدوير النفايات ، وتطوير أنظمة المياه والصرف الصحي مما اثر ذلك على تشكيل الشوارع فكان لها شكل الاستقامة والاتساع لغرض تركيب أنظمة الأنابيب تحت الأرض ، وبالنظر للتصاميم المعمارية فقد عبرت عن نقاء الشكل واستبعدت الزخارف خاصة في البيئات العلاجية ، والاهتمام بالتأثير الايجابي للضوء والتهوية والطبيعة من خلال النوافذ الكبيرة والشرفات والأسطح المستوية التي لا تجمع الغبار واستخدام اللون الأبيض في الطلاء تأكيداً على التصميم النظيف [9].

1.2 تأثير الجائحة على تشكيل البيئة الحضرية :

ارتبطت أهداف التنمية المستدامة ارتباطًا وثيقًا بالتصميم الحضري والبُعد الصحي في التخطيط فيما يتعلق بالإسكان وجودة الهواء حيث تساهم البيئة المبنية في تحسين المناخ ، والتأثير على الصحة ، كما لعبت البيئة الحضرية دوراً هاماً في الصحة والرفاهية ، وقد أشارت الدراسات إلى مخاطر انتقال العدوى في الاماكن العامة وعلاقتها المباشرة بالازدحام ، حيث يمكن أن يؤدي التباعد الاجتماعي إلى احداث تغيير في عملية التصميم والتخطيط ، ومن خلال تجارب المختصين الشخصية المتعلقة بالتسوق في روتردام بعد التوصل لمفهوم (Hyperlocal Micromarket) حيث تبين من الصعب التقيد بقواعد التباعد الاجتماعي في محلات السوبر ماركت بالمدينة ، لذلك تم ابتكار تصميم شبكي بسيط لسوق صغير يمكن تجميعه في الساحات العامة ، مما يسمح للناس بالتسوق مع اتباع إرشادات التباعد الاجتماعي ويتكون كل سوق صغير من ثلاثة أكشاك فقط كل منها يبيع نوع مختلف من المنتجات موزعة حول الشبكة ويكون للسوق مدخل واحد ومخرجان [7] [10].

2.2 تأثير الجائحة على تشكيل تصميم الفراغات الداخلية :

فرضت تدابير الحجر الصحي قيود كبيرة على سير وتيرة الحياة بشكلها الطبيعي قبل انتشار الجائحة واصبحت الحاجة مُلحة جداً للإعادة النظر في المعايير التصميمية لتلبية الاحتياجات من أجل تطبيق اجراءات السلامة والحد من انتشار العدوى خاصة في الفراغات الداخلية مما استدعى ذلك ايجاد سبل للتكيف مع هذا الوضع حيث يتطلب التواجد مع اتخاذ الاجراءات الاحترازية ومنها التباعد الذي شكّل عائق في المساحات الداخلية ، فقد أكدت الدراسات أن فيروس كورونا ينتقل بسهولة أكبر داخل الفراغات في البيئات المغلقة مما زاد القلق مع استمرار ارتفاع عدد حالات الاصابة بالفيروس ، كما تطلب وجود مساحات مفتوحة او حدائق داخلية تكون كمتنفس للأشخاص في فترات الحجر الصحي.

ولجعل المساحات الداخلية أكثر أماناً في ظل هذه الظروف طوّرت العديد من الوكالات والجمعيات المختصة بالبناء بروتوكولات لإعادة استخدام المباني بشكل آمن حيث اقترح مركز السيطرة على الامراض (CDC) إطار عمل لتطبيق استراتيجيات متعددة كضوابط هندسية لتقليل الاصابة بالعدوى ، وقد صنفت الطريقة الافضل هي باستخدام الحواجز الشفافة التي لا تعيق الرؤية داخل البيئات المغلقة باعتبارها الطريقة الأفضل بعد العزل الاجتماعي [8]،[9].

3. المسكن الآمن صحياً خلال فترة العزل والحجر الصحي.

في ظل انتشار الأوبئة وتداعيات الظروف البيئية السيئة التي كانت سبباً في تدني جودة الحياة يُراعى توفير بيئة

داخلية آمنة ونظيفة للمستخدم وذلك بإعادة النظر أولاً في الاستراتيجيات المتبعة في تصميم المساكن قبل الجائحة لضمان وجود تصميم أمن وصحي و مستدام ، وقد ورد في دراسة عن مركز السيطرة على الامراض لمنع انتشار العدوى أثناء الجائحة يلجأ الناس إلى عزل أنفسهم في المنزل أثناء المرض لحماية الأفراد الآخرين من العدوى ويخصص مكان منفصل لهم ويسمح لمقدمي الرعاية فقط بدخول أماكن العزل ويفصل المخالطين عن غيرهم، وتتم مراقبة الذين لم يصابوا بالمرض للتأكد من عدم وجود أعراض ظاهرة عليهم ويطلب منهم في فترة الحجر البقاء في المنزل، والابتعاد عن الآخرين والاتصال بالطبيب إذا ظهرت عليهم أي أعراض للمرض.[2]

و يجدر الإشارة هنا إلى احتياجات المسكن الصحي والمتطلبات الأساسية لصحة الإنسان والتي يجب أن تتم مراعاتها في تصميم أي مسكن كما يوضح (الشكل 2) والتي تتمثل كما يلي:

- الاتصال بالمجتمع والعمل والخدمات
- توفير الراحة
- تحقيق سهولة الوصول
- توفير الأمان من مؤثرات البيئة الخارجية منها توفير الأمن الصحي من مؤثرات البيئة الطبيعية . [1]

4.الاستراتيجيات المتبعة في تصميم نموذج مسكن العزل .

ظهرت بعد جائحة كورونا (COVID-19) عدة توصيات للرفاهية والصحة العامة من أجل سكن صحي آمن ومستدام كاستراتيجيات مطلوبة لكل من المباني القائمة والجديدة ، وذلك بعد مطالبات بإعادة النظر في الاعتبارات التصميمية لأجل التكيف مع الظروف التي فُرضت بسبب انتشار الفيروس خاصة في الفراغات الداخلية للمباني ، وقد تمت مراعاة التوصيات التي نصت عليها منظمة الصحة العالمية بخصوص الصحة العامة في المساكن ، واتباع الاساليب التي تساهم في تعزيز الامان الصحي وجودة الحياة في الفراغات الداخلية .

1.4 استراتيجية البناء المعيارية :

استراتيجية فعالة لمواجهة الأوبئة وإنشاء مبانٍ أقل تكلفة وفي زمن قياسي ، تعد استراتيجية مرنة ومستدامة ، ولتحقيق المرونة الوظيفية تمت مراعاة تطبيقها باستخدام هياكل متينة و خفيفة ، حيث زاد الاهتمام في التطلع للابتكارات باستخدام تقنيات البناء وتلبية متطلبات الخدمات الصحية مع مكونات المباني المعيارية الجاهزة ودمجها بالتكنولوجيا الحديثة [9]،[11].

2.4 ربط الفراغات الداخلية بالفراغات الخارجية:

أن المناظر الطبيعية؛ والمساحات الخضراء وأهمية ربطها بالفراغات الداخلية وامكانية سهولة الوصول إليها لها آثار ايجابية في تقليل الإجهاد خاصة بعد الجائحة والحجر الصحي الذي تطلب التواجد لفترات طويلة في المنزل ، كما أظهرت دراسة لبُحاث من جامعة البوليتكنيك في ميلانو فيما يتعلق بوجود المساحات الطبيعية (الشرفة ،الحديقة الخاصة ، الحديقة المشتركة ، الخ) للسكان والعاملين ، وأن قضاء من (20-25) دقيقة من الوقت في بيئة طبيعية ، يمكن أن يؤثر ذلك بشكل إيجابي على رفاهية المستخدمين وعلى مستويات الأداء ، خاصة لمن هم دون سن الثلاثين ومن هم فوق (60) عاماً ، بالإضافة إلى الفوائد النفسية والإدراكية ، والتأثيرات الإيجابية على جودة الإسكان ونوعية حياة السكان .[1] ،[3]

3.4 المرونة وسهولة الوصول للفراغات الداخلية :

أكدت (WHO) على ضرورة اعتماد استراتيجيات وحلول تصميم مناسبة لمساحات المعيشة لضمان صحتها وتحقيق إمكانية الوصول إليها ، والقدرة على التكيف مع أي تغييرات في هيكل التوزيع الوظيفي في المدى القصير أو البعيد يتم تخصيص مساحات للعمل المكتبي أو التعليمي من المنزل وجعلها صحية بتوفير الضوء

والتهوية المناسبة كمحاولة لتقليل انتشار الفيروس [4] ، [5] .

4.4 جودة الهواء في الفراغ الداخلي:

اصدرت منظمة الصحة العالمية (WHO) وثيقة المبادئ التوجيهية فيما يخص الوقاية من العدوى ومكافحتها واعتبار التهوية الطبيعية أحدى التدابير الفعّالة للسيطرة على العدوى في مجال الرعاية الصحية، ويمكن ذلك بربط الفراغات الداخلية بالفراغ المفتوح كحديقة أو فناء داخلي لتحسين جودة الهواء وزيادة الضوء الطبيعي ومتنفس للمستخدم وتعزيز العامل النفسي [9].

ونظراً لقيود الحجر حيث يقضي الاشخاص أكثر من 80-90 ٪ من الوقت في الداخل ، لتقليل التعرض وخطر الإصابة بمرض كوفيد (COVID-19) ، يراعى تحسين جودة الهواء في الفراغات الداخلية والاستفادة من ضوء الشمس والحرارة الطبيعية ومراعاة التوجيه المناسب للمسكن بما يضمن الإضاءة الصحية والطبيعية والتهوية الجيدة للفراغات الداخلية ، وينبغي أن يكون اتجاه تدفق الهواء من مناطق نظيفة إلى المناطق الأقل ، وإمداد كل جزء من المكان بالهواء لتحسينه وإزالة الملوثات منه و يمكن استخدام مرشحات تنقية الهواء التي ستساهم في تحسين جودة الهواء الداخلي، وتوفير أنظمة التهوية ، وخاصة التهوية بالإزاحة وكذلك التحكم في الرطوبة في جميع الفراغات الداخلية [1] [12] [13].

5.4 الاتمتة :

أصبح دور التصميم الذكي (الأتمتة)، استراتيجية هامة وفعالة في مواجهة وباء COVID-19 فكلما كانت وحدة الإسكان أكبر كلما كان اتباع نظام التصميم الذكي ضرورياً، فمن خلال أجهزة الكشف والاستشعار داخل البيئة وعن طريق الهاتف المحمول ، يمكّن ذلك من سهولة التحكم في المنزل وإدارته عن بُعد. [3]

6.4 علاقة المستخدم بالمكان :

يتفاعل شكل الفراغ مع عدة عوامل معقدة عاطفية وعقلانية يمكن استنتاجها من خلال الواقع المحيط بالفراغ ومراعاة ذلك مع الجوانب الوظيفية كمرونة الحركة بين الوحدات التي يحتويها الفراغ واختيار مواد التشطيب المناسبة داخل فراغات المسكن ، ومراعاة استخدام الألوان المناسبة لكل فراغ واختيار المواد والخامات الملائمة والغير ضارة بصحة الإنسان والتي تبعث الراحة النفسية والبصرية والبدنية للمستخدم . [1]

5. تصميم نموذج مسكن العزل .

صُمم النموذج لإقامة الاشخاص خلال فترات انتشار الاوبئة ليحقق المتطلبات الاساسية لصحة الانسان من توفير الراحة والأمان الصحي داخل المسكن من المؤثرات الخارجية كالتلوث ، وذلك بمراعاة عدة عوامل تصميمية أشرنا إليها في سياق الورقة ، كعلاقة المستخدم بالمكان وحركته داخل الفراغ ، والتوجيه المناسب وضمان التهوية الجيدة والاضاءة الصحية للفراغات الداخلية للمسكن ، كذلك مراعاة الوظيفة والتكلفة الاقتصادية والبساطة.

المسكن مكون من طابق واحد تعتمد فكرة التصميم على أهمية وجود فراغات كاحتياجات وظيفية داخل المسكن مكونة من غرف التعقيم والعلاج والتخديم وترتبط فيه مع باقي فراغات المسكن في تسلسل بحسب الاحتياج الوظيفي وفصل لحركة المستخدمين بما يحقق الامان الصحي من الخارج إلى الداخل ، كذلك تقديم الحلول والاستراتيجيات الفعّالة لمواجهة انتقال العدوى والتي تشمل التباعد الاجتماعي ، وتقليل كثافة اشغال المساحات ، وزيادة التهوية وإضافة الفواصل لبعض المساحات

الداخلية ، يعتمد التصميم على الاحتياج الوظيفي في توزيع الفراغات الداخلية للمسكن وعلى أهمية فصل الحركة بين المستخدمين (الشخص المعزول – مقدمي الخدمات – الطبيب / تمريض) كما يبين الشكل (2) تصنيف الفراغات الوظيفية وفصل وحركة المستخدمين ، كذلك مراعاة سهولة الوصول ومرونة الحركة والربط البصري بين بعض الفراغات على أن يراعى في ذلك الاتي :

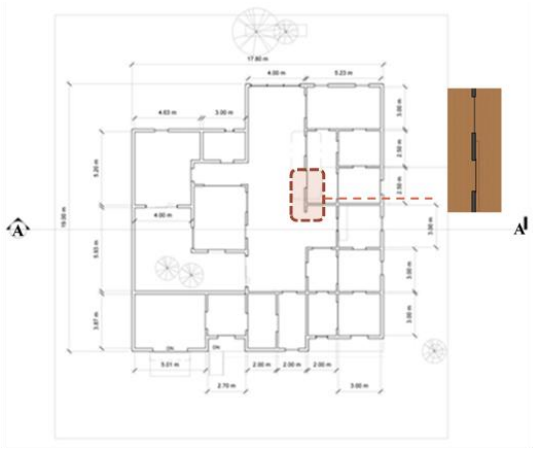
- تخصيص مساحة للشخص المعزول مكونة من غرفة النوم والحمام وفراغ لممارسة النشاط وغرفة معيشة والفناء الذي يتضمن حديقة داخلية وتضمن فراغ المدخل الرئيسي على غرفتين مخصصة لتغيير الملابس وغرفة للتعقيم .
- الفراغات العلاجية مكونة من غرف معاينة وأكسجين وتعقيم بالموجات فوق البنفسجية .
- الفراغات الخدمية تتضمن المخزن والامداد.



شكل (2): مسقط المسكن يبين تصنيف الفراغات الوظيفية وفصل وحركة المستخدمين



شكل (3): فراغات المسكن



شكل (4) : تفصيل يبين الربط البصري بين الفراغات



شكل (5) : قطاع ***A-A***



شكل (6): واجهة امامية



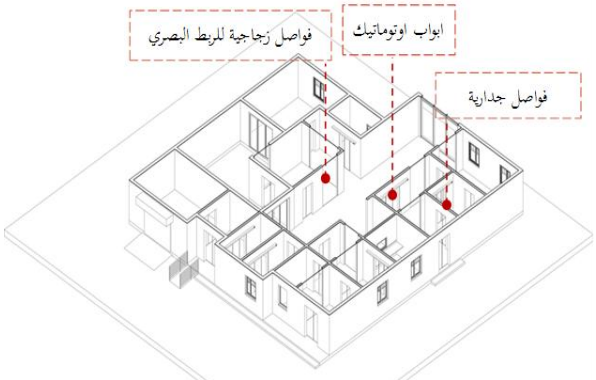
شكل (7): واجهة جانبية



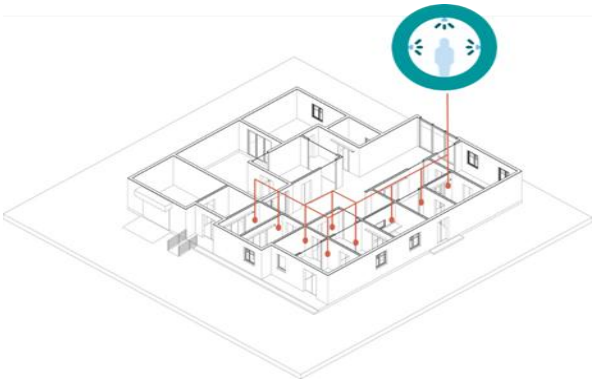
شكل (8): علاقة المستخدم بالفراغات الحيوية



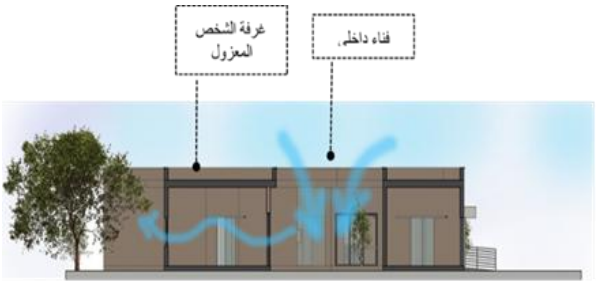
شكل (9): المداخل والفراغ المخصص لاستلام احتياجات المستخدم



شكل (10): استخدام ابواب اوتوماتيك وفواصل شفافة للربط البصري



شكل (11):غرف مزودة بتعقيم ذكي (حساس مؤتمت) جهاز يعمل اتوماتيكي بدون لمس عن طريق استشعار حركة الاشخاص عند الدخول للغرف



شكل (12): التهوية الطبيعية أحدى التدابير الفعّالة لتحسين جودة الهواء والاضاءة الطبيعية داخل الفراغ

6.النتائج

1. يُعد تحقيق الامان الصحي في ظل الظروف التي يمر بها العالم اليوم من انتشار الاوبئة والعدوى خاصة في أماكن العزل مطلب هام جداً.

2. بسبب تدابير الحجر الصحي وقيوده استدعى ايجاد سبل للتكيف وتحقيق المرونة الوظيفية للفراغات مع تطبيق اجراءات السلامة للحد من انتشار العدوى.

3. إيجاد الحلول الوظيفية بتصميم مسكن للعزل استجابة للظروف التي فرضتها

الجائحة مع ملائمة التصميم لإجراءات السلامة.

4. اعتمدت الفكرة التصميمة لمسكن العزل على الربط الفراغي والمرونة الوظيفية وفصل حركة المستخدمين لتلبية الاحتياج الوظيفي لبعض الفراغات .

5. يعزز الفصل بين فراغات المبنى والعزل الوظيفي على الأمان الصحي داخل المسكن.

6. مراعاة استراتيجيات الرفاهية والصحة العامة في التوزيع الوظيفي لفراغات المسكن.

7. ربط الفراغات الداخلية بالفراغات الخارجية وتحقيق أكبر قدر من المرونة وسهولة الوصول بتخصيص بعض المساحات التي يحتاجها الشخص المستخدم لهذا المسكن في بيئة أمنة .

7. الخاتمة

في سياق ما تناولته محاور الورقة والتي اشارت إلى تداعيات وقيود الحجر الصحي وانتشار الاوبئة والتي كان لها تأثير في تشكيل البيئة العمرانية والمعمارية والفراغات الداخلية وتوجه المساعي لإيجاد سبل للتكيف ركزت الورقة على النظر في ايجاد المرونة الوظيفية والامان الصحي بالفراغات الداخلية من خلال عرض فكرة تصميم مسكن مخصص لإقامة الشخص المعزول في بيئة آمنة تمكنه من ممارسة نشاطه اليومي وتعزيز الجانب النفسي للمستخدم حيث تميزت فكرة التصميم بالمرونة وامكانية التطوير.

8. التوصيات

1. توفير الامان الصحي في الفراغات الداخلية المغلقة على أن تكون مهيأة وظيفيا.
2. الاخذ في الاعتبار العزل الوظيفي كمبدأ تصميمي يعمل على تحقيق الحماية والأمان الصحي داخل الفراغات الداخلية .
3. مراعاة قيود الجائحة والنظر في اعتبارات التصميم القائمة والمستقبلية والنظر في الاحتياجات الوظيفية لفراغات العزل وتحقيق المرونة الوظيفية
4. مراجعة استراتيجيات التصميم بناءً على الظروف الحالية لانتشار COVID-19 والتدابير المتخذة نحوه.

9. المراجع

[1]. مشهور ، أماني أحمد . الاسس والمعايير التصميمية والتكنولوجية لتأثيث المسكن الصحي . جامعة حلون كلية الفنون التطبيقية قسم التصميم الداخلي والأثاث،2005. BASICS AND DESIGN TECHNOLOGYCRITERIA FOR THE FURNISHING OFHEALTHY HOUSE

[2]. California Department of Health Services – Isolation and Quarantine – Arabic – October 2006

[3]. D'Alessandro D ,Appolloni L ,Gola M, Dettori M. COVID-19 and Living Spaces challenge. Well-being and Public Health recommendations for a healthy, safe, and sustainable housing.2020.https://www.researchgate.net/publication/342736701

[4]. Healthier home - How Covid-19 will impact home design.https://coloradobuildermag.com

[5]. 8Future Interior Trends for the homes driven by the Corona crisis. https://www.italianbark.com

[6]. . 5WHO. World Health Organization, Housing and health guidelines

[7]. Thomson Reuters Foundation, by Sophie Davies, How coronavirus could bring cities closer to home. https://news.trust.org

[8]. THE JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, By BLAINE BROWNELL, How to Return to the Office. https://www.architectmagazine.com

[9] Megaheda, N. Ghoneimb,E. (2020). Antivirus-built environment: Lessons learned from Covid-19 pandemic . www.elsevier.com/locate/scs

[10] . Muscat,N. Brambilla,A. Caracci,F. Capolongo,S.(2020). Synergies in Design and Health. The role of architects and urban health planners in tackling key contemporary public health challenges.

[11] .Martin,G.2020. Modular buildings in the time of Covid-19, www.enocean-alliance.org

[12]. Guide to Air Cleaners in the Home, 2018. U.S. Environmental Protection Agency (EPA)

[13]. Chunwen Xu, Xilian Luo, Chuck Yu, Shi-Jie Cao, 2020. The 2019-nCoV epidemic control strategies and future challenges of building healthy smart cities. Indoor and Built Environment.

[14].Baughman,A. Arens,E. 1996. Indoor humidity and human health - Part I: Literature review of health effects of humidity-influenced indoor pollutants, Center for the Built Environment UC Berkeley.

[15]. Zarrabi,M. Yazdanfar,A. Hosseini,B.2021. COVID-19 and heathy home peferences: The case of apartment residents in Tehran. journal homepage: www.elsevier.com/locate/jobe

[16]. Khavarian-Garmsir,A. Sharifi,A. Moradpour,N. 2021. Are high-density districts more vulnerable to the COVID-19 pandemic? journal homepage: www.elsevier.com/locate/scs

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

علاقة عوامل الهندسة البشرية في البيئة الداخلية بتطور البيئة التعليمية
دراسة أرجونومية للبيئة الداخلية لمبنى قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني بجامعة المرقب

د.سالم مفتاح الشريف
جامعة المرقب كلية الهندسة قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني
أ.طارق رمضان الزابط
جامعة المرقب كلية الهندسة قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني

المستخلص:تهتم الورقة بمفهوم التصميم الارجونومي وانعكاسه على تطوير البيئة التعليمية وتهدف محاور البحث إلى وضع رؤية منهجية للتصميم الارجونومي المناسب للبيئة التعليمية من خلال دراسة عوامل الهندسة البشرية في مبنى قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني بجامعة المرقب لغرض تحسين البيئة الداخلية، حيث تفترض الورقة أن تطبيقات الهندسة البشرية في بيئة البحث لا تلائم الخصائص الجسمانية للطلاب مما يؤثر على صحتهم وادراكهم التعليمي وتوصلت إلى استنتاجات ترتكز على أن الهندسة البشرية هي أساس تصميم أدوات ووسائل التعليم وأنظمة العمل في الفضاءات التعليمية، وذلك لعلاقتها بالموائمة بين الطلاب وأدائهم لوظائفهم، و تعد مدخلا هاما لتطوير بيئة التعليم المناسبة بالمؤسسات الجامعية، قد اعتمدت الورقة البحثية على المنهج الكمي وذلك من خلال دراسة واقع الحال وتحليل بيانات الدراسة الميدانية التي تم تطبيقها على المستخدمين داخل قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني بكلية الهندسة جامعة المرقب وكشفت عن اعتبار الارجونومية الأسلوب الأمثل لحل المعوقات التي تواجه المستخدمين.
الكلمات المفتاحية: التصميم الارجونومي، الهندسة البشرية، البيئة الداخلية

1- مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة فى نقص الاهتمام بالدراسات الارجونومية المرتبطة بالتصميم الداخلي والبيئة الفيزيائية داخل مبنى قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني بجامعة المرقب، حيث يؤثر غياب دور المصمم (متخصص الإرجونوميكس) ، في حدوث الكثير من المشاكل الصحية سواء للطلاب أو المحاضرين أو العاملين في القسم .

ولقد لاحظ الباحثون أن تطبيقات علم الأرجونوميكس داخل فضاءات المبنى لم تخضع للدراسة والتقييم من قبل وفقاً للمعايير العالمية، ومن خلال الدراسة الميدانية المبدئية والخبرة التدريسية، لاحظوا علامات الإرهاق وعدم التركيز البادية على أغلب الطلاب فى القسم، وذلك بسبب الجلوس لفترات طويلة داخل المراسم والقاعات بطريقة غير صحيحة وأيضاً استخدامهم مقاعد ومناضد غير صحية، والتي تؤدى الى حدوث أمراض العظام والظه، فضلاً عن سوء العوامل البيئية مثل الإضاءة والتهوية والضوضاء التي تؤدى إلى التوتر والإجهاد وعدم التركيز مما يؤثر على كفاءة الأداء، ما دعا الباحثين إلى إجراء هذه الدراسة.

2- أهداف الدراسة:

هدف هذه الدراسة هو تقييم التصميم الداخلي وبالأخص العوامل الهندسية البشرية في البيئة الداخلية لمبنى قسم الهندسة المعمارية بجامعة المرقب، وتقييم مستوى الرضا والحالة الصحية للطلاب المستفيدين من تلك الفضاءات في ضوء معايير التصميم الإرجونوميكي، كما تهدف الدراسة إلى اختبار البيئة الداخلية التي تشمل الأثاث والأدوات مع الاخذ في الاعتبار الاختلافات والفروق في الحجم والقوى العضلية والتحمل والقدرة على الاستقبال والإدراك والتعامل مع المعلومات لدى فئات الطلاب، كذلك تحسين بيئة التعلم وتعزيز الفاعلية والكفاءة التي يتم بها إنجاز المهام التعليمية وإبراز ما يمكن ان يُحدثه الاهتمام بالأثاث من أثر في تطوير البيئة التعليمية الجامعية.

3- أهمية الدراسة:

استمدت هذه الدراسة أهميتها مما يلي:

- أهمية علم الإرجونوميكس وتطبيقاته فى البيئة التعليمية.
- أهمية الاهتمام بصحة الطلاب في المبنى محل الدراسة.
- تحديد العوامل المؤثرة على كفاءة الأداء بالنسبة للطلاب والعاملين في المبنى.
- الدراسة تساعد على الوصول الى البيئة الفيزيائية الجيدة في المبنى محل الدراسة، مما يؤدي إلى زيادة الأوقات والراحة في استخدام المبنى، وزيادة معدل وجودة إنتاج وتحصيل الطلاب، وتقليل نسبة الإصابات والأمراض المهنية الناتجة عن نقص التصميم الإرجونومى داخل المبنى..
- نتائج هذه الدراسة يمكن تعميمها في مباني الأقسام والكليات التي تتشابه ظروفها مع ظروف المبنى محل الدراسة.

4- منهج الدراسة:

استعانت هذه الورقة بالمنهج التحليلي بدراسة واقع الحال، من أجل تقييم التصميم الداخلي للمبنى التعليمي وأثاثه، والعوامل البيئية به، وتأثير ذلك على الحالة الصحية للطلاب، حيث تمثلت منهجية الدراسة في الدراسة النظرية لموضوع التصميم الارجونومي للفضاءات التعليمية وتأثير تصميم الأثاث على الحالة الصحية لعينة من الطلاب المستخدمين لهذا الأثاث و تأثير العوامل البيئية (الحرارة، والرطوبة، والإضاءة، والتهوية، والضوضاء) على الحالة النفسية للطلاب حيث استخدم في الدراسة مقابلات شخصية مع الطلاب و إعداد إستبانة للإجابة علي التساؤلات الخاصة بالدراسة للتوصل لمقترحات تفيد في تصميم أرجونومي مناسب للفضاءات التعليمية بالجامعات الليبية.

5- البيئة الداخلية لمجال الدراسة:

قسم الهندسة المعمارية والتخطيط العمراني مجال الدراسة هو أحد أفرع كلية الهندسة بجامعة المرقب بمدينة الخمس ويقع بالطابق الأول بمبنى الكلية، وهو مبنى حديث مسبق الصنع مكون من ثلاثة طوابق، وتصميم الطوابق عبارة عن ممر يحيط بفناء داخلي، وتطل على الممر قاعات دراسية ومكاتب، وتم تقسيم فضاءات القاعات في القسم حسب الاحتياجات الوظيفية على النحو التالي:

- عدد 2 قاعات دراسية للمواد النظرية.
- عدد 4 مراسم للمواد العملية.
- عدد 1 معمل للحاسوب.
- عدد 1 ورشة للمجسمات.
- عدد 1 قاعة للعرض ومناقشة المشاريع.
- مكاتب لأعضاء هيئة التدريس + مكتب لرئيس القسم + مكتب للمنظومة الدراسية.

وتختص هذه الدراسة بتقييم أرجونومي للتصميم والبيئة الداخلية للفضاءات التعليمية الاكثر استخداما من الطلاب ويقضون بها أطول الفترات، حيث يبلغ زمن بعض المحاضرات 5 ساعات متواصلة، وهذه الفضاءات هي القاعات الدراسية والمراسم وهي تمثل المجال المكاني للدراسة.

6- مفهوم الأرجونوميكس Ergonomics

اشتقاق كلمة ارجونوميكس من اللفظين اليونانيين nomos بمعنى القانون و ergon بمعنى العمل وتشير الى أن الأرجونوميكس هو علم العمل. وهو لفظ يشير أيضا الى كون الأرجونوميكس علما ونطاقا منظوميا امتد أخيرا الى جميع الاعتبارات المتعلقة بالحياة البشرية، لذلك يطلق عليه أيضا علم هندسة العوامل البشرية، ويعرف هذا العلم بأنه:

الأرجونوميكس هو علم توفيق المنتجات والعمليات وملائمتها لصفات وخصائص البشر وقدراتهم بغرض تحسين حياتهم وتعظيم الانتاجية. [9]

ويعد الأرجونوميكس الجانب التطبيقي من تصميم المعدات وتصميم مكان العمل يتم بغرض تعظيم الانتاجية بتقليل اجهاد المشغل وتحسين راحته. ويسمى العلم ايضا باسم التكنولوجيا الحيوية كما يسمى بالهندسة البشرية، الأرجونوميكس أحد عوامل التصميم واستخدامه في تصميم اماكن العمل ينتج عنه ملائمة عالية وتوافق يريح العامل ويزيد من انتاجيته وراحته وامانه. [1]

وهناك تعريف رسمي يمكن الاعتداد به عمليا وأكاديميا هو التعريف الذي أصدره المجلس التنفيذي لرابطة الأرجونوميكس العالمية فى أغسطس 2003 ليحمل في طياته توسيعا للمفهوم فهو يعرف الأرجونوميكس بأنه نطاق من العلم يتعلق بفهم التفاعل بين البشر والمكونات الأخرى في نظام حياتهم وأنه هو المهنة التي تطبق النظريات العلمية والمبادئ والبيانات والأساليب المناسبة في تصميم ما يمكن ان يحقق للبشر حياة مريحة آمنة وأداء أفضل لمهام حياتهم العملية. [4]

كما عرف مصطلح " التصميم الإرجونوميكي " بأنه تطبيق هذا الكم من المعلومات في تصميم الأدوات والماكينات والنظم والمهام والوظائف والبيئات لاستخدام كفء آمن ومريح.

وكان أول تنظيم رسمي في العالم يتبنى الأرجونوميكس ظهر عام 1952وهو جمعية الأرجونوميكس البريطانية التي تكونت من اعضاء من تخصصات عديدة شملت علم النفس وعلم وظائف الاعضاء وعلم الاحياء وغيرهم. وفي أوائل القرن العشرين، بات مفهوما للمهندسين أن أي آلة تعتمد غالبًا على العوامل البشرية مثل مزاج كفاءة

العامل وراحته وحالته الجسمانية. [7] وفي الوقت نفسه درس علماء الاجتماع وعلماء النفس وعلماء آخرون السلوك الإنساني لكي يتعلموا كيف يمكن أن يؤثر في الإنتاج. وتم تصميم آلات تتلاءم قدر الامكان مع قدرات وإمكانات البشر، وحديثا أصبح لعلم الأرجونوميكس ارتباط وثيق بالعمارة والتصميم الداخلي والتصميم البيئي.

ومن هذا نستنبط مفهومنا للأرجونوميكس في الدراسة الحالية بأنها :"دراسة العلاقة الفيزيائية بين الطلاب وبين الأوضاع والعوامل الداخلية والمؤثرات البيئية والأثاث والادوات والاجهزة التقنية المرتبطة بأنشطتهم التعليمية الرئيسية، والتي يتأثرون بها أثناء قيامهم بأداء وظائفهم من حيث (كيفية التعامل ومدى مناسبة بيئة العمل لقدراتهم – والحركة والمسافة والارتفاع والمنسوب والمساحة المخصصة للحركة أو العمل - والممارسة الصحيحة اللازمة لأدائهم) مما يكفل أداء أعمالهم بأقل جهد ووقت وأكبر قدر من التركيز الذهني والراحة والامان بالإضافة الى تقليل الاستجابات الانفعالية الحادة.[5] وتتركز الاعتبارات الارجونومية فى هذه الورقة في أهم اعتبارين وهما:

أ. (الأرجونوميكس البدني Physical Ergonomics) وهو يتمثل في الصفات البدنية والتشريحية لجسم الانسان وعلاقتها بتصميم المنتجات والآلات التي يتعامل معها الانسان وكذلك اوضاع العمل . وتتضمن الموضوعات التى يدرسها هذا الفرع من الأرجونوميكس، اوضاع العمل Work Postures وعمليات تناول والتعامل مع المواد يدويا، الحركات المتكررة، الامراض والاعراض المرضية العضل هيكلية Musculoskeletal disorders وتنظيم حيز العمل بما يتناسب مع المدى الوظيفي لأعضاء جسم الانسان. كما تضم الموضوعات التي يتعامل معها ايضا جوانب الامان وصحة الانسان وسلامته. [8]

ب. (الأرجونوميكس البيئي Environmental) Ergonomicsوتتمثل في التأثير البيئي على العمل بما يتضمنه من اعتبارات البيئة (الحرارة والبرودة والرطوبة والتهوية والضوضاء والتلوث البصرى) فهو يهتم بالبيئة البصرية والإضاءة والتلوث البصري والضوضائي.

7- دراسة العوامل البشرية للبيئة الداخلية بمبنى القسم:

تم اجراء الدراسة في البيئة الداخلية لمبنى القسم وذلك بالقياس والملاحظة العينية للبيئة الداخلية ،مقترنة بالخبرة الذاتية لأعضاء هيئة التدريس بالقسم ومتابعتهم لمدى التزام الطلاب وحرصهم وصبرهم على الساعات الطويلة وخاصة لبعض المحاضرات ذات الطابع العملي، وكذلك ملاحظة وتدوين كيفية تعاملهم مع العوامل البشرية المختلفة في البيئة التعليمية الداخلية، من حيث الأوضاع ومظاهر وأعراض تأثيراتها المختلفة، طوال الفصلين الدراسيين للعام الجامعي 2018/2017 ،كما تم استخدام أجهزة لقياس درجة الحرارة والرطوبة الداخلية ،كمؤشر لمدى الراحة الحرارية في المبنى. وقد ارتكزت الدراسة عموما على مجالين من مجالات التصميم الارجونوميكسي وهما:

7-1- (الأرجونوميكس البدني Physical Ergonomics) : حيث تمت دراسة الأبعاد والخواص الفيزيائية للأثاث المستخدم في قاعات الدراسة والمراسم ،وملاحظة تعامل الطلاب من كلا الجنسين وبمختلف أعمارهم وأحجامهم مع الاثاث في حالتي الجلوس للقراءة والرسم ، وملاحظة حركاتهم البدنية وأوضاع جلوسهم وألية تعاملهم واستخدامهم للأدوات المختلفة، وكذلك الاستبيان منهم عن شعورهم ومدى ملائمة الأثاث لوظائفهم ،وتم توثيق النتائج في جدول ليسهل تحليلها واستنتاج الحلول والبدائل ،انظر الجدول رقم (1).

7-2- (الأرجونوميكس البيئي Environmental) Ergonomics: حيث تمت دراسة البيئة الداخلية من حرارة ورطوبة نسبية وتهوية وكذلك تقييم الضوضاء في القاعات والمراسم ، وإمكانيات مكافحة ومنع انتشار الحرائق، والاستبيان من الطلاب عن مدى توفر الراحة الحرارية في المبنى واحساسهم بالارتياح أو الانزعاج خلال فترات استخدامهم للمبنى. وتم توثيق النتائج في الجدول رقم (2).

	أولاً:	**الجدول (1) نتائج دراسة الأرجونوميكس للأثاث وعلاقته بالخواص البدنية للطلاب**		
ت	الفضاء	الأثاث	الشكل	الملاحظة والتأثير
1	المراسم	المقعد		هو عبارة عن مقعد من الخشب له أربعة قوائم بارتفاع (65 سم) وجلسة على شكل دائري مسطح قطرها (30 سم) تمت ملاحظة أن المقاعد الموجودة في مراسم القسم لا يوجد بها مسند لأسفل الظهر. ولا يمكن تعديل ارتفاعها، وذلك نتج عنه أن معظم الطلاب والمستخدمين للفضاءات التعليمية يعانون من العديد من الأعراض والإصابات التي تمت الإشارة لها. حيث أفاد طلاب القسم بأنه يحدث لهم أعراض الشعور بآلام أسفل الظهر.

		طاولة الرسم		هي طاولة لها قوائم من الحديد المطلي بارتفاع (80 سم) وسطح العمل من الخشب المضغوط ولها سطح أبيض لامع بمقاس (100× 70 سم)، وقد لاحظ الباحثون أن الطاولات لها ميزة تعديل الميل ولكن لا يمكن تعديل ارتفاعها ،حيث أشار أغلب الطلاب وخاصة الطالبات أن (الطاولات) مرتفعة، ولا يوجد بها خاصية تعديل الارتفاع بالطاولات والمقاعد بما يلائم وضعية جسم المستخدم. مما ينتج عنه أن الطاولة تكون عالية الإرتفاع بالنسبة لجسم المستخدم.
2	القاعات الدراسية	المقعد		بخصوص مقاعد المستخدمين فى القاعات الدراسية فقد لاحظ الباحثون ملائمتها مع المعايير الصحية لوضعية الجلوس السليمة. حيث يتسم المقعد بالمتانة، كما يتسم باللليونة فى التصميم والتناسق مع شكل الجسم البشرى وعضلاته، وأيضاً مزود بمسند لأسفل الظهر كما ان زاوية ميله ليست كبيرة مما يساعد على استقامة الظهر، كما لوحظ أنه مزود برف سفلي لوضع الحقيبة، وبه سطح صغير للعمل (الكتابة) قابل للتحريك والطي، كما تم تصميم فتحة في المسند تساعد في حمل الكرسي ونقله ، كما أنه مزود بأغلفة مطاطية في أسفل القوائم لمنع الانزلاق والضوضاء نتيجة الاحتكاك بالأرضية.
		المنضدة		أشار المستفيدون أن درجة إرتفاع المنضدة متوسطة، وهذا يدل على أن المنضدة تمتاز بخاصية التعديل للارتفاع بما يتلائم مع إرتفاع جسم المستخدم.

		الجدول (2) نتائج الدراسة الارجونوميكسية البيئية وعلاقتها بالخواص البدنية للطلاب:
أولا:	عامل التهوية	لاحظ الباحثون أن قاعة العرض بمبنى القسم يوجد بها تكييف ، وذلك على عكس القاعات الدراسية والمراسم التى لا يوجد بها أي مكيف للهواء وتعتمد فقط على التهوية الطبيعية ،وبالتالي فأن عامل التهوية سيئ جداً فى أكثر فضاءات القسم، ويؤثر على راحة الطلاب اثناء ساعات المحاضرات الطويلة ، فقد لاحظ الباحثون أن وجود مكيف الهواء يكون عامل راحة وجذب للمستفيدين، وعلى العكس عدم وجوده يكون عامل طرد، وذلك بسبب إرتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها، وهي تحتاج إلى تهوية مناسبة للشعور بالراحة الحرارية داخل الفضاءات والتي يصعب توفيرها بالاعتماد فقط على التهوية الطبيعية وخاصة في القاعات التي تقع في الجهة الجنوبية والغربية، على الرغم من أن الفناء الداخلي له دور طفيف في التأثير على حركة الهواء صيفا.
ثانيا :	عامل الإضاءة	أن نسبة قليلة من الطلاب فى مبنى القسم يجدوا أن الإضاءة غير مريحة للعين، وهذا يدل على أن النسبة

		الكبيرة منهم لا يشتكون من الإضاءة الطبيعية والصناعية داخل مبنى القسم ويرون أنها مريحة للعين. ولكن يوجد نسبة ترى أن هناك بريق نتيجة الإضاءة الطبيعية حيث لا يوجد ستائر لمنع هذا البريق. وأيضاً تم استخدام كاسرات للحيلولة دون الدخول المباشر لأشعة الشمس.
ثالثا	عامل الضوضاء	لاحظ الباحثون وجود ضوضاء فى قاعات ومراسم مبنى القسم محل الدراسة، وأشار الطلاب بأن الضوضاء مرتفعة، ويؤثر ذلك بشدة على التركيز وجودة التحصيل داخل مبنى القسم. ولاحظ الباحثون أن وجود الضوضاء فى مبنى القسم ليس له علاقة بسوء التصميم المعماري أو بوجود آلات تسبب الإزعاج، فعلى الرغم من أن المبنى حديث ومصمم معمارياً لمنع كل أسباب الضوضاء الداخلية والخارجية، فإن نسبة الضوضاء بها ليست قليلة وذلك ناتج عن المستخدمين أنفسهم وليس ناتج عن العوامل المحيطة. بل الضوضاء ناتجة عن أصوات وحركة الطلاب وتحريكهم للأثاث واحتكاكه بالأرضية إذا فهي مرتبطة بسلوك وحركة الطلاب والمستفيدين أنفسهم،
رابعا	عامل الأمان ضد الحرائق	لاحظ الباحثون أن مبنى القسم ليس لديه أي إمكانيات لمكافحة ومنع انتشار الحرائق، فلا توجد طفايات الحرائق. وأيضاً لاحظ الباحثون عدم صلاحية منظومة الإطفاء التي كانت متواجدة في المبنى، ولا توجد أنظمة الكشف على الدخان ولا الانذار عن الحريق، كما أنه لا توجد لافتات تشير إلى اتجاه سلالم الطوارئ، أو اتجاه المخارج عند الحريق.
خامسا	المناخ العام من (إضاءة، ضوضاء، تهوية)	لاحظ الباحثون عدم ملائمة المناخ العام فى أكثر أماكن مبنى القسم محل الدراسة، وذلك لأن أكثر الطلاب يشتكون من سوء التهوية والتكييف فى البيئة الداخلية، بينما أغلبية المستفيدين من مبنى القسم يشتكون من ضوضاء الأثاث عند احتكاكه بالأرض وأيضاً من ضوضاء المستفيدين أنفسهم. وهذا يدل على سوء المناخ العام فى مبنى القسم مما يؤثر على راحة الطلاب اثناء ساعات المحاضرات الطويلة.

مناقشة النتائج:

من خلال نتائج الدراسة الارجونوميكسية للبيئة الداخلية لمبنى القسم الموثقة في الجداول السابقة، وبتحليلها حسب معايير علم الأرجونوميكس نستخلص ما يلي:

1- من خلال تحليل نتائج الجدول رقم (1)، نجد عدم ملائمة المقاعد في المراسم لمعايير التصميم الارجونوميكسية، لعدم وجود مسند لأسفل الظهر وهذا مخالف للمعايير الصحية لوضعية الجلوس الصحيحة ،وكذلك عدم وجود خاصية تعديل الارتفاع بحيث تتلائم مع أطوال وأحجام الطلاب المختلفة، مما يؤدي إلى لجوء أغلب الطلاب وخاصة الطالبات إلى أداء أعمال الرسم وهم في وضعية الوقوف ،ونرى إضافة إلى ذلك أن الخواص الفيزيائية للمقاعد وخاصة الملمس الصلب لخشب قاعدة الجلوس وقطرها وشكلها الغير مدروس ،غير ملائمة ارجونيميكسيا لبدن الطلاب، مما يتسبب في ظهور الأعراض المرضية إضافة إلى الشعور بالتعب والملل وعدم التركيز، كما نرى أن للبيئة الاجتماعية المحافظة تأثير أيضا على عزوف أغلب الطالبات عن استخدام هذه المقاعد بهذا الشكل.

2- من خلال تحليل نتائج الجدول رقم (1) أيضا نجد أن طاولات الرسم في المراسم غير ملائمة لمعايير التصميم الارجونوميكسية، حيث لم يراعى في تصميمها خاصية تعديل الارتفاع لتتلائم مع أطوال الطلاب المختلفة ، فارتفاعها يؤدى إلى بقاء الكوعين مرفوعان لأعلى مما يتسبب فى آلام للأكتاف على الرغم من احتوائها على خاصية تعديل زاوية ميل سطح العمل، ولكن الميل يؤدي إلى تدحرج الأقلام والأدوات ،كما أنها لا تحوي أرفف سفلية أو أدراج جانبية لوضع الأدوات اثناء الشغل، مما يضطر الطالب إلى احضار طاولة أو كرسي بجواره ليضع عليه الأدوات المختلفة وهي كثيرة عادة حسب نوع الشغل المطلوب، مما يتسبب في زيادة حركة الالتفاف الجانبي للطلاب لتناول الأدوات، إضافة إلى

التسبب في الفوضى والإرباك في فضاء المرسم، كما أن عدم وجود اضاءة مسلطة لكل طاولة يتسبب في التعب والإرهاق للعينين عند رسم التفاصيل الدقيقة، كما نجد أنه ونتيجة لنقص عدد الطاولات فإن نقلها أو تحريكها من مكان إلى أخر أو من مرسم إلى أخر، يتطلب الكثير من الجهد البدني والوقت لعدم وجود عجلات في قوائمها.

المراجع

[1] منير فخري صالح و أخرون. أسس التصميم. دروب للنشر والتوزيع. عمان 2011

[2]محمد، موسى 2016 (تصميم أثاث المختبرات العلمية الجامعية في ضوء الإتجاهات التقنية للتعليم). بحث ماجستير.

[3] فداء حسين وخلود بدر غيث. التصميم أسس ومبادئ دار الإعصار العلمي للطباعة والنشر – الأردن 2012.

[4]محمد رضا البغدادي. (تاريخ العلوم وفلسفة التربية العملية) دار الفكر العربي 2003

[5]عبد العاطي حجازي (هندسة الوسائل التعليمية) دار أسامة للنشر والتوزيع – الأردن 2009

[6]ترجمة حيان جواد صيداوي. (عناصر التصميم والبناء). دار قابس للطباعة والنشر، لينان بيروت. 2006

[7]بو ظريفة حمو، (مدخل إلى الأرغونومكا) محرك البحث google. 2015
http://www.prevention-ergonomics.com

[8]أسعد حسن على. (الكرسي بين الوظيفة والشكل) – مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، العدد الثاني 2009

[9] Rani Lueder (Ed.) 2007. The Ergonomics Payoff (Holt, Rinehart & Winston)

[10] https://ar.wikipedia.org/wik

A three‐dimension finite element analysis to evaluate the effect of rigid and non-rigid connectors in tooth-implant supported prosthesis

Amel A. al-zuweedi
Libyan Academy for Postgraduate Studies, Biomechanical Division, Tripoli.
Email Address: Amel.alzuweedi@academy.edu.ly

Prof. Dr. Hussam El-Din F. El-Sheikh
Libyan Academy for Postgraduate Studies, Biomechanical Division, Tripoli.

***Abstract*— This study investigates the effects of rigid and non-rigid connectors in tooth-implant fixed prostheses using finite element analysis. A rigid connector and a non-rigid connector were used in design two models of tooth-implant fixed prostheses, which were then exposed to vertical and oblique loads. Under vertical loading, the results of simulation revealed that the non-rigid connector model had the highest level of maximum stress in prosthesis, with an increase in stress at the bone in the premolar root apex, whereas the stress generated in the implant was higher in the rigid connector model. Under oblique loading, the highest level of maximum von Mises stress was observed in the non-rigid connector, as well as an increase in stress in bone at the apex of the premolar's root, while rigid connector showed increase stress in the implant and at the bone around the implant neck. It is concluded that the non-rigid connectors were associated with reduced bone stress around implants but higher stress in the prostheses and near the connected tooth which may cause tooth intrusion. Meanwhile, the rigid connector increases the stress on and around the dental implant.**

Keywords—implant, natural tooth, rigid connecter, non-rigid connector, fixed prostheses, finite element analysis.

I. INTRODUCTION

Tooth-implant support prostheses were suggested as a possible treatment option for patients with edentulous conditions that do not allow for the implantation of a sufficient number of supporting implants [1].

The benefits of a tooth implant-supported prosthesis are splinting a natural tooth into an implant, enhanced mechanoreception, and additional support for the entire load on the dentition. Furthermore, connecting teeth with implants expands the restorative dentist's treatment options, lowers the cost of tooth replacement, and avoids the need for cantilevers [2,3]. However, the use of teeth and implants as support for dental restorations is still a controversial issue. The concern with this prosthesis is that the tooth and the osseointegrated implants have different mobility patterns, which may subject the implant to excessive force , which may cause loosening or fracture of the prosthetic screw [4]. Unlike implants, which are osseointegrated and rigidly connected to the surrounding bone, teeth are supported by the periodontal ligament, allowing for physiologic mobility ranging from 50-200 μm when forces of 0.1 N are applied [5,6].

The rigid and non-rigid connectors have an influence on the biomechanical behavior of tooth implant-supported prostheses [7]. Several finite element analysis investigations into the connector designs have shown that the non-rigid connector, as a flexible device, can balance the difference in mobility between a tooth and the implant under axial load to reduce excessive stress on the bone around the implant [4,8,9]. However, some reports have shown that the non-rigid connectors may cause tooth intrusion and justify using the rigid connector rather than the non-rigid ones to avoid this problem [5,10,11].

II. MATERIALS AND METHODS

Two models were designed using computer aided design software (SolidWorks), one model with a rigid connector and the other with a non-rigid connector, and each model presents a dental implant, a prepared first premolar, a predental ligament of 0.2 mm thickness, cortical bone, cancellous bone, and a zirconia bridge, Figures 1-2.

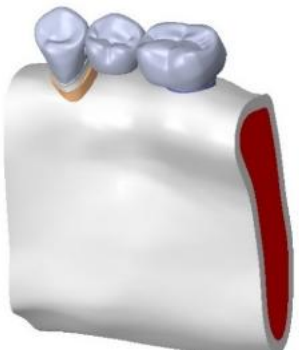


Figure 1: models of tooth-implant fixed prosthesis with a rigid connector.

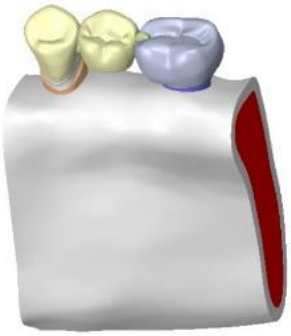


Figure 2: models of tooth-implant fixed prosthesis with a non-rigid connector.

According to several stress analysis studies, non-rigid connectors were related with reduced bone stress around implants but higher stress within implants and prostheses.

[4,11]. There are various designs of non-rigid connectors available, but the most common is that one of key and keyway, the unite of stress backer [12,13]. In this unit, the keyway is engraved in the implant crown, while the key is prominent from the side of the pontic to be engaged with the keyway to eliminate the risk of intrusion and allow the tooth to move without overloading the implant itself [2]. A plastic sleeve (cap) of a thickness of 0.13 mm constructed of an elastic-plastic polymer was placed to include the keyway unit and located intramedullary between the crown of the abutment and the pontic, Figure 3.

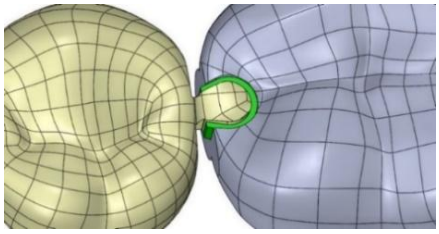


Figure 3: The non-rigid connectors (key and keyway) design.

The models were assembled using the Solid Works software and exported to Ansys Workbench for further mechanical analysis. The models were meshing generation with element sizes of 0.5mm at a Global Level, Figures 4-5 . The number of elements and nodes of the models were described in Table 1.

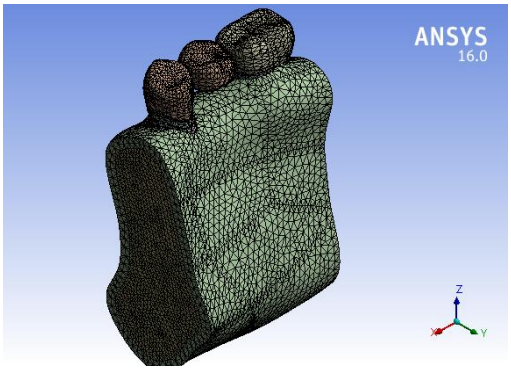


Figure 4: Mesh of tooth-implant fixed prosthesis with rigid connector model.

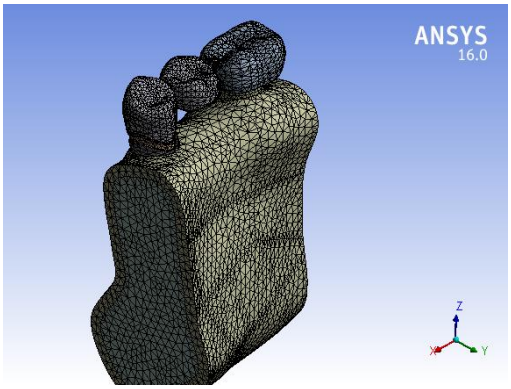


Figure 5: Mesh of tooth-implant fixed prosthesis with non-rigid connector model.

Table 1: Number of elements and nodes in the study.

Models	Elements	Nodes
Tooth-implant fixed prosthesis with rigid connector model	405888	594857
Tooth-implant fixed prosthesis with non-rigid connector model	99831	174605

III. The Material Properties

Biological tissues is an anisotropic and heterogeneous material which means that they have different mechanical properties for loading in different directions [14,15]. The material properties used for the current model were assumed to be linear, homogeneous, and isotropic, Table 2.

Table 2: The mechanical properties for material.

Materials	Young's modulus (MPa)	Poisson's ratio
Cortical bone [5,16]	15,000	0.3
Cancellous bone [5,16]	1,500	0.3
Periodontal ligament (PDL) [17]	69	0.45
Dentin [7]	18,600	0.31
Zirconia [17,18]	210,000	0.27
Nonrigid connector [4]	110,000	0.42

IV. Loads and Boundary Conditions

The study was performed using finite element analysis software (Ansys Workbench). This research applied two different situations of occlusion forces, represented by two different simulations. In the first one, the applied loads were in the vertical direction. In the second simulation, the semi-values of these loads were re-applied to the occlusion surface from a buccolingual direction at a 30° angle [19].

The direction characterization of the applied forces was represented in Figure 6, where the applied forces were as follows along the z-axis: 450 N on the top surface of the first premolar, 600 N on the top surface of the second premolar, and 720 N on the top surface of the first molar.

Bonded contact was used for all connected surfaces in the present models. Since the tooth-supported dental prosthesis models are a sectional cut of the alveolar, the mandible model's side faces were assumed to be fixed in all directions.

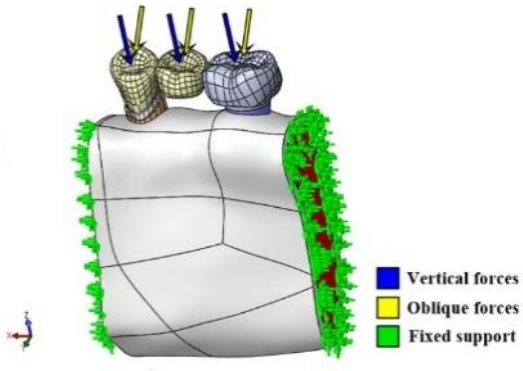


Figure 6: loads applied on the occlusal surface.

V. Results

The von Mises analysis was applied in the study to record the stress distribution in the mesial and distal sides of the tooth and dental implant, based on a color expression that

presents the results in the form of a chromatic scale, with the colors ranging from blue to red for the minimum values to the maximum values.

The von-Mises stress around the dental implant in tooth-implant support fixed denture with rigid connector under vertical and oblique loading has shown similar stress pattern, however the stresses were high at the bone around implant neck area and in the bone near the premolar root under vertical loading. Meanwhile the maximum von Mises stress in prosthesis and implant was higher under oblique, Figures 7-10.

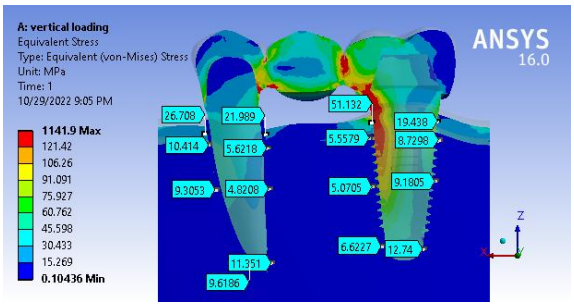


Figure 7: The von Mises stress under vertical loads applied on tooth-implant supported prosthesis with rigid connector.

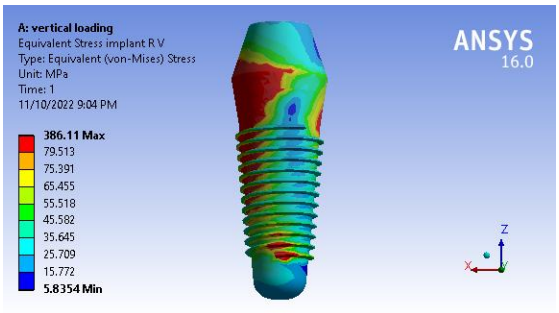


Figure 8: The von Mises stress under vertical loads applied on implant in tooth-implant supported prosthesis with rigid connector.

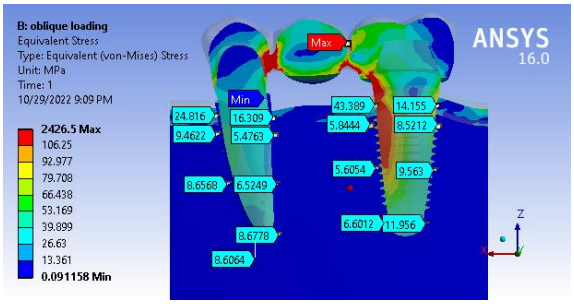


Figure 9: The von Mises stress under oblique loads applied on tooth-implant supported prosthesis with rigid connector.

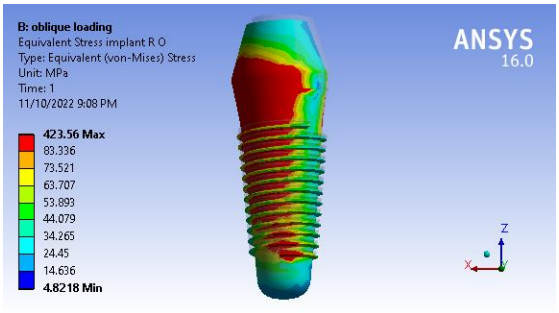


Figure 10: The von Mises stress under oblique loads applied on implant in tooth-implant supported prosthesis with rigid connector.

The tooth-implant support prosthesis with non-rigid connector records higher maximum von Mises stresses than the rigid connector model. Also, the stress at root tip area of premolar apical area was elevated. On the other hand, the implant stresses were lower than the rigid connector model as well as a shown reduce in stress around the implant neck area, Figures 11-14.

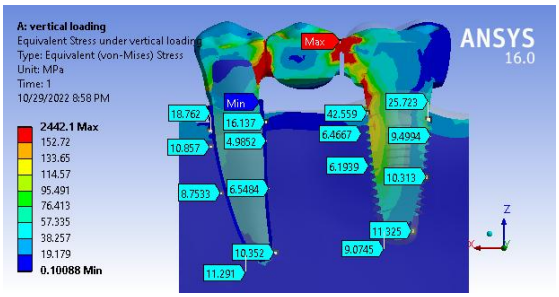


Figure 11: The von Mises stress under vertical loads applied on tooth-implant supported prosthesis with non-rigid connector.

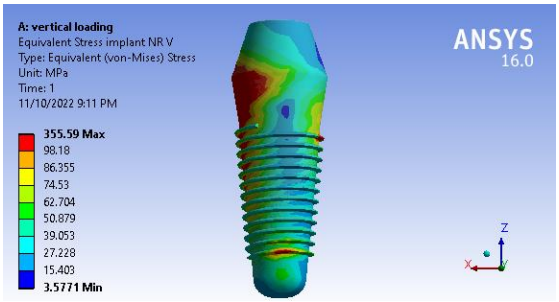


Figure 12: The von Mises stress under vertical loads applied on implant in tooth-implant supported prosthesis with non-rigid connector.

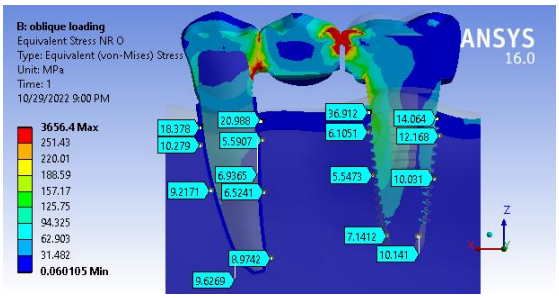


Figure 13: The von Mises stress under oblique loads applied on tooth-implant supported prosthesis with non-rigid connector.

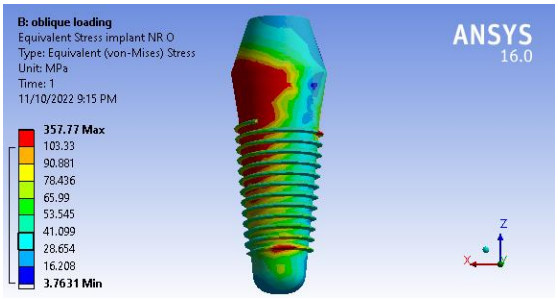


Figure 14: The von Mises stress under oblique loads applied on implant in tooth-implant supported prosthesis with non-rigid connector.

Table 3 shows the maximum von Mises stress in the prosthesis and the implant under vertical and oblique loading to help understand the effect of rigid and non-rigid connectors in tooth-implant fixed prosthesis models.

Table 3: The von Mises stresses (MPa) in the prosthesis and the implant.

tooth-implant fixed	The maximum von Mises stress in Prosthesis (MPa)	The maximum von Mises stress in Implant (MPa)

prosthesis model	under vertical loading	under oblique loading	under vertical loading	under oblique loading
rigid connector	1142	2426.5	386	423.5
non-rigid connector	2442	3656	355.5	357.7

VI. DISCUSSION

The biomechanics research of load distribution in dentistry has widely used three-dimensional FEA models since they have been successfully employed to determine the biomechanics behavior of any dental prosthetic system [20,21]. Connecting an implant to a natural tooth with a fixed partial denture has presented as a challenging treatment because of the immobility of an implant compared with the mobility of natural teeth [2,11]. A rigid connector of teeth to implants is not practical due to the adverse effects on the implants. At the same time, tooth intrusion becomes a potential consequence with a non-rigid connecter [22,23].

This research presented two models of the tooth-implant fixed prosthesis, one with a rigid connector and the other with a non-rigid connector, to evaluate and compare the behavior and effects of various connectors based on the stress criteria by using the finite element method. The vertical and oblique loads were applied to these models for simulate masticatory forces.

In tooth-implant fixed prosthesis with rigid connector under vertical loading, high stress recorded at the bone round implant neck because the center of rotation in the implant is located at the level of crestal bone, while under oblique loading higher stresses induced in the implant due to bending moment occur in prosthesis due to a mismatch of mobility between the implant and natural tooth, these stresses would lead to marginal bone resorption and implant or prothesis fracture.

These findings matched with those reported in previous study by Y. C. Huang et al.[9] used a finite element model to analyze the stress distribution of rigid and non-rigid connectors, there study have shown that the rigid connection is related to higher stress in and around the implant. T. Muradyan et al.[4] also present research to comparison of rigid and non-rigid fixation with tooth–implant dentures by three-dimensional FEA, noted that a highest peri-implant crestal bone stress distribution was observed in the model with the implant–tooth rigid fixation.

In the model of a tooth-implant fixed prosthesis with a non-rigid connector, high stresses were induced in the bone at the apical area of the root under vertical loading, which may result in tooth intrusion. Furthermore, the highest von Mises stress values in prosthesis have been recorded in this model under oblique loading, which means the non-rigid connector does not transfer load properly and results in stress accumulation in the connector itself. However, when comparing the stress in the implants, the lowest value was found in the model of a tooth-implant prosthesis with a non-rigid connector. In the same way, the stress in the bone around the implant neck area was reduced.

These results are consistent with that of other study by S. Ramoglu et al.[3] concluded that bone resorption can be decreased with using non-rigid connector in tooth-implant prosthesis. while intrusion can be avoided with using rigid connectors. Similarly, two-dimensional FE analysis by C. Lin et al.[22] found that a non-rigid connector should be used with caution since it breaks the stress transfer and enhance stress values in the implant system and prosthesis. Additionally, review by B. K. Biswas et al.[24] reported that there were no functional differences between rigid and non-rigid connections in tooth-implant support prosthesis, although some studies have evaluated bone loss surrounding implants using long-term radiological follow-up show higher bone loss with rigid connection compared to non-rigid connection, eventually, they suggest to avoid using poor bone quality while considering such a type of prosthesis.

Hoffmann and Zafiropoulos [25] concluded that although nonrigid connectors have a more favorable force distribution in biomechanical models, rigid connections achieve better results with regard to long-term stability, complications, and tooth intrusion. However, when this type of connector is used, more marginal bone loss has been seen around implants.

The study revealed that the type of connector has a significant effect on tooth-implant prostheses because the results of the models record a different way to transfer the stresses for each one and an individual impact on the implant that is integral to the prosthesis.

VII. CONCLUSION

Based on a study result, it could be concluded that the non-rigid connectors were associated with reduced bone stress around implants but higher stress in the prostheses and near the connected tooth, which may cause tooth intrusion. Meanwhile, the rigid connector increases the stress on and around the dental implant.

REFERENCES

[1] Ting M, Faulkner RJ, Donatelli DP, Suzuki JB. Tooth-to-Implant-Supported Fixed Partial Denture: A Comprehensive Overview of Systematic Reviews. Implant Dent 2019;28:490–9. https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000901.

[2] Shenoy V, Rodrigue S, Prashanti E, Saldanha S. Tooth implant supported Prosthesis: A Literature review. J Interdiscip Dent 2013;3:143–50. https://doi.org/10.4103/2229-5194.131198.

[3] Ramoglu S, Tasar S, Gunsoy S, Ozan O, Meric G. Tooth-Implant Connection: A Review. ISRN Biomater 2013;2013:921645. https://doi.org/10.5402/2013/921645.

[4] Muradyan TA, Muradyan NA, Verlinski S V., Poghosyan AY. Three-dimensional finite element analysis comparative model of tooth–implant nonrigid fixation. Simulation 2021;97:239–46. https://doi.org/10.1177/0037549720972781.

[5] Burak OZcelik T, Ersoy E, Yilmaz B. Biomechanical Evaluation of Tooth- and Implant-Supported Fixed Dental Prostheses with Various Nonrigid Connector Positions: A Finite Element Analysis. J Prosthodont 2011;20:16–28. https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2010.00654.x.

[6] Misch CE. Dental Implant Prosthetics. J Maxillofac Oral Surg 2014:1–993.

[7] de Paula GA, Silva GC, Vilaça ÊL, Cornacchia TM, de Magalhães CS, Moreira AN. Biomechanical behavior of tooth-implant supported prostheses with different implant connections: A nonlinear finite element analysis. Implant Dent 2018;27:294–302. https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000737.

[8] In A, Use THE, Fea OF, Implant-bone THE. Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. J Prosthet Dent 2001;85:585–98.

[9] Huang YC, Ding SJ, Yuan C, Yan M. Biomechanical analysis of rigid and non-rigid connection with implant abutment designs for tooth-implant supported prosthesis: A finite element analysis. J Dent Sci 2022;17:490–9. https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.07.020.

[10] Tokmakidis K, Wessing B, Papoulia K, Spiekermann H.

Belastungsverteilung und Belastungskonzepte auf Zähne und Implantate. Zeitschrift Für Zahnärztliche Implantol 2009;25:44–52.

[11] Lin C-L, Wang J-C, Kuo Y-C. Numerical simulation on the biomechanical interactions of tooth/implant-supported system under various occlusal forces with rigid/non-rigid connections. J Biomech 2006;39:453–63. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.12.020.

[12] Lin C-L, Wang J-C, Chang W-J. Biomechanical interactions in tooth-implant-supported fixed partial dentures with variations in the number of splinted teeth and connector type: a finite element analysis. Clin Oral Implants Res 2008;19:107–17. https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01363.x.

[13] Naert IE, Duyck JA, Hosny MM, Quirynen M, van Steenberghe D. Freestanding and tooth-implant connected prostheses in the treatment of partially edentulous patients Part II: An up to 15-years radiographic evaluation. Clin Oral Implants Res 2001;12:245–51. https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2001.012003245.x.

[14] Hu C, Qin Q-H. Bone remodeling and biological effects of mechanical stimulus. AIMS Bioeng 2020;7:12–28. https://doi.org/10.3934/bioeng.2020002.

[15] Desai H MS. Basic Concepts of Finite Element Analysis and its Applications in Dentistry: An Overview. J Oral Hyg Heal 2014;02. https://doi.org/10.4172/2332-0702.1000156.

[16] Cicciù M, Cervino G, Bramanti E, Lauritano F, Gudice G Lo, Scappaticci L, et al. FEM analysis of mandibular prosthetic overdenture supported by dental implants: Evaluation of different retention methods. Comput Math Methods Med 2015;2015. https://doi.org/10.1155/2015/943839.

[17] Jain H, Kalra T, Kumar M, Bansal A, Jain D. Three-Dimensional Finite Element Analysis to Evaluate Stress Distribution in Tooth and Implant-Supported Fixed Partial Denture–An In Vitro Study. Dent J Adv Stud 2020;8:84–91. https://doi.org/10.1055/s-0040-1714331.

[18] Cervino G, Romeo U, Lauritano F, Bramanti E, Fiorillo L, D'Amico C, et al. Fem and Von Mises Analysis of OSSTEM ® Dental Implant Structural Components: Evaluation of Different Direction Dynamic Loads. Open Dent J 2018;12:219–29. https://doi.org/10.2174/1874210601812010219.

[19] Dalkiz M, Zor M, Aykul H, Toparli M, Aksoy S. The Three-Dimensional Finite Element Analysis of Fixed Bridge Restoration Supported by the Combination of Teeth and Osseointegrated Implants. Implant Dent 2002;11:293–300. https://doi.org/10.1097/00008505-200207000-00016.

[20] Piccioni MAR V. Application of the Finite Element Method in Implant Dentistry. Appl Finite Elem Method Implant Dent 2008;10:369–77. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73764-3.

[21] Ishak MI, Abdul Kadir MR. Biomechanics in dentistry: Evaluation of different surgical approaches to treat atrophic maxilla patients. SpringerBriefs Appl Sci Technol 2013. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32603-5.

[22] Lin C-L, Chang S-H, Wang J-C, Chang W-J. Mechanical interactions of an implant/tooth-supported system under different periodontal supports and number of splinted teeth with rigid and non-rigid connections. J Dent 2006;34:682–91. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2005.12.011.

[23] Chee WW, Mordohai N. Tooth-to-implant connection: a systematic review of the literature and a case report utilizing a new connection design. Clin Implant Dent Relat Res 2010;12:122–33. https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2008.00144.x.

[24] K. Biswas B, Das B, Saha A, Paul R. Tooth implant supported prosthesis versus implant supported prosthesis- A review of literature and our experience. IP Indian J Anat Surg Head, Neck Brain 2019;5:1–12. https://doi.org/10.18231/j.ijashnb.2019.001.

[25] Hoffmann O, Zafiropoulos GG. Tooth-implant connection: A review. J Oral Implantol 2012;38:194–200. https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-10-00071.

Numerical Study of Resilient Implant with micro-movable element Implemented in Dental Prosthesis

Amel A. al-zuweedi
Libyan Academy for Postgraduate Studies, Biomechanical Division, Tripoli.
Email Address: Amel.alzuweedi@academy.edu.ly

Prof. Dr. Hussam El-Din F. El-Sheikh
Libyan Academy for Postgraduate Studies, Biomechanical Division, Tripoli.

***Abstract*—The aim of this study was to investigate the biomechanical behavior of resilient implant designs. The research presents a three-dimensional finite element analysis for tooth - implant supported prosthesis models which was designed with resilient implant with micro-movable element. To make the study more qualitative, invented design has been compared with the tooth-support fixed partial denture model. The tooth-implant supported dental prosthesis with the resilient implant with micro-movable element shows a high increase in maximum von Mises stress, which was 3899.7 MPa in the nonrigid connector. The stress distribution in the bone around the premolar was extremely high. Finally, it concluded that the resilient implant with a vertical micro-movable design has disappointingly affected the stress distribution in bone.**

***Keywords*— finite element analysis, resilient implant, vertical micro-movable.**

I. INTRODUCTION

A variety of prosthetic techniques can be used to restore the dentition subsequent to loss of teeth. The process of rehabilitation depends on the number, arrangement, and condition of residual teeth, patient desires, cost, and sufficiency of the bone to support dental implants [1].

Multiple missing teeth may possibly be restored with a removable partial denture, with a tooth-supported fixed bridge, with an implant-supported fixed bridge, or with a combined tooth-implant-supported bridge [2].

A combined tooth-implant-supported bridge, has been proven as an efficient modality of treatment, since the implant is connected to remaining natural teeth whenever there is an anatomic limitation of space for implants or failure of an implant to osseointegrated [3].

Resiliency of dental implant component [4], cushioning effect of cement and/or rapper layer [5], and force deflection in superstructure [6,7] may play a significant rule to this phenomenon. Therefore, biomechanical effect of mismatching of mobility pattern between the natural teeth and implant remains controversial [4,8].

Several published studies tried to achieve tooth-like mobility and shock absorbance, but only in an axial direction. Their solution consists of a vertical shock-absorbing mechanism in the abutment of the implant [9]. All of them obtained good results, but the periodontal system is a 3D structure which allows the tooth to move in all spatial directions, not just vertically. From the shock-absorbing point of view, in a vertical direction, most forces will be transmitted to the apex of the implant and to the apical portion thread [10]. Other studies suggest using 3D shock absorption enables the resulting forces to be transmitted in a more physiological manner to the surrounding bone [5].

The aim of this study was to investigate the biomechanical behavior of resilient implant with micro-movable element that form the integral part of tooth-implant fixed prostheses.

II. MATERIALS AND METHODS

A. The Design of the Implant System with micro-movable element design

This design was prepared with a component has the capability for vertical micro-movable to sustain the masticatory load. Therefore, a spring element was introduced underneath the abutment component to provide masticatory load absorption and also uniform stress distribution in the bone tissue around the implant. Some previous works have suggested the idea of imitating the natural teeth by using spring as a micro-movable element [9,11,12], Figures 1.

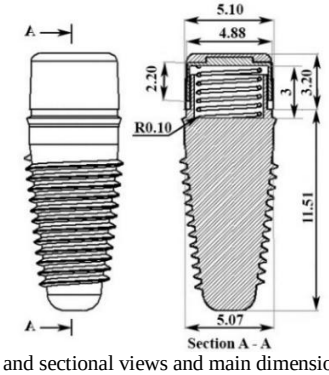


Figure 1: Side and sectional views and main dimensions of Resilient Implant with micro-movable element.

The elastic abutment with a mechanical behavior similar to a natural tooth with periodontal ligament has wide research and a commercially available product [9,10]. When there is a virtual load in occlusion surface, the abutment moves toward the implant, causing an increase in the compression of the resilient component, and reduce the over mechanical load. Nitinol was suggested as the material for the resilient component because it has the ability to restore the original shape after deformation [13,14]. Nitinol is used to manufacture medical devices due to its unique properties, such as biocompatibility, super elasticity, and fatigue resistance [15].

B. Finite Element Analysis of the Implant System

The research presents a three-dimensional finite element analysis for tooth - implant supported prosthesis models which was designed with resilient implant with micro-movable element. To make the study more qualitative, invented design has been compared with the tooth-support fixed partial denture model. The simulated models included the first premolar, first molar, cortical bone, calculus bone, periodontal ligament with a 0.2 mm thickness, dental implant, and the Zirconia dental prosthesis with non-rigid connectors.

The two undertaken models were first designed using SolidWorks_17, computer aid design software, then they have been exported to ANSYS_16 Workbench software for further mechanical analysis. The four models were manipulated as following:

- The tooth-supported dental prosthesis model, Figure 2.
- The tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element model, figure 3.

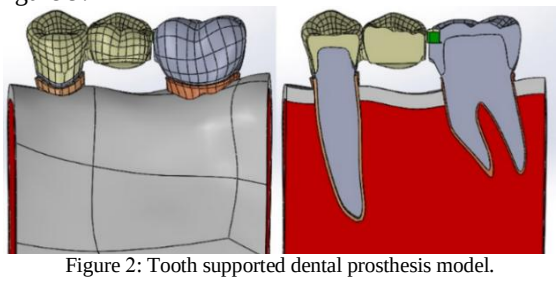


Figure 2: Tooth supported dental prosthesis model.

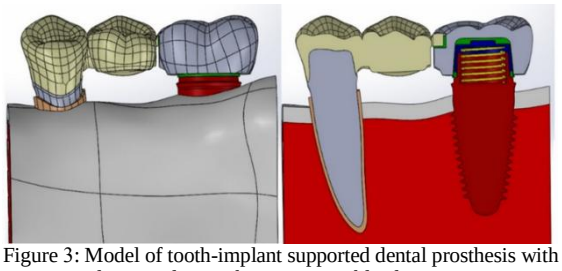


Figure 3: Model of tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element.

This assembled component was then manipulated by meshing generation with element sizes of 0.5 mm at a Global Level, Figures 4-5. The number of elements and nodes of the models were described in Table 1.

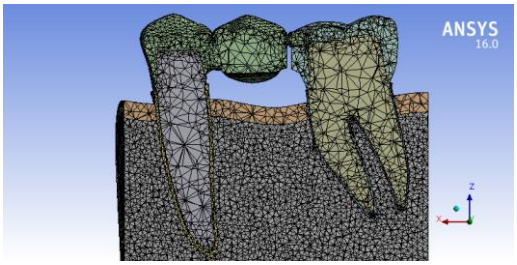


Figure 4: The meshes generated on the tooth supported dental prosthesis model.

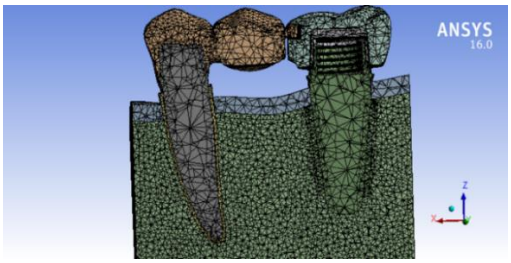


Figure 5: The meshes generated on the tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element model.

Table 1: Number of elements and nodes in the finite element Models.

Models	Element	Nodes
tooth-supported prosthesis	405532	598108
tooth-implant supported prosthesis with resilient implant	456685	684735

Biological tissues is an anisotropic and heterogeneous material which means that they have different mechanical properties for loading in different directions [16,17]. The material properties used for the current models were assumed to be linear, homogeneous, and isotropic, Table 2.

Table 2: Mechanical properties of the materials used in the study.

Materials	Young's modulus (MPa)	Passion's ratio
Cortical bone [18,19]	15,000	0.3
Cancellous bone [18,19]	1,500	0.3
Periodontal ligament (PDL) [20]	69	0.45
Dentin [21]	18,600	0.31
Titanium [18,22]	110,000	0.35
Zirconia [20,23]	210,000	0.27
Nitinol [15]	28,000	0.3
Nonrigid connector [24]	110,000	0.42

This study has considered two different cases of force occlusion represented in two different simulations. In one simulation the applied force was considered vertical, while in the second simulation the semi-values of these forces were re-applied to the occlusal surface from buccolingual directions with inclination of 30° to the vertical axis of the prosthesis [25].

The direction characterization of the applied forces was illustrated in on figure, Figure 6, in which along the z-axis the applied forces were as fellow; 450 N was applied on the top surface of the first premolar, 600 N was on the top surface of the second premolar, and 720 N was applied on the top surface of the first molar.

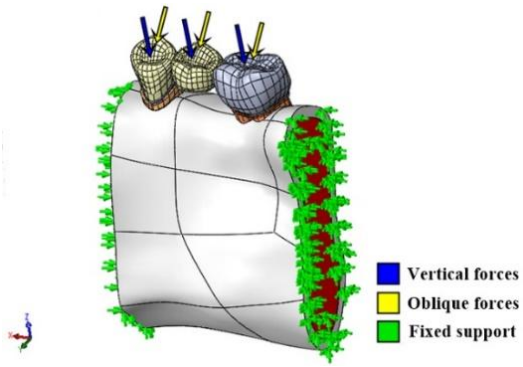


Figure 6: loads applied on the occlusal surface.

The boundary conditions in most FEA simulations of the mandible are fixed [26]. The tooth-supported dental prosthesis model is a sectional part of the alveolar, so the side faces of the mandible model are assumed to be fixed in all directions.

III. Results

The study evaluates under vertical and oblique loading the von Mises stresses generated in the bone around the tooth and considered the deformation as an indication for tooth displacement. The von Mises analysis was applied in the study to record the stress distribution in the mesial and distal sides of the tooth, based on a color expression that presents the results in the form of a chromatic scale, with the colors ranging from blue to red for the minimum values to the maximum values. Below are the analysis results:

A. Tooth supported dental prosthesis model

Under vertical loading, the maximum equivalent von Mises stress was about 3795 MPa in the prostheses, particularly in the nonrigid connector. The stress distribution in the bone around the roots was uniform with similar values, in the mesial side of the neck area the stress around the molar and premolar was 10.4 MPa and 10.9 MPa, respectively, while in the apex area the stresses decrease. On the distal side, the stress generated in bone around the molar and the premolar was 6.3 MPa and 6.7 MPa, respectively. However, the stresses increase gradually all the way down in the tip of the root area, Figure 7.

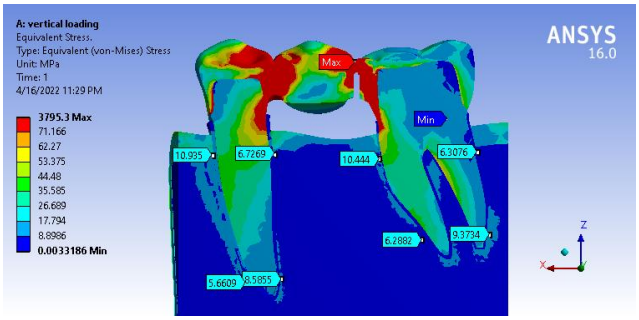


Figure 7: The von Mises stress under vertical load applied on Tooth supported dental prosthesis model.

Under oblique loading, the von Mises stresses elevated to the maximum value up to 3846 MPa at nonrigid connector. The stresses around the molar tooth were 9 MPa on the mesial side and almost 7 MPa on the distal side, whereas in the premolar tooth they were higher of about 13.2 MPa in the mesial and 8.3 MPa in the distal, as shown in Figure 8.

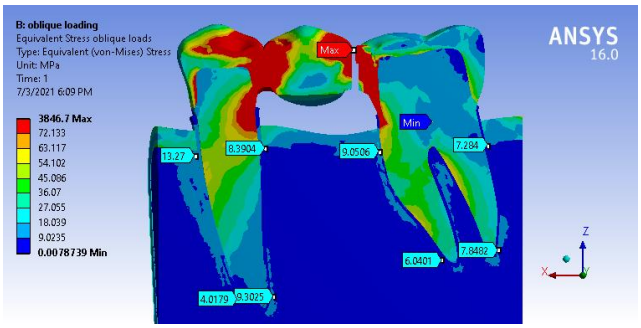


Figure 8: The von Mises stress under oblique load applied on Tooth supported dental prosthesis model.

Under vertical loads the maximum displacement of whole prosthesis reached to 108 µm Figure 9. It was noticed that the amount of micro-displacement in the anterior teeth was higher than that of posterior's, hence the premolar displacement was 103 µm and that of the molar was 90 µm.

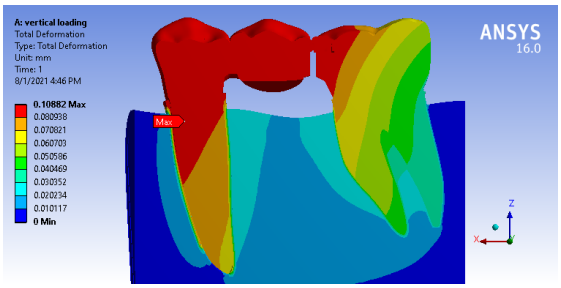


Figure 9: The displacement under vertical load applied on tooth supported dental prosthesis model.

While under oblique loads the maximum value of displacement of whole prosthesis was increased up to 175 µm Figure 10. The displacement in the molar was 139 µm since the occlusal applied once was higher, whereas in the premolar was record to be 131 µm.

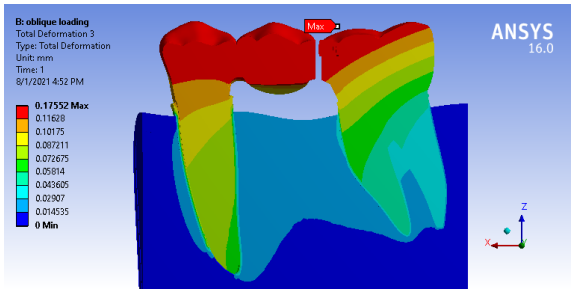


Figure 10: The displacement under oblique load applied on Tooth supported dental prosthesis model.

B. Tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element model.

Under vertical loading, this model shows a high increase in maximum von Mises stress, which was 3899.7 MPa in the nonrigid connector. The stress distribution in the bone around the premolar was extremely high, and the stresses in the mesial and distal sides were 11 MPa and 8 MPa, respectively. While near the implant, it shows significant stress absorption on the mesial side, which decreases to 2 MPa and then rise up to 12 MPa on the distal side, Figure 11.

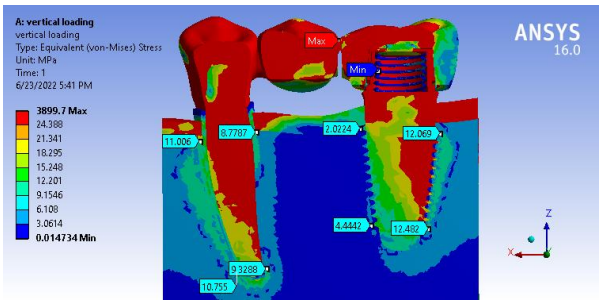


Figure 12: The von Mises stress under vertical load applied on tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element model.

Under oblique loading, the von Mises stresses are elevated to their maximum value up to 7448 MPa at nonrigid connector. The stresses around the implant were 2 MPa on the mesial side and almost 13 MPa on the distal side, whereas in the premolar tooth they were extremely high of about 15 MPa in the mesial and 10 MPa in the distal, as shown in Figure 12.

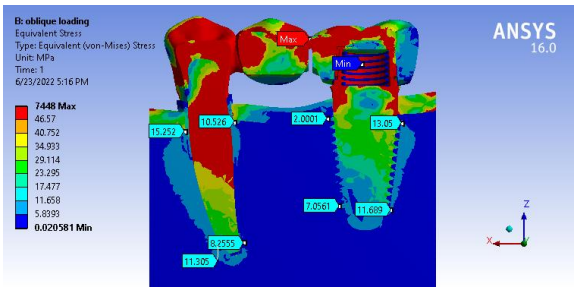


Figure 12: The von Mises stress under oblique load applied on tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element model.

The results of this model were the highest, since the maximum total displacement of the whole prosthesis reached to 248 µm under vertical loads, Figure 13. The implant displacement was 20 µm, while the displacement of the implant micro-movable element was 240 µm, which caused rise in the premolar displacement up to 151 µm.

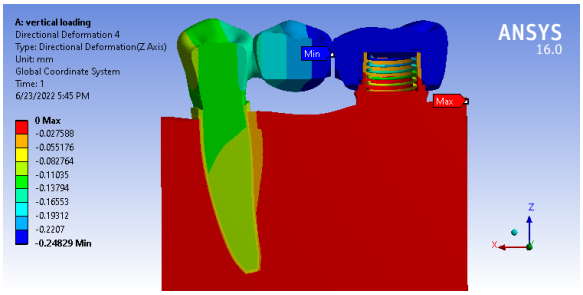


Figure 14: The displacement under vertical load applied on tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element model.

While under oblique loads the maximum value of displacement was increased up to 257 µm, Figure 15. The displacement in the implant micro-movable element was 255 µm. Whereas in the premolar was record to be 149 µm,.

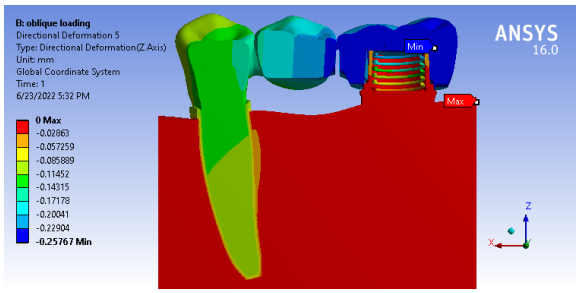


Figure 15: The displacement under oblique load applied on tooth-implant supported dental prosthesis with resilient implant with micro-movable element model.

IV. DISCUSSION

In mechanical systems, soft materials are commonly used as shock absorber devices to dampen force transfer between rigid components [12]. In the same way, a viscoelastic periodontal ligament subsists in the natural tooth-bone system serves to dampen the masticatory stresses towards the bone [27–29]. Likewise, in a resilient dental implant, when a shock absorber component shows elastic behaviour, which is inserted between stiff components of the implant, can reduce the load transfer towards the surrounding bone [10,30].

Many researchers studied the use of teeth and implants to support fixed partial dentures, but the effects are still controversial. Besides the advantages, there are potential consequences due to the biomechanical difference such as tooth intrusion and bone loss [3,31]. The effect of a resilient dental implant as a splint on the natural abutment has been discussed in several studies [5,8,32]. Most reported that using this kind of implant with resilient components has reduced the stress values in the bone tissue around the tooth and implant [9,10,33].

In the present study, design of resilient implants with micro-movable element was compared with a natural tooth to evaluate the ability of implants to mimic the movement of PDL based on the stress criteria by using finite element approach. The implant was combined with a tooth in a fixed partial denture by a non-rigid connector. Vertical and oblique loads were applied to the occlusal surface of the prosthesis with the highest values of biting force to evaluate the mechanical behavior of the implant under extreme conditions.

In tooth-supported dental prosthesis model, the stresses in the bone around the teeth were almost the same under the vertical loads. The stress on the mesial side was higher and decreased all the way down to the apex of the root, whereas on the distal side the stresses were higher in the root apex area than in the neck area since the root apex was inclined distally, and the rotation center of the root was located in the apical third area [34]. Under oblique loads, the stress distribution pattern was similar to that under the vertical loading, in spite that its values were higher especially around the premolars. . The micro-displacement results due to vertical and oblique loading showed normal motility range similar to the natural teeth under occlusal load which is reported to be 200 µm under compression loading with speed of 10 µm/s [28].

The highest von Mises stress values has been recorded in tooth-implant supported dental prosthesis by resilient implant with micro-movable element model under both vertical and

oblique loads, which they were 3899 MPa and 7448 MPa, respectively. Obviously, this would lead to damage of the prosthesis since the stress around the premolar was too high compared with other models, beside the stresses were low on the mesial side of the implant. That means resilient implant with micro-movable design which provide vertical displacement failed to transfer the stresses to the bone in an appropriate way. Consequently, this may result in bone atrophy due to stress shielding [35,36]. In addition, the cantilever effect played major role in creating bending moments owing to physiological tooth movement which in return could lead to prosthesis fracture, and implant failure. Furthermore, the resulted displacement under vertical and oblique loading were, also, too high. The mobility of the resilient abutment acts in a way effect on the premolar, leading to greater displacement values than the normal range, which would cause serious problems.

Mehran Ashrafi et al [37] made a comparative study of implant designs with and without absorbers to analyze the stress distributions in both bone and implant, as well as the relative micromovement of the implant, also presented the evolution of damage and bone volume fraction. The results showed that absorbers could reduce stresses in the bone surrounding the implant and thus bone damage could be minimized. In contrary, increasing the number of absorbers does not necessarily improve damage reduction.

The ability of resilient dental implants to reduce the overloading in tooth-implant prosthesis was recorded in several studies. Omer Pektasx and Ergin Tonuk [10] in their study designed a dental implant with resilient components in the upper structure to mimic the mechanical behaviour of the periodontal ligament in only the axial direction, the results of the designed implant were similar to a natural tooth with PDL and that is the purpose presented for eliminating or at least reducing the reported problems of rigid implants. Furthermore, when a bridge was co-supported by the elastic implant and a natural tooth, the maximum stress at the crown was reduced to 18%, at the abutment to 5%, and at the neck to 1% of the stresses found for the bridge co-supported by a generic rigid implant and a natural tooth. Nevertheless, the implant was designed for axial instead of horizontal flexibility. Consequently, the displacement under horizontal loading (1.3 mm) was extremely smaller than that reported on a natural tooth (50–150 mm). In the same context and from my point of view, since the geometries of both the bridge and the natural tooth were not professional, and the applied loads were just in a vertical direction the results were inaccurate, but one could consider this effort as a good base for resilient-implant design.

Another study by Mirko Glišić et al [9] used finite element method to analyze load distribution in tooth-implant supported fixed partial dentures with the use of resilient TSA (Titan Shock Absorber, Bone Care GmbH, Augsburg, Germany) abutment and standard non-resilient abutment. The experiment applied only a vertical force of 500 N in three different axial load conditions. The results showed maximum stress values were recorded in the cortical region of the bone in all three situations, for the model with a non-resilient abutment (maximum stress value of 49.7 MPa) and in the model with a resilient TSA abutment (maximum stress value of 28.9 MPa). The resilient TSA abutment results in a more uniform distribution of stress and deformations in the bone tissue. These results are much lower than in the model with the non-resilient abutment. The resilient abutment spring, which absorbs a portion of the force, prevents excessive load on the implant produced by tooth intrusion. According to the author, this study did not used oblique loads which are considered important to mimic the occlusal forces and could give realistic impacts and results.

V. CONCLUSION

Finally, the conclusion has been reached based on the present study results and observations that the resilient implant with a vertical micro-movable design has disappointingly affected the stress distribution in bone.

REFERENCES

[1] Pratheep K, Abraham A, Annapoorni H, Vigneshwaran S. Comparative evaluation of stresses in tooth implant connected fixed partial denture by varying the implant design and position: A 3D finite element study. Indian J Dent Res 2013;24:439–45. https://doi.org/10.4103/0970-9290.118388.

[2] Ramoglu S, Tasar S, Gunsoy S, Ozan O, Meric G. Tooth-Implant Connection: A Review. ISRN Biomater 2013;2013:921645. https://doi.org/10.5402/2013/921645.

[3] Shenoy V, Rodrigue S, Prashanti E, Saldanha S. Tooth implant supported Prosthesis: A Literature review. J Interdiscip Dent 2013;3:143–50. https://doi.org/10.4103/2229-5194.131198.

[4] Cho GC, Chee WW. Apparent intrusion of natural teeth under an implant-supported prosthesis: a clinical report. J Prosthet Dent 1992;68:3–5. https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90274-e.

[5] Manea A, Baciut G, Baciut M, Pop D, Comsa DS, Buiga O, et al. New Dental Implant with 3D Shock Absorbers and Tooth-Like Mobility-Prototype Development, Finite Element Analysis (FEA), and Mechanical Testing. Mater (Basel, Switzerland) 2019;12. https://doi.org/10.3390/ma12203444.

[6] Sullivan DY. Prosthetic considerations for the utilization of osseointegrated fixtures in the partially edentulous arch. Int J Oral Maxillofac Implants 1986;1:39–45.

[7] Finger IM, Guerra LR. Prosthetic considerations in reconstructive implantology. Dent Clin North Am 1986;30:69—83.

[8] Charkawi H, Zekry K, El-Wakad MT. Stress analysis of different osseointegrated implants supporting a distal extension prosthesis. J Prosthet Dent 1995;72:614–22. https://doi.org/10.1016/0022-3913(94)90294-1.

[9] Glišić M, Stamenković D, Grbović A, Todorović A, Marković A, Trifković B. Analysis of load distribution in tooth-implant supported fixed partial dentures by the use of resilient abutment. Srp Arh Celok Lek 2016;144:188–95. https://doi.org/10.2298/SARH1604188G.

[10] Pektaş Ö, Tönük E. Mechanical design, analysis, and laboratory testing of a dental implant with axial flexibility similar to natural tooth with periodontal ligament. Proc Inst Mech Eng Part H J Eng Med 2014;228:1117–25. https://doi.org/10.1177/0954411914557713.

[11] Chen YY, Chen WP, Chang HH, Huang SH, Linb CP. A novel dental implant abutment with micro-motion capability - Development and biomechanical evaluations. Dent Mater 2014;30:131–7. https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.10.007.

[12] Mehdi G, Belarbi A, Mansouri B, Azari Z. Numerical study of effect of elastomeric stress absorbers on stress reduction in bone-dental implant interface. J Appl Oral Sci 2015;23:87–93. https://doi.org/10.1590/1678-775720140086.

[13] Kapoor D. Nitinol for Medical Applications: A Brief Introduction to the Properties and Processing of Nickel Titanium Shape Memory Alloys and their Use in Stents. Johnson Matthey Technol Rev 2017;61:66–76. https://doi.org/10.1595/205651317X694524.

[14] Philip GB, Jhamb M, George EMI, Jhamb R. Titanium and its role in Dentistry. Internatinal J Sci Res Publ 2017;7:602–8.

[15] Gusarov B. PVDF piezoelectric polymers : characterization and application to thermal energy harvesting 2015.

[16] Hu C, Qin Q-H. Bone remodeling and biological effects of mechanical stimulus. AIMS Bioeng 2020;7:12–28. https://doi.org/10.3934/bioeng.2020002.

[17] Desai H MS. Basic Concepts of Finite Element Analysis and its Applications in Dentistry: An Overview. J Oral Hyg Heal 2014;02. https://doi.org/10.4172/2332-0702.1000156.

[18] Cicciù M, Cervino G, Bramanti E, Lauritano F, Gudice G Lo, Scappaticci L, et al. FEM analysis of mandibular prosthetic overdenture supported by dental implants: Evaluation of different retention methods. Comput Math Methods Med 2015;2015. https://doi.org/10.1155/2015/943839.

[19] Burak OZcelik T, Ersoy E, Yilmaz B. Biomechanical Evaluation of Tooth- and Implant-Supported Fixed Dental Prostheses with Various Nonrigid Connector Positions: A Finite Element Analysis. J Prosthodont 2011;20:16–28. https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2010.00654.x.

[20] Jain H, Kalra T, Kumar M, Bansal A, Jain D. Three-Dimensional Finite Element Analysis to Evaluate Stress Distribution in Tooth and Implant-Supported Fixed Partial Denture–An In Vitro Study. Dent J Adv Stud 2020;8:84–91. https://doi.org/10.1055/s-0040-1714331.

[21] de Paula GA, Silva GC, Vilaça ÊL, Cornacchia TM, de Magalhães CS, Moreira AN. Biomechanical behavior of tooth-implant supported prostheses with different implant connections: A nonlinear finite element analysis. Implant Dent 2018;27:294–302. https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000737.

[22] Lin C-L, Wang J-C, Kuo Y-C. Numerical simulation on the biomechanical interactions of tooth/implant-supported system under various occlusal forces with rigid/non-rigid connections. J Biomech 2006;39:453–63. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.12.020.

[23] Cervino G, Romeo U, Lauritano F, Bramanti E, Fiorillo L, D'Amico C, et al. Fem and Von Mises Analysis of OSSTEM ® Dental Implant Structural Components: Evaluation of Different Direction Dynamic Loads. Open Dent J 2018;12:219–29. https://doi.org/10.2174/1874210601812010219.

[24] Muradyan TA, Muradyan NA, Verlinski S V., Poghosyan AY. Three-dimensional finite element analysis comparative model of tooth–implant nonrigid fixation. Simulation 2021;97:239–46. https://doi.org/10.1177/0037549720972781.

[25] Dalkiz M, Zor M, Aykul H, Toparli M, Aksoy S. The Three-Dimensional Finite Element Analysis of Fixed Bridge Restoration Supported by the Combination of Teeth and Osseointegrated Implants. Implant Dent 2002;11:293–300. https://doi.org/10.1097/00008505-200207000-00016.

[26] In A, Use THE, Fea OF, Implant-bone THE. Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. J Prosthet Dent 2001;85:585–98.

[27] Chang H-H, Yeh C-L, Wang Y-L, Huang Y-C, Tsai S-J, Li Y-T, et al. Differences in the biomechanical behaviors of natural teeth and dental implants. Dent Mater 2021. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.01.003.

[28] Qian L, Todo M, Morita Y, Matsushita Y, Koyano K. Deformation analysis of the periodontium considering the viscoelasticity of the periodontal ligament. Dent Mater 2009;25:1285–92. https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.03.014.

[29] Su MZ, Chang HH, Chiang YC, Cheng JH, Fuh LJ, Wang CY, et al. Modeling viscoelastic behavior of periodontal ligament with nonlinear finite element analysis. J Dent Sci 2013;8:121–8. https://doi.org/10.1016/j.jds.2013.01.001.

[30] Del Palomar AP, Arruga A, Cegoñino J, Doblaré M. A finite element comparison between the mechanical behaviour of rigid and resilient oral implants with respect to immediate loading. Comput Methods Biomech Biomed Engin 2005;8:45–57. https://doi.org/10.1080/10255840500141593.

[31] Al-Omiri MK, Al-Masri M, Alhijawi MM, Lynch E. Combined Implant and Tooth Support: An Up-to-Date Comprehensive Overview. Int J Dent 2017;2017:6024565. https://doi.org/10.1155/2017/6024565.

[32] Salazar, Alfred Guerra R. STRESS ABSORBING SEMIPERMANENT DENTAL IMPLANT SYSTEM 1993.

[33] van Rossen IP, Braak LH, de Putter C, de Groot K. Stress-absorbing elements in dental implants. J Prosthet Dent 1990;64:198–205. https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90179-G.

[34] Weinberg LA. The biomechanics of force distribution in implant-supported prostheses. Int J Oral Maxillofac Implants 1993;8:19–31.

[35] Misch CE. Dental Implant Prosthetics. J Maxillofac Oral Surg 2014:1–993.

[36] Brunski JB, Puleo DA, Nanci A. Biomaterials and biomechanics of oral and maxillofacial implants: current status and future developments. Int J Oral Maxillofac Implants 2000;15:15–46.

[37] Ashrafi M, Ghalichi F, Mirzakouchaki B, Arruga A, Doblare M. Finite element comparison of the effect of absorbers' design in the surrounding bone of dental implants. Int j Numer Method Biomed Eng 2020;36:0–1. https://doi.org/10.1002/cnm.3270.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Numerical Study of the effect of three leaflet opening angles on the blood flow through a bileaflet mechanical heart valve

Huda Othman Abu-baker Al-Debri
Libyan Academy for Postgraduate Studies,
Biomechanical Division, Tripoli – Libya
Email Address:
anwaralhuda74@gmail.com

Hussam El-Din F. El-Sheikh
Libyan Academy for Postgraduate Studies,
Biomechanical Division, Tripoli - Libya
Email Address:
hussam.elsheikh@academy.edu.ly

Abstract: The success of the operation and the heart performance, after the valve replacement surgery count on the influence of the performance of the valve. Recently, most studies have been done on Bileaflet Mechanical Heart valves (BiMHVs). Three different angles were selected, different results were obtained, flow conditions were stabilized, and limit conditions were imposed at constant entry speed (1 m/s) and exit pressure (0 Pascal) The angles were (43°, 63°, 83°), respectively, and for flow characteristics a steady, homogenous and incompressible. The target of this study was to examine the velocity distributions for the blood flow by using the bileaflet mechanical heart valve, with; the three angles were mounted in the Aortic location on diagonal angles. The calculation method used here was Finite Element Analysis (Ansys V14). Reynolds number was used to evaluate the flow. The results obtained from this study confirmed that the lowest speed was recorded at the largest opening angle completely and vice versa and therefore, the best position at the total opening of the two wings of the valve or approaching the total opening. The absence of cavitation phenomenon was concluded in such cases and conditions.

Keywords: biomechanics, heart valve, BiMHV, finite element analysis.

I. INTRODUCTION

The human heart is the biological pump that moves blood throughout the circulatory system. It is essential for living and, therefore, is important that it functions correctly throughout a person's lifetime. Components of the heart include the four main compartments (two atrium and two ventricles) and the heart valves [1]. For various causes such as heart valve diseases including valvular stenosis and insufficiency. Valve failure can occur leading to the need for valve replacement. This occurs mostly in the aortic and mitral valves, making up 95% of replaced valves [2]. Prosthetic valves fall into one of two categories, Mechanical heart valves (MHVs), in which the valve is constructed using artificial materials [3], and Bioprosthetic heart valves, which use tissue from animal or human sources to replace defective native valves [4]. We can divide Artificial Heart valves into Mechanical Valves and Tissue (Biological) Valves. Mechanical valves as shown in Figure (1.1) are made from materials like titanium and carbon [3]. There are three main types of mechanical valve, namely caged-ball valve, tilting-disk valves and bileaflet valve, with many adjustments to these designs [4]. As shown in the figures below.

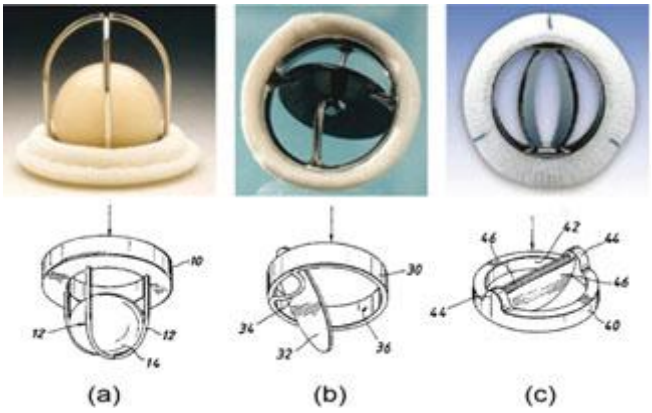


Figure1: Three kinds of mechanical valves; a) caged ball, b) tilting disc and c) bileaflet.

Bileaflet Valves have two semicircular leaflets retained inside the ring by hinges. The potential for obstruction of leaflets motion due to interference with cardiac structures is weak, as the open leaflets are positioned in the middle of the blood stream and enclosed within the ring in the closed positions [6]. Bileaflet Valves are widely used to substitute diseased native valves [11]. As seen in Figure (2).

The biological valves as one can see in Figure (1.3) include an enormous variety of devices. The bioprostheses contain the heterografts, consist of porcine (real valves of a pig) or bovine tissue valves (pericardium of a cow) and the allografts, which are preserved human aortic valve [13].



Figure 2: Tissue Valves [16].

Heart disease is becoming more common in our old age Valvular population. An estimate of the propagation from temperate to severe disease in patients<75 years old is 13.3% [10]. Valvular involvement by disease causes stenosis, insufficiency or both. Aortic stenosis is caused by narrowing of the orifice of the aortic heart valve (in varying degrees) and leads to obstruction of left ventricular outflow.

Previous in-vitro studies evaluated the performance and blood spoilage potential in BMHVs by quantifying parameters like velocity magnitude, Reynolds shear stresses and viscous shear stress from measured flow fields. In vitro LDV studies were conducted to evaluate the performance of various BMHV models [11]. Shipkowitz et al. used PIV and Computational Fluid Dynamics (CFD) to investigate how the opening angles of the (SJM) and (ATS) bileaflet valves affect their downstream flow characteristics. They concluded that the pivot region positioned farther upstream concerning the orifice trailing edge of the valve, provided a more favorable pressure distribution across the leaflet [12]. Yoganathan et al. notified that the profile of velocity right after the leaflets is non-flat with the top velocity of 2.2 m/s occurring in the lateral orifices. Also, the summit velocity in the main orifice midst of the leaflets is 2.0 m/s [13].

II. SCOP OF THE STUDY

In the present study A 2-D laminar, steady state, Newtonian finite element CFD model was used to investigate the influence of leaflet opening angle on the flow through bileaflet artificial heart valves [14]. And has been obtained the different results of velocity distribution, and pressure drops in each case. The velocity distributions and pressure drop of blood flow during bileaflet mechanical heart valve (SJM) were analyzed and investigated. In Aortic positions as represented in Figure (3).

Models of the mechanical heart valves are offered in this study describing steady, laminar and incompressible flow characteristics in a bileaflet aortic heart valves. The numerical method which was applied here, the Finite Element Method (Ansys v14). With two-Dimensional model of the Bileaflet artificial heart valves (SJM).

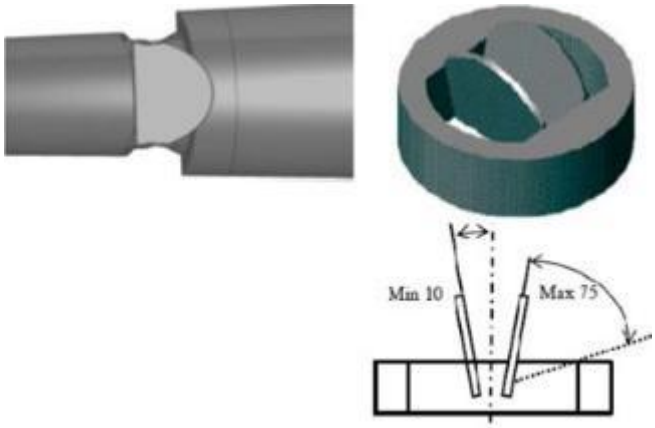


Figure 3: Aortic valve position.

III. MATERIALS AND METHODS

Analysis of the complex static and dynamic problems involves in essence three phases: selection of a mathematical model, the model analysis, and interpretation of the outcomes [15]. The major concept of FEA is to make calculations at only limited (finite) number of elements and then interpolate the results for the entire domain (surface or volume). Any continuous object has finite degrees of freedom and it is just not possible to solve the problem in this format. Finite element method decreases the degrees of freedom from infinite to finite with the assistance of discretization or meshing (nodes and elements) [16].

IV. STUDY OF THE VELOCITY DISTRIBUTIONS IN THE VALVE

The major issue in the current study was the velocity analysis of blood flow through the bileaflet artificial heart valve in three cases with different opening angles for the valve. Where we will get the knowledge of the highest velocity on Reynolds number and thus the sort of flow is laminar or turbulent, where the flow disorder will get the phenomena of clotting and this is the essence of this study. The analysis has been achieved by CFD method in Bileaflet heart valve designing process. Using Ansys v14.the kind of the analysis was static. According to, the inflow velocity boundary condition was (1m/s) as shown in Figure (4).

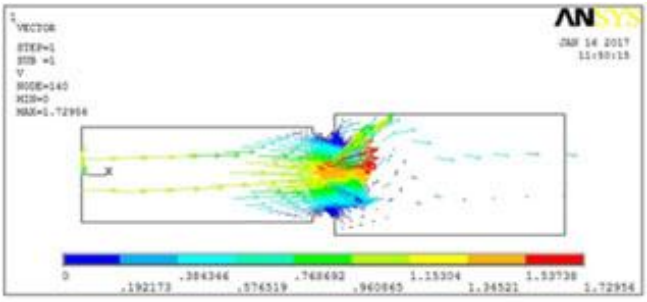


Figure 4: Velocity distribution of Bileaflet mechanical heart valve with opening angle equals to 63º.

V. GEOMETRICAL F.E MODEL OF BILEAFLET MECHANICAL HEART VALVES

The geometrical model used in this research is the simplified St. Jude Medical bileaflet artificial valve. The geometry of the mechanical heart valve and the artery wall used in this calculation as shown in Figure (5) the housing of the valves consists of an expanding tube with a diameter ratio of 1.3. The inlet diameter is 22mm, which results in an outlet diameter of 28mm [2]. The inlet and outlet channels are both 50 mm in length.

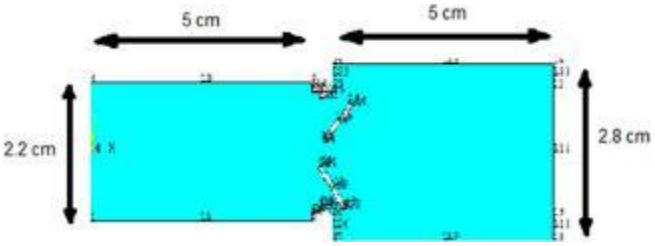


Figure 5: Sketch with dimensions

VI. SIMULATION

Simulation of blood flow through prepared models was proceeded by using Ansys v14 software. It was a steady, turbulent and Newtonian flow. K-epsilon model was used. For this study, the elasticity of vessel walls was ignored, valve and walls of aortic were assumed rigid. Models represent situations when disks are completely open [18].

VII. BLOOD MODEL

Blood was modeled as an isotropic, homogeneous, incompressible Newtonian liquid with the following parameters: density $\rho = 1060$ kg/m³, dynamic viscosity $\mu = 0.004$ Pa.s. Which is representative of normal human blood properties at 37°C.

VIII. BOUNDARY CONDITIONS

The inlet velocity is conformable to cardiac output of 5 L/min and heart rate of 70 bpm with systolic stage duration of 0.3 s as illustrated in [19]. For the boundary conditions, constant velocity was considered as inlet condition (1m/s) and, zero static pressure was applied as outlet condition [20]. And no sliding condition was used at the solid walls and leaflets.

IX. GENERATE MESH

In the current study, the free meshing has been used. ANSYS method has a free meshing routine and it is easy to use. The free meshing is simple to create the geometry and meshing is fast. But disadvantage is that some triangular elements are used and some elements may have poor aspect ratios [21]. In this step, the number of nodes was (1667) and the number of elements was (1508), as represented in Figure (6).



Figure 6: Mesh Generation.

X. RESULTS AND DISCUSSION

A. Velocity Distribution

In the present study, these results which have been obtained for velocity distribution and pressure of blood flow through bileaflet mechanical heart valve where constant conditions were used for velocity and pressure at inlet, and outlet respectively (1m/s, 0 Pa). The target of this research was to analyze velocity distribution and investigate the drop pressure at constant boundary conditions. The outcomes were divided into three cases. Each case has various opening angles for the valve. The flow dynamic through these different kinds of opening angles valve under the conditions which was mentioned Previously, has been analyzed. The influence of each opening angle on blood flow components such as velocity field, vortices formation, turbulent density and cavitation has been investigated and it appeared that jet flow in velocity domain, turbulent intensity and Reynolds numbers have more effectiveness on platelet activation and as a consequence, on thrombus formation, than vortices formation. Then we saw that the pressure decreasing and cavitation phenomena would not occur in these cases.

The first one is the angle equal to 83°Figure (7). As one can see the velocity equal to v=1.35561m/s we calculated Reynolds number which is defined as:

$$Re = \rho UD/\mu \qquad (1)$$

Where ρ is the density of the fluid (kg/m³), U the velocity of the flow (m/s), D the diameter of the vessel (m), and μ the dynamic viscosity of the fluid (Pa. s). In this case Reynolds number is equal to 7903.2063 greater than 4000 so that it creates the turbulent flow. The existence of a large Reynolds number in the blood flow is one of the important agents of activation of platelets and thrombus forming. In the second one, when the angle is equal to 63° Figure (8) and as one can see the velocity= 1.72956 m/s we calculated Reynolds number, we found that Reynolds number is equal to 10083.3348>4000 so that it creates the turbulent flow. In the third one, when the angle is equal to 43° Figure (9) and as one can see the velocity=1.90558 m/s we calculated Reynolds number, also here we note that Reynolds number which equals 11109.5314> 4000 so that it creates the turbulent flow.

The best results were gained for models with a maximum valve opening angle =83° (near fully opening), for bileaflet valve. Bileaflet valves, unlike other valves generate

symmetric blood flow. Two main streams on both sides of aorta, and one smaller in a center of the artery can be distinguished [18]. It can be assumed that this flow profile is better than asymmetrical flow generated by other kinds of valves, because it affects aortas walls equally, but still it is not analogous to the flow generated by natural heart valve, because in human valve the main stream is focused on the center of aorta. As represented on Figure (7) when the angle equals (83°), the maximum flow velocity generated by these valves was observed in the central fraction of the aorta. This is comparable to the flow through a natural human valve Moreover, for every valve, regardless of the type and disc position, in the area close to the valve ring very slow blood stream was observed. This is the area where platelet aggregation and thrombus forming are most likely to appear. Whereas in the other two angles (63°,43°) in Figures (8), and (9) the distribution of mean velocity comes to be variable in response.

In the current study and the most of previous studies, we noted that the extreme velocity through the centric orifice and the area of the recirculation range downstream of the valve leaflets decreased for an increase in opening angle. As the opening angle increased to 83° the maximum velocity through the central orifice increased and the maximum velocity midst the outer orifice decreased. We observed from the results that the distribution of symmetrical velocity in the situation of angle (83°), otherwise, the other two angles have less symmetry around the leaflets. Figure10 shows the curve of velocity distribution for the three angles under study. Table (1) below shows the values of each Reynolds number versus the velocity.

Table (1): The values of maximum Velocities and Reynolds numbers

Velocity	1.35561	1.72956	1.90558
Re	7903.2063	10083.3348	11109.5314

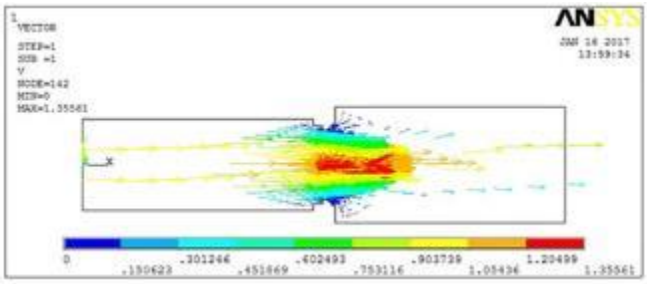


Figure 7: Total Angle 83º.

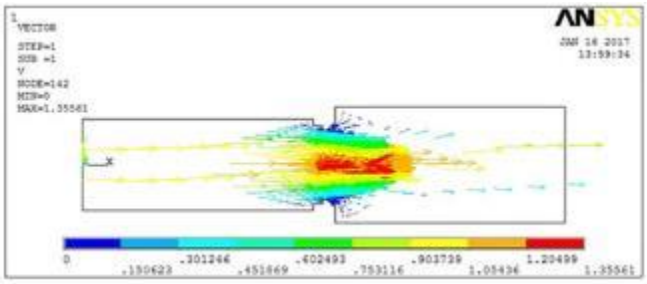


Figure 8: Total Angle 63º.

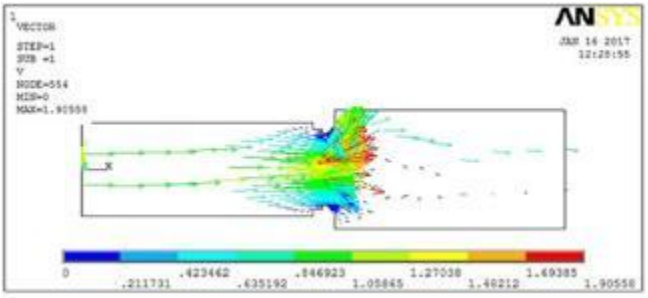


Figure 9: Total Angle 43°.

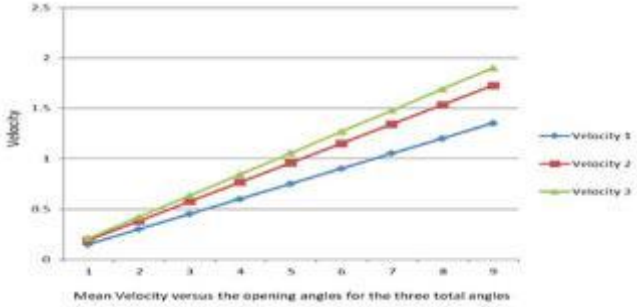


Figure 10: Mean Velocity versus the opening angles for the 3 total angles velocity1 (83°), velocity2 (63°), velocity3 (43°)

B. PRESSURE DROP

Cavitation is the formations of vaporous or gaseous bubbles in fluids. It is similar to boiling except that bubbles are formed as a result of decrease in pressure instead of an increase in temperature.

The results which have been recorded include values of pressure to study the extent of cavitation phenomena in these valves or not. Where the cavitation can appear in regions of high velocity that are characterized by large pressure drops during the closure of the valve [22]. Figures (11), (12), and (13) show the static pressure contours for the entire field for various opening angles of valves at the constant inlet velocity equalize to 1 m/s. As one can see the minimum blood static pressure, in the worst is not less than -984.659 Pascal (-7.4mmHg). By considering the pressure of vapor of the human blood (-613 mmHg) [21]. It can be discovered that cavitation will not occur in each case. So cavitation phenomena do not menace the valves. We have to know that any increase/decrease in the velocity within the valve leads

to decrease or increase in the static pressure and vice versa. Also, a reduction in kinetic energy leads to raise in static pressure. The computationally predicted valve pressure gradients (Fig.13) show that the high pressure was 1985.7Pa (14.9 mmHg) when the opening angle is equal to 43°. And (Fig.11) shows that the low pressure was 616.742Pa (4.6 mmHg) when the opening angle is equal to 83°. And Figure (14) shows the pressure distributions at three different opening angles.

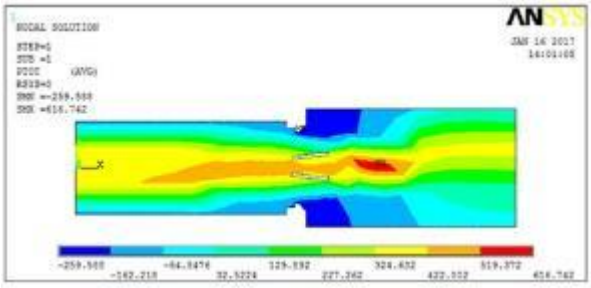


Figure 11: Total Angle 83°

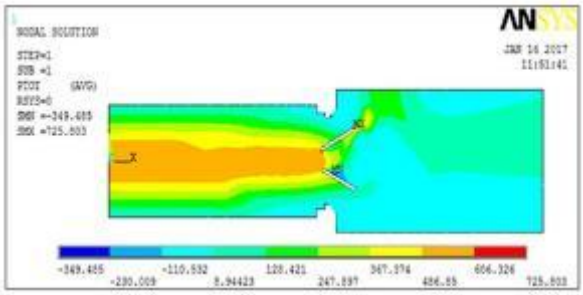


Figure 12: Total Angle 63°.

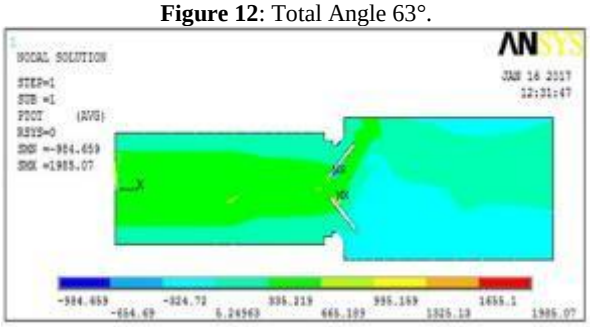


Figure 13: Total Angle 43°.

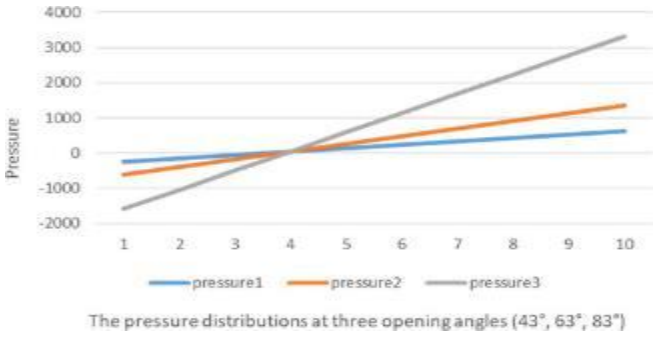


Figure 14: The pressure distributions at three opening angles 83°, 63° and 43°.

XI. CONCLUSION

The results which have been found confirmed that when the opening angle degree is near from fully opening then the flow is similar to natural flow throughout the heart valve, and vice versa. The study emphasized that the larger the opening angle, the better the flow distribution. And about the cavitation phenomenon, the results identified showed that, this phenomenon does not occur in this type of valve, and under these conditions.

REFERENCES

[1] B. B. Kebaara, "THE HUMAN HEART," The Lancet, vol. 230, no. 7. pp. 1–12, 1997, doi: 10.1016/S0140-6736(00)56477-0.

[2] N. H. Ghaeb, T. Y. Khalaf, and A. Al-timemy, "Velocity Analysis of Bileaflet Artificial Heart Valve: from Opening to near Close Position," vol. 5, no. 10, pp. 1455–1462, 2009.

[3] C. C. Christopher Harris, Beth Croce, "Tissue and mechanical heart valves," vol. 4, no. 4, p. 20013199, 2015, doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2015.07.01.

[4] E. Filová, F. Straka, T. M. I. Ř. Ejovský, J. Mašín, and L. B. A. Č. Áková, "Tissue-Engineered Heart Valves," vol. 58, 2009.

[5] K. Nair, C. V. Muraleedharan, and G. Bhuvaneshwar, "Developments in mechanical heart valve prosthesis.," SADHANA - Acad. Proc. Eng. Sci., vol. 28, no. 3–4, pp. 575–587, 2003, doi: 10.1007/BF02706448.

[6] K. B. Manning, V. Kini, A. A. Fontaine, S. Deutsch, and J. M. Tarbell, "Regurgitant Flow Field Characteristics of the St. Jude Bileaflet Mechanical Heart Valve under Physiologic Pulsatile Flow Using Particle Image Velocimetry," vol. 27, no. 9, pp. 840–846, 2003.

[7] P. E. R. Lusignan, "United States Patent [20]," pp. 54–55, 1993.

[8] http://www. intechopen. com/books/calcific-aortic-valve-diseas. By, "World' s largest Science, Technology & Medicine Open Access book publisher A Study of the Porosity of Activated Carbons Using the Scanning Electron Microscope," doi: 10.5772/60142.

[9] O. Pierrakos, "Hemodynamic Flow Characterization of St. Jude Medical Bileaflet Mechanical and Bioprosthetic Heart Valve Prostheses in a Left Ventricular Model via Digital Particle Image Velocimetry," pp. 2–14, 2002.

[10] N. A. Nussmeier, "Valvular Heart Disease in the Patient Undergoing Noncardiac Surgery."

[11] T. A. Faculty, B. H. Jun, and I. P. Fulfillment, "In vitro Micro Particle Image Velocimetry Measurements in the Hinge Region of a Bileaflet Mechanical Heart Valve by COPYRIGHT 2014 BY BRIAN H. JUN In vitro Micro Particle Image Velocimetry Measurements in the Hinge Region of a Bileaflet Mechanical Heart," no. May, pp. 1–186, 2014.

[12] H. L. Leo, "An In Vitro Investigation of the Flow Fields Through Bileaflet and Polymeric Prosthetic Heart Valves," smartech.gatech.edu, vol. 15, no. 3, pp. 1–20, 2005.

[13] M. Jahandardoost, "A Novel Design for the Housing of Bileaflet Mechanical Heart Valves (St. Jude Medical

Model); A Computational Approach," no. February, pp. 1–118, 2016.
[14] M. J. King, T. David, and J. Fisher, "Transactions on Biomedicine and Health vol 1, © 1993 WIT Press, www.witpress.com, ISSN 1743-3525," vol. 1, 1993.
[15] K.-Jo. Bathe, "Finite Element Procedures for Solids and Structures - Linear Analysis," MIT Cent. Adv. Eng. study, vol. 39, no. 9, 1982.
[16] M. Ozen, "Meshing Workshop," Ozen Eng. Inc., vol. 7, no. 7, p. 116, 2014, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjLm6XbkuzQAhUiSo8KHbt-BfQQFggZMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.ozeninc.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F11%2FMESHING_WORKSHOP_2014.pdf&usg=AFQjCNF9XlppoNnerRk9_TntOF_IfH.
[17] P. V. Kris Dumonta, Danny Bluesteinb, Jan Vierendeelsc, Guido van Nootend and ACardiovascular, "Comparison of ATS Open Pivot Valve and St Jude Regent Valve using a CFD model based on fluid-structure interaction Keywords Fluid-Structure Interaction, Heart Valve, Bileaflet, Hemodynamics, Platelet Activation Word Count (Introduction through Discus," no. 24th of february, pp. 1–37, 2006.
[18] M. Bajgrowicz, "CFD Simulation of Blood Flow Through Artificial Heart Valves," XIIIth Youth Symp. Exp. SolidMechanics, pp. 27–30.
[19] F. Khalili, G. Ppt, and M. Ha, "Hemodynamics of a Bileaflet Mechanical Heart Valve with Different Levels of Dysfunction," vol. 2, no. 5, pp. 2–7, 2017, doi: 10.15406/jabb.2017.02.00044.
[20] M. Gudarzi, H. Zamanian, and A. Oveisi, "A Steady Flow Analysis of Blood Flow Properties through Some Defective Bileaflet Mechanical Heart Valves," no. March, pp. 898–903, 2013.
[21] A. Javidinejad, "FEA Practical Illustration of Mesh-Quality-Results Differences between Structured Mesh and Unstructured Mesh," ISRN Mech. Eng., vol. 2012, no. 9, pp. 1–7, 2012, doi: 10.5402/2012/168941.
[22] T. Aviv, "Can vortices in the flow across mechanical heart valves contribute to cavitation?" pp. 93–97, 1996.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)

13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Computational Approach for Evaluating the effect of Stent Materials on Biomechanical Properties

Siham I. Elgirbi
Department of Biomechanical Engineering
Libyan Academy for Postgraduate Studies,
Biomechanical Division,
Tripoli - Libya

Prof. Dr. Hussam El-Din F. El-Sheikh
Libyan Academy for Postgraduate Studies,
Biomechanical Division, Tripoli.
Email Address:
hussam.elsheikh@academy.edu.ly

Abstract: one of the most important cardiovascular diseases is atherosclerosis. In the case of coronary arteries, may block the flow of oxygen-rich blood and access to the heart muscle leading mostly to heart attacks, often normal blood flow is restored via narrow arteries by the introduction of a mechanical structure called stent. The Stent is an expandable slotted tube is inserted into narrow blood vessels to be expanded due to the accumulation of plaque in them. The aim of this thesis is to provide a computational approach for evaluating the effect of stent materials on biomechanical properties outcomes at the deployments of stents, by applying stainless steel SS316L. Finite Element Analysis procedure was carried nonlinear out using ANSYS Workbench in the stent geometry, to predict quantitative calculation of the effect of mechanical properties such as density, stress and strain of these biomaterials on Stent behavior during the deployment. A quantitative comparison is made for exploring the effect of different materials at the deployment of stents. This study is important in understanding the role for stent materials effect on the biomechanical responses to the coronary stenting.

Keywords: biomechanics, stent implants, stent failure, deformation, in-stent restenosis, cardiovascular diseases, balloon-expandable stent, cardiovascular disease

I. INTRODUCTION

The Finite Element Method has become a particularly useful tool in analyzing the stresses in structures of complex shapes, material behavior and loading, enables a great variety of loading conditions and design variables to be changed easily but it is only an approximate method of solution, it represents the model being modelled as a finite number of materials using ANSYS Workbench 2019. The model will not converge to the solution of the physical structure under consideration however, unless the model is a precise representation of the structure as in Figure 1. The accuracy of a finite element model depends on the type of elements and materials used in the model and the fineness of the mesh, and is best evaluated by observing the convergence of the solution as the number of elements defining the problem is increased. In this part details the modelling procedures by FE a balloon catheter is used as a medium to the stent expansion to obtain a more realistic results into the expansion process, also in deformation behaviour[1,2]. In such a case, the balloon has to be modelled with stent, so the whole expansion process of the stent is simulated by the dynamics module of ANSYS Workbench 2019must be taken into consideration its design and contact conditions between the stent and balloon, will the results from the simulations are presented and analysed below[3].

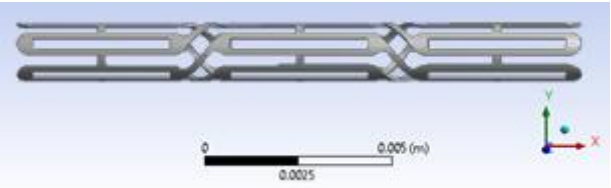


Figure 1: Stent geometric model.

II. F.E. MODEL OF CARDIAC STENT IMPLANT

Finite Element method FEM is a numerical technique in which approximate solutions based on differential equations are found and applied to boundary value problems. The ANSYS Workbench 2019 program was used to produce stable solution and minimize an error function. The stent geometries are designed from the available data of their respective manufacturing companies and also from literature. For modeling and drawing a finite element analysis tool is used (COMSOL Multiphysics V4.3a). Initially, the stent dimensions are drawn in the two-dimensional work plane and then extruded to their respective thickness in the Z direction, to give a three dimensional (3D) for stent model. The stent considered for analysis are Palmaz Stent, Driver Stent (Medtronic USA). S670 Stent, Element Stent (Natick, Boston Scientific USA), Taxus Express Stent. A representative unit cell of

the stent with suitable boundary conditions is used for simulation to reduce the computational time. Where the stent contains 15 slots (cells)or expandable rings, 15 groups of wavy connecting elements, which are equally spaced throughout the entire model. The properties and dimensions of the stent simply are shown in the Table 1 below:

Table 1: The most important properties and radial directions of stent.

Parameters	Values
Number of Cells	15
Strut thickness	0.001 mm
Length of Stent	7.4 mm
Inner Diameter of Stent	0.685 mm
Outer Diameter of Stent	0.686 mm
Strut width	0.001 mm
Stent Surface Area	15.8 mm^2
Volume	2.1242e-010 m^3
Mass	1.6675×10^6kg

Most stent designs viewed as a lattice; cell unit design is repeated in the axial. It has been shown that the mechanics of a unit cell can be analyzed and extrapolated to describe the mechanics of the entire lattice due to the symmetrical geometry of the stent [4].One particular benefit from this model is that the computation time of the problems was greatly reduced, it is herein assumed that these struts expand in a repeatable way such that analysis of a strut can be expanded to describe the mechanics of the unit cell. Then, the mechanics of the unit cell can be used to describe the entire stent of rapid simulation of stents expansion [5]. Accordingly, a representative unit cell of the stent with suitable boundary condition was used for simulation in this project work, as shown in Figure 2.

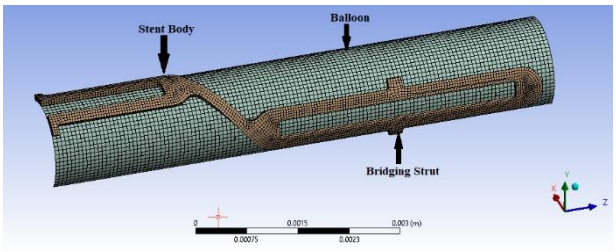


Figure 2: Finite element model of a cell of the stent (selected discretized geometry).

The finite element model of the stent was meshed to properly model the geometry, also designed to apply a radially outward force of avoid migration of the device and to open a stenosis the artery. The stent comprised stainless steel 316L of 4116 elements and 25614 nodes, a 3-D elastoplastic material model was assumed for the stent material. The material properties were chosen previously to approximately represent stainless steel 316L stent, this expansion can be modeled through analytical methods to insight into stent through the effect of the stent materials on the biomechanical properties.

The balloon was modelled as cylinder placed inside the stent as the expansion tool of the stent, from the outside diameter of the balloon equal to the inside diameter of the stent[6]. Hyperelastic material was used to represent the balloon, by Mooney-Rivlin 2 Parameter model was used in this simulation with C (10) $=1.06\times 10^6$Pa and C (01) $= 1.14\times 10^5$Pa, the balloon as a medium to expand the stent. The balloon was modelled using three-dimensional dynamic elements to be 7.7 mm in length, the finite element model at the balloon consists of 3712 elements and 26772 nodes for best distortion in the radial direction, Table 2 below explains the properties of the balloon simply:

Table 2: The most important properties of balloon.

Parameters	Values
Length of Balloon	7.7×10^3m
Balloon Surface Area	17.1 mm^2
Volume	1.3363×10^{11} m^3
Mass	0 kg

III. Material Properties

The simulation was carried out for stent materials stainless steel (SS 316L) in order to study and observe the biomechanical properties changes that occur on the stent after expansion, so that it is at the beginning of its expansion flexible with the possibility of returning to the first shape (elastic), to the point of distortion in which the shape changes in addition to change to the situation inflexible (plastic)[7]. Table 3 below showing type of material and its mechanical properties:

Table 3: Material data used for material model.

Stainless Steel 316L [8][7]	**Material Properties**
Density	7850 Kg/m3
Young's Modulus	193 GPa
Shear Modulus	82 GPa
Tangent modulus	1.93 GPa
Poison's Ratio	0.3
Yield Strength	190 MPa
Failure Stress	558 MPa
Failure Strain	40 %

IV. Boundary Conditions and Loading

Due to the symmetry of the stent only a unit cell was developed to simulate the expansion process, and hence the stent nodes at the symmetry edges were restrained in the appropriate directions by using frictionless supports, as Figure 3:

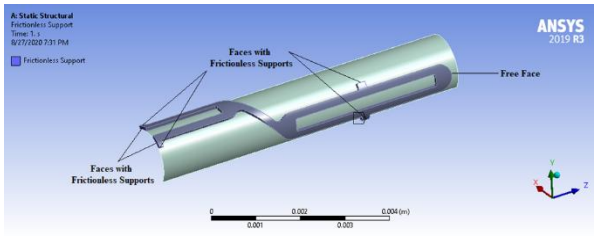


Figure3: Free Face and Faces with Frictionless Supports used in axisymmetric analysis.

The applied load strain was imposed on the inner balloon surface, as in Figure 4, expanding the stent radially past its elastic limit to a maximum diameter before failure stress was reached. Boundary conditions were simulated as a step-controlled displacement. It entailed two steps, step 1; inflation of balloon that expands the stent radially until the onset of plastic deformation and reach the ultimate tensile strength of the material. Step 2; deflation of balloon leaving the stent in its deformed state [9]. The balloon was gradually deformed within one second, to enable a realistic simulation of the stent deployment, from 0 to 0.3 mm in the first step and then from 0.3 mm to 0 in the second step[10], as shown in Figure 5. Table 4 shows the displacement boundary condition applied for the inner surface of the balloon in the cylindrical coordinate system.

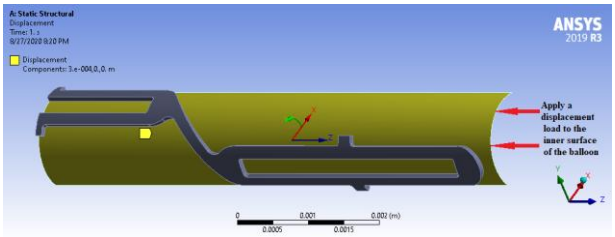


Figure 4: The dilatation of the stent a certain amount of radial displacement was applied to the inner surface of balloon was by 0.3mm.

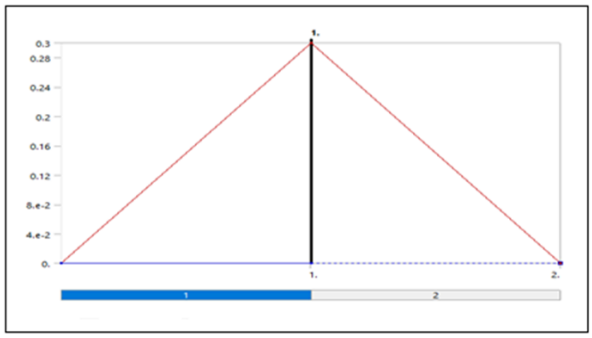


Figure 5: This graph shows the amount of displacement force applied to the balloon to expand the stent associated with time.

Table 4: The displacement phases in load steps linked with time.

Steps	Time [s]	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
1	0	0	0	0
	1	0. 3		
2	2	0	0	0

V. Results and Discussion

In order evaluate the mechanical characteristics of the present stent, the stent is radially expanded until the onset of plastic deformation is observed and the ultimate tensile strength of the material is reached. For the stent, maximum equivalent stresses are used for the direct comparison with ultimate tensile strength of the material. Figure 6 shows the maximum equivalent von-Mises stress (at 1 sec) and residual stress (at 2 sec). The stent experiences maximum equivalent von Mises stress of326.17 MPa when the balloon expands completely as shown in Figure 6:

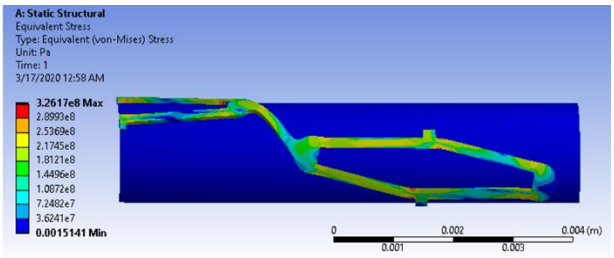


Figure 6: Maximum equivalent von Mises stress when the balloon is fully expanded.

The material reaches plasticity and does not regains its original shape when the balloon deflates. Then unloading occurs, because the maximum equivalent stress is greater than the yield strength, the stress experienced by the stent drops and the contact between the stent and balloon also. The stent undergoes some amount recoiling and retains a maximum of 321.14MPa in a form of residual stress as shown in Figure 7:

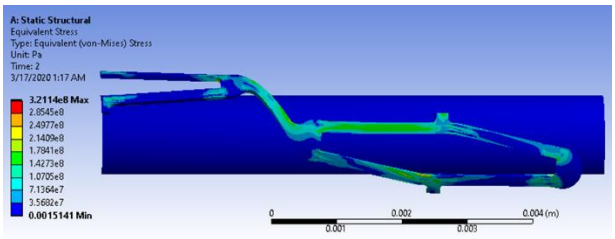


Figure 7: Residual stress retained by the stent after deflation of balloon.

The maximum total displacement and total displacement after recoiling during inflation and deflation of balloon is also shown. When the balloon is fully expanded, the unconstrained edges of the stent model undergo a maximum total deformation of 531.5mm and the minimum total displacement is 0 m, Figure 8:

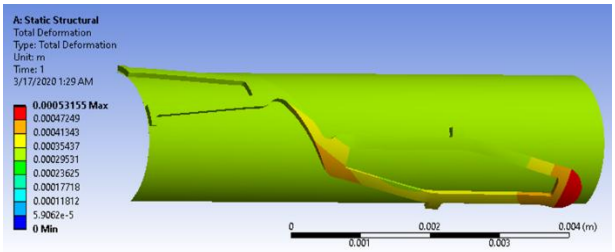


Figure 8: Maximum total deformation at fully expanded condition.

The total deflection deceases due to recoiling as the balloon deflates as shown in Figure 9:

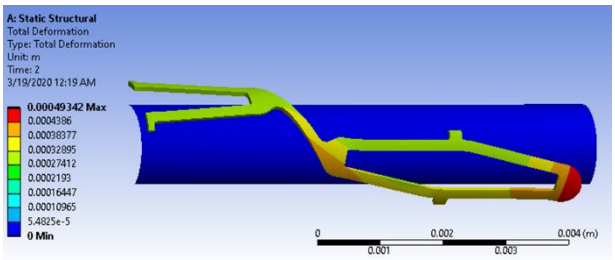


Figure 9: Total deformation due to recoiling when the balloon deflates.

The directional deformation of a point along X direction in the stent gives idea about how the stents expands and recoils. In same Figure 4.5 e, the maximum displacement (at 1sec) and displacement after recoil along the X direction (at 2sec) is shown. The stent reaches a maximum displacement of 3169.5 mm along X direction at fully expanded balloon condition as shown in Figure10:

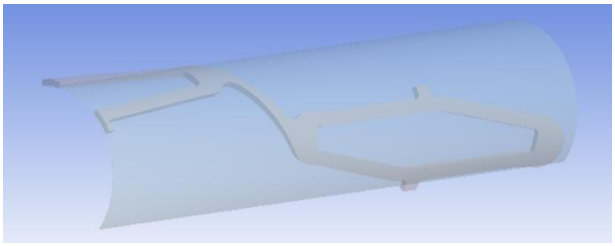


Figure10: Maximum displacement along X at fully expanded balloon.

When the balloon deflates the stent recoils and reaches 3002.3mm as shown in Figure 11 therefore the stent recoils about176 mm along X direction.

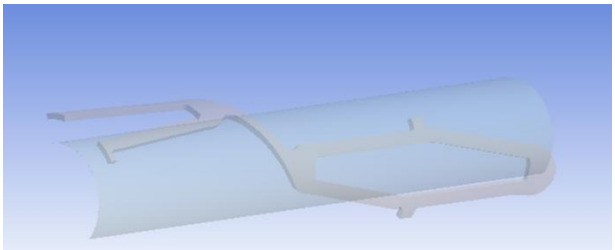


Figure 11: Displacement along X after recoiling.

VI. Discussions

Using ANSYS 2019 Workbench the computational FEM analysis was done. It has been designed the stent with a hyperplastic balloon for the analysis. Experimentally determined mechanical properties of were assigned to a stent model, also mechanical properties of stainless steel 316L. Structural analysis was carried out in two steps to simulate the distension and deflation of balloon. The equivalent von Mises stress, the recoiling and total deformation of the stainless steel 316L were determined. From the computational FEM analysis and the experimental for stainless steel 316L, it was found that SS 316L has great potential to be used as stent materials. Because the rust tolerance limit is high, this infers that the fatigue life of the stents will improve considerably when stainless steel 316L are used as base materials. Table 5 shows the results generated from the computational analysis of SS 316L.

Table 5: Summary of the highest results from mathematical analysis.

Material	max Von mises stress [MPa]	Max residual stress [MPa]	Max total deformation	Recoil percentage [mm]
SS 316L	326.17	321.14	5.3115×10^{-4}	3.1695×10^{7}

The results from it turned out that the Stainless steel 316L is flexible material. This allows it to be used as a successful stent material. The future work will concentrate more and broader on computational fatigue analyses of stent when subjected to cyclic loads, because the stent when implanted in artery undergoes cyclic load due to the diastolic and systolic pressure caused by heartbeat. Structural and fatigue of stent analysis will be conducted by considering these the balloon expansion and also cyclic pressure acting on the stent due to heart beat.

References

[1] Chua D, Ngie S, Hons BE, Hashmi MSJ, Sc PDD, D BJMDP. By Doctor of Philosophy Supervisors : School of Mechanical and Manufacturing Engineering Dublin City University 2002.

[2] Syaifudin A. Deformation Analysis of Balloon-Expandable Stents Considering Its Surface Roughness and Viscoplasticity 1972;19.

[3] Fortier A. Computational Modeling of Stent Implant Procedure and Comparison of Different Stent Materials. Jber 2016;1:1–5. doi:10.17303/jber.2016.101.

[4] Leamy MJ. Exact wave-based Bloch analysis procedure for investigating wave propagation in two-dimensional periodic lattices. J Sound Vib 2012;331:1580–96. doi:10.1016/j.jsv.2011.11.023.

[5] The New England Journal of Medicine Downloaded from nejm.org on August 5, 2018. For personal use only. No other uses without permission. Copyright © 1991 Massachusetts Medical Society. All rights reserved. 1991.

[6] Douglas GR. Design of Stent Expansion Mechanisms 2012:1–126.

[7] Shankar S, Mayuram MM. Effect of strain hardening in elastic-plastic transition behavior in a hemisphere in contact with a

rigid flat. Int J Solids Struct 2008;45:3009–20. doi:10.1016/j.ijsolstr.2008.01.017.

[8] Htay T, Liu MW. Drug-eluting stent : a review and update. Vasc Health Risk Manag 2005;1:263–76.

[9] Rogers C, Tseng DY, Squire JC, Edelman ER. Design as Contributors to Vascular Injury. October 1999:378–83. doi:10.1161/01.RES.84.4.378.

[10] Paxton S, Michelle P, Adele K, Peckham M, Knibbs A, Paxton S, et al. The Leeds Histology Guide. 2003.

First Libyan international Conference bon Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

DESIGN OF HUMAN PROSTHETIC HAND

Hossam-eddin Ahmed Alraouby
Department of Biomechanical Engineering
Libyan Academy for Postgraduate Studies,
Biomechanical Division,
Tripoli - Libya

Prof. Dr. Hussam El-Din F. El-Sheikh
Libyan Academy for Postgraduate Studies,
Biomechanical Division, Tripoli.
Email Address:
hussam.elsheikh@academy.edu.ly

Abstract: this research work seeks to develop a cosmetically appealing, functional and low-cost a first generation of prosthetic hand having a multi degree of freedom (DOF) to trigger finger movement by using standard on shelves parts. The design combination and integration of fingers tries to produce a prosthetic hand which is approximately the size of a human hand, and mimics the natural movements of it. In the design the space is a very important constraint to fit the electrical and mechanical parts without changing the shape nor the size. The design comprised of servo motors located at the palm to drive the gears and links mechanism connected to each of the finger joints enabling independent flexion finger link movement. Lightweight electric motors are positioned at the palm. The hand model was developed using Computer Aided Design software's (Auto CAD and SolidWorks). The link parameter analysis to determine the end tip position of the prosthesis finger at certain rotation angle was computed.

Keywords: hand prosthesis, biomechanics.

I. INTRODUCTION

Hand is one of the important parts of our body lend by ALLAH to us. It plays major roles in our daily life with its wide variety of functions. These include grasping, holding, touching, caressing, manipulating, and a lot more. However, there are some people who were born with no hand, or often in some cases, lost their hand due to a sudden and traumatic event. 67% of the events of upper limb amputees were male shows that men are significant more likely than women to lose their hands, where the cases most commonly take place during the productive working years with 60% between the ages of 16 and 54. Statistical studies estimated that 1.6 million United States civilians were living with the loss of a limb. They predicted that this numbers will increase and probably double to 3.6 million by the year 2050. Congenital or sensory and motor function loss may associate with disability. What is more, they might not only suffer for devastating trauma, but face limitation in activities, restriction in participation, discontent with daily live, employment difficulties, and affected the experience of health-related quality of life. Artificial extensions of the body which replace absent biological limbs are known as prosthetic limbs. The word "prosthesis" is derived from the Greek "to place before". Ancient literature used it to denote a separate word as opposed to "prefix". In surgery, it defines an artificial device recruited to replace a body imperfection. Although the prostheses do not come even near to compensate hand losses, they do offer a new hope and improvement in life of the amputees. A notable number of individuals around the world live without limb and use prosthetic technologies to aid and help them in diverse ways about their lives. 100,000 upper extremity amputees are estimate presently living in United States alone. A simple powered prosthesis could benefit them from the psychological gains and physical usefulness. It is a despondent fact that people who are seen as different in the community stand out, but those people simply want to match and be treated normally, and be able to lead ordinary high functioning lives. Amputees are strong and skilled people, who make do with what they have, and are able to overcome difficulty. An early prosthetic hook and socket created during the Civil War is shown in Figure 1, [2].



Figure 1: Civil War Prosthetic Hook.

A few centuries ago, a hand amputee would have been condemned to a hook prosthesis that had restricted function and brought significant social stigma. However in today‘s community, a hand amputee can expect a replacement hand that imitates a whole host of normal hand functions and looks astonishing life like. In spite of the fact that the bionic hand was recently hailed as a triumph of engineering excellence, it stays an inferior replacement to the genuine thing. As an effect, there are a number of hurdles to its uptake amongst the upper limb amputee population. These foil the prosthetic hand from achieving the ultimate goal of any prosthesis that is 100% acceptance by its users. Functional prosthesis acts as a device that allows the users to perform task or specific work, and may or may not serve for cosmetic purpose. It can be used as an aid tool to work on the basic hand function such as holding and grasping for the needs. The functional

prosthesis may be in the form of hook prehensor, i.e. devices that consist of a thumb like component and a finger component and that may resemble lobster claws, pliers or a bird‘s beaker; or hand. As time passes, emerge of technologies has led to smaller, stronger and more natural designs for the functional prosthetic hand whether it is body-powered (i.e., mechanical) or electrically powered (i.e., myoelectric). Mechanism design for body-powered type does not rely on outer power source. In fact, it operates by using cable and harness systems that rely for the patient‘s body movements, e.g. moving the shoulders or the arm to pull the cable and make the terminal device, i.e., a hand, to open or close, Figure 2. This is similar to the working system of bicycle handbrake. In the other word, use cable-operated system to generate forces and move prosthetic joints. It also helps to restore basic grasping capability to people who have lost multiple fingers. [1]

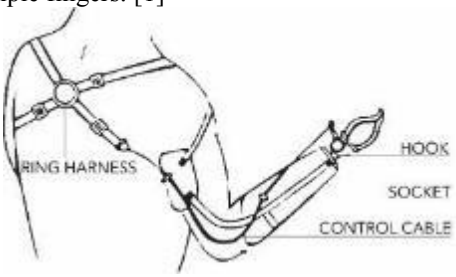


Figure 2: Prosthetic Hook and Harness.

On the other hand, electrical or myoelectric prosthetic hand is powered by external artificial limb which is control by the electrical signals generated by the patient ‘s muscles. A myoelectric-controlled prosthesis can be understood as an externally powered artificial limb that you control with the electrical signals generated naturally by your own muscles. Numbers of studies have been done on myoelectric hand prostheses.

It is a very challenging task to design and control of versatile upper limb prostheses. While many breakthroughs have been made over the last several decades, the contrasting in performance and quality between human hands and artificial hands is rather considerable. A latest survey of amputees confirmed this observation which proves that they still wish that their prostheses can function in a life-like manner. Moreover, another amputee ‘survey indicates that they desire their prostheses to be more intuitively controlled.

Upper limb amputees reject use of their prostheses because of low functionality, among other reasons are quite prevalent. In order to help refine these problems, E. D. Engeberg has made a novel contribution to develop a biologically inspired application of sliding mode control and EMG signal interpretation algorithms that make prosthetic hands may be controlled in a more intuitively feeling and physiologically expected manner. In the past, sliding mode control of prosthetic hands has been described in a few literatures.

In today‘s world, there are many innovative and unique design of upper limp prostheses can be found. Best prostheses are chosen by upper extremity amputees and people with congenital limb differences based on range of consideration. This includes the status of amputation, the state of the remaining portion of the hand, the desired appearance of the prosthesis, the goal of individual, and any activity or work-related needs. Some of the prosthetic options are passive cosmetic, i.e., which is for the sake of appearance; and functional prosthesis. As for the body-powered devices, it is lower in cost, easier to be repair, lighter, and offer better tension feedback to the body. [3]

II. Concept of Designs

It is about forming, modeling, shaping a new idea, approach, abstraction of an implementation.

(a) Engineering Design

Most engineering designs can be classified as inventions devices or systems that are created by human effort and did not exist before or are improvements over existing devices or systems. Inventions, or designs, do not suddenly appear from nowhere. They are the result of bringing together technologies to meet human needs or to solve problems. Sometimes a design is the result of someone trying to do a task more quickly or efficiently. Design activity occurs over a period of time and requires a step by step methodology [5].

Engineers were described primarily as problem solvers. What distinguishes design from other types of problem solving is the nature of both the problem and the solution. Design problems are open ended in nature, which means they have more than one correct solution. The result or solution to a design problem is a system that possesses specified properties [18].

(b) The Design Process

The basic five-step process usually used in a problem-solving works for design problems as well. Since design problems are usually defined more vaguely and have a multitude of correct answers, the process may require backtracking and iteration. Solving a design problem is a contingent process and the solution is subject to unforeseen complications and changes as it develops [7].

The five steps used for solving design problems are:

1. Define the problem
2. Gather pertinent information
3. Generate multiple solutions
4. Analyze and select a solution
5. Test and implement the solution

The first step in the design process is the problem definition. This definition usually contains a listing of the product or customer requirements and specially information about product functions and features among other things. In the next step, relevant information for the design of the product and its functional specifications is obtained. A survey regarding the availability of similar products in the market

should be performed at this stage. Once the details of the design are clearly identified, the design team with inputs from test, manufacturing, and marketing teams generates multiple alternatives to achieve the goals and the requirements of the design. Considering cost, safety, and other criteria for selection, the more promising alternatives are selected for further analysis. Detail design and analysis step enables a complete study of the solutions and result in identification of the final design that best fits the product requirements [8].

When solving a design problem, designer may find at any point in the process to go back to a previous step. The chosen solution may prove unworkable for any number of reasons and may require redefining the problem, collecting more information, or generating different solutions. This continuous iterative process is represented in the following Flowchart [9], Figure 3.

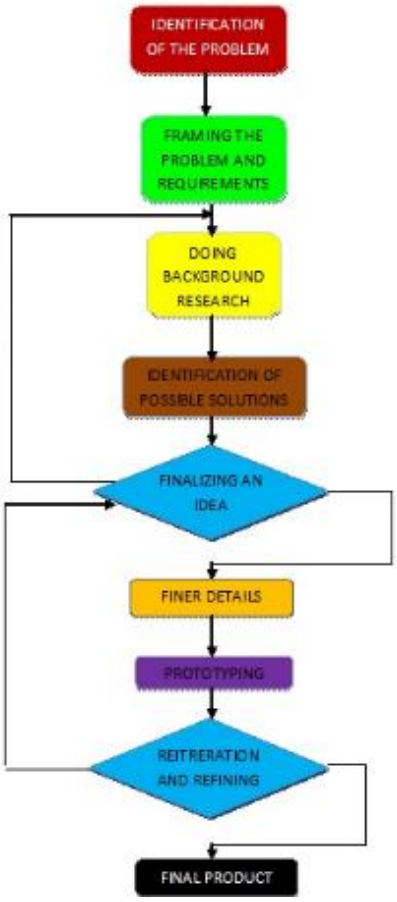


Figure 3: Engineering Design Flowchart.

(c) Define The Problem

The designed prosthetic hand is defined as a hand that mimics the natural movements of the human hand, the most important point is to study the movements. Once the natural motions on the human hand are defined, the design of a prosthetic that can imitate them can occur. In the design of this prosthetic, space is a very important constraint. The size of the prosthetic must also resemble that of the average human hand. This means that there is not much space to fit motors. The fingers themselves are very small and there will not be any room for actuators that are powerful enough to accomplish everyday tasks. From another hand, the design should be flexible to serve the people in a very close period by providing the needed prosthesis according to the needed specification that built on the assembly of on shelf parts. So this design will be very helpful especially in the crises.

(d) Gather Pertinent Information

Before getting started in the design, collecting all the information available that relates to the problem. That effort spent searching for information about the relevant problem will pay big dividends later in the design process. Gathering pertinent information can reveal facts about the problem that result in a redefinition of the problem. Through this, mistakes will be discovered and false starts made by other designers [10].

It is very necessary to start the design job by collecting all the information available that relates to the problem. That will help in avoiding the previous mistakes and go through the positive points of the others, so many books, papers and researches were collected in concern to study.

Based on what have been mentioned above, the collected information was classified into groups as following:

6. Human hand prosthesis designs.
7. Human hand dimensions, volume and weight that related to the age and sex.
8. Material selection that can fulfil the needed design.
9. Human hand movements and dynamics.

(e) Generate Multiple Solutions

The next step in the design process begins with creativity in generating new ideas that may solve the problem. Creativity is much more than just a systematic application of rules and theory to solve a technical problem [11].

There are some general design considerations that need to take care as following:

- **Form versus Function:** The role of form, or cosmesis, in prosthetics cannot be overstated. Often the designers sacrifice cosmetic appeal to achieve increased prehensile function. However, the relative importance of appearance versus function is highly dependent on the person with the amputation. Some people may be solely concerned with visual presentation and reject a highly functional body-powered, cable-operated prosthesis because of the unacceptable appearance of the control harness or of a hook shaped terminal device. Others might find the function provided by these devices sufficient to outweigh their concerns about their appearance. Still others prefer a more tool like appearance believing a prosthesis that looks like a natural arm or hand but is not is a deception.

  It is not uncommon for a person with an amputation to have two prostheses, one that emphasizes mechanical

function, one for work, and an interchangeable one with a more humanlike appearance for social occasion. Choice of prosthesis is ultimately based on many psychological, cultural and practical factors. Other factors affecting the issue are age, gender, occupation and degree of physical activity.

Dynamic cosmesis is frequently the more important of the two form of cosmesis, but it is frequently overlooked because it is difficult to achieve. Dynamic cosmoses can be enhanced by preserving as much of the person's residual motion as possible, Figure 4.



Figure 4: Prosthetic Hand Hook.

- **WEIGHT:** Final weight of a prosthesis is critical to the success of any prosthetic fitting. Prosthesis need to be as light as possible or else they will end up in a closet.
- **POWER SOURCES:** As is the case of all portable devices, power is a scarce. Choice of power source defines a prosthesis, in that it determines the choice of actuator. If the power source is to be the person, i.e., body power, then the actuator is the person's own musculature and the prosthesis should not require excessive effort to use. Mechanical mechanisms need to be efficient and frictional losses need to be minimized to avoid tiring the user over the course of a day. If the artificial limb is externally powered, the limb should be able to run for a day from the same power source without needing to be replaced or recharged. In addition, it is desirable for the power source to be contained within the prosthesis.

  Electrochemical batteries are the main source of energy for modern externally powered prosthetic arms, although pneumatic gas cylinders have been used in the past. There are a number of other technologies that could replace batteries as portable sources of electricity in the future.

  The problem of portable prosthesis power is analogous to the power issue in the laptop computer and cellular phone industry, where a major contributor to the weight and space of these portable devices is the power source, which for the moment is the battery. In addition, prosthesis need high power density as well as high energy density.

  In addition to the general specifications mentioned above, some specific requirements are defined for the multifunctional hand prosthesis:

  1. The palm and fingers segments resemble the human model in both configuration and proportion.
  2. The fingers and thumb are powered by a single self-contained electric motor located in the palm.
  3. The motor gearbox unit is self-locking and free of objectionable noise.
  4. The flexibility of design that can be apply for any age and gender.
  5. The dependency of the design on the on shelf ready-made spare parts, that helps on crises or any accidents to find a fast solution.
  6. The minimum weight or much closer to the real one.
  7. Moving and controlling the four finger and the thumb.
  8. Keeping the same real dimensions and angels of the fingers, thumb and the palm.
  9. Minimizing costs.
  10. Minimizing the needed maintenance.

(f) ANALYZE AND SELECT A SOLUTION

Once getting the conceived alternative solutions to the design problem, analyzing those solutions and then deciding which solution is best suited for implementation. Analysis is the evaluation of the proposed designs. By applying the technical knowledge to the proposed solutions and use the results to decide which solution to carry out. design analysis will be covered in more depth when getting into upper-level engineering courses [6].

The overall design for this prosthetic hand was treated as an investigation of feasibility. After performing the necessary background research and studying the available products with its advantages and disadvantages. The process for designing this new product focused first on what needs of the user would be. The selections of the new design were clear to go through. But modification and renewing ways were needed for the new design to get much compatible one that can work easily with less problems than the previous, most applicable, easy, safe, economic and fulfills the needs. The prosthetic hand that designed in this project comprises of palm and phalanges or fingers.

The main idea of the design in this project is depending on the linkage connection, so the design will start with the selecting the motor with gearbox with the needed speed then designing the worm gear system that to change the feeding torque direction and its frame, designing the phalanges and how they connected to each other with the needed dimensions according to the natural dimensions, designing the link that gives the related movements needed for griping, designing the thumb that moves two different types of movements with different angles, designing the hand palm that can hold all the fingers with its system within the standard dimensions.

Detailed mechanical design was accomplished through the use of AutoCAD software and SolidWorks CAD. Backup data and part files were kept throughout the design process and can be made available upon request. Individual parts were carefully modeled with as much detailed information and accurate dimensions as possible. When working with such limited space and small components, accuracy was a priority.

(g) Test And Implement The Solution

The final phase of the design process is implementation, which refers to the testing, construction, and manufacturing of the solution to the design problem. Considering several methods of implementation is very important, such as prototyping and concurrent engineering, as well as distinct activities that occur during implementation, such as documenting the design solution and applying for patents. [10]

After The design done, the compatibility of the parts and the mechanism should be tested, that will be through prototyping the system in real or using CAD system. The 3-D computer modeling software Solid works allows the drafting of the hand model as well as the construction of all components in an assembly. Modeling the parts allows the user to see possible problems in the design as well as visualize changes in dimensions or other changes to the design. Then after completing this stage, the final drawings should be collected and numbered in groups for documentation in the future.

The hand components design was done supported with the drawings in 2-D and 3-D to show the part reality. Also, the assembly drawings for the designed components. All that showing in the Appendix.

Also (if required), testing the system for compatibility and the stability of parts is done according to the needs of the system. The results will be collected and documented in the report.

III. The Proposed Prototype Design

(a) General Description of the Proposed Prosthesis

After making reviews on the design previous studies, the designed artificial hand is intended to have precise specifications in order to fulfilling its purpose for high performance. The aimed prosthesis is a below-elbow prosthetic hand designed to fulfil most of the needed daily required tasks as does the real hand for light jobs like griping, holding, lifting, pushing,.etc. In addition, its weight should be convenient to the patient, therefore, it should be as light as possible. Also, cosmetically and functionally, it should be resembling to natural one, thus the whole fingers were designed to be full-opened and tight-closed during one cyclic operation. This type of figures movements requires special electrical and electronic parts to drive the mechanical parts of the aimed prostheses. Therefore, this design composes mechanical parts such as gears, links, bearings and gearboxes, and electrical parts such as electrical motors, micro controller that controls the fingers movement.

And finally, it ought to be of reasonable cost that to allow those who lacking stable financial support to own.

Engineering perspective strategy of design was based partly on ready made parts to get the benefits of shortening the required time of manufacturing, and lowering the gross cost of final product.

This flexible design allows to build any hand for any gender in a very close time, just having the standard dimensions of the fingers and rest from standard parts

(b) Design Requirements

The following requirements need to be taken into considerations, which are:

- **Human Hand Measurements:** As there are many studies for determining and finding the technical dimensions of the human hand, studies titled " Weight, Volume, and Center of mass of segments of the human body" [4] and "The Measure of Man; Human Factors in Design" [12] were issued to find all the dimensions of each part of human body through studying of number of cadaver's. The collected information related to the human hand is presented in Tables 1 and 2.

Table 1: Mass, Volume and Specific Gravity of the Right Hand [4].

Sex	Age (years)	Weight (gm)	Volume (cc)	Specific Gravity
M	68	447.7	403.5	1.1093
M	40	525.1	471.6	1.1134
F	20	316.8	283.7	1.1163
M	30	393.2	354.3	1.1191

Table 2: Hand Measurements of Men, Women and Children [12].

Hand Data	Men			Women			Children			
	2.5% tile	50% tile	97.5% tile	2.5% tile	50% tile	97.5% tile	6 years	8 years	11 years	14 years
Hand length	6.8	7.5	8.2	6.2	6.9	7.5	5.1	5.6	6.3	7.0
Hand breadth	3.2	3.5	3.8	2.6	2.9	3.1	2.3	2.5	2.8	-
3rd finger lg.	4.0	4.5	5.0	3.6	4.0	4.4	2.9	3.2	3.5	4.0
Dorsum lg.	2.8	3.0	3.2	2.6	2.9	3.1	2.2	2.4	2.8	3.0
Thumb length	2.4	2.7	3.0	2.2	2.4	2.6	1.8	2.0	2.2	2.4

The present study concentrates on the male right hand, and by having the average readings from the Table 2, the results were:

Right hand average weight = 455.34 gm
Right hand average volume = 409.8 cc
Right hand average specific gravity = 1.11394

The human hand mass can be calculated by using the following formula, [4,13]:

$$Hand\ Mass\ = 0.01\ \times Body\ Weight\ + 0.7\ \pm 0.4$$

Or

$$Hand\ Mass\ = 0.6\ percent\ of\ the\ total\ body\ weight\ for\ men$$

On another hand, the following Figure 5 shows the whole measurements of human hand [13], that helps to put the real dimensions for the prosthetic hand:

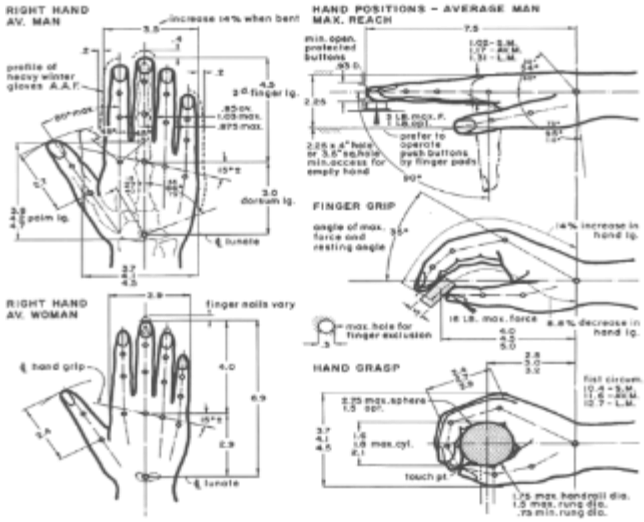


Figure 5: Hand measurements of men, women and children.

The main part in the hand design is the finger. The human finger is an amazing piece of engineering consisting of three individual pivot joints which can almost be individually actuated through muscular tendons. The finger design process began by determining the required motion needed for each finger. The location of all joints was measured and translated to drawings.

Therefore, the first opportunity for simplification comes from treating the fingertip as one fixed link as opposed to two separate links joined by a knuckle. The fingertip was treated as one link with the final knuckle fixed slightly bent.

The human finger when viewed from the side is convenient in that it rotates approximately 90º from full extension to full closure. Similarly, the second knuckle joint also rotates approximately 90º at this time. As one slowly flexes their hand from fully opened to fully closed, it becomes clear that the two joints move at approximately the same in a 1:1 ratio. That realization opened up many mechanical possibilities for example linkages which would allow for the base finger to be rotated actively while at the same time passively linked to the first joint. Figure 6 shows how the linkage system works in griping the fingers.

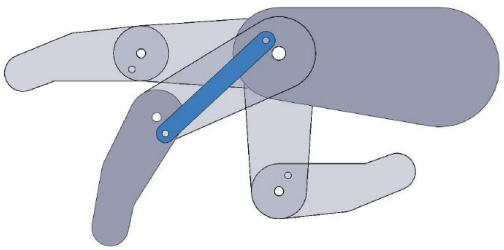


Figure 6: The mechanism of linkage system.

- **MATERIAL SELECTION:** According to the needed material specification required which insures toughness and the lowest cost, the proposed hand was recommended to be made of Polyoxymethylene (POM), CH2O, also it is known as acetal, polyacetal and polyformaldehyde. POM is an engineering thermoplastic used in precision parts required high stiffness, low friction and excellent dimensional stability. Its most advantageous specifications are [14]:
  - High abrasion resistance.
  - Low coefficient of friction.
  - High heat resistance.
  - Good electrical and dielectric properties.
  - Low water absorption.

POM is characterized by its high strength, hardness and rigidity to -40 oC. This material is intrinsically opaque white, due to its high crystalline composition, but it is available in all colors. Its density is about 1.410 – 1.420 gm/cm3, and its melting point is 175ºC [15].

POM supplied as extruded bar or sheet, it may be machined using traditional methods such as turning, milling, drilling. etc. These techniques are best employed where production economics do not merit the expense of melt processing [14].

- **MOTION STUDY:** According to previous studies that measured the finger flexion / extension speeds about the MCP joint using an externally mounted potentiometer. The full hand finger speed data correspond with the speed of the fingers when all fingers are flexed or extended simultaneously in free air. Table 3 shows the individual finger speeds for the six types of hands [13]:

Table 3: Finger flexion/extension speed.

Finger	Average (°/sec)	Number Trials	Standard Deviation
Vincent Large (ring, middle, and index)	103.3	2	3.0
Vincent Small (little)	87.9	2	5.1
iLimb Large (middle)	81.8	4	3.3
iLimb Med (index/ring)	95.3	2	3.4
iLimb Small (little)	95.4	2	2.6
iLimb Pulse Thumb	110.6	4	4.1
iLimb Pulse Large (index, middle)	60.5	4	1.8
iLimb Pulse Med (ring)	74.3	4	2.8
iLimb Pulse Small (little)	82.2	4	4.0
Bebionic Thumb	36.6	16	7.7
Bebionic Large (ring, middle, and index)	45.8	8	2.2
Bebionic Small (little)	37.8	8	5.2

Bebionic v2 Large (ring, middle, and index)	96.4	2	0.4
Michelangelo (index)	86.9	4	2.8

med = medium.

Then, by having the average reading from the mentioned above speeds:

The average speed = 74.328°. sec^{-1} = 0.206 r.p.s

When looking at the finger motion in the SolidWorks assembly, a link was added to join the palm to the final fingertip. As the first joint of the finger was rotates, a linked motion of the fingertip could be achieved.

- **MOTOR SELECTION:** Power motor selection was an important aspect of this design because all 6 degrees of freedom could be powered by the same type of motor, Figure 7. According to the selected average speed, and depending on the available catalogues from several motor producers such as MOTIONCO and POLOLU companies, the most suitable selected motor for our design is:

  Manufacturer: POLOLU Robotics & Electronics [16]
  Type: 250: 1 Micro Metal Gear motor HP with Gearbox
  Size: 10×12×26 mm^2
  Weight: 9.5 gm
  Shaft diameter: 3 mm
  Gear Ratio: 248.98: 1
  Free-run speed@6V: 120 r.p.m
  Stall torque@6V: 60 oz.in = 0.424 N.m



Figure 7: Motor type POLOLU

- **GEARS SELECTION:** The aim of this stage is to choose how to power the finger joints, the proper mechanical drivetrain would include some type of active braking or force holding aspect which would somehow allow the motor to be turned off without having the fingers move when force is applied. Worm gears stood out as a clear option for a system of this nature. Work gears provide very high reductions in small spaces, and they also have non-back driving tendencies.

  According to the selected average speed, and depending on the reduction ratio to get the needed speed, the reduction ratio found 12: 1. Also depending to HPC Gears catalogue [5], the selected worm gear was having the following specifications:
  - Plastic material.
  - No. of starts = 1
  - Part No. ZSW0.8-1
  - Lead angle = 3°48'
  - Shaft type.

  Concerning to wheels selection (straight gears) were having the following specifications:

  1) Type 1:
  - Part No. ZM 0.8-12
  - No. of teeth = 12
  - Plastic material.

  2) Type 2:
  - Part No. ZM 0.8-20
  - No. of teeth = 20
  - Plastic material.

- **BEARING SELECTION:** Depending on the designed diameters of the worm gear and the wheel shaft, the selected bearings were as following (According to SKF Rolling Bearing Catalogue) [6]:

  (a) Worm wheel bearings: Type W617/8, Weight = 0.7gm
  (b) Wheel bearings: Type W617/5, Weight = 0.3gm

(c) GENERAL DESIGN METHODOLOGY

The general methodology used to design the fingers and total hand prosthesis was based on the following sequences:

- The average r.p.m speed for the fingers was calculated (in section of motion study), that is important for selecting the electrical motor and gears assembly. This assembly is represented in worm gear and straight gear. The selection of the worm gear which is the main part of the gearbox will be depending upon the final required speed of the finger. The straight gear which is indirect contact to the worm gear has been selected according to the standard parts catalogue available, Figure 8.

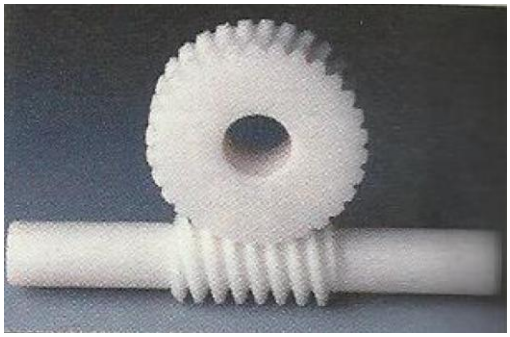


Figure 8: Worm Gear with Straight Gear.

- The design of the gearbox body, Figure 9, was intipated according to the dimensions of the worm gear, supporting bearings, straight gear and the connected motor. In order to reduce the total weight of the gearbox body, all the body wall sides were hollowed. To prevent sliding of the straight gear on the shaft, a key was fitted

in the design between the shaft and the straight gear to keep them rotate together. The purpose of four tapped holes located in the top surface of the gearbox was to fix the gearbox to the main plate of the hand.

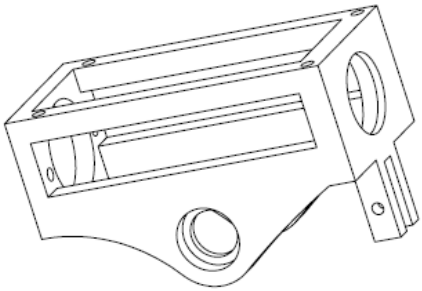


Figure 9: Index, Middle and Little Fingers Gearbox Body.

- Because the motor fixation holes were not alike to the corresponding holes in the gearbox body, an adapter metal plate was designed to join it with the designed site in the gearbox body, Figure 10.

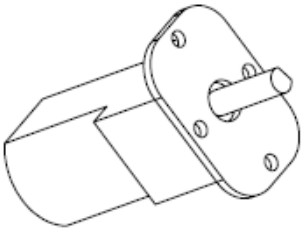


Figure 10: Motor with Motor Fixing Plate.

- The main target of the hand design is to move the fingers from fully opened to fully closed position, that will happen using an electrical motor which gives the torque to the worm gear that transmitted to the straight gear, then moves first knuckle joint through angular movement, finally the last knuckle (finger tip) will be followed the rotation by a link to give the needed grasping movement as well. According to the standard dimensions of the fingers (as mentioned above), the design of the knuckles for index, middle and little fingers was done. The knuckle was fixed to the straight gear through the shaft but the finger tip was connected to the end of knuckle and supported by a pin. The linkage was fixed from both sides with the gearbox and the finger tip. As much as the straight gear rotates clockwise towards the fully closed position, the linkage will rotate as well to reduce the distance between the gearbox and the finger tip which results a griping of the finger tip. The finger tip was designed as well with the needed pins for fixing, Figure 11.

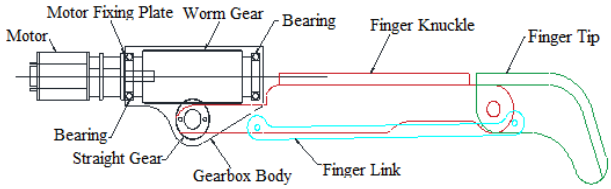


Figure 11: Finger Design with Gearbox and Motor.

As there are different dimensions for the finger knuckle according to the type of the finger, the design of the finger link that connecting between the finger tip and the finger gearbox to control the finger tip movement changes according to the distance between the two junction points, that was done for each finger but only the thumb as shown in Figure 11.

- The torque transmitted from the straight gear to the finger knuckle through two drilled holes passes from the both sides of the knuckle base through the straight gear. Two pins were inserted into these holes to make the two parts unity.

- The design of the thumb was the most complicated step, the thumb movements were completely different than the others, it has to move into two axis therefore two gearboxes were designed for each axis. It has two movements, one is for gripping the thumb and the another one is rotating around its base axis, also it should close in between the index and middle fingers to provide additional clamping force and support on the grasped subject. These movements need to design a compound thumb gearbox to get the required movements. The two gear boxes should be in a very limited space and each one has its own motor to generate its movement. The normal position of the thumb required an angle with the hand palm, so the gearbox was designed inclined with an angle. The two gearboxes were designed to be fitted on each other to get the needed movements and to reduce the space on the hand palm.

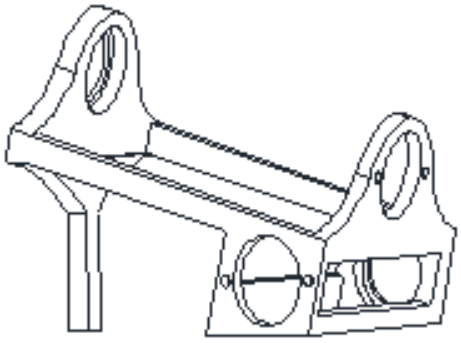


Figure 12: Thumb Gearbox Body 1.

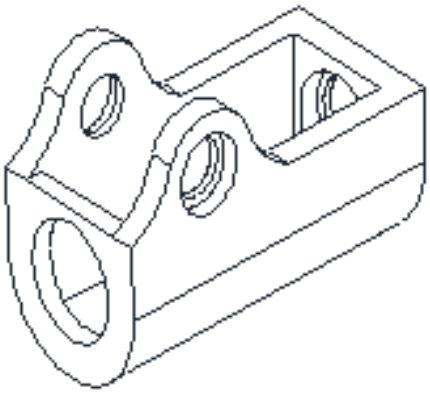


Figure 13: Thumb Gearbox Body 2.

- The last stage in the design procedure was the main chassis plate (hand palm) that holding all the fingers and the axillary components which bolted to it. It consists of a drilled plate with many threaded holes to fix the backside of fingers gearboxes on it. It has the special dimensions and spaces with angles for the fingers. Designing the hand palm was based on the real dimensions of the human hand, Figure 14.

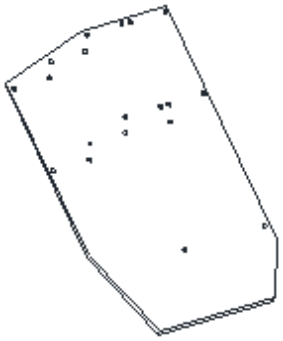


Figure 14: Hand Main Plate (Palm).

IV. Conclusion

The goal was successfully met. This design is the only known prosthetic design which is parametric. The advantages of a parametric design are that it can perfectly match the sound hand size and it is easily adjustable for different ages and hand shapes. Also, the fingers can move with the needed speed and needed movements, the hand shape and final weight were very close to the real one. The present design managed to provide a prosthetic hand with light weight of about 234.24 grams, as illustrated in Appendix A-1, and this will effect on the total hand weight, final hand shape and the complication of the hand.

The thesis study can further be projected with the designing of five fingers and the hand palm. The hand parts and assembly design were done using the Solid Works software and AutoCAD software that to result the whole hand aggregate design.

References

[1] Dechev, N., Cleghorn, W. L., and Naumann, S., "Multiple Finger, Passive Adaptive Grasp Prosthetic Hand," *Mechanism Mach Theory*, **36**(10), pp1157–1173, 2001.

[2] Erin Strait, "Prosthetics in Developing Countries," Prosthetic Resident, Jan 2006.

[3] Michele Folgheraiter, and Giuseppina Gini, "Blackfingers: An Artificial Hand that Copies Human Hand in Structure, Size, and Functions," Italy; Humanoids. DEL, Politecnico di Milano, Humanoids 2000.

[4] Charles Clauser, John Mc Conville, and J. Young, "Weight, Volume, and Center of Mass of Segments of the Human Body," Ohio; National Technical Information Service, August 1969.

[5] VINIT Performance Polymers PVT.LTD. "POLYMAT POM Basic Material For Engineering". India, Mumbai, 2014.

[6] www.MotioCo.co.uk , 2016.

[7] Lumsdaine, E, Lumsdaine, M. , Shelnutt, J. W., "Creative Problem Solving and Engineering Design," USA; New York, Mc Graw-Hill, Inc. 1999.

[8] Hyman, B., "Fundamental of Engineering Design," USA; New Jersey, Prentice Hall, 1998.

[9] Eugene A. Avallone, and Theodore Baumister, "Standard Handbook for Mechanical Engineers," USA; Tenth Edition, Mc GRAW – HILL, 1996.

[10] HPC, "Properties of Delrin 150 (Polyoxymethylene)," UK. www.hpceurope.com , **4**, pp 334, 2013.

[11] Seyyed Khandani, "Engineering Design Process," USA; California. The Industry Initiatives for Science and Math Education (IISME), August 2005.

[12] Henry Dreyfuss , "The Measure Of Man; Human Factors I Design," 1966.

[13] Joseph T. Belter, Jacob L. Segil, Aaron M. Dollar, and Richard F. Weir, "Mechanical Design and Performance Specifications of Anthropomorphic Prosthetic Hands," JRRD, **50**(5), pp 599-618, 2013.

[14] Prof. Alexandridis, "Polyoxymethylene (POM), Acetal – Introduction to Polymer Presentation," Nov. 2015.

[15] Michael Ashby, Hugh Shercliff, and David Cebon, "Materials: Engineering, Science, Processing and Design," UK; University of Cambridge, ELSEVIER, 2007.

[16] "Pololu Robotics & Electronics Catalogue," www.pololu.com, 2017.

[17] HPC Company, "HPC Gears Catalogue," England; 2003.

[18] SKF Company, "SKF Rolling Bearing Catalogue," SKF Group, 2016.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Which Type of Water Injection is Able to Give a Higher Oil Recovery Factor "Formation Water or Sea Water"?

Madi Abdullah Naser
Department of Chemical and Petroleum Engineering
Academy for Postgraduate Studies,
Tripoli, Libya.
madinaser2004@gmail.com

***Abstract*—Produced water from carbonate reservoir can be reinjected into the formation to stimulate hydrocarbon production in aging wells. This is known as water injection or water flooding. This is the most economically friendly method of produced water disposal. In this paper, a laboratory approach to compare and evaluate the efficiency of formation and sea water injection for enhancing oil recovery at room condition in carbonate reservoirs. The main objective of this paper to achieve the maximum oil recovery for the limestone rock by using formation and sea water. This study was conducted using several samples of limestone rock saturated with oil by placing them in the reservoir conditions by placing them in a vacuum oven to ensure complete saturation of the samples with oil and then extracting the oil from them using liquid permeability where the samples are injected by formation and sea water. The oil recovery by formation water injection is range from 26.4 % to 47 %. The oil recovery by sea water injection is range from 0.00 % to 10 %. The oil recovery factor for formation water injection is higher than the oil recovery factor for sea water injection.**

Keywords— Oil Recovery, Formation Water, Sea Water, Porosity, Permeability, Limestone Rock

I. INTRODUCTION

A significant proportion of the world's oil reserves are found in carbonate reservoirs. Many of these are located in the Middle East, Libya, Russia, Kazakhstan, and North America. Many researchers have focused on the impact of injecting brine chemistry for more oil recovery from depleted oil reservoirs. Injection of sea water with a correct composition can act as an effective enhanced recovery method. Nengkoda et al, 2010 conducted by injecting hot sea water where composition is near to Indonesian sea water characteristics with different temperatures and rates. Their result find that the gas production rate increases with time until reach maximum, and then it begins to decrease. The combination of hot water and flue gas injection has a substantial potential for increasing the recovery from light-oil reservoirs, Fossum et al 1992. The sea water used in the capillary pressure test modified the wettability of the carbonate system, changing the wettability of the rock to a more water wet state. This was indicated by comparing the saturation change in the spontaneous imbibition phase of the test between simulated formation and sea waters, Webb et al 2005. The oil recovery increased by 30% after sea waterflooding when we used 5 wt% of Na4EDTA chelating agent diluted from initial concentration of 40 wt% using sea water. The recovery increase can be attributed to the change in the rock surface charge, rock dissolution, IFT reduction mechanisms, Attia and Mahmoud, 2015. The impact of seawater on oil recovery in sandstone is higher than carbonate. At higher temperature, the oil recovery is more moderate than low temperature. Likewise, as the aging time increase for both sandstone and carbonate rocks the oil recovery increase, Naser, et al, 2018. The Gaberoun Water Leak Injection has caused the increasing of oil recovery in sandstone and carbonate core. The impact of GWLI on oil recovery in sandstone core samples was higher than carbonate core samples, Naser, et al, 2019. Carbonate rocks, sandstone rocks obtained from a Libyan oil reservoir, high salinity water, sea water, low salinity water, and water contains different sulfate concentrations were employed in this study. The results of this research will shed more light on the mechanism of modified salinity flooding (MSFTM) and will help operating companies to better plan water flooding process, Zekri, et al, 2011. Re-injected produced water into sandstone reservoir at the initial stage is to maintain reservoir pressure, replace produced oil, and provide for the recovery of oil by water displacement, Madi 2018. The objective of this paper to achieve the maximum oil recovery for the limestone rock by using formation and sea water.

II. EXPERIMENTAL MATERIALS

- Core Samples: It is a chemical sedimentary rock composed of calcium carbonate and has a light color as shown in the figure 1.
- Oil Sample: Oil sample comes from Zelten oil field (now known as the Nasser field) is located at the foot of the Zelten Mountains, about 169 kilometres (105 mi) south of Brega in Concession 6. Zelten holds the title as the largest oil field in the Gulf of Sidra. The 229 wells in Zelten use a gas lifting system. The Zelten oil field is not associated with the town Zelten, which is located in the North-West of Libya.
- Formation Water: also, comes from Zelten Oil Field.
- Sea Water: sea water comes from Misurata Sea.



Fig. 1. Limestone Sample

III. EXPERIMENTAL EQUIPMENT

- Plugging Machine: Figure 2 shows plugging machine diamond tooled drill press is to drill Limestone samples. It comes with a floor standing drill press, a rotary union, a coolant feeding system, a coolant recovery pan with splash guard and a core clamping vise. The union permits to connect the coring bit to the drill press and feed coolant to the coring bit.
- Trimming Saw: Figure 3 shows the trimming saw to cut and edge sanding preset core sample lengths. The preset sample lengths can be adjusted at any time by rearranging machined spacers to the desired length between the blades.
- Manual Saturator: Figure 4 shows the manual saturator use to obtain remarkable saturation of cleaned and dry core samples by simple process. The measurement of porosity (connected pore space) by the liquid saturation method involves the gravimetric determination of pore volume by obtaining: the weight of the core sample clean and dry, the weight of the sample saturated with a liquid of known density, and the weight of the saturated sample submerged in the same liquid.
- Liquid Permeameter: Figure 5 shows the Liquid Perm is an instrument dedicated for routine core analysis. The pressure control regulator is used to adjust gas pressure up to 100 psi in a vessel initially filled water (brine). The gas pressure transfers water into the sample at constant pressure. The flow rate exiting the core sample is determined by measuring the time to fill a graduated flask. After reporting the sample diameter and length, the flow measured and the upstream pressure in a template XLS file, the liquid permeability is calculated from Darcy's law.



Fig. 2. Plugging Machine



Fig. 3. Trimming Saw



Fig. 4. Manual Saturator



Fig. 5. Liquid Permeameter

IV. METHODOLOGY

The case study approach has been chosen to investigate the efficiency of formation and sea water injection for enhancing oil recovery at room condition in carbonate reservoirs. The sampling procedure is described, followed by the means of data collection. Methods of data analysis and the limitations of the research are discussed. Finally, figure 6 shows the framework for this research is introduced and as follows:

- **Formation Water and Oil Analysis:**
  a) Formation Water Density Measurement
  b) Formation Water PH measurement
  c) Formation Water Viscosity Measurement
  d) Oil Density Measurement

e) Oil Specific Gravity Measurement
f) Oil API Gravity Measurement
g) Oil Viscosity Measurement

- **Core Preparation**
  a) Core Cutting
  b) Core Trimming
  c) Core Cleaning
  d) Core Drying
  e) Core Water Saturation:

- Stage 1 Vacuum: The water used to saturate the core sample is filtered. Fill the jar with the water no more than half height to avoid damaging the vacuum pump. Start the vacuum pump for one hour as shown in the figure 7. If saturate water does not show important ebullition from the 1st minute of evacuation, check that the corks of the moisture trap and liquid tank are correctly inserted.

- Stage 2 Fill: Valve status remains unchanged. Stop the vacuum pump. Disconnect the vacuum pump hose from the tank to break the vacuum. The desaturated water is drawn into the evacuated vessel containing the core samples. The cores are allowed to saturate. Wait until water has been transferred to the cell as shown in the figure 8.

- Stage 3 Pressure: Switch the valve HV01 closed. Operate the hand pump to pressurize the liquid surrounding the sample to 2,000 psi. Pressure build-up requires that a few ml of saturating fluid is transferred. Thus, about 20 stokes are required to raise pressure as shown in the figure 9.

- Stage 4 Vent and Empty: Once the pressure has being applied during required time pressure from the tank and the samples. Extra water is suddenly expelled from pressure vessel to liquid tank. Once the pressure is back to atmospheric value, open by hand the vessel lid and remove the basket with cores.

- Step 5 Weighting Saturated Samples: Weight the cores saturated to determine the pore volume.

f) Core Analysis:

- Porosity Measurement:

The measurement of porosity by complete the core saturation methods involves the gravimetric determination of:

1. Pore volume by obtaining: the weight of the core sample clean and dry, the weight of the sample saturated with a water density, and the weight of the saturated sample submerged in the same water.
2. Bulk volume by obtaining the caliper measurements.

g) Liquid Permeability Measurement:

The framework for this step is introduced as follows:

1. Connect to main supply and power up the instrument at main switch on the rear panel as shown in the figure 10.
2. The pressure transducers require a “warm up” period of about one hour before use.
3. Switch the source valve on / off to off position. Ensure that regulators are fully turned anticlockwise initially.
4. Connect two regulated nitrogen supply to the appropriate ports on the rear of the instrument.
5. Load the core holder. Regulate confining pressure supply to desired value without exceeding 400 psi. Regulate core nitrogen supply without exceeding 100 psi.
6. Turn confining valve pressure / vent to pressure. Gas at desired pressure is now applied to the core holder sleeve. This pressure is now displayed on confining pressure gauge.
7. Ensure that regulators are fully turned anticlockwise initially.
8. Install a beaker the outlet of the core holder.
9. Switch source valve on / off to on. Slowly increase regulator to obtain desired liquid flow or test pressure.
10. Let the flow stabilize, then place the graduated flask at the outlet of the core and start the stopwatch. Stop the watch as soon as the water level reaches the graduation.

h) Core Oil Saturation:

Samples were saturated with crude oil by placing them in a container containing crude oil and then placing this container in the oven. It set the temperature to 70 °C as shown in the figure 10.

- **Core Flooding:**

Repeat the permeability measurement framework with formation and sea water injection. Figure 12 shows the beakers filled with oil production sample after sea water injection. Figure 13 shows the core sample after sea water injection.

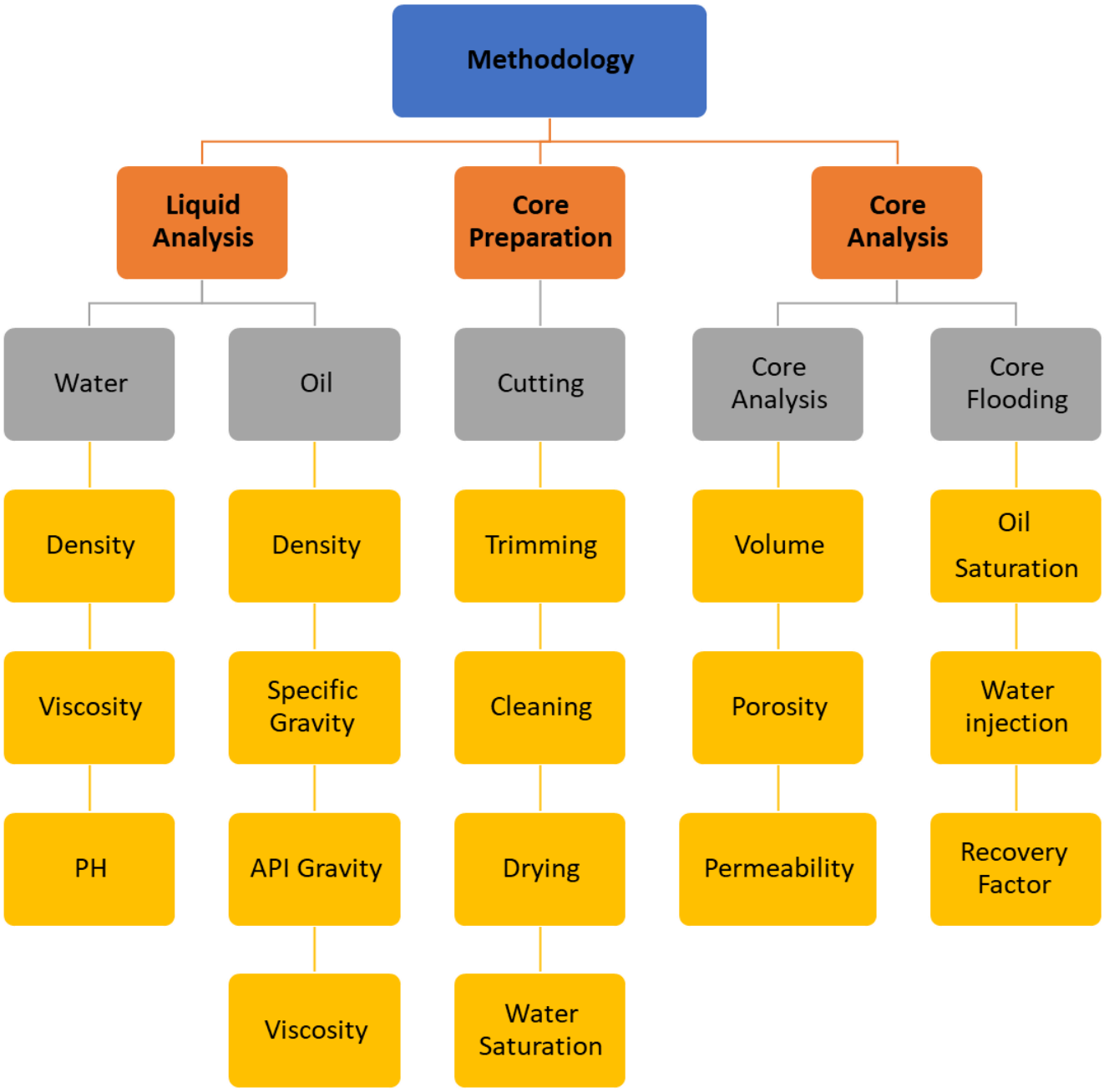


Fig. 6. Methodology

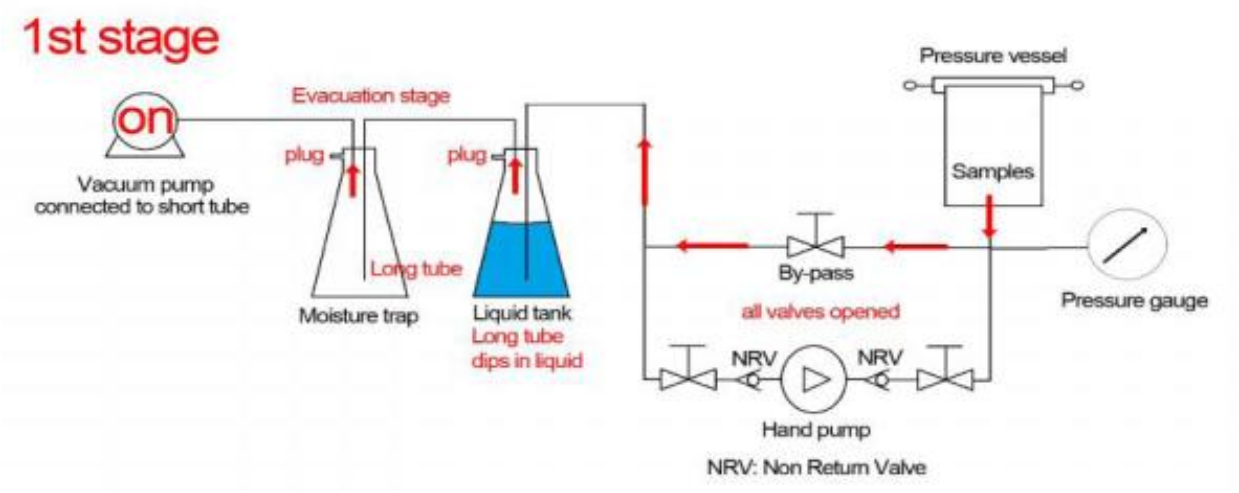


Fig. 7. Stage 1 Vacuum

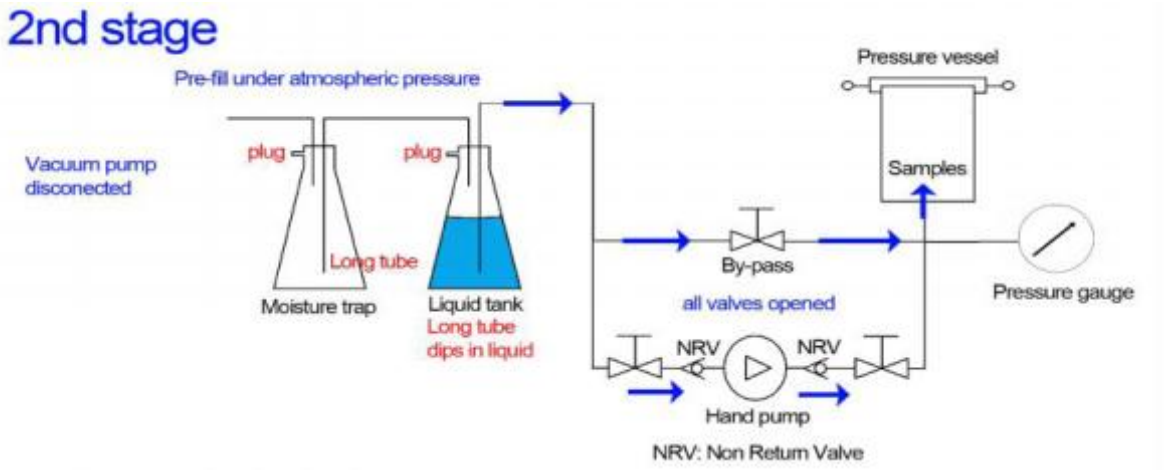


Fig. 8. Stage 2 Fill

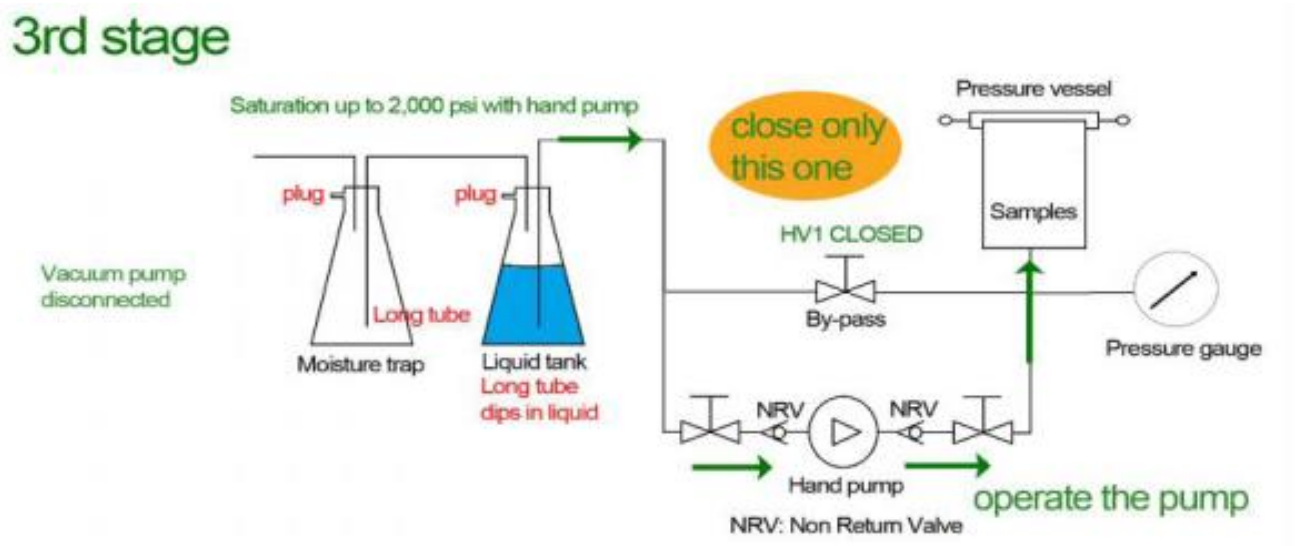


Fig. 9. Stage 3 Pressure

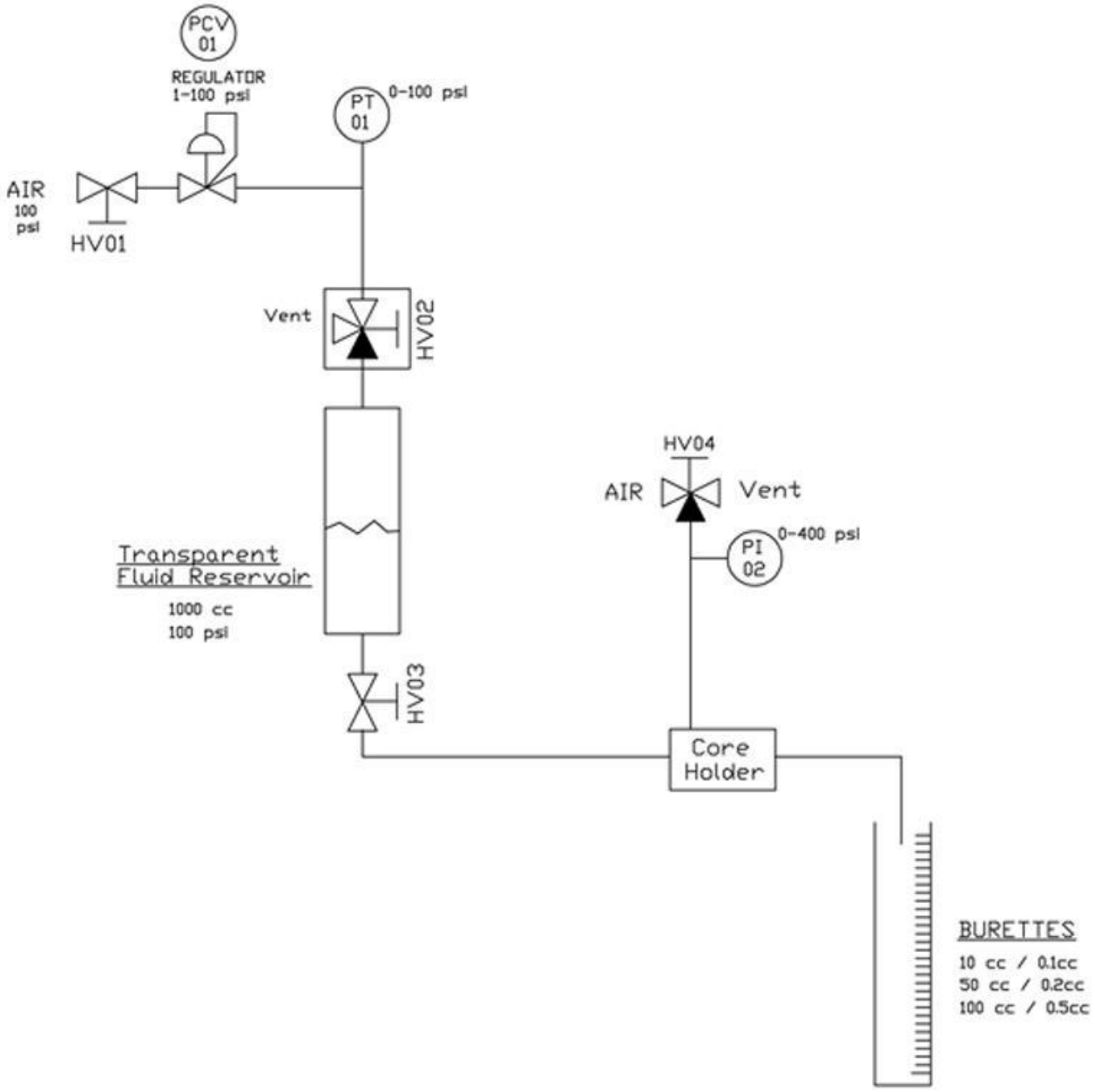


Fig. 10. Flow Diagram



Fig. 11. Saturated Sample with Crude Oil

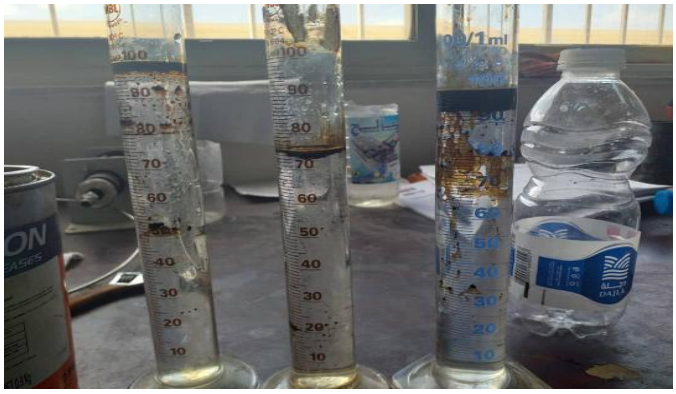


Fig. 12. Beakers Filled with Oil Production



Fig. 13. Core Sample After Sea Water Injection

V. EXPERIMENTAL RESULTS:

Water Analysis Result: Table 1 shows the density, viscosity, and pH results for formation water and sea water.

TABLE 1: WATER PROPERTIES RESULTS

Property	Density (g/cc)	Viscosity (cp)	pH
Formation Water	0.9938	0.8994	8.04
Sea Water	0.944	0.669	7.568

Oil Analysis Result: Table 2 shows the specific gravity, API gravity, API Degree, viscosity, and oil density result.

TABLE 2: OIL PROPERTIES RESULTS

Property	Specific gravity	API gravity	API Degree	Viscosity (cp)	Density (g/cc)
Crude oil	0.81	40.223°	Light oil	4.05	0.81

Core Analysis Result: Table 3 shows the length, diameter, bulk volume, pore volume, grain volume, and porosity. Figure 13 shows Porosity for each core sample.

TABLE 3: CORE PROPERTIES RESULTS

Sample name	Length (cm)	Diameter (cm)	Bulk volume (cc)	Dry weight (g)	After Saturation (g)	Pore volume (cc)	Grain volume (cc)	Porosity (%)
101	6.44	3.81	73.037	118.257	122.610	4.353	68.684	5.96
102	5.24	3.81	59.428	98.334	99.200	0.866	58.562	1.46
103	4.7	3.81	53.303	86.588	89.012	2.424	50.879	4.55
104	3.7	3.81	41.962	68.185	69.071	0.886	41.076	2.11
105	3.8	3.81	43.096	75.743	77.317	1.574	41.522	3.65
106	4.4	3.81	49.901	84.247	85.193	0.946	48.955	1.90
107	5.09	3.81	57.726	95.672	98.682	3.010	54.716	5.21
108	4.9	3.81	55.572	85.218	87.759	2.541	53.031	4.57
109	4.6	3.81	52.169	85.554	88.535	2.981	49.188	5.71
110	6	3.81	68.047	108.572	112.223	3.651	64.396	5.37
111	4.7	3.81	53.303	87.628	89.731	2.103	51.200	3.95
112	5.7	3.81	64.645	103.106	108.683	5.577	59.068	8.63
113	4.5	3.81	51.035	85.711	88.760	3.049	47986.000	5.97
114	5.5	3.81	62.376	100.929	102.945	2.016	60.360	3.23

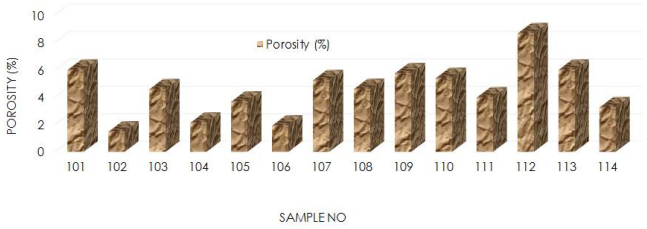


Fig. 14. Porosity for Each Core Sample

Permeability Result: Table 4 and figure 14 shows the results of the liquid permeability apparatus for measuring the permeability of limestone core samples.

TABLE 4 PERMEABILITY RESULTS

Sample name	K (D)
101	6.818
102	4.66
103	6.867
104	5.079
105	5.420
106	3.662
107	5.120
108	6.705
109	6.705
110	6.887
111	5.680
112	6.026
113	6.138
114	4.498

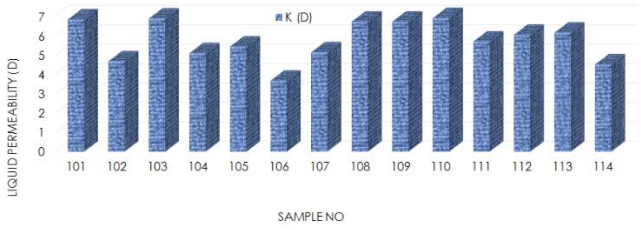


Fig. 15. Permeability for Each Core Sample

Recovery Factors from Formation Water Injection Results: Table 5 and figure 15 shows the results of the recovery factor for formation water injection.

TABLE 5 RECOVERY FACTOR RESULTS

Core number	Recovery Factor (sea water injection)	Recovery Factor (formation water injection)	Total Recovery Factor
101	0.999	47.969	48.968
102	5.162	41.292	46.454
103	5.048	30.29	35.338
104	1.671	40.096	41.767
105	0	41.62	41.62
106	1.577	31.532	33.109
107	1.272	50.87	52.142
108	5.551	44.411	49.962
109	10.565	26.412	36.977
110	2.085	41.695	43.78
111	1.279	46.058	47.337
112	1.04	49.902	50.942
113	0	44.028	44.028

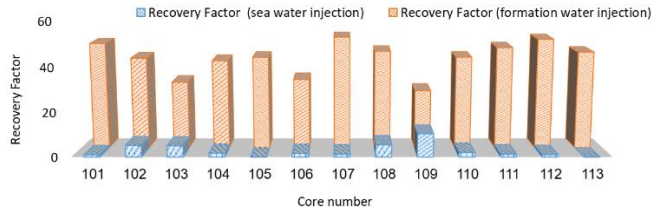


Fig. 16. Recovery Factor Results

V. CONCLUSION

We present a laboratory approach to evaluate the efficiency of formation and sea water injection for enhancing oil recovery at room condition in carbonate reservoirs. In this study, we concluded some conclusion as shown below:

1. The core sample are used in this study are limestone.
2. The formation water viscosity is 0.8994 cp, the viscosity of the sea water is 0.669 cp, and the viscosity of the oil is 4.05 cp.
3. The formation water density is 0.9938 g/cc, the density of the sea water is 0.994 g/cc, and the density of the oil is 0.810 g/cc.
4. The formation water potential of hydrogen is 7.568, the potential of hydrogen of the sea water is 8.040.
5. The core porosity is range from 3.3 % to 6.8 % with average porosity is 4.4 %.
6. The core permeability measurement is range from 3 Darcy to 6.8 Darcy with the average is 5.7 Darcy.
7. The aging time for oil saturation is for three weeks, with the original oil in place is range from 14.4 to 25.016 ml.
8. The oil recovery by formation water injection is range from 26.4 % to 47 %.
9. The oil recovery by sea water injection is range from 0.00 % to 10 %.
10. The oil recovery factor for formation water injection is higher than the oil recovery factor for sea water injection.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Department of Chemical and Petroleum Engineering, Academy for Postgraduate Studies, Tripoli, Libya; and the Department of Petroleum Engineering, Faculty of Engineering, Misrata University, Libya; and the department of petroleum engineering, faculty of mining and energy, Sebha University, Libya.

REFERENCES

1. Nengkoda, A.. , Budhijanto, B.. , Supranto, S.. , Prasetyo, I.. , Purwono, S.. , and S.. Sutijan. "Production Behaviour of Gas Hydrate Under Hot Sea Water Injection: Laboratory Case Study." Paper presented at the Canadian Unconventional Resources and International Petroleum Conference, Calgary, Alberta, Canada, October 2010. doi: https://doi.org/10.2118/136714-MS
2. Fossum, Bjorn, Blaker, Tore, Brendsdal, Egil, Johansen, Thormod, and Torbjorn Throndsen. "Numerical Simulation of Hot-Water and Flue-Gas Injection Under Typical North Sea Reservoir Conditions." Paper presented at the SPE/DOE Enhanced Oil Recovery Symposium, Tulsa, Oklahoma, April 1992. doi: https://doi.org/10.2118/24168-MS
3. Webb, Kevin John, Black, Clifford James J., and Gunnar Tjetland. "A Laboratory Study Investigating Methods for Improving Oil Recovery in Carbonates." Paper presented at the International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar, November 2005. doi: https://doi.org/10.2523/IPTC-10506-MS
4. Attia, M., and M.A. Mahmoud. "The Impact of Adding High pH Fluid to Sea Water on The Sandstone Rock Charge During EOR Process." Paper presented at the SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, March 2015. doi: https://doi.org/10.2118/172513-MS
5. Naser, M. A., Erhayem, M., Hegaig, A., Abdullah, H. J., Amer, M. Y., & Mohamed, A. A. (2018). Comparative Study of Using Sea-Water for Enhanced Oil Recovery in Carbonate and Sandstone Reservoirs: Effects of Temperature and Aging Time on Oil Recovery. Journal of Earth Energy Engineering, 7(2), 1-13. https://doi.org/10.25299/jeee.2018.vol7(2).2126
6. Naser, M. A., & Azouza, O. (2019). LABORATORY INVESTIGATION OF A NEW LIBYAN CHEMICAL EOR: Impact of GWLI on Relative Permeability, Wettability, Oil Recovery, Breakthrough and Fractional Flow. Journal of Earth Energy Engineering, 8(2), 55-66. https://doi.org/10.25299/jeee.2019.vol8(2).2234
7. Zekri, Abdulrazag Yusef, Nasr, Mohamed Sanousi, and Zaid Ibrahim Al-Arabai. "Effect of LoSal on Wettability and Oil Recovery of Carbonate and Sandstone Formation." Paper presented at the International Petroleum Technology Conference, Bangkok, Thailand, November 2011. doi: https://doi.org/10.2523/IPTC-14131-MS
8. Madi Abduallah Naser, Improving Recovery from Oil Sandstone Reservoir by Re-inject of Produced Water by Using Eclipse_E300 Software, Journal of Pure & Applied Sciences, 2018, https://doi.org/10.51984/jopas.v17i1.124.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Application of python in the estimation of petrophysical properties,Sarir Field

1st Reema O. Khalliffah
postgratuate student at *petroleum Engineering department*
Libyan Academy-Ajdabiya branch
Ajdabiya, Libya
remaomar17@gmail.com

***Abstract*— This paper investigates the application of python programming in the field of petrophysics, specifically in the estimation of lithology, shale volume, porosity, and water saturation. During this study, wire-line logs data from two wells (well-1 and well-2) in the sarir oil field were used. The percentage of shale, porosity, and water saturation in the rock is an important input parameter for some petrophysical and reservoir calculations (e.g., estimation of original oil in place and oil reserve). In this work, python 3, Jupyter notebook, and python libraries (Pandas, Matplotlib and NumPy) were used to carry out a solid computation of petrophysical characteristics and then provide summaries of the result.**

Keywords—Petrophysical interpretation, Python Programming, Shale Volume, Porosity, Fluid Saturation.

I. INTRODUCTION

Well logging is the method of obtaining a detailed record of the subsurface geological formations. In the petroleum industry, petrophysical interpretation is being used for many reasons, such as a base to understand the geology of the wellbore at high resolution and to estimate the producible hydrocarbon reservoir. One of the most useful ways to perform a petrophysical interpretation is by use of well logs because they can contain key information about the formation sampled by different petrophysical measurements. Python is high-level interpreter, and most popular programming language for data science and specifically for data analytics. Python is an open-source and free software development language with the most impressive library of Artificial Intelligence and Machine Learning algorithms. Python has proven to be the most useful platform for highly sophisticated Petroleum Data Analytics tools[1]. Its objective is the automation of processes to save both compilations and time, fundamental for the optimization in the labor field [5]. Python is a general-purpose scripting language. Scripting languages are routinely used to solve small tasks, but Python is an exception. Python is a flexible language with a minimalist syntax. This programming language is interpreted, which means that code in Python is not converted into machine code but executed by an interpreter program. Hence, we conclude that Python is a practical platform. Any code in Python will run wherever there is an interpreter. Python can also be used as a regular calculator. The Python programming language was found to have the following advantages, namely: simple syntax as the code is easy to write, read and maintain; large standard library and a great number of alternate libraries; support for object-oriented programming and other paradigms; cross-platform and support for nearly all modern systems. Its integrative ability. The software interface is user-friendly, thus making it easily used for creating software products for the oil and gas industry [6]. Jupyter Notebook, or simply a notebook, provides an interactive way to write and execute Python code in a web-based interface. This process of executing Python code can be thought of as a hybrid between the Python interpreter and Python scripts. Some of the added advantages provided by Jupyter Notebook include a convenient means of sharing work via rich computational and data-driven narratives that mix code, figures, data, and text [2]. An additional advantage of this web-based environment is that it combines all the different pieces like code, text, images, equations, and visualization plots, together in one document. The notebooks are easily shareable and could be edited on the go since they do not have too much dependency on the associated system [1]. This process aims to analyze well logs and estimation of reservoir properties that are needed to understand and quantify potential risks, that could impact our hydrocarbon presence and consequently in wrong decisions being made. In this present work python and jupyter notebook performed petrophysical interpretation using well data to determine and analyze the petrophysical properties in the Nubian reservoir of the study area in the Sarir field in the southeastern Sirt basin. The objective of this study is to develop well logs data analysis to estimate reservoir properties, including lithology, shale volume, porosity, and fluid saturation, based on a common set of well logs, including gamma ray, bulk density, neutron porosity, resistivity, and sonic. The goal is to build a triple-combo to display the log data that helps qualitative interpretation. Following that, the quantitative interpretation to calculate the reservoir properties based on the well-log data.

II. GEOLOGICAL BACKGROUND

The Sarir or, more specifically, the Sarir "C" field lies on the western edge of the Calanscio Sand Sea in southern Cyrenaica and is the largest oil field in Libya. It occurs at the southeastern margin of the Upper Cretaceous-Tertiary Sirte basin or embayment that contains all the major oil fields of Libya and is the most prolific oil-producing basin in North Africa.

The Sarir "C" field, which is part of a complex of three fields, is 35 mi (56 km) long and 25 mi (40 km) wide covering approximately 146 mi2 (378 km2). To its north lies the Sarir "L" accumulation, which covers approximately 15 mi2, and is situated approximately between the two, a much smaller Sarir North pool. The estimated ultimate recovery from the "C" field is 6.5 billion bbl of oil and, from the "L" field, 1.2 billion bbl, ranking them as the 51st and 201st largest fields in the compilation of Carmalt and St. John (1986)[3].

The Nubian formation in the SE Sirt basin is composed of four members, which can be correlated regionally using a lithostratigraphic framework. Within the Sarir Sandstone are

two sandstone-dominated members, each reflecting a rapid drop in base level, which are important oil reservoirs in the study area.

Between these sandstones are thick shales of continental origin, which define the architecture of the reservoir units. This four-fold lithostratigraphic subdivision of the Sarir Sandstone contrasts with previous schemes, which generally only recognized three members. The sandstones below the top Sarir unconformity host more than 20 billion barrels of oil-in-place. The dominant traps are structural (e.g. Sarir C field), stratigraphic (e.g. Messla field), hanging-wall fault plays (e.g. UU1-65 field), and horst-block plays (e.g. Calanscio field) [4].

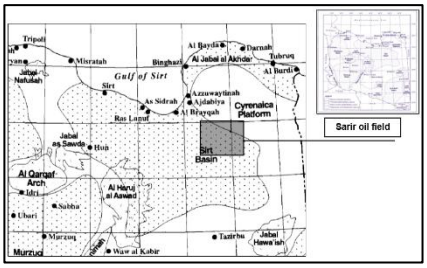


Fig. 1. *Map of field in the study area.*

III. MATERIAL AND METHODOLOGY

A. Methodology

Python 3 was used to display and analysis of well logging data. The Python programs were run in the Jupyter Notebook interactive environment. This study used a different python library. NumPy which is used for working with array and mathematical functions while Pandas are package built on top of NumPy and provides an efficient implementation of a DataFrame [2]. Pandas are used for data analysis as there is flexibility to deal with different data structures. Matplotlib includes capabilities for a flexible range of data visualization in python, which is used to build a variety of plots (histograms, scatter plots, bar charts, etc.) [2]. These libraries were used to create petrophysical algorithms. These Python libraries can be installed using the operating system command prompt (terminal) window by typing "pip install <package name>".

The petrophysical interpretation workflow that concentrate in this work is describe in following section:

- Firstly, import python libraries. Secondly, load well data and read data from CSV files. Before the analysis, a data quality check and data cleaning were performed on each set of well logs. Once well data cleaning is completed start viewing and working on the well data.
- Display triple-combo curves which consist of Gamma-ray, Spontaneous potential, and Caliper log at the first track. The resistivity log (deep and shallow resistivity) is shown in the second track. And the third track is consisting of a porosity log (Neutron, Density and Sonic log).
- Calculate the shale volume which is the first step in quantitative interpretation. The gamma-ray and spontaneous log are also employed in establishing the volume of shale for each of the gross sand zones delineated.

$$V_{sh} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}} \quad (1)$$

Where, V_{sh} is shale volume (%), GR_{log} is gamma ray reading, GR_{min} is gamma ray reading in clean sand and GR_{max} is gamma ray reading in shale.

- Estimation of porosity by using neutron, density, and sonic log. The effective porosity is determined from the corrected porosity by adjusting the calculated porosity for the volume of shale present.

$$sonic\ \Phi = \frac{\Delta t_{\log} - \Delta t_{ma}}{\Delta t_{fl} - \Delta t_{ma}} \quad (2)$$

Where, sonic Φ is sonic porosity (%), Δt_{log} is interval transit time in the formation, Δt_{ma} is interval transit time in matrix and Δt_{fl} is interval transit time in the fluid in the formation.

$$Density\ \Phi = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_{fl}} \quad (3)$$

Where, Density Φ is density porosity (%), ρma is matrix density, ρ_b is bulk density and ρ_{fl} is fluid density.

$$\phi_e = total\Phi * (1 - V_{sh}) \quad (4)$$

Where, ϕ_e is effective porosity (%), total Φ is average total porosity.

- The resistivity as well as density and neutron logs are used in triple combo log-view to obtain zones of hydrocarbons and delineate OWC. These logs are used to establish the zones of hydrocarbons. The zones with hydrocarbons are recognized due to their higher resistivities. This is especially so when the deep resistivity log reading is relatively higher than the shallow resistivity reading.
- The water saturation in reservoir zone is calculated based on Simandoux equation.

$$Sw = \frac{c.Rw}{{\phi_e}^2}\left[\sqrt{\frac{5\,{\phi_e}^2}{Re.Rt} + \left(\frac{Vsh}{Rsh}\right)^2} - \frac{Vsh}{Rsh}\right] \quad (5)$$

Where, C = 0.40 for sand and 0.45 for carbonate, Vsh is lowest of the various shale indicators sh, Rt is deep resistivity (corrected for invasion), Rsh is deep resistivity reading in adjacent scale, ϕ_e is effective porosity.

- The permeability within the gross sand zone is calculated from Timur equations.

$$K = a\frac{\Phi^b}{SWi^c} \quad (6)$$

Where, K= permeability md. Ø = porosity, fraction. Swi = irreducible water saturation. a = 8581.0 (constant). b = 4.4 (constant). c = 2.0 (constant).

- The cutoffs are established as a deterministic cutoff that is fixed at one value and the probabilistic cutoff, which ranges from a lower limit to an upper limit. Table 1 shows cut-off parameters.

TABLE I. CUT-OFF PARAMETERS.

Parameters	**Cut-offs**		
	Vsh %	***Φ%***	***Sw%***
Value	**35**	**10**	**50**

B. Well Data

In this study, several data must be available for the purposes of petrophysical interpretation, these data provided by AGOCO, and these data are well logging data which are many types of logs are available to determine the well-tops, sequence of the layers and the properties of the rocks. The well logging is Caliper log (CALI), Gamma ray (GR), Spontaneous Potential (SP), Density (RHOB), Neutron (NPHI), Medium resistivity (ILM), Deep resistivity (ILD), Micro spherical focused log (MSFL). Table II show the well logging available for each well.

TABLE II. TYPES OF LOG DATA FOR EACH WELL.

well	**Well data**							
	CALI	***GR***	***SP***	***RHOB***	***NPHI***	***ILM***	***ILD***	***MSFL***
Well-1`	√	√	√	√	√	√	√	√
Well-2	√	√	√	√	√	√	X	√

IV. RESULT AND DISCUSSION

The well-logging data were plotted and analyzed using python-3 where code writing and run through Jupyter notebook. It is important to interpret well logs in both qualitative and quantitative manners. The conventional logs were used as a source for getting information about lithology, shale volume, porosity, and saturation. The following sections will describe the results of logs data interpretation. Figs 2 and 3 exhibit the triple combo plot of two selected wells in the Sarir field (well-1 and well-2). Well -1 extends from 8200ft to 9310ft while well-2 covers depth from 8220 to 9310. Based on changes in Gamma-ray, Spontaneous potential, Neutron, Density, Sonic and Resistivity logs well-1 and well-2 split into eight zones. The qualitative part of the interpretation was determining the lithology and reservoir zone.

The lithology was interpreted using a gamma-ray and the neutron and density cross plot. From the log responses, it was clear that the lithology of the studied wells has the same distribution and was divided generally into two main zones; the upper zone of shaly dominant lithology which extend from zone 1 to zone 4 and the lower zone from zone 5 to zone 8 with sandstone dominant lithology with some percentage of shale interbedded. Figs 6 and 7 shows the neutron density cross plot which displays the distribution of lithology based on the gamma-ray reading. Figs 8 and 9 show the main lithology in the zone-5 and zone-6 which shows the main lithology is sand with some percentage of shale.

Figs 2 and 3 illustrate the triple combo. From neutron density, the log shows that yellow shading is the reservoir zone and green shading is the non-reservoir zone. From the log response, zone 5 and zone 6 show low gamma ray and yellow shading for neutron-density which is indicated as reservoir zone. zone-5 covers the interval from 8642.5 to 8700 ft while zone-6 extend from 8700 to 8857 ft for well-1. However, in well-2 zone-5 extend from 8658.5 to 8728ft while zone-6 extend from 8728 to 8974ft.

From resistivity logs, the evidence of oil and water was observed in zone (5 & 6), in which the resistivity response is high and the separation between resistivity responses are present. According to these results, the OWC line was plotted at a depth of 8795.5ft at the end of zone-6, while the end of zone-5 is defined as a transitional zone, where the shale percentage increased. However, in well-2 the oil is observed at the beginning of zone-5 whereas the rest of the zone is non-reservoir according to neutron-density response with high resistivity and high-water saturation due to the shale effect. On the other hand, in zone-6 oil is observed in the middle of the zone whereas the beginning of the zone is non-reservoir according to neutron density response with high resistivity and high-water saturation and OWC is plotted at 8903.5ft of zone-6.

The next part of log interpretation was determining the petrophysical properties. Figs 4 and 5 show the interpretation plot which according to cut-off parameters two targets were identified along each well which is the zone (5 &6). For a zone (5&6) in well-1 the net pay was about 11.5ft for zone-5 and 95ft for zone-6. The shale volume was about 8% and 10% respectively. However, in well-2 the net pay was about 25.5ft for zone(5) and 87.5ft for zone-6. The shale volume was about 16.3% and 8%. The porosity in the studied wells was interpreted using the porosity logs. The porosity logs show that the porosity in the upper zones is mainly total porosity due to shale porosity, while effective porosity was noticed in the lower zones. For zone-5 the effective porosity was about 19.6% in well-1 and 18.8% in well-2 while the effective porosity in zone-6 was about 14.6% in well-1 and 14.6%. The permeable zones were identified by the separation between shallow and deep resistivity. Timur equation was used to calculate the permeability, which ranged between 3 md to 1000 md at the lower zones. From the saturation log, in a zone (5&6), The saturation response decreases gradually from top to bottom, in which, at top of these zones the oil saturation increases and water saturation decrease. The average water saturation is about 12.3% for zone-5 and 24.7% for zone-6 in well-1 while in well-2 the water saturation was about 20.1% in zone-5 and about 23% in zone-6. The tables below show the reservoir result.

TABLE III. RESERVOIR PROPERTIES FOR WELL-1.

Zone No	**Reservoir properties well-1**					
	lithology	***Net pay ft***	***Vsh%***	***Φ%***	***K md***	***Sw%***
Zone-5	Shalysand	11.5	8	19.6	346.8	12.3
Zone-6	Shalysand	97	10	14.6	65	24.7

TABLE IV. RESERVOIR PROPERTIES FOR WELL-2.

Zone No	Reservoir properties well-2					
	lithology	*Net pay ft*	*Vsh%*	*Φ%*	*K md*	*Sw%*
Zone-5	Shalysand	25.5	16.3	18.8	278	20.1
Zone-6	Shalysand	87.5	8	14.6	42.7	23

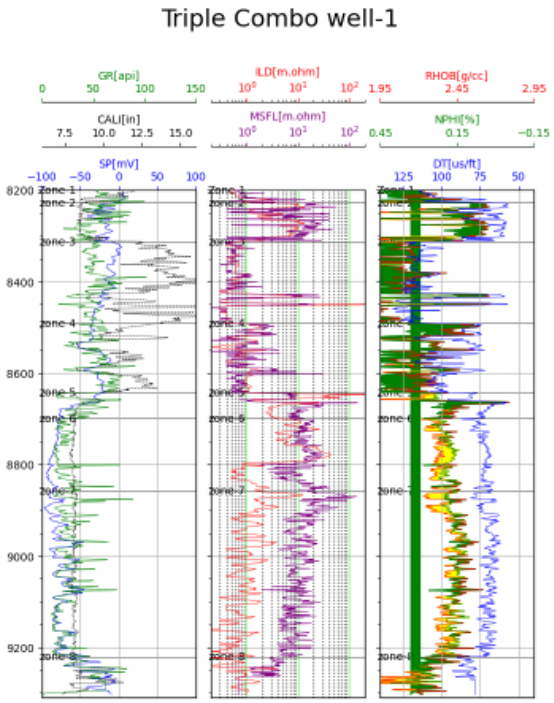


Fig. 2. *Triple combo of well-1.*

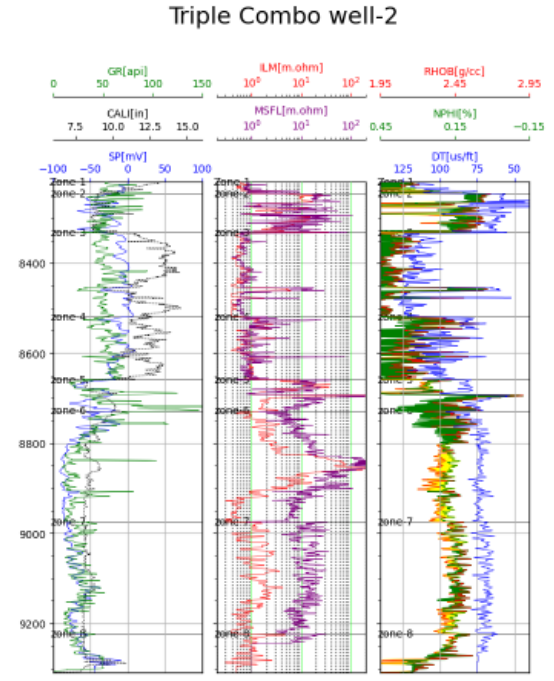


Fig. 3. *Triple combo of well-2.*

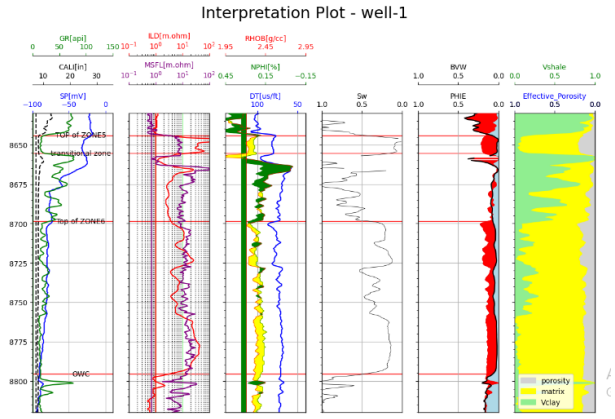


Fig. 4. *Interpretation plot of reservoir zone (5&6) well -1.*

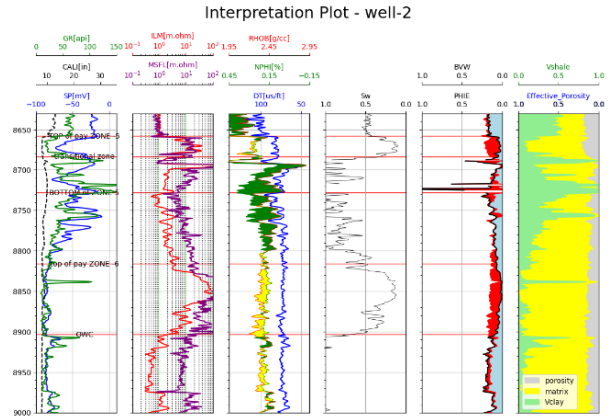


Fig. 5. *Interpretation plot of reservoir zone (5&6) well -2.*

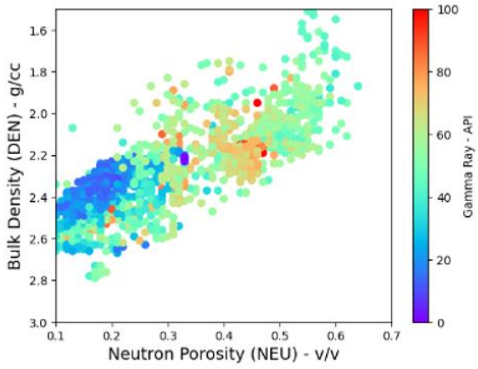


Fig. 6. *Neutron- Density and gamma ray crossplot well-1.*

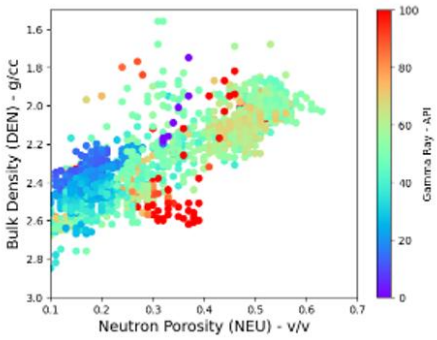


Fig. 7. *Neutron- Density and gamma ray crossplot well-2.*

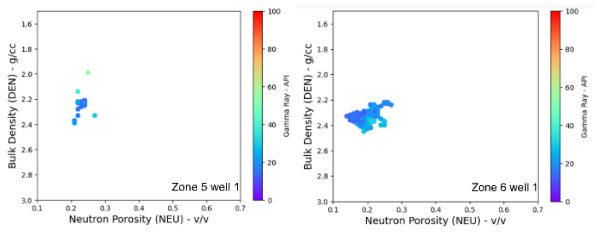


Fig. 8. *Neutron- Density and gamma ray crossplot zone (5&6) well-1.*

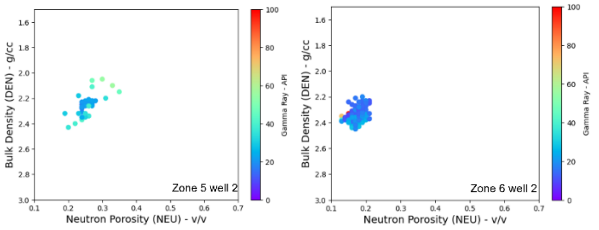


Fig. 9. *Neutron- Density and gamma ray crossplot zone (5&6) well-2.*

V. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

The present study deals with applying python 3 as a data analysis tool to analyze well logging data and calculate petrophysical parameters shale volume, porosity, and water saturation as well as prediction of lithology. The different logging data of two wells from the sarir field are interpreted to provide the necessary petrophysical information. Python open-source libraries (pandas, NumPy and Matplotlib) are used in the interpretation process. This work is started by building a triple combo plot for studied wells and then split zones based on log response. Based on gamma ray, resistivity, neutron, and density log response identify zone 5 and 6 as reservoir zone. The lithology of the studied wells was interpreted using gamma ray and neutron and density log which the main lithology of the upper zone was shaly for the first four zones and shaly sand for the lower zone. According to the cut-off value, the net pay for zone 5 in well -1 was about 11.5 ft and zone 6 was about 97ft while zone 5 in well 2 was about 25.5 ft and zone 6 was about 87.5ft. The shale volume ranged from 8 % to 16 % and porosity was about 14% to 19% while the water saturation ranged from 12% to 24.7%. The interpretation shows the good result for each well.

For future work, it is essential to use machine learning open-source libraries such as Scikit-learn and TensorFlow. Develop well-logging interpretation to plot lithology on the interpretation plot and predict a more accurate result. In order to obtain precise results, particularly in the calculation of the permeability, core data are required.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to express my sincere appreciation to Mrs. Entisar Al Baghdadi at the information technology college of Ajdabiya university for her guidance and support during the prepper and development of this paper.

REFERENCES

[1] Yogendra Narayan Pandey, Ayush Rastogi, Sribharath Kainkaryam, Srimoyee Bhattacharya, Luigi Saputelli, "Machine Learning in the Oil and Gas Industry Including Geosciences, Reservoir Engineering, and Production Engineering with Python", 2020, pp.41–73.

[2] J. VanDerPlas, "Python Data Science Handbook", O'Reilly Media Inc., November 2016, pp.1 – 33

[3] Rusk, D. C, Petroleum Potential of the Under-Explored Basin Centers--A 21st Century Challenge. AAPG Bulletin R,1999.

[4] G. AMBROSE, "The geology and hydrocarbon habitat of the sarir sandstone, sirt basin", Libya, 1997.

[5] Edet Ita Okon1, Dulu Appah1 and Joseph A. Ajienka1, "Review of Python Applications in Solving Oil and Gas Problems" , October 2021.

[6] K F Gabdrakhmanova, G R Izmaylova and L Z Samigullina, "Python-provided algorithm for calculating oil field operation parameters for expansion drive reservoirs", International Conference on IT in Business and Industry ITBI ,2021.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Nodal analysis calculation for the estimation of the BEST OPERATING CONDITIONS USING TWO WELLS

1st Muhab Abeed
petroleum engineering. Zawia university – oil and gas collage (of Affiliation)

Zawia, Libya
omuhab@gmail.com

2rd Maamar Khalleefah
Petroleum engineering. Sebha university
energy & Mining engineering college

Sabha, Libya
moamerkhalifa93@gmail.com

***Abstract*—one of the main challenges in the petroleum industry is to design the best natural production system which is begin from the type of the well thought the completion and ending with the surface facilities, in this study a sensitivity analysis is applied for two wells (Z1 and Z2) in AL_Nafoora field for the simulation of the IPR and OPR model using PIPESIM software to obtained the best operating conditions for the flow rate and flowing bottom hole pressure, a water cut and well head sensitivities are examines in order to figure out the maximum ratio for water cut and the maximum value for the wellhead pressure that should not be excess in order to maintain the natural flowing phase as long as possible.**

The main findings from this study includes that as for the first well (Z1), after conducting the study on it and calculating the percentage of increase in the future water rate, it was found that the maximum value of the well's productivity is when the water saturation rate reaches about 90%, and if this percentage exceeds this limit, the production will not remain normal and will turn to artificial production because the well is not able to flow normally, and for the second well (Z2), when the water production volume reaches 80%, it will stop natural production

Keywords—IPR, OPR, natural production, oil wells, water cut.

I. Introduction

In petroleum engineering, there are many types of wells used, depending on the purpose of drilling and the good type of fluids that can be produced. They are drilled to make sure that reservoir rocks can contain hydrocarbon fluids, and to collect the necessary data and information on geological rocks. These are the first wells to be drilled in the field, while the rest of the other wells that are drilled after them are called orthodontic oil wells in order to evaluate the production of the oil well from the oil reservoir, after confirming the presence of hydrocarbon fluids, and after studying the economic and practical side of the field, the development oil wells are drilled in order to raise and increase the production of the oil well.

The wells were drilled after the discovery of oil or gas, for the purpose of determining the dimensions of the oil reservoir and providing the minimum necessary geological and reservoir data and information, for the purpose of assessing and knowing the existing oil reserves and approving the development of the reservoir or not.

Development oil wells are drilled after the approval of the development of the reservoir, which may be for production purposes (oil or gas), or for injection purposes (water or gas). The term "production well" refers to the type of well used to extract oil or gas from underground formations. Production wells thousands of feet into the ground are drilled directly into oil- or gas-rich deposits found in underground formations.

II. Problem Statement

There are many studies that are concerned with measuring daily production rates and designing the natural production system in order to suit the required amount of production, in addition to the fact that the pipes used in this process are of great importance in this subject as a result of the flow rate that is controlled according to the diameter of the production pipes and the problem of threshing can be summarized in the following points:

1. What are the best operational and design conditions in which the values must be evaluated to ensure the best productivity.
2. What are the future conditions under which the production of the well will stop as a result of the increase in the proportion of water.

III. Objective of the study

1. Learn how to conduct simulations of oil wells with natural production.
2. Identify the effect of natural production and the relationship of variables with each other during the production process.
3. Recognize the best operational roof to ensure the best production rate for the longest possible period of time.

IV. Study Methodolog

1. The work on the project was divided into theoretical and practical parts, for the theoretical part, the information material was collected from the available references and available information about the natural production process in addition to the design of the oil wells, and for the practical part, the PIPESIM software was used to simulate the number of two wells.

2. The use of modern software in order to design a natural production system that includes pipe diameters, type of completion and type of valves used, in addition to choosing the best operational specifications for these tools equipment using the analyzes available in the software.

3. Study Area Location:-

4. Nafoora Field one of Arabian gulf oil company fields that is located in sert basin behind jalu city in the southwest of libya is selected for this study, data collected is from GOSP number X (gas oil separator) and done used data for two Natural production wells Z1 & Z2 that is connected to this GOSP, therefore, done used history files for this wells for collect these data required in this study. 6. Basic information of the wells under study

5. To simulate the process of natural production from the oil reservoir using the wells under study, 3 main types of information must be available, namely information on the oil and gas produced from the oil reservoir, in addition to the well test data represented by the temperature of the reservoir, the pressure of the reservoir and the pressure of the bottom of the static and flowing well for each of the wells under study and the third type of panna is the data related to the completion of the wells and the smellof The general shape of the well and the internal and external diameters of the wells as well as the depth of installation of the envelope pipes and production pipes in the wells under study.

V. Results And Discussion

Table (1) shows the main data of the study

WELL, Z2	WELL, Z1	Parameters
4000	4000	Reservoir Pressure (Psi)
230	230	Reservoir Temperature (F)
130	110	Well Head Pressure Pwh (Psi)
45	50	Separator Pressure (Psi)
1020	2650	Flow Line Length (M)
32.2	38.1	API
2788	2792	Shut In Pressure (Pws)
2556	1602	Flowing Pressure (Pwf)
520	592	Gas Oil Ratio (scf/stb)
4.6	2	Water Cut %
3200	3500	Test flow rate STB/Day

1. Calculations for the well (Z1)

First, the main data of the well, which is represented in the completion data, is entered to obtain the full shape of the well by taking advantage of the design data that has already been indicated.

- ***Calculation of the natural productivity of the well***

The best production point can be found by drawing the relationship between the internal flow and the outer flow of the well and as shown in Figure (1) the value of the operating flow rate is 2500 standard barrels per day and the pressure below the well under these conditions is 2200 psi

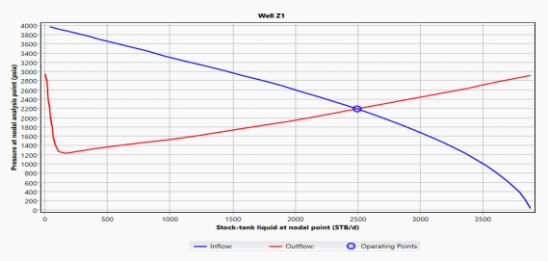


Figure (1) General Figure of Z1 Well Completion Data

- ***Calculation of the effect of the pressure of the well head on the flow.***

The production system is a system that is linked to each other and every pressure of this system is affected by the pressure that preceded it, and of course, the higher the value of the pressure difference between any two points, the rate of flow rate increases, but the best drop of DG must be chosen so that the process is more conservative in a stable state, and Figure (2) shows the effect of the change of well head pressure on the flow rate where noted that the best pressure for the well head to increase productivity while maintaining production is 100 psi

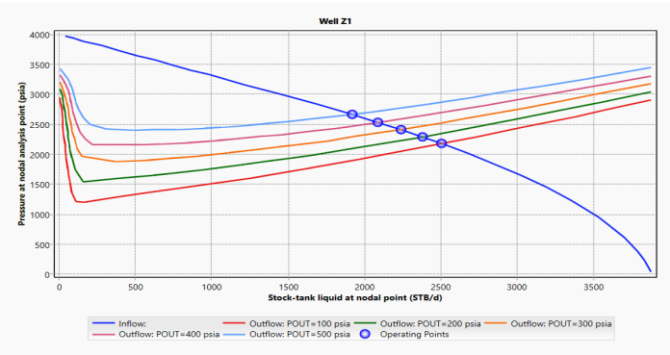


Figure (2) shows the effect of wellhead pressure on the production rate

- ***Calculation of the effect of the internal diameter of the production pipe on the productivity of the wel.l***

One of the basic things during the design process is to choose the best diameter of the production pipes to be in line with the design process, the higher the diameter values the lower the production value and vice versa and Figure (3) shows the results obtained to calculate the effect of the change of internal diameter where we note that the best diameter of the pipe is 3 inches.

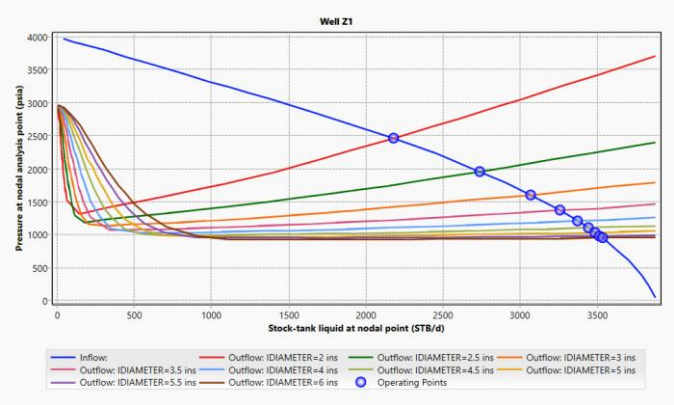


Figure (3) Shows the effect of internal diameter on the production rate

- **Calculation of the effect of the water ratio on total production**

The higher the value of water productivity with oil, the greater the percentage of water produced, and therefore the mixture of fluid produced will become heavier and with time production will not rise to the surface and by doing calculations of the proportion of water in production the main results are obtained as shown in Figure (4) We note that when the water productivity reaches 90%, the well will not be able to produce on its own and we will need industrial lifting methods to enable the well to produce.

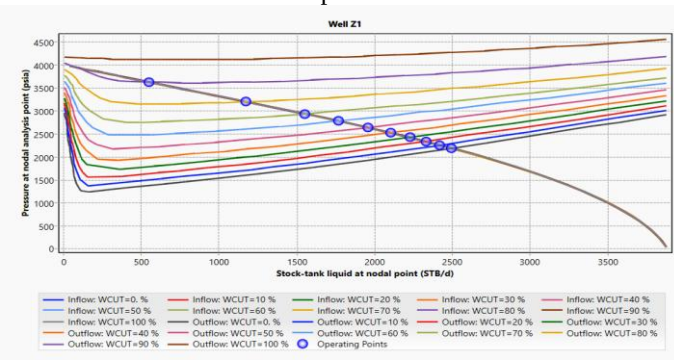


Figure (4) Shows the effect of internal diameter on the production rate

The previous results can be summarized in the following table:

Table (2) Summary of the readings obtained for well Z1

Value	Variables
3 inch	Internal diameter
2500 standard barrels per day	Flow rate
2000 psi	Pressure
100 psi	Pressure of the well head
90%	Maximum water productivity ratio before the completion of the natural production phase

2. calculations of well (Z2)

First, the main data of the well, which is represented in the completion data, is entered to obtain the full shape of the well by taking advantage of the design data that has already been indicated as shown in Figure (5).

- ***Calculation of the natural productivity of a well***

The best production point can be found by drawing the relationship between the internal flow and the outer flow of the well as shown in Figure (5) The value of the operating flow rate is 2400 standard barrels per day and the pressure below the well under these conditions is 3000 psi

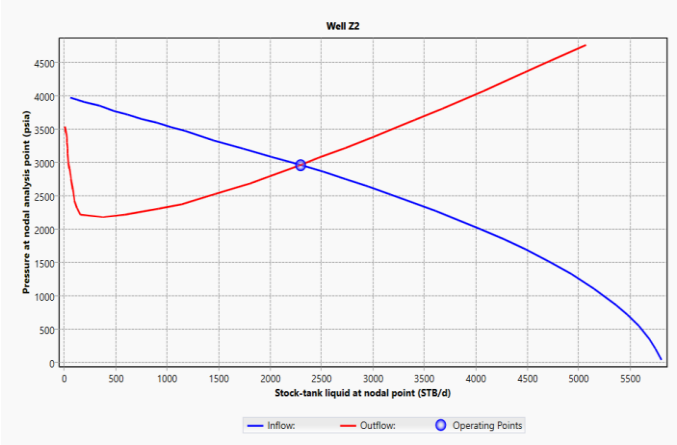


Figure (5) General Figure of Z1 Well Completion Data

- ***Calculation of the effect of the pressure of the well head on the flow***

As the previous trend for well Z1 an increasement of the well head pressure may cause a decrease of the flow rsate and vice versa. Figure (6) shows the effect of the change of well head pressure on the flow rate.

the best pressure for the well head to increase productivity while maintaining production is 100 psi.

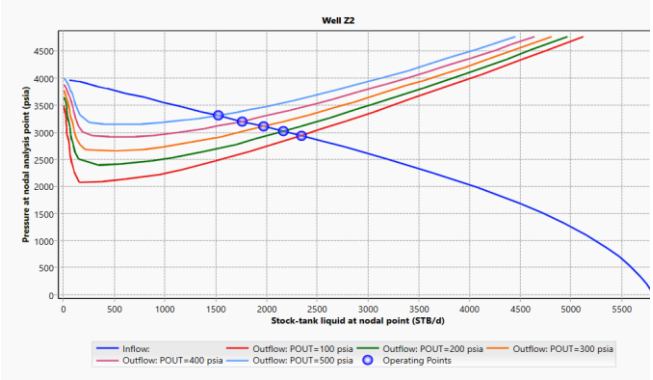


Figure (6) illustrates the effect of the pressure of the well head on the rate of production

- ***Calculation of the effect of the internal diameter of the production pipe on the productivity of the well***

One of the basic things during the design process is to choose the best diameter of the production pipes to be in line with the design process, the more diameter values the lower the production value and vice versa and Figure (7) shows the results obtained to calculate the effect of the change of internal diameter where we note that the best diameter of the pipe is 3 inches.

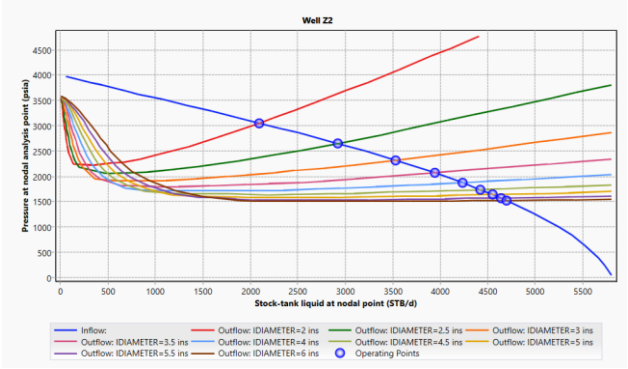


Figure (7) Shows the effect of internal diameter on the production rate

- ***Calculation of the effect of the water ratio on total production***

The higher the value of water productivity with oil, the higher the percentage of water produced, and therefore the mixture of fluids produced will become heavier and with time production will not rise to the surface and by doing calculations of the proportion of water in production the main results are obtained as shown in Figure (8) , when the water productivity reaches 80%, the well will not be able to produce on its own and we will need industrial lifting methods to enable the well to produce.

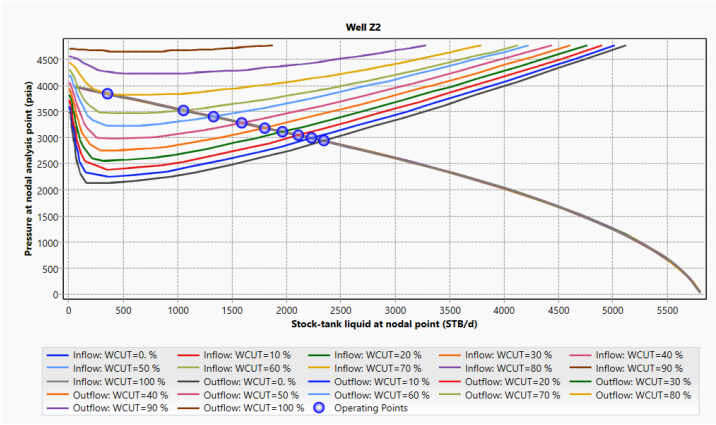


Figure (8) Demonstrates the effect of internal diameter on the production rate

The previous results can be summarized in the following table:

Table (3) Summary of the readings obtained for well Z2

Value	Variables
3 inch	Internal diameter
2400 standard barrels per day	Flow rate
psi3000	Pressure
100 psi	Pressure of the well head
80%	Maximum water productivity ratio before the completion of the natural production phase

VI. Conclusions

Through the study that was conducted on the natural production system we have come to the following conclusions:

1. Oil wellsanda medical gas bar are among the most important wells that are used to extract natural sources from the ground.

2. For the wells under study, the higher the value of the pressure difference between the pressure of the oil reservoir and the pressure below the well, the greater the value of the productivity index, which leads to an increase in the flow rate.

3. For the inner diameters of pipes, the smaller the diameter, the greater the flow rate value.

4. The lower the value of the wellhead pressure, the higher the value of productivity, but the value of the

5. As for the first well (Z1), after conducting the study on it and calculating the percentage of increase in the future water rate, it was found that the maximum value of the well's productivity is when the water saturation rate reaches about 90%, and if this percentage exceeds this limit, the production will not remain normal and will turn to industrial production

because the well is not able to flow normally, and for the second well (Z2), when the water production volume reaches 80%, it will stop normal production.

REFERENCES

[1] Y. Wang, S. F. Estefen, M. I. Lourenço, and C. Hong, "Optimal design and scheduling for offshore oil-field development," *Computers & Chemical Engineering*, vol. 123, pp. 300–316, 2019, doi: https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.01.005.

[2] S.-X. Liu, Y. Chen, G.-Q. Liu, Y.-G. Zhang, and J.-K. Huang, "Effect of intermediate cooling on precipitation behavior and austenite decomposition of V–Ti–N steel for non-quenched and tempered oil-well tubes," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 485, no. 1, pp. 492–499, 2008, doi: https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.08.052.

[3] M. R. Tek, "Multiphase Flow of Water, Oil and Natural Gas Through Vertical Flow Strings," Journal of Petroleum Technology, vol. 13, no. 10, pp. 1029–1036, Oct. 1961, doi: 10.2118/1657-G-PA.

[4] Salaudeen, D. Bopbekov, and A. Abdulkarim, "Optimization of petroleum production system using Nodal Analysis Program," Nig. J. Technol. Dev., vol. 19, no. 1, pp. 1–8, Jun. 2022, doi: 10.4314/njtd.v19i1.1.

[5] E. Camargo, J. Aguilar, A. Ríos, F. Rivas, and J. Aguilar-Martin, "Nodal Analysis- based Design for Improving Gas Lift Wells Production," vol. 5, no. 5, p. 10, 2008.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Enhancement of Safety and Reliability in Refineries by Effective Assets Integrity Management: A Case Study of AGOCO Refineries in Libya

Iftikhar Ahmad, Youssef El Kizza and Abdelsalam Sadawi
Arabian Gulf Oil Company (AGOCO), Libya
ahmadift1953@gmail.com

Abstract: Petroleum refineries perform multiple phase operations characterized by a high level of risk. Evidence based major accidents, around the world, that have occurred within the last three decades in the petroleum refineries indicate losses estimated in billions of US dollars. Many of these accidents are catastrophes. These accidents have resulted in production loss, asset damage, environmental damage, fatalities and injuries. A comprehensive approach is needed to ensure that refinery is operated in a safe, reliable, environmentally sound and economic manner. To fulfill the requirement, a refinery incorporates an effective assets integrity management. This paper presents assets integrity management of AGOCO refineries (Sarir and Tobruk refineries) in Libya

The effective and successful life cycle refinery integrity management is based on following aspects: (a) feasibility, (b) design, (c) procurement, (d) fabrication, (e) modification, (f) transportation and storage, (g) pre-commissioning and commissioning, (h) handover, (i) operation and maintenance, (j) suspension/abandonment. Since the AGOCO refineries are in operation, therefore, this paper is limited to the aspects of operation and maintenance. As each facility is unique, a comprehensive approach is needed to ensure that refinery is operated in a safe, environmentally sound and economic manner.

The following elements are developed for the operational phase to ensure that adequate management practices are in place to assess failures, and manage and respond to emergencies: (i) Failure assessment plan - The failure assessment plan consider failure causing and contributing factors and provides critical information to integrity management plan (IMP). (ii) Emergency response plan - The emergency response plan is designed to ensure the operator is prepared to deal with accidents and incidents in a timely manner to aid in the reduction of consequences. (iii) Remaining life assessment plan - The remaining life assessment provides input into the economic viability assessment of the refinery's vessels and equipment. The external environment on refinery's equipment materials (pipe, welds, coatings, etc.) and the characteristics of fluids present in the equipment are the causes of refinery degradation. Corrosion is the most prevalent threat to a refinery. It is a time-dependent phenomenon. The assets integrity management of refineries through corrosion mitigation, monitoring and inspection strategies is presented. The external corrosion on surface equipment, pipes and tanks is controlled by coatings while external corrosion on buried structures is controlled by combination of coatings and cathodic protection. The internal corrosion is controlled with a combination of chemical treatment, internal coatings and process control. The monitoring and inspection techniques provide a way to measure the effectiveness of corrosion control systems and provide an early warning when changing conditions may be causing corrosion and safety problems. The importance of risk based inspection and its implementation is also discussed in this paper.

This paper describes a case study of integrity management system of AGOCO refineries (Sarir refinery and Tobruk refinery) in Libya. The study is based on standard practices of corrosion mitigation and inspection. Applying the data of this study safety and reliability will be enhanced in these and similar refineries.

I. Introduction

A refinery deals large amounts of hazardous and flammable substances and so can pose a serious threat to people and the environment, especially in the case of improper design, construction, management, operation or maintenance. An accident at a refinery may result in uncontrolled spills, fires and explosions, potentially leading to the loss of human life or to a major environmental catastrophe. At the same time refineries are also large, complex sites with many processes, several of which operate at very high levels of pressure and temperature. The refinery has a large number of storage tanks for crude oil and process fluids. This combination of factors makes refinery sites very vulnerable to a structural integrity that can eventually causes a loss of contaminants of process fluids, sometimes leading to a serious accident

affecting workers, the environment, the surrounding economy and even on occasion the larger economy.

This paper presents a case study of assets integrity management of AGOCO (Arabian Gulf Oil Company) owned refineries in Libya namely Sarir refinery and Tobruk refinery. The basic information of these refineries is given below:

Table 1: Basic information of Sarir and Tobruk refineries

	Sarir Refinery	Tobruk Refinery
Refining capacity	10,000 bbl of crude per day	20,000 bbl of crude per day
Refining products produced	Naphtha, motor gasoline, jet fuel, diesel, heavy fuel oil (Atmospheric residue)	Liquefied petroleum gas (LPG), naphtha, jet fuel, diesel, heavy fuel oil (atmospheric residue)
Processing Units	Desalter unit – 1 Atmospheric distillation unit – 1 Naphtha hydrotreatment unit – 1 Reforming unit - 1	Desalter unit – 1 Atmospheric distillation unit – 1 LPG Sweetening unit - 2
Product storage facilities	Crude Oil Tank – 1 Naphtha, Jet Fuel Tanks, & Reformate Tanks – 3 Motor Gasoline Tanks- 4 Diesel Tanks – 3 Heavy Fuel Oil Tanks – 1 Slope Tank - 1	Crude Oil Tank – 1 Naphtha & Jet Fuel Tanks – 16 Diesel Tanks – 5 Heavy Fuel Oil Tanks – 2 LPG Bullets – 3 Slope Tank - 1
Utilities and others	Boilers – 2 Cooling Towers – 1 Separators – 2 Desalination Plant - 1	Boilers – 2 Cooling Towers – 1 Separators – 2 Desalination Plant - 1

AGOCO refineries are mature and reaching the point where structural integrity can be compromised due to the deteriorating condition of fundamental pieces of equipment. Tobruk and Sarir refineries were started in operation in1988 and 1991, respectively.

The importance of effective assets integrity management increases as the industry infrastructure continues to age. Assets integrity management refers to the management systems, strategies and activities aimed at maintaining plant assets in fit-for-service condition for the desired life of those assets. A successful assets integrity management program incorporates (i) design and planning, (ii) material selection, procurement and construction, (iii) corrosion mitigation, monitoring and inspection, (iv) maintenance, (v) operations, (vi) risk evaluation, and (vii) communication concepts. These concepts are interlinked. Since AGOCO refineries are already completes more than 20 years in operation so the first three concepts of assets integrity management mentioned above are not discussed in this paper. The importance of corrosion management increases as the industry infrastructure continues to age. Uncontrolled corrosion can cause release of hazardous substances and components or can reduce both the performance and reliability of equipment until their failure. Corrosion hazards can put at risk the safety and well-being of plant of both plant employees and the general public as well as lead to severe damage of process units, and in some cases shutdown of refinery operations.

Corrosion does not stand for a single phenomenon but is a generalized term to cover a destructive attack on a

metal as a result of either a chemical or electrochemical reaction between the metal and various elements present in the environment. Corrosion of a metal occurs either by the action of specific substances or by the conjoint action of specific substances and mechanical stresses. Depending upon environmental conditions, corrosion can occur in various forms such as general corrosion, pitting corrosion, embrittlement, and stress corrosion cracking. The particular type of corrosion occurring in a specific component can often be difficult to classify. For example, several forms of corrosion (such as galvanic corrosion, pitting corrosion, hydrogen embrittlement, stress sulfide corrosion cracking) are characterized by the type of mechanical force to which the metal component is exposed.

The successful and effective assets integrity management is relied on both corrosion engineering and corrosion management. The objective of a corrosion management plan is to define all necessary activities to assure the integrity of the refinery facilities by control of corrosion. This will ensure consistent availability and safe operation of the production facilities in a refinery throughout the specified design life. The objective should be achieved in the most cost effective manner, by designing for mitigation of corrosion, for inspection and monitoring and for maintenance in a timely manner. The corrosion management plan of refinery facilities can be designed by understanding corrosion environment in the refinery facilities (Table 2).

Table 2: Typical refinery elements contributing to elevated corrosion rates

Refinery Element	Examples
Corrosive substances in feedstock or added or produced in process	Hydrogen chloride, hydrofluoric acid, amines, sulfuric acid, polythionic acids and other sulfur compounds, oxygen compounds, nitrogen compounds, trace metals, salts, carbon dioxide, and naphthenic acids.
Refinery processes incorporating extremes of temperature or velocity	Distillation, desulfurization, hydrotreatment, catalytic reformers, fluid catalytic cracker, hydrocracker, alkylation. In case of AGOCO refineries fluid catalytic cracker, hydrocracker and alkylation processes do not exist.
Local conditions	Age of equipment, volume and rate of production, atmospheric conditions (e.g., climate), planned and unplanned shutdowns.
Risk management measures	Frequency of inspection, risk assessment and ranking practices, equipment inventory management, maintenance and repair procedures, auditing and implementation of feedback, use of safety performance indicators.

II. History of Accidents in Refineries of European Union (EU) and OECD Countries

A number of EU (European Union) and OECD (The Organization for Economic Cooperation and Development) national government authorities have invested effort over the last several years, conducting substantial scientific research, field studies and accidental analyses, in order to assess the extent and severity of the aging phenomena in refineries and how to control its associated risks such as corrosion. A study presenting the history of accidents in EU and OECD countries has been found in the literature **[1].** This study of corrosion-related accidents in refineries is based on 99 incident reports, among them 59 are pre-2000 and 40 are 2000 and post-2000. The important refinery accidents in which corrosion of an equipment part was identified or suspected as being the key failure leading to the accident event have been presented in this study. The report focused on corrosion risks in refineries in EU and OECD countries, looking at lessons learned from past corrosion-related accidents at these sites. The analysis was conducted as part of the long-standing collaboration on lessons learned between the European Union and OECD countries in the OECD Working Group on Chemical Accidents.

The report on investigation reveals that most events were initiated by a leak, rupture or structural collapse as shown in Table 3. A leak consists of a release from a small opening that over time facilitate the formation of a pool of dangerous substances that may eventually catch fire or explode. A rupture generally results from a leak that releases a flammable substance internally which overtime increases pressure and explodes inside a pipe or tank, causing a rupture. Structural collapse is defined as an accident in which, according to the report, corrosion was first manifested in the destruction or collapse of the unit (e.g., collapse of the distillation tower) rather than in a localized leak or rupture. In the accidents studied and reported in this study **[1],** leaks were less likely to lead to explosions (vapor clouds) than ruptures and ruptures were less likely to lead to toxic releases. However, both scenarios seemed to be equally capable of resulting in a fire.

Table 3: Distribution of accidents for each type of failure

Effect	Toxic Release	Fire	Explosion	Undeclared
Leak	28	24	10	0
Rupture	9	18	19	2
Structural Collapse	0	1	0	0
Undeclared	2	2	0	0

Note: There may be more than one type of effect per accident **[2].**

III. Standard Practice in Asset Integrity Management

Plant integrity, safety and reliability are major concerns to all refinery operators and managers. As the plant is ageing the importance of assets integrity management is increasing. Increasing international consensus on good practices for managing physical assets led to the publication **[3]** PAS 55:2008, a specification based on the familiar BS ISO format used in such widely adopted standards as ISO 14001 for environmental management and OHSAS 18001 for safety management. Some other important safety regulations are shown below:

- Pressure Systems Safety Regulations (PSSR) 2000 (SI 2000 No. 128)
- Management of Health and Safety at Work Regulations (MHSWR) 1999
- The Provision of Use at Work Equipment Regulations (PUWER) 1998

- The Control of Major Accident Hazards Regulations (COMAH) 1999

A number of global energy and transport organizations have already been certified as complying with the standard and interest in the industrial community is growing rapidly. PAS 55 primarily focuses on managing physical assets, though the other broad categories of 'assets' such as human assets, information assets, financial assets and intangible assets (reputation, etc.) are considered where they have a direct impact on the effective management of physical assets.

PAS 55 defines 28 explicit requirements, arranged under 6 main groups within the quality management Plan-Do-Check-Act (PDCA) framework, which is given below in Figure 1.

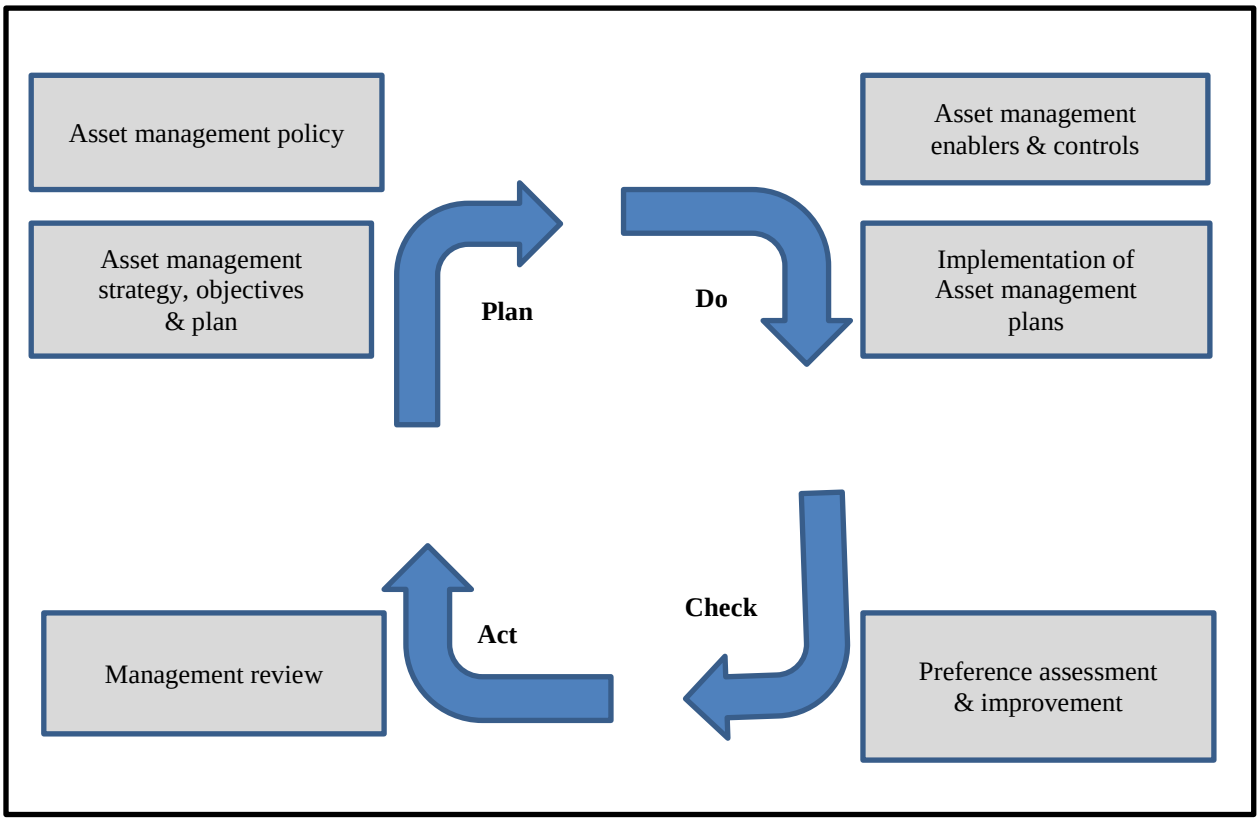


Fig. 1: Quality management plan

The successful and effective asset integrity management is relied on both corrosion engineering and corrosion management. The objective of a corrosion management plan is to define all necessary activities to assure the integrity of the production facilities by control of corrosion. This will ensure consistent availability and safe operation of the refineries throughout the specified design life. The objective should be achieved in the most cost effective manner, by designing for mitigation of corrosion, for inspection and monitoring and for maintenance in a timely manner. The corrosion management plan of refineries can be designed by understanding corrosion environment in the refinery facilities as shown in Table 4. In this table the processes existing in AGGOCO refineries have been considered.

Table 4: Typical refinery processes in AGOCO refineries

Distillation (Fractionation)	Distillation (fractionation) of the crude feedstock is the start of the refining process. Since it received untreated crude oil, it is exposed to all potential corrosive agents and their precursors in the feedstock. Like many refinery processes, distillation is heat intensive. Temperatures at the bottom are generally around 350 ^{o}C to 400 ^{o}C and gradually decrease as vapor rises in the column. As the vapor rises and cools, it separates into layers of product with the heaviest at the bottom (fuel oils, residue) to middle products (middle distillates, jet fuel, kerosene) and lighter products (naphthas) and light hydrocarbons. Residue at the bottom of the column are further distilled via vacuum distillation at a reduced pressure and high temperature. According to US OSHA Technical Manual, vulnerable areas within the distillation process include the preheat exchanger (HCl and H_2S), the preheat furnace and bottom exchanger (H_2S and sulfur compounds), the atmospheric tower (H_2S, sulfur compounds, and organic acids), and the overhead (H_2S, HCl, and water vapor) **[4].** The top section of the atmospheric distillation tower is highly vulnerable to corrosion. The most common substances released as a result of a corrosion failure in the distillation tower failure tend to be hydrocarbons, including crude oil and various distilled products.
Hydrotreating	Hydrotreating is a catalytic reaction occurring in the presence of hydrogen at elevated temperature and pressure. It removes objectionable materials from petroleum fractions by selectively reacting these materials with hydrogen in a reactor at relatively high temperatures at moderate pressures. These objectionable materials include, but are not solely limited to, sulfur, nitrogen, olefins, and aromatics **[5].** There are a number of hydrotreating processes used in refineries, one of the most common being desulfurization and denitrogenation. Hydrotreatment units can experience a number of corrosion phenomena.
Catalytic Reforming	The catalytic reformer plant aims to upgrade low octane naphtha to a high octane product that meets “anti-knocking” for blending into motor gasoline pool. As with cracking, catalytic processes have overtaken thermal processes as the process of choice in the industry as the more-effective option. Catalytic reforming unit consists of a series of several reactors (e.g. cracking, polymerization, dehydrogenation). The catalytic reformer may operate at low or high pressures and can be continuous or non-continuous (up to 1000 psig). The reformer is also a major gasoline-producing unit **[6].**
Storage Facilities	Most refineries storage tanks fall into following categories: atmospheric storage, pressure storage, and heated storage. All the storage tank accidents originated in atmospheric storage tanks. All storage tanks are open to the atmosphere, or are maintained at atmospheric pressure by a controlled vapor blanket **[7].** In Groysman’s study, 22% of the corrosion failures cited originated in storage facilities **[8].** Potential consequences of atmospheric storage tank failures can be particularly high due to their large capacity. Storage tanks have generally been involved in some of the most severe accidents in EU and OECD countries, most often because they have led to sizable fires sometimes requiring a number of days to extinguish. However,

	the majority of storage tank accidents studied involved predominantly environmental impacts, due to leaks or ruptures at the base of the tank.
Pipeline Transfer	The sheer volume of pipeline network in a refinery makes it inevitable that failure in pipeline transfer due to corrosion is high. Process and utility piping distribute product, process inputs, steam, water, and other process fluids throughout the facility. The size and the construction of pipe depend upon the type of service, pressure, temperature, and nature of the products. Vent, drain, and some connections are provided on piping, as well as provisions for blanking **[4].** For pipeline networks, process conditions are not necessarily the dominant contributor to corrosive conditions. In particular, expose to wet climate, weather, acid rain, and soil may be greater contributors in some cases than internal process conditions. Severe accidents involving pipeline transfer are often associated with loading and unloading involving the transfer of large volumes across the pipeline in a short period of time.

IV. Mitigation of Corrosion on Equipment and Pipeline

(a) External Corrosion

High performance coatings are used to combat external corrosion on surfacial equipment and piping system. While coatings and cathodic protection (CP) are used to combat external corrosion **[9,10]** of buried structures, pipelines and bottom of the tanks. CP is achieved in practice by one of two primary types of CP systems, including sacrificial anode (galvanic anode) CP and impressed-current CP. Sacrificial anode CP utilizes an anode material that is electronegative to the structure to be protected. When connected to the structure, the structure becomes the cathode in the circuit and corrosion is mitigated. Typical sacrificial anode materials for underground structures are zinc and magnesium.

Impressed-current CP utilizes an outside power supply (rectifier) to control the voltage between the structure and the anode (cast iron, graphite, platinum clad, mixed metal oxide, etc.) in such a manner that the structure becomes the cathode in the circuit and corrosion is mitigated.

(b) Internal Corrosion

Internal corrosion is also an electrochemical process; however, CP is not a viable option for mitigation internal corrosion in a pipeline or an equipment. Chemical inhibitor programs are commonly used to mitigate internal corrosion. Corrosion inhibitors and biocides are used. In pipelines which flow fluid having scale forming tendency, scale inhibitors are used to prevent scaling.

(c) Corrosion Under Insulation (CUI)

Corrosion under insulation (CUI) has become one of the serious problem in petroleum refineries, and other plants the world over. Corrosion under insulation is difficult to find because of the insulation cover that masks the problem until it is too late. Moisture combined with oxygen is the largest contributing factor to corrosion. Due to the insulation's ability to trap moisture and hold it against the surface, corrosion-promoting atmospheres rapidly degrade most carbon steel substrates. Insulation is a necessary component of the system and is designed to save energy, control process temperatures, and protect workers from high temperatures. That insulation might be thermal or acoustic. The mechanism of corrosion under insulation involves three requirements: (a) availability of oxygen, (b) high temperature, (c) concentration of dissolved species. According to API Standard 570 **[11]** there are also specific susceptible temperature ranges under which CUI may occur. For carbon steel piping systems, the range is between 25 ^{o}F and 250°F, particularly where operating temperatures cause frequent or continuous condensation and re-evaporation of atmospheric moisture. Carbon steel piping systems that normally operate in-service above 250°F but that are in intermittent service are also at risk.

It is especially prevalent in the refineries, where steel pipe work is used extensively, and because facilities tend to be located in areas that are fertile for CUI. These include marine and offshore, hot/humid and high rainfall environments. In addition, variable processing conditions create heating and cooling process within the pipe work that encourages a build-up of water within the insulation system.

CUI is insidious. It is hard to see without first removing the insulation and facilities can have long

pipe work that need to be manually inspected. It is also a serious problem that can shut plants down often at the cost of millions of dollars per day. In extreme cases, corrosion has been known to trigger catastrophic safety incidents.

NACE International completed a study **[12]** entitled, "The International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies (IMPACT)" and examined the current role of corrosion management in industry and government. The global cost of corrosion is estimated to be US$2.5 trillion per year, which is equivalent to 3.4% of the global Gross Domestic Product (GDP). Of this corrosion cost about $1 trillion annually happens in the oil, gas and petrochemical industries **[13].** Despite the numbers, CUI is widely acknowledged to be one of the most important issues facing plant operators.

V. Prevention of Corrosion Under Insulation (CUI)

The major factor in preventing CUI is to keep liquid from intruding into the insulation. Water decreases the effectiveness of the insulation and leads to corrosion of pipe or equipment. Poor conditions caused by wet insulation can be aggravated by weathering, vibration or abuse from people. There are five factors in preventing CUI: (a) insulation selection; (b) equipment design; (c) protective paints and coatings; (d) weather barriers; and (e) maintenance practices. If an area is subject to spills or high humidity, special consideration must be given to selecting the insulation. Some insulations leave the system less sensitive to defects in weather proofing or paint films because the insulations are nonabsorbent and chemically nonreactive.

Insulations such as calcium silicate, glass fiber and, to some extent, cellular plastic foams absorb and retain liquids and vapors. Additional flashing is required where spills, leaks or drippings may occur, or where washing and hosing are carried out. The only fully nonabsorbent insulation is cellular glass. Cellular glass should be used where corrosive or flammable liquids are present. The proper design of insulation for pressure vessels, tanks and piping includes consideration of the support and connection of the material. Details can be found in a handbook from Midwest Insulation Contractor's Association **[14].** The coating system must protect for long periods against water or corrosives. Highly permeable coatings allow corrosion to start behind the coating even in the absence of breaks or pinholes.

In selecting coatings, consider temperature and abrasion resistance, and a service rating for water (or corrosive-chemical) immersion. It is difficult to visually inspect coatings under insulation to find points that need touching up. Unless corrosion or insulation failure causes reinsulating an entire insulation setup, recoating is done every 10-15 years.

The weather/vapor jacket of the insulation provides the primary barrier to water. This covering is the only part of the system that can be inspected quickly and repaired economically. It must not only keep liquids out but also allow for evaporation of any liquid that manages to get into the insulation system. For weatherproofing, a rating of two perms, measured according to ASTM Standard E 398 **[15],** is acceptable. Also, it should be durable, offer flame-spread resistance, and be economical. The material must be maintained periodically (usually, two to five years) to remain effective.

Further, routine maintenance is needed to catch defects due to deterioration or abuse. If the system is opened in any way for maintenance or inspection, it should be closed promptly after work is completed. Extensive use of a non-breathing metallic jacket is believed to contribute greatly to corrosion of warm equipment. Without a permeable jacket, water is trapped. Water in the insulation reaches a point where it is vaporized. Vapor travels to the jacket and condenses; the cycle repeats itself.

VI. Corrosion Monitoring and Inspection

The monitoring and inspection techniques provide **[16]** a way to measure the effectiveness of the corrosion control systems and provide an early warning when changing conditions may be causing a corrosion problem. The rate of corrosion dictates how long a pipeline or a vessel can be safely operated.

Corrosion monitoring techniques can help in several ways:

- by providing an early warning that damaging process conditions exist which may result in a corrosion-induced failure.

- by studying the correlation of changes in process parameters and their effect on system corrosivity.
- by diagnosing a particular corrosion problem, identifying its cause and the rate controlling parameters, such as pressure, temperature, pH, flow rate, etc.
- by evaluating the effectiveness of a corrosion control/prevention technique such as chemical inhibition and the determination of optimal applications.
- by providing management information relating to the maintenance requirements and ongoing condition of a pipeline.

VII. Corrosion Monitoring Techniques

Sampling methods are considered intrusive methods because access to the interior environment is required to obtain a sample. Table 5 lists and describes the characteristics of monitoring techniques commonly used.

Corrosion monitoring devices only provide information about the specific location where they are installed. Therefore, carefully selecting representative locations to monitor internal corrosion is essential in order to collect data that is meaningful. Proper selection requires knowledge of the internal environment and the system design. The categorization of corrosion rates is defined in NACE Standard SP 0775 **[17].**

Table 5: Types of Monitoring Techniques

	Direct	**Indirect**
Intrusive	• Corrosion coupons • Spool pieces • Electric Resistance (ER) probes • Linear Polarization Resistance (LPR) probes • Electrochemical Noise (ECN)	• Hydrogen probes • Water chemistry • Solid analysis • Gas analysis
Non-Intrusive	• Ultrasonic testing (UT) • Electrical Field Mapping (EFM)	• Hydrogen patch probes • Acoustic monitoring

VIII. Inspection of Corrosion under Insulation (CUI)

There are following methods **[18]** used for inspection of corrosion under insulation:

- Profile Radiography
- Ultrasonic Thickness Measurement
- Insulation Removal
- Infrared
- Neutron Backscatter
- Real-Time Radiography

References

1. M.H. Wood, A. L. Vetere Arellano, and L. Van Wijk (2013). Corrosion-related accidents in petroleum refineries, Lessons learned from accidents in EU and OECD countries, JRC Scientific and Policy Reports, European Commission, Joint Research Center, Institute of the Protection and Security of the Citizen, Italy, 2013.
2. J.Coco, Editor (2003). The 100 Largest Losses (1972 – 2001): Large Property Damage Losses in the

Hydrocarbon-Chemical Industries. 20th Edition: Marsh Property Risk Consulting 20th Edition. A Publication of Marsh's Risk Consulting Practice.
3. Asset Management, PAS 55:2008, BSI, September 2008.
4. U.S. Occupational Safety and Health Authority. Petroleum refining processes. OSHA Technical Manual. http://www.osha.gov/dts/otm/otm_iv/otm_iv_2.html
5. D.S.J. Jones (2006). An introduction to crude oil and its processing. Chapter 1. Handbook of Petroleum processing. D.S.J. Jones and P.R. Pujado, eds. Springer: Dordrech, The Netherlands, 2006.
6. E. W. Klechka (2002). Pipeline Integrity Management and Corrosion Control**,** Materials Performance, pp. 24 – 27.
7. U.S. Department of Energy (2007). Refinery Outages: Description and Potential Impact on Petroleum Product Prices. Energy Information Administration. Office of Oil and Gas. Washington (DC), USA. ftp://ftp.eia.doe.gov/service/SROOG200701.pdf
8. A. Groysman.2006. Anti-corrosion management, environment and quality at the oil refining industry. http://www.engineers.org.il?_Uploads/1598AntiEnvironIndiaPaper06.pdf.
9. D.S.J. Jones (2006). Support systems common to most refineries. Chapter 13: Handbook of Petroleum processing. D.S.J. Jones and P.R. Pujado, eds. Springer: Dordrech, The Netherlands, 2006.
10. R. Norsworthy (2009). Coatings used in Conjunction with Cathodic Protection – Shielding Vs Non-shielding Pipeline Coatings, published by NACE International, Paper No. 4017.
11. API Standard 570 (2016). Piping Inspection Code - Inspection, Repair, Alteration and Rerating in In-Service Piping Systems, 4th ed., 2016.
12. NACE International Impact Study (2016). "International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study", published by NACE International, Houston, March 2016.
13. George F. Hays, PE, Director General, World Corrosion Organization, 2016.
14. Midwest Insulation Contractors Association. "Commercial and Industrial Insulation Standards." Omaha, NE. (1983): Plate No.1-50.
15. ASTM Standard E398, "Standard Test Method for Water Vapor Transmission Rate of Sheet Material Using Dynamic Relative Humidity Measurement". Published in 2013.
16. J.S. Smart and T. Pickthall, (2004). *Internal Corrosion Measurement Enhances Pipeline Integrity*, Pipeline & Gas Journal, October 2004. (www. Pipelineandgasjournal.com).
17. NACE Standard SP0775, Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations, Published by NACE in 2013.
18. G. Kobrin, and B. Moniz, Inspection. maintenance and prevention of corrosion of piping and equipment under thermal insulation. First International Symposium on Process Industry Piping, Orlando, Florida, Sponsored by NACE International and MTI. December 14-17, 1993.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

NON-NEWTONIAN MELT FLOW OF THERMOPLASTIC MATRIALS IN EXTRUDER

Shada Alem[1], Mohamed M. Alghiryani[2], Melod Unis[3]. Amal Salem[4]
1,4- University of Tripoli, Dept. of Chem. Eng. Tripoli, Libya.
2,3- Higher Institute of Sciences and Technology, Gharyan. Libya

mmalghiryani@gmail.com

Abstract: Thermoplastics are plastics that melt and flow as a thick fluid when heated above a certain temperature. In this state, the material is often referred to as a plastics melt. It is also in this state that the material is usually formed or shaped into a product. In plastics, the viscosity changes when the shear rate change, a fluid that behaves that way is called a non-Newtonian or non-linear fluid. Non-Newtonian fluids are of great scientific interest due to their range of physical properties, which arise from the characteristic shear stress-shear rate relation for each fluid. The applications of non-Newtonian fluids are widespread and occur in many industries. In order to understand how a plastic behaves during processing it is necessary to know how thermoplastics melt flows. So this research work is devoted to the development of mathematical models for the simulation of the flow of polymer melts through the metering and die regions of single screw extruders. The set of the governing equations in flow are solved, to determine the large deviation of Newtonian behavior then study the Newtonian and non-Newtonian behavior in this research. These models are used not only to study the effects of various process conditions and geometry variations on the performance of the process but also to predict the operating point of the extruder machine. The power- law model was used to describe the non-Newtonian behavior of the fluid, this model has proven useful for calculating the velocity and shear rate distribution for tube flow of shear thinning fluids, and Carreau correlations are used to predict the low strain rate in the region of Newtonian and non-Newtonian fluid flow. Tube flow of shear thinning fluids, and Carreau correlation are used to predict the low strain rate in the region of Newtonian and non-Newtonian fluid flow displaying the inter dependence of stress, strain and time by means of creep curves, in this research mathematical models representing the creep curves are achieved. When the screw speed increased by 100% the output doubled and also approximately the operating pressure to be doubled, according to the Newtonian fluid method however, this does not apply to polymers that have non- Newtonian behavior with increasing shear rates, the operating pressure is found to increase about 21% according to the power-law fluid method.

I. Introduction

Many mathematical of varying complexity and forms have been proposed in the literature to model shear-thinning characteristics, some of these are straight forward attempts at curve fitting, giving empirical relationships for the shear stress (or apparent viscosity) shear rate curves for example, while others have some theoretical basis in statistical mechanics- as an extension of the application of the kinetic theory to the liquid state or the theory of rate processes[1,2] Figure1 and Figure2 represents a conventional extruder linked to die and the metering zone where pumping occurs.

Objectives:

- The primary objective of this work is to study NON-Newtonian behavior in single screw extruder suitable for extrusion of the thermoplastic materials.
- Use the Mathematical modeling for the simulation of the polymer melts flow through the metering and die regions of single screw extruders.
- Used the engineering relationships that enable the plant to calculate the necessary calculations of the flow of thermoplastic materials.
- Predict the operating point of the extruder machine.
- Determining the performance of single screw extruder with increasing screw speed.

- Determining the extent of the deviation between Newtonian and NON-Newtonian behavior.

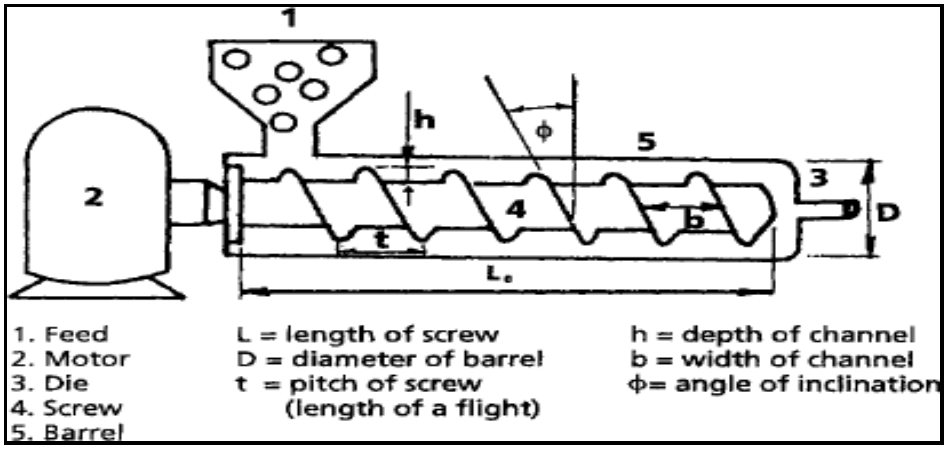


Figure1: single extruder with a die.

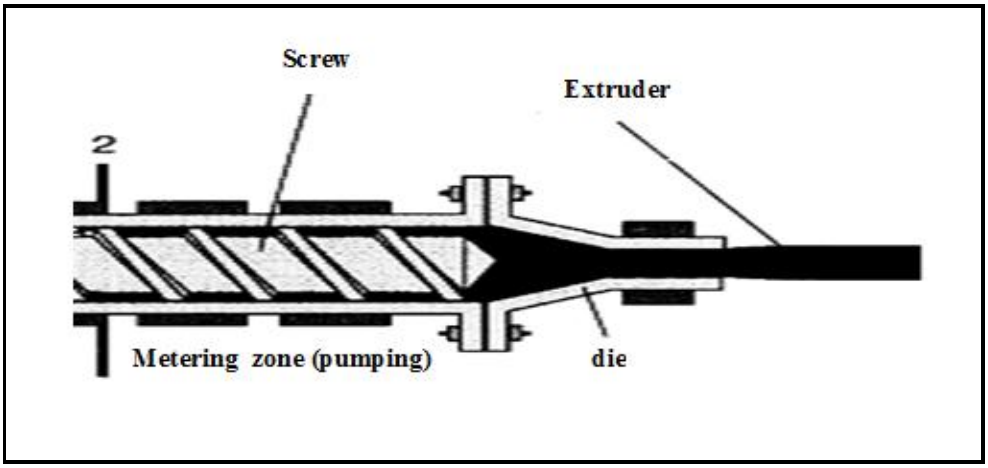


Figure 2: Single extruder metering zone.

II. Melt Flow Properties Extruder Screw Metering zone (pumping)

To understand the extrusion process, it is not enough just to know the hardware aspects of the machine. To fully understand the entire process, one also has to know and appreciate the properties of the material being extruded. The characteristics of the polymer determine, to a large extent, the proper design of the machine and the behavior of the process. There are two main classes of properties important in the extrusion process: the rheological properties and the thermal properties. The rheological properties describe how the material deforms when a certain stress is applied [3,4]. Figure3 represents the creep curve of pp where the experimental data is used in this study.

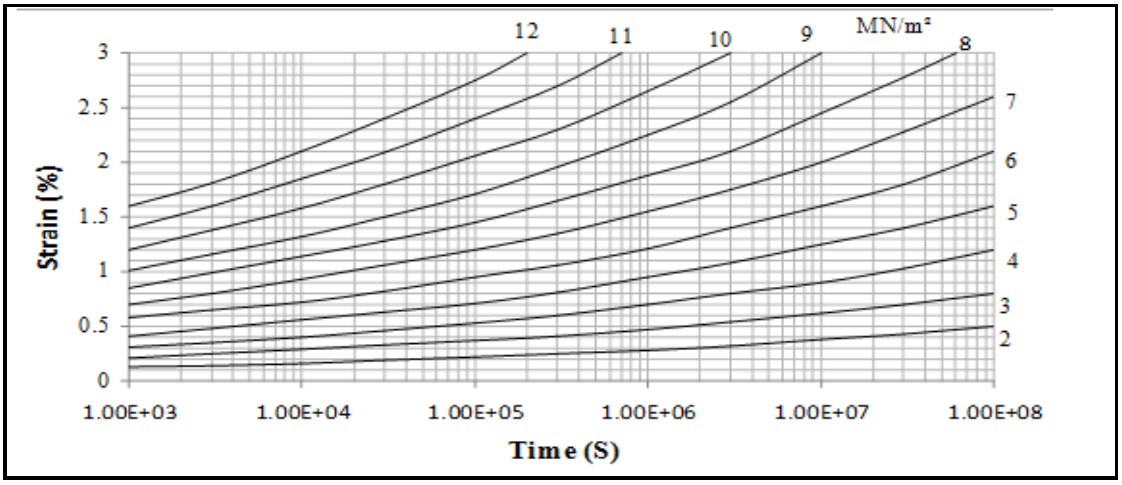


Figure 3: Creep curve of Polypropylene.

Where: Strain = 1 %, At 1 Year, Stress = 4 MPa.

III. Extruder and die characteristics

The cooperation of the screw and the die can be presented in way in a diagram Showing the relationship between the output of the screw and the pressure it must produce to overcome the resistance of flow in the die (characteristics of a screw) and the relationship between die output and pressure produced by the screw (characteristics of die).Figure 4 represents the operating point for isothermal extension process for Newtonian melt flour.

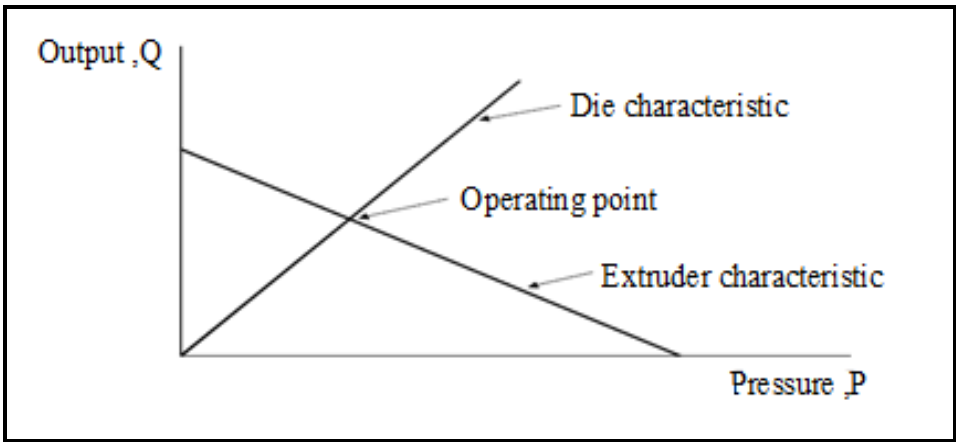


Figure 4: Operating diagram for isothermal extrusion of a Newtonian melt.

IV. Calculation and Results

Power Law Fluids Oswald - de Waele model is used in the calculation to represent the non-Newtonian case[5,6].

$$\tau = k\left(-\frac{du}{dr}\right)^{n} = [k\left(\frac{du}{dr}\right)^{n-1}](-\frac{du}{dr})$$

Where: k = Flow Consistency Index.
n = Flow Behavior Index. The Carreau Equation Model:

$$\frac{\eta_a}{\eta_o} = a_T(1 + a_T(A_T.\gamma^0)^2)^{\frac{n-1}{2}}$$

Typically, the shift factor, may be obtained from:

$$\log a_T = \frac{C_1(T_1 - T_g)}{C_2 + (T_1 + T_g)} - \frac{C_1(T_2 - T_g)}{C_2 + (T_2 - T_g)}$$

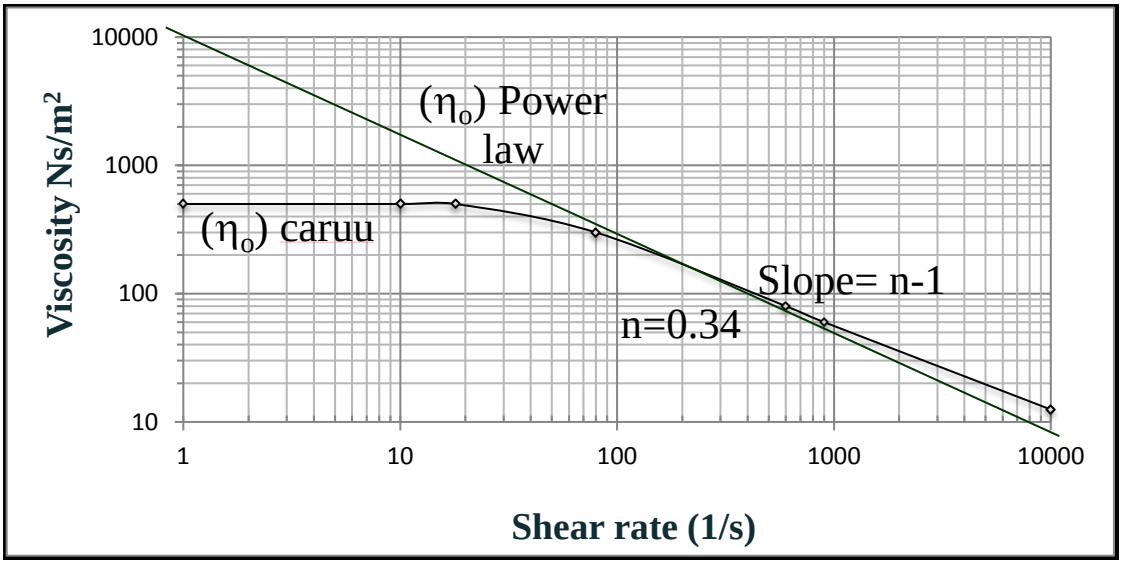


Figure 5: Shear rate vs Viscosity.

The shear rate Viscosity are established using power law and Caruu correlations and shear in Figure5.

Table 1: Power-law model parameters for pp.

Power law index	0.34
Power law constant (pa-s^2)	7000
Reference Temperature (C^0)	250

Table 2: Carreau-Yasuda parameters for PP.

Zero-shear viscosity (pa-s)	500
Temperature T (C^0)	250
Glass Transition Temperature (C^0)	190
The shift Factor at T	0.2055
The pseudo-plastic(a shear-thinning) index n	0.34
Material Constant	0.05
C1 & C2	17.4 & 51.6

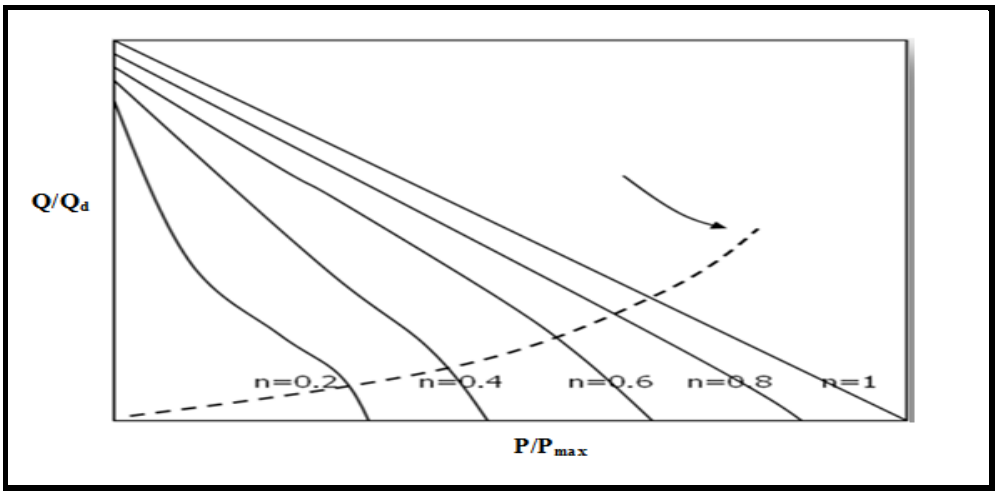


Figure 6: Normalized characteristic screw and die curves in

Non-Newtonian fluids.

Table 3: Extruder / die characteristic at different screw speed.

Parameter	Value
Extruder Cannel Depth (H)	2 mm
Screw Diameter (D)	25 mm
Screw Speed (N)	100 rev/min
	150 rev/min
	200 rev/min
Screw Length (L)	500 mm
Die Length (L)	40 mm
Die Diameter (D)	5 mm
R	2.5 mm
Flight angle	17.7

Table 4: Drag flow, Pressure flow Total flow rate.

Speed (rev/min)	Q_d (m^3/s)	Q_p (m^3/s)	Q (m^3/s)
100	2.97E-06	7.739E-06	2.83E-06
150	4.46E-06	7.739E-06	4.38E-06
200	5.95E-06	7.739E-06	5.87E-06

Newtonian and Non Newtonian models available in literature are used to calculate dependency of operating point of the extruder in several parameters including the hard ware of the extruder and die are illustrated in table1 to table 4. Rheological and thermal properties effect on the operating point of the extruder is illustrated in Figure 6 to Figure 8. Comparison of the fitted results are shown in Figure 9 for both Newtonian and Non Newtonian models[7,8]. The results indicate that the operating pressure is found to increase about 21% according to the power law non Newtonian fluid. The screw speed of the extruder has a significant effect for both Newtonian and non-Newtonian models.

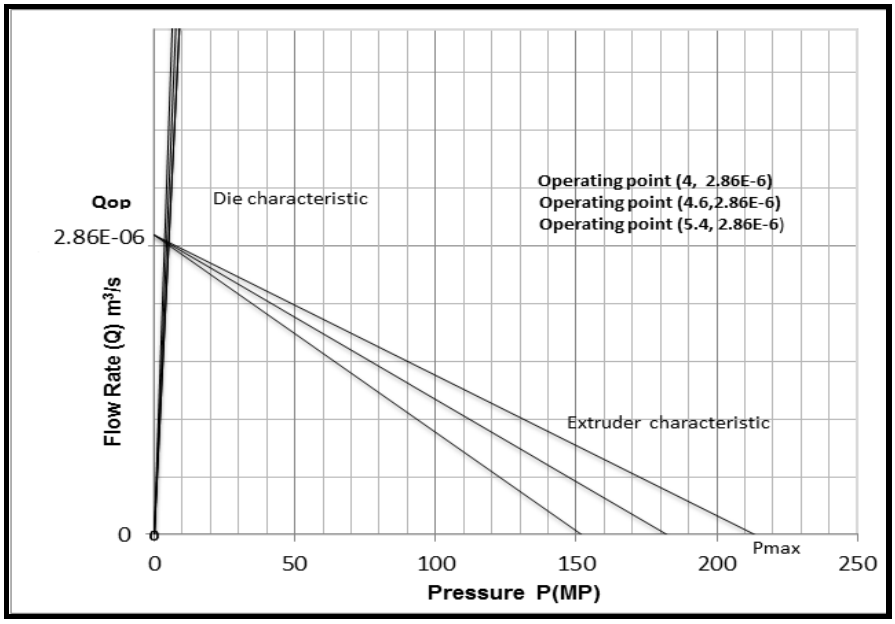


Figure 7: dependency of flow rate to pressure in extruder.

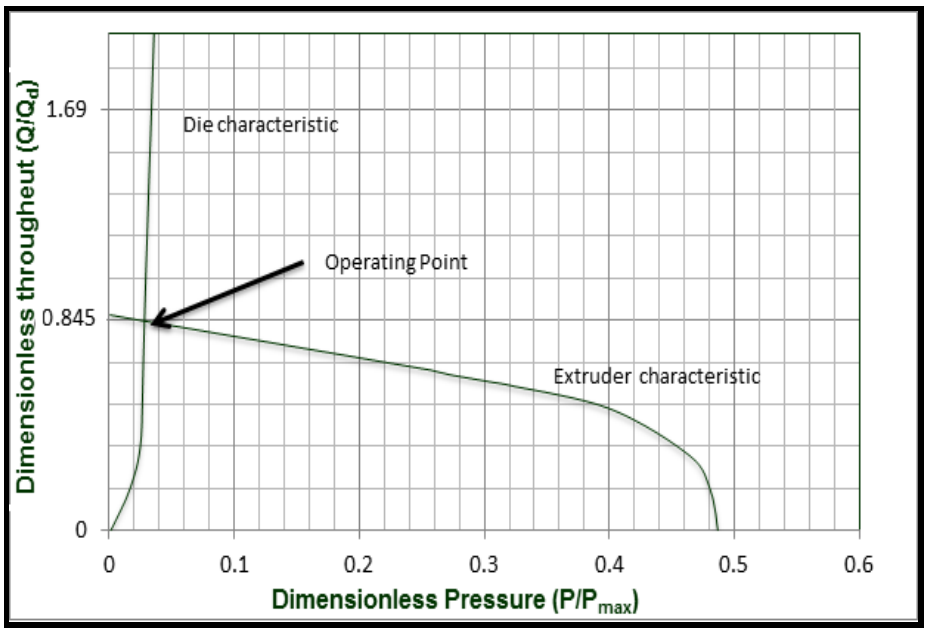
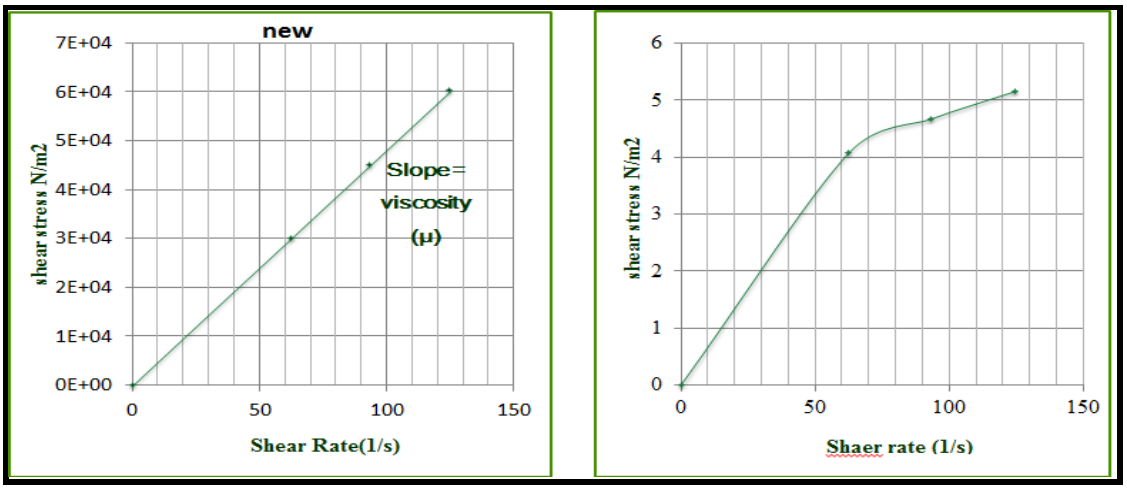
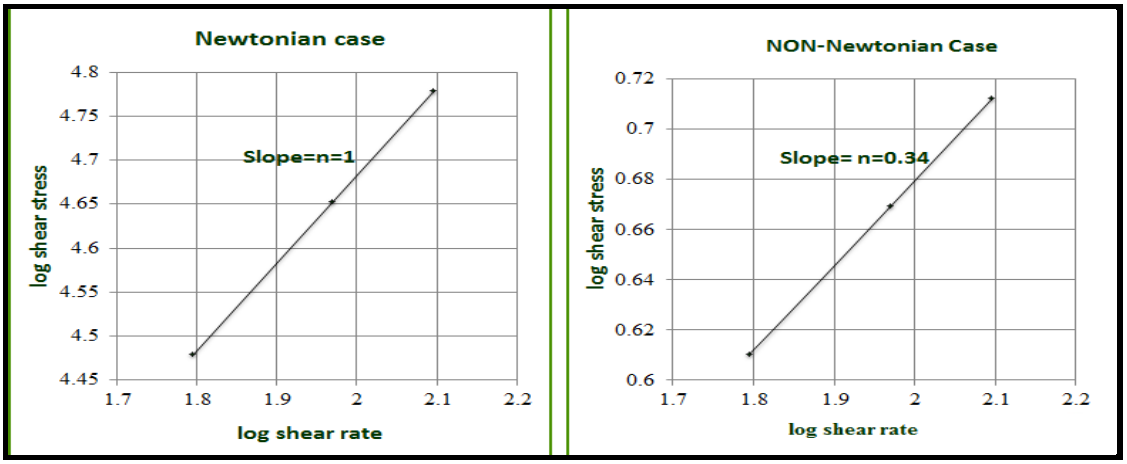


Figure 8: determination of the operating point of the extruder.





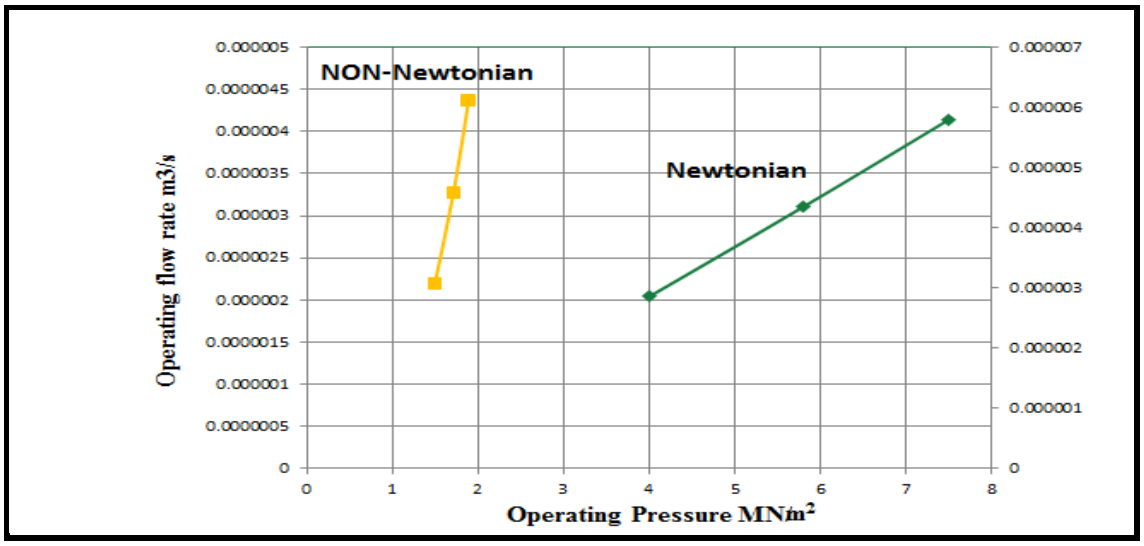


Figure 9: Comparison between Newtonian non Newtonian flow behaviors.

V. Conclusion

The polymer melt flow properties determine to a large extent the characteristics of the extrusion process.

Any given extrusion die can produce a specific shape with only a relatively narrow range of polymers. That's because polymers are non-Newtonian in behavior; they have different viscosity-thinning characteristics at increasing shear rates.

The assumption of a constant viscosity, at shear rates corresponding to those found in an extruder, is not valid even for polymers with relatively little shear rate dependence. The power law index of a polymer melt, to a large extent, will determine its extrusion behavior.

References:

1. Kutz, M. (Ed.).(2011). Applied plastics engineering handbook: processing and materials. William Andrew.

2. Giles Jr, H. F., Mount III, E. M., & Wagner Jr, J. R. (2014). Extrusion: the definitive processing guide and handbook. William Andrew.

3. Van Wazer, J. R. (1963). Viscosity and flow measurement: a laboratory handbook of rheology. Inter science publishers.

4. Michaeli, W. (2003). Extrusion dies for plastics and rubber: design and engineering computations. Hanser Verlag.

5. Orisaleye, J. I., & Ojolo, S. J. (2017). Parametric analysis and design of straight screw extruder for solids compaction. Journal of King Saud University-Engineering Sciences.

6. Griffith, R. M. (1962). Fully developed flow in screw extruders. Ind. Eng.Chem. Fundam.

7. Poduška, J., Kučera, J., Hutař, P., Ševčík, M., Křivánek, J., Sadílek, J., &Náhlík, L. (2014). Residual stress distribution in extruded polypropylene pipes. Polymer Testing, 40, 88-98.

8. Zülle, B., Linster, J. J., Meissner, J., & Hürlimann, H. P. (1987). Deformation hardening and thinning in both elongation and shear of a low density polyethylene melt. Journal of Rheology, 31(7), 583-598.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Modifying the κ-Parameter in the Peng Robinson Equation of State to Improve Prediction of Vapor Pressure at Low Temperature and Binary Mixture Phase Equilibria

Ali R. Aldressi
Department of Chemical Engineering
University of Benghzi
Benghazi, Libya
alirabeh007@gmail.com

Belied S.Kuwairi
Department of Chemical Engineering
University of Benghzi
Benghazi, Libya
Belied.kuwairi@uob.edu.ly

***Abstract*— Equation of state formulation, modification and application have remained active research areas since the success of Van der Waals equation of state in 1873.one way of improving the accuracy of a cubic EoS is through the modification of the κ parameter by using the alpha function. A new modification of the κ parameter is proposed and fitted to 2nd order polynomial as a function of the parameter R_C reported in 1983 by Kuwairi and Maddox in their published generalized method to calculate the heat of vaporization for polar and nonpolar compounds. The modified κ parameter is tested against experimental vapor pressure and liquid density data for polar and nonpolar compounds in the range of (T_r = 0.33 to T_r = 0.97) and found to be more accurate than other earlier modifications. The modified κ parameter is also used to predict interaction coefficients for several polar and nonpolar binary mixtures and gave reasonable accuracy when compared to published experimental data.**

Keywords*— Equation of state, vapor pressures, modified κ parameter, Peng-Robinson EOS

I. INTRODUCTION

Cubic equation of state (EoS) is one of the most important methods for the prediction of the thermodynamic properties of pure compounds and mixture (Rezakazemia et al., 2018). [1]

The first cubic equation of state was proposed by van der Waals in 1873 for the prediction of the vapor pressure of real gases [2]. Redlich and Kwong in 1949 modified the form of the attractive term of van der Waals EoS and introduced the variable $T_r^{0.5}$ to the energy parameter of the attractive term [3]. Soave, 1972 adopts the form of Redlich-Kwong (RK) EoS and proposed an alpha function for the attractive term [4]. Peng and Robinson (1976) modified the RK EoS and adopted Soave alpha function. Peng-Robinson (PR) EoS can accurately predict the vapor pressure of nonpolar and weakly polar compounds with great deviation for polar compounds at reduced temperatures ($T_r \geq 0.6$). but as with other two parameter EoS, it failed to predict accurately vapor pressure of pure polar compounds for ($T_r < 0.6$) [5].

The alpha function is an important variable in the attractive term of cubic EoS. The alpha function affects the predictive accuracy of PR EoS for the vapor pressure of pure compounds. Many alpha functions were modified to improve the prediction of vapor pressures for polar compounds.

There are usually two ways to obtain vapor pressure data. The first is to conduct direct experimental measurements, which are tedious and sometimes time consuming. The second is to use predictive procedure based on either empirical correlations or direct application of equations of state.

Most equations of state can predict vapor pressure within a reasonable agreement to corresponding experimental data when they are applied at a relatively high reduced temperature $T_r \geq 0.6$ but when the equations of state are applied at a low reduced temperature between the triple point and $T_r \approx 0.6$ they predict poorly vapor pressure. and consequently, poorer prediction of phase equilibria Calculation.

Recent advances in computers have permitted widespread efforts in finding an equation of a state or modifying existing one which is simple to use and yet accurate enough for most engineering calculation.

II. EQUATION OF STATE

A. The Peng – Robinson (PR) Equation of State

Peng and Robinson (1976), published an equation that yields improved correlation for pure component vapor pressures and better estimates of liquid densities.

$$P = \frac{RT}{V-b}\frac{a(T)}{V(V+b)+b(V-b)} \quad (1)$$

Which can be written as:

$$Z^3 - (l-B)Z^2 + (A - 3B^2 - 2B)Z - (AB - B^2 - B^3) = 0 \quad (2)$$

Where

$$A = \frac{ap}{R^2T^2} \quad (3)$$

$$B = \frac{bP}{RT} \quad (4)$$

$$Z = \frac{PV}{RT} \quad (5)$$

In the two-phase region, the largest root is for the compressibility factor of the vapor while the smallest positive root corresponds to that of the liquid.

At the critical point, we have

$$a(T_c) = 0.45724\frac{R^2T_c^2}{P_c} \quad (6)$$

$$b(T_c) = 0.0778\frac{RT_C}{P_C} \quad (7)$$

$$Z_c = 0.307 \quad (8)$$

Similar to SRK equation

$$a_i(T) = a_i(T_c)\alpha_i(T_{ri}, \omega_i) \quad (9)$$

$$b_i(T) = b_i(T_C) \quad (10)$$

$$\alpha_i^{0.5} = 1 + k\,(1 - T_{ri}^{0.5} \quad (11)$$

However, correlation for k is different:

$$\kappa = 0.37464 + l.54226\omega_i - 0.26992\omega_i^2 \quad (12)$$

The mixing rules used were

$$a_m = \sum_i\sum_j x_i x_j a_{ij} \quad (13)$$

Where

$$a_{ij} = \left(1 - \text{□}_{ij}\right)a_i^{0.5}a_j^{0.5} \quad (14)$$

□ij Being an empirically determined binary interaction coefficient characterizing the binary formed by component i and component j.

The binary interaction parameter (BIP) for the mixture in the attractive term of the equation of state (EoS) is required for predicting accurately their vapor−liquid equilibrium (VLE) properties. Generally, a BIP is necessary to adequately describe the properties of a mixture. When predicting the VLE of mixtures, the results obtained by the empirical correlation of BIP are more consistent with the experimental data than with the prediction results obtained by considering BIP as a constant. The obtaining an accurate BIP for the system is key to ensure the accuracy of the physical property prediction. However, it is complicated to obtain the experimental data for BIPs. Therefore, several attempts have been made to establish equations to estimate the BIP based on the combination of cubic EoS with appropriate mixing rules.

$$b = \sum x_i b_i \quad (15)$$

Peng and Robinson derived the following expression for the fugacity coefficient of a pure component:

$$ln\,\phi = Z - 1 - ln(Z-B) - \frac{A}{2\sqrt{2}B}\,ln\left(\frac{Z+2.414B}{Z-0.414B}\right) \quad (16)$$

In addition, that of a component k in the mixture:

$$ln\,\phi_K = \frac{b_k}{b}(Z-1) - ln(Z-B) - \frac{A}{2\sqrt{2}B}\left(\frac{2\sum x_i a_{ik}}{a} - \frac{b_k}{b}\right) * \frac{ln(Z+2.414B)}{Z-0.414B} \quad (17)$$

B. Kuwairi – Maddox Generalized Correlation for Heat of Vaporization.

In 1982, Kuwairi and Maddox published generalized correlation for estimation of the latent heat of vaporization based on the Peng-Robinson equation of state and has the advantages of being applicable for use with most common vapor pressure correlations, and general applicability to most polar and nonpolar compounds.

$$\Delta Z_v = 1 - EXP\,(1 - (\alpha))^{\frac{R_C}{R_a}} \quad (18)$$

With this expression for Z_V the latent heat of vaporization can be expressed as:

$$\Delta H_v = \psi\, R\, T_c\, \left(1 - EXP\,\left[1 - (\alpha)^{\frac{R_C}{R_a}}\right]\right) \quad (19)$$

Where ψ is slope of the line relating vs $\frac{1}{T_r}$, which can be derived from any valued and accurate vapor pressure correlation.

TABLE I. Ψ VALUES FROM VAPOR PRESSURE EQUATIONS

Vapor Pressure Equation	$\Psi = \frac{\Delta H_v}{R\,T_c\,\Delta Z_v} = -\frac{dP_{vr}}{d(\frac{1}{T_r})}$
Antoine , Equation	$\frac{B}{T_r}\left(\frac{T_r}{T_r - \frac{C}{T_C}}\right)^2$

Lee Kesler Equation	$6.09648 - 1.28862\,T_r + 1.016\,T_r^7 + \omega(15.6875 - 13.4721T_r + 2.615T_r^7)$
Gomez Nieto and Thodos Equation	7 $\Upsilon\, T_r^8 - m\,\beta\, T_r^{1-m}$

C. Modification Peng Robinson Equation of State

These modifications to the PR EoS have been grouped in four main categories according to the nature of the modification: (a) by changing the dependence structure of α with temperature or the expressions for parameter a and b, (b) by introducing deviation functions (like volume translation),(c) by incorporating new parameters or terms in the equation of state, and finally (d)by modifying the mixing rules for mixture applications.

One of the most important of these modifications in (2017) Peyman Mahmoodi and Maryam Sedigh published a modification of Peng Robinson equation of state (Peng and Robinson) by proposing a new correlation for the α function with three adjustable parameters,C_1 , C_2 and C_3. [6]

The modification is:

$$\alpha(T) = exp[\,2\,C_1\left(1-\sqrt{T_r}\right) - \left(C_2\left(1-\sqrt{T_r}\right)\right)^2 + \frac{2}{3}\left(C_3\left(1-\sqrt{T_r}\right)\right)^3\,] \quad (20)$$

The adjusted empirical parameters C_1, C_2, C_3 of the alpha function were fitted individually for each pure compound and the absolute value of C_3 has to be smaller than$1.25 * |C_1|$.

III. METHADOLOGY AND PROCEDURES

In this work, an attempt is made to improve the Peng Robinson (PR) equation of state by modifying the κ parameter appearing in the equation of the alpha cohesion term.

$$\alpha_{PR} = (1 + \kappa\left(1-\sqrt{T_r}\right))^2. \quad (21)$$

Since Kuwairi and Maddox equation [7]cited earlier has shown excellent ability to predict the heat of vaporization of polar and nonpolar compounds, covering a wide range of temperature , by proposing a new fitted correlating parameter R_C as a function of the acentric factor for polar and nonpolar compounds as follows:

For nonpolar: -

$$R_C = 5.7763 - 18.887\,(\omega)^{0.688} + 15.614\,(\omega)^{0.838} \quad (22)$$

For polar: -

$$R_C = 6.3959 - 13.999\,(\omega)^{0.529} + 9.7185\,(\omega)^{0.693} \quad (23)$$

Therefore, in this work an attempt is made to modify the κ parameter in the equation defining the α term in the Peng Robinson EOS and fitting it to a second degree polynomial using R_C as a correlating parameter. Experimental vapor pressure data for some selected polar and nonpolar compounds and the adjusted empirical parameters a, b, and c of the alpha function in the subcritical regions were fitted with the experimental vapor pressures of ten nonpolar and ten polar compounds by using the nonlinear least squares fitting.

Extensive experimental vapor pressure data were used to find the coefficients of the proposed polynomial in the form:

$$\kappa = a + b\,R_C + c\,R_C^2 \quad (24)$$

The following algorithms have been proposed to carry at the objectives of this work:

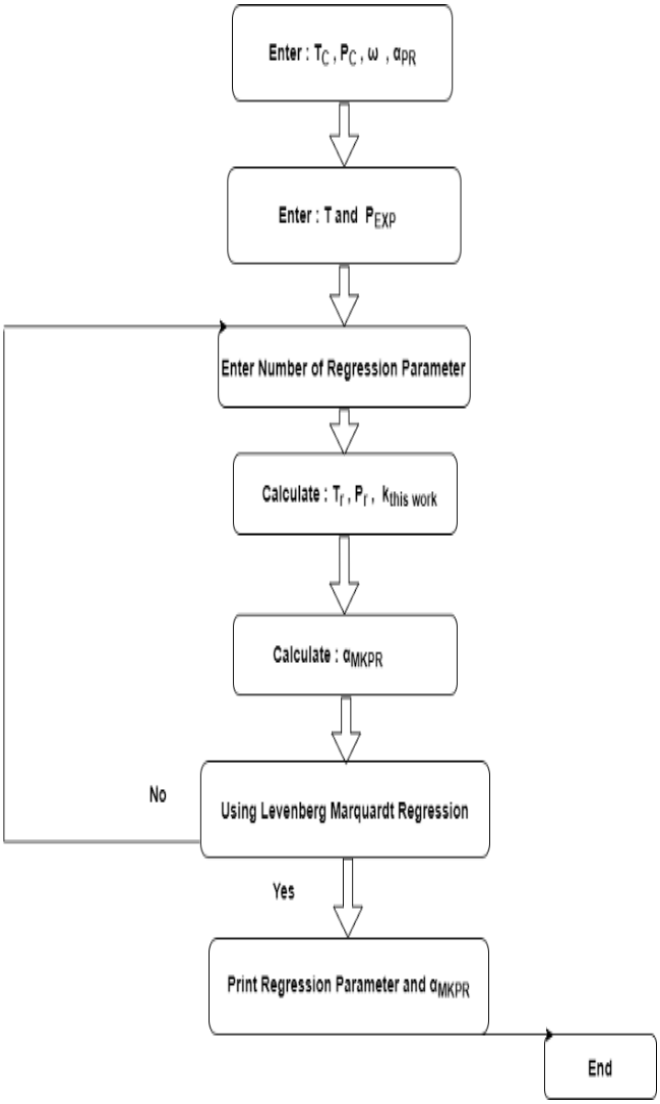


Fig. 1. Algorithm for fitting Peng Robinson Equation of State Parameter

Only four two parameter EOS will be investigated and their results compared to the Peng and Robinson equation with the modified κ proposed in this work. They will be from now and on as SRK (Soave and Redlich Kwong); PR (Peng and Robinson); MS (Mahmoodi and Sedigh); and MKPR (Modified κ Peng Robinson).

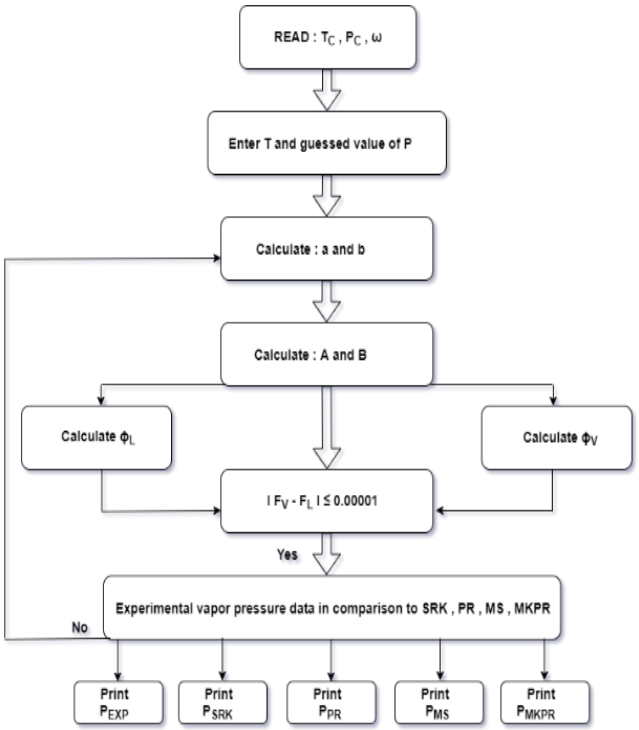


Fig. 2. Vapor Pressure Algorithm of experimental data in comparison with Soave Redlich Kwong , Peng Robinson , Mahmoodi Sedigh and Modified κ Peng Robinson

MATLAB code was written and executed to perform calculations of all outlined in the algorithms in figure 1 and 2. Ten nonpolar compounds, ten polar compounds, and their experimental vapor pressure data were targeted in this work covering T_r range (0.33 → 0.97).

TABLE II. Nonpolar compounds

Compound	formula	Ref.No
Methane	(CH_4)	11
Ethane	(C_2H_6)	8
Propane	(C_3H_8)	8
Propylene	$C_3H_8)$	11
Butane	(C_4H_{10})	8
Nitrogen	(N_2)	8
Ethylene	(C_2H_4)	11
Cyclopropane	(C_3H_6)	8
2 Methylpropene	(C_4H_8)	8
Pentane	(C_5H_{12})	8

TABLE III. Polar compounds

Compound	formula	Ref.No
Phenol	(C_6H_5OH)	11
Diethyl ether	$(C_2H_5)_{20}$	8
Acetone	(C_3H_6O)	8
1-butanol	$(C_4H_{10}O)$	8
1-Pentanol	$(C_5H_{12}O)$	8
Propionaldehyde	(C_3H_6O)	8
Ethylene glycol	$(C_2H_6O_2)$	8
1-hexanol	$(C_6H_{14}O)$	11
Benzoic acid	$(C_7H_{14}O)$	11
1-Propanol	(C_3H_8O)	8

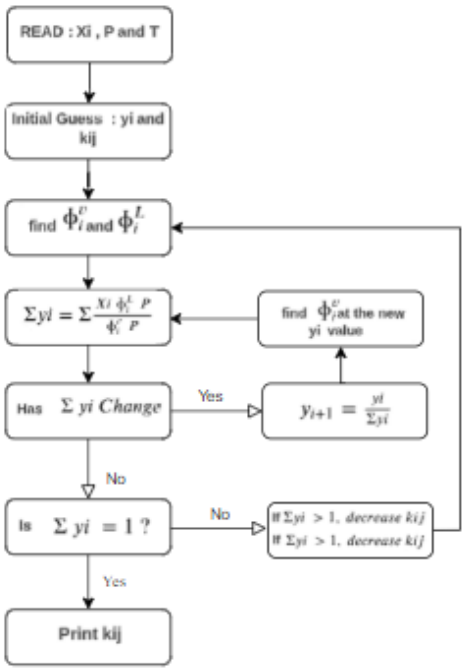


Fig. 3. Algorithmic flow-Chart diagram for the computation of BIPs (k_{ij}).

An iterative procedure, as depicted in the flow chart in Figure 3, was used to calculate the BIPs. At a given input set of experimental temperature (T), saturation pressure (P), and the liquid phase (x1), the procedure started with assuming values of the BIPs and the vapor phase composition.
Note: BIPs, binary interaction parameters.

Based on the calculated values of $\widehat{\Phi_i^L}$ and $\widehat{\Phi_i^V}$ iterations were performed using MATLAB until the summation of the compositions in the vapor phase stabilized at unity.

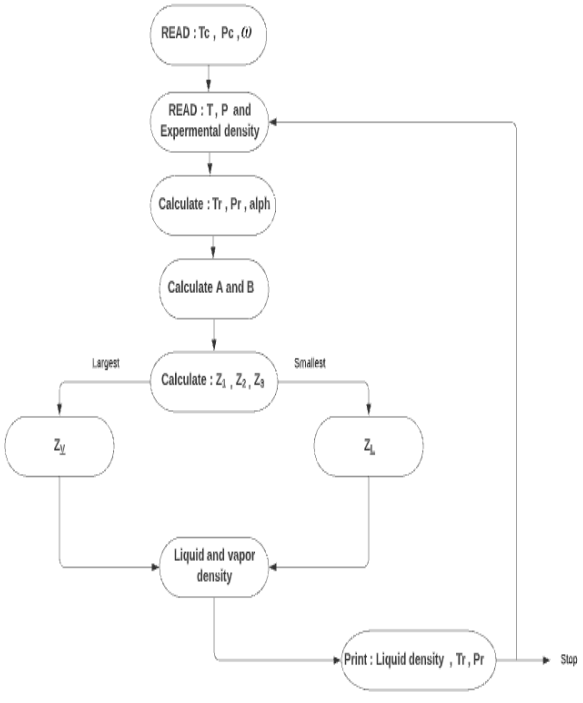


Fig. 4. Algorithm for the calculation of liquid Densities

The density of a phase is calculated using the compressibility of the phase, which is predicted from a chosen equation of state. The density of the fluid is calculated using its compressibility factor as predicted by an appropriate equation of state.

IV. RESULTS

A. Prediction of Vapor Pressure

The proposed modification of the κ parameter as a function of R_C for polar and nonpolar compounds is fitted to 2nd order polynomial:

$$\kappa = a + b\,R_C + c\,R_C^2 \tag{25}$$

Where

For nonpolar: -

$$\kappa = 2.7192 - (Rc * 0.831) + ((Rc\text{^}2) * 0.074) \tag{26}$$

$$R_C = 5.7763 - 18.887(\omega)^{0.688} + 15.614\,(\omega)^{0.838} \tag{27}$$

For polar: -

$$\kappa = 8.4696 - (4.5022 * Rc) + (0.6596 * (Rc\ \text{^}\ 2)) \tag{28}$$

$$R_C = 6.3959 - 13.999\,(\omega)^{0.529} + 9.7185\,(\omega)^{0.693} \tag{29}$$

The MKPR was tested against experimental vapor pressure for two polar and two nonpolar compounds.

The following statistical method is used in order to carry out error analysis and therefore measure the performance of different equations:

Absolute Average Deviation Percent

$$(AAD) = \frac{1}{n}\sum_i^n = \frac{|P_{cal}^{sat} - P_{exp}^{sat}|}{P_{exp}^{sat}} * 100 \tag{30}$$

Where P_{cal}^{sat} is the calculated value of saturated vapor pressure, and P_{exp}^{sat} is the experimental saturated vapor pressure. n is the number of experimental data. One of the most important objectives of this work is to improve in general the accuracy of the two parameter equations of state to predict vapor pressure for reduced temperature T_r below 0.6, and therefore expecting improved accuracy for other thermodynamic properties especially for mixtures.

Since PR EoS has been known for its general improved accuracy among other EoS i.e RK, SRK and MS. But PR has its own flaws when it comes to prediction of vapor pressure below $T_r < 0.6$. For this reason, PR EoS is targeted in this work by attempting to improve its capability to predict vapor pressure for polar and nonpolar compounds by improving the alpha function and correlating its k parameter with the R_C parameter reported by Kuwairi and Maddox in their generalized method to predict heat of vaporization for polar and nonpolar compounds.

The AAD is used to compare calculated values of vapor pressure with published experimental data among the improved PR in this work MKPR and other EoS ,i.e the original PR , SRK , and MS.

To compare the predictive ability of the alpha function in different forms, the ability of PR EoS to predict vapor pressure covering a wide range of reduced temperature from ($T_r = 0.33$ to $T_r = 0.97$) for polar and nonpolar compounds was markedly improved when compared the proposed correlation for the k parameter as function of the R_C parameter used by Kuwairi and Maddox equation [7] and slightly improved when compared to AlMahmoodi and Sedigh which is more complicated to use.

Comparing the Absolute Average Deviation Percent (AAD) of PR, AlMahmoodi - Sedigh and the proposed alpha function for the prediction of vapor pressure, it is shown that the proposed alpha function is more accurate than PR alpha function and AlMahmoodi – Sedigh in the reduced temperature range below 0.6.

Accurate correlation of vapor pressure would enable the MKPR equation of state to accurately predict phase equilibrium behavior.

Tables (IV) and (V) give summary of Absolute Average Deviation Percent (AAD) for polar and nonpolar compounds.

The accuracy in predicting vapor pressure at reduced temperature T_r below 0.6 in comparison to other methods.

TABLE IV. AAD (%) of vapor pressure between calculated values via PR, MS and MKPR for nonpolar compounds

Substance	No. of data points	T_r Range	MKPR	PR	MS
			Overall AAD (%)	Overall AAD (%)	Overall AAD (%)
Methane	10	0.37-0.68	0.88	5.58	-
Ethane	12	0.33-0.92	2.94	6.35	-
Propane	8	0.35-0.96	1.41	7.27	43.22
Butane	10	0.35-0.86	2.64	9.36	4.42
Propylene	10	0.33-0.94	8.73	21	-
Nitrogen	8	0.37-0.95	1.43	2.44	2.49
Cyclopropane	11	0.35-0.93	3.17	6.08	-
Ethylene	10	0.36-0.95	2.73	6.13	-
Methylpropene	9	0.35-0.98	3.64	9.51	-
Pentane	9	0.36-0.98	3.11	5.91	-
Toluene*	9	0.37-0.98	3.44	6.08	-
1 – Hexyene*	8	0.44-0.96	1.23	3.08	-

* Not included in the fitting procedure

TABLE V. AAD (%) of vapor pressure between calculated values via PR and MKPR for polar compounds

Substance	No. of data points	T_r Range	MKPR	PR
			Overall AAD (%)	Overall AAD (%)
Nitrogen	14	0.29-0.96	9.92	3.58
Propane	8	0.23-0.96	3.84	3.46

* Not included in the fitting procedure

B. Prediction of the Binary Interaction Parameter BIPs.

The MKPR has been applied to calculate binary interaction parameter for Ethane-Propane, Hexane – Cyclohexane,1,3 Butadiene – Cyclohexane, Methanol - Ethyl acetate, 2-propanol – 1,2 ethanediol, Diethyl ether-Acetone in comparison with Peng-Robinson equation of state. The experimental data used here were taken from Dortmund Data Bank (DDB).

The mean (AAD) of Modified κ Peng Robinson equation of state for the prediction BIP of three polar mixtures, are 7.17% for Diethyl ether - Acetone, 1.097% 2 – propanol – 1,2 ethandiol and 2.84% Methanol – Ethyl acetate are tabulated in Table VII. The MKPR EoS is better than PR EoS for Diethyl ether - Acetone, 2 – propanol – 1,2 ethandiol and Methanol – Ethyl acetate are 8.92%, 1.65% and 5.52%.

TABLE VI. AAD (%) of BIPs Between calculated values via PR and MKPR for non-polar mixture

Substance	No. of data points	P_r Range	MKPR	PR
			Overall AAD (%)	Overall AAD (%)
Ethane-Propane	5	0.106-0.289	2.33	2.36
Hexane - Cyclohexane	6	0.82-1.0081	1.23	1.67
1,3 – Butadiene and Cyclohexane	5	0.006-0.071	8.23	10.06

TABLE VII. AAD (%) of BIPs Between calculated values via PR and MKPR for polar mixture

Substance	No. of data points	P_r Range	MKPR	PR
			Overall AAD (%)	Overall AAD (%)
Methanol - Ethyl acetate	7	0.004-0.005	2.84	5.52
2-propanol – 1,2 ethanediol	5	-	1.097	1.65
Diethyl ether-Acetone	6	0.004-0.007	7.17	8.92

C. Prediction of the Liquid Density

1) Nonpolar compounds: A comparison was made between the experiment data, the corresponding values of PR and proposed equation of state which were tabulated in Table VIII.

TABLE VIII. AAD (%) of liquid density Between calculated values via PR and MKPR for Nonpolar mixture

Substance	No. of data points	T_r Range	MKPR	PR
			Overall AAD (%)	Overall AAD (%)
Phenol	8	0.39-0.95	6.41	13.27
Diethyl ether	13	0.36-0.96	14.9	25.36
1 − butanol	10	0.4-0.97	6.7	91.53
1 − Pentanol	10	0.4-0.97	7.47	62.28
Propionaldehyde	8	0.33-0.99	7.94	15.36
Acetone	6	0.39-0.96	5.6	8.7
Ethylene glycol	7	0.38-0.97	8.51	37.37
1 − hexanol	8	0.4-0.96	30.41	111.48
Benzoic acid	13	0.4-0.96	12.31	52
1 − Propanol	7	0.4-0.96	24.6	30.74
Water*	9	0.37-0.98	5.79	9.12
Nonanol*	9	0.41-0.96	0.47	1.48

2) Polar compounds: A comparison was made between the experiment data and the corresponding values of PR and proposed equation of state were tabulated in Table IX. The density of this component was calculated at temperatures ranging from 173.15 to 465.14°K and pressures ranging from 4.1e-6 to 11014.05mmH_g.

TABLE IX. AAD (%) of liquid density Between calculated values via

Substance	No. of data points	T_r Range	MKPR	PR
			Overall AAD (%)	Overall AAD (%)
1 - Pentanol	15	0.33-0.97	3.35	9.89
1 - Propanol	15	0.32-0.86	3.16	4.14

PR and MKPR for polar mixture

V. CONCLUSIONS

The modified κ Peng Robinson was proposed for the prediction of the vapor pressure, binary interaction parameter, and liquid density of nonpolar and polar compounds. The ability of PR EoS to predict vapor pressure covering range of reduced temperature from ($T_r = 0.33$ to $T_r = 0.97$) for polar and nonpolar compounds was markedly improved when compared the proposed correlation for the κ parameter as function of the R_C parameter used by Kuwairi and Maddox equation [7] and slightly improved when compared to AlMahmoodi and Sedigh which is more complicated to use. The MKPR are most accurate than the other PR and AlMahmoodi – Sedigh for the prediction of vapor pressure and binary interaction parameter, but has similar precision with for the prediction of liquid density.

REFERENCES

[1] N. R. ,. H. J. ,. S. S. Mashallah Rezakazemi, "Process Simulation and Evaluation of Ethane Recovery Process using Aspen-HYSYS," CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, vol. 70, pp. 961-966, 2018.

[2] A. C. L. M. P. Michael Hunter, The Correspondence of Robert Boyle, London: Taylor & Francis Group, an informa business, 2001.

[3] J. N. S. K. OTTO REDLICH, "ON THE THERMODYNAMICS OF SOLUTIONS. V k~ EQUATION OF STATE. FUGACITIES OF GASEOUS SOLUTIO," ACS Publications, pp. 233-244, 1949.

[4] D. S. Snam Progetti, "Equilibrium constants from a modified Redkh-Kwong equation of state," Chemical Engineering Science, vol. 27, pp. 1197-1203, 1973

[5] D. B. R. Ding-Yu Peng, "New Two-Constant Equation of State," Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals, vol. 15, no. 1, pp. 59 - 64, 1976.

[6] M. S. Peyman Mahmoodi, "Second derivative of alpha functions in cubic equations of state," The Journal of Supercritical Fluids, vol. 120, pp. 191 - 206, 2017.

[7] R. M. B. KUWAIRI, "GENERALIZED METHOD FOR CALCULATING LATENT," Chemical Engineering Communications, vol. 29, pp. 337 - 351, 1983.

[8] D. W. G. Robert H. Perry, Chemical Engineer's Handbook, New York: McGraw-Hill Book Co, 1973.

[9] S. I. Sandier, Chemical, Biochemicai , and Engineering Thennodynamics, Delaware: Hatliilton Printing Company, 2005.

[10] M. Q. A. E. ,. N. A. D. Faisal Mohammed, "Generalized binary interaction parameters for hydrogen-heavy-n-alkane systems using Peng–Robinson equation of state," Chemical Engineering Communications, vol. 205, no. 9, pp. 1226-1238, 2018.

[11] Aspentech.HYSYS (2011). Aspen Tech : Jul. 12, 2011 [Online]. Available: https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-hysys

[12] D. W. MARQUARDT, "AN ALGORITHM FOR LEAST-SQUARES ESTIMATION OF NONLINEAR PARAMETERS," *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, vol. 11, no. 2, pp. 431 - 441, 1963.

[13] E. D. OZOKWELU, "DEVELOPMENT OF A MODIFIED SOAVE-REDLICH-KWONG EQUATION OF STATE," *Ph.D. dissertation*, vol. Dept. Chemical.Eng, no. Oklahoma Univ.,Oklahoma,1981.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Investigate the Petrophysical Characteristics of Lower Akakus Reservoir in (A) Structure -NC118 Oil Field by Using Well Logging Data, Ghadames Basin, West Libya

1st Ayad M. Elkordi
Petroleum Engineering department, Mellitah oil & gas company
Tripoli- Libya
Aelkurdi@gmail.com

2nd Mohamed. H.Targhi
Geologist & geology Engineering department, Mellitah gas company
Tripoli- Libya
mhmtarghi@gmail.com

line 1: 3rd Mohamed .A.Sultan3
Geologist & geology Engineering department, Mellitah gas company
Tripoli- Libya
mohmedsultan80@gmail.com

4th Nefati.N.Tarhuni4
Geologist & geology Engineering department, Mellitah gas company
Tripoli- Libya
ntarhuni@mellitahog.ly

: 5th *Magdi.M.Alduberi*
Geologist & geology Engineering department, Mellitah gas company
Tripoli- Libya
madopire4@gmail.com

Abstract: evaluation of low resistivity reservoir pay in lower Akakus Formation is very challenging and important to the development of an oil field.

The main purpose of this study is evaluate and investigate the Petrophysical characteristics of lower Akakus reservoir in A Structure oil Field by using available logging data for two wells (A1 and A2 NC118) which located in Ghadames Basin ,West Libya.

According to final well report the lower Akakus Formation can be divide into five sand units from top to bottom of the lower Silurian the reservoir sand 1, sand 3, sand 3, sand 4 and sand 5 (SS1, SS2, SS3, SS4 and SS5).

Petrophysical analysis for studied wells by using Techlog software is indicated type of lithology by using cross plot between Neutron porosity and Bulk density for each unit in lower Akakus is mainly sandstone interbedded with shale with average volume of shale range from 0.2 % to 15%, porosity range from in sand 1 about 2% ,sand 2 about 22%, sand 3 about 22 %, sand 4 about 17% and sand 5 about 15 % and the average water saturation range from in sand 1 about 60% ,sand 2 about 72%, sand 3 about 62 %, sand 4 about 17% and sand 5 about 56 %.

The petrophysics result show of oil and gas zones that sand 1 to sand 5 were low resistivity. However the well production test data of these interval confirm hydrocarbon present instead, the petrophysics and well test result indicate that the main reason for of the above sandstone units was related due to high water saturation salinity and highly water salinity more than 250,000 ppm.

Keywords— Techlog, Lower Akakus Formation, Petrophysical Analysis, Well Production Test

I. Introduction

The "A Structure" Field is situate in Block NC-118 which located about 250 km Southwest of Tripoli and about 300 km Northeast of Wafa Field. The NC-118 block is located on the northern flank of the Ghadames Basin of North-western Libya, which develops along a NE-SW direction across Algeria and Libya. Such basin is bounded by the following highs: Dahar and Garian to the South, Amguid el Biod to the West, and Tripoli-Asswada to the East.

A Structure" Field was discovered In 1985,by drilled well A-1 crossed the so-called "A Structure", discovering five hydrocarbon layers in Lower Akakus Formation of Silurian age, different type of hydrocarbon were identified : gas condensate ,saturation (or close to) oil ,under saturation oil, In 1995, appraisal well A-2 was drilled at about 1.5 km south of well A-1 and confirmed the shape of the "A" structure the oil bearing formation and defining the areal extent of the hydrocarbon ,the oil gravity range from 34 (layer5) to 40 API(layer3) and solution gas range 540 to 3200 Scf/bbl.

The main objective is to better describe the vertical distribution of the Lower Akakus reservoir facies' variations in study area. The Petrophysical characterization of the Lower Akakus reservoir through well log, Identified stratigraphic layering in the Lower Akakus reservoir.,

The main method used in this study were applied Petrophysical analysis for two selected wells (A1 , and A2-NC118) based on electrical logs, include Gamma-ray (GR) , Neutron (N) , Resistivity log , density log and Sonic log by using Techlog 2015 software, in order to determine the quantity of Petrophysical properties for the lower Akakus Formation such as Porosity, water saturation and net pay, and integrate them with the well test results to enable precise understanding and define the present of hydrocarbon in such low resistivity intervals within the study

II.Regional Tectonic Setting

The Ghadames Basin is a large intracratonic basin on the North African platform. Formed during the early Palaeozoic era, it covers an area of 350,000 km2 and straddles the borders of Libya, Tunisia, and Algeria. The Libyan portion represents the eastern flank of the basin and covers an area of about 183,000 km2. It is an important hydrocarbon province since the 1950s (Echikh, 1998). The main tectonic elements

bounding the Ghadames Basin are the Dahar–Nefusa uplift to the north, the Gargaf arch to the south, partially bounded by the extension of Tihemboka uplift to the west, and the western flank of the younger Sirt Basin to the east Many of these structural features were initiated in the late Precambrian Pan-African orogeny, with repeated reactivation of older structures occurring throughout the Phanerozoic. The basin contains up to 5,200 m [~17,000 ft] of Palaeozoic and Mesozoic sediments, the Palaeozoic section being separated from the Mesozoic de-posits by a major regional unconformity of the Hercynian(Devonian-Carboniferous) age. This Hercynian unconformity is represented as the most conspicuous feature of the basin as Palaeozoic sequence is overlain by Mesozoic succession with a markedly different basin configuration. Erosion patterns and the topography that developed on the surface of this regional unconformity have had a direct influence on the petroleum systems within the basin. (Hallett, 2002). The Ghadames Basin comprises four major tectonic cycles. The oldest one, that represents the Cambro-Ordovician cycle, ended by the Early Caledonian tectonism; the second one of Silurian age ended by the Late Caledonian epeirogeny and the third one of Devonian–Carboniferous age terminated by the Hercynian epeirogeny. The Alpine Orogeny, represented by Mesozoic sedimentary cycle, has increased the northern extension of the basin and changed it into a marginal sag basin (Hallett, 2002). Palaeozoic deposits are dominated by non-marine and marine clastics: conglomerates, sands, silts and shales that comprise more than 95% of the total section. There are much more carbonates and evaporates in Mesozoic deposits, while the Cenozoic deposits consist of limestone and shale. The depositional setting in Palaeozoic is an interior, cratonic regime of subsidence characterized by shallow marine and non-marine environments. The depositional setting of marginal plat-form regime dominates during Mesozoic time.

III. Structure of Study Area

The structure contour map of Top lower Akakus formation shown on Figure (2.2) ,the high structure in the central part of study area then trend to low structure in to the west part also in the eastern part north part in general the area anticline structure

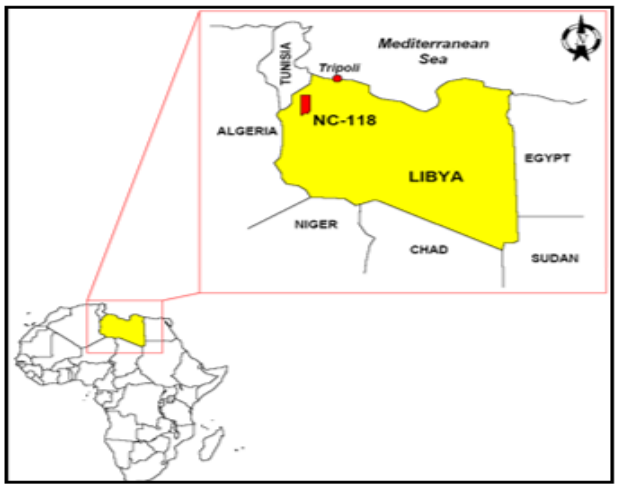


FIG (1) LOCATION MAP OF NC118

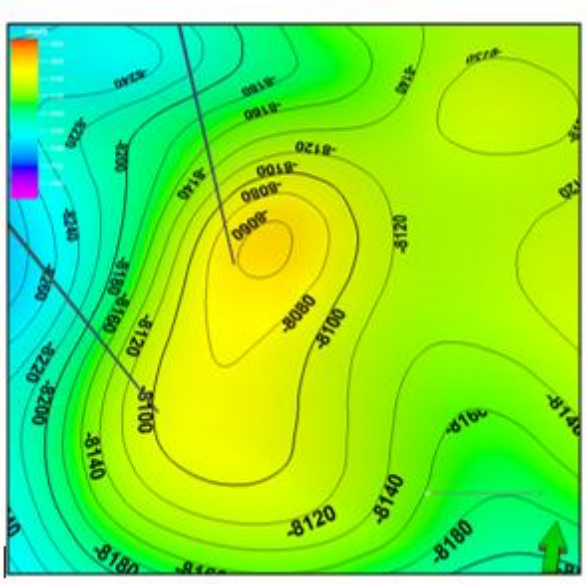


Fig (2) structure contour map of Top lower Akakus

B-Stratigraphic)

The stratigraphic Scheme used in this study following final well reports.

The Silurian sediments are consists of three formations termed the Bir Tlakshin (also known as the Iyadhar Formation over the Atshan Saddle), the Tanzzuft Formation and the Akakus Formation The upper portion of the Bir Tlakshin Formation is marked by a fine to medium grained quartzose sandstone similar in lithology to the

underlying Mamuniyat Formation. The sandstone is frequently underlain by a dark grey to greyish brown hard fissile shale. The Bir Tlakshin is frequently absent over the older structural high areas due to the unconformity at the top of the Cambro- Ordovician. It can reach thickness of well over 100m (328ft) but generally has an average thickness of about35m (115ft). The overlying Tanezzuft Formation consists of a thick succession of grey to dark grey shales varying in thickness from 300-600m (984-1,969ft), Some siltstone and sandstone interbeds occur in the upper part where it grades into sands of the overlying Akakus Formation. In the north-eastern part of the basin the shales are highly micaceous and almost metamorphosed in appearance whilst in the south-east they become more sandy. The upper contact with the overlying Akakus Formation is rather diffuse and involves facies changes from sandstones to shale units.

Akakus Formation

The Akakus Formation can be subdivide into three members , lower sand, middle shaly and upper sandy members The lower member consists of a thick sandstone/siltstone complex interbedded with shales. The sandstone is light colored and interbedded with light grey siltstones and dark grey shales.The Middle Akakus shaly unit represents of shales intercalated with thin beds of siltstones and hard sandstone layers.a regionally extensive, but relatively short-lived flooding event, with the top of the Lower Akakus being defined. The upper is composed of an irregular alternation of sandstones siltstones, and shales. The total Akakus thickness varies up to a maximum of about The Middle Akakus is also an effective regional top seal for

the Lower Akakus reservoirs. However, measurement and others are deliberate, using specifications that anticipate your paper as one part of the entire proceedings, and not as an independent document. Please do not revise any of the current designations.

Reservoir rock Lower Akakus formation is main reservoir rock in study area and consists sandstone interbedded with shale. the lithofacies of the lower Akakus formation according to geologist of company), the lower Akakus sandstones are divided into about five sandstone units from bottom to top (ss1 ,sst2 ,sst3,sst4 and sst5) , where regional integration of wireline-logs and sample cutting description permits evaluation analysis of the units as they appear the most thicker, of great extension, and most prolific units throughout the area study . The description of these units and their representative lithofacies is as following.

IV. Sedimentology and facies analysis

Sedimentology and facies in two wells A1 and A2-NC118 based on cores study report result , the result was define and recognized four main facies associations through the analysis of the cores of Lower Akakus sandstone

1 Massive medium-fine grained sandstones with some trough cross bedding (the deposited processes : unidirectional currents into a high energy context);shaly streaks and intraclasts may occur along with some rare bioclasts .

2Fine-very fine grained sandstones with hummocky cross stratification ,wave ripples and big occurrence of shaly streaks with some intense burrowing hiding the primary sedimentary structures (depositional processes :storm and wave action under low energy conditions)

3Very fine grained silty-shaly sandstones with starved ripples, wave ripples and abundant burrowing (depositional processes interaction between high energy due to the wave action and relatively calm phases when burrowing can develop.)

4Black shales with rare starved ripples and intense bioturbation (depositional processes rare storms and/or wave activity occurring into a low-energy context).

According to the sedimentological facies described and to their vertical stacking pattern induced both unidirectional currents (tidal) and waves action, the depositional setting where high energy condition alternate with lower ones may be inferred , this occurs mainly for relative sea level oscillations even of small entity ,the flat and wide ramp physiographic setting may be assumed of low gradients where small relative oscillations of the sea level allow both deposition pf high energy sandstone bodies (sea level falls with downward shifting) and quick deactivations' of the sandy system (sea level rise with rapid transgression) . the low gradient ramp platform with occurrence of a large number of coalescing bars forming sandstone sedimentary bodies which could be arranged in tabular sheets for tens of kilometers , these sedimentary bodies maybe separated laterally by finer grained facies better developed in the offshore domain

V. Petrophysical study

The identification and evaluation of low resistivity in lower Akakus reservoir bypassed pay is very challenging and important to the development of an oil and gas field. The problem of 'low resistivity pay' is not new. There are many reasons for low resistivity pay zones. It is crucial to identify the origin of this phenomenon. the identification and petrophysical evaluation of low resistivity hydrocarbon-bearing in lower Akakus sand reservoirs to understand why low resistivity occurs in the lower Akakus sandstone reservoirs, and how to conduct a petrophysical analysis to obtain accurate petrophysical properties, particularly water saturation. An integrated workflow to understand the low resistivity phenomenon and how to identify it was presented and performed to evaluate low resistivity pay in sandstone reservoirs.

identification, characterization and evaluation of low resistivity hydrocarbon-bearing in Akakus sand reservoirs in order to understand the low resistivity phenomenon in sandstone reservoirs, the characterization of the rock types and how to conduct petrophysical analysis. An integrated study based on petrographical, rock typing and petrophysical methods is conducted and applied

Determination of rock type

The rock type was determined based on the relationship of the density and neutron log cross plot . It is important to classify the characteristic for each rock type in low resistivity reservoirs in order to identify and understand the typical response of logs and petrophysical properties of low resistivity pay-bearing sand reservoirs.

The Neutron-Density Crossplot

The neutron-density crossplot is widely used in the petroleum industry investigations for lithologic identification and estimates of porosity, and matrix density. Apparent neutron porosity measurements were plotted against measurements of bulk density for each zone. Matrix-density values used for pure lithologies are: silica, 2.65 g/cm3; limestone 2.71 g/cm3; and dolomite, 2.87 g/cm3. The lithology and porosity can be calculated by this cross plots. This cross plot, has the maximum resolution and is the best detector of porosity among the different lithologies The cross plot well distinguishes lithology lime, dolomite and sandstone. it should be noted that, before drawing given data should be corrected for the presence of shale and hydrocarbon. In wells with uneven walls or heavy drilling mud, information density may not show correlation, so there are limitations to the use of cross-platform

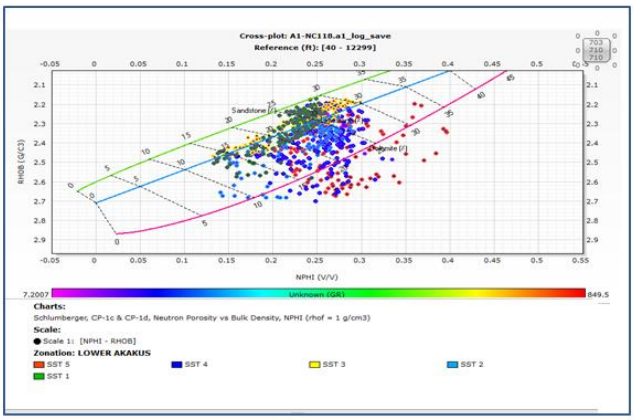


Fig (3) Neutron - density cross plot in well A1-NC118

The result of cross plots in studies wells indicates the lithology of the lower Akakus Formation is sandstone interbedded with shale in all wells , figures 3 shown applied the cross plot for all sandstone units in wells A1-NC118 **Petrophysical analysis**

Petrophysical analysis was performed in order to identify the factors that cause low resistivity in sandstone reservoirs. Petrophysical analysis was employed to explicitly determine reservoir quality, petrophysical analysis, the three basic parameters that are determined are shale volume (Vsh), effective porosity, and water saturation (Sw). These parameters were calculated using the standard procedures available in the well logging data .

Volumetric shale

Volumetric shale fraction was calculated using a GR lo

Where the volume of shale into calculated from gamma ray log shown in equation

$$VSH=(GRlog-GRmin) / (GRmax-GRmin)$$

Where: GR log: is the Gamma ray.-reading (log). GRclean: is the minimum reading a log. GRsh: is the maximum reading a log. Vsh is the Volume of shale (%).

Porosity calculation

For the porosity calculation, neutron–density logs were used to calculate non-shale porosity whenever they were available

Porosity Determination: ¬

The total porosity values were determined by using steps below:

Porosity from density log (ØD)

The density porosity (ØD) is determined from equation based the rock type of the reservoir.

$$ØD = (ρbma - ρblog) / (ρbma - ρf)$$

Where: ØD =.Density porosity. ρb = Bulk Density, gm/cc (log). ρf = Fluid Density, equal 1gm/cc. ρbma = Matrix Density, equal 2.65gm/cc for sandstone

The neutron porosity has been directly read from the neutron logs. The total porosity represents the mean of the combined neutron and density porosities readings for water and hydrocarbon zones.

$$ØN\text{-}D= [(ØN^2+ ØD^2) /2]½$$

Where: ØN = Neutron porosity % (log). ØN-D =Total porosity

Formation Water Resistivity:-

In this study the formation water resistivity was obtain from the company ,value of salinity average 250,000 ppm and temperature average 200 F° from figures bellow shown how calculate the RW from chart and the RW is 0.017 Ω.m.

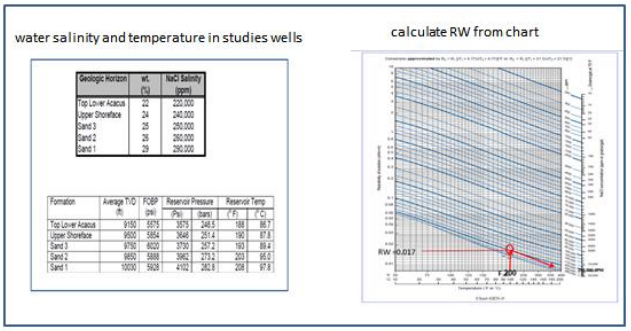


Fig (4) water salinity and temperature results

Determining accurate water saturation values was challenging but important in order to identify hydrocarbon distribution in low resistivity sand reservoir. Thus, water saturation calculation method was applied in low resistivity sandstone reservoirs. Qualitative log interpretation was performed in all of the four well log data. The water saturation is calculated using the archaic

$$Sw= [(a \times Rw)/ (Ø^{m} \times Rt)]^{1/n} ..$$

Where: Ø= Total Porosity (%).m = Cementation factor, equal 2. Rt = Formation resistivity, Ω.m. n = Saturation exponent, equal 2. a = is the Archi factor and equals to 1. Rw=is the formation water resistivity 0.017 Ω.m.

VI. Results and discussions

The result of well logging interpretation of wells A1 and A2-NC 118, the lower Akakus Formation; from well log show the GR log response is small enough less than 75 API, and the resistivity value is big enough at about less than 12 ohm-meter in clean sandstone in units SS1, SS2, SS3.and SS5, Neutron–density log curves show that there is not separation between the neutron–density log curves as caused by high density log reading. The cross plot between neutron–density log for define type of lithology in the lower Akakus formation for all units which indicate the sandstone is main rock with shale.

Low resistivity Pay

The reasons for the low resistivity phenomenon are mainly classified into two groups. The first consists of reservoirs where the actual water saturation can be high but water free hydrocarbons are produced. The mechanism responsible for the high water saturation is usually described as being caused by micro porosity (Edo Pratama), The second group consists of reservoirs where the calculated water saturation is higher than the true water saturation. The mechanism responsible for the high water saturation is described as being caused by the presence of conductive minerals such as clay minerals and pyrite in clean reservoir rock. Clay minerals are conductive minerals due to their high cation exchange capacity (CEC) value, where illite has the highest CEC value of about 26.6–69.0 meq 100 g−L There is a decreasing resistivity value in sandstone containing clay minerals. The ability of clay minerals to combine with or bind to water is one factor associated with the decreasing low resistivity value (Edo Pratama, 2017) . Another factor causing a decreasing resistivity is the presence of iron minerals, particularly pyrite. The presence of pyrite will cause the density log reading to be

higher than the matrix density (sand). This is due to the high density value of pyrite mineral of about 5.0 g cc−1 (Rider 2002). In addition, the measured resistivity on dry pyrite ranges between 0.03 and 0.8 Ω m which affects the low resistivity reading. In this study area the lower resistivity log in sandstone units due to water saturation is higher than the true water saturation based on water samples analysis. From a petro physical point of result of lower Akakus Formation is characterized by a peculiar interpretation problem: the presence of sodium chlorite. Its occurrence affects in different way the petrophysical parameters), but it makes difficult the computation of SW because have a strong impact in electrical measurements (Resistivity Logs) Studies on lower Akakus Formation indicate that the 'n' value (saturation) exponent in the formula for water saturation evaluation measured presence of Chlorite was 1.4-1.8) instead of 2 used in the formula for water saturation. The main results of Water saturation, computed in petrophysical, was higher than SWI from well test results have confirmed:

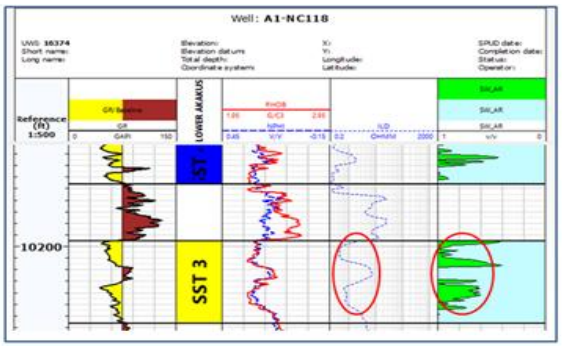


Fig (5) low resistivity log in well A1-NC118

Well test result with petrophysics result

The compared the well test result with petrophysics result on the Lower Akakus Formation in well A1-NC118 for all units In all unit SS from the bottom to top of formation the well production test was run in two zone in unit SS5 first from (9904-9914 ft) and other from 9924-9937ft) the rsult in zone one is oil about 2216 bbpd with GOR 285 SCF/BB with no water cut and the result in zone two about 1891 BOPD With 375 scf/bb , all two zones with low resistivity.

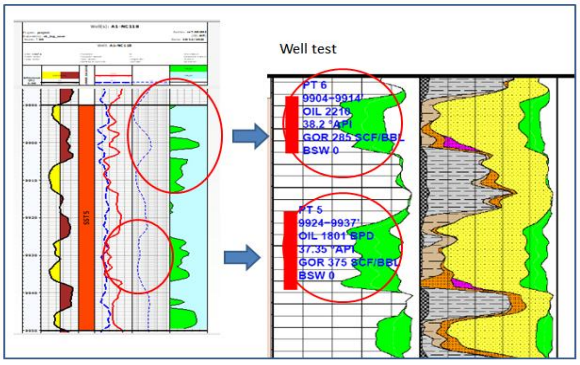


Fig (6) compared between well test and Petrophysics result in zone SS5 of Lower Akakus Formation well A1-NC118

VII. Conclusion

Integration of well logs analysis and well test result were applied in the lower Akakus formation, the A Structure oil field which located in concession NC-118, western part of the Ghadames Basin by using available logging data for four wells (A1, A2,) The lower Akakus can be divide into five sand units from top to bottom of the reservoir (SS1, SS2, SS3, SS4 and SS5). Petrophysics result indicated lithology by using cross plot between Neutron porosity and bulk density With Average volume of shale range from 3.2 % to 32.68%, porosity range from 9.1% to 20.6 %, average water saturation range from8.7 % to 99 % . Formation water analysis of Lower Akakus zone revealed high water salinity with high sodium chloride confirmed salinity range from 220,000 -290,000 ppm . Although well test logs analysis indicated the low resistivity for this interval (L.A) the well test result confirm present oil in the Lower Akakus zone.

REFERENCES

1. Abraheem A. Elmasli * and Ismaeil I. Mohamed, 2019 , Gas detection technique in low resistivity pays of Lower Acacus reservoir, concession NC7A, Ghadames Basin, NW Libya,
2. Libyan Journal of Science & Technology The 2nd International Conference on Geosciences of Libya- Benghazi-Libya
3. Ahmed Benkhayal, Adel Farag, Ibrahim Mohamed and Belkasim Khameiss,2016, Reservoir Characteristics and Facies Analysis of the Lower Member of the Silurian Acacus Sandstones, Concession NC2, Ghadames Basin, Northwest Libya, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 7, Issue 8,
4. Edo Pratama, Mohd Suhaili Ismail and Syahrir Ridha,2017, An integrated workflow to characterize and evaluate low resistivity pay and its phenomenon in a sandstone reservoir, Journal of Geophysics and Engineering, pp7)
5. D. Hallet,(2002),Tectonic Elements of Ghadames Basin geology of Libya
6. Hamada G. M. And Musaed N. J. Al-Awad,2007, PETROPHYSICAL Evaluation Of Low Resistivity Sandstone Reservoirs, College of Engineering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
7. Omar B. Elfigih, 2017, Determination of Reservoir Play Fairway of the Lower Acacus Formation in the Ghadames Basin, NW Libya, International Journal of Petroleum and Petrochemical Engineering, Volume 3, Issue 1, 2017, PP 60-69
8. Verenex Energy, RPS Energy,2009, Groundwater Quality Analysis and Scaling Potential Study, Area 47, Ghadames Basin, Libya, Unpublished company Reportg, not a lowercase letter "o".
9. In American English, commas, semicolons, periods, question and exclamation marks are located within quotation marks only when a complete thought or

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Physical Properties of Epoxy Foam Prepared Using Natural Rubber As Toughening Agent

1st Mohamad Saed Hussein
Polyethylen Plant, engineering faculty
Rasco company, Wadi alshatti univerity
Ras lanuf- Wadi Alshatti, Libya
ben.hussein2009@gmail.com

2nd Pei Leng Teh
Faculty of Chemical Engineering Technology
Universiti Malaysia Perlis
Perlis, Malasyia
plteh@unimap.edu.my

3rd Firuz Zainuddin
Faculty of Chemical Engineering Technology
Universiti Malaysia Perlis
Perlis, Malasysia
firuz@unimap.edu.my

4th Abdul Razak Rahmat
Department of Polymer Engineering (of Affiliation)
Universiti Teknolgi Malaysia Perlis
Perlis, Malasiya
razak@cheme.utm.my

5th Cheow Keat Yeoh
Faculty of Chemical Engineering Technology
Universiti Malaysia Perlis
Perlis, Malasysia
ckyeoh@unimap.edu.my

***Abstract*— Sodium bicarbonate was used as a chemical foaming agent to fabricate a variety of pores epoxy foams toughened by natural rubber (NR), and the appropriate formulation was found to ensure good physical properties. In this study, we added NR as a toughening agent at contents ranging from (5 to 25 vol.%) to examine the properties of epoxy foam. 15 phr of SB was added as the optimum content foaming agent. The characteristics of epoxy foam's viscosity, density, porosity, shape, and pore size were determined. Through pores within the foam, cellular polymers minimize polymer weight and mechanical strength loss. By increasing the expansion, adding more NR to the material reduced the crosslinking reaction and lowered its mechanical strength. For epoxy-foam containing 10 to 15 vol% NR, a satisfactory expansion and pore size were noted. By adjusting the NR concentration from 5 to 25 vol%, foam densities can be adjusted in a range up to 0.0.787 g/cm3. There was a reduction in porosity between 6.48 to 31.98 %.**

Keywords—epoxy, foam, natural rubber, sodium bicarbonate, toughening agent

I. INTRODUCTION

Since their introduction in the 1930s, epoxy resins have been the thermosetting polymers with the broadest application. Epoxy resins contain a variety of intrinsic properties because of the highly reactive epoxy groups in the terminal chains [1]. The most widely used epoxy resin is a thermoset polymer with enhanced characteristics, including less cure shrinkage, good electrical and chemical insulating characteristics, good adhesion and environmental resistance [2]. Due to their brittleness, lack of impact resistance, and lower processing fracture energy than industrial thermoplastics and metals, epoxy resins have a limited range of industrial applications [3]. Because of its inherent fragility, epoxy composites have poor damage tolerance, poor shear strength, and adhesive peeling [4]. It was originally shown that the fracture toughness of epoxy can be increased by adding a dispersed rubber phase to glassy, highly cross-linked epoxy resins, which are widely recognized as brittle thermosets and need to be toughened for a number of applications. Due to the increased benefit of using renewable raw materials for the investment of current high plastic systems, NR is a material of choice of identified rubbers [5]. NR is made up of long polymeric chains with a high degree of flexibility and mobility that are linked together to form a network structure [6]. Natural rubber has a number of distinct mechanical, chemical, and physical properties [7]. One technique for enhancing epoxy toughness involves adding a rubber phase to the epoxy as an additional content [8]. The modulus and strength properties have been enhanced by taking into account and studying the concentration, disruption of rubber in the epoxy system, rubber particle size, curing, and interaction between epoxy and rubber. The earliest publications on rubber as a plastic toughening agent were written about PS toughening stages, according to [9]. In order to increase the toughness of the brittle matrix, rubber particles have been widely studied as a second phase to the epoxy resin [10]. According to the general description, there is a chemical interaction between the NR and the epoxy matrix. It has been established that these chemical interactions are quite minimal. In other words, the rubber modified epoxy has a low modulus and strength because there is relatively little interfacial interaction between the rubbery phase and the matrix. It is well known that interfacial adhesion plays a key role in enhancing desirable mechanical properties in a multi-phase system [11]. Using hydroxyl functionality, Mathew [10], investigated how to modify epoxy using liquid natural rubber (HLNR). The results show that as rubber volume increased, the number, volume, area, and weight average zone diameters of HLNR also increased. The critical size of rubber particle that 6 μ was shown to have to highest toughness with a rubber composition of 15 wt % [10]. Modification can be done by dispersing a little amount of rubber as a detachable phase [4], [12]. Epoxy has fracture energies that are orders of magnitude lower than those of thermoplastics and other strong polymers in their cured condition, making it a brittle polymer [13]. Epoxies should be toughened to improve their properties such as fracture toughness in order to preserve their status as the polymer of choice for various applications such as adhesives and composite matrixes [14]. It has been proposed that shear

banding, crazing, and elastic partial deformation can all increase epoxy toughness. These techniques can be applied singly or in combination to produce a toughening influence [14]. Natural rubber was used by Kumar and Kothandaraman to toughen the DGEBA kind of epoxy [13]. By grafting maleic anhydride onto depolymerized NR, it was created together. Various concentrations of epoxy were added to it, with the epoxy resins portion taking precedence over the NR component. When NR was added to epoxy, the (Tg) didn't change much, but the blends' mechanical properties, such flexural and elongation, improved [13]. The fracture and mechanical features of mixes with submicron powdered and liquid rubber were investigated and assessed by Tang et al. in 2014. Although liquid rubber is more thermally resistant than powdered rubber, there are some processing and toughening performance limitations [15]. Epoxy foams are low-density materials that are favored for usage in shock, thermal, and vibration applications because of their high specific characteristics (property divided by density). For the transportation sector, isolation of electronic components and production of lightweight materials [16]. Stefani created a closed-cell epoxy foam using a chemical foaming agent to test the thermal conductivity of composites made of EP and carbon black with varied carbon contents. They found that as foaming agents' rises, the size of the cells increases while density, compression strength, and modulus all fall [17]. In unsaturated samples, Lye showed that supercritical CO_2 predominates as a foaming agent, and that with increasing CO_2 concentration, cell coalescence causes the average cell diameter to increase and the cell density to decrease [18]. The role of acetic acid as a promoter in increasing the decomposition of $NaHCO_3$ in epoxy foam was effectively examined. To make rigid epoxy foam, a mechanical mixing approach was used. According to the findings, adding acetic acid made the solution viscous as the amount of $NaHCO_3$ rose. Although adding acid to epoxy decreased density, increasing porosities decreased the dielectric constant, cross-link density, and mechanical density [19]. Chang and colleagues used the new foaming agent to test the morphology, porosity, mechanical property, thermal conductivity, and adhesive property of foams with different polysilazane contents. The development of high-strength, low-density epoxy foams was successful [20]. Epoxy foams with a higher percentage of $NaHCO_3$ have larger cells and more porosity, according to Fauzi [21]. Processing and final physical properties are affected by the degree of chemical degradation and cure (crosslinking). The density might alter depending on how much foaming agent is employed. To reach its maximum strength, the foam needs to be postcured for a long time [21].

II. EXPERIMENTAL

A. Materials

Euro Chemo-Pharma Sdn Bhd provided clear epoxy (DER 331), a liquid reaction product of epichlorohydrin and bisphenol A. The crystal clear epoxy hardener (A062) used in this study was provided by Euro Chemo-Pharma Sdn Bhd, and the ratio of epoxy to hardener was set at 100:60. Sodium bicarbonate was utilized as a foaming agent. Kasihku Marketing Sdn Bhd in Penang, Malaysia, provided it. HmbG Chemical provided the hydrogen peroxide that was used as a sensitizer in the photo-depolymerization of LNR with a ketone-end group. Sigma Aldrich Sdn Bhd provided the acetic acid, which has the chemical formula CH_3COOH, that was employed as the acidic medium in the photo-depolymerization. Nnatural rubber (NR) was supplied by the Malaysian company Zarm Scientific & Supplies Sdn. Bhd.

B. Sample Preperation

Photo-Chemical Depolymerization of NR Long polymer chains (high molecular weight) can break apart into shorter polymer chains during depolymerization of NR, a process that is well-known as photo-degradation (low molecular weight). According to Nair [22], the photo-chemical depolymerization of NR was performed in this study outside in the sunlight. In a 1000 ml glass beaker with a mechanical stirrer at a speed of 400 rpm at 50 ^oC for two hours, a specific volume of NR was dissolved by adding the proper amount of toluene as a solvent (25 g of NR equivalent 166 ml of toluene). The NR solution was then treated with hydrogen peroxide (30 weight percent H_2O_2) and 2 phr acetic acid. For an hour, the milky liquid natural rubber solution was swirled. For 100 hours, the depolymerization reaction occurs at room temperature in the sunlight. After 100 hours, the milky NR solution has turned a pale yellow color.

To prepare of epoxy and NR samples, Prior to that, NR was first completely dissolved in epoxy resins using the magnetic stirring method at 60 ^oC and 200 rpm, this could take some time. Based on the findings of a previous study, the optimum sodium bicarbonate loading, 15 phr, was chosen as the loading that would result in the highest possible porosity content. As a toughening agent, natural rubber in various volumes (5, 10, 15, 20, and 25 vol.%) was utilized. A magnetic stirrer was used to combine the epoxy (95 vol.%) and NR (5 vol.%) in a total of 250 ml of solution until the rubber was completely dissolved. The mixture was given a fixed amount of 15 phr sodium bicarbonate and stirred for 10 minutes to achieve perfect homogeneity. After another 10 minutes of vigorous stirring, hardener (with an epoxy/hardener ratio of 100:60) was added. A portion of the mixture was then used to measure the viscosity using a viscometer with various rotor speeds of 1, 2, 5, 10, 20, 50, and 100 rpm. While adding the remaining half, acetic acid was added and well mixed at 400 rpm. The mixture was then put into a mold and cured at 100°C for an hour to cure it. The finished product was then removed from the mold after curing. The experiment was repeated with respective amounts of 10, 15, 20, and 25 vol.% of depolymerized natural rubber.

III. CHARACTREIZATIONS

Using a Viscometer, the viscosity of each uncured sample was determined (Model: Brookfield DV-II, spindle size 6). Using a Gas Pycnometer (Model: Micrometrics AccuPyc 1330) and helium medium, the density of the polymer samples was determined in accordance with ASTM D1895, and the porosity percentage was then computed using the resulting densities. Using optical microscopy, pore characterizations, including pore sizes, were measured. Image software was used to analyze the optical microscopy images in order to calculate the average pore size.

IV. RESULTS AND DISSCUSIONS

A. Viscosity

Although it is generally known that the sequence of epoxy hardening involves complex viscosity fluctuations, linear

macromolecule growth takes precedence at the beginning of the process [23]. Epoxy resin curing and $NaHCO_3$ decomposition must be precisely balanced in order for epoxy foams to be effectively prepared. Bubbling won't be achievable if the epoxy matrix is dried first since the polymer matrix would lose its flexibility. If bubbling occurs first without a subsequent cure, bubbles congeal and even collapse [24]. Fig. 1 illustrates the epoxy foam viscosity as a function of NR content and rotor speed. The viscosity often increases slightly as NR content increases. The fraction of toughened rubber rose, leading to an increase in mixture viscosity, when NR in amounts ranging from 5 to 25 vol.% was completely mixed with NaHCO3. The viscosity of the resin is essential for effective foaming, and curing can speed up the gelification process, creating a significant processing problem. Literature indicates that the gel point is when the best viscosity ranges for producing a suitable pore size are obtained [25], [26]. The ideal viscosity ranges for obtaining an acceptable pore size are obtained at the gel point. By increasing the NR content, viscosity generally tends to increase slightly. When NR was extensively included into the mixture with $NaHCO_3$ at various contents ranging from 5 to 25 vol.%, the proportion of toughened rubber increased, increasing the mixture's viscosity. A controlled pore size ensures a consistent foam quality and great mechanical properties [27]. At a fixed 100 rpm rotor speed and 10 vol.% NR content as opposed to 5 vol.% NR, Fig. 1 demonstrates a 22% increase in viscosity. However, the findings showed that viscosity rose in the presence of NR, indicating that epoxy foam crosslinking was to cause the increase in viscosity. The rise is assumed to be caused by the NR molecule being activated by the presence of $NaHCO_3$. According to earlier study, introducing NR to the plastic system increased the melt blending's viscosity [10]. The sample containing 15 vol.% NR had the greatest pore achieved, with a maximum of 15% NR, as pore size values increased with the rise of NR due to reaction delays. It's interesting to note that the size of the pore values significantly decreased despite the addition of 20 vol.% NR to the reaction.

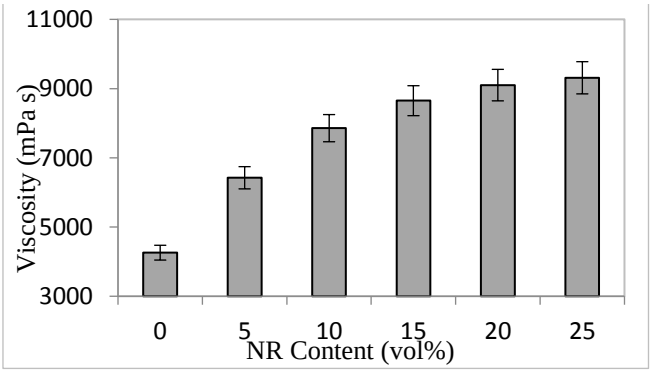


Fig. 1: The viscosity of epoxy foam with 100 rotor speed and NR content

B. Density

Fig. 2 illustrates how the NR content affects the density of an epoxy/NR foam system. Reduced density, which is related to the level of voids created in the polymer matrix, is a top priority in foaming operations. In this study, PDA was used to determine the density of the epoxy foam; the densities of neat epoxy and NR were 1.157 and 0.945 g/cm^3, respectively. To examine the effect of NR content on the density of the epoxy foam, various NR and $NaHCO_3$ amounts were added to epoxy samples. These samples had NR contents that ranged from 5 to 25 vol.% in 5 vol.% increments, whereas the NaHCO3 contents remained constant at 15 phr. The density value of 5 vol.% NR stands out among the others as having the highest value. More NR was added, and the density decreased. This is because the density of the epoxy/NR foam blend was decreased by the addition of NR because raw NR has a lower density than pure epoxy (1.157 g/cm3). If the initial NaHCO3 level was lower, foam density would be expected to be lower since the NaHCO3 eventually decomposes out of the foam. Despite the fact that this is the case, a higher NR content may cause the composition to continue to exist in a rubberier phase, which would cause more expansion and, thus, a lower foam density (SEM micrographs). Hemmasi et al. (2011) [28] suggest that the amount of void created in the polymer matrix controls density reduction. The figures 4.20, 4.21, 4.23, and 4.25 show that it has been found that the density of foams significantly affects their mechanical properties, with higher density foams having superior mechanical properties. The higher viscosity of the mixture as a result of the higher NR content appears to have a conflicting effect (as demonstrated by the difficulty of hand mixing). The tiny NR phases have hindered and impeded the reaction between the reactive epoxide groups of the epoxy matrix and the reactive groups of the hardener. Jianing Zhang and his colleagues claim that, especially in cured epoxies with low cross-linking density, rubber phase separation is not necessary to get the best rubber toughening effect [29](Jianing Zhang et al., 2016). When a result, as the density of the foam system decreases, so does the density of the foam cross-links. When the rubber component reached 10%, Thomas et al. (2007) [30]claimed that this became more relevant [30], [31](R. Thomas et al., 2007; Wei et al., 2019). Depending on the density of the foam, polymer foams have different mechanical properties. In general, higher density is associated with better mechanical properties, while lower density is associated with better insulation [32](Chand & Sharma, 2012).

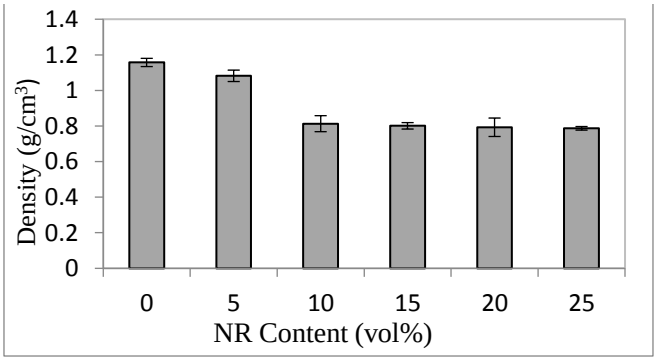


Fig. 2: Density of epoxy foam at different content of NR

The decrease was attributed to the epoxy foam's porous nature as a result of the NR's toughening effect. Epoxy foam loses mechanical characteristics as its porosity decreases with increasing density.

C. Porosity

The effect of NR loading on the porosity of an epoxy/NR foam is depicted in Fig. 3. Epoxy foam density and porosity can be varied from 1.157 g/cm^3 and 7% to 0.787 g/cm^3 and 32%, respectively, by changing the concentration of NR from

5 to 25vol.% The porosity properties of epoxy/NR foam have generally been unaffected by the addition of NR. Porosity is the exact opposite of density since it is the amount of empty space per unit volume as opposed to density, which is the quantity of material per unit volume. Pores in the material are necessary for particular applications, and this affects the material's mechanical properties [33]. When $NaHCO_3$ is added, the possibility of rubber developing porosity and phase separation rises up to a point where a sufficiently high NR content allows the foam to separate from the epoxy matrix, which increases porosity. Findings show that the sample with 10 vol.% loading of NR had the lowest porosity with good dispersion due to the crosslinking that occurred between epoxy and NR [12]. In other words, the porosity rose along with the increase in NR content, eventually plateauing at roughly 30% above a 10 vol.% loading. This is because the rubber particles in epoxy foam are smaller. As a result, the porosity of the porous epoxy reduced while the density grew, increasing the porous epoxy's overall ability to absorb stress during fracture and decreasing the carrying capacity of the materials.

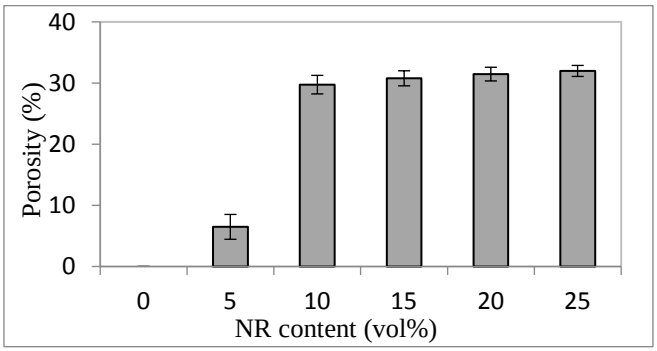


Fig. 3 : Porosity of epoxy foam at different content of NR

D. Average Pore Size

Fig. 4 shows that NR content had a considerable impact on cell structure. At a constant $NaHCO_3$ content, the impact of NR content on pore size was investigated (15 phr). Additionally, the average pore size was established. The results showed that it rose as the NR content increased. Two things account for this. First, when the NR content of the matrix rises, so does the matrix's melt viscosity, which leads to a greater barrier to cell expansion during foaming. Second, dispersing NR throughout the epoxy matrix to improve the cell morphology of epoxy foams.

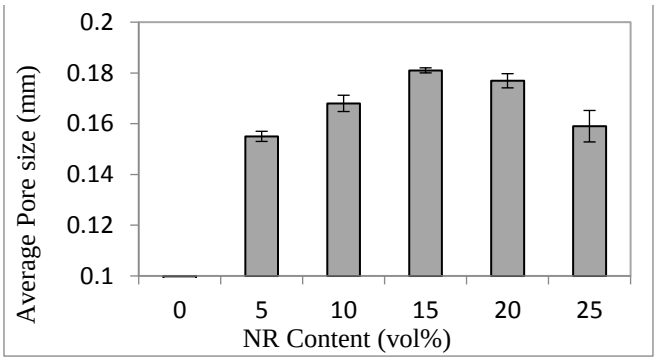


Fig..4: The average pore size of epoxy foam at different content of NR

The pore size values were improved by using NR as a toughening agent, with a maximum NR content of 15% obtained. The reaction was 20 vol.% NR slower, but the average pore size decreased significantly. The amount of gases needed to produce foam remains constant with constant $NaHCO_3$ loadings. A heterogeneous method leads to smaller sizes by increasing the number of nucleation sites [34]. In other words, when the NR content rose, cell growth was constrained by larger pores that ate up available gas more quickly. As a result, the pore size distribution reduced and pore size decreased. The epoxy foams with 10 vol.% and 15 vol.% of NR exhibited the biggest and smallest pore sizes, respectively, as was to be expected. The density of epoxy foam decreases to 0.813 g/cm^3 at 10 vol.%, resulting in a 30% increase in porosity (foams' physical and morphological characteristics were all affected). Fig. 4 shows the open-cell structure of epoxy foams with NR toughened agent. This is owing to the presence of an NR, which slowed the draining of bubbles during the crosslinking reaction in the epoxy system.

V. CONCLUSIONS

In this study, the impact of NR loading on the physical properties of epoxy foam was the main concern. Elastomeric materials must be added to thermoset materials to increase their properties. In this research, NR was used to toughen epoxy matrix in varying amounts (from 5 to 25vol.%). The study demonstrates that NR is a potentially significant elastomeric and toughening agent in the modification of epoxy foam. When compared to viscosity, porosity, density and pore size of epoxy/NR foam has good physical properties. The findings showed that viscosity rose in the presence of NR, indicating that epoxy foam crosslinking was the cause. The rise is assumed to be caused by the NR molecule being activated by the presence of $NaHCO_3$. In general, higher density is associated with better mechanical properties, while lower density is associated with better insulation. The decrease was attributed to the epoxy foam's porous nature as a result of the NR's toughening effect. Epoxy foam loses characteristics as its porosity decreases with increasing density. Because of this, epoxy foams with 15 and 25 vol.% NR had a sizable amount of porosity (32%). The sample containing 15% NR had the greatest pore achieved, with a maximum of 15% NR, as pore size values increased with the rise of NR due to reaction delays. It's interesting to note that the size of the pore values significantly decreased despite the addition of 20 vol % NR to the reaction.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Ministry of Higher Education (MOHE) for their assistance. The grant number FRGS/1/2018/TK05/UNIMAP/02/13 from the Fundamental Research Grant Scheme (FRGS) is warmly acknowledged. Additionally, I would like to express my gratitude to the RASCO company and Wadi alshatti University for their support in helping me present this conference.

REFERENCES

[1] D. Lascano, L. Quiles-carrillo, S. Torres-giner, T. Boronat, and N. Montanes, "Optimization of the Curing and Post-Curing Conditions for the Manufacturing of Partially Bio-Based Epoxy Resins with Improved Toughness." 2019, [Online]. Available: https://www.mendeley.com/research-papers/454b54d6-0be4-3d3a-bf6a-4f92160cdceb/.

[2] D. U. Shah and P. J. Schubel, "Evaluation of cure shrinkage measurement techniques for thermosetting resins," *Polymer Testing*, vol. 29, no. 6. pp. 629–639, 2010, doi: 10.1016/j.polymertesting.2010.05.001.

[3] Yuyan Wang *et al.*, "One-Pack Epoxy Foaming with CO2 as Latent Blowing Agent," *ACS Macro Letters*, vol. 4, no. 2002. ISmithers UK, pp. 693–697, 2015, doi: 10.1021/acsmacrolett.5b00320.

[4] D. Ratna and A. K. Banthia, "Rubber toughened epoxy," *Macromol. Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 11–21, 2004, doi: 10.1007/BF03218989.

[5] a V Chapman, "Natural rubber and NR-based polymers : renewable materials with unique properties," *Glass.* pp. 15–16, 2007, [Online]. Available: https://www.mendeley.com/research-papers/454b54d6-0be4-3d3a-bf6a-4f92160cdceb/.

[6] P. . Visakh, T. Sabu, K. C. Arup, and A. P. Mathew, "Rubber-Thermoset Blends: Micro and Nano Structured," *Advanced Structural Materials*, vol. 11. pp. 1–494, 2013, doi: 10.1007/978-3-642-20925-3.

[7] Y. Ikeda, A. Kato, S. Kohjiya, and Y. Nakajima, *Rubber Science*. Springer, 2018.

[8] S. K. Tan, S. Ahmad, C. H. Chia, A. Mamun, and H. P. Heim, "A Comparison Study of Liquid Natural Rubber (LNR) and Liquid Epoxidized Natural Rubber (LENR) as the Toughening Agent for Epoxy," *Am. J. Mater. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 55–61, 2013, doi: 10.5923/j.materials.20130303.02.

[9] R. A. Pearson and A. F. Yee, "Toughening mechanisms in elastomer-modified epoxies - Part 3 The effect of cross-link density," *Journal of Materials Science*, vol. 24, no. 7. pp. 2571–2580, 1989, doi: 10.1007/BF01174528.

[10] V. S. Mathew, C. Sinturel, S. C. George, and S. Thomas, "Epoxy resin/liquid natural rubber system: Secondary phase separation and its impact on mechanical properties," *Journal of Materials Science*, vol. 45, no. 7. pp. 1769–1781, 2010, doi: 10.1007/s10853-009-4154-8.

[11] J. P. Eubeler, "BIODEGRADATION OF SYNTHETIC POLYMERS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT," *Materials Letters*, vol. 121. pp. 238–240, 2014, doi: 10.1016/j.matlet.2014.01.160.

[12] N. N. Najib, Z. M. Ariff, N. a Manan, a a Bakar, and C. S. Sipaut, "Effect of Blowing Agent Concentration on Cell Morphology and Impact Properties of Natural Rubber Foam," *Journal of Physical Science*, vol. 20, no. 1. pp. 13–25, 2009, [Online]. Available: https://www.mendeley.com/research-papers/454b54d6-0be4-3d3a-bf6a-4f92160cdceb/.

[13] K. D. Kumar and B. Kothandaraman, "Modification of (DGEBA) epoxy resin with maleated depolymerised natural rubber," *Express Polym. Lett.*, vol. 2, no. 4, pp. 302–311, 2008, doi: 10.3144/expresspolymlett.2008.36.

[14] A. B. Ben Saleh, Z. A. M. Ishak, A. S. Hashim, W. A. Kamil, and U. S. Ishiaku, "Synthesis and characterization of liquid natural rubber as impact modifier for epoxy resin," *Physics Procedia*, vol. 55, no. december. Elsevier B.V., pp. 129–137, 2014, doi: 10.1016/j.phpro.2014.07.019.

[15] L. Tang, L. Guan, L. Gong, and L. Wu, "Toughening epoxy with liquid and preformed powdered rubber," *2014Society ofPlastics Engineers (SPE)*, vol. 3. pp. 9–11, [Online]. Available: https://www.mendeley.com/research-papers/454b54d6-0be4-3d3a-bf6a-4f92160cdceb/.

[16] S. S. Samsudin, Z. M. Ariff, Z. Zakaria, and A. A. Bakar, "Development and characterization of epoxy syntactic foam filled with epoxy hollow spheres," *Express Polym. Lett.*, vol. 5, no. 7, pp. 653–660, 2011, doi: 10.3144/expresspolymlett.2011.63.

[17] P. M. Stefani, A. T. Barchi, J. Sabugal, and A. Vazquez, "Characterization of epoxy foams," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 90, no. 11, pp. 2992–2996, 2003, doi: 10.1002/app.13006.

[18] J. Lyu, T. Liu, Z. Xi, and L. Zhao, "Cell characteristics of epoxy resin foamed by step temperature-rising process using supercritical carbon dioxide as blowing agent," *Journal of Cellular Plastics*, vol. 54, no. 2. pp. 359–377, 2018, doi: 10.1177/0021955X16681455.

[19] W. N. F. Wan Hamad, P. L. Teh, and C. K. Yeoh, "Effect of Acetic Acid as Catalyst on the Properties of Epoxy Foam," *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, vol. 52, no. 8. pp. 754–760, 2013, doi: 10.1080/03602559.2012.762375.

[20] Y. Chang, Y. Luo, C. Xu, and J. Zhao, "Polysilazane as a new foaming agent to prepare high-strength, low-density epoxy foam," *Royal Society Open Science*, vol. 6, no. 5. 2019, doi: 10.1098/rsos.182119.

[21] M. S. Fauzi, D. N. U. Lan, H. Osman, and S. A. Ghani, "Effect of sodium bicarbonate as blowing agent on production of epoxy shape memory foam using aqueous processing method," *Sains Malaysiana*, vol. 44, no. 6, pp. 869–874, 2015, doi: 10.17576/jsm-2015-4406-13.

[22] N. R. Nair, N. M. Claramma, N. M. Mathew, S. Thomas, and S. S. Rao, "Flow properties of thermally depolymerized liquid natural rubber," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 55, no. 5. pp. 723–731, 1995, doi: 10.1002/app.1995.070550508.

[23] V. G. Gilev, A. V. Kondyurin, and S. V. Rusakov, "Investigation of epoxy matrix viscosity in the initial stage of its formation," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 208, no. 1. 2017, doi: 10.1088/1757-899X/208/1/012014.

[24] L. Wang, Y. Ji, and X. Peng, "A new two-step process to prepare microcellular epoxy foams based on kinetic analysis," *Journal of Materials Science*, vol. 53, no. 2. pp. 1540–1555, 2018, doi: 10.1007/s10853-017-1583-7.

[25] K. Chen, C. Tian, A. Lu, Q. Zhou, X. Jia, and J. Wang, "Effect of SiO2 on rheology, morphology, thermal, and mechanical properties of high thermal stable epoxy foam," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 131, no. 7. pp. 1–7, 2014, doi: 10.1002/app.40068.

[26] O. Takiguchi, D. Ishikawa, M. Sugimoto, T. Taniguchi, and K. Koyama, "Effect of viscosity of an epoxy near or over its gel point on foaming structures," *AIP Conference Proceedings*, vol. 982, no. February. pp. 501–503, 2008, doi: 10.1063/1.2897845.

[27] M. Cavasin, S. Giannis, M. Salvo, V. Casalegno, and M. Sangermano, "Mechanical and thermal characterization of an epoxy foam as thermal layer insulation for a glass fiber reinforced polymer," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 135, no. 47, pp. 1–7, 2018, doi: 10.1002/app.46864.

[28] A. H. Hemmasi, H. Khademi-Eslam, S. Pourabbasi, I. Ghasemi, and M. Talaiepour, "Cell morphology and physico-mechanical properties of HDPE/EVA/Rice hull hybrid foamed composites," *BioResources*, vol. 6, no. 3. pp. 2291–2308, 2011, doi: 10.15376/biores.6.3.2291-2308.

[29] J. Zhang, S. Deng, Y. Wang, and L. Ye, "Composites : Part A Role of rigid nanoparticles and CTBN rubber in the toughening of epoxies with different cross-linking densities," *Compos. PART A*, vol. 80, pp. 82–94, 2016, doi: 10.1016/j.compositesa.2015.10.017.

[30] R. Thomas *et al.*, "Cure kinetics, morphology and miscibility of modified DGEBA-based epoxy resin - Effects of a liquid rubber inclusion," *Polymer*, vol. 48, no. 6. pp. 1695–1710, 2007, doi: 10.1016/j.polymer.2007.01.018.

[31] K. K. Wei, T. P. Leng, Y. C. Keat, H. Osman, and M. S. M. Rasidi, "The potential of natural rubber (NR) in controlling morphology in two-matrix epoxy/NR/graphene nano-platelets (GNP) systems," *Polymer Testing*, vol. 77. 2019, doi: 10.1016/j.polymertesting.2019.105905.

[32] N. Chand and J. Sharma, "Influence of porosity on resistivity of polypropylene foams," *Journal of Cellular Plastics*, vol. 48, no. 1. pp. 43–52, 2012, doi: 10.1177/0021955X11427190.

[33] X. Wang, L. Zhao, J. Ying, and H. Fuh, "polymers E ff ect of Porosity on Mechanical Properties of 3D Printed Polymers : Experiments and Micromechanical Modeling Based on X-ray Computed Tomography Analysis," 2019.

[34] S. Zhang, D. Rodrigue, and B. Riedl, "Preparation and morphology of polypropylene/wood flour composite foams via extrusion," *Polymer Composites*, vol. 26, no. 6. pp. 731–738, 2005, doi: 10.1002/pc.20143.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة لمقارنة بعض الطرق المستخدمة في تقدير قيمه معامل انحراف الغاز الطبيعي

دراسة الحالة الغاز المنتج من حقل الوفاء

إبراهيم سعد قراش
كلية هندسة الموارد الطبيعية /جامعة الزاوية، العجيلات، ليبيا
a.qarash@zu.edu.ly

الملخص: عامل الانحراف (**Z-factor**) للغازات الطبيعية ضروري في العديد من حسابات هندسة مكامن الغاز، لأن بمعرفه يتم حساب معظم خصائص الغازات الطبيعية تعتمد قيمة معامل انحراف الغاز بشكل رئيسي على تركيب وصيفات النظام الغازي، الضغط، ودرجة الحرارة. المصادر الأكثر شيوعاً لتقدير قيمة معامل الانحراف هي القياسات المعملية والارتباطات التجريبية، تم اختيار بعض الارتباطات البيانية والرياضية لمعرفة ما إذا كانت قابلة للتطبيق او لا، حيث ركزت هذه الدراسة على اختيار أربع علاقات رياضية لتقدير قيمة عامل الانحراف (**Z-factor**)، تم ايضاً مقارنة قيم معامل الانحراف المقاسة معملياً مع القيم المقدرة حسابيا من خلال هذه الارتباطات. واظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان بعض هذه الارتباطات صحيحة بالنسبة للغاز الطبيعي المنتج من حقل الوفاء، والبعض الاخر غير قابل للتطبيق بسبب نسبة الخطأ العالية

الكلمات المفتاحية: : الغاز الطبيعي، معادلات الحالة، معامل انحراف الغاز.

1. المقدمــة.

الغاز الطبيعي هو مزيج معقد من الهيدروكربونات التي تتكون بشكل أساسي من البارا فينات الخفيفة المشبعة مثل (الميثان والإيثان ...الخ) مع كمية قليلة من المركبات غير الهيدروكربونية (الشوائب) ويكون مصاحبا للنفط الخام وحراً في بعض الأحيان، اما الشوائب الغازية التي يحتويها الغاز الطبيعي فهي النيتروجين وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والأوكسجين [1]، تم تطوير العديد من معادلات الحالة العامة للغازات وذلك لغرض ربط متغيرات الضغط والحجم ودرجة الحرارة للغازات الحقيقية بالبيانات التجريبية. وبناء عليه تم اقتراح معادلة الحالة للغازات المثالية، للتعبير عن علاقة أكثر دقة بين المتغيرات P وV وT، ولكن في الواقع ان الغاز الحقيقي يختلف في سلوكه الترموديناميكي عن الغاز المثالي وخصوصاً عند الضغوط العالية، لذلك يجب إدخال عامل تصحيح يسمى عامل انحراف الغاز في المعادلة العامة للغازات لحساب حيود الغازات عن المثالية [2]. يعرف عامل انحراف الغاز بأنه النسبة بين الحجم الحقيقي الذي تشغله

كتلة معينة من الغاز عند ضغط ودرجة حرارة محددين الي الحجم الذي تشغله الكتلة نفسه عند الشروط نفسها إذا تصرف الغاز على نحو مثالي. بشكل عام قيمة عامل الانحراف Z يساوي واحدًا في حالة الغاز المثالي، اما بالنسبة للغاز الحقيقي تكون قيمته أكبر أو أقل من الواحد اعتمادًا على الضغط ودرجة الحرارة ومكونات الغاز.

تؤثر نسبة المركبات الغير هيدروكربونية (الشوائب) على دقة حساب قيمة معامل انحراف الغاز إذا كانت نسبتها في المزيج الغازي أكثر من 10% [3]. يمكن تعين قيمة عامل انحراف الغاز بيانيا باستخدام المنحنيات البيانية او رياضياً باستخدام العلاقات الرياضية.

لقد تم بناء مجموعة من المنحنيات البيانية المعبرة عن تغيرات عامل انحراف الغاز لعدد من المركبات الهيدروكربونية كتابع لكل من الضغط المنخفض الزائف ودرجة الحرارة المنخفضة الزائفة، لكن يعتبر المنحني

المبني من قبل (Standing and Katz) من أكثر المنحنيات استخداماً في تعين قيمة Z للغازات الجافة الفقيرة. ولكن في الحقيقة تفتقر قيمته المقروءة من تلك المنحنيات الى الدقة الكافية، لهذه اعتمدت مجموعة من العلاقات الرياضية التجريبية [4].

تركز هذه الدراسة على اختيار العلاقات الأكثر دقة بغرض التنبؤ بقيم معامل انحراف الغاز الطبيعي المنتج من حقل الوفاء التابع لشركة مليته للنفط والغاز، اختيرت العلاقات الرياضية الأكثر دقة استناداً إلى اقل نسبة خطأ العلاقات التي استخدمت في هذه الدراسة هي ارتباطات ((Brill and Beggs و (Papay) و (Hall-Yarborough) و(Dranchuk-Abu-Kassem).

1.1. الدراسات السابقة.

د. إبراهيم علي محمد، د. رياض عقيلة صالح، د. علي نوري مرحيل، 2016[5] .

تم في هذه الدراسة اختبار بعض العلاقات التجريبية المتطورة للغازات الطبيعية الليبية لمعرفة ما إذا كانت قابلة للتطبيق أم لا. حيث تم اختبار ستة علاقات تجريبية لتقدير (عامل انحراف الغاز)، وتم أيضًا مقارنة قيم عامل Z المقدرة من خلال هذه العلاقات التجريبية مع القيم المقاسة معملياً من حوالي 90 عينة من حقلي نفط ليبيين (عشرة آبار من حقل أمل النفطي وخمسة آبار من حقل تيبيست النفطي). واظهرت النتائج المتحصل عليها أن بعض هذه الارتباطات صحيحة بالنسبة للغازات الطبيعية الليبية، وبعضها غير قابل للتطبيق بسبب ارتفاع متوسط الخطأ المطلق.

تتفق هذه الدراسة مع الدراسة الحالية في دراسة العلاقات الرياضية المستخدمة لتقدير قيمة معامل انحراف الغاز ومقارنة النتائج مع القيم المعملية لمعرفة الطريقة الدقيقة، وتختلفان في مكان وتركيب الغاز المستخدم للدراسة.

إبراهيم قراش، على عبدالله، 2020 [6].

وتتلخص هذه الدراسة حول تأثير مركبات (CO_2، H_2S، N_2) علي قيمة معامل انحراف الغاز الطبيعي المنتج من حقل الوفاء التابع لشركة مليته للنفط والغاز. واظهرت نتائج الدراسة ان قيم معامل انحراف الغاز تزداد مع زيادة نسبة المكونات الغير هيدروكربونية، تتفق هذه الدراسة مع الدراسة الحالية في دراسة الغاز المنتج من حقل الوفاء بينما تختلفان في ان الدراسة الحالية ركزت على دراسة اهم الطرق الحسابية والبيانية المستخدمة لتقدير قيمة معامل انحراف الغاز ومعرفة نسبة الخطأ بين القيم التجريبية والقيم المعملية وذلك بغرض تحديد العلاقة ذات القيمة الدقيقة وبالتالي نسبة الخطأ الأقل.

2. المنهجية.

تتضمن المنهجية المستخدمة في الدراسة القيام بعدة زيارات ميدانية لحقل الوفاء التابع لشركة مليته للنفط والغاز وذلك بغرض جمع البيانات اللازمة للدراسة والمتمثلة في التركيب الكيميائي للغاز المنتج من البئرين (Well No. 142, 143) بالحقل، وضغط ودرجة حرارة المكمن، حيث تم اجراء الدراسة حسب المراحل التالية.

الدراسة النظرية: في هذه المرحلة تمت مراجعة المنشورات والبحوث المتعلقة بموضوع الدراسة، والتحضير للإجراءات الحسابية والتي تتضمن جمع المعادلات والعلاقات الخاصة بتقدير معامل انحراف الغاز الطبيعي.

الإجراءات الحسابية: وتشمل هذه المرحلة اعداد الجداول الالكترونية وذلك بالاستعانة ببرنامج (Microsoft Excel 2013) وكذلك اعداد الخطوات اللازمة لتقدير قيمة معامل انحراف الغاز.

•تحليل النتائج: وهي المرحلة النهائية من الدراسة والتي تشمل تحليل النتائج وكتابة البحث.

3. التركيب الكيميائي للغاز

في هذه الدراسة تم اختيار البئرين (Well No. 142) و (Well No. 143) بحقل الوفاء التابع لشركة مليته للنفط والغاز، وتم جمع بيانات معامل انحراف الغاز معملياً كما موضح بالجدول رقم (1). الجدول رقم (2) يوضح التركيب الكيميائي للغاز المنتج من البئرين بحقل الوفاء، وذلك بناء على التحليل المعملي عند درجة حرارة وضغط البئرين.

جدول (1): يبين قيم معامل انحراف الغاز المقاسة معملياً عند ضغط وحرارة محددة

Z lap	Well number	
	Well No.142	Well No.143
	$T = 231\ F^o$ $P = 1313\ .7\ psia$	$T = 168\ F^o$ $P = 854\ psia$
Value Z-factor Lap	0.904	0.936

جدول (2): مكونات الغاز المنتج من البئرين

Gas composition	Well No.142	Well No.143
	y_i	y_i
C1	0.693	0.7300
C2	0.111	0.0631
C3	0.074	0.0200
C4	0.012	0.1319
C5	0.024	0.0161
C6	0.001	0.0025
N2	0.013	0.0024
CO2	0.061	0.0250
H2S	0.011	0.0009
Total	1.000	1.0000

4. العلاقات الرياضية المستخدمة

1.4. الضغط الحرج المزيف والحرارة الحرجة الزائفة:

على غرار الوزن الجزيئي الواضح للغاز، يمكن تحديد الخصائص الحرجة للغاز على أساس الخصائص الحرجة للمركبات في الغاز باستخدام قاعدة الخلط. وتسمى الخصائص الحرجة للغاز التي تم تحديدها بهذه الطريقة "الخصائص الحرجة الزائفة"، ويتم التعبير عن ضغط الغاز الحرج المزيف P_{pc} ودرجة الحرارة الحرجة الزائفة T_{Tc} على النحو التالي [7]:

$$P_{pc} = \sum_{i=1}^{n} y_i P_{ci} \quad ، \quad T_{pc} = \sum_{i=1}^{n} y_i T_{ci}$$

حيث:

T_{ci}, P_{ci} : ضغط وحرارة المركب الحريجتين

i : الكسر المولي للمركب في الخليط

n : عدد مكونات الغاز

وتم حساب الضغط المختزل الزائف P_r ودرجة الحرارة المختزلة الزائفة T_r من العلاقة:

$$P_r = \frac{P}{P_r}, T_r = \frac{T}{T_r}$$

5. تأثير المركبات غير الهيدروكربونية على عامل انحراف الغاز.

من المعلوم ان الغازات الطبيعية تحتوي بالإضافة الي المركبات الهيدروكربونية، مركبات غير هيدروكربونية كثنائي أوكسيد الكربون، وغاز كبريت الهيدروجين، لكن عندما تتجاوز قيمة الكسر المولي لأحد هذه الغازات أو مجموعها في المزيج الغازي أو عندما تتجاوز قيمة الكسر المولي لغاز النيتروجين (10%)، فمن المستحسن عدم اللجوء الي استخدام العلاقات الرياضية السابقة في تعين قيمة عامل انحراف الغاز لأنها يمكن أن تؤدي الي أخطاء كبيرة لا يسمح بها في الصناعة الغازية[8].

لقد قدم العالمان (Wichert Aziz) بتعريف كل من الضغط الحرج الزائف المصحح ودرجة الحرارة الزائفة المصححة كما يلي:

$$T'_{pc} = T_{pc} - \varepsilon$$

$$P_{pc} = \frac{P_{pc}.T'_{pc}}{T_{pc} + B(1-B).\varepsilon}$$

حيث:

T_{pc}, P_{pc} : الضغط والحرارة الحرجتين الزائفتين للمزيج الغازي

T'_{pc} و P'_{pc} : الضغط والحرارة الحرجتين الزائفين المصححين

ε : معمل التصحيح، والذي يمكن تعينه من العلاقة

$\varepsilon = 120\ .(A^{0.9} - A^{1.6}) + 15\ .(B^{0.5} - B^{4})$ حيث:

A: مجموع الكسر المولي لكل من غاز كبريت الهيدروجين وثاني أوكسيد الكربون في المزيج الغازي.

B: الكسر المولي لغاز كبريت الهيدروجين في المزيج الغازي.

6. عامل انحراف الغاز

تم تطوير العديد من معادلات الحالة في محاولة لربط متغيرات (درجة الحرارة والضغط والحجم) للغازات الحقيقية بالبيانات التجريبية. وللتعبير عن علاقة أكثر دقة بين المتغيرات (T وV وp)، يجب ادخال عامل تصحيح يسمي عامل انضغاط الغاز او انحراف الغاز او، Z-factor في المعادلة العامة للغازات ($PV = nRT$) وبالتالي تصبح المعادلة ($PV = nZRT$). حيث عامل انضغاط الغاز Z هو كمية ليس لها وحدات ويتم تعريفه على أنه نسبة الحجم الفعلي لعدد n من مولات الغاز فيP و T إلى الحجم المثالي لنفس العدد من المولات في نفس P و T [9].

$$Z = \frac{V_{actual}}{V_{ideal\ -aas}}$$

7. الحساب المباشر لقيم معامل انحراف الغاز

قدم (Standing and Katz) سنة 1942 مخطط لتقدير عامل انضغاط الغاز، هذا المخطط موثوق بشكل عام للغاز الطبيعي المحتوي على كمية قليلة من الهيدروكربونات ويعتبر واحدة من أكثر العلاقات المقبولة على نطاق واسع في صناعة النفط والغاز. لايزال مخطط (Standing-Katz) يستخدم على نطاق واسع لتقدير قيمة معامل انضغاط الغاز نتيجة لذلك، كانت هناك حاجة واضحة لعلاقة او وصف رياضي بسيط لهذا المخطط. تم تطوير العديد من الارتباطات التجريبية لحساب عامل الانضغاط على مر السنين، حيث تم في هذه الدراسة اختيار اربع طرق تجريبية لتقدير قيم معامل انحراف الغاز.

1.7 علاقة (Brill And Beggs)[10]

قدم (Brill and Beggs) سنة 1974 علاقة حسابية تعطينا قيماً دقيقة لعامل Z بما يكفي للعديد من العمليات الحسابية الهندسية، حيث يتم التعبير عن علاقة عامل بريل وبيج (Brill and Beggs) على النحو التالي:

$$Z = A + \frac{1-A}{e^{B}} + C.P_r^{D}$$

حيث ان:

$$A = 1.39\ (T_r - 0.92\ )^{0.5} - 0.36\ T_r - 0.101$$

$$B = (0.62 - 0.23\ T_r)P_r + (\frac{0.066}{T_r - 0.86} - 0.137\ )P_r^{2} + \frac{0.32\ P_r}{10^{(9T_r - 9)}}$$

$$F = 0.3106 - 0.49\ T_r + 0.1824\ T_r^{2}$$

$$D = 10^{F}$$

حيث يمكن إيجاد قيمة كل من البارامترات (A,B,C,D,F) بواسطة معادلات ثابتة كما هو موضح أعلاه، وتعتمد هذه المعادلات علي قيم الضغط المنخفض الزائف ودرجة الحرارة المنخفضة الزائفة.

2.7 علاقة بابـاي (Papay Correlation)

$$X3 = 90.7t - 242.2t^2 + 42.4t^3$$

[11]:قـدم العـالم (Papay) تعبيـر رياضـي بسـيط لتقـدير قيمـة معامـل انحـراف الغـاز مـع الضـغط الحـرج المـنخفض الزائـف (P_r) ودرجـة الحـرارة الحرجة المنخفضة الزائفة (T_r)، كالتالي:

$$Z = \frac{3.53\ P_r}{10^{\,0.9813\ T_r}} + \frac{0.274\ P_r^{\,2}}{10^{\,0.8157\ T_r}}$$

حيث:

P_r, T_r : الضـــغط والحـــرارة المنخفضـــتين الزائفتين للمزيج الغازي

3.7 علاقة (Hall–Yarborough's Correlations)[11]

قـدم العالمـان (Hall and Yarborough) سـنة 1973 معادلـة والتـي تمثـل بدقـة الرسـم البيـاني لمخطـط Katz. تـم تحديـد معـاملات الارتبـاط مـن خـلال ملاءمتهـا للبيانـات المـأخوذة مـن مخطـط Katz and Standing. حيـث يمكـن كتابـة العلاقة على النحو التالي:

$$Z = \left[\frac{0.06125\ \ P_r t}{Y}\right] \exp\left[-1.2(1-t^2)\right]$$

حيث:

P_r = الضغط الزائف المنخفض

t = مقلـوب درجـة الحـرارة الزائفـة المختزلـة ، أي Tpc / T

Y = الكثافة المنخفضة التي يمكن الحصول عليها من المعادلة التالية:

$$f(Y) = X1 + \frac{Y + Y^2 + Y^3 + Y^4}{(1-Y)^3} - (X2)Y^2 + (X3)Y^{X4} = 0$$

$$X1 = -0.06125\ \ P_r t \exp\left[-1.2(t-1)^2\right]$$

$$X3 = 90.7t - 242.2t^2 + 42.4t^3$$

$$X2 = 14.46t - 9.76t^2 + 4.58t^3$$

$$X4 = 2.18 + 2.82t$$

4.7 علاقـــة (Dranchuk and Abu-Kassem)[11]:

قدم (Dranchuk and Abu-Kassem) سنة (1990) تعبيرا تحليلياً لحساب كثافة الغاز المنخفضة والتي يمكن استخدامها لتقدير عامل انحراف الغاز. يتم تعريف كثافة الغاز المنخفضة (ρ_r) كنسبة بين كثافة الغاز عند ضغط ودرجة حرارة محددين إلى ضغط الغاز الحرج أو درجة حرارته.

$$Z = \left\{\begin{array}{l}\left(1 + (A_1 + \frac{A_2}{T_r} + \frac{A_3}{T^3_r} + \frac{A_4}{T^4_r} + \frac{A_5}{T_r^5})\rho_r + (A_6 + \frac{A_7}{T_r} + \frac{A_8}{T^2_{r\,r}})\rho_r^2 - \right. \\ \left. A_9(\frac{A_7}{T_r} + \frac{A_8}{T^2_r})\rho_r^5 + A_{10}(1 + A_{11}\rho_r^2)\frac{\rho_r^2}{T_r^3}\exp(-A_{11}\rho_r^2)\right)\end{array}\right\}$$

$$0 = \left\{\begin{array}{l}\left(1 + (A_1 + \frac{A_2}{T_r} + \frac{A_3}{T^3_r} + \frac{A_4}{T^4_r} + \frac{A_5}{T_r^5})\rho_r - 0.27(\frac{P_r}{\rho_r T_r}) + (A_6 + \frac{A_7}{T_r} + \frac{A_8}{T^2_{r\,r}})\rho_r^2 - \right. \\ \left. A_9(\frac{A_7}{T_r} + \frac{A_8}{T^2_r})\rho_r^5 + A_{10}(1 + A_{11}\rho_r^2)\frac{\rho_r^2}{T_r^3}\exp(-A_{11}\rho_r^2)\right)\end{array}\right\}$$

$$Z = 0.27\,(\frac{P_r}{\rho_r T_r})$$

$$A_1 = 0.3265$$
$$A_2 = -1.07$$
$$A_3 = -0.5339$$
$$A_4 = 0.01569$$
$$A_5 = -0.05165$$
$$A_6 = 0.5475$$
$$A_7 = -0.7361$$
$$A_8 = 0.1844$$
$$A_9 = 0.1056$$
$$A_{10} = 0.6134$$
$$A_{11} = 0.721$$

5. النتائج والمناقشة:

1.5 قاعدة الخلط والخصائص الحرجة: في هذه الدراسة تم استخدام قاعدة الخلط لحساب الخصائص الحرجة (critical properties) للغاز والمتمثلة في درجة الحرارة والضغط الحرجيتين الزائفتين (P_{pc} , T_{Tc}) كما موضح بالجدول رقم (3) والجدول رقم (4)، وذلك بالاستعانة ببرنامج الاكسيل لتصميم الجداول الالكترونية اللازمة لتحليل تلك الخصائص. وتم استخدام علاقة (Wichert- Aziz) لتصحيح قيم درجة الحرارة والضغط الحرجيتين الزائفتين نظرا لاحتواء الغاز على مركبات غير هيدروكربونية واللازمة لتقدير قيم معامل انحراف الغاز، ومن ثم حساب الضغط المختزل الزائف P_r ودرجة الحرارة المختزلة الزائفة T_r .

الجدول (3): قاعدة الخلط والخصائص الحرجة للغاز الطبيعي المنتج من البئر 142

Compound	y_i	M_i	$M_i y_i$	P_{ci} (psia)	$y_i P_{ci}$ (psia)	T_{ci} (R^0)	$y_i T_{ci}$ (R^0)
C1	0.693	16.04	11.12	673	466.46	344	238.39
C2	0.111	30.07	3.34	708	78.62	550	61.05
C3	0.074	44.10	3.26	618	45.73	666	49.28
C4	0.012	58.12	0.70	551	6.61	766	9.19
C5	0.024	72.15	1.73	489	11.74	846	20.30
C6	0.001	86.18	0.09	440	0.44	915	0.92
N2	0.013	28.02	0.36	188	2.44	492	6.40
CO2	0.061	44.01	2.68	1073	65.45	548	33.43
H2S	0.011	34.08	0.37	493	5.42	672	7.39
	1.000	M_a =	23.66	P_{pc}=	683	T_{pc}=	426
		γ_g =	0.82				

الجدول (4): قاعدة الخلط والخصائص الحرجة للغاز الطبيعي المنتج من البئر 143

Compound	y_i	M_i	$M_i y_i$	P_{ci} (psia)	$y_i P_{ci}$ (psia)	T_{ci} (R^0)	$y_i T_{ci}$ (R^0)
C_1	**0.7300**	16.04	11.71	673	491.36	344	251.12
C_2	**0.0631**	30.07	1.90	708	44.69	550	34.71
C_3	**0.0200**	44.10	0.88	618	12.36	666	13.32
C_4	**0.1319**	58.12	7.67	551	72.68	766	101.04
C_5	**0.0161**	72.15	1.16	489	7.87	846	13.62
C_6	**0.0025**	86.18	0.22	440	1.10	915	2.29
N_2	**0.0024**	28.02	0.07	188	0.45	492	1.18
CO_2	**0.0250**	44.01	1.10	1073	26.83	548	13.70
H_2S	**0.0090**	34.08	0.31	493	4.44	672	6.05
	1.000	M_a =	**25.01**	P_{pc}=	**662**	T_{pc}=	**437**
		γ_g =	**0.86**				

تقـــدير قيمـــة معمـــل انحـــراف الغـــاز باســـتخدام منحنيات (Standing and Katz)

تـم تقدير قيمـة معمـل انحـراف الغـاز بيانيـاً وذلـك وفـق الخطوات التالية:

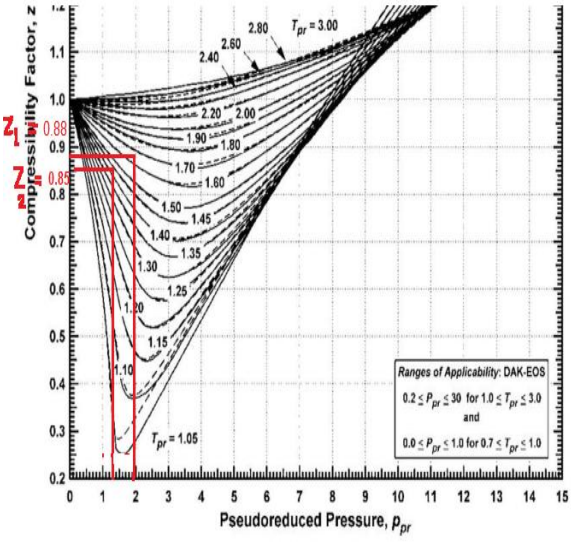
حســـاب الضـــغط المختـــزل الزائـــف P_r ودرجـــة الحرارة المختزلة الزائفة T_r من العلاقة:

$$P_{r1} = \frac{P}{P_{pc}} = \frac{1313\ .7}{683} = 1.92\ psia\ , T_{r1} = \frac{T}{T_{tc}} = \frac{691}{426} = 1.62\ R^0$$

$$P_{r2} = \frac{P}{P_{pc}} = \frac{854}{662} = 1.29\ psia\ , T_{r2} = \frac{T}{T_{tc}} = \frac{628}{437} = 1.44\ R^0$$

معامـل انحـراف الغـاز لمقارنتهـا مـع القـيم المعمليـة ومعرفـة نسـبة الخطـأ، حيـث تـم اسـتخدام أربعـة طـرق كالتالي:

الطريقـــة الاولـــي (Brill-Beggs): يـتم فـي هـذه الطريقة ادخال حرارة وضغط البئر والنسب



الشكل (1): تقدير قيم معامل انحراف الغاز بيانيا من مخطط (Standing and Katz)

المولية للشوائب الغازية في الجدول الالكتروني المصمم ببرنامج الاكسيل وفق المعادلات الخاصة بهذه الطريقة. قيمة معامل انحراف الغاز للبئرين كانت $Z_1 = 0.873\ , Z_2 = 0.85$.

الطريقـة الثانيـة (Papay): تـم فـي هـذه الطريقـة ادخـال درجـة الحـرارة الزائفـة المختزلـة والضـغط الزائـف المختـزل فـي الجـدول الالكترونـي المصـمم وفـق المعادلـة الخاصـة بهـذه الطريقـة، حيـث كتنـت قـــيم معامـــل انحـــراف الغـــاز للبئـــرين $Z_1 = 0.874\ , Z_2 = 0.855$.

الطريقـــة الثالثـــة (Hall-Yarborough's): تـــم فـــي هـــذه الطريقـــة ادخـــال درجـــة الحـــرارة الزائفـــة المختزلـــة والضـــغط الزائـــف المختـــزل فـــي الجـــدول الالكترونـــي المصـــمم وفـــق المعـــادلات الخاصـــة بهـــذه الطريقـــــــــة، وكانـــــــــت النتـــــــــائج $Z_1 = 1.08\ , Z_2 = 0.857$.

الطريقـة الرابعـة (Dranchuk and Abu-Kassem): تـم فـي هـذه الطريقـة ادخـال درجـة الحـــرارة الزائفـــة المختزلـــة والضـــغط الزائـــف المختـــــزل وكـــــذلك قـــــم البـــــارمترات ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}$) فـي الجـدول الالكترونـي المصـمم وفـق المعـادلات)، حيـث أظهـرت النتـائج ان قـيم معامـل الانحـراف للبئـــرين (142 143) هـــي علـــى التـــوالي $Z_1 = 0.8, Z_2 = 0.60$.

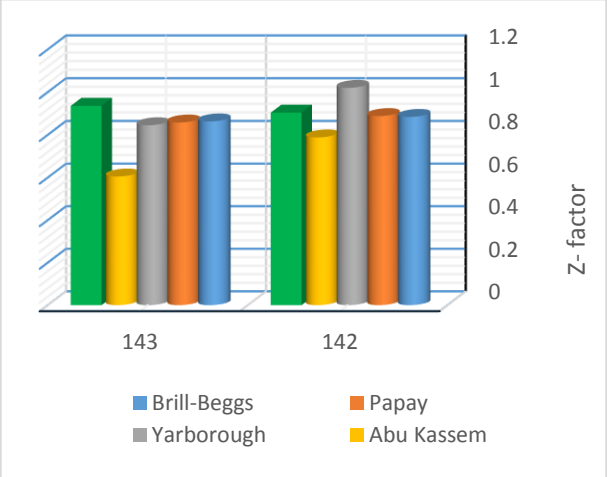
إسـقاط قيمـة كـل مـن (P_r, T_r) علـى المحـاور المناسـبة لمنحنيـات (Standing and Katz) لتقـدير قـيم Z، كمـا موضـح بالشـكل رقـم (1)، حيـث كانت القيم $Z_1 = 0.88\ , Z_2 = 0.85$.

2.5 تقدير قيمة معمل انحراف الغاز باستخدام العلاقات الرياضية

تم في هذه الدراسة اختيار مجموعة من العلاقات الرياضية التجريبية، وذلك لغرض تقدير قيمة

7. مقارنة قيم معامل انحراف الغاز مع القيم المعملية

الجدول رقم (5) يوضح قيم معامل انحراف الغاز وذلك بعد تصحيح الخصائص الحرجة الزائفة للمزيج الغازي بالبئرين حسب الطرق الأربعة سابقة الذكر. يتضح لنا من الشكل (2) ان طريقتي (Papay) و (Brill-Beggs) نتائجهما اكثر دقة من باقي الطرق، وان طريقة (Dranchuk –Abu Kassem) تعتبر قيمها غير دقيقة. وعلاوة على ذلك تعطي علاقة (Papay) اقل نسبة خطأ في البئر 142، اما علاقة (Dranchuk –Abu Kassem) تعطينا اعلى نسبة خطا في المزيج الغزي من البئرين كما موضح بالجدول رقم (6).



الشكل (2): مقارنة قيم معامل انحراف الغاز المعملية مع التجريبية

الجدول (5): يوضح قيم معامل انحراف الغاز بعد تصحيح الخصائص الحرجة الزائفة

	Well No. 142			
Compressibility factor value	Brill–Beggs	Papay	Yarborough	Dranchuk –Abu Kassem
	0.884	0.888	1.02	0.788
	Well No. 143			
Compressibility factor value	Brill–Beggs	Papay	Yarborough	Dranchuk –Abu Kassem
	0.863	0.858	0.845	0.605

الجدول (6): يوضح نسبة الخطأ بين القيم المعملية والحسابية لمعمل انحراف الغاز.

mistake percentage				
Dranchuk –Abu Kassem	(Yarborough)	(Papay)	Brill–) (Beggs	Well No
%12.83	%12.83	%1.77	%2.21	142
%35.36	%9.72	%8.33	%7.80	143

8. الاستنتاجات:

من خلال تحليل النتائج توصلت الدراسة الى الاستنتاجات التالية:

1. تتسبب المركبات الغير هيدروكربونية (Non-hydrocarbon) في خليط الغاز في زيادة قيم معامل انحراف الغاز.
2. تعتبر علاقة (Dranchuk –Abu Kassem) غير دقيقة في تقدير قيم معامل الانحراف نظراً لاحتوائها على اعلى نسبة خطا.
3. تعتبر علاقة (Papay) من أكثر الطرق دقة لتقدير قيم معمل الانحراف، وذلك لاحتوائها

علي اقل نسبة خطا مقارنة بالطرق الأخرى التي استخدمت في هذه الدراسة.

4. قيم معامل انحراف الغاز للمزيج الغازي من البئرين (142 و143) بيانياً باستخدام مخطط (Standing and Katz) كانت

$$Z_1 = 0.88 , Z_2 = 0.85$$

9. المراجع:

[1] AONG website, www.arab-oil-naturalgas.com [available 14/01/2023] http://download1648.mediafire.com/voeqk8yyu1tg/wir08l561t563ra/%D8%A7%D9%84%D8%BA%D8%A7%D8%B2+%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A8%D9%8A%D8%B9%D9%89.pdf

[2] Syrian Private University, Faculty of Petroleum Engineering, [available 01/2/2023] https://spu.edu.sy/downloads/files/1536376088_Fluids%20Mechanic%20Theoretical.pdf

[3] Ahmed, T. (2010). Reservoir Engineering Handbook, 4th edition. Gulf Professional Publishing, p 29.

[4] Syrian Private University, Faculty of Petroleum Engineering, [available 11/02/2023] 2https://spu.edu.sy/downloads/files/1540155910_Test%20the%20separator%20Saad.pdf

[5] Dr. Ebrahim Ali Mohamed et al. (2016), Evaluation of Correlations for Libyan Natural Gas Compressibility Factor. University Bulletin January – ISSUE No.18- Vol. (1).

[6] Abrahim Saad Garash and Ali Abdallah " Effect of CO_2, H_2S and N_2 Components on Z- Factor Values (A Case Study of Wafa Gas Field)" Himalayan Journal of Agriculture; Vol-1, Iss- 2 (Nov-Dec, 2020): 39-44.

[7] Boyun, G., Xinghui, L., & Xuehao, T.(2017) ."Petroleum Production Engineering " 2th,Gulf Professional Publishing, pp 22-30.

[8] Syrian Private University, Faculty of Petroleum Engineering, [available 11/02/2023], p4. https://spu.edu.sy/downloads/files/1540155910_Test%20the%20separator%20Saad.pdf

[9] Jean Saad and Maher Saada.(2008), Fluid Mechanics, Theoretical Part Ba'ath University Publications, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering.p52-53.

[10] Boyun, G., Xinghui, L., & Xuehao, T".(2017) ."Petroleum Production Engineering " 2th,Gulf Professional Publishing, pp 23-28.

[11] Yarborough L., Hall K.R., 1974. How to Solve Equation of State for Z factors Oil & Gas J., Feb 18, 86-88.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Optimization of the Concentration Bath of Ni-P Electroless Plating by Photon Energy

Faiza Aljaray

Department of Chemical and Petroleum Engineering
Al-Mergib University
Alkhoms, Libya
Presenting author:

ffalgeria@elmergib.edu.ly

Abstract: Electroless nickel (EN) plating is a chemical reaction process which depends upon the catalytic reduction process of nickel ions in an aqueous solution (containing a chemical reducing agent) and the subsequent deposition of nickel metal without the use of electrical energy. This method distinguished by good mechanical properties also high resistance to corrosion also very stable and uniform thickness deposits on over sides of surface sample. This work involves study the optimization the concentration bath of the Ni-P electroless plating by exploiting the photonic energy (UV radiation). As an assistant source of energy to decrease the temperature of bath water of coating and compared to heating only. The present work investigates the influence of bath compositions, which included Nickel sulphate hexahydrate, Sodium hypophosphite monohydrate, Thiourea, Lactic acid, Propionic acid, on the process of electroless Ni–P coating. The deposition rate as well as the bath stability were monitored to optimize the plating bath conditions with the different composition. The thickness of deposit layer was obtained by using a sensitive balance and permascope apparatus. The resulted Ni-P layer was uniform and stable and good mechanical properties.

Keywords: Ni-P electroless plating, reducing agent, concentration, UV radiation.

I. INTRODUCTION

The discovery that some alloys produced by electroless deposition, notably nickel phosphorus, have unique properties. The most popular metal used in the electroless plating being Nickel, so it is chosen for further investigation in this study.

Modern electroless plating began in 1944 with the rediscovery that hypophosphite could bring about nickel deposition. Subsequent work led to the first patents on commercially usable electroless nickel solution. Although these solutions were very useful for coating metals, they could not be used on most plastics because the operating temperature was 90-100 °C(1). The electroless plating process is achieved to improve the mechanical properties of the metal. Hiratsuka et al. have studied the effect of the Ni-P electroless plating on the wear properties of the metals (2).

The electroless Ni-P alloy deposit has been extensively used in electronics, machinery, automobile, aerospace, oil and gas production, and valve industries for its excellent properties, such as hardness, corrosion resistance, and wear resistance. The deposition rate of electroless nickel plating with hypophosphite as a reducing agent is generally below 20 µm/hr, it is thus important to search for effective accelerators in EN plating. It was observed that thiourea and other sulfur containing compounds can increase the rate of nickel deposition when present in very small concentrations(3).

The effects of two electroless nickel bath stabilizers; thiourea and maleic acid were investigated. The EN deposits were characterized in terms of surface morphology, microstructure, phase, and composition. It was demonstrated that the addition of thiourea and maleic acid significantly improved the stability of the EN bath. It was observed that the stabilizers have a minor and a major effect on phosphorus content and morphology of the EN deposits, respectively (4).

The effect of thiourea and lead acetate on deposition rate crystallinity, surface morphology, and phosphorus content of electroless nickel deposit. In the investigated pH range (4-5), thiourea gave rise to higher deposition rates yet lower phosphorus contents than lead acetate. The results of Scanning electron microscope (SEM) and Atomic force microscope (AFM) investigation showed that coarse nodule and relatively rough surface morphology were obtained in the presence of thiourea. A higher pH value as well as a greater thiourea concentration tends to enhance the crystallization of the electroless nickel deposit(5).

The effect of UV irradiation on nickel plating during the electroless plating process was investigated. Both enhancement of the plating rate and the quite opposite effect, suppression, were obtained. Either enhancement or suppression can be caused by selecting the step at which the UV light is irradiated on the substrate. By using these effects, a pattern can be made on nickel film without the etching technique. This technique is similar to the so-called etchingless technique used to make semiconductors (6).

Electroless Ni-P coating is widely used in industrial engineering applications due to its ability to alter and improve the surface properties of the steel substrates. Electroless nickel coating introduce an excellent combination of surface properties, where, it could add brightness, luster, and good appeal. The final coating layer also possess a very good adhesion with the coated substrates, this is the reasons for using such layer as an 'undercoat' for other coatings. The ability to produce a very homogenous composition and produce coating with a high corrosion resistance are mainly based on the plating bath composition. The present work investigates the influence of bath compositions, which included nickel sulphate, sodium hypophosphite and tri-sodium citrate, on the process of electroless Ni–P coating. The

deposition rate as well as the bath stability were monitored to optimize the plating bath conditions with the different composition. The results of this work showed that the deposition rate of coating layer increase with the increase of nickel source and reducing agent while; sodium citrate concentration in the plating bath has adverse effect on the deposition rate of coating (7).

II. MATERIAL AND METHODS

2.1. MATERIALS

The chemicals were used in experimental work of electroless plating bath shown in the Table(1)

Table 1. Material for the composition bath (8)

Bath composition	Formal	Concentration (g/l).
Nickel sulphate hexahydrate	NiSO4.6H2O	21.2
Sodium hypophosphite monohydrate	NaH2PO2.H2O	24
Lactic acid	C3H6O3	28
Propionic acid	C3H6O2	2.2
Thiourea	CH4N2S	0.0008

Nickel sulphate hexahydrate was used as the source of nickel. Sodium hypophosphite was used as the reducing agent, which also serves as the source of phosphorus in the coating. Lactic acid and propionic acid were used as the complexing agents to control the rate of release of free metal ions for the reduction reaction. Thiourea was used as additives in the plating bath. Among them, thiourea was used as stabilizers to prevent the decomposition of the plating bath.

2.2 Sample Preparation

The used iron specimen was produced by LIBYAN IRON & STEEL CO., Misurata, with special specification. The chemical compositions of steel metallic piece were included on Fe, C, Si, Mn, P, S and Al with 99.402, 0.095, 0.22, 0.207, 0.014, 0.001 and 0.061 respectively. The assay (sample) is prepared (40mm × 30mm × 1mm) and pierced from above to be hanged inside the cup so that precipitation happened all over the sides. Diluted nitric acid is used to clean the surface and as a catalyst for the precipitation process. Deionized water is used afterwards and lastly with acetone many times and dried well and then be weighed.

2.3 Measurements and characterization

In this work, in order to investigate, how change in various parameter concentration bath when using photonic energy for electroless plating alloy from Ni-P, they will affect the deposition. The samples obtained were characterized by SEM, techniques. The operation parameters of electroless Ni-P deposition bath are shown in Table (2).

Table 2. Operating Conditions

PH	6.5
Temperature	80°C
Duration	60 min

The instrument as UV exposure box (Radio Spares, model No.556-238) used to exposure the UV light on the baths. Permascope (D211D type D211D NO.03112864), Scanning electron microscope, sensitive level balance were used to investigate the composition of deposition layers.

III. Results and Discussion

3.1 Thickness coat Measurement

Measurement the thickness of deposited layer by two methods:
Using a sensitive balance and using permascope apparatus. The values of thicknesses of deposition layer by using sensitive balance and permascope apparatus is very nearly. The deposit layer has good mechanical properties.
Thickness coating can be measurement by the following:

Using the sensitive balance:

After drying the sample so well, then weighed and the thickness of the coat is determined according to the following equation:

Thickness (cm)=(Weight of deposition (g)/(Density(g/cm^3)× Area(cm^2)) (1)

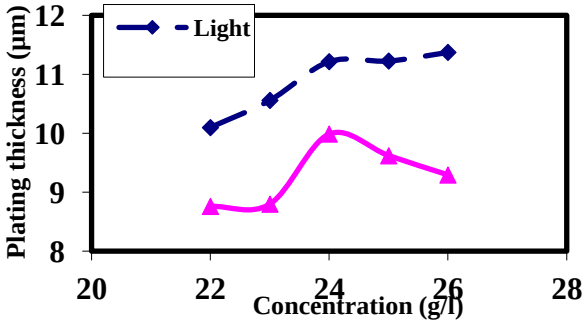


Figure1.Effect of change concentration Sodium hypophosphite monohydrate ($NaH_2PO_2.H_2O$)on plating thickness at (T=80˚C,t=60min,pH=6.5).

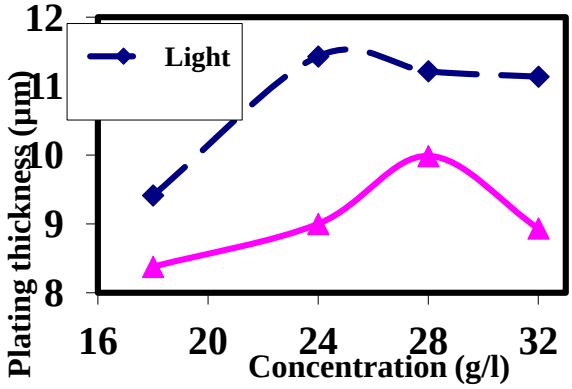


Figure 2.Effect of change concentration lactic acid ($C_3H_6O_3$) on plating thickness at (T=80˚C,t=60min, pH=6.5).

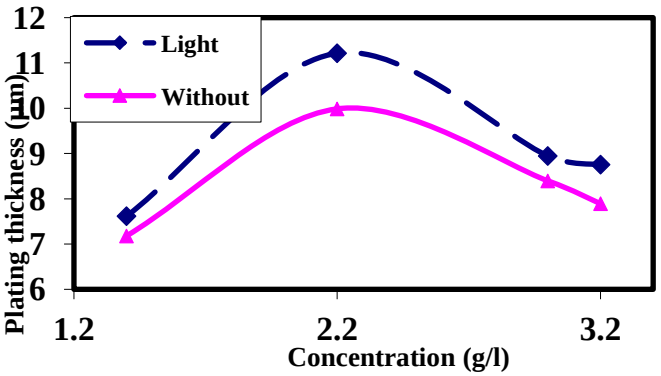


Figure 3.Effect of change concentration propionic acid ($C_3H_6O_2$) on plating thickness at (T=80˚C,t=60min, pH=6.5).

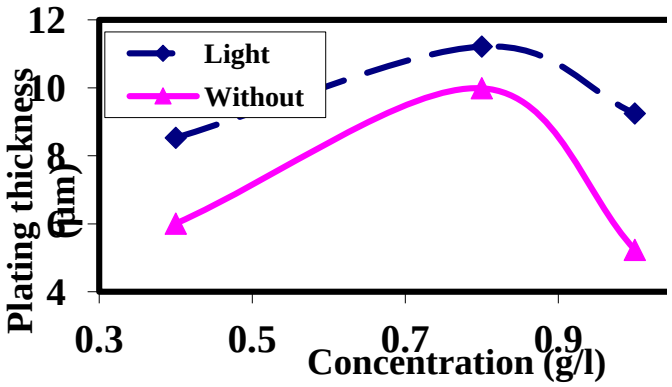


Figure 4. Effect of change concentration Thiourea (CH_4N_2S) on plating thickness at (T=80˚C,t=60min, pH=6.5).

Concentration of Nickel sulphate hexahydrate. In the presence light of maximum concentration is 22g/l and pH (6.5) or maximum concentration at without light21.2g/l .The effect of light on plating thickness is greater in the presence of light. The reason due to effect change concentration on reaction mechanism or also effect light on deposition.(ALjaray faiza,(12)). the change of concentration Sodium hypophosphite monohydrate ($NaH_2PO_2.H_2O$) from 22g/l to 26 g/l at pH (6.5) note increasing in plating thickness at present light This might be justified as increasing the concentration of hypophosphate the plating of phosphorous increases.

The thickness and concentration of Lactic acid ($C_3H_6O_3$) from 18 g/l to 32 g/l a, that addition lactic acid accelerates the rate of deposition up to 24 g/l and started to lower the rate of deposition at concentration 28 g/l. and this is because of the reaction mechanism in solution. And optimum plating thickness at present light with concentration (24 g/l) and at without light with concentration (28g/l) is thickness in presence light high from without light. De Minjer and Brenner,(9) studied the relationship between concentration of different acid especially lactic acid with the plating rate, is obtained high rate deposition at concentration 27 g/l at without light.

The plating thickness with concentration of propionic acid ($C_3H_6O_2$) from 1.4 g/l to 3.2 g/l the optimum concentration increased from plating thickness 2.2 g/l in present light and without light. At that addition propionic acid accelerates the rate of deposition up to 2.2 g/l and started to lower the rate of deposition at concentration 3 g/l. and this is because of the reaction mechanism in solution.

Lactic acid and propionic acid were used as the complexing agents to control the rate of release of free metal ions for reduction reaction Baskaran et al,(8).

The addition of thiourea in the concentration range (0.4 – 0.8 ppm) increases in presence or absence of light. The plating thickness started to decrease at concentration 1 ppm. The maximum thickness was noticed at concentration 0.8 ppm in presences or absence of light. From results Baskaran et al,(8). The addition of thiourea accelerates the rate of deposition up to 0.8 ppm and started to inhibit at a concentration of 1ppm. Thiourea can lower the activation energy of the electroless nickel deposition reaction.

The thiourea exerts an accelerating or inhibiting effect on the plating rate, depending on the thiourea concentration Talmey and Gutzeit, (11) and De minjer and Brenner,(10).on the sample.

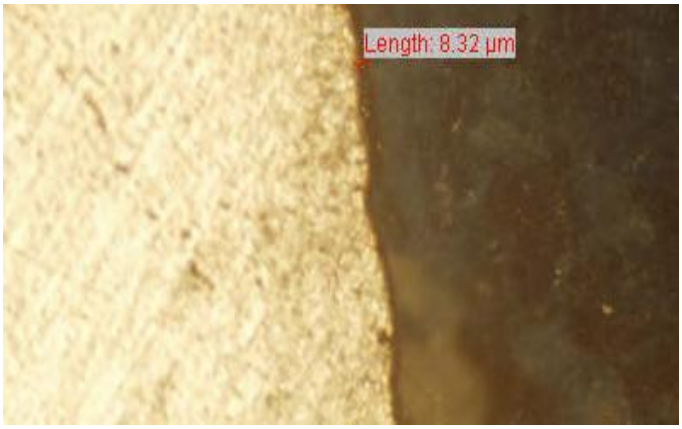


Figure5.SEM of Cross section view of an electroless plating

IV. Conclusion

The results obtained in this work for study the effect of exploiting the photonic energy on the Ni-P electroless plating. Also study the change concentration bath affected on deposition and measurement the thickness of deposited layer by two methods using a sensitive balance and permascope apparatus. These readings are very nearly and indicate that thickness of plating is uniform at sample surface, also the plating is homogenous. The best of thickness deposition (plating Ni-P) at concentration bath by using light.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the support given for this work by the Al-Mergib and Tripoli University.

References

1- Brenner, A and Riddell G. in Proc. AES An. Tech. Conf. (1946).
2- Hiratsuka, K.; Abe, Y.; and Kawashima S. Effect of in-situ electroless plating on friction and wear of metals. Wear,2003. 255, 910-916.
3- Brenner, A. and Riddell, G.; J. Res. Nat. Bur. Std., 37, 31 (1946); 39, 385 (1947).
4- Cheong, W. J. and Luan, L. B. and Shoesmith, D. W."The effects of stabilizers on the bath stability of electroless Ni deposition and the deposit", Applied Surface Science 229 P 282-300 (2004).
5- Lin, K. and Hwang, J. W."Effect of thiourea and lead acetate on the deposition of electroless nickel", Materials Chemistry and Physics 76 (2002) p 204-211.
6- Nakamichi, I. Ishikawa, Y. and Hirose, Y. "The effect of ultraviolet irradiation on electroless plating process of nickel", Japanese Journal of Applied Physics, vol.26, No.4, April, (1987),p.L228-L230.
7- Omar, R. and EL-sharief, M Optimization of electroless NI-P coating bath and its impact in the industrial applications, Journal of Engineering Sciences Assiut University,vol 49,No.1,January(2021).
8- Baskaran, I. Sankara Narayanan, T. S. N. Stephen, A." Effect of accelerators and stabilizers on the formation and characteristics of electroless Ni-P deposits", Materials Chemistry and Physics 99 (2006) p119.
9- De minjer, C. and Brenner, A. Plating, 44, 63(1960).
10- DeMinjer, C. H. and Brenner, A. Plating, 44, 1297 (1957).
11- Talmey, P. Gutzeit, G. US Patent 2,762,723(1956).
12- Aljaray ,f Development of the Ni-P Electroless Plating by Photon Energy,ICCPGE(2016)

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Determination of Knudsen diffusion of gas flow in artificial porous media

Salem. M. Alburki[a]*

[a]Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, El-Mergib University,

Al-Khums,libya

*Corresponding Author: smalburki@elmergib.edu.ly

Abstract **-The possibility of calculating the diffusivity coefficient for some materials was studied and what are the main factors that affect the diffusivity calculation and how to deal with it. Some materials were selected to calculate the diffusivity, such as sandstone. Dolomite. Limestone. Where the calculation was made based on the physical properties of porosity, permeability and other properties that directly affect the diffusion process in the presence and absence of samples. The diffusivity was calculated for all samples and the results were as follows: (4.82225E-08 M^2 / S) This is the product of the total ethanol diffusivity that happen in air with the sandstone sample in Arnold cell (6.97705E-08 M^2 / S) this is the product of the effective Knudsen diffusivity that happen only in the sandstone sample. (4.38122E-08M^2/S) This is the product of the total ethanol diffusivity that happen in air with the limestone sample in Arnold cell. (6.09006E-08 M^2 / S) this is the product of the effective Knudsen diffusivity that happen only in the limestone sample.**

Key words**: diffusivity coefficient, Knudsen diffusion, sandstone. Dolomite. Limestone**

I. Introduction

A key concept in many scientific and engineering domains is gas diffusion in porous media. In fact, gas transport through porous materials is crucial for a variety of applications, such as modeling membranes for gas separation and natural gas evolution in reservoir formation [1]. Numerous experimental, numerical, and theoretical studies on the diffusion parameters of gas transport across porous surfaces have been conducted recently in a variety of sectors, including petroleum, chemical, and environmental engineering, among others. Diffusion models are frequently presented using empirically fitted constants, and these models seldom ever include extensive structural information for porous media. .al. used a three-dimensional, off-lattice, diffusion-limited cluster to cluster aggregation approach to assess the diffusivity of a gas via fractal media. However, computational calculations of the effective diffusion coefficients for three-dimensional

Gas diffusion in porous media is a process caused by the random thermal motion of gas molecules [2].

Knudsen diffusion and normal diffusion are typically the two types of gas diffusion seen in pore spaces. The sort of diffusion that is most likely to predominate is determined by the mean free route of the gas molecule and the relative length of the pore diameter. The primary mechanism will be the collision of the gas molecules with the pore walls, or Knudsen diffusion, if the mean free path of the gas molecule is significantly bigger than the diameter of the pore through which it flows. The diffusion process will be controlled by gas molecule collisions (normal diffusion) if the mean free path is significantly lower than the pore diameter, but Knudsen diffusion will be minimal. Nevertheless, these two diffusion methods can both contribute to the gas in many actual circumstances. Whereas there is barely any Knudsen diffusion. These two diffusion processes, however, can often work together to contribute to the gas diffusion in pore spaces in real-world circumstances. [3]

When the scale length of a system is equal to or less than the mean free path of the particles involved, Knudsen diffusion, a kind of diffusion, takes place. This may be seen, for instance, in a lengthy pore with a small diameter (2–50 nm), where molecules repeatedly run into the pore wall .

Think about how gas molecules diffuse through tiny capillary holes. Gas molecules collide with the pore walls more frequently than with one another if the pore width is less than the mean free route of the diffusing gas molecules and the gas density is low. The Knudsen flow or Knudsen diffusion is the name of this phenomenon.

The Knudsen number is a good measure of the relative importance of Knudsen diffusion. A Knudsen number much greater than one indicates Knudsen diffusion is important. In practice, Knudsen diffusion applies only to gases because the mean free path for molecules in the liquid state is very small, typically near the diameter of the molecule itself.

The diffusivity for Knudsen diffusion is obtained from the self-diffusion coefficient derived from the kinetic theory of gases:[2]

1.1.Diffusivity

The calculation of effective diffusion coefficients for porous media, given the geometrical characteristics, has received renewed attention because of the recent progress in both computer hardware and porous medium imaging techniques (such as X-ray tornography, NMR imaging). It is not unrealistic to try to compute directly transport properties given the description of a real porous system. Still, three-dimensional computations are very demanding in terms of computer resources, therefore calculations are restricted to unit cells involving a few particles. These unit cells must be representative, in some sense, of the real structure to give effective diffusion coefficients close to the actual measurements. This question was extensively based on experiments and numerical solutions of the closure problem associated with the determination of the effective diffusion coefficients. However, computations were carried out on two-dimensional structures while the experimental data were obtained from truly three-dimensional porous systems (packing of spheres, disks, and mica particles). The two-

dimensional using parallelepipeds in planar configurations. The purpose of this work is to present more realistic results based on the systems To begin with, three types of cubic packing of spheres were used to study the process of diffusion in isotropic systems. To model the anisotropic systems studied by Kim et al., three dimensional unit cells containing randomly oriented disks were studied. The closure problem associated with the calculation of the effective diffusion coefficient is solved numerically using a finite difference scheme. Several calculations are performed for different unit cells representing various types of unconsolidated isotropic and anisotropic porous media.[2]

1.2. Closure Problem and the Diffusion Coefficient

Diffusion process taking place in a porous system made up of two-phases as it is illustrated in Figure 2.1, the a-phase is the solid phase, and the /~-phase is the fluid phase filling the pores. The characteristic pore length-scales associated with the two-phases are denoted l, and l~, while the porous system itself has a characteristic length-scale, L, such that L>>/p,l~.

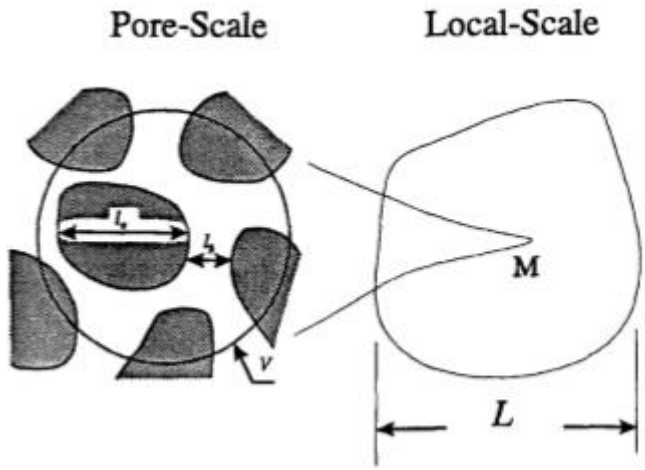


Figure 1. Pore-scale and local-scale of a porous medium

For the problem under consideration here, this method requires a large number of voxels per unit volume to be accurate enough. Since the resulting linear system is large and the associated matrix is not sparse, calculations proved to be very cumbersome in the case of three-dimensional noncontiguous.[2]

1.3. Gas Diffusion Coefficient in Highly Permeable Porous Media.

Gas diffusion is a fundamental transport process in porous media. However, to date, there is no method for experimentally estimating the gas diffusion coefficient of coarse porous media. A modified method is proposed here and was validated against sand media. The method was tested using particle sizes ranging between 1 and 4 cm: ∼10−3 cm2 < intrinsic permeability < ∼10−2 cm2. Laboratory experiments were conducted in large horizontal columns filled with different homogeneous spherical particles inside a climate-controlled laboratory under isothermal (± <0.2°C) and windless conditions. Diffusion coefficients were similar for particles sizes of 1 and 2 cm, which indicates that pure diffusion governs gas transport. Above 2 cm, diffusion coefficients were higher, suggesting an enhanced gas transport, most likely initiated by small, local advective components. Because the enhanced transport can be modeled by the diffusion equation using a larger diffusion coefficient, it is associated with the enhanced diffusion concept.

Accounting for gas fluxes within a porous media (PM), such as the upper vadose zone, requires partitioning the flux contribution from two transport mechanisms—diffusion and advection. For purely Fickian diffusion, the key parameter comprising PM properties is the diffusion coefficient. Published models that are used to predict the gas diffusion coefficient (DP) were developed from studies performed in PM of low and moderate intrinsic permeability, k, hereafter called permeability (sand-sized particles and below, ∼10−5 cm2) . The lack of experimental tests performed in coarse PM leaves open the question if pure diffusion can be assumed to dominate transport in natural and artificial systems of high k even when ambient conditions that would drive advection are stable, within sensor resolution (i.e., no wind, thermal gradient, or pressure gradient conditions).[7]

II. Materials and Methods

Experiments using packed PM in large horizontal columns were conducted inside a climate-controlled laboratory (CCL) under isothermal and no-wind conditions. Each column was filled with identically sized spherical particles, testing a total of four particle sizes (1–4 cm). An additional column was used for validating the method, using packed sand and comparing the results to sand diffusion coefficients. For a tracer, CO2–enriched air (0.2%).[3]

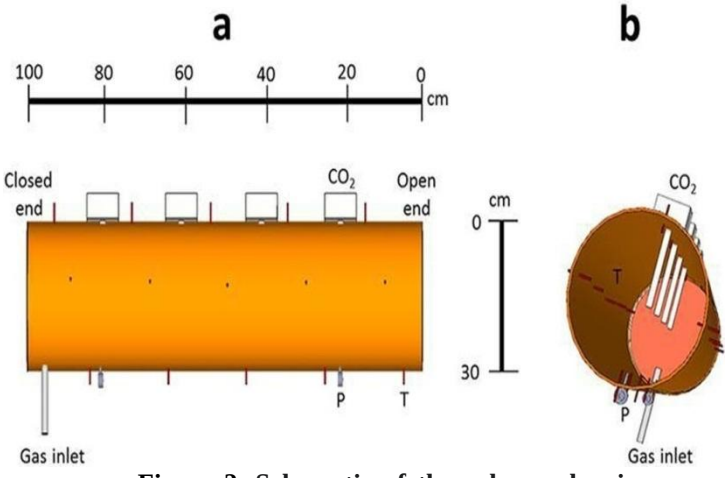


Figure 2. Schematic of the column showing location of gas inlet and sensors: (a) two dimensional and (b) three dimensional, showing differential pressure transducer (P) and temperature (T) and CO_2 sensors.

For each of the two differential pressure sensors, the first pin was connected to a small-diameter tube that was inserted ∼2 cm into the porous medium and the second pin was open to the ambient atmosphere of the laboratory.

2.1. Knudsen diffusion.

Knudsen diffusion occurs either at very low gas pressures or at normal pressures in very narrow pores. The criterion for Knudsen diffusion is that the mean free path for the void gas phase molecule_ molecule scattering

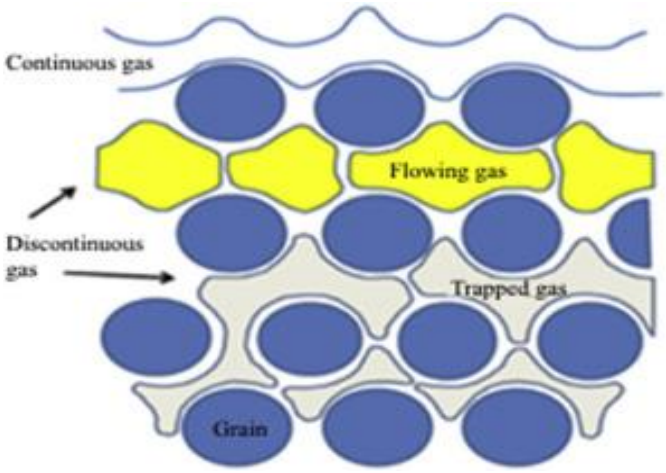


Figure. 3. Show diffusivity in porous. [3]

Let us now turn our attention to the opposite condition, namely $\lambda \geq \lambda_p$. In terms of the so-called Knudsen number, $K_n \gg 1$, this condition is Kn3> I. In this case the probability of a molecule-molecule collision is negligible compared to that of a molecule-wall collision. Those molecules rebounded or re-emitted by the wall do not collide with other molecules and the panicle can thus only influence those molecules that collide with it—the molecules that have not collided with the wall cannot "learn" about its existence from the rebounded molecules. This kind of molecule-wall interaction will be called a *Knudsen collision* and the corresponding phenomenon will be called the *Knudsen regime*.[4.5]

If in a multicomponent system with Knudsen flux there is a concentration gradient for a given component, there will be a net flux of the molecules of that component. As in a system devoid of walls, the species segregate, but collide with only one other species—the particles. A given species cannot "learn" about the existence of the other species since there are no molecule-molecule collisions. Then, because pressure affects only the concentration of the molecular species, the Knudsen flux of a given component will be directly proportional to the pressure of the system. *[*5]

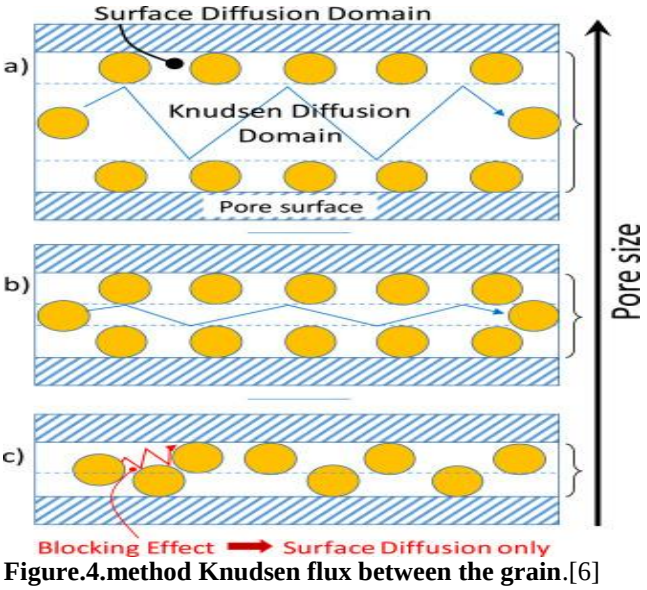


Figure.4.method Knudsen flux between the grain.[6]

When the concentration of a component varies from place to place within a fluid mixture, the random motion of molecules tends to transport that component from areas of high to low concentration, so that over time the system becomes homogenized with respect to the concentration of each mobile component. The transport of matter in this way is known as molecular diffusion. Pure diffusion in the absence of advection and chemical interaction, ie, the transport of an ideal tracer. [4, 5]

III. Experimental work:

Experiment Steps:

1. Prepared and cleaned the sample of impurities with gasoline.
2. Dry the samples before weighing them.
3. Weigh the samples dry.
4. Place the samples in chamber 2.
5. Fill chamber 3 with water.
6. Open the valve 1.
7. Close the valve 2.
8. Turn on the vacuum pump.
9. Leave the valve 2 closed for a period of time until air is drawn from the samples.
10. After the air is drawn, open the valve 2.
11. Water will be drawn from chamber 3 to chamber 2.
12. After the samples are covered with water, close the valve2.
13. Allow the device to work until samples are saturated with water.
14. Weigh the samples as saturated.
15. We repeated this experiment 3 times and took the average for it.

Porosity and Density Calculations.

In this experiment, we calculated the porosity and density using the saturation method of the four samples, which will be mentioned later.[7.8].

We calculated porosity using the saturation method using a law:

$$\varphi = \frac{Vp}{VB} \qquad VP = \frac{Wwet - Wdry}{\rho Water}$$

Calculated the density using a law:

$$\rho sample = \frac{Wdry}{VB}$$

The samples are calculated from the following types:

1. Sandston. 2. Dolomite.
3. Limestone. 4. Mix dolomite and limestone.

Four natural core samples are studied which are including Sandston, dolomite, limestone mix dolomite and limestone as shown in figure 3.1 below. These samples were taken after permission from Dr.Amer Alshareef.

Table. 1 Geological information and well description

GENERAL DATA	**Lithology**
1. A.WELL NAME:H34-NC115 1. B.OPERATOR:REPSOL OIL OPERATIONS	**SHALE: (**grey, light grey, brownish to light brownish, poor to moderately indurations,

1. C.TYPE OF WELL: OIL PRODUCER 1. D.LOCATION	blocky to subblocky, fissile to subfissile, silty, pyretic, micaceous. SANDSTONE: white, off white, light grey,light brown, transparent to translucent, medium hard to hard, fine to medium grained,subangularto subrounded, moderately sorted, siliceous cement, kaolinitic and pyretic in par. Core Depth:4738ft
1. A.WELL NAME: E62H-103E 1. B.OPERATOR:REPSOL OIL OPERATIONS 1. C.TYPE OF WELL: OIL PRODUCER 1. D.LOCATION	**CLAYSTONE:** reddish toreddish brown, brown, soft to poor indurations, sticky, subblocky, sandy, slightly dolomitic. **DOLOMITE:** grey to light grey, light brown, medium hard, cryptocrystalline, microcrystalline in parts, slightly to moderately argillaceous, Core Depth: 6030ft **LINESTONE:** grey, dark grey, beige, off white, soft to medium hard, cryptocrystalline to microcrystalline, moderately to highly argillaceous. Core Depth: 6300ft

Samples.

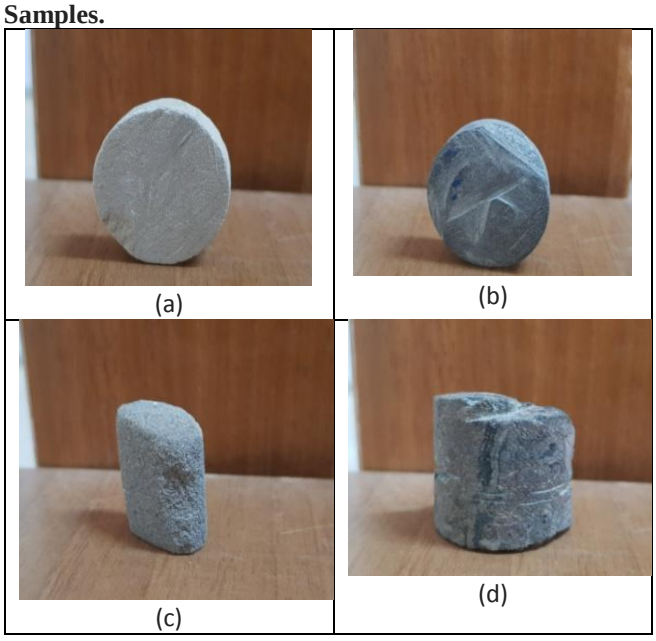


Figure 5: (a) Sandstone, (b) Dolomite (c) Limestone(d) Mix dolomite and limestone

Saturation device components.

The vacuum saturation method as shown in figure 3.2, is in fact one of the very basic methods of obtaining the pore volume of a rock sample.

One of the advantages is the fact that pore volumes of multiple samples can be determined in one step. The method uses a large enough vacuum flask or a beaker, filled with liquid, normally water, in which dry rock samples are placed. Subsequently, as soon as the evacuation of the vacuum flask is initiated, air bubbles are seen in the saturating liquid as it replaces air from the pore spaces of the rock samples. The disappearance of

The air bubbles gives an indication the saturation is complete and at this point the evacuation is terminated, and porosity is calculated.

1. vacuum pump .
2. Standard chamber 1.
3. Chamber 2 for samples.
4. Chamber 3 contains water.
5. A valve 1 and a valve 2

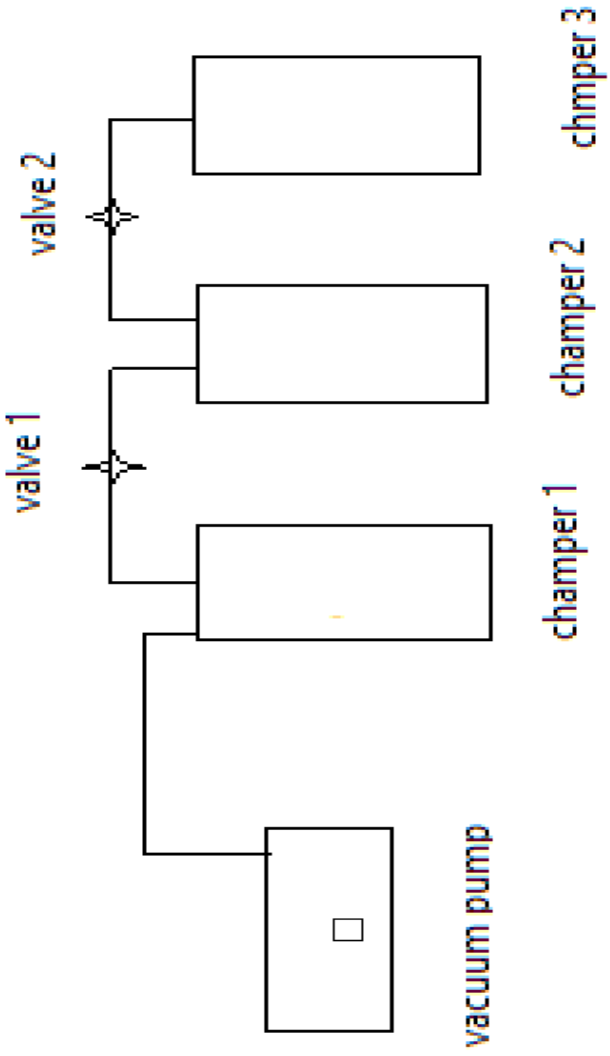


Figure.6. the saturation device used in the experiment illustrates

Diffusivity Calculations

We calculated the diffusivity using the mass transfer and diffusion experiment in Arnold cell it once without a sample and twice in two samples and This was done at a temperature of 60 ° C and with a concentration ethanol of 75%Using the following laws.[7].

These laws are used to calculate total diffusivity;

$$DAB = \frac{\rho l}{2.Mwt.slope.CA} * \left(\frac{CBm}{CT}\right)$$

$$CBm = \frac{CB2 - CB1}{LN.(\frac{CB2}{CB1})}$$

Mass transfer and diffusion device components.

1. Electric control panel.
2. Transparent tank.
3. Micrometer.
4. Arnold cell.
5. Air pump.

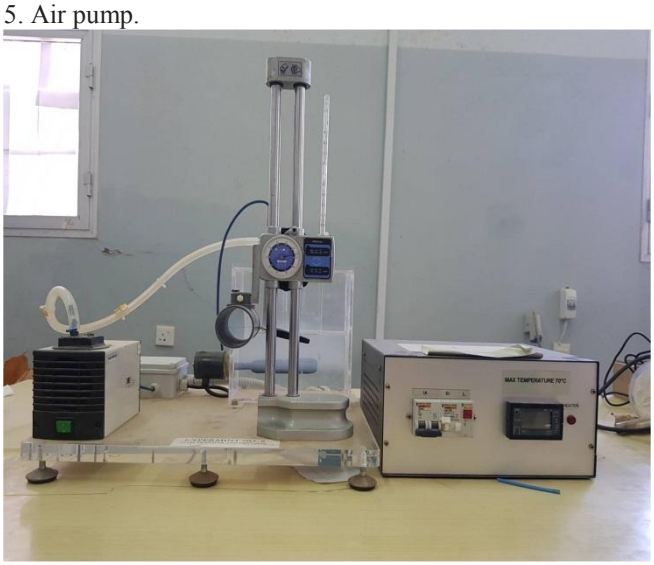
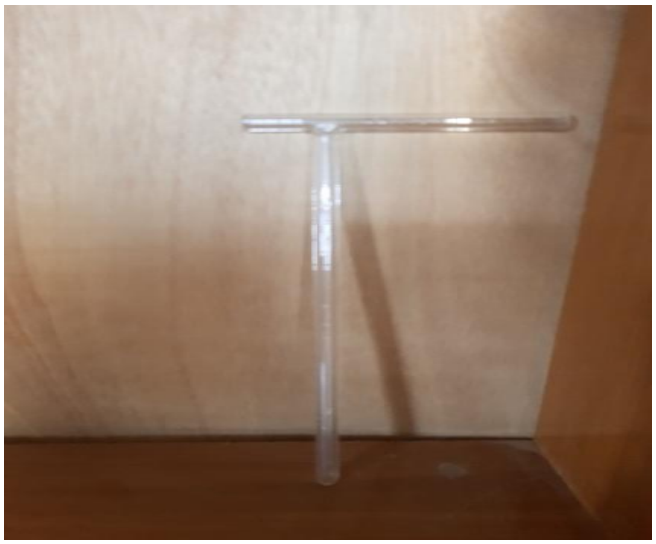


Figure 7 . mass and transfer diffusion experiment.



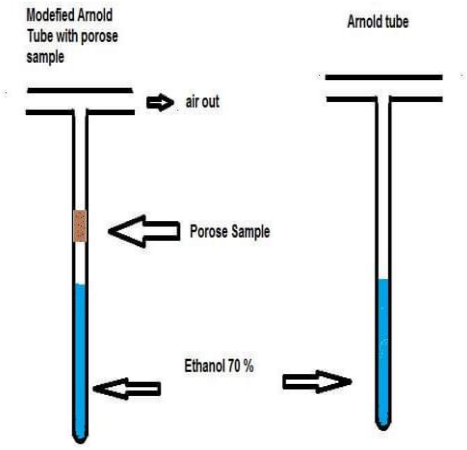


Figure.8.arnold cell.

Calculation the Diffusion without sample.

Calculated the diffusivity of ethanol in the air at the previously described specifications.

Steps of the experiment.

1. Fill the Plexiglas tank with pure water.
2. Fill the capillary glass tube (Arnold cell) with ethanol.
3. Turn on the heating resistance until the temperature reaches 60 C.
4. Place the capillary tube in a Plexiglas tank.
5. Turn on the air pump.
6. Take reading over time.

Calculation the Diffusion in sample.

In this case, the diffusivity of the sandstone sample and the lime-stone sample and this was calculated after placing the samples inside the capillary tube (Arnold cell) and with the same liquid used (ethanol) and at the same conditions.



Figure 9a.Sample (3) lime-stone



Figure 9b..Sample (1) sandstone



Figure 9c.Sample (3) after cutting



Figure 9d..sample (1) afterlime-stonecutting sand stone



Figure9e.The sample (3) is inside (Arnold cell)

1. Fill the Plexiglas tank with pure water.
2. Fill the capillary glass tube with test liquid.
3. We made a system to insert the sample into the capillary glass tube (Arnold cell).
4. Turn on the heating resistance until the temperature reaches 60 C.
5. Place the capillary tube in a Plexiglas tank.
6. Turn on the air pump.
7. Take reading over time.

IV. Results and Discussion

Table .2 Samples Measurements and Calculations.

		sample1	**sample2**	**sample3**	**sample4**
	W dry(g)				
1		7.7615	10.4346	5.9469	14.2145
2		7.7454	10.419	5.9188	14.05
3		7.7409	10.4273	5.9099	14.149
	AVG Wdry	**7.74927**	**10.427**	**5.9252**	**14.1378**
	W wet(g)				
1		8.147	10.4451	6.028	14.3281
2		8.278	10.44	6.0529	14.2977
3		8.4681	10.559	6.1459	14.537
	AVG Wwet	**8.2977**	**10.4814**	**6.0756**	**14.3876**
	VP(cm^3)	0.54843	0.0544	0.1504	0.24977
	Vbulk(cm^3)	3.2	4	1.8	5.2
	porosity%	**17.1385**	**1.36**	**8.35556**	**4.80321**
	density(g/cm^3)	**2.42165**	**2.60674**	**3.29178**	**2.71881**

Diffusion calculation without sample.
In this process, we calculated the diffusivity of ethanol in the air at the previously described specifications.

Table.3.This table contains the results diffusion without sample.

Time(min)	Time(ks)	ΔL(mm)	t/ΔL
28	1.68	0.562667	2.985782
84	5.04	1.253333	4.021277
168	10.08	1.703333	5.917808

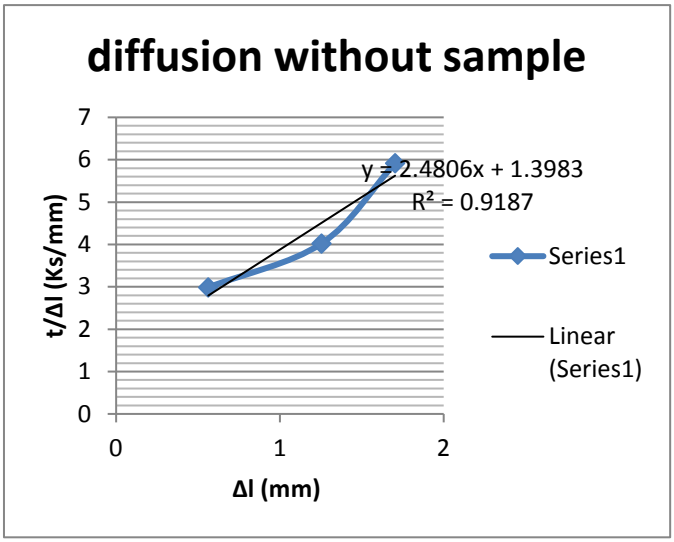


Figure 10.diffusion without sample

Diffusion calculation in sample.
In this case, the diffusivity of the sandstone sample and the lime-stone sample and this was calculated after placing the samples inside the capillary tube (Arnold cell) and with the same liquid used (ethanol) and at the same conditions.

Sand stone sample calculations.
Table.4.This table contains the results diffusion with sample Sandston.

Time(min)	Time(ks)	ΔL(mm)	t/ΔL
10	0.6	0.196	16.66667
20	1.8	0.374667	11.11111
30	3.6	0.548	8.333333
40	6	0.766667	6.666667
50	9	0.955333	5.555556
60	12.6	1.133	4.761905
70	16.8	1.355	4.166667

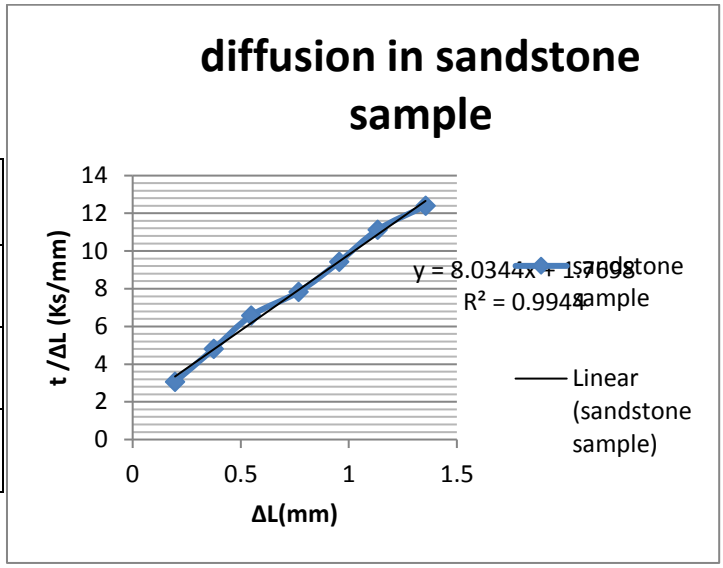


Figure 11.diffusion in sand stone sample

DAB = 4.82225E-08 M^2 / S
DAk,e sandstone = 6.97705E-08 M^2 / S
(4.82225E-08 M^2 / S) This is the product of the total ethanol diffusivity that happen in air with the sandstone sample in Arnold cell
(6.97705E-08 M^2 / S) this is the product of the effective Knudsen diffusivity that happen only in the sandstone sample.

Lime-stone sample calculations.
Table.5.This table contains the results diffusion with sample lime-stone.

Time(min)	Time(ks)	ΔL(mm)	t/ΔL
10	0.6	0.19	3.157895
20	1.8	0.36	5
30	3.6	0.518	6.949807
40	6	0.743	8.07537
50	9	0.92	9.782609
60	12.6	1.07	11.7757
70	16.8	1.33	12.63158

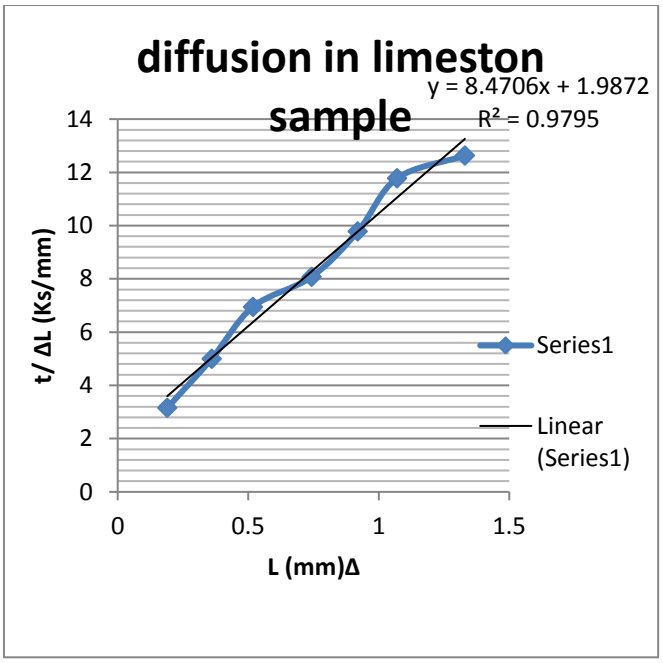


Figure 12. Diffusion in lime-stone sample.

DAB = 4.38122E-08 M^2/S
DAk limestone = 6.09006E-08 M^2 / S
(4.38122E-08M^2/S) This is the product of the total ethanol diffusivity that happen in air with the limestone sample in Arnold cell.
(6.09006E-08 M^2 / S) this is the product of the effective Knudsen diffusivity that happen only in the limestone sample

V. Conclusion and Recommendation:

In this search calculations by selecting a group of rocks and calculated their properties (density and porosity) and from that selected two types of rocks and calculated the Knudsen diffusion without a sample and the Knudsen diffusion in the two samples using methanol fluid.
Developing this experiment by using highly volatile hydrocarbon fluids such as gasoline and using other types of rocks with different properties.

Reference

1- Mu, D., Liu, Z. S., Huang, C., &Djilali, N. (2008). Determination of the effective diffusion coefficient in porous media including Knudsen effects. *Microfluidics and Nanofluidics*, *4*(3), 257-260.
2- Quintard, M. (1993). Diffusion in isotropic and anisotropic porous systems: Three-dimensional calculations. *Transport in Porous Media*, *11*(2), 187-199.
3- Gao, Z., Hu, Q., & Liang, H. (2013). Gas diffusivity in porous media: determination by mercury intrusion porosimetry and correlation to porosity and permeability. *Journal of Porous Media*, *16*(7).
4- Clennell, M. B. (1997). Tortuosity: a guide through the maze. *Geological Society, London, Special Publications*, *122*(1), 299-344.
5- Cussler, E. L., (2007). *Diffusion: mass transfer in fluid systems*, 3rd Edition. Cambridge university press.
6- Caravella, A., Zito, P. F., Brunetti, A., Drioli, E., & Barbieri, G. (2016). A novel modelling approach to surface and Knudsen multicomponent diffusion through NaY zeolite membranes. Microporous and Mesoporous Materials, 235, 87-99.
7- Levintal, E., Dragila, M. I., Kamai, T., & Weisbrod, N. (2019). Measurement of Gas Diffusion Coefficient in Highly Permeable Porous Media. *Vadose Zone Journal*, *18*(1), 1-9.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Selection of the best acid formulation for acidizing dolomite formation in Gialo-59 oil field.

Salim Aburaqibah
Department of Petroleum Engineering,
College of Engineering Technology
Janzur
Tripoli ,Libya
gomhasalim@gmail.com

Abdulhadi Elsounousi Khalifa
Department of Petroleum Engineering
College of Engineering Technology
Janzur
Tripoli ,Libya
Department of Georesources and Environmental Engineering
National School of Engineers.
Sfax,Tunisia
abdalhadi8027@gmail.com

Mouna Mohamed Marghani
Department of Petroleum Engineering
College of Engineering Technology
Janzur
Tripoli ,Libya
Department of Georesources and Environmental Engineering
National School of Engineers.
Sfax,Tunisia
Almarghnimona@gmail.com

Abstract-- Acidizing is a process of restoring the original permeability around the wellbore which was reduced by the damaging effect resulting from either drilling or production mechanism. The acid treatment is dependent on the extent and magnitude of the damage near the wellbore. The treatment process consists of specifying the required acid volume, the acid concentration, the acid injection rate, and the acid injection pressure. In this study, the screening process was aided to determine the most suitable acid injection parameters needed for the optimization of performance in restoring the well original permeability, this study was approached by selecting two producing oil wells that experienced formation damage. The screening was done by comparing the oil production rate from these wells before and after the acid treatment. The outcome of this investigation demonstrates that the skin factor has a limiting value that regulates the pace of acid injection and that the volume of acid injection is inversely related to the acid concentration. 15% was found to be the ideal acid concentration for the dolomite acid treatment. It was discovered that limiting the value of 20 skin factors was the maximum value for maximum acid performance because this value makes the acid injection rate very as a result, in high acid injection time, which causes the acid to spend more time near the wellbore and less time covering the entire damage area.

Keywords: Stimulation, Acidizing treatment, Well damage.

I. Introduction

Matrix stimulation is a technique that has been used extensively since the 1930s to improve production from oil and gas wells and to improve injection into injection wells. [1] When a well is not producing as expected, the formation may be "damaged". If the evaluation indicates of reservoir can deliver more fluid, stimulation may be needed. If the reservoir permeability is low, the well is a candidate for stimulation by hydraulic fracturing.[2] However, if the damage has reduced the well's productivity matrix acidizing is the appropriate treatment. Typically, damage is associated with a partial plugging of the formation around the wellbore. [3] This reduces the original permeability in the damaged area. Either this damage must be removed or new bypassing channels, such as "wormholes" must be created. To remove damage, fluids are injected into the natural porosity of the reservoir at " matrix"/sub fracturing/ rates and pressures. This relatively low rates and pressures are necessary to remove the damage located just around the well bore. The flow rate is also limited to prevent fracturing of the formation, which would result in uncontrollable stimulation of only part of the reservoir. When using acid for removal of suspected damage, scale, clays, or some formation rock may be dissolved from the existing flow channels. Only small increases in productivity will result unless damage exists [4].

II. Overview of Gialo oil field

Gialo oil field is located in the western part of the sirte basin in north central at Libya as shown in figure 1. Geographically it's located between Latitude / longitude: 29° 1' 60 ″N / 21° 33' 0 ″EN. [5]

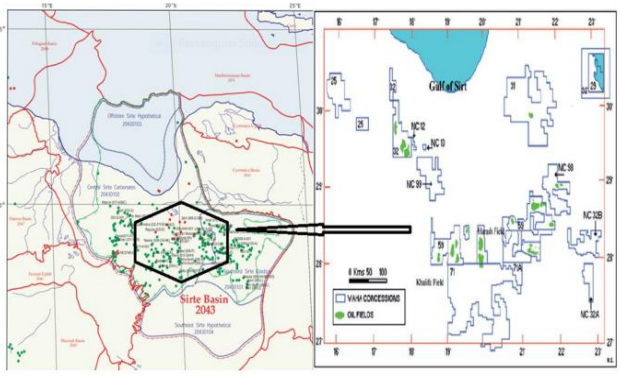


Figure 1: Gialo oil field [5]

Reservoir description and properties

The jakhira reservoir lies at depth of about 3200 ft. K.B. in the Gialo field. Production from it was initiated in august 1972. The Jakhira limestone is composed of bio-calcarenite, nummulitic and calcilutite material with good integer Vanular and excellent vuggy and chalky porosity. It shows a uniform, light brown oil stain. The structure is defined on its north flank by a major fault. The mean objective of this study is to find out the beast acid treatment for the Oil wells in Waha Field if their damaged by scales the scenario of acid treatment done by varying of acid parameters such acid type,

acid formulation acid injection rate and acid injection pressure with change in the value of skin factor. [5]

Matrix acidizing of carbonate

The (H+) ion of a dissociated acid is the active species that attacks a carbonate mineral. An acid reacts with a carbonate to form calcium or magnesium chloride (CaCl2) or (MgCl2), carbon dioxide gas (CO2), and water. The reaction products are soluble and pose no reprecipitation problems.[5]. For example, when HCl acid reacts with calcite or dolomite, the balanced reactions are:

$CaCO3 + 2HCl \rightarrow CaCl2 + H2O + CO2$

$CaMg(CO3)2 + 4HCl \rightarrow CaCl2 + MgCl2 + 2H2O + 2CO2$

Except for special applications, HCl acid should be used for matrix acidizing of carbonates. Normally, 15% HCl is used but 28% is sometimes preferred in lower permeability formations. A 28% HCl may also provide some benefit in that the spent acid contains a higher concentration of CaCl2 or CaCl2/MgCl2. The increase in concentration results in a higher viscosity, which partially reduces fluid leak-off from the wormhole. The primary advantages of HCl acid are its moderate cost and complete spending at reservoir conditions. The principal disadvantage of HCl acid is its corrosivity. HCl is more corrosive than other acids and generates a pitting type of corrosion. In addition, corrosion inhibition of HCl acid above 250°F is difficult. Also, aluminum, chrome, or zinc plated metals (often found on pumps) are severely attacked by HCl acid. [5]

III. Methodology and Analysis of Results

In This study we analysis two wells (E-74,E-349,) in Gialo Field. The our analysis done by using sensitivity analysis by varying the acid concentration to the get the best acid treatment for those wells which lead to generate the data base which reduce any additional cost when we want to do acid stimulation design in future for these wells.

Design procedure of acid treatment

Acid volume

The Minimum volume of acid required to dissolve the rock Vs calculated using Equation 1 the calculation done be assume different penetration radius and different acid concentrations.

$Vs = \pi(rs\ 2 - rw\ 2)\ (\text{Øtotal} + (1 - \text{Øeff})(\text{Xmineral Xacid}))$ … … … … . . Eq.1

Where

rs: radius of damaged zone, ft. rw: well, bore radius, ft. Øtotal: Total porosity. Øeff: effective porosity. *X*mineral: the volume fraction of the rock that is soluble in acid. *X*acid: dissolving power of HCl or HF acid with carbonate or sandstone. *V*s : Minimum volume of acid required to dissolve the rock. gal/ft

Acid injection rate

The maximum acid injection rate which we used to inject the acid without fracture the formation was calculated using the Equation2: The maximum acid injection rate calculated for sever times by assume different values of skin factor

$Qinj = 4.917 \times 10{-}6 \times K \times h(Pfrac - Psafty - Phyd)\ \beta acid \times \mu acid \times \ln(rs\ rw + s)$ … . Eq.2

Where K: average formation permeability, md. h: perforated interval, ft. Pfrac: fraction pressure, psi. Phyd: hydrostatic pressure, psi. Psafty:safty pressure =100psi. µ: acid viscosity's. s: skin factor. Qinj: acid injection flow rate, bbl/min.

Acid injection pressure

The maximum pressure to inject the acid can be calculated by using the Equation 3.

$Pmax = \Delta Pfric + Pfrac - Phyd + \Delta Pper$ … Eq.3 Where Pmax : Maximum injection pressure, psi ΔPfric : Pressure difference due to friction, psi Pfrac: Fracture pressure, psi *P*hyd: Hydrostatic pressure, psi $\Delta Pper$: Pressure difference due to perforation, psi Pressure drop due frication can be calculate using Equation 4 and Equation 5 used to calculate the velocity of acid inside the tubing. $\Delta Pfric = \mu \times ve\ 1500d\ 2$ **… … ….** . Eq.4

$Ve = QINJ\ 2.448d\ 2$ … … … … … Eq.5

Fracture pressure can be calculated using total depth and fracture gradient pressure by using Equation 6.

$Pfrac = 0.78 \times D$ … … Eq.6

Hydrostatic pressure can be calculated using total depth of well and specific gravity of the acid by using Equation 7&8.

$Phyd = \gamma \times 62.4 \times D\ 144.$ … . … .. Eq.7

$\Delta Pper = 0.237 \times \rho tot \times qinj\ cp \times N \times d\ 2.$ ……..Eq.8

Where µ: acid viscosity,cp. Ve: acid velocity,ft/sec d: perforation diameter, inch D: formation depth,ft. N:total number of shot CP : perforation coefficient. The value of (ΔP perforation) were assumed to be zero where it's value didn't exceed 20 psi for all wells)

Pump pressure to inject finally, the required pump pressure was calculated at different bottom hole pressures using the following Equation9. $PPUMP = \Delta Pperf + \Delta Pfric - Phyd + Pbottom$ ……..Eq.9

Where: Pump injection pressure, psi Pbottom : Bottom pressure, psi Phyd : Hydrostatic pressure, psi ΔPperf : Pressure difference due to perforation.

Well by well Analysis

Well (E-74)

Table 1: Volume of acid needed at different concentrations for well E-74

rs, ft	Vs (gal/ft) for 7% acid	Vs (gal/ft) for 12% acid	Vs (gal/ft) for 15% acid	Vs (gal/ft) for 22% acid	Vs (gal/ft) for 28% acid
1	44.349368	27.369329	22.61491982	16.5638536	13.78530278
1.5	119.27392	73.60755208	60.82096088	44.54711755	37.07443438
2	224.1683	138.3410644	114.3094184	83.72368708	69.67921863
2.5	359.03262	221.5698659	183.0802923	134.0935622	111.5996555
3	523.86672	323.2939567	267.1335826	195.6567429	162.835745
3.5	718.6	443.5133	366.4692	268.41322	223.387
4	943.4444	582.2280059	481.0874125	352.363021	293.254882
4.5	1198.188008	739.4379644	610.9879521	447.5061184	372.4379295
5	1482.90	915.143212	756.1709082	553.8425214	460.9366296

Table 2: Injected acid flow rate at different skin values for well E-74

rs	Qinj (bbl/min) s=0	Qinj (bbl/min) s=5	Qinj (bbl/min) s=10	Qinj (bbl/min) s=20	Qinj (bbl/min) s=30	Qinj (bbl/min) s=40	Qinj (bbl/min) s=50
1	5.0200	0.991754	0.550229	0.291066	0.197868	0.149878	0.120623
1.5	3.77621	0.931161	0.531056	0.285611	0.195332	0.148418	0.119676
2	3.21163	0.892474	0.518244	0.281864	0.193572	0.1474	0.119012
2.5	2.87788	0.86461	0.508724	0.279024	0.192228	0.14662	0.118503
3	2.65265	0.843103	0.501201	0.276746	0.191144	0.145988	0.11809
3.5	2.48801	0.825737	0.495013	0.274848	0.190237	0.145458	0.117743
4	2.36108	0.811262	0.489774	0.273225	0.189458	0.145003	0.117445
4.5	2.2594	0.798909	0.485244	0.27181	0.188777	0.144603	0.117182
5	2.17559	0.788173	0.481262	0.270556	0.188171	0.144247	0.116949

Table 3: Velocity of acid at different skin values for well E-74.

Ve (ft/sec) s=0	Ve (ft/sec) s=5	Ve (ft/sec) s=10	Ve (ft/sec) s=20	Ve (ft/sec) s=30	Ve (ft/sec) s=40	Ve (ft/sec) s=50
6.012686	1.187865	0.659032	0.348622	0.236995	0.179515	0.144475
4.522931	1.11529	0.636068	0.342088	0.233957	0.177767	0.14334
3.846701	1.068953	0.620722	0.3376	0.231849	0.176547	0.142546
3.446958	1.035579	0.60932	0.334198	0.23024	0.175612	0.141936
3.17719	1.009819	0.60031	0.331469	0.228941	0.174856	0.141442
2.980003	0.989019	0.592897	0.329197	0.227855	0.174221	0.141026
2.827967	0.971682	0.586622	0.327253	0.226922	0.173676	0.140668
2.706184	0.956886	0.581197	0.325558	0.226106	0.173197	0.140354
2.605803	0.944027	0.576428	0.324056	0.22538	0.172771	0.140074

Table 4: Pressure drop due to fraction Dpf different skin values for well E-74.

ΔP_{fric} (Psia) s=0	ΔP_{fric} (Psia) s=5	ΔP_{fric} (Psia) s=10	ΔP_{fric} (Psia) s=20	ΔP_{fric} (Psia) s=30	ΔP_{fric} (Psia) s=40	ΔP_{fric} (Psia) s=50
78.87643	15.58281	8.645396	4.573334	3.108977	2.354938	1.895268
59.33332	14.63075	8.344153	4.48763	3.069131	2.332005	1.880385
50.46232	14.02288	8.142842	4.428745	3.041474	2.316003	1.869967
45.21834	13.58507	7.993259	4.384123	3.020362	2.303741	1.861965
41.67944	13.24715	7.875061	4.348327	3.003329	2.293819	1.855478
39.09268	12.97428	7.777819	4.318514	2.989077	2.285496	1.850028
37.09821	12.74684	7.695505	4.293018	2.97684	2.278335	1.845333
35.50062	12.55275	7.624331	4.270777	2.966129	2.272055	1.841212
34.18379	12.38406	7.561771	4.251077	2.956613	2.266467	1.837541

Table 5: Fraction and hydraulic pressures for well E-74.

P_{frac} (Psia)	P_{hyd} (Psia)
4802.46	2998.869

Table 6: Maximum pressure of injected acid at different skin values for well E-74.

P_{max} (Psia) s=0	P_{max} (Psia) s=5	P_{max} (Psia) s=10	P_{max} (Psia) s=20	P_{max} (Psia) s=30	P_{max} (Psia) s=40	P_{max} (Psia) s=50
1882.467	1819.173	1812.2359	1808.1639	1806.6995	1805.9455	1805.4858
1862.924	1818.221	1811.9347	1808.0782	1806.6597	1805.9225	1805.47092
1854.053	1817.613	1811.7334	1808.0193	1806.632	1805.9065	1805.4605
1848.809	1817.176	1811.5838	1807.9747	1806.6109	1805.8943	1805.4525
1845.27	1816.838	1811.4656	1807.9389	1806.5939	1805.8844	1805.44601
1842.683	1816.565	1811.3684	1807.909	1806.5796	1805.876	1805.44056
1840.689	1816.337	1811.286	1807.8836	1806.5674	1805.8689	1805.43587
1839.091	1816.143	1811.2149	1807.8613	1806.5567	1805.8626	1805.43175
1837.774	1815.975	1811.1523	1807.8416	1806.5471	1805.857	1805.42807

The procedure of sensitivity analysis

We calculate the minimum acid volume required to cover the damage zone by using equation.1 the sensitivity done by varying the acid concentration which reflects in change dissolving power value.

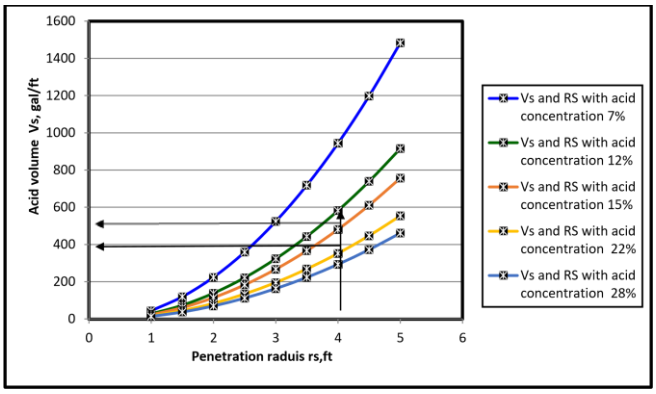


Figure 2: Acid volume vs penetration radius of acid with different acid concentration.

The volume of acid needed to penetrate the damage zone to 4 ft for acid concentration 15 % is equal 420 gal/ft while at same damage radius if we select acid concentration 22% is equal to 370 gal/ft the volume of acid is less but the cost of acid increase with concentration .

The second step in sensitivity analysis we calculate the acid injection rate by varying the skin factor value for different values 0, 5, 10,20,30,40 and 50 and we assume the damage zone is radius 5 ft.

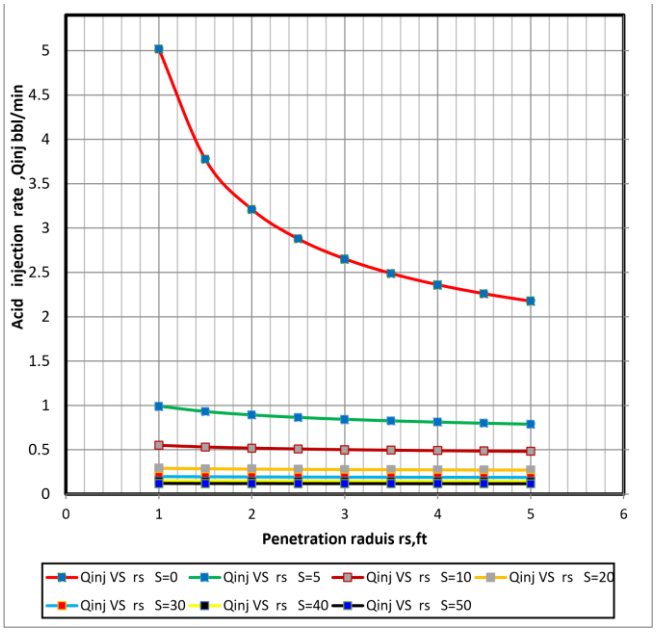


Figure 3: Acid injection rate vs penetration radius of acid with different acid concentration.

The result from sensitivity analysis shown the acid injection rate has Exponential curve for skin factor equal to 10 but for the skin factor equal to 5 and 10 there are inversely relation between acid injection rate and penetration radius ,the acid injection rate almost constant from skin value equal to 20 up to 50 for all penetration radius.

The third step in sensitivity analysis we calculate the acid injection pressure by varying the skin factor value for different values 0, 5, 10,20,30,40 and 50 and we assume the damage zone is radius 5 ft. The result from sensitivity analysis shown the acid injection pressure has Exponential curve for skin factor equal to 10 but for the skin factor equal to 5 and 10 there are inversely relation between acid injection pressure and penetration radius, the acid injection pressure almost constant from skin value equal to 20 up to 50 for all penetration radius.

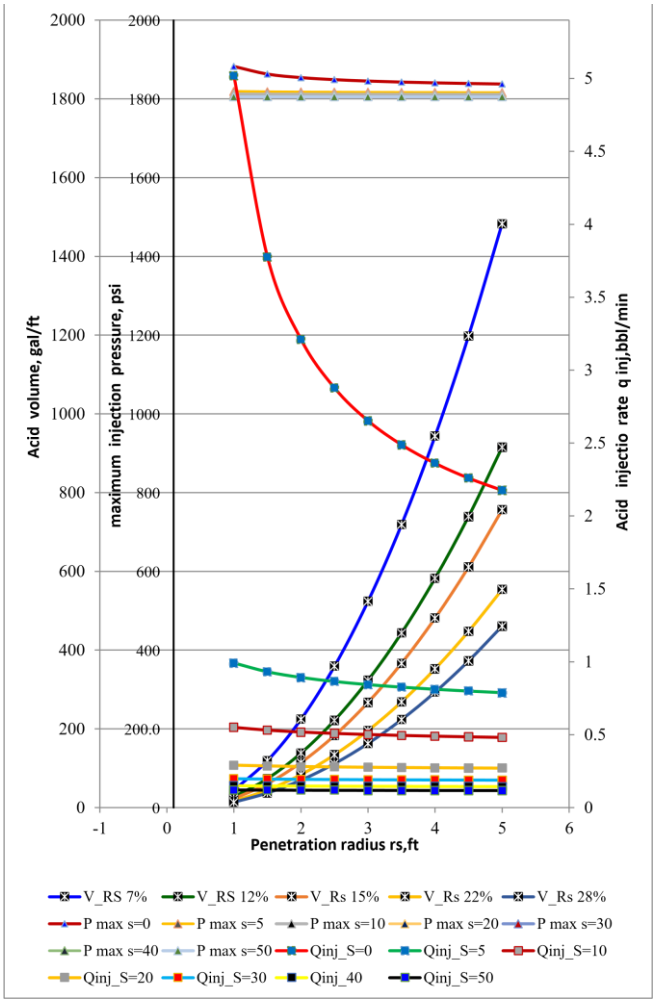


Figure 4: Volume and flow rate of acid at different skin values vs skin radius for well E74.

Table 7: Bottom hole pressure and required acid pump pressure for well E-74.

P_{bottom} Psia	P_{PUMP} Psia
1250	-1669.993
1800	-1139.536
2300	-648.4072
2700	-253.6511
3000	42.809973
3500	540.22321
4000	1038.2287
4500	1536.6312
4802.46	1837.7743

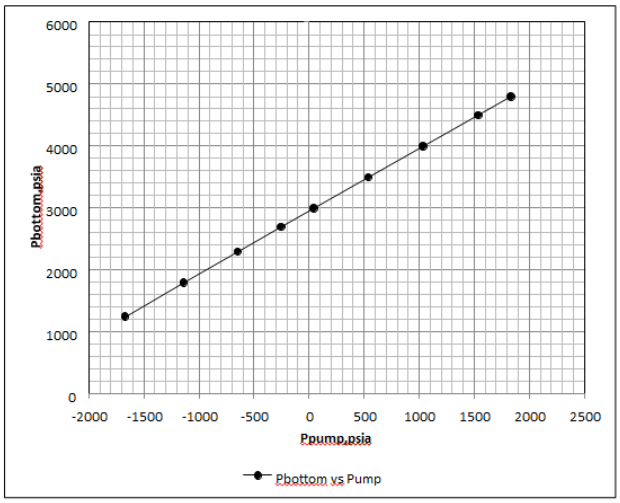


Figure 5: Bottom hole pressure vs acid pump pressure for well E-74.

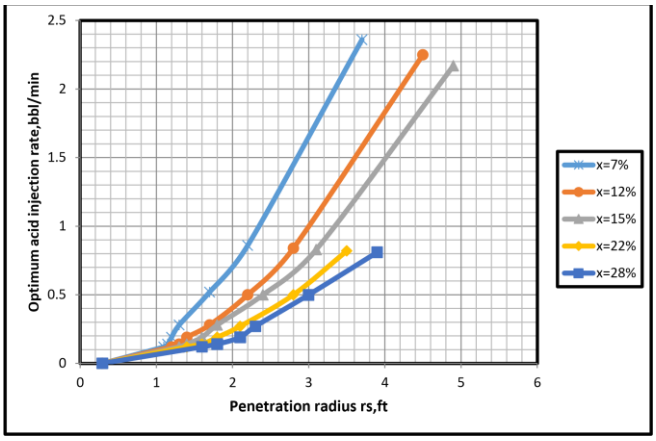


Figure 6: The optimum injection rate vs optimum acid penetration radius at different dissolving power for well E-74.

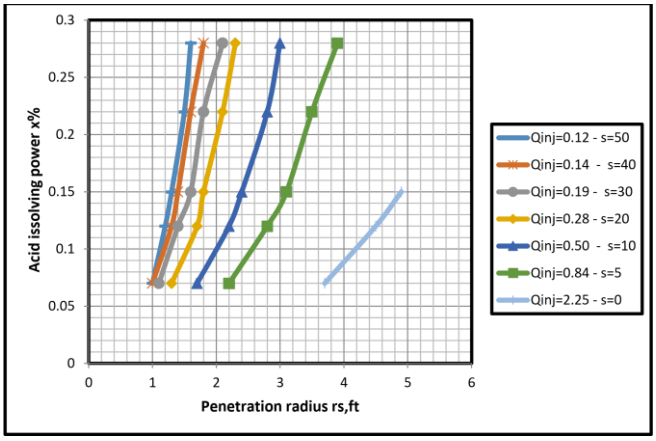


Figure 7: the optimum dissolving power vs optimum penetration radius at optimum injection for different skin factor for well E-74.

Well E-349

Table 8: Volume of acid needed at different concentrations for well E-349.

rs, ft	Vs (gal/ft) for 7% acid	VS (gal/ft) for 12% acid	Vs (gal/ft) for 15% acid	Vs (gal/ft) for 22% acid	Vs (gal/ft) for 28% acid
1	55.4302354	34.2142054	28.27371699	20.71309538	17.24138137
1.5	131.176455	80.9684129	66.91016099	49.01784038	40.80197887
2	237.221163	146.4243034	121.0011826	88.64448338	73.78681537
2.5	373.564359	230.5818769	190.5467818	139.5930244	116.1958909
3	540.206043	333.4411334	275.5469586	201.8634634	168.0292054
3.5	737.146215	455.0020729	376.001713	275.4558004	229.2867589
4	964.384875	595.2646954	491.911045	360.3700354	299.9685514
4.5	1221.92202	754.2290009	623.2749546	456.6061684	380.0745829
5	1509.75766	931.8949894	770.0934418	564.1641994	469.6048534

Table 9: Injected acid flow rate at different skin values for well E-349.

rs, ft	Qinj (bbl/min) s=0	Qinj (bbl/min) s=5	Qinj (bbl/min) s=10	Qinj (bbl/min) s=20	Qinj (bbl/min) s=30	Qinj (bbl/min) s=40	Qinj (bbl/min) s=50
1	32.04112	6.330068	3.511945	1.857786	1.262933	0.956626	0.769898
1.5	24.10233	5.943323	3.389574	1.822972	1.246747	0.947311	0.763853
2	20.49876	5.696392	3.307797	1.799051	1.235512	0.94081	0.759621
2.5	18.36856	5.518547	3.247033	1.780925	1.226936	0.935829	0.75637
3	16.93099	5.381275	3.199019	1.766384	1.220017	0.931798	0.753735
3.5	15.8802	5.270431	3.159517	1.754273	1.214227	0.928417	0.751521
4	15.07001	5.17804	3.126079	1.743916	1.209256	0.925508	0.749614
4.5	14.42103	5.099194	3.097167	1.734881	1.204905	0.922958	0.74794
5	13.88611	5.03067	3.071753	1.726879	1.201039	0.920688	0.746448

Table 10: Velocity of acid at different skin values for well E-349.

Ve (ft/sec) s=0	Ve (ft/sec) s=5	Ve (ft/sec) s=10	Ve (ft/sec) s=20	Ve (ft/sec) s=30	Ve (ft/sec) s=40	Ve (ft/sec) s=50
38.37696	7.581782	4.206401	2.225147	1.512667	1.145791	0.922139
28.86835	7.118561	4.059832	2.183448	1.49328	1.134633	0.914898
24.55221	6.822802	3.961884	2.154797	1.479823	1.126847	0.909829
22.00078	6.609789	3.889105	2.133087	1.469551	1.120881	0.905936
20.27894	6.445373	3.831596	2.11567	1.461264	1.116053	0.902779
19.02036	6.312611	3.784283	2.101165	1.454329	1.112003	0.900128
18.04996	6.201951	3.744233	2.08876	1.448376	1.108519	0.897843
17.27266	6.107513	3.709604	2.077938	1.443164	1.105464	0.895838
16.63197	6.02544	3.679165	2.068353	1.438534	1.102745	0.894052

Table 11: Pressure drop due to fraction Dpf different skin values for well E-349.

ΔP_{fric} (Psia) s=0	ΔP_{fric} (Psia) S=5	ΔP_{fric} (Psia) S=10	ΔP_{fric} (Psia) S=20	ΔP_{fric} (Psia) S=30	ΔP_{fric} (Psia) s=40	ΔP_{fric} (Psia) s=50
501.3976	99.0565	54.95691	29.07169	19.76309	14.96983	12.04781
377.167	93.00449	53.04198	28.52689	19.5098	14.82405	11.9532
320.7762	89.14037	51.76229	28.15257	19.33399	14.72233	11.88698
287.4416	86.35735	50.81142	27.86892	19.19979	14.64439	11.83611
264.9457	84.20924	50.06006	27.64137	19.09151	14.58131	11.79487
248.5023	82.4747	49.44191	27.45186	19.00091	14.5284	11.76023
235.824	81.02891	48.91866	27.28979	18.92313	14.48288	11.73039
225.6685	79.79507	48.46622	27.14841	18.85504	14.44296	11.70419
217.2978	78.72278	48.06854	27.02317	18.79455	14.40744	11.68085

Table 12: fraction and hydraulic pressures for well E-349.

P_{frac} (Psia)	P_{hyd} (Psia)
4782.96	2986.693

Table 13: Mmaximum pressure of injected acid at different skin values for well E-349.

P_{max} (Psia) s=0	P_{max} (Psia) s=5	P_{max} (Psia) s=10	P_{max} (Psia) s=20	P_{max} (Psia) s=30	P_{max} (Psia) s=40	P_{max} (Psia) s=50
2297.665	1895.324	1851.2241	1825.3389	1816.0303	1811.237	1808.315
2173.434	1889.272	1849.3092	1824.7941	1815.777	1811.0913	1808.22
2117.043	1885.408	1848.0295	1824.4198	1815.6012	1810.9895	1808.154
2083.709	1882.625	1847.0786	1824.1361	1815.467	1810.9116	1808.103
2061.213	1880.476	1846.3273	1823.9086	1815.3587	1810.8485	1808.062
2044.77	1878.742	1845.7091	1823.7191	1815.2681	1810.7956	1808.027
2032.091	1877.296	1845.1859	1823.557	1815.1903	1810.7501	1807.998
2021.936	1876.062	1844.7334	1823.4156	1815.1222	1810.7102	1807.971
2013.565	1874.99	1844.3357	1823.2904	1815.0617	1810.6746	1807.948

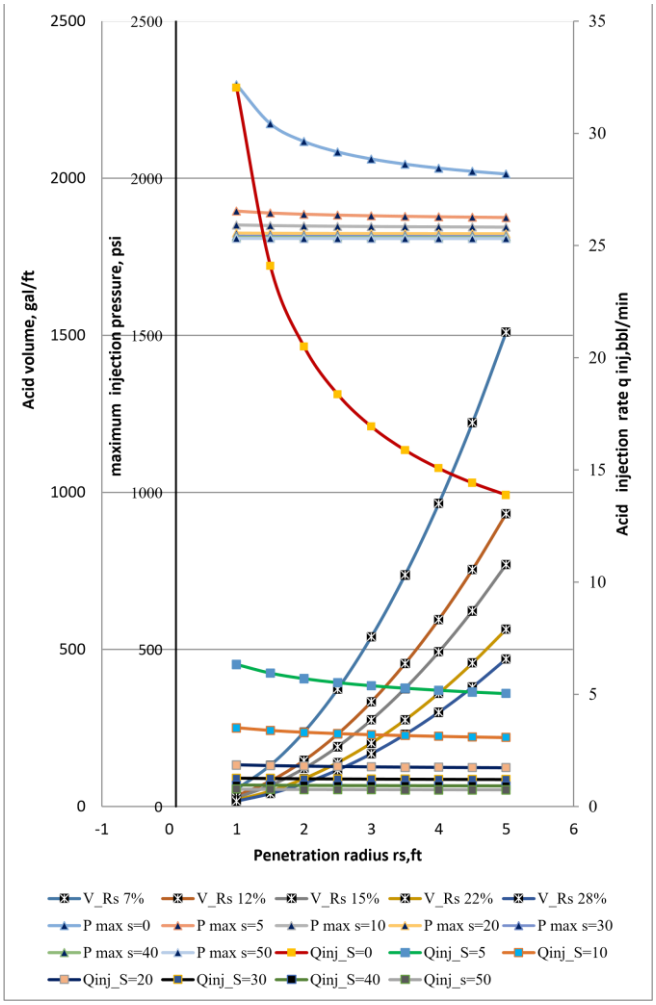


Figure 8: volume and flow rate of acid at different skin values vs skin radius for well E349.

Table 14: Bottom hole pressure and required acid pump pressure for well

P_{bottom} Psia	P_{PUMP} Psia
1300	-1185.295
1900	-709.5258
2400	-265.9166
2900	200.7488
3300	578.2529
3700	961.8095
4100	1349.131
4500	1738.976
4782.96	2013.565

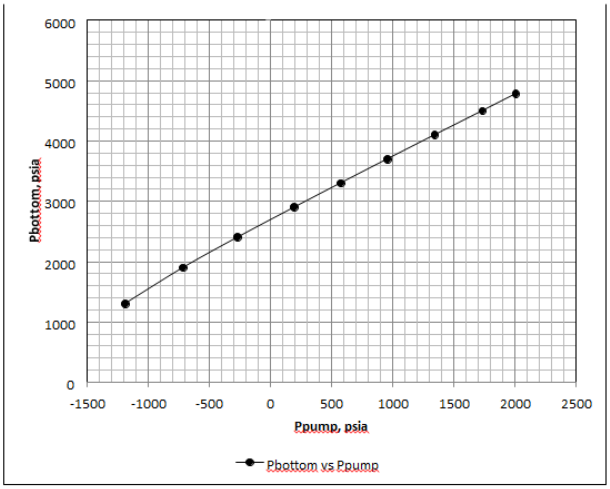


Figure 9: Bottom hole pressure vs acid pump pressure for well E-349.

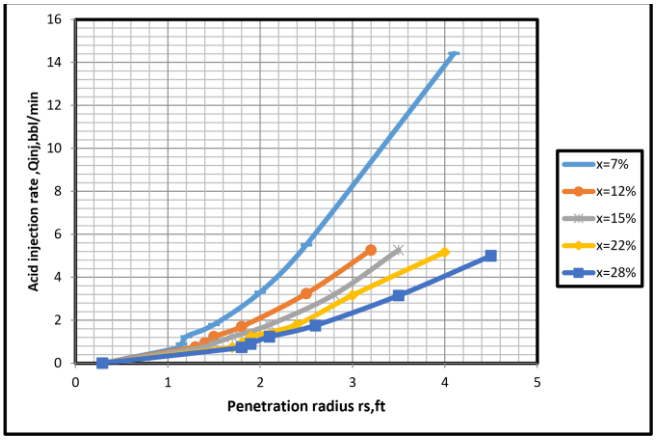


Figure 10: The optimum injection rate vs optimum acid penetration radius at different dissolving power for well E-349.

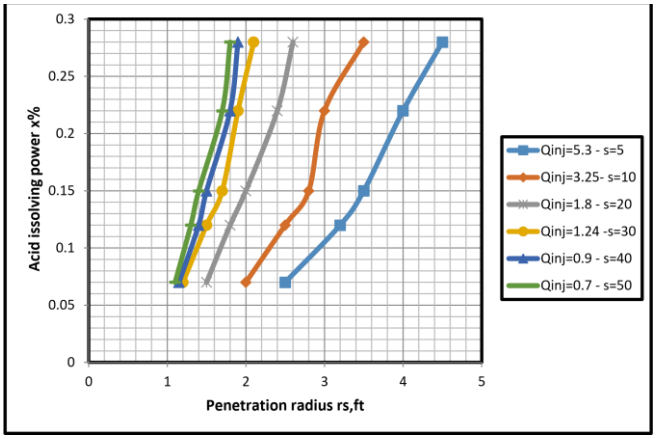


Figure 11: The optimum dissolving power vs optimum penetration radius at optimum injection for different skin factor for well E-349.

IV. Conclusions

1. The result of this study indicates that as the skin value increased, the acid injection rate decreased.
2. It was also found that there is a limiting value for the skin factor which controls the acid injection rate.
3. It was also found that the acid injection volume is inversely proportional to the acid concentration.
4. The best optimum acid concentration was found to be 15 % for the dolomite acid treatment.
5. It was found that limiting the value of 20 skin factors was the maximum value for maximum acid performance.
6. This 20 skin value makes the acid injection rate to be very slow which in turn results in high acid injection time causing the acid to spend near the wellbore as not covering the entire damage area.

V. Recommendation

1. We recommend that laboratory work should be conducted in order to confirm our analysis.

2.After acidizing job is conducted for these wells, post buildup test analysis should be made in order to make sure that treatment of acid is effective.

Acknowledgment

We like to convey thanks to the staff members of Waha Oil Company, for providing us with data and information.

References

1. B.b Williams, J.I. Gigley ,R.S. Schechter, Acidizing Fundamentals ,SPE of AIME Monograph Volume 6, Dallas (1979).

2.D evelopment of Selective Acidizing Technology for an Oil Field in the Zechstein Main Dolomite, Energies 2020.

3. R.S. Schechter, Oil Well Stimulation, Prentice –Hall, New York City (1992). 4. M. J. Economides, K.G. Nolte Reservoir stimulation .3rd Edition, Schlumberger Dowell, Texas (2000)

4.. Selection of suitable acid chemicals for matrix stimulation: A Malaysian Brown field scenario, Journal of Petroleum Science and Engineering 2020

5. Waha oil company, drilling department Quality control well history 2022.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

الاستكشاف الجيوفيزيائي لحوض سرت باستخدام طريقة الجاذبية

ا.زينب مبارك محمد عيسى

محاضر - كلية هندسة الموارد الطبيعة العجيلات – جامعة الزاوية

z.issa@zu.edu.ly

مستخلص:الجيوفيزياء الاستكشافية هي الفرع التطبيقي لعلم فيزياء الأرض ، والذي يستخدم طرقاً خاصة بالأرض لقياس الخصائص الفيزيائية لطبقة الأرض الموجودة تحت السطح ، وكذلك الشذوذ في هذه الخصائص ، وذلك من أجل التنقيب عن وجود المعادن الخام والهيدروكربونات والخزانات الحرارية الأرضية وغيرها من البنية الجيولوجية ،فهي تطبيق لطرق المسح الجيوفيزيائي التي تستخدم المجال الأرضي أي المجال الجذبي و المجال المغناطيسي أو النوع الثاني التي تستعمل الإشارات الاصطناعية التي يتم إرسالها في الهواء وهذه الإشارات تمر عبر الصخور تحت سطح الارض حيث يحدث لها تشويه من الممكن ان يتم تسجيلها . إن الاهداف الرئيسية لاستخدام البيانات الجيوفيزيائية وبيانات الجاذبية بشكل خاص هي معرفة ميزات التراكيب في حوض سرت ومقارنة التكوين الخاص بها مع الشذوذ الجيوفيزيائي ، وذلك من أجل فهم السلوك تحت سطح الأرض أسفل السلسلة من الرواسب في حوض سرت وذلك باستخدام تواقيع الشذوذ من الجاذبية والمغناطيسية البيانات وربطها بالتراكيب في حوض سرت ، وكذلك لتقدير سمك الرواسب في حوض سرت وذلك لمقارنة السمك من بيانات الآبار لترسيم حدود التراكيب الجيولوجية في منطقة المسح باستخدام البيانات الجيوفيزيائية ومقارنتها مع التراكيب الجيولوجية المعروفة .

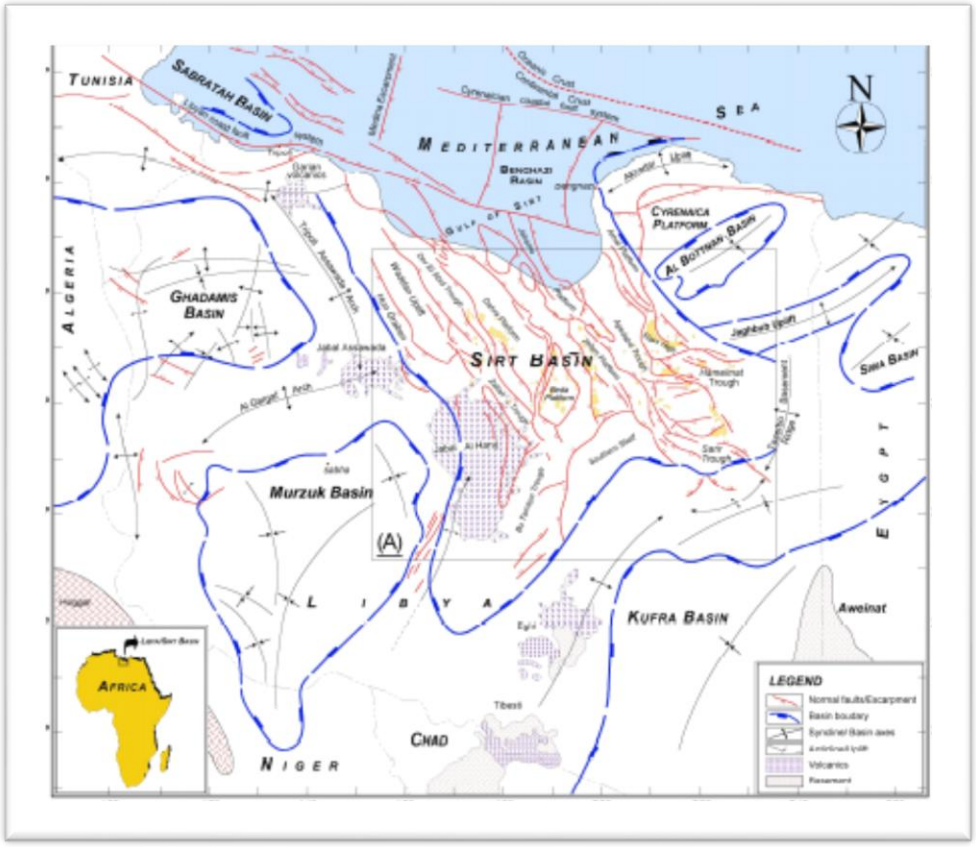
مقدمة:

يتطلب العثور على البترول دراسة طبقات الصخور تحت سطح الأرض وتراكيبها الجيولوجية بحثاً عن الأحواض الرسوبية والمكامن البترولية المحتملة فيها ، سواء على اليابسة ، أم تحت سطح البحر ، بل وتحت الجليد في شمال الكرة الأرضية وجنوبها ، وتطورت – مع مورو السنين – طرق الجيوفيزيائيه ، وظهرة العديد من تقنياته التي تعتمد علي قياس أهم الخواص الطبيعية للصخور , فالمسح الجيوفيزيائي باستخدام الطرق السيزمية والجاذبية والمغناطيسية والمقاومة الكهربية ، والاستقطاب المستحث، والجهد الذاتي والإشعاع الإلكترو مغناطيسي تحديد أهم الخواص الطبيعية للصخور، مثل الكثافة والمسامية والمرونة والسعة الكهربية والصفات المغناطيسية وباستكمال الدراسات الكيميائية للصخور ، يمكن معرفة مدى احتوائها على المواد العضوية المولدة للبترول ، وكذا تعرف مؤشرات وجود خزانات بترولية كبرى مثل وجود صخور مسامية ترتفع بها نسبة الكربونات إذا- من خلال مشاهدات الصخور والآبار ، والجيوفيزياء بطرقها العديدة تقدم اليوم وسائل عملية لدراسة تكوين باطن الأرض وتركيبة ،

وسنتطرق بشكل مبسط لطرق الاخرى للاستكشاف الجيوفيزيائي قبل طريقة الجاذبية.

1- موقع الدراسة :-

حوض سرت أحد الأحواض الرسوبية وأهمها ويغطي مساحة قدرها 500 km² في شمال وسط ليبيا ويقع في الساحل الشمالي لقارة افريقيا حيث يحده من جهة الشمال المياه العميقة لخليج سرت ومن جهة الشمال الشرقي يحده مرتفعات (Cyrenaica) ومن الجنوب الشرقي (arch Zalmah Al Jabal) ومن الجنوب يحده (TibesitMassif) ومن الجنوب الغربي حوض مرزق (MurzuqBasin)ومن الغرب حوض غدامس (Basin Ghadames)[7]، كما هو مبين في الشكل التالي:-



شكل (1) الأحواض الرسوبية في ليبيا [3]

2- طرق اكتشاف التراكيب الجيولوجية :

لا توجد مناطق محددة أو صخور معنية أو أعماق متقاربة أو عصور جيولوجية مجددة يوجد فيها البترول وإن كنا نعرف أن البترول قد تكون واحتجز في طبقات يتراوح أعمارها التكوينية بين حقبة الحياة العتيقة Paleozoic والعصور السفلى لحقبة الحياة المتوسطة ، وأن الاستكشاف والإنتاج البترولي قد امتد إلى الحقبو الحديثة Cenozoic ومن ثم يتطلب العثور على البترول دراسة طبقات الصخور تحت سطح الأرض وتراكيبها الجيولوجية وتشمل تقنيات التنقيب الاتي:-

1- المسح الجيولوجي الطبقي :

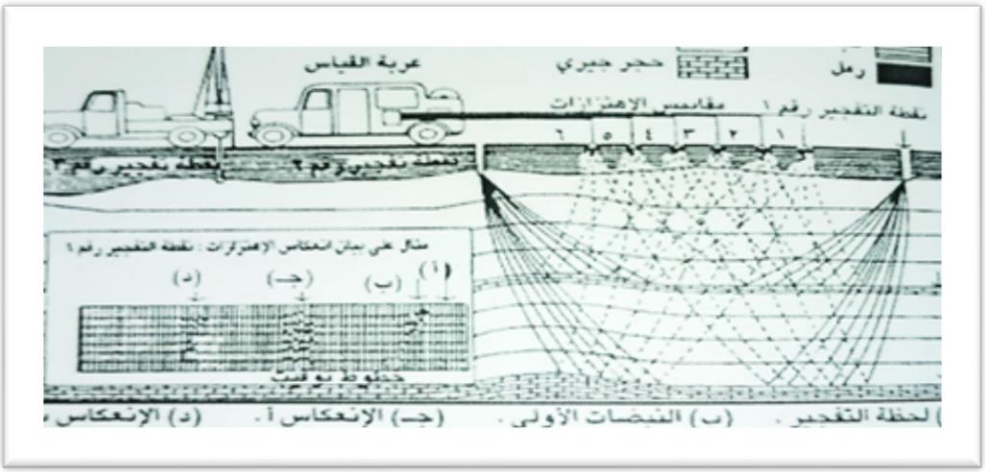
ويشمل المسح الجيولوجي الطبقي الأولى استخدام مقياس الجاذبية الأرضية لتعرف مواقع الصخور وكثافاتها واستنتاج بعض المعلومات عن التراكيب الجيولوجية للمكامن والمصائد البترولية بدأ الاعتماد على أجهزة قياس المغناطيسية الأرضية لتحديد الاختلافات الصغيرة أو الطفيفة في المجالات المغناطيسية للتراكيب الصخرية ، حتى يمكن الاستدلال على بنية الطبقات ومعرفة نوعيات التراكيب الجيولوجية للصخور الرسوبية ، وإنشاء خطوط الكنتورات تحت السطحية ، وتجديد مناطق الثنيات أو الصخرية المحدبة والمقعرة ، وسمك بعض الطبقات الرسوبية فيها وبتطور تكنولوجيات التنقيب عن البترول يجري حاليا قياس المغناطيسية الأرضية عن طريق المسح الجوي ، الذي يتيح تغطية مساحات كبيرة والوصول إلى مناطق صعبة طبوغرافيا ، والتي لا يسهل استخدام طرق النقل الأخرى فيها ، ومع الاستعانة بالصور الجوية وتطوير الخرائط الجيولوجية من حيث التراكيب ونوعيات الصخور وأعمارها المختلفة ، والتضاريس واتجاهات ميول الطبقات ، الطيات والفوالق وترسم خرائط وقطاعات عريضة لامتداد الصخور الظاهرة على سطح الأرض وتحته.

2- المسح الجيوفيزيائي :

يعتبر المسح الجيوفيزيائي الأداة العملية لاستكمال المعلومات المفيدة وتدقيقها عن بنية الطبقات وتراكيب البترولية وللحصول عليها في المناطق صعبة التضاريس كالمناطق البحرية ، والصحاري ، الجليدية القطبية ، ومناطق البراكين ، وتشمل الطرق الجيوفيزيائية الشائعة الاستخدام المسح السيزمي الذي يسمى أحياناً بالزلزالي ، والجاذبية ، والمغناطيسية ، والرق الكهربية ، ثم الطرق الأقل استخداما وهي قياسي الإشعاع والحرارة عند أو بالقرب من سطح الأرض أو الجو وإذا كانت الطرق السيزمية والجاذبية هي ، أساساً أدوات للبحث عن النفط ، فإن الطرق الكهربية تستخدم عادة للكشف عن المعادن .

1.2- المسح السيزيمي :

يعد المسح السيزمي أداة عملية لتحديد التكوين الجيولوجي تحت سطح الأرض ، ويعتمد على تفجير شحنة صغيرة من المتفجرات قريبة من السطح تنتج عنها صدمة آلية أو هزة أو موجة سيزمية وهذه الموجة تعود إلى السطح بعد انعكاسها من الأوجه الفاصلة بين الطبقات ذات الخواص الطبيعية المختلفة ، وتسجيل الانعكاسات بأجهزة حساسة سريعة الاستجابة لحركة الأرض Geophones & Detectors ، توضع على أبعاد محددة من نقطة التفجير لتلقي الموجات الصوتية المنعكسة وقياس زمن ارتداد الموجة السيزمية ، ومن المعروف أن سرعة الموجات الصوتية تعتمد على كثافة الصخور التي تمر بها ويمكن حساب أعماق الطبقات وسمكها واستنتاج أنواعها بقياس أزمنة الانعكاس ومقارنتها ، وطريقة الانعكاس السيزمي أنجح الطرق السيزمية المستخدمة في المكامن النفطية، وبخاصة الطيات المحدبة والفوالق والقبات المحلية وبعض البنيات الاختراقية الأخرى.



شكل (2) المسح الجيوفيزيائي بالطريقة السيزمية

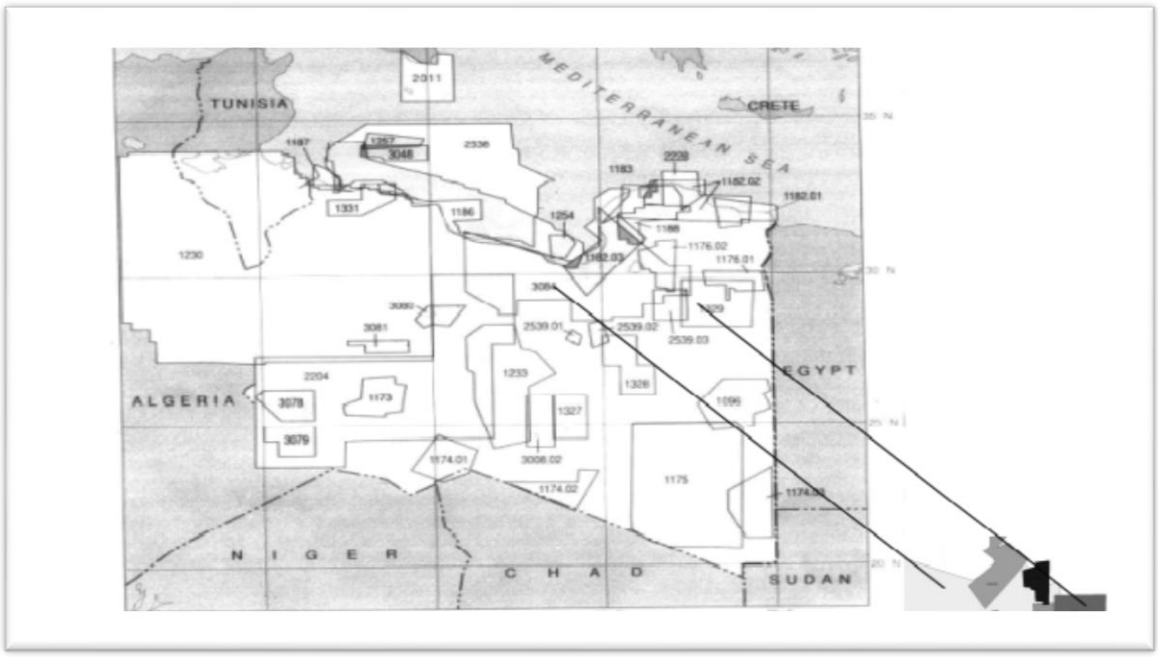
2.2

- الطريقة المغناطيسية:-

يستخدم المسح المغناطيسي لقياس التغير في شدة المجال المغناطيسي للأرض من مكان لآخر ، بسبب اختلاف التراكيب الجيولوجية ، والتغيرات الطبوغرافية لأسطح صخور ، أو الصخور النارية أو المتحولة التي تحتوي في العادة على نسب أعلى من معدن المجنتيت Magnetite ذي الخواص الغناطيسية أو الصخور القريبة من سطح الأرض ،وتستخدم المغناطومترات Magnetometers في المسح المغناطيسي على الأرض ، ومن الطائرة أو السفن وبخاصة لتحديد سمك الطبقات الرسوبية الخازنة للبترول ، أو المعادن المغناطيسية .

وحديثاً تستخدم الأقمار الصناعية في رسم الخرائط الكنتورية للتغيرات في شدة المجال المغناطيسي لتحديد التراكيب الجيولوجية في مناطق المسح المغناطيسي ، وبخاصة أماكن الطيات والصدوع في

القشرة الأرضية المرجع وجود تجمعات البترول بها وحساب أعماق صخور القاعدة بما يساعد في تقدير سمك وإمتداد الطبقات الرسوبية وإمتدادها ،، وقد ساعدت الطريقة المغناطيسية على اكتشاف حقول بترولية عديدة.



شكل (3) المسح المغناطيسي الجوي لحوض سرت (العبادي 2002)

3.2

- الطريقة الكهربائية:-

تعتمد هذه الطريقة على اختلاف قياسات المقاومة النوعية الكهربية بين شتى أنواع الصخور ، وبخاصة بين الملح والرسوبيات ، ويسهل باستخدامها تحديد عمق صخور القاعدة بفضل ارتفاع قيم المقاومة النوعية لها وإذا كانت التباينات في الخواص الكهربية للصخور الرسوبية محددة ، فإن الصخور الجيرية الكتلية والانهيدريت تتميز بمقاوماتها النوعية العالية كذلك تستخدم طريقة الجهد الذاتي لإجراء قياسات على السطح بالميللي

فولت للجهود الكهروكيميائية الناشئة في الأرض بالتفاعل الكيميائي الكهربي بين بعض المعادن والمحاليل ذات الخصائص الكهربية المتلامسة معها وهنا مقارنة بين خصائص بعض طرق الأكتشاف النفطي من حيث المتغيرات المطلوب قياسها والخصائص الطبيعية التي تم استنتاجها .

م	الطريقة	المتغيرات المطلوب قياسها	الخصائص الطبيعية التي يتم استنتاجها ومميزاتها
1	السيزمية	الزمن المقطوع لانعكاس / انكسار الموجات السيزمية	الكثافة ومعاملات المرونة التي تحدد سرعة بث وانتشار البيانات السيزمية ، ومن ثم شكل وسمك الطبقات وأعماقها لتحديد التكوين الجيولوجي تحت سطح الأرض والتحديد اماكن

			الطيات المحدبة والفوالق والقباب الملحية والشعب وخواصها.
2	الجاذبية	التغيرات في تسجيلات قوة مجال جاذبية الأرض	الكثافة وشكل التركيب الصخري لتحديد سمك الطبقات الرسوبية الخازنة للبترول أو المعادن المغناطيسية .
3	المغناطيسية	التغيرات في تسجيلات قوة مجال المغناطيسية الأرض	القابلية Susceptibility المغناطيسية والرنين .
4	الكهربية	مقاومة الأرض للتوصيل الكهربي (خاصة بين الملح والرسوبيات)	قوة التواصل الكهربي السماحية النفاذية لتحديد عمق صخور القاعدة.
5	الجهد الذاتي	الجهد الكهربي	التواصل الكهربي ، السماحية ، النفاذية .
6	الالكترومغناطيسية	الاستجابة للإشعاع الإلكترومغناطيسي	قوة التواصل الكهربي والحث الكهربي السماحية النفاذية .

4.2

- طريقة الجاذبية:

تعتمد طريقة البحث بالجاذبية – في حدود الأميال الأولى القليلة من سطح الأرض- على قياس التغيرات الصغيرة في جذب الصخور للأجسام والكتل فوق سطحها، إذ تختلف قوى الجذب من مكان لآخر طبقا لاختلاف كثافات الصخور تحت سطح الأرض، لأن الجاذبية تتناسب طرديا مع الكتل الجاذبة، وعكسيا مع مربع المسافة إليها.

وإذا كانت الطبقات الأعلى كثافة مقوسة إلى أعلى في تركيب مرتفع مثل الطية المحدبة فإن مجال الجاذبية الأرضية يكون فوق محور كالطية أكبر منه على طول أجنابها، كما أن القبة المحلية، الاقل كثافة من الصخور التي اخترقتها، يمكن كشفها من القيمة الصغيرة للجاذبية المقاسة فوقها بالمقارنة بقيمة الجاذبية على أي من الجانبين. ولابد لقياس التغير الطفيف في قيمة الجاذبية من مكان لآخر من أجهزة ذات حساسية عالية، لدرجة أنها تسجل التغيرات في الجاذبية من مكان لآخر من أجهزة ذات حساسية عالية، لدرجة أنها تسجل التغيرات في الجاذبية لجزء في المليون من عجلة الجاذبية الأرضية، وتسمي مالجرافيمترات Graimeters، وهي أداة رسم خريطة تغيرات الجاذبية في منطقة البحث عن النفط التي يمكن من خلالها ترجيح وجود تراكيب جيولوجية معينة مثل الفوالق والطيات ، أو تداخل صخور القاعدة ذات الكثافة العالية في صخور رسوبية ذات كثافة أقل .

وبصفة عامة يستفاد من طريقة الجاذبية في تحديد الأحواض الرسوبية ، وامتدادها وسمكها ، باعتبار أن كثافة صخور القاعدة أعلى من كثافة الطبقات المترسبة فوقها ، وكذا في تحديد أماكن القباب الملحية ، وشعاب الحجر الجيري والطيات المحدبة .

3- استكشاف حوض سرت باستخدام طريقة الجاذبية :

3.1- بيانات الجاذبية :

يمكن الحصول على قياسات للجاذبية من مركز ابحاث البترول في طرابلس ليبيا (prc) ويشمل 86327 من محطات على مساحة الارض كما هو مبين بالشكل (4)معظم هذه المحطات تغطي حوض سرت بالكامل (مرتفع برقة ، حوض البطنان ، مرتفع الجغبوب) ثم تطبيق تصحيحات بوجير بواسطة (abadi,2002) من أجل الحصول على خريطة بوجير كاملة والتي تشكل أساس تفسير البيانات الجاذبية على الأرض تم دمج بيانات الجاذبية البحرية التي لديها 44689 من القراءات وثم الحصول عليها من المملكة المتحدة (getech,leeds,uk) ثم الحصول على بيانات (x,y) وقيمة z تمثل القيم الشاذة لبوجير المنطقة البحرية شمال حوض سرت (البحر الأبيض المتوسط) تظهر ارتفاع في شذوذ الجاذبية في الخريطة لأنه لا يوجد تصحيح الهواء الحر على البيانات البحرية التي استخدمت

المسافة بين محطات الجاذبية وهي مبينة في الشكل (4) متنوعة في الكثافة من محطات عالية الكثافة مع m700 مساحة بينهما .

3.2- معالجة الشبكة :

- الشبكة :

الشبكة تكون الخطوة الأولى في معالجة البيانات التي تحرف قيم شذوذ بوجير من قاعدة البيانات إلى شبكة مربعة يشير مصطلح الشبكة إلى الملفات التي تحتوي على موقع (x,y) وبيانات قيم الجاذبية لz والتي تحرف لا نشاء تمثيل منتظم وسهل للعينات وأخذ عينات بشكل سلس من المواقع والبيانات. طرق الزيادة لبيانات (x,y,z) تكون كما يلي :

1- الشبكة ثنائية الاتجاه :

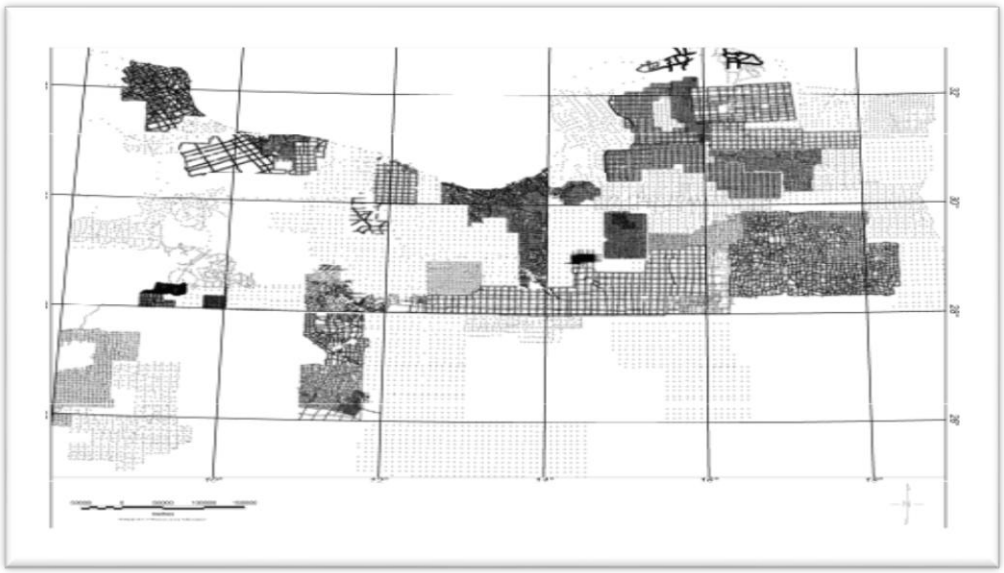
وهي مصممة لاستفاء البيانات المستندة الى الخطوط المتوازية (بيانات خط الأساسي) والتي تنفذ في خطوتين :

- تحرف البيانات على طول كل خط المسح لإعطاء القيم في كل تقاطع مع خطوط الشبكة المحددة .
- يتم استخراج القيم المحرفة على طول خط الشبكة من القيم المحرفة السابقة التي تم تخزينها وتحرف اخيرا لإعطاء القيمة الموزعة في كل خلية للشبكة .

2- الحد الأدنى للإنحناء العشوائي للشبكة :

يتم تحويل الإحداثيات الجوديسية إلى (x,y) باستخدام التقدير (utm) .

محطات مسح الجاذبية في المنطقة لا تستند للخط والفترات الملحوظة ليست متباعدة بالتساوي لهذا السبب يتم تحويلها الى شبكة على الكمبيوتر باستخدام البرنامج (geosoft pasis) على اساس الحد الأدنى لسطح الانحناء ومع حجم خلية الشبكة من 2.5 كم إلى إنشاء خريطة بوجير للشذوذ كما في الشكل (5) خريطة شذوذ الجاذبية انتجت عن طريق عرض البيانات الشبكية كما الخريطة الملونة وهي التي تبين توزيع الشذوذ في المنطقة وعموماً هي التي تعرف من خلالها الكثافة الافقية داخل الرواسب والاقبية في جميع أنحاء القشرة الأرضية .



شكل (4) بيانات الجاذبية لا تتباعد من المحطات في فترات على حد سواء . فاصل المسافة بين المحطات متفاوت وهومن 700م حيت ان المحطات مكثفة ل 7000م عند المحطات اقل كثافة[3]

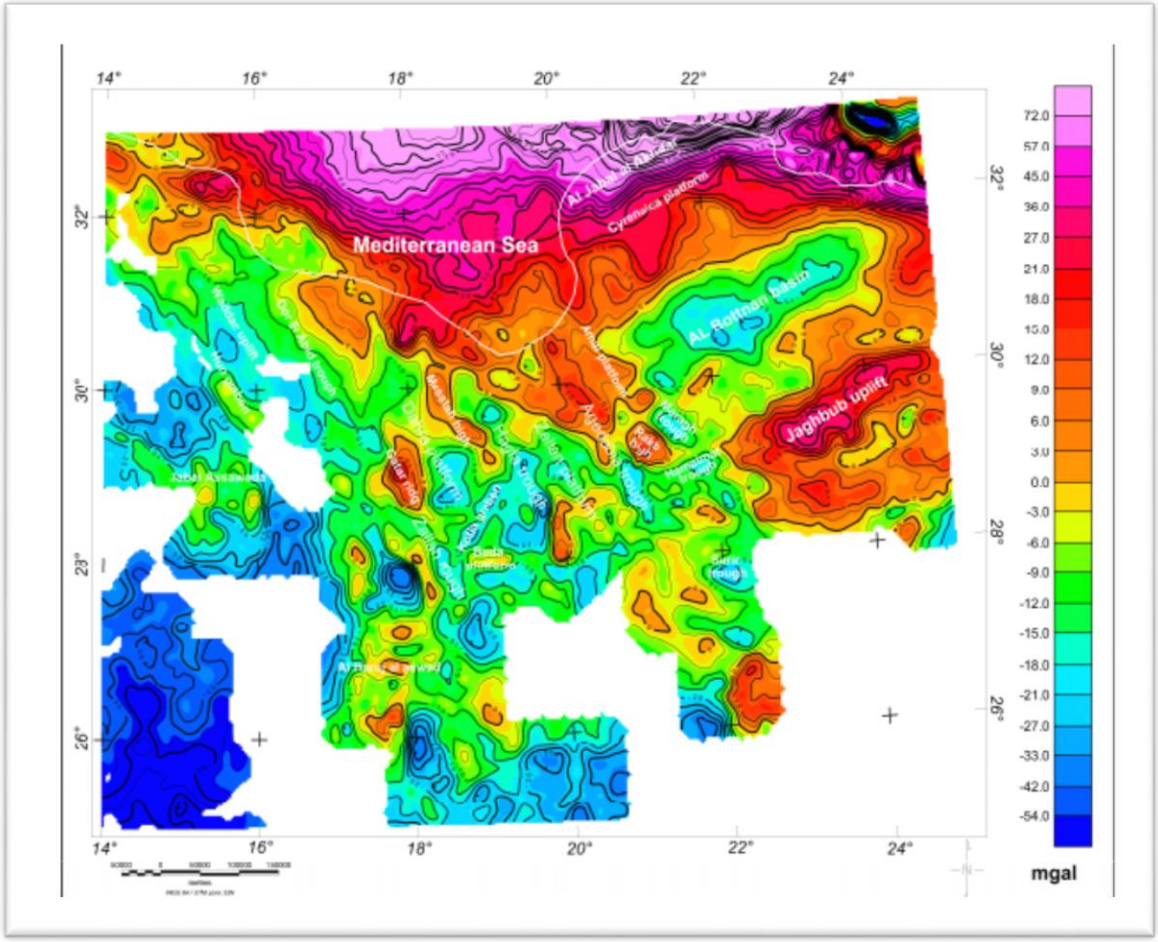
الخطوط الكنتورية :

خرائط شذوذ الجاذبية كانت تعرض كخرائط كنتورية والتي كانت قاعدة تفسير الجاذبية قبل تطوير برامج الكمبيوتر في الوقت الحاضر يتم عرض بيانات الجاذبية كخرائط ملونة حيث يمثل اللون مختلف شذوذ الجاذبية من الأعلى إلى الأقل داخل خريطة الجاذبية ويتم أخذ بيانات الشبكة

كمدخل لإنتاج خريطة الكنتور مع فاصل زمني كاف من 5mgal .

الخرائط الكنتورية للبيانات الجاذبية تظهر العديد من الحالات الشاذة من مختلف الأشكال والأحجام فضلاً عن الاتجاه من السمات الجيولوجية في المنطقة الاتجاه يكون في اتجاه الشمال الشرقي – الجنوب غربي في حوض البطنان كما هو مبين في الشكل(5) والاتجاه الشمال غربي – الجنوب شرقي في حوض سرت والتي تربط الأحداث التكتونية المختلفة .

كثافة خريطة الكنتور لشذوذ الجاذبية هي مفيدة في التفسير واستخدامها بوصفها مؤشرا لمواقع الصدوع وعندما تتغير فترة الكنتور بسرعة من الأعلى إلى قيمة منخفضة إذ تغير الكنتور من (15mgal) في مرتفع برقة إلىا(15 mga-) في حوض البطنان ويستخدم هذا كمؤشر لسمات التراكيب التي تنجم من هذا التغيير المفاجئ وتمت مقارنة شذوذ الجاذبية مع خطوط الكنتور مع الميزات الجيولوجية المعروفة في المنطقة لرسم العلاقة بين مجموعة الحقول المعروفة جيولوجيا .



شكل(5) يبن شذوذ بوجير مع الكنتور 15 mgal. يظهر ملامح التراكيب في حوض سرت وكذلك حوض البطنان ومرتفع الجغبوب والجبل الاخضر [3]

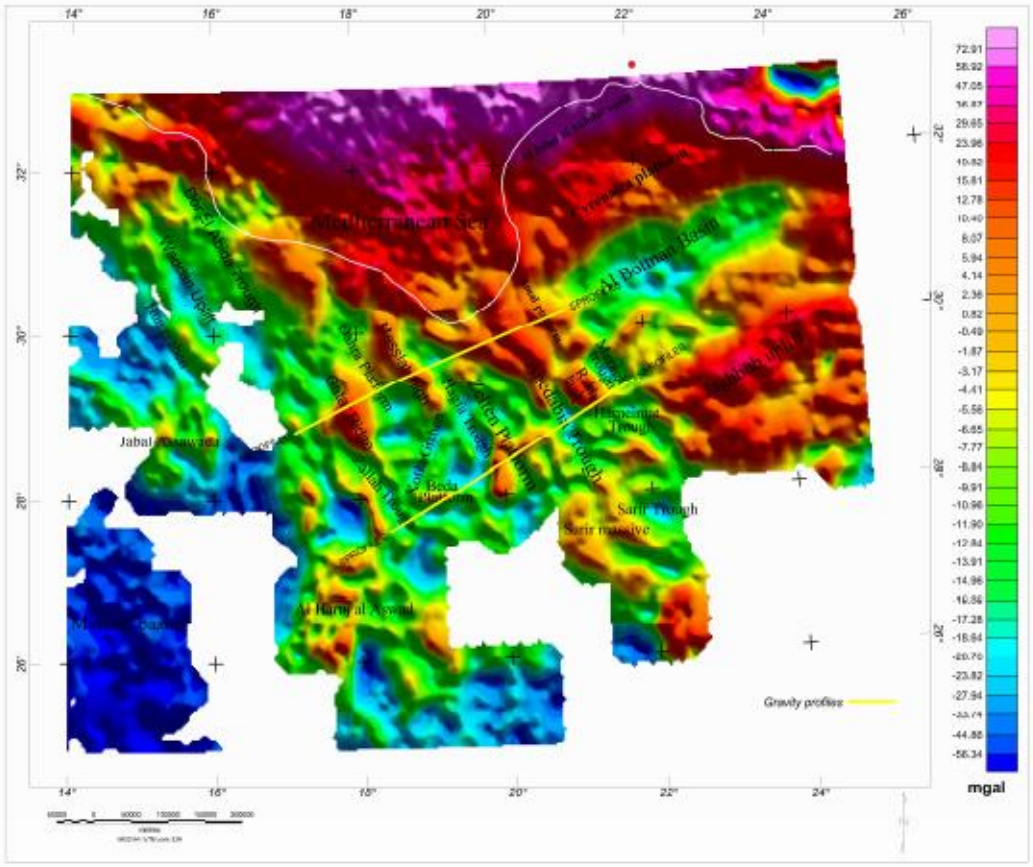
- **تضليل صورة الشبكة الملونة** :

تتيح الادلة الملونة للصور الموجودة داخل المونتاج تمكن من تعديل تفاعلي.وتعديل لون المناطق من بيانات الشبكة وتوفر مجموعة من جدول الألوان للملفات

لتحديد لوحة الألوان المستخدمة لتلوين بيانات الشبكة هو يسمح بتغير الميل والانحراف فضلا عن السطوح والتباين وشبكة اللون المظللة مفيدة لعرض ملامح التركيب ومن أجل تكون أكثر للخصائص الجيولوجية

لإستخدامها في نهاية المطاف في التفسير النوعي ومن أجل توضيح الخصائص الجيولوجية مع الميل والانحراف 45 درجة ويساعد على ربط التعابير الميدانية الممكنة مع المرتفعات والتراكيب في المنطقة تم استخراج نموذج التظليل مع الجدول rgb ويظهر في الشكل (6) .

يتم استخدام اللون rgb مضلل خريطة كخلفية لتحديد المواقع المناسبة للجاذبية لتمرير السمات الجيولوجية في حوض سرت سيتم عرض ملامح الشبكة في الخط المنحني والتي سوف تكون مؤشراً لتوزيع التراكيب داخل حوض سرت السبب الرئيسي وراء اختيار اثنين من ملامح ملفات الشبكة هو عبور الأجزاء الشمالية والجنوبية من حوض اجدابيا الذي الذي يقع في الجزء الشرقي من حوض سرت حيث يتغير شذوذ الجاذبية من الأعلى إلى الأقل على نفس الاتجاه من المنخفض



شكل(6) خريطة rgb لشذوذ بوجير مع شبكة الشمال والجنوب [3]

- **الفصل المحلي والإقليمي** :

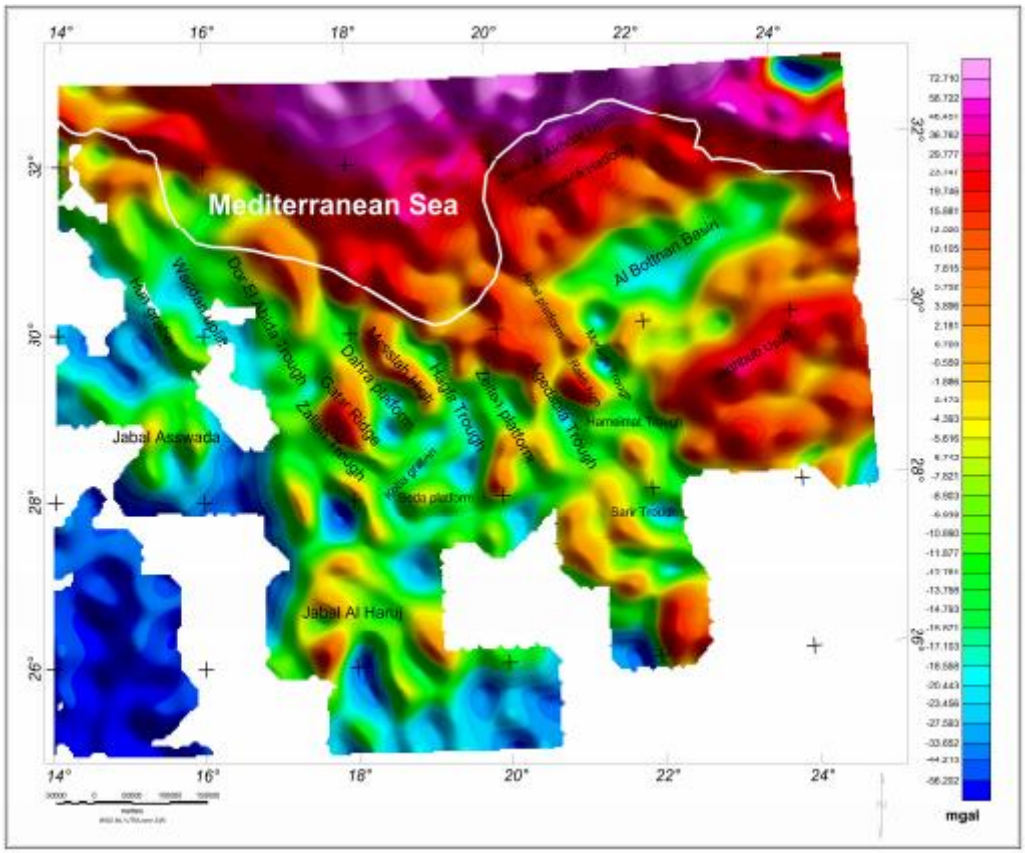
حقول الجاذبية على سطح الأرض تحتوي على الشذوذ من مصادر مختلفة الحجم والعمق ولتفسير هذه الحالات يجب أن تفصل التشوهات الناجمة عن ميزات معينة من التشوهات الناجمة من اشياء آخرى .

عند النظر في الطول الموجي لشذوذ الجاذبية يرتبط الوضع الشاذ للطول الموجي القصير إلى السطح القريب في حين يرتبط شذوذ الطول الموجي الطويل إلى الهيئات عميقة الجذور. ويعرف الشذوذ الإقليمي هنا على أنه جزء من سلسلة وينسب إلى التأثيرات العميقة جداً أو الواسعة جداً في البروز أن تكون تراكيب أو غيرها من الفوالق . إن خريطة الجاذبية الاقليمية تكون مفيدة لهذه الدراسة وكثيراً ما تستخدم الشبكة الإقليمية لتعزيز الشذوذ المتبقية كما هو الحال في استكشافات النفط والغاز الذي يتم انتاجه من خلال طرح شبكة شذوذ الإقليمية من الحقل الإجمالي الأصلي .

- تصفية الترددات المنخفضة :

تعطي تسهيلات لتحديد التصفية المناسبة لمجموعة البيانات الميدانية الأصلية ويستخدم مصفى أو مرشح الترددات المنخفضة لتعزيز ملامح عميقة من البيانات الجاذبية الميدانية من أجل انتاج خريطة شذوذ الجاذبية الإقليمية من مختلف القطع 20,30,40KM من أجل انتاج خريطة الجاذبية الإقليمية الشاذة . أخيراً اعتبر قطع ال 50 كم لاستخدامها لتصفية الترددات المنخفضة الذي سيرفض الطول الموجي الكامل الأقل من 50 كم وهذا ليس بمعتبر فنحن مهتمون بالبني العميقة للتراكيب الرسوبية لحوض سرت التي يكون الطول الموجي لها أكثر من 50 كم وشذوذ الجاذبية الإقليمية للشبكة يمكن أن يستخدم لإنتاج شذوذ الجاذبية المحلية من خلال طرح شبكة الإقليمية من مجموع شبكة الحقل الأصلي .

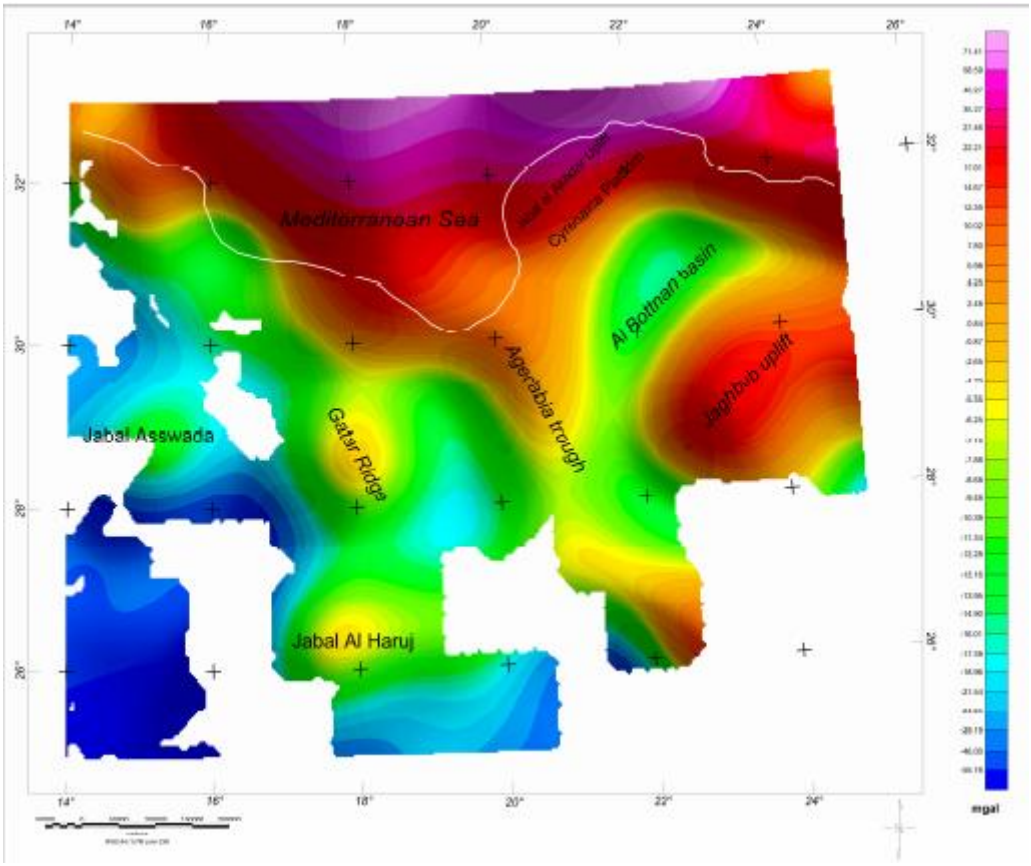
الجزء الشرقي من حوض سرت يعكس الطول الموجي الطويل وهو مؤشر لتراكيب عميقة الجذور . يتميز الجزء الشمالي من منخفض اجدابيا بالطول الموجي الطويل حوالي75 كم الأمر الذي يعكس عمق التراكيب في الجزء الشمالي من حوض سرت، وتتعزز الشذوذ الصغيرة داخل حوض سرت التي ترتبط بالبني السطحية القريبة أو التراكيب الصغيرة وتختفي على خريطة الجاذبية الإقليمية .



شكل (7) الخريطة الإقليمية لشذوذ بوجير مع تصفية الترددات المنخفضة [3]

وبما أننا مهتمون بتراكيب القشرة الأرضية العميقة أكثر من تلك التي تنتج باستخدام الترددات المنخفضة (5 كم) اخترنا قطعة مختلفة آخري بطول 200 كم والذي سيرفض أي طول موجي أقل من 200 كم يمر الطول الموجي الأكثر من 200 كم كما هو مبين في الشكل (8) .

تركيزنا كان عن منخفض اجدابيا في الجزء الشرقي من حوض سرت باستخدام الترددات المنخفضة عن 200 كم والجزء الشمالي من منخفض اجدابيا مازال يتسم بجاذبية عالية الشذوذ كما مبين في الشكل (8) مما يدل على انتشار التراكيب الشمالية من منخفض اجدابيا .



شكل (8) خريطة اقليمية لشذوذ بوجير مع تصفية الترددات المنخفضة عن 200كم [3]

- **أوضاع شبكة الجاذبية** :

شيدت لاثنين من الأوضاع على خريطة شذوذ الجاذبية في الشكل(6) باستخدام مكونات الشبكة المختلفة ومجموع شبكة مجال الجاذبية وانخفاض الترددات عن 50 كم للشبكة من هذه المكونات سيتم استخراج ملف التعريف من الخريطة الحالية والتي وضعت في خط في قاعدة البيانات الحالية التي تم انشاؤها في بداية العملية .

الهدف من استخدام مكونات الشبكة المختلفة هو محاولة لتعريف الشذوذ الجاذبية مع مستويات مختلفة وكان من المفترض أن الشذوذ الصغيرة ترتبط مع التراكيب القريبة من السطح في حين أنه كانت هناك صلة بين الشذوذ الكبيرة أي البني العميقة حاولت هذه الدراسة ربط عناصر الجاذبية إلى التراكيب الجيولوجية في حوض سرت التي تتميز بسلسلة من المنخفضات والمرتفعات المصحوبة بالفوالق .

الفصل بين المنخفضات والمرتفعات على خريطة الجاذبية وبروفيلات الجاذبية (أوضاع الجاذبية) يأتي من الإنحدار الشديد (التغير المفاجئ) والذي يرتبط بوجود الصدوع بروفيل الجاذبية في الإتجاه الشمال شرقي – جنوب غربي من السمات الجيولوجية لحوض سرت البروفيل الشمالي مبين الشكل(11) يمثل التراكيب للجزء الشمالي لحوض سرت غطت كلا البروفيلات منطقة من متوسط 400 كم (الشكل 6) .

تم اختيار اثنين من بروفيلات الجاذبية من أجل التراكيب التي تظهر جاذبية مختلفة داخل نفس التركيب ولعبور أكثر من تراكيب داخل حوض سرت . كما هو مبين في الشكل (6) يتميز منخفض اجدابيا باثنين من تعبيرات شذوذ الجاذبية :_

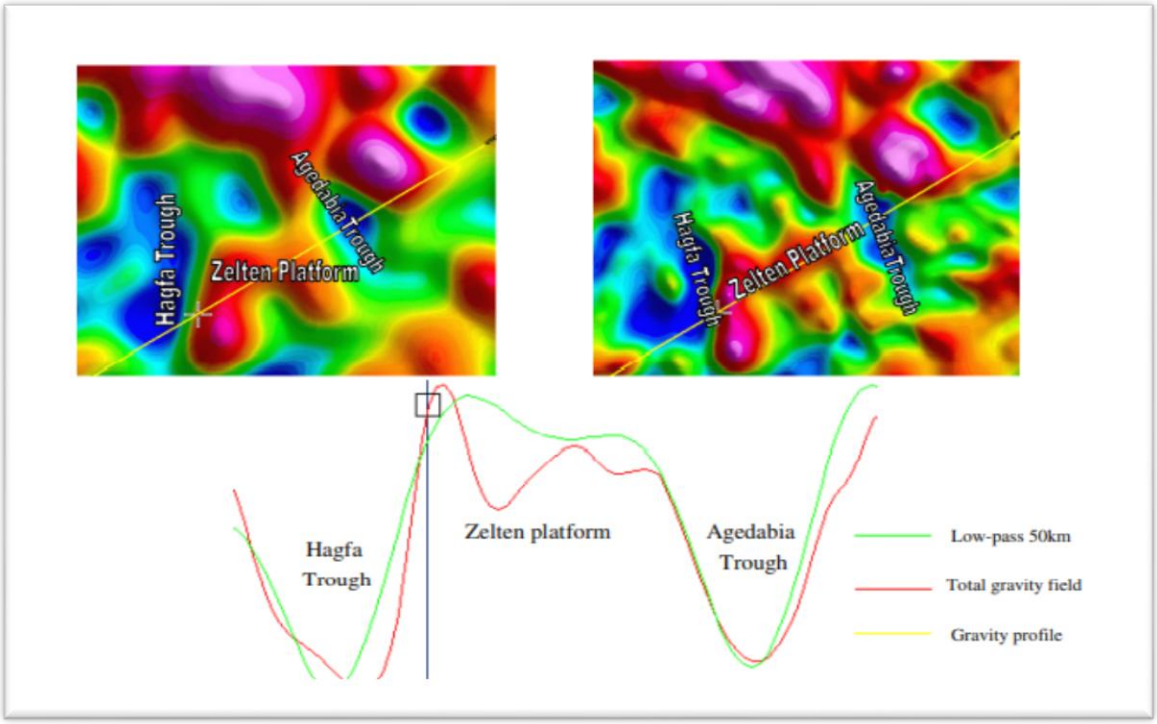
شذوذ جاذبية عالية في الجزء الشمالي من المنخفض وانخفاض شذوذ الجاذبية في الجزء الجنوبي من المنخفض .

ويتميز مرتفع الظهرا باثنين من تعبيرات الجاذبية هي : شذوذ عال في الجاذبية على جانب النظام الأساسي وانخفاض شذوذ الجاذبية في منتصف المرتفع وبناء على ذلك تم اختيار اثنين من بروفيلات الجاذبية .

الروابط الديناميكية متعددة البيانات

تعرف الروابط الديناميكية هي اتصالات بيانية تفاعلية تربط قواعد البيانات وبروفيلات اي عدد من الخرائط في مساحة العمل ، عندما تكون الروابط النشطة الفعالة واختيار أي بند من بنود البيانات ومؤشر تلقائياً يربط هذا البند مع الآخرين من نفس الموقع باستخدام هذه الخدمة وهذا يعطينا القدرة على النظر في مصدر البيانات متعددة من نفس المنطقة في نفس الوقت لأن لديهم نفس تنسيق النظام فهو يستخدم لربط بين بروفيلات الشيكة والخرائط الملونة والتي مثلت من قبل خريطة الجاذبية الميدانية وخريطة الشذوذ الاقلمية كما مبين في الشكل (9).

هذه الصلة تتكون برسم علاقة بين المجالات المحتملة للبيانات الجاذبية و المعلومات الجيولوجية التي تم الحصول عليها من الخريطة التكتونية الاقليمية . وهي تعطي فكرة عن العلاقة بين الخرائط التي تمثلها الالوان والبروفيلات التي تمثلها الخطوط المنحنية التي تعكس توزيع الحالات الشاذة داخل الخريطة ، كما توفر سرعة الجودة والمعالجة والتحليل باستخدام كافة البيانات والمعلومات المتاحة .



شكل (9) الروابط الديناميكية واجمالي الحقول من خريطة الجاذبية في اليمين والترددات المنخفضة بين 50كم في اليسار وصورتهم .ويتضح هذا الارتباط بمؤشر الرمادي على الخرائط وكذلك البروفيلات [3]

كما هو مبين في الشكل(9) فإنه يتضح الإرتباط بين شذوذ في خرائط الجاذبية وصورتهم . منخفض الحجفا يكون محدود بمرتفع زلطن على الجانب الشرقي من المنخفض حيث يتم تغيير بروفيلات الجاذبية بسرعة من شذوذ الجاذبية العالي إلى شذوذ الجاذبية المنخفض الأمر الذي يعكس منطقة الصدع التي تفضل بينهما ويتضح هذا التغيير المفاجئ في وضع شواذ الجاذبية التي كتبها المؤشر الرمادي على خرائط الجاذبية وبروفيل الجاذبية.

- **التفسير النوعي :**

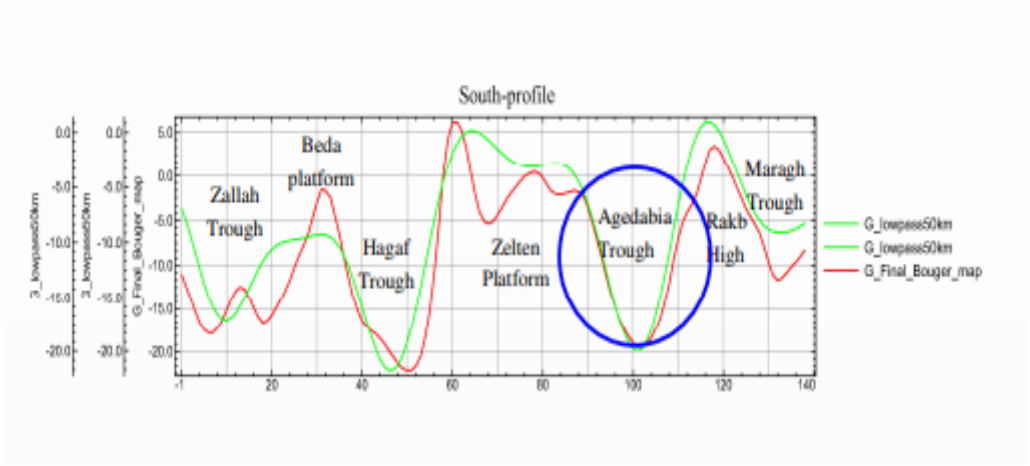
هذا النوع من التفسير ربط معظم الحالات الشاذة والتي تظهر على خرائط شذوذ الجاذبية مع التراكيب الجيولوجية .

شذوذ الجاذبية داخل حوض سرت يتبع على الإتجاه الشمال الغربي – الجنوب الشرقي كما يظهر في الشكل (6) وهي تعكس التراكيب أواخر العصر الطباشيري في حوض سرت تحت طبقات من الرواسب متفاوتة من العصر الطباشيري .

كلا الجانبين من الحواف العليا للجاذبية هي سلسلة من الشذوذ المنخفضة التي انتجت بواسطة تراكيب الصدوع ، التي أوقفت شذوذ الجاذبية وتسببت في تغيير من الشذوذ الجاذبية القصوى إلى شذوذ الجاذبية الاقل ، يعبر عن هذه الفوالق على خرائط الجاذبية كتدرج حاد من شذوذ جاذبية مرتفع إلى شذوذ جاذبية منخفض وعلى بروفيل الجاذبية يعبر عنها كتغيير مفاجئ في منحنيات الجاذبية والذي كان سببه تغيير الكثافة بين مختلف الصخور الرسوبية في الحوض . حواف الصخور الأكثر كثافة يمكن أن تترافق مع انعطاف على منحنى الجاذبية ويستند هذا التفسير على التصور من خلال النظر في الخرائط متعددة في نفس الوقت فيما يتعلق بابروفيلات .

- بروفيل الجاذبية الجنوبي :-

كما يظهر في الشكل (10) يعكس برفيل شبكة الجاذبية التي توزع مصادر شذوذ الجاذبية على طول البروفيل الجنوبي والتي تربط السمات التركيبية للجزء الجنوبي من حوض سرت تبدأ من منخفض مراغ (maragh trough) في الشمال الشرقي من الحوض وتنتهي بمنخفض زلة (zalah trough) في الجنوب الغربي من الحوض ويفصل بينهما سلسلة من المرتفعات على طول كتل الطبقة السفلية من الصدوع ويعبر عن الفصل بينهما على بروفيل الجاذبية من التغير المفاجئ (تغيير حاد) في شذوذ الجاذبية مما يدل على أن مرتفع زلطن ومرتفع بيدا (zelten platform beda platform) بشذوذ جاذبية منخفض في كافة المكونات والتي تدل على سمات تركيبية عميقة ومنخفضات (زلة ،حجفا ، اجدابيا ، مراغ) . ويتميز مرتفع زلطن ومرتفع راكب بشذوذ جاذبية عال بالمقارنة مع تراكيب بمعدل 5 mgal والتي ترتبط برفع صخور القاع أو مناطق الهورست التي تتميز بالكثافة العالية التي تتسبب شذوذ جاذبية عال.



شكل(10) بروفيل الجاذبية الجنوب [3]

- **بروفايل الجاذبية الشمالي :**

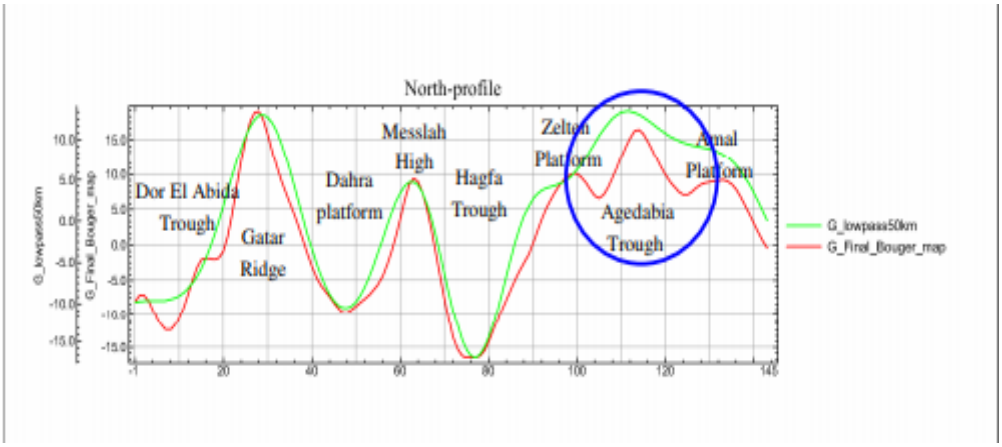
كما هو مبين في الشكل (11) يعكس بروفايل شبكة الجاذبية توزيع مصادر شذوذ الجاذبية على طول البروفيل الشمالي التي تربط الميزات التركيبية للجزء الشمالي من حوض سرت . بدأت من مرتفع أمل (amal platform) في الجزء الشرقي من حوض سرت وتنتهي بمنخفض دور عبيدة (dor el-abide) في الجزء الغربي من حوض سرت مفصولة بسلسلة من تراكيب المنخفضات والمرتفعات .

مرتفع الظهرا (dahra platform) يتميز بشذوذ جاذبية عال على الأجزاء الشرقية والغربية من المرتفع بينما يتميز الجزء الأوسط بشذوذ جاذبية

منخفض جميع مكونات الجاذبية التي استخدمت في بروفايل الجاذبية . ترتبط تلك التعبيرات لشذوذ الجاذبية العالية بارتفاع غاتار و مسلا gatar (ridge and messla) على جانبي حافة المرتفع . فهي تتميز بالتغيير المفاجئ (تغيير حاد) في بروفيل الجاذبية من الأعلى إلى أدنى شذوذ الجاذبية على الشرق والغرب من مرتفع الظهرة والذي يرتبط بمناطق الصدع التي تفصل المرتفع من منخفض الحجفا في الشرق ودور عبيدة في غرب حوض سرت . معظم حقول النفط ضمن مرتفع الظهرة تقع على غتار ريدج وارتفاع مسله، ربما يرجع ذلك إلى الشعب المرجانية المحاذية للساحل عالية الكثافة أو صخور الكربونات التي تمثل خزان جيد ضمن مرتفع الظهرا. ويرتبط انخفاظ شذوذ الجاذبية داخل الجزء الأوسط من مرتفع الظهرا لصخور المصدر منخفضة الكثافة حيث وقعت معظم المواد الهيدروكربونية .

الإختلاف في شذوذ الجاذبية ضمن مرتفع الظهرا متعلقة بتراكيب المنخفضات ضمن مرتفع الظهرا .

يتميز منخفض شمال اجدابيا بالإتساع وإرتفاع شذوذ جاذبيته في كل عناصر الجاذبية والتي تختلف من الجزء الجنوبي من المنخفض كما هو موضح في اثنين من بروفيلات شبكة الجاذبية . وكشف الطول الموجي الطويل للجزء الشمالي من منخفض اجدابيا وهو عبارة عن تراكيب عميقة (75كم) ضمن شمال حوض سرت التي تتعلق بعملية الغطاء تحت القشرة الأرضية ، يحدها تراكيب المرتفعات على جانبي المنخفض. في منخفض دور عبيدة مجموع منحنى مجال الجاذبية يعكس سمات التراكيب الصغيرة .



شكل (11) بروفيل الجاذبية الشمالي [3]

- **تفسير خريطة الجاذبية** :

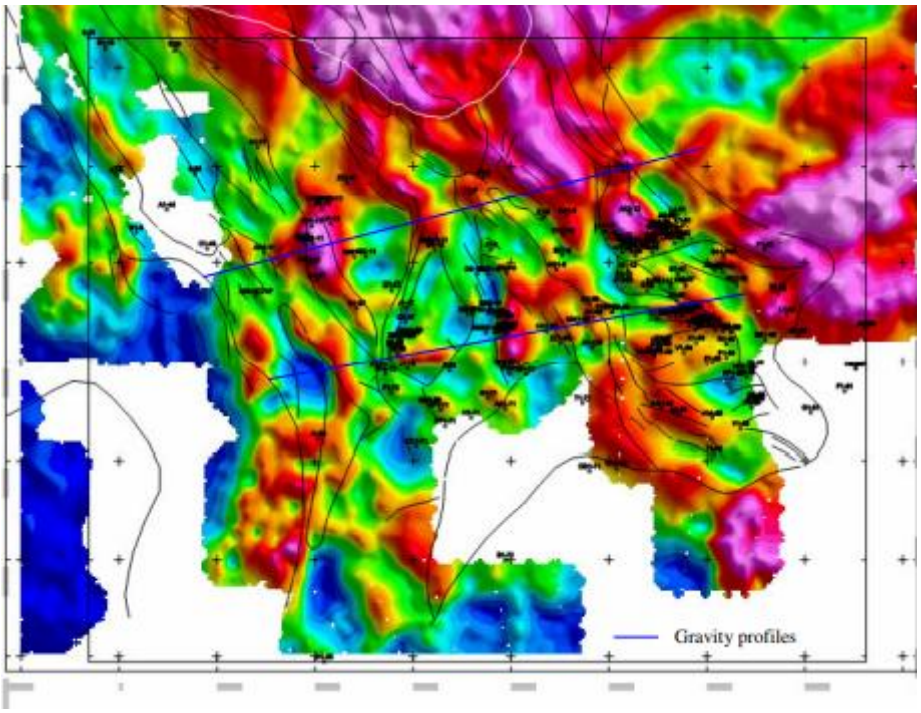
يتم استخدام جدول hsv لخلق نظرة مظللة للخريطة الملونة كما هو مبين في (13) . في خريطة hsv الملونة ينم التحكم في الشكل من بيانات الشبكة الأصلية في حين يتم التحكم في التشبع والقيمة من خلال الشبكة المظللة وقد استخدمت زاوية مختلفة عن الميل والانحراف من أجل تعزيز مدى الخصائص الجيولوجية في حوض سرت وكذلك شرق حوض سرت (حوض البطنان، مرتفع الجبل الأخضر، ومرتفع الجغبوب) في خريطة الجاذبية، ليتم استخدامها لتفسير النوعي .

كما هو مبين في الشكل (13) يقع الجبل الأخضر ومرتفع الجغبوب في الجزء الشرقي من حوض سرت وتفصل بحوض البطنان حوض البطنان بدأ على خريطة الجاذبية كخط طويل مع الشمال الشرقي – الجنوب غربي وهو يتميز بشذوذ جاذبية منخفض مع الحد الأدنى -23.8mgal ويرتبط ذلك بانخفاض كثافة الرواسب داخل الحوض يتميز مرتفع الجغبوب بالإتجاه المباشرة في الشمال الشرقي – الجنوب غربي وإرتفاع شذوذ الجاذبية مع 33mgal التي ترتبط بالإرتفاع العالي لكثافة صخور القاعدة يعكس هذا التفيير المفاجئ في شذوذ الجاذبية من انخفاض شذوذ الجاذبية لحوض البطنان لإرتفاع شذوذ الجاذبية في تراكيب مرتفع الجغبوب التي تسببت في تغيير الجاذبية ، فإنها ترتيط مع الإتجاه الشمال شرقي – الجنوب غربي التي شكلت في (Paleozoic) الذي هو أكبر سنا ومختلفة في الإتجاه أواخر العصر الطباشيري في حوض سرت .

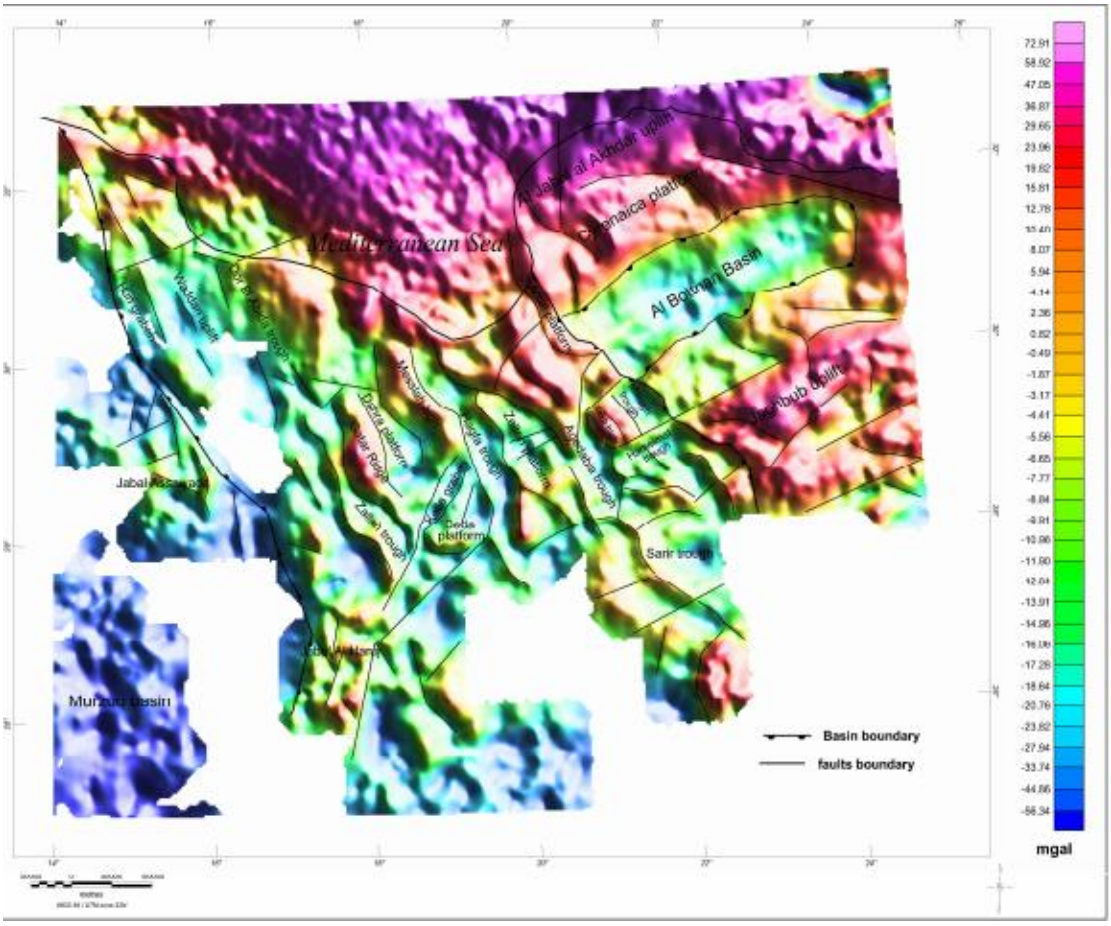
يتميز الجبل الأخضر بارتفاع شذوذ الجاذبية التي ترتبط بارتفاع كثافة صخور القاعدة ، يرتبط ذلك مع الطيات من صخور الباليوزويك في وقت متأخر خلال العصر الطباشيري .

يحد حوض سرت من الإتجاه الشمال شرقي – الجنوب غربي حوض البطنان ومن الشرق مرتفع الجبل الأخضر ومرتفع الجغبوب من الحوض بينما في الجنوب الغربي يحدها حوض مرزق الذي يعبر عنه في خريطة الجاذبية بشذوذ جاذبية منخفض كما هو الحال موضح في الشكل (13) تم تعريف الحدود الشرقية لحوض سرت على أساسات مختلفة في الاتجاه من السمات الجيولوجية والتي تقع في الشمال غربي – الجنوب شرقي في حوض سرت وشمال شرقي – الجنوب غربي في الشرق من حوض سرت وتستند الحدود الغربية على أنخفاض شذوذ الجاذبية من حوض مرزق وحوض غدامس.

تتميز معظم الأجزاء الشمالية والوسطى من التراكيب داخل حوض سرت في الاتجاه الشمال غربي – الجنوب شرقي الذي يرتبط بالصدع في العصر الطباشيري المتأخر الذي أثر على حوض سرت بالكامل وهي تتمثل من الشرق إلى الغرب على التوالي من قبل (منخفض مراغ أمل ، مرتفع راكب ، منخفض أجدابيا ومرتفع ومرتفع زلطن ، منخفض الحجفا ، مرتفع الظهراً ، منخفض زله ، منخفض دور عبيدة ومرتفع وادن ، منخفض هون) كما هو مبين في الشكل (13).



شكل (12) خرية بوجير للجاذبية تظهر تفسير البنى السابقة داخل حوض سرت مع مواقع البيانات والتي سيتم استخدامها في وضع نماذج الجاذبية [3]



شكل(13) الاوضاع الشمالية و الوسطى لخريطة بوجير تظهر التراكيب داخل حوض سرت [3]

- نمذجة شذوذ الجاذبية :

يمكن تقدير توزيع مصدر الشذوذ بطريقتين :-

1) النمذجة إلى الأمام 2) النمذجة العكسية .

يتم استخدام النمذجة إلى الأمام لتقدير توزيع شذوذ الجاذبية لأي هيئة لها طول إضطراب لا نهائي ويحدث عندما يستخدم لضبط معالم النموذج يدوياً من أجل تحسين التوافق بين مجال المرصود وحقل المحوسب في حين نموذج الإنعكاس يحدث عندما يكون برنامج الكمبيوتر ضبط معالم النموذج تلقائياً لتحسين التوافق بين مجال ملحوظ .

- كثافة الصخور الرسوبية :

في المتوسط الصخور الرسوبية لها كثافة أقل من الصخور النارية والمتحولة ، تتأثر كثافة الترسبات بالعمق تحت سطح الأرض الكثافة تزيد مع زيادة في العمق وحسب العمر وكذلك درجة الضغط والمحتوى المائي ، الرواسب القديمة هي أكثر كثافة من الرواسب الأصغر سنا ومع ذلك فإن أنواع الصخور والمسامية أيضا قد تؤثر على العلاقة بين الكثافة والعمق .

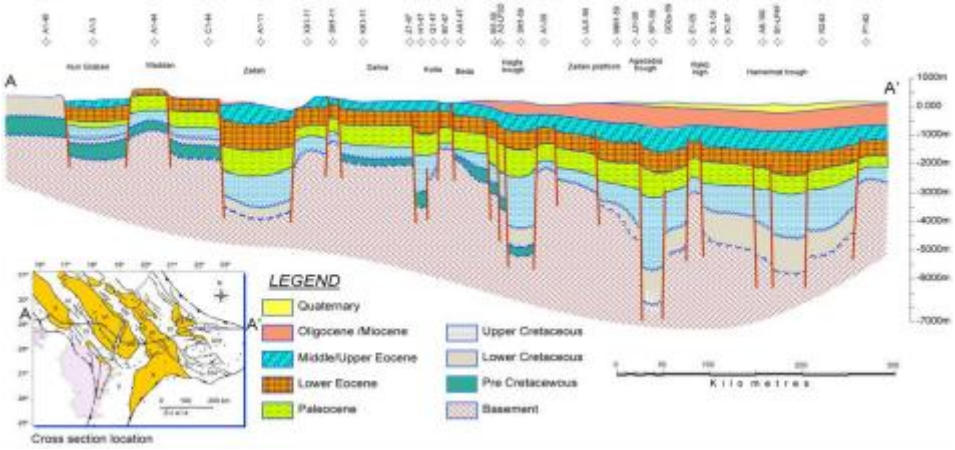
الرواسب وصخور القاعدة هي المسؤولة عن شذوذ مجال الجاذبية الكثافة العالية لصخور القاعدة قد تعادل صخور البلورية المغناطيسية القاعدية ويبين الترسبات والرسوبية للصخور :

الجدول يبين الرواسب والصخور الرسوبية

Rock type	Range(wet) g/cm³	Range(dry) g/cm³
Clays	1.63-2.6	1.3-2.4
Gravels	1.7-2.4	1.4-2.2
Sand	1.7-2.3	1.4-1.8
Silt	1.8-2.2	1.2-1.8
Soils	1.2-2.4	1.0-2.0
sandstone	1.61-2.67	1.6-2.68
Shales	1.77-3.2	1.56-3.2
Limestone	1.93-2.90	1.74-2.76
Dolomite	2.28-2.90	2.04-2.54

- **النموذج الجيولوجي التصويري** :

قبل البدء بنمذجة البيانات علينا أن نفكر في النموذج الجيولوجي التصويري المناسب الذي من شأنه أن يكون مرتبط مع شذوذ الجاذبية وكيف سنقوم بربط شذوذ الإرتفاع والإنخفاض للجاذبية مع النموذج الجيولوجي التصويري . والشكل التالي يمثل احد النماذج الجيولوجية من(العبادي2002) والمتعلقة بالتركيبات في حوض سرت لربطه بتحليل الجاذبية



النموذج الجيولوجي التصويري [3]

- **نموذج الجاذبية :**

عموماً يمكن اعتبار القشرة القارية تتألف من طبقة رواسب (السمك من 0 إلى 5كم) تحتها الطبقة العليا (السمك من 10 إلى 20كم) والطبقة المنخفضة (السمك من 15 إلى 25 كم) من القشرة القارية .

بدأنا بيانات الجاذبية على طول أثنين من البرفيلات يمثلون الرواسب في حوض سرت كثلاثة طبقات وتتكون طبقات الرسوبية من طبقات العصر أوليجيوسيني – كواترناري تم تعيين الكثافة المناسبة لهم والتي تزداد مع العمق الطبقات الرسوبية تمثل الطبقة العليا من النموذج والسبب وراء تمثل الطبقة العليا لنموذج الجاذبية من ثلاثة طبقات رسوبية فقط لجعل نموذج الجاذبية سهل قدر الإمكان وإذا قمنا يتمثل عدة طبقات رسوبية عندها نحتاج لإستخدام الكثافة الفعلية لكل طبقة .

الطبقة الوسطى من كل تشكيل تمثل القشرة القارية مع كثافة 35km, 2.67g/cc سمك ، ويمثل الجزء السفلي من النموذج من قبل طبقة الوشاح مع ارتفاع الكثافة 3.3 g/cc .

التفسير الكمي :

نماذج الجاذبية تتزامن مع تكوين حوض سرت والذي يعكس سلسلة من المنخفضات والمرتفعات التي تحدها من الفوالق والتي تعكس فترة من عدم الاستقرار في المنطقة .

نموذج الجاذبية على طول بروفيل التشكيل الجانبي محسوب على النموذج الجيولوجي التصويري على طول البروفيل الجنوبي حيث شذوذ الجاذبية منخفض للتراكيب سمك الرواسب (الطباشيري – الطبقات الحديثة) داخل المنخفضات والمناطق المرتفعة ، والتي تم الحصول عليها من بيات الجاذبية ومتوافقة مع البيانات جيداً أن كانت تسيطر على البيانات في البروفيل الشمالي ، كما في الجدول

الجدول بيانات الآبار وبيانات الجاذبية

Structure name	Well data	Gravitv model
South agedabia trough	6800m	7500m
Hameimat trough	5000m	5500m
Hagfa trough	4550m	4500m
Kotla graben	3000m	3500m
Zallah trough	3500m	3500m
Rakb high	2800m	2900m
Zelten platform	2500m	2500m
Gatar ridge	2000m	1900m
Beda platform	1900m	2000m
Waddan uplift	1000m	1500m

عندما قارنا سماكة المقطع الرسوبي في الجزء الشرقي والجزء الغربي وهو يزيد نحو الشرق من حوض سرت وهو ما يعكس الفترات الشديدة للهبوط للجزء الشرقي من حوض سرت فيما يختص بالشق الرسوبي .

من أوليغيوسيني – الرباعي الغائب على نطاق واسع في الجزء الغربي الأمر الذي يعكس هبوط أقل كثافة في الجزء الغربي من حوض سرت .

الفوالق التي فصلت المنخفضات من المرتفعات ليست عمودية في نماذج الجاذبية حيث نغير التدرج من الفوالق من أجل أن يكون مناسباً بين حقل الجاذبية المحوسب والملاحظة تتنوع الفوالق في نموذج الجاذبية من حاد جداً كما هو الحال في منخفض الحجفا كما هو مبين في الشكل(7) إلى شبه الرأسي في التراكيب الأخرى .

وليس لدينا بيانات أخرى مثل البيانات الزلزالية أو الحقلية لنأكد لنا ذلك الجزء الشمالي من منخفض الحجفا كما هو مبين في الشكل (7) أوسع من الجزء الجنوبي تم تفسيرها على أنها هبوط للكثافة التي أثرت في الجزء الشمالي أكثر من الجزء الجنوبي.

شذوذ الجاذبية الإيجابي والعالي داخل الجزء الشمالي من منخفض اجدابيا نحن نفسره كالأتي:-

1-القشرة القارية الرقيقة تحت المنخفضات يعتقد أن تكون سبب الموجات المتقلبة من الغلاف خلال الصدع القاري الذي شكل حوض سرت بسبب التطور التكتوني بين لوحات الأسيوية والأفريقية خلا التطور التكتوني بين أفريقيا والألواح الأوراسية الجزء الشمالي قد تأثر بتمديد القشرة الأرضية نحو الشمال شرقي – الجنوب غربي الذي أعطى إمكانية لتقلب الغطاء من منخفض اجدابيا .

2- الطول الموجي القصير الذي فرضه مع الطول المجي الطويل يرتبط إلى البريقة داخل احواض الهورست .

في منخفض اجدابيا الشمالي المنحنيات الرمادية توضع العلاقة بين شذوذ جاذبية الطول الموجي الطويل مع منخفض اجدابيا الشمالي الطول الموجي القصير الذي فرضه مع الطول الموجي الطويل له صلة بين (منخفض الهورست داخل البريقة) والرواسب التي تغطي الطبقة السفلية .

الخلاصة :-

1- السمات الجيولوجية بحوض سرت تتميز بتغيرات معكوسة ،حيث ترتبط التغيرات الشاذة منخفضة الجاذبية عادة بسمات هيكلية منخفضة ،بينما ترتبط الجاذبية العالية بمتغيرات هيكلية عالية ومع ذلك نجد ان حوض اجدابيا الشمالي يتميز بشذوذ الجاذبية العالية يتميز بيدا (beda platform) بشذوذ منخفضة الجاذبية.

2- يظهر تباين الجاذبية (gravity anomalies) شذوذا عالية للجاذبية على الحواف وقيما اقل في مركز المرتفعات (platforms) بسبب ترسبات الحجر الجيري في الشعاب المرجانية وكذلك بسبب طريقة تفكيك platform في مراحل تطور الحوض.

3- منخفض اجدابيا تميز بشذوذ جاذبية عالية في الجزء الشمالي وانخفاض شذوذ الجاذبية في الجزء الجنوبي.

4- الجزء الشرقي من حوض سرت له طول موجي طويل ، وهذا يشير لتراكيب عميقة الجذور.

5- التغير في بروفيلات الجاذبية بسرعة من شذوذ الجاذبية العالية الى شذوذ منخفضة يشير الى وجود منطقة الصدع.

6- الطول الموجي الطويل وشذوذ الجاذبية العالية في حوض اجدابيا ناتج من عمليات الوشاح اسفل الغلاف الصخري مع تصاعد المواد عالية الكثافة .

7- يرتبط النموذج بالسمات الهيكلية المنخفضة داخل حوض سرت ويرجع ذلك اساسا لكثافة الرواسب المنخفضة التي تملا الحوض ، ويظهر نموذج الجاذبية خمس شذوذ منخفضة تتعلق

بأحواض الحميمات واغداهيا وجحفا وكوتلا وحوض زلة من الشرق الى الغرب.

8- يرتبط اتجاه الشمال الشرقي بالاتجاه الهرسيني القديم بينما يرتبط اتجاه السمال الغربي بتكوين حوض سرت خلال اواخر العصر الطباشيري.

9- تقع معظم حقول العملاقة داخل حوض سرت على اطراف (platform) بالقرب من تدرجات الجاذبية.

10- يظهر نموذج الجاذبية المرتبط بالجانب الجنوبي ملائمة جيدة كنتيجة بين مجال المرصود و المحسوب.

التوصيات:-

- مزيد من الدراسات الجديدة لفهم تكوينات حوض سرت وعلاقتها برواسب الهيدروكربونات .
- زيادة تفسير لشذوذ الجاذبية العالية حيث تقع معظم حقول النفط.

المراجع:

1. Petroleum geology (2008) Prof .Dr . Stefan . M .
2. -Sirt Basin (,Bushiha. 2002, Hallett2007) Structural configuration of the sirte basin(march,2005) Tarek sabri elakkar -Perrolum Geology of Libya "ELSEVIER" Hallet.D.(2002).
3. Tectoin of the Sirt Basin .PhD Dissertation.Vrije Universiteeit (Amsterdam).rrc(Enschede) Abdi,A.M. (2002).
4. Geological Application of Gravity and MagneticsCase Histories AAPG studies in Geology,NO.43) and SEG Geophysical Referenceseries,NO.8."Gibson,R,I.and P.S.Millegan.
5. The Sirte Basin Province of Libya—Sirte-ZeltenTotal Petroleum System By(Thomas . S. Ahlbrandt (2001) Organic geochemical evaluation of cretaceous pot entail,source rocks east sirt basin Libya s.aboglila,elkhalgi tripoly university, trepoly,Libya
6. 8 - Stratigraphic nomenclature of the sirte basin geology (1972) , F.T.Barr & A.A Weegar
7. The Tibisti-Sirt Orogenic Belt, Libya,G.S.P.A.J" ELSEVIER" The Geology of Sirt Basin,volum3:107-120 "EL-Makhrouf, A.A. (1996).
8. 10-"SHORT NOTES AND GUIDEBOOK ON THE STRATIGRAPHY AND TECTONICS OF WEST ZALLAH TROUAGH,SIRT BASIN,LIBYA" Abdi,A.M.ANDP.Van dijkk(1993).
9. -"Frist Symposium" Geology of sirt: 1-52 11
10. 12- The Utiliyof Regional Gravity and Magnetic Anomalymaps,Sociely of exploration Geophysical ,Hinze.J.W.(1985).
11. 13- STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE OF THE SIRT BASIN,LIBYA,THE PETROLUM EXPLORATION SOCIETY OF LIBYA (TRIPOLI,LIBYA) Barr,f.t.and A.A.Weegar(1972)

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

مقترح منهجية لاختيار البديل المناسب لإعادة تأهيل الرصف المرن {الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام – مدخل مسلاته) كحالة دراسية}

أ. د. محمد اشتيوي بن عمر[1]، م. عبدالحميد الهاشمي امبارك الأزرق[2]
1. استاذ بكلية الهندسة جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا
2. طالب دراسات بكلية الهندسة جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا
abdualazrq@yahoo.com [2] ،m.benomar49@gmail.com [1]

المستخلص: تواجه إدارات الطرق في العديد من دول العالم عددًا من التحديات بسبب عدم التوازن في الاستراتيجيات بين الموارد المالية المتاحة للصيانة وجدول أولويات إعادة تأهيل الطرق وكذلك زيادة عدد الطرق التي تحتاج إلى إعادة تأهيل أو إعادة إنشاء. تهدف هذه الدراسة إلى اقتراح منهجية علمية مبسطة لاختيار البديل المناسب لإعادة تأهيل الرصف المرن. من خلال إجراء مقارنة وتقييم بين أربعة بدائل مرشحة لإعادة تأهيل الطريق الساحلي الرابط بين بوابة كعام ومدخل مسلاته. تم تصميم البدائل لتكون متكافئة إنشائيا من حيث الأداء ومتطلبات الصيانة خلال فترة عمرها الخدمي. وتم إجراء المفاضلة بين البدائل الأربعة المختارة من أجل الحصول على البديل الانسب تقنيًا وماليًا وبيئيا حيث اتضح من خلال المفاضلة بين البدائل انه من الممكن تقليل تكاليف إعادة التأهيل إلى أكثر من 30% باستخدام تقنيات إعادة التدوير مقارنة بالطريقة التقليدية لإعادة تأهيل رصف الطرق. كما أظهرت النتائج أن استخدام تقنيات إعادة التدوير لرصف الطرق يؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة ومواد الإنشاء بالإضافة إلى الحد من التلوث البيئي الناتج عن رمي نفايات الأسفلت والغازات المنبعثة من الآليات وعربات النقل. وتوصي الدراسة بالبحث عن التقنيات الحديثة لإعادة تأهيل رصف الطرق، ولا سيما تقنية إعادة التدوير على العمق الكامل، لما توفره من تكلفة وجهد ووقت.

الكلمات الدالة: إعادة تأهيل الرصف، إعادة تدوير كامل عمق الرصف، الأسفلت الرغوي، الخلايا الأرضية.

1. المقدمة

تعتبر الطّرق من أهم عناصـــر البُنية التّحتيّة وتكاد تكون من أهم وسـائل المواصـلات في معظم دول العالم، حتى أصبحت شبكات الطّرق مقياسا لتطوّر الدول من النّواحي الاقتصـــاديّة والصـــناعيّة والخدميّة نظرا للفوائد الجمّة التي تقدمها من تســهيلٍ لتنقّل الأفراد ونقل البضـائع والمواد الخام. يُصـمّم الطّريق وفقاً للمواصـفات القياسـيّة اللازمة للحصـول على منشـأ قادر على أداء وظيفتـه على الوجـه المطلوب وذلـك طوال فترة العمر التصميمي، إلّا أنّه نتيجةً للتّقادم وكثرة الاستخدام وكذلك تـأثير الظروف البيئيّـة تحـدث العديـد من التّغيّرات في منشـــأ الطريق، التي تؤدّي بدورها إلي نقصٍ في كفاءة الأداء وتُعرّض ســلامة مُســتخدمي الطريق للخطر، ما يســتوجب إجراء عمليات الصّــيانة ســواء الوقائيّة أو التّصـــحيحيّة منها، وذلك لغرض الحفاظ على شـــبكة الطريق واستدامة عمرها[1].

2. مشكلة الدراسة

عدم وجود آليات واضـــحة لاختيار طريقة الصـــيانة المناســبة للطرق وفي ظل وجود عجز في ميزانيات الصـيانة حيث أن التَّوسـع الكبير في إنشـاء الطُّرق، نتيجـة الطَّلـب المتزايـد على النّقل، أدَّى إلي اســتهلاك المواد الأوّلية وخاصــة الرّكام، الأمر الذي نتج عنـه تنـاقص متزايـد في الكمّيـات المتوافرة من الرّكام الجيَّد ممّا أنشـــأ مشـــكلة جدِّية تعترض مُنفذي الطّرق تُضاف إلي مشكلة التّلوّث البيئيّ المتزايد الذي تسـبّبه الكميّات الكبيرة من المواد المكشـوطة سـنويا نتيجة إعادة تأهيل طبقات الرّصـــف بالطرق التقليدية، هذا فضـــلا عن تزايد كُلفة المنتجات النّفطية وتناقص مخصّـصـات الصّـيانة. كل هذه العوامل مجتمعة أدَّت إلي إيجاد تحدٍّ لإنجاز عمل أكثر بموارد أقل ممّا دفعنا إلي اقتراح منهجية لاختيار البديل المناســب لإعادة تأهيل الرصــف المرن تعمل على خفض التّكاليف من جهـة، وتحقيق الجودة المطلوبـة من جهـة أخرى. فتمَّ تركيز الجهود على إيجاد تكنولوجيا تحقِّق الغرض من إعادة التَّأهيل بكلفة أقل.

3. أهمية الدراسة

تكمن أهمية الدراسة في تطبيق المنهجية المقترحة لتطوير اساليب أكثر اقتصاداً وأكثر أهمية لإدارات النقل مع زيادة حجم حركة المرور، وتدهور البنية التحتية للطرق السريعة، ونقص الميزانيات. لتكون قادرًا على أداء الصيانة وإعادة التأهيل، بالإمكانات الموجودة وبأقل التكاليف.

وتكمن أيضاً أهمية الدراسة في النقاط التالية:

- التشجيع علي البحث واستخدام بدائل لإعادة تأهيل الرصف تحقق القدرة الإنشائية المطلوبة وفق الأحمال المرورية.
- المحافظة علي الموارد الطبيعية وتقليل استنزافها وتوفيرها للاستخدام في تنفيذ مشروعات استراتيجية.

4. أهداف الدراسة

الهدف العام من هذه الدراسة هو اقتراح منهجية لاختيار البديل المناسب لإعادة تأهيل الرصف المرن وتطبيقها على قطاع من الطريق الساحلي (بوابة كعام - مدخل مسلاته) كحالة دراسية.

تم من خلال هذا البحث تطبيق المنهجية على قطاع من الطريق الساحلي يقع في شمال غرب ليبيا، يبدأ من بوابة مسلاته في اتجاه الشرق وينتهي في بوابة كعام، طريق مزدوج طوله حوالي 30 كيلومتر. تصنيفه :(طريق شرياني رئيسي خلوي – حضري) هذا القطاع من أهم قطاعات الطريق الساحلي الذي يمثل أهم الشرايين في وصل حركة المواصلات والنقل المتمثلة في الركاب، والبضائع، والمنتجات المختلفة من الشرق إلى الغرب والعكس.

5. حدود الدراسة

تقتصر هذه الدراسة علي اقتراح منهجية لإعادة تأهيل الرصف المرن وتطبيقها فقط على الطريق الساحلي قطاع {بوابة كعام – مدخل مدينة مسلاته}

يعتبر هذا القطاع من الطريق الساحلي من أهم قطاعاته لأنه يربط أهم مناطق توليد حركة النقل الثقيل (مواني مصراته والخمس ومصانع الإسمنت في الخمس وزليتن ومصنع الحديد والصلب بمصراته ومحاجر الرمل بزليتن) بأهم مناطق استقطاب حركة النقل الثقيل (طرابلس الكبرى والمنطقة الغربية من ليبيا) وبسبب عدم إجراء أي نوع من أعمال الصيانة لهذا القطاع منذ إنشائه في سبعينيات القرن الماضي علي الرغم من تضاعف حركة النقل الثقيل على الطريق انتشرت أضرار التشققات والتخدد البليغة على كامل سطح الرصف وأصبح يشكل خطرا على حركة المرور مما يستوجب إعادة تأهيله باستخدام تقنية تحقق الأهداف من إعادة التأهيل فنياً ومالياً وبيئياً.

6. الموقع العام للدراسة

الشكل التالي يوضح الموقع العام للطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام - بوابة مسلاته) الذي يخدم حركة النقل والمرور، للمركبات المتجهة من الشرق إلى الغرب وبالعكس مروراً بمدينة الخمس.



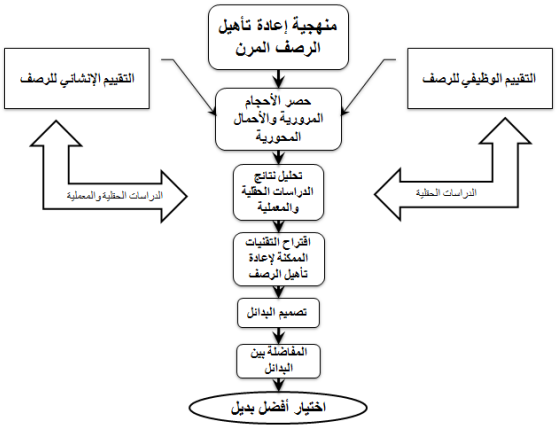
شكل (1) الموقع العام للطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام – مدخل مسلاته)[5].

7. المنهجية المقترحة

للوصـــول إلي اختيار البديل المناســب لإعادة تأهيل الرصـف فإنه من الضـروري الإجابة عن الأسـئلة التالية:

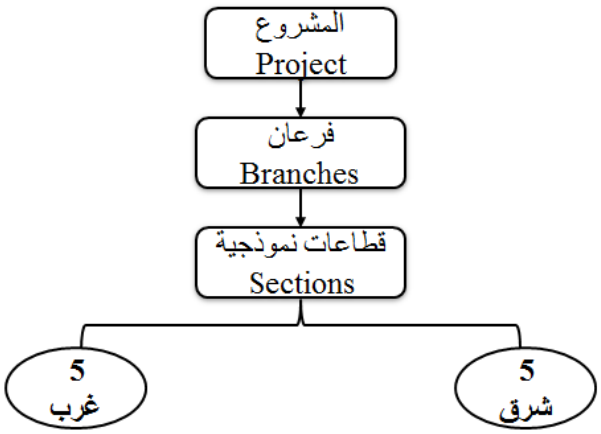
- ما هي أنواع الأضـــرار الوظيفية والإنشـــائية وأسبابها؟
- مـا هي الأحجـام والأحمـال المرور الحـاليـة والمستقبلية؟
- ما هي القدرة الإنشـائية الحالية للقطاع (سـمك وخصائص طبقات الرصف)؟
- ما هي القدرة الإنشـــائية المطلوبة للرصـــف لفترة تصميمية 20 سنة؟
- ما هي أفضـــل التقنيات الممكنة لإعادة تأهيل الرصف بهذا القطاع؟
- ما هي الطريقة المناسبة للمفاضلة بين البدائل (التقنيات) فنياً ومالياً وبيئياً؟

الإجابة عن هذه الاسـئلة تمثل المنهجية المقترحة. الشكل التالي يوضح مراحل الدراسة:



شكل (2) مخطط منهجية إعادة التأهيل للرصف المرن

تمتم تقييم حا لة الرصـــف باســـتخدام برنامج الميكروبيفر للتقييم الوظيفي لقطاع الدراســـة، حيث التقســـيم علي مســـتوى المشـــروع إلى فرعين (شـــرق، وغرب)، وقســـم كل فرع إلى 5 قطاعات نموذجية (E_1 to E_5 ،W_1 to W_5) كالآتي[5]:



شكل (3) يوضح كيفية تقسيم المشروع إلى قطاعات نموذجية

جدول (1) تسمية (Name) ورمز (ID) معالم شبكة رصف الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام – مدخل مسلاته)[5].

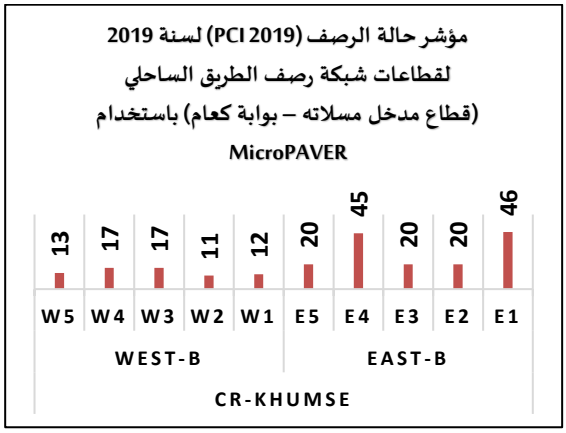
طول القطاع Length (m)	عرض القطاع Width (m)	رمز القطاع Section ID	اسم ورمز الفروع Branch Name/ID		اسم ورمز الشبكة Network Name/ID
			Branch ID	Branch Name	
3,000	8	E1	East-B	East Branch	الطريق الساحلي-الخمس Coastal Road-Khumse CR-Khumse
5,600	8	E2			
10,400	8	E3			
8,200	9.5	E4			
3,200	8	E5			
4,000	8	W1	West-B	West Branch	
8,000	8	W2			
12,200	8	W3			
3,800	8	W4			
2,300	8	W5			

1.7 ملخص نتائج تحليل بيانات التقييم الوظيفي لقطاع الدراسة

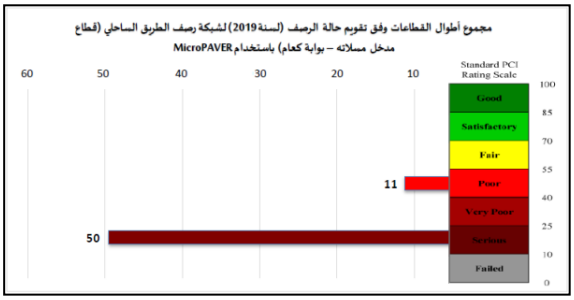
- ثـمـانـيـة (8) قـطـاعـات ((E5،E3،E2)-(W5،W4،W3،W2،W1)) كان معدل مؤشـــر حالة الرصـف (PCI = 16)، والتقييم الوظيفي لها في ســـنـة 2019 خطير Serious. ومجموع أطوالها (50) كم تقريباً، ما نســـبتـه 82% من

الطول الكلي للرصف بالشبكة، كما هو موضح بشكل (4) والشكل (5) وتحتاج إلي إعادة تأهيل Rehabilitation.

- قطاعان (2) اثنان (E4،E1) كان معدل مؤشر حالة الرصف (PCI = 45)، والتقييم الوظيفي لها في سنة 2019 رَدِّي Poor، ومجموع أطوالها (11) كم تقريباً، ما نسبته 18% من الطول الكلي للرصف بالشبكة، كما هو موضح بشكل (4) والشكل (5) وتحتاج إلى أعمال معالجة التشققات والحُفر والتخدد، بالإضافة إلى إعادة تأهيل الأكتاف[5].



شكل (4) مؤشر حالة الرصف لسنة (2019) لقطاعات لشبكة رصف الطريق الساحلي[5].



شكل (5) مجموع أطوال القطاعات وفق تقييم حالة الرصف لسنة (2019) لشبكة رصف الطريق[5].

- (23) هي قيمة معدل مؤشر حالة الرصف PCI لسنة 2019 لكامل شبكة رصف الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام– مدخل مسلاته) باستخدام ميكروبيفر.

- خطير Serious هو التقييم الوظيفي Rating في سنة 2019 لكامل شبكة رصف الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام – مدخل مسلاته) باستخدام ميكروبيفر كما مبين بالجدول (2).

جدول (2) نتيجة حساب معدل مؤشر حالة الرصف (لسنة 2019) لشبكة رصف الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام – مدخل مسلاته) باستخدام MicroPAVER[5].

رمز الشبكة Network ID	عدد الفروع Branch No	عدد القطاعات Section No	مساحة الرصف Total Area (sq m)	معدل مؤشر حالة الرصف (لسنة 2019) PCI 2019 (MicroPAVER)	التقييم Rating
RC-Khumse	2	10	497,900	23	خطير Serious

2.7 ملخص الاختبارات الحقلية والمعملية والمواصفات المتبعة

تتلخص الاختبارات المعملية والحقلية التي أجريت لتحديد الخواص الفيزيائية والهندسية للعينات المختارة من الطبقات الأسفلتية والطبقات تحت السطحية من طبقة الأساس والتربة الطبيعية لقطاع الدراسة (بوابة كعام – مدخل مسلاته) موضحة في الجدول التالي[5]:

جدول (3) يوضح الاختبارات الحقلية والمعملية والمواصفات المتبعة[5].

الاختبار	عدد الاختبارات	طريقة الاختبار أو المواصفة المتبعة
اختبار التدرج الحبيبي للتربة	6	ASTM D 422
اختبار المحتوى المائي	8	ASTM D 2216
اختبار حدود اتربرغ	6	ASTM D 4318
اختبار بروكتور المعدل	6	ASTM D 1557
اختبار (C.B.R) في المعمل	6	ASTM 1883-AASHTO T-193
اختبار (C.B.R) في الموقع	8	BS 1377-9 : 1990
اختبار الكثافة الحقلية	8	ASTM D 1556
اختبار اختراق المخروط الديناميكي (DCPT)	4	ISSMFE (1977b, 1989)
تحديد مقدار البيتومين المستخلص	3	ASTM D 2172
التدرج الحبيبي لركام الطبقة الاسفلتية	3	ASTM D 3515

كثافة الظاهرية للقوالب الاسفلتية	30	ASTM C127

☒ الاستنتاجات

- تصـــنف معظم مواد طبقـة الأســـاس (GM) Gravel Silt تربة حصـوية مع الغرين، والتربة الطبيعيــة Silt Liquid (ML) غرين منخفض اللـدونـة مخلوط مع الرمـل وذلـك بـالاعتمـاد علي التصـــنيف الموحد للتربة Unified (USCS) Soil Classification System وطـبـقـاً لتصنيف ASSHTO صنفت معظم مواد الأساس (A-1-b) بينما صنفت جميع التربة الطبيعية تحت المجموعة (A-4)[5].
- تتراوح قيم أقصـــى كثافة جافة التي تم الحصـــول عليهـا من اختبـار الـدمـك المعـدل من 1.96 إلي (1.99) جرام/ســـم3، والمحتوي المـائي الأمثـل يتراوح بين 7.5% إلي 9.9% للتربـة الطبيعيـة، بينمـا كـانـت قيم أقصـــى كثـافـة جـافـة (2.20) جرام/سم3 والمحتوي المائي الأمثل 5.1% لطبقة الأساس الحبيبي[5].
- تتراوح قيم CBR لطبقـة الأســـاس الحبيبي من 93.97% إلي 198.5%، وتتراوح قيم اختبـار نســـبـة تحمـل كـاليفورنيـا للتربـة الطبيعيـة من 8.20% إلي 21%.
- الركام الخشن والناعم المستخدم في طبقة الرصف المرن مطابق للمواصفات القياسية ذات العلاقة في معظم اختبــارات التحليــل بمنــاخــل Sieve analysis.
- المادة المالئة Filler مطابقة المواصـفات القياسـية ذات العلاقة في جميع الاختبارات باســـتثناء نقطة كيلو مترية واحدة (000+24,000)[5].
- نسـبة المادة الرابطة الأسـفلتية في جميع القطاعات مطابقة للمواصــفات ذات العلاقة باســتثناء القطاع (000+24,000).
- ســمك الطبقة الأســفلتية يتراوح من 8.2 إلي 29.2 سم.
- سمك طبقة الأساس الحبيبي 35 سنتيمتر (14 بوصة)[5].

3.7 ملخص نتـائج المســـح المروري في كل القطاع

جدول (4) نتائج المسح المروري في كل القطاعات[5].

الاتجاه	متوسط حجم المرور اليومي (ADT) (مركبة/يوم)	متوسط حجم المرور اليومي لمركبات النقل (ADTT)	نسبة مركبات النقل (%)
إلي الغرب (بوابة كعام - بوابة مسلاته)	14,219	2,410	16.95
إلي الشرق (بوابة مسلاته - بوابة كعام)	14,133	2,366	16.74
مجموع حجم المرور اليومي في الاتجاهين	28,352	4,776	16.85

❖ الخلاصة:

- حجم المرور اليومي بـالقطـاع لســـنـة 2019 = 28,352 مركبة/يوم، والتوزيع الاتجاهي لحركة المرور تقريباً 50/50.
- حجم المرور اليومي لمركبات النقل لســنة 2019 = 4,776 مركبـة نقـل/يوم، والتوزيع الاتجـاهي لحركة المرور تقريباً 50/50.
- متوسط نسبة مركبات النقل = 16.85%.

4.7 ملخص نتائج دراســـة مســـح الأحمال المحورية لقطاع الدراسة

جدول (5) يبين قيمة معامل الضرر حسب الاتجاه.

الاتجاه	نتائج حساب قيمة معامل الضرر لمركبات النقل الفعلي (T_f)
في الاتجاه إلى الشرق (بوابة مسلاته – بوابة كعام)	13
في الاتجاه إلى الغرب (بوابة كعام – بوابة مسلاته)	43
متوسط الاتجاهين	28

- عند اعتبار مركبات النقل التي بها حمولة زائدة محملة بحمولة قانونية فإن متوسط معامل الضرر لمركبات النقل تقريباً في حدود 4.25.
- ما يؤكد هذه القيمة فقد تبت خلال سنوات تم تطبيق تجربة ضبط حمولات مركبات النقل في ليبيا (2008 إلي 2010) وجد أن متوسط معامل الضرر بالطريق الساحلي يتراوح من 2.5 إلي 4.5.
- حيث إن من واجب الدولة تطبيق ضبط الحمولات الزائدة فقد تم اعتماد قيمة متوسط معامل الضرر لمركبات النقل 4.25 لتصميم بدائل إعادة التأهيل.

5.7 البدائل المرشحة لإعادة تأهيل القطاع والتي يتم المقارنة بينها من جميع النواحي الفنية والمالية والبيئية

جدول (6) يبين البدائل المقترحة لإعادة تأهيل رصف الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام – مدخل مسلاته)

البديل الأول	**الطريقة التقليدية**
البديل الثاني	**إعادة تدوير كامل طبقات الرصف باستخدام الأسمنت**
البديل الثالث	**إعادة تدوير كامل طبقات الرصف باستخدام الأسفلت الرغوي والأسمنت**
البديل الرابع	**إعادة تدوير كامل طبقات الرصف باستخدام تقنية الخلايا الأرضية القاسية (Tough Geocells)**

❑ التصميم الإنشائي للبدائل

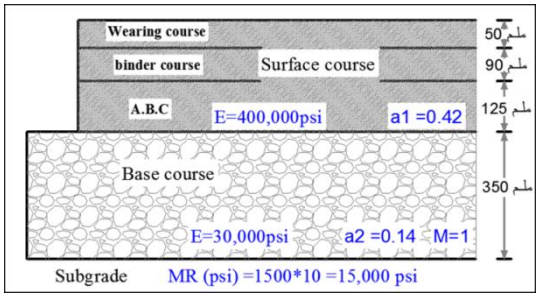
- تم التصـــميم بطريقة الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق والنقل AASHTO.
- التحقق بالطريقة الميكانيكية التجريبية M-E، التي يتم بهـا التحقق من التصـــاميم بـالتحليـل بـ KENLAYR.

❖ مدخلات التصـــميم للبدائل المقترحة لإعادة تأهيل قطاع الدراسة.

ADTT	**4,776 مركبة نقل**
T_f	**4.25**
G_f	**29.78**
L_f	**%45**
CBR	**%10**
Reliability (R)	**%90**
ESAL	**100 Million**
Structural Number (SN)	
Surface Course	SN_1 = 4.33
Base Course	SN_2 = 5.47

1.5.7 البديل الأول: الطريقة التقليدية

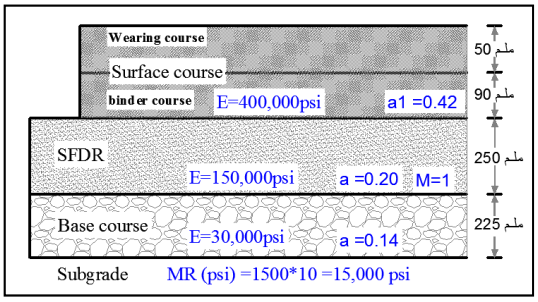
- إزالة كامل طبقات الرصف الأسفلتية ونقل المخلفات ورميها بعيداً عن الموقع.
- تجهيز وتسوية طبقة الأساس الحبيبي، حيث انه ينتج عن عمليات الإزالة وحركة مركبات النقل والأليات قلقلة لطبقة الأساس مما يستوجب تسويتها ودكها وإضافة مواد جديدة أن لزم الأمر.
- إعادة رصف الطبقات الأسفلتية وفق السمك التصميمي الجديد.



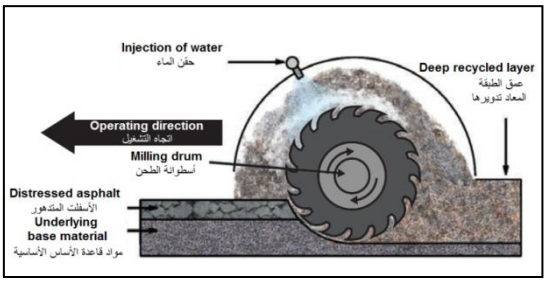
شكل (6) القطاع النموذجي للبديل الأول

2.5.7 البديل الثاني: إعادة تدوير كامل طبقات الرصف باستخدام الأسمنت

- ❑ إعادة تدوير كامل عمق الرصف أو استصلاح كامل عمق الرصف Full Depth Reclamation (FDR): وهو عبارة عن عملية يتم من خلالها إعادة إنشاء الأرصفة الأسفلتية من خلال إعادة تدوير طبقات الطريق الحالي بإضافة مادة مثبتة كما مبين بالشكل (8).
- في هذا البديل نعيد تدوير مواد طبقة الرصف في مكانها، فليست هناك حاجة لتوريد مواد جديدة فقط خلط مواد طبقات الرصف القديمة وإضافة نسبة من مادة الأسمنت لتكوين طبقة أساس قوية من الخليط.



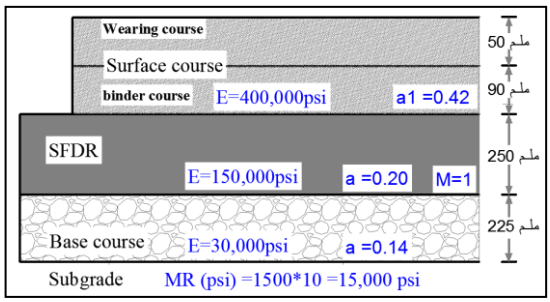
شكل (7) القطاع النموذجي للبديل الثاني



شكل (8) عملية التفكيك والتفتيت والخلط بآلة إعادة التدوير[14].

3.5.7 البديل الثالث: إعادة تدوير كامل طبقات الرصف باستخدام الأسفلت الرغوي والأسمنت

- في هذا البديل تتكون المادة المثبتة من نسبة صغيرة من الأسمنت الجاف والأسفلت الرغوي.
- تتكون مقطورة إعادة التدوير من صهريج أسفلت متصل بآلة إعادة التدوير التي تضم سلسلة من غرف التمدد للأسفلت، تليها شاحنة نقل المياه التي تم توصيلها أيضًا بآلة الطحن.

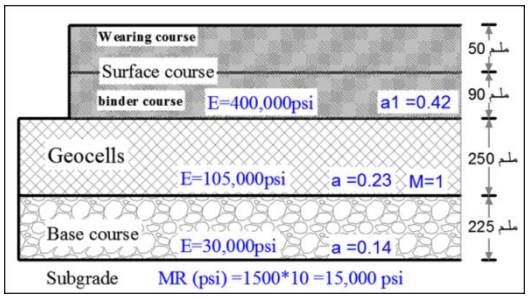


شكل (9) القطاع النموذجي للبديل الثالث

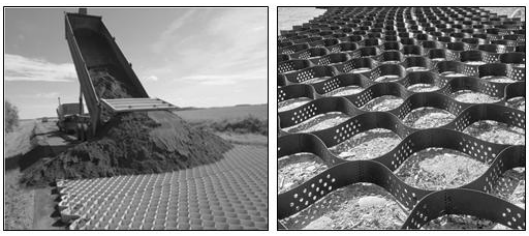
4.5.7 البديل الرابع: إعادة تدوير كامل طبقات الرصف باستخدام تقنية الخلايا الأرضية القاسية (Geocells)

- في هذا البديل يتم حبس المواد المدورة (Confining) عن طريق فرش الخلايا الارضية القاسية (NPA Geocells) كما مبين بالشكل (11) وملؤها بالمواد المدورة ويهدف هذا إلى منع الحركة الأفقية لطبقة الاساس وتكوين طبقة شبه صلبة (Matress) والتي تزيد من القدرة

الانشـــائية للرصـــف من خلال توزيع الاجهادات على مساحة اكبر.



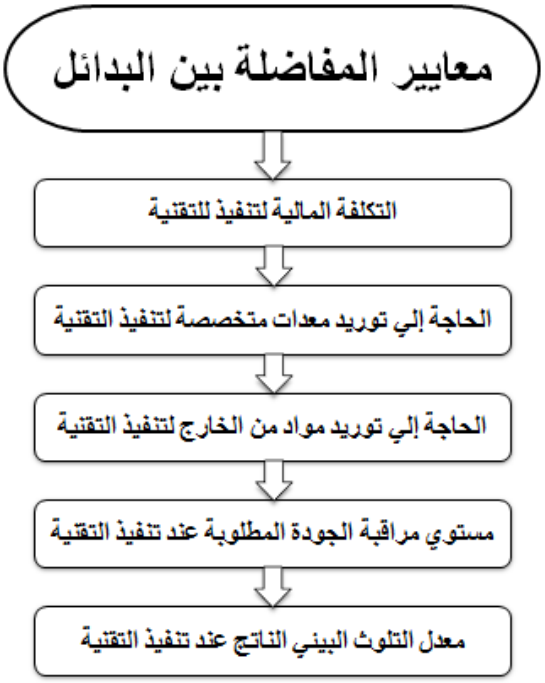
شكل (10) القطاع النموذجي للبديل الرابع



شكل (11) يوضح الخلايا الأرضية أثناء مرحلة الإنشاء

6.7 أهمية المفاضلة بين البدائل:

- برزت أهمية المفاضـــلة بين البدائل كونها تمثل الوسيلة التي يمكن من خلالها اختيار البديل المناسب الذي يضمن تحقيق الأهداف المحددة.
- يعتبر قطاع النقل الطرقي يحتل المرتبة الأولى بين القطاعات الأعلى في الإنفاق العام.
- عملية المفاضـــلة بين بدائل إعادة التأهيل يمكن أن تكون بمثابة وسـيلة تسـاعد في تحقيق الاسـتخدام الأمثل للموارد المتاحة من جهة، كما تســاعد على توجيه تلك الموارد إلى استخدام دون آخر من جهة أخرى.
- **تم وضـــع عدد من أهم المعايير في المفاضـــلة لاختيار البديل الأفضل المناسب.**



❖ **إجمالي تكلفة التنفيذ المبدئية للمتر المربع لكل بديل**

البديل Alternative	التكلفة / المتر المربع للطريق Cost / Square Meter of the Road
التقليدي Conventional	344.890 د.ل./م^2
إعادة التدوير بالأسمنت FDR With Cement	205.330 د.ل./م^2
إعادة التدوير بالأسفلت الرغوي والأسمنت FDR With Foamed bit. & Cement	252.330 د.ل./م^2
إعادة التدوير بالخلايا الأرضية القاسية Reinforcement With NPA Geocell	236.330 د.ل./م^2

التقليدي،وفـًا للنتائج المعروضـــة في هذا الجدول، فإن النفـايـات أوبدائل تقنيات إعادة التدوير أقل تكلفة من البديل لذلك من الناحيةحتى دون تحميـل تكـاليف التخلص من مخلفات الطبقات الأســفلتية القديمة،

الاقتصـــادية، فإن انســـب البدائل هما إعادة التدوير بالأســمنت وإعادة التدوير باســتخدام الخلايا الأرضــية القاسية، إضافةً إلى ذلك، سيؤدي إعادة التدوير بالأسمنت أو باستخدام الخلايا الأرضـية إلي تقليل سـمك الطبقات الأســفلتية للرصـــف بحوالي 125 ملم مقارنة بالبديل التقليـدي، و بـذلـك تحقق تخفيض في التكلفـة أكثر من 30% مقارنة بالبديل التقليدي.

جدول يبين نسبة التخفيض في التكلفة لبدائل إعادة التدوير مقارنة بالبديل التقليدي

البديل	التكلفة / المتر المربع للرصف	نسبة التخفيض المئوية من البديل التقليدي	التوفير لكل متر مقارنة بالبديل التقليدي
التقليدي	344.980 د.ل./م^2	% 0	-
إعادة التدوير بالأسمنت	205.330 د.ل./م^2	%40.465	139.56 د.ل./م^2
إعادة التدوير بالأسفلت الرغوي والأسمنت	252.330 د.ل./م^2	%26.837	92.56 د.ل./م^2
إعادة التدوير بالخلايا الأرضية القاسية	236.330 د.ل./م^2	%31.476	108.56 د.ل./م^2

جدول المفاضلة بين بدائل إعادة التأهيل

البديل	المعيار					الدرجة
	التكلفة المالية للتقنية	الحاجة إلي توريد معدات متخصصة لتنفيذ التقنية	الحاجة إلي توريد مواد من الخارج لتنفيذ التقنية	مستوي مراقبة الجودة المطلوب عند تنفيذ التقنية	معدل التلوث البيئي الناتج عند تنفيذ التقنية	
البديل التقليدي	●	●	●	●	●	5
إعادة تدوير باستخدام الإسمنت	●	●	●	●	●	20
إعادة تدوير باستخدام الأسفلت الرغوي والإسمنت	●	●	●	●	●	10
إعادة تدوير باستخدام تقنية الخلايا الأرضية القاسية	●	●	●	●	●	25

●	عالية	0
●	متوسطة	5
●	منخفضة	10

المعيار	عالي	متوسط	منخفض
التكلفة	أكثر من 300 د.ل/م^2	250 – 300 د.ل/م^2	أقل من 250 د.ل/م^2

❖ **من خلال المفاضلة بالجدول حقق البديل الرابع (إعادة التدوير باستخدام الخلايا الأرضية القاسية) أفضل نتائج.**

8. الخلاصة والاستنتاجات

وفقًا للنتائج المعروضـــة في هذه الدراســـة، فإن الاستنتاجات الرئيسية التي تم استخلاصها هي كما يلي:

1. جميع بدائل إعادة التأهيل الموضـــحة في هذه الدراسـة توفر نفس السطح للرصـف وتحسين جودة الركوب، مع أنّ الاختلاف في تقنيـات الإنشاء لكل بديل.
2. البـديـل الأول التقليـدي الـذي يتم فيـه (إزالـة الطبقات الأسفلتية وإعادة رصفها وفق السمك التصـــميمي الجديد) يعتبر من أكثر بدائل إعادة التأهيل تكلفة حيث وصـل سـعر المتر المربع للرصـــف منـه إلى (344.890 دينـار ليبي) وأكثرهم مخلفاً للنفايات والحاجة إلي توريد الكثير من مواد الإنشاء.
3. يمكن تحقيق توفير كبير للتكلفـة المـاليـة عن طريق اختيار البدائل التي تشـــمل اســـتخدام المواد المعاد تدوير ها لكامل عمق الرصـــف (FDR) من مخلفات الطبقات الأسفلتية القديمة للقطاع والحد من اســـتهلاك الموارد الجديدة والتخلص من مخلفـات الإنشـــاء الثـانويـة للمشـــروع واســـتخدامها في الطبقات الجديدة (والتوفير في التكلفة المالية الإجمالية تصل إلى 30% في المشـــروع الحالي) مقارنة بالبديل السابق التقليدي.
4. البديل الثاني (إعادة تدوير كامل عمق الرصف باستخدام الأسمنت) حقق تكلفة مالية منخفضـة للرصـــف حيـث بلغ الســـعر للمتر المربع (205.330 دينـار ليبي وذلـك نتيجـة توفر ليبيا وإمكانيةالمواد محلياً ووجود مصـانع لإنتاج الأسـمنت في المناطق الشرقية والغربية من

إنشاء مصانع جديدة لمادة الأسمنت في جميع أنحاء ليبيا.

5. حقق البديل الرابع (إعادة تدوير كامل عمق الرصف باستخدام تقنية الخلايا الأرضية القاسية Geocell) ثاني تكلفة مالية منخفضة لبدائل إعادة تأهيل الرصف المرن بسعر قد بلغ (236.330 دينار ليبي) للمتر المربع.
6. حقق البديل الثالث (إعادة تدوير كامل عمق الرصف باستخدام الأسفلت الرغوي والأسمنت) تكلفة متوسطة أي (252.330 دينار ليبي) للمتر المربع وذلك نتيجة احتياجه لتوريد المادة الأساسية المستخدمة للثبيت الأسفلت الرغوي من الخارج وما يقابلها بالدولار والحاجة إلي توريد معدات متخصصة لتنفيذ التقنية أو توريد مصانع للإنتاج داخل ليبيا.
7. تعتبر بدائل إعادة التأهيل التي تعتمد تقنيات (إعادة التدوير كامل عمق الرصف بالأسمنت، والأسفلت الرغوي والأسمنت، والتعزيز لطبقة الأساس بالخلايا الأرضية القاسية) من انسب البدائل من ناحية تقليل وقت التنفيذ لإعادة التأهيل وسرعة في إنجاز العمل، وفتح الطريق، في وقت أسرع أمام المارة، والمستخدمين، وأقل ضجيجا.
8. تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بشكل كبير باستخدام تقنيات إعادة التأهيل التي تشتمل على مواد معاد تدويرها "في الموقع" إلى نسبة متوسطة مقارنة بتنفيذ البديل (التقليدي) الذي تزيد الانبعاثات فيه بنسبة عالية جداً.
9. نتائج تصميم الرصف بطريقة ألأشتو (ASHTO) لبدائل الدراسة أظهرت سمكا أقل لطبقات الرصف الأسفلتية عالية التكلفة لبدائل إعادة التدوير والبديل المعزز بتقنية الخلايا الأرضية القاسية مقارنة بالبديل التقليدي (إزالة الطبقات الأسفلتية وإعادة رصفها مجدداً).
10. استخدام نماذج شركة شل في تحديد العمر الإجهادي N_f والعمر التخددي N_d تتوافق بشكل كبير مع طريقة ألأشتو 1993.

9. التوصيات

من خلال نتائج هذه الدراسة نوصي بالآتي:

1. سرعة وضع برنامج نظام لإدارة الرصف (PMS) لبرمجة وإدارة الصيانة الوقائية والدورية في الوقت المناسب لأن إعادة التأهيل للأرصفة المتدهورة أكثر تكلفة ولكن بوضع نظام لإدارة الرصف في أسرع وقت ممكن. يسهل عمليات جرد البنية التحتية للرصف، وتقييم حالته الحالية والمتوقعة، وتحديد احتياجات الميزانية للحفاظ على حالة الرصف فوق مستوى مقبول، وإمكانية تحديد متطلبات العمل، وتحديد أولويات المشاريع، وتحسين إنفاق أموال الصيانة وإعادة التأهيل.
2. تطبيق استراتيجية المفاضلة بين البدائل توفر فاعلية من حيث التكلفة واختيار بدائل إعادة التأهيل المناسبة؛ ويسمح لإدارات الطرق بتخصيص ميزانية الصيانة مع بعض درجات المرونة. من أجل تطوير طرق التأهيل التي يمكن استخدامها.
3. تنفيذ البديل الثاني أو الرابع (إعادة التدوير بالإسمنت أو بتقنية الخلايا الأرضية القاسية) لتأهيل قطاعات الطريق الساحلي وذلك من خلال نتائج المفاضلة التي أظهرت مزايا تكلفة كل منهم من ناحية السعر لكل متر مربع ولكن للبديل المعزز بالخلايا الأرضية القاسية أظهر نتائج أفضل لبقية معايير المفاضلة.
4. إجراء متابعة وتقييم مستقبلية لحالة الرصف لتوثيق الأداء طويل المدى لقطاع الرصف من

أجل التحقق من صـــحة التنبؤات المقدرة لعمر خدمة البديل.

5. مواكبة النهضـــة التي حدثت في مجال الطرق بتطوير وتدريب المهندسين والأطقم الفنية علي برامج (PMS) والتعرف علي التقنيـات الجديدة لأن بدائل. إعادة التدوير لكامل عمر الرصف تعتبر تقنية جديدة في ليبيا.
6. عمل مســـوحات دورية لكامل شـــبكة الطرق بليبيا يتم من خلالها تحديد معامل الضـــرر للشاحنات T_f.
7. أن يتم تحديد معامل الضـــرر لعربات النقل من خلال الدراسات المحلية وليس من هيئة ألأشتو (التي لها ظروف محلية خاصـــة بها لا تتوافق مع الظروف المحلية الخاصة بليبيا)
8. ضـــبط ومراقبة للحمولات الزائدة وضـــغط الإطـارات وذلك بتركيب موازين في المنـافذ البحرية والبرية وكذلك المصـــانع المختلفة مثل مصـــنع الحديد والصـــلب ومصـــانع الأســـمنت والمحاجر الخاصـــة بالركام والرمل، ووضـــع غرامات كبيرة للمخالفين.
9. وضع ضوابط لاستيراد مركبات النقل تتضمن توزيع أوزان محوريـة في حـدود الأوزان القانونية وبحمولة أكبر للشاحنة الواحدة.

10. المراجع

1. عبدالسلام الصادق سليمان، "مقارنة تقنيات إعادة تأهيل الرصف الأسفلتي"، رسالة ماجستير تحت اشراف محمد الشتيوي بن عمر، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، 2014 م.
2. Shahin, M.Y. and Walther, J. A. (1990). "Pavement Maintenance Management For Roads and Streets Using the PAVER System". Technical Report No. M-90/05, U. S. Army Construction Engineering Laboratory, July.
3. "Pavement Management for Airport, Roads, and Parking Lots", 2nd Edition, M.Y. Shahin, Springer Science+Business Media, LLC, 2002
4. ASTM D6433,(2007). "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys."
5. مكتب الجامعة للاستشارات الهندسية، "دراسة إعادة تأهيل الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام – مدخل مدينة مسلاته)"، شركة الاشغال العامة مصراته، 2019.
6. علي محمد سالم أبودور، "الدليل الليبي لتصميم الرصف المرن"، رسالة ماجستير، تحت اشراف محمد الشتيوي بن عمر، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، ربيع/ 2016 م.
7. Yang H . Huang , University of Kentucky, "Pavement Analysis and Design". Second Edition, 2004.
8. شركة نورول التركية للإنشاءات والتجارة المساهمة. "تقرير دراسات وتصاميم اعمال الصيانة للطريق الساحل قطاع الخمس القره بولي". 2008.
9. "Traffic Data Collection and Analysis". Ministry of Works and Transport. Roads Department. Gaborone, Botswana. February 2004.
10. Rood Note 40. "A guide to the measurement of axle loads in developing countries using a portable axle weigh bridge". transport and Road Research laboratory (TRRL), Department of transport. U.K 1978.
11. محمد الشتيوي بن عمر، عبدالحكيم علي الشماخ. ورقة بحثية بعنوان. "الأحمال المرورية التصميمية لإعادة تأهيل الطريق الساحلي قطاع (بوابة كعام- مدخل مسلاته)". جامعة طرابلس. 2020.
12. محمد الشتيوي بن عمر، عبدالحكيم علي الشماخ. ورقة بحثية بعنوان. "الأحمال المحورية وضغط الإطار لمركبات النقل بالطريق الساحلي قطاع (طرابلس – مصراته)". جامعة طرابلس. 2020.
13. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, "Guide for Design of Pavement Structures", Washington 1993.
14. "Guide to Full-Depth Reclamation (FDR) with Cement", The Portland Cement Association, march 2017.
15. David L. Rettner, Sr. vice president. American Engineering Testing ,Inc. "28th Annual Regional Local Roads Conference".
16. Diane Warner,. "Cement Based Stabilization Solutions Full-Depth Reclamation", NWPMA, Portland, Oregon. October, 25, 2016.
17. Daniel E, Wegman, Mohammad, Reza, Sabouri. "Base Stabilization Guidance and Additive Selection for pavement Design and Rehabilitation". LRRB Report. December, 2017.
18. Dennis A. Morian, Mansour Solaimanian, Barry Scheetz, Shervin Jahangirnejad. "Developing Standards and Specifications for Full Depth Pavement Reclamation". The Pennsylvania Department of Transportation. Final Report. May 25, 2012.
19. Amarh, Eugene. May 2, 2017. "Evaluating the mechanical properties and long-term performance of stabilized Full-Depth Reclamation base materials". Master Thesis. Civil Engineering, Blacksburg, Virginia.
20. Meisam Norouzi, Sanat Pokharel., Marc Breault. "Geocell-Reinforced Pavement Structure State of Practice in Canada". 2019.
21. Samo Peter Medved, Bojan Žlender, Stanislav Lenart,. "Parametric study of geocell reinforced pavement". 2018.
22. Imran M. Syed,. "Full-Depth Reclamation using Portland cement: A study of long – term performance". Portland Cement Association, 2007.
23. David H. Timm,; Mary M. Robbins.; Nam Tran, Carolina Rodezno. "Flexible Pavement Design – State of the Practice". National Asphalt Pavement Association. NCAT Report, August, 2014.
24. Ofer Kief,; Truong Dang Toan,. "Neoweb® 3D Cellular Confinement System for Structural Pavement

Reinforcement of Roads & Railways". Oct, 2011.

25. محمد، اشتيوي؛ هيفاء، ابوحليقة؛ محمود، البحباح؛ هشام، الزبيدي. ورقة بحثية بعنوان. "المعامل الإنشائي لطبقة إعادة التدوير الكامل". كلية الهندسة، جامعة طرابلس. 2015.

26. "Life-Cycle Cost Analysis Primer". U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration Office of Asset Management. August, 2002.

27. Prasada, Rao Rangaraju.; Serji, Amirkhanian.; Zeynep, Guven. 36. "Life Cycle Cost Analysis for Pavement Type Selection". Department of Civil Engineering, Clemson University, USA. Final Report. FHWA-SC-08-01. April 25, 2008.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة تأثير مستويات الدمك على الخواص الحجمية والميكانيكية للخلطات الأسفلتية

بشير معمر أبوراوي
كلية الهندسة الخمس جامعة المرقب الخمس ليبيا
Aburawi2018@gmail.com

الملخص: تمتلك ليبيا شبكة طرق كبيرة وتمتد في كافة الاتجاهات وتجتاز الأقاليم المناخية المختلفة السائدة في ليبيا ومع التطور العمراني الكبير الذى تشهده البلاد في مختلف المجالات مما يتطلب العمل على إنشاء شبكات طرق جديدة أو صيانة الطرق القائمة فإنه بات من الضروري ضبط ومراقبة جودة الخواص الهندسية لمواد إنشاء الطرق والتي هي من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الطرق وضبط عمليات التنفيذ. وتقاس الخصائص الهندسية للمواد المستخدمة في الرصف بواسطة أخذ عينات وعمل التجارب المعملية اللازمة وذلك للتحقق من جودتها ومواصفاتها الهندسية. تستمد هذه الدراسة أهميتها من التنامي المتزايد لمشكلة ظهور الأضرار في بعض الطرق الاسفلتية المنفذة حديثاً حيث تحدث بها انهيارات سابقة لأوانها مما يترب على ذلك من آثار سلبية على كل من سلامة الطرق والاقتصاد والسائق. في هذه الدراسة تم استهداف الخلطة الاسفلتية المستخدمة في تنفيذ بعض الطرق بمدينة الخمس من اجل تقييمها ودراسة تأثير مستوى الدمك على خواصها الحجمية بطريقة مارشال. تستعرض هذه الدراسة تأثير مستوى الدمك على الخواص الحجمية والميكانيكية من خلال دمك الخلطات الأسفلتية عند مستويات دمك مختلفة 25 و 50 و75 و100 ضربة من الجهتين بواسطة مطرقة مارشال واخذ القياسات والاوزان لجميع العينات وتحديد الخواص الحجمية والميكانيكية. تشير النتائج ان مستوى الدمك للخلطات الأسفلتية من العوامل المهمة في ثبات الرصف المرن وبالتالي لابد من الاهتمام بطريقة الدمك وأستخدام المعدات المناسبة وأشارت النتائج ان زيادة عدد الضربات يزيد من ثبات الخلطة وكثافتها في حين يقلل من قيمة التدفق.

الكلمات المفتاحية : الرصف الأسفلتي مستويات الدمك ثبات مارشال التدفق الخواص الحجمية.

1. مقدمة

الخلطات الأسفلتية عبارة عن مزيج متجانس من مواد الرصف وتشمل الرابط الأسفلتي والركام بدرجاته المختلفة وبعض المضافات كالبودرة وغيرها وقد يكون الرابط الأسفلتي محسناً أو غير محسناً وهو يعمل على حماية الخلطة الأسفتية من الماء وكرابط لحبيبات الركام لتكوين كتلة كثيفة متماسكة عندما تلتصق مع بعضها وهذا يؤدى إلى زيادة متانة ومقاومة الخلطة ويتأثر آداء الخلطة الأسفلتية بكل من خصائص مكوناتها كلاً على حدة وبخصائصها مجتمعة.

وتُعتبر الخلطات الأسفلتية المكون الرئيسي لطبقات الرصف في معظم الطرق الحديثة وبالنظر إلى الوظائف المهمة لهذه الطبقات وخاصة قدرتها على مقاومة الإجهادات المختلفة التي تتعرض لها نتيجة لأحمال المرور والتغيرات الحجمية بسبب اختلافات درجات الحرارة اليومية والموسمية فإن الخلطات الأسفلتية المطلوبة يجب أن تكون ذات جودة عالية. ويتحقق ذلك بتوفر عدد من الخواص الهندسية و الميكانيكية والتي من أهمها الثبات و الانسياب وتعمل الخلطات الأسفلتية المستخدمة في مجال الرصف المرن على أساس الخضوع المؤكد بالانحناء قليلاً تحت كل حمل ثم الرجوع إلى الشكل الأصلي وهو ما يعبر عن خاصية المرونة لهذا النوع من الرصف.

هناك عدة أنواع من الخلطات الأسفلتية في مختلف بلدان العالم من أهمها الخلطة الأسفلتية الساخنة والخلطة الأسفلتية الباردة والماكدام المسقى بالأسفلت وخلطة

الأسفلت الرملي ويعود هذا التنوع في الخلطات الأسفلتية إلى تعدد الاستخدامات والخبرات وذلك باختلاف الظروف البيئية والاقتصادية للمنطقة المزمع إنشاء الطريق بها وخاصة فيما يتعلق بتوفر مواد الإنشاء والالآت والمعدات والتقنيات اللازمة لتنفيذ المشروع وتتفق كافة أنواع الخلطات الأسفلتية المستعملة في أعمال الرصف في ضرورة توفر عدد من الخواص الأساسية التي يمكن التوصل إليها عن طريق تطبيق المواصفات الفنية وطرق التصميم والإنشاء.

ويتعرض الرصف الاسفلتي إلى العديد من الأضرار التي قد تؤثر على الوظيفة التي أنشأ من أجلها وهي جودة القيادة والراحة لمستخدمي الطريق للوصول إلى السلامة والأمان وهذه الأضرار قد تكون بسبب أحمال المرور أو عوامل بيئية (الحرارة والأمطار) أو سوء التصميم والتنفيذ وكذلك استخدام مواد ذات مواصفات لا تتطابق مع الظروف المحلية [1].

وهناك العديد من الاختبارات التي تجرى لمعرفة سلوك المواد الاسفلتية ومن هذه الاختبارات اختبار الشد المباشر وهو من الاختبارات التي تجرى خاصة في البلدان التي تنخفض فيها درجات الحرارة [2].

استخدام اختبار الشد غير المباشر في تحديد ومعرفة تأثير أضرار الرطوبة على الطرق الاسفلتية في دراسة لمعرفة تأثير الرطوبة حيث تم استهداف سبعة طرق من العينات هي عبارة عن عينات اسطوانية ذات قطر 100مم اخذت ابتداء من الطبقة الإسفلتية العلوية إلى طبقة الأساس الحبيبي بواسطة جهاز قطع واستخراج العينات وتم اختبار العينات بواسطة اختبار الشد غير المباشر وتحديد نسبة الشد غير المباشر لدراسة مدى تأثير الرطوبة عليها عند إخضاعها لعدد ثلاث دورات من التجمد والذوبان. حيث اظهرت الاختبارات نتائج مختلفة من طريق لأخر في قيم الشد غير المباشر وبينت الدراسة مدى تأثير الرطوبة الواضح على اضعاف قوة الخرسانة الإسفلتية حيت اظهرت النتائج انخفاض في قيم الشد غير المباشر بعد تعرضها للرطوبة. كما بينت الدراسة أن مشاكل التصريف هي السبب الرئيسي لضرر الرطوبة داخل الأرصفة الإسفلتية لهذا يجب أن تكون الأولوية الإزالة السريعة للمياه من طبقات الرصف الأسفلتي بالإضافة إلى ذلك هناك حاجة ماسة لممارسات البناء الجيدة إذا ينبغي تجنب ضرر الرطوبة بمراعاة الميول الطولية والجانبية أثناء تنفيد الطرق الإسفلتية من اجل ضمان سلاسة التصريف للمياه وضمان استيفاء مستويات الدمك المستهدفة للوصول لأقل نسبة من الفرغات الهوائية داخل الأرصفة الإسفلتية. كما ويعتبر استخدام الخرسانة الإسفلتية المسامية من أفضل الطرق لتجنب أضرار الرطوبة داخل الأرصفة الإسفلتية. وباستخدام الإضافات التي تعزز قوة الربط في الخرسانة الإسفلتية كالبوليمرات والجير والإسمنت يمكن أن يعزز قوة الترابط بين مكونات الخلطة الإسفلتية [3].

تعتبر الخلطات الاسفلتية حساسة للمناخ (للتأثير البيئي سواء من ناحية الحرارة او الرطوبة) ونتيجة لذلك صممت لتلبيتها للظروف البيئية الموجودة حسب التاريخ المناخي لمنطقة معينة ففي حالة زيادة هطول الأمطار من المتوقع أن تزيد حالات التجريد في الخلطات الإسفلتية الساخنة وعند تصميم الخلطات الإسفلتية وفقا للمناخ المحيط ستكون ارصفة الإسفلت ذات عمر أطول ولن تعاني من التلف ومع ذلك فإن طبيعة التجريد تعتمد على كيف ومتى يتم دخول المياه للأسفلت بالإضافة إلى سلسلة من العوامل المتعلقة بالتصميم والبناء والتحميل كلها عوامل تساهم في زيادة ضرر الرطوبة على أرصفة الأسفلت.

وفي دراسة أخرى هدفت إلى تقييم محطات الرصف الاسفلتي بالطرق الرئيسية في مدينة الديوانية بدولة العراق فقد تم اختيار ثلاثة طرق رئيسية مختلفة في مدينة الديوانية وتم مسح كمية العيوب باستخدام طريقتين. تقييم حالة الرصف لتحديد أداء الرصيف وقد تم تحديد 10 عيوب في رصف الاسفلت التي وردت في طريقة تقييم حالة الرصف وأن الشقوق هي الأكثر كثافة في الرصيف يليها التخدّد والحفر أما بقية العيوب فهي أقل كثافة وكلها

بسبب سوء تصميم الخلطة الإسفلتية وسوء التنفيذ. وخلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها ان مستخدمي الطرق المدروسة تأثرت بوعورة الطرق [4]. وكان الهدف من دراسة اخرى تصميم خلطات اسفلتية بطريقة الرصف المتفوق الأداء لإنتاج الخلطات الإسفلتية تكون ذات نجاعة عالية التنفيذ والقضاء على المشاكل مثل (الظهور المكتف للتشققات الطولية والعرضية والتمساحية على كامل مسار القطاع وتعد الحفر أيضاً من أبرز مشاكل هذا القطاع وغيرها من الأضرار). ولغرض تحقيق أهداف الدراسة فقد تتطلب من الباحث القيام ببعض الأعمال الحقلية والتي تتضمت زيارة محاجر إنتاج الركام ومراقبة طريقة إنتاجه في المواقع وأخذ عينات من الركام من هذه المحاجر بطريقة عشوائية وجلبها للمعمل لعمل الاختبارات عليها وكذلك تم استخدام بعض البرامج الهندسية في عملية تصميم الخلطات الإسفلتية. وكانت نتائج الدراسة ان محجر النهضة كان اقل احتياجاً للمادة الرابطة الإسفلتية حيث كانت نسبة الرابط الاسفلتي تشكل 3.3 % من وزن الخلطة الإجمالي وبلغت اعلى نسبة لمحجر إبراهيم مفتاح حيت بلغت 6.4% من وزن الخلطة الإجمالي. وكان كل من نسبة الفراغات المعدنية للركام ونسبة الفراغات المملوءة بالإسفلت والكثافة القصوى للخلطة لجميع المحاجر مطابقة للمواصفات سوبربيف. كما أن النقص الكبير في المادة المالئة جعل من نسبة الغبار محدودة حسب المواصفات [5].

وقد تناولت دراسة أخرى إمكانية استخدام غبار الرخام كمادة مالئة في تصميم الخلطات الإسفلتية بحيث يكون مطابقاً للمواصفات المطوبة لطبقة التغطية السطحية (الاهتراء) للطرق بالإضافة إلى تنظيف البيئة من هذه الملوثات ذات السمية المعروفة. تم في هذه الدراسة توصيف كلاً من الاسفلت و الحصويات والفيلر وتحديد النسبة المثالية للإسفلت لتصميم الخلطات الإسفلتية باستخدام طريقة مارشال وتم تصميم الخلطات الإسفلتية عند محتوى الاسفلت الأمثل باستخدام غبار الرخام بنسب (5 6 7 8 %) من وزن الحصويات الكلي ومن ثم تمت دراسة التغيرات الحاصلة على خصائص الخلطات الإسفلتية ومقارنتها مع الخلطات الإسفلتية المصممة باستخدام المادة المالئة التقليدية (مسحوق الحجر الكلسي) والاسمنت البورتلاندي وذلك عند نفس النسب السابقة. وخلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها ان هناك إمكانية استخدام غبار الرخام كفيلر في تصميم الخلطات الإسفلتية عند نسبة مثالية 6% من الوزن الكلي للحصويات والتي تم الحصول عندها على أعلى ثبات وقيم انسياب وفراغات هوائية جيدة ويمكن استخدام غبار الرخام كمادة مالئة في تصميم الخلطات الإسفلتية من الناحية الفنية بالإضافة إلى الفوائد البيئية والاقتصادية المتوقعة من هذا الاستخدام. وقد لوحظ خروج نسب الفراغات الهوائية عن القيم المسموحة عند استخدام غبار الرخام كمادة مالئة في تصميم الخلطات الإسفلتية عند النسبة 8% مع بقاء قيم الثبات والانسياب ضمن حدود المواصفات [6].

وفي دراسة هدفت إلى إجراء دراسة ميدانية ومختبرية لمعرفة عيوب وحالة الرصف لأحد الطرق الرئيسية من خلال تحديد عيوب الرصف واسباب ظهورها بطريقة معامل حالة الرصف وبدون اي فحوصات مختبرية للرصف ومقارنة تحديد حالة الرصف بالطريقة التقليدية السائدة بعد اجراء مختلف الاختبارات وما يتطلبه ذلك من كثرة الجهد والكلفة وتطرقت الدراسة أيضاً الى كيفية معالجة هذه العيوب السطحية باستخدام التقنيات الحديثة اثناء تصميم الرصف او عند معالجة هذه العيوب لتقليل أو منع ظهورها وقد تطلب العمل دراسة 50 قطاع لأحد اتجاهي الطريق الاسفلتي وطوله 5 كيلو متر وعرضه 7 متر واجراء الكشف الموقعي وتدوين مختلف عيوب الرصف بطريقة معامل حالة الرصف وإيجاد قيمة معامل حالة الرصف لكل قطاع لتحديد حالة مقاطع الرصف.

وتم اختيار10 عينات اسفلتية اخرى من الرصف لنفس المواقع لإجراء مختلف الاختبارات المختبرية. وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها إن 30 قطاع من الطريق كانت بحالة متوسطة وان 20 قطاع كانت ضعيفة

وان في الرصف 8 عيوب من 19 عيب قياسي بهذه الطريقة والتي دعمتها نتائج الاختبارات المختبرية في الطريقة التقليدية لتحديد حالة الرصف. وان أسباب ظهور عيوبه هي سوء تنفيذ طبقات الرصف للطريق وعدم كفاءة الطبقة الاسفلتية السطحية لمقاومة أحمال المرور [7].

ويتم الدمك للرصف على تقارب حبيبات الخلطة الأسفلتية مع بعضها البعض لتقليل الفراغات الهوائية الى النسبة الموجودة فى الخلطة الأسفلتية التصميمية مما يقلل من النفاذية التى تسبب تاكسد الاسفلت كما انها تؤدى الى تأثير الرطوبة الضار كذلك فأن الدمك يزيد من متانة وثبات الخلطة الأسفلتية وعمرها ويحسن من سطح الرصف بحيث يكون سلسا للسيارة والراكب واقل استهلاكا للوقود كما ان الدمك يمنع تخدد الرصف وتكون نسبة الدمك المطلوب فى معظم المواصفات من 92% الى 98% حسب نوع الخلطة وطبقة الرصف وكلما زادت نسبة الفراغات الهوائية عن 8% فهناك مشكلة كبيرة واذا زادت عن 15% تصبح المشكلة خطيرة جدا وهذا ينقص من عمر الرصف. وتكون نسبة الفراغات الهوائية في الموقع قبل الدمك تقريبا من 20 الى 25% وبعد الدمك فى الموقع من 6-7%. فى المعمل تكون بين 3-5% بالطبع هذه الارقام قد تزيد او تقل قليلا.

وهناك عوامل تؤثر على عملية الدمك وهى العوامل البيئية مثل درجة حرارة الارض وسرعة الرياح وحرارة الجو وسطوع الشمس وهناك عوامل لها علاقة بمواد وتصميم الخلطة وتنقسم الى الركام من ناحية تدرجه ومقاسه وشكله وأوجهه وحجمه وأيضا بالرابط الأسفلتي من ناحية الخصائص الكيميائية والخصائص الفيزيائية والكمية.

وهناك عوامل أخرى تؤثر على الدمك وهي ظروف الانشاء او التنفيذ مثل عدد المعدات ونوعها ووزنها وسرعتها وعدد الاشواط وسماكة الطبقة بالاضافة الى عوامل اخرى اهمها درجة حرارة الخلطة الأسفلتية والمسافة للموقع ووقت الوصول والتخطيط والمساندة.

نأتى الان لطريقة الدمك وتنقسم الى الدمك الاساسى والدمك الاوسط والدمك النهائى او التشطيب. بداية الدمك يكون فى الطرق التى ليس لها ارصفة من الخارج إلى الداخل ودائما يكون الدمك والرصف من المنطقة المنخفضة فى الطريق الى العليا والسبب حتى لا يزحف الاسفلت. بالطبع هناك اجتهادات كثيرة لطريقة الدمك ودخول المداحل او الدماكات وترتيبها وقد تختلف من مكان لاخر ومن شركة لاخرى بسبب الخبرة او التعود. والنقطة المهمة جدا هو الوصول للدمك المطلوب فى وقت اقصر وبجودة كبيرة لاننا نستطيع الوصول الى الدمك بكل الطرق ولكنها قد تكون مكلفة.

يتم دمك الاسفلت مباشرة خلف الة الفرش اذا كانت درجة حرارة الخلطة الأسفلتية مناسبة ولا يكون هناك زحف للطبقة وللاشارة فأن الة الفرش يصل الدمك منها الى اكثر من 85%. حيث يبدأ الدمك مباشر بالة الدمك ذات العجلات الحديدية الثقيلة بدون هزاز اذا كانت الحرارة بين 140-160 درجه مئوية لانه قد يحدث زحف ويستطيع السائق معرفة ذلك بسهولة عند تشغيل الهزاز. فأذا لم يحدث زحف يتم استعمال الهزاز مباشرة وعدد الاشواط تأتى بالخبرة وهناك معدات تعطيك قيمة الدمك مباشرة.

يأتى بعد ذلك الدمك الاوسط وهنا نستعمل الة الدمك ذات العجلات المطاطية ولا يمنع فى نفس الوقت من استعمال المدحلة الثقيلة بدون هزاز ولكن الدمك يتركز بالة الدمك ذات العجلات المطاطية. بعد ذلك دمك التشطيب وتستعمل فية الة الدمك اقل وزنا وبدون هزاز لازالة اى اثار لالات الدمك الاخرى واحيانا يستعمل الهزاز فى مناطق لتسويتها اى للتشطيب والتسوية.

2. الطريقة والمواد

تم اعداد العينات المختلفة والتي تم دمكها على عدة مستويات مختلفة وقد تم تحديد الخواص الحجمية لهذه العينات بطريقة مارشال من أجل تحقيق الأهداف المطلوب انجازها.

1.2 العينات

في هذه الدراسة تم استهداف الخلطة الاسفلتية المستخدمة في تنفيذ بعض الطرق بمدينة الخمس وبالتحديد الخلطة الاسفلتية المستخدمة في تنفيذ طريق القبو والمنتجة من شركة الأوصال للمقاولات والاستثمار العقاري وتم اختيارها من اجل تقييمها ودراسة تأثير الدمك على خواصها الحجمية بطريقة مارشال.

2.2 تجهيز العينات من الموقع

تم الحصول على خلطة أسفلتية من الخلطة المذكورة سابقا ونقلها للمعمل وتم أخذ عدد 12 عينة تزن كل عينة 1200 جرام ووضعها داخل الفرن في درجة حرارة الدمك 140 درجة مئوية لمدة ساعتين. والشكل (1) يوضح الخلاطة المنتجة للخلطة الأسفلتية والشكل (2) يوضح الحصول على الخلطة من الخلاطة المركزية الخاصة بالشركة المذكورة.



شكل (1) الخلاطة المركزية لأنتاج الخلطات الاسفلتية



شكل (2) الخلطة المستخدمة في الدراسة

الشكل (3) يوضح وضع الخلطة الأسفلتية بالأوعية وأخالها للفرن لتسخينها الي درجة حرارة الدمك 140 درجة مئوية.



شكل (3) الخلطة الأسفلتية داخل فرن التسخين

3.2 دمك العينات

بعد مرور ساعتين تخرج العينات وتدمك بواسطة مطرقة مارشال بعدة مستويات 25 و 50 و75 و100 ضربة من الجهتين والشكل (4) يوضح دمك العينات بواسطة مطرقة مارشال.



شكل (4) دمك العينات بمطرقة مارشال

تترك العينات لتبرد في درجة حرارة الغرفة ليتم اخراجها من قالب مارشال واجراء القياسات عليها والشكل (5) يوضح شكل العينات بعد الدمك والشكل (6) يوضح شكل العينات بعد أخراجها من قوالب مارشال.



شكل (5) العينة داخل قالب مارشال بعد الدمك



شكل (6) العينات بعد اخراجها من قوالب مارشال

وبعد اخراج العينات من قوالب مارشال يتم اخذ القياسات والاوزان لجميع العينات وتحديد الخواص الحجمية للعينات بطريقة مارشال والشكل (7) يوضح وضع العينات في حمام مائي في درجة حرارة 60 درجة مئوية قبل اختبارها بجهاز مارشال لتحديد الثبات والتدفق والشكل (8) يوضح شكل جهاز مارشال المستخدم في الدراسة.



شكل (7) العينات في الحمام المائي



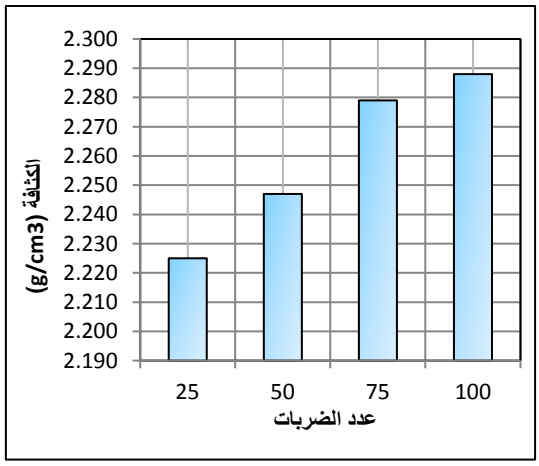
شكل (8) جهاز مارشال

3. تحليل ومناقشة النتائج

تم اخذ المتوسط لكل العينات التي تم دمكها على جميع المستويات وتحديد الخواص الحجمية لها وتأكيد النتائج بطريقة علمية واضحة ومدروسة.

1.3 نتائج كثافة مارشال للعينات

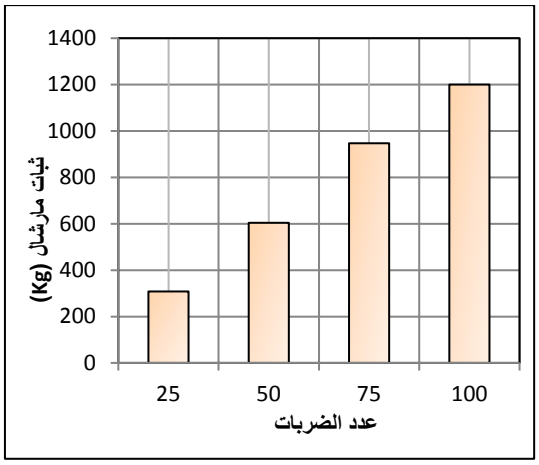
الشكل (9) يبين قيم كثافة مارشال لجميع مستويات الدمك للعينات وأشارت النتائج أنه كلما زاد مستوى الدمك اي زيادة عدد مرات مرور الات الدمك على الرصف فان كثافة مارشال تزيد وبالتالي لابد من حساب عدد مرات مرور الات الدمك على الرصف للوصول الى كثافة مارشال المطلوبة.



شكل (9) نتائج كثافة مارشال

2.3 نتائج ثبات مارشال

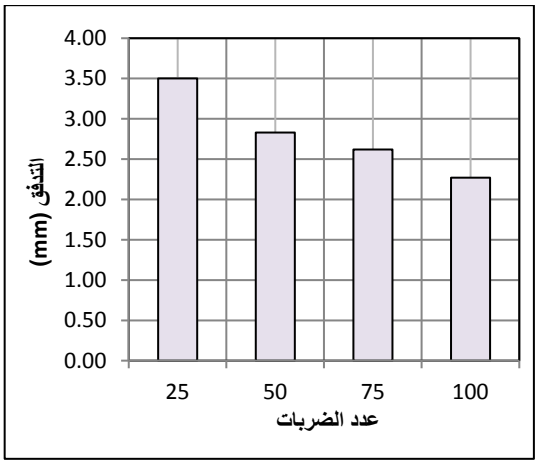
الشكل (10) يبين قيم ثبات مارشال لجميع مستويات الدمك للعينات وأشارت النتائج أنه كلما زاد مستوى الدمك اي زيادة عدد مرات مرور الات الدمك على الرصف فان قيمة ثبات مارشال تزيد وبالتالي لابد من حساب عدد مرات مرور الات الدمك على الرصف للوصول الى قيمة ثبات مارشال التصميمية وهذا يرجع الي ان زيادة الدمك تقلل من الفراغات الموجودة بالخلطة الأسفلتية وتقترب حبيبات الركام من بعضها مكونة خلطة متماسكة.



شكل (10) نتائج ثبات مارشال

3.3 نتائج التدفق

الشكل (11) يبين قيم التدفق لجميع مستويات الدمك للعينات وأشارت النتائج أنه كلما زاد مستوى الدمك اي زيادة عدد مرات مرور الات الدمك على الرصف فان قيمة التدفق تقل وذلك لزيادة تماسك الخلطة الاسفلتية ومقاومتها للتشوه الدائم.



شكل (11) نتائج التدفق

1.5 الخلاصة

يتعرض الرصف الاسفلتي إلى العديد من الأضرار التي قد تؤثر على الوظيفة التي أنشأ من أجلها وهي جودة القيادة والراحة لمستخدمي الطريق للوصول إلى السلامة والأمان وهذه الأضرار قد تكون بسبب أحمال المرور أو عوامل بيئية (الحرارة والأمطار) أو سوء التصميم والتنفيذ وكذلك استخدام مواد ذات مواصفات لا تتطابق مع الظروف المحلية.

تشير النتائج ان مستوى الدمك للخلطات الأسفلتية من العوامل المهمة في ثبات الرصف المرن وبالتالي لابد من الاهتمام بطريقة الدمك وأستخدام المعدات المناسبة وأشارت النتائج ان زيادة عدد الضربات يزيد من ثبات الخلطة وكثافتها في حين يقلل من قيمة التدفق.

2.5 التوصيات

بعد اجراء هذه الدراسة نوصي بالاهتمام بأعمال الدمك بصورة جيدة ودراسة عوامل اخرى مثل دراسة تأثير درجة حرارة الدمك للخلطات الأسفلتية.

المراجع

[1] سامر الصادق نمذجه سلوكية التقادم لنماذج محلية مختلفة من الاسفلت الاسمنتي رسالة الماجستير في قسم الهندسة المدنية كلية الهندسة.

[2] بسام سلطان تحسين الخواص الريولوجية للبيتومين (60-70) بإضافة البولي بروبلين مجلة جامعة تشرين العلوم الهندسية مجلد 40 العدد 6 2018

[3] أبوراوي وأخرون تأثير أضرار الرطوبة على الطرق الإسفلتية مشروع تخرج لنيل درجة البكالوريس قسم الهندسة المدنية جامعة المرقب 2019.

[4] كاظم تقييم محطات الرصف الاسفلتي بالطرق الرئيسية في مدينة الديوانية 2019.

[5] الهمالي وأخرون تصميم خلطات اسفلتية بطريقة الرصف المتفوق الأداء (سوبربيف) للمنطقة الممتدة من اجدابيا حتى جالو اوجله 2019.

[6] فاضل استخدام غبار الرخام كفيلر في تصميم الخلطات الإسفلتية 2017.

[7] علوان عيوب التبليط الاسفلتي وامكانية معالجتها 2017.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة استخدام فضلات الزجاج كبديل جزئي للإسمنت في الخلطات الخرسانية في ليبيا

د.ابوالقاسم يحي ابوصبيع **م. مروان الكيب**
جامعة صبراته ،كلية الهندسة صبراته ،قسم الهندسة المدنية
E-mail: **abulgasem .abusbuea@sabu .edu .ly**

ملخص

نظراً للتطور العمراني الكبير في تنفيذ المباني والمنشئات الخرسانية الامر الذي يتطلب كثير من الاسمنت الذي يعتبر المادة الاساسية في انتاج الخرسانة .وبالتالي يستخدم بكميات كبيرة . ومع زيادة النمو الاقتصادي وزيادة عدد السكان واتساع المناطق الحضرية، زادت الحاجة للبناء والتوسع العمراني وتشييد المباني الجديدة، ويودى ذلك إلى زيادة كبيرة في استعمال الخرسانة،

حيث ان انتاج الاسمنت له تأثير كبير على البيئية المحيطة . عند تصنيعه تصدر انبعاثات ثاني اكسيد الكربون في الغلف الجوي .عليه اصبح من الضروري استخدام بعض البدائل للإسمنت او استخدام بعض المواد كبديل جزئي للإسمنت. وللحد من اضرار بعض نفايات المواد على البيئية كنفايات الزجاج واستثمارها في صناعة الخرسانة باستخدامها كبديل جزئي للإسمنت .

في هذه الدراسة تم اخذ مطحون نفايات الزجاج ونخله على منخل رقم 90 ميكرون واستخدامها كبديل جزئي للاسمنت في الخلطة الخرسانية وعمل ثلاثة خلطات خرسانية بنسب w/c=0.4 ،0.45 ،0.5 وعمل مكعبات خرسانية لاختبار مقاومة الضغط للخلطات المرجعية الثلاثة .وعمل مكعبات خرسانية باستبدال جزئي للاسمنت بمطحون الزجاج كبديل جزئي للإسمنت بنسب 3%،6%،9%،12%، 15% لهذه الخلطات الثلاثة .ونم اجراء اختبارات الاسمنت فقط وكذلك للاسمنت المستخدم فيه مطحون الزجاج بنسب 3% ،6% ،9% ، 12% .

وتم التوصل فيه إلى ان امكانية استخدام مطحون الزجاج في الخلطة الخرسانية وخاصة خلطة نسبة C/Wتساوي 45.0عند اضافة 3 ،6% %مطحون الزجاج بدل االاسمنت حيث وصلت نسبة الزيادة للمقاومة الخرسانية الى 5% .5 لألولي ، و8.2% للثانية من المقاومة المرجعية للخرسانة، واختبارات االاسمنت المضافة بدل الاسمنت كانت نتائجه وفق المواصفات القياسية.وامكانية استخدامه في خرسانات الارصفة وصناعة الطوب واعمال تركيب البلاط .

الكلمات المفتاحية : خرسانة ،مطحون الزجاج ، الاسمنت ،مقاومة الضغط

1 .المقدمة

تعتمد المشاريع الانشائية المختلفة على مدي توفير الاسمنت حيث يعتبر الاسمنت من اكثر المواد الخام اهمية للتنفيذ. فلا تزال الخرسانة تحتل المكانة الاولي لتنفيذ المباني السكنية الامر الذي ادي الى تطوير وتحسين طرق انتاجها باستعمال الاضافات تظهر اهمية الخرسانة بصفتها مادة انشائية. ويعتبر الاسمنت أحد المصادر الأساسية لانبعاث الغازات الدفيئة المسؤولة عن ظاهرة الاحتباس الحراري وأهمها غاز ثاني أكسيد الكربون، وبما أنه الاسمنت المادة الرئيسية لصناعة الخرسانة فإن إضافة مواد

اسمنتية بديل للاسمنت في الخرسانة تعد طريقة ناجحة للحد من التأثير السيء للاسمنت على البيئة.[1]

وقد استخدمت العديد من المواد بما في ذلك غبار السيليكا(SF)، خبث أفران الحديد (GGBS) والرماد المتطاير والتي أثبتت فعاليتها في انتاج خرسانة بالخواص المطلوبة، ومع ذلك فإن البحث عن مواد بديلة للاسمنت متوفرة بكثرة وذات تكلفة وصديقة للبيئة مازال مستمراً الأمر الذي جعل أقل

الباحثين يتجهون إلى عملية إعادة التدوير وذللك للحد من تزايد كميات المخلفات وتقليل تكلفة التخلص منها والاستفادة من منها لانتاج خرسانة خضراء صديقة للبيئة ومن هذه المواد التي يمكن استخدامها هو الزجاج،

ويتم صنع الأسمنت عن طريق خلط الحجر الجيري مع طين الومينوسيليكات، ثم يسخن في فرن ضخم على درجة حرارة تبلغ 1500 درجة مئوية، لتنتج كتلا رمادية تعرف باسم "كلنكر"، والتي هي عبارة عن مجموعة من الأكاسيد (كأكسيد الحديد والسليكون والأمونيوم والألمنيوم والكالسيوم)، وبعد أن يتم تبريد هذا الخليط، يضاف إليه الجبس ويطحن بشكل ناعم لإنتاج "أسمنت بورتلاند".ودرس [2] (Keerio et.alتأثير مخلفات الزجاج كبديل جزئي للاسمنت على خواص الخرسانة، حيث كان الهدف من الدراسة تحسين قوة الخرسانة عن طريق استبدال الاسمنت جزئياً بمخلفات الزجاج وذلك بنسبة 5% 10%، 15%،20% ، 25% من وزن الاسمنت وتوصل إلى أن استبدال الزجاج جزئياً بالإسمنت يحسن من قابلية التشغيل للخرسانة حيث كانت لأفضل قابلية تشغيل للخلطة ذات نسبة الاستبدال 25%، كما تتحسن خاصية الكثافة حتى نسبة الاستبدال 10% بعدها تبدأ في الانخفاض للنسب الأعلى حيث كانت أعلى كثافة للخلطة 10% وأقل كثافة للخلطة 25%، أما بالنسبة للمقاومة الضغط فإن المقاومة تزداد حتى نسبة استبدال 10% وذلك بنسبة 12.95% عن الخلطة المرجعية وخلصت الدراسة إلى أن أفضل نسبة استبدال هي 10%. Khan et all [3]درس تأثير اضافة مسحوق الزجاج كبديل جزئي للاسمنت في الخرسانة بنسب 0%-40% من وزن الاسمنت واختبار خاصية قابلية التشغيل وقوة الضغط حتى 84 يوم.

تم استبدال الاسمنت البورتلاندي العادي بمسحوق الزجاج مار من منخل 45 ميكرون وبنسبة 10%-40% وقد خلصت الدراسة إلى أن استخدام الزجاج يقلل من قابلية التشغيل، كما يؤثر على مقاومة الضغط بالانخفاض وفي الأعمار الأولى تكون المقاومة أقل بنسبة 12% عن الخلطة المرجعية، وكانت أفضل مقاومة ضغط للخلطة بنسبة استبدال 15% وهي أفضل نسبة استبدال توصلت إليها الدراسة.

2. الزجاج

مادة عديمة اللون تصنع أساسا من السيليكا المصهور في درجات حرارة عالية مع حمض البوريك أو الفوسفات. والزجاج يوجد في الطبيعة كما يوجد أيضا في المواد البركانية التي تسمى الزجاج البركاني أو المواد التي تنشأ من النيازك. وليس الزجاج صلبا ولا سائلا وإنما يكون في حالة خاصة تظهر فيها جزيئاته بشكل عشوائي، ولكن بحيث يوجد تماسك كاف لإحداث اتحاد كيميائي بينها. وعندما يتم تبريد الزجاج يصل إلى حالته الصلبة ولكن بدون تبلور، ومع تعريضه للحرارة يتحول الزجاج إلى سائل. وعادة ما يكون الزجاج شفافا ولكنه قد يكون غير شفاف أو نصف شفاف أيضا، ويختلف لونه تبعا لمكوناته[4].

3. إعادة تدوير الزجاج

تعتبر عملية إعادة تدوير فضلات الزجاج كما بالشكل رقم (1)، خطوة مهمة بالنسبة للبيئة، فكل زجاجة يتم إرسالها إلى مواقع طمر النفايات، تستغرق مايقارب مليون عام حتى تتكسر، في حين أنها تأخذ أقل من 30 يوما، من أجل إعادة تدويرها، والنتيجة هي الحصول على شكل مختلف وجديد.

وتعد عملية إعادة التدوير للزجاج والحاويات الزجاجية عملية مستدامة؛ لأن الزجاج يعتبر من المواد القابلة لإعادة التدوير والتشكيل بنسبة 100 %، مما يعني أنه قابل لإعادة التشكيل مرارا وتكراراً، من دون أن يفقد أيا من جودته ونقائه. وتساعد هذه العملية في الحفاظ على الموارد الطبيعية، فكل طن من الزجاج، تتم عملية إعادة تدويره، يوفر أكثر من نصف طن من المواد الخام، اللازمة لإنشاء زجاج جديد، وتشمل 1.300 رطل من الرمل، و410 باوند من رماد الصودا، و380 رطلا من الحجر الجيري[5].



الشكل رقم (1) يبين فضلات الزجاج

4.البرنامج العملي والمواد

تم في هذا البحث تثبيت جميع المواد الداخلة في الخلطة الخرسانية واعتبار مطحون الزجاج المتغير الوحيد بحيث نضمن تاثير الاسمنت والزجاج على سلوك الخلطة الخرسانية معتمدة على الخلطة المرجعية التي فيها طحون الزجاج يساوي صفر

ولدراسة ومعايرة مطحون الزجاج على الاسمنت تم عمل اختبارات الاسمنت وتم نخل الزجاج المطحون على منخل 90 ميكرون كما بالشكل رقم (2) وعمل الخلطة الخرسانية .



الشكل رقم (3) يبين مطحون الزجاج

1.4الإسمنت

تم استخدام اسمنت بورتلاندي و تم اجراء اختبار تحديد عجينة اسمنتية ذات قوام قياسي و ثبات الحجم واختبار النعومة واختبار زمن الشك الابتدائي والنهائي للإسمنت للإسمنت بدون استبدال مطحون الزجاج كما بالجدول رقم (1)عند استبدال نسبة مطحون الزجاج بدل الاسمنت بنسب ، 3%، 9,6%، 12% كما بالجدول رقم (2) يبين نتائج الاختبارات التي اجريت على الاسمنت والهدف من هذا الاختبار لمعرفة المواصفات الميكانيكية للإسمنت عند استخدامه مع مطحون الزجاج حتي نتمكن من اجرء الخلطة الخرسانية

الجدول (1) نتائج اختبارات الاسمنت بدون الاستبدال مطحون الزجاج.المواصفة الليبية 1997/340

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفات
تحديد عجينة اسمنتية ذات قوام قياسي %	Wc=31	-
النعومة%	4.864	-

زمن الشك الابتدائي hour	1.44	45 min ≤
زمن الشك النهائي hour	2.02	10 hours ≤
ثبات الحجمmm	1	10>

الجدول (2) نتائج اختبارات الاسمنت عند الاستبدال بمطحون الزجاج.المواصفة رقم 2006/340

نسبة الاستبدال (%)	زمن الشك الابتدائي hours	زمن الشك النهائي hours	ثبات الحجم	اختبار نعومة الاسمنت
3%	2:49	3:43	0	3.883 %
6%	3:18	4:20	0	3.393 %
9%	3:00	4:55	2	4.367 %
12%	3:33	5:53	0	2.427 %

2.4الركام الخشن

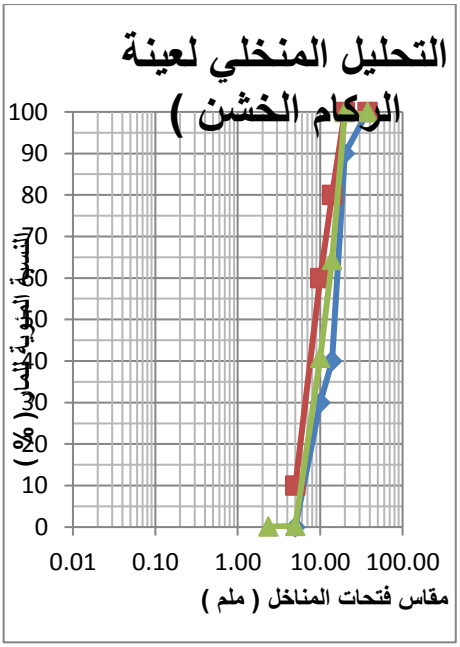
تم استخدام الركام الخشن المورد من منطقة راس اللفح واجريت عليه مجموعة من الاختبارات لضمان جودة استخدامه في الخلطة الخرسانة ومطابقته للمواصفات الليبية، والاختبارات هي:

اختبار التحليل المنخلي

تم إجراء هذا الاختبار طبقاً للمواصفات الليبية والجدول (3) يوضح التحليل المنخلي للركام الخشن والشكل (4) يبين منحني التدرج.

الجدول (3) التحليل المنخلي للركام الخشن المواصفة الليبية 2006/252

مقاس فتحة المنخل(مم)	وزن المحجوز (جم)	الوزن التراكمي المحجوز(جم)	النسبة المئوية للتراكمي المحجوز%	النسبة المئوية للمار %	حدود المواصفات
37.5	0	0	0	100	100
19	0	0	0	100	100-90
12.5	1463	1463	35.6	64.4	80-40
9.5	970	2433	59.2	40.8	60-30
4.75	1663	4096	99.7	0.3	10-0
2.36	7	4103	99.9	0.1	-
الوعاء	3	Σ=4106	-	-	-



الشكل رقم (4) يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن

5.الخلطة الخرسانية

لدراسة تأثير تقليل محتوي الاسمنت على خواص الخرسانة باستخدام استبدال طحن الزجاج ، تم تصميم الخلطة الخرسانية بالطريقة الحجمية وإعداد ثلاث خلطات خرسانية بنسب W/Cتساوي 0.4,0.45,0.5 وعمل ثلاث مكعبات مقاس 150×150×150 mm بدون مطحن الزجاج لكل نسبة تم عمل لها مكعبات مع وضع نسب استبدال 3,6,9,12,15 وتتكون من أسمنت وركام ناعم وركام خشن وماء ،حيث تم تحديد مكونات الخلطة لمتر مكعب من الخرسانة ، الجدول (4) يبين أوزان الخلطات المرجعية المستخدمة في المشروع. وكذلك الجدول (5) أوزان الخلطة التي تحتوي مسحوق مخلفات الزجاج ذات محتوى الماء 0.40 والجدول (6) أوزان الخلطة التي تحتوي مسحوق مخلفات الزجاج ذات محتوى الماء 0.45 الجدول (7) أوزان الخلطة التي تحتوي مسحوق مخلفات الزجاج ذات محتوى الماء 0.50وعمل اختبار مقاومة الضغط للخرسانة

الجدول (4) أوزان الخلطات المرجعية المستخدمة

نسبة الماء للاسمنت	ركام ناعم (kg/m^3)	ركام خشن (kg/m^3)	اسمنت (kg/m^3)
0.4	7085	14169	4723
0.45	6941	13882	4627
0.5	6804	1360	4563

الجدول (5) أوزان الخلطة التي تحتوي مسحوق مخلفات الزجاج ذات0.4 =W/C.

الزجاج (%)	W/C (%)	ركام ناعم (kg/m^3)	ركام خشن (kg/m^3)	اسمنت (kg/m^3)
3	0.4	7085	14169	4581.31
6	0.4	7085	14169	4439.62
9	0.4	7085	14169	4297.93
12	0.4	7085	14169	4156.24
15	0.4	7085	14169	4014.55

الجدول (6) أوزان الخلطة التي تحتوي مسحوق مخلفات الزجاج ذات W/C= 0.45.

الزجاج (%)	W/C (%)	ركام ناعم (kg/m^3)	ركام خشن (kg/m^3)	اسمنت (kg/m^3)
3	0.45	6941	13882	4488.19
6	0.45	6941	13882	4349.38
9	0.45	6941	13882	4210.57
12	0.45	6941	13882	4071.76
15	0.45	6941	13882	3932.95

بعد تجهيز الخلطة الخرسانية وقياس الهبوط تم وضع الخرسانة في القوالب المعدنية وفق المواصفة القياسية . ASTM C172 تركت العينات لتجف خلال 24 ساعة ضمن شروط حفظ العينات .بعد فك القوالب المعدنية تم وزن العينات الخرسانية التي حفظت بعدها في أحواض للماء حتى درجة حرارة 2 ± 23 درجة وفق المواصفة ASTM192

بإنتهاء إعداد الخلطة تم قياس الكثافة الحقيقية للخلطة الخرسانية وفق المواصفة القياسية القياسيةالمعتمدة فيASTM C138

الجدول (7) أوزان الخلطة التي تحتوي مسحوق مخلفات الزجاج ذات W/C= 0.5.

الزجاج (%)	W/C (%)	ركام ناعم (kg/m^3)	ركام خشن (kg/m^3)	اسمنت (kg/m^3)
3	0.5	6804	1360	4399.92
6	0.5	6804	1360	4263.84
9	0.5	6804	1360	4127.76
12	0.5	6804	1360	3991.68
15	0.5	6804	1360	3855.6

1.5اختبار مقاومة الضغط للخرسانة

لدراسة كفاءة الخرسانة بالمقاومة تم عمل اختبارالمقاومة لعمر 28 يوم لكل نسب استبدال والمرجعية حيث كانت نتائج المرجعية مع نسب الاستبدال وكذلك عمل كثافة الخرسانة واختبار الهبوط كما بالجدول (8) يبين نتائج مقاومة الضغط للخلطات بنسبة ماء إلى الاسمنت 0.4. والجدول (9) يوضح نتائج مقاومة الضغط للخلطات بنسبة ماء إلى الاسمنت 0.45. والجدول (10) يوضح نتائج مقاومة الضغط للخلطات 0.50.

الجدول (8) نتائج مقاومة الضغط للخلطات W/C=0.4.

مسحوق الزجاج (%)	0	3	6	9	12
المقاومة (Mpa)	31.39	29.92	30.11	20.04	26.14
نسبة الزيادة أو النقصان (%) لمقاومة	-	- 4.683	- 4.078	- 36.158	- 16.725
الهبوط mm	0	0	0	0	0
متوسط الكثافة kg/m3	.2373	2393.4	.2377.48	2336.2	2323.8

الجدول (9) يوضح نتائج مقاومة الضغط للخلطات W/C= 0.45.

نسبة مسحوق الزجاج (%)	0	3	6	9	12
المقاومة (Mpa)	39.95	42.16	41.1	36.94	36.34
نسبة (%) للمقاومة	-	5.532	2.87	- 7.534	- 9.036
الهبوط mm	18	14	15	24	10
الكثافة kg/m3	2456.5	2425.62	2458	2472.0	2417.82

الجدول (10) يوضح نتائج مقاومة الضغط للخلطات W/C= 0.5 .

نسبة مسحوق الزجاج (%)	0	3	6	9	12
مقاومة الضغط (Mpa)	40.6	37.17	37.4	39.35	37.07
نسبة الزيادة أو النقصان (%) للمقاومة	-	- 7.189	7.77 - 9	- 3.127	- 8.740
اختبار الهبوط mm	63	39	48	34	28
متوسط الكثافة kg/m3	2442 .272	2442.0 74	2445 .531	2458.02 5	2411.50 6

6. النتائج والمناقشة

استهدفت هذه الدراسة متابعة سلوك الخرسانة المنتجة معمليا باستخدام مطحون الزجاج بدل الاسمنت حيث كانت قيمة الهبوط في الخلطة ذات المحتوي المائي للاسمنت0.4تساوي صفر حيث ان المحتوي المائي قليل بالخلطة عن المرجعية وانخفضت مقاومة الضغط للخلطة التي تحتوى مسحوق الزجاج مقارنة بالخلطة المرجعية وقد كانت أقل نسبة انخفاض للمقاومة للخلطة ذات نسبة الاستبدال 6% بنسبة انخفاض 4.078% وأعلى

نسبة انخفاض كانت لنسبة الاستبدال 9% بقيمة 36.15 %. والكثافة كانت في زيادة عند نسبة 3% فقط والباقي تقل ،والخرسانة التي استخدام فيها مطحون الاسمنت ،والخرسانة ذات المحتوي المائي للاسمنت 0.45 حيث كانت قيمة الهبوط في المرجعية كما بالشكل رقم (5) اقل من عند استبدال مطحون الزجاج حيث كان قيمة الهبوط بالنقص كلما زادت نسبة الاستبدال للإسمنت عند نسبة 3 %و 6 %كما بالشكل رقم (6) وتحسنت مقاومة الضغط للخلطة ذات المحتوى المائي 0.45 بزيادة مسحوق الزجاج حتى نسبة 6% حيث كانت أعلى نسبة زيادة5.532% لنسبة استبدال 3%، ولكن بعد زيادة نسبة استبدال عن 6% بدأت مقاومة الضغط في الانخفاض بزيادة نسبة الاستبدال في الخلطة. والكثافة كانت في زيادة، وقيمة الهبوط كانت انخفضت عن المرجعية في الخرسانة كما بالشكل رقم (7) والشكل رقم (8) ذات المحتوي المائي 0.5 حيث ان كمية الماء عالية وبالتالي الهبو ط قل نظراً نظراً لعدم مص الطحون للماء و المقاومة تقل في كل النسب عن المرجعية حتي وصلت الى نسبة 8.7%عن المرجعية والكثافة كانت تقريباً ثابتة .



الشكل رقم (5) اختبار الهبوط خلطة المرجعية W/C =0.45



الشكل رقم (6) اختبار الهبوط نسبة استبدال0.453%= W/C



الشكل رقم (7) اختبار الهبوط خلطة المرجعية W/C=0.5



الشكل رقم (8) اختبار الهبوط نسبة استبدال3% 0.5= W/C

7.الاستنتاجات

من خلال التجارب المعملية التي تم اجراءها في هذا البحث تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1. امكانية استبدال جزئي للإسمنت بمطحون الزجاج عند استخدام الخرسانة عند نسبة المحتوي المائي للإسمنت 0.45 ونتائج اختبارات الاسمنت الذي تم استبداله بالنسب 3%،6%،9%،12% مطابق للمواصفات الليبية الخاصة بالإسمنت البورتلاندي .

2. عندما تقل نسبة الماء للإسمنت اقل مايمكن لتصميم خلطة خرسانية يعطي خلطة جافة صعبة التشغيل، ولا يوجد تأثير لمسحوق الزجاج على تشغيلية الخلطة الخرسانية ولا علي المقاومة التي تم دراستها. وهذا بسبب الدور الذي يلعبه مطحون الزجاج في زيادة السطح النوعي للنعومة وبالتالي يساعد في تأخير تصلب الخرسانة .

3. تتحسن قابلية التشغيل للخلطة الخرسانية بزيادة نسبة الماء للإسمنت كما أن إضافة مسحوق الزجاج تحسن من قابلية التشغيل للخلطة وذلك عند استبداله بنسبة مطحون الزجاج ولكن يبدأ تأثيره عكسي عند زيادة نسبة الاستبدال حيث انخفضت قابلية التشغيل .وهذا ان الزجاج مادة غير ماصة للماء .

4. بزيادة نسبة الماء للاسمنت فان مقاومة الضغط تنخفض بزيادة نسبة الاستبدال وتنخفض قيمة الهبوط بالخرسانة .

5.الكثافة تتناقص بعد ترك العينات 24ساعة تتصلب وهذا يعود لتبخر الماء من الخلطة ويتم قياسها بالطريقة القياسية ASTMC138

6.انخفاض كثافة الخرسانة لايتجاوز 1%عن المرجعية يعود ذلك ان كثافة الزجاج 2500 kg/m^3 اقل نسبياًمن قيمة الوزن النوعي للركام والاسمنت .

8.التوصيـــات

1. دراسة تأثير مسحوق مخلفات الزجاج على النفاذية و المسامية و مقاومة الشد وتأثير درجة الحرارة .
2. تشجيع السوق المحلي على استخدام مطحون الزجاج .

9.المراجع

[1]أمير عبد الرحمن هالل الدليمي، سعدي شرتوح شرقي المحمدي، "دراسة انتاج خرسانة الزجاج ومقاومة انضغاطها"، المجلة العراقية للهندسة المدنية، العدد التاسع- كانون االول- 2007.

[2] Manthar Ali Keerio, Salim Khoso, Jam Shahzaib Khan, Abdul Aziz Ansari, Nadeem ul Karim Bhatti, " The effect of Waste Glass as Partial Replacement of cement on Properties of Concrete", ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL, VOL.1, NO.1, APR, 2017.

[3] FASIH AHMED KHAN, MUHAMMAD FAHAD, KHAN SHAHZADA, HARIS ALAM, NAVEED ALI, " Utilization of waste glass powder as a partial replacement of cement in concrete", International Journal of Advanced Structures and Geotechnical Engineering ISSN 2319-5347, Vol. 04, No. 03, July 2015.

[4]الجيوجيا ،والتعدين "الزجاج وصناعة الزجاج "نت 2015

[5]اسراء الردايرة"اعادة تدوير الزجاج توفر الطاقة وتحافظ على المواراد الطبيعية "مجلة الغد ،عمان ، الاردان ،2011

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

استخدام الألياف الكربونية أحادية الاتجاه في تدعيم الأعمدة والكمرات الخرسانية

خيرية كمال اقليصة[1] ، وصال البهلول بن حسونة[2]، د. زيدان علي حتوش[3]
[1]مهندسة مدنية، شركة البنية للمقاولات والاستشارات الهندسية
[2]مهندسة مدنية، وزارة الإسكان والتعمير
[3]عضو هيئة تدريس، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس
Z.hatush@uot.edu.ly [3] ، wesalbenhasouna@gmail.com [2] ، kayglaissa97@gmail.com [1]

الملخص

تحتاج العناصر الخرسانية إلى التقوية عندما تكون مقاومتها غير كافية نتيجة التغيير في استخدام المنشأة أو نتيجة أخطاء في التصميم والتنفيذ. أيضاً قد تحتاج العناصر الانشائية الى الترميم والإصلاح في حالة نقص تحميلتها نتيجة لتعرضـــها للتأثيرات البيئية المختـلفة.

تستخدم ألياف البوليمر المركبة في التقوية الخارجية للمنشآت لغرض تحسين مقاومتها للانحناء والقص لدعم وترميم المنشـآت الخرسانية بدلاً من استخدام مواد الدعم التقليدية التي تستخدم الحديد والخرسانة.

اجريت هذه الدراسة لاختبار مدى كفاءة ألياف البوليمر المصنوعة من الكربون **(CFRP)** لدعم وتقوية الكمرات والمكعبات الخرسانية. حيث تم تنفيذ واختبـــار مجموعة مـن المكعبات والكمرات الخرسانية غير المدعمة وأخرى مدعمة بألياف الكربون. بمقاومة تصميمية في حدود 35 ميجا باسكال للعينات بعمر 28 يوم. تم تقسيم العينات بحيث تكون بعضها مرجعية وبعضها تم تدعيمها بألياف الكربون بشرائح ذات مسافات مختلفة من مركز العينة وعدد من العينات تم تغليفها بشكل تام، تم اخضـــاع المكعبات لاختبار مقاومة الضغـط حتى انهيـــارها، أظهرت النتائج زيادة في مقاومة الضغط حيث كانت أفضل زيادة في نسبة مقاومة الضغط 13% بالمقارنة مع العينة المرجعية. وكذلك تم تعريض الكمرات الى اختبار الانحناء، واخذت نتـائج مقاومة الانحناء وشكـــل الانهيار تم مناقشتها، حيث لوحظ تحسن في النتائج وكانت افضل نسبة زيادة لمقاومة الانحناء 385.71% بالمقارنة مع الكمرات غير المدعمة بألياف الكربون.

الكلمات المفتاحية: الخلطة الخرسانية، ألياف الكربون، الإيبوكسي، اختبار مقاومة الضغط، اختبار مقاومة الانحناء.

المقدمـة:

فـــي الســـنوات الأخيـــرة ازداد اســـتخدام أليـــاف البـــوليمرات المســـلحة **(Fiber Reinforced polymer)** أو مـــا تعـــرف اختصـــار بـــ **(FRP)** الخفيفـة الـوزن فـي دعـم وتـرميم المنشـآت الخرسـانية بـدلاً مـن اسـتخدام مـواد الـدعم التقليديـة التـي تسـتخدم فيهـا الحديـد والخرسـانة. حيـث يـتم اسـتخدامها فـي التسـليح الـداخلي للعناصـر الخرسـانية وكـذلك فـي التقوية والدعم الخارجي لهذه العناصر.

ان عمليـة التـدعيم باسـتخدام البـوليمرات المسـلحة اسـتخدمت للتقويـة الخارجيـة لتحسـين أداء المنشـآت مثـل تقويـة الأعمـدة الخرسـانية وذلـك عـن طريـق عمـل طـوق بأليـاف البـوليمر حـول المحـيط الخـارجي للعمـود لزيـادة المقاومـة، وكـذلك تسـتخدم لزيـادة

مقاومة الانحناء والقص بإلصاق ألياف البوليمر على السطح الخارجي للكمرات والأسقف.

أجريت دراسة لاختبار كفاءة استخدام ألياف البوليمر المصنوعة من الكربون (**CFRP**) لدعم وتقوية الأسطوانات الخرسانية، واثبتت أنه عند تدعيم الخرسانة بألياف البوليمر فان ذلك يؤدي الى زيادة مقاومة الضغط للخرسانة، حيث كانت أعلى نسبة 89.9%[1] واجريت دراسة اخرى لاختبار سلوك الانحناء بالكمرات الخرسانية المدعمة بألياف البوليمر عن طريق تقوية كمرات الخرسانة المسلحة بإلصاق ألياف الكربون المعرضة للانحناء[2]

ان الهدف الرئيسي من هذا البحث هو دراسة دور ألياف الكربون أحادية الاتجاه في تحسين أداء الأعمدة والكمرات الخرسانية، وذلك من خلال تعريض عينات مكعبات وكمرات خرسانية لاختبار مقاومة الضغط و اختبار مقاومة الانحاء، سواء كانت العينات مدعمة بشرائح متصلة أو منفصلة، حيث تم اختبارها ومقارنتها بعينات مرجعية غير مدعمة بألياف الكربون.

ألياف البوليمر المسلحة (FRP):

البوليمر المسلح بالألياف يتكون من ألياف و المادة اللاصقة، في الغالب يوجد ثلاثة أنواع من ألياف البوليمر يتم استخدامها في أعمال الهندسة المدنية، وهي الزجاج والأراميد، وألياف الكربون. الخصائص الفيزيائية والميكانيكية تختلف ليس فقط بين أنواع هذه الألياف ولكن أيضا لنفس النوع من الألياف.

ألياف الكربون (Carbon Fibers):

تُعرف ألياف الكربون باسم ألياف الجرافيت أيضًا، وهي عبارة عن ألياف أو أنابيب رفيعة جدًا يصل قطرها إلى حوالي 5 إلى 10 مايكرومتر، ولها أشكال بلورية مختلفة سوداء اللون وقد حصلت على هذا اللون من الكربون المكوّن لها، تتميز ألياف الكربون بالديمومة **(Durability)** العالية والأداء الجيد تحت تأثير الفشل **(Fatigue)** الناتج عن التحميل في ضوء الظروف البيئة الساخنة الرطبة. ألياف الكربون تعرف بأنها ألياف تحتوي على مالا يقل عن نسبة 90 **%** من الكربون مما تعرف بدرجة كربنتها وهي أهم العوامل لتحديد خواص ألياف الكربون الفيزيائية، وللمادة الرابطة (**Matrix material**) دوراً مهم في وظيفة ألياف البوليمر حيث إنها تعمل على ربط ألياف البوليمر مع بعضها لتمكنها من نقل الأحمال وتوفر لها الحماية ضد التأثيرات البيئية المختلفة والأضرار الناجمة عن المناولة. المواد الرابطة لها عدة أنواع مثل البوليستر (**Polyester**) والفينيل إيستر (**ester-Vinyl**) والأيبوكسي (**Epoxy**) يعتبر الأيبوكسي من المواد البوليميرية الأكثر شيوعاُ ويستخدم عادة مع الألياف العالية الأداء.[3]

خصائص ألياف الكربون كمواد بناء

تتميز الياف الكربون بالعديد من الخصائص يمكن اختصارها في ما يلي [4]

1. لديها قوة شد عالية جداً، فهي قوية جداً بالنسبة لحجمها.
2. ألياف الكربون مستقرة كيميائياً ومقاومة للتآكل.
3. قساوة كبيرة جداً(**Stiffness**): تقاس القساوة بواسطة معامل يونغ، وتقيس مدى الترخيم في المادة تحت تأثير الاجهادات. يذكر أن قساوة ألياف الكربون أعلى مرتين ونصف من الألمنيوم.
4. لديها موصلية كهربائية جيدة.
5. ألياف الكربون لديها مقاومة كبيرة للنار فهي غير قابلة للاشتعال وفقاً لأسلوب التصنيع فإن

ألياف الكربون يمكن أن تدخل في صناعة ألبسة رجال الإطفاء.

6. قابلية ألياف الكربون لتوصيل الحرارة: وهي كمية الحرارة المارة عبر سمك المادة، بشكل عمودي على مساحتها، وبسبب تعدد أنواع ألياف الكربون فإنه من غير الممكن تحديد مدى قابليتها لنقل الحرارة، ولكن يوجد بعض الأنواع التي تصمم خصيصاً لتكون ذات ناقلية عالية أو منخفضة.
7. معامل تمددها الحراري منخفض : ويعني مدى تمدد أو تقلص المادة عند ارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة.
8. ألياف الكربون لها صلابة عالية بالنسبة للوزن: معدل صلابة مادة هي القوة في وحدة المساحة عند الانهيار مقسومة على الكثافة، كلما كانت المادة صلبة وخفيفة كان معدل صلابتها الى وزنها أفضل.
9. مقاومة للإجهادات: ولكن عندما تنهار ألياف الكربون فإن انهيارها قد يكون كارثياً حيث أنه يحدث بدون سابق إنذار.

هذا وهناك خصائص فنية لالياف الكربون منها :

1. سهلة التركيب فهي لا تحتاج الى معدات خاصة ولا الى عدد كبير من العمال ولا تحتاج وقت.
2. تنفيذها لا يحتاج وقت طويل.
3. آمنة تماماً و صديقة للبيئة.
4. مع مرور الزمن إذا تم تنفيذها بطريقة جيدة فهي لا تحتاج الى صيانة وذات صلاحية طويلة.

البرنامج العملي

يشمل البرنامج العملي على خطوات إعداد الخلطة الخرسانية لعدد من المكعبات والكمرات الخرسانية وإلصاق شرائح الكربون أحادية الاتجاه على العينات بأشكال مختلفة عن طريق المادة الرابطة وذلك لغرض اجراء الاختبارات والمقارنة بين النتائج المتحصل عليها.

الاختبارات المعملية للمواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية:

تم إجراء بعض الاختبارات المعملية للمواد المستخدمة في الخلطة وتم الحصول على النتائج الموضحة في جدول (1):

الخلطة الخرسانية (Concrete Mix Compositions):

تم إعداد الخلطة الخرسانية:

- لعدد 4 مكعبات، هذه الخلطة كانت لمعالجة العينات لمدة 7 أيام، أبعاد المكعب (150مم x 150مم x150مم).
- لعدد 21 مكعب، في هذه الخلطة تم معالجة العينات لمدة 28يوم.
- لعدد 3 كمرات أبعادها (100مم x100 مم x 500مم) تم معالجتها لمدة 28 يوم.

و يوضح جدول (2) أوزان المواد لتصميم الخلطة الخرسانية.

وكانت نسب مواد الخلطة الخرسانية بالنسب للاسمنت على التوالي (ماء = 0.52: ركام ناعم = 1.7: ركام خشن = 2.7 : اسمنت =1)

وباقي النسب هي

W/C = 0.52, A/C = 4.4, FA/TA = $\frac{1.7}{1.7+2.7}$ = 0.39

جدول (1) نتائج بعض الاختبارات للركام والإسمنت المستخدم في الخلطة ثـــــم

الكثافة النوعية للإسمنت	المقاس الاعتباري الأكبر للركام الخشن	الكثافة النوعية للركام الخشن	نسبة الامتصاص للركام الخشن رقم (1)	نسبة الامتصاص للركام الخشن رقم (2)	الكثافة النوعية للركام الناعم	معامل النعومة للركام الناعم
3.12	20مم	2.60	%2.12	%2	2.65	1.4

تركت لمدة 24 ساعة حتى تجف في المعمل من ثم تغليف المكعبات وتركها 24 ساعة أخرى

جدول (2) اوزان مواد الخلطة الخرسانية /م3

مكونات الخرسانة	الكمية بالكيلوجرام لكل متر مكعب
اسمنت	397
ركام خشن	1082
ركام ناعم	663
الماء	206

مصادر المواد:

- اســـمنت البورتلانـــدي العـــادي (شـــركة الاتحاد العربي للمقاولات) .
- الركام الناعم (زليتن) .
- الركام الخشن (محجر راس اللفعة) .

ملاحظة:

تجدر الإشارة إلى أن الركام المستخدم بنوعين في جميع الخلطات الخاصة بالدراسة قد تم غمره في الماء، وتجفيفه في جو المعمل، أي تم استخدام ركام مشبع جاف السطح في حالة **(Saturated surface dry)**، وذلك لتجنب امتصاص ماء الخلطة من قبل الركام، أما الركام الناعم تم استخدامه في الحالة الجافة حيث كان مجفف بالهواء.

كما تجدر الإشارة أن عمر العينات الفعلي للمكعبات المعالجة بعمر 28 يوم هو 31 يوم حيث تم ترك المكعبات مغمورة في الماء 28 يوم وذلك بغرض تثبيت الألياف والتأكد من أن المادة الرابطة جفت بالكامل وبالتالي عمر العينات الفعلي 31 يوم.

توضيح برنامج العمل الخاصة بالعينات:

أولاً: الخلط.

ثانياً: ترك العينات في جو المعمل لمدة 24 ساعة (يوم كامل).

ثالثاً: فك القوالب ومعالجة العينات بالغمر في الماء لمدة 7 أيام أو 28 يوم حسب الحالة.

رابعاً: اخراج العينات من الماء وتركها تجف لمدة 24 ساعة قبل الصاق شرائح الياف الكربون.

خامساً: الصاق الشرائح على العينات في اليوم التاسع أو الثلاثون حسب الحالة.

سادساً: ترك العينات لمدة يوم في جو المعمل بعد الانتهاء من الصاق الشرائح لضمان جفاف المادة اللاصقة (الإيبوكسي) قبل الاختبار.

سابعاً: إجراء اختبار مقاومة الضغط في اليوم العاشر أو اليوم الواحد والثلاثون.

إعداد الخلطة الخرسانية

تـم إعـداد كـل العينـات الخرسـانية داخـل المعمـل الخـاص بالجامعـة، حيـث ثـم دهـن القوالـب بزيـت وذلـك لمنـع الالتصـاق وتسـهيل عمليـة فـك المكعـب بعـد تصـلد الخرسـانة. ويبـين الشـكل رقـم (1) والشـكل رقـم (2) الخلاطـة وقوالـب المكعبـات المستخدمة.



شكل رقم (1) الخلاطة الخرسانية

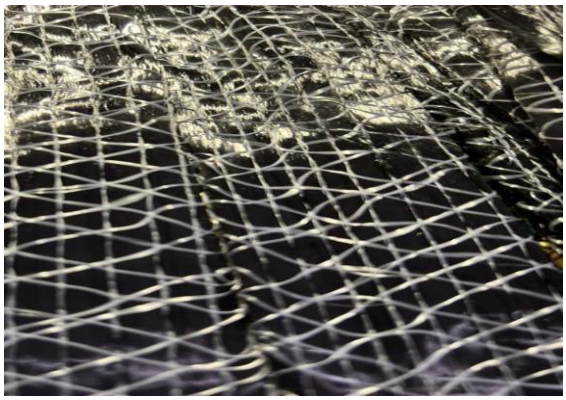


شكل رقم (2) قوالب المكعبات المستخدمة

تـم إعـداد خلطتـين علـى فتـرات مختلفـة، الخلطـة الأولـى لاختبـار المكعبـات بعـد الغمـر فـي المـاء لمـدة 7 أيـام وذلـك لإعطـاء فكـرة جيـدة ومقبولـة عـن جـودة الخرسـانة ومقاومتهـا التـي يجـب ألا تقـل عـن 70% مـن المقاومـة المطلوبـة بعـد 28 يـوم، والخلطـة الأخرى لاختبار المكعبات بعد 28 يوم.

ألياف الكربون المستخدمة:

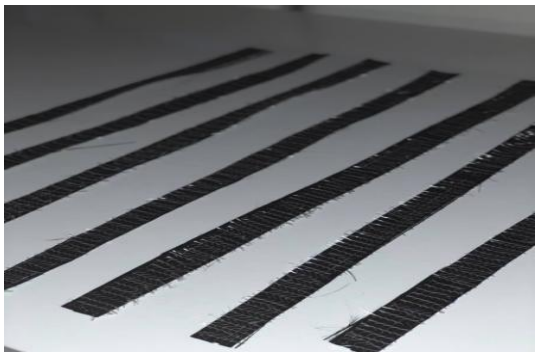
ألياف الكربون المستخدمة وهي ألياف كربون أحادية الاتجاه مستخدمة في تدعيم جميع العينات كما هو موضح في الشكل رقم (3). تم توريدها من تركيا.



شكل رقم (3) ألياف الكربون المستخدمة

الخصائص الفنية لألياف الكربون المدعمة المستخدمة:

يبين جدول (3) الخصائص الفنية (دليل المصنع) لألياف الكربون المستعملة.



جدول (3) خواص ألياف الكربون المستخدمة [5]

تجهيز ألياف الكربون للقص:

تم تجهيز ألياف الكربون وقصها بطريقة دقيقة بسمك مختلف لكل حالة وتجهيزها للصق في العينات، حيث تم قص شرائط بسمك 3سم، 9سم وغيرها حسب الحالات. ويبين الشكل (4) الألياف الكربونية بعد قصها بسمك المطلوب.

شكل رقم (4) قص عينات ألياف الكربون

شكل رقم (5) تعين طول التداخل

بيان الخاصية **Typical data**	ألياف الكربون أحادية الاتجاه
اللون	أسود
اتجاه الألياف الأساسي	أحادية الاتجاه
الوزن لكل متر مربع	644 جم/م^2
خواص الألياف **Fiber Properties**	
مقاومة الشد	3.45 جيجا باسكال
معامل الشد	230 جيجا باسكال
الاستطالة	%1.7
الكثافة	1.74 جم/ م^2
القيم التصميمية وخواص الصفائح المعالجة **Cured Laminate Properties Design**	
مقاومة الشد	834 جيجا باسكال
معامل الشد	82 جيجا باسكال
الاستطالة عند القطع	%0.85
السمك	1.0 مم

تعيين طول التداخل اللازم لشريحة ألياف الكربون

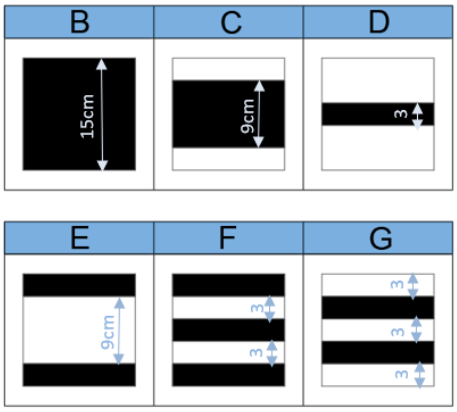
(Over Lap):

تم تعيين الطول اللازم لتداخل طرفي شريحة ألياف الكربون لتفادي انفصال الشريحتان عن بعضهم البعض، وبناءاً عن اختبارات سابقة حيث تم تحديد الطول 5سم مضافة إلى الطول الفعلي لشريحة العينة المطلوبة كما هو موضح في الشكل رقم (5).



المادة الرابطة (الإيبوكسي):

المادة اللاصقة المستخدمة هي سيكادور32 للصق الألياف على العينات الخرسانية حيث تتكون من المادة السائلة **A** بيضاء اللون والعجينة **B** رمادية اللون. وهو لاصق مقاوم للرطوبة مكون من مادتين، مصممة للتطبيقات في درجات حرارة تتراوح بين 10 إلى 30 درجة مئوية. تم إعداد المادة الرابطة (**A: B**) بنسبة (2:1) بالوزن، وتم خلطها يدوياً لمدة 5 دقائق. يبين الشكل رقم (6) نوع مادة الإيبوكسي المستخدم كما يوضح الجدول (4) الخواص الميكانيكية للإيبوكسي. [6]



جـــدول (4) الخـــواص الميكانيكيـــة للإيبوكســـي سيكادور 32 (**Sikadur32**) (دليل المصنع) [6]

شكل رقم (6) المادة اللاصقة (الإيبوكسي) المستخدمة

تجهيز عينات الاختبار:

في هذه الدراسة للحصول على ترابط قوي بين سطح الخرسانة وبين الياف الكربون شكل رقم (7)، تم تجهيز العينات وفقا للخطوات التالية:

1. بعد أن تم إزالة العينات الخرسانية من المياه تم تركها لتجف لمدة 24 ساعة.
2. تم تنظيف السطح لإزالة أي زيوت قد تكون عالقة على السطح بسبب دهان القوالب قبل عملية صب الخرسانة.
3. تم تنظيف السطح بالفرشاة لضمان خلوه من أي أغبرة وأي مواد عالقة.

إلصاق شرائح ألياف الكربون المدعمة:

تم وضع مادة الأيبوكسي على السطح المستهدف من العينة الخرسانية باستخدام فرشاة بعد ذلك يتم إلصاق ألياف الكربون على السطح الخرساني المستهدف ويتم الضغط على الكربون للتخلص من أي فراغات وضمان التصاقه مع السطح الخرساني. وتم إعداد ثلاث عينات لكل حالة حيث تم اختبار العينات في الحالات الموضحة في الجدول(5).

جدول (5) تقسيم الحالات التي تم تغليفها

ملاحظات:

- عرض الشرائح في العينات (**D-E-F-G**) 3سم.
- العينة (**A**) كانت عينة مرجعية غير مدعمة.
- العينة (**B**) تغلف بالكامل بشريحة بعرض 15سم.
- العينة (**C**) مغلفة بشريحة 9سم من المنتصف.
- العينة (**D**) مغلفة بشريحة 3سم من المنتصف.

القيم النموذجية للاختبار **Typical) (Test Value**	**ASTM Method**	الخاصية **(Property)**
2 نيوتن/ملم49	D 695=95	مقاومة الضغط



- العينة (**E**) مغلفة بشريحتين 3سم والمسافة بينهم 6سم.
- العينة (**F**) مغلفة بثلاثة شرائح بسمك 3سم والمسافة بينهم 3سم.
- العينة (**G**) مغلفة بشريحتين 3سم من المنتصف والمسافة بينهم 3سم.
- تم تغليف المكعبات من أربع أسطح.

إلصاق الألياف الكربونية على العينات

تم إلصاق ألياف الكربون كما هو موضح بالشكلين رقم (7) (8).

أ) الشرائح المنفصلة



شكل رقم (7) الشرائح المنفصلة للعينات

ب) الشرائح المتصلة

شكل رقم (8) الشرائح المتصلة للعينات



ملاحظات:

- عرض الشرائح 3سم لكل الحالات المنفصلة.
- الرموز (**A-B-C**) لكل حالة رمز للتمييز.

اختبار مقاومة الضغط للعينات

تم إخضاع جميع عينات المكعبات الخرسانية (المعالجة بعمر 7 و 28 يوم) التي تم تجهيزها بحمل منتظم وتم اجراء الاختبار في درجة حرارة معمل الخاص بالجامعة كما هو موضح بالشكل رقم (9).

شكل رقم (9) وضع العينات داخل الجهاز أثناء التحميل.

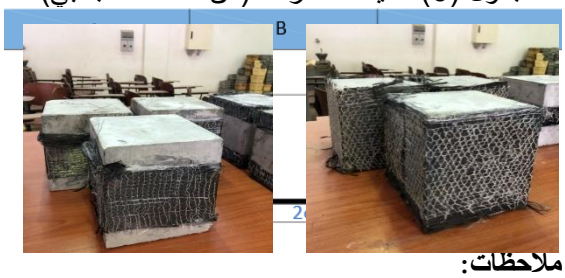
عينات الكمرات المدعمة بألياف الكربون:

تم صب عينات الكمرات الثلاثة أبعادها (100مم × 100مم × 500مم) حيث كانت العينات على النحو التالي:

- عينة مرجعية بدون تدعيم بألياف الكربون.
- عينة تم تدعيمها من الداخل حيث تم صب الخلطة بسمك 20 سم ووضع شريحة الكربون فوقها مباشرة من ثم صب باقي الخلطة في القالب، حيث هذه الكمرة تم تدعيمها في الحالة اللدنة.
- عينة تم تدعيمها من الخارج بطبقة واحدة من ألياف الكربون أحادية الاتجاه بعد أن تم قصها وتجهيزها بالطول والعرض المطلوبين، حيث هذه الكمرة ثم تدعيمها في الحالة الصلدة.

بعد وضع العينات في حوض المياه للمعالجة لمدة 28 يوم، تم تركها في الهواء حتى تجف لمدة 24 ساعة في درجة حرارة المعمل وتم تغليف العينة **B** وتركها لتجف لمدة 24 ساعة في الهواء. كما هو موضح في الجدول (6).

جدول (6) تغليف الكمرات (من المسقط الجانبي)



ملاحظات:

- العينة (**A**) عينة مرجعية.
- العينة (**B**) عينة مدعمة من الداخل بطبقة من الياف الكربون أحادية الاتجاه على سمك **2**سم.
- العينة (**C**) عينة مغلفة من ثلاث أوجه بألياف كربون أحادية الاتجاه.

اختبار مقاومة الانحناء (Flexural Strength Test)

تم اخضاع عينات الكمرات الخرسانية التي تم تجهيزها بأبعاد (50 سم × 10 سم × 10 سم) الى اختبار الانحناء بحيث كان التحميل عند منتصف العينة الجهاز المستخدم في الاختبار الموضح في الشكل (10)

شكل رقم (10) جهاز اختبار مقاومة الانحناء.

النتائج والمنـــاقشة

نتائج المكعبات الخرسانية المدعمة بألياف الكربون:

نتائج العينات المختبرة بعمر 10 يوم

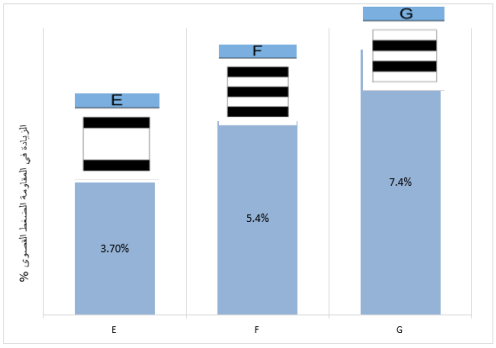


جدول (7) نتائج العينات المختبرة بعمر 10 أيام.

رمز العينة	رمز الحالة	العينات MPa	المتوسط MPa	نسبة زيادة المقاومة %	نسبة تدعيم من المساحة الكلية%
A	A1	34.3	35.13		
	A2	36.9			
	A3	34.2			
B	B1	36.9	37.93	8%	100%
	B2	39.1			
	B3	37.8			
C	C1	38.4	38.93	11%	60%
	C2	37.9			
	C3	40.5			
D	D1	36.3	38.16	9%	20%
	D2	38.3			
	D3	39.9			
E	E1	38.2	37.23	5.9%	40%
	E2	36.9			
	E3	36.6			
F	F1	38.5	37.93	8%	60%
	F2	39.5			
	F3	35.8			
G	G1	38	39.63	12.8%	40%
	G2	40.3			
	G3	40.6			

يبين جدول (7) نتائج العينات المدعمة بألياف الكربون بعد انقضاء 10 يوم.

رمز العينة	مقاومة الضغط MPa	نسبة الزيادة المقاومة %	نسبة التدعيم من المساحة الكلية%
A-10	32.4		
E-10	33.7	%3.7	40%
F-10	34.3	%5.4	60%
G-10	35	%7.4	40%



شكل رقم (11) علاقة زيادة مقاومة الضغط بتغير نسبة التدعيم.

نوصي أن يتم التحقق مستقبليا من هذه النتائج لأنها خالفت السلوك المتوقع مقارنتا بعينات التي بعمر 32 يوم.

الشكل (11) يبين زيادة في المقاومة بتغيير نسبة التدعيم، حيث نلاحظ أن:

1. كلما اقتربت الشرائح من الوسط زادت نسبة مقاومة الضغط كما في العينات التي لهم نفس نسبة المساحة المدعمة.
2. اقصى نسبة زيادة كانت للعينة **G** حيث كانت النسبة 8%.
3. اقل نسبة زيادة كانت للعينة **E** حيث كانت **3.7%**.
4. أن كل نتائج نسبة الزيادة في المقاومة كانت مقارنة بالعينة المرجعية **(A-10)**.

نتائج العينات المختبرة بعمر 31 يوم

يبين جدول (8) نتائج العينات المدعمة بألياف الكربون بعد انقضاء 31 يوم.

جدول (8) يبين نتائج العينات المدعمة بعد 31 يوم.

ملاحظة: **(A1, A2, A3)**عينات مرجعية بدون ألياف الكربون.

يبين الشكل رقم (12) زيادة في المقاومة بتغيير نسبة التدعيم، حيث نلاحظ أن:

1) كلما اقتربت الشرائح من الوسط زادت نسبة مقاومة الضغط كما في العينات **(E,G)** التي لها نفس نسبة المساحة المدعمة.
2) أعطت العينة **G**نسبة مقاومة **13%** بينما **E**أعطت 6%.
3) كلما زادت مساحة التدعيم في الوسط زادت نسبة الزيادة في المقاومة، كما في العينات **(C,D)** حيث كانت **C**نسبة المساحة المدعمة **60%** أعطت زيادة

في المقاومة 11%، بينما **D** التي كانت نسبة المساحة المدعمة **20%** أعطت زيادة 9%.

4) عند تدعيم العينات بشرائح متصلة بنسبة **60%** كانت الزيادة في المقاومة أعلى من الشرائح المنفصلة التي لها نفس نسبة التدعيم كما في العينات **(C,F)** حيث كانت نسبة الزيادة في **C 11%** و. **F 8%**
5) نسب الزيادة كانت متقاربة مما يدل ان اختلاف أماكن التدعيم لم يسبب تغير ملحوظ.
6) مقارنة بدراسة السابقة للتركي والمليتي لوحظ نفس النتائج ان أكبر نسبة زيادة كانت للعينات المدعمة بشريحتين من المنتصف.

وكما هو موضح في الشكل رقم (13) منحى الزيادة في مقاومة الضغط للحالات (E-F-G)

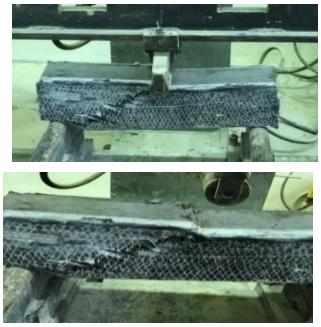
شكل رقم (14) يوضح العينات بعد تعرضها للاختبار

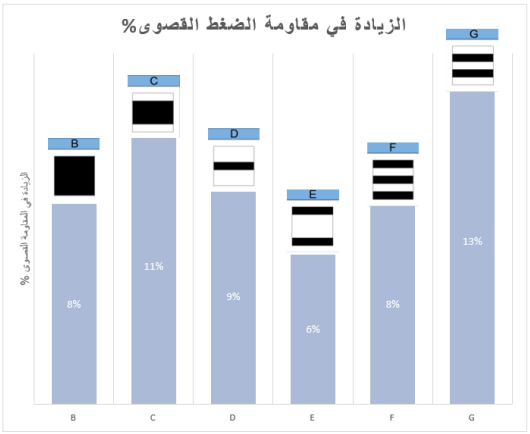


شكل رقم (14) عينات المكعبات بعد تعرضها لاختبار مقاومة الضغط

نتائج عينات الكمرات (Strengthened Concrete Beam Specimens**)**

- العينة المرجعية كان حمل الانهيار لها **(7 KN)** ، شكل الانهيار لهذه العينة كان انهيار إنحناء (**Flexural failure**)، حيث بدأ التشقق عند أسفل منتصف الكمرة تم أنتشـر عمودياً الى أعلى.
- أعلى حمل انحناء لهذه العينات كان **(34 KN)** للعينة **C** التي تم تدعيمها من الخارج. شكل الانهيار **(Failure mode)** كان تهشم الخرسانة أولاً تـم اتبعها انفصال ألياف الكربون عن سطح العينة (**FRP rupture**) موضح في الشكل (15).

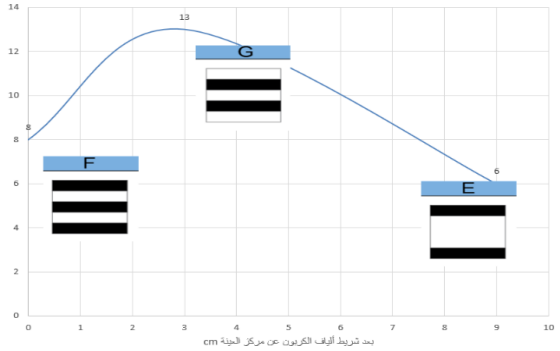




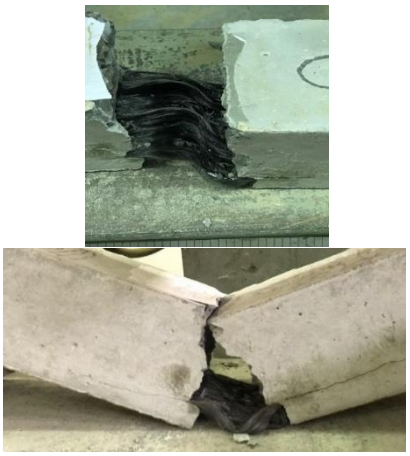
شكل رقم (12) علاقة زيادة مقاومة الضغط بتغير نسبة التدعيم.

شكل رقم (15) تمزق الألياف في الكمرة (C)

- الكمرة **B** دعمت من الداخل وأخضعت الى اختبار التحميل بنفس الكيفية السابقة حتى الانهيار، حمل الانهيار كان **(11 KN)**، شـكل الانهيار كـان بتحطم الخرسانة أولاً من أسفل الكمرة ثم انتشر عمودياً الى أعلى تم اتبعه انفصال نسيج الألياف عن بعضها كما هو موضح بالشكل (16)



شكل رقم (13) منحى الزيادة في مقاومة الضغط للحالات (E-F-G)



شكل رقم (16) انهيار الخرسانة وانفصال الألياف الكربونية

ويوضح الجدول (9) نتائج مقاومة الانحناء لعينات الكمرات

جدول (9) نتائج عينات الكمرات.

العينة	أقصى حمل KN	شكل الانهيار	مقاومة الانحناء Mpa	نسبة الزيادة في مقاومة الانحناء
A	7.5	انحناء	5.25	
B	11	انفصال ألياف البوليمر	8.25	57.14%
C	34	انهيار قص	25.5	385.71%

قانون مقاومة الانحناء $\delta = \frac{M \times Y}{I}$

من خلال الجدول المرفق بالحسابات نلاحظ أن الكمرة (C) المدعمة من الخارج هي الأكثر كفاءة حيث أظهرت أكبر نسبة زيادة في مقاومة الإنحناء.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

تم في هذه الدراسة تدعيم عينات المكعبات خرسانية بألياف الكربون أحادية الاتجاه بطرق متنوعة ودراسة أفضل هذه الطرق التي يمكن الاستفادة منها وتنفيذها على المنشأة الخرسانية، ونستنتج من هذه الدراسة النقاط التالية:

1. عند مقارنة العينات المدعمة بالعينات المرجعية (العينات غير المدعمة بألياف الكربون) لوحظ تحسن في مقاومة الضغط للعينات المدعمة بألياف الكربون.
2. العينات المدعمة بالكامل بألياف الكربون بلغت نسبة الزيادة في المقاومة بها 8%.
3. العينات المدعمة بنسبة 60% أظهرت زيادة في المقاومة 11%.
4. الحالة (G) المدعمة بشرائح منفصلة أظهرت أفضل زيادة في المقاومة حيث بلغت نسبة الزيادة 13%.
5. بقية الحالات كانت الزيادة في المقاومة بها من 6% إلى 9%.
6. نمط الانهيار في العينات كان تهشيم الخرسانة فقط لم يحدث أي تمزق في ألياف الكربون.
7. طول التداخل (**overlap**) لجميع العينات 5سم، حيث أنه و لم يحدث انفصال لألياف الكربون لجميع العينات.
8. المكعبات المعالجة لمدة 7 أيام في الماء يوصى التحقق بها مستقبلاً نظراً لأنها خالفت السلوك المتوقع مقارنة بالمكعبات المعالجة بعمر 28 يوم في الماء.
9. في عينات المكعبات المعالجة بعمر 28 يوم كانت فيهم نسبة الزيادة في مقاومة الضغط متقاربة مع اختلاف أماكن التدعيم.
10. ألياف الكربون المستعملة والإيبوكسي أثبت نتائج جيدة كمادتي تدعيم وربط.

كما تم في هذه الدراسة تدعيم عينات الكمرات الخرسانية بألياف الكربون الأحادية الاتجاه بهدف معرفة ومقارنة أعلى حمل تم تحملته الكمرات المدعمة بهده الألياف بمقارنتها مع عينة مرجعية.

ومن هذه المقارنة نستنتج:

1. مقارنة العينات المدعمة بالعينة المرجعية (العينات غير المدعمة بألياف الكربون)، حيث

لوحظ تحسن كبير في مقاومة الانحناء للعينات المدعمة.

2. العينة المدعمة من الداخل من الخارج تحملت حمل أكبر من العينة المدعمة من الداخل بألياف الكربون.
3. نوع الايبوكسي **sikadur32** أثبت نتائج جيدة كمادة رابطة.

التوصيات:

1. هذه الدارسة قد أعطت مؤشراً جيداً لمواصلة البحث في هذا المجال.
2. إعادة إجراء هذه الدراسة باستخدام ألياف الكربون ثنائية الاتجاه ومقارنة النتائج.
3. استخدام الألياف الزجاجية المدعمة ومقارنتها بألياف الكربون الأحادية الاتجاه المستخدمة في هذه الدراسة.
4. استخدام طرق وأشكال أخرى للتغليف بتغيير عرض الشرائح والمسافات بينها.
5. استخدام مادة رابطة أخرى بدل المستخدمة في هذه الدراسة ومقارنتها بها.
6. عمل دراسة واختبارات على كمرات خرسانية مدعمة بطرق مختلفة.
7. إجراء الدراسة على عينات اسطوانية واستخدام طرق أخرى للتدعيم.

المراجع

[1] رياض إبراهيم التركي، محمد خالد المليتي، تدعيم الأسطوانات الخرسانية باستخدام ألياف الكربون المدعمة -مشروع لاستكمال الحصول على درجة البكالوريوس في جامعة طرابلس قسم الهندسة المدنية، خريف 2019.

[2] أبو القاسم محمد العربي، عمران محمد كنشيل اختبارات على سلوك الانحناء بالكمرات الخرسانية المدعمة بألياف البوليمر، مجلة الجامعة – العدد الثامن عشر – المجلد الثالث-2016.

[3] AFZIR ADVANCE SOLUTION COMPANY
https://www.afzir.com/arabic/

[4] Meier, U., Deuring, M., Meier, H., and Schwegler, G. 1993. CFRP bonded sheets. Fibre Reinforced Plastic (FRP) reinforcement for concrete structures: properties and applications. Nani, A. (editor) Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.

[5] Gite, Miss. Suvidha R. Margaj Amrutvahini College of Engineering, Sangamner

[6] Sikadur®-32 Hi-Mod
https://usa.sika.com/en/construction/repair-protection/multi-purpose-epoxies/adhesives/sikadur-32-hi-mod.html

[7] Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

Seismic Response Spectrum Curves for Selected Cities in Libya

Ali S. Ngab[1] and Gofran M. Tajuri[2]
[1] Professor of Structural Engineering, University of Tripoli, Libya
[2] Graduate Student in Structural Engineering, University of Tripoli, Libya
alingab@gmail.com

Abstract-The probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) is required for the seismic resistance design of structures in order to determine the seismic hazard parameters at the site. Based on these parameters, international codes of practice such as the International Building Code (IBC) and ASCE-7 Standard provide design procedures and methods for seismic-resistant building design. Equivalent lateral force (ELF) procedure, Response Spectrum Analysis (RSA), and Time History Analysis (THA) are the three most commonly used linear seismic design methods for buildings. These procedures rely on design response spectra curves derived from PSHA output... Ngab et al. [1] recently performed a seismic hazard analysis for Libya which included mapping seismic parameters for the Maximum Considered Earthquake (MCE) with a 2% probability of exceedance in 50 years, a return period of 2475 years, soil site class B, and a damping ratio of 5% for time-periods of 0.2s and 1.0s.
This paper presents the results of constructing response spectra curves for 18 cities in Libya based on this mapped data in accordance with ASCE-7 recommendations, and soil site classifications C and D for Design Basis Earthquake (DBE). The response spectra curves for the selected cities are graphical representations of the cities' seismic responses to various levels of ground shaking. The curves depict the maximum spectral acceleration that can be expected from future earthquakes at various time intervals that a structure may encounter during an earthquake. These curves are used to assist engineers in designing structures that can withstand earthquake forces. They also serve as a foundation for assessing the seismic risk of a structure in a specific location. These forces can be used directly in conjunction with design codes to calculate seismic hazard levels in order to ensure safe and cost-effective construction as required by all codes.
Key words; Seismic hazard, response spectrum, design basis earthquake, equivalent lateral force procedure, time history analysis.

I INTRODUCTION

Response spectrum curves are important in seismic design of buildings because they provide a way to assess the seismic response of a structure to ground motion. These curves as defined by seismic codes is a graphical representation of the maximum spectral acceleration that a structure may experience during an earthquake. By comparing the response of different structures, engineers can determine which structure is best suited for a particular seismic hazard. Buildings can be designed to withstand future earthquakes and reduce the risk of damage or collapse. Response spectrum curves can also help engineers to determine the appropriate design parameters for buildings, such as its height, mass and stiffness. The response spectrum curves are also an essential input in the design procedures for seismic resistant structures. To calculate the effects of earthquakes on structures, three seismic analysis procedures can be used. One method is the equivalent lateral load procedure (ELF), which represents the seismicity of the earthquake by directly using Ss and S_1 seismic parameters for our site. This method is based on the idea that we calculate some equivalent lateral (static forces) that will be reprehensible in the event of a future earthquake and then apply these forces to the computer linear model. The magnitude of these forces will be determined by the level of seismic hazard at the site, as defined by the seismic parameters Ss and S1. The response spectrum analysis is the second method, and in this method, the future earthquake is not represented by Ss and S_1 only, but it is represented by the complete response spectrum of the future earthquake, which is a graph between spectral acceleration and time period of the structure This method requires the entire curve as an input of seismic loadings. And in this case, there are two approaches: one in which we consider code equations to construct this future response spectrum curve, and another in which we perform detailed seismic site specific seismic hazard analysis and construct these curves for our site to plot the response spectrum. Code equations use the seismic parameters Ss and S_1 to construct the complete RSA curves for a specific site with a specified damping ratio and soil class. Time history analysis is the third technique. This is a rigorous dynamic analysis procedure that necessitates the complete time history of the earthquake, which corresponds to the code linear model in dynamic movement. The other two methods are essentially static in nature, as they are based on the application of static forces to the structure's computer model as a representative of future earthquake ground shakings. Because the

static forces applied to the structure model are calculated based on the building's mode shapes and time period of the modal, the response spectrum procedure can be considered pseudo-dynamic. The seismicity of Libya has been investigated by several researchers. A recent study of the seismic hazard analysis has shown that Libya can be classified as a low-to-moderate seismic hazard region. The northern part of the country showed significant seismic activity compared with the Southern Sahara region around Sabha. The Spectral Acceleration (Ss) and the Spectral Acceleration (S1) ranged from maximum values of 0.64, and 0.12 in Abugrin-Algidaahia in the North to 0.0 in Sabha in the Southern region, respectively. However, Al Joufra, which is located in the Mid-South, showed moderate seismic activity with Ss= 0.39 and S1 = 0.10. These seismic hazard parameters, were modified to reflect soil site classifications C, and D to construct the design response spectra for the selected cities with significant seismic hazard around the country. These curves can easily be used to for the anticipated future earthquakes as required by international codes. Design Basis Earthquake (DBE) which is 2/3 of the Maximum Considered Earthquake (MCE) with a probability of exceedance (PE) of 2% in 50 years and a return period of 2475 in accordance with the IBC design code and ASCE-7 standard. Table 1 below summarizes the seismic Hazard Parameters, Maximum Considered Earthquake (MCE), PE 2% in 50 yrs., Return Period 2475 yrs.[1,2,3,4]. Figure 1. Shows the seismic intensity maps for the Northern zones of Libya.

Table 1: Seismic Hazard Parameters, (MCE), PE 2% in 50 years, and Return Period 2475 years.[1]

City	PGA (g)	S_s (g)	S_1 (g)
Tripoli airport	0.14	0.28	0.04
Tripoli Harbor	0.15	0.32	0.05
Az zawiyah	0.12	0.23	0.03
Zuwarah	0.10	0.20	0.03
Gharyan	0.06	0.11	0.02
Nalut	0.00	0.00	0.00
Ghadamis	0.00	0.00	0.00
Al khums	0.14	0.30	0.05
Zliten	0.14	0.20	0.04
Misratah	0.09	0.18	0.04
Sirt	0.16	0.33	0.06
Ajdabiya	0.00	0.00	0.00

City	PGA (g)	S_s (g)	S_1 (g)
Banghazi	0.12	0.22	0.03
Al marj	0.21	0.44	0.06
Shahat	0.20	0.42	0.06
Darnah	0.19	0.39	0.06
Al jabal akhdar	0.06	0.13	0.02
Al jaghbub	0.00	0.00	0.00
Al kufrah	0.00	0.00	0.00
Sabha	0.00	0.00	0.00
Al joufrah	0.15	0.39	0.10
Hun	0.04	0.10	0.03
Abunjim	0.20	0.49	0.13
Abugrin-Algidaahia	0.28	0.64	0.12

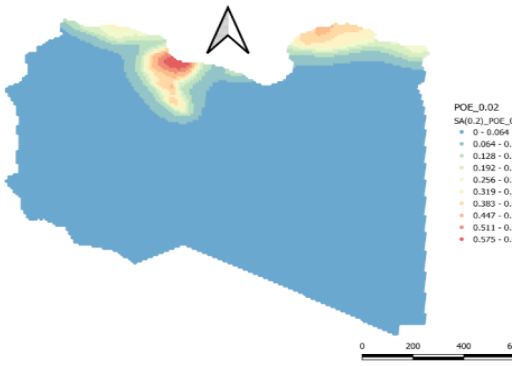


Figure 1: Seismic Hazard Parameters Ss and S_1, Maximum Considered Earthquake (MCE) Maps PE 2% in 50 years, Return Period 2475 years. (SHA-The Classical Method)

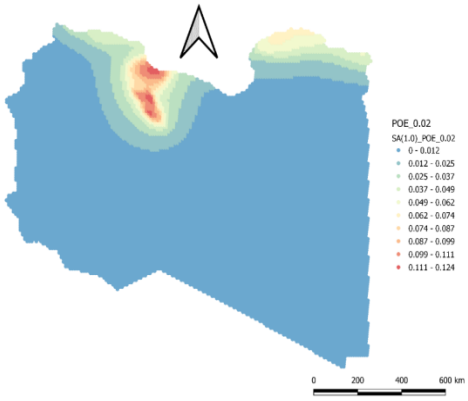


Figure 2. is the ASCE-7 Standard response spectrum curve.

Ⅱ.CONSTRUCTION OF DESIGN RESPONSE SPECTRA CURVES

In the "old" code (ASCE-7-5,IBC-2009), ground motions were developed using a uniform hazard approach where the Maximum Considered Earthquake (MCE) corresponds to a return period of 2475 years and 2% PE in 50 years and a uniform reduction corresponding to 2/3 of the MCE to the Design Basis Earthquake (DBE). The "New" code (ASCE-7-16, IBC-2019, ground motions) is developed using a more complex risk-targeted or performance-based approach that considers a uniform probability of structural collapse of 1% rather than the previous codes' probability of MCE exceedance of 2%. Thus, unlike the old code, which focused on the likelihood of ground motions occurring (Seismic-hazard), the new code focuses on the likelihood of structure collapse (Risk-targeted approach). The new SDs and SD1, respectively, design spectral accelerations at 0.2s and 1.0s, corresponding to the Mapped risk targeted maximum considered earthquake (MCE_R), which corresponds to a 1% chance of building collapse. We are only concerned with the provisions and approaches of the old code in this study. $MCE_R=C_R$ MCE, where C_R is a risk coefficient ranging between 0.70 and 1.3. It is essential to determine the seismic parameters Ss and S_1 for site class B with a damping ratio of 5% for the specific site. The recent (2022) study on Seismic Hazard Analysis for Libya by Ngab et al [1] included mapping of seismic parameters for the Maximum Considered Earthquake (MCE). [5,6,7]. The procedure for creating Response Spectrum curves is summarized below. The parameters S_S and S_1 represent the MCE, 5%-damped, spectral acceleration parameters at short period 0.2s, and 1s period. S_S= the mapped MCE spectral response acceleration parameter at short periods, and where, S_1= the mapped MCE spectral response acceleration parameter at a period of 1s.

$$S_{DS} = \frac{2}{3}S_{MS} \qquad S_{D1} = \frac{2}{3}S_{M1} \tag{1}$$

$T_0 = 0.2(\frac{S_{D1}}{S_{DS}})$. $T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$. and T_L =Long period. (2)

$$.T < T_0 \rightarrow Sa = S_{DS}(0.4 + 0.6\frac{T}{T_0}) \tag{3}$$

$$T \geq T_0 < T_S \rightarrow S_a = S_{DS} \tag{4}$$

$$T > T_S \leq T_L \rightarrow Sa = \frac{S_{D1}}{T} \tag{5}$$

$$T > T_L \rightarrow Sa = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \tag{6}$$

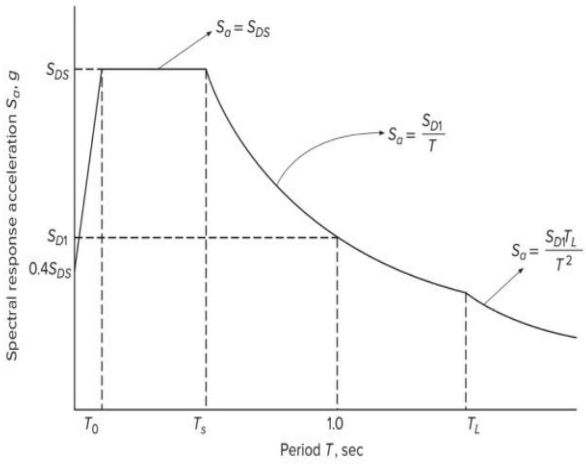
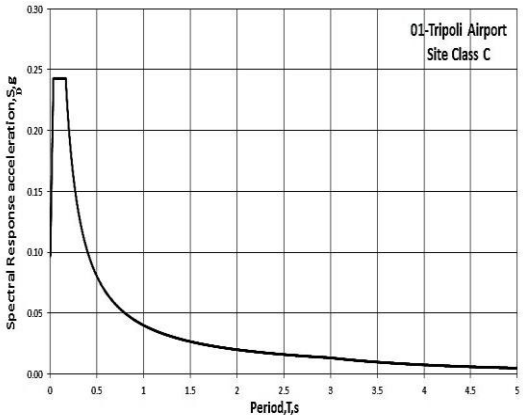
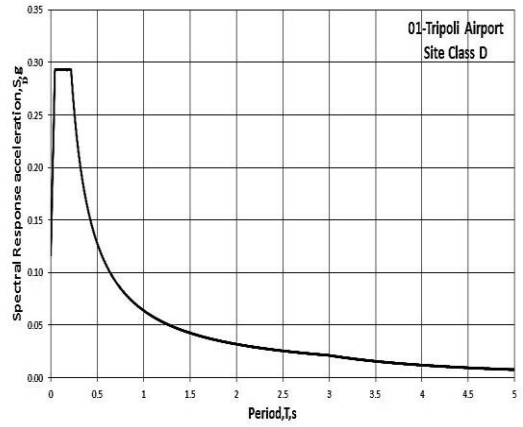
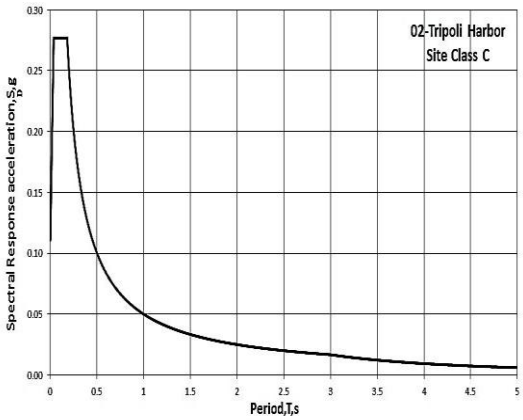
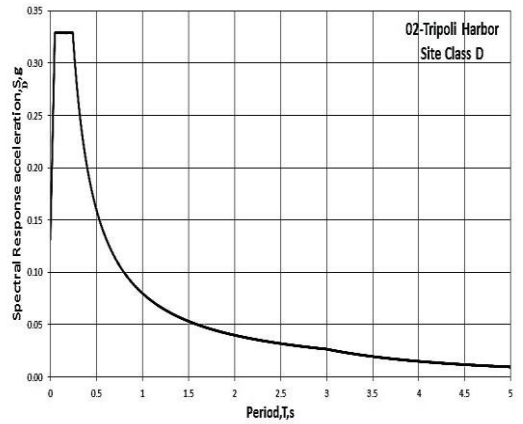


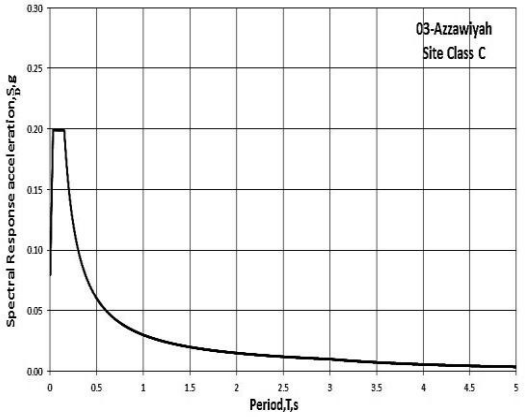
Figure 2: Standard ASCE-7 Response Spectrum Curve

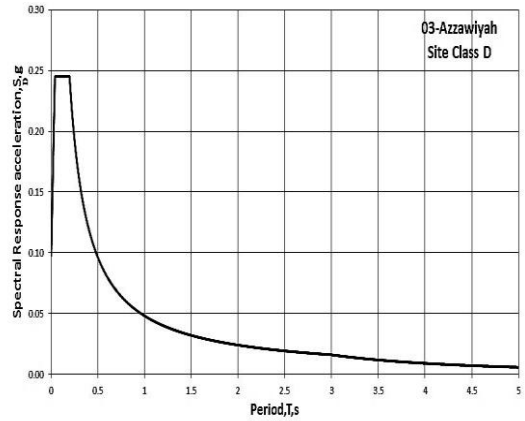


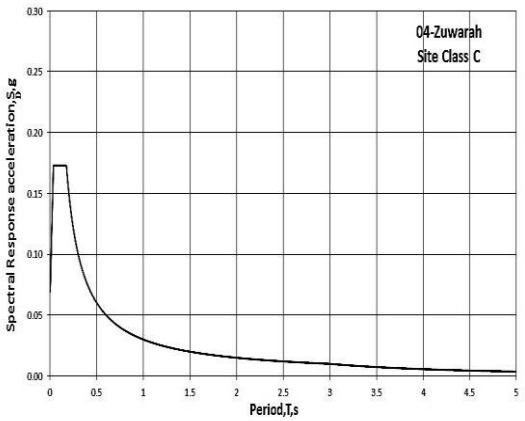












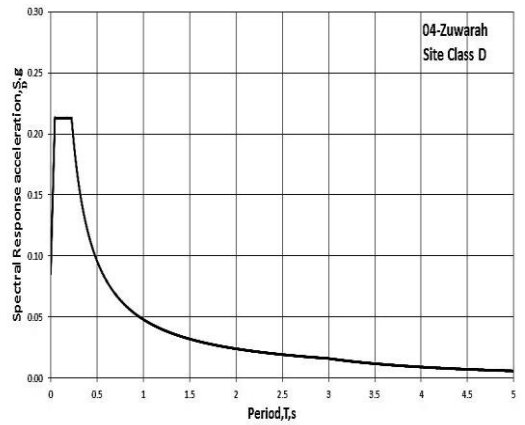
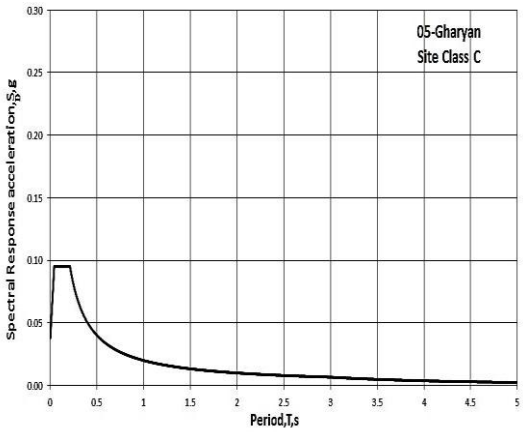
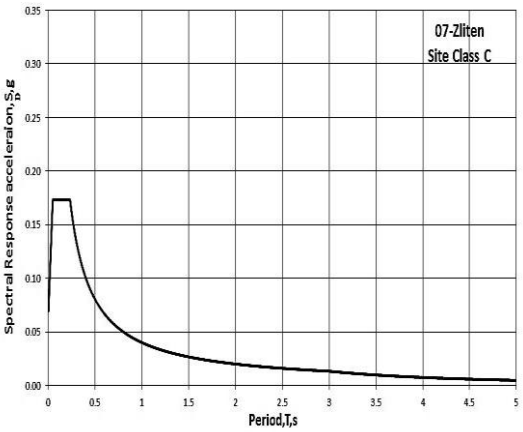
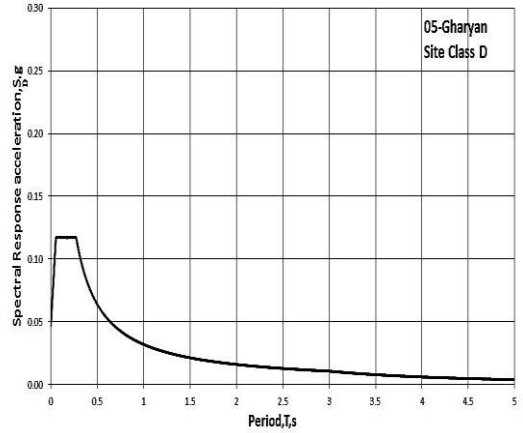
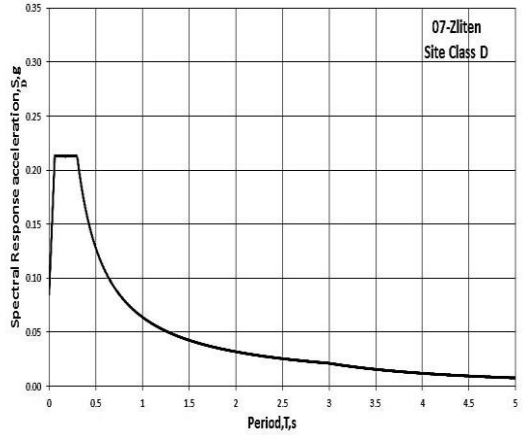


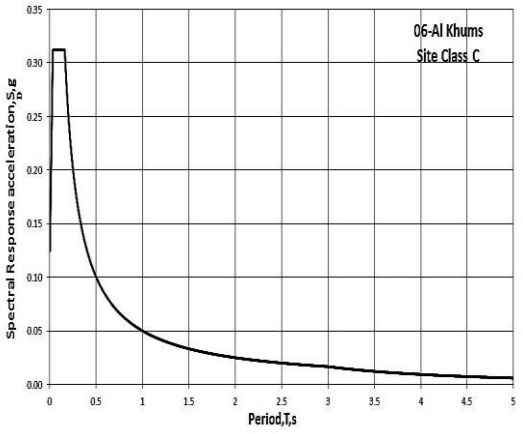
FIGURE 3 Design response spectrum for selected cities in Libya

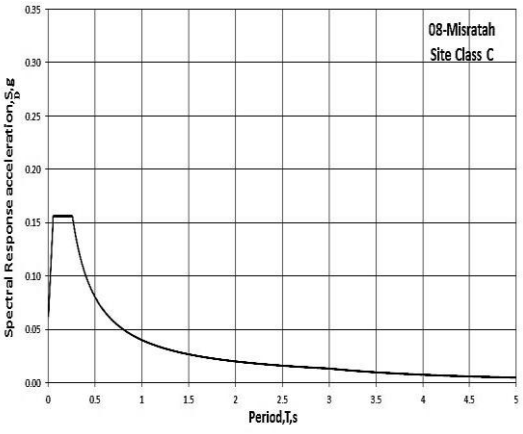


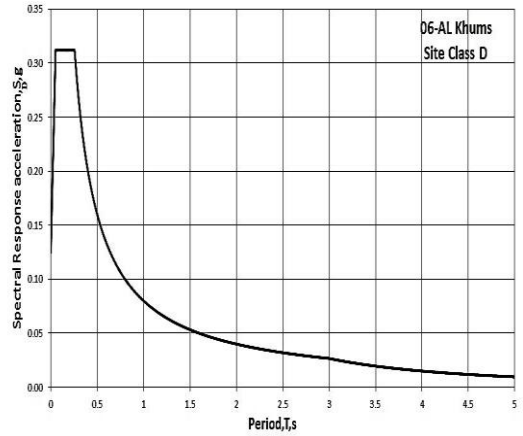












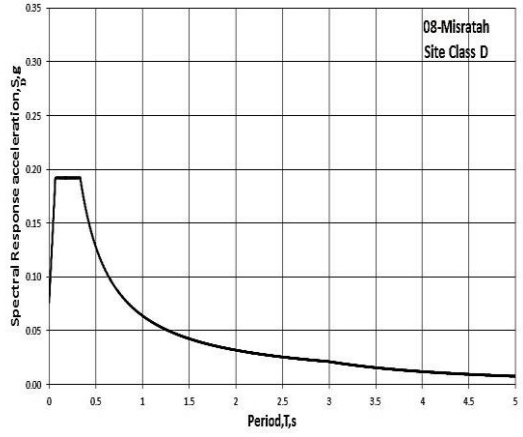
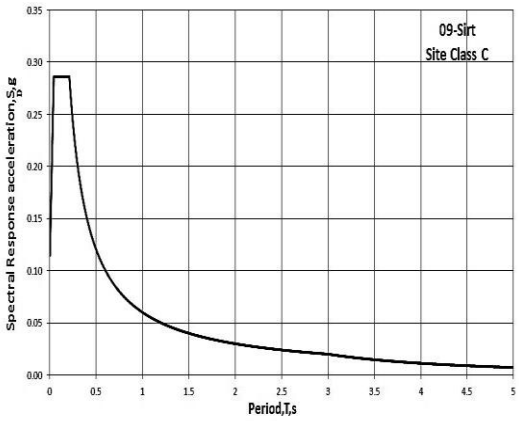
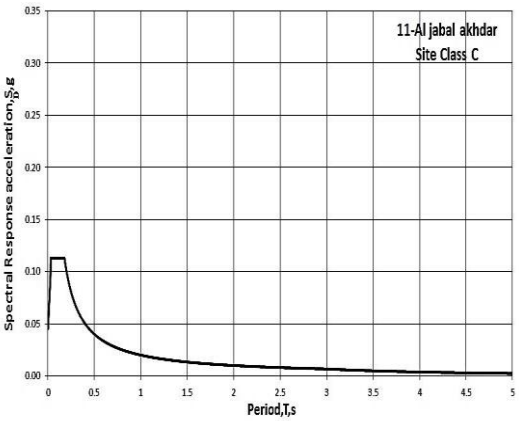
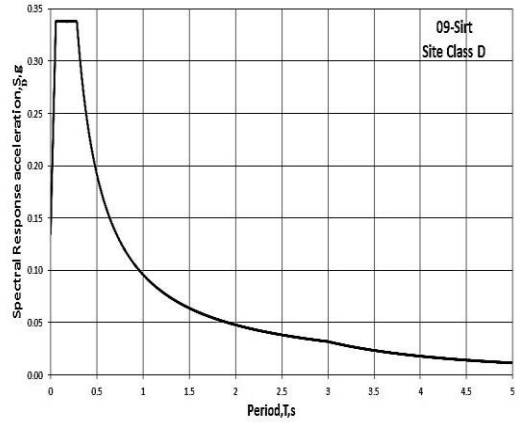
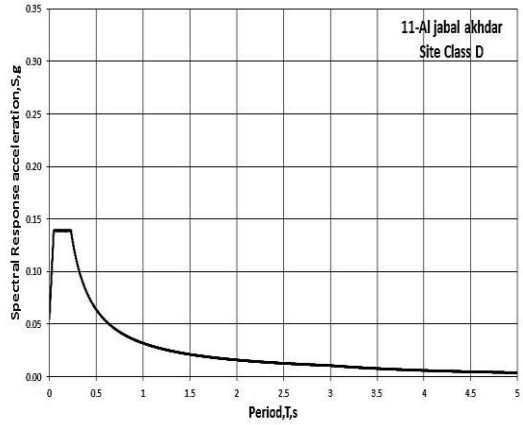


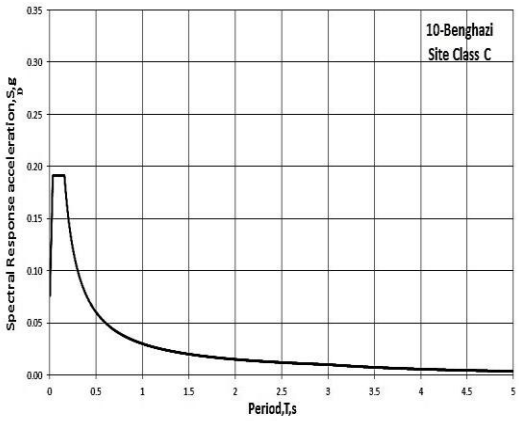
FIGURE 3 (Continued)

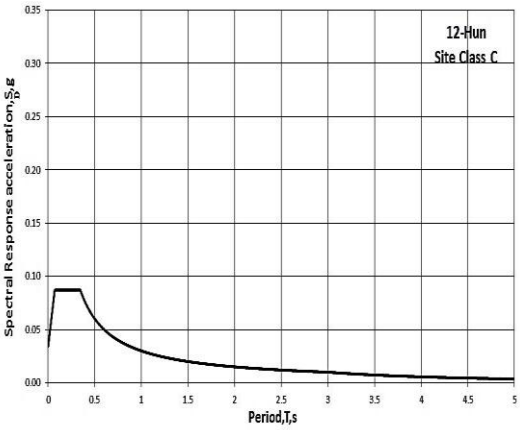


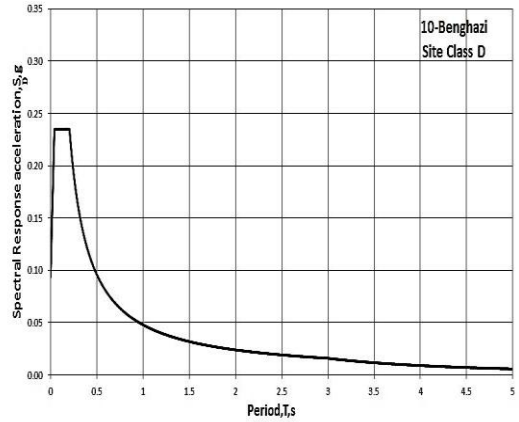












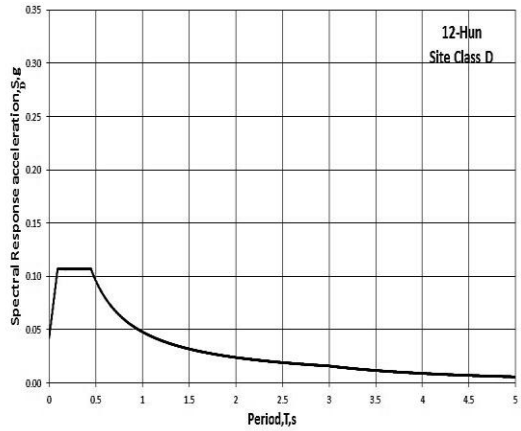
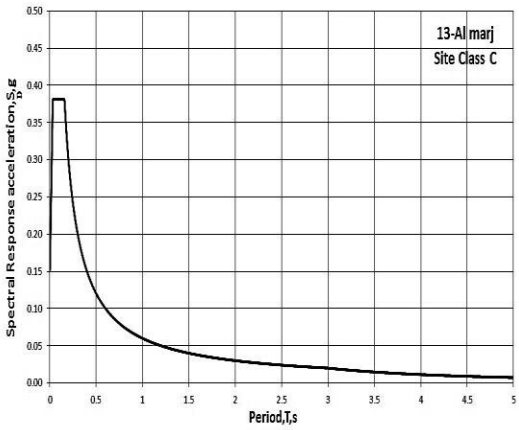
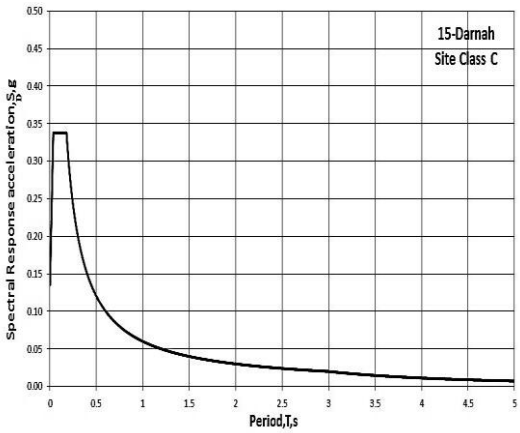
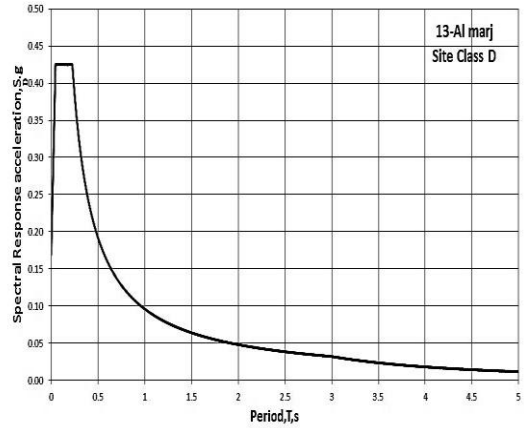
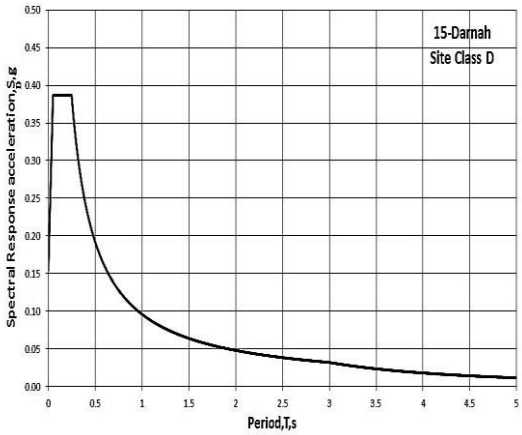


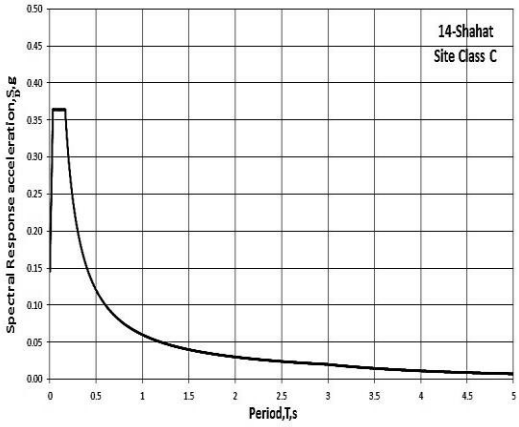
FIGURE 3 (Continued)

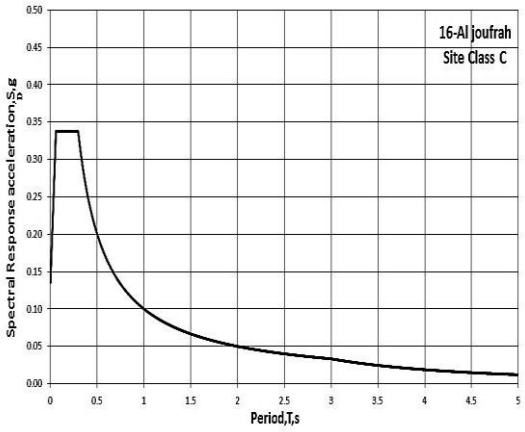


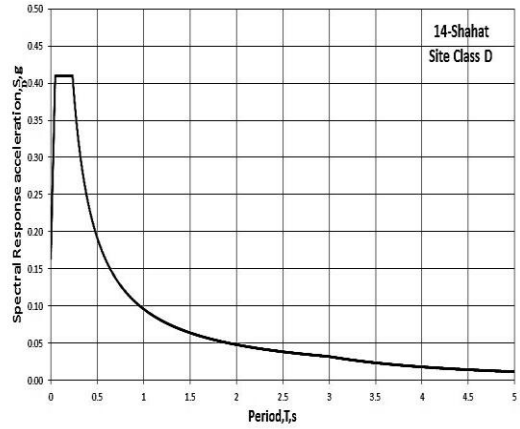












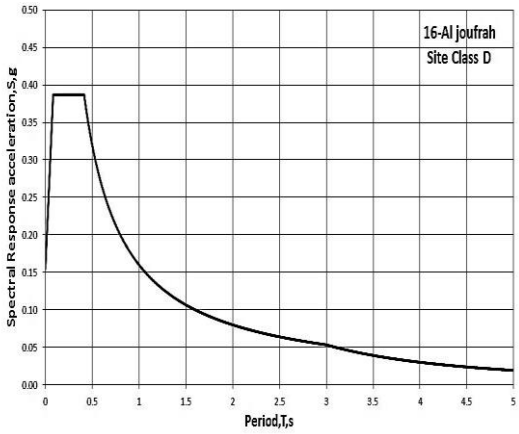


FIGURE 3 (Continued)

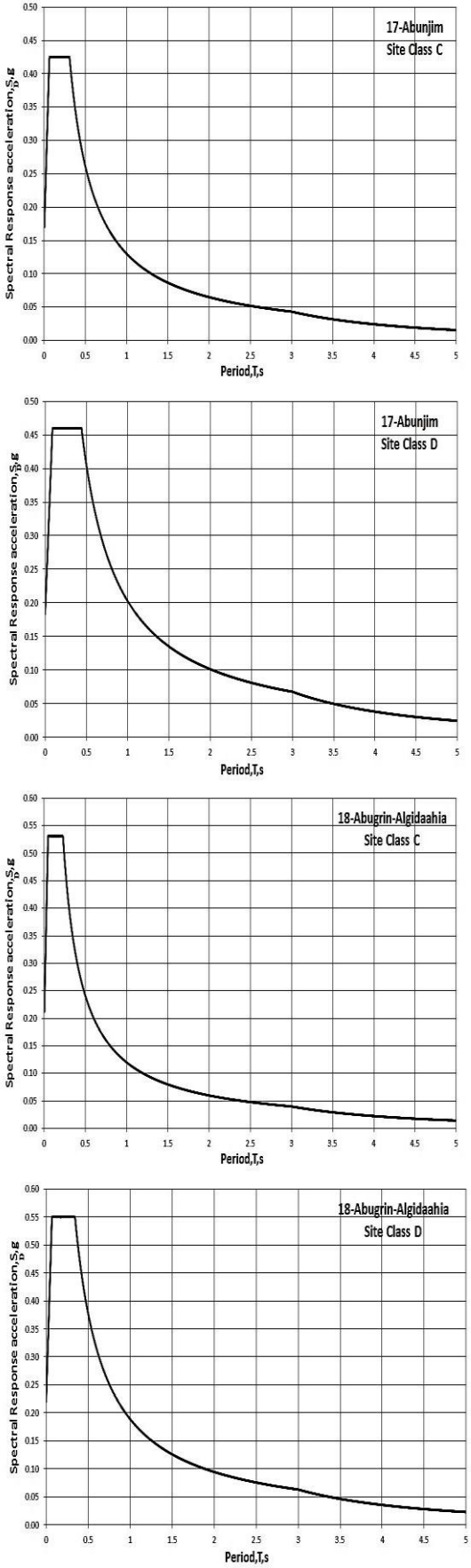


FIGURE 3 (Continued)

Ⅲ DISCUSSION OF RESULTS

Figure 3 depicts the design response spectra curves for 18 Libyan cities. These curves represent the expected seismic hazard level for future earthquakes for soil site classes C and D. Using the modification factor R and the displacement amplification factor C_d, these curves will be modified to reflect the inelastic expected behaviour of structures. These curves represent the Design Basis Earthquake, which is defined as two-thirds of the Maximum Considered Earthquake as required by the ASCE-7 Standard. Structures are explicitly designed for DBE and safety in accordance with MCE. This is accomplished through appropriate over strength and ductility provisions. The seismic levels at MCE must be established in order to carry out this design requirement. Thereafter, the response spectra can be constructed to be used in the design process in the three main analysis procedures; (ELF, RSA and THA). The uniform hazard spectrum curves shown in Figure.3 above provide the needed information for designing seismic-resistant buildings in Libya.

Ⅳ CONCLUSIONS

Finally, this paper presents the design response spectra curves for 18 Libyan cities with significant seismic activity. These curves were created using the seismic hazard parameters S_s and S_1, which were determined in a previous study on Libya's seismic hazard analysis [1]. The ASCE-7-5 standard was used as the foundation for this study. These curves can now be used in conjunction with seismic design software to ensure that seismic loads are included in the design of various structures and buildings throughout the county. These response spectra curves can be modified and upgraded in accordance with the new ASCE-7-16 Standard and IBC-2019 code provisions, such that new SDs and SD1, design spectral accelerations at 0.2s and 1.0s correspond to the Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) which corresponds to 1% probability of collapse rather than the MCE probability of exceedance of 2% in previous code provisions based on the Seismic Hazard approach.

Ⅴ REFERENCES

[1] Ngab, A., Korban, E., Hamuda, S., Abouazamazem, N., Algalay, T., Aldegdag, M., Ezwawi, M., Seismic Hazard Analysis for Libya, Proceedings; Ninth National Conference on Building Materials and Structural Engineering, Tripoli, Libya, 2022.

[2] Housing and Infrastructure Board (HIB), Tripoli, Libya Projects, Design Criteria for Housing, Guideline Document, 2009.

[3] A. S. Suleiman, P. Albini, and P. Migliavacca (2004). Annual of Geophysics, vol. 47, pp. 545-554, contains a brief introduction to historical earthquakes.

[4] Suleiman, A. S., and D. I. Doser (1995). Analysis of the 1935 April 19, M =7.1 earthquake sequence for seismicity, seismotonics, and earthquake hazards in Libya. Journal o

[5] Tajuri, G., and A. Ngab (2019) Creating a response spectrum for Tripoli. Unpublished civil engineering graduation project, University of Tripoli, Libya

[6] M. F. Algalay, T.J. Aldegdag, E. A. Korban, and A.S. Ngab (2022). The Scholastic Monte Carlo probabilistic analysis procedure is being used to create a seismic hazard map for Libya. unpublished Civil engineering graduation project at the University of Tripoli in Libya.

[7] O. Abouazamazem, M. A. Ezwawi, E. A. Korban, and A.S. Ngab (2022). Using the classical probabilistic analysis procedure, we created a seismic hazard map for Libya. Graduation project that has yet to be publ in the civil engineering department, University of Tripoli, Libya.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة العادية

دراسة حالة (محطة النجيلة جنزور)

عيادة أمحمد ابوعجيلة [1] ، ايمن مصباح عياد [2]، خولة فتحي سليمان [2] منذر عبد الجليل الغضبان[2]
[1] عضو هيئة تدريس كلية الهندسة جامعة غريان ، غريان ، ليبيا
[2] باحث كلية الهندسة جامعة غريان ، غريان ، ليبيا

الملخص:تتلخص هذه الورقة البحثية حول مدى تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على الخرسانة العادية ، ولتحقيق المستهدف من الدراسة ، تم تصميم خمسة خلطات خرسانية بنسب (0%- 25%- 50%- 75%-100%) من مياه الصرف المعالجة كبديل للمياه الصالحة للشرب المستخدمة في صناعة الخرسانة ، حيث تم إجراء مجموعة من الاختبارات منها إختبار العجينة النظامية للإسمنت وكذلك زمن الشك الابتدائي والنهائي ، و إختبار الهبوط و إحتبار مقاومة الضغط والانحناء ، حيث كان عدد المكعبات الخاصة باختبار مقاومة الضغط 50 مكعب 10 مكعبات لكل خلطة وعدد الكمرات 5 كمرات واحدة لكل خلطة ، ومن خلال هذه الدراسة تبين انه بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي إلى الخلطة الخرسانية يقل زمن الشك الابتدائي مما يزيد في فقد العجينة الإسمنتية لخاصية اللدونة ، كذلك تبين أن زمن الشك النهائي يقل بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي وبالتالي تزيد سرعة تصلب الخرسانة ، كما لوحظ في اختبار الهبوط وجود انخفاض في درجة تشغيل الخرسانة كلما زادت نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة، وتزداد مقاومة الضغط بنسبة بسيطة مع زيادة نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة حيث سجلت أعلى نسبة زيادة عندما كانت نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة 100% والمياه الصالحة للشرب 0% ،أما في اختبار مقاومة الانحناء فكانت النتائج متقاربة ،وكانت الخلطة التي تحتوي على نسبة 75 % من مياه الصرف الصحي المعالجة ، 25% مياه صالة لشرب أكثر مقاومة للانحناء بعد 28 يوم .

الكلمات المفتاحية: (الخرسانة ، مياه صرف صحي معالجة ، مقاومة الخرسانة ، خلطة خرسانية ،)

1. المقدمة

نظرا لتطور العمراني وازدياد معدلات الطلب على المياه الصالحة للشرب ، في الصناعات الخرسانية ، وبسبب ظروف الجفاف ومحدودية المصادر المائية المتجددة ، وارتفاع معدل الاستهلاك في ليبيا بشكل عام[1] . هذا يقودنا للبحث عن مصادر بديلة لاستخدامها في صناعة الخرسانة ، وذلك لتقليل من استهلاك المياه الصالحة للشرب ، و ذلك بإعادة تدوير مياه الصرف الصحي واستخدامها في عدة أغراض منها صناعة الخرسانة .

ونتيجة لذلك فالاتجاه في السنوات الأخيرة إلى عدم التخلص من مياه الصرف الصحي بل إعادة استعمالها بعد معالجتها [2] .حيث تعتبر مياه الصرف الصحي من المصادر الغير التقليدية التي لا يجب النظر إليها كمشكلة يجب التخلص منها ولكنها مورد مائي يجب استغلاله ، والاستثمار في مجال معالجتها وإعادة استخدامها لأنها المورد الوحيد الذي يزيد مع الوقت [3]. حيث تم في هذا البحث إجراء مجموعة من الاختبارات على خرسانة استخدمت فيها مياه صرف صحي معالجة ولمحطة واحدة فقط في صناعة الخرسانة العادية وتحديد مدى تأثير نسبة إضافة مياه الصرف الصحي المعالجة على خصائص الخرسانة الطازجة والصلبة . و هناك العديد من الدراسات السابقة في مجال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة حيث توصلت إلى إمكانية استخدام هذه المياه وتوفير مياه الشرب النقية [4]. وتجدر الإشارة إلى عدم الاهتمام بالنقص في الإمدادات المائية سوف يساهم في

استمرار أزمة نقص المياه الصالحة للشرب بسبب استخدام كميات كبيرة منها في صناعة الخرسانة في ضل التزايد المستمر في تكنولوجيا الخرسانة و استخدامها بشكل واسع .

بالنضر إلى ما تقدم وبنتائج البحث إن كانت إجابية يمكن المساهمة في توفير المياه الصالحة للشرب التي تؤدي إلى الرفع من المخزون المائي خصوص في ليبيا ، التي تفتقر وبشكل كبير إلى المياه االصالحة للشرب . حيث يستفاد من هذا البحث عدة جهات منها وزارة البيئة ووزارة الصناعة وذلك لتخلص من المياه الملوثة للبيئة واستخدامها بعد معالجتها في عدة مجالات منها صناعة الخرسانة وكذلك الاستفادة من توفير المياه الصالحة للشرب .

2 - الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة لمعرفة مدى تأثير استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في عملية صناعة الخرسانة العادية بحيث نصل إلى نتائج تحاكي الواقع و لا يدخل فيها أي مؤثر سوى نوعية المياه المستخدمة في الخلط ونسبها للمياه الصالحة للشرب ، فقد أُجريت هذه الدراسة على خلطة خرسانية واحدة المكونات ومصممة وفقا للمواصفات القياسية ، والمتغير الوحيد هو نوعية المياه ، كذلك تقديم بعض النتائج والتوصيات التي قد تصبح مرجعاً في إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة العادية .

3- البرنامج العملي

تم تجهيز 50 مكعب بأبعاد(15×15×15)cm 10 مكعبات لكل خلطة لإجراء اختبار مقاومة الضغط ، و كذلك تجهيز 5 قوالب بأبعاد(75×15×15)cm لإجراء اختبار مقاومة الانحناء ، كذلك تم تجهيز اسطوانات صغيرة لإجراء اختباري زمن الشك الابتدائي والنهائي ، وكذلك تم تجهيز المخروط القياسي الخاص باختبار الهبوط .

1 .3 المواد المستخدمة

1.1.3-الاسمنت

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي (مصنع البرج للاسمنت زليتن التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات) نوع 42.5N ووزنه النوعي $3.15N/m^3$. طبقا للمواصفات القياسية الليبية رقم 2009/340م[5].

2.1.3- الركام الناعم

تم استخدام ركام ناعم طبيعي موجود بمنطقة أبو رشاده ضمن الحدود الإدارية لبلدية غريان ، وكانت نتائج التحليل المنخلي مطابقة للمواصفات البريطانية (BS 882:1992) [6]. وتم اعتماد ذلك من إجراء دراسة سابقة في معامل كلية الهندسة غريان [7]. والجدول (1) يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم.

الجدول (1) يوضح التحليل المنخلي للركام الناعم

المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفات
5	100	100
2.36	100	100 -80
1.18	92.6	100 – 70
0.6	76.6	100 -55
0.3	58.7	70-5
0.15	13.4	15-0

3.1.3 – الركام الخشن

تم استخدام ركام خشن طبيعي موجود بمنطقة أبو رشاده ضمن الحدود الإدارية لبلدية غريان ، وكانت نتائج التحليل المنخلي مطابقة للمواصفات البريطانية (BS 882:1992) [6]. وتم اعتماد ذلك من إجراء دراسة سابقة في معامل كلية الهندسة غريان[7] . والجدول (2) يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن [7].

الجدول (2) يوضح التحليل المنخلي للركام الخشن[7].

المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفات
37.5	100	100
20	66.5	70-35
14	51.73	55 -25
10	22.08	40-10
5	0.96	5-0

4.1.3 – ماء الخلط

في هذا البحث تم استخدام نوعين من المياه مياه صالحة للشرب ، ومياه صرف صحي معالجة و تنص المواصفات القياسية الليبية أن المياه تكون صالحة لخلط الخرسانة إذا كان مجموع الأملاح الذائبة اقل من 2000 جزء في المليون .

1.4.1.3- مياه عذبة نقية

استخدمت مياه صالحة للشرب من محطة التحلية (الصلاحات) . والجدول (3) يبين خواص المياه المستخدمة .

الجدول (3) يبين خواص المياه المستخدمة

الخاصية	الوحدة (mg/L)
الأملاح الصلبة الذائبة TDS	100-50
نسبة الحموضة pH	6.5
الكالسيوم ca^{+2}	7.3
الماغنيسيوم mg^{+2}	0.3
الكلوريدات Cl^{-1}	20
الكربونات و البيكربونات $HCO_3\ CO_3$	20
الكبريتات SO_4^{-2}	22
المواد الصلبة العالقة TSS	0

2.4.1.3- مياه صرف صحي معالجة

تم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة المعالجة (النجيلة) جنزور التي تقع جنوب غرب العاصمة طرابلس، و تعمل بأسلوب الحمأة المنشطة (تهوية مطولة) حيث جمعت العينات من المرحلة الثانوية للمعالجة والتي تعتبر أخر مرحلة معالجة في المحطة[8] .الجدول (4) يوضح خصائص مياه الصرف المعالجة المستخدمة في الخلطة الخرسانية [9] .

الجدول (4) يبين خصائص مياه الصرف المعالجة [9]

الخاصية	الوحدة (mg/L)
الأملاح الصلبة الذائبةTDS	1950
نسبة الحموضةpH	7.37
الكالسيوم ca^{+2}	108
الماغنيسيوم mg^{+2}	97.8
الكلوريدات Cl^{-1}	78.3
الكربونات و البيكربونات $HCO_3\ CO_3$	811.3
الكبريتات SO_4^{-2}	160
المواد الصلبة العالقة TSS	25

2.3- تصميم الخلطة الخرسانية

تم استخدام الطريقة الوضعية في تصميم الخلطات الخرسانية ، حيث تعطي المواد (الاسمنت ، الرمل ، الركام) على هيئة نسب بالوزن أو الحجم ففي هذه الدراسة تم استخدام النسب الوضعية التالية 1: 2 :4 أي واحد اسمنت اثنان رمل و أربعة ركام خشن[11] . النسب الوضعية المستخدمة في المعادلة :

300Kgاسمنت: $0.4m^3$ رمل:0.8m3 ركام خشن

1.2.3 – تحديد أوزان المواد الداخلة في تصميم الخلطة الخرسانية للمكعبات

1- تحديد وزن الاسمنت (Wc) في المكعب الواحد. Wc= 1.0125 Kg

2- تحديد وزن الركام الناعم (Wsc) في المكعب الواحد Wsc=2.187 Kg

3- تحديد وزن الركام الخشن **(Wgc)** في المكعب الواحد Wgc= 4.244Kg

3- تحديد وزن ماء الخلط تم تحديد كمية المياه المطلوبة بنسبة 50 % من وزن الاسمنت ، مع مراعاة إضافة كمية قليلة من الماء على الجدران الداخلية للخلاط ، و في هذه الدراسة تم استخدام نوعين من المياه (مياه صالحة للشرب ومياه

صرف صحي معالجة) لعمل 5 خلطات ، الخلطة الأولى (A) خلطة مرجعية استخدم فيها مياه صالحة للشرب أي 0% مياه صرف صحي معالجة ، الخلطة الثانية (B) تحوي على مياه صالحة لشرب بنسبة 75 % أي 25% مياه صرف صحي معالجة ، الخلطة الثالثة (C) تحوي على مياه صالحة لشرب بنسبة 50% أي 50 % مياه صرف صحي معالجة، الخلطة (D)تحوي على مياه صالحة لشرب بنسبة 25% أي 75% مياه صرف صحي معالجة ، الخلطة الخامسة (E) تحوي على مياه صالحة لشرب بنسبة0 % أي 100% مياه صرف صحي معالجة.

حجم المياه المستخدمة في المكعب الواحد من وزن الاسمنت

Vw=50%×1.0125=0.506Kg (Vw)

أي **0.506** لتر . الجدول (5) يبين نسبة المياه الصالحة للشرب ومياه الصرف الصحي . كذلك الجدول (6) يبين النسبة بين حجم المياه الصالحة للشرب وحجم المياه الصرف الصحي المعالجة .

الجدول (5) يبين نسبة المياه الصالحة للشرب ومياه الصرف الصحي المعالجة

رمز الخلطة	عدد المكعبات	نسبة المياه المعالجة	نسبة المياه الصالحة
A	**10**	**%0**	**%100**
B	**10**	**%25**	**%75**
C	**10**	**%50**	**%50**
D	**10**	**%75**	**%25**
E	**10**	**%100**	**%100**

الجدول (6) يبين نسبة وحجم المياه الصالحة للشرب وحجم مياه الصرف الصحي المعالجة

رمز الخلطة	حجم مياه الصرف المعالجة (L)	حجم المياه الصالحة للشرب (L)
A	**0**	**5.063**
B	**1.266**	**3.797**
C	**2.532**	**2.532**
D	**3.797**	**1.266**
E	**5.063**	**0**

الجدول (7) يبين نسبة أوزان المواد لكل الخلطات المدروسة

رمز الخلطة	وزن الركام الناعم Kg	وزن الركام الخشن Kg	وزن الاسمنت Kg
A	**21.868**	**42.440**	**10.125**
B	**21.868**	**42.440**	**10.125**
C	**21.868**	**42.440**	**10.125**
D	**21.868**	**42.440**	**10.125**
E	**21.868**	**42.440**	**10.125**

2.2.3– تحديد أوزان المواد الداخلة في تصميم الخلطة الخرسانية للكمرات

1- تحديد وزن الاسمنت (Wc) في الكمرة الواحدة Wc=5.0625Kg

2- تحديد وزن الركام الناعم للكمرة الواحدة (Wsc) Wsc=10.260 Kg

3- تحديد وزن الركام الخشن للكمرة الواحدة (Wgc) Wgc= 20.452Kg

3- تحديد وزن ماء الخلط تم تحديد كمية المياه

بنفس النسب المستخدمة في المكعبات الخرسانية (A,B,C,D,E) حجم المياه المستخدمة في المكعب الواحد من وزن الاسمنت (Vw) Vw=50%×5.0625 =2.5313Kg

أي 2.5313 لتر.

تم تحديد كل النسب بطريقة النسب الوضعية، والجدول (8) يبين نسبة المياه الصالحة للشرب ومياه الصرف الصحي المعالجة .

الجدول (8) يبين نسبة المياه الصالحة للشرب ومياه الصرف المعالجة

رمز الخلطة	عدد الكمرات	نسبة المياه المعالجة	نسبة المياه الصالحة
A	**1**	**%0**	**%100**
B	**1**	**%25**	**%75**
C	**1**	**%50**	**%50**
D	**1**	**%75**	**%25**
E	**1**	**%100**	**%100**

الجدول (9) يبين نسبة و حجم المياه الصالحة للشرب وحجم مياه الصرف الصحي المعالجة

رمز الخلطة	حجم مياه الصرف المعالجة (L)	حجم المياه الصالحة للشرب (L)
A	0	2.5313
B	0.633	1.898
C	1.256	1.256
D	1.898	0.633
E	2.5313	0

الجدول (10) يبين نسبة أوزان المواد لكل الخلطات

رمز الخلطة	وزن الركام الناعم Kg	وزن الركام الخشن Kg	وزن الاسمنتKg
A	10.260	20.452	5.0625
B	10.260	20.452	5.0625
C	10.260	20.452	5.0625
D	10.260	20.452	5.0625
E	10.260	20.452	5.0625

3.2.3 – طريقة الخلط وتجهيز العينات

تم خط المواد ميكانيكا بواسطة الخلاط الميكانيكي سعة **65 Kg** وتم تجهيز العيينات المكعبة للاجراء مقاومة الضغط والقوالب للكمرات وبعد صب ودمك الخرسانة في القوالب والمكعبات تترك النماذج لمدة 24ساعة حتى تنضج وتتصلب ومن تم ترقم وتعالج بواسطة الغمر في حوض المعالجة بدرجة حرارة الغرفة ، حيث تمت معالجة العيينات كلا حسب المدة المطلوبة من الاختبار منها ما تطلب 7 أيام ومنها 14 يوم ومنها 28 يوم بالنسبة للمكعبات الخرسانية اللازمة الاختبار مقاومة الضغط ، و28 يوم بالنسبة للقوالب اللازمة لقياس مقاومة الانحناء .

4.2.3 - الاختبارات المعملية

تم إجراء كل الاختبارات في معمل الخرسانة الخاص بكلية الهندسة غريان .

1.4.2.3- اختبار العجينة النظامية للاسمنت

تم إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات القياسية الليبية 72/21 وكانت النتائج كما في الجدول رقم (11) . نسبة الماء لتحضير العجينة النظامية 28% .

الجدول (11) يبين نتائج اختبار العجينة النظامية للإسمنت

المحاولات	القيم (mm)
27% ماء	7.5
30%ماء	4
28%ماء	6

2.4.2.3- اختبار تحديد زمن الشك الابتدائي والنهائي للإسمنت

تم إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات القياسية الليبية 72/21 ، طريقة إجراء الاختبار **97/340** حدود زمني الشك ، وكانت النتائج كما في الجدول (12).

الجدول (12) تحديد زمن الشك الابتدائي والنهائي

رمز الخلطة	زمن الشك الابتدائي (min)	زمن الشك النهائي (min)
A	158	231
B	137	210
C	121	175
D	114	168
E	110	165

3.4.2.3- اختبار الهبوط

تم إجراء الاختبار طيقا للمواصفات الأمريكية (ASTMC143-C143M) والجدول (13) يبين نتائج اختبار الهبوط لجميع الخلطات

الجدول (13) يبين نتائج اختبار الهبوط لجميع الخلطات

رمز الخلطة	قيمة الهبوط (mm)	حدود المواصفة (mm)
A	30	280 -10
B	25	280 -10
C	23	280 -10
D	22	280 -10
E	18	280 -10

4.4.2.3- اختبار مقاومة الضغط

تم إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات القياسية البريطانية [11] . وتم اختبار العينات وهي بعمر

(7، 14 ، 28) يـوم وبلـغ العـدد الإجمـالي للعينـات 45 عينــة ،تــم اســتبعاد العينــات الغيــر منطقيــة ، و كانت النتائج كما في الجدول رقم (14)

الجدول (14) يبين قيم اختبار متوسط مقاومة الضغط

رمز العينة	مقاومة الضغط N/mm² 7ايام	مقاومة الضغط N/mm² 14يوم	مقاومة الضغط N/mm² 28 يوم
A	**24.965**	**27.101**	**32.036**
B	**25.999**	**26.862**	**33.184**
C	**26.419**	**27.497**	**32.968**
D	**26.725**	**28.810**	**35.366**
E	**26.946**	**30.645**	**37.701**

5.4.2.3- اختبـــار مقاومـــة الانحنـــاء للكمرات

تـم إجـراء الاختبـار حسـب المواصـفات البريطانيـة (BS1881:Part 118: 1983) تـم اختبـار العينـات وهـي بعمـر 28 يـوم وتـم إجـراء الاختبـار علــى خمســة خلطــات فقــط ، كمــا هــي موضــحة بالجدول (15) .

الجدول (15) يبين قيم اختبار مقاومة الانحناء بعد 28 يوم للكمرات الخرسانية

رمز العينة	نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة %	مقاومة الانحناء N/mm² 28 يوم
A	0	2.875
B	25	2.893
C	50	2.967
D	75	3.078
E	100	2.919

4- النتائج ومناقشتها

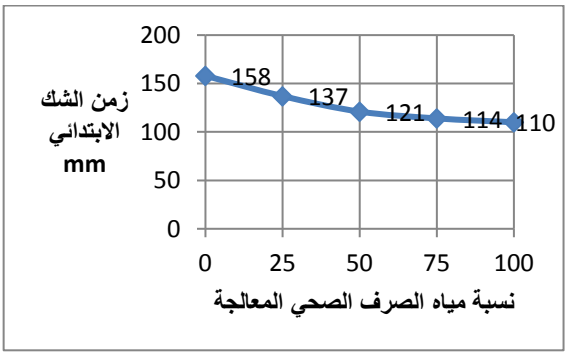
يشـمل هـذا البنـد عـرض ومناقشـة النتـائج المتحصـل عليها ، من نتائج الاختبارات المعملية .

1.4 اختبار العجينة النظامية للاسمنت

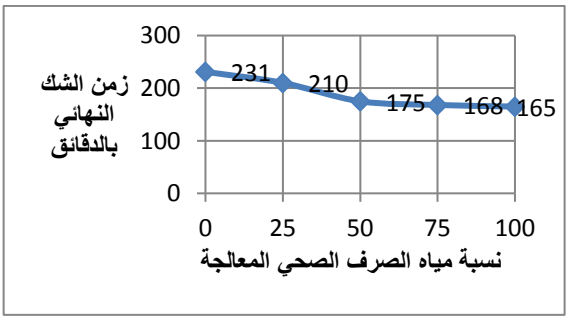
كانــت نســبة المــاء القياســي للعجينــة النظاميــة هــي 28% وكانــت ضــمن حــدود المواصــفة القياســية الليبيــة (26% - 32%) تــم فــي هــذا الاختبــار استخدام المياه الصالحة للشرب فقط.

2.4- اختبار زمن الشك الابتدائي والنهائي

نلاحظ من النتائج المتحصل عليها لاختباري زمن الشك الابتدائي والنهائي انه بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الخلطة الخرسانية يقل كلا من زمن الشك الابتدائي والنهائي ، ويرجع ذلك إلى التغير في خواص مياه الصرف الصحي المعالجة عن المياه الصالحة للشرب الشكل (1) يبين نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي



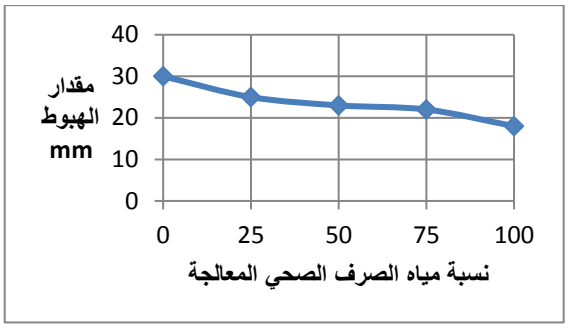
الشكل (1) يبين نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي



الشكل (2) يبين نتائج اختبار زمن الشك النهائي

3.4 – اختبار الهبوط للخرسانة

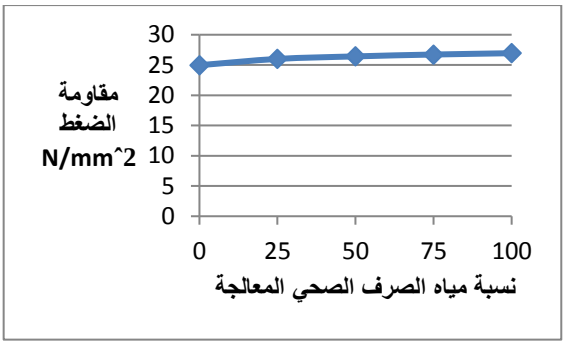
مـن النتـائج المتحصـل عليهـا فـي هـذا الاختبـار وكمـا هـو موضـح بالشـكل (3) إن قيمـة الهبـوط تتناسـب عكسـيا مـع التغيـر فـي نسـبة خلـط ميـاه الصـرف الصـحي المعالجـة ، والميـاه الصـالحة للشـرب حيـث نلاحـظ مـن الشـكل (3) انـه كلمـا زادت نسـبة ميـاه الصـرف المعالجـة قلـت نسـبة الهبـوط ويرجـع ذلـك لتغير في خواصها عن مياه الشرب



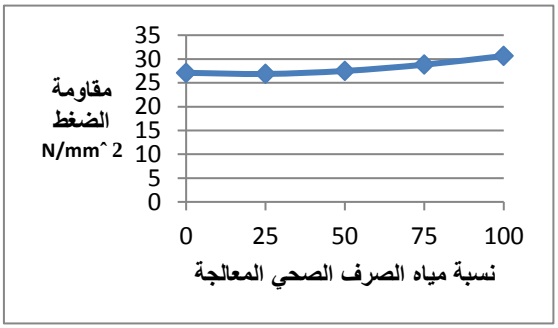
الشكل (3) يبين العلاقة بين نسبة مياه الصرف الصحي ومقدار الهبوط

4.4 – اختبار مقاومة الضغط

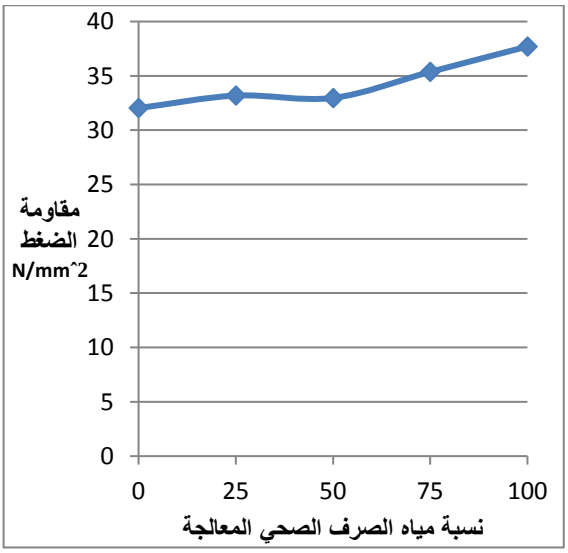
من الشكل (4) و(5) و(6) نلاحظ أن مقاومة الضغط تزداد بنسب بسيطة بزيادة الزمن وبشكل واضح لجميع العينات المدروسة باستثناء العينة C حيث نسبة مياه الصرف المعالجة 50% ،بعد 28 يوم والتي أصهرت انخفاض في مقاومة الضغط بنسب بسيطة، وكانت الزيادة في مقاومة الضغط للعينات التي استخدمت فيها مياه صرف صحي معالجة بنسبة 100 % والمياه الصالحة للشرب 0% كانت 7.935% بعد 7 أيام ، 13.077 % بعد 14 يوم ، 17.683 % بعد 28 يوم ، ويمكن القول أن مقاومة الضغط لم تتأثر سلبا بالمياه الصرف المعالجة بل تتحسن بنسب بسيطة .



الشكل (4) العلاقة بين مياه الصرف الصحي المعالجة ومقاومة الضغط بعد 7 أيام



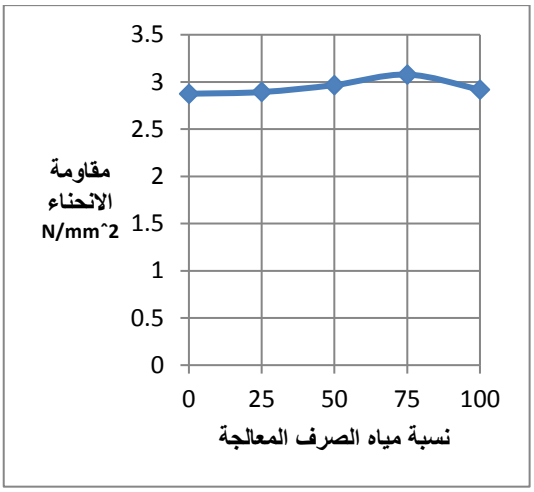
الشكل (5) العلاقة بين مياه الصرف الصحي المعالجة ومقاومة الضغط بعد 14 يوم .



الشكل (6) العلاقة بين مياه الصرف الصحي المعالجة ومقاومة الضغط بعد 28 يوم .

5.4اختبار مقاومة الانحناء

نلاحظ من النتائج المتحصل عليها من مقاومة الانحناء للكمرات الخرسانية وكما هو واضح في الشكل (7) أن مقاومة الانحناء كانت متقاربة و وان الخلطة D التي استخدمت فيها مياه صرف صحي بنسبة 75 % أعطت أعلى قيمة لمقاومة الانحناء ، بنسبة زيادة مقدارها 7% من الخلطة المرجعية



الشكل (7) يبين العلاقة بين نسبة مياه الصرف المعالجة ومقاومة الانحناء بعد 28 يوم .

5- الاستنتاجات

اعتمادا على النتائج المتحصل عليها في هذا البحث يمكن ان نستخلص الاستنتجات التالية :

1- اظهر إختبار زمن الشك الابتدائي ان زيادة نسبة مياه الصرف المعالجة يقلل من زمن الشك الابتدائي وبالتالي يزيد من سرعة فقدان العجينة الاسمنتية لخاصية اللدونة بسب التغير في خصائص المياه .

2- بالنسبة لزمن الشك النهائي يقل بزيادة نسبة مياه الصرف المعالجة وبالتالي يزيد من سرعة تصلب الخرسانة .

3- نتائج اختبار الهبوط أظهرت إنخفاض في درجة تشغيل الخرسانة كلما زادت نسبة مياه الصرف المعالجة

4- بالنسبة لمقاومة الضغط أظهرت النتائج انه بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة كلما زادت المقاومة بنسبة بسيطة، وكانت نسبة الزيادة 7.935 % بعد 7 أيام ، و13.077% بعد 14 يوماً ، و 17.683 % بعد 28 يوم في الخلطة التي استخدمت فيها مياه الصرف الصحي المعالجة بنسبة 100%

(الخلطة **E**)

5- نتائج مقاومة الانحناء كانت متقاربة، وان الخلطة التي استخدمت فيها مياه الصرف الصحي المعالجة بنسبة 75%(الخلطة **D**) أعطت أعلى قيمة وكانت نسبة الزيادة بعد 28 يوم 7% عن الخلطة المرجعية **(A)** .

6 – مقارنة النتائج بدراسات سابقة كانت النتائج متقاربة جدا في اختبار زمن الشك النهائي ومقاومة الضغط حيث أنها تزيد بزيادة مياه الصرف ، ورغم أن الدراسة السابقة اعتمدت على زمن الترقيد للمياه المعالجة و إختلاف محطة المعالجة[4]. إلا أن النتائج كانت متقاربة جداً.

6- التوصيات

1- توسيع الدراسة بحيث تجرى إختبارات على خرسانة تحتوي على نسب مياه صرف صحي معالجة مثل تحديد ثبات الحجم للاسمنت ، واختبار التغير في الكثافة ، واختبار الاختراق.

2- إجراء اختبارات معملية لمعرفة تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثيا في الخلطات الخرسانية.

3- مواصلة الدراسة لما له من أهمية بيئية واقتصادية .

4- إجراء اختبارات معملية لمعرفة تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة المسلحة .

5- إجراء اختبارات معملية لمعرفة مدى تأثير المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة على مكونات الخلطة الخرسانية .

7- المراجع

1. عبد العالي بوحش حمد الدايخ ، دراسة الوضع المائي في ليبيا ، كلية الزراعة جامعة عمر المختار 2005 .
2. محمد صادق العدوي ، النظم الهندسية للتغذية والمياه والصرف الصحي ،(دار الراتب الجامعية) ، 1988.
3. معالجة مياه الصرف الصحي ، مواقع الكترونية مختلفة .
4. فؤاد فرج فروج ، إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة ، المؤتمر الوطني السادس لمواد البناء والهندسة الإنشائية ، 2016.
5. المواصفات القياسية الليبية للاسمنت 2009/340
6. BS 882 :1992 ,Specification for aggregates from natural sources for concrete.
7. صالح نوري ،بشير عبد الله بشير ، عبد المهيمن أبو كنيشة ، دراسة جودة بعض مواد البناء المتوفرة محليا في مدينة غريان ، 2016 .
8. محطة معالجة مياه الصرف الصحي النجيلة (جنزور)
9. مختبر دلتا للخدمات الفنية ، شارع رأس حسن طرابلس.
10. محمود إمام ، تصميم الخلطات الخرسانية، 2005- 2007 .
11. British standard institution (BS EN 12390-3: 2009), Testing.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

تأثير إختلاف نسب الخلط للخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم علي الخواص الميكانيكية

أ.عبدالمجيد عبدالسلام عبدالله البركي أ. ادم الصديق مسعود عبدالقادر أ.منير سلطان محمد سلطان
قسم الهندسة المدنية، المعهد العالي للعلوم والتقنية ترهونة، ليبيا
a.alburki74@gmail.com e.gadrana@gmail.com monertan1988@gmail.com

الملخص

الخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم هي أحد أنواع الخرسانة الخفيفة، فهي عبارة عن خرسانة مصنوعة من الإسمنت والماء والركام الخشن بدون ركام ناعم وبالتالي ستتشكل فراغات بين حبيبات الركام الخشن وستعطي هذه الفراغات للخرسانة خصائصها العازلة، بالإضافة إلي تقليل وزن المنشأ. تناولت هذه الدراسة المقارنة بين ثلاث مجموعات من الخلطات الخرسانية التي تم خلطها بنسب مختلفة من الإسمنت إلي الركام الخشن (2:1)،(5:1)،(8:1) وخالية من الركام الناعم وبنسبة ماء إلي إسمنت (0.42 ، 0.48، 0.54) علي التوالي للمحافظة علي قيمة هبوط ثابتة لكل الخلطات. تمت معالجة جميع العينات في الماء لمدة 7-28 يوم. ولتحقيق النتائج تم صب وإعداد وتجهيز العينات بعدد 27 مكعب مقاس(150×150×150mm) لقياس الكثافة ومقاومة الضغط ونسبة الإمتصاص ومعدل المسامية. نتائج الكثافة الجافة لحميع العينات بعد معالجتها في الماء لمدة 28 يوم بينت أنه بزيادة نسبة الركام الخشن في الخلطة تقل كثافة الخرسانة حيث كانت أقل قيمة كثافة للخلطة الثالثة ($2071.67Kg/m^3$)، وأظهرت نتائج إختبار مقاومة الضغط للعينات بعد 28 يوم من المعالجة أن الخلطة الاولي أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط بقيمة (47.53Mpa) وأقل قيمة للخلطة الثالثة بقيمة (09.25Mpa). كما بينت نتائج إختبار نسبة الامتصاص أن الخلطة الأولي كانت نسبة الإمتصاص فيها أقل من الخلطتين الثانية والثالثة بنسب مختلفة بمعدل إمتصاص بلغ للعينات الثلاثة (0.98، 1.80، 2.51 %) علي التوالي. وكذلك بالنسبة لإختبار معدل المسامية والذي نستنتج منه أن معدل المسامية للخلطة الأولي أقل من الخلطة الثانية والثالثة بنسب مختلفة متزايدة بزيادة محتوي الركام الخشن في الخلطة.

الكلمات المفتاحية
الخرسانة الخفيفة، الكثافة، مقاومة الضغط، نسبة الإمتصاص، معدل المسامية.

1. مقدمة

الخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم هي أحد أنواع الخرسانة الخفيفة فمكوناتها الأساسية من الإسمنت والماء والركام الخشن وعدم إحتوائها علي الركام الناعم جعل كتلتها ذات فراغات كثيرة وتلك الفراغات تلعب دوراً كبيرا في تحديد خواص الخرسانة فهي تتميز بخفة الوزن(تقليل الحمل الميت) وخاصية العزل الحراري بتقليل تسرب الحرارة الى الخارج من الأبنية عند تدفئتها وتقليل تسرب الحرارة الى داخل الأبنية عند تبريدها. وتمتاز أيضا بعزل صوتي أفضل من الخرسانة العادية. كما أن مقاومة الخرسانة الخالية من الركام الناعم تكون أقل بكثير من مقاومة الخرسانة الاعتيادية. وتعتمد كثافة الخرسانة الخالية من الركام الناعم بصورة أساسية على تدرج الركام. وبما أن طقس بلادنا حار صيفاً وبارد شتاءاً ونظراً لإنقطاع الطاقة الكهربائية في أوقات الذروة للحرارة والبرودة نتيجة شدة الطلب عليها لأغراض التدفئة والتبريد الأمر الذي يستوجب توفير عزل حراري في السطوح والجدران يقلل من التوصيل الحراري لهذه المنشأت ولعل أهم هذه الحلول

هو إستخدام الخرسانة خفيفة الوزن. وتستخدم هذه الخرسانة غالبا في أعمال الأرضيات ومواقف السيارات والطرقات وغيرها.

وللحصول على خرسانة خفيفة الوزن ذات مقاومة مقبولة، يتطلب الأمر الاهتمام بنوعية ونسب مكوناتها، ونسبة الماء إلى الإسمنت التي تلعب دوراً مهماً في خفض و رفع المقاومة للخرسانة وكذلك إستخدام الإضافات.

اهتم الباحثون في مجال الخرسانة بدراسة خواص الخرسانة خفيفة الوزن من حيث مقاومتها للضغط وكذلك نسبة الإمتصاص والكثافة والتوصيل الحراري والعزل الصوتي. ففي إحدي الدراسات السابقة قام الباحث[1] بتحضير خلطات خرسانية من مواد خفيفة الوزن للحصول على خرسانة ذات كثافة قليلة تتراوح بين ($350– 880Kg/m^3$)بحيث توفر عزلا حراريا جيدا ومعاوقة صوتية مناسبة. وقد قسم الجانب العملي من هذه الدراسة إلى مجموعتين، المجموعة الأولى تم فيها استخدام الإسمنت وحبيبات البولي ستايرين لإنتاج خرسانة خفيفة الوزن ذات كثافة تتراوح بين ($350–600Kg/m^3$). اما المجموعة الثانية فقد تم فيها استخدام ركام مخلوط متكون من البولي ستايرين وركام ناعم من البورسلينايت خفيف الوزن لإنتاج خرسانة خفيفة الوزن ذات كثافة تتراوح بين ($880-630Kg/m^3$). نتائج فحص الموصلية الحرارية للنماذج الخرسانية المستخدمة في هذه الدراسة أظهرت أن هذه الخرسانة لها عزلا حراريا جيدا يؤهل استخدامها لأغراض العزل الحراري. كما أستنتجت الدراسة أن لنسبة الركام إلي الإسمنت تأثيرا واضحاً علي التوصيل الحراري فزيادة هذه النسبة تؤدي إلي نقصان معامل التوصيل الحراري. وبالنسبة لمقاومة الضغط فتزداد مع ازدياد كثافة خرسانة البولي ستايرين للمجموعتين الأولى والثانية. وبينت نتائج هذه الدراسة أيضاً أن المعاوقة الصوتية تزداد خطيا مع ازدياد مقاومة الانضغاط ويمكن اعتبار المعاوقة الصوتية كمؤشر جيد لتخمين مقاومة الانضغاط.

وفي دراسة أخري حول الخرسانة خفيفة الوزن قام الباحثون[2] بدراسة إمكانية إنتاج خرسانة خفيفة الوزن باستخدام مواد محلية باستعمال ثلاثة أنواع من الركام الخشن ذو الوزن الخفيف ودراسة تأثير ذلك على بعض خواص الخرسانة وتأثير استخدام الملدن المتفوق على خواصها ومقارنتها بالخرسانة المرجعية. في هذه الدراسة تم استعمال نوعين من الخلطات وهما خلطة مرجعية بنسب خلط مختلفة يتغير فيها معدل(w/c) والركام الخشن والناعم وخلطة أخري باستعمال الملدن المتفوق بنسبة (4%) من وزن الإسمنت، وعمل منها النماذج المكعبة بأبعاد (100×100×100mm) استخدمت لفحوصات مقاومة الانضغاط والامتصاص والكثافة والأسطوانية (150×300mm) لفحوصات مقاومة الشد. أجريت فحوصات مقاومة الانضغاط للأعمار (1، 7، 14، 28، 60 يوماً) للعينات وهى رطبة جافة السطح، و فحوصات مقاومة الشد للأعمار (14، 28، 60 يوماً).

استنتجت هذه الدراسة أن استخدام الملدنات الفائقة أدى إلى خفض معدل (w/c) و ارتفاع مقاومة الخرسانة للانضغاط و الشد و زيادة الكثافة، كما أظهرت النتائج الدور الايجابي لإستخدام هذه الإضافات على خواص الخرسانة، حيث عمل على رفع المقاومة للخرسانة بشكل ملحوظ في الأعمار المبكرة. وأشارت النتائج إلى أن خصائص الخرسانة تتأثر باختلاف نوع الركام الخشن والناعم. عند استبدال الركام الناعم ذو الوزن العادي بالركام الناعم ذو الوزن الخفيف لوحظ انخفاض الكثافة و مقاومة الانضغاط والشد[2].

كما بينت النتائج أيضاً أن أقل كثافة تم الحصول عليها هي ($865Kg/m^3$). للخرسانة غير الحاوية على مضاف الملدن المتفوق، و($972Kg/m^3$) للخرسانة الحاوية على مضاف الملدن المتفوق وأعلى مقاومة انضغاطية تم

الحصول عليها(17Mpa) للخرسانة غير الحاوية على مضاف الملدن المتفوق، و **(19.9Mpa)** للخرسانة الحاوية على مضاف الملدن المتفوق[2].

في دراسة أخري [3] تمت دراسة تأثير نسب الخلط علي خواص الخرسانة الخفيفة الخالية من الرمل بإستخدام ثلاثة نسب خلط مختلفة (4:1 و 6:1 و 8:1) ودراسة تأثيرها علي قابلية التشغيل ومقاومة الإنضغاط ونسبة الإمتصاص ومقاومة الشد الإنشطاري بعمر 3، 7، 28 يوم .تم دمك القوالب الخرسانية في هذه الدراسة بإستخدام المنضدة الهزازة.

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مقاومة الضغط والشد الإنشطاري للخرسانة الخالية من الرمل تزداد بزيادة نسبة الإسمنت إلي الركام. وأن الكثافة الطرية والجافة تقل كلما زادت نسبة (الركام/الإسمنت) والتي تؤدي أيضا إلي زيادة نسبة الإمتصاص للماء بالنماذج الخرسانية. إستنتجت هذه الدراسة أيضا أن مقاومة الإنضغاط والشد تقل بزيادة الإمتصاص للماء وتتأثر المقاومة بشكل كبير بنسب الخلط[3].

وفي دراسة أخري[4] قام الباحثون بدراسة تأثير نوع الدمك علي مقاومة الضغط للخرسانة الخفيفة الوزن الخالية من الرمل بإستعمال نسب خلط مختلفة لكلا من الإسمنت والركام الخشن. أظهرت نتائج هذه الدراسة أنه بزيادة محتوي الإسمنت داخل الخلطة تزداد مقاومة الضغط بغض النظر عن طريقة وزمن الدمك.

وفي دراسة أخري [5] اهتمت بتحديد مقاومة الإنضغاط والشد الإنشطاري ومقاومة الإنحناء للخرسانة الخالية من الرمل إستخدم الباحثون أربع خلطات خرسانية بنسب خلط مختلفة لكلا من الإسمنت والركام الخشن (5:1، 7:1 ، 9:1، 11:1) ومع كل خلطة تم إستخدام أربع نسب من الإسمنت إلي الماء (0.4، 0.42، 0.44، 0.46). أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مقاومة الإنحناء أعلي من مقاومة الشد الإنشطاري، وكانت قيم مقاومة الشد تقدر بحوالي 20% من مقاومة الضغط.

وفي دراسة أخري تهتم بالخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم قام الباحث[6] بدراسة الخواص الميكانيكية للخرسانة الخالية من الركام الناعم والمسلحة بألياف البولي بروبيلين وألياف الكربون والتي تحتوي علي نسب مختلفة من هذه الألياف. وقد بينت نتائج هذه الدراسة أن إضافة الألياف إلي الخرسانة الخالية من الركام الناعم لم يؤثر بشكل كبير علي مقاومة الإنضغاط بينما تحسنت مقاومة شد الإنشطار بشكل ملحوظ.

تهدف هذه الدراسة إلي التحقق من مدي التغير في الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم كمقاومة الضغط والكثافة ونسبة الإمتصاص ومعدل المسامية عند إستعمال نسب مختلفة من الإسمنت إلي الركام الخشن، وكذلك من الماء إلي الإسمنت.

2. البرنامج العملي

تم اعتماد عدد من المتغيرات المهمة في هذه الدراسة لمعرفة تأثير اختلاف نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن ونسبة الماء إلي الإسمنت علي الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم، وبناء علي ذلك تم تقسيم العينات الي ثلاثة مجموعات رئيسة تم تصميمها وإعدادها من خلطات خرسانية موحدة من حيث مصادر المواد وطريقة المعالجة ومختلفة في نسب الخلط وكل مجموعة قسمت الي مجموعتين فرعيتين حسب فترة المعالجة 7 – 28 يوم ولتطبيق هذه المتغيرات تم تقسيم عينات الاختبار لكل نوع من انواع الخلطات كما موضح بالجدول رقم 1 ، والجدول رقم 2 يوضح الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (1): تقسيم العينات لكل خلطة

فترة المعالجة	عدد العينات
7 ايام	3 مكعبات
28 يوم	6 مكعبات

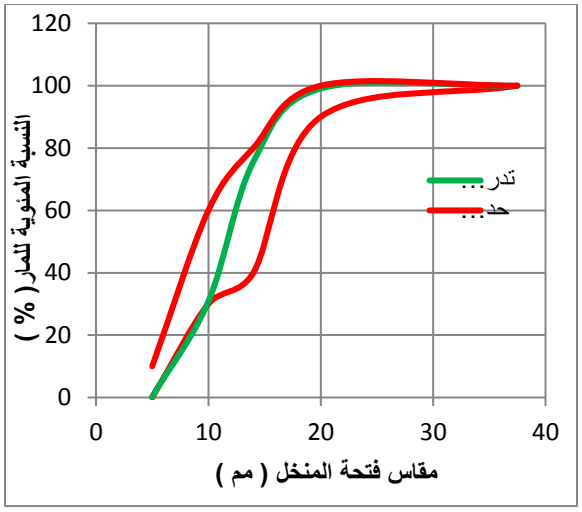
جدول (2): الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة

ت	اسم الخلطة الخرسانية	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	نسبة الماء إلي الإسمنت
1	الخلطة الاولي	2 : 1	0.42
2	الخلطة الثانية	5 : 1	0.48
3	الخلطة الثالثة	8 : 1	0.54

3. مكونات الخلطات الخرسانية

1.3 الركام الخشن

تم توريد الركام الخشن من كسارات منطقة سوق الخميس الخمس وتم إجراء إختبار التحليل المنخلي للركام الخشن وبعض الإختبارات الفيزيائية ومقارنتها بالحدود والمواصفات البريطانية المعتمدة BS 882: 1992 [7] والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م [8] . الشكل رقم1 يوضح منحني التدرج الحبيبي للركام الخشن. والجدول رقم 3 يبين نتائج الإختبارات الفيزيائية للركام الخشن المستخدم في هذه الدراسة.



شكل رقم (1): منحني التدرج الحبيبي للركام الخشن

جدول (3): نتائج الإختبارات الفيزيائية للركام الخشن

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفات البريطانية BS882:1992
الوزن النوعي	2.625	2.75 > S.G > 2.50
نسبة الامتصاص	%2.038	% 3.0 >

2.3 الإسمنت

الاسمنت البورتلاندي العادي المستخدم في هذه الدراسة عبارة عن اسمنت بورتلاندي عادي نوع (42.5N) من انتاج مصنع سوق الخميس امسيحل. النتائج التي تم الحصول عليها من معمل مراقبة الجودة بالمصنع كانت جميعها ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات البريطانية [9] BS12:1996 والمواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 1997 م[10]

3.3 الماء

في هذه الدراسة تم استخدام ماء صالح للشرب في اعداد الخلطات الخرسانية المستهدفة.

4. خلط مكونات الخرسانة

تم استعمال الميزان الحساس لضبط نسب الخلط بدقة لمكونات الخرسانة، وتم الخلط باستعمال خلاطة ميكانيكية افقية ذات سعة تتناسب مع الكمية المطلوبة لصب قوالب العينات الخرسانية. في كل خلطة تم وضع نصف كمية الركام الخشن في الخلاطة ومن ثم نصف كمية الإسمنت ثم وضع باقي كمية الركام الخشن والإسمنت بالترتيب وخلطها في الخلاطة أولا علي الجاف لمدة 30 ثانية، ثم أضيفت كمية الماء إلي الخليط واستمر الخلط لمدة اضافية قدرها 150 ثانية. تم إجراء إختبار الهبوط ومن ثم صب القوالب ودمكها بإستخدام الهزاز الكهربائي وتسويتها وتركها في درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة بنفس الطريقة لضمان عدم حدوث أي متغيرات.

5. إعداد العينات

تم فك العينات من القوالب بعد 24 ساعة من الصب وترقيمها ووضعها في حوض مملوء بالماء في درجة حرارة الغرفة لحين موعد الاختبار وهو 7 و28 يوم من تاريخ الصب. الشكل رقم 2 يوضح كيفية معالجة العينات بالغمر في أحواض المعالجة قبل موعد الاختبار، والشكل رقم 3 يوضح إحدي عينات الخلطة الأولي بنسبة (2:1) بعد إخراجها من أحواض المعالجة وتجهيزها لإجراء إختبار مقاومة الضغط عليها، والشكل رقم 4 يوضح إحدي عينات الخلطة الثانية بنسبة (5:1) بعد غمرها في الماء لمدة 28 يوم، والشكل رقم 5 يوضح إحدي عينات الخلطة الثالثة والتي أستخدم فيها نسبة إسمنت إلي ركام خشن (8:1).



شكل رقم (2): معالجة العينات بالغمر في أحواض المعالجة



شكل رقم (3): إحدي عينات الخلطة الأولي بعد إخراجها من حوض المعالجة



شكل رقم (4): إحدي عينات الخلطة الثانية بعد إخراجها من حوض المعالجة



شكل رقم (5): إحدي عينات الخلطة الثالثة بعد إخراجها من حوض المعالجة

6. مناقشة النتائج

1.6 نتائج اختبار الهبوط للخرسانة الطازجة

في هذه الدراسة تم إستخدام ثلاث نسب خلط (الإسمنت/الركام الخشن) وهي (2:1) (5:1) (8:1)، وللحصول علي قيمة هبوط ثابتة لجميع الخلطات فقد تم إستخدام ثلاث نسب (ماء/إسمنت) وهي (0.42 ، 0.48 ، 0.54) بالترتيب للحفاظ علي قابلية تشغيل ثابتة لكل خلطة من الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة. فكلما زادت نسبة الركام الخشن في الخلطة زادت نسبة الماء إلي الإسمنت للحفاظ علي قيمة الهبوط. حيث أن زيادة نسبة الركام ينتج عنه زيادة في كمية امتصاص الركام للماء. ومن خلال نتائج إختبار الهبوط للخلطات الثلاثة كانت قيمة الهبوط لجميع الخلطات ثابتة وهي (160mm). الشكل رقم 6 يوضح الهبوط لإحدي الخلطات الثلاثة.



شكل رقم (6): الهبوط لإحدي الخلطات

2.6 الكثافة الجافة

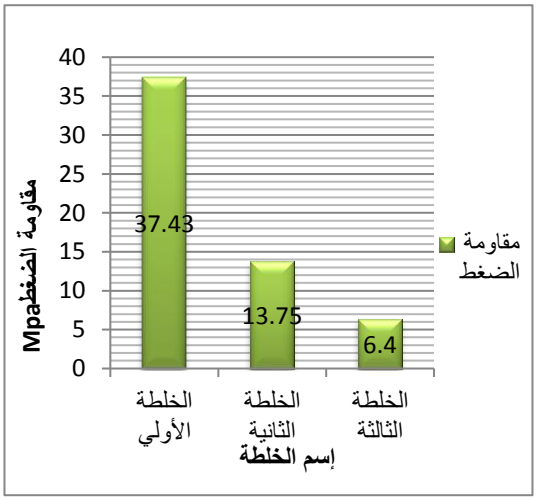
تعتمد كثافة الخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم علي نوع الركام الخشن وكميته وكذلك كثافته، بالإضافة إلي محتوي الإسمنت والماء داخل الخلطة. نسبة الإسمنت إلي الركام أيضا لها تأثيراً واضحاً علي كثافة الخرسانة الخفيفة الخالية من الركام الناعم حيث أن الكثافة تقل كلما قلت نسبة (الإسمنت/الركام) وذلك نتيجة الزيادة في حجم الفجوات والفراغات بسبب الزيادة في كمية الركام الخشن داخل الخلطة، وبالعكس تماماً فكلما زادت كمية الإسمنت داخل الخلطة الخرسانية كلما زادت كثافتها. تحدد المواصفات القياسية عمر 28 يوم لإيجاد الكثافة الجافة للكتل الخرسانية. الجدول رقم 4 يوضح قيم الكثافة لكل خلطة من الخلطات الثلاثة المعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (4): قيم الكثافة لكل خلطة من الخلطات المعتمدة

ت	اسم الخلطة الخرسانية	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	قيمة الكثافة الجافة كجم/ م^3
1	الخلطة الاولي	2 : 1	2337.21
2	الخلطة الثانية	5 : 1	2164.10
3	الخلطة الثالثة	8 : 1	2071.67

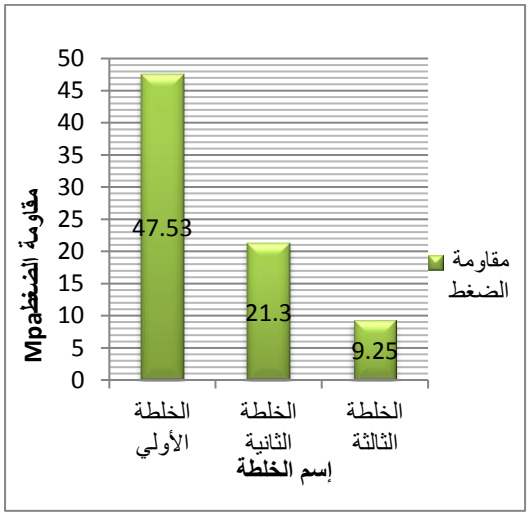
3.6 نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط

الشكل رقم 7 يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط لجميع الخلطات بعد 7 أيام من المعالجة. نلاحظ من الشكل أن الخلطة الاولي التي كانت فيها نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن (2:1) أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة والتي كانت (37.43Mpa)، بينما كانت قيمة مقاومة الضغط (13.75Mpa) للخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت وركام خشن بنسبة (5:1)، وكانت (06.45Mpa) للخلطة الثالثة والتي كانت نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن فيها (8:1).



شكل رقم (7): نتائج اختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات بعد 7 أيام من المعالجة

الشكل رقم 8 يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط لجميع الخلطات بعد 28 يوم من المعالجة، ونلاحظ من الشكل أن الخلطة الاولي التي كانت فيها نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن (2:1) أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة والتي كانت (47.53Mpa)، وكانت قيمة مقاومة الضغط (21.93Mpa) للخلطة الثانية التي تحتوي علي إسمنت وركام خشن بنسبة (5:1)، بينما كانت (09.25Mpa) للخلطة الثالثة بنسبة إسمنت إلي ركام خشن (8:1). الجدول رقم 5 يبين التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة، والشكل رقم 9 يوضح إحدي عينات الخلطات المعتمدة في هذه الدراسة بعد تعريضها لمعدل تحميل ثابت حتي الكسر.



شكل رقم (8): نتائج إختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات بعد 28 يوم من المعالجة.

جدول (5): التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة.

إسم الخلطة	مقاومة الضغط للعينات (Mpa)		التزايد في قيمة مقاومة الضغط من7 الى28 يوم (%)
	7 أيام	28 يوم	
الخلطة الاولي	37.43	47.53	26.98
الخلطة الثانية	13.75	21.30	54.90
الخلطة الثالثة	06.40	09.25	44.53



شكل رقم (9): إحدي العينات المعتمدة بعد الكسر

4.6 نتائج اختبار تحديد نسبة الإمتصاص

تم تحديد نسبة الإمتصاص لعدد ثلاث عينات من كل خلطة بعد معالجتها بالغمر في الماء لمدة 28 يوم وأخذ متوسط القيم ومقارنة النتائج والتغيرات التي طرأت عليها. الجدول رقم 6 يوضح نتائج اختبار معدل الامتصاص لكل الخلطات المعالجة في الماء لمدة 28 يوم والذي نستنتج منه أن نسبة الامتصاص للخلطة الأولي أقل من الخلطة الثانية والثالثة بنسب مختلفة، وقد أعلي قيمة لمعدل الإمتصاص للخلطة الثالثة بنسبة (7.08%).

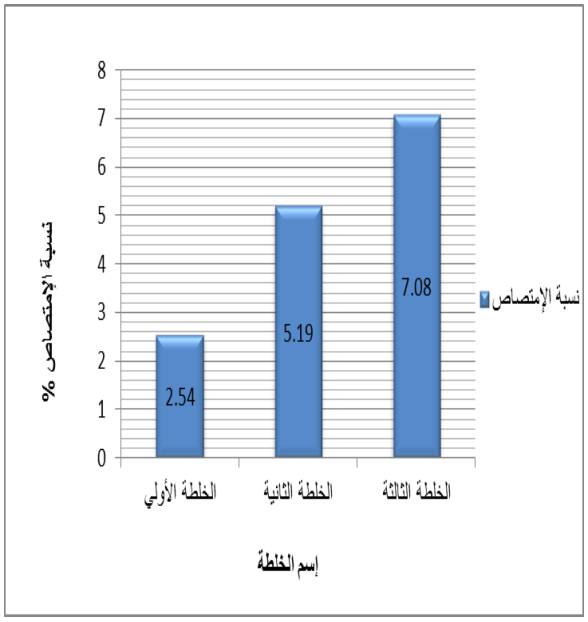
جدول (6): نتائج اختبار معدل الامتصاص

إسم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	النسبة المئوية للامتصاص (%)
الخلطة الاولي	2 : 1	02.54
الخلطة الثانية	5 : 1	05.19
الخلطة الثالثة	8 : 1	07.08

الجدول رقم 7 يبين نسب الزيادة في معدل الامتصاص للخلطتين الثانية والثالثة مقارنة بالخلطة الأولي، والشكل رقم 10 يوضح نتائج معدل الامتصاص لكل المجموعات المعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (7): نسب الزيادة لمعدل الإمتصاص مقارنة بالخلطة الاولي

رقم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	نسبة الزيادة(%)
الخلطة الاولي	2 : 1	00.00
الخلطة الثانية	5 : 1	104.33
الخلطة الثالثة	8 : 1	178.74



شكل رقم (10): نتائج اختبار نسبة الامتصاص

5.6 نتائج اختبار تحديد المسامية

تم تحديد معدل المسامية لعدد ثلاث عينات من كل خلطة بعد معالجتها بالغمر في الماء لمدة 28 يوم وأخذ متوسط القيم ومقارنة النتائج والتغيرات التي طرأت عليها. الجدول رقم 8 يوضح نتائج معدل المسامية لكل المجموعات المعالجة في الماء لمدة 28 يوم. حيث نستنتج من الجدول

أن معدل المسامية للخلطة الأولي أقل من الخلطة الثانية والخلطة الثالثة بنسب مختلفة.

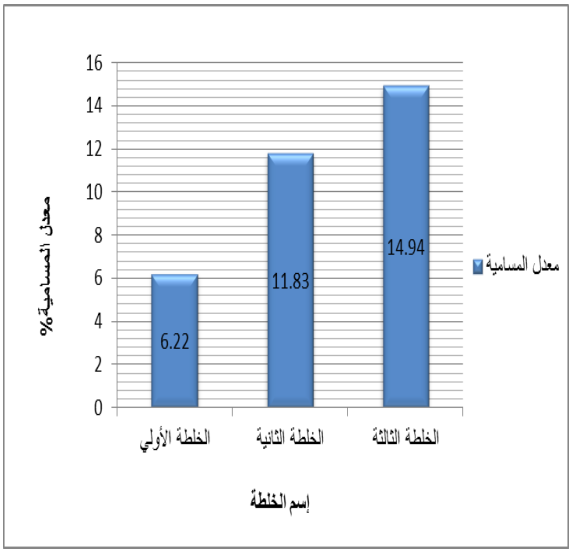
جدول (8): نتائج اختبار معدل المسامية

إسم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	معدل المسامية (%)
الخلطة الاولي	2 : 1	06.22
الخلطة الثانية	5 : 1	11.83
الخلطة الثالثة	8 : 1	14.94

الجدول رقم 9 يبين نسب الزيادة في معدل المسامية للخلطة الثانية والثالثة مقارنة بالخلطة الأولي، والشكل رقم 11 يوضح نتائج اختبار معدل المسامية لكل المجموعات المعتمدة في هذه الدراسة.

جدول (9): نسب الزيادة لمعدل المسامية مقارنة بالخلطة الأولي

رقم الخلطة	نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن	نسبة الزيادة(%)
الخلطة الاولي	2 : 1	00.00
الخلطة الثانية	5 : 1	90.19
الخلطة الثالثة	8 : 1	140.19



شكل رقم (11): نتائج اختبار معدل المسامية

7. الخاتمة

من خلال النتائج المتحصل عليها من إجراء اختبار مقاومة الخرسانة للضغط نلاحظ أن نسبة الإسمنت إلي الركام الخشن كان لها تأثيراً واضحاً علي مقاومة الخرسانة للضغط، فكلما زادت كمية الركام الخشن كلما انخفضت قيمة مقاومة الضغط بشكل واضح ويرجع هذا إلي زيادة حجم الفراغات بسبب قلة المواد الناعمة والتي تؤدي إلي خرسانة ذات كثافة أقل، وهذا ما تم التأكد منه أيضا من خلال نتائج اختبار نسبة الامتصاص ومعدل المسامية حيث زادت نسبة الامتصاص ومعدل المسامية للخلطة الثانية والثالثة عن الخلطة الأولي نتيجة الزيادة في حجم الفراغات بسبب تقليل محتوي الإسمنت فيهما. هذه الفراغات ستؤدي حتما إلي توغل الرطوبة داخلها وبالتالي فإنه بزيادتها ستزداد نسبة الإمتصاص وكذلك المسامية. وبما أن الخرسانة خفيفة الوزن الخالية من المواد الناعمة مقاومتها أقل بشكل واضح من الخرسانة العادية فإنه من الممكن تجاوز هذه المشكلة بزيادة محتوي الإسمنت في الخلطة وهذا ما تم إستنتاجه من إختبار مقاومة الضغط للخلطة الأولي. وعلي العكس تماماً فكلما زادت نسبة الفراغات بسبب تقليل محتوي الإسمنت وزيادة محتوي الركام الخشن بالخلطة فإن معدل التوصيل

الحراري للخرسانة يقل ونفسر ذلك لأن الفجوات الهوائية الموجودة داخل الركام ستؤدي إلى إعاقة انتقال الحرارة.

8. التوصيات

من خلال الدراسة المعملية والنتائج التي تم الحصول عليها نوصي بمواصلة البحث بإجراء:-

1- دراسة مشابهة بإستخدام إضافات الملدنات الفائقة وبنسب مختلفة من الإسمنت وتقليل كمية الماء والتأكد من مدي فعاليتها للتقليل من حجم الفراغات الناتجة عن المحتوي المختلف للإسمنت داخل الخلطة.

2- دراسة إستبدال الركام الخشن في الخلطة الخرسانية بركام خفيف وتأثيره علي التقليل من وزن الخرسانة خفيفة الوزن الخالية من الركام الناعم.

9. المراجع

[1] مهدي فوزي الجيلاوي، خواص الخرسانة الخفيفة بالإشارة إلي العزل الحراري والمعاوقة الصوتية، جامعة بغداد، (أغسطس1997).

[2] د.حسان سعد عبدالمغني، أ.د.محمود محمد كليب، إمكانية إنتاج خرسانة خفيفة الوزن بإستخدام مواد محلية، جامعة صنعاء، (أكتوبر2008).

[3] د.عمر رمضان الزروق، د.أحمد جميل إبراهيم، تأثير نسب الخلط علي خواص الخرسانة الخفيفة الخالية من الرمل، جامعة عمر المختار(فبراير 2018).

[4] م.مؤيد الخلف، م.هناء يوسف، تكنولوجيا الخرسانة، مركز التعريب والنشر، الجامعة التكنولوجية(1984).

[5] Abdelgader, H, and El-baden,A, (2016). "Mechanical Properties of No-finesConcrete"MateriahyBudowlane (2016)،

[6] Hussam A. A. Rehman, SOME PROPERTIESOF FIBER REINFORSED NOFINECONCRETE"WasitUniversity(2012).

[7] BS 882, (1992) "Specification for aggregates from natural sources for concrete". British Standards Institution, 389 Chiswik high road, London, W4 4AL, UK, 1992.

[8] المواصفات القياسية الليبية رقم 49 لركام الخرسانة من المصادر الطبيعية. المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. سنة 2002ف.

[9] BS 12:1996 Specification for Portland Cement, British Standards Institution, 389 Chiswik high road, London,

[10] المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة (1997 ف) الخاصة بالإسمنت البورتلاندي، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية- طرابلس.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة تأثير الشقوق والفواصل على انهيار صخور عضو يفرن الموازي لمسار الطريق الجبلي نالوت (NW Libya).

أبوالقاسم عبد الفتاح الأخضر
قسم الهندسة الجيولوجية – كلية الهندسة جادو- جامعة نالوت- ليبيا
a.alakhdar@ nu.edu.ly

الملخص: تشكل عمليات السقوط الصخري خطراً على مستخدمي مسار الطريق الجبلي نالوت وأشارت دراسة أجريت سنة 2021 على أن المنحدر الموازي للمسار ثابت ولا يتوقع حدوث أي انهيار به، وفي مارس 2022 حدث انهيار لصخور المارل وبالزيارات الميدانية لموقع الإنهيار برزت مشكلة البحث والتي تمثلت في ضعف صخور المارل الموازية لمسار الطريق وكثرة الفواصل والشقوق مما أستدعى دراسته، وكان هدف البحث تقييم ثبات صخور المارل والتعرف على أسباب الإنهيار السابق، ولتحقيق الهدف أجريت عملية تخريط ودراسة للخواص الهندسية لأسطح الشقوق والفواصل وأهم النتائج بينت أن المنحدر يعتريه ضعف ناتج عن تقاطع أنظمة الفواصل وتبين وجود خمس أنظمة تتقاطع بزاوية 45°، وتبين وجود بؤر انهيار ترتكز في الجزء السفلي للمنحدر ناتجة عن تقاطع انظمة الفواصل بينما خلا الجزء العلوي منها، ومن النتائج أن قيم المتانة (RQD) للمارل بلغت (54.6%) بوصف عام (ضعيف)، وبلغت قيم المسافات بين الواصل في الجزء السفلي (35cm) بتصنيف (متباعدة للغاية) وتقل القيم عند بؤر الإنهيار لتصل القيم (1cm) بتصنيف (مغلق جداً)، عليه فالمنحدر تعتري صخوره حالة ضعف ناتجة عن كثرة الشقوق والفواصل وسوء اختيار زاوية القطع والتي بلغت 90°، عليه توصي الدراسة بضرورة العمل على تخفيف زاوية القطع من 90°الى 55° مع إزالة الكتل المفصولة والآيلة للإنهيار التي تتواجد أعلى المنحدر مع تجنب الحركة على مسار الطريق أثناء الهطول المطري.

الكلمات المفتاحية: الفواصل، عضو يفرن، الانهيار الصخري، بؤر الانهيار، المنحدرات.

1. المقدمة.

تشكل عمليات السقوط للكتل الصخرية من المنحدرات الموازية والمتاخمة لمسارات الطرق الجبلية خطراً حقيقياً على مستخدميها، وتسبب في عرقلة حركة المرور وتلحق أضراراً مادية بالطرق وملحقاتها، ولا تخلوا مناطق الجبل الغربي من تلك الحوادث؛ وأستشهد هنا بالطريق الجبلي نالوت والذي أجريت دراسة لبعض منحدراته سنه 2021 [1] وبعد نشر نتائج البحث حدث انهيار لصخور المارل، مما أدى لعرقلة حركة السير وإعطاب الطريق شكل (1).



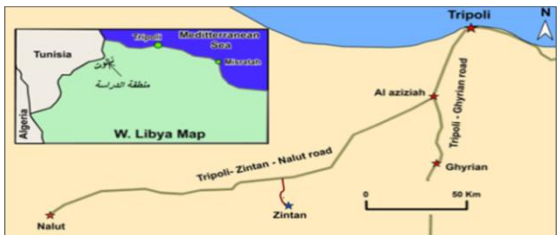
شكل رقم (1): انهيار صخري بمسار الطريق 2021/11م

وأشارت الدراسة بين ثناياها الى أن الصخور الموازية للطريق ثابتة ميكانيكاً أي أن المنحدرات الموازية مقطوعة بشكل جيد وبشكل منتظم ولايوجد بها مواضع ضعف يتوقع أن يحدث بها انهيار[1]، ونتيجة لحدوث انهيار في جزء من المنحدر الصخري الموازي للطريق أستوجب دراسة صخور الموقع، وتتمثل أهمية الدراسة في وإبراز أهمية الدراسات الحقلية في كشف مواضع الضعف والتعرف على الظروف الطبيعية المؤثرة في الصخور المكونة للمنحدرات من واقع الزيارات المتكررة لموقع الدراسة برزت مشكلة البحث والتي تمثلت في ضعف المنحدرات الموازية للطريق الجبلي نالوت وكثرة الفواصل والشقوق وإن إهمال دراسة وتقييم ثبات المنحدر ومعرفة أسباب الإنهيار بنفس المنحدر المنهار والمنحدر المستقر سيؤدي الى حدوث انهيار جديد قد تكون نتائجه كارثية ولدراسة المشكلة برز تساءل مهم ما مدى تأثير الشقوق والفواصل على انهيار صخور عضو يفرن الموازي للطريق ؟ وتساءل آخر لا يقل أهمية عن الأول هل يمكن استنتاج سبب

حدوث الإنهيار السابق من دراسة المكاشف الثابتة ؟ وللوصول لفهم المشكلة والإجابة عن تساؤلاتها كان هدف بحث تقييم ثبات صخور المنحدر والتعرف على أسباب الإنهيار السابق، وبذلك يعتبر هذا البحث مكملاً للدراسة المشار إليها آنفاً، ولأن الإنهيارات تتسم بسرعة وفجأة الحدوث، فإن الهدف الأساسي عند قطع المنحدرات هو الحفاظ على استقرارها وتوفير معامل أمان محدد لها [2]، ومن أهم الخواص الطبيعية للكتل الصخرية التي يلزم دراستها اتجاهات الفواصل ومقدار تهشم ومتانة الكتل الصخرية المكونة للمنحدرات [3] ومن العوامل الشائعة التي تقلل من قوة القص لكتلة الصخور الأحمال الإضافية في الجزء العلوي من المنحدر وزيادة ضغط الماء في الشقوق الموجودة أعلى المنحدر[4]، ومن الأمور بالغة الأهمية هندسة المنحدر كارتفاعه وعرضه وزاوية واتجاه ميله [4]، فإذا كان ميل الطبقات واتجاهها في اتجاه الطريق الجبلي فإن ذلك يعد مؤشراً على أن الإنهيار سيصل الطريق بمجرد وجود تأثير لمحفزات الحركة فتنهار تلك الصخور لتصل الطريق الجبلي وبخاصة إذا لم يكن لتلك الطرق حواجز إسمنتية تحمي الطريق ومستخدميه [5].

2.1 موقع منطقة الدراسة.

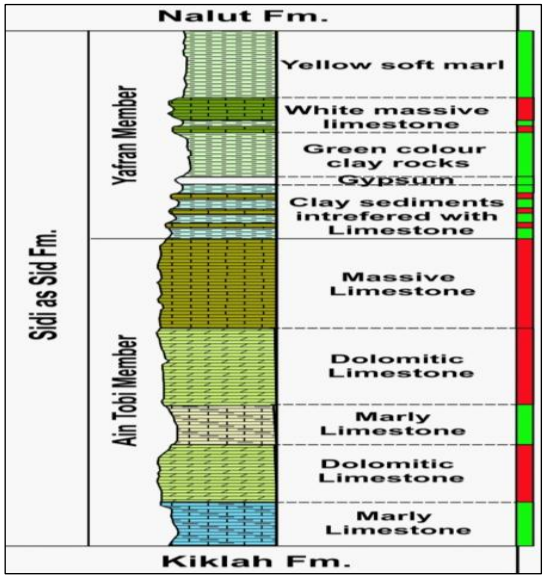
يقع الطريق الجبلي نالوت على الحافة الشمالية لجبل نالوت شكل (1) و فلكياً تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض " 62 ' 52 ° 31 N " 78 ' 52 ° 31 N وخطي طول"22 '59 ° 10 E " 14 ' 59 ° 10 E



شكل رقم (2): موقع منطقة الدراسة (نالوت) [5]

3.1 التكوينات الصخرية بمنطقة الدراسة.

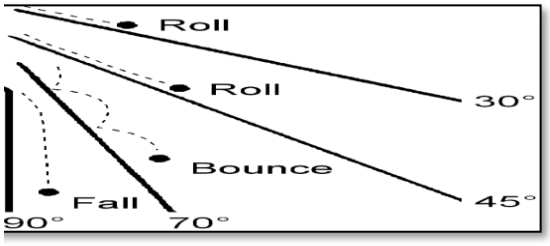
يقطع مسار الطريق الجبلي نالوت تكوينات وهي من الأسفل الى الأعلى تكوين ككله سيدي الصيد بعضويه السفلي عين طبي وعضو يفرن مار بالأعلى المكون من المارل والحجر الجيري المارلي وتداخلات الطين مع وجود طبقات رقيقة من الجبس في الأجزاء السفلى [6]، يعلوه تكوين نالوت المكون من صخر الدولومايت.



شكل رقم (3): الصفة الصخرية لعضو يفرن مارل [6]

4.1 السقوط الصخري.

يعد السقوط أحد أبرز الحركات التي تحدث للمواد المكوِّنة للمنحدرات تحت تأثير الجاذبية عندما تنفصل الصخور على اختلاف أنواعها عن مواضعها وتتحرك بفعل محفزات الحركة كالزلازل والهطول المطري[7] وقسمت الحركة استناداً لسلوك الحركة الى السقوط حراً إذا كانت زاوية المنحدر جرفيه بزاوية 90°، وسلوك القفز إذا كانت الزاوية بين 45° وأقل من 70° وسلوك الدحرجة إذا كانت الزاوية بين 30° أقل من 45°، [8].



شكل رقم (4):سلوك حركة الصخور أثناء السقوط [8]

يزداد خطر السقوط على المنحدرات المتعرضة لعمليات القطع لغرض مد مسارات الطرق الجبلية

فتؤدي إلى إغلاق الطرق لاحظ الشـكل (1) وقد تكون الخسائر مادية وبشرية، وتعد أضرارها أشد من أضرار الأشـكال الأخرى لحركـة المواد على المنحـدرات، وبخاصـة إذا كانت حجم المواد المنفصـلة كبيراً [9]، ونتيجةً للعواقب الخطيرة لتسـاقط الكتل الصـخرية المنفصـلة عن المنحدرات الصـخرية يدفع المصـممين والمهندسين إلى دراسة سلوك الكتل المتساقطة ودراسة الظروف الفعـالـة التي قـد تؤدي إلى إطلاق الكتـل الصخرية.

2. طريقة الدراسة.

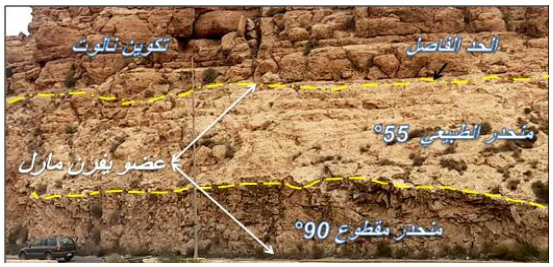
للتقصي عن مشكلة الدراسة وتساؤلاتها ولتحقيق أهدفها أعتمد على الدراسـة الحقلية ؛ وهي من أهم مراحل البحث فقد أجريت عملية تخريط سـاهمت في تجميع بيانات ومعلومات عن مشـكلة الدراسـة، وأهم الأدوات التي استخدمت أثناء الدراسة الحقلية بوصلة لقياس اتجاه وقيمـة ميل الطبقات والمنحدرات- مطرقـة جيولوجيـة قدمه ذات الورنية لقياس اتسـاع الفواصـل، حامض هيدروكلوريك للتمييز بين صـخور ومقاييس حسـاب الأطوال، مع الاسـتعانة خريطة جيولوجية بمقياس رسم 1:250000 والغرض منها معرفة توزيع الصـخور والتكوينات الصـخرية والتتابع الطبقي لمنطقة الدراسـة، ويوضح الجدول رقم (1) بعض بيانات الدراسة الحقلية،

جدول (1) بيانات الدراسة الميدانية

اسم الموقع	طريق نالوت (تالة)
الارتفاع	570 متر
المساحة الإجمالية لموقع الدراسة.	15000م^2 تقريباً.
مساحة المنحدر الطبيعي.	(11780 م^2) تقريباً.
مساحة المنحدر الصناعي.	(3220م^2) تقريباً.
طول مسار الطريق	(2.80 كم) تقريباً
اسم التكوين الجيولوجي.	عضو يفرن
أنواع الصخور بالموقع	مارل
زاوية ميل المنحدر الصناعي	85°-90°
متوسط زاوية ميل المنحدر الطبيعي	55°
زاوية استقرار الكتل (تكوين نالوت)	90°
متوسط ارتفاع المنحدر المدروس.	4 متر
اتجاه ميل المنحدر الطبيعي	شمال، شمال-25-شرق
زاوية ميل الطبقات الصخرية	2° -10°
اتجاه ميل الطبقات الصخرية	شمال – شمال شرق

وتبلغ مسـاحة منطقة الدراسـة 15000م^2 تقريباً وقطعت منحدرات جبل نالوت لمد مسـار الطريق بطول 2.80كم وأهم الصـخور التي يقطعها مسـار الطريق صخور الحجر الرملي و الحجر الجيري و الدولومايت.

قطعـت منحـدرات الطريق بزاويـة تراوحـت بين (80°-90°)، ولم يتبين في الموقع وجود أي تـدخلات لصخور نارية أو صدوع، ومن عيوب مسار الطريق أن عرضـه يصـل الى 6 أمتار ولا توجد به خندق أو أكتاف تستقبل المواد المنهارة أو مجال لوقوف السيارات بمعنى في حال حدوث انهيار لامجال للإبتعاد أو اتخاذ مسـلك آخر للابتعاد عن الخطر، و بالقياسـات الحقلية تبين أن زاوية ميل منحدرات عضـو يفرن بلغت (55°) وهي تمثل زاوية الاسـتقرار الطبيعية الناتجة عن عمليات التعرية التجوية شـكل (5) ونتيجة لمد مسـار الطريق تغيرت زاوية ميل المنحدر لتصل الى 90° شكل (5)



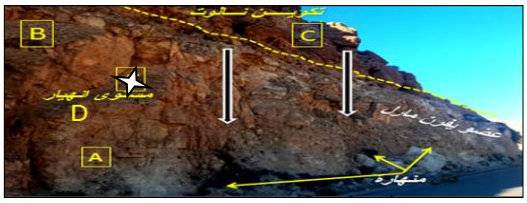
شكل رقـم (5): زوايا ميل المنحدرات بموقع الدراسة.

وما يثار هنا أنه عند قطع المنحدرات لمد مسـار الطريق الجبلي نـالوت لم يتم مراعـاة ومحـاكـاة واقع وطبيعـة الصـخور فالعوامل الطبيعية هي التي جعلت منحدرات منطقة الدراسـة مسـتقرة بزاوية 55°، بينما التدخل البشـري أدى لقطع الصـخور بزاوية بلغت 90° فأدى ذلك لإضـعاف أسفل المنحدرات، وسـاهمت زاوية القطع في تحديد نوع الإنهيار والمؤكد حدوثه السقوط الصخري وقسمت الدراسة الميدانية لجزئين وفق التالي.

1.2: إجراء عمليـة مسح ميدانـي لموقـع الدراسة:

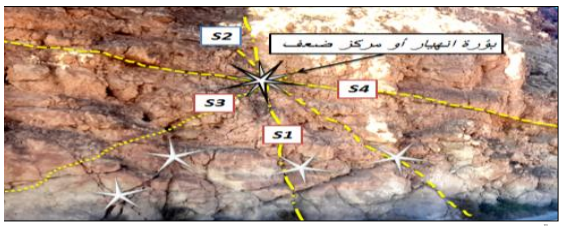
يتكون المكشف المدروس من صخور عضو يفرن مارل شـكل (3) ويمثل الجزء العلوي لتكوين سـيدي الصـيد فموضـع الدراسـة يمثل الحد الفاصـل بين تكوين سـيدي

الصيد وتكوين نالوت، لاحظ شكل (5) وإن وجود خليط من الصفات الصخرية للمارل تجعل منه قابلاً للذوبان والتفتت، فمن أهم مكوناته الكالسيت والطين ويحتوي المارل عادةً ما بين 20٪ - 80٪ طين (mud) أو تكون النسب مابين 80٪ - 20٪ كالسيت ($CaCo_3$) [10]، وعن تأثير التجوية تبين وجود تأثير واضح لتأثير التجوية الكيميائية وابرز شواهدها الحقلية حالات الإذابة ووجود والتكهفات والتي تعتبر من حالات الضعف التي تعتري صخور المارل، ويمثل اللون الغامق في الموضع B بالشكل 6 شاهداً لتأثير التجوية الكيميائية فاللون الأصلي للمارل ابيض مضفر شكل 6 موضع A



شكل رقم (6): صورة للجزء المنهار من المنحدر.

ساهمت الصفة الصخرية للمارل (Yellow Soft Rock) وعملية الإنهيار في فهم طبيعة المكشف قبل الإنهيار إذ تبين كثرة الشقوق العشوائية وأنظمة الفواصل والتي تعتبر من أبرز ملامح التجوية الميكانيكية و شكلت بعض هذه الفواصل مستويات ضعف وانزلاق لاحظ شكل 6 الموضع D واتضح من الدراسة الميدانية ظهور خطر آخر ناتج عن عملية الإنهيار، فبعد حدوث الإنهيار أصبح منحدر المارل مساوي رأسياً لمنحدر الدولومايت وهذا يشكل خطرا جديداً يهدد الطريق فالكتل الصخرية أعلى المنحدر في الموضع C شكل 6 وستصل الطريق مجرد انهيارها لأنها كتل مفصولة تماماً وهي في حالة استقرار نسبي ويبقى انهيارها مرهون بوجود محفز حركة وبخاصة الهطول المطري، وساهمت عمليات قطع الطريق في فهم ميكانيكية وأسباب حدوث الإنهيار ونتيجة لكثرة الشقوق والفواصل التي تنتشر في صخور منطقة الدراسة يمكن قياسها من خلال دراسة الخواص الهندسية لأسطح الشقوق والفواصل وأهم تلك الخواص الميكانيكية والفيزيائية ومن المثير للاهتمام وجود أربع أنظمة للفواصل بمنحدرات صخور المارل تتقاطع هذه الأنظمة في نقطة واحدة لتكون منطقة ضعف أطلق عليها الباحث اسم مركز الضعف (بؤرة الإنهيار) شكل (7) وتنتشر هذه البؤر في مناطق معينة وليس في كامل المكشف ساعدت هذه البؤر في إضعاف الصخور وجعلت المنحدر عرضة للإنهيار في أي لحظة، ويعد وزن الصخور أعلاها البؤر محفز للحركة، وعن سبب ضعف هذه البؤر أن عملية قطع الصخور لمد مسار الطريق خففت الحمل بجانب الطريق فالزاوية الطبيعية 55° تغيرت الى 90° شكل 5 فأدى ذلك لزيادة الحمل وبهذا يكون ارتفاع العمود الصخري ووجود البؤر ومستويات الضعف (الفواصل) سبباً مهماً لحدوث الإنهيار بالإضافة لعمليات التجوية الكيميائية التي ساهمت في إذابة وتوسعة بعض المستويات لتكون من أسباب حدوث ضعف للصخور وأن ما يؤكد تأثير هذه البؤر وتقاطع فواصلها أن عملية الإنهيار حدثت في مارس 2022م والمنطقة لم تتعرض لهطول مطري يذكر ليكون سبباً للإنهيار، والمثير للانتباه أن أنظمة الفواصل (S1-S2-S3-S4-S5) تقاطعت بزاوية بلغت 45° تقريباً شكل 8 وتركزت في الجزء السفلي للمنحدر بينما خلا الجزء العلوي من وجودها وسيتم التطرق لأسباب ذلك لاحقاً.

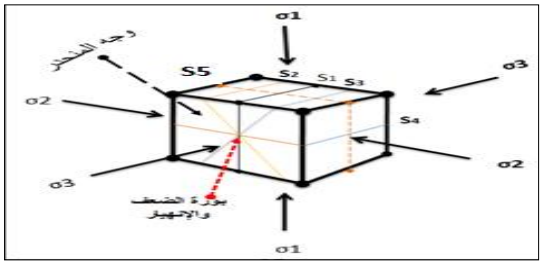


شكل رقم (7): بؤرة انهيار بصخور المارل.

2.2: الخواص الهندسية لأسطح الشقوق الفواصل.

الفواصل (JOINTS) وتسمى أيضًا الكسور الممتدة هي مستويات لايوجد بها أي حركة أو إزاحة ظاهرة وتكون ناتجة عن حركات تكتو نية أو نتيجة عمليات ضغط الصخور الأحمال العلوية أو نتيجة إجهاد الشد وقد يكون ناتجة عن تحرير الضغط الداخلي للصخور

الناتج عن التسـخين والبريد، ويمثل شـكل رقم 8 أنظمة الفواصل التي أجريت عليها القياسات بصخور المارل



شـكل رقم (8): انظمة الفواصل المؤثرة في صخور المارل.

وأهم الخواص الهندسـية لأسـطح الشـقوق والفواصـل يوضحها العرض التالي:

1.2.2:التمـــــوج (*Roughness*): يقصد بـــه شكل سطح الفاصـــل ومنها ثـــلاث أنـــواع رئيسية- أسطح ناعمة (Smooth) أسطـح خشنـة (Very Rough) وأسطـح بيـن ناعمـة وخشنـــة (Rough) [10] وعن تصنيف الفواصل يصفها الجدول رقم (2)

جدول: 2 تصنيف أشكال سطح الشق. [10]

الوصف	النعومة
تشابك متداخل بين سطحي الفاصل برؤوس مدببة	خشن جداً
وجود تشابك مع انقطاعات بدون تشابك	متوسط
السطح ناعم ويمكن تمثيله بورق السنفرة (300).	ناعم

وحقلياً تبين أن الأنظمة الخمسة اتسم أغلبها بتشابك ناعم وهذا أمر متوقع نتيجة للتركيب الصـخري للمارل والذي يوصـــف بـأنـه لين وفي بعض المواضـــع يكون هش وبخاصـة إن ارتفعت نسـبة الطين، وعليه فالتموج الناعم ناجم عن التماثل في التركيب الصـــخري للمارل بالموقع وصـــفة النعومة تعد مؤشـــر خطر للكل الصـــخرية المفصـولة من المنحدر فهي تسـهم في زيادة فعل الحركة وتقليل الإحتكاك وبخاصـة إذا كان محفز الحركة الهطول المطري، مع عـدم تجـاهـل وجود الطين وتخللـه بين الفواصل ليكون عملا آخر لتحفيز الإنهيار.

2.2.2: حجم الفواصل والاستمرارية Continuity :

تصـنف الفواصـل بناءً على امتدادها من كيلومترات الى بضـــعة ســـنتيمترات ، ومن خلال هذه الخاصـــية يمكن التمييز بين الشـــقوق والفواصـــل وتأثيرها على ســـلوك الكتل الصـخرية ويمكن قياس طول الفواصل بشكل دقيق من خلال تتبع امتدادها على الســـطح ومقارنة الذتائج المتحصـــل عليها من جدول (3)، أما حقليا يمكن تميزها إلى نوعين : فواصـــل مســـتمرة وتنتهي بفواصـــل أخرى أو فواصل متقطعة تنتهي بصخور ضخمة، ويزداد تأثير اسـتمرارية الفواصـل وحجمها إذا صـاحبها تعمق داخلي فكلما زاد التعمق ضعفت الكتل الصخرية [11].

جدول:3 تصنيف حجم الفواصل بناءً على امتدادها [12]

الوصف	طول الفاصل
قصيرة جداً	اقل من ا متر
قصيرة	من 1-3 متر
متوسطة الطول	من 3-10 متر

تباينت أطوال الفواصـــل في المكشـــف الصـــخري فقد سجلت الدراسة الميدانية وجود ثلاثة أنواع من الفواصل فوجدت القصيرة والقصيرة جداً ومتوسطة الطول، وكما أشـير في الدراسـة الحقلية عن وجدود خمسـة أنظمة فقد لوحظ وجود عدم امتداد لبعض الفواصـــل كما حدث عند توقف الفاصـــل (s1) وعد امتداده في الأجزاء العليا من المنحدر وأثرت باقي الأنظمة في المكشـــف فكان الناتج كبر حجم الكتل الصـــخرية، وهذا ما يســـفر كبر حجم الكتلة المنهارة في الشـكل رقم (1) إضـافة الى أن الكتلة المنهـارة بحجمهـا الكبير لم تكن بهـا بؤرة انهيـار وإنمـا كانت أســـفلها أي أن الفواصـــل لم تتقاطع وبلغ طول الموضـع المنهار الموازي لمسـار الطريق 20 متر وهو يمثل حجم الفاصـــل (S5) واســـتمرارية مع وجود تعمق داخلي، وخير دليل على وجود تعمق داخلي للنظام تأثير التجوية الكيميائية بلونها الغامق في الموقع المنهار كما أشير لها في الشكل رقم 6 موضع (B)، وعليه وبالرغم من طول المكشـــف الصـــخري والذي بلغ 100 متر وتجانس نو عه الصـــخري فإن جزء من المنحدر فقط تعرض للإنهيار وذلك عائد الى توقف اسـتمرارية النظام (s5) بســـبب قطع اســـتمرارية الفاصـــل من النظامين (s3،s2) فالنظام (s5) هو المســؤول عن عملية فصـــل الكتل المكونة للمنحدر عن الصـــخر الأم ولا يزال هذا

الفاصـــل مســـتمر في باقي المنحدر الثابت واحتمالية الإنهيار واردة في حال وجود محفز، وسبب آخر للثبات أن القوى الأفقيـة المؤثرة في وجـه المنحـدر(3σ) أقـل القوي المؤثرة شكل (8).

3.2.2:المســـــــــافات بين الفواصل Joint Spacing (js)يقصد بها المسافـــــــة بالسنتيمتـــر بين الفاصل والفاصـــل المجاور له، ويعد قياس التباعد مؤشـــر مهم يوضح حجم الكتل الصخرية فكلما تباعدت الفواصل فإن ذلك يعد مؤشـراً على كبر الكتل الصـخرية المفصـولة واقتراب الفواصـــل يعطي دليلاً على صـــغر لكتـل الصـخرية، وهذا ما أثبته الباحث في دراساته على تكوين نالوت وعضـو عين طبي، وتم احتسـاب قيم المسـافة بين الفواصل من المعادلة رقم (1) والتي وردت في المرجع [13]. و باسـتخدامها اسـتخرجت قيم المسـافة بين الفواصل لكل نظام (SET) على حده.

$$Sa = S1 + S2 + S3 + \cdots 1/SN \ldots\ldots (1)$$

حيث أن
Sa = متوسط المسافات بين الفواصل (js) =
S1 المسافـة بيـن الفاصـل الأول والثـاني لنفس النظام
S2 المسافـة بيـن الفاصـل الثاني والثالث لنفس النظام
S3 المسافـة بيـن الفاصـل الثالث والثالث لنفس النظام
n عـدد المسافـــات بيـن الفواصـــل

واسـتخدمت المعادلة رقم (2) لإيجاد قيم المتوسـط العام للمسافة بين الفواصل لجميع الأنظمة بعد استخراج القيمة لكل نظام على حدة (S1,S2,S3,S4,S5,) من المعادلة رقم (1) وتوصف النتائج المتحصل عليها من الجدول 4

جدول:4 تصنيف المسافة بين الفواصل (js). [14]

الوصف	Description	cm
متباعدة للغاية	Extremely wide spaced	<200
متباعدة	Widely spaced	60 - 200
معتدل	Moderately wide spaced	20 - 60
مغلق قليلا	Closely spaced	6 - 20
مغلق	Very closely spaced	2 – 6
مغلق جداً	Extremely closed spaced	>2

وأجريت القياســـات على المنحدرات الموازية للطريق على خط مسـح طوله 100 متر وبتطبيق المعادلة رقم 2 تبين أن المارل في الجزء الســفلي اتســم بتقارب أنظمة الفواصـــل بمتوســـط قيم بلغت (35cm) بتصـــنيف (Moderatelywidespaced) جدول 4، والجدير بـالذكر والاهتمام أن قيم المســـافة بين الفواصـــل بلغت أقل من (1cm) بتصنيف (Extremely closed spaced) في بؤر الضـــعف والانهيار، وســبب ذلك تقاطع الأنظمة الأربع (S4،S3،S2،S1)، ولم تختلف الأجزاء العليـا في قيم المســـافة بين الفواصـــل فبلغ متوســـط قيمها (50cm) بتصـــنيف (Moderatelywidespaced) أما الأجزاء العليا تميزت بعدم استمرارية الفواصل وبخاصة النظام (s1) وفاعلية النظامين (s2,s3) وبلغت قيم المســـافة بين الفواصـــل (180 cm) وبتصـــنيف (widely spaced) وهذا مايفســـر وجود كتل صـــخرية انهارت بحجم كبير شكل (1).

4.2.2:الانفصـــــــــــال Separation. ويقصد به مقدار انفـــصال الكتلة أو أجزاء منها عن الكتلة الأصلية [15]. وتم قياس اتسـاع الفواصـل لصـخور المارل وقيمت القياسات من التصنيف الوارد بالجدول 6.

جدول (6) تصنيف الانفصال بناء على قياسه [15].

مقدار الانفصال	Descriptive	الوصف
أكبرمن 200 ملم	Wide	واسع
60-200 ملم	Moderately wide	متوسط الاتساع
20-60ملم	Moderately narrow	متوسط الضيق
6-20 ملم	Narrow	ضيق
2-6 م	Very narrow	ضيق جداً
0 – 2 mm	Extremely narrow	ضيق للغاية
Zero	Tight	مغلق بالكامل

وتنجم الفواصـــل إما عن قوى قص أو شـــد شـــكل (8) ويعـد كثرة أنظمـة الفواصـــل (S4،S3،S2،S1) واتجاهاتها دليلا على التأثير الواضـــح لتأثير إجهادات ناشئة عن عدة قوى أثرت على صخور المارل، مع أخذ العلم أن القوى المؤثرة في النظام (S5) هي أضـــعف قوى وهذا النظام هو المسؤول عن انفصـال كتل المارل من المصدر ومسألة حدوث انهيار كالذي حصل مرهونة بوجود محفز الحركة أو انهيار بؤر الضـــعف أســفل في الأجزاء الســـفلى للمنحدر وبالرغم من اختلاف انظمة الفواصل في الاتجاه والقوى المؤثرة فإن اتساع الفواصل

بلغ متوسطه العام لجميع الأنظمة (55mm) بتصنيف عام متوسط الضيق (Moderately narrow).

5.2.2:جود الكتلة الصخرية.

(**Rock QualityDesignation**) (**RQD**) جودة هو مؤشر يصف متانة الكتل الصخرية ويتم قياسها بطرق منها جهاز القطع لاخذ عينات (core) في الأماكن التي يمكن استخدام الجهاز فيها أما على منحدرات منطقة الدراسة ولصعوبة استخدام الجهاز و نقله فقد اتبع القياس المباشر بإستخدام المعادلة رقم (2) [16]

$$RQD = 115 - 3.3(JV)....(2)$$

وجاء اعتمادها لعدة اعتبارات منها: أنَّ القراءات والنتائج تمنح وصفاً وافياً كافياً لمتانة المكاشف الصخرية ولأن النتائج تأخذ في اعتبارها تعمق الفواصل بالكتلة الصخرية وتبرز تأثير الفواصل والشقوق غير المرئية معتمداً فيها على حجم الفواصل (JointsVolumetric) (jv) وتوصف النتائج المتحصل عليها من الجدول رقم (7) وتعد (Jv) مؤشراً على الكيفية التي من المحتمل أنْ تتصرَّف بها المكاشف الصخرية، ونتيجة لوجود شقوق عشوائية (Nr) حسبت قيم (Jv) ومساحة القطاع المدروس (A) وفق المعادلة رقم (3) [17]، وبالنسبة لقيم (S4،S3،S2،S1) هي ذات القيم المتخرجة من المعادلة (1).

$$\boldsymbol{JV = 1/S1 + 1/S2 + 1/S3 + .. 1/SN + NR/5\sqrt{A}} \quad (3)..$$

جدول: 7 وصف متانة الكتلة الصخرية [18]

نسبة المتانة %	RQD %	الوصف.
90 – 100	Very Good	ممتازة.
75 – 90	Good	جيدة.
50 – 75	Fair	ضعيفة.
25 – 50	Poor	سيئة
25<	Very Poor	سيئة للغاية.

بلغت مساحة القطاع المدروس300 متر^2 وبحساب قيم المتانة تبين أن المتوسط العام لقيم (RQD) في الأجزاء السفلى بلغت (65 %) بوصف عام (Fair) جدول 7 وازداد المؤشر في إثبات الضعف عند أخذ القياسات في بؤر الضعف والانهيار ليصل الى (20%) بتصنيف (Very Poor) أما في أعلى القطاع المدروس بلغت قيم (RQD) (79 %) بوصف عام (Good) جدول رقم 7 وهذا التصنيف ناتج عن تباعد الأنظمة مما يعطي مؤشراً قوياً على أن انفصال الكتل الصخرية سيكون بحجم كبير، ويمكن ملاحظة حجم بعض الكتل التي انهارت من الجزء العلوي شكل رقم (1) وبلغ المتوسط العام للمكشف ككل (54.6%) بوصف عام (Fair).

3.الخاتمة.

من خلال دراسة مكاشف صخور عضو يفرن مارل الموازية للطريق الجبلي نالوت والتي يبلغ امتدادها 100 متر تبين وجود تأثير واضح لأنظمة الفواصل والشقوق على صخور المارل، وهذا ما أثبت بالدراسة الميدانية ودراسة الخواص الهندسية لأسطح الشقوق والفواصل، وفي العموم يمكن القول أن صخور المنحدر في حالة ضعف نتيجة كثرة وتأثير الفواصل الشقوق العشوائية، وبالإشارة للدراسة المعنونة (دراسة تأثير التغير في كمية المياه على ثبات منحدرات موقع عين تالة الموازية للطريق الجبلي نالوت)، فقد اهتمت بدراسة المنحدرات التي يستقر عليها الطريق ولم تتطرق للمنحدرات الموازية للطريق بالتحليل وإنما جاء فيها بأن المنحدرات الموازية للطريق تبدو ثابتة ولا يتوقع حدوث أي حركة عليها، وهذا نفته الدراسة الحالية وبذلك يمكن اعتبار هذه الدراسة مكملة للدراسة المذكورة آنفاً.

4. التوصيات

1- ضرورة العمل على تخفيف زاوية القطع من 90°الى 55° مع إزالة الكتل المفصولة والآيلة للإنهيار التي تتوضع أعلى المنحدر مع تجنب الحركة على مسار الطريق أثناء الهطول المطري.
2- يجب العمل على إحداث توسعة بالموقع بإزالة صخور عضو يفرن مارل وتكوين نالوت.
3- ضرورة مراقبة حالة الفواصل والشقوق وحالة المكشف الصخري بشكل مستمر ولفترات متقاربة

وتسجيل أي حالة انهيار متوقعة أو تسجيل أي تغير في حالة صخور المكشف.

5. المراجع

[1] أبوالقاسم الأخضر، وآخرون، دراسة تأثير التغير في كمية المياه على ثبات منحدرات موقع عين تالة الموازية للطريق الجبلي نالوت شمالي غرب ليبيا، المؤتمر الثالث للعلوم التطبيقية - المعهد العالي للعلوم والتقنية الأصابعة – ليبيا، 2021/11/6.

[2] HUNT, Roy E. *Geotechnical engineering investigation handbook*. Crc Press, 2005. *CRC Press*, pp. 329-330.

[3] CUNDALL, P. A., et al. onsiderations on slope stability in a jointed rock mass. In: 50thUS Rock Mechanics Geomechanics ymposium. OnePetro, 2016.

[4][[ALAKHDAR, Aboalgasem;.Amhemed ALI., Stability Study Of Sandstone Slope Parallel To The Abu Rashada Mountain Road In Gharyan Area - NW Libya. *Journal of Pure & Applied Sciences*, *21*(4),2022. 104–110

[5] GUAN, Zhecun; WANG, Ling; BAE, Jinhye. Advances in 4D printing of liquid crystalline elastomers: materials, techniques, and applications. *Materials Horizons*, 2022.

[6] Khalifa Abdunaser., et al. The Geologic Contribution To The Mountain Slopes Instability And Its Effect On Rockfall Hazards. A Case Study To The Zintan Road, Jabal Nafusah, Libya, paper within the activities The Fifth Conference for Engineering Science and Technologies (CEST 2022) Jadu – Libya,20-22, 2022

[7] CELLEK, Seda. Effect of the slope angle and its classification on landslide. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 2020,pp 1-23

[8] DORREN, Luuk KA. A review of rock fall mechanics and modeling preaches. Progress in Physical Geography, 2003, 27.1: 69-87.

[9] KAFLE, Jeevan, et al. Dynamics of landslide-generated tsunamis and their dependence on the particle concentration of initial release mass. European Journal of Mechanics-B/Fluids, 2023, 97: 146-161

[10]. CAI, M., et al. Estimation of rock mass deformation modulus and strength of jointed hard rock masses using the GSI system. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2004, 41.1: 3-19

[11] ALAKHDAR, Aboalgasem; and Mansur ,Ali., Evaluation of the stability of the rock masses on the slopes adjacent to the mountain road Zintan (NW Libya) JOPAS Vol17 No.,1, 2018. pp.485-556

[12]http://www.rockmass.net/files/observation_joints.pdfReference: A. Palmstrom, RockMass.net

[13] HASHEMI, Mahmoud; MOGHADDAS, Sh; AJALLOEIAN, R. Application of rock mass characterization for determining the mechanical properties of rock mass: a comparative study. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2010, 43: 305-320.

[14]DAFALLA, Dafalla Siddig; MALIK, Ibrahim Abdel Gadir. Evaluation of Structural Geology of Jabal Omar. *Evaluation*, 2015, 11.01: 67-72.

[15]PALMSTROM, Arild. Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD). *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2005, 20.4: 362-377.

[16]LUCIAN, C.; WANGWE, E. M. The usefulness of rock quality designation (RQD) in determining strength of the rock. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 2013, 2.9: 36-40

[17]BELL, Frederic Gladstone. *Engineering geology*. Elsevier, 2007.

[18]SONMEZ, Harun; ERCANOGLU, Murat; DAGDELENLER, Gulseren. A novel approach to structural anisotropy classification for jointed rock masses using theoretical rock quality designation formulation adjusted to joint spacing. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2022, 14.2: 329-345.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة تأثير إضافة الألياف الفولاذية المستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة على الخواص الميكانيكية للخرسانة العادية

سعاد ابوالقاسم سالم تليش[1] ، نور فرج السريتي[2]، عادل الأمين أحمد[2]
[1]استاذ مساعد / جامعة صبراته ، رقدالين، ليبيا
[2]جامعة صبراته ، رقدالين، ليبيا
sosoly2015@yahoo.com[1]

الملخص:

تعتبر الخرسانة بطبيعتها الفيزيائية والميكانيكية من المواد غير المتجانسة، حيث تتصرف مكوناتها والأسلاك الفولاذية ضمنا كمجموعة من المكونات الجزئية وفق قوانينها الفيزيائية والميكانيكية الموضعية وشروطها الحدية الخاصة حيث تحتوي إطارات السيارات على (14-15)% من وزنها أليافا فولاذية، يعتبر استخدام الألياف في مواد البناء لتحسين سلوكها مفهوما قديما ومعروفا، لذلك تستخدم في العصر الحديث مجموعة من الألياف لتحسين خصائص المواد الهندسية مثل قوة الشد والضغط ومعامل المرونة ومقاومة التشققات والتحكم بها والديمومة ومقاومة الصدم وتحسين الخصائص الحرارية ومقاومة الحرائق. يأتي هذا البحث ضمن منظور توظيف البحث العلمي ونتائجه التطبيقية في عملية تنمية المجتمع، حيث يسلط الضوء على مدخل لاستثمار أحد مواد النفايات (الألياف الفولاذية المعاد تدويرها من الإطارات المطاطية المستهلكة) لإنتاج خرسانة نوعية. اهتمت الأبحاث باستخدامها في الخرسانة، حيث ان امكانية استخدامها في ليبيا هو موضوع لم يدخل حيز الدراسات أو التطبيق العملي لذلك فان الدراسات حول هذا الموضوع مازالت واعدة وفي مراحل مبكرة مما شكل حافزا لإجراء البحث، وفي سبيل اعطاء قيمة مضافة للأبحاث الجارية لاسيما استخدام الاضافات للخرسانة حيث استخدمت ألياف بأطوال مختلفة (15-60)مم وبقطر0.1 مم وبنسب حجمية (0.5،1،1.5)% واختبرت الخرسانة في الحالة اللدنة والمتصلدة (مقاومة الضغط والشد الغير مباشر والكثافة) لعمر(28،7) يوم، بينت النتائج تحسنا في خصائص الخرسانة بالإضافة الى زيادة في مقاومتها للضغط والشد بزيادة نسب المزج بالألياف مقارنة مع الخلطة المرجعية، ولذلك يتم استعمالها في تطبيقات هندسية عديدة مثل رصف المهابط في المطارات وأرضيات المعامل والمنشآت المائية نظرا لمقاومة هذه الخرسانة للتآكل بسبب جاريان الماء وغيرها من التطبيقات.

الكلمات المفتاحية: (الخرسانة العادية، الألياف الفولاذية ، قابلية التشغيل، الخصائص الميكانيكية).

1. المقدمة

تعتبر الخرسانة مادة غير متجانسة حيث انها تحتوي على ركام خشن وناعم موزع عشوائيا ضمن العجينة الإسمنتية مما يجعل سلوكها يختلف كثيرا عن سلوك المواد المتجانسة كالمعادن، تصنف الخرسانة كمادة هشة ذات مقاومة ضعيفة على الشد ولها سعة تشوهات قليلة وذات متانة منخفضة، يتشكل التسليح التقليدي للخرسانة من قضبان تسليح مستمرة في أماكن محددة لمقاومة تأثيرات الشد والقص فمنذ العام 1960 بدأت الأبحاث لاستخدام الألياف كنوع آخر من التسليح في الخرسانة والألياف هي عناصر منقطعة غير مستمرة موزعة عشوائيا ضمن الخلطة الخرسانية فتستخدم للخرسانة عدة أنواع من الألياف منها الطبيعي والصناعي والمعدني.

من الناحية الصناعية هي خرسانة معززة بالألياف المعدنية تحمل من المواصفات الميكانيكية ما يسمح باستخدامها في تطبيقات هندسية متعددة، حيث سالمتها الإنشائية مشروطة بمطاوعتها العالية نسبيا، ومن الناحية الاقتصادية هي

مدخل لإنتاج خرسانة تلبي في بنائها وتشكيلها معيار التوفير في كلفة الإنتاج على مستوى الإنفاق الخاص والإنفاق العام كما أظهرت الأبحاث أن استخدام الألياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة في الخرسانة يطور سلوك الانكسار لاسيما فيما يتعلق بالمتانة وسلوك الخرسانة بعد التشقق، وهكذا فإن استخدام هذه الألياف يؤمن فوائد إضافية مثل الكلفة المنخفضة للمواد الخام والاستفادة منها، بالإضافة إلى التخلص من النفايات الصلبة .أما أهم تطبيقات الخرسانة المعززة بالألياف المعدنية المعاد تدويرها فأظهرت الدراسات إمكانية استخدامها في مجالات متعددة منها (أرضيات المعامل للحد من الأضرار الناجمة عن الاهتراء والصدم، أساسات الآلات للحد من الأضرار الناجمة عن الاهتزازات والأحمال الديناميكية، انشاء الطرق ومهابط المطارات كطبقة تغطية للحد من التشققات).

تتمثل مشكلة البحث بان الزيادة الهائلة في اعداد السيارات ولدت مشاكل مختلفة ومن أهمها التلوث البيئي الناتج من احتراق ملايين الاطنان من نفايات الإطارات المستهلكة والتي ولدت العديد من الغازات الكيماوية السامة التي تشكل خطر كبير.

تتمثل أهمية البحث في الحصول على أفضل خصائص للخرسانة العادية وذلك بأجراء الاختبارات اللازمة لها على حسب المواصفات المتبعة في البحث، وكذلك التخلص من التلوث الناتج من الإطارات المستهلكة والحصول على خرسانة صديقة للبيئة ذات خصائص عالية.

يهدف البحث للتعرف على توظيف أبعاد التنمية المستدامة والتقليل من التلوث والأثر البيئي الناتج عن الإطارات المستهلكة وقد اثبتت الدراسات ان افضل الطرق لتحقيق التنمية المستدامة هي(إعادة التدوير)، وكذلك تطوير وسائل لتحويل مخلفات الإطارات المستهلكة لمواد مفيدة.

مع بداية القرن العشرين كانت الخرسانة تجاهد لكي تقف بين مواد البناء الأخرى وكانت مقاومة الضغط تصل الى $140Kg/m^2$، وتعتبر قيمة كبيرة ولها اعتبارها، أكدت عدة دراسات ان هناك كميات كبيرة ومتنوعة من النفايات الصلبة وبالإمكان استعمالها كعامل مزدوج أي لتحسين خواص الخرسانة حيث اثبتت نتائج الدراسات التي أجريت لغرض دراسة تأثير إضافة الألياف على الخواص الميكانيكية للخرسانة أن إضافتها أدى إلى زيادة مقاومة الضغط و الشد بنسب وصلت إلى (25،75،80)% علي التوالي[1-3].

قام الباحث [4] بدراسة تأثير إضافة ألياف الحديد على سلوك تشقق الانحناء في الكمرات الخرسانية حيث اختبرت عينات ذات ابعاد(100×200×1000) مم اظهرت النتائج مدى التأثير الإيجابي لإضافة هذا النوع من الالياف على تقليل عدد التشققات واتساعها في منطقة الانحناء بالإضافة الى زيادة حمل التشقق الأول و تقليل قيم الترخيم. اما الباحث[5] قام بدراسة سلوك الانحناء للكمرات الخرسانية المسلحة بألياف الحديد حيث أظهرت النتائج حدوث زيادة من 30% الى 200% في مقاومة الانحناء و المتانة و ذلك عند إضافة الياف الحديد بنسبة حجمية بمقدار0.5% ،0.75% على التوالي، كما قام الباحث[6] باختبار الضغط على عينات مكعبية 150مم، وعينات اسطوانية 150×300مم، والياف فولاذية معكوفة بطول22 مم ومقاومة شد (350-400) ميغا باسكال ونسبة نحافة 40 وبنسب مزج حجمية(1-6)، (1-3)% بالإضافة الى عينات مرجعية، حيث أظهرت النتائج إن إضافة الألياف بنسبة1% تزيد من مقاومة الضغط مقاومة الشد. اجري الباحث[7] بجامعة شيفيلد البريطانية اختبار على عينات مكعبية مسلحة بألياف فولاذية وفقا للمواصفة البريطانية(BS121996) حيث استخدمت خمس أنواع من الألياف الفولاذية منها مستخرج من اطارات السيارات المستهلكة وألياف فولاذية تقليدية بنسب ألياف وزنية تتراوح من (0.5،6)% بينت النتائج زيادة في المقاومة للعينات المسلحة بها، كما أدى إضافة الألياف الى نقصان هبوط المخروط من 200مم الى 140مم لنسبة ألياف6% وزنا.

قام الباحث[8] بتجارب على عينات خرسانية بنسبة اسمنت $350Kg\backslash m^3$ ومسلحة بألياف من اطارات السيارات

المستهلكة بالطريقة الجرارية وازدادت المقاومة من (31.63 الى 39.68)ميغا باسكال أي بمقدار 21%لنسبة ألياف% 0.46 حجما، أما هبوط المخروط فقد انخفض من 215 الى 210 مم، بالمقابل فإن البحوث التي قام بها كل من الباحثين [9]،[10] فقد بينت أن إضافة الألياف له تأثير محدود على مقاومة الخرسانة. أما الباحث [11]فقد قام بتحليل تأثير نسبة الألياف وأطوالها وتوصل الى انه فيه زيادة ملحوظة، قام الباحث [12] باختبارات على ألياف فولاذية لاطارات السيارات المستهلكة بطريقة الحرق باطوال (20،40،60) مم وبنسب اسمنت (340،430،550) $kg\backslash m^3$ ، ازدادت مقاومة الخرسانة بنسب مختلفة وفقا لنسب مزج الألياف وطولها وبعضها أعطى مقاومات اقل من العينات المرجعية حوالي 1%و وصلت أكبر زيادة في المقاومة الى 11.77% للخلطة بنسبة اسمنت 340 $kg\backslash m^3$ وألياف بنسبة 1.5 %وبطول 40 مم.

2. البرنامج العمـــــــــــلي

اعتمدت الدراسة المعملية في البداية على إجراء اختبارات المواد الأولية ثم إجراء خلطات تجريبية للوصول إلى خلطة ذات خواص جيدة سواء في الحالة اللدنة أو المتصلدة.

1.2 المواد المستخدمـــــــة:

استخدمت المواد المحلية لتنفيذ الخلطات الخرسانية وفيما يلي يتم التعرف على خواص هذه المواد:

الإسمنت: استخدم الإسمنت البورتلاندي العادي المنتج محلياً (مصنع زليتن) يبين الجدول (1)خواص الاسمنت.



الشكل(1) يوضح شكل الاسمنت المستخدم

الجدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	المواصفة
نسبة الماء القياسية	%29	-	[13]
زمن الشك الابتدائي	155 دقيقة	لا تقل عن 45 دقيقة	[14]
زمن الشك النهائي	290 دقيقة	لا تزيد عن 10 ساعات	
نعومة الإسمنت	%8	الحد الأقصى للمتبقي على منخل 170 (%10)	[15]
مقاومة الضغط للمونة 3 أيام	23.09 MPa	لا تقل عن 21MPa	[16]
مقاومة الضغط للمونة 28 يوم	39.91 MPa	لا تقل عن 39MPa	
ثبات الحجم للإسمنت	0	لا تزيد عن 10mm	[17]

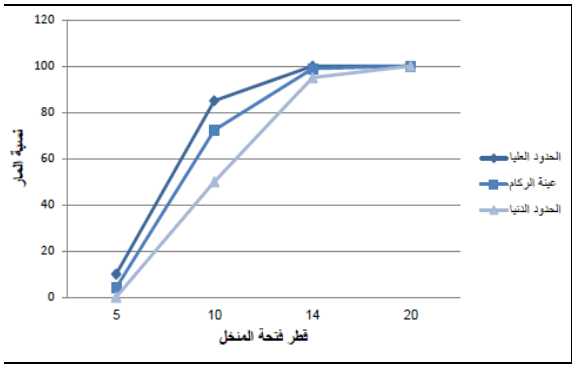
الركام الخشن: استخدم للدراسة ركام خشن متدرج مقاسه الاعتباري الأكبر(20mm) تم جلبه من منطقة رأس اللفعة[18]. يوضح الجدول(2) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم ويوضح الشكل (1)منحنى التدرج الحبيبي للركام الخشن.

الجدول(2) يبين ملخص لنتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الخشن.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	مواصفة الاختبار
الوزن النوعي	%2.57	2.7-2.5	المواصفة الليبية [19]
نسبة الامتصاص	%2.6	لا تزيد عن %3	
معامل الصدم	%9.76	لا يزيد عن %45	المواصفة الليبية [20]
معامل التهشيم	%20.46	لا يزيد عن %45	المواصفة الليبية [21]
نسبة الطين و الطمي	%2.88	لا تزيد عن %4	المواصفة الامريكية [22]
وزن وحدة الحجوم	1589.3 Kg/m^3	1400-1800Kg/m^3	المواصفة الليبية [23]



الشكل(2) يوضح اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن

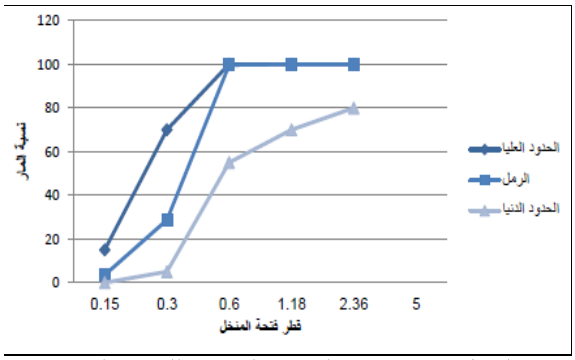


الشكل(3) منحنى التدرج للركام الخشن

الركام الناعم: استخدم للدراسة ركام ناعم (الرمل الطبيعي) تم إحضاره من منطقة زليتن، وتم إجراء العديد من الاختبارات لهذه العينة من الرمل. يوضح الجدول(3) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام المستخدم بينما يوضح الشكل (4) منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم وحدود المواصفة.

الجدول (3) نتائج الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للركام الناعم.

الاختبار	النتيجة	حدود المواصفة	مواصفة الاختبار
الوزن النوعي	%65.2	2.7-2.6	المواصفة الليبية [19]
نسبة الامتصاص	%0.967	لا تزيد عن 3%	
نسبة المواد الناعمة	%2	لا تزيد عن 3%	المواصفة الأمريكية [22]
وزن وحدة الحجوم (كجم/م^3)	1746.5	1400-1800	المواصفة الليبية[23]



الشكل(4) منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم

ماء الخلط: استخدم لتنفيذ الخلطات الخرسانية ماء اعتيادي خالي من المواد العضوية (ماء شرب)، المواصفة [24].

الإضافات الكيميائية: تم استخدام نوع واحد من الملدنات الفائقة (Super plasticizer) كإضافة كيميائية من إنتاج شركة (SIKA) واسمها التجاري (Sikament-163)، وهي عبارة عن مادة سائلة تستعمل كإضافة عالية الكفاءة لخفض محتوى الماء وكعامل ملدن قوي يزيد قابلية التشغيل بدرجة فائقة لإنتاج نوع من الخرسانة ذات جودة عالية في المناخ الحار ويؤدي التأثير المزدوج لمادة السيكامنت الى تحسين سرعة التصلد وزيادة الاجهادات المبكرة كما موضح بالشكل(5).



الشكل(5) الملدن Sikament-163

الألياف الفولاذية:

استخدم في هذه الدراسة الألياف الفولاذية المستخرجة من إطارات السيارات المستهلكة الموردة من شركة شبام لتدوير الإطارات التالفة بمنطقة مصراته. تم استخدام اطوال مختلفة (15-60)مم وقطر 0.1 مم بنسب حجمية (0.5،1،1.5)% الشكل(6) يوضح شكل الالياف الفولاذية.



الشكل (6) يوضح شكل الالياف الفولاذية

2.2 تصميم الخلطات الخرسانية:

استخدمت الطريقة الحجمية لتصميم جميع الخلطات الخرسانية لهذه الدراسة [25] ، وذلك باستخدام مواد محلية

وملـدن فـائق ويوضـــح الجـدول (4) اوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات.

الجدول(4) يوضح أوزان المواد المستخدمة لتنفيذ الخلطات

رقم الخلطة	w/c	الماء Kg/m	الاسمنت Kg/m	الركام		نسبة الألياف الفولاذية %	الملدن %
				الركام الخشن	الركام الناعم		
1	0.42	168	400	1080.97	743.08	0	-
2	0.42	168	400	1080.97	743.08	0.5	-
3	0.42	168	400	1080.97	743.08	1	-
4	0.42	168	400	1080.97	743.08	1.5	-
5	0.42	168	400	1080.97	743.08	0	1.2
6	0.42	168	400	1080.97	743.08	0.5	1.2
7	0.42	168	400	1080.97	743.08	1	1.2
8	0.42	168	400	1080.97	743.08	1.5	1.2

3.2 الخلط والصـب والمعالجة للخرسـانة : تعتبر عملية تجهيز المواد وخلطها أمراً مهماً جداً بالنسـبة للخرسـانة، حيث ان التفاوت في أعمال الخلط والصـــب وغيرها من الإجراءات يترتـب عنـه اختلاف في الحـالـة اللـدنـة والمتصـلدة للخرسـانة، ويوضـح الشـكل (7) العينات بعد صبها ومعالجتها.



الشكل(7) يوضح العينات بعد صبها ومعالجتها.

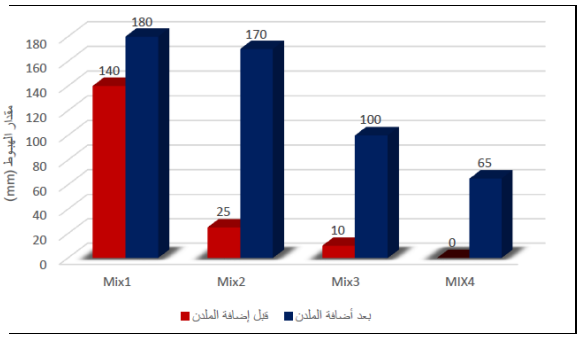
4.2 اختبارات الخرسانة

1.4.2 اختبارات الحالة اللدنة

تم اجراء اختبار الهبوط (slump test) على الخرسانة لقياس خاصية قوام الخلطة الخرسانية وذلك لتعيين مدى هبوطها والتأكد من نسب مكونات الخلطة الخرسانية، الشكل(8)،(9) يوضح طريقة الاختبار والنتائج.



الشكل (8) طريقة قياس الهبوط للخلطات.



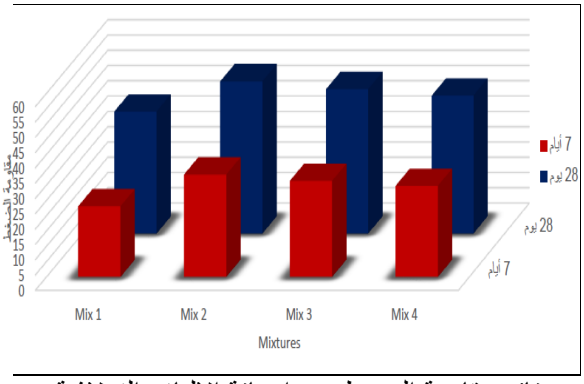
الشكل(9) نتائج اختبار الهبوط مقارنة بالخلطة المرجعية

2.4.2 اختبارات الحالة المتصلدة

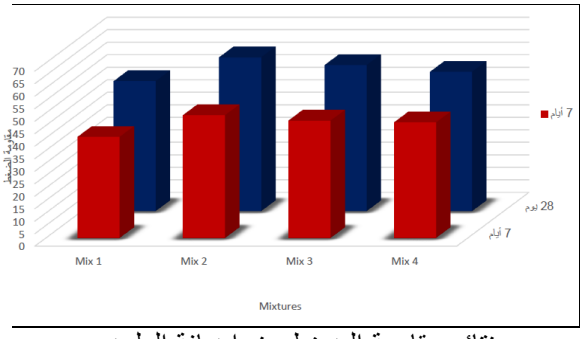
اختبار مقاومة الضغط: تعتبر مقاومة الضغط من أهم المتطلبات الأساسية للخرسانة، حيث تم إجراء الاختبار طبقاً للمواصفات البريطانية [19]على عينات مكعبة ذات أبعاد (150×150×150)ملم، وتم اختبارها عند أعمار (7-14-28) يوم، يوضح الشكل(10)،(11) طريقة اختبار مقاومة الضغط والنتائج المتحصل عليها.



الشكل(10) يوضح طريقة اختبار مقاومة الضغط



نتائج مقاومة الضغط عند إضافة الالياف الفولاذية



نتائج مقاومة الضغط عند إضافة الملدن

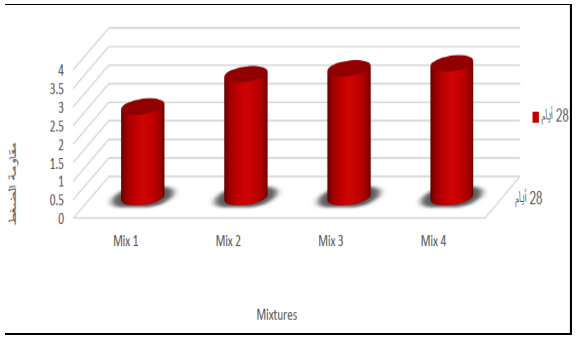
الشكل(11) يوضح مقاومة الضغط بالمقارنة بالخلطة المرجعية عند عمر (7-14-28) يوم

اختبار الشد غير المباشر(الطريقة البرازيلية):

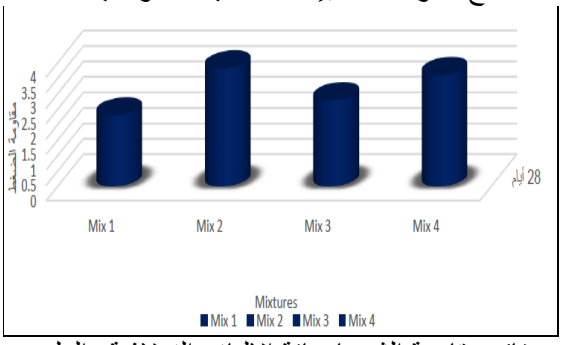
أجرى الاختبار على عينات اسطوانية الشكل ذات أبعاد(150×300)ملم، وتم اختبارها لعمر28 يوم وذلك لمعرفة مقاومة الشد للخرسانة بإضافة الالياف الفولاذية، الشكل(12)،(13) يوضح طريقة اختبار مقاومة الشد ونتائجه مقارنة بالخلطة المرجعية.



الشكل(12) اختبار مقاومة الشد للاسطوانات



نتائج مقاومة الشد بإضافة الالياف الفولاذية فقط



نتائج مقاومة الشد بإضافة الالياف الفولاذية والملدن

الشكل(13) نتائج اختبار مقاومة الشد بالمقارنة بالخلطة المرجعية

اختبار الكثافة: تم اجراء هذا الاختبار على الخرسانة والحصول على نتائج الاختبار كما موضح بالجدول(5)

الجدول(5) يوضح نتائج اختبار الكثافة للخلطات الخرسانية

Samples (Num)	Steel Fiber %	Plasticizer %	Operating age	Weight (Kg)	Density ($Kg\backslash m^3$)
MIX 1	0.0	%1.2	7	8231.5	2.43
			28	8365	2.48
MIX 2	%0.5	%1.2	7	8608	2.55
			28	8721	2.58
MIX 3	%1	%1.2	7	8537	2.53
			28	8417	2.5
MIX 4	%1.5	%1.2	7	8483	2,51
			28	8382	2,5

3. الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة نستنتج الاتي:

1. لوحظ تناقص في اختبار الهبوط كلما زادت نسب المزج بالألياف لذلك تم استخدام الملدنات لتحسين قابلية التشغيل.
2. إضافة الملدن يضفي تأثيرات إيجابية على الخرسانة الطرية مثل زيادة الهبوط دون الحاجة الي كمية ماء إضافية وتقليل نسبة (W\C) لقيمة هبوط ثابتة، وتحسين قابلية التشغيل وتسهيل عملية الضخ للخرسانة.
3. ان سلوك الخرسانة المسلحة بألياف الحديد يماثل سلوك الخرسانة المسلحة بالألياف الفولاذية من حيث تحسن مقاومة الضغط ومقاومة الشد مقارنة بدراسة الباحث[5] مما يبرر اضافة هذه الألياف للخرسانة.
4. زادت مقاومة الضغط بزيادة نسب الألياف مقارنة بالخلطة المرجعية حيث وصلت المقاومة الى MPa 49.73 عند إضافة الياف بنسبة 0.5% للخلطة.
5. ان اعلي مقاومة ضغط للخرسانة تم الحصول عليها عند إضافة الالياف والملدن معا حيث سجلت المقاومة 61.47MPa عند عمر 28 يوم.
6. تزداد مقاومة الشد للخرسانة بإضافة الالياف مما يؤدي الي منع حدوث تشققات الانكماش.
7. إضافة الألياف الفولاذية أدت إلى زيادة كثافة الخرسانة لجميع نسب الألياف مقارنة بالخلطة المرجعية.
8. زيادة نسبة الألياف الفولاذية إلى 1.5% لها تأثير على انخفاض مقاومة الضغط للعينات .
9. استخدام الالياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة يؤمن فوائد إضافية مثل الكلفة المنخفضة للمواد الخام والاستفادة منها بالإضافة الي التخلص من النفايات الصلبة.

4. التوصيات

من خلال نتائج البحث والاطلاع على الدراسات والبحوث التي تخص الدراسة نوصي بما يلي:

1. اجراء بحوث مستقبلية بإضافة نسب اخرى من الالياف الفولاذية المستخرجة من الإطارات المستهلكة وبأحجام مختلفة الى الخرسانة.
2. اجراء اختبارات اخرى على الخرسانة مثل (مقاومة الانحناء، التوصيل الحراري) وغيرها من الاختبارات.
3. نوصي بدراسة سلوك تأثير الألياف الفولاذية على سلوك الانحناء في الكمرات الخرسانية.

5. الشكر

الحمد لله على توفيقه.. نتقدم بجزيل الشكر لادارة مصنع شبام لتدوير الاطارات التالفة بمدينة مصراته على حسن تعاونهم وتشجيعهم.

6. المراجع

1. ACI COMMITTEE 544. Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.4 R-09). American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan,2009 .
2. THOMAS,job; RAMASWAMY, Ananth. Mechanical properties of steel fiber-reinforced concrete. journal of materials in civil engineering,2007,19.5;385-392 .

3. SOUTSOS, M.N.; LE, T.T; LAMPROPOULOS, A.P, Flexural performance of fiber reinforced concrete made with steel and synthetic fibres. Construction and building materials, 2012 , 36 ;704 – 710
4. ABDALKADER, Ashraf; ELZAROUG, Omer; ABUBAKER, Farhat. Flexural cracking behavior of steel fiber reinforced concrete beams, international journal of scientific & technology research, volume 6, issue 08,2017,273-27 .
5. KANG, Thomas HK, et al. shear-flexure coupling behavior of steel fiber – reinforced concrete beams. ACI structural journal, 2012, 109.4.
6. BENCARDINO, F., RIZZUTI, L., SPADEA, G. Experimental tests vs. theoretical modeling for FRC in compression. In Proc. 6th Int. Conf. on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures - FraMCoS-6, Catania, Italy, 2007.
7. TLEMAT, H., PILAKOUTAS, K., NEOCLEOUS, K. Stress-strain characteristic of SFRC using recycled fibers, Materials and Structures, (2006), 39 (3), pp. 365-377 .
8. AIELLO; LEONE: steel fibers from waste tires as reinforcement in concrete:amechanical characterization. department of innovation engineering, university of salento, via monteroni, 73100, lecce, Italy .
9. OLIVITO R.S., ZUCCARELLO F.A. "An experimental study on the tensile strength of steel fiber reinforced concrete", Composites Part B: Engineering, (2010)41 Issue 3, 246-255.
10. BURATTI N., MAZZOTTI C., SAVOIA M.,"Post-cracking behavior of steel and macro synthetic fiber-reinforced concretes", Construction and Building Materials, (2011), 25 Issue 5,2713-2722.
11. MOHAMMADI Y., SINGH S. P., KAUSHIK S.K., Properties of steel fibrous concrete containing mixed fibers in fresh and hardened state, Construction and Building Materials, (2008),22 Issue 5, 956-965.
12. NASIR BEDEWI; steel fiber reinforced concrete made with fibers extracted from used tires. Addis Ababa University. Master. 2009
13. المواصفة القياسية الأوروبية BS EN 196-3:1995 لإختبار القوام القياسي وزمن الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الإسمنتية
14. المواصفة القياسية الليبية رقم 341-3 طرق اختبارات الفيزيائية للإسمنت – زمني الشك 2005.
15. المواصفة القياسية الأوروبية BS EN 196-6:1992 للإختبار تعيين نعومة الإسمنت باستخدام منخل رقم 170.
16. المواصفة القياسية الليبية رقم 341-6 "طرق الاختبارات الفيزيائية للإسمنت – مقاومة الضغط "، 2005.
17. المواصفة القياسية الليبية رقم 341-4 "طرق الاختبارات الفيزيائية للإسمنت– ثبات الحجم"، 2005.
18. المواصفات القياسية البريطانية 1992 : BS 882 لاختبار التحليل المنخلي للركام .
19. المواصفة القياسية الليبية رقم 256 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – طريقة تعيين الوزن النوعي و الامتصاص 2006
20. المواصفة القياسية الليبية رقم 255 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – طريقة تعيين معامل الصدم 2006 .
21. المواصفة القياسية الليبية رقم 253 ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية– طريقة تعيين معامل التهشيم 2006 .
22. المواصفة القياسية الامريكية ASTMC117-04 لاختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة للركام .
23. المواصفة القياسية الليبية رقم 250/82 - طريقة تعيين وزن وحدة الحجوم 2006 .
24. المواصفة القياسية الليبية رقم 294- المياه المستعملة في الخرسانة – 1988 .
25. كتاب تكنولوجيا الخرسانة للدكتور محمود إمام 2011 .

First Libyan international Conference bon Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

ترميم وصيـانـة المبـانـي الأثرية بتطبيق تكنولوجيا النـانو والطرق العلمية الحديثة

الباحثة 1/ أ.م. سبنا المرضي ابراهيم حبيب الله
جـامعة بنغازي – كلـية الهندسة – القسم المدني
الايميـل / sarasara201311@yahoo.com

البـــاحثة 2/ م. سهيلة المرضي ابـراهيم الامـيـر
جامعة عمر المختار – كلية الهندسة – قسم العمارة
الايميل / suhilaelmardi@gmail.com

مستخلص البحث:

تشكل المباني الأثرية في ليبيا كنزاً حضاريا ثميناً حيث تتعرض للمشاكل البيئية والاقتصادية والاجتماعية وغيرها مما يؤثر على عمرها الافتراضي وعلى كفاءتها واستدامتها. وتكمن مشكلة البحث ان هناك قصور في كفاءة مواد الترميم المستخدمة حالياً وكذلك كثير من طرق ووسائل الترميم القديمة والتقليدية يسبب العديد منها تلف لهذه المباني الأثرية وما تحويه من لوحات فنية جداريه ، لذلك يهدف البحث لدراسة واستعراض اسهامات العلم الحديث في التطور التكنولوجي والأساليب المستخدمة في ترميم وصيانة وحماية المباني الأثرية. ويتناول البحث دراسة استخدامات وبعض مميزات وعيوب هذه الأساليب والتطبيقات وأهمها علم النانو تكنولوجي ، وقد حققت تلك التقنية فتح كبير في هذا المجال. وكذلك هناك الاساليب العلمية الحديثة الأخرى مثل تقنية والليزر والأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء واستخدامها في مجال الترميم وصيانة المباني الأثرية بأدق تفاصيلها وبالشكل الذي تعجز عنه الطرق التقليدية في تحقيق نتائج إيجابية مقارنة بالطرق القديمة. ويخلص البحث الى اهمية تطبيق هذه الاساليب الحديثة محلياً من اجل الحفاظ على الموروث التاريخي والحضاري لهذه المباني الأثرية واستدامتها وبالتالي تطور وازدهار السياحة.

الكلمات الدالة: (الترميم، الصيانة، المباني الأثرية ، النانو تكنولوجي)

1 المقدمـة:

شهدت السنوات الأخيرة تطورات علمية وتكنولوجية متسارعه ، حيث أحدثت تكنولوجيا النانو نقلة هائلة عند تحضير العلماء لمواد نانومترية جديدة يمكن استخدامها في عملية ترميم وصيانة المباني الأثرية ، كما أسهم العلم الحديث في تطور الأساليب المستخدمة في فحص وعلاج وتوثيق الآثار والمقتنيات التاريخية ، ومن هذه الأساليب والتطبيقات العلمية الحديثة في هذا المجال استخدام أجهزة الفحص والكشف على الآثار والتصوير باستخدام أشعة الليزر والاشعة تحت الحمراء والاشعة السينية، وكذلك استخدامها في تنظيف الآثار وترميمها وتعويض اجزاءها المتآكلة بأدق تفاصيلها وبالشكل الذي تعجز عنه الطرق التقليدية في تحقيق نتائج إيجابية مقارنة بالطرق القديمة.

2.0* مشكلة البحث:

في ظل الوضع الراهن أصبحت الآثار الليبية مهددة بالزوال، وعدم ترميم وصيانة المباني الأثرية من أهم الأسباب. وتكمن مشكلة البحث، ان هناك قصور في كفاءة مواد الترميم المستخدمة حالياً وكذلك كثير من طرق ووسائل الترميم القديمة والتقليدية حيث يسبب العديد منها تلف للآثار سواء كانت مباني أثرية أو ما تحويه من مقتنيات تاريخية (قطع أثرية ، لوحات فنية جداريه).

2.1* صور لنماذج بعض المبانى الأثرية الليبية التي تحتاج للترميم والصيانة:



شكل (1) القصر التركي ببنغازي



شكل (2) قلعـة طبرق



شكل (3) قصر نالوت



شكل (4) قلعـة غات

[المصدر : https: //archiqoo.com/sites/Libya_ar.php]

2.2* صور لنماذج بعض اللوحات الفنية الجدارية الأثرية التي تحتاج للترميم والصيانة :



شكل (5) قطعة فسيفساء ليبية مهملة افيـلا سيرينا



شكل (6) قطعة من الفسيفساء مهملة –شحات

[المصدر : مجلة المدونات الليبية، (2018)]

3.0* هدف البحث:

يهدف البحث لدراسة واستعراض اسهامات العلم الحديث في تطور التكنولوجيا والمواد والطرق المستحدثة في ترميم وصيانة وحماية المباني الأثرية لتوظيف تطبيقاتها والاستفادة منها محلياً.

4.0* أهمية البحث:

يبين البحث مدى أهمية توظيف تطبيقات تكنولوجيا النانو والطرق العلمية الحديثة لأغراض ترميم وصيانة المباني الأثرية الليبية للحفاظ عليها لأكبر عدد قادم من السنوات بحالة أقرب الى الأصلية ليتمتع بها أكبر عدد من الناس والأجيال القادمة ويكونون فكرة واضحة عن الحضارات السابقة.

5.0* منهجية البحث:

أتبع في البحث المنهج الاستقرائي (الاستنباطي) ويشمل التعريف بالطرق العلمية الحديثة ودراسة استخدامات وبعض مميزات وعيوب هذه الأساليب والتطبيقات وأهمها تكنولوجيا النانو، وكذلك عرض بعض النماذج والتجارب الناجحة عربيا وعالميا في هذا المجال.

6.0* الدراسـة البحثيـة:

6.1* تعريف المبنى الأثري :

هو كل عقار أنتجته الحضارات المتعاقبة من عصور ما قبل التاريخ وحتى قبل 100 عام . ولا يحق للمالك فى حالة عدم نزع ملكية العقار استغلاله أو إحداث أى تغيير، كذلك لا يجوز هدمها على الإطلاق فى أى حال.

6.2* مفهوم ترميم وصيانة المباني الأثرية:

إن مفهوم الترميم (Restoration) هو وكما عرفها ميثاق مؤتمر فينيسيا لمنظمة الايكوموس/comos

عام 1964 في المادة التاسعة منه . بأنه عملية متخصصة بدرجة عالية من التقنية هدفها حماية وكشف القيمة الجمالية والتاريخية للمباني الأثرية. وتستند تلك العملية إلى احترام المادة الأصلية والوثائق الحقيقة. كما يجب أن يكون العمل الإضافي الذي يلزم القيام به متميزاً عن التكوين المعماري الأصلي ويحمل طابعاً عصرياً، على أن تتم عمليات الترميم من خلال دراسات أثرية وتاريخية للمبنى قبل قيام عملية الترميم. وتستند عمليات الترميم إلى كافة العلوم المحيطة بالحياة بما فيها الكيمياء والجيولوجيا والبيولوجيا والعمارة والهندسة وغيرها من العلوم التي تخدم بشكل مباشر الواقع البشري وحضارته.

أن الحفاظ على الهيكل المعماري للمباني الاثرية هو احد أهم مظاهر الحضارة البشرية حيث تختص عملية الترميم بالجزء المكمل لها وهو الحفاظ على الهيكل الإنشائي والمظهر الخارجي والداخلي وتستند بذلك إلى بحوث وتقنيات تعطي السلامة المتكاملة للكتل والهياكل للمباني وتمتد إلى تفاصيلها الجزئية . لذا فان عملية الترميم هي مجال تتداخل فيه مختلف العلوم والتخصصات مع اشتراك مختصين آخرين بعلوم أخرى لتكوين مفهوم يحيط بالهيكل إحاطة متميزة تؤدي به إلى مفهوم أخر هو الحفاظ عليه(Preservation) .ومصطلح صيانة (Conservation) يعبر عن تطور ميدان ترميم وصيانة الآثار، وأصبح هذا المصطلح في الوقت الحاضر يربط بين مصطلح الحفظ (Preservation) والترميم.[1]

6.2.1* الأساليب المتبعة في ترميم وصيانة المباني الأثرية: وتنقسم الى النوعيات التالية: [2]

أ) الترميم المعماري : ويتضمن اقامة المباني الاثرية المنهارة واستبدال الاجزاء المتآكلة بمواد حديثة تتماثل مع المواد الأثرية في طبيعتها وشكلها ومظهرها ، وتكملة الأجزاء الناقصة لضرورة التدعيم او تحميل اجزاء آيلة للسقوط او ابرز خصائص معمارية ذات دلالة معينة.

ب) الترميم الهندسي : ويتضمن تدعيم وحقن وعزل الأساسات وإقامة الحوائط الساندة وصلب السقوف والأعتاب وحل المشكلات المترتبة على مياه الرشح والنشع، وغير ذلك من اعمال هندسية انشائية تضمن بقاء المباني وعدم اختلال توازنها . وفي جميع هذه الحالات يجب استخدام مواد تتلائم في خواصها الطبيعية مع المواد الأثرية وبحيث لا يترتب على استخدامها اية اضرار جانبية في المستقبل.

ج) الترميم الدقيق : ويتضمن جميع الأعمال الخاصة بملء الشقوق والفجوات وحقن الشروخ وتثبيت القشور السطحية وترميم وعلاج النقوش الجدارية والزخارف والحليات وتنظيف وتثبيت الألوان وتجميع وتقوية الكتل الحجرية واستخلاص الأملاح وترميم جميع العناصر المعمارية المرتبطة بالنحت والنقش والتصوير.

6.2.2* الاعتبارات الواجب مراعاتها في عمليات ترميم وصيانة المباني الأثرية: [2]

يجب ان تتم اعمال الترميم والصيانة في اطار القواعد الآتية:

1) تحديد المواد الداخلة في تركيب المبنى الثري المراد ترميمه وصيانته،
2) تحديد عوامل التلف السائدة كبداية لدراسة تأثيراتها وكيفية تلافي اخطارها،
3) تحديد نوع التلف ودراسة الظروف التي تواجد فيها او تأثر بها المبنى الأثري،

4) دراسة الاساليب المتبعة في الترميم والصيانة لاستبعاد المتلف منها وإيقاف العمل به،

5) استحداث والتوصية باستخدام مواد اكثر مقاومة لعوامل التلف في عمليات الترميم والصيانة،

6) تحديد مواصفات المواد الواجب استخدامها في عمليات الترميم والصيانة واستحداث الأساليب المناسبة،

7) فحص المنتجات التجارية المستخدمة في الترميم والصيانة للوقوف على مدى ملائمتها لمواد المبنى الاثري

6.2.3* المبادئ العامة لعمليات ترميم وصيانة المباني الأثرية: [2]

1) عدم القيام بأعمال الترميم والصيانة التى يترتب عليها محو او تغيير او تشويه او طمس الخصائص المادية والمعنوية للمبنى الأثري من حيث الشكل والمظهر والسمات والخصائص المعمارية والفنية،

2) عدم القيام بأعمال الترميم والصيانة التي قد تؤدي الى اضعاف او الأضرار بالمواد الداخلة في تركيب المبنى الأثري ، و اختيار مواد ترميم مستدامة تكفل الاستمرارية وبحيث لا تتفاعل كيميائيا معها،

3) عدم الإفراط في عمليات الترميم والاكتفاء بالقدر الضروري منها لضمان بقاء المبنى الأثري،

4) القيام بأعمال الترميم بالكيفية والطريقة التى تسهل معها التفرقة بين الأجزاء المرممة والغير مرممة،

5) يجب استخدام مواد الترميم والصيانة التي تسهل ازالتها دون الاضرار بعناصر المبنى الأثري وذلك عندما يراد تعديل أسلوب الترميم والصيانة،

6) عدم البدء في عمليات الترميم والصيانة إلا بعد الدراسة المستفيضة والمعرفة بخواص وتأثير المواد التي سيجرى استخدامها على المواد الداخلة في تركيب المبنى الأثري ، وضرورة اشتراك المسئول عنها والمتخصص في مادتها العلمية،

7) يجب مداومة التفتيش والرقابة على المباني الأثرية حتى يمكن القيام بعمليات الترميم والصيانة في الوقت المناسب ، ومنع سؤ الاستعمال الذي يعتبر من اكثر الأسباب فتكا بالمباني الأثرية.

6.3 * الطرق العلمية الحديثة لترميم وصيانة الآثار:

6.3.1 * استخدام المواد النانوية (تكنولوجيا النانو (Nano Technology

ذكر عالم الفيزياء الأمريكي البروفسور ريتشارد فينمان عام 1965 أنه من الممكن تغيير خواص أية مادة وتعظيم سماتها وخواصها عن طريق إعادة ترتيب ذراتها بالشكل الذي يأتي معه الحصول على خواص فريدة تختلف تماما عن سماتها الأصلية قبل إعادة هيكلتها، وبذلك فجر ثورة لقبها العالم الياباني نوريو تانيغوتشي في عام 1974 بلقب تكنولوجيا النانو، وتطورت الأبحاث حتى تم في عام 2003 معرفة اسرار هذه التكنولوجيا والتحكم بعالم المواد النانوية.

6.3.1.1 * تعريف النانو : مصطلح نانو مشتق من الكلمة الإغريقية نانوس "Nanos" وتعني قزم،

وتعرف على انها وحدة قياس مترية دقيقة ومتناهية في الصغر وتعادل واحد من الف مليون من المتر.

6.3.1.2 * مفهوم علم النانو : هو علم يهتم بالتعامل مع المواد في مستواها الذري والجزيئي بمقياس لا يتعدى 100 نانومتر، ويهتم أيضا باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لمواد النانو .[3]

6.3.1.3 * مفهوم النانو تكنولوجي:

فهي تشمل الأبحاث والتطورات التقنية على المستويات الذرية والجزيئية في مجال طولي 1-100 نانومتر، لتوفير فهم أساسي للظواهر والمواد على مقياس النانو وهي التي تصنع وتستخدم تركيبات لديها خصائص فريدة نظرا لصغر حجمها.[4]

6.3.1.4 * تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الآثار:

أ) حماية المباني الأثرية من التلوث البيئي:

- حماية الآثار من الملوثات البيئية والتي أصبحت تشكل خطرًا حقيقيًّا عليها، فاستخدام المواد النانومترية في عملية ترميم المباني الأثرية ، لها أثر أقوى بكثير من المواد التقليدية، ومنها النانو بارالويد والنانو سيليكا مع المواد الحجرية، والنانو سليلوز مع المواد الخشبية .
- تتميز هذه المواد بقدرتها الفائقة على التغلغل داخل الأثر ومن ثَم إصلاح الشروخ العميقة التي لا تصل إليها المواد التقليدية، مما يحد من احتمالية عودة الشرخ.
- تمثل عازل اكثر من رائع ضد العوامل الجوية من تفاوت درجات الحرارة اليومي والفصلي وكذلك اي احتكاكات للرمال التي تصطدم بجسم الأثر مثلا الناتجة عن الرياح أو عوامل التلوث البيئي. [5]

ب) عمليات تنظيف الآثار :

- واستخدمت المواد النانوية في عمليات تنظيف اللوحات الفنية الجدارية من المواد التي تم استخدامها في الماضي كمواد تقوية لتلك اللوحات. والورنيشات التي استخدمت لحماية طبقات التلوين وكذلك كلواصق للرسوم الجدارية.
- يستخدم نانو أكسيد التيتانيوم في عمل حماية ذاتية لعدد من المواد، حيث يشكل طبقة حامية على السطح كثيفة ومتجانسة دون حدوث غلق كامل للمسام كما لم يسبب تغير لوني، وأثبت فاعلية كبيرة في القضاء على النمو الفطري، وطرد الأتربة.[5]
- كما يتم استخدام المواد النانوية Carbon Nonomaterials والأنزيمات في تنظيف الآثار، حيث تؤدي إلي نتائج عالية جداً وخصوصاً مواد النانو المحتوية على مجموعة الكربوكسيد الوظيفية التي تمكن من تغليف الإتساخات بشكل جيد وتدخل في التجاويف والثنايات وتقوم بحذفها من على السطح.

ج) عمليات تقوية وعزل الآثار:

تعتبر عمليات التقوية من أهم عمليات العلاج والصيانة التي لها دور كبير في الحفاظ على المواد الأثرية بمختلف أنواعها، وذلك من خلال تطبيق استخدام المواد النانوية في مجال التقوية للتغلب على الكثير من العوائق التي تواجه المواد الأثرية.

- يستخدم Nano Lime في تقوية الآثار الجيرية ويستخدم مع الكحل حتى يعطي فاعلية أكثر في

تكوين المادة المقوية على الأسطح حتى يتغلغل داخلها ويقويها. [6]

- تستخدم معلقات نانو أكسيد الباريوم لتقوية الصور الجدارية.
- استخدمت أيضاً معلقات النانو هيدروكسيد الكالسيوم والباريوم لتقوية الاحجار الأثرية الضعيفة بالتطبيق بالفرش الناعمة واستخدام الورق الياباني.
- وينصح باستخدام النانو هيدروكسيد الماغنيسيوم مع النانو هيدروكسيد الكالسيوم لتقوية الحجر الجيري الدولوميتي لتشابههما مع مكونات هذه الأحجار.[6]

د) عمليات التعقيم ومقاومة الكائنات الحية:

- ووجد أنه عند اضافة حبيبات النحاس النانوية إلى البوليمرات السليكونية فإن هذا المركب يحمي الأحجار

من التلف الميكروبيولوجي ، كما أن له القدرة على إيقاف ومنع نموه،

- أيضا عند إضافة تلك الجزيئات لخليط من المواد المقوية مع المبيدات أعطي نتائج جيدة في منع تكوين المستعمرات البيولوجية،
- كما جعل هذا المركب عينات الأحجار طاردة للماء مع عدم حدوث تغيرات في ألوان الحجر الرملي والرخام والجص [7]،
- وكذلك تتم معالجة النموات البكتيرية باستخدام جسيمات الفضة النانوية وجسيمات الذهب النانوية وقد وجد

أن لهم تأثير قاتل على البكتريا خاصة بكتريا E.Coli.

6.3.1.5 * تحديات استخدام تكنولوجيا النانو:

– تكمن في مدى إمكانية السيطرة على الذرات بعد تجزئة المواد المتكونة منها. فهي تحتاج بالتالي إلى أجهزة دقيقة جدا من جهة حجمها ومقاييسها وطرق رؤية الجزيئات تحت الفحص،

– كما أن صعوبة التوصل إلى قياس دقيق عند الوصول إلى مستوى الذرة يعد صعوبة أخرى تواجه هذا العلم الجديد الناشئ،

– بالإضافة ما يزال هناك جدل ومخاوف من تأثيرات تقنية النانو، وضرورة ضبطها،

– يشكل ارتفاع تكلفتها حاليا عائقًا أمام استخدامها بكثافة في الترميم الأثري.

6.3.1.6 * تطبيق تقنية النانو – جير في ترميم المباني الأثرية (نموذج عربي)



شكل (7) مبنى سبيل الحوريات الروماني بترا – الأردن

[المصدر: مجلة المدينة نيوز (نوفمبر 2015)]

مشروع ترميم وإعادة تأهيل مبنى سبيل الحوريات الروماني في الأردن، حيث أن كتل الأحجار الجيرية المتهالكة بمبنى السبيل والتي تعانى تلفاً شديداً تم معالجتها كيميائياً باستخدام تقنية النانو هيدروكسيد الكالسيوم أو المعروفة بالنانو – جير لإجراء عمليات التقوية.

6.3.1.7 * تطبيق تقنية النانو في ترميم كاتدرائية بيزا – إيطاليا (نموذج عالمي)



شكل (8) ترميم كاتدرائية بيزا باستخدام تكنولوجيا النانو– ايطاليا

[المصدر: https: //Arabic. Euronews.com]

تم استخدام جسيمات النانو الدقيقة في الترميم لربط البنية الداخلية لحجارة الكاتدرائية وهي بشكل رئيسي الرخام الذي يحتوي على مسامات صغيرة جدا للتمكن من الدخول عميقا فيها ومعالجتها.

6.3.2 * استخدام أشعة الليزر في مجال الآثار:

وكلمة LASER اختصار لعبارة Amplification by stimulated emission of light ويعرف على أنه حزمة ضوئية ذات فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق موجاتها بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلي نبضة ضوئية ذات طاقة عالية.[8]

تم اكتشاف أشعة الليزر في بداية القرن العشرين(1960) وتطورت الأبحاث التي تتناول تلك الأشعة وتطبيقاتها، واستخدم في عام (1972) في مجال ترميم الآثار.

6.3.2.1 * تقسم قوة الليزر إلى ثلاثة أنواع وهم :[9]

النوع الأول: وهو الليزر ذو القوة العالية والذي إذا لم يستخدم بحذر قد يدمر الأثر ويكون عادة من نوع Nd: YAG lasers

- ويستخدم هذا الليزر في التنظيف والفحص وباستخدام ليزر أكسمير Excimer Laser يمكن إزالة المواد المسببة للاتساخ بأقل كمية من الحرارة.
- يوظف هذا النوع في تقنية استخدام induced breakdown spectroscopy Laser–(LIBS) وهي تقنية بسيطة وسريعة تستخدم في مجال التحاليل والتعرف على تركيب عدد كبير من مكونات الرسوم الملونة والأيقونات وملونات الخزف والزجاج والمنحوتات والمعادن.

النوع الثاني: وهو ليزر ذو قوة معتدلة ولكنه ينتج أيضا طاقة مرتفعة.

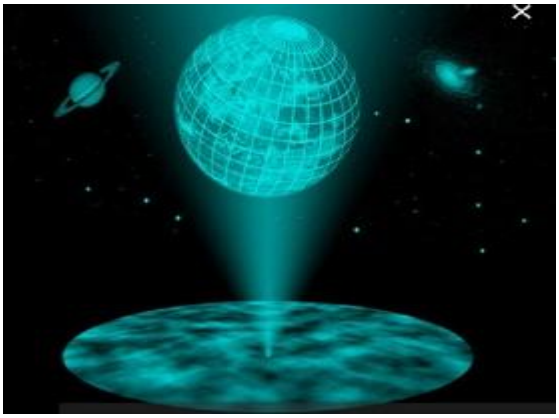
* ويستخدم في فحص الآثار مثال لذلك الفحص بالفلور وبالرامان سبكتروسكوبي Raman spectroscopy & fluorescence

النوع الثالث: وهو ليزر ذو قوة منخفضة كالليزر المستخدم للمسح الضوئي والليزر ثلاثي الأبعاد

- ويستخدم لعمل نماذج ثلاثية الأبعاد للمواقع الأثرية، فهناك تصوير القطع المجسمة ثلاثية الأبعاد كطريقة واقعية لتسجيل القطع مختلفة الأبعاد، وباستخدام ما يسمي الهولوجرام Hologram يمكن تسجيل قطعة أثرية أو مبني أثري بقياسات دقيقة، وصور والوان دقيقة للغاية، ورصد ميول الأعمدة بالمعابد. ومن خلاله يتم التحليل الطيفي لعناصر

المواد الأثرية، كما يتم من خلاله رفع بصمة الآثار المعارة لبلاد أخري وكشف أي تلاعب أو تزوير بالآثار.

- واستخدم ليزر الأشعة فوق البنفسجية في تقنية التنظيف للأعمال الفنية بشكل آمن وذو كفاءة عالية مستخدمين induced breakdown spectroscopy (LIBS) – Laserكأداة للتشخيص وللسيطرة على العملية.
- وباستخدام ليزر أكسمير Excimer laser pulses يتم إزالة مواد التقوية التي سبق تطبيقها على الأثر.



شكل (9) تصوير القطع المجسمة ثلاثية الأبعاد بجهاز الهولوجرام

[المصدر:

/render/img/scifl/holograph

[https: //www.triplespark.net

6.3.2.2 * بعض مزايا استخدام تقنية الليزر في تنظيف الأسطح:

- ✓ ذات كفاءة عالية في إزالة الملوثات غير العضوية والعضوية وأسود الكربون من أعلي المخطوطات.
- ✓ لا تسبب احتكاك مباشر أو اتصال بسطح القطعة كما هو الحال في التنظيف التقليدي، وبذلك يمكن استخدامها مع الأسطح الهشة أو الضعيفة حتى دون تقويتها.
- ✓ يمكننا من الاستغناء عن المواد الكيميائية ومعالجة القطعة بها.
- ✓ يتميز التنظيف بالليزر بدقته ويستخدم بدرجة عالية من التحكم والانتقائية.
- ✓ لا ينتج عنه أي آثار ميكانيكية أو يتولد عنها حرارة ويسمح بمعالجة المساحات الكبيرة.

6.3.3 * الفحص باستخدام الأشعة تحت الحمراء:

[9]

تمت أول محاولة لاستخدام هذه التقنية في سنة 1930 وكان وقتها التصوير بالأشعة تحت الحمراء Infra-red radiography (IRR) مقصور على الأشعة ذات الطول الموجي المتراوح بين900–700 نانوميتر.

6.3.3.1 * بعض مميزات استخدام الأشعة تحت الحمراء:

- ✓ تعتبر تقنية غير متلفة للمواد الأثرية،
- ✓ القدرة على اختراق طبقات التلوين وذلك اعتمادا على نوع الصبغة وطبقة الورنيش،
- ✓ وتتيح لنا صورة واضحة عن حالة الحامل والتوقيعات وطبقات الدهان المختلفة والرسوم،
- ✓ الكشف عن تغير نية الفنان أثناء تنفيذ العمل الفني،
- ✓ يمكن إزالة مواد التقوية التي سبق تطبيقها على الأسطح الأثرية الملونة .

6.3.3.2 * تطبيقات استخدام الأشعة تحت الحمراء:

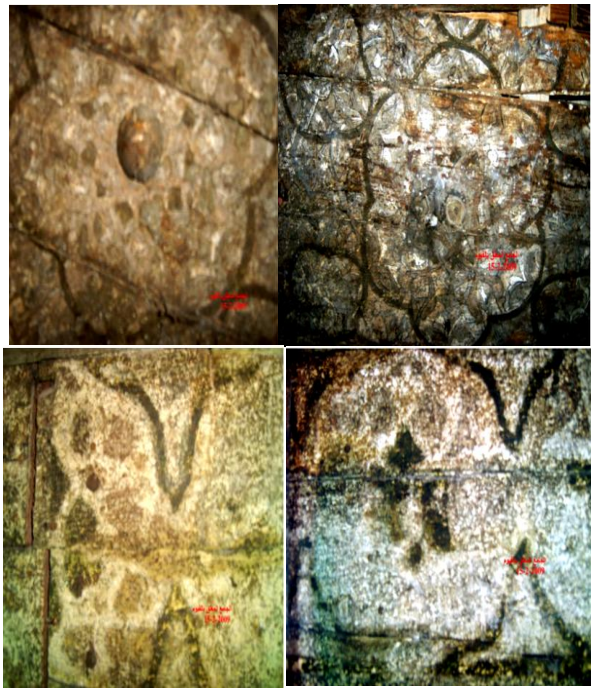
- يمكن الاستفادة من الكاميرات الرقمية التي عن طريقها نحصل على صور ذات طول موجي يتراوح بين 2000–800 نانوميتر وهي تعتبر تقنية غير متلفة للمواد الأثرية ، وتستخدم تلك الأشعة على نطاق واسع في فحص أنواع الصبغات وكذلك الحوامل بأنواعها المختلفة من خشب وقماش ورسوم الكهوف والورنيشات والمواد الرابطة المختلفة.
- استخدم جهاز الليزر دايود 785 وللحصول على بيانات عن أي لوحة فنية في أقل من خمس دقائق باستخدام الأشعة فوق الحمراء، كذلك يستخدم هذا الليزر في عملية المسح الأثري. وهي تقنية دقيقة وتنقل صورة طبوغرافية واضحة للأماكن المحيطة بالعمل الفني.
- يساعد أيضا جهاز Computed X-Ray CT Scan (Tomography) في تحليل الصور الجدارية الملونة وغيرها بجمع معلومات عن خواص تركيب سطح المادة وبعمل صور وفيديوهات لتوثيق القطع الأثرية تساعد كثيرا في عمليات الصيانة والترميم واظهار ما بالقطع من تشققات دقيقة ومختفية وغير ظاهرة للأعين[10]

6.3.3.3 * عيوب طريقة استخدام الكاميرات الرقمية : [9]

- استغراق وقت طويل لتركيب الصور باستخدام البرامج المختلفة،
- ضرورة قرب الكاميرات من العمل الفني المراد فحصه ويتم ذلك عن طريق استخدام السقالات أو وضع الكاميرات مثبتة على طائرات مما ينتج عنه تشوهات هندسية الأبعاد وفي الإضاءة،
- وكذلك في تحقيق إضاءة موحدة مما يجعل من الصعب الاعتماد على هذه الطريقة.

ولذلك استعيض عنها باستخدام تقنيات الليزر على نطاق واسع في فحص المواد التاريخية والأثرية

6.3.3.4 * نموذج لتطبيق التقنيات الحديثة باستخدام ليزر الأشعة فوق البنفسجية في اظهار زخارف الجامع المعلق بالفيـوم – مصر:



الاشكال (11,10) توضح الزخارف النباتية على السقف الخشبي للجامع قبل وبعد تطبيق تقنيات التنظيف والمعالجة

[المصدر: مجلة العمارة والفنون ، العدد العاشر]

6.3.4 * تطبيقات الاشعة السينية في فحص الآثار: [9]

تُستخدم الأشعة السينية لفحص الأثر والكشف عن مكوناته الداخلية، مما يسهل الكشف عن الشروخ الداخلية في القطع ومعرفة تركيبة الأثر بشكل واضح، مما يسهل ترميمه بنفس التقنية التي صُنع بها، وذلك من خلال ما تم إنجازه في مجال الأشعة السينية ومنها الفلورية X-Ray fluorescence

وهو جهاز تحليل طيفي محمول يمكنه دراسة الآثار في مكانها دون أي تغيير في الصفات التركيبية واللونية للأثر، وبما يضمن سلامته، وبكفاءة عالية تضاهي الأجهزة المعملية المتعارف عليها.

7.0* استنتاجات البحث:

في ظل الوضع الراهن، ونتيجة لتدهور حالة المباني الأثرية في ليبيا وتهديدها بالزوال من جراء العوامل المختلفة واهمها عدم الترميم والصيانة الدورية لها، فأن تبني استخدام تكنولوجيا النانو والطرق العلمية الحديثة لترميم وصيانة المباني الأثرية والسعي لتوظيف تطبيقاتها والاستفادة منها محليا سيكون له دور فعال في هذا المجال، حيث قدمت التقنيات الحديثة اجهزة متطورة ومواد نانومترية ذات كفاءة عالية وأساليب غير متلفة للأثر مقارنة بالتقنيات التقليدية الميكانيكية أو الكيميائية. وذلك من اجل الحفاظ على الموروث التاريخي والحضاري القيم واستدامته.

وبناء على دراسة البحث نستنتج الآتي:

1) أحدثت تكنولوجيا النانو نقلة هائلة عند تحضير العلماء لمواد نانومترية جديدة يمكن استخدامها في عملية ترميم المباني الأثرية ، لها أثر أقوى بكثير من المواد التقليدية وذات مميزات وخصائص فريدة، ساهمت بدور فعال من خلال تطبيقاتها في عمليات التنظيف وحماية الآثار من التلوث البيئي، وعمليات تقوية وعزل الآثار، وفي التعقيم ومقاومة الكائنات الحية.

2) طبقت تكنولوجيا الليزر في تنظيف سطح الأثر وحمايته ، وبواسطة جهاز الفحص بالليزر أمكن الحصول على صورة ثلاثية الأبعاد لأي مبنى اثري ويُستخدم لعلاج الشقوق وتعويض الأجزاء الناقصة من القطع الأثرية بمواد مطابقة للمواد المصنوعة منها القطع وبنفس شكلها الأصلي،

3) للأشعة تحت الحمراء دور في فحص التركيبات الجزيئية للمواد المكونة للأثر، وخاصة الأحجار والأخشاب القديمة ومواد الطلاء؛ كخطوة مهمة باتجاه عملية الترميم، وكذلك تستخدم تطبيقاتها في المسح الأثري والتوثيق،

4) الأشعة السينية ، تُستخدم لفحص الأثر والكشف عن مكوناته الداخلية، مما يسهل ترميمه بنفس التقنية التي صُنع بها، ومن خلال جهاز التحليل الطيفي المحمول يمكن دراسة الآثار في مكانها دون أي تغيير في الصفات التركيبية واللونية للأثر.

8.0* التوصيـات:

أ) يجب على مسئولي الصيانة والترميم الحفاظ على المباني الأثرية باستخدام أفضل الوسائل والطرق التي يمكن توظيفها لهذا الغرض واختيار الأنسب لاستدامتها،

ب) ضرورة استجلاب التكنولوجيات الحديثة مثل (النانو، الليز، الاشعة تحت الحمراء والأشعة السينية) وتطبيقها والاستفادة منها محلياً في مجال ترميم وصيانة المباني الأثرية وما تحويه من مقتنيات اثرية،

ت) توجيه البحوث العلمية والتطبيقية الى علوم النانو تكنولوجي لإيجاد منظومة متكاملة من تطبيقات النانو في العلوم بمختلف تخصصاتها ولتوظيفها في العلوم الهندسية بمختلف تخصصاتها المعمارية والمدنية والبيئية.

ث) تطوير أساليب ترميم وصيانة المباني الأثرية المستخدمة حالياً من خلال ابتكار ونقل وتوطين التكنولوجيا

الحديثة ، وتفعيل دور البحث العلمي في حل المشاكل والمعوقات التي تواجه قطاع السياحة والآثار محليا باستخدام تكنولوجيا النانو والطرق العلمية الحديثة.

ج) أهمية زيادة وعي المعماريين المتخصصين في مجال ترميم وصيانة المباني الأثرية بإمكانات تطبيقات النانو والطرق الحديثة من خلال المؤتمرات والندوات محليا وعالميا لتبادل الخبرات ومواكبة التطور.

ح) ضرورة العمل على دراسة سلبيات ومحاذير تكنولوجيا النانو والتوعية بمخاطرها وكيفية تفاديها او تقليل

آثارها وكذلك الطرق العلمية الحديثة الأخرى.

9.0* المراجـــــع:

[1] عبد الهادي، محمد ، دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية ، مكتبة زهراء الشرق ، القاهرة (1997).

[2] عبد المعز شاهين ، ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية ، مكتبة عين الجامعة ، القاهرة.

[3] Leydecker, S. Nano Material in Archetecture,Germany, (2008) .

[4] الصالحي والضويان، "مقدمة في تقنية النانو"، إصدار بمناسبة انعقاد ورشة عمل أبحاث النانو في الجامعات، المملكة العربية السعودية، ص8 ، (2007) .

[5] احمد، سيد، "دارسة مقارنة لتقييم فاعلية كلا من المركبات التقليدية والمركبات النانوية المستخدمة في التنظيف والحماية الذاتية لأسطح بعض الآثار الحجرية"، رسالة ماجستير غير منشورة، ص 166،110، (2014).

[6] حنفي، ياسر، "دارسة تقوية الآثار الحجرية باستخدام تكنولوجيا النانو"، رسالة ماجستير غير منشورة، ص 42-55 ، (2014) .

[7] Conti and others , Study and use of organic and inorganic nano structured consolidants in the conservation and treatment of archaeological burial textiles, (2011) .

[8] http://www.wikidia/laser technology.

[9] أبو كرورة، أماني، "بعض التطبيقات العلمية الحديثة الواجب استخدامها في مجال ترميم وصيانة القطع الأثرية"(مجلة العمارة والفنون) :10

[10] Nassef and others , Surface and stratigraphic elemental analysis of an ancient Egyptian cartonnage using laser induced breakdown spectroscopy (LIBS), (2016) .

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Photon Coincidence Simulation Through Virtual Chaotic Light Source Timestamps

Jamal M. Ehtaiba
Dept. of Electrical Technologies
High Institute of Science and Technology
Misurata, Libya

Ehtaiba_j@yahoo.co.uk

***Abstract*— An ideal single-photon detector can produce one output signal for every single-photon incidence. However, true photodetection systems have time response issues that restrict their detection efficiency and lack photon number counting accuracy. Here, and through simulation, we show that a low time resolution property of a single-photon detector has a remarkable influence on the second coherence function of light photons. We find that photon bunching property pervades source second-order coherence as detector time resolution falls. In the simulation, we use randomly generated timestamps of normal distributions to virtually represent a chaotic light of different mean and variance. In addition, we also present photon decay time and zero arrival delay time second-order coherence computations. This simulation approach has benefits in developing both single-photon sources and single-photon detectors.**

***Keywords*—chaotic light, coincidence, coherence, timestamps, single-photon**

I. INTRODUCTION

Photons emerging from different light sources comparably have different photon statistics that describe the kind of light source, chaotic, coherent, or quantum. The first class has photon statistics of super Poisson distribution with photon number variance larger than the photon number mean. Photons emitted from a chaotic light source are usually referred to as bunched photons [1, 2] and are characterized by more likely queuing closely spaced in time than to queue further apart. All thermal-like sources exhibit the bunching property in photon statistics. Conversely, a quantum light source (also called non-classical light source) exhibits antibunching property of photon statistics (sub Poissonian) where photons propagate more likely far apart in time than close together [3, 4]. On the other hand, a coherent light source is the source that generates light with Poissonian photon number statistics that are neither bunched nor antibunched [5, 6]. The focus will be on the bunched chaotic photons throughout our discussion in this paper.

Measuring the antibunching degree of photons emitted from a light source can be performed through observing the second order correlation function (sometimes referred to as second order coherence) $g^{(2)}(\tau)$, of the light source. A Hanbury Brown, and Twiss (HBT) interferometer with two independent photodetectors, each attached to a particular channel is typically used to measure $g^{(2)}(\tau)$ [7], see Fig. 1.

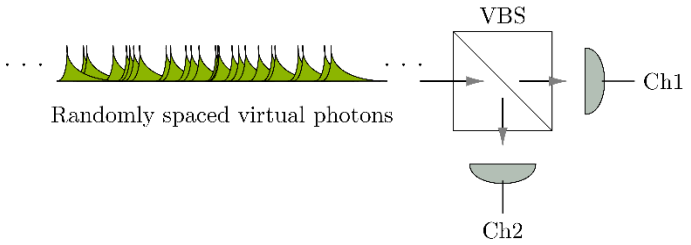


Fig. 1. HBT interferometer, schematic diagram with an input virtual photon stream of a normal random time spacing. The notion VBS is an abbreviation for virtual beam splitter.

The degree of second-order correlation function is given as in (1) [8], Where I represents average intensity of the incident field on the 50:50 beam splitter (shown as VBS in Fig. 1), and τ is the arrival delay time between the two fields at the photodetectors' active areas.

$$g^{(2)}(\tau) = \frac{\langle \bar{I}(t)\bar{I}(t+\tau)\rangle}{\bar{I}^{2}} \qquad (1)$$

Equation (1) shows that the second-order coherence is an intensity-intensity correlation function normalized to the average intensity value. In our simulation work, the correlation is carried out through histograms built of a large number of virtual timestamps recorded by the two HBT channels. Also, from (1), we can easily notice that $g^{(2)}(0)$ for a chaotic light source is

always greater than or equal to one as the denominator I^2 (equivalent to $\langle I(t)\rangle^2$) is always less than or equal to the numerator $\langle I(t)^2\rangle$ [8].

Getting information about photon emission statistics through the second coherence function is extremely important particularly when charactering single-photon sources built from quantum emitters e.g., quantum dots [9], vacancy centers [10], and nanoparticles [11]. For instance, a value of $g^{(2)}(0) > 1$ is an indication to bunched photons, a value of $g^{(2)}(0) = 1$ refers to coherent (laser) light, and a value of $0 \leq g^{(2)}(0) < 1$ reveals antibunched photons. However, photodetector response time plays a key role in determining the quality of the single-photon emitter, because shorter response time allows photon counting coincidences more precisely at real measurements of $g^{(2)}(\tau)$ [.

Since ideal single-photon detectors with zero timing latency, timing jitter, and dead time do not exist, accurate measurement of $g^{(2)}(\tau)$ would be elusive, especially when the detection system has no photon number resolving capability. For instance, a zero-photon coincidence might not be registered by an HBT interferometer if its detectors' time resolution is larger than the timestamp gap between two successive incident photons [12]. In the coming sections, we denote the time resolution as coincidence time window (cw).

Here, we simulate the influence of changing coincidence time window on the second-order coherence of a virtual and randomly generated photon timestamps. To ensure bunching property of generated virtual photons, we purposely made the variance of each timestamp set larger than the mean in a normal distribution.

II. SIMULATION STEPS

A. *Prepare timestamps*

To simulate thermal source photons hit detectors D1 and D2 of the virtual HBT interferometer shown in Fig. 1, we first use MATLAB software to randomly generate virtual timestamps of some mean and variance from a normal probability distribution. Also, we ensure the functionality of the simulation program by creating three sets of timestamps (μ_1, ν_1), (μ_2, ν_2), and (μ_3, ν_3), where μ_i and ν_i are the mean and variance for each timestamps set. That is to say, three thermal light sources of similar photon statistics but differ in the mean and variance. In the simulation, we make $\mu_3 > \mu_2 > \mu_1$, $\nu_1 > \mu_1$, $\nu_2 > \mu_2$, and $\nu_3 > \mu_3$. The length of each set is 1000,000 (one million) timestamps. Fig. 2 shows a time slot of set 1 timestamps, labeled source. Of course, the units of the generated timestamps are generally arbitrary time units, but here we assume seconds as standard time units for our data.

B. *Splitting timestamps*

Before the photon beam (timestamps) reach the HBT interferometer detectors, they first hit the beam splitter (VBS in Fig. 1) which guides every single photon either to detector D1 or to detector D2 based on a uniform random control value between 0.0 and 1.0. In the event that the control random value is less than or equal to 0.5, the timestamp is registered in channel 1 (Ch1 in Fig. 1) through detector D1, and it is registered in channel 2 (Ch2 in Fig. 1) through detector D2 otherwise. This process repeats for the whole virtual photon time sequence hits the virtual beam splitter.

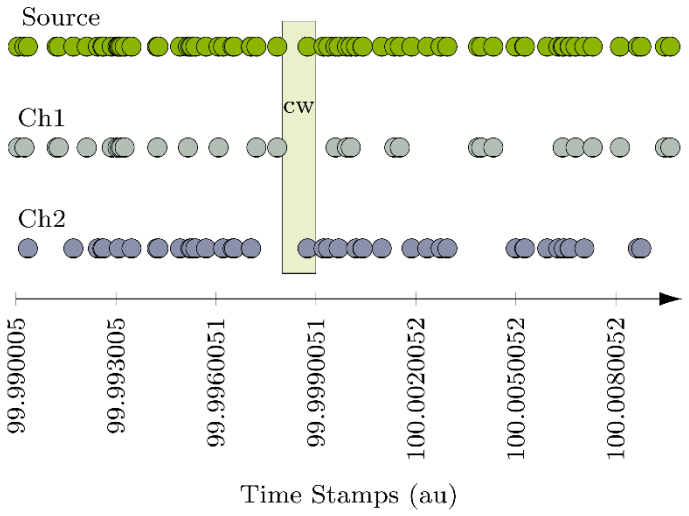


Fig. 2 Virtual photon timestamps. Top circles line labeled source is set 1 data before hitting the VBS. Middle line circles labeled Ch1 represents photon timestamps guided to channel 1 of the HBT interferometer. Bottom circles line represents photon timestamps guided to channel 2. The cw rectangle represents detection system coincidence time window.

Fig. 3. shows decay times for the three timestamp sets. The decayed data, and the fit lines, built through histograms of differences in arrival times of virtual photons at the two detectors. The decay times obtained for each of the data are shown on the figure. The decay times are in microseconds based on our assumption that the created data sets are in seconds. One can easily notice that decay time increases as the timestamp random data mean increases since μ_3 is the largest. We didn't take any steps to check the influence of changing the coincidence time window on decay times considering a perfect recording for every arrived photon.

C. *Correlating timestamps*

In this section we discuss the computation routine for the second-order coherence function. Based on the timestamps data recorded in channels 1 and 2, we build histograms from each channel record and sweep a time window of limited width over the whole-time range of the histograms. The width of the time

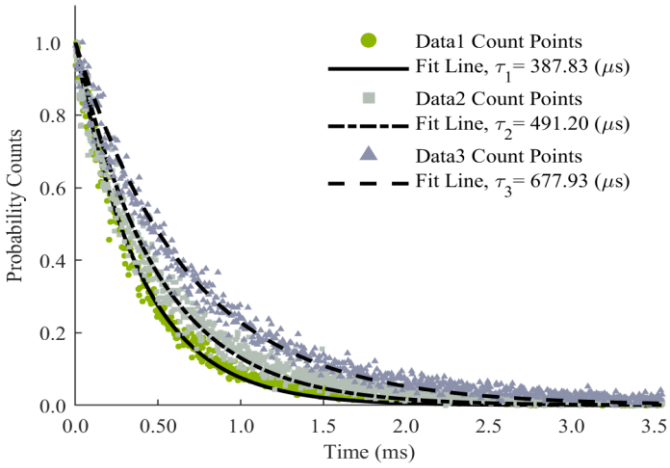


Fig. 3 Decay time for the three chaotic light sources, computed through differences in arrival times at detectors 1 and 2 of the HBT interferometer. Indicated values for the decay times are based on the assumption that the source photon timestamps are given in seconds.

Window is determined by the decay time of the timestamps data under simulation (τ_2 in this case). The smallest coincidence time window used in the simulation is ~ 98 μs which is only 20% of the decay time. In like manner, the largest coincidence time window taken in the simulation is ~ 0.49 s which is $1000.1\tau_2$. The histogram values of both channels data are then cross correlated to find $g^{(2)}(\tau)$. Eventually, the average value of $g^{(2)}(\tau)$ is taken for over 50 repetition times of correlation process.

III. SIMULATION RESULTS AND DISCUSSION

Fig. 4 shows the simulation result for the second coherence function against delay time for various coincidence time window values. We see that as the coincidence time window width decreases, $g^{(2)}(0)$ goes down and the photons exhibit less bunching property, the photon statistics come closer to the coherent photon state. In contrast, as the coincidence time window increases in width, the bunching property of the photons source becomes more clearer and $g^{(2)}(0)$ reaches maximum value, 2. In practice, tuning the detection system to a high time resolution may not be available leading to inaccurate reading for $g^{(2)}(0)$. So, knowledge about the decay time of the photons source helps choosing the proper detector to characterize the source.

Fig. 5 is a plot of $g^{(2)}(0)$ against the coincidence time window for the three data sets. The figure illustrates the rapid transition of $g^{(2)}(0)$ from its lowest values at high time resolution of the detector towards the maximum as the detector loses resolution.

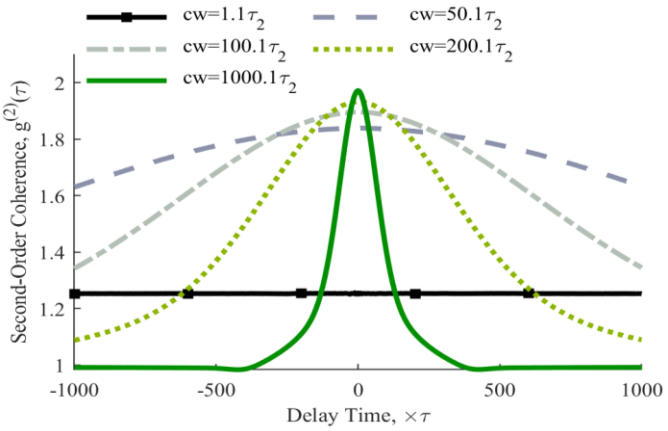


Fig. 4. Second-order coherence versus coincidence time window. All lines represent source s2. The other two sources have similar behavior.

IV. CONCLUSION

In conclusion, we simulated the second-order coherence of bunched photons through randomly generated timestamps of different decay times. We found that bunched photon statistics property of a light source dominates as the detection system resolution time is limited compared to the photons decay time. Conversely, a bunched photons source exhibits less bunching property with high-time resolution detectors. The simulation results show considerable benefits and can be useful for measuring photon emitters', particularly single-photon sources, second-order coherence function.

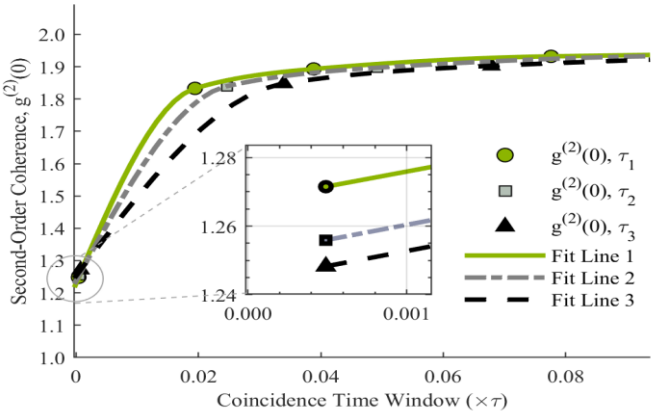


Fig. 5. $g^{(2)}(0)$ as a function of the coincidence time window.

V. REFERENCES

[1] B. L. Morgan and L. Mandel, "Measurement of Photon Bunching in a Thermal Light Beam," *Physical Review Letters*, vol. 6, no. 22, p. 1012, 1966.

[2] S. Meuret and et al., "Photon Bunching in Cathodoluminescence," *Physical review letters*, vol. 114, no. 19, p. 197401, 2015.

[3] H. J. Kimble, M. Dagenais and L. Mandel, "Photon antibunching in resonance fluorescence," Physical Review Letters, vol. 39, no. 11, p. 691, 1977.

[4] L. Fleury, J. -M. Segura, G. Zumofen, B. Hecht and U. P. Wild, "Nonclassical photon statistics in single-molecule fluorescence at room temperature," Physical review letters, vol. 84, no. 6, p. 1148, 2000.

[5] W. Choi and et al., "Observation of sub-Poisson photon statistics in the cavity-QED microlaser," Physical review letters, vol. 96, no. 9, p. 093603, 2006.

[6] L. C. Phillips and et al., "Photon Statistics of Filtered Resonance Fluorescence," Physical review letters, vol. 125, no. 4, p. 043603, 2020.

[7] H. R. Brown and R. Q. Twiss, "Correlation between photons in two coherent beams of light," Nature, vol. 177, no. 4497, pp. 27-29, 1956.

[8] R. Loudon, The quantum theory of light, OUP Oxford, 2000.

[9] H. Huiying and et al., "Bright Single Photon Emission from Quantum Dots Embedded in a Broadband Planar Optical Antenna," Advanced optical materials, vol. 9, no. 7, p. 2001490, 2021.

[10] H. Siampour and et al., "Ultrabright single-photon emission from germanium-vacancy zero-phonon lines: deterministic emitter-waveguide interfacing at plasmonic hot spots.," Nanophotonics, vol. 9, no. 4, pp. 953-962, 2020.

[11] V. Salakhutdinov and et al., "Single photons emitted by nano-crystals optically trapped in a deep parabolic," Physical Review Letters, vol. 124, no. 1, p. 0136907, 2020.

[12] J. S. Lundeen and et al, "Tomography of quantum detectors," Nature Physics, vol. 5, no. 1, pp. 27-30, 2009.

[13] P. R. Tapster and J. G. Rarity, "Photon statistics of pulsed parametric light," Journal of Modern Optics, vol. 45, no. 3, pp. 595-604, 1998.

[14] P. Kochan and H. J. Garmichael, "Photon-statistics dependence of single-atom absorption," Physical Review A, vol. 50, no. 2, p. 1700, 1994.

[15] Y. Guo and et al., "Photon statistics and bunching of a chaotic semiconductor laser," Optics express, vol. 26, no. 5, pp. 5991-6000, 2018.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

OFDM Communication Receiver system with Initialisation Processor

Mohamed Salem Elshebani,
Faculty of Electronic Technology,
Beni-Walid, Libya
(E-mail:melshebani@lttnet.net)

***Abstract*—the task of processing between the two terminals of QAM-Modulator and QAM-Demodulator of the (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) OFDM system implementation, needs special arrangement. If the required data are to be free from (Inter-symbol Interference) ISI and as well as the mitigation of fading, in communication channel. The proposed work, however, is to analyse new type of technique, which can be used to suppress high level noisy signal, acquired from fixed objects (zero-forcing) scenarios existing in the time-variant wireless communication scenarios. This approach, however, will use a technique so called initialisation techniques, in order to eliminate the additive white Gaussian noise (AWGN) in the fading channel, near dc region. While working in the transient mode of operation, with limited number of samples under processing, if digital filter to be used in the receiver side, of the OFDM system. Therefore, the integration of this initialisation technique with the OFDM system was applied to improve the cancellation of the ISI, and further improvement of the signal-to-noise ratio (S/N), by applying the usable-bandwidth technique, in order to decrease the error bit rate of the system.**

***Keywords*- OFDM, QAM-Demodulator, FFT, Initialisation, AWGN, S/N, ISI, Bit-Error-Rate, Fading, Cyclic-Prefix, Parallel-to-Serial.**

I. INTRODUCTION

Wireless systems use multicarrier techniques for high data-rate and to compensate for ISI, in rapidly varying channel. The data stream in these techniques will be divided to, and transmitted in orthogonal sub channels at different subcarriers frequencies. However, if the symbol time is to be chosen as such, it is greater than the delay spread, then ISI will be mitigated. In these systems the modulation and demodulation can be performed by using the Inverse Fast Fourier Transformation (IFFT), and Fast Fourier Transformation (FFT) precise operations as inverse type of process in the transmitter side and receiver side. However, the channel performance is changing from symbol-to-symbol, due to fast fluctuating, to eliminate the error-probability. The OFDM system can employ, the In-Phase and Quadrature, ***I*** and ***Q*** channels. Therefore, a new technique of zero-initialisation and optimum filtering, the narrow band – noise like signal (clutter), to be eliminated. However, a *limiter* level must be rather low with the value of the incoming signal, and linear cancellation is precluded for higher signal faded level, where maximum suppression is required. After converting the signal to a digital words using the A/D converter, two anti-noise or noise-whitening filters (Optimum Bandwidth filters) are utilised to linearly suppress noise, which is latent with the communication channel. A coherent limiter is then used to normalise the noise and the residual ISI, which is operated digitally in ***I*** and ***Q*** channels. An ***initialisation processor*** has been used to enhance the signal-noise like (clutter) rejection capability of the processor when a limited number of samples are considered.

II. OFDM Communication Receiver system with *initialisation Processor*

The principle of operation for each of the blocks will be described as follows;

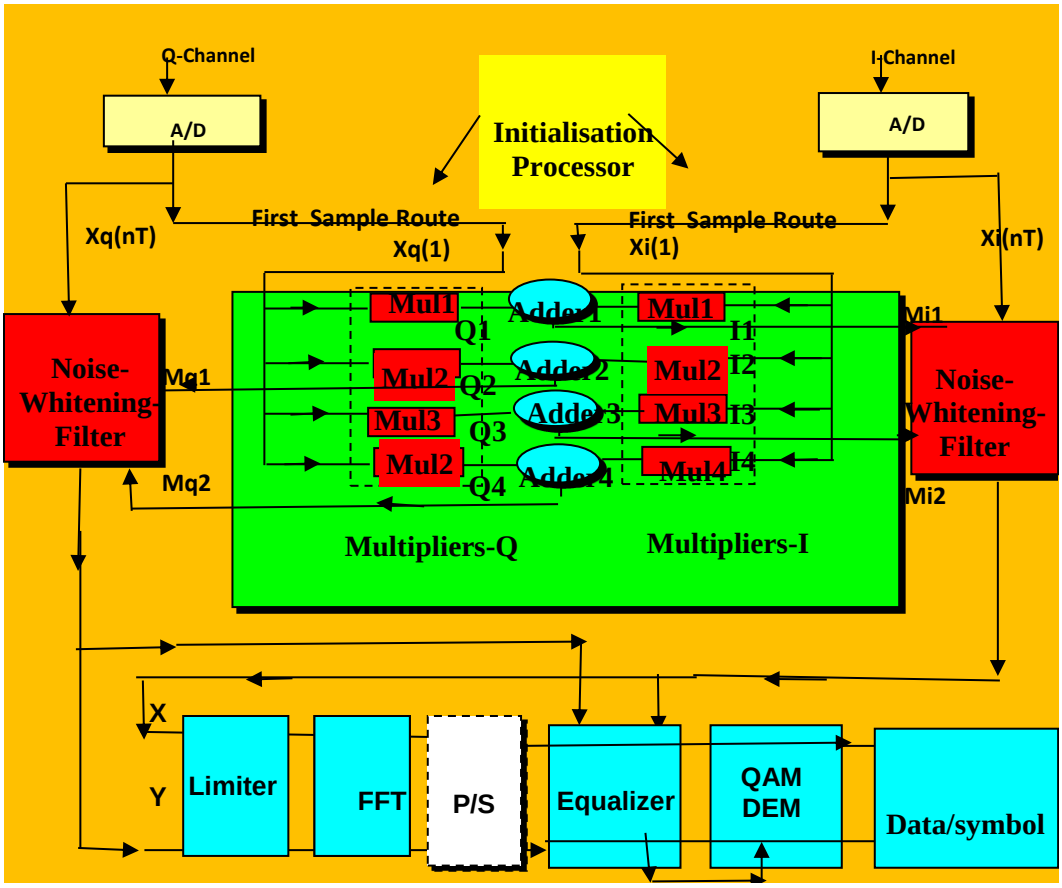


Figure .1 **The** OFDM Communication Receiver system with ***initialisation Processor*** *A*/**D converter**:

The first part of this process is a conversion of the input waveform into ***I*** and ***Q*** signals. The purpose of this conversion is to translate the signal to the baseband. A/D converters generally work on the principle of comparing the voltage of each sample with a succession of progressively higher voltages of precisely known values. When the closest of these is found, the converter produces a binary number equal to the known voltage value.

B. Initialisation processor: Initialisation is based on achieving a zero frequency response at **dc** by loading the internal memories of the noise-whitening filters with their steady state values. The configuration of the initialisation processor is as shown in Figure.1. The steady state values used in the initialisation processor are calculated from the first received sample for the ***I*** and ***Q*** channels. These values are loaded to the internal memories of the IIR filters. Therefore, the steady state frequency response at **dc** will be achieved irrespective of the number of processed samples. If the filter has at least one steady state zero at z=1 then the narrow band noisy signal will be attenuated and the desirable signal will be detected. Hence, the recursive IIR filters used can be improved by using the initialisation technique. The improvement is characterised by forcing the response to be zero at zero frequency irrespective of the processed samples. Therefore, this technique is called ***zero-initialisation technique***. A steady state zero will be placed at particular frequency, to induce a variable notch chasing the non-zero Doppler spread noisy signal. The filter considered is a second order filter with a pair of *poles* and *zeros* and its transfer function is given by;

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}$$

(1)

Referring to Equation .1, a_o, a_1, a_2 are the feed forward coefficients of the filter and b_1, b_2 are the feedback coefficients, the internal memories variables $M1(z)$ and $M2(z)$ can be given respectively as;

$$M2(z) = \frac{z^{-1} \times U(z)}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}} \quad , \quad \text{and}$$

$$M1(z) = \frac{z^{-2} \times U(z)}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}$$

(2)

The steady state values of the internal memories $M1(z)$ and $M2(z)$ will be evaluated for ***I*** and ***Q*** channels. This evaluation in turn will initialise the nominated filter so that the output will be explicitly zero when the input signal frequency equals to a specific value of f_z . The steady state values for the ***I*** channel can be given as;

$$MI1 = Real\left[\frac{z^{-2} \times U(z)}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right]$$

$$MI2 = Real\left[\frac{z^{-1} \times U(z)}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right]$$

(3)

And the steady state values for the ***Q***-channel can be calculated as;

$$MQ1 = Imaginary\left[\frac{z^{-2} \times U(z)}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right]$$

$$MQ2 = Imaginary\left[\frac{z^{-1} \times U(z)}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right]$$

(4)

In Equations .2, 3, 4, $U(z) = UI(1) + jUQ(1)$, where $UI(1)$ and $UQ(1)$ are the first input samples. The independent parameter z is calculated as; $z = \exp(j\omega)$ where $\omega = 2\pi f_z$.

Therefore, if the arbitrary non-zero frequency initialisation fz , is equal to fd, the corresponding value of a1, and the operator z, can be given as;

a1= -2cos (2*pi*fd)

(5)

Where, fd : is the Doppler frequency to be eliminated , and equals to fz. The value of the operator z, can be given by;

Z= exp (j2*pi*fz*T)

(6)

However, the noisy-signal process C(t) can be expressed by its quadrature components as;

$$C(t) = C_I(t)\cos(\omega t) - C_Q(t)\sin(\omega t)$$

(7)

Where ω is containing the noisy-signal carrier frequency

Let $C_I(l)$ and $C_Q(l)$ denote the lth Inphase and Quadrature clutter samples in a sequence for $l = 0,1,\ldots\ldots\ldots N_I - 1$, and consecutively the values of $C_I(l)$ and $C_Q(l)$, can be expressed as;

$$C_I(l) = m\, C_I(lTs),$$
$$C_Q(l) = -m\, C_Q(lTs)$$

(8)

Where l, is the signal sample taken at t=l Ts, and m, is constant.

Referring to fig1.0, if the noisy-signal is described in the quadrature processor as $C_I(l)$ and $C_Q(l)$, the output of filter can be evaluated as given in equation (9), below, by considering the filter transfer function which will be given in equation (9), as for the I, channel;

$$y_I(l) = C_I(l) - 2C_I(l-1) + C_I(l-2) + b_1 y_I(l-1) + b_2 y_I(l-2)$$

(9)

And for the Q-channel, the output of filter can be evaluated as;

$$y_Q(l) = C_Q(l) - 2C_Q(l-1) + C_Q(l-2) + b_1 y_Q(l-1) + b_2 y_Q(l-2)$$

(10)

Equations, 9, and 10, are considering the filter transfer function given by equation 11, used in both I, and Q channels as;

$$H(z) = \frac{1 - a_1 z^{-1} + z^{-2}}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}$$

(11)

Where , a0=1, a1= -2cos(2*pi*fd) , and a2=1, are the feedforward coefficients of the filter and b1, b2, are the feedback coefficients.

However, if the initialisation technique is considered, the signal to be analysed by initialisation processor can be described as;

$$C_{I,Q} = C_I(1) + jC_Q(1)$$

(12)

Where : $C_I(1)$ and $C_Q(1)$ are the first two samples to initialise the internal memories of the designed optimum filter, representing the I-inphase and Q- have two internal memories representing the I-channel as given by;

$$MI\,1(1) = \text{Re}\,al\left[\frac{z^{-1} \times C_{I,Q}}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right] \quad \text{And}$$

$$MI\,2(1) = \text{Re}\,al\left[\frac{z^{-2} \times C_{I,Q}}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right] \quad (13)$$

and the steady state values for the ***Q***-channel can be calculated respectively as;

$$MQ\,1(1) = \text{Im}\,aginary\left[\frac{z^{-1} \times C_{I,Q}}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right]$$

And

$$MQ\,2(1) = \text{Im}\,aginary\left[\frac{z^{-2} \times C_{I,Q}}{1 - b_1 z^{-1} - b_2 z^{-2}}\right] \quad (14)$$

However, it is worth noting that these steady state values describing I and Q channels representing the second order recursive filter with a transfer function given by equation 11.

It is now convenient to consider the FFT processor for noisy signal only. The kth output coefficient NI(k) for the NI-point FFT in response to the input sequence CI(l) is given by ;

$$N_I(k) = \sum_{l=0}^{N_I - 1} C_I(l) \exp\left(\frac{-j2\pi kl}{N_I}\right) \quad (15)$$

Where , $k = 0,1,\ldots\ldots N_I - 1$

CI (l) is zero mean Gaussian signal, therefore $E[C_I(l)] = 0$. Identical results apply for the quadrature component NQ (k). Therefore, if the signal output of the summer follows the FFT is $N(k) = N_I(k) + jN_Q(k)$, then the related real and imaginary parts of N(k) can be expressed as;

$$N(k) = \text{Re}\,(N(k)) + j\text{Im}\,(N(k)) \quad (16)$$

$$N(k) = \sum_{l=0}^{N_I - 1} C_I(l)\cos\left(\frac{2\pi kl}{N_I}\right) + C_Q(l)\sin\left(\frac{2\pi kl}{N_I}\right) - j\sum_{l=0}^{N_I - 1} C_I(l)\sin\left(\frac{2\pi kl}{N_I}\right) + C_Q(l)\cos\left(\frac{2\pi kl}{N_I}\right) \quad (17)$$

Where , $k = 0,1,\ldots\ldots N_I - 1$

Equation 17, is describing a zero mean complex Gaussian random variable. Since CI (l) and CQ (l), are zero mean Gaussian random variables. However, defining the envelop r, such that is related to Re{N(k) and Im{N(k)} , and after some manipulations, the density function P(r) is obtained by;

$$P(r) = r\exp\left(\frac{-r^2}{2}\right) \quad (18)$$

Therefore, probability density function for r, is Rayleigh fading as given by equation 18. Using this equation, the envelope voltage r, is also used to decide the signal present state when the test r, exceeds the threshold level, otherwise the signal of interest is not present. Also, according to the above analysis, the initialisation processor operating condition can be fulfilled by calculating the steady state values of the internal memories of the filter by the direct involvement of the first received samples.

C. The Coherent Limiter: In the practical terms the Optimum Bandwidth filter, should perform the suppression of ISI, above noise, since this is suitable for time-variant signal scenario (Mobile nodes) . This problem can be alleviated by using a coherent *limiter* prior to the phase detector, to limit the incoming signals to an acceptable level. The limiter level must be rather low with respect to the value of the incoming Intersymbol Interference, and precluding for higher noisy signal levels where maximum rejection is required.

D. Equalisation Process: Using IIR equalization filters will ensure the stability and smooth frequency response, and S/N ratio at the equalizer's output. Therefore, the value of S/N is enhanced by whitening the noise, which is affecting the received signal.

III. ***Data observation using initialising Processor***

Samples of the recorded and processed data are illustrated in Figure .2. Representing simulating noise-like signal scenarios. As can be seen from these scenarios, the capability of the ***Processor*** in suppressing the noisy signal consecutively and at different scenarios.

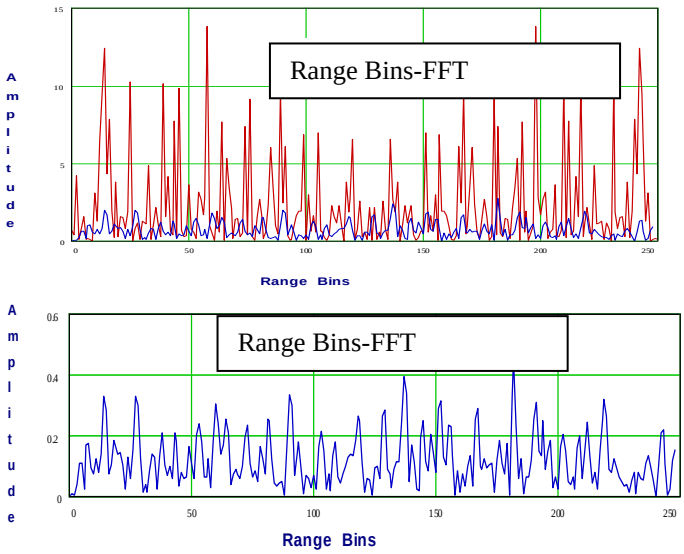


Figure.2. the initialisation Processor after FFT and its effect on noisy signal.

The rejection capability of the initialisation technique used with OFDM system, is demonstrated in Fig.3. Which shows the initialisation output of Gaussian noise, with the effect of initialisation, when the noise-whitening filter is used?

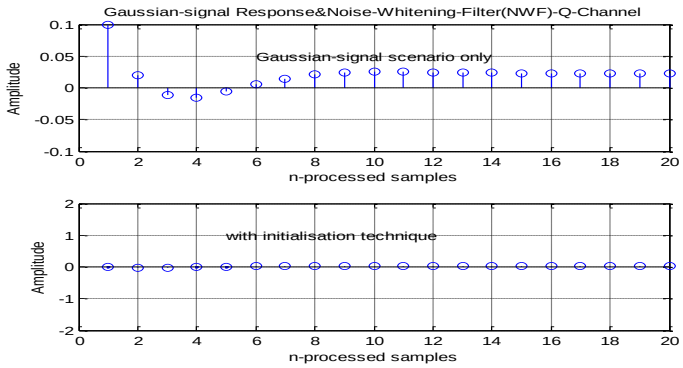


Fig.3. Gaussian noise spectrum rejection with the aid of noise-whitening filter and initialisation technique.

Least square estimator was used, and the output signal constellation is shown in fig.4, from which sixteen 16–QAM different symbol values, as an indication that equalization has been performed on training signal.

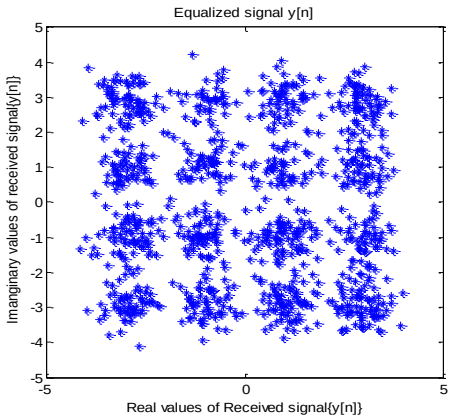


Fig.4. Constellation of 16-QAM signal with equalization

IV. CONCLUSIONS

The processor was described in this work in terms of the inclusion of an initialisation technique, digital filtering and other auxiliary processing parameters. Based on this model, the equalizer is simplified as it is connected with the initialisation technique, to improve its function. The comparisons between the proposed technique and the low order equalization was evident in a reduction in calculation burden, and working in the transient mode , with limited number of samples, while preserving performance.

REFERENCES

[1] H. AL-Ahmad and G. B. Lockhart, " Design and Analysis Of Recursive Filters With Optimum Clutter Rejection Using Zero Frequency Initialisation " International Journal of Electronics, Vol.75, No.6, pp.1099-1109, December 1993.

[2] X. Huang and H.-C. Wu, "Robust and efficient intercarrier interference mitigation for OFDM systems in time-varying fading channels," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 56, pp. 2517-2528, Sep. 2007

[3] P. Schniter, "Low-complexity equalization of OFDM in doubly selective channels," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 52, pp. 1002-1011, Apr.2004.

[4] L. Rugini, P. Banelli, and G. Leus, "simple equalization of time-varying channels for OFDM," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 9, pp. 619-621, Jul. 2005.

[5] Andrea Goldsmith. *Wireless Communications*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2005.

[6] J.G. Proakis. *Digital Communications*. McGraw–Hill, New York, third-edition,1995.

[7] K.E. Baddour and P.J. McLane. Analysis of Optimum Diversity Combining and Decision Feedback Equalization in Dispersive Rayleigh Fading. In *Proc. of IEEE Intern. Commun. Conf.*, pages 21–26, June 1999.

[8] J. Cioffi, G. Dudevoir, M. Eyuboglu, and G. Forney Jr. MMSE Decision-Feedback Equalizers and Coding - Part I: Equalization Results. *IEEE Trans. Commun.*, 43:2582–2594, October 1995.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Performance Improvement of Vector Quantization Methods Using Residual LSF

Hiba Faraj
department of electric and electronic
computer technology collage
Tripoli, Libya
hebafaraj1975@gmail.com

Selma Ozaydin
department of electric and electronic
Cankaya university
Ankara, Turkey
selmaozaydin@yahoo.com

Alia Andi
department of electric and electronic
high institute of industrial technology
Tripoli, Libya
Alia_eletri@yahoo.com

Basma Larbah
department of electric and electronic
computer technology collage
Tripoli, Libya
basmalarbah@gmail.com

***Abstract*: For low bit-rate linear predictive speech coding, it is best to quantize the LPC parameters using as few bits as possible with transparent quantization quality. To reduce the costs associated with applying vector quantization (VQ), many structured schemes have been proposed - among them the split VQ (SVQ) and the multistage VQ (MSVQ) schemes that offer substantial saving in both memory and computational cost. The present paper is an attempt to analyze these two methods, both of which employ an M-L search algorithm to significantly reduce the computational complexity and produce identical even improved quality with sequential search in terms of spectral distortion and outliers. A comparison is made of four different VQ methods, namely (SVQ, MSVQ, RSVQ, and R_MSVQ) all evaluated in terms of SD complexity and memory requirement. Simulation results show that a 3-stage split residual vector quantization can achieve a transparent quantization quality at 24 bit/frame. And MSVQ gives better performance in SD than SVQ in terms of SD, and R_MSVQ gave the best SD of all methods specially when compared to RSVQ.**

Keywords: Multistage vector quantization, Split vector quantization, Residual vector quantization, Codebook design

I. INTRODUCTION

VQ is a data reduction method, which means that in speech coding, quantization is required to reduce the number of bits used to represent a sample of speech signal. When less number of bits is used to represent a sample the bit-rate, complexity and memory requirement gets reduced. can be as simple as possible. The challenge in VQ is to map an N-dimensional real-valued vector x = $[x_1,x_2.....x_N]$ to another real-valued vector y_i= $[y_{i1},y_{i2}$,$.....y_{iN}]$. Typically, all possible values of $y_i$are composed into a reconstruction codebook Y = $\{y_1,y_2.....y_L\}$. Hence, if L is the size of the codebook, it is called an L-level codebook or L-level quantizer. Vector quantization (VQ) is an important application of distance measures as it can reduce the dimension of an input data upon encoding each input vector as a single number. In a VQ algorithm, a set of training data is taken, and centroids are found by using a clustering algorithm. Among these clustering methods is the k-means clustering algorithm, which begins by choosing k vectors as the starting central points; then, it assigns each training input vector to the closest of these centers to gradually work out new central points by taking the means of each cluster. These three steps are repeated until the central point's cease to change any further or significantly. In speech coding, quantization is required to reduce the number of bits used to represent a sample of speech signal. When fewer bits are used to represent a sample, the bit-rate, complexity and memory requirement are reduced as well. Thus, a compromise must be made between the reduction in bit-rate and the quality of the speech signal. The parameters used in the analysis and synthesis of these signals are the LPC coefficients. In speech coding, quantization is not performed directly on the LPC coefficients, but carried out by transforming the LPC coefficients to other forms to ensure filter stability after

quantization. The alternative to LPC coefficients is the use of line spectral frequency (LSF) parameters for filter stability after quantization. [3-7].

Speech coding refers to the process of reducing the bit rate of digital speech representations for transmission or storage while maintaining a speech quality that is acceptable for the application. Most of the speech coders reported in the literature are based on linear prediction (LP) analysis [1]. For LP-based vocoders, the bit rate reduction is strongly tied to efficient quantization of the LPC filter coefficients $\{a_j\}$. The Line Spectral Frequencies (LSF), an equivalent representation of $\{a_j\}$ and more suitable for quantization and interpolation, can alternatively be used for the same purpose. In this sense, the Multi-Stage Vector Quantization (MSVQ) of LSF parameters presented in [4] has an efficient quantization performance at 22-24 bits per 20ms frames. Furthermore, such a multi-stage structure has more flexibility than a single stage VQ in terms of search complexity, codebook storage and channel error protection. Very low-rate speech communication systems require efficient fixed-rate and low delay coding methods which operate at lower bit rates. The residual multistage vector quantization (R_MSVQ) is a combination of two product code vector quantization techniques, namely the Residual vector quantization technique and the Multistage vector quantization technique namely the Residual vector quantization technique and the Multistage vector quantization technique. In this paper, the R_MSVQ is implemented using an LSF coefficient vector split into stages, each of the employs an M-search for quantization according to a multistage structure. The residual LSF parameters of a current frame are predicted from the quantized LSF parameters of the previous frames and, then, the residual LSF vectors are coded with an MSVQ codebook. R_MSVQ offers satisfactory performance and reaches the transparency required for speech hence its employment in the present study to improve the spectral distortion

II. CODEBOOK DESIGN SPEECH

signal VQs require codebook generation which, in this study, are designed using an iterative algorithm called the Linde, Buzo, and Gray (LBG) algorithm. The input to the LBG algorithm is a training vectors clustered into a set of codebook vectors. The speech signals used to obtain training vectors must be free of background noise, and they are ideally recorded in soundproof booths, computer rooms, and open environments. In this work, the speech signals are taken from the TIMIT database. The codebook generation using the LBG algorithm requires the formation of an initial codebook, which is the centroid or means obtained from the training sequence. This centroid is, then, split into two centroids or codewords using the splitting method. In turn, the iterative LBG algorithm splits these two codewords into four, four into eight, and the process continues till the required number of codewords in the codebook are obtained [5-8].

III. RESIDUAL MULTISTAGE VECTOR QUANTIZATION (R_MSVQ)

Multistage Vector Quantization (MSVQ) is an evolution of the basic VQ technique, otherwise regarded as multistep, residual or cascaded vector quantization. It is a cascaded VQ encoder where the output of the VQ of a stage is the input of the next. It preserves the features of the VQ technique while reducing computational complexity and memory requirements while improving the quality. In MSVQ, each stage has its own codebook. The codebook of the first stage is created using the training sequence as the input, and the codebook of each remaining stage is created using the quantization error of its previous stage. As for VQ, we used the LBG algorithm to create the codebooks. Let y be the signal to be quantized and assume the number of stages as 3 (st = 3) which illustrates the MSVQ encoding and decoding level. Note that, here, the input of the V Q of the first stage is y, the input of the V Q of the second stage is the quantization error of the previous stage ($e1 = y - \hat{y}1$), and the input of the V Q of the third stage is the quantization eerror of stage two ($e2 = e1 - \hat{e}1$). The MSVQ encoder provides three indexes as the observation vector (y), the quantization error of the first stage (e1), and the quantization error of the second stage (e2) the MSVQ decoder uses the codebook of each stage to find the corresponding codewords of the indexes and, the n, provide the quantize vectors of the stages as $\hat{y}1$, $\hat{e}1$, and $\hat{e}2$. Accordingly, the quantized observation vector is $\hat{y} = \hat{y}1 + \hat{e}1 + \hat{e}2$. In this study, we designed the residual MSVQ (R_MSVQ) algorithm, with the related flowchart appearing in Fig1, As for the R_MSVQ, the following details describe the approach:

- R_MSVQ is a hybrid of two product code vector quantization techniques; namely, the residual vector quantization technique (RVQ) and the multistage vector quantization (MVQ) technique.
- The R_MSVQ implemented employs LSF coefficients. Here, the LSF coefficient vector is

split into stages, where M-L search is used according to a multistage structure.

• The residual LSF parameters of the current frame are predicted from the quantized LSF parameters of the previous ones and, later, residual LSF vectors are coded with an MSVQ codebook.

• In the R_MSVQ method, the residual LSF parameters of the current frame are predicted from the quantized LSF parameters of the previous frames using interframe correlation feature of spectrum parameters [5-8] and then residual LSF vectors are coded with a MSVQ codebook. Firstly, the LSF parameter vector is obtained by transforming the 10th order LPC parameter vector. Next, the average LSF vector of the training set x_{DC} is subtracted from the LSF vector $x^{(i)}$ belonging to the ith frame. By defining the mean removed LSF vectors ($z^{(i)}= x^{(i)}- x_{DC}$) and its quantized version $z^{\wedge(i)}= x^{\wedge(i)}- x_{DC}$, the residual LSF vector e(i) is calculated using

$$e^{(i)}= z^{(i)}- r^{(i)} \qquad (1)$$

Where i=1, 2,…and r(0) = 0. The quantized residual vector $e^{\wedge(i)}$ is found by quantizing $e^{(i)}$ with a VQ codebook. Depending on how (i) is computed, various prediction schemes can be proposed.

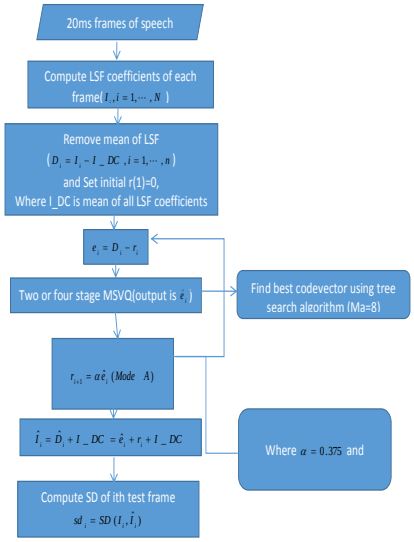


Figure1. flowchart for RMSVQ

The LSF parameter vector is obtained by transforming a 10th order LPC parameter vector. Next, the long-term average LSF vector (obtained by averaging the LSF vectors in the training set) I_{DC} is subtracted from the LSF vector belonging to the ith frame I_i to obtain a differential LSF vector d_i given by (1):

$$d_i = I_i - I_{DC} \qquad (2)$$

IV. RESIDUAL SPLIT VECTOR QUANTIZATION (RSVQ)

This technique is developed to improve the performance of split vector quantization. As stated earlier, R_SVQ is also a hybrid of two product code vector quantization techniques, namely the residual vector quantization technique and the split vector quantization technique. In RSVQ, the vector dimensions to be quantized are reduced by means of splitting, and the bits allocated to the quantizer are divided among the stages and splits of each stage. All sub-vectors in the quantizer are connected in cascade to form a multi-stage structure. Obviously, splitting the input vector into sub-vectors will lead to performance degradation because of the decline in the statistical dependence between the sub-vectors. However, if an analysis procedure is

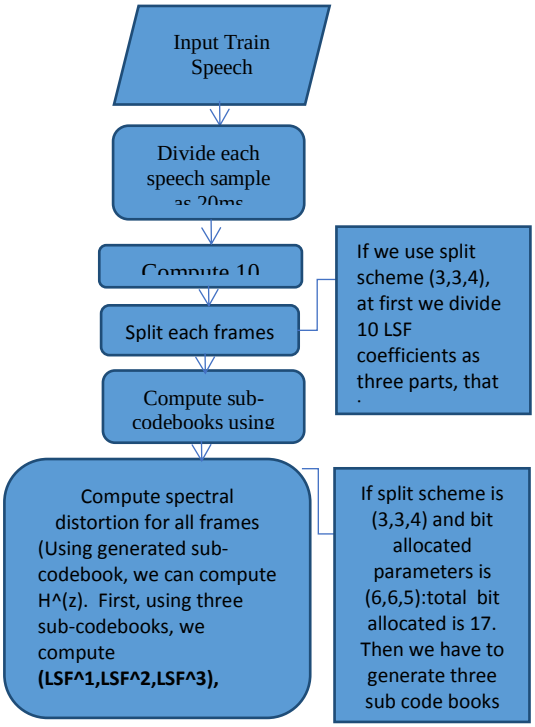


Figure 2. SD for 3-stage RMSVQ and RSVQ

devised in such a way to allow for coupling the forward and backward prediction errors across successive stages, then the statistical dependence can be preserved during the quantization performance of the SVQ to approach to that of a single stage VQ. The details of the RSVQ are explained in the following low chart fig 2.

- ❑ In Split Vector Quantization, the training sequence used for codebook generation is split into vectors of smaller dimensions.
- ❑ Each split of the training sequence is used to generate separate sub codebooks.
- ❑ Computing LSF coefficient and removing the mean from the LSF coefficient.
- ❑ Each VQ stage operates on the residual vector of the previous stage similar to the residual VQ scheme.
- ❑ The use of a split vector quantizer makes the less availability of bits at each split of the vector quantizer as a result, the complexity and memory requirements are greatly reduced, but the dependencies that exist across the dimensions (splits) of a vector is lost. Consequently, the spectral distortion is slightly increased.

V. PERFORMANCE EVALUATION

The quality of the speech signal is an important parameter in speech coders, measured in terms of spectral distortion for an objective performance evaluation. The spectral distortion is measured between the LPC power spectrum of the quantized and unquantized speech signals. In this work, the experiment is carried out using the standard TIMIT speech database containing American and British English speeches sampled at 8 kHz. In order to design SVQ or MSVQ codebooks, the LSF vectors are generated from the TIMIT database. The sentences are uttered by both female and male speakers. The frame length is about 30 ms with hamming window and overlap 10ms. A 10th-order LPC analysis based on an autocorrelation method is carried out for every 20 ms frame. The resulting coefficients of the 10th-order LP polynomial A(z) are, then, converted into the LSF domain (Figure 4). The LSF input data is used to design the required codebooks. The input data used in the experiments consists of two separate databases, namely for training and testing. The former consisted of 90,000 LSF vectors for clean speeches, and the latter consisted of 43,300 LSF vectors for clean speech and 32,400 LSF vectors for noisy speech. After designing the codebooks, the spectral distortion (SD) values are calculated over the frequency band of 100-3800Hz for 8 kHz sampled speech. [8]

Table1. SD for RSVQ for 3-splits

Number of bits	SD for (3,3,4)	SD for (4,3,3)	SD for (4,4,2)
14	2.325	2.277	2.286
16	2.078	2.077	2.147
18	1.881	1.910	1.986
20	1.712	1.669	1.727
22	1.468	1.485	1.595
24	1.297	1.380	1.499

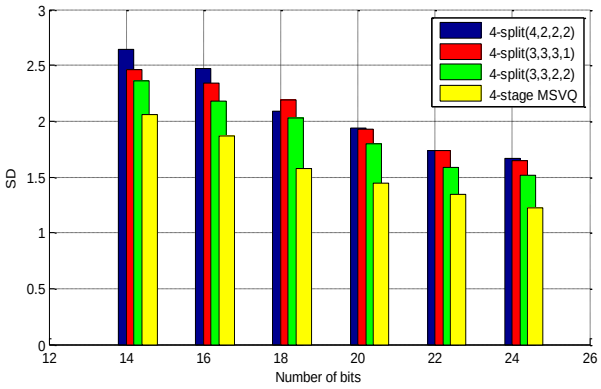


Figure 3. SD for 3-stage RMSVQ and RSVQ

Table2. SD for RSVQ for 4-splits

Number of bits	SD for (4,2,2,2)	SD for (3,3,3,1)	SD for (3,3,2,2)
14	2.643	2.457	2.363
16	2.475	2.339	2.182
18	2.092	2.190	2.026
20	1.937	1.930	1.801
22	1.734	1.735	1.587
24	1.663	1.648	1.515

Table3. SD for RMSVQ for 3 & 4splits

Number of bits	SD for 3-stages	SD for 4-stages
14	1.94	2.06
16	1.80	1.87
18	1.61	1.58
20	1.43	1.44
22	1.31	1.34
24	0.98	1.22

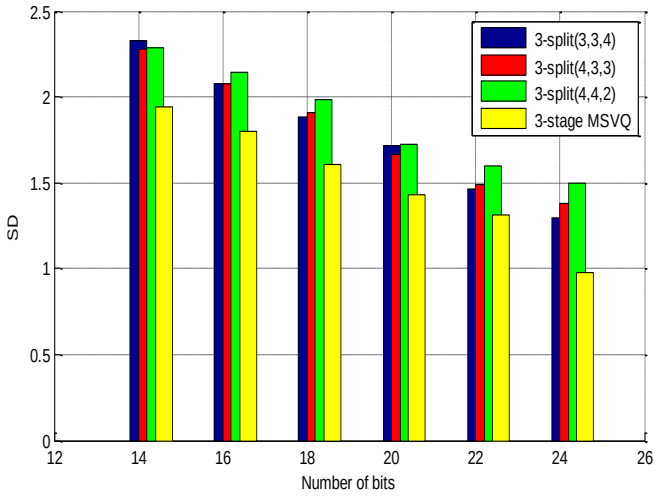


Figure 4. SD for 4-stage RMSVQ and RSVQ

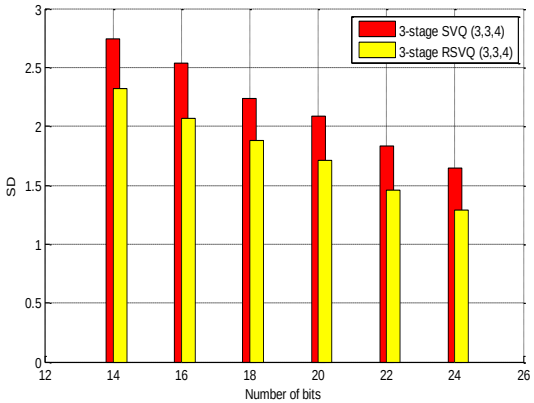


Figure 5. SD for 3- stages RSVQ and SVQ

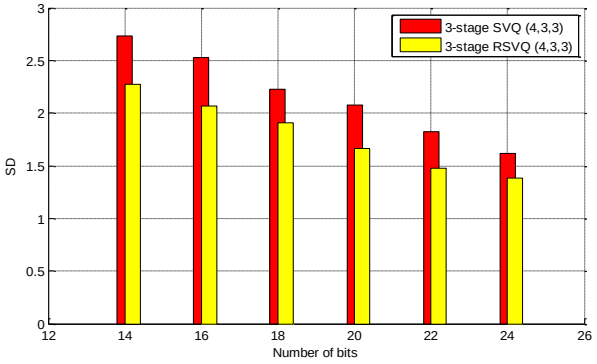


Figure 4. SD for 3- stages RSVQ and SVQ

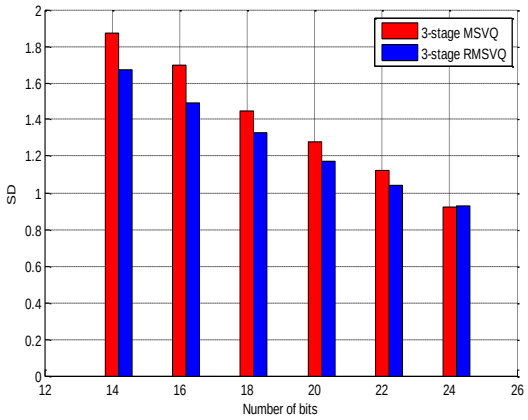


Figure 6. SD for 3- stage R_MSVQ and MSVQ

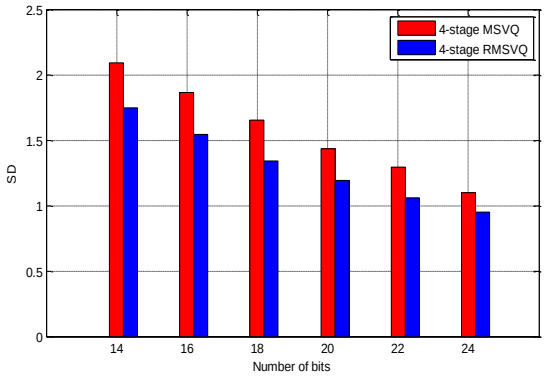


Figure 7. SD for 4- stage R_MSVQ and MSVQ

6. Analysis of the Tables and Figures:

A residual split vector quantization (RSVQ) and residual multistage vector quantization (R_MSVQ) scheme for sequential quantization of LPC coefficients was presented. When we compare both (RSVQ) and (R_MSVQ) as we can see from tables R_MSVQ give best performance than RSVQ in terms of SD. As we can see from table 1,2 and 3 calculating the SD in all number of bits from 14 to 24 R_MSVQ give very good performance in terms of SD when compared with RSVQ about 27% improvement. And as we can see from literature studies that MSVQ is better than SVQ in terms of SD and comparing this literature results for (SVQ, MSVQ) with new methods (RSVQ, R_MSVQ) from the table results R_MSVQ gives the best result when compared with all algorithms as we can see from figures [1-6].

VI. Conclusion

The RSVQ and R_MSVQ schemes for sequential quantization of LPC coefficients is presented. From the results of the designed codebooks with these methods, it can be said that RSVQ outperforms SVQ by about 27%. In 3-stage the best result of SD is the split (4,3,3) for both the SVQ and RSVQ algorithms. Comparing these two results (SVQ and RSVQ) reveals that RSVQ provides lower SD, and that R_MSVQ also yields lower SD when compared to MSVQ. Based on the figures, R_MSVQ performs better than RSVQ, which in turn performs better in terms of computation complexity and memory requirement. RSVQ with SVQ according to the bit allocation from14 to 24 gives better performance than SVQ.

REFERENCE

[1] So.Stephen and K. K.Paliwal ,"Efficient product code vectoquantization usng switched split vectorquantizer ," Digital Signal Processing journal, Elsevier, Vol. 17, Issue 1, Jan 2007, pp.138-171.

[2] F .K.Soong and B.H.J uang, "Line spectrum pair (LSP) and speech dat a compression," in: Proc. IEEE Int.Conf.Acoust ,Speech, Signal Processing, Vol 9, Issue1, March 1984, pp. 3740.

[3] P.Kabal and R.P.Ram a chandran,"The computation of line spectral frequencies using Chebyshev polynomials," IEEE Trans.Acoust . Speech Signal Process, Vol. 34, Issue 6, Dec 1986, pp.1419-1426.

[4] Hong Kook Kim and Hwang Soo Lee, "Interlacing properties of line spectrum pair frequencies," IEEE Trans. Speech Audi o Process, Vol. 7, Issue 1, Jan 1999, pp.87– 91.

[5] W.B. Kleijn,T.Backstrom,P.Alku,"Online spectral frequencies," IEEE Signal Processing Letters, Vol 10, Issue 3, March 2003, pp.7577.

[6] Y. Linde, A. Buzo and R.M.Gray, "An algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans. Commun,Vol 28, Issue1, Jan.1980, pp.84 – 95.

[7] A. Buzo, A.H.Gray,R.M. Gray and J . Markel , "Speech coding based upon vector quantization," IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process,Vol. 28, Issue 5, Oct 1980, pp.562-574.

[8] N.Sugamura and N.Farvardin,"Quantizer designin LSP speech analysis and synthesis," in:Proc. IEEE Int.Conf.Acoust,Speech,Signal Processing, Vol. 1, Apr 1988, pp. 398– 401.

[9] A. Gersh, R.M Gray, Vector Quantization and Signal Comperssion, Kluwer Acadmic Publisher, dordrecht, 1992

[10] N. Kitawaki, H. Nagabuchi and K. Itoh, "Objective quality evaluation for low-bit rate speech coding systems," 21 IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 6, Issue 2, Feb 1988, pp. 242–248.

[11] P. R. Kanawade ; S. S. Gundal"Tree structured vector quantization based technique for speech compression,"2017,23 International Conference on Data Management, Analytics and Innovation (ICDMAI)

[12] M. Shafi V. Makwana ; A. B. Nandurbarkar ; K. R. Parmar"Speech compression using tree structured vector 25 quantization,"2014 2nd International Conference on Device,Circuit and Systems(ICDCS)

[13] J. Tribolet, P. Noll, B. McDermott and R. Crochiere, "A study of complexity and quality of speech waveform 27 coders," in: Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. 3, Apr 1978, pp. 586–590.

[14] J. Tribolet, P. Noll, B. McDermott and R. Crochiere, "A study of complexity and quality of speech waveform 29 coders," in: Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. 3, Apr 1978, pp. 586–590.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Simulation FSO System under Effect of Scintillation Index on Weak to Strong Turbulence

Alia S. Saleh Gebrel
Electrical and Electronics Department
Faculty of Engineering, Tobruk University
Tobruk, Libya
Alia@tu.edu.ly

Sultan F. Awad Omar
Wireless Fixed Tele Department
Hatif Libya Company
Tobruk, Libya
S.Omar@hlc.ly

***Abstract*- Atmospheric turbulence is caused by the movement of air molecules, which can cause the refractive index of the atmosphere to vary. This variation in the refractive index causes the signal to be scattered, resulting in intensity fluctuations called the Scintillation is a phenomenon that occurs when a signal is transmitted through a medium that is subject to rapid changes in refractive index, Scintillation index (SI) is a measure of the magnitude of these fluctuations, and is typically expressed as a percentage. This causes the signal to be distorted or attenuated, resulting in a decrease in signal strength and an increase in bit error rate (BER) and signal to noise ratio (SNR), in this paper numerical analysis the Gamma-Gamma and Log-Normal models is performed, these are the most commonly used models for turbulence. These models are used to describe the effects of turbulence in the atmosphere, and it is used to predict the behavior of turbulent flows. This analysis under effect weak, moderated and strong turbulence with different parameters such as optical wavelength, and receiver diameter aperture on three different refractive-index structure. Numerical results showed that FSO link performance is enhanced when wavelength is increased, for both strong and moderate turbulence regimes and decrease the aperture receiver diameter.**

Keywords: Free Space Optical, Scintillation Index, refractive index

I. INTRODUCTION

The performance of a free space optics (FSO) link can be greatly affected by atmospheric turbulence, which causes fluctuations in the refractive index of the air and results in distortions of the optical beam, known as scintillation [1]. These distortions can lead to a reduction in the signal-to-noise ratio, power loss and beam wander, which can result in a decrease in the link performance and reliability [2]. A number of factors can affect the performance of an FSO link under the effect of turbulence, including the link distance, the wavelength of the light, and the strength of the turbulence. In general, the link performance degrades as the distance increases, and as the turbulence strength increases. One way to quantify the effect of turbulence on the FSO link performance is to use the scintillation index (SI), which is a measure of the strength of the scintillation. A lower SI value indicates less scintillation and better link performance. The SI can be calculated using the point spread function (PSF) and the intensity scintillation variance (ISV) of the received optical signal [3]. Another important factor for the performance of the FSO link under the effect of turbulence
is the beam width of the optical beam. A narrower beam width reduces the impact of scintillation, but increases the Pointing and tracking errors. There are several techniques that can be used to mitigate the effects of turbulence on the FSO link performance, such as the use of adaptive optics, beam-steering techniques, and diversity receivers. These techniques can help to improve the link performance and reliability [4]. But they have their own limitations, and the effectiveness of these techniques can depend on the specific system and operating conditions.

Fig.1 shows the effect with air pockets having different refractive indices randomly formed pockets refract the optical wave front of the incoming beam due to which the signal cannot be received properly [5]. The scintillation is a function of the refractive index structure parameter C_n^2, modeled by the Hufnagel-Valley (H-V) model [6], which is a function of altitude h in meters and wind speed v in m/s, a typically measured in units of $m^{-2/3}$. It is used to describe the variations in the refractive index of air caused by temperature and pressure differences. The strength of these fluctuations can range from very weak ($C_n^2$of 10^{-16} $m^{-2/3}$) to very strong ($C_n^2$of 10^{-12} $m^{-2/3}$) and it is important for various fields, such as astronomical observation, atmospheric physics, and optical communication. The stronger the turbulence, the higher the value of $C_n^2$and the greater the distortion of images and the interference in signals, caused by the fluctuations.

This paper discussed the analysis of a free-space optical (FSO) link and its various parameters such as the optical wavelength and receiver aperture diameter, how these parameters are affected by weather conditions, specifically scintillation, which is a phenomenon causes fluctuation of the intensity of light too rapidly in a random manner. This can have a significant impact on the performance of an FSO link, the paper discussed these effects or optimize the link for specific conditions, determine the efficiency of the system by measuring the signal-to-noise ratio and bit error rate.

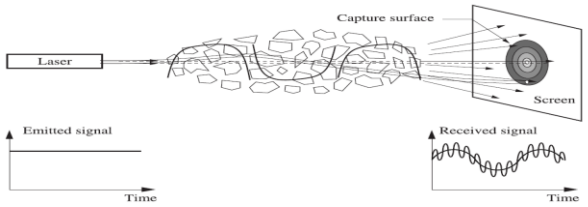


Fig 1. Effects of various different sized heterogeneities on a laser beam propagation *(scintillations).*

II. MODEL SIMULATION

A. Atmospheric turbulence model

Gamma-Gamma Model Distribution

The Gamma-Gamma distribution model is a statistical model used to describe the atmospheric turbulence-induced scintillation of laser beams in free-space optical communication links. The model is based on the assumption that the scintillation index (a measure of the intensity fluctuation of the laser beam) is a random variable that follows a Gamma-Gamma distribution. Turbulent channel was analyzed considering Gamma- Gamma distribution model as it is suitable for medium and strong regimes of atmospheric turbulence strength. Its intensity I is a product of two gamma random variables which represents fluctuations from small and large turbulence [7]. The received signal optical intensity I can be represented by [8]:

$$p(I) = \frac{(\alpha\beta)^{\frac{\alpha+\beta}{2}}}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} I^{\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)-1} K_{\alpha-\beta}(\sqrt{\alpha\beta I}) \quad I > 0 \quad (1)$$

$K_{\alpha-\beta}$ Represents the modified Bessel function. The parameters α and β are the effective values of small scale and large scale eddies of the turbulent medium considered where:

$$\alpha = [\exp(\frac{0.49\sigma_R^2}{\left(1 + 1.11\sigma_R^{\frac{12}{5}}\right)^{\frac{7}{6}}}) - 1]^{-1} \quad (2)$$

$$\beta = [\exp(\frac{0.51\sigma_R^2}{\left(1 + 0.69\sigma_R^{\frac{12}{5}}\right)^{\frac{5}{6}}}) - 1]^{-1} \quad (3)$$

σ_R^2 Rytov variance and is described as

$$\sigma_R^2 = 1.23\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^{\frac{7}{6}} \times C_n^2 L^{\frac{11}{6}} \quad (4)$$

Where λ represent wavelength, distance between T_x and R_x link is L, C_n^2 shows atmospheric turbulence strength. The BER equation of Gamma-Gamma channel model is

$$P_b = \frac{1}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{D^6(\theta)}{(1 - 2D^2(\theta))^2} \quad (5)$$

$D(\theta)$ *is given by*

$$D(\theta) = 2^{\frac{\alpha+\beta+4}{4}} C1\left(\frac{c_2}{\alpha}\right)^{\frac{\alpha-\beta}{2}} \left(\frac{\sin(\theta)}{\sqrt{\tau}}\right)^{\frac{\alpha-\beta}{2}} K_{\alpha-\beta}\left(2^{\frac{5}{4}}\sqrt{\frac{c_2\alpha\sin(\theta)}{\sqrt{\tau}}}\right) \quad (6)$$

The expression of c_1 and c_2 are given:

$$C_1 = \frac{\sqrt{\pi\alpha^\alpha\beta^\beta}}{\Gamma(\alpha)\Gamma\left(\frac{\beta+1}{2}\right)} \quad (7)$$

$$C_2 = \beta\sqrt{\beta - \frac{1}{2} + \frac{1}{16}\left(\beta - \frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}}}) \quad (8)$$

The Gamma-Gamma (GG) distribution is a probability density function (PDF) that is commonly used to model the received signal optical intensity in optical communication systems. The equation for the GG distribution is given by:

$$p(I) = \frac{1}{I\sqrt{2\pi\sigma^2}} exp^{\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} - \frac{(\ln(I) + \frac{\sigma^2}{2}}{2\sigma^2} \quad (9)$$

Where σ^2 scintillation index parameter or log irradiance variance is also called Rytov variance. Assuming plane wave propagation, Rytov variance is expressed by the equation [9]:

$$\sigma^2 = 1.23 C_n^2 K^{\frac{7}{6}} L^{\frac{11}{6}} \quad (10)$$

Where C_n^2 refractive index parameter is dependent on altitude level, K is optical wave no. and L is link distance.
The variations of the refraction index make a deflection of the optical beam and fluctuation of the power at the receiver. The variations in the refractive index of the medium ($C_n^2(a)$) can be described by the following [9] :

$$C_n^2(a) = 0.00594\left(\frac{w_s}{27}\right)^2 (10^{-5}a)^{10} \exp\left(\frac{-a}{1{,}000}\right) + 2.7\cdot10^{-16} exp\left(\frac{-a}{1{,}500}\right) + 1.7\cdot10^{-14} exp\left(\frac{-a}{100}\right) \quad (11)$$

Where w_s is the root mean square wind speed in m/s, and a is the altitude in m.

III. RESULTS AND DISCUSSION

FSO Link simulation is carried out using non return-to-zero on–off keying (NRZ-OOK) Horizontal link model for the attenuation due to turbulence losses. In this FSO Link Simulation the effects of turbulence on the signal attenuation is studied, studied for different levels of turbulence, such as low, moderate, and high. The simulation also takes into account variations in wavelength, receiver diameter that can affect the performance of the FSO link that achieves the minimum BER, the maximum SNR. The system performance is dependent on various environmental scintillations; this paper focuses on the performance analysis of FSO systems under scintillation turbulence index by simulating these different scenarios. Researchers can gain a better understanding of the factors that contribute to signal loss in FSO systems and develop strategies for mitigating these effects.

The system performance is dependent on environmental refractive index; this paper focuses on the performance analysis of FSO systems under effect of scintillation turbulence index, the parameters used for the system are given in Table 1. In order to obtain the optimum performance of the system that achieves the minimum BER, maximum SNR.

Table 1: Considered simulation parameter for optical link

Parameter	***Value***
Wavelength	850,1330 and 1550
Data rate	5 Gb/s
Transmitter Power	10 dBm
Refractive Index C_n^2	10^{-15}, 10^{-14} and 10^{-13}
Receiver Aperture Diameter (m)	10mm, 20mm and 30mm
Beam Divergence	0.65 mrd
Turbulence Model	GG and LN

The Low turbulence conditions resulted in a relatively stable and consistent signal, while moderate and high turbulence conditions can cause a significant reduction in the signal strength and increase in the bit error rate.

Figures 2,‹3 and 4 show the relation between the BER and SNR for three different wavelengths: 850 1,330 and 1,550 nm at different Refractive IndexC_n^2. At the transmission wavelength of 850 nm, it is seen that the turbulence loss characteristics are almost similar to all the low, moderate and strong turbulence irrespective of their different refractive-index structure parameters and wave types. Owing to the low attenuation and the high signal to noise ratio. The results show that the BER decreases for wavelength 1550 nm compared to 850 and 1330 nm; For λ = 850nm wavelength, the attenuation scintillation is 16.1 dB for high turbulence while 12 dB at 1550 nm, so that the wavelength equals to 1,550 nm, which is the optimum wavelength at the worst case scintillation at range of 5 km. From the obtained result, it is noted that the higher wavelength has a higher potential for FSO transmission link.

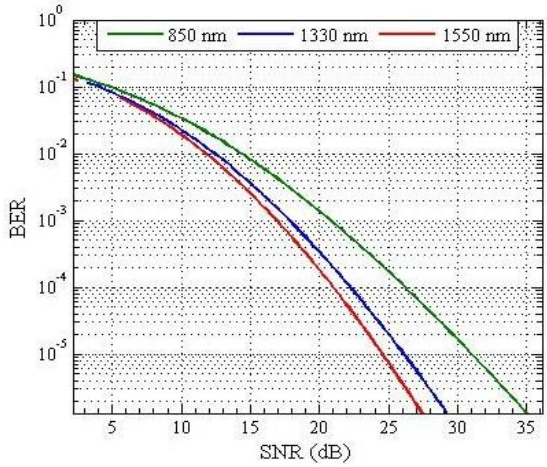


Fig 2. BER of OOK FSO links vs. Average SNR (dB) over weak atmospheric turbulence channels for various wavelength.

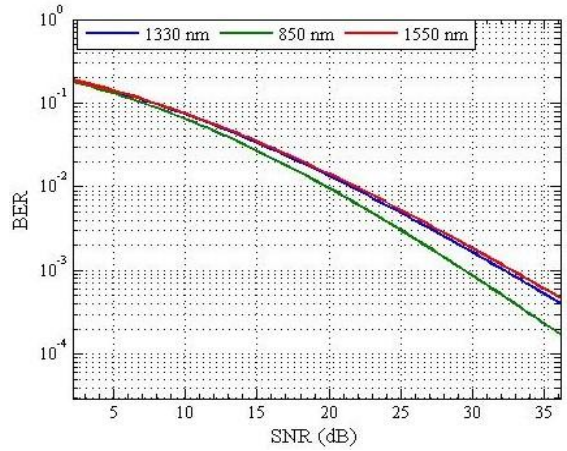


Fig 3. BER FSO links vs. Average SNR (dB) over moderate atmospheric turbulence channels for various wavelength.

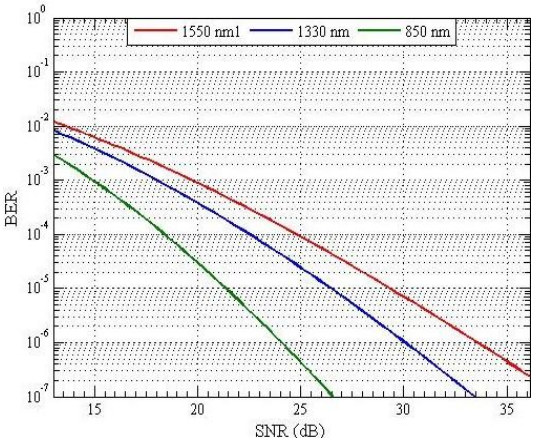


Fig 4. BER FSO links vs. Average SNR (dB) over strong atmospheric turbulence channels for various wavelength.

Figures 5, 6, and 7 show the relation between the SNR and the BER at various receiver diameters equal to 10, 20, and 30 mm under different refractive indices. For receiver diameter of 10, 20 mm, the SNR is decreased significantly while the BER decreases slightly. For example, with receiver diameters of 10mm the SNR up to 30 dB for high turbulence while 22dB for 30mm diameter the SNR decrease has a higher potential for FSO transmission link

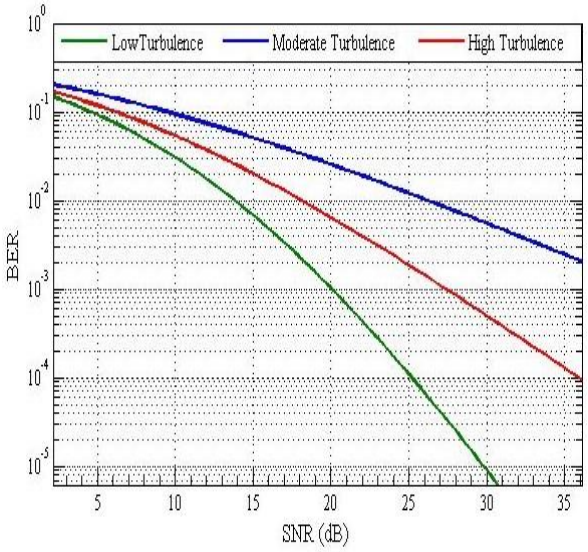


Fig 5. BER versus average SNR for receiver diameter 10mm at various weather conditions

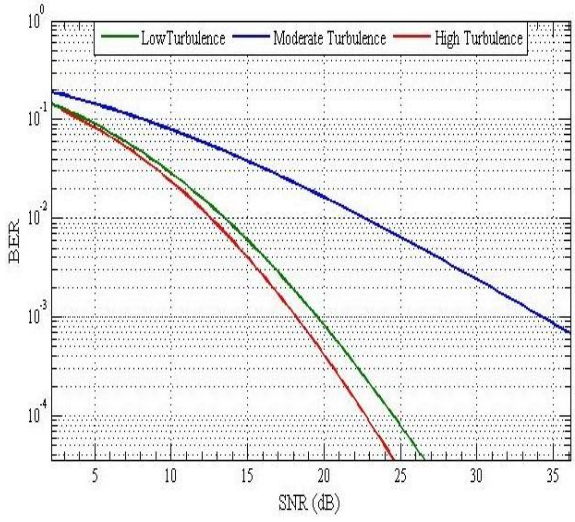


Fig 6. BER versus average SNR for receiver diameter 20 mm at various weather conditions

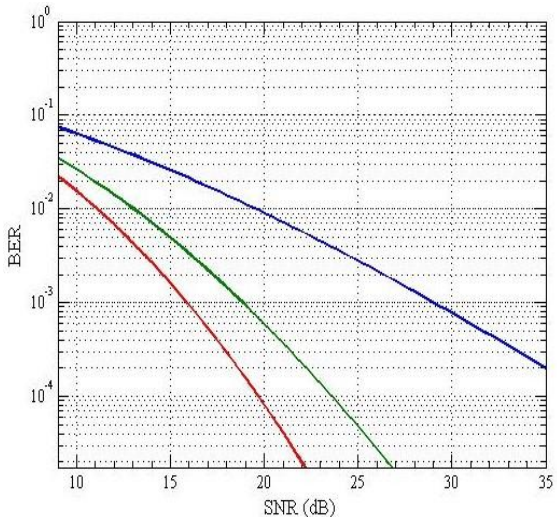


Fig 7. BER versus average SNR for receiver diameter 30 mm at various weather conditions

VI. Conclusion

This paper analyzed the performance of horizontal FSO link for the turbulence attenuation due to the scintillation index using NRZ-OOK simulation. Analytical relationship of bit error rate and signal to noise ratio for different wave length and receiver diameter. The results show reducing the scintillation index will increase the SNR and will thus reduce the value of BER. And 1,550 nm is the best wavelength in FSO windows and that improving the system performance and BER performance can be improved by increasing the receiving aperture diameter under high turbulence condition.

REFERENCES

[1] Hamza Gercekcioglu, Yahya Baykal "Scintillation and bit error rate in bidirectional laser communications between an aerial vehicle and a satellite using annular optical beams in strong turbulent atmosphere," Journal of the Optical Society of America, Vol. 38, No. 10, pp.335-341, 2021.

[2] M. Yousefi, R. Talatian Azad, F. D. Kashani, and B. Ghafary, "Scintillation index effects on the bit error rate in free space optical communication of incoherent flat-topped laser beam propagating through turbulent atmosphere," IJST (Special issue), vol.39 A3, pp.369-374, 2015.

[3] Michael T. Taylor, Aniceto Belmonte, Leo Hollberg, and Joseph M. Kahn "Effect of atmospheric turbulence on timing instability for partially reciprocal two-way optical time transfer link," physical review, vol. 3 ,pp.843-849, 2020

[4] Kolawole, O.O. Afullo, T.J.O, and Mosalaosi, M. "Initial Modeling of Atmospheric Turbulence Effect on Optical Wireless Communication Links in South Africa," In Proceedings of the Southern Africa Telecommunication Networks and Applications Conference (SATNAC) 2019, Ballito, KwaZulu-Natal, South Africa, pp. 68–72. 1–4 September 2019.

[5] Ziyi Zhu, Molly Janasik, Alexander Fyffe1, Darrick Hay1, Yiyu Zhou, Brian Kantor, Taylor Winder, Robert W. Boyd, Gerd Leuchs, and Zhimin Shi, "Compensation-free hi dimensional free-space optical communication using turbulence-resilient vector beams," nature communications vol. 12, pp.1666, (2021).

[6] Chaleshtori, Zahra, Gholami, Asghar, Ghassemlooy, Zabih and Zvanovec, Stanislav" Experimental Investigation of the Effective Spectrum Bandwidth of the FSO Link with Scintillation," 1st West Asian Colloquium on Optical Wireless Communications (WACOWC2018), 25 April 2018, Isfahan.
[7] M. A. Khalighi and M. Uysal, "Survey on free space optical communication: a communication theory perspective," IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 16, pp. 2231- 2258, 2014.
[8] C. Abou-Rjeily and S. Haddad, "Inter-relay cooperation: a new paradigm for enhanced relay-assisted FSO communications," IEEE Trans. Commun., vol. 62, pp. 1970-1982, 2014.
[9] Kanchan Sharma, Surender K. Grewal "Capacity analysis of free space optical communication system under atmospheric turbulence," Optical and Quantum Electronics, vol.10, pp52:82, 2020.
[10] Muhammad et al., "Channel modeling for terrestrial free space optical links," in Proc. IEEE Int. Conf. Transp. Opt. Netw. (ICTON),20, pp. 407–410, 2005

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Hybrid Machine Learning Algorithm for Energy Efficient in Wireless Sensor Networks

Sameer Asayh [1]
Department of Renewable Energy.
Faculty of Natural Resources
University of Zawia
Alajelate , Libya
sa.asayh@zu.edu.ly

Yunes Amgahd [1*]
Department of Computer Technology
Higher Institute of Sciences & Technology
Tarhuna, Libya
emgahd79@gmail.com

Kamal Alhauwari [2]
Department of Petroleum Engineering .
Faculty of Natural Resources
University of Zawia)
Alajelate , Libya
k.alhauwari@zu.edu.ly

***Abstract*—The Wireless Sensor Network (WSN) is a self-infrastructure network with a huge amount of sensor nodes. The distributed sensor nodes communicate with others. In WSN the sensor nodes collect the information and transfer it to the base station. The WSN is deployed in many applications such as healthcare systems, secure military applications, and monitoring applications but the WSN has inherent limitations of energy and storage. Achievement of energy efficiency is essential for WSN. Many researchers have focused on enhancing communication performance and extending the network lifetime. The traditional design of WSN has sensor nodes, cluster head (CH) and base station (BS). The communication of sensor nodes using the traditional design consumes high energy, increases delay and reduces network performance. To address the limitation of the present state of the system, in this research work proposed a Hybrid Machine Learning algorithm for Wireless Sensor Networks (HML). The design of HML-WSN utilizes a hybrid machine learning based optimized path selection algorithm, which improves the network performance in the metrics of throughput, packet delivery ratio and reduces delay and energy consumption. The implementation of proposed methodology made using NS2. The empirical results of the proposed system outperforms with comparison of the existing WSN mechanisms.**

Keywords— Machine Learning, Energy Efficient, Wireless Sensor Networks.

I. INTRODUCTION

The tremendous advancement in wireless communication technology is highly impact on Wireless Sensor Network (WSN)s. The data transmission is essential operation in WSN. From last decade many mechanisms are proposed to improve the performances of data transmission. Efficiently data transmission is essential for both research and industry. The WSN used in wide range of application from military to health care applications and environment monitoring applications to smart city innovations [1]. The WSN have large number of distributed sensor nodes. The traditional WSN have different levels of communication. The network partitions in to many clusters, in each clusters elected one CH. The sensor nodes are deployed in various applications and collected surround information. The sensor node send to the CH and the CH forward to the sensor data to the base station [2].

The WSN sensor nodes have limitations in energy efficiently and data transmission. The sensor nodes have very less computing and communication abilities. The range of sensor nodes very limited and enhancement is needed to improve the communication performance. The deployment of WSN is consider main aspect of load balance. In traditional WSN mainly used Base Station and CHs for data transmission [3]. In Figure 1 observe a model architecture of WSN.

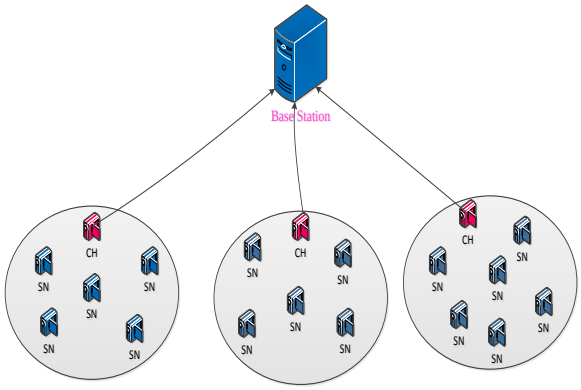


Fig .1 .A Model Architecture of Wireless Sensor Network

The WSNs follow the clustering based algorithm, each cluster having a group of sensor nodes. The sensor nodes collect the surrounding information and send it to the CHs. The CHs process collected data and sent it to BS. Each sensor node in the network consumes energy to collect and forward the data. Even though the sensor nodes are shut down due runs out of energy. So it's essential to develop an energy efficient algorithm for WSN. Many clustering algorithms are proposed to balance energy consumption in WSN [4][5]. These algorithms follow the selection of CHs, and also shift CHs position among the sensor nodes in the network. A joint clustering and routing algorithm proposed for reducing energy consumption in large scale WSNs. Design energy efficient mechanism back-off timer and gradient routing to execute the CH selection. In this research work introduced a novel machine learning based PAWAN mechanism, which minimizes the energy consumption, delay and maximizes throughput and PDR [6].

The remaining paper is divided into different sections, each section discussed as follows. Section II provides a comprehensive overview of the state-of-the-art of WSN

energy efficient mechanisms. In Section III, discussed the proposed methodology deployed HMLWSN for energy efficiency. In Section IV, discuss the empirical results proposed mechanism and perform comparative analysis of proposed results. In Section V conclude the paper with betterment of proposed mechanism, besides that discuss future outline research work.

II. LITERATURE REVIEW

F. Fernando Jurado-Lasso et al [7] proposed an energy-aware routing algorithm with overhead reduction technique. This algorithm facilitates optimized energy consumption along with industrial services in WSN. The software defined multichip WSN implements a function called data packet aggregation, which controls the overhead in WSN. The proposed mechanism extends the network lifetime of WSN with comparison of shortest path algorithms. Also improve the performance in terms of PDR. Even though the performance of the proposed approach is better with comparison of existing algorithms. But to reduce the neighbor advertisement packets and improve the network lifetime a novel innovation algorithm is essential in WSN.

Nelofar Aslam et al [8] proposed a novel algorithm for logical data transmission with clustering and reinforcement algorithm (SARSA). The proposed algorithm is also defined as clustering SARSA(C-SARSA) along with an optimal solution for energy consumption and network stability. The WSN node is designed with the wireless portable charging device (WPCD). With the inspiration of an objective function the proposed method improves the network performance. However the performance improved with implementation C-SARSA in WSN. But the WSN lacks RWSN with respective deployment and recharge schema. Gajendran Malshetty et al [9] proposed a Load Based Self Organize technique for efficient clustering in WSN. The LBSO technique followed three different steps in WSN. In the first step it's followed selection of Cluster Head, in second selection form the clusters with sensor nodes. In the third step it is followed by reselection of cluster head using rotational phase. However, the performance of the network achieved better performance in terms of efficiency and network formation. But the network performance is inefficient in count of different base station deployment and dead nodes.

Muhammad Adil et al [10] proposed an energy efficient load balancing routing schema to maximize lifespan of WSN. A Dynamic Cluster Based Static Routing Protocol (DCBSRP) introduced with an efficient hybrid routing scheme. The proposed protocol is designed with the combination of Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing Protocol and Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) protocol. In this protocol, establish WSN with different clusters and with selection of CHs. The DCBSRP protocol primarily does not advertise recently selected CH nodes from the initial cycles and its act as normal node. However, the proposed protocol achieved significant improvement in network lifetime.

WSN deployed in different real time applications with a wide range of usage. The WSN operates with self-organization and limited energy resources. To address the limitations of energy efficiency Xinlu Li et al proposed an Energy-Efficient Load Balancing Ant Based Routing Algorithm (EBAR) for WSNs. The EBAR algorithm efficiently reduces energy consumption. An opportunistic broadcast schema utilized for energy efficiency in EBAR utilizes and also controls overhead in WSN. Even though the EBAR achieves energy efficiency, its accuracy is only homogeneous networks only. If the network is heterogeneous the algorithm is unable to support data transmission and leads to high energy consumption [11].

III. PROPOSED METHODOLOGY

A. Problem Statement

The WSNs are interconnected with sensor nodes that communicate with each other to gather the information from surrounding environments. The sensor nodes are operated with low energy and decentralized fashion. The WSN is deployed in many emerging applications, such as healthcare systems, industrial applications, environment applications, military applications. The traditional WSN operates with three different levels like base station, cluster head and sensor nodes. The sensor nodes collect the surrounding information and transmit it to the cluster head. But the cluster head receives information for a fixed amount of time and the behavior changes rotationally. The rotational changes of cluster head leads to energy consumption and delay in data transmission. To address the limitations of the present state of the WSN, in this research paper introduced a novel machine learning algorithm with path arbitrary mechanism.

B. 3.2 HML-WSN

The nature of open resource utility, mobility in sensor nodes and rotational changes in cluster heads leads to high energy consumption, transmission delay. To resolve the problem faced in present art-of-the WSN, in this research work introduced a Hybrid Machine Learning algorithm for Wireless Sensor Networks (HML-WSN).

The WSN has two types of data transmission. First type of data transmission is from sensor node to PA node. Second type data transmission is one cluster sensor node to another cluster sensor node. The sensor node directly links with the path arbitrary node. But in sensor to sensor node communication use another sensor node for intermediate communication. Here the path arbitrary plays a key role in selection of the optimal path from the sender sensor node to destination sensor node. The path arbitrarily defines optimized primary path and alternate paths from source to destination. The path selection from source to destination follows the node distance and energy levels of the link node. If any link/node failure occurs in the primary path. The source node selects the alternate optimized path from source to destination with the help of an arbitrary node. So the path arbitrary mechanism in WSN reduces network delay with implementation of path arbitrary nodes in the networks. Reduce the energy consumption and improve the PDR with the utilization optimize path selection from source to destination.

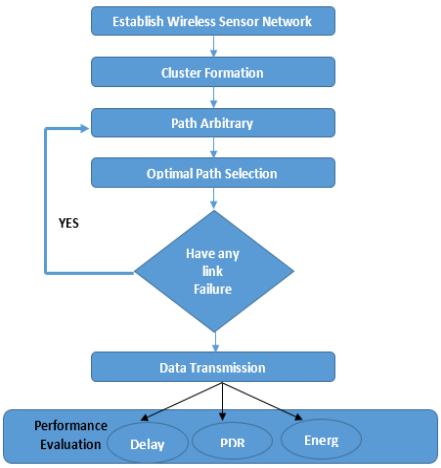


Fig. 1. Path Arbitrary Wireless Sensor Networks

The optimize path selection mechanism follows two different phases in proposed HML-WSN. In first phase applied optimize path selection algorithm, its sends RREQ packet from source node destination node. The RREQ packet broadcast from intermediate nodes and reaches the destination node. The sensor node have the information about the distance and energy values of previous node and next neighbor node in the network. Finally the destination node receives RREQ from multiple nodes with multiple paths.

Algorithm Name : Optimize Path Selection

Input: Network nodes with distance and energy factors

Output: Optimize paths

1. Initialize
2. RREQ packets send from Source Node
3. RREQ packet broadcast by sensor nodes with the information of node distance and energy factor
4. Next sensor node maintain information of node distance and energy factor
5. Calculate total path value
6. Trust value of path = Des + DEn1 +DEn2 +…… + DEnn + DEd
7. Path arbitrary maintain path order based on node DE
8. Primary optimize path selection
9. Send RREP packet.
10. Start Data Transmission from source node.
11. Link failure occurs in primary path
12. Alternate optimize path select
13. Send data transmission from alternate path.
14. End

The summation of node values calculated and ordered all optimized paths. Using the primary optimized path the destination sends an RREP packet to the source node. Also optimized alternate paths available in the network. If any link/node failure occurs in the network utilize the alternate paths for data transmission. To optimize path selection algorithm given detailed implementation steps in HML-WSN.

$$\text{Packet Delivery Ratio} = \frac{\sum_{i=1}^{n} RPi}{\sum_{i=1}^{n} SPi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

IV. RESULT AND DISCUSSION

The proposed hybrid machine learning based algorithm HML-WSN mechanism is implemented using Network Simulation (NS) version 2.35. The empirical simulation results show the performance of PA-WSN with data transmission. The comparative results discussed in below sub sections.

A. SIMULATION ENVIROMENT

TABLE I. SIMULATION ENVIRONMENT

S.N	Network Parameter	Network Value
1	Type of Channel	Wireless Channel
2	Radio-Propagation	Propagation/Two Ray Ground
3	Network Interface	Wireless Phy
4	Interface Queue Type	Drop Tail
5	Model of Antenna	Omni Antenna
6	Length of Queue	50
7	Routing Protocol	AODV
8	Number of Nodes	100
9	Data Rate	2MB
10	Basic Rate	1MB
11	Total Simulation Time	50

Table 1 gives detailed network parameters, which are used in the design of PA-WSN simulation.

The two ray ground radio propagation is used for deployment of WSN. Different performance metrics are compared for evaluation of proposed mechanisms. The improved performance is measured in terms of delay, throughput, and packet delivery ratio and energy consumption. The different previous mechanisms such as Load Based Self Organize(LBSO) technique for efficient clustering in WSN, efficient hybrid routing scheme using a dynamic cluster-based static routing protocol (DCBSRP) and Energy-Efficient Load Balancing Ant Based Routing Algorithm(EBAR) for WSNs is compared with the PA-WSN[9][10][11]. The definition performance metrics are given in the section below.

B. Metric Comparative Analysis

The proposed mechanism simulation results compare with performance metrics. The definition and equations discussions is given below.

1) Packet Delivery Ratio

The ratio between the number of packets sent and number packets received at destination node. The formula given in Eq(1).

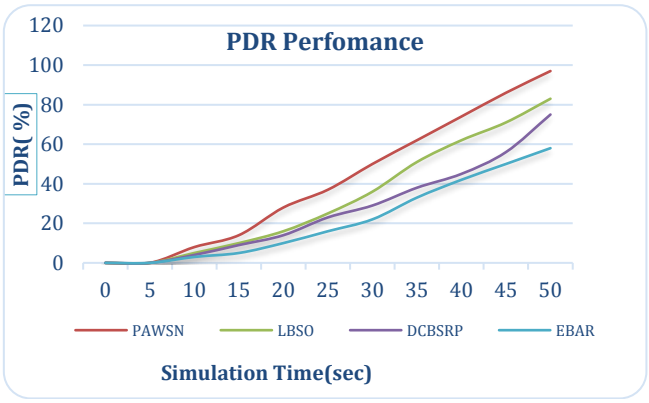


Fig. 3. PDR Performance Comparison

Figure.3. shows the empirical results of proposed mechanism HMLWSN and existing mechanisms of LBSO, DCBSRP, and EBAR. The X-Axis took simulation time from 0 seconds to 50 seconds. The Y-axis is the percentage of PDR. The PDR of the proposed HMLWSN network increases with a respective increase in simulation time. The same kind of fashion is observed in existing mechanisms, but the performance results stated that HMLWSN mechanism outperforms with comparison of LBSO, DCBSRP, and EBAR.

2) Throughput

The number of bytes received at destination node with respective simulation time. The formula given in Eq(2).

$$\text{Throughput} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Pi}{Time} \times 8 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

The throughput performance of proposed mechanism with respective simulation time.

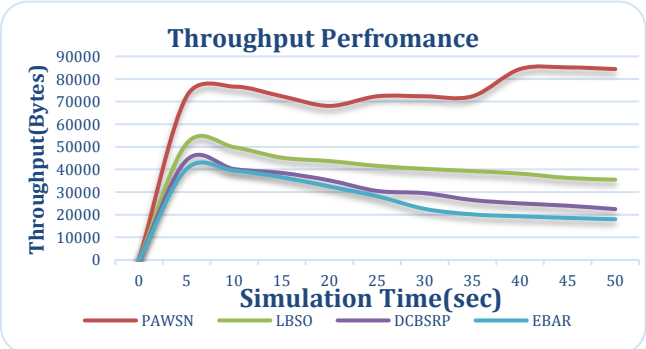


Fig. 4. Throughput Performance

Figure 4 represents the throughput performance proposed HMLWSN mechanism. The simulation time recorded from 0 to 50 seconds on the X-axis. The number of bytes received at the destination node is taken on the Y-axis. The proposed HMLWSN mechanism showed significant performance improvement in terms of throughput. The proposed HMLWSN mechanism received 85120 bytes with comparison of existing mechanism LBSO, DCBSRP and EBAR received 51456, 44158, and 40256 respectively.

3) Delay

The difference between the packets received time and packet sent time. The formula given in Eq(3).

$$\text{Delay} = \sum_{i=1}^{n} PSTi - PRTi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

The delay performance of proposed mechanism with respective simulation time. The results proposed mechanism is compare with the present state-of-art-of the system.

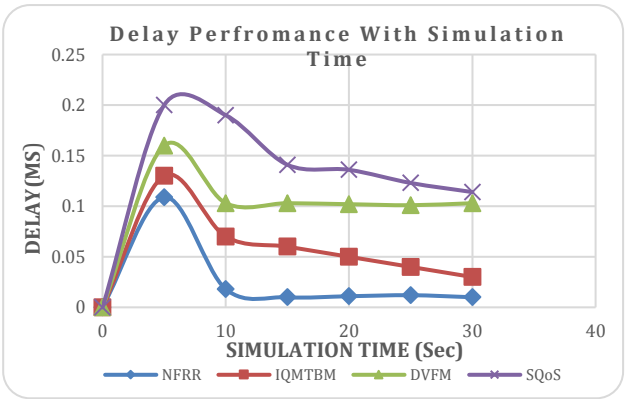


Fig.5. Delay Performance Comparison Results

Figure 5 shows the performance comparative results of network delay of the proposed mechanism. The simulation time is taken on X-axis, which is measured seconds, and network delay is taken on Y-axis, which is measured in milliseconds value. The empirical results proved that the proposed mechanism achieved better performance with comparison of the present state of the system. The proposed mechanism showed significant performance improvement results recorded from 0 to 50 seconds. Even though initially have high network delay, the proposed mechanism gradually reduces and minimizes.

4) Energy Consumption

It represents total energy utilized by the sensor nodes for data transmission and other activities in the network. The formula given in Eq (4).

$$\text{Energy} = \sum_{i=1}^{n} NEi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

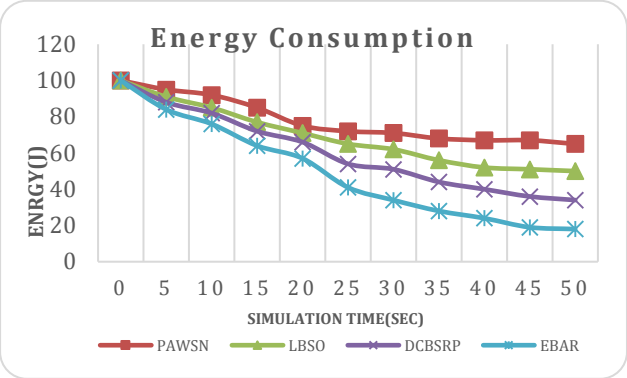


Fig. 6. Energy Consumption

Figure 6 shows the energy consumption with respective simulation time. This graph showed total consumed energy for each interval time. The simulation is taken from 0 seconds and 50 seconds. In the HMLWSN network each sensor node allocated 100 Joules energy. When simulation time.

V. CONCLUSION

The advancement in WSNs is utilized in many real time applications such as military, healthcare, agriculture, smart cities, etc. The WSN is highly efficiently used for data transmission. The operational capabilities of sensor nodes are based on the real time environments. The sensor nodes are highly resource constrained due to the nature of WSN. The present WSN has many problems to solve, but the performance efficiently and network delay is essential. To address the issues in WSN, in this research paper proposed a novel machine learning based HMLWSN. The path arbitrarily plays a key role in data transmission and selection of optimized paths between the sensor communications. The optimize path selection mechanism also maintains the alternate optimize paths. Which can be utilized if any link failure occurs in the primary path. The proposed schema improved performance in terms of delay, throughput, and PDR and energy consumption. However, the proposed HMLWSN achieved outperforms with the comparison of different energy efficient WSN mechanisms. In other words, the HMLWSN is optimized in order to enhance data transmission in WSN. The implementation is done using NS2 simulations. The empirical results revealed that the proposed approach has significant performance improvement over standard system. This research is further extended in future to overcome link failure problem by enhance HMLWSN continue the data transmission with stipulated amount of in WSN.

REFERENCES

[1] Singh, J., Yadav, S.S., Kanungo, V. and Pal, V, "A node overhaul scheme for energy efficient clustering in wireless sensor networks". IEEE Sensors Letters (Volume: 5, Issue: 4, April 20211.

[2] Raj, J.S., 2020. Machine learning based resourceful clustering with load optimization for wireless sensor networks. Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies (UCCT), 2(01), pp.29-38.

[3] Kobo, H.I., Abu-Mahfouz, A.M. and Hancke, G.P., 2018. Fragmentation-based distributed control system for software-defined wireless sensor networks. IEEE transactions on industrial informatics, 15(2), pp.901-910.

[4] Prajapati, J. and Jain, S.C., 2018, April. Machine learning techniques and challenges in wireless sensor networks. In 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT) (pp. 233-238). IEEE.

[5] Yang, L., Lu, Y., Xiong, L., Tao, Y. and Zhong, Y., 2017. A game theoretic approach for balancing energy consumption in clustered wireless sensor networks. Sensors, 17(11), p.2654.

[6] Raj, J.S., 2020. Machine learning based resourceful clustering with load optimization for wireless sensor networks. Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies (UCCT), 2(01), pp.29-38.

[7] Jurado-Lasso, F.F., Clarke, K., Cadavid, A.N. and Nirmalathas, A., 2021. Energy-aware routing for software-defined multihop wireless sensor networks. IEEE Sensors Journal, 21(8), pp.10174-10182.

[8] Aslam, N., Xia, K. and Hadi, M.U., 2019. Optimal wireless charging inclusive of intellectual routing based on SARSA learning in renewable wireless sensor networks. IEEE Sensors Journal, 19(18), pp.8340-8351.

[9] Malshetty, G. and Mathapati, B., 2019, April. Efficient Clustering in WSN-Cloud using LBSO (Load Based Self-Organized) Technique. In 2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI) (pp. 1243-1247). IEEE.

[10] Adil, M., Khan, R., Ali, J., Roh, B.H., Ta, Q.T.H. and Almaiah, M.A., 2020. An energy proficient load balancing routing scheme for wireless sensor networks to maximize their lifespan in an operational environment. IEEE Access, 8, pp.163209-163224.

[11] Li, X., Keegan, B., Mtenzi, F., Weise, T. and Tan, M., 2019. Energy-efficient load balancing ant based routing algorithm for wireless sensor networks. IEEE Access, 7, pp.113182-113196.

[12] Kotari Sridevi, Srinivas Rao Dhanikonda, D Vara Prasad, Chandragiri Tirupati, "WSNS Security Enhancement Based On a Game Theory", JSR Journal, ISSN: 1781-7383, pp. 16-25, Volume XIII, Issue 1, January-2021.

[13] Mohammad, G.B. and Shitharth, S., 2021. Wireless sensor network and IoT based systems for healthcare application. Materials Today: Proceedings.

[14]

[15]

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Effects of Antenna Radiation on Human Head at Frequencies of Millimeter Waves

Nour Alhuda Alhadi Khamaj
Dept. of Electrical and Computer Eng.
Libyan Academy
Tripoli, Libya
Email: nouralhoda.kmmaj@academy.edu.ly

Bashir Moh. Khamoudi
Electronic Research Center
Applied Research and Development Org.
Tripoli, Libya
Email: bkhamoudi2014@hotmail.com

***Abstract*— This paper investigated the effects of millimeter radiation, especially used in the fifth generation (5G), where the specific absorption rate (SAR) of the human head was found at frequencies (28GHZ and 38GHZ), and this was achieved using the Computer Simulation Technology (CST) program by conducting simulations on a three-dimensional multi-layer model consisting of seven layers are skin, fat, muscle, skull, dura, cerebrospinal fluid (CSF), and brain. Simulation was carried out using two antennas operated at 28/38GHz, placed at a distance from the head with the use of three different emitted sources. SAR results were tabulated. Through the results, it is found that the specific absorption rate depends on several characteristics, the most important are the distance between the human head and the radiation source, the power used in the antenna, and the shape of the antenna. Also, Defective ground structure technique (DGS) used in the antennas to improve the gain was found to be increased the SAR values.**

Keywords— Millimeter Wave, Human Head, Specific Absorption Rate، Defective Ground Structure

I. INTRODUCTION

The crowdedness of current cellular bands and the demand for higher transmission speed prompt the use of the millimeter-wave (mmWave) spectrum for the next-generation mobile communication (5G) [1]. The bandwidth candidates for 5G are 24.25-27.25 GHz, 31.8-33.4 GHz, 37-43.5 GHz, 45.5-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz, and 81-86 GHz [2].

Recent research on mmWave is focused mainly on the 28, 38, 40, 60 and 73GHz bands. Concern of public health hazards is growing due to fast development and implementation of mmWave wireless communications. Therefore, there is a dire need to study the absorption of electromagnetic energy in human tissues due to the exposure to mmWave radiations. [3] To protect human bodies from exposure to mmW radiation, many countries set safety guidelines standards, such as those set by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), as well as the Federal Communications Commission (FCC), and American National Standards Institute (ANSI) [4]. Absorption tool which is widely used to determine the health hazards in the human body due to electromagnetic field (EMF) exposure is specific absorption rate (SAR) [3].

Specific Absorption Rate (SAR) refers to the relation between human body tissue mass and the EM energy radiation received. [5]

So, in this paper, a multi-layer cubic human head model was designed that represents a part of the human head, and the value of SAR was found when this model was exposed to millimeter wave (mmW) frequencies. Two different structures and characteristics of antennas are used, by change the values of both the applied power and the distance between the antenna representing the radiation source and the model representing the human head, the effect of changing of these variables on the SAR value is observed. The obtained SAR values were compared with the safety standards stipulated in the IEEE, thus precautionary measures can be suggested to the end users of the new technology in devices with a wireless form.

This paper is organized as, brief review of the specific absorption rate is provided in Section II. Then, the design process of multilayered human head model is discussed in Section III, Simulation process and tabulated results of human head model with antennas are presented in Sections IV and V. This is followed by the conclusion in Section VI.

II. SPESIFIC ABSORPION RATE

Specific absorption rate (SAR), according to Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) standard, is defined as the power take in per unit mass of tissue, generally averaged either over the full body or over a part of the body (typically 1 g or 10 g of tissue) as in Equation (1) [5].

$$SAR = \frac{\sigma|E|^2}{2\rho} \text{ [W/Kg]} \quad (1)$$

Where: E is induced electric field (V/m), σ and ρ express the conductivity of biological tissue (S/m) and the density of biological tissue (Kg/m3) respectively [5].

The safety standards of FCC have an SAR exposure limit of 1.6 Watt per kilogram (W/kg) for 1g averaging mass while ANSI/IEEE have SAR exposure limit of 2.0 Watt per kilogram (W/kg) for 10g averaging mass [2]. It is also known that the specific absorption rate is affected by several factors,

the most important of which is the distance between the radiation source and the object inside which the SAR is to be measured, as well as the power used in the antenna, and the shape of the antenna's radiation pattern.

III. DESIGN OF THE MULTILAYERED HUMAN HEAD MODEL

The model or the phantom can be defined as a simulated biological body or as a physical model simulating the characteristics of the biological tissues. The aim of such a phantom is to explore the interaction between the human tissue and the electromagnetic fields. For this purpose, phantoms have been used extensively in medical research on the effects of electromagnetic radiation on health. [6]

In this paper is interesting for evaluating the maximum SAR of 1 g for seven tissues representing the human head. To facilitate the calculation of SAR, human heads can be approximated using three-dimensional multi-layer model, these layers are skin, fat, muscle, skull, dura, cerebrospinal fluid (CSF), and brain. as shown in Figure 1. The length and the width of the model, i.e. w, is set to 20 mm. As long as w is large compared to the size of the thermal hot spot caused by the illuminating EMFs, the computational results are marginally affected if a model with a larger dimension is used. The separation distance between antennas and the head model is denoted by *h*.

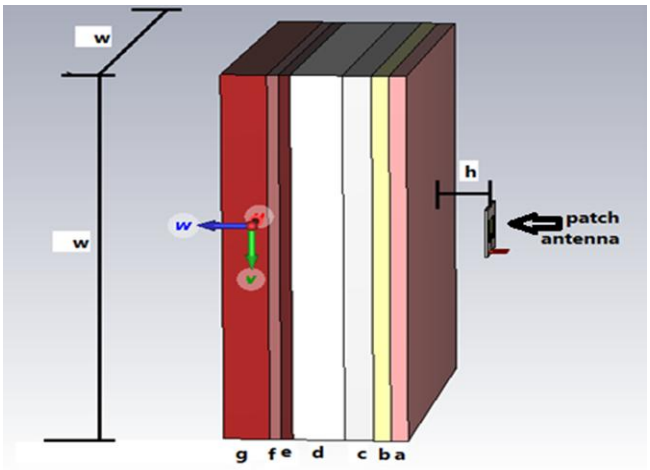


Figure 1: The multilayer human head model

Table I, presents the thickness of the tissue layers and the density of each layer in the adult head model. All of these tissue density values are very stable and will not change with temperature, frequency or age.

TABLE I. THICKNESS AND DENSIY OF HUMAN HEAD TISSUES. [1]

	Issue	Thickness(mm)	Density (kg/m^3)
a	**Skin**	1.5	1100
b	**Fat**	1.5	916
c	**Muscle**	2.5	1041
d	**Skull**	4.5	1990
e	**Dura**	1.0	1130
f	**Cerebrospinal fluid**	1.0	1007
g	**Brain**	4.0	1041

The human body's field is a combination of biological electromagnetic fields. The relative permittivity (ε_r), and the conductivity, σ are two key parameters for modeling electrical properties including, the attenuation of EM waves and current conduction. The permittivity and conductivity of the seven layers is given as similar to the real human brain to resemble the same. It is worth mentioning that, the body is so weakly magnetic such that, generally, the relative permeability (μ_r) is assumed to be 1 [7][8].

The electrical properties of different tissues used in the model at 28 and 38 GHz are shown in Table II.

TABLE II. DIELECTRIC PROPERTIES OF HUMAN HEAD TISSUES AT 28/38 GHZ.[9]

		Relative Permittivity (εr)		Conductivity σ (S/m)		Loss tangent	
a	**Issue**	**28 GHZ**	**38 GHZ**	**28 GHZ**	**38 GHZ**	**28 GHZ**	**38 GHZ**
b	**Skin**	**18.714**	**14.692**	**26.187**	**31.962**	**0.89836**	**1.0291**
c	**Fat**	**3.6985**	**3.4444**	**1.6979**	**2.1358**	**0.29471**	**0.29331**
d	**Muscle**	**24.44**	**19.056**	**33.609**	**41.823**	**0.88284**	**1.0382**
e	**Skull**	**7.5132**	**6.366**	**8.8763**	**10.586**	**0.75845**	**0.78663**
f	**Dura**	**19.50**	**15.769**	**24.736**	**30.647**	**30.647**	**0.81435**
g	**Cerebrospi -nal fluid**	**28.191**	**21.563**	**43.798**	**53.321**	**53.321**	**0.99742**
a	**Brain**	**21.002**	**16.357**	**30.214**	**36.884**	**0.92360**	**1.0667**

IV. SIMULATION OF HUMAN HEAD MODEL

In this paper, a human head model is simulated to evaluate the maximum specific absorption rate (SAR) inside the human head at millimeter frequencies. This study used a power of 24 dBm, 18 dBm, and 15 dBm emitted from a microstrip antenna with frequencies of 28 GHZ and 38 GHZ located at a distance of 0, 2, and 5 mm of the human tissue mock model with a size of (20 x 20 x 160 mm). The head model was simulated and analyzed with two different antennas.

V. SIMULATION OF HUMAN HEAD MODEL WITH ANTENNAS

Microstrip antennas are mostly considered suitable for modern day gadgets due to their low cost, low profile, simple fabrication and easy replication for large arrays. Microstrip antennas work well at higher frequencies as well, keeping the overall size much smaller.[3] In this paper**,** the CST program was used to simulate the human head model when exposed to millimeter waves, and the specifications of the computer used (Core i7-7th Gen, RAM 8GB, SSD 500GB). The two selected microstrip patches antennas are described in references [10,11] will be used in the simulation in this paper.

A. Configuration and Characteristic of Antenna 1

As described in Ref. [10], the proposed single patch antenna is designed to operate at 28GHz for the local multipoint distribution service band. An antenna is designed

with a rectangular patch and the inset feed technique as a transmission line. The substrate of Taconic TLY-5 type has a thickness of 0.12 mm, a dielectric constant (ε_r) is 2.2 and loss tangent ($tan\ \delta$) is 0. 0009. The characteristics of Antenna 1 is shown in Figure 2. It can be seen that, the antenna resonant at 28GHz with return loss of -28dB as shown in Figure 3. It also has gain of 8.4 dBi at 0° main lobe direction and half power beam width (HPBW=59°), as Figure 4 displays.

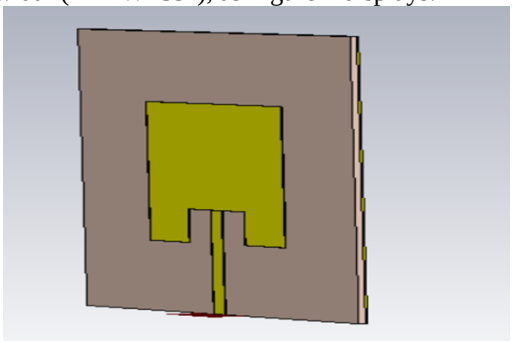


Figure 2. 3D view of rectangular Microstrip antenna 1

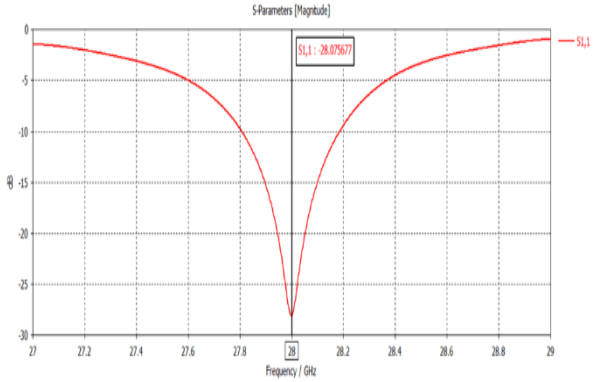


Figure 3. Resonance and return loss of antenna 1

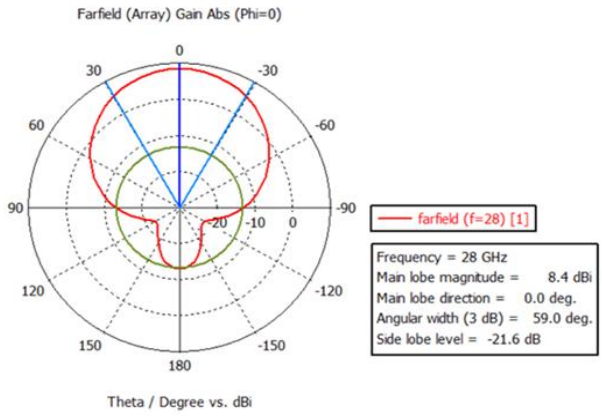


Figure 4. Gain pattern of antenna 1.

B. Simulation of Human Head Model with Antenna 1

To evaluate the maximum specific absorption rate inside the human head, the distances (h), and output powers values were changed.

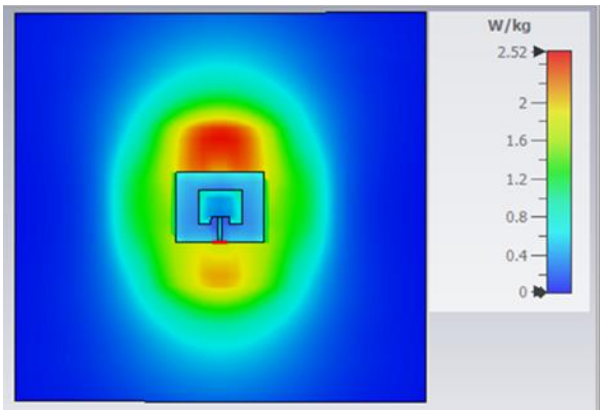
In this paper, the distances are fixed to, 0, 2 and 5mm away from the head and the 24, 18 and 15dBm power will be emitted from antenna at 28 and 38 GHz.

The simulation is carried out for each case and SAR values and EM concentration zones are displayed. The simulation time was recorded, it takes a long-time simulation (days) for each distance.

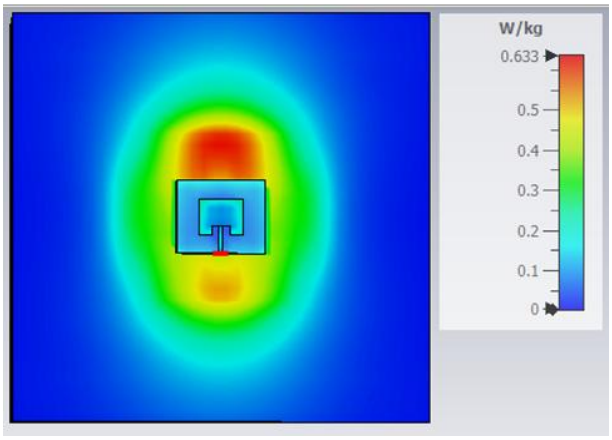
When a power of 24 dBm with different distances (0,2, 5 mm), the maximum SAR value obtained, when the antenna was adjacent to the head tissue without leaving any distance ($h=0mm$) was 2.52 W/Kg, as shown in Figure 5.a, It is higher than the FCC's safety standards (1.6 W/kg) for an average mass of 1 gram.

When 18 dBm and 15dBm power were used with h distance (0 mm), the maximum SAR values obtained are below FCC safety standards (1.6 W/kg), as shown in Figure 5.b,c .and the antenna can be used with these indicated powers without any affected radiation on human head.

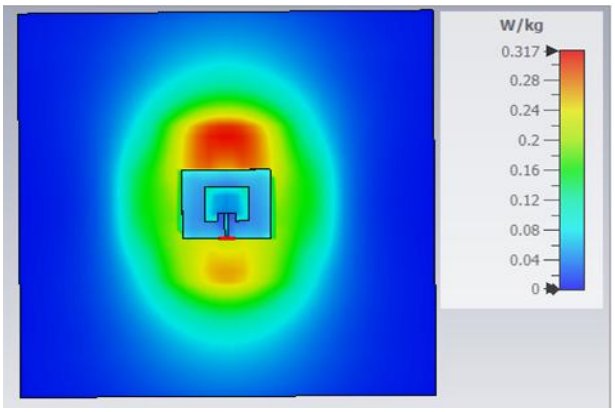
Figure 5. a,b,c, shows all the simulated cases, when there is no any distance ($h = 0\ mm$) between the antenna and the head, whereas, Table III, lists all the simulated cases.



a. SAR value and EM concentration zones (24dBm and 0mm)



b. SAR value and EM concentration zones (18dBm and 0mm)



c. SAR value and EM concentration zones (15 dBm and 0mm)

Figure 5. SAR values using antenna 1with 24, 18 and 15dBm

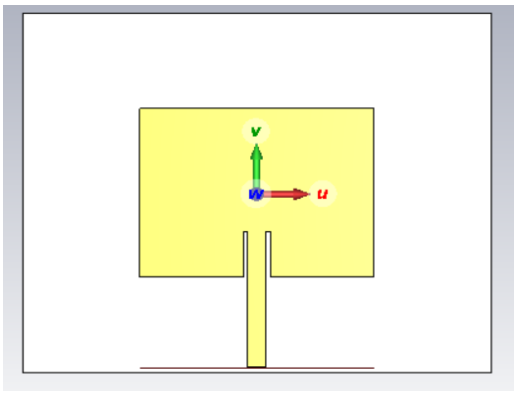
TABLE III. SIMULAION OF SAR VALUES USING ANTENNA 1

Power (dBm)	Distance (mm)	SAR (W/kg)
24	0	2.52
	2	0.842
	5	0.403
18	0	0.633
	2	0.211
	5	0.101
15	0	0.317
	2	0.106
	5	0.0508

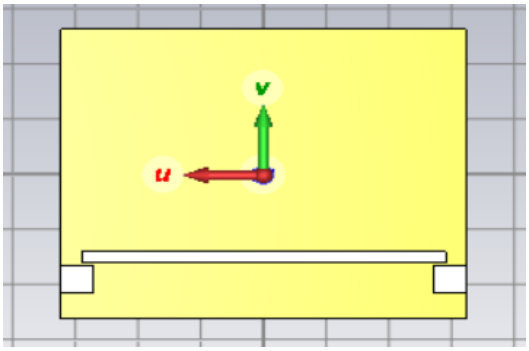
C. Configuration and Characteristic of Antenna 2

As described in Ref. [11], the proposed single patch antenna is designed to resonate at 38 GHz. The antenna has a relatively compact size, with Rogers RT5880 as substrate material and dielectric constant (ε_r) is 2.2 and loss tangent is 0.0009, with a height of 0.208 mm. This type of antennas can find applications in 5G within the mm-Wave band, where it is necessary to maintain high rates of Gbps, in this antenna the Defected Ground Structure (DGS) was used, the purpose of (DGS) is to get a wider bandwidth with maintaining acceptable values of efficiency and return loss.

The configuration of Antenna 2 is shown in Figure 6, whereas Figure 7, shows a characteristics of the antenna.
It obviously that, the antenna resonant at 38GHz with return loss of -30dB as shown in Figure 7. It also has gain of 6.99 dBi at 5° main lobe direction as Figure 8 displays.



a. Top view



b. Bottom view

Figure 6. Configuration of Antenna 2

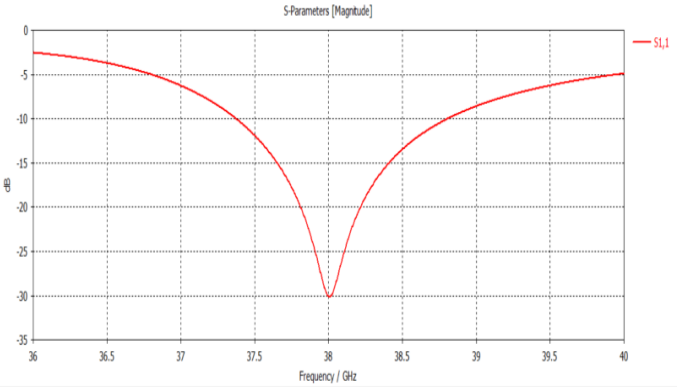


Figure 7. Resonance frequency and return loss of Antenna 2

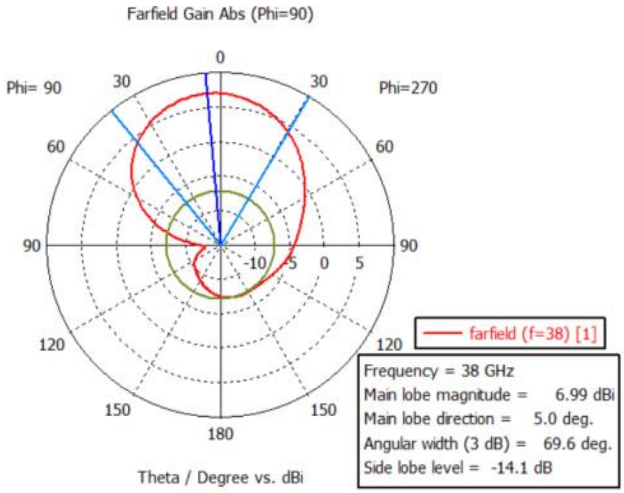


Figure 8. Gain pattern of Antenna 2

D. Simulation of Human Head with Antenna 2

To evaluate the maximum specific absorption rate inside the human head with antenna 2, by the same procedure carried out using the antenna 1with the same distances, and output powers.

By fixing the distance to 0 mm, SAR values and EM concentration zones are displayed in Figure 9. a,b,c. Also all the simulated cases with SAR values are listed in Table IV.

When the power of 24 dBm is applied with different distances (0,2,5 mm), the maximum SAR value obtained.

At distance (0mm) SAR was 27.9 W/Kg, as illustrated in Figure 9. a. It is very high and not safe according to the FCC's safety standards.

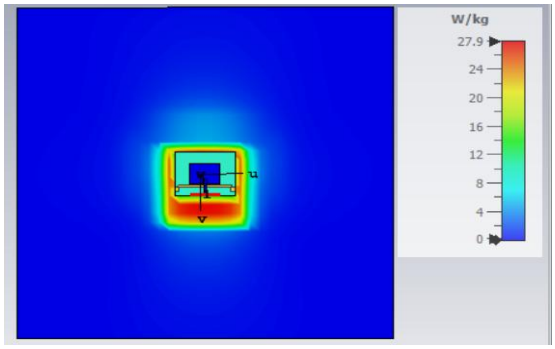
When a power of 18 dBm is used with distances (0 mm), the maximum SAR value obtained was 7 W/Kg, as shown in Figure 9. b.

Using a power of 15 dBm with distances (0 mm), the maximum SAR value obtained 3.51 W/Kg, as shown in Figure 9.c. It is higher than the FCC's safety standards.

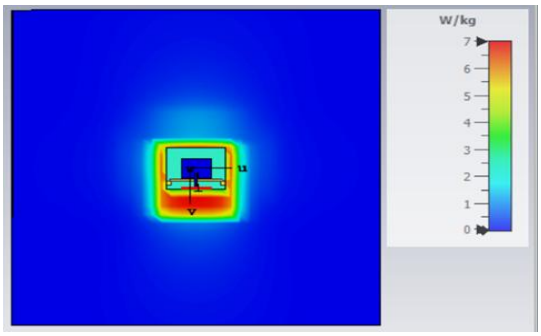
It can be concluded that, this antenna does not obey the FCC's safety standards for the radiated power and separation distances. This may due to the available slotted lines in ground plane (Defective ground structure) allows to apart of radiation to pass towards the head. For this reason, another simulation was carried out for Antenna 2 without using defective ground plane technique.

A simulation was performed using 24dBm power with 0mm distance between the antenna and a head. The obtained results are compared with previous result. These Comparison are tabulated in Table V.

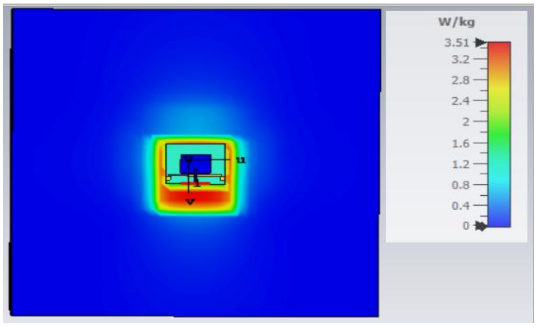
It can be seen that, SAR value with DGS 27.9 W/Kg decreases more to 5.98 W/Kg, which means that DGS technique was used to improve the gain but it is increase the SAR.



a. SAR value and EM concentration zones (24dBm and 0mm)



b. SAR value and EM concentration zones (18dBm and 0mm)



c. SAR value and EM concentration zones (15 dBm and 0mm)

Figure 9. SAR values using antenna 2 with 24, 18 and15dBm

TABLE IV. SIMULATION OF SAR VALUES USING ANTENNA 2

Power (dBm)	Distance (mm)	SAR(W/kg)
24	0	27.9
	2	4.73
	5	3.32
18	0	7.0
	2	1.19
	5	0.835
15	0	3.51
	2	0.595
	5	0.418

TABLE V. SIMULATION OF SAR VALUES USING ANTENNA 2 WITH DGS

Power (dBm)	Distance (mm)	SAR(W/kg)	
24	0	With DGS	27.9
		Without DGS	5.98

VI. CONCLUSION

Specific absorption rate (SAR) values are affected by several factors, the most important factors are, the distance between the radiation source and the object at which the SAR is to be measured. The greater the distance, the lower the specific absorption rate, and vice versa.

The second factor, the power used in the antenna, the higher the power, the higher the specific absorption rate, and vice versa. The third parameter, shape of the antenna and its radiation pattern.

In this paper, the simulation was carried out for two antennas operated at 28GHz and 38GH, SAR values were

obtained. In Antenna 1 all SAR were below FCC safety standards (1.6 W/kg) with an average mass of 1 gram. Except when the power of 24dBm were used and there is no distance (0 mm), the result was higher than the safety and this antenna is not suitable for human use in this case only.

In Antenna 2 when we used the power of 24 dBm and the different distances (0,2,5), and also when we used the power of 18dBm and 15dBm with the distance of 0mm, the SAR were higher than the safety standards of the FCC. The antenna is not suitable for human to use in these cases.

When the antenna 2 used, one of its characteristics was that it was Defected Ground Structure (DGS), and this made the SAR significantly increase, because it is known that the Ground layer works to reflect radiation in order to protect the human body from radiation.

REFERENCES

[1] He, Wang, et al. "RF compliance study of temperature elevation in human head model around 28 GHz for 5G user equipment application: Simulation analysis." *IEEE Access* 6 (2017): 830-838.

[2] Awada, Basel, et al. "Simulation of the Effect of 5G Cell Phone Radiation on Human Brain." *2018 IEEE International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET)*. IEEE, 2018.

[3] Hamed, Tooba, and Moazam Maqsood. "SAR calculation & temperature response of human body exposure to electromagnetic radiations at 28, 40 and 60 GHz mmWave frequencies." *Progress In Electromagnetics Research M* 73 (2018): 47-59.

[4] Morelli, Maria Sole, et al. "Numerical analysis of electromagnetic field exposure from 5G mobile communications at 28 GHZ in adults and children users for real-world exposure scenarios." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18.3 (2021): 1073.

[5] Ali, Israa H., Huda I. Hamd, and Ali I. Abdalla. "Design and comparison of two types of antennas for SAR calculation in wireless applications." *2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*. IEEE, 2018.

[6] Augustine, Robin. *Electromagnetic modelling of human tissues and its application on the interaction between antenna and human body in the BAN context*. Diss. Paris Est, 2009.

[7] Sabbah, Ayman Ibrahim. "Evaluation of SAR and temperature elevation in a multi layered human head model exposed to RF radiation." *Jordan University of Science and Technology* (2010).

[8] Sindhuja, NM Mary, et al. *Design Of Metamaterial Based Microstrip Patch Antenna For Brain Tumor Detection*. No. 5406. EasyChair, 2021.

[9] Carrara, N. "Dielectric properties of body tissues in the frequency range 10 Hz-100 GHz." *Italian National Research Council, Institute for Applied Physics*. 2015.

[10] Darsono, M., and A. R. Wijaya. "Design and simulation of a rectangular patch microstrip antenna for the frequency of 28 GHz in 5G technology." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1469. No. 1. IOP Publishing, 2020.

[11] Binshitwan, Anas Abu Bakr, et al. "38GHz Rectangular Microstrip Antenna with DGS for 5G Applications." *2021 International Congress of Advanced Technology and Engineering (ICOTEN)*. IEEE, 2021.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Smart Green House using Wireless Sensor Network

Lujain Shubat Awhida
Computer Engineering Department
University Of Tripoli
Tripoli, Libya
L.Awhida@uot.edu.ly

Yusra Maatug
Computer Engineering Department
University Of Tripoli
Tripoli, Libya
y.maatug@uot.edu.ly

***Abstract*—Nowadays, the greenhouse is applied widely in the countryside to plant crops or vegetables for the whole year regardless of the seasons. Most of the greenhouses utilized electromechanical devices such as thermostats to monitor and control the environment. The fundamental idea of this research work is integrating the modern technology in the current agricultural practices in order to achieve better yield. The objective of this paper is to propose smart greenhouse system at low cost, which is designed by integrating temperature sensor, soil moisture sensor and light detector resistance ~~and~~ to wireless sensor node. The sensors will be used to measure the surrounding temperature, soil humidity and light intensity inside the greenhouse, and transmit these sensing data to where the action will be taken. The wireless sensor node consists of wireless transceiver module and programmable Arduino uno microcontroller board. The sensing data are received in near real time through wireless communication node for display, maintain and control the inner climate of the greenhouse through irrigation system, fan and the required devices.. During wireless transmission data may get corrupted. To avoid this, error detection codes have been used to help detect if any error has occurred during transmission. The project prototype has been tested, and the results show that the designed system works efficiently in monitoring greenhouse environment.**

Keywords—Greenhouse, Wireless Sensor Network, temperature sensor, soil moisture sensor, light detector resistance

I. INTRODUCTION

The climate uncertainties have led to severe food shortage and starvation. One possible solution to achieving food security is to use greenhouses, which enable the farmer to control the growth conditions thereby ensuring maximum crop yield throughout the year.

In the past, the greenhouses utilized electromechanical devices such as thermostats to monitor and control the environment. Mechanical systems lack the flexibility and precision required for greenhouse control. Over the years, with the rise of smart technology, the need to reduce water resources consumption and power consumption has increased, both with reducing human efforts in agriculture. In addition, smart irrigation systems and smart greenhouse studies have accelerated in order to meet the increasing food demands with the effect of population growth and to support farmers in order to grow quality products in economic conditions[1, 2]. The efficient monitoring and control of the climatic environment in a greenhouse is very important for protecting crops from inconvenient environments. Many sensors and actuators are used to control the system in the large-scale greenhouses. The manual monitoring and control of such big systems are very difficult and impractical. Thus, automatic monitoring and control systems in the greenhouses have become more popular. The smart greenhouse is a revolution in agriculture, creating a self-regulating, microclimate suitable for plant growth through the use of sensors, actuators and monitoring and control systems that optimise growth conditions and automate the growing process. In this work, a smart greenhouse system model has been designed and implemented that automatically monitors and controls greenhouse parameters and maintains them within the predefined optimum range. The designed model will helps the farmers to carry out the work in a farm automatically without the use of much manual inspection. Different plants require different amount of soil moisture, humidity, temperature and light intensity, and lack of awareness of this information or negligence of a person cultivating land can cause plants to die before maturing [3]. The paper is organized as follow, section II present literature review on current technology used to build smart greenhouse, proposed smart greenhouse model is presented in section III, results and discussion are presented in section IV, conclusion is presented in section V.

II. RELATED WORK

Smart technologies play a crucial role in economic growth. They transform houses, offices, factories, and even cities into autonomic, self-controlled systems without human intervention. Parameters such as soil moisture, light intensity and temperature are measured and controlled inside greenhouse in order to push towards automation increase productivity in agriculture. This section includes a review of some of these systems that are designed for this purpose. GSM-based greenhouse system was developed for agricultural field. The controlling unit comprised of ARM microcontroller. Number of sensors is used to measure light intensity, humidity and temperature levels. The output unit comprised of LCD, personal computer, GSM and actuators [4]. In [5], Microcontroller based automatic greenhouse prototype was designed. The sensing unit comprised of sensors for measuring humidity and temperature and measuring soil moisture. The central unit comprised of a personal computer, USB cable and 19200 baud 2.4 GHz RF

modem [6], microcontroller-based prototype to monitor and control greenhouse parameters using sensors, SMS technology and Bluetooth signals has been designed and implemented. The Bluetooth and GSM based remote wireless automatic monitoring system provide mobility during the monitoring and control process. Short Message service (SMS) is a very popular means of communication. The only disadvantage is that delivery of messages in real time depends on the phone's network reception. In this work two Wireless sensor nodes are used, one node is used to measure the inner climate parameters inside the greenhouse, while the other node will be used to control fan, the irrigation system and display the inner climate parameters.

III. The Proposed Smart Greenhouse System

A.H ardware Design

The smart greenhouse system prototype has been buildup using two wireless sensor nodes. Fig. 1 shows the block diagram of the proposed system. The first node consists of the following units: Temperature and humidity sensor (DHT11), Soil Moisture Sensor, light intensity sensor (LDR), Arduino Uno Microcontroller board (ATmega328P), RF wireless transmitter module (NRF24L01) and power supply. The microcontroller was interfaced with these three sensors to measure inner climate parameters inside the greenhouse which include, temperature, soil humidity and light intensity. Fig. 2 shows the sensing elements that have been used.

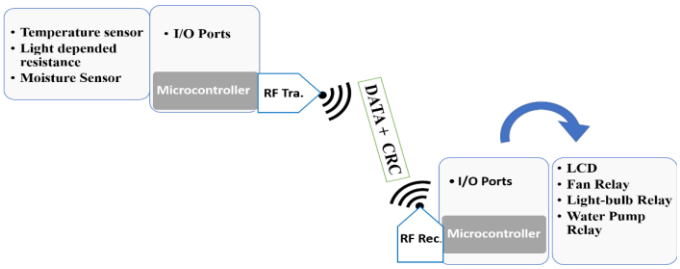


Fig. 1. Block diagram of the Proposed Greenhouse System.

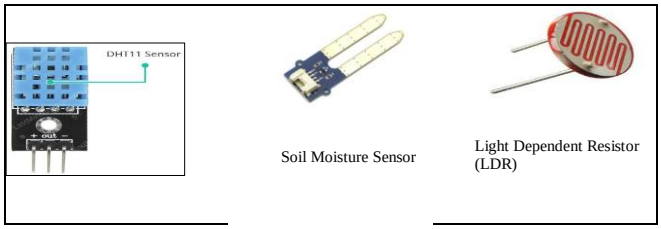


Fig. 2 The used Sensors

The following figures show how the sensors, the wireless communication module, and an LCD interface with Arduino

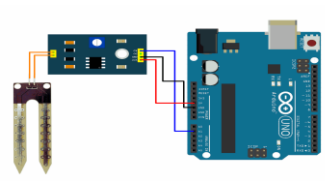


Fig. 3 Interfacing Soil Moisture Sensor with Arduino

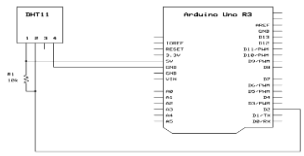


Fig. 4 Interfacing DHT11 to Arduino

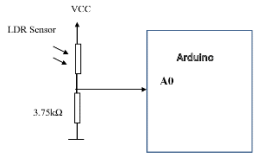


Fig. 5 Interfacing LDR to Arduino

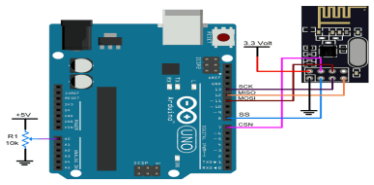


Fig. 6 Interfacing wireless communication module with Arduino

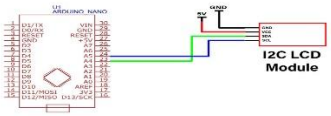


Fig.7 Interfacing an I2C LCD with Arduino

The data obtained from the sensors was fed to the microcontroller, which in turn transmitted the sensed data with error correction code via RF transmitter to the second node (Control node). The second node comprises of Arduino Uno, RF receiver module, LCD I2C display and three relays. The node has been equipped with error detection protocol to ensure correctly receiving of sensed reading that has been transmitted by the first node. Depending on the values of receiving data decision will be made by microcontroller to switch on or off the three relays which are attached to the fan, water valve and light bulb. The Crystal LCD display that has been interfaced to the Arduino will be used to display the temperature, soil moisture and light intensity.

The basic duty of the 12 V fan was to propagate the heat in the greenhouse in a way that did not harm the plants. 12 V water pump was utilized in the irrigation system. It was designed in a way that the water rising by this pump would irrigate the whole of the soil areas with the hose. As well as a ceramic heater lamp can be utilized together with fan to distribute the heat inside the greenhouse.

B. Software Design

The greenhouse system has been developed based on two wireless sensor nodes. Therefore, two programs need to be developed and uploaded to each of the wireless sensor nodes.

B1. Program the Arduino UNO MCU in node 1

The following steps were applied in order for the first wireless sensor node to operate effectively as shown in Fig.3:

A. Start: the Arduino IDE software should be running
B. Reset the microcontroller for node 1 to be ready to execute the instructions.
C. Initialize the sensors and wireless communication module, this required installing of the DHT library for temperature sensor and R24 library for wireless communication module in the Arduino directory.
D. Read the DHT11, soil moisture and LDR sensors.
E. Transmit the temperature, value of soil moisture, value of the light intensity and CRC for error detection.

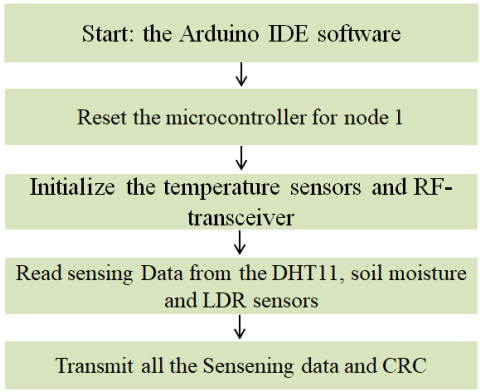


Fig. 8 Flowchart Program the Arduino UNO MCU in node 1

B.2 Program the Arduino uno MCU in node 2

The following steps that were applied in order for the second wireless sensor node to operate effectively as shown in Fig.4:

A. Reset the microcontroller for node 2 to be ready to execute the instructions
B. Initialize the Liquid Crystal displays (LCD) and wireless communication module, this required installing of a library called LiquidCrystal_I2C in the Arduino directory. This library is an improved version of the Liquid Crystal library that comes packaged with your Arduino IDE.
C. The receiver part of NRT 24 communication module receiver the sensing data that has been transmitted by the first node.
D. The microcontroller check if the received data has been received correctly, by calculate the CRC and compared with the received CRC value. If both values are identical then no error and action by microcontroller should be taken.
E. The received sensors reading will be display on LCD.
F. If the temperature is greater than 25C temperature then the turn on the fan, otherwise turn off.
G. If the value of soil moisture is less than 900, the water pump is turn on otherwise turn off.
H. If the value of light intensity is less than 160, the light bulb is turn on otherwise turn off.

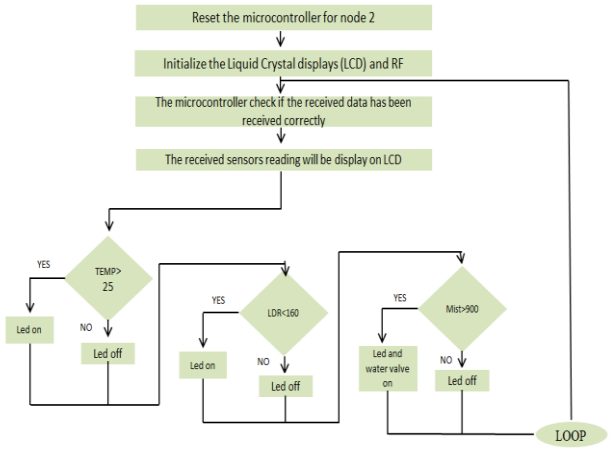


Fig. 9 Flowchart of programming the Arduino UNO MCU in node 2

IV. Results and Discussion

The complete smart greenhouse model which includes two wireless sensor nodes and the controlled devices were tested. Three relays named have been used to control the fan, water pump and light bulb. Fig.5 shows Green House System prototype. After confirmation of each program proper working, all these programs were integrated to form one comprehensive program to operate the whole greenhouse model. The integrated program was uploaded to the Arduino ATmega328 Microcontroller.

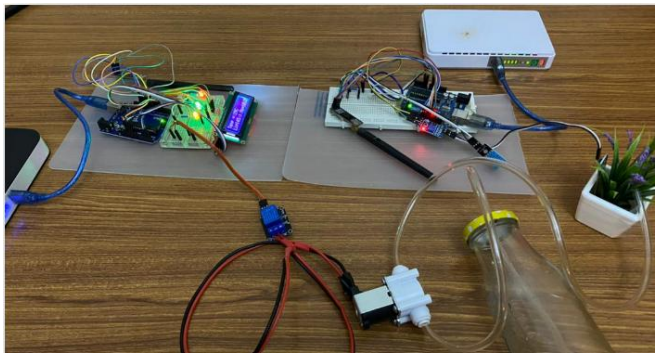


Fig. 10 Smart Green House System prototype

Once the program was uploaded, and the LDR was subjected to darkness by covering it with a paper, the light pulb switched on since the light intensity below light threshold 160. Table 1 shows several readings of light intensity that are measured in node 1 and transmitted to node 2 (Control node).

Table 1 Testing the LDR Sensor

LDR Reading	Condition	Light Pulb
281	Day light	off
282	Day light	off
160	Threshold	off
123	Dark	On
131	Dark	On
142	Dark	On

The soil moisture sensor has been used to measure the soil state. If the value of soil moisture above 999, the water pumb will be switched on. Table 2 shows several soil moisture sensor readings that received intensity that are measured in node 1 and transmitted to node 2

Table 2. Testing Results of the Soil Moisture sensor

Sensor Output	Soil State	Water Pumb
1022	Dry	Switch On
1022	Dry	Switch On
1022	Dry	Switch On
941	Wet soil	Switch off
935	Wet soil	Switch off
567	Wet soil	Switch off
480	Wet soil	Switch off
467	Wet soil	Switch off

The system has been tested in different room temperature, the fan is off when the temperature below 25, and it is On when the temperature above 25. Table 3 shows the testing Results of DHT11 sensor.

Table 3 Testing Results of DHT11

Temperature	Condition	Action
23	LED off	Fan Off
25	Threshold LED on	Fan On
26	LED on	Fan On
27	LED on	Fan On
29	LED on	Fan On

Fig. 5 shows the value of temperature (Temp), light intensity (Li) and soil moisture (Mo) haven been displayed on Liquid Crystal Display after receiving in node 2.



Fig.11. LCD displays the value of measured temperature, light intensity and soil moisture.

V. CONCLUSION

The advantage of Smart Greenhouse over conventional farming is that we were able to create a climate for the proper growth of plants at low cost and low power. Implementation of such a system in the field can definitely help to improve the yield of the crops and aids to manage the water resources effectively reducing the wastage. This work can be improvised by using a sensor to note the soil ph value such that usage of unnecessary fertilizers can be reduced. A water meter can be installed to estimate the amount of water used for irrigation, The project protype has been tested under different climate conditions in terms of Light and tempreture, and the results show that the designed system works efficiently in monitoring greenhouse environment. The proposed system can be improved by using more wireless sensor nodes for large area of greenhouse. In addition, The farmer can be notified of actions made in the greenhouse either by sending an SMS or developing a mobile application.

REFERENCES

[1] P.Dedeepya, Srinija, M.Gowtham Krishna, G.Sindhusha , T.Gnanesh "Smart Greenhouse Farming based on IOT" IEEE 2nd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, 2018.

[2] Aji Hanggoro, Rizki Reynaldo, Mahesa Adhitya Putra "Green House Monitoring and Controlling Using Android Mobile Application " IEEE Quality in Research, 2017.

[3] Yung Sheng Chang, Yi Hsiung Chen, Sheng Kai Zhou "A smart lighting system for greenhouses based on Narrowband-IoT communication " IEEE IMPACT on International MicroSystem, 2018

[4] Quan, M. (2011). Automated Wireless Greenhouse Management System. New Zealand: Massey University.

[5] Guraiah, B., and Nagaswetha, G. (2014). GSM Based Greenhouse Monitoring System for Agriculture Field. International Journal of Professional Engineering Studies

[6] N. Stephen 'Design and fabrication of a greenhouse monitoring and control system based on GSM and Bluetooth, The international Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications, 2013.

[7] Ahonen, T; Virrankoski, R; Elmusrati, M. Greenhouse Monitoring with Wireless Sensor Network. Proceedings of the IEEE/ASME International Conference on Mechtronic and Embedded Systems and Applications, Beijing, China, 12–15 October 2008; pp. 403–408.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Improvement of bandwidth and gain of Yagi Array Microstrip Antenna using series and corporate feeding for 5G application

Mohammed Salem Aoun
Libyan Academy of Graduate Studies,Tripoli,Libya
ms4467379@gmail.com

Marai Mohammed Abousetta
Libyan Academy of Graduate Studies,Tripoli,Libya
m.abousetta@academy.edu.ly

Abstract— In this paper we present a new design a simple four-element Microstrip patch array antenna fed with corporate-series technique Feed Rectangular Patch Antenna with yagi element Array operated at 28GHz, for 5G mobile wireless applications have been designed and simulated. The proposed array contains 4-elements excited by one port, through a power divider. The array has a wide bandwidth from 27.29 to 29.30GHz and a high gain of 13.2dB the simulations are based using HFSS (High-Frequency Structure Simulator)

I. INTRODUCTION

As a result of scientific development and the requirements of human life, and due to the development of mobile phone users with applications that require high bandwidth, 5G technology comes. 5G technology achieves much higher data rates than 4G.

The utilization of mm-wave bands is one of the most important solutions in 5G [2]. It will allow the expansion of channel bandwidth and thereby increase data transmission capacity. One of the disadvantages of using millimeter-waves frequencies is the significant free space path loss due to high operating frequency [1], hence the need for an array antenna with high gain and wide bandwidth.

The spectrum available for the 5G, allocated by the Third Generation Partnership Project (3GPP), is separated into two different frequency ranges. Frequency Range 1 that includes frequency bands below 6GHz [5], Range 2 frequency bands above 24GHz and into the millimeter wave range (24GHz, 26GHz, 28GHz and 39GHz) [3].

For the antenna design, the Microstrip patch antenna is the most appreciated antenna in wireless communications because it's unique properties. As it is characterized by light weight and small size, and it can take several different shapes, including (rectangular, square, circular), and it is also economically characterized by its low cost during manufacturing, and it can make a series of antennas out of it, and it is easy to engrave and form on any printed electronic board.[7]

Millimeter waves are the future of wireless communications, but they have a few problems One of them is the significant free-space path loss caused by their high operating frequency [6] Millimeter waves are also susceptible to high propagation loss because of atmospheric absorption. Thus, the factor of

High propagation loss because of atmospheric absorption must be considered in the mm-waves antenna design [9]. However, the band of frequencies below 28 GHz is relatively less affected by atmospheric absorptions and has relatively less attenuations.

II. Array Antenna with Corporate-Series Feed

Among the existing feeding systems, the simplest feeding method for linear antenna arrays is the series feed. Because the feeding design is compact, space utilization can be enhanced and the line losses related to this type of array will be reduced compared to a corporate-fed array. Since the antenna input power must come from an extremity of the array, the principal limit of series fed arrays is the significant variation of the input impedance and the main beam direction. In the parallel or corporate feed, the benefits in this method are simplicity of design, flexible choice of element spacing and wider bandwidth since the antenna elements are powered by a "1 to n" power divider with the same line lengths between the feed point and each element. However, a linear array fed by the corporate method will occupy a much larger area, which will prevent it from being stacked to form a two-dimensional array. To limit the variation of the main beam direction and obtain better efficiency, the combination of parallel and series feeding techniques is used in this work [4].

In this technology, the matrix antenna and the Yagi elements are fed with an equal power of 50 ohms using a network in the form of a power divider T-Junction meaning that this technology combines the feeding of the matrix antenna using the sequential feed and corporate

The design was built on a substrate of Taconic RF-45 that has a dielectric constant (er) of 4.5 and loss tangent of 0.0037. The initial values of the dimensions of patch antennas are obtained by using the following equations [8] [10]:

The width of the antenna:

$$W_p = \frac{c}{2f}\sqrt{\frac{2}{\epsilon_{r+1}}} \quad (1)$$

The length:

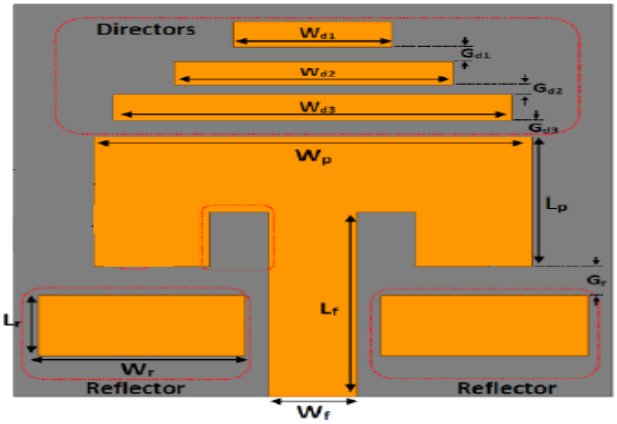
$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L = \frac{C}{2F\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2)$$

For $\frac{W}{h} > 1$:

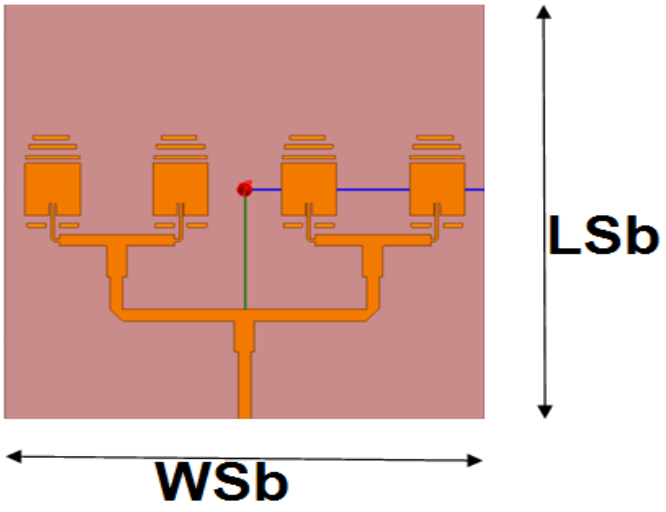
$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2}\left(1 + 12\frac{h}{w_p}\right) \quad (3)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412\frac{(\epsilon_{eff}+0.3)\left(\frac{wp}{h}+0.624\right)}{(\epsilon_{eff}-0.258)\left(\frac{wp}{h}+0.8\right)} \quad (4)$$

- W_p and L_p: width and length of the patch antenna.
- c: speed of light.
- f: resonant frequency.
- h: thickness of the substrate.
- ϵ_r: dielectric constant of the substrate.
- DL: length extension.
- ϵ_{eff}: effective dielectric constant of the substrate.



(A)



(B)

Fig. 1.(A) (B) The proposed antenna array

TABLE 1 : ARRAY 'S PARAMETERS

component	parameters	mm
Substrate	Ls*Ws	16*15
Patch	Lp*Wp	5.3*11
Ground	Lg*Wg	16*15
Feed Line	Lf*Wf	7.55*2.2
Reflector Element	Lr*Wr	2.5*5.2
	Gr	1.2
Director Elements	Ld	1
	Gd1,Gd2,Gd3	0.6 , 0.4 , 0.7

Array Antenna with Corporate-Series Feed

The proposed corporate power divider is shown in Fig.1 (B). It is designed from Microstrip lines where the different impedance transformations are ensured by tapered lines. Each of the accesses is assumed to have an impedance of 50W. The two output ports (1 and 2) are therefore parallel in terms of the input port. It is, therefore, necessary to transform the impedance of the two outputs so that they have an equivalent impedance of 100W at the node. Indeed, tapered lines offer additional degrees of freedom allowing impedance transformation over a wide bandwidth. The use of the power divider to reduce the distance between patches in order to have a better directivity.[5]

$$Z = 50\Omega = \frac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}\left[\frac{W_f}{h} + 1.393 + 0.667\ln\left(\frac{W_f}{h} + 1{,}444\right)\right]} \quad (5)$$

$$Z = 100\Omega = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}}\ln\left[\frac{8h}{W_{100}} + \frac{W_{100}}{4h}\right] \quad (6)$$

Where:

The value of effective dielectric constant of the substrate (ϵ_{eff}) in (5) is the same value in (3). The value of ϵ_{eff} in (6) (W/h < 1) is:

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}} + 0.04\left(1-\frac{w}{h}\right)^2\right] \quad (7)$$

III. SIMULATION RESULTS

The antenna array was simulated using the HFSS (High-Frequency Structure Simulator) program to obtain the following results:

A. Return loss

Fig.2 shows the S parameter of the proposed antenna array. The return loss at the resonant frequency 28.01GHz is –18.36 dB with a bandwidth of 2.02GHz taking as criteria S11≤-10dB to define bandwidth.

B.VSWR

The value of VSWR is 1.35 at the 28.01GHz resonant frequency and less than 2 for the rest of our bandwidth, this means that the antenna array presents an acceptable value of VSWR. The result is presented in Fig.3.

C. Gain and Radiation Pattern

The 3D radiation pattern is shown in Figure 4 (a) (b). The figure shows a gain of 13.9 dB for the resonant frequency. This high gain value fulfills the antenna requirements for 5G applications because it will compensate for the large free-space path loss due to millimeter wave propagation.

IV. Conclusion

Four-element patch antenna designs with feed chain and common feed techniques are presented in this paper. Moreover, the feeder technologies were combined to form a corporate chain feeder network, which was applied to the antenna design to propose a wide bandwidth array antenna and fire end radiation patterns. Moreover, Yagi elements have also been added to the designs to improve the overall antenna gain. Overall, the simulation results prove that the proposed Microstrip array antenna with the companies' series feed technology outperforms in terms of gain, size, and bandwidth. The proposed four-element antenna also covers most of the higher frequencies of 5G communications. The maximum achieved antenna gain was 9.49 dB and achieved a wide bandwidth between 25.15 and 30.87 GHz.

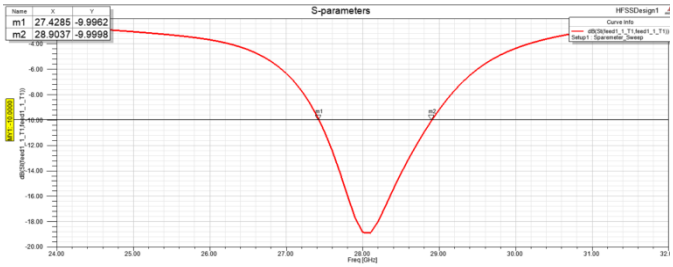
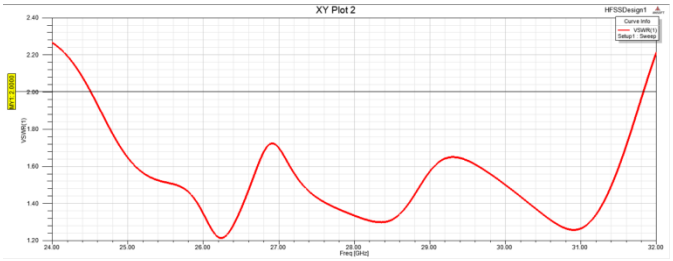
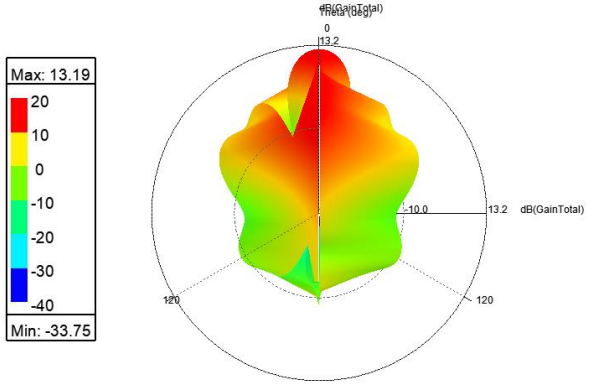


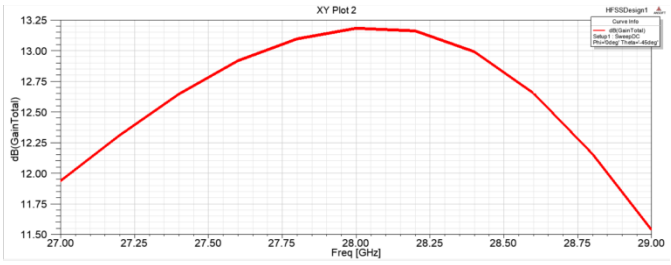
Fig (2) Return Loss



Fig(3) VSWR



a. Radiation pattern 3D



b. Gain VS Frequency

Fig 4 (a).(b) value of gain

Reference

[1] T. S. Rappaport, S. Sun, R. Mayzus, H. Zhao, Y. Azar, K. Wang, G. N. Wong, J. K. Schulz, M. Samimi, and F. Gutierrez, "Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: It will work!," *IEEE access*, vol. 1, pp. 335–349, 2013.

[2] I. J. Bahl and D. K. Trivedi, "A Designer's Guide to Microstrip Line", Microwaves, May 1977, pp. 174-182.

[3] T. Kim, I. Bang, and D. K. Sung, "Design criteria on a mmWave-based small cell with directional antennas," 2014 IEEE 25th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC), pp. 103–107, 2014.

[4] J. Qiao, "Enabling Millimeter Wave Communication for 5G Cellular Networks: MAC-layer Perspective", University of Waterloo, 2015.

[5] S. F. Jilani, Q. H. Abbasi, and A. Alomainy, "Inkjet-Printed Millimetre-Wave PET-Based Flexible Antenna for 5G Wireless Applications," 2018 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on 5G Hardware and System Technologies (IMWS-5G), pp. 1–3, 2018.

[5] H. Aliakbari, A. Abdipour, R. Mirzavand, A. Costanzo, and P. Mousavi, "A single feed dual-band circularly polarized millimeter-wave antenna for 5G communication," 2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), pp. 1–5, 2016.

[6] R. Bancroft, "Microstrip and printed antenna design," *The Institution of Engineering and Technology*, 2009.

[7] A. K. Rastogi, M. Bano, and S. Sharma, "Design and Simulation Model for Compensated and Optimized T-junctions in Microstrip Line," vol. 3, no. 12, pp. 5, 2014.

[8] I. Syrytsin, S. Zhang, and G. F. Pedersen, "Performance investigation of a mobile terminal phased array with user effects at 3.5 GHz for LTE advanced," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 1847–1850, 2017.

[9] D. N. Arizaca-Cusicuna, J. L. Arizaca-Cusicuna, and M. Clemente-Arenas, "High gain 4x4 rectangular patch antenna array at 28GHz for future 5G applications," in *Proceedings of the 2018 IEEE XXV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, pp. 1–4, IEEE, Lima, Peru, November 2018.

[10] B. T. Mohamed and H. Ammor, "A 16-elements corporateseries feed rectangular patch antenna array at 28GHz, for future 5G applications," in *Proceedings of the 2019 International Conference on Wireless Technologies, Embedded and Intelligent Systems (WITS)*, pp. 1–4, Fez, Morocco, April 2019.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Automatic Modulation Classification Using Convolutional Neural Networks with Feature Fusion Method

Mohamed Salem Elshebani
Department of Comm Eng.
Faculty Electrical Technology
Tripoli, Libya
Eldhebani@Libya.tripoli.mallinum

Yahya Ali
Department of Comm Eng.
university of Tripoli
Tripoli, Libya
Y.ali@uot.edu.ly

Nser Azroug
Department of Comm Eng.
Tripoli College for Sciences and Technology
Tripoli, Libya
maktoof73@gmail.com

Ramdan A. M. Khalifa
Department of Comm Eng.
High Institute of science and Technology-Suk Algumaa
Tripoli, Libya
ramadanamharee@gmail.com

***Abstract*— Automatic modulation classification (AMC) detects the modulation type of received signals to guarantee that the signals can be correctly demodulated and that the transmitted message can be accurately recovered. In DL-based modulation classification, one major challenge is to pre-process a received signal and represent it in a proper format before passing the signal into the neural network. However, most existing modulation classification algorithms neglect the concept of mixing features between different representations and the importance of features fusion. This paper attempts a Feature fusion scheme for AMC using convolutional neural networks (CNN). The approach attempts to fuse features extracted from In-phase & Quadrature (IQ) sequences, Amplitude & Phase (AP) Sequences and Constellation Diagram images. Finally, simulation results show that fusing features from different representations can incorporate the best accuracy achieved from each representation separately. Furthermore, our model achieves a classification accuracy of 84.68% at 0dB and 75.29% at -2 dB and over 90% accuracy for high SNRs with a maximum accuracy of 94.65%.**

Keywords— Modulation classification, deep learning, fusion, convolutional neural network, residual network, wireless communications, cognitive radio.

I. INTRODUCTION

Wireless communication plays an important role in modern communication. Modulation classification, as an intermediate process between signal detection and demodulation, is therefore attracting attention. Modulation recognition finds application in commercial areas such as space communication and cellular telecommunication in the form of Software Defined Radios (SDR). SDR uses blind modulation recognition schemes to reconfigure the system, reducing the overhead by increasing transmission efficiency. Furthermore, AMC serves an important role in the information context of a military field. The spectrum of transmitted signals spans a large range and the format of the modulation algorithm varies according to the carrier frequency. The detector needs to distinguish the source, property and content correctly to make the right processing decision without much prior information. Under such conditions, advanced automatic signal processing and demodulation techniques are required as a major task of intelligent communication systems. With the significant achievement of artificial intelligence, DL has aroused widespread concern and has been widely applied in various fields for its excellent data processing capability. Recently, many researchers applied DL to resolve AMC problems. One of the pioneers in the AMC field is O'Shea et al. [1], who proved that the performance of CNN trained on the baseband IQ data exceed those of the expert cyclic moment features based methods. Mend is et al. [2] proposed the AMC approach based on DL. However, they only considered a kind of time frequency distribution and neglected to combine with others to further improve performance. Similarly, Peng et al. [3] investigated an efficient AMC system that utilized CNN to learn features from constellation diagram of digital communication signals. Nevertheless, the method suffered from performance degradation in low SNR environments. A common limitation of the above-mentioned work is that they ignore the complementarities between different features. In [4], Fusion methods are explained and shows that feature-based fusion gives the best results, this paper proposes a 4-Layer CNN architecture with feature fusion utilizing three different representations of the received signal to further improve classification accuracy.

II. SIGNAL MODEL AND RADIOML DATASET

A. Problem Model

Modulation classification can be expressed as a classification problem with M modulations. The received signal can be expressed as:

$$r(t) = \alpha(t)e^{j(2\pi f_0 t + \theta_0(t))}s(t) + n(t) \qquad (1)$$

Where s(t) is the complex baseband envelope of the transmitted signal, α(t) is the impulse response of the transmitted wireless channel,$\theta_0(t)$ and f_0 are the carrier phase and frequency offsets due to disparate local oscillator and Doppler effect caused by motion, *n(t)* is the additive white Gaussian noise (AWGN).

At the receiving side, the received signal, r(t), is first amplified, mixed, low-pass filtered and then sent to the analog to digital (A/D) converter, which samples the continuous-time signal at a rate $f_s = 1/T_s$ samples per second and generates the discrete version *r*[n]. In this paper the received signal is first represented in its IQ components. The received discrete signal r[n] is given as:

$$r[n] = r_I[n] + r_Q[n] \quad (2)$$

Where $r_I[n]$ is the In-phase component, and $r_Q[n]$ is the quadrature component.

The second representation is AP components, where r[n] is given as:

$$r[n] = r_A[n] \angle r_\phi[n] \quad (3)$$

Where rA[n] is the magnitude component and rϕ[n] is the phase component, We calculated $r_A[n]$, $r_\phi[n]$ from the IQ components as given below:

$$r_A[n] = \sqrt{r_i[n]^2 + r_Q[n]^2} \quad (4)$$

$$r_\emptyset[n] = \arctan(\frac{r_Q[n]}{r_i[n]}) \quad (5)$$

the aim of any modulation classifier is to give out Pr (s(t) ∈ M(i) | r(t)) given the received signal r(t), where $M(i)$ represents the *i-th* modulation.

B. RADIOML 2016.10A Dataset

The RADIOML 2016.10A dataset [4] is one of 3 available datasets that are provided by DeepSig Inc, the dataset contains 11 different modulation schemes ranging across SNRs from -20dB to 18dB, with each data sample being an IQ time-series with 128 time-steps, represented as a 2x128 array. Realistic channel imperfections such as moderate local oscillator (LO) drift,light multipath fading and AWGN are included in the dataset that were generated by GNU radio. The dataset contains 8 digital modulation schemes (BPSK, QPSK, 8PSK, PAM4, GFSK, CPFSK, 16QAM, QAM64) and 3 Analog modulation schemes (WBFM, AM-DSB, AM-SSB), we will only focus on the 8 digital modulation schemes because it is almost impossible to differentiate between analog modulations because of pauses in the voice recording of the source dataset that analog modulations were generated from, the reason for using the RADIOML 2016.10A dataset is because of some flaws in the other 2 datasets, The description of each dataset is presented in Table 1.

Table 1: Summary of available RADIOML datasets

	2016.04C	2016.10A	2018.01A
Number of Modulations	11		24
Modulation Types	Digital: BPSK, QPSK, 8PSK,QAM16, QAM64, CPFSK,GFSK,PAM4. Analog:WBFM, AM-SSB,AM-DSB.		Digital: OOK, 4ASK, 8ASK, BPSK,QPSK, 8PSK, 16PSK, 32PSK,16APSK, 32APSK, 64APSK,128APSK, 16QAM, 32QAM,64QAM, 128QAM, 256QAM,GMSK, OQPSK. Analog: AM-SSB-WC, AM-SSB-SC, AM-DSB-WC, AM-DSB-SC, FM.
SNR Range	-20dB to 18dB		
#Samples Per (Mod,SNR)	705	1000	>4000
Sample Format	2x128		2x1024
Problems	Very noisy, not normalised.	-	Class labels are wrong.

To have a better understanding of the dataset we will try visualizing it in each representation utilized in this project. As mentioned before, the dataset is originally represented in IQ sequences, Fig.1 displays the dataset visualization in its raw IQ format in the time domain.

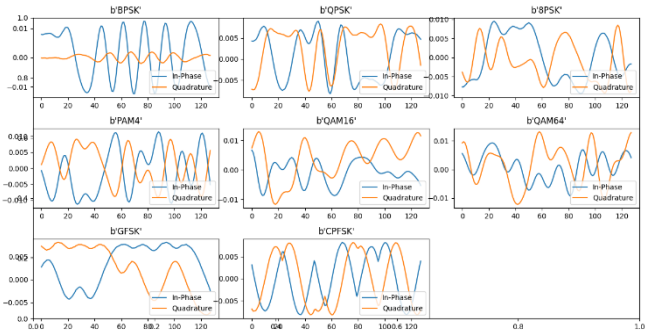


Figure 1: IQ signals time plot of RadioML2016.10A dataset at SNR=18dB.

For the second representation, we transformed the dataset to AP sequences using equations 4 & 5 and then the data was normalized. Fig..2 shows the dataset in its AP Representation in the time domain.

Finally, our last representation was constellation diagram images, Conversion to constellation image involved dividing the I and Q axes (in the desired region of the complex plane) into 48 bins and counting the number of points that fall into each bin, and then normalizing the counts to a range of -1 to 1. The constellation images investigated were only gray colored due to computational limitations. Fig..3 shows the dataset converted to constellation diagram images.

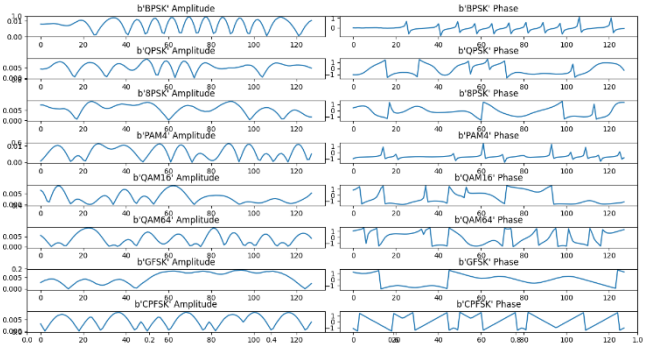


Figure 2: AP signals time plot of RadioML 2016.10A dataset at SNR=18dB

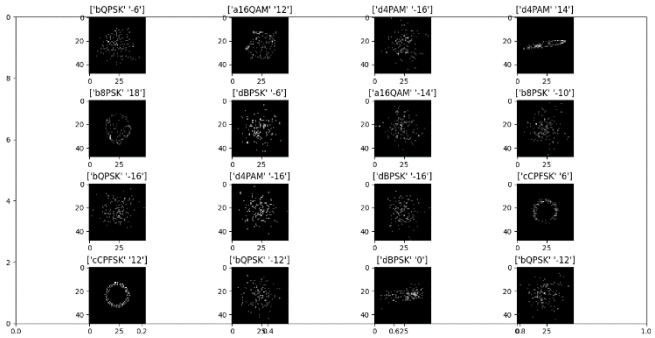


Figure .3: Constellation Images of Radio ML 2016.10A dataset at different SNRs.

III. IMPLEMENTED ARCHITECTURES

In this paper , four architectures were built, three of them were built for each of the three representations that were utilized in this project, and for the fourth architecture it is a concatenation of the previous architectures which applies the feature fusion method, all of the architectures are presented below.

A. *CNN-IQ Model*

This model was built for the IQ sequences, it contains 4 convolutional layers with activation function ReLu, and each convolutional layer is followed by a maxpooling layer for size reduction and a batch normalization layer to normalize the output, and a dropout layer to avoid overfitting. Furthermore, a flatten layer is used followed by two dense layers with ReLu activation and finally a dense layer with SoftMax activation for classification. Fig.4 shows the model architecture with the number of filters and each filter size in the convolutional layers and the number of neurons in the dense layers.

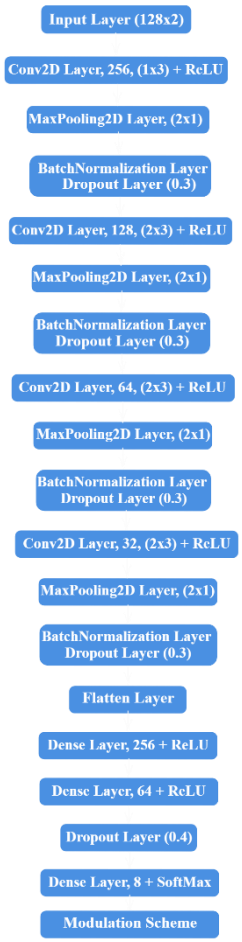


Figure 4: CNN-IQ Model Architecture.

B. *CNN-AP Model*

This model was built for the AP sequences, it is based on the same architecture as the CNN-IQ model, the difference is in the number of neurons in the dense layers and also a dropout layer is inserted between the two layers. Fig.5 shows the model architecture with the details of each layer.

C. *CNN-CD Model*

This model was built for the Constellation diagram images, it is based on the same architecture as the CNN-IQ model, the difference is in the input dimensions, the filter sizes of the convolutional layer and the number of neurons in the second dense layer. Fig.6 shows the model architecture with the details of each layer.



Figure 5: CNN-AP Architecture.

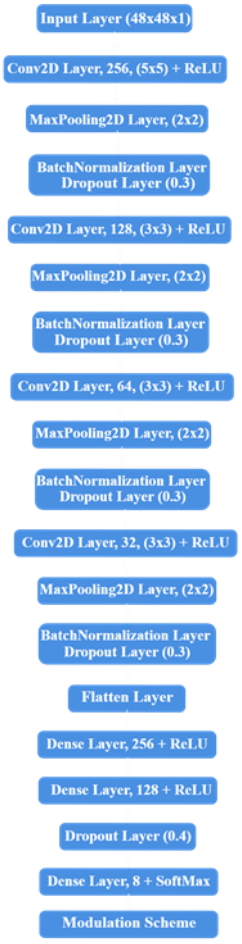


Figure 6: CNN-CD Model Model Architecture.

D. *CNN-(IQ/AP/CD) Model*

This model utilizes the feature-fusion based method, where each of the previous models is used for feature extraction and then all three models are concatenated and then a final dense layer with softmax activation is used. Fig.7 shows the model architecture with the details of each layer.

IV. SIMULATION RESULTS

Simulation results are presented to illustrate the classification accuracy of each model. First, the training phase is analyzed and then, the confusion matrix for each trained model is evaluated and finally, the classification

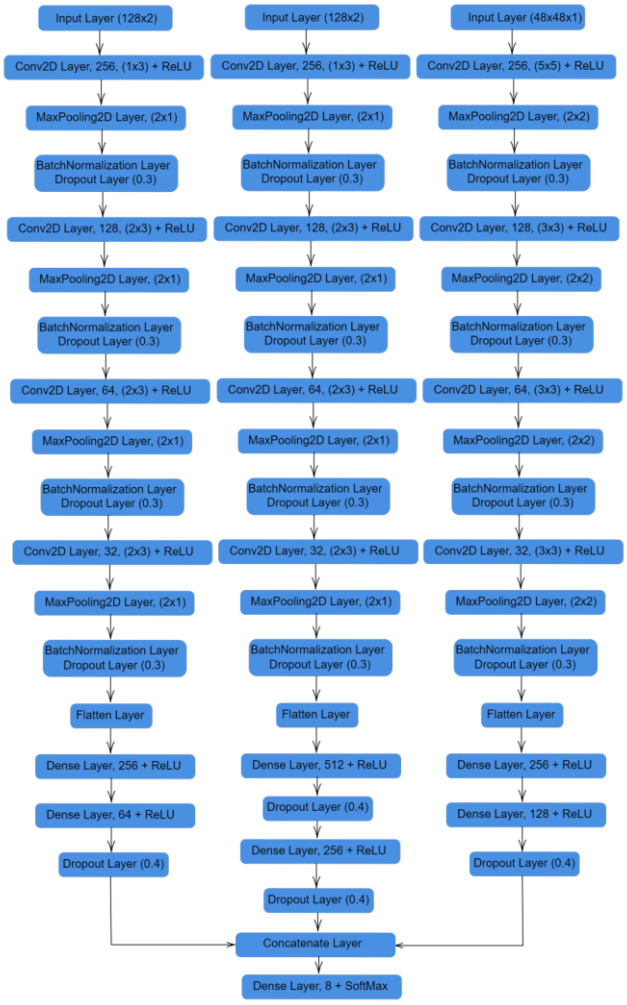


Figure 7: CNN-(IQ/AP/CD) Model Architecture.

accuracy is plotted against various SNRs. The Training was carried out using Microsoft Azure and evaluation was carried out using Visual Studio Code environment. The code was written in python language.

A. Neural Network Training

For the training phase, each of the used datasets were split into 80% training dataset, 10% test dataset, 10% validation dataset. The number of epochs used was 100 but in CNN-IQ and CNN-(IQ/AP/CD) models we stopped the training before 100 because of no further improvement in validation accuracy. The batch size used was 50 for all models. We also utilized the checkpoint function which saves the best model weights each time it improves in validation accuracy and after the end of the training we use the best model weights for evaluation. The longest training time of all models was three hours for CNN-(IQ/AP/CD) model because it was the most complex model, other models took around one and a half hour. During training we did not focus on the training accuracy because after a number of epochs the model just starts to memorize the dataset, instead, we focused on the validation accuracy because it provided the generalization of the model which means the higher the validation accuracy increases. The better performance we acquire. In Fig.8, a plot of the validation accuracy of each model during the training phase is shown, it can be seen that CNN-(IQ/AP/CD) has the highest validation accuracy, and on the contrary, the CNN-CD has the lowest validation accuracy. We can also observe that CNN-IQ is the noisiest in validation
amongst all models. It should also be noted that the validation accuracy signifies the average classification accuracy of the model over all SNRs

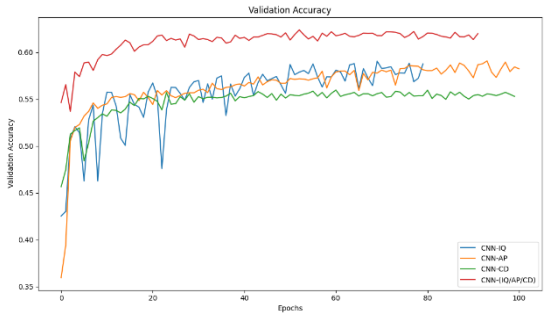


Figure 8: Validation Accuracy of the 4 Models

Fig.9shows the validation loss of each model during the training, CNN- (IQ/AP/CD) has the lowest validation loss, and CNN-CD has the highest validation loss.

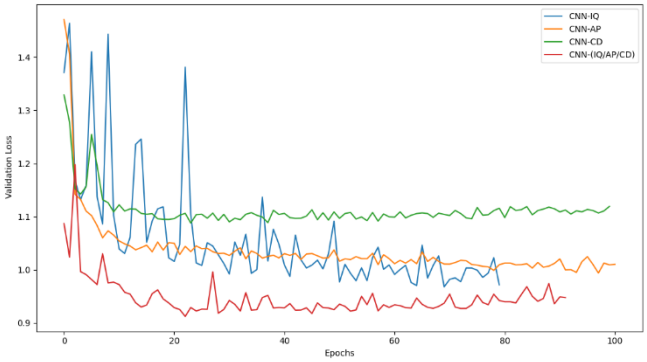


Figure 9: Validation Loss of the 4 Models.

V. EVALUATION RESULTS

After training each of the four models and saving the best weights for each model, we evaluated the classification accuracy by generating the confusion matrix, we should note that the SNR values were divided into three Ranges which are low SNR [-20dB,-8dB], medium SNR [-6dB,4dB], high SNR [6dB,18dB].

Starting with CNN-IQ model we generated the confusion matrix for all SNR Ranges as shown in Fig.10. We can see that the average accuracy is 59.19% in Fig.4.3a but this isn't very informing because of the effect of low SNR at the average accuracy. When we observe Fig.4.3b,the average accuracy is 19.28% because the model wasn't able to extract any desired signal features and is randomly guessing the labels. While Looking at Fig10 c, at medium SNR, there is a diagonal pattern in the confusion matrix, meaning that the model has learned better features leading to improved accuracy. As for Fig.10 d, at high SNR values, the signal power far exceeds the noise power, therefore, the model was able to learn better features. We can see from confusion matrix that most modulations are correctly recognized with an average accuracy of 87.3%. However, the model mistakes 16QAM for 64QAM, and slightly mixes between QPSK and 8PSK even at high SNR.

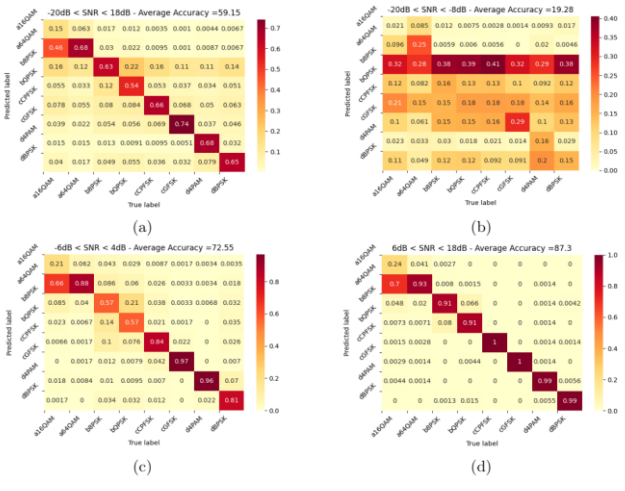


Figure 10: (a) CNN-IQ Confusion Matrix at All SNR Range, (b) Confusion Matrix at Low SNR, (c) Confusion Matrix at Medium SNR, (d) Confusion Matrix at High SNR.

Moving On to CNN-AP model, we will see if the model is able to perform better by learning more from AP sequences. We generated the four confusion matrices as shown in Fig.11. As for Fig.11a and Fig.11b, we mentioned that at low SNR the model is randomly guessing, therefore affecting the average accuracy across all SNRs. However, for medium SNR only, looking at Fig.11c, the average accuracy is 71.33% which is lower than the CNN-IQ model. The confusion matrix shows that CNN-AP is less accurate at recognizing some modulations compared to CNN-IQ at medium SNR. As for high SNR, looking at Fig.11d, the average accuracy is 93.27% and no mixing between QPSK and 8PSK occurs, meaning it outperforms CNN-IQ, however, it still suffers at classifying 16QAM and 64QAM at high SNR. model. The confusion matrix shows that CNN-AP is less accurate at recognizing some modulations compared to CNN-IQ at medium SNR.

As for high SNR, looking at Fig.11d, the average accuracy is 93.27% and no mixing between QPSK and 8PSK occurs, meaning it outperforms CNN-IQ, however, it still suffers at classifying 16QAM and 64QAM at high SNR.

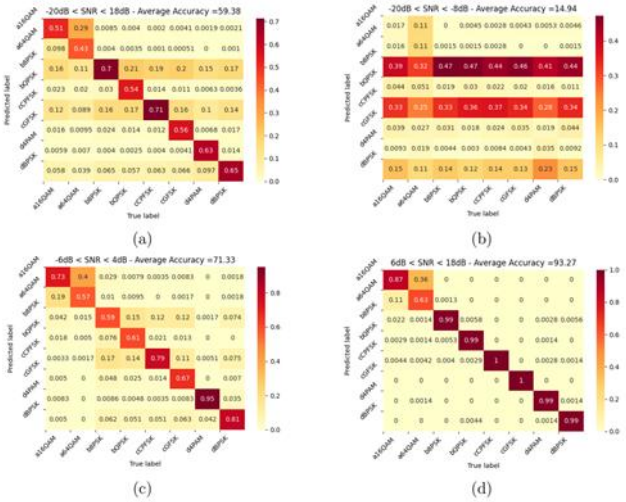


Figure 11: (a) CNN-AP Confusion Matrix at All SNR Range, (b) Confusion Matrix at Low SNR,
(c) Confusion Matrix at Medium SNR, (d) Confusion Matrix at High SNR Range.

For the third model CNN-CD, we trained it on constellation diagram images, this model suffers the most from the low number of points per sample in the dataset. Since 128 points aren't enough for a constellation diagram. The confusion matrix of each SNR range is shown in Fig.12.

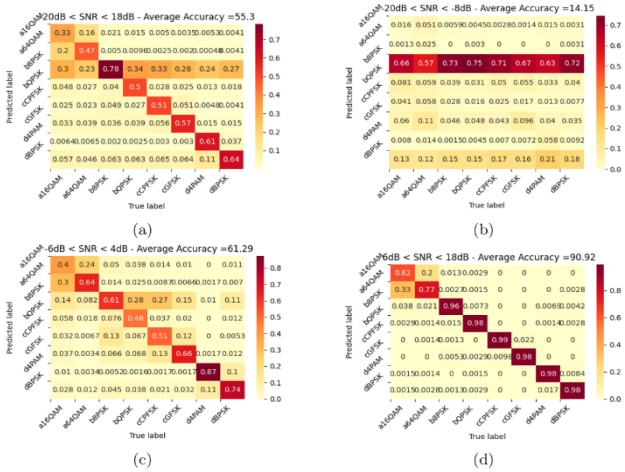


Figure 12: (a) CNN-CD Confusion Matrix at All SNR Range, (b) Confusion Matrix at Low SNR, (c) Confusion Matrix at Medium SNR, (d) Confusion Matrix at High SNR Range.

Looking at Fig.12a, the average accuracy being the lowest indicates that the performance of the model is not the best. From Fig.12c, At medium SNR the model suffers at classifying all modulations and gives the lowest average accuracy amongst the other models. As for Fig.12d, at high SNR the model gives better performance than CNN-IQ with an average accuracy of 90.92%. Overall the model extracts desirable features from the constellation images at high SNR range delivering good performance. However, it suffers at feature extraction and isn't suitable for medium SNR range.

For our fourth model CNN-(IQ/AP/CD), we used three separate models for feature extraction with each model extracting desired features from each representation (IQ,AP,CD). Furthermore, we concatenated those extracted features and then passed them to the classification layer, our goal was to fuse the best of each previous model performance into one model acquiring good performance at most SNR ranges. Fig.13 shows the confusion matrix of each SNR range.

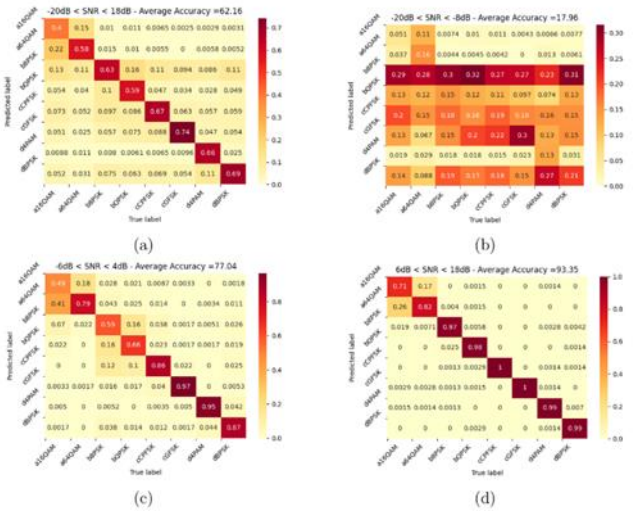


Figure 13: (a) CNN-(IQ/AP/CD) Confusion Matrix at All SNR Range, (b) Confusion Matrix at Low SNR, (c) Confusion Matrix at Medium SNR, (d) Confusion Matrix at High SNR Range.

Looking at Fig.13a, the average accuracy is 62.16% which is higher than other model, therefore it is a good indicator of the models performance. Observing Fig13 c, the average accuracy is 77.04% which outperforms even CNN-IQ model but the model itself still suffers at recognizing certain modulations with good accuracy. Looking at Fig.13d, the average accuracy is 93.35% which is slightly above CNN-AP and it is evident that the model can recognize both 16QAM and 64QAM with good accuracy. Overall, this model incorporated the best traits of the three models by delivering improved performance which shows the importance of incorporating different features that are extracted from different representations. The confusion matrices offered an insight on how accurate the proposed models are at recognizing each individual modulation for different SNR ranges. Furthermore, Table 2 summarizes the average classification accuracy of each proposed model at different SNR ranges.

Table 2: Average classification accuracy of all proposed models at different SNR ranges.

	Average Classification Accuracy (%)			
	Overall [-20dB,18dB]	High SNR [6dB,18dB]	Medium SNR [-6dB,4dB]	Low SNR [-20dB,-8dB]
CNN-IQ	59.16	87.3	72.55	19.28
CNN-AP	59.38	93.27	71.33	14.54
CNN-CD	55.3	90.92	61.29	14.15
CNN-(AP/IQ/CD)	62.16	93.35	77.04	17.96

Finally, we plotted the classification accuracy versus SNR for all proposed models as shown in Fig.14. We can see that the model trained on IQ sequences gives better performance below 0dB SNR, while training on AP sequences and constellation images gives better performance at higher than 0dB SNR. Furthermore, observing CNN-(IQ/AP/CD) which outperforms at most SNR values, shows that fusing the learned features from each representation incorporates the advantages of each representation. Table 3 compares the average classification accuracy at different SNR values.

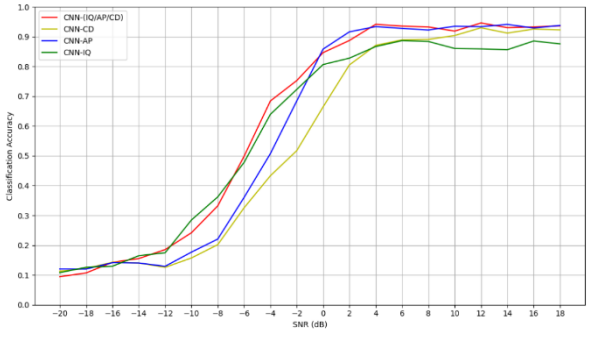


Figure 14: Classification accuracy comparison between different proposed models.

We can see from Table 3 that CNN-(IQ/AP/CD) outperforms at -2dB, however, CNN-AP achieves the highest accuracy at 2dB, and finally, CNN- (IQ/AP/CD) achieves a decent accuracy of 94.65% at 12dB, we should note that not acquiring higher classification accuracy is mainly due to the signal length being short, it is believed that using a dataset with a longer signal length will achieve better results.

Table 3: Average classification accuracy comparison between proposed models.

		CNN-IQ	*CNN-CD*	*CNN-AP*	*CNN(IQ/AP/CD)*
SNR	*-2dB*	72.31%	51.7%	68.43%	75.29%
	2dB	82.82%	80.6%	91.66%	88.76%
	12db	85.94%	93%	93.4%	94.65%

VI. CONCLUSION

The proposed models functionality is composed of two stages, the first stage is feature extraction from input signal and the second is performing classification. The dataset is composed of 20000 samples per modulation scheme, we only used 8 modulations, therefore, 160000 samples in total. Furthermore, 80% was used for training, 10% for validation, 10% for testing. four models were built, three utilized only a single signal representation, and the last utilized the three representations. CNN-(IQ/AP/CD) generally outperformed the other models at medium and high SNR environments. There was a limitation to the classification accuracy due to the signal length in the used dataset being short (128 symbols).

REFERENCES

[1] Timothy J O'Shea, Johnathan Corgan, and T Charles Clancy. Convolutional radio modulation recognition networks. In International conference on engineering applications of neural networks, pages 213–226. Springer, 2016.

[2] Gihan J Mendis, Jin Wei, and Arjuna Madanayake. Deep learning-based automated modulationclassification for cognitive radio. In 2016 IEEE International Conference on Communication Systems(ICCS), pages 1–6. IEEE, 2016.

[3] Shengliang Peng, Hanyu Jiang, Huaxia Wang, Hathal Alwageed, and Yu-Dong Yao. Modulation classification using convolutional neural network based deep learning model. In 2017 26th Wireless and Optical Communication Conference (WOCC), pages 1–5. IEEE, 2017.

[4] Shilian Zheng, Peihan Qi, Shichuan Chen, and Xiaoniu Yang. Fusion methods for cnn-based automatic modulation classification. IEEE Access, 7:66496–66504, 2019

[5]Prokopios Panagiotou, Achilleas Anastasopoulos, and A Polydoros. Likelihood ratio tests for modulation classification. In MILCOM 2000 Proceedings. 21st Century Military Communications. Architectures andTechnologies for Information Superiority (Cat. No. 00CH37155), volume 2, pages 670–674. IEEE, 2000.

[6] King C Ho and Liang Hong. Likelihood method for bpsk and unbalanced qpsk modulation classification. In Digital Wireless Communication III, volume 4395, pages 155–162. SPIE, 2001.

[7] VD Orlic and ML Dukic. Multipath channel estimation algorithm for automatic modulation classification using sixth-order cumulants. Electronics letters, 46(19):1, 2010.

[8] KC Ho, W Prokopiw, and YT Chan. Modulation identification by the wavelet transform. In Proceedings of MILCOM'95, volume 2, pages 886–890. IEEE, 1995.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Wide bandwidth Metamaterial Microstrip Patch Antenna Array using 12.9 Relative Permittivity at 60 GHz

Ali Ashur Takala,
Marai M Abousetta
Department of Electrical and
Computer Engineering, Libyan
Academy School of Applied
Science and Engineering

***Abstract*—in this paper bandwidth and gain of 1x2 antenna array has been enhanced by using defected ground structure (DGS). A Microstrip Patch antenna has been designed on Gallium Arsenide substrate with relative permittivity of 12.9 at 60 GHz for short range communication systems. Due to high relative permittivity, the size of the antenna is very small due to which the gain of the antenna is also very small. Then 1x2 array is designed with spacing between the elements less than half a wavelength. Array has gain and bandwidth of -1.6 dB and 9 GHz while the dip at 60 GHz is -47 dB By using inverted T-shaped DGS, gain and bandwidth is improved up to 2.1 dB and 7.1 GHz. Gain, S11, and VSWR of the array with and without DGS are shown and compared in this paper. HFSS 15 is the simulation software used for designing all these antennas.**

Keywords: Relative Permittivity ε_r, Gain enhancement, Bandwidth enhancement, Directivity, Gain, return loss, Gallium Arsenide, VSWR, HFSS15, 60 GHz.

I. INTRODUCTION

Nowadays the world is progressing very fast, and communication has been very essential part of this progress and development. Modern days need short-range, high speed wire- less communication with less interference. The U.S Federal communications commission (FCC) has allocated 57 GHz to 64 GHz spectrum unlicensed for the applications of scientific, industrial and medical applications. Due to multiple communication systems developed at lower Giga Hertz frequencies, unlicensed 60 GHz frequency has found significant attention in the field of short communication due to its ability to support gigabit-per-second data rates [1]. The communication at 60 GHz provide high capacity for the channel and the size of antenna has become very compact due to high frequency, however communication at 60 GHz causes high propagation losses due to oxygen molecules present in the atmosphere which absorption of mm-waves [2].

As the size of the antenna depends on the frequency of operation and the relative permittivity of the substrate used for the design. At higher frequencies the wavelength is very small called millimeter waves. The size is further shrinked by using substrate with high value of relative permittivity. As the size is reduced, the gain of antenna is also decreased. For short range communication high gain and directive antennas are required for good communication. For this purpose, array are very useful and plays an important role in high gain and directive communications for millimeter waves. For this Purpose 1x2 array is designed for 60 GHz applications. Also there are some techniques used to improve the gain and bandwidth of the antenna. One of the method is to make some defective changes in the ground of the antenna called Defective ground structure.

A Microstrip patch antenna with inset feed is designed in

[3] at 2.4 GHz for WLAN applications. The bandwidth of the antenna is improved using DGS technique. U-shaped, E- shaped, Double E-shaped and Psi shaped DGS are introduced in the ground of the patch and bandwidth is improved from 67 MHz to 302 MHz a modified inset-feed Microstrip patch antenna is proposed in [4] to increase bandwidth and return loss of the antenna. A dumbbell shape DGS is introduced in the ground of the antenna below the patch center. Bandwidth is improved to 57 MHz from 34.5 MHz while return loss is improved to -41 dB from -12 dB a double U-shaped DGS structures are used to widen the bandwidth of the trapezoid monopole [5]. -10 dB bandwidth is enhanced from 790 MHz to 2060 MHz A Microstrip patch antenna with I-shaped slot in the ground is proposed in [6] for bandwidth improvement for C-band applications. Bandwidth is improved up to 126 MHz with center frequency at 6 GHz and S11 up to -47 dB 5% of the size is reduced due to I-shape slot in the ground. A circular Microstrip patch antenna is proposed in [7] for 2.4 GHz resonant frequency. The conventional design has low gain and narrow bandwidth while it is improved by using DGS. Gain is improved by 1.7 dB while 421 MHz of bandwidth is also enhanced which is further enhanced by creating a gap through the center of the circular patch. A narrow band rectangular patch antenna is presented in [8] for wearable devices in biomedical applications at 2.45 GHz. Gain and bandwidth of the antenna is increased up to 17% using DGS. Using DGS, gain of the antenna is increased from 2.96 dB to

3.45 dB while S11 is improved from -12 dB to -22 dB [9]. The effect of recessed ground on the performance of patch antenna is studied in [10] for 60 GHz applications. Gain is improved up to 2.6 dB and 10% bandwidth is improved while the overall efficiency is improved up to 25%.

In this paper, DGS is used to increase the bandwidth and gain of the antenna. Inverted T-shaped DGS is used for this purpose. There are different types of defected ground structures used for this purpose. It may be rectangular shaped, Circular shaped, dumbbell shaped, U-shaped, E-shaped and many other types as well. These defective ground structures when introduced in the ground of the patch, create fringing field between the patch and the DGS due to which parasitic capacitance is created. Mutual coupling is enhanced by the parasitic capacitance which results in the bandwidth improvement [4].

II. DESIGNING MICROSTRIP PATCH ANTENNA

Microstrip Patch antenna consists of three layers called ground, substrate and patch. Ground is the metallic structure above which substrate lies. Substrate is the dielectric material which has some losses denoted by loss tangent and has some relative permittivity denoted by ε_r as well. The thickness and relative permittivity of the dielectric material plays an important role in the design and characteristic properties of the antenna. The bandwidth of the antenna increases with the thickness of the substrate and vice versa. For antennas we use high thickness to increase the bandwidth as well as to increase the radiation from the patch [11]. The fields generated by the antenna are loosely attached and can easily detached from the antenna and travel long distances. In other words the efficiency of the antenna is increased. If the thickness is decreased then field lines will be closely attracted and radiations will not be effective. This type of substrate with smaller thickness is more preferred in RF circuits and power dividers where radiations is not the primary requirement. Dielectric constant of the substrate has also an important impact on the performance of Microstrip patch antenna. By increasing the relative

permittivity of the substrate, the dimensions of the antennas are reduced and the resonant frequency will be a higher one with high gain and narrow bandwidth [12].

III. FEEDING MECHANISM

There are different types of feeding mechanism for Microstrip patch antenna such as Microstrip line feeding, probe feeding, coaxial feeding, edge feeding, and parasitic feeding. Microstrip line feeding technique is used to feed the antenna. In this method a line with some characteristic impedance is used to feed the patch from the edge in the center of the width. There is a big difference in the edge impedance of the patch and the line impedance, so there will always be some mismatching. To transfer maximum power there should be some impedance matching between the line and the patch. Inset feed and quarter-wave transformer is used for impedance matching in Patch antennas. In this work inset feeding method is used for impedance matching at 60 GHz. For 1x2 array, T- junction is used for feeding the array. Instead of using multi- stage impedance matching, simple T-junction is used to feed the arrays. T-junction is used to split the single input power into two equal halves output power which is fed to the arrays.

IV. DIMENSIONS CALCULATION FOR PATCH ANTENNA

As the dimensions of the patch antenna are very important and it requires some calculation for the design if the desired Frequency, thickness and relative permittivity of the substrate is known. Then we can calculate the length of the patch L_p, width of the patch W_p, the length of the ground L_g, width of the ground W_g and length of the inset cut y_0 as shown in 1. The width of the patch can be calculated by

$$W = \frac{C_0}{2}$$

Where C_0 is the speed of light while f_0 is the frequency of operation and ε_r is the dielectric constant of the substrate material.

As we know that radiation occurs through fringing effect. Some of the fields passes through substrate while some of the fringing fields passes through the air as well. As the medium is different so both the fields will have different phase velocities and have different impact due to its lower permittivity than the substrate. For this purpose to include the effect of both air and substrate we define another parameter called effective relative permittivity which can be calculate as

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r+1}{} + \frac{\varepsilon_r-1}{}[1 + 12\frac{h}{}]^{-1/2}$$

Where H is the height while W is the width of the substrate used for antenna designing.

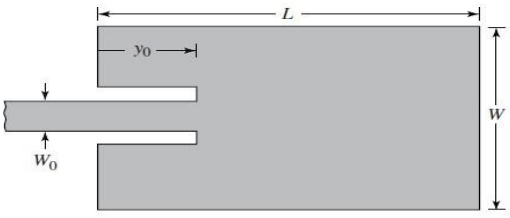


Fig. 1. VSWR of 1x2 Array with DGS

TABLE I
DIMENSIONS OF THE ARRAYS.

Parameters (mm)	Gallium Arsenide
Patch Length	0.5
Patch Width	0.5
Ground Length	1.3
Ground Width	1.2
Inset Length	0.05
Inset width	0.01
Feedline Length	0.35
Feedline width	0.1
Spacing d	0.7

The length of the patch plays an important role in designing an antenna. The resonant frequency of the antenna depends on the length of the antenna, therefore it should be calculated carefully. Instead of using the practical length of the antenna effective length is considered for the antenna where the fringing effect is also taken into the account. As the width sides are considered as slots where fringing occurs along the length of the patch. Due to this the length of the patch is increased a little bit and is taken in the effective length calculated for the patch.

$$Leff = \frac{C_o}{2f_o\sqrt{\epsilon_{ref}}} - 2\delta L$$

Where δL is the change in length that occurs due to the two slots at the width along the length of the patch. This change in length can also be calculated using

$$\delta L = 0.412\frac{(\epsilon_{ref}+0.3)\left(\frac{w}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{ref}-0.258)\left(\frac{w}{h}+0.8\right)}$$

For feeding the patch two impedance matching techniques can be used, either quarter-wave transformer or inset feeding. At the edge of the patch the impedance is very high while near the center of the patch the impedance decreases and is zero at the center of the patch. So the feedline moves inside the patch with some patch removed from the sides of the line. The impedance matching depends on the inset length y_0. For inset feeding the length of the cut section y_0 can be calculated from the following expression

$$R_{in}(y = y_0) = (R_{in} = 0)\cos\theta^2\left(\frac{\pi}{L} y_0\right)$$

V. ANTENNA ARRAY

A single element cannot provide enough gain for some applications where high gain is required. For this purpose multiple antennas are arranged to form an array of antennas which provide better gain as compared to single antenna. In arrays, the fields radiated from the antennas reinforce each other in the far field and constructively interfere to increase the gain and directivity in the direction of maximum radiation. The spacing between the elements also play an important role in the design of arrays. The spacing d should be less than one wavelength. At spacing equal to or greater than one wavelength, the radiations are in phase in more than one direction and multiple lobes with high gain are formed called grating lobes. Grating lobes are undesired lobes and occurs when spacing is greater than one wavelength. The gain and directivity of the array is greater than the single antenna. For antenna array we define a factor called array factor which is a function of the spacing and excitation phase of the elements. Array factor is independent of the directive properties of the antenna. The total field radiated by the two elements array is given by

$$E_t = E_1 + E_2$$

$$(AF)_n = \cos\vartheta \; \frac{1}{}(kd\cos\vartheta + \beta)$$

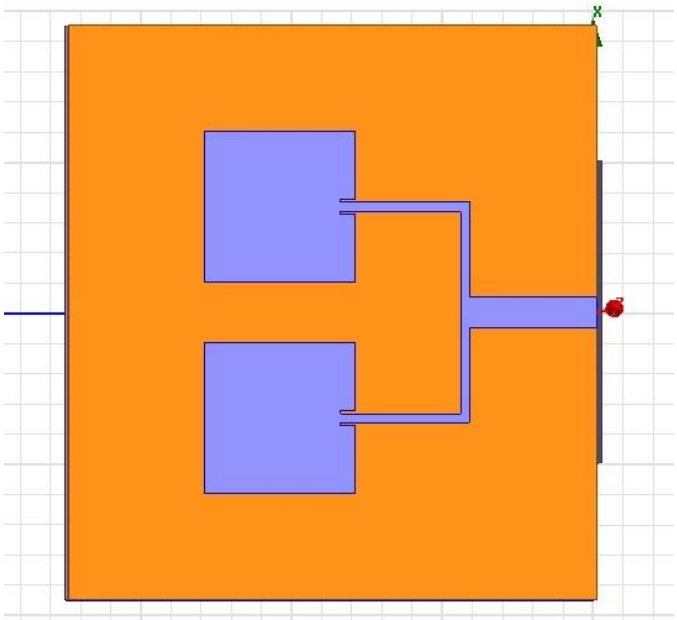


Fig. 2. 1x2 Microstrip Patch Array

Where β is the phase excitation difference between the two elements, K is the Boltzmann's constant. If the array factor of an array is known and the electric field pattern is known then the total electric field radiated by the array can be calculated using a method called Pattern multiplication.

VI. T-JUNCTION POWER DIVIDER

T-junction is the basic device for splitting the power. It is a T-shaped transmission line with two different types of impedances [13]. Input is applied at one end with some input impedance while split power is available at the two output ports which has different impedance from the input port as shown in figure 2 [14]

VII. DEFECTED GROUND STRUCTURE

In defected ground structure the ground of the antenna is modified by removing some part of the ground to change the radiation properties of the antenna. By removing some part of the ground, fringing effect is enhanced which causes parasitic capacitance between the ground plane and the patch. Patch and ground plane is coupled which improve the radiation properties of the antenna. There are different types of structures that are introduced in the ground. It may be circular, rectangular, dumbbell, E- shaped, H-shaped, T-shaped etc. In this work an inverted T-shaped DGS is introduced below the feedline which improves gain and -10

dB impedance bandwidth of the array. Its effect on the antenna depends in the size, shape and position where it is introduced as shown in 3. DGS helps in impedance matching which improve bandwidth and also maximum power is transferred to the antenna which can increase the gain. DGS also control the phase and amplitude of the electromagnetic waves.

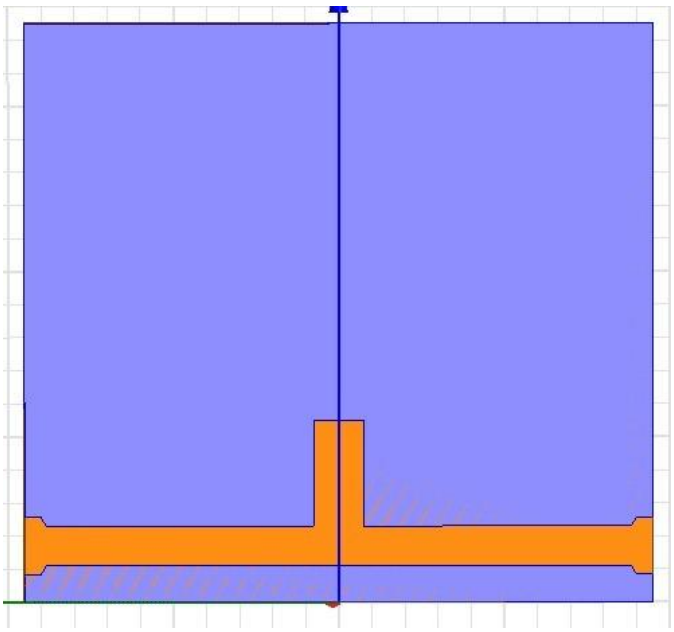


Fig. 3. 1x2 Array with DGS

VIII. SIMULATION AND RESULTS

All the dimensions of the arrays are given in Table I. Antennas are designed and simulated in HFSS. Then arrays are designed and the results are given in the Table II for array antennas with and without GDS.

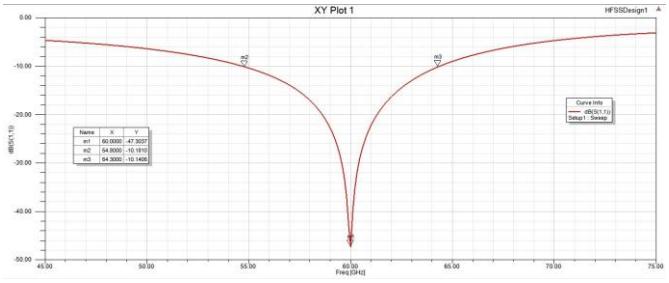


Fig. 4. S11 of 1x2 Array without DGS

TABLE II
RESULTS OF THE ARRAYS WITH AND WITHOUT DGS.

Parameters (mm)	Without DGS	WithDGS
S11	$-47dB$	$-48.6dB$
BandWidth	$9GHz$	$16.1GHz$
Gain	$-1.6dB$	$0.56dB$
$VSWR < 2$	$54.2 - 64.65GHz$	$49.7 - 66.1GHz$

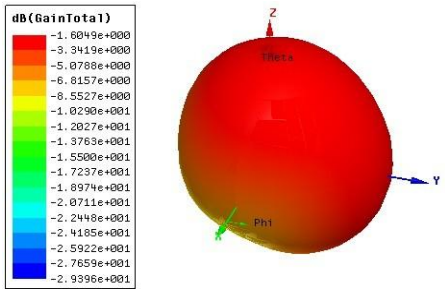


Fig. 5. Gain of 1x2 Array without DGS

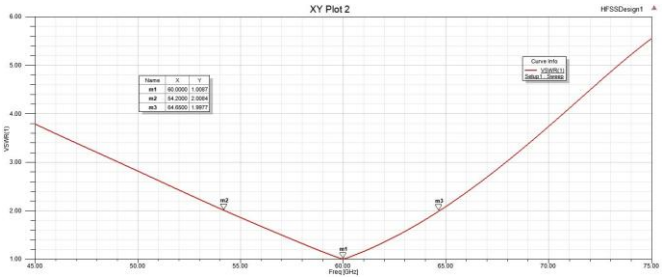


Fig. 6. VSWR of 1x2 Array without DGS

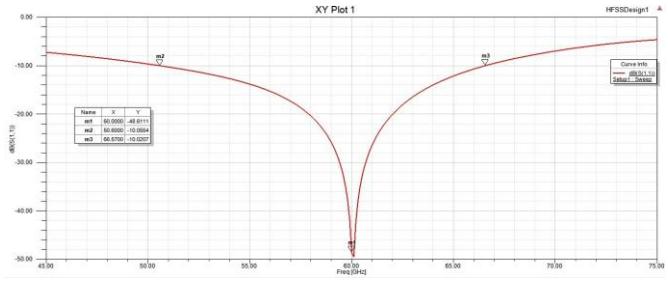


Fig. 7. S11 of 1x2 Array with DGS

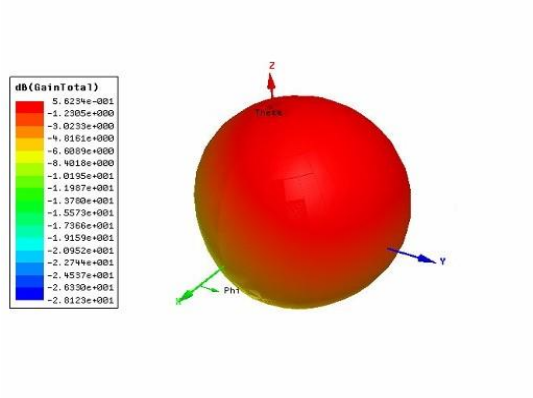


Fig. 8. Gain of 1x2 Array with DGS

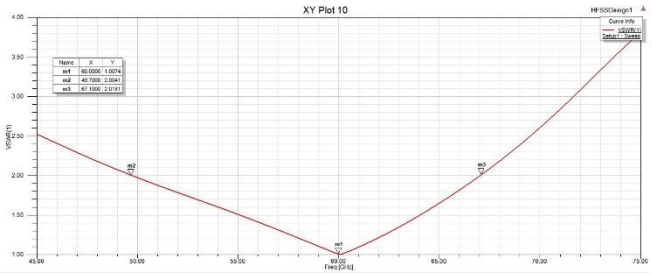


Fig. 9. VSWR of 1x2 Array with DGS

IX. CONCLUSION

A Microstrip patch antenna 1x2 array with defected ground structure has been presented in this work. At higher frequencies the size of the antennas are very small and it is further shrinked by the use of high relative permittivity substrate materials. The gain of the array is very small while the bandwidth is also narrow. For high data rate high bandwidth is required. DGS method is used to enhance the gain and bandwidth of the array. DGS produce parasitic capacitance which create coupling between the ground and patch and thus enhance the bandwidth of the array. Gain is improved from

-1.6 dB to 0.56 dB while bandwidth is enhanced form 9 GHz to 16.1 GHz.

References

[1] W. Yang, K. Ma, K. S. Yeo, and W. M. Lim, "A compact high-performance patch antenna array for 60-ghz applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 313–316, 2015.

[2] T. S. Mneesy, R. K. Hamad, A. I. Zaki, and W. A. Ali, "A novel high gain monopole antenna array for 60 ghz millimeter-wave communications," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 13, p. 4546, 2020.

[3] D. S. Marotkar and P. Zade, "Bandwidth enhancement of microstrip patch antenna using defected ground structure," in *2016 International conference on electrical, electronics, and optimization techniques (ICEEOT)*. IEEE, 2016, pp. 1712–1716.

[4] P. kumar Deb, T. Moyra, and P. Bhowmik, "Return loss and bandwidth enhancement of microstrip antenna using defected ground structure (dgs)," in *2015 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*. IEEE, 2015, pp. 25–29.

[5] K. H. Chiang and K. W. Tam, "Microstrip monopole antenna with enhanced bandwidth using defected ground structure," *IEEE antennas and wireless propagation letters*, vol. 7, pp. 532–535, 2008.

[6] G. Singh, R. Rajni, and R. S. Momi, "Microstrip patch antenna with defected ground structure for bandwidth enhancement," *International Journal of Computer Applications*, vol. 73, no. 9, pp. 14–18, 2013.

[7] D. Rusdiyanto, C. Apriono, D. W. Astuti, and M. Muslim, "Bandwidth and gain enhancement of microstrip antenna using defected ground structure and horizontal patch gap," *SINERGI*, vol. 25, no. 2, pp. 153– 158, 2021.

[8] M. S. Islam, M. I. Ibrahimy, S. Motakabber, A. Z. Hossain, and S. K. Azam, "Microstrip patch antenna with defected ground structure for biomedical application," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 8, no. 2, pp. 586–595, 2019.

[9] N. N. Tawfeeq, "Size reduction and gain enhancement of a microstrip antenna using partially defected ground structure and circular/cross slots," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 7, no. 2, p. 894, 2017.

[10] Jaiswal, M. P. Abegaonkar, and S. K. Koul, "Highly efficient, wideband microstrip patch antenna with recessed ground at 60 ghz," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 67, no. 4, pp.

[11] A. A. Roy, J. M. Moˆm, and D. T. Kureve, "Effect of dielectric constant on the design of rectangular microstrip antenna," in *2013 IEEE International Conference on Emerging & Sustainable Technologies for Power & ICT in a Developing Society (NIGERCON)*. IEEE, 2013, pp. 111–115.

[12] S. Choudhury, "Effect of dielectric permittivity and height on a microstrip-fed rectangular patch antenna," *International Journal of Elec- tronics and Communication Technology (IJECT)*, vol. 5, pp. l29–130, 2014.

[13] G. Branner, B. P. Kumar, and D. Thomas, "Design of microstrip t junction power divider circuits for enhanced performance," in *38th Midwest Symposium on Circuits and Systems. Proceedings*, vol. 2. IEEE, 1995, pp. 1213–1215.

[14] P. B. Kumar, G. Branner, G. Razmafrouz, and D. Brody, "Optimization of microwave t junction power-divider circuits," in *Proceedings of 1994 37th Midwest Symposium on Circuits and Systems*, vol. 2. IEEE, 1994, pp. 1235–1237.

First Libyan international Conference bon Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Performance Analysis of Optical Fiber Communication Systems Under Different type of Modulation Formats

Dr. Abdeljawad Ebrahim Ramadan
Telecommunication Department
Libyan Academy for Postgraduate Studies
Tripoli, Libya
abdeljawaad.ramadan@academy.edu.ly

Ramdan A. M. Khalifa
Department of Comm Eng.
High Institute of science and Technology-Suk Algumaa
Tripoli, Libya
ramadanamharee@gmail.com

Nser Azroug
Department of Comm Eng.
Tripoli College for Sciences and Technology
Tripoli, Libya
maktoof73@gmail.com

***Abstract*— with the growth in the communication systems, there is a need for large bandwidth to send more data at higher data rate. The frequency chirps of direct modulated laser limit the fiber length to 4.78 km and 9.14 km under NRZ and RZ formats respectively at 10^{-9} BER. The objective of this paper is, to analyze the performance of 55 Gbits/s optical fiber communication systems using externally modulated high-speed continuous wave (CW) lasers with different type of modulation formats. Electrical signals of return to zero (RZ), non-return to zero (NRZ) and Doubinary formats with $10^{-15} - 1$ pseudorandom bit sequences are used tomodulate the laser. . The performance of Non-Return-to-Zero (NRZ), return-to-zero (RZ) and Doubinary modulation format at 55 Gbits/s for the optical**
. *Keywords— Bit error rate, Q factor, Duobinary,*

I. Introduction

The next generation technology is required to be compatible with today's bandwidth needs and to also offer bandwidth ease to support future growth based on network expansion and new application development. Since optical technology has proven to have large bandwidth capacity, it appears to be the proper choice to solve the complexities of access networks [1]. Fiber-optic communication is a method of transmitting information from one place to another by sending light through an optical fiber. Fiber Optic communication systems played a major role in the advent of the information age. Fiber Optic communication technology gives the solution for higher bandwidth. As its advantages over electrical transmission, utilization of optical fiber has largely replaced copper wire communications in the developed world. Optical fiber is the most common type of channel for optical communications. With the explosive growth in demand for capacity in national, regional, and even metropolitan optical networks, the high bit rate fiber state of- the-art communications. Modern optical networks are now primarily based on 2.5 Gbits/s and 10 Gbits/s channels [9]. This frequency chirp is proportional to the differential gain and, therefore, attains large values under intensity modulation in high-speed laser diodes. The frequency chirp was proved to interact with fiber dispersion in such a way to degrade performance of fiber communication systems. Forms of this performance degradation include limitations to the transmission bit rate, transmission distance, and adding to the power penalty of the fiber system [2]. In fiber systems operating at wavelength of 1.55 μm have fiber dispersion as high as ps/nm/km which enhanced the effect of the laser chirp [2]. Among the technical to eliminate such an effect is to replace the direct modulated technique to external modulated technique. It is then necessary to investigate the eliminated effect of the laser chirp on the performance of 55-Gbits/s fiber links using external modulation and dispersion-shifted fibers. This study would help to examine the suitability of these high-speed fiber links for applications in the very reach optical networks and local and/or metro area fiber networks.

II. Modulation Formats

a) NRZ Modulation format

Non return to zero line is a binary code in which one's (1's) are represented as a positive voltage (+v) and zero's (0's) are represented as a negative voltage (-v). NRZ codes use half the baseband bandwidth. The intensity of the carrier light wave is modulated by the applied electric field in which voltage varies with a determined function. The fiber length is varied over an open range. On each fiber length, the laser signal is detected and BER is evaluated by BER Analyzer. Then decided the fiber length 12.09 km at which BER is equal 10^{-9}.

b) RZ Modulation format

It consists Return to Zero (RZ) pulse generator with duty cycle 0.5 (50%), CW laser, +D-NZDSF, Attenuator, Photodetector pin diode and Low pass Bessel filter. External modulation use Mach Zehnder external modulator to modulate the CW Laser and RZ electrical signal. The fiber length is varied over an open range. On each fiber length, the laser signal is detected and BER is evaluated by BER Analyzer. Then decided the fiber length at which BER is equal to10^{-9} .

c) Doubinary Modulation format

In Doubinary format, Phase shifted by π after odd number of zeros. In this DB scheme using less than N/2 Hz of bandwidth to transmit N bits/s. DB gives high dispersion tolerance and narrow band optical filtering, these are the main advantages of using. Conventional DB transmitters apply a differential precoder at the input. BER analyzer is represents the output characteristics of applied Duobinary modulation format with external modulation at the different distances.

III. SIMULATION MODEL

A binary Pseudorandom (PRBS) sequence is the same as a real random sequence in statistical conduct, it is difficult to

predict when generated by means of a determinist Algorithm [12]. PRBS can be used in telecommunications, in particular in analog to information conversion [13], but also in authentication, simulation, comparison and flight times. Mach-Zehnder is a typical optical waveguide modulator consisting of a laser source, an optical detector and an MZI modulator structure with a field sensing range. EO conversion Mach-Zehnder modulator, optical connect, O-E conversion Mach-ZehnderLiNb (Lithium noibate). Laser CW is not energized and can cause heating and tissue unwanted damage. The optical attenuator is also known as the optical fiber attenuator used in free space to reduce the level of optical signal strength in the optical fiber. This PIN photodiode transforms the optical signal to an electrical signal that is then amplified to make up the power loss due to the fiber attenuation by means of an electrical amplifier. For reality, optical forces are seldom directly measured. In order to calculate the current, the optical energy is transformed in a relative electrical current via a system such as a PIN photodiode. The ratio between power output and optical energy accidents is referred to as responsivity (described mathematically by symbol R). Ampere units are available per watt (A / W) [14]. For group delay and shaping efficiency, the Bessel filter is used and is very similar to the Gaussian filter. An eye diagram describes the high-rate communication systems and the short or long-haul communication system.

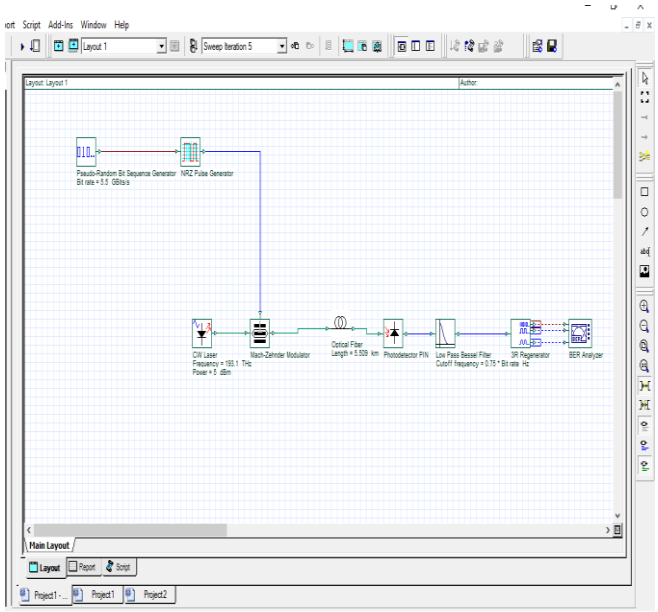


Fig.1 Block diagram of the designed optical fiber communication system.

Parameters	Values(units)
Data Rate	55 GBPS
Wavelength	1550 nm
Detection	PIN
Bessel filter cutoff frequency	0.75*Bit rate (Hz)

IV. SIMULATION PARAMETER

The analysis of designed optical link using OPTISYSTEM simulator based upon several qualitative parameters. The parameters used in simulations are shown in the table (1)

Table 1: Parameter values of simulation setup

V. RESULTS

We characterize and evaluate performance of the proposed 55Gbits/s optical fiber communication system. The performance evaluation parameters include the eye diagram of the detected signal, BER and dispersion-limited fiber length. Figure 2 shows the eye diagram of NRZ at 12.09 km with BER 10^{-9}.

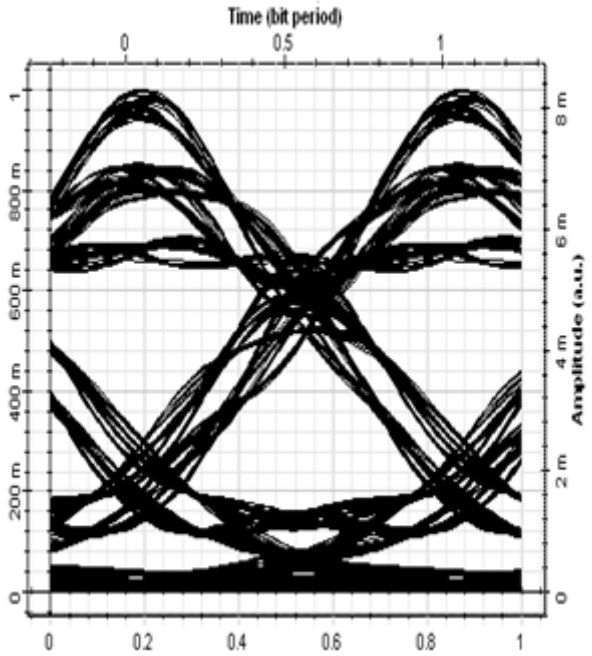


Fig 2. the simulated eye diagrams under NRZ

Figure.3 shows the eye diagram of RZ at 13.23 km with BER 10^{-9}

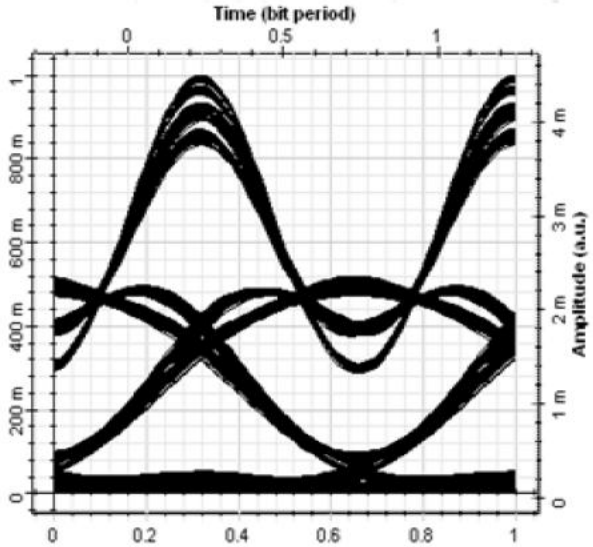


Fig 3. the simulated eye diagrams under RZ

Figure 4 shows the eye diagram Duobinary-modulated signal at 20.20km with BER 10^{-9}.

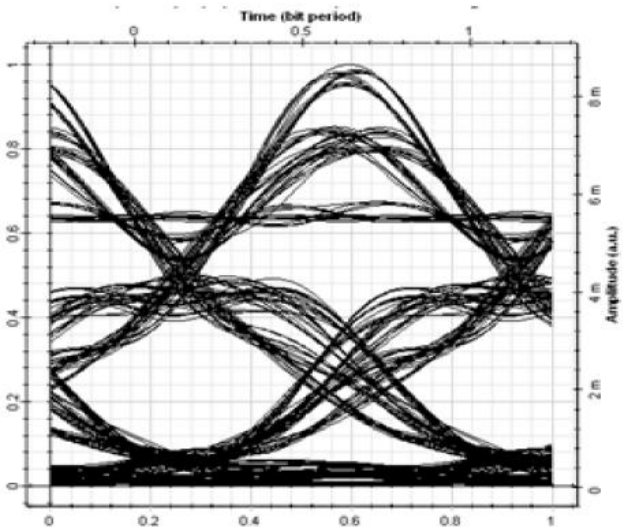


Fig 4. the simulated eye diagrams under Duobinary

VI. CONCLUSION

We simulated the optical fiber communication systems under 55Gbits/s modulation and quantified its performance. The system performance is evaluated in terms of eye diagram, BER, receiver sensitivity, and limitations on the fiber length. Inside optical fiber communication system, Duobinary modulation provides better results as compared to NRZ and RZ modulation format. Distance is the crucial factor for measuring the system performance at BER=10^{-9}.The fiber lengths are increase to 12.09 km for NRZ, 13.23 km for RZ and 20.2 km for Duobinary with limits BER= 10^{-9}.when the direct modulation is replaced by external modulation technique. Hence from these results it has been concluded that in terms of length for Duobinary modulation format is more as compare to RZ and NRZ modulation formats, it can be used for long distance transmission. So, this work is further extended with the use of advanced modulation formats. We can also vary the data rate and length of fiber with applying dispersion compensation techniques.

References

[1] A. Kapoor et al,“ Performance Comparison of Modulation Formats for Wavelength Re-modulated Bi-directional Passive Optical Network”,International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications, 5(2), June-August, 2013, pp.169-172

[2] Fwoziah T. Albeladi, Moustafa F. Ahmed and Ahmed H. Bakry, “Performance Evaluation of 40Gb/s Directly-Modulated Optical Fiber Communication Systems”, 978-1-4673-6195- 8/13/$31.00 ©2013 IEEE

[3] G.P. Agarwal, ‘Fiber-Optic Communication Systems’ John Wiley and Sons, New York, (2002).

[4] Peter J. Winzer, “Advanced Optical Modulation Formats” Vol. 94, No. 5, May 2006 ,0018-9219/$20.00 _2006 IEEE.

[5] P.Krehlik, “Directly modulated laser in negative dispersion fiber link”, Opto-Electron. Rev. 15, no. 2,2007.

[6] Ramandeep Kaur, Dr. R. S. Kaler, “Performance Analysis of Hybrid Optical Amplifiers for multichannel WDM systems”, Department of Electronics and Communication Engineering ThaparbUniversity June-2011.

[7] Shashi Jawla ‘intensity modulation formats in optical communication system’ International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 12, December-2013.

[8] Shashi Jawla, R.K.Singh, “Different Modulation Formats Used In Optical Communication System”, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering e-ISSN: 2278-2834, p- ISSN: 2278-8735.Volume 8, Issue 4, Nov. - Dec. 2013

[9] Varun Marwaha et al., “Performance Evaluation of Modulation Format for Optical System”, International Journal of Electronics & Communication Technology, Vol. 3, Issue 1, Jan. March,2012

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Computations of Multi-Band Electromagnetic Scattering from Non-Conducting Spherical Surfaces

Marei M. Abousetta[#1] , *Walid T. Shanab*[#2]
[#1]*Libyan Academy of graduate Studies- Tripoli, Libya*
[1] m.abousetta@academy.edu.ly
[#2] *lecture at higher institute of Engineering Technology- Tripoli, Libya*
[2] walid.t.shanab72@gmail.com

Abstract— **numerous numerical techniques have been developed in order to model the spread of electromagnetic fields in conducting and dielectric surfaces. These techniques proved themselves for the purposed a computational analysis and numerical solution of well-known, canonical or non-canonical problems. Due to its obvious advantages in complex numerical analysis, matrix calculation, and digital signal processing, the use of MATLAB language programming is a feasible choice when generating significant quantities of data for various processes and processing software. This article's software program aims to provide an educational and verification tool for the physical occurrence of electromagnetic dispersion from a dielectric sphere while also establishing the reality of the Finite-Difference Time-Domain (FDTD).A novel case with different permittivity has been tested and results are comparable with standard results.**

Keywords— **electromagnetic scattering; software verification and validation; boundary value problems.**

I. INTRODUCTION

Various numerical techniques have been developed for modelling electromagnetic field propagation in conducting and dielectric media. The validity of these techniques is usually verified by comparison to the numerical solution of canonical or non-canonical problems of well-known solutions. MATLAB language in complex numerical analysis, matrix computation, digital signal processing has obvious advantages, so in the production needs of large amounts of data for various operations and processing software, MATLAB language programming is a good choice. This a software package designed as an educational and validation tool for the purpose of verifying the availability of Finite-Difference Time-Domain (FDTD) and visualizing the physical phenomena of electromagnetic scattering from a dielectric sphere. A program is constructed to calculate and display the near and far fields due to an excitation from a plane wave using the FDTD method. The basics of electromagnetic scattering theory are frequently taught in electromagnetic education through solutions of scattering from some canonical objects due to stimulation by incident plane. It can be challenging to extrapolate the physical features of the scattering process from these solutions because they are typically presented in closed mathematical forms, which are frequently difficult to envision. It is crucial to have these canonical solutions coded and set up in an intuitive instrument in order to visualize the physical processes of scattering from these things. Students are therefore given a better grasp of electromagnetic scattering theories thanks to the availability of such tools that resolve these kinds of standard issues on the commonly used personal computers and laptops.

A. Finite-Difference Time-Domain with CPML

Based on FDTD computations with convolution using a precisely matched layer from a dielectric sphere, time-domain extrapolation to the far field (CPML).

$$E_x^{n+1}(i,j,k) = C_{exe}(i,j,k)\, E_x^n(i,j,k) + C_{exhz}(i,j,k)[H_z^{n+0.5}(i,j,k) - H_z^{n+0.5}(i,j_1,k)] + C_{exhy}(i,j,k)\left[H_y^{n+0.5}(i,j,k) - H_y^{n+0.5}(i,j,k_1)\right] + C_{\square exy}(i,j,k)\, \square_{exz}^{n+0.5}(i,j,k) + C_{\square exz}(i,j,k)\square_{exy}^{n+0.5}(i,j,k) \quad \ldots(1)$$

B. Scattered-field Formulation for FDTD

The central finite difference estimate is used in the scattered-field version, and the FDTD form is obtained:

$$E^{s,n+1} = A1E^{s,n} + A2\ (\square XH^{s,n+0.5}) + A3\ E^{i,n+1} + \text{A4}\ E^{i,n}$$

$$H^{s,n+0.5} = B1H^{s,n-0.5} + B2\ (\square XE^{s,n}) + B3\ H^{i,n+0.5} + \text{B4}\ H^{i,n-0.5} \quad \ldots\ldots(2)$$

Where A ,B are functions in ε , μ and σ .

As an example of the coordinate mapping of curved subdivisions, we look at a dielectric sphere; its shape and computation region are shown in Fig. 1.

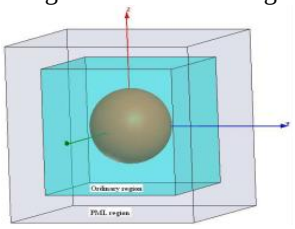


Fig. 1 Geometry and computation domain of a spherical problem.

By contrasting the findings with Mie-series conventional analytical solutions, validation is carried out to verify the RCS calculation's correctness. In Figs. 2 and 3, respectively, the co-polarized biostatic radar cross-sections in the xz plane (E-Plane) and the yz plane (H-Plane) are displayed. It has been demonstrated that the FDTD-developed model produces excellent outcomes for dielectric sphere. They show electromagnetic scattering issues that are well-aligned with those based on precise mathematical answers.

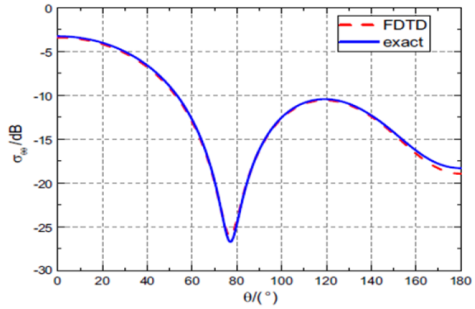


Figure 2. Bistatic cross-section at **1 GHz** in the **xy** plane.

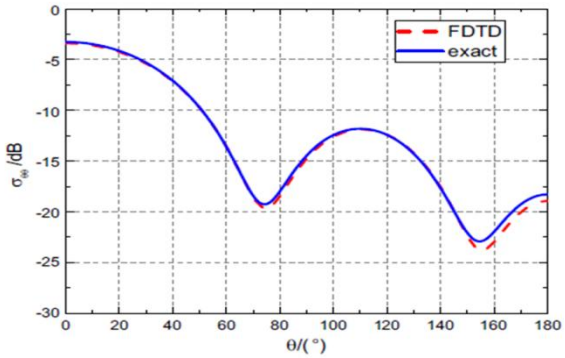


Figure 3. Bistatic cross-section at **1 GHz** in the **xz** plane.

II. Operating Software

Scattering from a sphere due to an incident plane wave is calculated based on the FDTD method. The sphere's material can be a dielectric or a conductor. For this module, the input parameters that the user can change and tweak are the simulation step, the operating frequency, the dielectric sphere radius, the dielectric

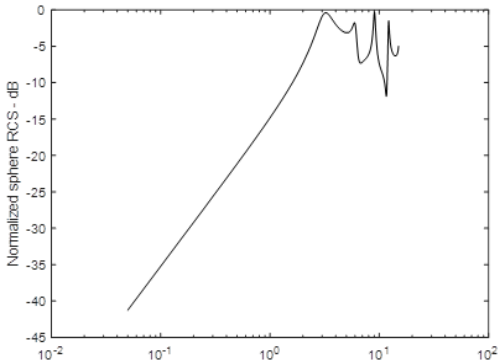


Figure 4. Bistatic cross-section at **1 GHz** in the **xy** plane.

sphere's relative permittivity, the relative permeability, the incident theta and phi. When we press clear push button, the input parameters can be the default value show in Fig. 3. Polarized radar cross sections can be plotted and saved to a file. A snapshot of the module is shown in Figs. 2 and 3 with the model, the Electric field the polarized scattering cross section and Cartesian scattering cross section of a dielectric sphere.

III. Results

Practical examples has been concentrated on 1GHz and 9GHz to examine the resultant behaviours of the radar cross section (RCS) from the proposed dielectric surface at different band.

RCS values, as depicted from figures 4-6 and figures 7-9 shows dependency of the incident plane of the wave on the scatterer. For. Figure 3. Bistatic cross-section at **1 GHz** in the **xz** plane

Example for X-Y plane RCS start from smaller value at the low edge of angle range and reaches its maximum at the upper range. For x-z plane RCS value fluctuates nearly periodically through the directional range. On the other hand results at Y-Z plane behaves in like domes. As a comparison between resulting figures it can be noticed that more details results are obtained with ascending manner in frequency

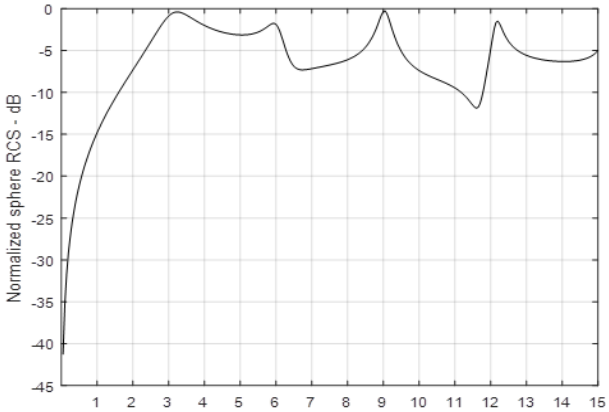


Figure 5. Bistatic cross-section at **1 GHz** in the **xz** plane.

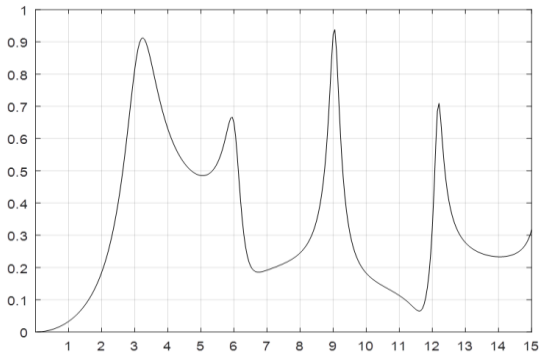


Figure 6. Bistatic cross-section at **1 GHz** in the **yz** plane.

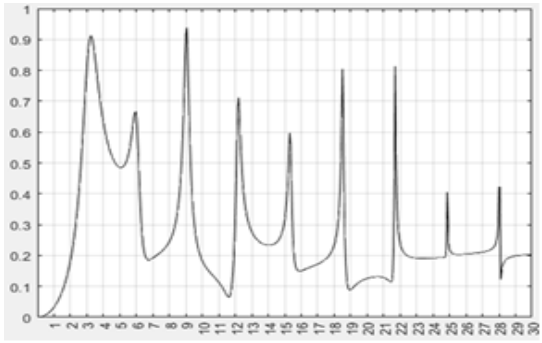


Figure 7. Bistatic cross-section at **9 GHz** in the **yz** plane.

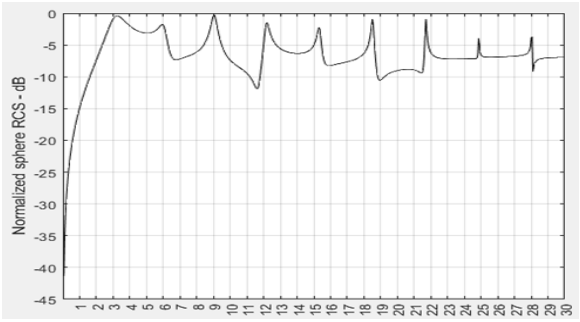


Figure 8. Bistatic cross-section at **9 GHz** in the **xz** plane.

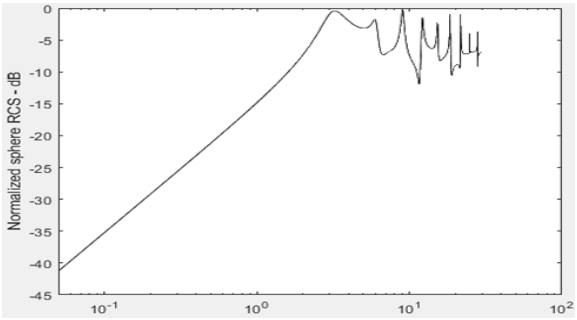


Figure9. Bistatic cross-section at **9 GHz** in the xy plane.

The sampled electric field at the origin and the cross-section images are acquired after the algorithm has completed 2,000 time steps. Figure 2 displays the waveform of the incoming plane wave along with the sampled dispersed electric field that was recorded at the origin. The cross-sections of the dielectric sphere in the **xy**, **xz**, and **yz** planes are depicted in Figures 4, 5, and 6, respectively.

IV. CONCLUSIONS

The dispersion from a dielectric sphere has been created with a graphical user interface (GUI) . Specifically finite difference method has been used for simulating the results. Depending of the incident plane, RCS manifests its self in nearly doming behaviors with directional range. Moreover, the analyses of the paybacks of the dielectric is scattered by increase of frequency.

REFERENCES

1. Balanis, C. A., Advanced Engineering Electromagnetics, John Wiley & Sons, Inc., New York,1989.
2. Elsherbeni, A., "A comparative study of two-dimensional multip
3. le scattering techniques," Radio Science, Vol. 29, No. 4, 1023–1033, July–August 1994.
4. Demir, V., A. Elsherbeni, D. Worasawate, and E. Arvas, "A graphical user interface (GUI) for plane wave scattering from a conducting, dielectric, or a chiral sphere," IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 46, No. 5, 94–99, October 2004.
5. Sharkawy, M. A., V. Demir, A. Elsherbeni, and B. Mahafza, "A graphical user interface (GUI) for electromagnetic scattering from two- and three-dimensional canonical and non-canonical objects," IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 48, No. 6, 135–141, December2006.
6. A Graphical User Interface (GUI) with FDTD for Electromagnetic Scattering from a Dielectric Sphere, Yunping Qi and Yan Song, College of Physics and Electronic Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

A Synthesis Design of Linear Array Antenna with Chosen Nulls Directions in Searching Systems

Marai M. Abousetta

Department of Electrical and Computer Engineering Libyan Academy, Tripoli, Libya
m.abousetta@academy.edu.ly

Rafik M. Et-Trabelsi

College of Civil Aviation and Metrological Technologies, Es-Sbea'a, Libya
r.trabelsi@academy.edu.ly

Abstract – This paper presents a synthesizing design of a linear antenna array by adapting the Schelkunoff method. The idea behind this type of design is to produce nulls in radiation pattern of a structure without any notable effects on the main lobe. This design has been undertaken around 9 GHz, where both theoretical and simulation results are achieved and will be the target of this work. X-band searching radar system is considered where single and multi-target scenario is postulated in the design examlpes.

Keywords - Linear arrays; Pattern synthesis; Schelkunoff's method; Null; Array polynomial.

I. INTRODUCTION

During the reception, the antenna receives desired and unwanted signal. The role of the processing is to enlarge the former and suppress the later. In signaling terminology this may be translated by the signal-to-noise ratio (S/N) should be as sufficient as possible to be adequate enough to form a strong (S/N) to interference ratio. Furthermore, as antenna terminology to reduce interference exported signal from the interferer a null in the direction has to be created in the radiation pattern to reduce or eliminate any Echo from that interferer. When this is achieved the signal-to-noise ratio will be improved and pay back. Although, that there are more than one approach to form a suitable polynomial for any desired array element number, (N-1) nulls can be formed from N element array using what is known as Schelkunoff polynomial. This has been adopted to be a the designing tool in this work.

II. DESIGN AND SYNTHESIS

The Schelkunoff method, used for the array takes input as required number of nulls and their positions and hence derives the required array elements number. Antenna synthesis is usually refers to antenna pattern synthesis, which usually requires that first approximate an analytical model is chosen to represent, either exactly or approximately, the desired pattern. The second step to match the analytical model to a physical antenna model.

The synthesis methods will be utilized to design a line-sources and linear array whose space factors and array factors will yield desired far-field radiation patterns. In general; pattern synthesis is applied to: *Continuous line source* and *Discretization of continuous line sources*.[1]

a) Continuous Line Source

Continuous lion source distributions all functions of only one coordinate, and they can be used to approximate linear arrays of discrete elements and vice versa.

The array factor of a discrete-element array, placed along the z-axis is given by [6]

$$AF = \sum_{n=1}^{N} a_n e^{j(n-1)(kd\,cos\gamma+\beta)} = \sum_{n=1}^{N} a_n e^{j(n-1)\psi} \quad (1)$$

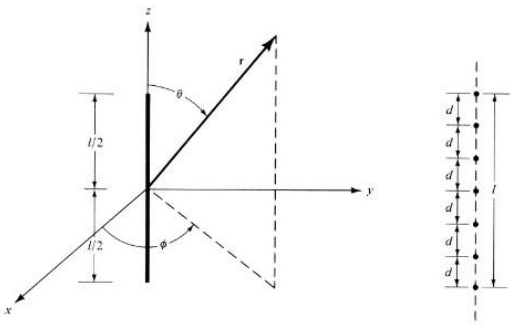
$$\psi = (kd\,cos\gamma + \beta) \qquad \gamma = \theta \quad (1a)$$

where the a_n and γ are amplitude excitation coefficients and angle of antenna and radial vector respectively. On the other hand, the array factor in this respect is named as *space factor* due to the relationship between the nature of pattern forming and target space covered by the radiation pattern and designed nulls. Thus, space factor (SF) is shown as in Figure 1(a) for a line source and expressed by

$$SF(\theta) = \int_{-l/2}^{l/2} I_n(z') e^{j[kz'\,cos\theta+\phi_n(z')]} dz' \quad (2)$$

Where $I_n(z')$ and $\phi_n(z')$ represent the amplitude and phase distributions, respectively, along with the source. For a uniform phase distribution $\phi_n(z') = 0$.

For a continuous source distribution, the total field as given by the product of the *element* and the *space* factor. It is analogous to pattern multiplication of arrays.



(a) Continuous sources (b) Discrete sources

Figure 1: Continuous and discrete linear sources. [6]

b) Discretization of continuous sources

With proper design of element spacing discrete array elements with suitable spacing can be used as approximation of the continuous sources. Radiation pattern of discrete array. This is illustrated in Figure 1(b) whereby spacing *d* is chosen between elements to be distributed along the line of continuous source.

III. ARRAY SYNTHESIS USING SCHELKUNOFF POLYNOMIAL METHOD

Schelkunoff's method is a powerful tool used for the synthesis of antenna array with a radiation pattern specified by several nulls. It is used to place nulls at undesired signal directions. Array factor is viewed as a polynomial with roots that are located on the Schelkunoff's unit circle [1].

Let us consider the following relation (Euler's relation):

$$z = x + jy = e^{j\psi} = e^{j(kd\,cos\gamma+\beta)} \quad (3)$$

Then we can rewrite (1) as

$$AF = \sum_{n=1}^{N} a_n z^{(n-1)} = a_1 + a_2 z + a_3 z^2 + \cdots + a_N z^{N-1} \quad (4)$$

From the fundamental theorem of Algebra and complex variables, for an N element array, the array factor can be viewed as polynomial of degree (N-1) and can be expressed as a product of (N-1) linear terms which represents (N-1) roots,

$$AF = a_n(z - z_1)(z - z_2)(z - z_3) \ldots (z - z_{N-1}) \quad (5)$$

The magnitude of the polynomial can be expressed as (in general the zi roots may be complex)

$$|AF| = |a_n||z - z_1||z - z_2||z - z_3| \ldots |(z - z_{N-1})| \quad (6)$$

where z_1, z_2, z_3, ----- $z_{(N-1)}$ are the roots of the polynomial. The position of the nulls can be changed by varying the position of the roots z_n. The roots of z_n that lie on the unit circle contribute to the nulls in the radiation pattern. We can also rewrite the complex variable z as

$$z = |z|\, e^{j\psi} = |z| \angle\psi = 1 \angle\psi \quad (7)$$

As the roots are unity in magnitude then only (*N-1*) roots are to be determined for certain array pattern. One way is based on M nulls specified by the user, M out of (*N-1*) roots are fixed over the unit circle at fixed positions. Another way, by selecting θ and d, the required β and the radiation pattern can be synthesized.

IV. DESIGN EXAMPLE 1

To demonstrate this technique for pattern synthesis, a linear array with an element spacing $d = \frac{3\lambda}{8}$ and $\beta = 0$ such that it has zeroes at $\theta = 0$, $\theta = \frac{\pi}{2}$, and $\theta = \pi$ are chosen to determine the required number of elements and their coefficients (amplitude & phase), as well as finding the range of progressive phase shifts β such that the null at $\theta = \frac{\pi}{2}$ no longer lies within the visible range, and hence no radiation pattern null occurs in this direction.

In this case, $\psi = \frac{3\pi}{4} cos\theta$ and the visible range spans the arc, $-3\pi/4 \le \psi \le 3\pi/4$. The desired nulls occur in the directions

$$\psi_1 = \frac{3\pi}{4};\ \psi_2 = 0\ ;\ \psi_3 = \frac{-3\pi}{4}$$

These zeroes have the complex representation on the unit circle,

$$z_1 = e^{3j\pi/4};\ z_2 = 1;\ z_3 = e^{-3j\pi/4}$$

It follows that

$$AF = (z\text{-}1)\,(z - e^{3j\pi/4})\,(z - e^{-3j\pi/4}) = (z\text{-}1)\,(z^2 - e^{3j\pi/2}) = z^3 - z^2 + jz - j$$

So, four (N = 4) elements are required and the excitation coefficients are equal to

$$a_1 = -j,\ a_2 = j,\ a_3 = -1,\ \text{and}\ a_4 = 1.$$

Since as $\beta = 0$, $-3\pi/4 \le \psi \le 3\pi/4$, it is clear that $\psi = 0$ falls outside the original visible range, provided that

$$|\beta| \ge 3\pi/4$$

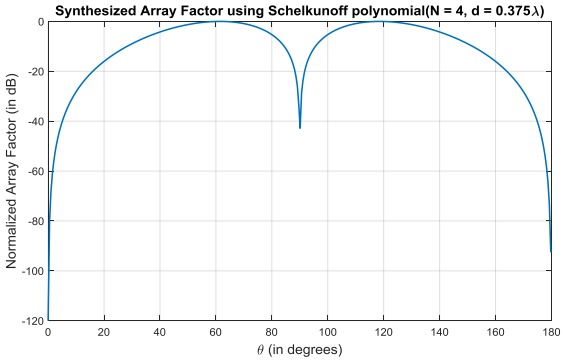


Figure 2: Synthesized array factor using Schelkunoff polynomial of a four-element array of isotropic sources with a spacing of 3 λ/8 between them, zero degrees progressive phase shift, and zeros at θ = 0◦, 90◦, and 180◦.

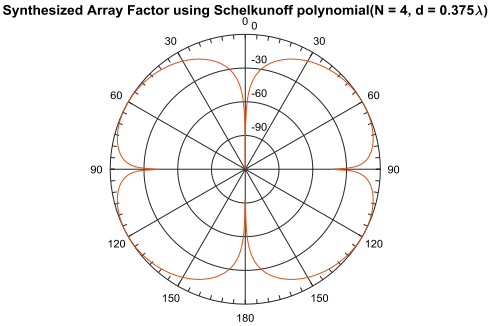


Figure 3: Amplitude radiation pattern of a four-element array of isotropic sources with a spacing of 3λ/8 between them, zero degrees progressive phase shift, and zeros at θ = 0◦, 90◦, and 180◦.

V. DESIGN EXAMPLE 2

With similar procedure, one can show the design flexibility of polynomial consisting the array in hand, in that we can choose other direction for new nulls. In this example nulls are chosen to be at $\theta = 0$, $\theta = \frac{\pi}{3}$, and $\theta = \frac{2\pi}{3}$, as depicted in Figure 3 and Figure 4.

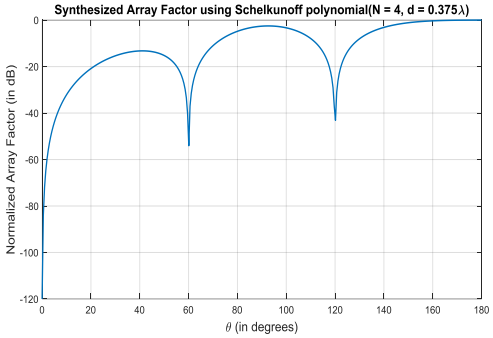


Figure 4: Synthesized array factor using Schelkunoff polynomial of a four-element array of isotropic sources with a spacing of 3λ8 between them, zero degrees progressive phase shift, and zeros at $\theta = 0\circ$, $60\circ$, and $120\circ$.

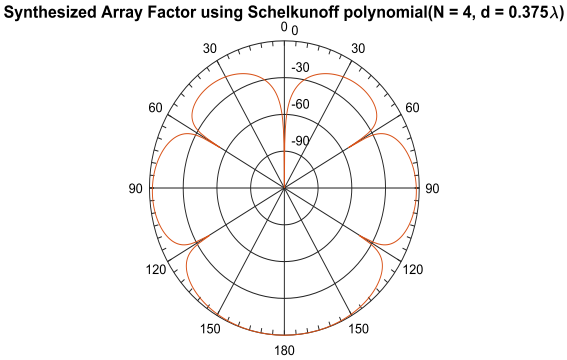


Figure 5: Amplitude radiation pattern of a four-element array of isotropic sources with a spacing of 3λ8 between them, zero degrees progressive phase shift, and zeros at $\theta = 0\circ$, $60\circ$, and $120\circ$.

VI. CONCLUSION

As a concluded outcomes from this paper one can surely have the flexibility of directing the nulls in the radiation pattern. Moreover, for complicated scenario where more than one interferer is present the radiation pattern may be more flexible to search multidirectional with suitable nulls locations on each searching angle.

VII. REFERENCES

1. S. A. Schelkunoff, "*A Mathematical Theory of Linear Arrays*," Bell System Technical Journal, Vol. 22, pp. 80–107, 1943.
2. H. J. Orchard, R. S. Elliott, and G. J. Stern. "*Optimizing the Synthesis of Shaped Beam Antenna Patterns*," IEE Proceedings, Part H, pp. 63–68, 1985.
3. S. Silver (ed.), *Microwave Antenna Theory and Design*, MIT Radiation Laboratory Series, Vol. 12, McGraw-Hill, New York, 1965.
4. R. C. Johnson and H. Jasik (eds.), *Antenna Engineering Handbook*, 2nd. Ed., McGraw-Hill, New York, 1984.
5. R. S. Elliott, *Antenna theory and Design*, IEEE press, John Wiley & Sons, 2003.
6. Constantine A. Balanis, *Antenna Theory - Analysis and Design*, 4th Ed., John Wiley & Sons, 2016.
7. Merrill Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 3rd Ed., McGraw-Hill, 2002.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Investigating Performance Parameters of Class E Power Amplifier with Shunt Capacitance Configuration at Lower Microwave Frequency Band

Marai M. Abousetta[1], Ramdan A. M. Khalifa[2], Yahya S. Ali[3], Rafik M. Et-Trabelsi[4], Nser M. Azroug[5]

1, Department of Electrical and Computer Engineering Libyan Academy, Tripoli, Libya
m.abousetta@academy.edu.ly
2, Department of Comm Eng., Higher Institute of sciences and Technology, Suk Alguma'a, Tripoli, Libya
ramadanamharee@gmail.com
3, Department of Comm Eng. University of Tripoli, Tripoli, Libya
Y.ali@uot.edu.ly
4, College of Civil Aviation and Metrological Technologies, Es-Sbea'a, Libya
r.trabelsi@academy.edu.ly
5, Department of Comm Eng., Tripoli College for Sciences and Technology, Tripoli, Libya
maktoof73@gmail.com

Abstract: Class E power amplifier circuit consists mainly of a transistor operates as a switch, load network and series LC filter tuned to fundamental frequency. There is different configurations to realize class E power amplifier circuit according to the load network such as: shunt capacitance configuration, shunt inductance configuration and parallel circuit configuration.

In this paper the performance parameters (such as: PAE, overall efficiency, drain efficiency, gain, drain voltage and current waveforms) of class E power amplifier with shunt capacitance configuration at frequencies [0.25, 0.5, 0.75 and 1 GHz] are observed

1 INTRODUCTION

Power amplifier is an important part of radio communication devices in both transmitter and receiver sides, they have wide spread applications such as: mobile phones, base stations, radars, space-based systems.

The need for high efficiency power amplifiers is increased because higher efficiency means less power dissipation which leads to less required DC power, long battery life time, small battery size also, less power dissipation (means less heat) so less heat sink is required. All of that reduces as a result the cost and the physical size of the power amplifier

Power amplifiers are categorized into two broader categories: transconductance amplifiers (class A, class B, class AB, class C) and switching mode power amplifiers (class D، class E, class F) based on the property that either the power amplifier is linear or nonlinear. [1]

Transconductance amplifiers are linear amplifiers, class A is the most linear then class B, then class AB and least linear class C، the linearity degrades as a cost of efficiency increase. Switching mode power amplifiers can achieve a much higher efficiency than the transconductance amplifiers.

Class E power amplifier is one of the switching mode power amplifiers that can achieve theoretical efficiency of 100%, and relatively easy to design with small size and light weight.

2 CLASS E POWER AMPLIFIER

Theoretically Class E power amplifier has maximum efficiency of 100%, the main components of the circuit of Class E PA are: a transistor working as

switch and a passive load network designed to minimize drain (collector) voltage and current waveforms overlapping which minimize power dissipation in the transistor to achieve maximum efficiency.

To simplify the analysis of a Class-E power amplifier, the following several assumptions are introduced:

- The transistor has zero saturation voltage, zero saturation resistance, infinite off resistance, and its switching action is instantaneous and lossless.
- The total shunt capacitance is independent of the collector and is assumed linear.
- The RF choke allows only a constant dc current and has no resistance.
- The loaded quality ($Q_L=\omega L_o/R = 1/\omega C_o R$) factor of the series resonant L_oC_o circuit tuned to the fundamental frequency is high enough for the output current to be sinusoidal at the switching frequency.
- There are no losses in the circuit except only in the load R (ideal passive components and the transistor acts as an ideal switch).
- For an optimum operation mode, a 50% duty cycle is used.[1]

Raab [4] defined optimum class E power amplifier which satisfies all the following conditions:

1. The peak drain voltage and current do not exist simultaneously.
2. At the end of the rise section of the drain current waveform, it must decrease to zero before the rise section of the voltage waveform can start. In other words, the current reaches zero at the end of the ON interval right before the switch is turned off. The beginning of the rise section of the voltage waveform should be delayed until after the switch is turned off.
3. The slope of the current waveform at the end of its rise section must be zero to avoid power dissipation due to the existence of both current and voltage. The similar conditions apply to the drain voltage waveform at the end of its rise section.
4. It must return to zero at the end of the switch OFF interval (right before the switch is turned on) before the rise of the current waveform can start. The starting point of the rise section of the current waveform should be postponed until after the transistor is turned on.
5. Its slope is zero at that moment to avoid power dissipation due to the simultaneous imposition of current and voltage.

All the above conditions are meant to eliminate the power dissipation of the transistor as much as possible during the class E operation to increase the efficiency. [3]

The load network of class E power amplifier has several configurations such as shunt capacitance, parallel circuit and shunt inductance.

2.1 Class E with shunt capacitance

The simplified equivalent circuit of class E power amplifier with a shunt capacitance is shown in Fig. 1 where the load network consists of a capacitor C shunting the transistor, a series inductor L, a series fundamentally tuned filter L_oC_o and a load resistor R. In a common case, a shunt capacitor C can represent the intrinsic device output capacitor and external circuit capacitor added by the load network.

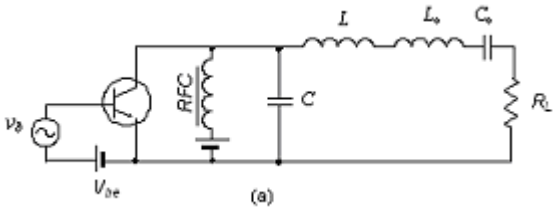


Figure 1: Class E Power Amplifier with Shunt Capacitance

Numerous literatures have presented some mathmatical analysis of the class E power amplifier with shunt capacitance, most of which are tedious. The most widely used design equations for optimum circuit parameters are provided in seversl sources [1], [3],[4] and are listed as follows:

$$R = 0.5768 \frac{V^2_{CC}}{P_{out}} \quad (1)$$

$$L = 1.1525 \frac{R}{\omega} \quad (2)$$

$$C = \frac{1}{5.4466\ \omega R} \quad (3)$$

Where:

R: Optimum value of load resistance.
L: Optimum value of series inductance.
C: Optimum value of shunt capacitance.
ω : Operating frequency in rad..
P_{out}: Desired output power.
Vcc: DC collector supply voltage.

Fig. 2 shows the normalized (a) collector voltage and (b) collector current waveforms for an idealized optimum Class E with shunt capacitance. [1]

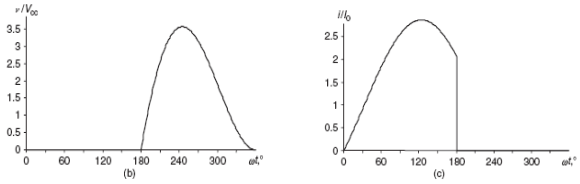


Figure 2:(a) Normalized collector voltage waveform.
(b) Normalized collector current waveform.

2.2 Class E with Parallel Circuit

The theoretical analysis of a switched-mode parallel-circuit Class-E power amplifier using a series filter with the calculation of the voltage and current waveforms and some graphical results are found in [1].

The basic circuit of a switched-mode parallel-circuit Class-E power amplifier is shown in Fig. 3 a. The load network consists of a finite dc-feed inductor *L*, a shunt capacitor *C*, a series L_oC_o -resonant circuit tuned to the fundamental frequency, and a load resistor *R*.

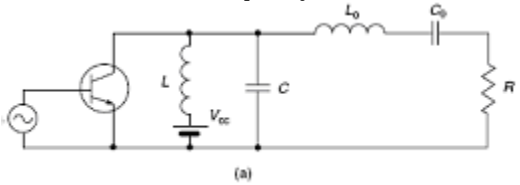


Figure 3: Class E power amplifier with parallel circuit

Normalized collector current and collector voltage waveforms for an idealized optimum parallel-circuit Class-E operation is the same as shown in Fig. 2. From collector voltage and current waveforms, it follows that, similar to other Class-E subclasses, there is no nonzero voltage and current simultaneously. When this happens, no power loss occurs and an idealized collector efficiency of 100% is achieved.

The design equations for optimum load resistance *R*, parallel inductance *L*, and parallel capacitance *C* are as follows:

$$R = 1.365 \frac{V^2_{CC}}{P_{out}} \quad (4)$$

$$L = 0.732 \frac{R}{\omega} \quad (5)$$

$$C = \frac{0.685}{\omega R} \quad (6)$$

Where:

R:	Optimum value of load resistance.
L:	Optimum value of shunt inductance.
C:	Optimum value of shunt capacitance.
ω :	Operating frequency in rad..
P_{out}:	Desired output power.
Vcc:	DC collector supply voltage.

2.3 Class E with Shunt Inductance

An alternate approach to the design of the Class E power amplifier with an efficiency of 100 percent under idealized operation conditions is to use shunt inductance. Such a Class E power amplifier is similar to the Class E power amplifier with shunt capacitance but in this case the storage element is inductive. The basic circuit of a Class E power amplifier with shunt inductance is shown in Fig. 4

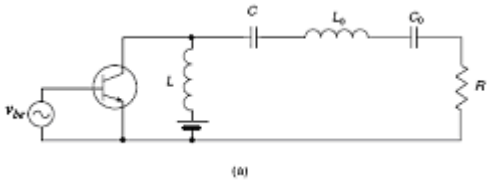


Figure 4: ClassE Power Amplifier with Shunt Inductance Circuit

The loading circuit consists of the inductance *L* connected in parallel to the output of the transistor terminals, the series capacitance *C*, the series filtering circuit L_oC_o tuned on the fundamental frequency and load resistance *R*.

The optimum values of the loading network parameters are given as follows [2]:

$$R = 0.05844 \frac{V^2_{CC}}{P_{out}} \quad (7)$$

$$L = 5.4466 \frac{R}{\omega} \quad (8)$$

$$C = \frac{0.2329}{\omega R} \quad (9)$$

Where:

R:	Optimum value of load resistance.
L:	Optimum value of shunt inductance.
C:	Optimum value of shunt capacitance.
ω :	Operating frequency in rad..
P_{out}:	Desired output power.
Vcc:	DC collector supply voltage.

3 DESIGN AND SIMULATION

Design and simulation of class E power amplifier with shunt capacitance configuration at operating frequencies from 0.25 GHz to 1 GHz in steps of 0.25 GHz with following operating conditions:

P_{out}	Output power	500 mW
P_{in}	Input power	10 mW
Q_L	Loaded quality factor	10
V_{DD}	Drain DC supply voltage	2.6 V
V_{GG}	Gate voltage	-2 V

is performed using ADS (Advanced Design System) in order to investigate and observe the performance parameters (PAE, overall efficiency, power gain, DC power, output power …etc) of this configuration at each operating frequency.

The elements values of the load network are calculated using equations (1-3) as start values, using ADS these values are optimized and the optimum performance parameters are evaluated.

Fig 5. shows ADS simulation of class E power amplifier with shunt capacitance at 0.25 GHz.

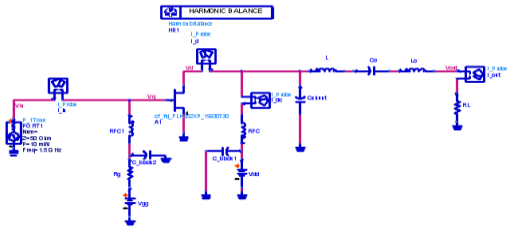


Figure 5: ADS class E PA circuit with shunt capacitance configuration.

The drain voltage and current waveforms, PAE, overall efficiency, drain efficiency and gain in dB of class E power amplifier with shunt capacitance configuration at frequency 0.25 GHz are shown in Figures. (6-10) respectively.

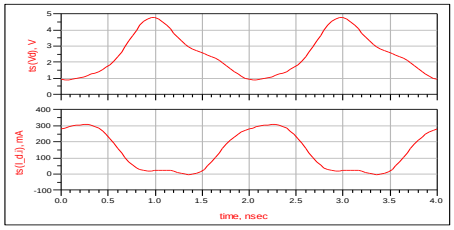


Figure 6: Drain voltage and current for class E PA with shunt capacitance configuration at 0.25 GHz

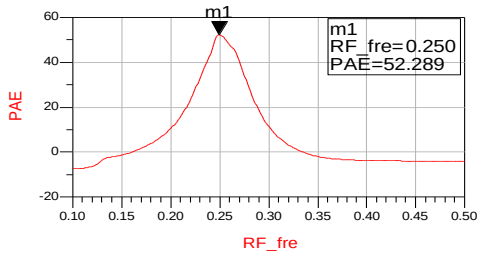


Figure 7: Power added efficiency PAE of class E PA with shunt capacitance configuration at 0.25 GHz.

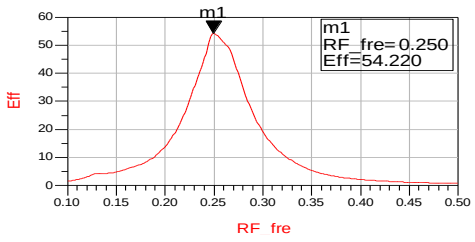


Figure 8: Overall efficiency η_{all} of class E PA with shunt capacitance at frequency 0.25GHz.

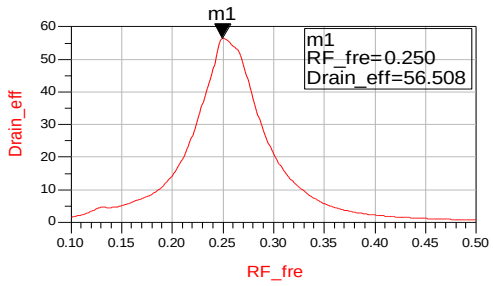


Figure 9: Drain efficiency η_{drain} of class E PA with shunt capacitance at frequency 0.25GHz

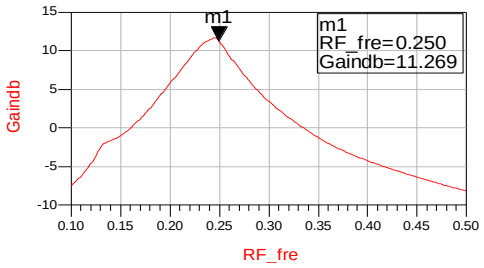


Figure 10: Gain in dB of Class E PA Circuit with Shunt Capacitance Configuration at 0.250 GHz.

Same above work is done at frequencies (0.5 GHz, 0.75 GHz, and 1 GHz) and the results are tabulated in table 1 and shown graphically in Figs. (11-14) respectively.

Table 1: PAE, overall efficiency, drain efficiency and gain in dB for shunt capacitance configuration at frequencies (0.25 GHz, 0.5 GHz, 0.75 GHz and 1 GHz)

f (GHz)	PAE %	η_{all} %	η_{drain} %	Gain (dB)
0.250	52.289	54.220	56.508	11.269
0.500	47.868	50.021	52.176	10.831
0.750	45.063	47.398	49.502	10.474
1	43.589	45.953	47.963	10.400

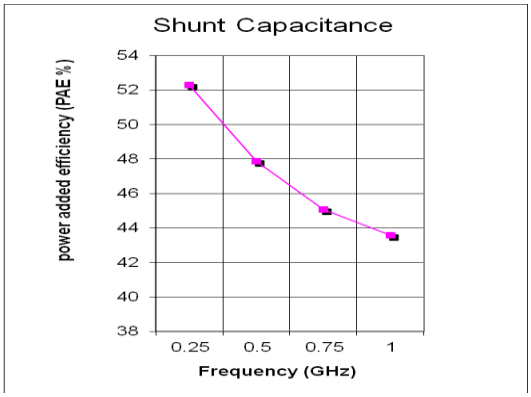


Figure 11: Power Added Efficiency PAE of Class E PA with shunt capacitance circuit configuration at frequencies: 0.250, 0.500, 0.750 and 1 GHz.

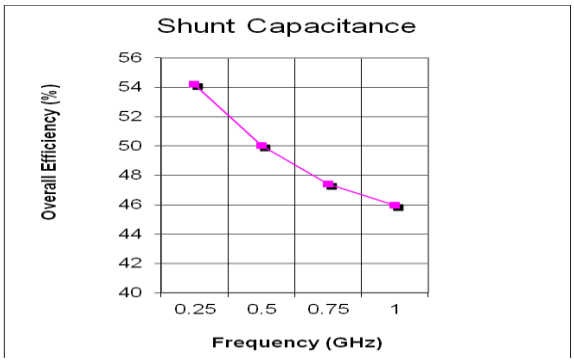


Figure 12: overall Efficiency of Class E PA With shunt capacitance Circuit Configuration at frequencies: 0.250, 0.500, 0.750 and 1 GHz.

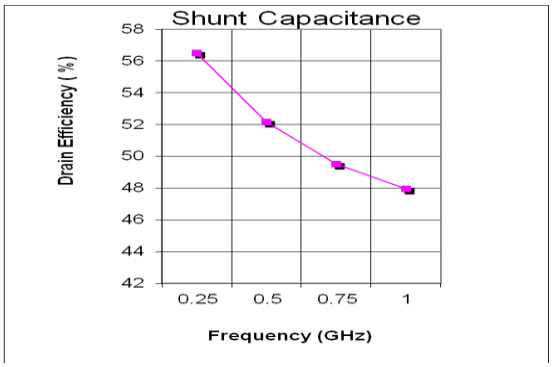


Figure 13: Drain efficiency of Class E PA With shunt capacitance Circuit Configuration at frequencies: 0.250, 0.500, 0.750 and 1 GHz.

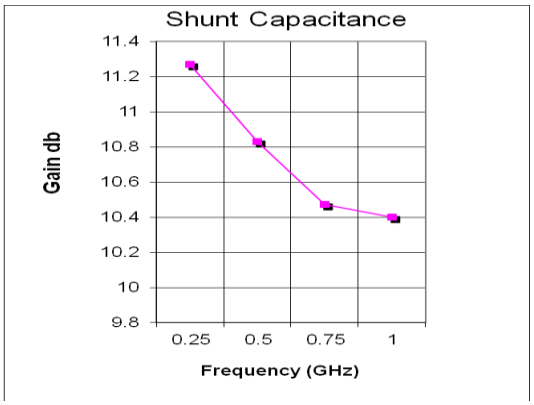


Figure 14: Gain in dB of Class E PA With shunt capacitance Circuit Configuration at frequencies: 0.250, 0.500, 0.750 and 1 GHz.

4 CONCLUSIONS

Class E power amplifier with shunt capacitance configuration circuit is designed at each frequency of the frequencies (0.25, 0.5, 0.75, 1 GHz) and simulated using ADS and the performance parameters of the circuit at each frequency is observed and it is noted that:

"Class E power amplifier with shunt capacitance circuit gives better performance (PAE, overall efficiency, drain efficiency, and power gain) at frequency 0.25 GHz then it degrades as the frequency of operation increases and as expected, this is caused by the parasitic components in the transistor (such as stray capacitance and bond wire inductances) and passive load network elements (such as electrical series resistance of capacitors and inductors) , the effect of these parasitic components increases as frequency of operation increase, this increase of these parasitic components causes increase of power dissipation which causes decrease in efficiency and gain and the overall performance of the amplifier".

REFERENCES

[1] M. Kazimierczuk, "*RF power amplifiers*," John Wiley & Sons, Ltd, 2008.

[2] A. Grebennikov, "*Class E High Efficiency power amplifiers: historical aspect and future prospect*," applied microwave and wireless, July 2002.

[3] D. Milosevic; V.Tang, A. Roermund." *Explicit design equations for class-E power amplifiers with small DC-feed inductance*", IEEE Transactions on Circuit Theory and Design, 2005. Proceedings of the 2005 European Conference on Volume 3, Issue, 28 Aug.-2 Sept. 2005 Page(s): III/101 – III/104 vol.3

[4] F. H. Raab, "*Idealized Operation of the Class E Tuned Power Amplifier*," IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol CAS-24, No. 12, pp 725-735, Dec 1977.

[5] A. Grebennikov, N.O. sokal, "*switchmode RF power amplifiers*", Elsevier Inc, 2007.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Computational Method diffracted wave evolution at different sizes of obstacle's edge

Marai M. Abousetta [#1], Abdulgader Elfasi [*2]

[##1] *Libyan Academy of graduate Studies, Tripoli, Libya*
Address Including Country Name
[1]m.abousetta@academy.edu.ly

[#2] *Department of communication in college of Electronic Technology-Tripoli*
[2]A.alfasi@academy.edu.ly

***Abstract*— Electromagnetic propagating as movable energy may have various forms of manifestation depending on the source cycling speed rate by time. For normal centemetric and milimetric waves, wave shape dominates while for higher frequency usual form is light or rays, diffraction is a phenomena that occurs with most waves including the forms of electromagnetics. Analysis of such waves using 'Huygens' principle and well known forms of Fresnel approximations. Work in this paper is forwarded to computational code compute field strength resulting as diffracted wave at certain obstacle edge with different aperture size**

***Keywords*— Fresnel integrals, Computational Method, Diffraction, Incident.**

I. INTRODUCTION

Incident and reflection are usually main phenomena of wave trajectory when total mismatch occurs however by gradual improvement of properties of one or the two media to match with the other, part of the wave starts to sneak through the second media to form new type of wave called transmitted waves. However at certain situations where not all the second medium is facing the incident wave from first medium, but only an edge of it. This scenario will not allow chance for substational reflection nor and transmissions. Instead waves will be refracted around the edge.

This phenomenal is based on 'Huygens' principle which states that each point of a primary wave front can be considered to be the source of secondary spherical wave that propagates radially from that point. Fig.1 depicts the principle in physical optics while Fig.2 shows a plane wave incident upon a half plane (Conductor).

Diffraction is the phenomenon of a wave bending around an obstacle or through an aperture. It is a consequence of the wave nature of light, and is described by the Fresnel approximation. This approximation states that the diffracted wave can be expressed as a sum of two orthogonal functions, known as Fresnel integrals. These integrals are related to the angle of incidence and the size of the obstacle or aperture.

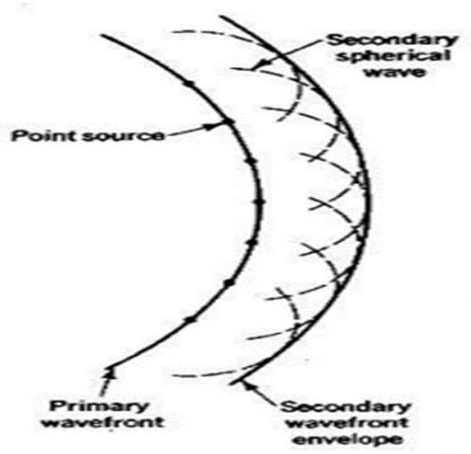


Fig.1 depicts the principle in physical optics

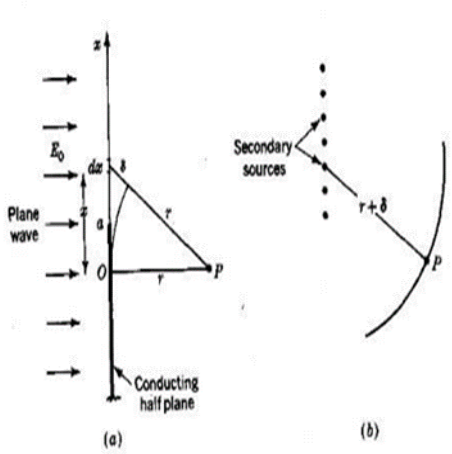


Fig.2 shows a plane wave incident upon a half plane (Conductor).

II. THEORETICAL FOUNDATIONS

A. The application of 'Huygens' principle states that the electric field at an arbitrary point of the secondary wave front envelope can be obtained from the following integral

$$E = \int_{\substack{over \\ x\rightarrow axis}} dE = \int_{x}^{\infty} E_o \frac{e^{-p(p+b)}}{p} dx \dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

Where dE is the differential electric field at point P due to the point source at a distance x from the origin O, as shown in Fig1. The term δ reflects the distance between two equiphase contours and it's expressed by:

$$\delta = \sqrt{p^2 + x^2} - p = p\left[\left(1 + \left(\frac{x}{2}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right] \approx p\left[\left(1 + \frac{x^2}{2p^2}\right) - 1\right] = \frac{x^2}{2p} \dots (2)$$

Where we have assumed that δ≪p . Keeping the quadratic term in (2) is called the Fresnel approximation, while keeping the linear term only is called the Fraunhofer approximation. Geometric optics neglects the effects of diffraction and rays rather than the waves are considered. Defining q2 = 2/ρʎ and u = qx leads to the following expression for the electric field at the point of observation.

$$E = \frac{E_0}{p} e^{-jkp} \int_{a}^{\infty} e^{-jk8} dx = \frac{E_0}{p} e^{-jkp} \int_{a}^{\infty} e^{-j\frac{kx^2}{2p}} dx$$

$$= \frac{E_0}{qp} e^{-jkp} \int_{qa}^{\infty} e^{-i\frac{xu^2}{2}} du \dots\dots (3)$$

The last integral can be written as

$$E = \frac{E_0}{qp} e^{-jkp} \left[\int_{0}^{\infty} e^{-i\frac{xu^2}{2}} du - \int_{0}^{qa} e^{-j\frac{xu^2}{2}} du\right] .. (4)$$

The integral in (4) are of the form of a well-studied integral in optics and are called Fresnel integrals. The solution of these integrals is given using the following expansion:

$$E=\frac{E_0}{qp} e^{-i\mu p} \left\{\frac{1-j}{2} - \left|[C(qa) - jS(qa)]\right\} \dots .5$$

Where the Fresnel cosine integral and Fresnel sin integral are defined as:

$$C(x) = \int_{0}^{x} \cos\left(\frac{\pi 2t^2}{2}\right) dt..6$$

$$S(x) = \int_{0}^{x} \text{SIN}\left(\frac{\pi 2t^2}{2}\right) dt..7$$

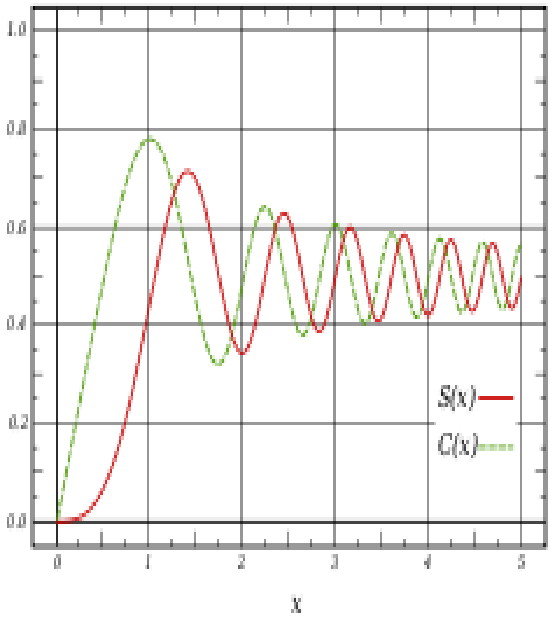


Fig3 shows Results Cosine &sine integrals

III. PTESTED EXAMPLES AND RESULT

All examples approximation is a mathematical technique used to describe the diffraction of electromagnetic waves around obstacles. It is based on the assumption that the wavefronts of the incident wave are planar and that the diffracted wavefronts are spherical. This approximation allows for an analytical solution to be obtained for the diffraction pattern..

A. Design example Fresnel integrals

A graph of S(qa) as a function of C(qa) as cornu's spiral and it is presented in fiure-4 parameter q= √ 2a/ʎρ the MATLAB calculation of the Fresnel Integrals is based on the computation of the complex error function .Both the Fresnel cosine integral and the Fresnel sine integral are odd functions and their asymptotic values are ±0.5.

The average power density Sav in (W/m2) is calculated using the pointing vector we write.

$$Sav = \frac{|E^2|}{2Z^2} = S_0 \frac{1}{2}\left\{\left[\frac{1}{2} - C(qa)\right]^2 + \left|\left[\frac{1}{2} - S(qa)\right]^2\right\} \dots\dots .7$$

Cornu spiral showing the Fresnel integrals C(qa) and S(qa) as a function of the parameter Pa(-5<qa<5).The final asymptotic values as qa re C(qa)=S(qa)= ±0.5

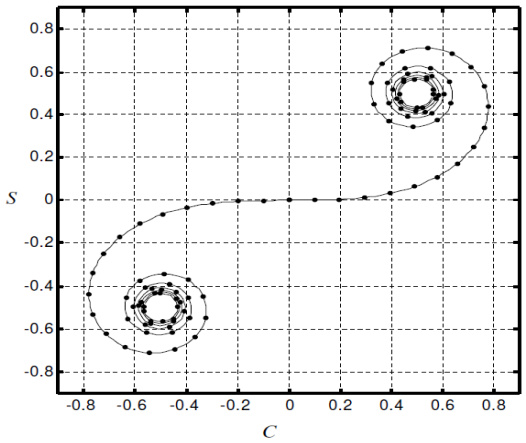


Fig4Cornu spiral showing Fresnel integrals (qa)&S(qa)

Where

$$S_0 = \frac{{E_0}^2 \Lambda}{2Z_0 P} \frac{W}{m^2} \dots\dots\dots 8$$

Is called the power density function of the incident wave at the point of observation if the obstacle were not present. The following coefficient is defined as afield diffraction coefficient D

$$D = \frac{E}{E_0} = \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\left[\left[\frac{1}{2} - C(qa)\right]^2\right] + \left[\left[\frac{1}{2} - S(qa)\right]^2\right\}} \dots 9$$

The MATLAB code has been designed and constructed to evaluate thase integrals for rang of q=-5 to +5 alsocan be used to plot these Fresnel Integrals.

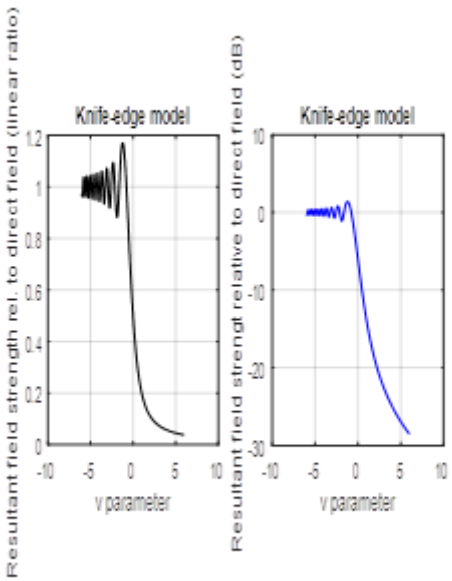


Fig5The KNIFE EDGE DIFFRACTION

B. Design example Circular Aperture Diffraction

When light from a point source passes through a small circular aperture, it produces a diffuse circular disc known as Airy's disc surrounded by much fainter concentric circular rings as an image as show in fig 6. This diffraction example is significant because the eye and many optical instruments have circular apertures. If the smearing of the image of the point source is greater than that caused by the system's aberrations, the imaging process is said to be diffraction-limited, and that is the best that can be done with that size aperture. This limitation on image resolution is quantified using the Rayleigh criterion, allowing the limiting resolution of a system to be calculated as show in fig7.

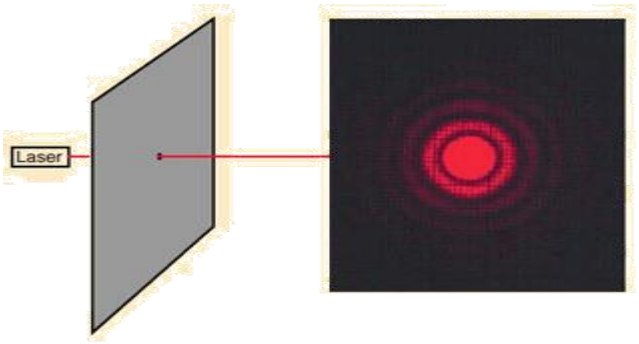


Fig6 show Circular Aperture Diffraction

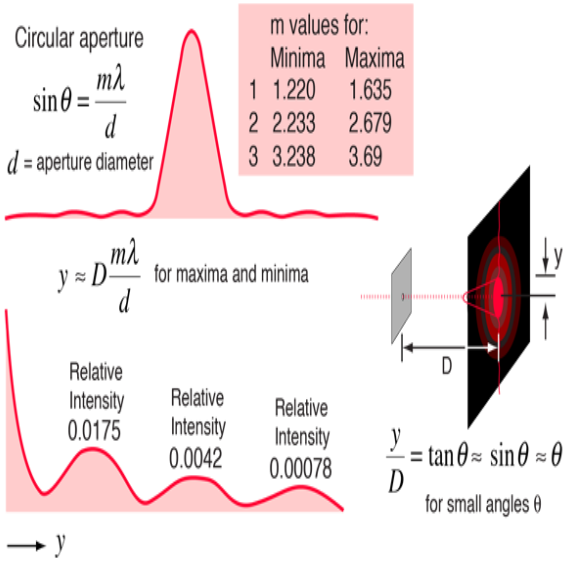


Fig7. The following pattern of maxima and minima in the diffracted intensity.

IV. CONCLUSIONS

Through the theoretical background and the design examples, it becomes obvious that refraction takes place through and any facing edge, through the refraction source geometry plays designated role.

Conclusions from this work leads to that fact that of waves or rays indenting on certain defined edges will continue through the refraction mechanism, However resulting refracted part needs consideration to evaluate behavior is values and shape.

REFERENCES

[1] I. A. Stegun and R. Zucker, I.Res. Natl. Bureau Standards 80B, 291—311 (1976); op. cix. 86, 661—686 (1981) .

[2] R. Bulirsch, Numer. Math. 9, 380—385 (1967) .

[3] W. J. Cody, Math. Comput. 22, 450-453 (1968) .

[4] Y. L. Luke, Mathematical Functions and Their Approximations

[5] (Academic, New York, 1975) .

[6] W. H. Press and S. A. Teukolsky, Comput. Phys. 2(5), 88 (1991). 6. W. J. Lentz, Appl. Opt. 15, 668—671 (1976) .

[7] 7. I. J. Thompson and A. R. Barnett, J. Comput. Phys. 64, 490—509 (1986).

[8] G. Blanch, SIAM Rev. 6, 383—421 (1964.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Computer vision analysis of image motion by optical flow

1st Sultan M. BUZID ALQADDAFI
Faculty of Sciences (Al Qubbah)
DERNA University
DERNA, LIBYA
jabo_sul@yahoo.com

2nd Nawal M. MOHAMED ELDROGI
Faculty of Sciences (Al Qubbah)
DERNA University
DERNA, LIBYA
nawaleldrogi@gmail.com

3rd Adrees Abraheem Mohammed HAMID
Faculty of Sciences (Al Qubbah)
DERNA University
DERNA, LIBYA
edris_hamd@yahoo.com

4th Saed Fathullah. Abuojaylah SEAD
Faculty of Sciences (Al Qubbah)
DERNA University
DERNA, LIBYA
saad_fathalla@yahoo.com

***Abstract*-One of the technically challenging is analyse the motion of object across frames to estimate its current velocity and predict its position. Here, we investigate the use of computer vision for automatic tracking and acquisition of knowledge about motion estimation. To get information about moving objects, we can track their motion by using optical flow methods. This article addresses the task of estimating the motion of object by the algorithm of Horn & Schunck. Preliminary results show that one can estimate the speed and the motion behavior.**

Keywords: motion analysis, Differential methods, Tracking, Motion behavior, Horn and Schunck.

I. INTRODUCTION

Motion estimation has increasing interest in computer vision and image processing, because there for a large number of applications used in this domain. For example: object tracking (video-surveillance, robotics), complex behavioral analysis (modelling of human body movements, meteorology), medical analysis (cardiac contraction follow-up, infarction detection) [1].

The motion estimation based on to study the displacement of each pixel of an image or region in motion to obtain vectors representing the speed, by making the assumption that the luminous intensity is preserved during the displacement. The apparent movement from the changes in the spatial distribution of intensity is called optical flow. The initial method of estimating the optical flow proposed by Horn and Schunck has led to multiple methods that can be classified into four main categories[2]: differential methods, frequency methods, block matching methods and methods based on parametric models of motion [3].

In this work, we chose the differential methods because of their robust and accurate with ease of implementation due to their differential nature. The optical flow equation also allows for sub-pixel motion estimation. motion measurement only requires a local calculation of the spatiotemporal derivatives of the sequence as shown in the study [4]. Finally, The aim of this work is to use differential methods to estimate the motion of an object, determine its direction and evaluate its speed. We organized this paper as follows: the first section is an introduction, the second section recalls the principles of motion estimation for the computation of the velocity vector field, third section presents the results, in section four we end with a conclusion and a perspective.

II. MOTION ESTIMATION

A. Basic principle

Motion estimation techniques consist in measuring the optical flux represented by the variations of the luminance between two images. The principle is based on the assumption of the conservation of the luminous intensity of a pixel along the trajectory of the movement [2].

In a sequence of digital images, it can be represented by its luminance function I (x, y, t) where the luminous intensity I is conserved between two successive images at times t and t + dt. It is written in the general form:

$$I(x + dx, y + dy, t + dt) \approx 0 \qquad (1)$$

Applying the Taylor formula to order 1 and dividing by dt, the equation (1) leads to:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\partial I}{\partial x}\frac{dx}{dt} + \frac{\partial I}{\partial y}\frac{dy}{dt} + \frac{dI}{dt} \qquad (2)$$

By the assumption that the light intensity does not vary with time, we have: $\frac{dI}{dt} = 0$.

If we note $I_x = \frac{\partial x}{\partial t}, I_y = \frac{\partial y}{\partial t}$ et $t = \frac{\partial I}{\partial t}$, the 3 components of the gradient according to (x, y, t) And $u = \frac{\partial x}{\partial t}, v = \frac{\partial y}{\partial t}$, the 2 speed components according to the directions (x, y), the optical flow equation can be summed up in the following wording:

$$I_x u + I_y v + I_t = 0 \qquad (3)$$

This equation is called the motion constraint equation. In order to find a unique solution for the two components of the velocity V = (u, v), we need two independent equations, which is not the case, because the only equation (3) does not make it possible to uniquely determine the optical flux. We are in the presence of an ill-posed problem which is often called the Aperture Problem, hence the need for the use of additional constraints to estimate the movement. Depending on the type of constraint used, different methods are obtained, the two main ones being Horn & Schunck and Lucas & Kanade.

B. Horn & Schunck algorithm:

Horn and Schunck develop a method to calculate the optical flow by combines the motion constraint equation with an overall regularization, due to a smoothing term on the sum of the squares of the modules of the velocity component gradients by minimizing the following equation [2]:

$$\iint_D (\nabla I.V + I_t)^2 + \alpha^2(\|\nabla u\|^2 + \|\nabla v\|^2)dxdy \quad (4)$$

Where the scalar α is a weighting coefficient that adjusts the influence of the smoothing (regularization) term. An iterative algorithm minimizes the integral defined on the D domain. Iterative equations are:

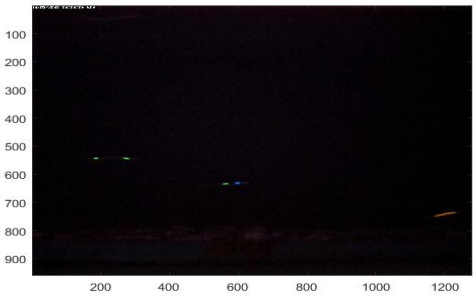
$$u^{k+1} = \overline{u}^k - \frac{I_x[I_x\overline{u}^k + I_y\overline{v}^k + I_t]}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2}$$

$$v^{k+1} = \overline{v}^k - \frac{I_x[I_x\overline{u}^k + I_y\overline{v}^k + I_t]}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2} \quad (5)$$

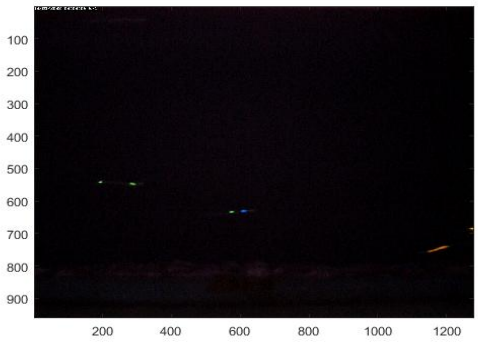
where Ix, Iy, It are the components of the gradient according to x, y, t and $\overline{u}, \overline{v}$ are the average values calculated using a weighted neighbour and k are the iteration index. The quality of the estimate strongly depends on the chosen derivation formulas.

III. RESULTS

To define the basics motion, we present the results of Horn and Schunck algorithm, which used two consecutive images to shows fish movement in more detail (Figure 1). The original image (a) contains: a fish marked with a double closed green (GGS) in the upper right, and a second fish with a double short blue green (GBS) in the middle; and the third with a long double orange (OOL), and the next instant is the image (b). The direction of the current goes from the right to the left of the image.



(a)



(b)

Fig. 1. Two successive images {a: at the instant (t), b: at the instant t + dt}.

In this algorithm, we have optimized the results by adjusting the smoothing parameter (α= 1) and the number of iterations (i = 11). In Fig.2. (a) a vector velocity field was obtained with low flow in low intensity background areas.

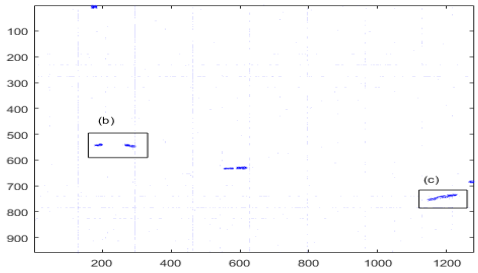
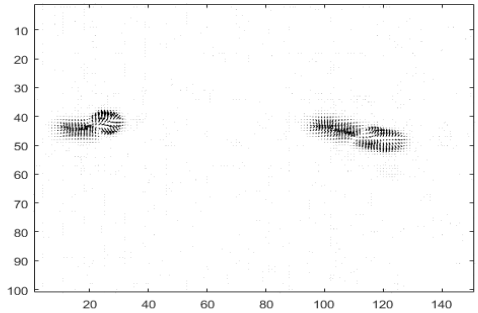
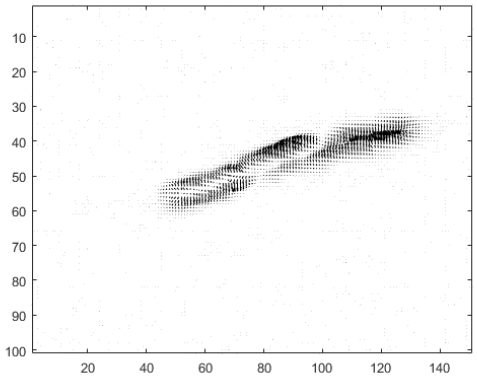


Fig.2. Global field of images (fig1: a, b)

To better visualize the optical flux, each vector field has been zoomed in Fig.3. for each, we have a velocity vector field with two different orientations of arrow: the one is orientated inside towards the origin which corresponds to the starting position of the fish (convergence) and the other is oriented from the origin towards the outside which corresponds to the position of its displacement (divergence). We can also identify the direction of movement that will be from convergence to divergence. For example, here, the fish in zone (b) moves to the right of the image and in zone (c) to the left of the image. We obtain in Fig.4, the velocity vector field superimposed on the chosen area.

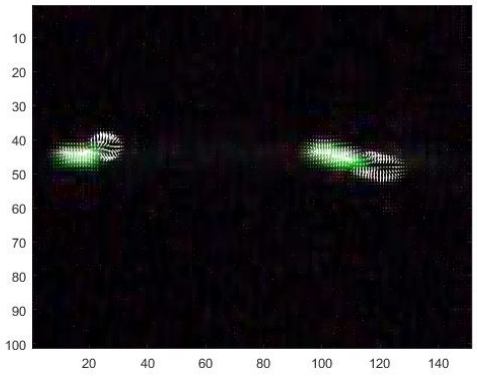


(b)

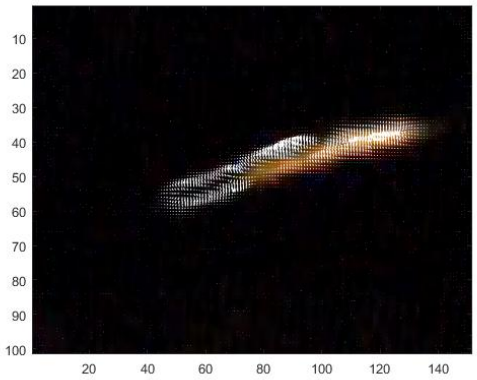


(c)

Fig. 3. Zoom on the area on image (fig.2: b, c).



(a)



(b)

Fig. 4. velocity vector field superimposed on the chosen area.

Converging field intensity indicates the tail and the divergent field intensity indicates the head, thus the direction of movement of the fish is inferred [9][10]. Moreover, the tail of a fish has a weaker field strength than the tail.

These algorithms were tested on a set of images for determining the flow field:



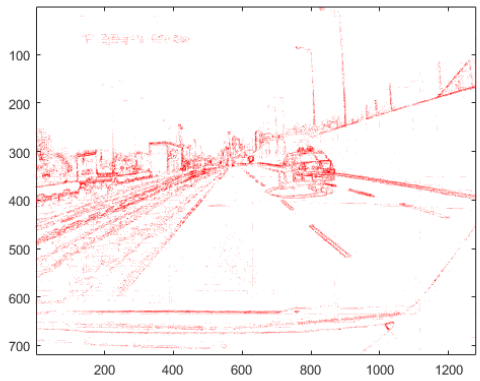
a) First image of the sequence x.



b) Second image of the sequence x.



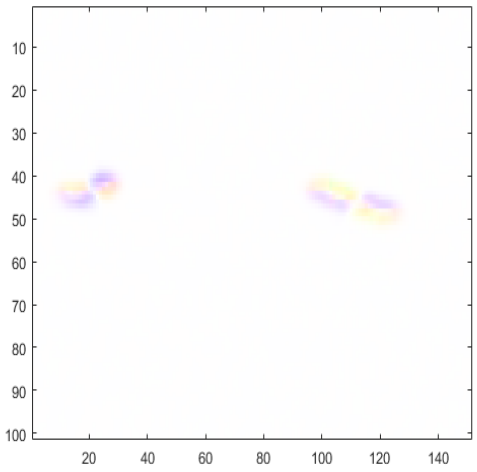
c) Field superimposed on the image (a)



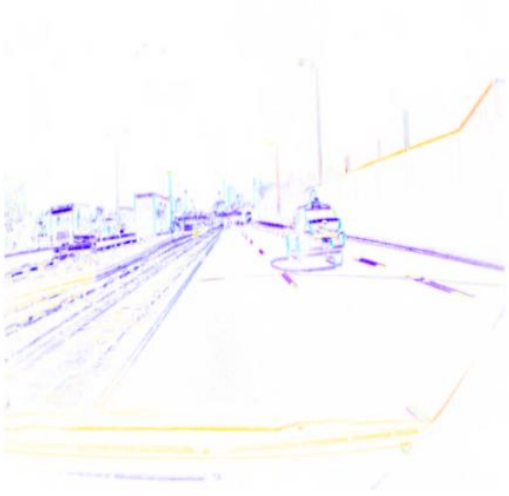
d) Vector velocity field of images (a, b)

Fig. 5. Car on the highway road

The use of a colour map makes it possible to represent the flow direction as well as its intensity so dense. The velocity vectors are represented by the colors contained in the disk of the figure 6.d. Each velocity vector is encoded by the color depending on its angle and its intensity.



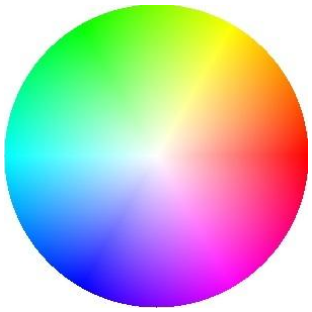
a) Flow of fish.



b) Flow of car.



c) Flow of a person.



d) Colour disk.

Fig. 6. represent the flow direction with color map

IV. CONCLUSION AND PERSPECTIVE

The differential method of Horn & Schunck is repeated in this article. The computation time of the optical flux of a pair of images obtained with Matlab is typically: 0.14s for this method. Horn & Schunk's global method specifies the undulatory motion fish that could be used as a proxy for the energy expenditure related to swimming. for example, the biologists couple these measures of speed and range of motion with their weight loss and their metabolism.

Finally, the ultimate goal of this project is the automation of these measures in order to reduce the working time of the observer. For it, we have in perspective, due to the fusion of the results obtained by the main phases of treatment (motion detection, contour detection and color segmentation), to build a tool allowing the automatic tracking of object integrating their sense, speed and ripple energy.

REFERENCES

[1] Jansi, Pasalikka and Mahesh, K,"A review on motion detection and tracking techniques", International Journal for Modern Trends in Science and Technology", Vol. 3, pp. 6, 2017.

[2] B.K.P. Horn and B.G Schunck, "Determining optical flow, Artificial intelligence, Vol. 17, pp. 185-203, 1981.

[3] Mitiche, Amar and Aggarwal, Jagdishkumar Keshoram," Computer vision analysis of image motion by variational methods", Springer Topics in Signal Processing, 2014.

[4] Zuo, Qing and Qi, Yue, “A novel spatial-temporal optical flow method for estimating the velocity fields of a fluid sequence”, Springer, Vol. 33, pp. 293-302, 2017.

[5] F.W. Tesch. “The Eel Biology and Managements of Anguillid Fish”. Chapman et Hall, 1977.

[6] F. Daverat and K.E. Limburg and I. Thibault and J.C. Shiao and J.J. Dodson and F. Caron and W.N. Tzeng and Y. Iizuka and H. Wickstrom, “Phenotypic Plasticity of Habitat Use by Three Temperate Eel Species, Anguilla Anguilla, A. Japonica and A. Rostrata. Mar Ecol Prog Ser. 308. 231-41, 2006.

[7] V. Bolliet and J. Labonne. “Individual Patterns of Rhythmic Swimming Activity in Anguilla Anguilla Glass Fish Synchronised to Water Current Reversal”. J Exp Mar Biol Ecol. 362 (2). pp.125-30, 2008.

[8] Delcourt, Johann and Ylieff, Marc and Bolliet, Valérie and Poncin, Pascal and Bardonnet, Agnés, “Video tracking in the extreme: A new possibility for tracking nocturnal underwater transparent animals with fluorescent elastomer tags”, Behavior Research Methods}, Vol. 43, pp. 590-600, 2011.

[9] Ghaffari, Seyed Amin and Viazzo, Stephane and Schneider, Kai and Bontoux,
« Simulation de la nage d'un poisson avec changement de direction représenté par un corps déformable « 22ème Congrès Française de Mécanique}, Vol., pp.22, 2015.

[10] Sfakiotakis, Michael and Lane, David M and Davies, J Bruce C, “Review of fish swimming modes for aquatic locomotion”, IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol.24, pp.237-252, 1999.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Investigative SCM in Africa Bottling Operations LTD By Using Simulation Modeling Software Arena

Elbahlul M. Abogrean
Faculty of Engineering
Gharyan University
Gharyan, Libya
albahlul.abogrean@gu.edu.ly

Sabri A. Ekreem
sabriekreem@gmail.com

***Abstract*— Today's global beverages companies invest huge amount of capital as assets where the surge of the globalization has swept across all industries. The isolated national economics change situation completely because today's economic systems reorganized in united common global and dependent economic system. The performance of production line is highly influenced by bottlenecks, blockages and stoppages. The research demonstrates a new approach in solving problems with capacity issues associated with machines and conveyors when applying SCM process in the factory to meeting customer demands. While we increase input load to meeting customer demands in certain level the issues start to arise as bottlenecks appear and further backlogs and blockades, so that no directly implementation of SCM philosophy due to disruption to the actual organization, no smooth flowing of materials throughout the entire system, increase in process inventory level and long period of time is required. Hence before enable SCM to work we need to ask that "what will be the end result" on other hand necessary investigate or test SCM process in beverages factory before implementing SCM. we solve the problems by using Arena simulation Package that enables the development of discrete and continuous simulation models used as management tool support SCM implementation, by examine existed plant manufacturing process at different simulation scenarios in small period of time without disruption to the actual organization. A simulation model is developed by using ARENA simulation software**

used to analyze and test several bottlenecks that are causing severe congestions in different areas on the production line and could resolve all of these bottlenecks. The simulation model run as rebuilt (15) replication with (22.5 Hr) runtime and (6 Hr) Warm up period. Simulation results show the line bottlenecks, workstations utilization, buffer capacities, line production rate and efficiency for each scenario. The result as production line in Africa Bottling Operation ABO unsustainable for SCM implementation (unsatisfactory) because the factory subjected to capacity issues as start to implement SCM process as case of high risk (Risk Avoidance).

Keywords— Supply Chain Management, Just in Time, Total Quality Management.

I. INTRODUCTION

Fierce competition in today's global markets, the introduction of products with shorter life cycles, and the heightened expectations of customers have forced business enterprises to focus attention on their supply chains[1]. One of the most products consumed in the world are beverages so beverage industry in Libya need to improve to satisfy customer and required more competition in local markets. The surge of globalization has swept across all industries and has accordingly provided many opportunities for the well-established industries . Prior to the globalization surge, national economies were isolated one from another, change situation completely because today's economic system united on common global and dependent economic products consumed in the world are beverages so beverage industry in Libya system.

Globalization brings opportunities and challenges to the beverages industry [2]. It simply provides the opportunity for the international beverages company to increase their investment by increasing their production to meet local growing demand and also the opportunity to expand their businesses in newly growing international markets. On other hand beverages industry faces new challenges of higher competitions . Customers demand in areas of quality and time are even increasing and to win the competition, companies need to cooperate more than before. All these elements bring supply chain management (SCM) to front of company managers.

Supply Chain Management integrates supply and demand management within and across companies, have also defined SCM as " The task of integrating organizational unites a supply chain and coordinating materials, information, and financial flow in order to fulfill (ultimate) customer demands. SCM is used to help increase efficiency by meeting customer demands in an effective manner. The simulation modeling software (Arena) used as a Benchmark tool to facilitate of innovate or applying of SCM in beverages factory and combat capacity and efficiency issues [3].

II. AFRICA BOTTLING OPERATION (ABO)

ABO uses continuous flow for manufacturing its products and uses the product-focused strategy. It has set standards of its products that are produced in high volume with low variety[4].

ABO currently has three line operational PET 1, PET 2 and CANS. These lines use continuous planning for production. They forecast their sales for each week and then produce accordingly. Each line produces Approximately (30,000) cases of beverages daily and for every change in beverage the equipment is cleaned which is time-consuming approximately from (4-6 hours) and costly. Once the PEPSI Company converts the ingredients into the syrup. The

product concentrates are shipped to bottling plants across the globe. At the bottling plant, the process starts from manufacturing of bottle and preparation of final syrup. The treated and cooled water is mixed with the final syrup and, for sparkling drinks, with the carbon dioxide that gives the product its characteristic effervescence. The manufacture of bottles starts from the preform tubes. The preform tubes are made of plastic and thrown into the equipment that blows these tubes into bottles in milliseconds by Blower machine then bottling process, whether in glass or PET (plastic), is very similar except for the change in material from which preform is made and blowing equipment. These bottles are then passes to Labeller machine by air conveyor, where the bottles are labeled and dated after that bottles are transferred by air conveyer to filler where the drink in the mixer tank is ready to pump to the filler in simultaneously with feeding filler ring by empty bottles to filled drink in the bottles by filler machine, then forwarded to next capper machine to be sealed by the closure, after being sealed the bottles are then ready for inspection. Surprisingly, even the quality check is automated: the machine rejects any bottle filled below or above the required level by reject machine. Lastly, the bottles transferred by belt conveyors are put together in form of their cases: six bottles in a case of 1.5L or 2L bottles and 12 bottles in a case of 0.5L bottles then the cases are clinked with a plastic sheet by Packer machine (SMI) and then transferred by belt conveyor to palletizer to palletize the cases in layers of one pallet then passes the pallet by roller conveyor to stretcher to wrap the pallet by plastic sheet after that forklift carrying the wrapped pallet to the warehouse where pallets are ready to distributed by the truckers to the customers. ABO [5,6] in SCM has migrated from just in time (JIT) to lean and was enhanced by the addition of total quality management (TQM), resources, building and delivering products to the demand-pull of the customer, business partners can deliver continuous improvement.

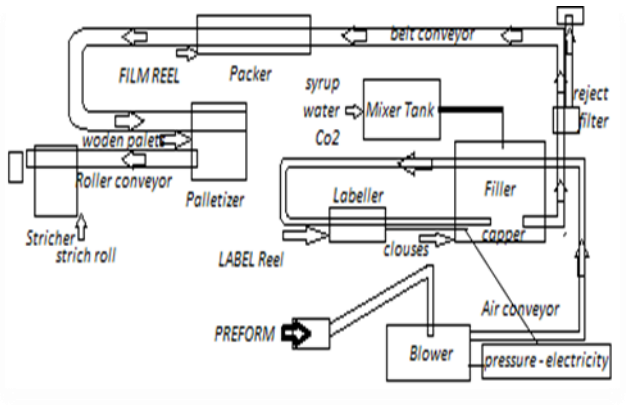


Figure 1. Upstream ABO Supply Chain.

The process of ABO supply chain is shown in figure 1. show how the upstream ABO supply chain operates, including sourcing of raw material, manufacturing and delivery from the plant [7]

III. RESEARCH OBJECTIVES

The key objective of the research is investigate SCM philosophy in bottling plant using simulation scenarios to test or exercised manufacturing stages (machines ,conveyors) in manufacturing line are ready to introduce SCM process in beverages factory with smoothly flow of materials or fragile when increase input loads as not be case in real life .

This paper solving problems with capacity issues within bottling factory using Arena simulation Package that enables the development of discrete and continuous simulation model to these process. The model used as management tool support SCM implementation, by examine existed plant manufacturing process at different loads in small period of time without disruption to the actual organization (Risk avoidance).The Target is SCM where the integrity of organization unites in supply chain satisfaction Customer demands in time . The model test the plant if the result satisfactory or beverages manufacture running smoothly and effectively to SCM target, then the organization can work towards this target, Knowing how all the process should flow from start to finish from simulation models based on assumptions (exactly control). If result unsatisfactory SCM target implementation SCM in beverages factory considered as not be case in real life. Management systems such as capacity planning, Maintenance and quality management use simulation models as decision making tool to obtain appropriate control, where everything in a simulated environment can be precisely monitored and controlled to setting up beverage factory more preferred to SCM process .The overall aim of the research is to investigate SCM strategies that will enable the ABO in Libya to move towards (WCM) by development of a simulation model using Arena software [8,9].

IV. SIMULATION OF ABO

Simulation is a concept that involves building a model, which mimics reality. Visual interactive simulation software creates a dynamic, computer-based model representing a physical system. Several processes may take place and includes simulation structure, resources and activities. Simulation involves the modelling of a system as it progresses through time. It gives the ability to model random events based on standard or non-standard distributions and to predict the complex interactions between those events. The process of designing a Mathematical-logical model of a real system and experimenting with that model using a computer is the basis of computer simulation.

Simulation is used to describe and analyze the behaviour of a system, ask what if questions about the real system, and aid in the design of real system both existing and conceptual systems can be modelled with simulation. Also simulations are helpful for managers to understand their working environment for solving the complexity of system, documentation and to produce quick reports.

In the first instance it was decided to use Discrete Event Simulation (DES) and then migrate to a combination of discrete and continuous simulation. DES is a process through which a model mimics the behaviour of a discrete system event by event. Qualitative and quantitative data from the process are obtained to predict the behaviour of the system and its level of performance. Simulation has two basic motives, quick response to determine the correctness of system behaviour and performance prediction. Some

performance measures of interest are throughput, resource utilization, buffer capacity, yield, and effects of failures. The software model can capture all the dynamics and interactions of real system. Since real manufacturing systems are expensive to build. Simulation is an important means to predict performance accurately, investigate effects of parameter changes, identify bottlenecks and choose the best design among alternative.

The complexity of the modeling of ABO PET-2 production line decreased when construct the models based on assumptions, Where the assumptions are[10]:

- The assumption as modeling of breakdowns is entire based on machine operational state with no duration of an idle state. The MTBF model is suitable for useful life stage based on historical data with regardless for chance breakdowns influencing factors or unpredictable breakdowns.
- The MTBF model based on the assumptions that failures can only occur after a certain time only considers the time between one failure to another diminishing the chance of an early failure(operation dependent failure).
- Steady state simulation models are appropriate for the analysis of systems, which in theory could run indefinitely so a 6 hours warm- up period is taken.
- It might be appropriate to consider the product as a discrete unit in particular the batches come in a discrete tank batch, also the forklift van come out the same discrete value.
- The entity which the simulation package operates on the capacity of the Mixer tank, is unloaded to the Filler with diminishing Mixer breakdowns. The three entities Rinser, Filler and Capper are summed as a single entity (Filler station)where the probability of two failures or two repairs are negligible.
- Geometric distribution for machine up and down time.
- The system behavior is a discrete state, continuous time Markov process.
- Chemicals and other materials are readily available to be added, all the materials have to be flow through the entire system in the designated loads , staff are always available to cater for need of production.
- No effect of the Rejection machine on conveyor transfer rate.
- ABO agreed to participate in the research project and provide the necessary operational information for the construction of a simulation model using Arena software.

To use the Arena Packaging template, you attach the Packaging panel to the Arena development environment. The Packaging panel contains a collection of objects or modules. Each module defines the logic, data, animation, and/or statistics collection for a particular element in a model (for example, machines, conveyors, or operators).The Packaging panel contains the following modules [11] :

A **Machine** module for modeling the physical components of a line where the actual processing or conversion of units takes place.

A **Conveyor** module for modeling the accumulating conveyors between machines where units are transferred and buffered.

Machine Link and **Conveyor Link** modules for linking machines and conveyors directly together.

Merge, Split, and **Switch** modules for modeling transfer points between conveyors where product flow is split or combined (that is, flow controls).

Palletizer and **Storage** modules for modeling the physical components of a line where units are stored on or removed from pallets.

Valve and **Tank** modules for modeling fluid constraints of filling operations.

An **Actions** module for performing actions on a high-speed system (for example, changing run speeds of machines, adjusting valves, or adding pallets to a storage)using discrete entities and logic.

A **Label** module for labeling a particular portion of the model logic, where by discrete entities can be sent easily to the label from other locations in the model.

A Simulate module for advanced model options (for example, units of measure or statistic collection switches).

V. MODELING SIMULATION OF PET-2 PRODUCTION LINE IN ABO

This model simulates a single bottling line. In the front half of the line we have three different types of machines. We use a conveyor machine to represent the buffer and inspection, a filling machine to represent the filler. We also have a Mixer tank to inject syrup to the filler and a valve to control flow into the tank.

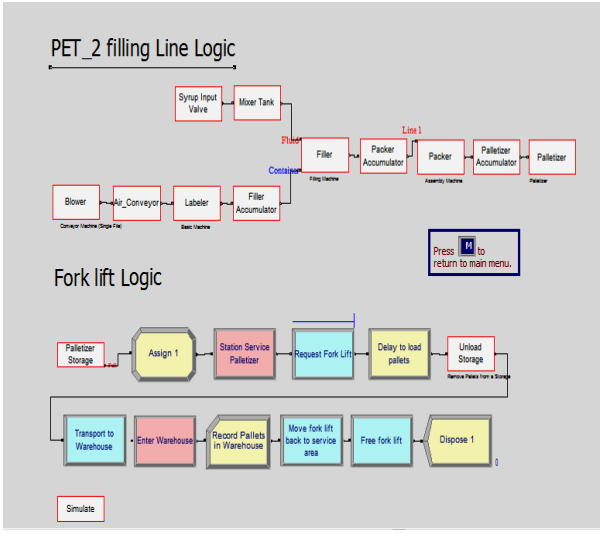


Figure 2. The Modeling logic of PET-2 production line in ABO.

The Packer is the center of the back half of the line. It is fed bottled product via conveyor from the filler. Boxes leave the Packer via a conveyor to be formed into pallets and stored by the Palletizer. Discrete logic is used here to model movement of pallets into the warehouse. It starts with the storage module which creates an entity each time the storage becomes full. Logic then requestsa fork lift and moves it to the palletizer. The Actions module is used to remove two pallets from storage. Set parameters of each module including (speed, reliability, loss and cost)[11] .

Animation accompanies most of the Arena Packaging modules. As you define the behavior of your system's components, you can use these graphics to build a picture of your system quickly.

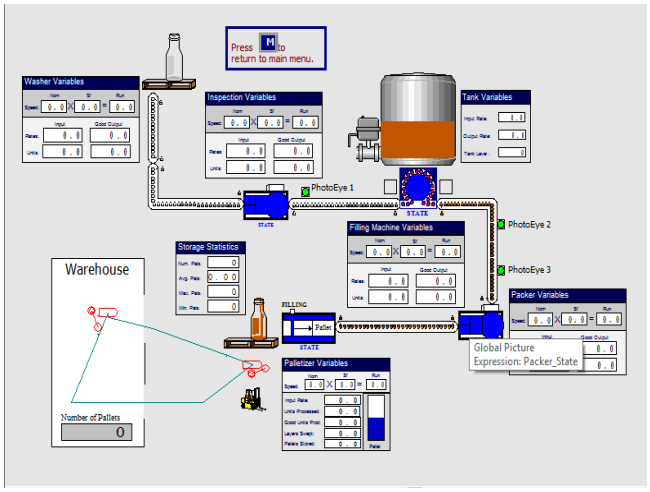


Figure 3. The animation of PET-2 production line .

VI. MODEL VERIFICATION AND VALIDATION

The animation method is used to show the movement of entities inside the model and to insure that the movement is similar to what the designer think which called Face Validity. Validation of the ARENA model is done by comparing the model output with the real system output which called statistical validation or walkthrough validation [12].

Rate count 225 pallets per day in Warehouse. The simulation model run as rebuilt (15) replication with (22.5 Hr) runtime and (6 Hr) Warm up period where the result as shown in Figure (4).

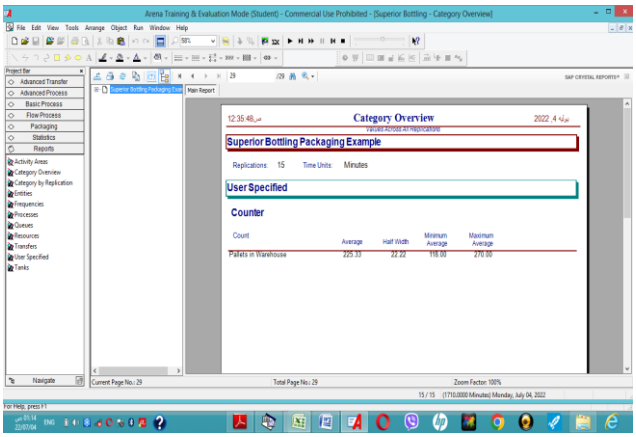


Figure 4. Statistical report output production

The number of Pallets produced per day from the model is compared with the number of Pallets produced per day from the real system. The number of Pallets produced per day from the model is 225Pallets, which is equivalent to 29,700.000 Packet while the real system production rate per day about 227 Packet , which are equal 30,000.000Packet per day, which is considered valid. The nature of this production system is a steady state because it works continuously for 22.5 Hr a day , 6 Hr warm up period and 15 day replication length. The model verification process at this stage is incomplete but is being performed to ensure that the constructed computer simulation models the system properly. After numerous iterations and careful examination of the logic structure, inputs, and outputs were correctly represented in the computer model, verification is still ongoing. Simple cases and common sense will form the basis of the verification process[13].

VII. PERFORMANCE MEASURES AND THE RESULTS

A) *First Scenario : Each workstation work as in real life operation (usually case)*

$$\text{The line production rate} = \frac{\text{Number of entities out}}{\text{total simulation time}}$$

$$= \frac{(226.27\ Pallets * 6\ Layer * 22\ Cases)}{(22.5\ Hrs)}$$

The line production rate= 1328 Case/ Hr.

$$\text{System Efficiency (SE)} = \frac{\text{Actual output}}{\text{System capacity}}$$

$$\text{Efficiency of the Blower} = \frac{Total\ good\ unites\ produced}{Machine\ capacity} = \frac{(357,876)}{(420*60*22.5)} =$$

63.12%.

$$\text{Efficiency of the Filler} = \frac{(357,419)}{(567,000)} = 63.04\%.$$

$$\text{Efficiency of the Labeler} = \frac{(357,570)}{(416*60*22.5)} = 63.67\%.$$

$$\text{Efficiency of the Packer} = \frac{(29,783)}{(50\ Pbm*60*22.5)} = 44.12\%.$$

$$\text{Efficiency of the Palletizer} = \frac{(226\ Pallets)}{(350\ Pallets)} = 64.54\%.$$

$$\text{Efficiency of production line} = \frac{\text{Actual output}}{\text{System capacity}}$$

$$\text{Efficiency of production line} = \frac{(357,876+357,419+357,570+357,396+357,540)}{(567,000+567,000+561,600+810,000+554,400)}$$

Efficiency of production line = 58.42%.

System utilization degree of production capacity= 64.12%.

This indicate that the performance of the line in the lower limitation due to lower utilization degree of available production capacity. Here the situation is critical for production line where the increase in machine capacity to increase output production rate is bad decision making because any increase in machine capacity execute decrease in system efficiency. Specially long starved time for both Packer and Palletizer (476.9 min and 471.82 min) respectively but also the decrease in capacity of Packer and Palletizer to increase line efficiency is not virtual control due to lower capacity rate and long starved time. The clearly now front of the line Blower and Filler have dominant effects to the line productivity because long Failed time (284.79 min and 155.04 min) respectively. The blockages are appears in both Blower and Labeler which have long time block (211.57 min and 166.91 min) respectively. so that in this situation the decrease in capacity rate of Blower and Filler is good decision making due to increase in breakdown time and decrease in Labeler performance.

B) Decrease Speed of Blower and Filler.

In this case the decision is decease speed of Blower down to 410 bpm and slowest Filler speed to 416 bpm.
By monitoring to simulation environment the production line become more smoothly flow of elements due to decrease in total Number of blockages from (52) Block to (35) Block and decrease total starved time from (1572.47) min to (1119.36) min .

$$\text{The line production rate} = \frac{\text{Number of entities out}}{\text{total simulation time}}$$

$$= \frac{(227.2\ Pallets * 6\ Layer * 22\ Cases)}{(22.5\ Hrs)}$$

The line production rate= 1333 Case/ Hr.

$$\text{System Efficiency (SE)} = \frac{\text{Actual output}}{\text{System capacity}}$$

Efficiency of the Blower= 65.31%.

Efficiency of the Filler= 64%.

Efficiency of the Labeler= 64.05%

Efficiency of the Packer=44.37%.

Efficiency of the Palletizer =65.37%.

$$\text{Efficiency of production line} = \frac{\text{Actualoutput}}{\text{Systemcapacity}}$$

Efficiency of production line = 59.4 %.

System utilization degree of production capacity= 65.51 %.

Slightly improvement in line productivity, efficiency and utilization degree about one percent due to decrease in blockages , failed time and starved time. In this scenario more smoothly of flow of assembles but utilities breakdowns specially for Blower and filler have dominant effect in line efficiency. The situation unexpected as decrease in speed of machines cause increase in line productivity where the machine reliability is very important speed control function. The efficiency of the Packer is very low due to high capacity rate with long starved time.

C) Increase Speed of Blower, Labeler and Filler

In this case the decision is increase the speed of Blower, Filler and Labeler up to 422bpm. In this situation the incremental speed of each workstations obtain negative results, where the failure time, starved time and blockages take negatively affects regardless of capacity of the machine when increase machine velocity other issues of breakdowns increased such as bottles jamming and foaming also the situation need to critical requirements of low failure rate and high reliability (High risk).
The blockages increase up to (69) block per day respect to high machines velocity rate with long Failed time for Blower and Filler (294.6 min and 152.42 min) respectively.

$$\text{The line production rate} = \frac{\text{Number of entities out}}{\text{total simulation time}}$$

$$= \frac{(217.2\ Pallets * 6\ Layer * 22\ Cases)}{(22.5\ Hrs)}$$

The line production rate= 1274 Case/ Hr.

$$\text{System Efficiency (SE)} = \frac{\text{Actual output}}{\text{System capacity}}$$

Efficiency of the Blower= 60.61%.

Efficiency of the Filler= 60.27%.

Efficiency of the Labeler= 60.31%

Efficiency of the Packer=42.38%.

Efficiency of the Palletizer =61.62%.

$$\text{Efficiency of production line} = \frac{\text{Actualoutput}}{\text{Systemcapacity}}$$

Efficiency of production line = 56.2 %.

System utilization degree of production capacity= 61.9 %.

The efficiency of production line unacceptable due to low utilization degree of available machines capacities and lower production rates which are in processes become more costly. Very clearly now the increase in machines capacity not provide increase in production rate due to long breakdowns times and blockages more appears which that reflects the low reliability of production line in high velocity rates. In other hand the number of blockages of labeler machine become more sensitive to Filler breakdowns in high velocity rates, especially when infeed problems in the Filler station such as bottles foaming and jamming happening frequently. The simulation environment give animation about the flow of assembles through PET-2 line where the observations are fluctuation in flow of materials due to bottlenecks. The overall reliability of production line out of synchronization with machines capacities for that reason bottling operation made short for bottles size (1.5) Liter which that influence in variety of products respect to customer satisfaction.
The main function of SCM is connect suppliers to demands through the organization but the factory are fragile to SCM (Unsatisfactory), the factory subjected to capacity issues if organization start to implement SCM processas case of high risk. On other hand the organization need to development to become more flexible to implement SCM.

VIII. QUALITY MEASUREMENTS

The procedures of quality management in ABO bottling operation concerned with quality control which represented in rejection machine which that made inspection for the bottles by laser scan to detection the level of syrup in the bottle, dimensions and bottle cap closely.

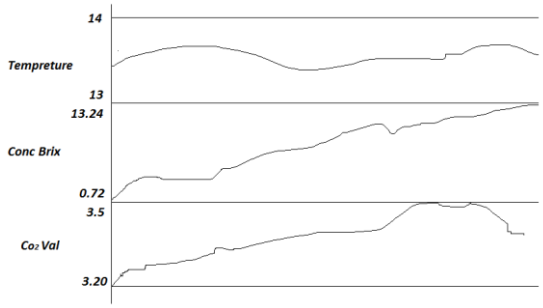


Figure 5. Quality control measurements for Syrup concentration.

The rejection machine detect approximately from (250 to 300) defected bottle every (8 Hr) . Also there are other reasons of defects as bottles foaming and jamming, in feed

mechanical issues and utilities breakdowns. The quality department responsible to evaluate syrup in the Mixer controllable by three indicators Brix, Co2 percentage and Temperature as shown in Figure (5).

IX. MAINTENANCE MANAGEMENT

The jobs of maintenance department in ABO is concerned with scheduled maintenance and run to fail maintenance so that we need to enhancement maintenance procedures to upper level as predictive maintenance and Total Protective Maintenance (T.P.M).The machines in technical life extension need to replacement with other machines in useful life to decrease breakdowns and improvement line efficiency.

The improvements including need to give priority to monitoring indicators about machine influence factors such as vibration, mechanical torque synchronizations, Temperature and pressure to identification real reasons of failures.

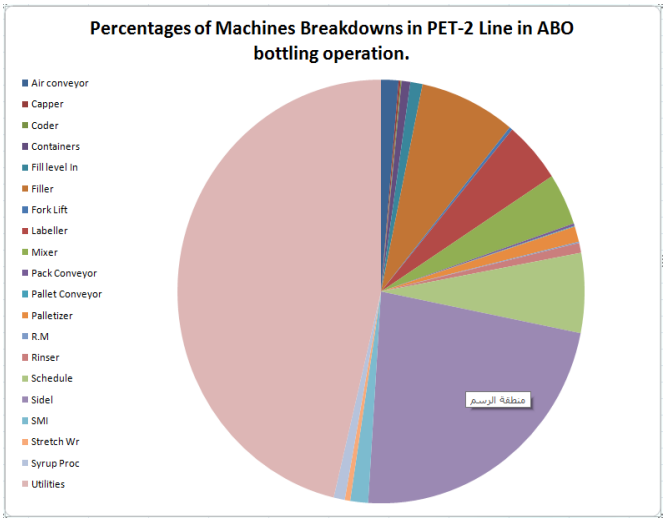


Figure 6. Shown percentages of machines breakdowns in PET-2 Line in ABO.

Now we observe that about (40%) percentage of breakdowns come from utilities breakdowns (electricity, compressed air, Co2 and water) downstream also the Blower (Sidel) and Filler must be in first priority.

X. CONCLUSTION

The result as production line in Africa Bottling Operation ABO unsustainable for SCM implementation (unsatisfactory) because the factory subjected to capacity issues as start to implement SCM process as case of high risk (Risk Avoidance). The blockages increased up to (69) block per day respect to high machines velocity rate with long Failed time for Blower and Filler (294.6 min and 152.42 min) respectively. The efficiency of production line unacceptable due to low utilization degree of available machines capacities and lower production rates which are in processes become more costly where the efficiency of production line = 56.2 % and system utilization degree of production capacity= 61.9 %. To let bottling operation more flexible to implement SCM need to improve level of quality management from Q.C to T.Q.M and enhance maintenance procedures to predictive maintenance and Total protective maintenance (T.P.M) where percentage of utilities breakdowns about (40%) which that give indication to combat them to change the situation completely also maintenance department must be take attention about front section of the line due to long failure time.

REFERENCES

[1] B. Noche and T. Elhasia. Approach to innovative supply chain strategies in cement industry Analysis and Model simulation. 2nd international conference on leadership, technology and innovation management, Published by Elsevier Ltd, Duisburg, Germany, 1877-0428 (2013).

[2] A. Cimino, F. Longo and G. Mirabelli, (2010). A General Simulation Framework for Supply Chain Modeling. State of the Art and Case Study, UCSI International Journal of Computer Science Issues Volume 7. Issue 2, No 3, pp 1-9, ISSN 1694-0784.

[3] Burt, DN, Petcavage, S& Pinkerton, R. (2010). Supply management. 8th edition. Boston: Irwin McGraw-Hill.

[4] Chan, F.T.S, Tang, N.K.H, Lau, H.C.W, Ip , R.W.L. (2014). Simulation Approach in supply chain management integrated manufacturing system, 13/2, Emerald Group Publishing Limited, 117-122..

[5] D. peidro , J. Mula (2009). " Quantitative Models for supply chain planning under uncertainty": A review, international journal. Adv. Manufacturing Technology 43(5),pp 400-420.

[6] M. Gobetto" operation management in automotive industries fromindustrial strategies to production resources management, through the industrialization process and Supply Chain to pursue value creation" Automotive Engineering Faculty FIAT, Italy, Springer Science and Business Media Dordrecht 2014.

[7] "Arena user guide" Rockwell Software Inc., a Rockwell Automation company. All rights reserved. Printed inthe United States of America,Doc ID ARENA-UM001A-EN-P, 2014.

[8] D. B. Grant, A. Trautrims and C. Y..Wong "Sustainable logistics and supply chain management : principles andpractices for sustainable operations and management " Second Edition, New York ,Kogan Page Ltd, ISBN 9780749478278,2017.

[9] M. Heshmat, Mahmoud A. El-Sharief and M. G. El-Sebaie"Simulation Modeling of Automatic Production Lines with Integrated Buffers", Staff in Mechanical Engineering Department – Faculty of Engineering Assiut University, 71516

[10] E. M. Abogrean, M. Latif, " Using Simulation to Optimise Supply Chain Management in a Libyan Cement Factory", 1st Faculty of Science and Engineering Research and Development Day at MMU, ISBN 978-1-905476-54-1,Dec 2010.

[11] V. R. Kannan, K. C. Tan, "Just in time, total quality management and supply chain management: understanding their linkages and impact on business performance "journal of management research vol.6 no.2,pp138-149, 2015.

[12] E. M. Abogrean, M. Latif, "Integrated Maintenance and cost optimisation of Libyan Cement Factory using Witness Simulation" journal of management research vol.4 no.2,pp139-149.2012.

[13] F. F. El Dabee, R. A. Hokoma"Just-In-Time for Reducing Inventory Costs throughout a Supply Chain: A Case Study" World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering Vol:6, No:9, 2012.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Supply Chain Performance Measurement using Balanced Scorecard in some of Libyan Companies

Fathi Almbsot
Department of Mechanical Engineering
Elmerghib University
Alkhoms, Libya
fathialmbsot@gmail.com

Abdusalam Sharf
Department of Mechanical Engineering
Alasmarya Islamic University
Zliten, ;ibya
a.sharf@asmarya.edu.ly

Abstract:despite the fact that supply chain measurement is considered as a vital topic for organizations in order to achieve suitable and reasonable place in the competitive market, the primary objective of this paper was measuring and evaluating the supply chain performance in some of Libyan industrial organizations using balanced scorecard approach through studying literature review and researches in order to collect a number of supply chain (SC) key performance indicators (KPIs) in the theoretical part. On the other side relating the practical part, the researcher has conducted a scientific visits and face to face interviews with employees and managers in the Libyan industrial organizations in order to build a strong basic for developing a questionnaire to the organization's employee in order to rank the most important of them. A questionnaire was been developed and distributed to (197) individuals who belong to (18) companies practising different types of industries. (181) samples were retrieved, of which (19) were not valid for analysis. The final analysis was based on (162) responses, representing the final sample. Data was been collected and statistically analysed. Despite a huge number of key performance indicators were collected, a factor analysis was been done in order to find out most important indicators. Finally, important KPIs were selected and ranked according to their priority in order to use them in an effective performance measurement.

Key Words: Balanced Scorecard, Supply Chain, Key Performance Indicators, Performance Measurement

I. Introduction:

Organizations nowadays should achieve and realize that conformance and connection between external environment requirements and its possibility of available resources related to its internal environment is important factors to survive as other successful organizations, thus enable these organizations to obtain continuous improvement needed to customer satisfaction through recognition of measuring the supply chain performance (SCP) incurred at all levels and stages of manufacturing the products. Therefore, supply chain performance measuring and evaluation system should be able to generate indicators indicate performance attitudes and its future developments and comparing it with planned performance objectives such as market share, new customers, competitors and satisfying all shareholders. Supply chain management (SCM) has been considered as one of the major subjects to increase organizational efficiency and achieve the desired business objectives. SCM is focussing on the discipline that optimizes the different processes associated with the materials, goods, services, and information amongst suppliers, manufacturers, and customers. It is concerned with the effectiveness of dealing with the final customer's demand by the parties engaged in the provision of the product as a whole (Wong 2009). A supply chain consists of different levels, namely supplier, manufacturer, distributor, and consumer, forming a network of companies that influence each other and affect one another's performance (Lambert and Pohlen 2001), (Cai et al. 2009). The supply chain system involves those companies that motivate manufacturing and converting raw material to finished (semi/completely) product, by constructing channel of activities beginning from primary level activity proceeding to secondary and tertiary level (Sharma, Tyagi, and Bhardwaj 2020). Supply chain (SC) refers to those operations starting with production, processing, distribution and ending with consumption by customer, by assuring quality and safety of variety of products being the part of the chain in a very efficient and effective way (Sharma, Tyagi, and Bhardwaj 2020). Increasing products demands, environmental aspects, and overpopulation have an impact on the SC. There are many parameters in any SC that should be considered, for instance resources, packaging, waste management, etc. (Yontar and Süleyman 2020). In today's dynamic business environment supply chains aim to decrease costs, increase agility as well as increase effectiveness by providing better services and rapid responsiveness to customers. In order to achieve these objectives, firms should develop metrics for performance measurement to gauge their success and ensure sustainable growth. Measurement of supply chain performance with regards to the key performance metrics is an area under focus of researchers. The lack of clearness and comparability regarding this area creates confusion and makes it more difficult to express a clear strategy (Azfar, Khan, and Gabriel 2014). As it well known, "*You can't manage what you can't measure"*, measuring the supply chain performance is a very important prerequisite for company survival, especially nowadays in reasons of globalization and the dynamic nature. The performance measurement system (PMS) is a framework to measure and evaluate the efficiency and perfection of the supply chain activities (Reddy. K, Rao. A, and L 2019). Both practitioners and researchers are interested in having such integrated PMS (Mishra et al. 2018). The success of the PMS relies on different aspects e.g. the alignment of the performance measures with the organization's strategy, and the transformation of the organization's vision, mission, value, and strategic directions to employees and external stakeholders (Mathiyalagan, Mannan, and Parthiban 2014).

As an example of a type of industry which is food industry and according to (Knoema, 2018) , the Libya food production index is growing at annual rate of 3.53% that indicate a special interest for the food industry. Moreover, the net value of food production based on PPP (purchasing power parity, in constant prices 2004-2006) is annually growing with an average of about 3.49% over the period from 1967 to 2016. Due to this growing interest of the food industry and the research gab for the management of FSC performance.

Measuring supply chain performance in Libyan Industrial Organization still suffering problems and obstacles due to the huge number of overlapped KPIs. Individuals cannot choose the suitable of them during measuring the supply chain performance .Therefore this paper proposes a balanced scorecard for supply chain performance measurement for Libyan Industries Organizations. Relying on the qualitative analysis, the performance metrics in Libya companies can be scrutinized. This work also contributes to the SCPM literature by introducing a generic performance metrics that can be used for the different stages of the Supply chain. First, the different performance metrics of the four perspectives of the BSC were collected based on the literature. The appropriate indicators were discussed and validated by experts. Consequently, a questionnaire was developed and distributed to different organizations. After that the statistical analysis are performed and the BSC model was developed and validated by the industrial experts in Libyan factories.

II. Background and literature review

The successful organizations need to manage and execute a continual performance evaluation of all of their activities to ensure that they are on the right way of development. For performing this activity, organizations need to adopt a performance management framework. Besides, they need to identify the suitable key performance indicators or performance metrics that should be aligned with their strategic objectives. The choice of the performance metrics affects the success and competitive nature of the enterprise (Rajat Bhagwat and Sharma 2007). In 1992 (Kaplan and Norton 1992) published an article about the Balanced Scorecard (BSC). At that time, it was a new approach to strategic management. They recognized some of the weaknesses and vagueness of previous management approaches. According to (Robert S. Kaplan and David P. Norton 1996); the balanced scorecard approach provides a clear description as to what companies should measure in order to 'balance' their financial perspectives. Nowadays many large companies use a performance measurement system like the BSC but many smaller companies have no performance measurement system. The Balanced Scorecard is a performance management tool that enables a company to translate its vision and strategy into a tangible set of performance measures. However, it is more than a measuring device. The scorecard provides an enterprise view of an organization's overall performance by integrating financial measures with other key performance indicators around customer perspectives, internal business processes, and learning &growth. Metrics used in the BSC are typically called Key Performance Indicators (KPIs) because they measure how well the organization performs against predefined goals and targets. There are two major types of KPIs: leading and lagging indicators. Leading indicators measure activities that have a significant effect on future performance, whereas lagging indicators, such as most financial metrics, measure the output of past activity. Leading indicators are powerful measures because it gives managers more time to influence the outcome). There are many approaches to measure and evaluate supply chain performance. Following section illustrate that.

2.1 Perspective based approaches

Perspective based measurement model was developed by (Otto and Kotzab 2003). They take all the possible perspectives of a supply chain into account and provide measures to evaluate each perspective. The authors defined a perspective as a unique view of what SCM is about. The authors proposed a goal-oriented approach suggesting six perspectives on SCM each of which follows a particular set of goals, which consequently leads to a particular set of performance metrics. These perspectives are: (Systems Dynamics, Operations Research/Information Technology, Logistics, Marketing, Organization and Strategy). Each perspective has its very own notion of a supply chain, its standard problems and solutions, and its performance metrics. Note that there can be a trade-off between measures of one perspective with the measures of other perspectives. Two main perspective based models are BSC based models and Supply chain operations references based model (SCOR) based model.

2.1.1 Balanced scorecard (BSC)

The balanced scorecard (BSC) offers an integrated system to measure the company performance relying on the four perspectives of Financial, Customer, Internal process and learning and growth. The BSC was first obtainable by (Kaplan and Norton 1992). They proposed it to evaluate the company performance relying on the four perspectives simultaneously. The name of this approach comes from a set of items to balance between financial and non-financial measures, between lagging and leading indicators, between internal and external performance perspectives and finally between short term and long term objectives. BSCs have two main attitudes: customer perspective and financial perspective. Customer perspective, involve value-adding view and aims to promote efficiency and effectiveness in the business processes. Financial perspective, involve the shareholders' view and aims to success financially, by change capabilities and sustaining innovation, through continuous improvement and preparation for future challenges. (Bigliardi and Bottani 2010) proposed a BSC model for measuring the performance of the food supply chain (FSC). For the different BSC's perspectives, the KPIs were collected from the literature. After that, the Delphi method was adopted to enhance the collected KPIs on two rounds. The revised BSC was verified on two companies who are working in food industry. (Yang 2009) suggested an enhanced version of the BSC to measure the supply chain performance index. The

developed BSC integrates five perspectives that include intra-flow process, future development and society development besides the financial and the customer perspective. The learning and growth was replaced by the future development. For each perspective, a set of KPIs were proposed for its assessment e.g. the society perspective was proposed to be assessed relying on the efficiency of environment protection, recycling level, usage of the raw material and employee number with per capital invested. (Xia et al. 2017) developed a adjusted strategic balanced scorecard to measure the technology candidates in terms of their features of sustainability. (Thanki and Thakkar 2018) proposed a BSC and strategy map based on quantitative framework for assessing the lean and green performance of the SC in Indian textile industry. (Farajpour Khanaposhtani et al. 2017) used a mixed approach consisting of BSC, Game theory and System Dynamics (SD) to measure the automobile industry performance. Recently, (Dwivedi et al. 2021) approved the BSC besides the best-worst method to manage the performance of an assurance company. More recently, (Rasolofo-Distler and Distler 2018) investigated the role of the BSC in the management of SC uncertainty in service activities. They concluded that the BSC can be used to facilitate communication between supply chain stakeholders

2.1.2 Supply chain operations reference (SCOR)

The Supply chain operations reference (SCOR) model provide a modelling of the supply chain processes, people, practices and performance. The Supply chain council (SCC) established the SCOR model in 1996, containing performance features and metrics depend on five different management processes (plan, source, make, deliver and return). Furthermore, SCOR contains ten metrics corresponding to level 1 which fall into five categories; SC reliability metrics, flexibility metrics, responsiveness metrics, cost metrics, and assets metrics. The first three categories have directly linked to the customers and hence called customer facing. The rest of the metrics, measurements within the internal operation of the SC are named as internal facing. Many authors have used SCOR in the context of Supply chain performance management (SCPM). For SC benchmarking by using data envelopment analysis (DEA), (Rajabzadeh Ghatari et al. 2013) evaluated the swiftness of the pharmaceutical supply chains based on the SCOR model, using quantitative and qualitative measures. Besides, (Essajide and Ali 2017) approved the SCOR model to represent the pharmaceuticals wholesale distributors considering information sharing amongst SC partners and uncertainty. More recently, (Zuniga et al. 2018) adopted the SCOR model to symbolize the supply chain of critical products to decrease the difficulties of the SC system during strong earthquakes or tsunamis. (Yadav, Garg, and Luthra 2020) used the second level performance metrics of the SCOR model to manage the agriculture supply chain.

2.2. Process based approach

The problem of identifying the performance metrics of the whole sectors of the SC was started by (Gunasekaran, Patel, and Tirtiroglu 2001). They divided the SC into four major supply chain processes (plan, source, make/assemble, and deliver). Relying on the literature, they gathered the metrics and grouped them according to the management level (strategic, tactical and operational). (Yontar and Süleyman 2020) determined considerations that affect sustainable SC and attempted to measure the performance of the parameters along the supply chain. In their study different performance indicators are defined and several parameters are adopted (e.g. customer satisfaction, resource utilization, product safety, innovation, reliability, company information, packaging and waste management). (Kirwan, Maye, and Brunori 2017) recognized five dimensions of SC performance (economic, social, environmental, health, and ethical) that were being argued across a range of national contexts in four different scopes of discourse (public, market, scientific, and policy). (Yadav, Garg, and Luthra 2020) proposed to use the Internet of things (IOT) to collect the performance associated data from remote fields. (Maestrini et al. 2017) reviewed the literature related to the supply chain performance management (SCPM) systems with focusing more on the definition of performance measurement. (Reddy. K, Rao. A, and L 2019) considered and classified the SCPM as approaches and techniques and followed a systematic literature review procedures. They disclose that simulation techniques are more suitable than other performance techniques and approaches for the SCPM in an unstable environment. Their study provides a basis for academicians and future researches in applying the PMS for dynamic supply chain. (Qazi et al. 2018) used a utility based process approach to capture the interdependencies among risks, risk mitigation strategies and performance measures in an SC network. (Venkatesh et al. 2019) developed a framework to explore the social issues relevant to the suppliers and to recognize the performance measures in the emerging economies

2.3 Hierarchical based approach

The hierarchical based approach was used to explore the importance of the performance criteria. (Rajat Bhagwat and Sharma 2007) proposed to use the pairwise Analytical hierarchy process (AHP) method for computing the overall SC performance. The AHP hierarchy was constructed relying on four levels: the lower level (the fourth) represents the four perspectives of the BSC as the AHP alternatives. The third level represents the different KPIs relying on the work of (Gunasekaran, Patel, and Tirtiroglu 2001) as a sub-criteria of the second level. The second level represents the three managerial levels of strategic, tactical and operational. The first level is the overall performance of the supply chain. (Sufiyan et al. 2019) proposed a fuzzy-DEMATEL method to analysis the different criteria and the associated metrics for assessing the FSC. Results indicate three criteria are the most important, which are service to customer, quality, and supply chain performance.

2.4 Qualitative and quantitative measures approach

(Chan F.T.S 2003) presents SCM performance measurement approach which consists of qualitative and quantitative measures. Quantitative measures are cost and resource utilization and qualitative measures are quality,

flexibility, visibility, trust and innovativeness. (Gunasekaran, Patel, and McGaughey 2004) classified the different metrics of supply chain into three levels of importance (High, Average, and Low). The assessment was performed for metrics of the four processes (plan, source, make/assemble, deliver) and the management levels (strategic, tactical and operational).

III. Methodology (case study):

Despite the fact that, continuous improvement leads to customer satisfaction especially nowadays where the competition plays a big role between organizations to obtain suitable market share , a supply chain performance measurement should be realized through using a suitable technique like balanced score card technique that include four perspectives namely financial, customer, internal processes and learning &growth perspectives. Each perspective includes a lot of key performance indicators.

A Case study, that include measuring and evaluating the supply chain performance in the Libyan industrial organizations using BSC technique in which ranking of KPIs was been applied through questionnaire for the managers of different administrations and departments.. The necessary data and information were collected through scientific visits, interviewing and questionnaire. After examining the survey questionnaire and its responses by the sample of the study, the statistical analysis of the data that emerged from the questionnaire questions was carried out using the Statistical Package for Social Science (SPSS). The study relay on statistical descriptive analysis.

Financial	Customer	Internal processes	Learning &Growth
FF1: variation against budget	**CCS1**: Nr. Of satisfied customers	**IPCT1:** Customer order cycle time	**LGE1:** Increase employee competence
FF2: net price of product	**CCS2:** Nr. Of customers complaints	**IPCT2:** Manufacturing cycle time.	**LGE2:** Improve motivation
FF3: productivity ratio	**CCS3:** Nr. Of new customers	**IPCT3:** Inventory replenishment cycle time	**LGE3:** Training to enhance employees skills
FF4: increase sales	**CCS4:** Time required to answer customer complaints	**IPCT4:** Purchase order cycle time	**LGE4:** Sustainability in employees training
FF5: return on investment	**CCS5:** Increase customer satisfaction	**IPCT5:** Total supply chain cycle time	**LGE5:** Employees involvement
FF6: Control of margins	**CCS6:** Increase loyalty of customers	**IPCT6:** Planned process cycle time	**LGE6:** Employee satisfaction
FF7: Market share	**CCS7:** Percentage of sales to new customers	**IPCT7:** Product development cycle time	**LGE7:** Employee suggestion per year
FF8: Use of assets and return on it	**CCS8:** Reduce cost for customers	**IPCT8:** Supplier cycle time	**LGE8:** Employee motivation
FF9: Level of indebtedness	**CCS9:** Responsiveness to customers	**IPP1**: Productivity per business unit	**LGE9:** Employee capability
FF10: Earnings before taxes	**CCS10:** Customer query time	**IPP2**: Accuracy of production planning	**LGE10:** Number of complaints
FF11: Cash flow	**CCS11:** Customer perceived value of product	**IPP3**: Improve production process	**LGE11:** absenteeism
FF12: Economic value added	**CCS12:** Flexibility of system to meet customer	**IPP4**: Improve supply chain	**LGE12:** Percentage of employees training
FF13: Improve financial stability	**CCS13:** Satisfaction of all business partners	**IPP5**: Increase capacity	**LGE13:** Employees productivity
FF14: Profitability level	**CP1:** Nr. Of reject products per year	**IPP6**: Capacity utilization	**LGE14:** Number of training hours per employee
FF15: Revenues from product /year	**CP2:** Nr. Of defect products per year	**IPP7**: Effective of master production schedule	**LGE15:** Level of information sharing
FF16: Revenues per employee /year	**CP3:** Nr. Of new	**IPP8**: % of failure	**LGE16:** Corporat

	items inter first to market	during manufacturing	e social responsibility
FC1: Material acquisition cost	**CP4:** Price relative to competitors	**IPP9**: % of orders delivered according plan	**LGE17:** Cultural compatibility
FC2: Non- quality cost	**CP5:** Offering excellent selection of products	**IPP10**: Number of finished products	**LGPD1:** Product development cycle time
FC3: Warehousing/ storing cost	**CP6:** Nr. Of products/ distribution channel	**IPP11**: Changes in schedule	**LGPD2:** Product innovation rate
FC4: Manufacturing/operating cost	**CP7:** Maximizing sales of new products	**IPP12**: Adherence to schedule	**LGPD3:** % of sales from new product
FC5: Carrying inventory cost	**CP8:** Level of quality product	**IPP13**: Plan utilization	**LGPD4:** Time to develop next generation
FC6: Transportation cost	**CP9:** Meeting capacity per target production	**IPP14**: Opportunities identification.	**LGPD5:** Process time to maturity
FC7: Distribution cost	**CP10:** Damaged shipment	**IPI1**: Material inventory	**LGPD6:** New product introduction vs. competition
FC8: Logistic cost	**CD1:** Accuracy of company's delivery forecast	**IPI2**: Material quality	**LGPD7:** Completion of loaded work
FC9: Energy cost	**CD2:** Deliver products with zero defect	**IPI3**: Finished goods inventory turn	**LGPD8:** Product variety
FC10: Labor cost	**CD3:** On – time delivery	**IPI4**: Stock keeping units	**LGPD9:** % of new product development
FC11: Total supply chain cost	**CD4:** Responsiveness to urgent delivery	**IPI5**: Number of stock out	
FC12: Saving activity of supplier cost	**CD5:** Delivery reliability	**IPI6**: Total inventory cost	
	CD6: Quality of delivery goods		
	CD7: Lead time		

3.1 descriptive analyses

The total KPIs are (112), selected from them (24). Following figures illustrate selecting and ranking of key performance indicators according to its classifications in order to identify the supply chain performance

3.1.1 Financial perspective

This perspective includes (28) KPIs, containing (2) types of indicators namely (financial and cost). Selected from them only (6) KPIs; (3) from each type as following:

1) Financial type: Selected KPIs are: (Control of margin - earning before interests and taxes - net price of product). See figure (1).
2) Cost type: Selected KPIs are :(Operation cost - material acquisition cost - transportation cost). See figure (2).

3.1.2 Customer perspective

This perspective includes (30) KPIs containing (3) types of indicators namely (customer satisfaction, products and delivery). Selected from them (6) KPIs; (2) from the first type, (2) from the second type and (2) from the third type as following:

1) Customer satisfaction type: Selected KPIs are: (Number of satisfied customers - responsiveness to customers). See figure (3).
2) Products type: Selected KPIs are: (level of product quality - meeting capacity per target production). See figure (4).
3) Delivery type: Selected KPIs are: (Quality of delivered goods - delivery of products with zero defects). See figure (5).

3.1.3 Internal processes perspective

This perspective includes (28) KPIs contain (3) types of indicators namely (cycle time, production and inventory). Selected from them (6) KPIs; (2) from the first type, (2) from the second type, (2) from the third type as following:

1) Cycle time type: Selected KPIs are: (Supplier cycle time - purchase order cycle time). See figure (6).
2) Production type: Selected KPIs are: (Accuracy of production planning - capacity utilization). See figure (7).
3) Inventory type: Selected KPIs are: (Material quality - material inventory). See figure (8).

3.1.4 Learning and growth perspective

This perspective include (26) KPIs containing (2) types of indicators namely (Employees and products development). Selected from them (6) KPIs; (3) from the first type, (3) from the second type as following:

1) Employee type: Selected KPIs are: (Employee productivity - employee capability - corporate social responsibility). See figure (9)
2) Products development type: Selected KPIs are: (Completion of loaded work - percentage of sales from new product - process time to maturity). See figure (10).

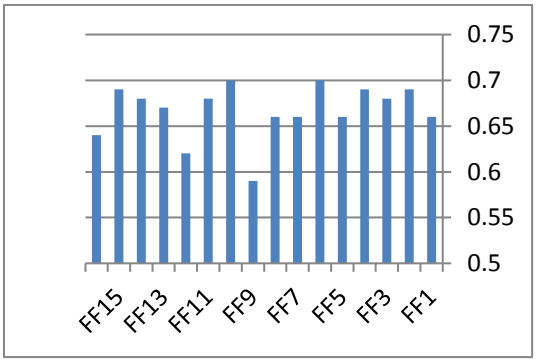


Figure (1): Ranking of Financial indicators type

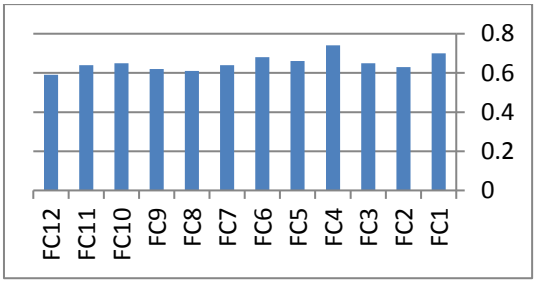


Figure (2): Ranking of cost indicators type

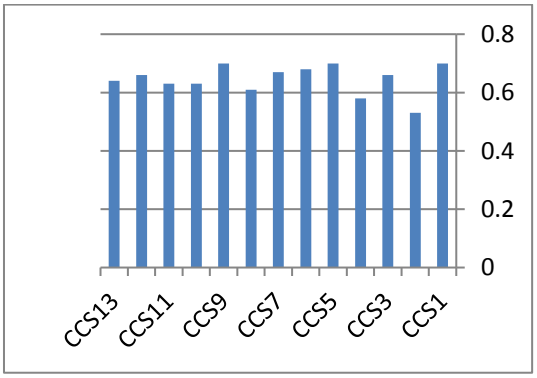


Figure (3): Ranking of customer satisfaction

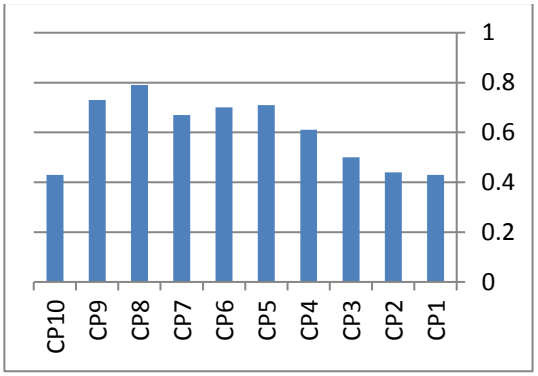


Figure (4): Ranking of products indicators type

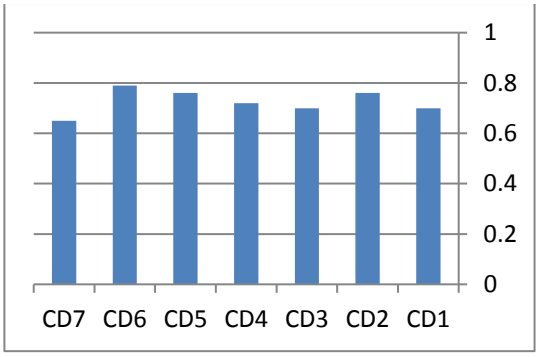


Figure (5): Ranking of delivery indicators type

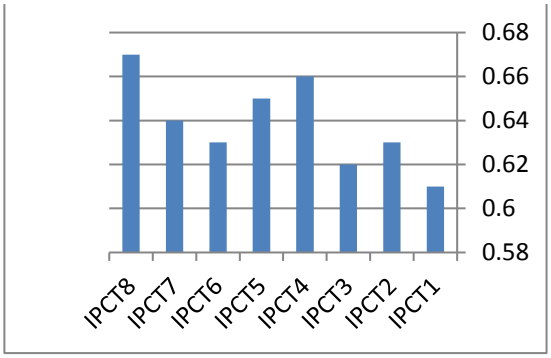


Figure (6): Ranking of cycle time indicators type

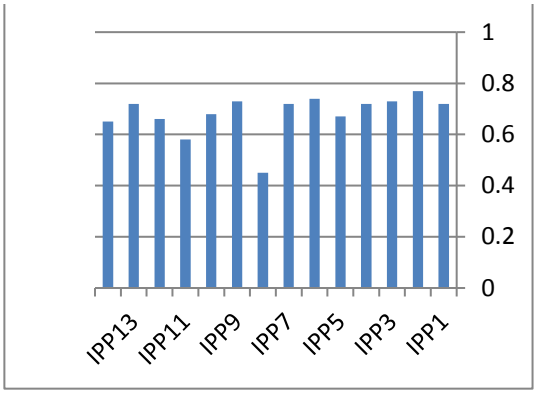


Figure (7): Ranking of production indicators type

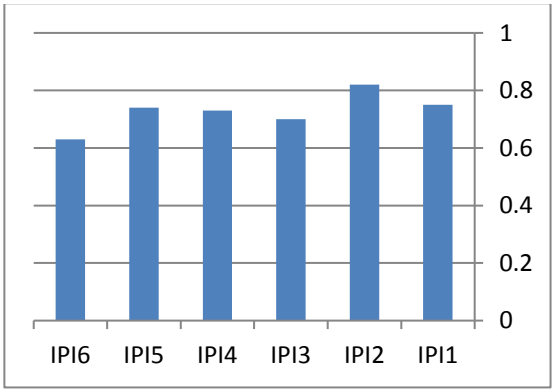


Figure (8): Ranking of inventory indicators type

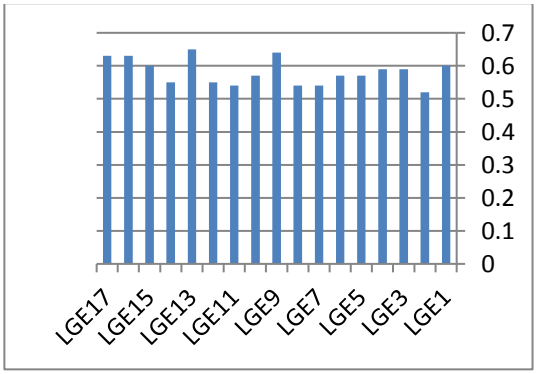


Figure (9): Ranking of employee's indicators

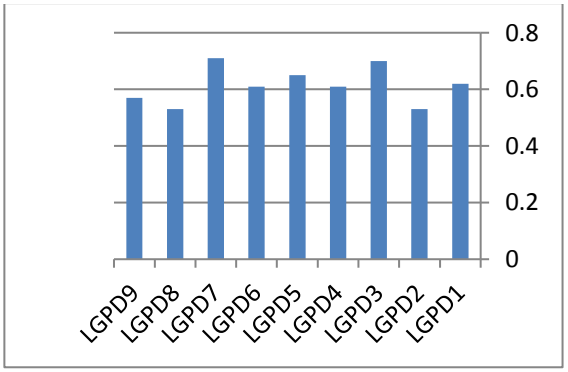


Figure (10): Ranking of products development

IV. Results and discussion

In order to achieve a reasonable results that include ranking of the KPIs, a descriptive statistical analysis and factor analysis were been conducted.

4.1 Discussion of descriptive analysis

The results of this analysis were (24) KPIs, (6) from each perspective. Following section illustrate that:

The first perspective (financial perspective): This perspective contains total number of (28) KPIs, including two types of KPIs which are financial and cost KPIs. The financial type comprise (16) and the cost type comprise (12) .The researcher had chosen (3) KPIs from each type according to their higher weights, which means a total number of (6) KPIs from the financial perspective .Regarding the financial type following KPIs were chosen (control of margin 70% , earning before interests and taxes 70% , and net price of product 69%) .On the other hand the selected KPIs of the cost type were (operation cost 74%, material acquisition cost 70%, and transportation cost 68%).

The second perspective (customer perspective): This perspective contains total number of (30) KPIs, including three types of KPIs which are customer satisfaction, products and delivery KPIs. The customer satisfaction type comprise (13) and the products type comprise (10) whereas the delivery type comprise only (7) . According to their highest weight, the researcher had chosen (2)KPIs from the first type, (2) KPIs from the second types and (2) KPIs from the third type, which means total number of (6) KPIs from the customer perspective .Regarding the customer satisfaction type following KPIs were chosen (number of satisfied customers 70% , and responsiveness to customers 70%). The selected KPIs of the products type were (level of product quality 79%, and meeting capacity per target production 73%). Finally, the delivery type contains (quality of delivered goods 79%, and delivery of products with zero defects 76%).

The third perspective (internal processes perspective): This perspective contains total number of (28) KPIs, including three types of KPIs which are cycle time, production, and inventory. The cycle time type comprise (8), the production type comprise only (14), and the inventory type contains (6) , The researcher had chosen (2) KPIs from the first type, (2) KPIs from the second type, and (2) KPIs from the third type according to their highest weight, which means a total number of (6) KPIs from the internal processes perspective. The selected KPIs concerning cycle time type were (supplier cycle time 67%, and purchase order cycle time 66%). Production type had included (accuracy of production planning 77%, and capacity utilization 74%). On the other hand inventory type had comprised (material quality 82%, and material inventory75%).

The fourth perspective (learning and growth perspective): This perspective contains total number of (26) KPIs, including two types of KPIs which are employees and products development. The employee's type comprises (17), the products development type comprises (9). According to their higher weight, the researcher had chosen (3) KPIs from

the first type and (3) KPIs from the second type, which means total number of (6) KPIs from the learning and growth perspective. The selected KPIs concerning employees' type were (employee productivity 65%, employee capability 64%, and corporate social responsibility 63%). Concerning products development type, these KPIs were selected (completion of loaded work 71%, percentage of sales from new product 70%, and process time to maturity 65%). Finally, selected KPIs were put in a model in order to use them in evaluating and measuring supply chain performance, figure (11) illustrate that.

V. Conclusion

Libyan industrial organizations attempt to increase their performance as a requirement for survival in the recent globalized working environment. Measuring the supply chain performance is essential for self-assessment, benchmarking, and implementing the corrective action that satisfies the pre-established strategic directions. The current paper aims to rank a suitable (KPIs) that can be used to measure the performance of the different sectors of the supply chain. The results was developed relying on statistical analysis in which the different key performance indicators for each perspective of the BSC were collected and discussed with the industry experts. The industrial experts who are practising in the different sectors of the supply in Libyan organizations are asked to give an importance level for each KPI of the BSC. Regarding descriptive analysis a number of (24) KPIs were selected for the total number (112). The selection of KPIs was according to the weight gained by respondents, the researcher had chosen the highest percentage of KPIs weight and put them in a model to facilitate the performance measurement process. The industry in Libya is still suffering from many problems due to the war from 2011 till these days and the connections with the world is weak and this lead to shortage in resources and lack of information between the Libyan organizations and the other country specially those which are considered as progressed country.

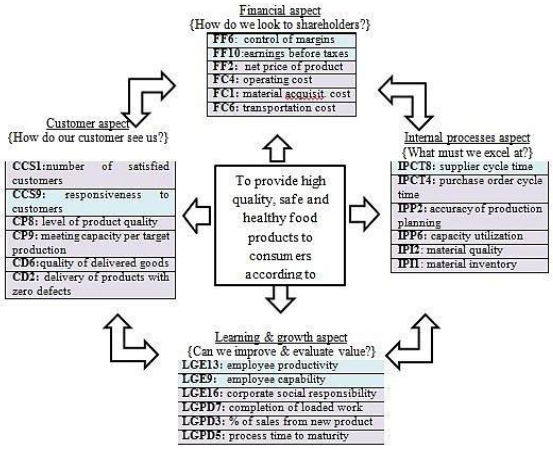


Figure (11) The most important KPI for performance evaluation of Industrial supply chain in Libyan industrial organizations

References.

[1]Azfar, Khan Rai Waqas, Nawar Khan, and Hamza Farooq Gabriel. 2014. "Performance Measurement: A Conceptual Framework for Supply Chain Practices." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 10th International Strategic Management Conference 2014, 150 (September): 803–12. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.089.

[2]Bhagwat, R., and M. K. Sharma. 2007. "Performance Measurement of Supply Chain Management Using the Analytical Hierarchy Process." *Production Planning & Control* 18 (8): 666–80. https://doi.org/10.1080/09537280701614407.

[3]Bigliardi, Barbara, and Eleonora Bottani. 2010. "Performance Measurement in the Food Supply Chain: A Balanced Scorecard Approach." Edited by D. Amaratunga, U. Kulatunga, and C. Liyanage. *Facilities* 28 (5/6): 249–60. https://doi.org/10.1108/02632771011031493.

[4]Cai, Jian, Xiangdong Liu, Zhihui Xiao, and Jin Liu. 2009. "Improving Supply Chain Performance Management: A Systematic Approach to Analyzing Iterative KPI Accomplishment." *Decision Support Systems* 46 (2): 512–21. https://doi.org/10.1016/j.dss.2008.09.004.

[5]Chan, F. T. S. (2003) 'Performance Measurement in a Supply Chain', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 21, pp.534–548.

[6]Dwivedi, Rishi, Kanika Prasad, Nabankur Mandal, Shweta Singh, Mayank Vardhan, and Dragan Pamucar. 2021. "Performance Evaluation of an Insurance Company Using an Integrated Balanced Scorecard (BSC) and Best-Worst Method (BWM)." *Decision Making: Applications in Management and Engineering* 4 (1): 33–50. https://doi.org/10.31181/dmame2104033d.

[7]Essajide, Lhassan, and Rachidi Ali. 2017. "Planning and Modelling of Pharmaceuticals Wholesale-Distributors Supply Chain Using SCOR Model: A Moroccan Case Study." SSRN Scholarly Paper ID 2947573. Rochester, NY: Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/abstract=2947573.

[8]Farajpour Khanaposhtani, Ghassem, Seyyed Shahrokh Jafari, Farhad Ariana, Amir Alaie, and Hamed Salimi. 2017. "Formulating the Supply Chain Strategy of Automotive Industry in Iran Using Balanced Scorecard, System Dynamics, and Game Theory." SSRN Scholarly Paper ID 3343282. Rochester, NY: Social Science Research Network. https://papers.ssrn.com/abstract=3343282.

[9]Gunasekaran, A, C Patel, and Ronald E McGaughey. 2004. "A Framework for Supply Chain Performance Measurement." *International Journal of Production Economics*, Supply Chain Management for the 21st Century Organizational Competitiveness, 87 (3): 333–47. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003.

[10]Gunasekaran, A., C. Patel, and E. Tirtiroglu. 2001. "Performance Measures and Metrics in a Supply Chain Environment." *International Journal of Operations & Production Management* 21 (1/2): 71–87. https://doi.org/10.1108/01443570110358468.

[11]Kaplan, Robert S., and David P. Norton. 1992. "The Balanced Scorecard—Measures That Drive Performance." *Harvard Business Review*, January 1, 1992.

[12]Kirwan, James, Damian Maye, and Gianluca Brunori. 2017. "Acknowledging Complexity in Food Supply Chains When Assessing Their Performance and Sustainability." *Journal of Rural Studies* 52 (May): 21–32. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.03.008.

[13]Lambert, Douglas M., and Terrance L. Pohlen. 2001. "Supply Chain Metrics." *The International Journal of Logistics Management* 12 (1): 1–19. https://doi.org/10.1108/09574090110806190.

[14]Maestrini, Vieri, Davide Luzzini, Paolo Maccarrone, and Federico Caniato. 2017. "Supply Chain Performance Measurement Systems: A Systematic Review and Research Agenda." *International Journal of Production Economics* 183 (January): 299–315. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.11.005.

[15]Mathiyalagan, P., K. Mannan, and P. Parthiban. 2014. "Performance Evaluation in Supply Chain Using Balanced Scorecard." *International Journal of Advances in Mechanical & Automobile Engineering (IJAMAE)* 1 (1): 4–10.

[16]Mishra, Deepa, Angappa Gunasekaran, Thanos Papadopoulos, and Rameshwar Dubey. 2018. "Supply Chain Performance Measures and Metrics: A Bibliometric Study." *Benchmarking: An International Journal* 25 (3): 932–67. https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2017-0224.

[17]Otto, A. and Kotzab, H. (2003), 'Does supply chain management really pay? Six perspectives to measure the performance of managing a supply chain', *European Journal of Operational Research*, Vol. 144, No. 2, pp.306-320.

[18]Qazi, Abroon, Alex Dickson, John Quigley, and Barbara Gaudenzi. 2018. “Supply Chain Risk Network Management: A Bayesian Belief Network and Expected Utility Based Approach for Managing Supply Chain Risks.” *International Journal of Production Economics* 196 (February): 24–42. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.11.008.

[19]Rajabzadeh Ghatari, Ali, Gholamhossein Mehralian, Forouzandeh Zarenezhad, and Hamid Reza Rasekh. 2013. “Developing a Model for Agile Supply: An Empirical Study from Iranian Pharmaceutical Supply Chain.” *Iranian Journal of Pharmaceutical Research : IJPR* 12 (Suppl): 193–205.

[20]Rasolofo-Distler, Fana, and Frédéric Distler. 2018. “Using the Balanced Scorecard to Manage Service Supply Chain Uncertainty: Case Studies in French Real Estate Services.” *Knowledge and Process Management* 25 (3): 129–42. https://doi.org/10.1002/kpm.1572.

[21]Reddy. K, Jagan Mohan, Neelakanteswara Rao. A, and Krishnanand. L. 2019. “A Review on Supply Chain Performance Measurement Systems.” *Procedia Manufacturing*, Digital Manufacturing Transforming Industry Towards Sustainable Growth, 30 (January): 40–47. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.007.

[22]Robert S. Kaplan and David P. Norton, Using the balanced scorecard as a strategic management system, Harvard business review, 74(1):75, 1996.

[23]Sharma, Janpriy, Mohit Tyagi, and Arvind Bhardwaj. 2020. “Parametric Review of Food Supply Chain Performance Implications under Different Aspects.” *Journal of Advances in Management Research* 17 (3): 421–53. https://doi.org/10.1108/JAMR-10-2019-0193.

[24]Sufiyan, Mohd, Abid Haleem, Shahbaz Khan, and Mohd Imran Khan. 2019. “Evaluating Food Supply Chain Performance Using Hybrid Fuzzy MCDM Technique.” *Sustainable Production and Consumption* 20 (October): 40–57. https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.03.004.

[25]Thanki, Shashank, and Jitesh Thakkar. 2018. “A Quantitative Framework for Lean and Green Assessment of Supply Chain Performance.” *International Journal of Productivity and Performance Management* 67 (2): 366–400. https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2016-0215.

[38]Venkatesh, V. G., Abraham Zhang, Eric Deakins, Sunil Luthra, and S. Mangla. 2019. “A Fuzzy AHP-TOPSIS Approach to Supply Partner Selection in Continuous Aid Humanitarian Supply Chains.” *Annals of Operations Research* 283 (1): 1517–50. https://doi.org/10.1007/s10479-018-2981-1.

[26]Wong, Wai Peng. 2009. “Performance Evaluation of Supply Chain in Stochastic Environment: Using a Simulation Based DEA Framework.” *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling* 1 (2–3): 203–228. https://doi.org/10.1504/IJBPSCM.2009.030642.

[27]Xia, De, Qian Yu, Qinglu Gao, and Guoping Cheng. 2017. “Sustainable Technology Selection Decision-Making Model for Enterprise in Supply Chain: Based on a Modified Strategic Balanced Scorecard.” *Journal of Cleaner Production* 141 (January): 1337–48. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.083.

[28]Yadav, Sanjeev, Dixit Garg, and Sunil Luthra. 2020. “Development of IoT Based Data-Driven Agriculture Supply Chain Performance Measurement Framework.” *Journal of Enterprise Information Management* 34 (1): 292–327. https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2019-0369.

[29]Yang, Jianhua. 2009. “Integrative Performance Evaluation for Supply Chain System Based on Logarithm Triangular Fuzzy Number-AHP Method.” Edited by Mian-yun Chen, Yi Lin, and Hejing Xiong. *Kybernetes* 38 (10): 1760–70. https://doi.org/10.1108/03684920910994277.

[30]Yontar, Emel, and Ersöz Süleyman. 2020. “Investigation of Food Supply Chain Sustainability Performance for Turkey’s Food Sector.” *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4 (June): 68. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00068.

[31]Zuniga, Raul, Gabriel Icarte, John Griffiths, Juan Lopez, and Juan Quezada. 2018. “Modeling of Critical Products Supply Chain Required to Affected People on Earthquakes and Tsunamis Through Use of SCOR Model.” In *Dynamics in Logistics*, edited by Michael Freitag, Herbert Kotzab, and Jürgen Pannek, 53–57. Lecture Notes in Logistics. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74225-0_7.

[32] Knoema. (2018) libyan food production index , 1960- 2020 Retrieved June 12,2021 from Knoema website : https://knoema.com//atlas/Libya/Food-production-index.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Statistical Process Control Implementation in Pharmaceutical Industry for production process

Ghada Yassin Alelemee
Quality Manager, GMPMSCO
Lecturer of Quality Control
Alghad University,
Tripoli - Libya
galelamee@yahoo.com

Zedan Hatush
Professor of Civil and Project Management
Tripoli University
Tripoli, Libya
Z.hatush@uot.edu.ly

***Abstract*— The purpose of this paper is to understand the use of statistical process control (SPC) methodology by applying certain quality tool "X bar chart", and measurement of a process using process capability (Cp) and product performance or consistency (Cpk) in pharmaceuticals production process. The used case study was manufacturing process of tablets at IBN Hayan Pharmaceuticals Factory; data were collected through the production process of solid dosage form. A sampling plan was conducted to collect samples of finished products during the entire lot compression at equally spaced time intervals during the compression process of the production time; the critical measurement parameters studied in this paper was two parameters (weight (mg) and Hardness (Kp)).**

The monitoring graph "X Bar Graph" for the two parameters shows that the output data are within the specifications. Process capability (Cp) and product performance (Cpk) of finished product for the studied batches were greater than 1.0 and 1.33 respectively, which means process variation is too low, and production process is capable to produce 99.97% of products comply with specifications. Low variations measured in the studied batches, and then the process should be adjusted to perform at the target values. Generally, it can be concluded that the manufacturing processes are statistically capable repeatedly and reliably to produce finished product of predetermined quality. Therefore, the presented results demonstrated that SPC Monitoring methodology and tools are effective to reduce process variation then continuous improvement.

Keywords— good manufacturing practice (GMP), Statistical Process Control (SPC), Process capability, In Process Control (IPC).

I. INTRODUCTION (*PHARMACEUTICAL INDUSTRY*)

Pharmaceutical industry is characterized as the industry subject to the laws regulating all regarding this industry practices and methods of manufacture, and due to the content their manufacturing process of complexity and as the control and quality assurance of pharmaceuticals is the first duties of the pharmaceutical industry, and test ready-made material is no longer alone sufficient to ensure quality.

The efforts are being made for the application of "good practice for the manufacture of pharmaceutical" from the purchase of raw materials, production and control during manufacturing and control on the final product quality and release, storage, handling and distribution of the product, and most important of all documentation of those methods and practices, and is considered the rules and established Good Manufacturing Practice the spirit of regulations governing the pharmaceutical industry [1].

Control of quality during the manufacturing process (In-process control, IPC) might be done using Statistical Process Control (SPC), which is considered as an industry-standard methodology for measuring and controlling quality during the manufacturing process, It is also defined as a major statistical tool for monitoring of production process to make sure that it works stably. The stability of the production process is reflected by the conformance of the quality characteristics of its products to their designed requirements [2].

II. PRODUCTION PROCESS

A. Pharmaceutical manufacturing

Pharmaceutical manufacturing is a multi-steps process. Each manufacturing step is called a "Unit Operation" Each unit operation produces an intermediate with pre-determined quality specifications that will ensure the quality of the finished product. Pharmaceutical dosage forms, such as tablets, are widely used in today's drug product manufacturing. One of the unit operations in the process of producing tablets is the tablet compression machine. This equipment will apply compression force on the powder mixture containing the active pharmaceutical ingredient and other ingredients.

The result of the compression process is a solid entity known as a tablet. This tablet must have number of critical quality attributes that give the product its identity.

Tablet hardness, friability, disintegration, dissolution, content of active ingredient and dimensions are the important quality attributes to ensure the suitability of the tablet for the intended use.

To evaluate the tablet compression process for a new drug product. Pre-determined numbers of samples (subgroups) were taken at equally spaced time intervals during the entire lot compression process. Samples of tablets were taken at random from each subgroup and the hardness of each tablet was measured using tablet hardness tester. The test results are used to monitor the manufacturing process output that is more likely to cause finished product variability. Routine quality

monitoring of a production process can be accomplished by process control charts.

In the production unit, there are many different types of defects that can occur, for example that the product is cracked, that there are errors in the design, or that information on the product is not correct [3].

B. Monitoring of Production Process

The monitoring of pharmaceutical production is the main and important process which can perform using control charts. The control chart is a graph used to study how a process changes over time. Data are plotted in time order. The control chart always has a central line for the average (X bar), an upper line for the upper control limit (UCL) and a lower line for the lower control limit (LCL), an upper warning limit (UWL) and a lower warning limit (LWL). These lines are determined from historical data. Diagram "X Bar Graph" is made with experimental data obtained from followed produced batches.

The "X Bar Graph" is used in statistic regulation of production and for monitoring [2].

The following equations and fig 1 are used for constructing "X Bar-Graph" as following:

X Bar = sum (xi / k), k = number of batches

Control limits (UCL, LCL) are ± 3% above and below X Bar

Alarm limits (UWL, LWL) are ± 2% above and below X Bar.

Types of regulation diagrams mention above are used in statistic regulation of production and for monitoring corresponding with GMP requirements [4], [5].

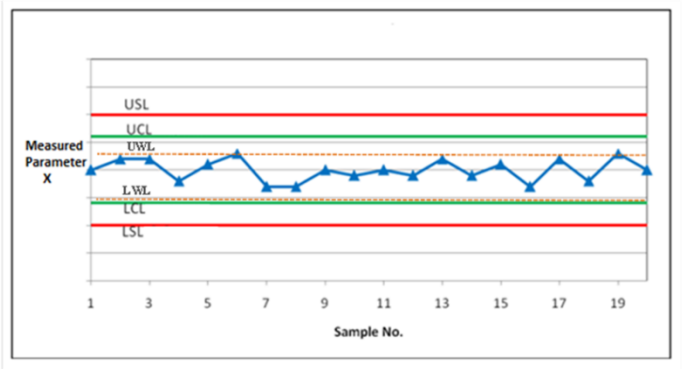


FIGURE-1: CONTROL LIMITS ON "X BAR GRAPH"

C. Process Capability

There are two formulae to calculate process capability:

(a) Process capability ratio (Cp), and

(b) Process performance index (Cpk)

Process capability, for a stable manufacturing process, is the capacity of the process to reach a certain level of quality. For a stabilized process in which factors affecting the standard deviation are properly controlled, process capability, as measured by the quality characteristics of the products of the process, is usually expressed as the mean value plus or minus three times the standard deviation [3].

The Process Capability Index (Cp) is expressed as a ratio to the specified value. It is used to quantitatively evaluate the adequacy of the process capability - whether the variation in the process is within the limits of the specifications.

Table 1 shows the interpretation of Process performance index (Cpk).

Cp= ((USL-LSL))/6S, where, S= Standard deviation

Cp is defined as process capable, and should be Cp ≥ 1 [4]&[6].

Cpk = min.{ ((USL-X))/3S , ((X-LSL))/3S }, where, S= Standard deviation

TABLE 1: INTERPRETATION OF CPK

Cpk	Evaluation	Assessment
Cpk > 1.33	Good	Process Capability completely meets specifications
1.33 ≥ Cpk <1.00	Acceptable	Process Capability does not completely meet specifications; process control should be continued
1.00 ≥ Cpk	Inadequate	Process capability inadequate; improvements should be made

Cpk index value means:

Cpk	Good products
0.33	68.3%
0.67	95.5%
1.00	99.7%
1.33	99.97%

III. RESEARCH METHODOLOGY

A. Methodology

The methodology used in this study is by collection of data during production process (In-process control) in Pharmaceutical Factory, where producing of Tablets process was chosen to ensure conformity of the GMP requirements. The chosen product was Paracetamol 500mg tablets, the measured specifications for three following success batches were written in the batch manufacturing record, and the samples were taken during the entire lot compression at equally spaced time intervals during the compression process of the production time. The numbers of sub-groups of samples were (10 samples), the critical measurement parameters are weight (mg), Hardness (Kp), Friability (%) and Disintegration Time (min).

All the data generated from the process are plotted in SPC Control charts for monitoring the production process.

Analysis of the process capability using the critical parameters: weight variations and hardness have been done to show the capability of production process to produce product complying with the specifications.

B. Practical Study

The study is take place in a pharmaceutical factory IBN Hayan pharmaceutical factory "IH pharma" located at Tripoli-Libya. The factory is producing solid dosage form (Tablets). Products are manufactured and released as per Good Manufacturing Practices GMP.

The central problem to be solved by implementing SPC at "IH pharma" was to identify out-of-control situations and processes in the production. IPC data from "IH pharma" Batch Records were taken as a case study, the chosen product was paracetamol 500mg Tablets, samples for three followed batches were taken during the production process (In-Process control).

The obtained data were in real-time during compression of tablets process for each 5 minutes of production time, the number of sub-groups of samples were (10 samples).

In this paper the weight of tablets (mg) and hardness of tablets (Kp) as critical measurement parameters, IPC data then plotted on "X- Bar graph" Chart with pre-determined control limits are studied, Control limits are determined.

The IPC data obtained from the batch records are shown in Table (2).

TABLE 2: IPC DATA OF HAYADOL 500MG TABLETS

	Batch No. 1		Batch No. 2		Batch No. 3	
	Weight, mg	Hardness, Kp	Weight, mg	Hardness, Kp	Weight, mg	Hardness, Kp
Sample No. 1	609.6	11.5	607.6	10.8	597.3	7.8
Sample No. 2	610.8	11.1	612.2	10.9	596.3	8.8
Sample No. 3	611.1	10.9	611.8	11.4	599.7	10.1
Sample No. 4	615.9	11.7	606.0	11.6	502.1	10.9
Sample No. 5	617.1	11.8	609.1	11.5	598.9	10.2
Sample No. 6	613.6	12.2	609.5	12.1	600.3	10.3
Sample No. 7	628.1	10.8	615.6	10.4	597.9	9.8
Sample No. 8	612.6	11.2	606.8	10.8	604.0	11.5
Sample No. 9	610.8	11.9	608.9	11.3	603.4	8.5
Sample No. 10	610.5	11.8	606.8	9.8	601.8	10.2
Sample No. 11	615.4	10.6	611.1	10.1	598.9	9.5
Sample No. 12	613.2	11.1	615.6	10.9	600.8	9.7
Sample No. 13	609.9	11.7	610.5	11.4	603.8	9.9
Sample No. 14	610.0	9.9	611.9	10.5	598.4	8.7
Sample No. 15	616.7	10.3	610.9	10.1	604.3	9.1
Sample No. 16	615.9	11.8	613.7	12.0	601.2	8.9
Sample No. 17	616.3	10.1	612.2	11.9	601.7	9.0
Sample No. 18	613.8	10.9	609.7	11.6	603.7	8.5
Sample No. 19	616.7	9.1	611.7	10.9	601.2	8.7
Sample No. 20	614.4	10.5	610.1	11.2	598.3	9.6

IV. RESULTS AND DISCUSSION

A. Weight of Tablets (mg)

The procedure for calculation was made through manual collection and registration in a designed MS Excel spreadsheet the results are shown in Table (3).

TABLE (3) CALCULATIONS OF CONTROL LIMITS OF WEIGHT FOR PARACETAMOL 500MG TABLETS

	av. X	av.s	Av.R	Cp	Cpk
Batch Number 1	614.1	4.2	18.5	2.4	1.26
Batch Number 2	610.6	2.7	9.6	3.7	2.42
Batch Number 3	600.7	2.4	8.0	4.1	4.02
Average weight = 600mg USL = 630 mg LSL = 570 mg UCL = 618 mg LCL= 582 mg UWL = 612 mg LWL= 588 mg					

The calculated control limits of weight of paracetamol 500mg Tablets are plotted on Monitoring Figures 2,3,4

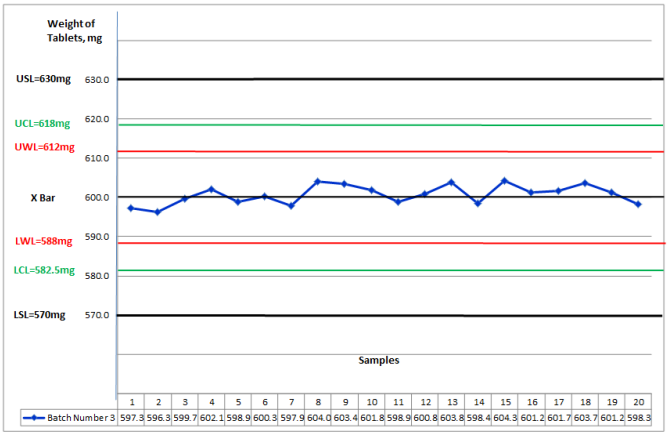


FIGURE-2: MONITORING GRAPH FOR WEIGHT (MG) – BATCH NUMBER 1

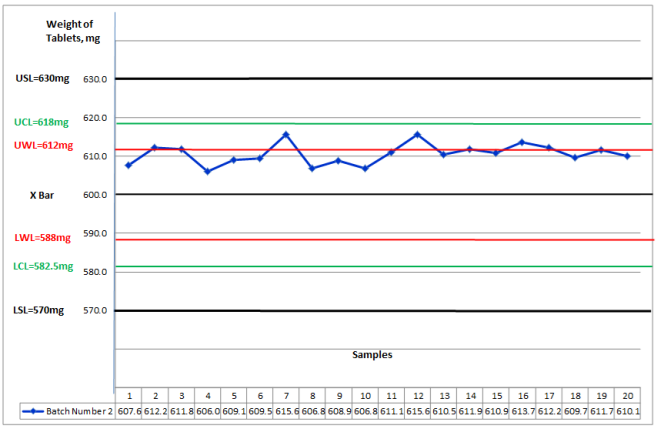


FIGURE-3: MONITORING GRAPH FOR WEIGHT– BATCH NUMBER 2

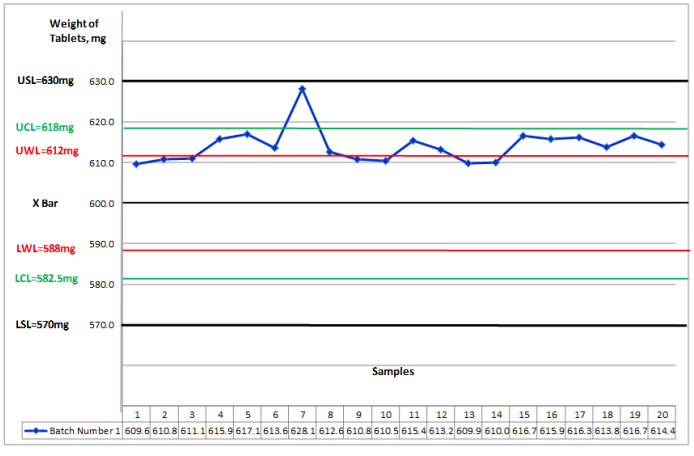


FIGURE-4: MONITORING GRAPH FOR WEIGHT– BATCH NUMBER 3

Figure (2) for control chart represents that sample No. 7 (628.1 mg) is upper the control limit (620 mg) and less than the upper specification limit (630 mg), and the other samples within the control limits. This results effect on the value of Cpk which was equal to 1.26, and lies between 1.0 and 1.33, which means 99.934 % of products are good quality and process need more control and adjustment to decrease the variations.

Figure (3 and 4) show samples within the control limits and 99.97% of produced products of related batches are good quality.

B. Hardness of Tablets (Kp)

The procedure for calculation was made through manual collection and registration in a designed MS Excel spreadsheet the results are shown in Table (4).

TABLE (4) CALCULATIONS OF CONTROL LIMITS OF HARDNESS (KP) FOR PARACETAMOL 500MG TABLETS

	av.X	av.s	Av.R	Cp	Cpk
Batch Number 1	11.0	0.8	2.3	1.3	2.06
Batch Number 2	11.1	0.7	2.3	1.6	2.51
Batch Number 3	9.5	0.9	3.7	1.1	1.24
USL = - LSL = 6.12 Kp					

The calculated control limits of hardness are plotted on Monitoring Figures 5,6,7.

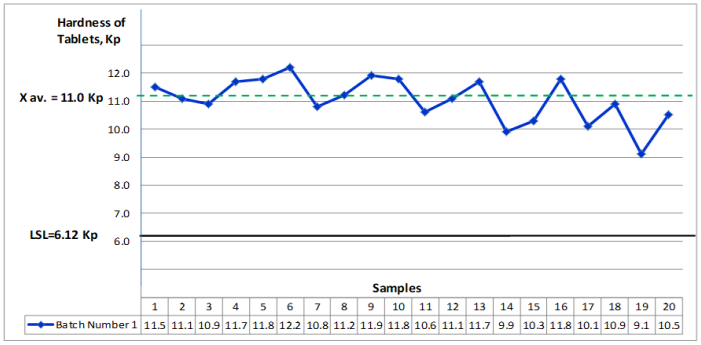


FIGURE-5: MONITORING GRAPH FOR HARDNESS– BATCH NUMBER 1

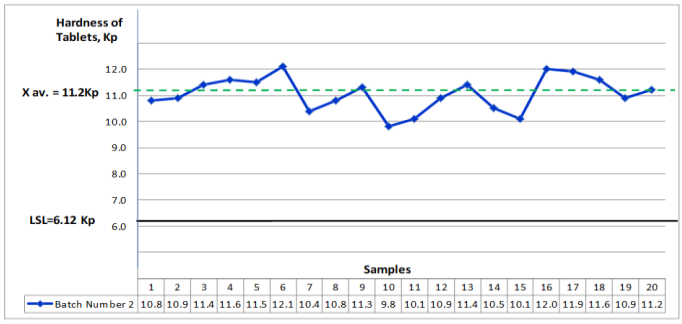


FIGURE-6: MONITORING GRAPH FOR HARDNESS– BATCH NUMBER 2

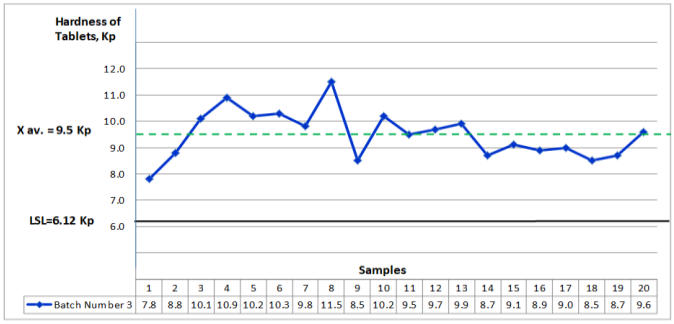


FIGURE-7: MONITORING GRAPH FOR HARDNESS– BATCH NUMBER 3

Figure (5) and (6) show all samples are above the lower specification limit (6.12 Kp) and the value of Cpk is more than 1.33, which means 99.97 % of products are good quality and variations are very low.

Figure (7) shows variation in Hardness and Cpk values is (1.24) which is lies between 1.0 and 1.33, which means 99.916% of products hardness are good and process need more control and adjustment to decrease the variations. Generally, we consider the manufacturing process is in control.

V. Conclusions and recommendations

To achieve high level of product quality in pharmaceutical industry, it must be follow the Good Manufacturing Practices regulations, monitoring of processes is one of the requirements by GMP, monitoring should be done using SPC tool (control charts) and measurement of process using process capability (Cp) and product performance or consistency (Cpk).

If Cp greater than 1.0 and Cpk greater than 1.33, which indicate that process is capable to meet specifications. In this paper the manufacturing process for producing of paracetamol 500mg tablets at IBN Hayan pharmaceutical factory had been measured and analyzed using statistical process control methods and found that the production process is statistically capable repeatedly and reliably to produce finished product of predetermined quality.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank all Staff at "IBN Hayan Pharmaceutical Factory", especially Dr. Abdufttah Masoud who helped us in this case study and quantitative data collection from the factory.

We must also thank my colleagues at Al Ghad University (Faculty of Pharmacy), especially Dr. Lila El-Fitouri who provided us technical guidance and appropriate literature.

REFERENCES

[1] WHO Guidelines on good manufacturing Practices (GMP), available on: http://apps.who.int/medicinedocs/_ documents/s14215e/s14215e.pdf .

[2] Berardinelli Carl , "A Guide to Control Charts ". iSixSigma newsletter. (Monday, Feb. 22, 2016): available on http://www.isixsigma.com/tools-templates/control-charts/a-guide-to-control-charts/

[3] International Journal of Pharmaceutical and Life Sciences: Process Capability Analysis in Pharmaceutical Production by Mohammed Raihan Chowdhury, ISSN 2305-0330 Volume 2, Issue 2: March 2013.

[4] M Process Capability Analysis, available on: http:\\www.isixsigma.com\st\proces_capability

[5] X bar and R CHARTS: Theoretical Control limits for charts, available on: http:\\ www.isixsigma.com\offiste.asp?A=Fr&U.1.htm1

[6] e-Handbook of Statistical Methods, available on: http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/, date: 02 March 2013.

[7] Journal of GXP Compliance: GMP Audit by Brandt C., 2014, Vol. 18 Issue 3

[8] PharmaTutor Magazine: A Review on Good Manufacturing Practice (GMP) for Medicinal Products by Chaudhari V., 2014, Vol. 2, Issue 9.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

مدى مطابقة البرامج التدريبية للمواصفة القياسية ISO 10015وأثرها على الأداء الوظيفي للمهندسين (دراسة تطبيقية لشركة الواحة للنفط)

فاطمة محمد شلابي
جيولوجي ثاني ، شركة الواحة للنفط ، طرابلس ، ليبيا
Mohamedfatma252@yahoo.com
زيدان علي حتوش
عضو هيئة تدريس قسم الهندسة المدنية جامعة طرابلس ، طرابلس ، ليبيا
z.hatush@uot.edu.ly

المستخلص: إن كفاءة أداء العاملين في أي مؤسسة يمثل مطلبا أساسيا لأنه يعد الناتج النهائي الذي تسعى إلى تحقيقه جميع المؤسسات، وهو مؤشر يدل على نجاح المؤسسة أو فشلها كما إن الرقي بمستوى الأداء الوظيفي للمهندسين يتوقف على عدة عوامل تؤثر عليه منها عوامل بيئة العمل، وعوامل شخصية وتنظيمية ، من خلال توفير وتطبيق أفضل أساليب التدريب.

تعاني العديد من الإدارات الهندسية في شركة الواحة للنفط من ضعف أداء مهندسيهم، أدى إلى تأخير في تنفيذ الأعمال المؤكلة إليهم، ويرجع ذلك إلى عدد من الأسباب ساهمت في تدني الأداء، ومن أهمها: القصور في تخطيط وتنفيذ ومتابعة العملية التدريبية لمهندسين.

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مدى مطابقة البرامج التدريبية الهندسية للمواصفة القياسية **ISO 10015** وأثرها على الأداء الوظيفي للمهندسين داخل شركة الواحة للنفط فرع طرابلس. ولتحقيق أهداف الدراسة استخدمت الدراسة المنهج الاستقرائي بالجانب النظري من خلال الاطلاع على مفهوم التدريب والتعرف على مراحل تنفيذ العملية التدريبية وفق المواصفة القياسية الدولية للتدريب، بالإضافة إلى دور التدريب في تحسين الأداء. بينما أتبع المنهج الوصفي التحليلي أسلوب المقابلة الشخصية مع عينة من المهندسين في عدد من الإدارات الهندسية في شركة الواحة للنفط، لمعرفة أراء المختصين والعاملين لمدى توفر بنود المواصفة القياسية الدولية **ISO 10015** بالعملية التدريبية الحالية. وكان حجم العينة (23) موظفاً، تم تحليل البيانات بالأساليب الإحصائية الوظيفية وكذلك اختبار فرضيات الدراسة باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية الاجتماعية.

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهما: التطبيق كان جزئي للعملية التدريبية بالشركة الواحة وفق المواصفة القياسية الدولية للتدريب بما نسبته (55%). وأن هناك ضعف في أداء المهندسين نتيجة عدم تنفيذ البرامج التدريبية بالصورة المطلوبة.

الكلمة الاستفتاحية :البرامج التدريبية ، المواصفة القياسية **IS10015** ،الاداء الوظيفي لمهندسي شركة الواحة للنفط .

1. المقدمــة.

التدريب هو مجموعة الأفعال التي تسمح لأعضاء المنظمة أن يكونوا في حالة من الاستعداد والتأهب بشكل دائم ومتقدم من أجل وظائفهم الحالية والمستقبلية في إطار منظمتهم وبيئتها.

القدرة على أداء الوظيفة شيء مهم، وهو الهدف من عملية الاختبار للموظف، ولكن أن نعرف كيف نؤدي هذه الوظيفة بكفاءة وفعالية في إطار المناخ التنظيمي الموجود، أي أن امتلاك المعرفة النظرية والعملية شروط ضرورية للنجاح ولكنها غير كافية إو لا بد أيضًا من توافر الرغبة في العمل، فالإنسان لا يعمل وحده وإنما يعمل مع آخرين ربما تتعارض أهدافهم أو أغراضهم، ولا بد أن يعرف كيف يعمل الجميع في إطار التعاون وروح الجماعة [1].

التدريب عملية مدروسة لتعديل الاتجاه أو المعرفة أو المهارات من خلال اكتساب بعض الخبرة لتحقيق أداء فعال في نشاط واحد أو مجموعة الأنشطة ويتمثل الهدف من هذه العملية في المواقف الخاصة بالعمل و تطوير قدرات الأفراد لتلبية احتياجات الأشخاص العاملين في المؤسسة في الوقت الحاضر وفي المستقبل [2].

هناك الكثير من المؤسسات تفشل بسبب القصور في تدريب مستخدميها بشكل كاف والتي كان من الممكن أن تعمل بكفاءة لولا وجود هذا السبب.

أن التدريب الفعال يمثل عنصراً أساسياً للأداء الفعال أيضاً. ولذا فأن التدريب عملية مستمرة ومن السبل القادرة على تجهيز الفرد والجماعات بمعارف ومهارات وقدرات وأراء يستطيعون من خلالها تحقيق الأهداف وإنجازها وتحسين الأداء باستمرار[3].

أن النشاط التدريبي وفقاً لهذا المفهوم أنما هو عملية مستمرة يمارسها الإنسان منذ ولادته وتستمر مرافقة له طيلة حياته ومقتضيات تحقيق أهداف وإشباع حاجاته المتنامية داخل إطار المنظمات التي يعمل بها الفرد، باعتبار أن المنظمة وحدة اجتماعية هادفة يستقي من خلالها الأفراد العديد من القدرات الكفيلة بتحقيق أهدافهم التي يعملون بها باستمرار.

لذلك رأت الباحثة أن تتطرق إلى هذا الموضوع بشكل من التفصيل في احد أهم المرافق الحيوية لإنتاج النفط والغاز في ليبيا (شركة الواحة للنفط) للوقوف على اثر التدريب على الأداء الوظيفي للمهندسين.

2. منهجية الدراسة

لكي يتم تقييم مدى مطابقة البرامج التدريبية الهندسية للمواصفة القياسية ISO 10015 وأثرها على الأداء الوظيفي للمهندسين داخل شركة الواحة للنفط تم وضع قائمة من الاسئلة للمقابلة تم تعريفها وفق بنود وقائمة الفحص للمواصفة القياسية للتدريب ISO 10015، يمثل كل سؤال في المقابلة الشخصية نشاط أو مهمة ضمن المبدأ، وبذلك تعد اسئلة المقابلة الشخصية بمثابة دليل للتحقق من مدى مطابقة البرامج التدريبية الهندسية للمواصفة القياسية ISO 10015 داخل شركة الواحة للنفط. إن أسئلة المقابلة الشخصية التي تم وضعها يمكن من خلالها تحديد نقاط قوة وضعف أداء العملية التدريبية الأساس، فضلاً عن نقاط قوة وضعف إداراته،

بالدرجة

بالتالي تعزيز نقاط القوة ووضع برنامج لمعالجة نقاط الضعف من خلال عملية التحسين المستمر للوصول إلى المتطلبات الكاملة لجميع مهام أو نشاطات كل مبدأ من مبادئ المواصفة [4].

تعتبر المقابلة من الأدوات المهمة في البحث العلمي. وتعد أسلوب هام في ميادين عديدة مثل الطب والصحافة والمحاماة وإدارة الأعمال والخدمة الاجتماعية و برزت كأداة بحث رئيسة في مجال التشخيص والعلاج النفسي كما أنها تعتبر من الأساليب شائعة الاستعمال في البحوث الميدانية لأنها تحقق أكثر من غرض في نفس البحث[5]. ولا بد من التنويه إلى أن المقابلة كأداة من أدوات البحث العلمي ليست مجرد مقابلة عرضية تتم بصورة عفوية، بل هي علمية في منهجها وأدائها بكل ما تحمل الكلمة من معنى، سواء على مستوى الإعداد والتخطيط أو على مستوى التنفيذ والتقويم.

اتبعت الدراسة اسلوب المقابلة الشخصية مع عينة عشوئية بسيطة من خلال المقابلة الشخصية مع عدد 7 ادارات هندسية بالشركة وهي: إدارة الحفر وصيانة الابار، ادارة الاستكشاف، ادارة الهندسة، ادارة التخطيط، ادارة المشاريع الكبري،ادارة العمليات، وأخيرا إدارة التدريب. تم أختيار عينة عشوائيه تتكون من (23) شخصاً من مجتمع الدراسة إجريت معهم المقابلات الشخصية [6] .

جدول (1) يوضح بيان تفصيلي لأفراد المقابلات الشخصية

التسلسل	الصفة	الإدارة
1	رئيس قسم	الحفر وصيانة الآبار
2	مهندس	
3	مهندس	
4	رئيس قسم	التخطيط
5	مهندس	
6	مهندس	
7	مدير إدارة	العمليات
8	مهندس	
9	مهندس	
10	رئيس قسم	الهندسة
11	رئيس قسم	
12	مهندس	
13	مهندس	الاستكشاف
14	مهندس	
15	مهندس	
16	رئيس قسم	المشاريع الكبرى
17	مهندس	
18	مهندس	
19	مدير إدارة	التدريب
20	رئيس قسم	
21	مدير دائرة تدريب خارجي	
22	مدير دائرة تدريب داخلي	
23	رئيس قسم	

المصدر: من إعداد الباحثة

ويمكن تعريف المقابلة على انها محادثة موجهة بين الباحث والشخص أو أشخاص آخرين بهدف الوصول إلى حقيقة أو موقف معين، يسعى الباحث للتعرف عليه من أجل تحقيق أهداف الدراسة. كما هي وسيلة شفوية، (مباشرة أو هاتفية أو تقنية لجمع البيانات، يتم خلالها سؤال فرد أو خبير عن معلومات لا تتوفر عادة في الكتب أو المصادر الأخرى .

من هنا يمكن أن نستنتج أن المقابلة هي لقاء بين شخصين فأكثر لتحقيق هدف ما، من خلال طرح الأسئلة الهادفة من قبل المقابل على شخص تجري معه المقابلة، والتي يصاحبها عدة الكثير من الانفعالات الناجمة عن سؤال ورد فعل على هذا السؤال، وكل هذه العملية تهدف إلى جمع أكبر قدر من المعلومات والبيانات المقصودة من الباحث ليستفيد منها في تحقيق هدفه من المقابلة.

1-2 أهمية المقابلة :

- تعتبر عملية تتيح الفرصة للمستجيب للتعبير الحر عن الآراء والأفكار والمعلومات.
- تعتبر المقابلة مصدراً كبيراً للبيانات والمعلومات فضلاً عن كونها أداة للتعبير والتوعية والتفاعل الديناميكي.

2-2 أنواع المقابلة :

تنوعت تقسيمات وتصنيفات الباحثين للمقابلة، وربما يعود السبب في هذا التنوع والتعدد إلى تنوع الأهداف والغايات من إجرائها فالمقابلات تختلف في أغراضها وطبيعتها ومداها.

- **المقابلة الفردية:** التي تتم بين الباحث والمفحوص (المستجيب) وتعتبر أكثر الأنواع شيوعاً لأنها تتم بين المقابِل والمستجيب. وهي التي استخدمتها الباحثة في هذه الدراسة.
- **المقابلة الجماعية:** وتتم بين الباحث وعدد من الأفراد في مكان واحد ووقت واحد من أجل الحصول على معلومات أوفر في أقصر وقت وأقل جهد وغالباً يستخدم هذا النوع من المقابلات لإعطاء المعلومات أكثر مما يستخدم لجمعها.

3-2 مزايا المقابلة :

1. يمكن استخدامها في الحالات التي يصعب فيها استخدام الاستبانة كأن تكون العينة من الأميين أو من صغار السن.
2. توفر عمقاً في الإجابة لإمكانية توضيح وإعادة طرح الأسئلة وحتى يتسنى للمستجيب فهم جيد للأسئلة المطروحة.
3. تستدعي معلومات من المستجيب يصعب الحصول عليها بأي طريقة أخرى لأن الناس بشكل عام يحبون الكلام أكثر من الكتابة.
4. توفر إمكانية الحصول على إجابات من معظم من تتم مقابلتهم 95% وربما يزيد إذا ما قورنت الاستبانة 40% تقريبا بدون متابعة.
5. توفر مؤشرات غير لفظية تعزز الاستجابات وتوضح المشاعر كنغمة الصوت وملامح الوجه وحركة العينين والرأس.
6. وسيلة مناسبة لجمع المعلومات عن القضايا الشخصية والانفعالية والنفسية الخاصة بالمستجيبين، وهي أمور من الصعب جمعها بطرق أخرى كالوثائق والاستبيانات.
7. توقيت المقابلة: حيث يستطيع الباحث تسجيل زمان ومكان إجراء المقابلة.

3- نموذج أسئلة المقابلة الشخصية

ليتم تقييم مدى مطابقة البرامج التدريبية الهندسية للمواصفة القياسية ISO 10015 داخل شركة الواحة للنفط تم تصميم أسئلة المقابلة الشخصية بحيث تكون شاملة لجميع الجوانب الخاصة بالتقييم المتعلقة بالمواصفة القياسية ISO 10015 ، وقد تم إعداد هذه الأسئلة والتوصل إليها من خلال الاطلاع على بنود المواصفة القياسية للتدريب ISO 10015 ومن خلال مقابلات العصف الذهني مع عدد من ذوي الخبرة في مجال إدارة التدريب [7] .

تم إجراء المقابلات الشخصية مع أفراد الدراسة والتي استغرق إجراءها أسبوعين ، يمكن تلخيصها كالأتي :

1-2القسم الأول: بيانات عامة عن عينة الدراسة يهدف إلى التعرف على عينة أفراد المقابلات الشخصية من حيث الخبرة والمؤهل و.....الخ.

2-2 القسم الثاني: مدى إلمام أفراد المقابلات الشخصية بالمواصفات المتعلقة بالتدريب

يهدف إلى التعرف إلى مدى إلمام عينة أفراد المقابلات الشخصية بالعملية التدريبية وفق المواصفة القياسية للتدريب وعدد البرامج التدريبية التي خاضوها خلال السنوات الأخيرة.

3-2 القسم الثالث: مدى مطابقة البرامج التدريبية الهندسية للمواصفة القياسية ISO 10015 بشركة الواحة للنفط:

يتطرق هذا القسم إلى تقييم مدى توفر متطلبات معايير العملية التدريبية بالإدارات الهندسية بشركة الواحة للنفط وقد تضمن القسم على ستة محاور وهي:

1-3-2 بيانات عامة وإرشادات عن العملية التدريبية:

يتكون هذا المحور من (4) عبارات تعكس مدى تطبيق إرشادات التدريب المنصوص عليها بالمواصفة القياسية في البرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط.

2-3-2 تحديد الاحتياجات التدريبية:

يتكون المحور من (13) عبارة تعكس مدى تطبيـــق مرحلة إجراءات تحديد الاحتياجات التدريبية المنصوص عليها بالمواصفة القياسية في البـرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط.

3-3-2 تصميم وتخطيط الخطة التدريبية:

يتضمن هذا المحور (8) عبارات تعكس مدى تطبيق مرحلة تصميم وتخطيط الخطة التدريبية المنصوص عليها بالمواصفة القياسية في البرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط.

4-3-2 تقديم التدريب:

يتكون المحور من (8) عبارات تعكس مدى تطبيق مرحلة تقديم التدريب المنصوص عليها بالمواصفة القياسية في البرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط.

5-3-2 تقييم نواتج التدريب:

يتكون المحور من (6) عبارات تعكس مدى تطبيق مرحلة تقييم نواتج التدريب المنصوص عليها بالمواصفة القياسية في البرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط.

6-3-2 تقييم مراقبة وتحسين العملية التدريبية:

يتكون المحور من عبارتين تعكس مدى تطبيق مرحلة تقييم مراقبة وتحسين العملية التدريبية المنصوص عليها بالمواصفة القياسية في البرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط.

4-2 القسم الرابع: تأثير التدريب في تحسين الأداء للمهندسين:

يتضمن هذا المحور على (10) عبارات والتي تعكس دور التدريب في تحسين أداء الوظيفي للمهندسين في عدد من الإدارات الهندسية بشركة الواحة للنفط وفق الجدول (2) .

جدول (2) يوضح بيان تفصيلي لعدد العبارات واسئلة المقابلة الشخصية وفق كل محور.

ت	المبدأ	عدد العبارات
1	بيانات عامة عن العملية التدريبية	4
2	تحديد الاحتياجات التدريبية	13
3	تصميم وتخطيط الخطة التدريبية	8
4	تقديم التدريب	8
5	تقييم نواتج التدريب	8
6	مراقبة وتحسين العملية التدريبية	2
7	تأثير التدريب في تحسين الأداء	10

4- مقياس الدراسة

لتحليل كل محور من محاور المقابلة الشخصية، تمّت صياغة أسئلة المقابلات الشخصية ضمن عبارات

تكفي لقياس كل محور من هذه المحاور، وتم اختيار المحاور والعبارات الخاصة بها وصياغتها بحيث تكون ملائمة للبعد الذي وضعت لقياسه وشاملة للبعد أو المجال الذي تنتمي إليه. تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي لأسئلة المقابلة الشخصية وتم تحديد اتجاهاتها وفق الجدول(3) .

جدول (3) يوضح تحديد الاتجاهات للفقرات وفق مقياس ليكرت الخماسي حسب المتوسط المرجح.

م	المتغيرات	المتوسط المرجح	النسبة المئوية
1	غير موافق إطلاقا- غير مؤثر إطلاقا	1.79 -1	من 36% فأقل
2	غير موافق- غير مؤثر	2.59 - 1.80	من 37% إلى 52%
3	إلى حد ما	3.39 - 2.60	من 53% إلى 68%
4	موافق – مؤثر	4.19 - 3.40	من 69% إلى 84%
5	موافق بشدة- مؤثر بشدة	5 – 4.20	من 85% إلى100%

5- الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات:

تم تحليل البيانات بقوائم الفحص باستخدام حزمة برنامج الجداول الالكترونية EXCEL File وبرنامج التحليل الإحصائي الجاهزة SPSS وذلك باستخدام الأساليب الإحصائية التالية : [8]

5-1 التوزيع التكراري:

وهو جدول يتكون من خانة تحتوي على الإجابات ويقابلها التكرار أي عدد المرات التي تم فيها اختيار هذه الإجابة من قبل المجيبين، وتستخدم لوصف طبيعة الإجابات حول ظاهرة معينة.

5-2 مقاييس النزعة المركزية:

يمكن تلخيص إجابات العينة بمؤشرات إحصائية ومن أهم تلك المؤشرات مقاييس النزعة المركزية وذلك لقياس درجة إجابات المبحوثين على عبارة معينة. ومن أهم هذه المقاييس المتوسط الحسابي.

5-3 مقاييس التشتت:

وهي إحدى المؤشرات الإحصائية لقياس درجة الاختلاف بين إجابات أفراد العينة على عبارة معينة.

وكلما كانت درجة الاختلاف عالية كلما كان مقياس التشتت عاليا ومن أهم مقاييس التشتت (الانحراف المعياري).

في حالة وجود تكرار يحسب من المعادلة التالية:-

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum f_i (X_i - \overline{X})^2}{\sum f_i}}$$

.....(1)

حيث أن: f = التكرار، x = وزن الفقرة، $\overline{X}$ = المتوسط الحسابي

يحسب الانحراف المعياري بدون تكرار من المعادلة التالية:

$$Si = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \overline{X})^2}{n}}$$

.....(2)

x = عدد إجابات العينة على كل فقرة، $\overline{X}$ = المتوسط الحسابي، n = حجم العينة

5-4 اختبار ألفا كرونباخ

اختبار ألفا كرونباخ يعد من الاختبارات الإحصائية المهمة لتحليل بيانات الاستبيان أو المقابلة، وهو اختبار يبين مدى ثبات إجابات مفردات العينة على أسئلة المقابلة والاستبيان، ويتم إيجاده باستخدام المعادلة التالية: [9]

$$\alpha = \left(\frac{N}{N-1}\right)\left(1 - \frac{\sum \sigma^2_q}{\sigma^2_t}\right)$$

.....(3)

α = معامل الثبات.

N= عدد الأسئلة في الاستبيان.

σ^2_q = تباين السؤال.

σ^2_t = تباين جميع الأسئلة.

5-5 اختبار (T) للعينة:

استخدم اختبار(T) كأسلوب مناسب، لاختبار فرضيات الدراسة عندما يكون الانحراف المعياري للعينة غير معلوم، وعينة الدراسة تتوزع توزيعا طبيعيا. وتتبع هذه الدراسة أسلوب مستوى الدالة المعنوية (P- value or Sig) لاختبار فرضيات الدراسة حيث يتم مقارنة قيمة مستوى الدالة المعنوية المحسوبة Sig مع قيمة مستوى الدالة المعتمدة في الاختيار(عند مستوى ثقة 95% أو 90% أو 99.99%)، وتنص قاعدة القرار إلى قبول الفرضية الصفرية إذا كأن قيمة Sig المحسوبة أكبر من مستوى المعنوية المحدد سلفاً أو المعتمدة بالدراسة(0.05 أو 0.01 أو 0.10). أما إذا كأن قيمة Sig المحسوبة أصغر من مستوى المعنوية المحدد سلفاً او المعتمدة من الباحث فأن قاعدة القرار تنص على رفض الفرضية الصفرية وبالتالي قبول الفرضية البديلة، وهذا الأسلوب هو المستخدم في هذه الدراسة.

ويمكن حساب قيمة T المحسوبة من المعادلة التالية :

$$t = \frac{\ddot{x} - a}{s/\sqrt{n}}$$

.....(3)

$\ddot{x}$ =المتوسط الحسابى ، a = قيمة ثابتة (المتوسط قيد الاختبار) ،
s = الانحراف المعيارى للعينة، n =العينة

6- النتائج والتوصيات

6-1 الاستنتاجات

من أهم الاستنتاجات المقترحة والتي تساهم في تعزيز نقاط القوة ومعالجة نقاط الضعف و تحقيق الأهداف المرجوة من أجل الرفع من مستوى الأداء الوظيفي للمهندسين بالتدريب والتطوير. في هذا الجزء من الدراسة نورد نتائج تحليل الاستبيان و مدى مطابقة البرامج التدريبية الهندسية لإدارات الهندسية بشركة الواحة للنفط للمواصفة القياسية الدولية للتدريب وفيما يلي عرض لهذه النتائج:

1. قصور وقلة تنفيذ الدورات التدريبية والتاهيلية خلال السنوات الخمس الأخيرة، حيث بلغ عددهم (11) مفردة ما نسبته (48%) من عينة الدراسة.
2. أغلب أفراد المقابلات الشخصية أفادت بأنهم شاركو في مرحلة " تحديد الاحتياجات التدريبية"، بينما توجد مشاركة ضعيفة ولا تذكر في مرحلة "تقييم نواتج التدريب".
3. قصور وقلة الإلمام بالمواصفة لأغلب أفراد المقابلة حيث لم يسبق لهم الاطلاع عليها.
4. أظهرت نتائج الدراسة الميدانية بأنه يوجد تطبيق جزئي لبند (إرشادات التدريب) للمواصفة في البرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط ما نسبته (59%).
5. بخصوص بند(تحديد الاحتياجات التدريبية) خلصت الدراسة أنه يوجد تطبيق جزئي لهذا البند بنسبة (46%) حسب متطلبات المواصفة القياسية الدولية للتدريب . بينت الدراسة أنه يوجد قصور في تطبيق إستراتيجية التخطيط للتدريب من حيث تحديد الاحتياجات التدريبية، ومن حيث التخطيط المسبق لعملية التدريب من قبل مكتب تنمية وتطوير الموارد البشرية.
6. يوجد تطبيق جزئي ما نسبته (49%) حسب متطلبات المواصفة القياسية الدولية للتدريب ببند (تصميم و تخطيط الخطة التدريبية)،بينما يوجد تطبيق جزئي ما نسبته (59%) حسب متطلبات المواصفة ببند (تقديم التدريب).
7. بينت الدراسة أنه يوجد ضعف في تقييم ومتابعة التدريب للتأكد من فاعليته وتحقيق الأهداف المرسومة.
8. أتضح أن التقييم العام للبرامج التدريبية الهندسية بشركة الواحة للنفط وفق بنود المواصفة القياسية الدولية للتدريب أنه يوجد تطبيق جزئي أي ما نسبته (55%) من بنود المواصفة. وهذا إثبات صحة الفرضية الصفرية البديلة والتي تنص على " إن

تطبيق جزئي للعملية التدريبية بالشركة الواحة وفق المواصفة القياسية الدولية للتدريب، بالاعتماد على نتائج الدراسة وما تم التوصل إليه من حقائق ومعلومات، استخلصت الباحثة من أنه هناك بنود تحتاج إلى التحسين: وهما بند تحديد الاحتياجات التدريبية وبند تصميم وتخطيط الخطة التدريبية.

9. عدم وجود معايير لقياس أثر التدريب على المتدربين بالإدارات الهندسية بشركة الواحة للنفط نتيجة عدم استخدام نماذج تقييم أثر التدريب على المتدربين بعد عودتهم من البرامج التدريبية الهندسية لممارسة عملهم.

10. توجد فروق ذات دلالة إحصائية حول مدى تطبيق العملية التدريبية وفق متطلبات المواصفة القياسية الدولية للتدريب ISO 10015:1999 يعزي إلى متغير سنوات الخبرة حيث لوحظ أنه كلما زادت سنة الخبرة كانت الإجابات أكثر تقاربا مع المواصفة والعكس صحيح.

11. من خلال الدراسة تبين أن هناك ضعف في أداء المهندسين نتيجة عدم تنفيذ البرامج التدريبية بالصورة المطلوبة من وجهة نظر أفراد عينة الدراسة و أوضحت الدراسة أنه توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تنفيذ العملية التدريبية بشكل جيد وتحسن أداء الوظيفي للمهندسين بعد تنفيذ البرامج التدريبية.

أخيرا... فإننا نستخلص من خلال الدراسة إن مستوى الأداء الوظيفي للمهندسين متوقف على نجاح العملية التدريبية، أي عندما لا يتم تنفيذ العملية التدريبية بشكل جيد فإن ذلك ينعكس سلبا على مستوى الأداء.

2-6 التوصيـــــــــات

من أهم ما توصلت إليه في هذه الدراسة التي شملت عدد 7 إدارات هندسية بشركة الواحة للنفط ، نورد مجموعة من التوصيات الآتية:

1-2-6 توصيات عامة

1- تصميم وتنفيذ برامج تدريبية على أسس علمية حديثة للمهندسين والفنيين بالإدارات الهندسية وفق حاجاتهم التدريبية المتغيرة.
2- إشراك الإدارات الهندسية في وضع الخطة التدريبية وعدم اقتصار ذلك على إدارة التدريب مع الاستعانة بخبراء في هذا المجال.
3- تصميم وتحديث البرامج التدريبية لتدريب المهندسين على أسس حديثة لزيادة قدرتهم على إدارة أعمالهم بكفاءة وفاعلية عالية.
4- ينبغي تخصيص بند مالي مستقل في ميزانية الشركة للتدريب وزيادة حجم البند سنوياً لأجل التدريب والتطوير.
5- ضرورة تقديم الدعم المعنوي من قبل الإدارات العليا والمسئولين بالشركة من خلال الاهتمام والتشجيع للعاملين وتكريمهم خصوصاً المتميزين في أداء أعمالهم..
6- ضرورة تطوير البرامج التدريبية المناسبة لتحقيق الرضي لدى المتدربين، وإشراكهم في عملية تحديد البرامج التدريبية المناسبة لهم.

2-2-6 توصيات تتعلق بمدى تطبيق المواصفة القياسية الدولية للتدريب ISO 10015:1999

1- ضرورة العمل على تحديد الاحتياجات التدريبية بطريقة أفضل والاستعانة بخبراء في ذلك ، للوصول إلى مستوى الأداء المطلوب ومراجعة الكفاءة الحالية وتحديد الكفاءة المطلوبة بشكل دقيق وتحديد الغرض والهدف من التدريب قبل البدء في تنفيذ العملية التدريبية.
2- ضرورة القيام بالتقييم والمقارنة بين التطبيق الفعلي للتدريب على أرض العمل والخطة التدريبية التي تم وضعها، للتوصل إلى نتائج تساعد على رفع مستوبات الأداء الحالي وتحقيق أهداف التدريب بالتالي تحقيق أهداف الشركة.

3- المراقبة والمتابعة المستمرة للعملية التدريبية والتأكد من إدارتها وتنفيذها كما هو مطلوب وتقديم البرهان على فاعلية العملية التدريبية في تلبية متطلبات التدريب عن طريق التشاور وتجميع البيانات وتحديد حالات عدم المطابقة واتخاذ الأفعال التصحيحية والوقائية.

4- استحداث وتفعيل سياسة واضحة لجودة التدريب لضمان تنفيذ الخطة التدريبية بشكل فعال

5- ينبغي إجراء اختبارات بعدية تتماشى مع عملية التدريب لتقييم وفعالية البرنامج التدريبي، إلى جانب دراسة تحليلية لآراء المتدربين حول البرنامج، وذلك من خلال استقصاء رأي الرؤساء المباشرين.

6- ضرورة التأكد من ملائمة المكان المخصص للتدريب للقيام بالعملية التدريبية وذلك من قبل المشرفين على التدريب.

7- الحرص على الاستعانة بالمدربين الأكفاء من ذوي الاختصاص والخبرة لتنفيذ البرنامج التدريبي في كافة جوانبه النظرية والعملية.

7- المراجع

1- زياد عمر الحيدري، الملتقى العربي الأول (معايير الجودة والتميز في المؤسسات العربية) ايزو التدريب ISO10015، اتحاد المدربين العرب.

2- لارا احمد إسحاق، " متطلبات المواصفة القياسية ISO10015 في برامج التدريب وأثرها في أداء المدربين في إدارة عمان الكبرى "، رسالة ماجستير، قسم إدارة الإعمال جامعة الشرق الأوسط للدراسات العليا،2009.

3- فادية محمد أبوخريص، 2017، واقع التدريب في بعض الشركات النفطية التابعة للمؤسسة الوطنية للنفط ، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الإدارة الهندسية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، ليبيا

4- هاجر بشير ضوي ،2015، دور التدريب في تحسين أداء المشروعات الإنشائية في ليبيا" دراسة تطبيقية على إدارة المشروعات بمصلحة الموانئ والنقل البحري، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الإدارة الهندسية، الأكاديمية الليبية، ليبيا

5- الدليل المعرفي لإدارة المشروعات (PMBOOK) الطبعة الرابعة، 2008

6- جهاد مختار عمر أبو غرسه، 2014): بعنوان " تقييم العملية التدريبية بالشركة الليبية للحديد والصلب في ضوء معايير إدارة الجودة الشاملة (من وجهة نظر المتدربين)

7- مقابلة شخصية مع السيد مدير ادارة التدريب بالشركة الواحة للنفط بتاريخ 12-3-2018

8- حمزة محمد دودين، 2013، التحليل الاحصائي المتقدم للبيانات باستخدام SPSS، دار المسيرة للنشر والتوزيع ، عمان، الاردن.

9- صلاح الدين حسنين الهيتي ،2006 ، "الأساليب الإحصائية في العلوم الإدارية" الطبعة الثانية دار وائل للطباعة والنشر، عمان الأردن

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

The Risks of Multi Package Contracts within Complex Projects

Ali AlBarkous[1] Zedan Hatush [2], Omarn Mohammed [3]

1 General Department of Transmission Projects, General Electricity Company, Alebarkos@gecol.ly
2 Professor of project management, Civil engineering department, university of tripoli, Z.hatush@uot.edu.ly
3 Gharyan Higher Institute of Technology

Abstract: the multi package contracts that the owner would make with more than one contractor to achieve the objectives of the project, and that by distributing the works of the project to a number of contractors, each according to his specialization, a contract for achieving the civil works, another contract for electrical works and son on. Using this kind of separate contracting to implement strategic projects led to arising of some risks, obstacles and disputes between the parties of the project (Owner – Contractors – Consultant), this has caused an arising of additional works with additional cost and time or stoppage of one of the contractors.
In this paper a case study from the Libyan construction projects will be presented to investigate the current obstacle, and risks and their impact on project's constraint.
This study will present an assessment of one multi package contract which has been implemented in Libya, its GULF power plant project in General Electricity Company Of Libya (GECOL), to understand the strengths and weaknesses of practicing this kind of contracting. The results show that The delay of payment of the invoices due to the large number of the monthly invoices for the contractors, Some contractual terms are not clearly identified and Delays in contractor Mobilization and Transportation and customs delays are the main risks have been faced this type of contract.

Keywords: Multi package contracts, GULF power plant project, General Electricity Company of Libya (GECOL), project's constraint

I. Introduction

One of the most common used contracts in the implementation of large or small projects, is a single contract to whom all the project installation works are entrusted to one contractor، but in certain circumstances or a special policy followed by the owner to speed up the completion of the project or reduce the cost or ensure the high quality, especially in complex projects, where the owner resorts to implementing the installation phase of the project with the help of more than one contractor to carry out the work, whether consecutively or in parallel [1].
So the Multi Package Contract, is a project deliver method that the owner contracts with more than one contractor for the implementation of the Complex project's work through distributing the project's work to a number of contractors. For example, a contract is made with the first contractor on civil works, and a contract with the second contractor on electrical works and the third on mechanical works. ..... And so on [1].

II. Problem Definition

GECOL is the largest public company in Libya and its responsibility to operate and maintain the electricity network in all regions. It comprises of the three zones, these zones are west area, east and south area. There are many projects implemented to cover the demand of increasing energy in these zones, one of them is a GULF Complex project.
A GULF Complex project has exposed to many technical and financial Risks and circumstances that causing delaying for implementation and increasing budget. The Inappropriate choice for the type of contract and contractors are the main issue that causes of delaying and cost overrun

III. The aim

The main aim is to assess the implementation of the multi package contracts within Complex Projects, this aim is achieved by the three sub objectives which are:

- to study the complex Project's concepts,
- to study each of the single and multi-package contracts such as advantage, dis advantage

and the appropriate use of each one of them in the project

- To present a case study for an assessment of current multi-package contracts in GECOL projects and understanding of the current risks and weaknesses of the practice of this type of contracting.

IV. literature review

Some researchers have studied the use Multi Package Contracts in construction projects in Libya and their risks that could be faced during implementation.

A study has concerned with the importance of studying and evaluating the risks facing the application of the multi-contract method in (Napro Group) construction projects the analytical descriptive approach was followed in this study and concluded that the most important risks related to the application of multiple contracts in construction projects and have an impact on the contracting parties, are:[2]

disputes between contractors among themselves, which lead to an increase in costs, and delays from any contractor lead to delays in the work of another contractor from the specialized contractors, complications in paying the invoices , weak communication between the parties, shortcomings (lack of experience) of contractors, inconsistency between quantities, plans and specifications, multiple contracts and guarantees and their overlap between the parties in the project, overlapping and conflicting powers, no specific point of responsibility, increase in costs.

(Omarn, 2015), in his study has conclude that one of the most important reasons of using multi package contract is the desire of the owner to: [3] guarantee higher quality, to transfer knowledge and increase experience for his engineers through the participation into the phases of implement of the contract. The research has identified the main causes of delay of the project are delay of payments to the contractors, delay in the organizations at the points of interface points between contractors that resulted to an emergence of gaps (unresolved works) which necessitates some added works by the owner, and the non-systematic cash flow related to stages of achievement [4].

Hatush & skitmore (1997) in their paper are concerned with identifying universal criteria for prequalification and bid evaluation, and the means by which different emphases can be accommodated to suit the type of contact[4]. Hatush& skitmore (1998) developed a systematic multicriteria decision analysis technique and is described for contractor selection and bid evaluation based on utility theory and which permits different types of contractors for the appropriate contract.[5]

Hatush (1997) and skitmore (1997) have investigated this by a Delphic study in which a consensus was reached by several expert prequalifies via the PERT approach. Another paper describes A Delphic study investigating the perceived relationship between 20 contractor election criteria (CSC) currently in use and project success factors (PSFs) in terms of time, cost and quality [6,7]

V. Theoretical background

The construction phase of a project is generally delivered by engaging a single contractor to undertake the majority of the work. However, under some circumstances, there can be advantages gained by adopting a procurement method that involves "multiple contracts". Multiple contracts can be for: work packages; or trade packages.

This section outlines when it is appropriate to use a single main contract and when to use multiple contracts and describes the main benefits and risks of each arrangement.

6-1-Single Contract

A "single contract" procurement method is where the majority of the construction work required for the project is included in one contract, which then determines most of the cost of the project. The project may involve other small associated contracts for activities of different kinds, such as project management or consultancy services, site preparation, equipment supply or landscaping [8].

Any type of construction contract may be used for a single contract procurement method. Refer to Procurement Practice Guide *Contracts used for construction projects* for a discussion of the available options.

A single contract is suitable where [8]:

- the project requirements can be clearly defined and are unlikely to change after the contract is awarded;
- sufficient time is available to specify the requirements for the whole of the work before construction commences;
- there is no advantage in splitting work activities;
- one contractor can most efficiently manage the mix and scale of work;
- limited skilled resources are available for managing the construction work;
- The construction area can be clearly defined (where the site is occupied).

A single contract is the most common arrangement. It allocates more risk to the contractor than a multiple contract arrangement and should always be considered.

A single contract offers the following benefits [9]:

- most coordination risk is allocated to the contractor;
- a firm price for the work is available when the contract is awarded; and
- Less management resources are required for documentation, tendering and contract administration than for multiple contracts.

A single contract has the following risks:

- if the agency's requirements are not clearly and comprehensively described when the contract is awarded, the required outcomes may not be achieved or variations may be required, with associated delays and costs;
- changes to project scope after contract award, including reductions in scope, may be costly;
- cash flow requirements may not be met, since the contractor controls cash flow once the contract is awarded; and
- Programming is controlled by the contractor once the contract is awarded and if staging or early completion are required, acceleration costs may be incurred.

6-2-Multiple contracts·

With "multiple contracts", the agency generally engages design and documentation consultants and awards a number of separate construction contracts of the "developed design" type for the construction work. These contracts can be either for different elements of the project ("work packages") or for different building trades ("trade-based packages"). Where developed design type contracts are used, the agency bears the risks of errors and omissions in the design, coordination of the many contracts and, usually, latent conditions. Multiple contracts can be effective in compressing the project program. Contracts can be let for separate elements of the work as documentation is completed, to implement a staged program or provide more time for the agency to develop the design. If multiple contracts are used, then the agency needs to decide on the appropriate type of contract for each package. Decisions must also be made as to whether the contracts will be for trade packages or for work elements, and whether these will be independent or integrated. Multiple contracts provide flexibility but have significant drawbacks because of the increased coordination risks for the agency. They also require more resources to manage the contracts than are required for a single contract. Unless there is a compelling need to use multiple contracts, a single contract [4]
is preferable.

A multiple contracts arrangement may be represented as follows

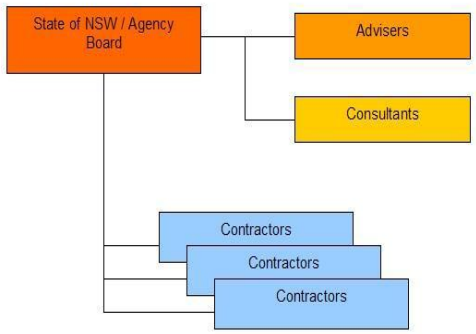


Figure (1) multiple contracts arrangement

Multiple contracts may be suitable for projects where: it is imperative that the construction work commence before the design can be completed and the agency's requirements cannot be defined adequately for the contractor to complete the design; [8]

- technological changes are likely to occur during the course of the work;
- the elements of the project involve different types of work suited to different contractors, and are located on independent sites;
- it is necessary to stage the work in order to manage budget or cash flow constraints;
- unresolved heritage, archaeological or hazardous materials issues are likely to affect the work;
- Site availability is limited, for example because it will continue to be occupied during the course of the work.

Multiple contracts offer the following benefits:

- changes to budget or service requirements can be accommodated by accelerating or decelerating, omitting or re-ordering work elements;
- the potential impacts of changing the design brief after construction commences are reduced
- there is greater capacity to react to rapid changes in technology and other developments;
- the agency retains more control of cash flow, through staging of the work packages;
- it is possible to meet time targets by commencing construction before the completion of design, or overlapping design and construction, or awarding long lead time contracts before the majority of the work is designed;

- contracts can be awarded after risks are defined, reducing risk allowances in tender prices;
- better control of the quality of the finished product is possible, through the direct selection of particular work or trade contractors; and
- Better control of the interfaces between construction areas and occupied areas of the site.

Multiple contracts have the following risks: [9]

- the likelihood of incurring delays and avoidable additional project costs is increased due to the agency's ability to direct changes as the work progresses;
- more management resources are required to prepare multiple tender documents, manage tender processes and coordinate and administer contracts, increasing overhead costs;
- cost forecasting and cost control are difficult since the costs are not known until the last contract package is let;
- the agency commits to construction contracts before knowing whether the project is affordable;
- the agency bears the risk of claims from every contractor for the acts and defaults of every other contractor;
- the agency bears the responsibility and risks involved in coordinating the work; and
- The agency accepts the risk of changes in market conditions during the construction period.

Multiple contracts offer can classified to [1,4]:

6-2-1-Work packages:

A project can be delivered using several discrete contracts awarded progressively as work packages. The work packages may be for separate elements of the work, for example separate buildings or facets of a building. Foundations, roadworks and services could be constructed under separate contracts as parallel activities. The silos, wharf and loading equipment required for a grain terminal could be packaged separately to attract better competition from specialist contractors. For a water supply augmentation, separate contracts could be let for the water treatment plant structure, the mechanical equipment, reservoirs, reticulation and pumping machinery, to accommodate different contractor competencies. A project manager and management team is needed for this type of arrangement. A construction manager (see Construction Management below) may be required.

The work package system is suitable for projects where: [4]

- separate work elements are independent in terms of timing, for example where staging is required or different parts of the work have different lead times or completion times;
- separate work elements are on different sites;
- separate work elements have significantly different natures and require contractors with different specialist expertise;
- Risk management requires some work elements to be completed separately to address the risks of subsequent work.

A Managing Contractor contract (refer to Procurement Practice Guide *Contracts used for construction projects*) can provide for these circumstances without the additional coordination risks and increased management resource requirements associated with multiple contracts. [9]

6-2-2-Trade packages

A project such as a building may be constructed using a separate contract for each different trade. Trade packages are interrelated to each other and the trade contractors are highly dependent on each other's performance. The success of this arrangement relies on a highly developed and detailed program for construction, and requires that design and documentation activities be completed to a schedule that supports the construction program.[1,4]

A construction management approach (see below) is essential if the project is to be delivered using this method. The work and trade package system is particularly used for building projects, often in combination with major work packages where: [1]

- there is insufficient time available to prepare documentation for a single contract or larger work packages;
- there is potential for the rapid development of technology in a trade/equipment area during the construction period, for example with special hospital equipment;
- the design brief, by the very nature of the facility, must be developed over time, with some areas to be addressed separately; and
- The work in a specific trade is an experiment or trial for new processes or technologies.

6-3 Construction management

Under a construction management approach, the work is split into work and/or trade packages which the agency contracts out to specialist contractors. The agency engages a construction manager to provide coordination services and often preliminaries and common services such as cranage, amenities and the

like. The engagement of the construction manager is generally on a "cost plus" fee arrangement. The construction manager generally does not undertake construction work, except possibly for providing common services, but oversees the activities of the various construction contractors. The construction manager may be engaged to [9]

- work with a design manager before and during construction, to assist in programming the design programming and addressing buildability issues;
- assist in determining appropriate contract packages for the project;
- assist in calling tenders and awarding contracts;
- program the construction work;
- direct the day to day activities of the construction contractors;
- process claims for payment and variations on behalf of the agency;
- Undertake the role of principal contractor (in terms of the Occupational Health and Safety Regulation).

The construction manager is commonly a construction contractor with expertise in managing construction projects. Under this arrangement, the agency enters into contracts with the construction manager and the many trade or work packages contractors. The agency must have the capability to manage the financial and administrative aspects of those contracts, including suitable procurement and delegation systems and sufficient internal resources with appropriate skills [1]>

The Department of Commerce is also able to undertake the role of construction manager. In this case, the Minister for Commerce may agree to act as the Principal in the trade or work package contracts, providing the agency with the required resources and systems

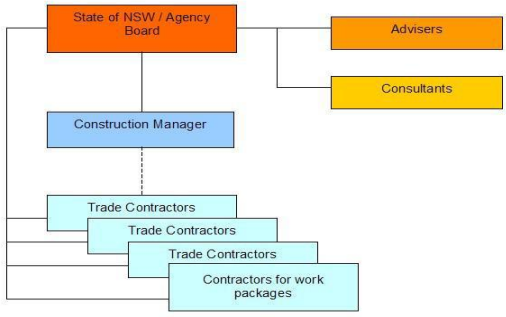


Figure (2) multiple contracts arrangement with Construction management

A construction management form of multiple contracts should be used where a project has the following requirements in addition to those applicable for multiple contracts:[8,1]

- it is imperative that the construction work commence before the design can be completed and the agency's requirements cannot be defined adequately for the contractor to complete the design;
- technological changes are likely during the course of the work;
- the project involves different types of work suited to different contractors;
- it is necessary to stage the work in order to manage budget or cash flow constraints;
- unresolved heritage, archaeological or hazardous materials issues are likely to affect the work;
- site availability is limited, for example because it will continue to be occupied during the course of the work;
- the separate contracts for work or trade packages are interdependent;
- the site is confined; and
- The separate contractors are to share services such as carnage, amenities.

Construction management has the benefits of a multiple contract arrangement and in addition:[9]

- The construction manager applies its specialist expertise to manage the contract package interfaces, call tenders and award contracts, program the work and control the budget.

Construction management has the risks of a multiple contract arrangement and in addition:

- There are a limited number of experienced construction managers.
- the success of the project depends on the quality of personnel provided and
- There is little incentive for a construction manager external to the agency to control costs.

6-4-Complex Project

Based on Literature review, there are many conditions for defining the Complex project, in order to determine the correct definition of the complex project. The study has summarized these conditions into: A large budget for the project.

- Diversity of financial sources to finance the project.
- It needs a large number of staff.
- It needs a long period of time.
- High technology.
- The volume of output is large.

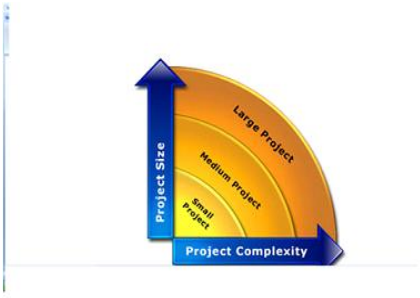


Figure (3) Complex Project

Many studies have mentioned, that there are many factors to be considered to ensure the complex project success such as [10].

- Proper planning of the complex projects where sufficient information should be defined to understand the scope of the project.
- The selected project team should be have an experience and skills to understand the project plans and be able to follow up on the tasks and activities of the project on an up-to-date basis.
- The project manager must understand the internal relationships between project activities and the processes to get the work done
- the appropriate choice for contract is the main issue that enhance to compete within time and cost

VI. Research Methodologies

A case study in GECOL Project is used to collect data and information from by Month progress reports during 2009-2011 and an interview has been done with Project teams during 2010 is used to assess risk multi package within the project**.**

7. GECOL CASE STUDY

In this research an interviews were conducted at the Gulf Power Plant Project, for assessing the risks that causes the delaying of the project and its overrun cost. The interviews where done with the project manager, Project Engineers, site Engineer, Accountants and other parties such as main contractors and consultant

7-1 project's data (before Force Major 2011)

• Project: Implementation of the Gulf Station project with the Combine cycle system
• Owner: General Electricity Company GECOL
• Consultant: Bechtel -
• Contractor: 5 contractors
• Contractual value: one billion two hundred and fifty dinars
• Duration of completion: four years
• Actual completion of the project: 34%

- Planning complete 34 months from start data 3-2009
- The actual implementation of the project (subject of the study) began after the handover of the site on 10-01-2007, [11]

7-2 Project parties

It was agreed to implement the Gulf generating station project in Sirte with a capacity of 1400 megawatts, according to the system of multiple specialized contracts (work packages type), [11,12]

• A contract for the implementation of civil works for the Gulf Steam Power Plant Project with the Turkish Gama Company.

• A contract for the supply and installation of steam turbines for the Gulf Steam Power Plant project with the Korean company Hyundai.

• A contract for the supply and installation of the main boilers for the construction project of the Gulf Steam Power Plant (Korean Doosan Company).

• A contract for the supply and installation of electrical and mechanical equipment for the construction project of the Gulf Steam Power Plant by the Daowa Company of Korea.

• Contract. Regarding the implementation of marine works for the construction of the Gulf Steam Power Plant (Greek Archirodon Company).

• Contract No. regarding the implementation of communications and control works with the French company Areva.

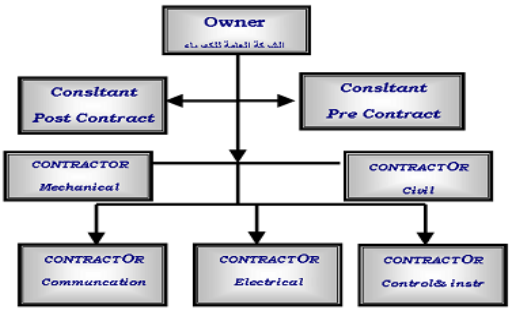


Figure (4) multiple contracts arrangement for the Gulf generating station project [11]

7-3 Project risk identification and assessment

After one year from the starting of the project, some disputes, obstacles and disputes appeared between the

GECOL and some contractors, this led to the suspension and delay of work on the project that has caused financial risk, which resulted in additional work to change the order borne by the General Electricity Company and an increase in the time period. Form the results of the interviews the risks can summarized as following [11, 12]:

• Some contractual terms are not clearly identified, which made the Bechtel consultant issue common definitions between the contractors and the project committee.

• The delay of payment of the invoices due to the large number of the monthly invoices for the contractors and the inability to pay the total value during each month to all the contractors, which caused some contractors to stop working. As a result, GECOL extended the time period for each contractor.

• The difficulty of coordination by the project committee in due to shortage communication meeting.

• The emergence of disputes between the owner and the contractor of control works regarding the connection with the national control center where it created a dispute with the project committee for non-compliance with the technical specifications (protocol) with the specifications of the control center

• Due to lack of scope definition at connection between the parties.

• Difficulty harmonizing between contractors in the implementation phase at the points of convergence, which resulted in the emergence of gaps (unresolved works) who provides the materials and who is responsible for their implementation, which led to the emergence of tendencies between contractors when joint works (each contractor tries to escape from responsibility at the interface points) and these works became relationship between contractors.

• lack of accurately define the scope of work of each contractor, which resulted in additional works (the civil works for the backup transformer bases Aux Transformer are not in the scope of the contractor's civil works, which necessitates the addition of these works by the company.

• The information network of the administrative building was not within the scope of communications work, which led to amend the contract

• The presence of errors during design in the protective equipment (Layout of Production Room and Control Room) made the consultant review the design work of prevention and control and make an adjustment to it.

• The emergence of new works that were not covered by the contractor's scope of work and became suspended

• Inaccuracy in defining the scope of work of each contractor during the contract (contractual errors, draw document contract).

•Land use issues

•Delays in contractor Mobilization and Transportation and customs delays

• Lack of timely Approvals

• Lack of onsite quality Assurance

•Weak communication between parties of project.

VII. Conclusion

One of the most important decisions made by any owner embarking on a Complex construction project is the choice of the appropriate project contracts and contractors, and to know how the project will be designed and constructed. There are two options for contracts, these are single and multi-package contract. An owner faced with choosing multi package contract method should consider several factors in making the decision, including: Project size, Schedule, Owner's resources and capabilities. When these factors are properly evaluated, a good decision can be made on the selection of a multi package that best fits the goals and requirements of the owner and the project.

The lack of experience of the consultant, in preparing design works, especially the specialized multi-contract interface point's project, also Negligence in some clauses of the contract due to the lack of experience of the General Electricity Company in defining the scope of work for each contractor, especially points in the joint works.

• Lack of a single overall Project Schedule to follow up

VIII. Recommendations

Recommendations that have been reached to ensure the success of project implementation, the project system of specialized contracts are as follows:

• The need to complete the preparation and approval of designs and project documents accurately, and to ensure their integrity and clarity before contracting for implementation.

• Giving the designer priority in assigning to supervise the implementation (assigning one consultant for the design and follow-up process) due to the lack of clarity of the design sometimes, its complexity or novelty, and its lack of understanding by the contractor, which causes delays.

• No delay in approving and paying the dues of the other parties to the project, such as the contractors and the consultant.

• Emphasizing the need for implementation contracts to include clear definitions of the duties and rights of each party.

• Drafting the terms of the contract clearly and in detail and not forgetting any clause or part of it.

• Use the appropriate cost reimburse contract, where the introduction of a number of contractors is the desire for early implementation

• Using project management techniques and programs to follow up the contractors' schedule.
• The owner must study the risks of the project before contracting it to avoid increasing the time and cost
• Failure to study the risks results in many conflicts between the owner and the contractor, which may result in stopping the project and the loss of both parties
• Failure to study and analyze risks means failure to manage projects, whether for the owner or the contractor
• Less investment opportunities in the absence of conducting these studies and the decrease in the rate of profit for the investor

References

[1]. The Construction Management Association of America, CMAA, "Multiple – prime Contracting Description ", August, 2012.

[2] أشرف محمد الأسطى(202) استخدام التحليل النوعي للمخاطر لتقييم المخاطر التي تواجه تطبيق أسلوب العقود المتعددة في المشاريع الإنشائية رسالة ماجستير غير منشورة في إدارة المشاريع الهندسية – أكاديمية الدراسات العليا.

[3] عمران عبد الرحمن (2015)، " تأثير استخدام العقود التخصصية على إنجاز المشاريع بليبيا " رسالة ماجستير غير منشورة في إدارة المشاريع الهندسية – أكاديمية الدراسات العليا. [4]. Criteria for contractor selection, Zedan hatush & Martin Skitmore, Construction management and economics, 1997 - Pages 19-38 [5]. Contractor selection using multicriteria utility theory: An additive model, Z. hatush, M. Skitmore, Building and Enviroment, 1998, Pages 105-115

[6]. Evaluating contractor prequalification data: selection criteria and project success factors, Z. hatush, M. Skitmore, Construction management and economics, 1996 - Pages 129-147

[7]. Assessment and evaluation of contractor data against client goals using PERT approach, Z.hatush, M. Skitmore, Construction management and economics, 1997 - Pages 327-340

[8].Phil Loots and Nick Henchy, (2007), "Construction Management
(The Single Contracts & Multiple Contracts), Washington DC.

[9]. Pratik Ghosh, "Single Contracts. VS. Multiple Contracts ", April 2012, New Delhi.

[10] -Toom Kristofer, (2014), " The Conflicts in Multi Contracts " ,2th Conference Hanover.

[11] –Month progress reports during 2009-2011. GULF power plant project

[12] Interviews with Project teams during 2010.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

The role of defect elimination as strategy to improve reliability

1st Elmeshrgui Abdalla
Faculty of Natural Resources
Zawia university
alajelat, libya
a.almeshrgui@zu.edu.ly

2st Qarash Abrahim
Faculty of Natural Resources
Zawia university
alajelat, libya
a.qarash@zu.edu.ly

***Abstract*— the main concern of most industrial organization is how to improve the reliability to cope with uncertainty and change in the global market. They struggle to achieve the needed improvement by adopting traditional maintenance strategies. These strategies focus on repairing the problem which may reoccur several times without eliminating the source of the defect. In other ward , they fix forever instead of forever fixing. Thus, a strategy that improve the reliability by eliminating the source of defect and prevent the problem from recurring is needed. In other ward . they fix forever not forever fixing. This strategy is known as defect elimination that aim at increase the uptime and consequently improve the reliability. Thus , the aim of the paper is to emphasize the role of defect elimination as a strategy to improve reliability. To achieve this aim , descriptive and analytic approaches and case studies were conducted . The conduct work showed , the traditional maintenance strategies induce an extra cost without eliminating the source of the defect whereas defect elimination eliminate the source of defect and make cost saving. Also , showed the defect elimination are in some way implemented in Libya and achieved good results. Finally , the human errors represent the main cause for.**

Keywords*— *(reliability , defect , strategy, elimination. improvement)

I. INTRODUCTION

the increase competition in global market and complexity of manufacturing put great pressure on industrial organization to improve the reliability to cope with uncertainty and change in the global market. They are required to achieve the highest availability and targeted output.at the lowest cost. They are required to improve quality and optimize the life cycle cost while assuring safety and protecting the environment. Thus , they focus on improving reliability to deal these requirements.by implement traditional strategy but a little or no sign of improvement was noticed . Because these strategies require big investment, need an extra time to carry the planned maintenance and need some time to show some results[1]. This resulted in increase in the cost and in the down time consequently decrease the availability and the time between failure .thus, strategy that aim improving the reliability by elimination the source of defect and is needed . Eliminating the wastes and losses generated or cause by defect improve the overall equipment effectiveness and consequently improve reliability as result of increase the time between failures[2]. This strategy is known as the defect elimination aims at removing unplanned maintenance by preventing or eliminating the source of the problem.. also , In aspiring toward operational excellence, a standard of using root cause analysis (RCA) has been established to deal with the what ifs [3] . the aim of this paper is illustrate the implementing the defect elimination as strategy for improving the reliability by conducting two case studies.

II. THE OBJECTIVE OF PAPER

The paper aims at emphasizing the role of the defect elimination strategy to;

- Elimination the defect without induce an extra cost.
- Improve the reliability
- Remove small problems before causing failures by encouraging the involvement of the front works.

III. RELIABILITY AND MATNTANCE STARATAGES

Reliability is defined as the probability that system or component will perform a required function for a given period of time when used under stated conditions [4]. The reliability is affected the rate of failure and decrease as the time between failure decreases. It is improved or sustained by increasing the uptime. Various strategy are implemented such as planning and scheduling optimization , preventive and predicative maintenance and defect elimination. The results of a study performed by Winston Ledet and MIT Sloan School of Management Senior Lecturer Mark Paich [5]. Is shown in figure (1).

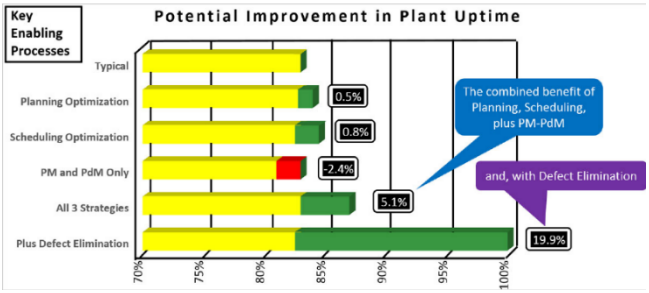


Fig.1: the results of performed study [3]

The study show the largest increase is achieved when combined strategy are used. Thus , defect elimination is not stand alone strategy and combined with other strategies. Since the largest increase is achieved when combined planning , scheduling plus preventive and predictive maintenance which amount to ‘ 5.1%” add to defect elimination. then the focus of paper will on the defect elimination strategy because a large increase occur when the defect elimination was introduced. Before indulging in this strategy . it is better to shed some light on various aspects of defect.

IV. DEFECTS & THEIR ASPECTS

Defects are "Anything that erodes value, reduces production, compromises health, safety and environment), or creates waste." [6] . they includes , leaks, looseness, vibration, excessive heat, missing or broken parts, wrong materials or parts. Defects aren't just physical problems or equipment failures, they also include poor documentation and lack of precision maintenance. , poorly written procedures and maintainability, safety and ergonomic issue. The defects are introduced during the design , installation and operation phases.

A. *Type of defects*

Define The defects are divided into (7) :

- Age and process related defects such as corrosion, fatigue, wear-out of /seals/rotor and motor winding degradation)
- Inherent defects such as unbalance , misalignment and resonance
- Induced defects such as improper lubrication ,improper installation , excessive or insufficient bearing clearance, an adequate foundation..

B. *Causes of defect*

The defects are generated and caused by aging , human and wear factors. The type of causes and their shears s are shown in figure (2).



Fig.2 : the causes of defects [7]

Based on figure (3) , (A) IS the human error with 84% represent the biggest cause for defects. (B) is the wear cause defect with 12%. (C) is age cause defect with 4%.

C. *Source of defects*

The defects are generated from various sources which are shown table (1)

TABLE I. SOURCE OF DEFECTS.

Type of Source	Defects
Raw Material	Off specifications, corrosive agents, contaminants
Operational Discipline	Misperation , running out of limit , cavitation
workmanship	Missing skills ,lacks of tools
Quality of the material	Improper storage ,poorly manufactured, expired
Design	Undersized , difficult to operate , difficult to maintain
Failure	Defects generate from failure , e.g. bent shaft from sized bearing

The defects are generated and entre the operation which became like a bucket for collecting defects and eventually causing many problems. the creation and where most failure casing defects and errors come from. Is shown in figure (3).

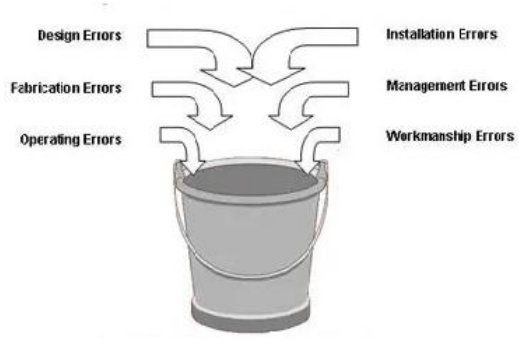


Fig. 3 : defect creation [8]

Maintenance is used to address the effects of the continually growing number of defects and add more r preventive into the system. More maintenance is not the answer—it only adds more expense without benefit of defect elimination. Thus , they try to manage the defect to keep their head above by drain the defects. The way how they manage the defects is shown (4).

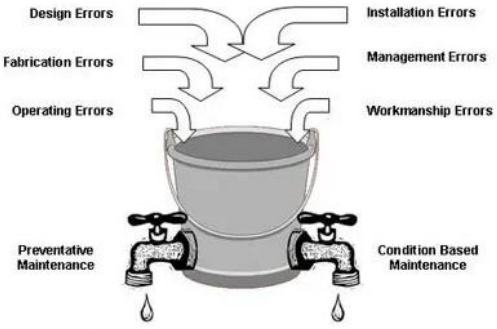


Fig. 4 : defect management [8]

Since the maintenance add more cost without benefit the defect elimination. Then the best way is reduce or eliminate the defect entering the operation. Thus , the best answer is to reduce the number of defects and so reduce needed maintenance . Defect elimination reduces maintenance cost and increase production. The defect elimination process is shown in figure (5).



Fig.5 :defect management [8]

D. *Defect elimination strategy*

Defect elimination is an approach for improving reliability by eliminating common causes of failure [9]. A defect elimination program targets the smallest, most irritating problems in a plant. It does so by giving everyone a stake

in improving daily work life by eliminating errors and faults. In the process, a stronger continuous improvement culture takes hold, creating more widespread support for reliability initiatives at every scale .



Fig. 6 : defect elimination approaches [7]

As can be seen from the figure(4) tens of thousands of defects lead to thousands of repairs, multiple losses, and eventually to a major incident. Do not use the word "essentially" to mean "approximately" or "effectively".

A. *Defect elimination approaches*

Top – down approach is driven by upper management and follows a highly structured approach . It involves very focused teams, and limited to engineers and s elect maintenance technicians and operators, who were either involved in the incident or have a strong working knowledge of the equipment. It is used when a catastrophic failure has already occurred and almost every one hear about, failure root analysis are used to find the source of the defect. Body.

Bottom – top approach comes from the frontline workers who know the equipment the best. It is much more flexible approach. It isn't governed by a formal structure. The bottom-up approach also differs from top-down in the scale and timing. It targets short, quick wins. The value of the bottom-up approach comes from a lot of small gains, and a high degree of ownership across the company. So Bottom-Up defect elimination is all about eliminating small, repetitive reactive work before it happens, and in such a way that it won't happen again. It uses trouble shooting or failure analysis to find the source of the defects.

B. *Defect elimination approaches*

The steps of defect elimination process are :

- Identify the defects through analysis or by event.
- Define the problem clearly, identify the team members , target improvement and time.
- Gather the information about the problem
- Identify the root causes by analyzing and varying cause – effect relation.
- Select and implement improvement action.
- Make the problem solution sustainable.

For successful implementation of defect elimination ,organization should :

- Train the worker for defect elimination and failure analysis.
- The investigation team should be formed from all concerned department
- Health , safety and environmental risk should by considered.

V. CASE STUDIES

two case studies were conducted in Hot strip mill in Libyan Iron steel company to illustrate the benefit of implementing the defect elimination strategy t.

A. *Case study #1*

The system consists of eight Alas Copa compressors with auxiliary equipment. The compressor suck the air through the filter to the oil tank. The mixture of air and oil that leaves the tank enter the compressor element. The compressed mixture goes to the separator in which the oil separate from the air. The compressed air goes to furnace where is used to atomize the fuel oil in burner and oil goes back to tank. The compressors system underwent frequent shut down as result of high temperature after overhauling. The operators and maintenance personnel notice decrease in oil level in tank and oil carried over with air. The problem got worse as result of overheating and one compressor was completely burned. After this incident , the company make preventive maintenance plan that changing the oil filter, oil and separators . the company could carrying with this plan because of spare parts shortage [10]. The proposed plan did not make any improvement and induce an extra cost as result of increase in oil , oil filter and oil separators. Also , increase the downtime to perform the maintenance and compromise the safety of workers and compressor system (9). A failure analysis was carried out team headed by researcher as maintenance engineer . defect failure analysis for case #1. is shown in figure 7 :

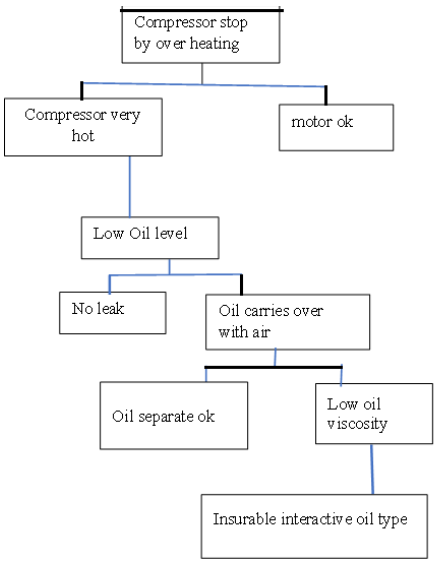


Fig. 7 : defect failure analysis for case #1

B. *Case study #2*

Chain conveyor system is used to transfer a hot rolled coils from the mill to the storage area . it is driven by electric motor

and the wheel of the chain is continuously greased by central greasing system. The conveyor underwent many stoppages as result of motor overload specially when the conveyor was load with heavy coils. The operator and maintenance crew notice some wheels are seized and they slide instead of rotate and the grease was melted . to overcome this problem , the management made plan that include reduce the loading of conveyor , weekly manual greasing for the wheel and weekly program for dismantling and clean the wheel. This plan induced reduction in mill output as result of partial loading of conveyor. Also , an extra work for the maintenance preventing them from doing other maintenance work. An investigation was carried out to find the reason behind the problem. The outcome of the investigation is shown in figure (8)

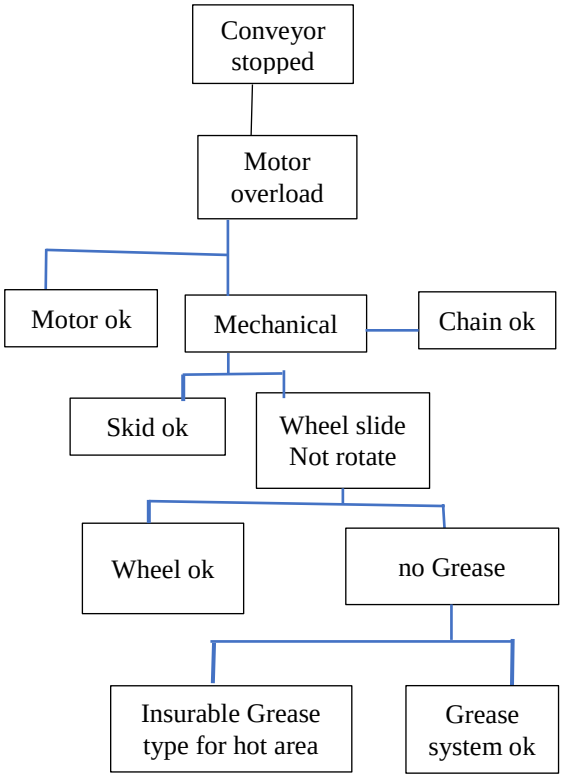


Fig. 8: defect failure analysis for case #2

Based on analysis of the study case , it can be concluded , the preventive maintenance induced an extra cost without solving the problem whereas defect elimination strategy by eliminating the source of the problem without induce an extra cost. The reason for problem in case study#1 was using alternative type of oil has specification different from the origin oil type. The reason for the problem in case study#2 was the used grease is not suitable for high temperature environmental condition.

VI. CONCLUSION

1. Traditional strategy manage the defect without elimination its source result in ;
    - Increase in down time
    - Induce an extra maintenance cost
    - Compromise the safety of the workers and equipment
    - Fixing forever instead of forever fixing
2. Traditional strategies fail to improve reliability by increase the uptime.
3. The human errors are responsible for 84% of defect causes
4. Defect elimination strategy eliminates the source of the defect results in :
    - Improve the reliability by increasing the up time
    - Saving in maintenance cost
    - Remove of unplanned maintenance
    - Encourage the frontline worker to take part in defect elimination process
    - Fixing forever instead of forever fixing
    - Assuring the safety of workers and equipment.
5. Defect elimination is not stand alone strategy and combined with other strategies
6. The defect elimination is everybody ‘responsibility
7. The analysis of the case studies showed :
    - Increase in the downtime to perform the unplanned maintenance
    - Increase in maintenance cost as result of increase in spare parts consumption
    - Reduction in the production
    - Increase in the maintenance backlog.
8. Eliminate the source of the defect resulting in restoring
    - The systems to normal operating conditions.
    - The production normal rate
    - Remove the unplanned maintenance and reduce the maintenance backlog.
9. The sources of the defects were improper type of oil and grease page.

REFERENCES

[1] https://www.maintworld.com/Asset-Management/How-Can-Defect-Elimination-Be-Implemented

[2] Emeshrgui , hibal , the role of the TPM in elimination the wastes and losses , 2nd international engineering conference ,2o20.

[3] https://reliabilityweb.com/articles/entry/defect-elimination-from-a-cmms-perspective.

[4] Charles E .Ebeling , An introduction to Reliability and maintainability and Engineering ,wave land press,2nd Edition , 2010.

[5] https://reliabilityweb.com/articles/entry/defect-elimination-from-a-cmms-perspective.

[6] https://reliabilityweb.com/articles/entry/defect-elimination-from-a-cmms-perspective

[7] https://www.pumpsandsystems.com/simple-defect-elimination.

[8] https://lifetime-reliability.com/articles/defect-elimination/.

[9] https://roadtoreliability.com/wp-content/uploads/2021/11/What-effective-defect-elimination-looks-like.pdf.

[10] Atlas cop compressor, maintenance & operation manual.

[11] Hot strip mill strip , operation & maintenance manual.

[12] Hot strip Mill , maintenance report.

[13] Hot strip Mill , operation report

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

النزاعات في العقود الهندسية أسبابها والأثار المترتبة عليها

دراسة تطبيقية

م. إبراهيم محمد شعيب

Ebrahem.sheab2022@gmail.com

المستخلص:

العديد من المشـــاريع الهندســـية تواجه نزاعات تعاقدية واســـعة بســـبب المتغيرات الاقتصـــادية في الاســـواق المحليـة، كـذلـك إخلال أحـد الأطراف بواجبـاتـه أو مســـؤولياته المنصـــوص عليها بالعقد، مما يؤذي إلى حدوث المنازعات، يتضـــح لنا ذلك من خلال عرض نماذج واقعية من الشـــركة ودراســـتها من حيث صـــيغة العقد المتفق عليها إلى وقوع الاشـــكال بينهما وتحديد نقطة الاختلاف وما يؤذي إليه والأثار الناتجة على هذا التأخر والنزاع القائم من حيث ســـببه إلى النتائج الناجمة عنه مع محاولة الوصـول إلى تسـوية فيما بينهم أو اقرب حل متوازن فستكون الدراسـة شـاملة لكافة النواحي بإذن الله دراسة ومناقشة وآثار وحلول.

مقدّمة

الحمد لله الذي أنزل على عبده الكتاب ولم يجعل له عوجاً، والصـــلاة والســـلام على مَن أُرســـل كافةً للناس بشـــيرًا ونذيراً، محمد بن عبد الله، وعلى آلة وصـــحبه، ومن تبعهم بإحسانٍ إلى يوم الدين.

يسبب إبرام العقود التي يمتد تنفيذها إلى سنوات طوال، إلى حـدوث خلالهـا حوادث، تؤثر في الالتزامـات، والحقوق المترتبـة عليهـا والنتيجـة احتمـاليـة حـدوث منـازعـات أثنـاء تنفيذ هذه العقود هو احتمـال وارد لا محالة، فتكون محلاً للمنازعات بين أطراف هذه العلاقة، خصـوصـا إذا جاءت صـيغة عقودها معيبة أو بها خلل، ونقص وليسـت وفق البنود الصـحيحة للعقد المتفق عليها فمضـــمون هذه العقود والنزاعات الحاصـــلة تكون في الالتزامات والاثار المترتبة الناتجة عن هذه العقود.

وسوف نتناول في هذا البحث عدة جوانب منها:

خطة البحث:

وهي كالتالي

- **المقدمة وهي التي نحن بصددها.**

القسم الأول: الدراسة النظرية للموضوع، ويشمل أربعة مباحث:

المبحث الأول: مفهوم النزاعات في العقود الهندسـية وما يتعلق بها.

المبحث الثاني: العقود الهندسية وأركانها ومفهوم النزاع الحاصل فيها.

المبحث الثالث: أســباب ومصـــادر النزعات في العقود الهندسية.

المبحث الرابع: المصـــادر والأســـاليب التي تمنع حدوث النزاع الهندسي من أساسه.

القسم الثاني: الدراسة التطبيقية للموضوع:

وذلك بطرح أربع مشـــاكل هندســـية واقعية في شـــركة ما.... ودراستها بشكل مفصل من حيث تحديد المشكلة من أسـاسـها سـببها ومصـدرها وتعين نوعها من ثم ذكر الاثار المترتبـة على ذلك مع محـاولـة صـــيـاغة حلول تتناسب معها.

ويحتوي هذا القسم على اربعة مشاريع:

أولا: المشاريع والتعريف بها. وهي كالتالي:

المشـروع الاول: مشـروع رصـف الطريق الرابط بين مقبرة الزغواني وطريق السراج بجنزور.

المشـروع الثاني: مشـروع الرصـف المؤقت للطريق الرابط بين الطريق الدائري وطريق البرنوص بجنزور الغربي،

المشـروع الثالث: مشـروع اسـتكمال أعمال الرصـف بمنطقة زناته خلف الصوبات الزجاجية

المشـروع الرابع: مشـروع اسـتكمال بعض الطرق في راس حسن بمنطقة طرابلس (قرية الشعب)

ثانيا: دراسة المشاريع من حيث اسباب النزاع والأثار المترتبة والحلول المقترحة.

- **الخاتمة وتحتوي على النتائج والتوصيات.**
- **قائمة المصادر والمراجع.**

: أهمية البحث

تعتبر العقود الهندسـية والنزاعات المتعلقة بها من إحدى الوسـائل التي تؤدي إلى التأخير في تنفيذ المشـاريع الهندسية أو إفساخ وإنهاء العقود الهندسية في حال لم تتم التسوية في هذه المنازعات، والوصول إلى أرضية عمل مشـتركة بين المتعاقدين. ونظرا لمجال عملنا الهندسـي وارتباطنا بهذه النازعات في العقود الهندسية التي تحدث بشكل مستمر ومتكرر في تنفيذ هذه المشاريع لذألك رأينا عمل هذا البحث لما فيه من فائدة مرجوة منه، وللوقوف على اسـباب هذه النزاعات والأثار المترتبة عليها عن قرب.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

1. التعرف على أنواع ومصـادر وأسـباب النزاعات في العقود الهندسية.
2. التعرف على المصـادر والأسـاليب التي تمنع الوصـول الي الخلاف الهندسي من أساسه.
3. الوقوف على المشـاكل الواقعة في الشـركة والتعرف عليها.
4. دراسـة الاثار المترتبة على هذه المشـاكل مع محاولة صياغة الحلول.
5. الحرص على الاستفادة من هذه المشاكل والوصول الي حلول عند التعاقد على تنفيذ المشـاريع حتى تعم الفائدة مع تفادي الوقوع فيها.

منهج الدراسة:

قد اتبعت في هذه الدراسـة المنهج الاسـتقرائي وهو يهدف الي جمع البيانـات والعلاقات المترابطـة بطريقـه دقيقه من اجل الربط بينها بمجموعة من العلاقات الكلية العامة، حيث يتميز هذا المنهج بـالانتقال فيـه من الجزء الي الكل ومن الخاص الي العام. وذالك لغرض اسـتكمال هذه الورقة البحثيـة حتى تحقق الهـدف المطلوب، والتي يعتمـد على دراسـة الواقع الحالي للمشـاريع التي تم التعاقد عليها، حيث تم جمع البيانات من خلال الاطلاع على ملفات مشـاريع شركة الدار الوطنية للمقاولات والاستثمار العقاري.

إشكالية البحث:

جاءت هذه الدراسة لتحاول أن تجيب على عدة تساؤلات منها:

ما مفهوم النزاعات الهندسية وما هو سبب حدوثها؟

ما هي الأثار المترتبة على العقود الهندسـية عند حدوث النزاع؟

ماهي طرق والأسـاليب التي تمنع وتقلل من الخلاف الهندسي؟

كيف يتم تفادي الوقوع في المشـاكل الهندسـية بقدر الإمكان؟

ولكل هذا وأكثر جاءت هذه الدراسة.

القسم الأول: الدراسة النظرية للموضوع، ويشمل أربعة مباحث:

المبحث الأول: مفهوم النزاعات في العقود الهندسـية وما يتعلق بها.

النزاع عبارة عن خلاف ما بين طرفي العقد بخصوص عقد المشروع، أو إحدى وثائقه وقد يعرف أيضًا بأنه مطالبة لم تحل.

ونرى ان المحاكم الإنكليزية قد تعرضت لتفسير النزاعات وقد أورد القاضي همري لويد في مقالته عن النزاعات (المنشورة في مجلة التحكيم الصادرة عن مركز دبي للتحكيم الدولي) عدة أمثلة عن هذه التفاسير.

وحتى لا نبقى محتارين في تفسير معنى النزاع فإنني أميل إلى الرأي الذي اعتمده الكثير من الأساتذة الدوليين والذي يعرف النزاع كما يلي:

النزاع (بشكل عام): هو خصومة تنشأ عادة عن اختلاف المصالح في موضوع معين وليس بالضرورة أن يحل النزاع عن طريق القضاء.

أما بالنسبة لمعنى النزاع في المشاريع الهندسية فيجب تحديده بدقة أكبر كي نتمكن من فهمه وتحديد طريقة الحل بما يتماشى مع العقد المبرم بين الأطراف، ونظراً لتنوع عقود المشاريع الهندسية نتيجة لتنوعها كمشاريع، فإننا يمكننا القول إن الدراسات الحديثة قد أوضحت معناً حديثاً لكيفية نشوء النزاع وهو:

النزاع: ينشأ بشكل عام إذا قام أي طرف بإرسال خطاب إلى الطرف الآخر ولم يقم الطرف الآخر بالرد عليه أو كان رده سلبياً، فإن هذا يعتبر نزاعاً بالمعنى الفني.[1]

وصور النزاعات الهندسية غالبا تكون. النزاع بين الأطراف الملكية للمخططات او بين أحد الأطراف والمحكم أو هيئة التحكيم.

المبحث الثاني: العقود الهندسية وأركانها والنزاع الحاصل فيها:

عند الشروع في أي مشروع هندسي لابد من إبرام عقد يتفق عليه الاطراف وبشروط وضوابط معينه، وذلك حتى يتم الرجوع إليه في حل الخلافات التعاقدية بالمشاريع وغالبا عند مراجعة العقود نتفاجأ بسوء صياغتها وكثرة عيوبها مما يعطل وظيفتها الاساسية كأهم وسيلة لحل النزاعات بل قد تتحول في كثير من الاحيان الى سبب في نشوء النزاعات بدلا من المساعدة في حلها، وهذا ما يسمى بالخلافات التعاقدية في المشاريع الانشائية، لذا لابد من معرفة معنى وأركان العقود الهندسية، وما تحتويه:

أولا: تعريف العقد:

هو اتفاقية تحكم العلاقة الفنية والمالية والقانونية بين طرفين أو أكثر لإنجاز عمل ما، شرط ألا يكون ذلك العمل مخالفا للقانون. العقود الهندسية هي التي تحكم العلاقة بين الأطراف المعنية بالمشروع الهندسي ويجب من وضوحها ودقتها في تحديد الحقوق والواجبات ولعل مثل هذه التحديد هو احد العوامل الأساسية لإكمال العمل المتعاقد عليه بنجاح وفى الوقت المحدد لذلك .[2].

وهو الذي يمثل ركن الايجاب والقبول ويجب ان ينص على رغبة الطرف الأول في السلعة او الخدمة واستعداد الطرف الثاني وتمتعه بالأهلية الكافية لتقديمها والتقاء ارادة الطرفين بكامل اهليتهما للدخول في هذا العقد

فالنزاع العقدي: هو الذي ينشأ بسبب تفسير بنود العقد التي تكون إما غامضة أو متضاربة، وذلك بسبب سرعة إنجاز العقود التي تكون غالباً غير مستوفاة للشروط، وهذه النزاعات تحتاج إلى قانونيين لتفسيرها، ثم يقوم الفنيون بدراسة هذه التفاسير وإعطاء الرأي الفني، بما يتماشى مع العرف المتبع وكيفية تنفيذ هذه الأعمال، ثم ترفع المطالبة للطرف الآخر[3]

والعقد يجب فيه: التزامات الطرفين وهما الالتزام للمالك يكون بتسديد مستحقات الطرف الثاني بمواعيدها كذالك **مدة العقد** يفضل ان تحدد بالإيام ويجب ان توضح إما ايام عمل او تقويم ويجب النص على ان اي مدة تعطيل يتسبب بها المالك تضاف لمدة العقد كما يجب تحديد مدة معينة لإصدار الموافقات وما زاد عنها يضاف لمدة العقد. كذالك **قيمة العقد** وهي من اهم البنود ويجب تدوينها رقما وكتابة وتحديد العملة وتحديد ان كان عقد

مقطوعية او عقد اعادة القياس للكميات عند اكتمال التنفيذ. كذلك يفضل توزيع المبلغ على بنود الاعمال بشكل متوازن حتى لو كان العقد بالمقطوعية وذلك لتسهيل اوامر التغيير.[4]

ثانيا: أركان العقود الهندسية.

أما أركان العقود الهندسية على وجه الخصوص فهي تتلخص في الاتي:

1- **الرضا:** وهو التراضي لما فيه من توافق إرادتين على أحداث أثر قانونية فإن هذا التوافق يتطلب تعبير كل من الطرفين عن إرادته، والرضا يعني الوجود والصحة.

- **الوجود** يعني التعبير عن الإرادة بأية صورة من الصور المعروفة.
- **الصحة** تعني أن تصدر عن شخص كامل الأهلية.

2- **المحل:** وهو الشي المعقود عليه بمعني الشيء الذي التقت إرادة الطرفين حوله، وهو اجابة على السؤال على ماذا تم التعاقد؟

3- **السبب:** وهو الدافع الي التعاقد، وهو اجابة على سؤال لماذا تم التعاقد؟

وأي خلل في هذه الأركان السابق ذكرها او عدم توفر أحدهما يعتبر العقد باطلا.[5]

المبحث الثالث: مصادر وأسباب النزعات في العقود الهندسية.

أولا: مصادر النزاعات الهندسية:

من الضروري معرفة مصادر النزاعات حتى يمكن تجنبها، وحماية الأطراف من الدخول في نزاعات طويلة ومكلفة، فقد يكون أحد مصادر النزاع طرفاً من أطراف العقد نتيجة عدم الالتزام بالاشتراطات والواجبات المنصوص عليها بالعقد، أو عوامل خارجية ألحقت الضرر بأحد الأطراف.

وتندرج مصادر النزاعات في صناعة البناء تحت أحد الفئات التالية:

1- **ذات صلة بالمالك**: يتضمن ذلك التغييرات التي بدأها المالك، وتغيير النطاق، والتأخر في منح الحيازة، والتوقعات غير الواقعية، وتأخيرات الدفع، وما إلى ذلك.

2- **ذات صلة بالمقاول**: يمكن أن يتسبب التأخير في تقدم العمل، وإطالة الوقت، وجودة العمل وما إلى ذلك.

3- **ذات صلة بالتصميم:** قد تكون نتيجة لأخطاء التصميم، والمواصفات غير الكافية وغير الكاملة.

4- **ذات صلة بالعقد:** تفسيرات مختلفة لأحكام العقد، ولتوزيع المخاطر والمشاكل التعاقدية الأخرى، وعدم صياغة عقود المقاولات بشكل جيد.

5- **متعلقة بالسلوك البشري:** قلة التواصل وضعف روح الفريق.

6- **ذات الصلة بالمشروع:** ظروف الموقع، التغيرات غير المتوقعة، الطقس، إلى آخره.

7- **عوامل خارجية:** وهذا يشمل العوامل القانونية والاقتصادية الخارجية.[6]

ثانيا: أسباب النزاعات الهندسية:

تعود أسباب زيادة نسبة النزاعات المتعلقة بالمقاولات إلى عدة عوامل منها:

1- **مدة العقد الطويلة**: طول الفترة الزمنية التي يستمر خلالها العقد سارياً بين طرفيه، فأعمال المقاولات تمتد فترة تنفيذها لمدد طويلة تصل في بعض الأحيان عدة سنوات تظل خلالها أحكام العقد هي السارية حتى وإن كانت هناك متغيرات قد استجدت خلال مدة التنفيذ، حيث يمر المشروع المراد إنجازه في أعمال المقاولات بعدة مراحل تبدأ من التخطيط للمشروع، ثم التنفيذ، والاستلام المؤقت، وبعدها مرحلة الاستلام النهائي والضمانات.

2- **تعقيد المشروع:** في مشاريع البناء المعقدة، تعتبر الحاجة إلى إجراء تقييم مناسب للمخاطر قبل إبرام العقد أمراً بالغ الأهمية، ومع ذلك لا يتم القيام بذلك في كثير من الأحيان. وبالتالي فالمشاريع التي تستغرق وقتاً أطول بكثير مما هو مخطط له؛ فيتطور التأخير والتكاليف الإضافية التي يتكبدها المقاول.

3- الجودة والاتقان: في عقود البناء غالباً ما تنشأ النزاعات حول ما إذا كان العمل المكتمل متوافقاً مع المواصفات أم لا، وقد تكون المواصفات غامضة بشأن موضوع النزاع المعني، وقد يكون لكل طرف في العقد وجهة نظر مختلفة حول الجودة والإتقان، خاصة جودة المواد المستخدمة وامتثالها للمعايير.

4- ظروف الموقع: نزاعات لا مفر منها عندما تعيق ظروف الموقع أو الأرض المعاكسة تقدم العمل، أو تتطلب حلولاً هندسية أكثر تكلفة، أو إذا قدم صاحب العمل معلومات عن ظروف الموقع للمقاول وتم اكتشاف أن هذه المعلومات غير صحيحة واعتمد عليها المقاول وتصرف عليها بما يضر به، خاصة وأن أغلب الأعمال تتم في مكان بعيد وشروط العمل تختلف من مشروع إلى آخر، فالمشروع الذي يتم بناؤه بالصحراء له متطلبات مختلفة عن المشروع الذي يتم إنشاؤه في الجبال، وكذلك يختلف الأمر من مدينة إلى أخرى، و هذا ما يؤثر على نظام تنفيذ المشروع ويغير من أنواع المخاطر.

5- المناقصة: غالباً ما يكون الوقت المسموح به لفحص وثائق العطاء، وإعداد برنامج مخطط ومنهجية، وإجراء تقييم للمخاطر، وحساب السعر- قصيراً بشكل مؤثر، وبالتالي قد يكون للأخطاء في هذه العملية تأثير سلبي على النتيجة التجارية للمقاول أي عجز مالي نهائي ما يؤدي حتماً إلى النزاعات.

6- المطالبات: تعد المطالبات من الأسباب الرئيسية لنشوب النزاعات الهندسية بين أطراف العقد، حيث تنشأ المطالبة نتيجة خرق أحد الأطراف لشرط من شروط العقد المتفق عليها، وبالتالي حدوث ضرر للطرف الآخر.

7- الاختلافات والتعديلات: تعد الاختلافات سبباً رئيسياً لنزاعات البناء، خاصةً عندما يكون هناك عدد كبير، أو تؤثر الاختلافات على العمل المكتمل جزئياً، أو يتم إصداره مع اقتراب العمل من الاكتمال، وقد يكون الضرر مادياً أو فنياً، ففي بعض الأحيان يرغب المالك أو الاستشاري بعمل تعديلات على المشروع، وغالباً ما يكون لها تأثير على خطة العمل بالنسبة للمقاول من ناحية الوقت والتكلفة، ونتيجة لعدم اتفاق المالك والمقاول على قيمة هذه التعديلات التي طرأت على المشروع تنشأ النزاعات.

8- تعدد العقود: تعدد العقود اللاحقة في المقاولات نتيجة لتعدد مراحل التنفيذ، وتعدد الأشخاص، حيث تتطلب عقود المقاولات عدداً كبير من المتعاقدين وتتطلب اختصاصات مختلفة من الأعمال، غالباً ما يتم تقديمها بموجب عقود مختلفة مرتبطة ببعضها، فرغم أن عقد المقاولة يبرم بين طرفين فقط هما رب العمل و المقاول، إلا أنه في واقع الأمر هناك أطراف أخرى عديدة يكون لها تأثير مباشر وغير مباشر على مجريات الأمور، منها على سبيل المثال: الجهات الإدارية المختصة بإصدار التراخيص، والموردون للمواد المستخدمة في المشروع، ومقاولو الباطن، ومهندسو التصميم والمهندسون المشرفون، كما أن عملية الإنشاء تقتضي إبرام سلسلة من العقود المُتعلقة بالتأمين وعقود العمل، وتأجير معدات وأدوات وغيرها، وتُثير كل هذه العقود مُنازعات عديدة تتطلب حلها، حيث غالباً ما تثار الأسئلة حول على من تقع المسؤولية في التأخر في تنفيذ المشروع على صاحب المشروع الذي تأخر في بعض التزاماته مثلاً، أو المقاول لم ينفذ في وقتها المحدد، أو المورد أو المتعهد الذي تأخر في التوريد، أو لم يورد حسب المواصفات المطلوبة.

9- تعدد القوانين: هناك الكثير من الجهات والشركات التي تشارك في عملية البناء الواحدة، وبالتالي فسوف نجد أن هناك العديد من القوانين التي تشارك تلك العملية، مثل قانون العمل، وقانون التأمينات، وقانون الضرائب، وقوانين السلامة والأمان، والقانون الدولي في حالة الشركات العابرة للحدود.

10- ركاكة الصياغة: كثيراً من الخلافات قد تنشب بسبب الاستعانة بالمصطلحات المعقدة وغير الدقيقة، أو بعدم التطرق في بنود العقد إلى تحديد التزامات وحقوق كل طرف من أطراف التعاقد، مما قد يثير الخلاف بين

طرفي التعاقد حول أحقية أحدهما في مطالبة ما أو التزامه بتأدية عمل معين.

11- **سداد المستحقات أو المستخلصات:** طريقة وأساليب السداد مقابل إنجاز مراحل من المشروع غالباً ما تكون سبباً رئيسياً لنشوب الخلافات، فالدفعات التي قد يلزم أحد الطرفين بدفعها لإنجاز جزء من العمل قد يتأخر سدادها لسبب أو لآخر.

12- **تعقد الإجراءات:** تتضمن صناعة البناء مجموعة معقدة من الإجراءات، غالباً ما تكون مصحوبة بنفقات مالية عالية؛ ما يجعل هذه الصناعة عرضة للنزاعات بشكل كبير، وقد تؤدي إلى تقويض الجدوى والفوائد الاقتصادية للمشروع، ما لم يتم حل النزاعات بسرعة وبطريقة فعالة.

13- **ضخامة القيمة المالية:** العمل المطلوب إنجازه في صناعة المقاولات عادة ما تكون قيمته المالية كبيرة نسبياً، وتزداد هذه القيمة تبعاً لضخامة حجم المشروع المطلوب تنفيذه، ما يثير الكثير من النزاعات.

14- **غموض المشروع:** غالباً ما يكون المشروع موضوع العقد غير محدد الصورة تماماً عند التعاقد، خصوصاً في المشروعات الكبيرة التي يصعب فيها تحديد التفاصيل الكاملة للمشروع في البداية؛ لذلك يلجأ الطرفان إلى التوقيع على العقد مع إرجاء بعض التفاصيل إلى حين وضوح الصورة، ومع تقدم العمل في المشروع تزداد احتمالات الخلاف بين الطرفين.

15- **تعدد البنود:** يشتمل عقد المقاولة على بنود كثيرة تصل في بعض المشروعات لأكثر من مائة بند في مختلف التخصصات في مجال التشييد؛ ما يكون مجالاً خصباً للنزاعات نتيجة عدم وضوح متطلبات بعض البنود.

16- **نقص التوثيق:** ربما يكون النقص الأكبر في توثيق العقد، وخاصة متطلبات صاحب العمل؛ ما يؤدي إلى مطالبات من قبل المقاول بتكاليف إضافية، والتي إذا لم يتم حلها، يمكن أن تؤدي بدورها إلى نزاعات مكلفة.

17- **ظروف استثنائية طارئة:** صدور قوانين او قرارات إدارية لم تكن في حساب طرفي العقد أو أحدهما، أو ظهور ظروف استثنائية طارئة أو قوة قاهرة بسبب ظروف لا يد للأطراف المتعاقدة فيها، كحدوث ظرف طبيعي أدى إلى التوقف عن العمل لفترة، أو لتغير الظروف المحيطة التي لم تكن بالمتوقعة ونتج عنها نفقات أو مصاريف إضافية.

18- **نقص الخبرة:** لضعف الخبرة في تسوية وتحليل النزاع دور في نشوء المنازعات والمطالبات.

19- **عملية التنفيذ:** تثور معظم المنازعات المُتعلقة بعقود التشييد حول عملية التنفيذ ذاتها سواء بخصوص تأخير تنفيذ المشروع، أو نتيجة التنفيذ غير المطابق للمواصفات، أو التنفيذ بتكلفة عالية، وقد يطلب صاحب العمل من المقاول تنفيذ بند غير موجود أصلاً في عقد المقاولة المُتفق عليه بينهما، وقد يحدث خطأ من المهندس الاستشاري في الرسوم الهندسية للمشروع.[7]

المبحث الرابع: المصادر والأساليب التي تمنع حدوث النزاع الهندسي من أساسه.

هناك بعض الوسائل التي يجب أن تتبع عند ابرام العقود وتنفيذ المشاريع من البداية حتى نتفادى احتمالية نشوء النزاعات من ذالك :

1- إعداد معلومات مشروع واضحة لا لبس فيها، ومتسقة مع جداول محددة لإصدار المعلومات.
2- تقييم المخاطر بشكل صحيح.
3- ضمان التمويل في مكانه الصحيح.
4- التأكد من أن فريق المشروع لديه المهارات والموارد المناسبة.
5- التقليل من التغييرات.
6- الاتفاق على جداول زمنية واقعية مع أعباء عمل متناسقة.
7- تفعيل البرمجة بحيث لا يكون هناك تأخير غير ضروري.
8- تبني ممارسات العمل التعاوني.

9- الحفاظ على خطوط اتصـــال واضـــحة والاحتفاظ بسجلات جيدة.

10- إصدار تحذيرات في حالة وجود مشاكل.

11- سرعة معالجة النزاعات وحلها.

12- اتخاذ إجراءات للتخفيف من حدة المشاكل.

13- عدم المبالغة في الادعاءات.

كذلك من ضـمن التقليل من النزاعات الحاصـلة التركيز على العقود لأنها هي مصـدر للخلافات والمنازعات بين أطراف التعاقد، فإن البحث عن الوسـيلة المناسـبة لحسـم هذه المنازعات يجب أن تكون واضـــحة وصـــريحة في شـــروط التعاقد؛ حيث يتوجب تنظيم العقود بطريقة فنية اختصاصية احترافية شمولية وتفصيلية، بحيث يتضمن نقاط أساسية يجب ملاحظتها عند التعاقد:

- يجب أن تكون بنود العقد مصـــاغة بأسـلوب واضـــح وسـهل وبسـيط، وألا تحتمل العبارة أكثر من معنى، وأن يكون مبيناً فيه حقوق والتزامات كل طرف بلغة قانونية سهلة الفهم.

- تحديد مســـؤولية المالك عن تأمين بعض المتطلبات الخاصـــة بالمشـــروع مثل المعدات أو الأدوات أو تسـليم المكان شاغراً.

- يجب التأكد ألا يكون هناك تعارض في بنود العقد، وأن توافق بنود العقد قوانين البلد الذي سيقوم المشـروع ضمن أراضيه.

- يجب التوضـــيح بالتفصـــيل المواصـــفات المطلوبة والجودة المتفق عليها والأسـعار وتوضـيح كيفية التعامل المـادي بين الطرفين والـدفعـات المـاليـة المقـدمـة وكيفيـة تقديمها ومراحل التقديم.

- وضع شروط خاصة مثل شرط التحكيم وفترة الصيانة وغرامة التأخير، وتحديد مقدار هذه الغرامة بدقة بحيث تحدد عن كل يوم أو كل شـــهر حســـب طبيعة الاتفاق، وكيفية تحمل المخاطر التي قد تحدث.

- وضـع شـروط خاصـة بإمكانية اسـتبدال بعض المواد الإنشـائية بأخرى ذات مواصـفات وجودة عالية لم تكن متوفرة أثناء التعاقد.

- تحديد طريقة التنفيذ، وتحديد زمن المشـــروع النهائي، وإذا أمكن تحديد كل مرحلة حســـب الأولية مثل تجهيز المعمل قبل تجهيز سكن العمال.

- يجب أن تحتوي العقود على بعض الاشـتراطات التي يمكن من خلالهـا تحـديـد الالتزامـات والواجبـات والمســـؤوليات الواقعة على كل طرف، فكلما زادت الاشتراطات كلما قلت الخلافات والنزاعات.[6]

القسم الثاني: الدراسة التطبيقية للموضوع [8]

جهات التعاقد للمشاريع قيد الدراسة

الجهة المالكة	الجهة المنفذة
جهاز تنفيذ مشروعات الإسكان والمرافق	شركة الدار الوطنية للمقاولات والاستثمار العقاري

1- اسم المشروع: مشروع رصف الطريق الرابط بين مقبرة الزغواني وطريق السراج بجنزور

- **بيانات العقد**

رقم العقد	تاريخ التعاقد	مدة التنفيذ	حالة المشروع
1/11/2014 5 ج س م	201/12/3 4	75 يوما	متوقف

- **قيمة العقد**

قيمة العقد الأصلية	قيمة العقد حسب اللائحة الإرشادية لسنة 2021
1,755,269.000	6,890,763.000

2- اسم المشروع : مشروع الرصف المؤقت للطريق الرابط بين الطريق الدائري وطريق البرنوص بجنزور الغربية

- **بيانات العقد**

رقم العقد	تاريخ التعاقد	مدة التنفيذ	حالة المشروع
1/6/2014 5 ج س م	201/11/20 4	30 يوما	متوقف

- **قيمة العقد**

قيمة العقد الأصلية	قيمة العقد حسب اللائحة الإرشادية لسنة 2021
450,787.025	1,545,581.000

3- اسم المشروع : مشروع استكمال أعمال الرصف بمنطقة زناته خلف الصوبات الزجاجية

- **بيانات العقد**

رقم العقد	تاريخ التعاقد	مدة التنفيذ	حالة المشروع
1/16/2014 4 ج.س.م	201/12/3 4	240 يوما	جاري العمل

- **قيمة العقد**

قيمة العقد الأصلية	قيمة العقد حسب اللائحة الإرشادية لسنة 2021
702,267.300	4,924,536.814

4- اسم المشروع : مشروع استكمال بعض الطرق راس حسن بمنطقة طرابلس (قرية الشعب)

- **بيانات العقد**

رقم العقد	تاريخ التعاقد	مدة التنفيذ	حالة المشروع
1/16/2013 4 ج.س.م	201/10/22 3	30 يوما	جاري العمل

- **قيمة العقد**

قيمة العقد الأصلية	قيمة العقد حسب اللائحة الإرشادية لسنة 2021
600,675.000	4,543,592.686

اسباب النزعات حول هذه المشاريع

1-عدم تسليم موقع العمل في الوعد المحدد

2-المدة الزمنية الموجودة بالعقد ليست مدروسة جيدة وهي لا تكفي لاستكمال العقد في الموعد المحدد أحيانا.

3-لا وجود لأي تصاميم لهذه المشاريع من قبل الجهة المالكة ولا من قبل الجهة المشرفة

4-عدم وجود لأي تصاميم ولوحات وخرائط هندسية فيما يخص البنية التحتية وخطوط الكهرباء والبريد حتى يتم أخذها بالحسبان عند تنفيذ هذه المشاريع

5-وجود مباني وأراضي من ممتلكات المواطنين تعيق مسار الطريق ولم يتم حلها قبل تسليم موقع المشروع للجهة المنفذة كما هو موجود من مراسلات في ملفات هذه المشاريع

6-وجود أعمدة الكهرباء والبريد داخل مسار الطريق مما تسبب في تأخير وعرقلة الجهة المنفذة وكمثال علي ذالك الرسالة الصادرة من الشركة المنفذة الي الجهة المالكة ذات الرقم الإشاري (NRIC1-111-ME-AD-236) والمؤرخة بتاريخ (2021/11/29) وبناءا علي هذه الرسالة قامة الجهة المالكة بمخاطبة جهات الاختصاص بالرسائل ذات الرقم الإشاري(22/457/2021.م) و (22/458/2021.م) والمؤرخة بتاريخ (2021/12/6) والمؤسف في ذالك أنه إلي هذه اللحظة حيث مر علي ذالك أكثر من سنة ولاة أشهر ولم تتخذ أي اجرات بهذا الخصوص ولازال الحال كما هو عليه في السابق بعد هذه المدة الطويلة ، وذكرنا هذا لاستشهاد

بها فقط وهي تعتبر من أسهل المشاكل عن غيرها من المشاكل التي تعيق عمل هذه المشاريع.

7-عدم توفر القيمة المالية التي تغطي أعمال المشروع من الجهة المالكة

8-تأخر في تسديد القيمة المالية للأعمال المنفذة من قبل الجهة المالكة لشركة المنفذة مما تسبب في تأخر في تنفيذ الأعمال المتتالية

9- قلة وبطيء التجاوب والأخذ والرد في المراسلات الإدارية من قبل الجهة المالكة والمنفذة

10- عدم توفر الحماية اللازمة للشركة المنفذة في تنفيذ مثل هذه المشاريع.

الأثار المترتبة على النزعات في المشاريع الهندسية

1- كلما زادت حدة النزاعات بين الجهة المالكة والجهة المنفذة كلما تأخر تنفيذ المشروع أي زيادة المدة الزمنية

2- كلما تأخر تنفيذ المشروع كلما زادت القيمة المالية للمشروع بسبب التغيير الاقتصادي كما حدث في قيمة المشاريع السابق دكرها كمثال على ذالك

3- فيما يخص الاستملاكات والتعويضات التي تعيق مسار الطريق كلما تأخر التنفيذ كلما زادت القيمة المالية على كاهل الدولة

4- فقدان السمعة الحسنة للجهتين المالكة والمنفذة بين المواطنين

الحلول المقترحة لهذه المشاريع

أولا: فيما يخص المشاريع المتوقفة عن العمل وهي

- مشروع رصف الطريق الرابط بين مقبرة الزغواني وطريق السراج بجنزور
- مشروع الرصف المؤقت للطريق الرابط بين الطريق الدائري وطريق البرنوص بجنزور الغربية

1- العمل على تجهيز اجتماع يضم كل من الجهة المالكة والجهة المنفذة والجهة المشرفة لعرض والنقاش فيما يخص هذه المشاريع

2- على الجهة المالكة والمنفذة عدم تسليم واستلام موقع المشروع الا بعد حل جميع العوائق التي تعيق مسار المشروع

3- على الجهة المشرفة العمل على تجهيز الأعمال الهندسية التي تخص المشروع كاملة قبل تسليم موقع المشروع للجهة المنفذة

4- العمل والتواصل مع جهات الاختصاص فيما يخص تنفيذ المخطط العام قبل استلام موقع المشروع

5- على الجهة المالكة العمل والتواصل مع جهات الاختصاص في أي عائق يعيق مسار المشروع من أعمدة كهرباء وخطوط بريد وغيرها قبل دخول موقع المشروع حيز التنفيذ.

6- على الجهة المالكة العمل والتواصل مع الأجهزة الأمنية لتوفير الحماية اللازمة للجهة المنفذة

7- العمل على تحديد فترة زمنية مدروسة ومحددة تبدأ من تاريخ استلام موقع المشروع من جديد وعلى الجهة المنفذة الالتزام التام بهده المدة وأي تأخر قد يحصل عن هده المدة يتم تطبيق غرامة التأخير على الجهة المنفذة وفق نصوص العقد

ثانيا: فيما يخص المشاريع الجاري العمل عليها وهي

- مشروع استكمال أعمال الرصف بمنطقة زناته خلف الصوبات الزجاجية
- مشروع استكمال بعض الطرق راس حسن بمنطقة طرابلس (قرية الشعب)

1- العمل على دراسة كاملة حول هذه المشاريع وتقسيم الأعمال المنفذة على مراحل محددة ومدروسة جبذا وفق التغطية المالية المحددة بكامل العقد

2- العمل على ايضاح مراحل المشروع للجميع موضحا على كل مرحلة مكان المشروع الجاهز للتنفيذ والقيمة

المالية المحددة له وتحديد المدة الزمنية بحيث تكون محددة بتاريخ بداية وتاريخ نهاية لكل مرحلة

3- على الجهة المالكة العمل على توفير المخططات والخرائط الهندسية فيما يخص البنيية التحتية وخطوط الكهرباء والبريد حتى تسهل وتسرع من عمل وتنفيذ الجهة المنفذة.

4- العمل من قبل الجهة المالكة على إزالة العوائق التي تعيق عمل المشروع بحيث تعمل أولا على إزالة العوائق التي تعيق المرحلة الأولا فقط وتسليمها الي الجهة المنفذة خالية من أي عوائق وعند بداية أعمال التنفيذ من قبل الجهة المنفذة في المرحلة الأولا يبدأ العمل من الجهة المالكة على إزالة العوائق التي تعيق عمل المرحلة الثانية وهكذا وفق جدول زمني محدد لكلا الأطراف

5- العمل على تجهيز المستخلصات والإسراع بها من قبل أطراف العقد وتوفير القيمة المالية عند نهاية كل مرحلة من مراحل هذا العقد

6- العمل على تحديد فترة زمنية مدروسة ومحددة تبدأ من تاريخ استلام موقع المشروع لكل مرحلة على حدا وعلى الجهة المنفذة الالتزام التام بهده المدة وأي تأخر قد يحصل عن هده المدة يتم تطبيق غرامة التأخير على الجهة المنفذة وفق نصوص العقد

الخاتمة

حل النزاعات في العقود الهندسية شى وارد لا محالة ولا يمكن منع حدوثه ولكن يمكن التقليل منه ما امكن ذالك ، و له عدة وسائل، وامتداد نطاقها ليطال، فعادة النزاعات القائمة تحدث بسبب تقصير أحد أطراف عن مسؤولياته أو وجود خلل في بنود العقد الذي يجب أن يحتوي العقد على آلية لتسوية النزاعات والمطالبات في وقتها، وله عدة أسباب وهناك أساليب واسباب تقلل من النزاعات الحاصلة وتعرفنا على كل ذلك من خلال هذا البحث وقد آثرت الاكتفاء بما سُطر، فالاسترسال ليس له آخر

ويمكن القول بأن مجمل الحديث عن البحث أن جاز لنا تلخيصه نجيزها في الاتي:

أولا: النتائج

1- يتم توقيع العقود بصورة عشوائية وبطريقة استعجالية، ولم يأخذ الدراسة الكافية مما يسبب في خلق نزاعات مستقبلية، تسبب في إطالة مدة تنفيذ المشاريع.

2- توقيع هذه العقود وبدون تنفيذ تمدد لسنوات طوال، تسبب في إثقال كاهل الدولة وزيادة الديون على الميزانية العامة للدولة.

3- توقيع هذه العقود يسبب في التضخم الاقتصادي لأماكن هذه المشاريع بدون استفادة تذكر للمواطنين.

4- في العادة يبدأ النزاع الهندسي بمطالبة لم تحل، فإذا قام أي طرف بتقديم خطاب إلى الطرف الآخر ولم يتم الرد عليه، أو كان الرد سلبياً، يكون هذا بداية النزاع.

5- يفضل ان يعد العقود مهندس وقانوني وإداري أصحاب خبرة جيدة بالمجال.

6- السبب الرئيسي لحدوث المنازعات الهندسية بصفة عامة عدم إحاطة العقد بكل ما يتعلق بالمشروع وما يكتنفه من غموض أو تغيرات عميقة خارج إطار التصميم.

7- إنجاز عقود تكون غالباً غير مستوفية للشروط وذلك نتيجة للسرعة في توقيع العقد من أحد أهم أسباب نزاعات في العقود، الهندسية

8- نتيجة لإطالة مدة تنفيذ المشاريع تسبب في زيادة نسبة النزاعات إلى أن تصل إلى التأخير في عملية التنفيذ، أو نتيجة التنفيذ غير المطابق للمواصفات، وغيرها..

9- الجهة المالكة تقوم بتوقيع عقود مشاريع بدون وجود التغطية المالية الكافية لها مما تسبب في عرقلة تنفيذ المشروع وخلق نزاعات مستقبلية

10- عدم وجود ترابط مع الأجهزة المختصة لتسيير عملية تنفيذ المشاريع مما يسبب في تأخير عمل المشروع.

11- البطيء من قبل الجهة المختصة في حلحلة وحل مشاكل ممتلكات المواطنين الواقعة في مسار تنفيذ

المشـروع مما يسـبب تأخير عمل المشـروع وزيادة القيمة المالية للمشروع.

12- التوقيع من قبل أجهزة الدولة علي المشـاريع من دون الدراسـة الكافية والوافية لهذه المشـاريع من الناحية المالية والمكانية والزمانية، مما يجعل بيئة خصـبة لخلق نزاعات هندسية.

13- عدم وجود مجلس لفض النزعات من بداية التوقيع على العقد مما يسبب في حدوث نزاعات يصعب حلها بسرعة.

ثانيا: التوصيات

توصي الدراسة بالنقاط الأتية:

1- يجب من جهات الاختصـاص الدقيق والمراجعة قبل توقيع العقد وبعده ولا يسـمح بتوقيع العقود الهندسـية إلا بعد التأكد من جاهزية الموقع للعمل وبدون أي عوائق تذكر.

2- على جهات الاختصـاص عدم السـماح بتوقيع أي عقد إلا بتوفير التغطية المالية الكافية لتسـيير أعماله دون توقف في تنفيذ أعمال المشروع.

3- يفترض من مصلحة إدارة العقود الهندسية إضافة بند محدد يصف فيه إنهاء العقد بعد مدة زمنية محددة مالم تتم المباشرة في تنفيذ العقد الفعلي.

4- عنـد التوقيـع العقـود يجـب عـدم الاسـتعجال، لـيس مـن العيـب الإطالـة قليلـة قبـل توقيـع العقـد حتـى يـتمكن المختصـين مـن الدراسـة الكافيـة مـن جميـع النواحي التي تتعلق بالمشروع.

5- يفترض ان يعـد العقود مهنـدس وقـانوني وإداري مجتمعين معا ويكونوا أصـاحب خبرة جيدة بالمجال، أو يمكن الاستعانة بالاستفادة من نماذج العقود المتاحة من بعض الجهات الرسـمية او المنشـورة من قبل بعض الخبراء.

6- العمل على نظام إلكتروني واعتماده من الجميع ليكون بشكل منظم للمراسلات الإدارية والتواصل بين جميع الجهات المختصـة مما يسـرع في عملية الأخذ والرد فيما يتعلق بهذه المشاريع وغيرها.

7- كما يوجد غرامة تأخير تتطبق على الجهة المنفذة عند تـأخيرها في تنفيذ الأعمـال، كذالك نوصـي بعمل غرامة تأخير على الجهة المالكة أيضـا عندما تسـبب في تأخير عمل المشروع ويكون منصوص عليها في بنود العقد وبشكل واضح.

8- العمل على خلق قاعدة ترابط بين جميع أجهزة الدولة فيما يتعلق في تنفيذ الأعمال الهندسية مما يسهل ويسرع في عملية تنفيذ المشاريع.

9- يجب ان يحتوي كل عقد مكان وتاريخ ابرامه وبيانات طرفي العقد كـاملـة من تحـديـد تـاريخ بـدايـة ونهـايـة المشروع. ويكون فيه الطرف الاول هو طالب الخدمة والثاني هو مقدم الخدمة.

10- يقوم بالتوقيع على العقود الفرد بنفسـه او نائب عنه بوكالة شرعية معتمدة، والمؤسسات يمثلها مالكها بنفسه او نائب عنه أو بتكليف مباشر من المالك نفسه. والشـركات يمثلها المدير المدون اسـمه بالسـجل او نائب عنه بتفويض مصدق من الجهات المختصة.

11- يجب أن يشـمل العقد بيانات الاطراف الاسـم طبقا للهوية او السجل التجاري ورقم الهوية او السجل وتاريخه والعنوان ورقم الجوال والايميل وتكون هذه البيانات هي المعتمدة في المراسـلات اثناء تنفيذ العقد ويلتزم كل طرف بإبلاغ الاخر باي تغيرات فيها.

12- يجـب في العقود اسـتخـدام اللغـة العربيـة الفصيحة، وعند الاضطرار يضاف المصطلح الشائع سواء بالعامية او لغة اخرى بين قوسين.

13- يتم الاتفـاق على مجلس لفض النزاعـات الهندسـية من بداية توقيع العقد ويكون متابعا لأعمال المشروع من البداية.

14- إن وجود مجلس لفض النزاعات الناشـئة من البداية وبسـرية تامة خلال مدة تنفيذ المشـروع يحافظ على سمعة الفريقين.

15- نوصـــى باعتماد هذا الأســـلوب في حل والتقليل من النزاعات بالقضـــايا الهندســـية، والســـعي لإدراج هذه الدراســـة ضـــمن العقود الإنشـــائية وتعديل القوانين والأنظمة للتوافق مع متطلبات اســـتخدامها كوســـيلة ســـهلة وســـريعة واقتصـــادية لعدم حدوث مثل هذه النزاعات في المستقبل

16- العمل على توسيع التعليم والتدريب وإعداد أشخاص مؤهلين وذوي خبرة للقيام بهذه المهام.

المصادر والمراجع

1- مجلة اشراقات هندسية، بلدية مدينة الشارقة، قطاع الهندسة والمباني، مقاولات، أحمد الرفاعي، النزاعات الهندســـية بين الاسباب والمطالبات وأساليب التسوية، مقال بعنوان: النزاعات في العقود الهندسية والانشائية واعداد المطالبات

2- العقود الهندســـية – المنتدي العربي لإدارة الموارد البشـــرية / WWW.hrdiscussion.com وقـت الـدخـول يـوم 2023/02/04 ساعة 11:30 ص

3- النزاعات في العقود الهندسية والانشائية واعداد المطالبات موقع الالكتروني المرشد في الإدارة وتطوير الذات – إدارة العقود – إدارة المشـاريع – إدارة الهندسـية – بقلم المهندس كمال ملص http://cmguide.org/arabic/?p=282 دخول للموقع يوم 2023/02/05 ساعة 13:30م

4- الخلافات التعاقدية في المشـــاريع الإنشـــائية موقع الإلكتروني مـدارج لـلإســـتشـــارات الـهـنـدســـيـة – https://madarej.com.sa/ دخول الموقع يوم 2023/02/06 ساعة 10:30ص

5- مذكرة إدارة العقود الهندســـية لعام 2023 أ.د محمد عبد الملك الفقيه – بقسم ادارة المشـاريع الهندسـية – أكاديمية الدراسـات العليا فرع مصراته

6- المنازعات في عقود المقاولات / د. مهندس مسـتشـار – مالك عـــلـــي مـــحـــمـــد دنـــقـــلا http://www.sudacon.net/2022/09/blog-post.html وقت الـدخول يوم 2023/02/08 ســـاعـة 10:30 ص

7- المنازعات في عقود المقاولات / د.مهندس مستشار / مالك علي محمد دنقلا- مقالات –أخبار صـحيفة السـودان https://hoc-enews.com/blog/2022/09/01/%d8%af%d9%86%d9%82%d9%84%d8%a7-10/ وقـت الـدخول يوم 2023/02/08 ساعة 10:50 ص

8- إدارة المشـــاريع الهندســـية لشـــركة الدار الوطنية للمقاولات والاســـتثمار العقاري مقرها الرئيســـي بمدينة طرابلس – تاجوراء- الحي الصناعي

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Understanding Risk Culture among Institutional Managers in Libya

Karima Milad Eshtiba and Saber Khaled Elmabrouk
Libyan Academy for Postgraduate Studies
krkr_1985@Yahoo.com

Abstract: it is a widely recognized fact that problems related to organizational risk culture played a major role in the financial crisis that crystallized at the end of the 2000s. That one in particular, risk culture has become a focus and subject of debate for regulators and other bodies. In general, risk culture is a set of encouraging and acceptable behaviors, discussions, decisions and attitudes related to risk taking and risk management within the institution. It reflects shared values, goals, practices and reinforcement mechanisms that integrate risk into the institution's decision-making processes and risk management in its operations. The purpose of the study is to assess the awareness and commitment to risk culture on a sample of fifty-five senior and middle managers of ten different institutions. The results showed that for them the concept of risk management in most institutions only means the management of safety and security, in aviation institutions the safety management system or the management of weather forecasting, since there is no separate risk management department in the selected sample, with the exception of one institution. According to the results of the statistical analysis, it is necessary to increase the awareness of the risk culture by putting the risk management policy and plan on the agenda, as well as by defining the overall risk management strategy of the organization; for this, a risk-aware culture must be created in the behavior and attitude of all employees through training, periodic meetings, regular risk assessment, determination of risk limits and corrective measures. Finally, the risk management framework is recommended as an institutional feature, which helps to include and improve risks in the decision-making process.

I. Introduction

It is a widely recognized fact that problems related to organizational risk culture played a major role in the financial crisis that crystallized at the end of the 2000s. Following the Global Financial Crisis of 2008 to 2009, there was increased pressure on financial sector organizations to reform their *'risk culture'*, with the response to the crisis largely focused on the need to improve the *'risk culture'* of banks and other financial organizations. However, the definition of risk culture includes the values, beliefs, attitudes and knowledge that exist within a company, both public and private, related to risk. Thus, a strong risk culture is the key to aligning all fronts of the company to its strategic objectives (Gutshwa, Gilliland, & Cockeran, 2016). A one-size-fits-all culture is neither possible nor desirable. Of course, several cultures can exist within an institution. It would be unusual for oil and gas and aviation industries to have the same risk culture. Cultures also change between organizations in the same industry and over time. It is therefore important to have a risk culture that enables the managers to report, escalate and take action on potential damage or take advantage of opportunities.

Many studies related to risk culture have been published in the literature. Most agree that risk-taking should be supported by clear roles and responsibilities in the organization's risk management process, as well as a focus on learning from previous mistakes and continuous improvement. Through previous studies based on the concept of institutional risk culture, such as Maddison et al. (2008); Houngbedji & Aurèle (2011); IRM (2012); Ashby et al. (2013); Palermo et al. (2017); Carretta et al. (2017); Skutle (2016); Gutshwa et al. (2016); McGing and Brown (2014); Grieser and Pedell (2022); Sebayang et al. (2022), the most outstanding of the studies was the assessment of the maturity level of the institutional risk culture and the answers to these questions; how does risk culture affect risk management in the organization and how does this culture spread within the institution, how do they ensure that everyone in the organization is fully aware of the concept of risk culture? The most important findings are that the culture can influence risk outcomes in several ways. Organizations perform better when culture survey responses are shared and grounded, indicating strong shared norms and values. However, when shared norms and values refer to negative or maladaptive values, beliefs, or assumptions, the same cultural processes responsible for good organizational performance can also lead to mistakes, misbehavior, and disaster. In addition, the risk management tools and processes are not

adequate, and the risk culture has not yet been properly integrated into the organizational operation. Nevertheless, if the institution sees risk as an opportunity, it results in a better risk culture and risk management. Therefore, the risk culture is shaped by the employee's daily activities. For these activities to be effective, those performing the actions must have a deep understanding of the risks. Furthermore, risk management is the responsibility of everyone in the organization and must be incorporated into the company's activities. The actions and attitudes of all employees must reflect a risk-aware culture. At the same time, several organizations have developed a risk management system, but despite their efforts, no tangible benefits have been realized; this may be because these organizations did not consider risk culture to begin with. To this end, shared experiences, respect for experiences, a collaborative culture and a common strategic understanding of the purpose of risk management are cultural components that contribute to the development of a comprehensive risk culture within the organization.

In addition to the points above, Hopkin (2012) stated that a good risk culture is vital to the effectiveness of risk management. Such a culture can be achieved by focusing on five factors: Leadership, Involvement, Learning, Accountability and Communication (LILAC), as illustrated in Table 1. A successful risk culture consists of the elements listed in Table 2 as reported by Modimakwane (2018).

LILAC	Definition
Leadership	Strong leadership within the organization in relation of strategy, projects and operations
Involvement	Involvement of all stakeholders in all stages of the risk management process
Learning	Emphasis on training in risk management procedures and learning from events
Accountability	Absence of an automatic blame culture, but appropriate accountability for actions
Communication	Communication and openness on all risk management issues and the lessons learnt

II. Measuring the Risk Culture

IRM (2012), Global Regulatory Network (2014) and D Modimakwane (2018) listed the components and indicators of an effective risk culture in an organization represented in; *tone from the top*, *accountability*, *effective communication and challenge* and *Incentives*. Consequently, if risk culture is important to enterprise risk management (ERM), then it must be measured. By measuring the risk culture, we can better assess the effectiveness of our attempts to shape or control it. In financial services, the Australian Prudential Regulation Authority (APRA) as a regulator actually expects you to assess the culture of your institution. However, there are several pitfalls and considerations to be aware of. This is due to the qualitative and subjective nature of culture. Thus, there are some opportunities and challenges in measuring risk culture (Mcging and Brown 2014). However, the Center for Creative Leadership (CCL) has identified the key drivers of organizational culture, the so-called Leadership Culture Indicators tool. Although these indicators are therefore a suitable starting point for developing a series of questions for measuring risk culture. Table 2 presents these questions as a starting point for consideration.

Indicator	**Question**
Strategy	In the face of the strategy, how clear are the risks and risk appetite?
Fear	What is it not safe to raise in my organization?
Remuneration	Am I rewarded for taking appropriate risks?
Information	Do I have the information to adequately assess risk?
Knowledge	Even if I have the information, do I know to be able to effectively manage risk?
Alignment	Are aligned on which risks are acceptable, and which ones aren't?
Conflict	If we avoid constructive conflict, will there be important risk considerations that don't see the light of day (until it is too late)

Indicator	Question
Mistakes	How are mistakes treated in the culture? Learning or shameful?
Feedback	How people are provided feedback to autocorrect? How do people get (systems) feedback when they put in place an initiative? What are the red flag mechanisms that provide feedback on the health of the system?
Time scale	What is the time orientation of senior executives/board members?
Integrity	Do I trust people in my organization to do the right thing?
Distributed nature of leadership	Am I encouraged to take responsibility for managing the risks that occur as a result of the business decisions I make?
Role modelling	Do senior people in my organization do what they ask of others?
Collaboration	How well do people work together across teams, functions and up and down the hierarchies?

One way to measure the current status of each of the indicators in Table 2 is through a survey. This not only informs the current risk culture, but also provides a benchmark against which to measure the progress over time (Australian Government, 2016). Different methods are emerging to measure risk culture; 1) Questionnaire/survey, 2) Interviews within the organization, 3) Group discussions, 4) Interviews outside the organization, 5) Social media analysis, 6) Self-assessment vs other internal assessment versus external assessment, 7) Measuring the operational environment, and 8) Extent and attitudes to training. The traditional technique of measuring risk culture, which is questionnaire/survey, focuses on what people do and fail to uncover the reasons why people behave the way they do (Kells, 2014). The method chosen must be carefully designed to eliminate bias and misinformation. The interpretation of the information received must be carefully considered, based on previous experience. It is especially important to be consistent over time in what and how we measure so that trends can be identified. Changes over time are usually more important than any measured value. Where annual evaluations are recommended for continuity and immediate action.

III.Study Methodology

The purpose of the study is to assess the awareness and commitment to risk culture on a sample of fifty-five senior and middle managers of ten different institutions within three sectors, namely the aviation, oil and gas, and public finance institutional sectors. In each institution, risk management practices and the factors affecting this practice in the top and middle management of organizations, in general, are explored and compared with each other. Then, discuss the problem represented in the inability of managers to create a culture of risk management in large organizations, which is a major factor contributing to the inability of decision-making in terms of operational ambition and the actual performance of risk management. After that, reaching the objectives of the study by assessing risk awareness through studying the culture of risk management in senior and middle administrations, evaluating the level of commitment to risks in relation to the implementation of relevant legislation, comparing and analyzing the results of risk culture and commitment to risks, and developing a plan to develop a culture of risk management and how to measure the culture of risk. Finally, recommend how to establish and maintain a risk culture in organizations.

3.1 Setting up Risk Culture Survey Questions

Weaknesses in risk culture were a root cause of the global financial crisis, as they led to failures in compliance. The Guidelines for supervisory cooperation with financial institutions on risk culture provided by FSB (2014) defines a framework for the assessment of the risk culture of supervisors. This guidance provides a foundation for supervisors and firms to foster and develop a shared understanding of the firm's risk culture and to have informed conversations with the board and senior management who set the tone for culture from the top.

Based on the FSB (2014) framework, a questionnaire included the FSB guidelines and was modified according to the investigated organization. Where the sample consisted mainly of risk/safety and security experts or people with basic knowledge of risk management, with a limited number of participants from senior and middle management categories in each company. Accordingly, the researchers recorded the interviews and made notes for the questionnaire

survey. The questionnaire was divided into three parts; the 1st part focused on biographical details with 7 questions, and the 2nd part focused on risk culture in the organization. This part contains a questionnaire with 8 components and a total of 79 questions on risk culture, while the 3rd part contains two questions about the accountability for including risk when making decisions, and improve the inclusion of risk in decision-making as shown in Table 3. Thus, the questionnaire evaluates the risk culture according to the following three factors; a) the perception of risk integration in the organization, b) the perceived comfort with own risk management role, and c) the perceived fairness of risk-taking incentives, which emphasizes accountability; communication; incentives; management processes, system and data; the tone from the top; training.

Table 3 - Questionnaire Structure

1st Part; Biographical Details	**Questions**
Personal information and general risk management questions	7
2nd Part; Risk Management Questionnaire Survey	**Questions**
your business situation in terms of risk	4
management attitude towards risk culture (tone from the top):	15
Risk reporting.	13
Risk perception.	11
risk related behaviors & indicators of effective challenge	11
Risk assessments.	7
Communication in work.	9
Training & incentives.	9
3rd Part; Accountability and Risk Improvement	**Questions**
Accountability for including risk when making decisions.	1
improve the inclusion of risk in decision-making	1

The study used a seven-point Likert scale – with an 'I don't know' option – to test how much respondents agreed or disagreed with the questions and statements. Two types of Likert scales were used, depending on the applied question (Never, Infrequently, Sometimes but Infrequently, I don't know, Sometimes, Usually, Always) and (Never, Once, Twice, I don't know, Sometimes, Usually, Always).

Table 4 - Study Sample Population

Sector	Institution	Sample	Population
Aviation	Aviation Com 1	5	35.6%
	Aviation Com 2	5	
	Aviation Com 3	3	
	Aviation Com 4	3	
Oil and gas	O&G Com 1	1	40%
	O&G Com 2	5	
	O&G Com 3	7	
	O&G Com 4	5	
Public Finance	PF 1	6	24.4%
	PF 2	5	
		45	100%

3.2 Study Sample Population

As the study focused on top and middle managers of different companies and due to the difficulty of reaching all managers, the researchers chose a study population of top and middle managers in the city of Tripoli. Table 4 shows the study sample population. In addition, Table 5 provides a description of the study sample.

Table 5 - Description of the Study Sample

Description	**Frequency**	**%**
Education		
Bachelor	24	53.3

Higher Diploma	2	4.4
Master	10	22.2
PhD	9	20.0
Experience		
From 14years and below	1	2.2
From 15 to 25 years old	15	31
From 26 to 30 years old	12	26.7
More than 35years old	18	40
Position		
Director General	7	17.78
Management Consultant	2	2.22
Deputy General Manager	2	4.44
Director Of the Department	28	62.22
Head Of the Department	6	13.33

IV. Results and Discussions

Using ANOVA analysis of variance to determine the differences between the three main organizations - Aviation, Oil and Gas, and Public Finance - for a total of 10 institutions. The results were obtained in accordance with this test, and the differences between the risk management questionnaire survey (biographical details and the 8 components in Table 3) are established in Table 6. A statistically significant test result ($P \leq 0.05$) means that the test hypothesis is false or should be rejected (significant difference). A $P > 0.05$ means that no effect was observed (no significant difference). Table 6 shows that items 2, 4, 5, 6 $P < 0.05$ means that there are statistically significant differences between the companies. Accordingly, the value of the difference between these responses can be determined by analyzing the related responses in the questionnaires. By compiling and analyzing the questionnaires, we discuss here the following results:

Table 6 - Differences based on P-value with ANOVA Table

Analysis		df	F	P-value
Risk Reporting	Between Groups	9	0.936	0.507
	Within Groups	35		
	Total	44		
Risk Related Behaviors	Between Groups	9	2.255	**0.041**
	Within Groups	35		
	Total	44		
Communication in Work	Between Groups	9	1.621	0.148
	Within Groups	35		
	Total	44		
Management Attitude Towards Risk Culture	Between Groups	9	4.248	**0.001**
	Within Groups	35		
	Total	44		
Effective Challenge	Between Groups	9	7.448	**0.000**
	Within Groups	35		
	Total	44		
Risk Management	Between Groups	9	2.250	**0.042**
	Within Groups	35		
	Total	44		
Indicators of Effective Challenge	Between Groups	9	0.979	0.474
	Within Groups	35		
	Total	44		
Risk Assessments	Between Groups	9	1.561	0.166
	Within Groups	35		
	Total	44		

Attitude towards Risk Management
It was established that there was a discrepancy in the answers to the questions in the aviation sector; *are the returns commensurate with the risks assumed in the various businesses/how many times*? and *I participated in the discussion or meetings to plan and follow up the risks* with an average of 4.40 and 5.60 and a standard deviation of 1.95 and 0.55 in direction of *I don't know* and *always*.

In the case of the oil and gas sector, there was a difference in the answers; *how many times did you participate in the discussion or meetings to plan and follow up on risks*? And, *Does the administration reward employees who communicate or take care of issues or increased risks*? The answers were *sometimes and always* with an average of 5.00-5.80 and a standard deviation between 1.10 and zero.

In the case of the public finance sector, their answer was different as to *be the returns commensurate with the risks assumed in the various businesses*? And, *how many times did you participate in the discussion or meetings to plan and follow up on risks*. The average ranges from 5.80-5.83 and the standard deviation from 2.68-0.55 in the *Always* direction.

Risk Perception
The aviation industry responded differently to "Be participating in regular monitoring of the divisional?" Where the answer was sometimes and always, the average is between 6.60 and 5.20, with a standard deviation between 2.387 and 0.548.
The answer to the question; Do you think your colleagues are thinking of a serious risk? Points in the direction of "I don't know or always", the average ranges from 4.40 to 6.67, with a standard deviation from 1.49 to 0.577.

Regarding the oil and gas sector, the majority of responses of "Are participating in the regular monitoring of the divisional?" were *usually* and *always* where the mean was 7.00-6.00 with a standard deviation of 0.54-zero.

As for the public finance sector, there was a difference between the answers. *Is the role of risk management in monitoring risk clear and separate from the front office*? It points in the direction of *Never* or *Always* with average ranges between 6.80-1.667 and a standard deviation between 0.447-1.03. Moreover, the answers to "*Are participating in regular monitoring of the divisional*?" ranged in a *usually* and *Always* direction and ranged from 5.667 to 6.20 on average, with a standard deviation of 0.817 to 0.837.

Risk related behaviors & Indicators of effective challenge
The analysis shows that there were differences in responses in the aviation industry; "*Does it occur that co-workers pressure you to do the work imperfect way in your work*"? Responses ranged from *Never* to *Don't Know*. The average range was 3.67 to 1.00, with a standard deviation of 3.29 to zero. Also, in "*Does the board have the expertise necessary to constructively challenge business line and risk management experts*"? The answers ranged from *Never* to *don't know*. The average is between 3.26 and 1.00, with a standard deviation between 2.31 and zero. Moreover, *does the board understand the risk reports? Have risk reports been sent back to management for simplification or clarification?* Answered between *sometimes* and *rarely*, with an average range of 5.00 to 1.00 with a standard deviation of zero.

In the oil and gas sector, there were differences in "*Does it occur that co-workers pressure you to do the work imperfect way in your work*" between their answers to the question. Where the answer is *Never, Sometimes* or *Rarely*. The average ranged from 3.29 to 1.00, and the standard deviation ranged from 2.14 to zero.

Regarding the public finance sector, the answers to the question *"Does it occur that co-workers pressure you to do the work imperfect way in your work"* Between *Never*, *Sometimes*, or *Rarely*. The average is 1.63-1.40, with a standard deviation of 1.00.

Risk Assessments
There a variance in "Do *you participate in managing the divisional/ sectional identified risks*"? Which showed between *sometimes* and *always* with an average of 5.00-6.67 and a standard deviation of 1.14-0.54. As for the Oil and Gas sector, ranged between *usually* and *always*, the average ranged from 6.71 to 6.00 in with a standard deviation of 0.48 to Zero. In the public finance sector, was *usually*, the average ranged from 5.667 to 5.80, with a standard deviation of 0.817 to 0.837.

Accountability and Risk Improvement
The questionnaire provides an opportunity to recommend organizational characteristics that help to include risks in decision-making and improve risk decision-making. Thus, this section deals with accountability for including risk when making decisions and improve the

inclusion of risk in decision-making. Both have nine optional phrases; 1) Leadership: tone in the middle about actively including risk when making decisions. 2) Leadership: tone from the top about actively including risk when making decisions. 3) Quality of risk-related information. 4) Risk-based rewards (e.g., remuneration, succession planning and talent development). 5) Risk communication. 6) Risk challenge when decisions are made. 7) Risk management framework (risk: appetite statement, limits, functions, systems, processes, and data). 8) Risk-related role clarity. 9) A shared understanding.

Fig. 1 illustrates the overall percentage of accountability of all sectors in relation to the consideration of risks in decision-making. "*Risk Management Framework*" is the best way to consider risks in decision making with 46.67%. In second place are both "quality of risk-related information" and "*Shared Understanding*" with 22.2%. While the "*Risk Challenge*" is in third place with 4.44%.

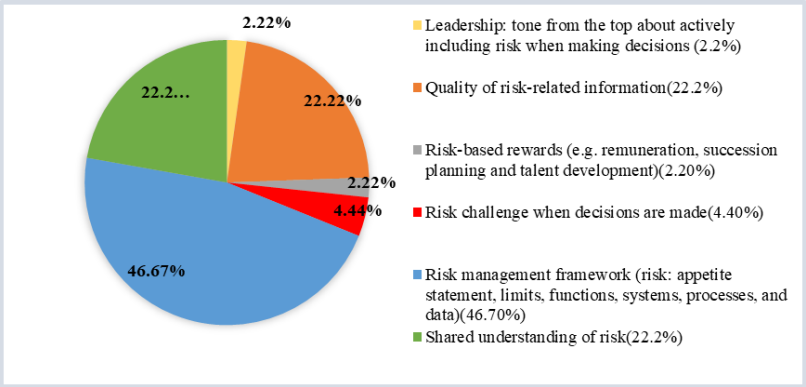


Fig. 1 - Accountability in Relation to the Consideration of Risks in Decision-Making

Similarly, Fig. 2 illustrates the overall percentage of improvement in the inclusion of risks in decision-making is explained. "*Risk Management Framework*" is the best way to consider improving risks in decision making with 46.67%. In second place is "*Quality of Risk-related Information*" with 22.22%, followed by "*Risk-based Rewards*" in the third place with 17.78%.

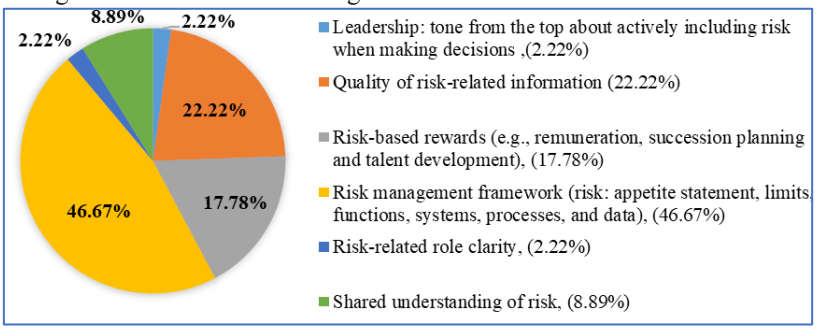


Fig. 2 - Improvement in The Inclusion of Risks in Decision-Making is explained

To create a risk culture, everyone must be encouraged to think about risks. With constant urging and everyone's participation in the regular monitoring of risks. In general, in order to improve the risk culture, some aspects should be taken into account; Risk management must be the responsibility of everyone within the institution and must be integrated into the institution's business activities. All actions and attitudes must reflect a risk-aware culture. The operational plan can be monitored and modified in order to increase risk awareness and regularly monitor and evaluate the risk management tasks of employee performance. Provide ongoing risk management training, ensuring management encourages employees to communicate or address increased hazards or risks. The most important of these is to speed up the creation of a risk management department under the institution's senior management.

It has been proven that there is a need to increase the awareness of risk culture in organizations in Libya; the first step is to put the risk management policy on the agenda and define the organization's overall risk management strategy, with increased attention from the management, as well as raising the knowledge level of the organization through the

education of managers and employees in this area.

V. Conclusion and Recommendations

The study deals with the assessment of awareness and commitment to risk culture in a sample of fifty-five senior and middle managers of ten different institutions. We can conclude from the results of the statistical analysis;

- It should be noted that each had a strategic plan as well as a vision, mission, and goals. But the concept of risk management only means safety and security, in aviation sector the safety management system or the management of weather forecasting, since there is no separate risk management department except for only one Public Finance institution. However, risk management tasks must be distinguished from safety and security, and weather forecasting tasks used as an alternative to risk management in this study. Therefore, the risk culture is still immature and not part of their daily activities, due to the lack of a risk management department, these were the most important points that require greater awareness and attention.
- Provide ongoing risk management training, ensuring management encourages employees to communicate or address increased hazards or risks. The most important of these is to speed up the creation of a risk management department under the institution's senior management.
- The level of culture, and the awareness of risk culture in general, was higher in the Oil and Gas sector than in the Aviation and the Public Finance institutions.
- In general, there is no clearly defined risk management policy due to the lack of widespread use and awareness of risk management tools, as well as a lack of understanding of risk management methodology. However, it was found that the aviation sector is more aware of the contribution of risk management, as a safety management system, to the achievement of strategic goals, the importance of risk identification and the role of risks in the decision-making process.
- The questionnaire provides an opportunity to recommend organizational characteristics that help to include risks in decision-making and improve risk decision-making. The majority of executives recommended a risk management framework to improve accountability and risk decision-making. Also, when attending management meetings, make sure to raise risk issues (such as identifying risks, occurring risks and preventing risks) to reinforce the risk culture within the institution.

Since the main objective of the study was to assess risk awareness and study the risk management culture among senior and middle managers, we recommend the following:

- As it has been proven that there is a need to increase awareness of risk culture in Libyan organizations; As a first step, the establishment of a risk management department under the institution's senior management must be accelerated. In general, there are few studies on risk culture, especially with regard to senior managers and their impact on decision-making.
- Extended studies for this study, such as How managers understand risk management and its application mechanism (Enterprise Risk Management); What problems and obstacles prevent the implementation of risk management; Assess the impact of low-risk culture awareness and evaluate the benefits of successfully integrating a risk culture into the organization.

References:

1. Ashby, S., Power, M., & Palermo, T. (2013). Guidance on supervisory interaction with financial institutions on risk culture: Feedback on the FSB's consultative document.
2. Grieser, F. and Pedell, B. (2022), "Exploring risk culture controls: to what extent can the development of organizational risk culture be controlled and how?", *Journal of Accounting & Organizational Change*, Vol. 18 No. 5, pp. 752-788. https://doi.org/10.1108/JAOC-11-2020-0189
3. Sebayang, S., Sukiman, S., & Agus, R. (2022, March). A Proposed Concept of Risk Culture in Indonesia's Shariah Banking. In *Proceeding International Seminar of Islamic Studies* (Vol. 3, No. 1, pp. 556-565).
4. Global Regulatory Network. (2022, November 6). *Measuring risk culture in finance: Development of a comprehensive measure*. Journal of Banking & Finance. Retrieved February 24, 2023, from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426622003004
5. Ashby, S., Power, M., & Palermo, T. (2013). Guidance on supervisory interaction with financial institutions on risk culture: Feedback on the FSB's consultative document.

6. Grieser, F. and Pedell, B. (2022), "Exploring risk culture controls: to what extent can the development of organizational risk culture be controlled and how?", *Journal of Accounting & Organizational Change*, Vol. 18 No. 5, pp. 752-788. https://doi.org/10.1108/JAOC-11-2020-0189
7. Sebayang, S., Sukiman, S., & Agus, R. (2022, March). A PROPOSED CONCEPT OF RISK CULTURE IN INDONESIA'S SHARIAH BANKING. In *Proceeding International Seminar of Islamic Studies* (Vol. 3, No. 1, pp. 556-565).
8. Global Regulatory Network. (2022, November 6). *Measuring risk culture in finance: Development of a comprehensive measure*. Journal of Banking & Finance. Retrieved February 24, 2023, from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426622003004
9. Al-Qahtani, Dr. Saad bin Saeed. 2015. Applied Statistics "Basic Concepts and Analysis Tools Most Used in Social and Human Studies and Research Using SPSS." First edit. ed. Dr. Saad bin Saeed Al-Qahtani. Riyadh-Saudi Arabia: King Fahd National Library.
10. Aljobaily, Hend. 2020. "Nonparametric Approach to Multivariate Analysis of Variance (Mano.Pdf." College of. UNIVERSITY OF NORTHERN COLORADO.
11. Australian Government. 2016. "COMCOVER INFORMATION SHEET Developing a Positive Risk Culture." Comcover fact sheet: 1–8.
12. Carretta, Alessandro, Vincenzo Farina, and Paola Schwizer. 2017. "Risk Culture and Banking Supervision." Journal of Financial Regulation and Compliance 25(2): 209–26. http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/JFRC-03-2016-0019.
13. D Modimakwane. 2018. "Risk Culture Assessment at a Small Provident Fund Institution."
14. FSB and GRN. 2014. "Assessing Risk Culture — Questions Firms Should Be Asking." EY Global Regulatory Network is (November 2013): 8.
15. Gutshwa, B H, Sonja Gilliland, and Henry Cockeran. 2016. "Risk Culture in a South African Government Institution." Vaal Triangle Campus, North-West University.
16. Hecke, Tanja Van. 2015. Power_study_of_anova_versus_Kruskal-Wallis_test.Pdf. Ghent (Belgium). https://www.researchgate.net/publication/228457648.
17. Kalima, D. 2016. "Risk Culture in Card Payment Acceptance: A Case Study." North-West University. http://repository.nwu.ac.za/handle/10394/24940.
18. Kells, Dailene. 2014. Risk Series: Fostering a Risk Inteligent Culture- Why Behaviour Matters. Canada.
19. Maddison, a et al. 2008. "Managing Public–Private Megaprojects: Paradoxes, Complexity, and Project Design." International Journal of Project Management 28(2): 337–42.
20. Mauelshagen, Craig William. 2012. "Opening the Black Box : What Makes Risk Management Pervasive in Organisations ?" Cranfield Univeristy.
21. Mcging, Sean, and Andrew Brown. 2014. 61 Financial Services Forum Risk Culture Leadership, Measurement & Management – a Comparison across Industries. Sydney, Australia. http://www.actuaries.asn.au/Library/Events/FSF/2014/BrownMcGIng.pdf.
22. Palermo, Tommaso, Michael Power, and Simon Ashby. 2017. "Navigating Institutional Complexity: The Production of Risk Culture in the Financial Sector." Journal of Management Studies 54(2): 154–81.
23. Schoenfeld, D. 2013. "Organisational Risk Culture: Differences between Managerial Expectations and Employees Perception." University of Gloucestershire.
24. Sheedy, Elizabeth. 2016. "Risk Governance and Culture." Governance Directions 68(1): 19–22.
25. Skutle, Thomas R. 2016. "Risk Culture and Processes: An Analysis of OneSubsea M&MS." University of Stavanger.
26. Tohidi, Hamid, and Mohammad Mehdi Jabbari. 2012. 31 Procedia - Social and Behavioral Sciences Organizational Culture and Leadership. THIRD EDIT. eds. Hamid Tohidi and Mohammad Mehdi Jabbari. United States of America: Bass Jossey, Wiley Imprint.
27. Union of Investment Companies. 2016. Risk Cultre. Kuwait: aafaq.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

The Potential of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Libyan Construction Industry

Mohmed Solla
Department of Architecture and Civil Engineering
Azahra Higher Institute of Science and Technology
ALzahra, Libya
Mohmedsolla@gmail.com

Ehab Ali Eshtiwi
Department of Architecture and Civil Engineering
Azahra Higher Institute of Science and Technology
ALzahra, Libya
Ehab@zst.edu.ly

Mahssn Mohamed Jabrel
Department of Civil Engineering
Tripoli Higher Institute of Science and Technology
Tripoli, Libya
Mohsen.gipril@gmail.com

***Abstract*—The implementation of Building Information Modeling (BIM) in the Libyan construction industry is still in its early stages. However, there is a growing interest in BIM among industry professionals due to its potential to improve project efficiency, reduce errors, and enhance collaboration between project stakeholders. There is potential for significant growth in the future as industry professionals become more familiar with BIM and its benefits and as the government and industry associations take steps to promote its adoption. This study investigates the potential of Building Information Modeling (BIM) implementation and the barriers to non-implement BIM in the Libyan construction sector. 500 questionnaires were sent out via online survey, and 101 completed questionnaires were returned and analyzed using the mean index and ranking method as part of the investigation. The study's findings indicated that BIM currently can be used in the design and operation stages, and it is strongly advised that might be implemented for all phases of Libyan building over the project lifecycle.**

Keywords—BIM, Construction stages, BIM application, BIM barriers

I. INTRODUCTION

Building projects become more complicated and challenging to manage [1] and it has been evolving quickly in response to the projects' rising complexity [2]. Building Information Modeling (BIM), which has gained popularity in academic and industrial circles as the new CAD paradigm, has seen a significant change in the construction sector over the past ten years [3]. Although BIM is new to the construction business, it is not in the world of construction [4]. BIM become the most popular new method of handling building design, construction, and maintenance now [5].

Building Information Modeling (BIM) is a digital technology that has revolutionized the construction industry worldwide [6]. In Libya, the implementation of BIM is still at an early stage, but there is a growing interest in technology among industry professionals. The construction industry in Libya has traditionally relied on traditional 2D CAD drawings, and the implementation of BIM is considered a major shift in the industry [7]. One of the main drivers for BIM implementation in Libya is the government's focus on modernizing the construction industry and improving infrastructure [8].

However, there are still several challenges to widespread BIM implementation in Libya. These include a lack of awareness and understanding of BIM among industry professionals, limited access to BIM software and training, and a lack of standardization in the industry [9].

To address these challenges, the Libyan government and industry associations can play a significant role in promoting BIM adoption by providing incentives for companies that adopt BIM, offering training programs for professionals, and establishing BIM standards and guidelines.

II. LITERATURE REVIEW

Building Information Modeling (BIM) is a digital tool used in the construction industry to create and manage a building's physical and functional characteristics throughout its lifecycle. BIM can be used in various stages of the construction process to improve communication, reduce errors, and increase productivity [10]. Here are some of the applications of BIM in different stages of construction:

A. Pre-Construction Stage:

BIM can be used in the pre-construction stage to create a virtual model of the building, including its site, structure, systems, and components. This can help identify potential conflicts and design errors early on, reducing the risk of delays and rework. BIM can also be used to generate accurate cost estimates and material quantities, allowing for more accurate project budgeting [11].

B. Construction Stage:

During the construction stage, BIM can be used to coordinate and manage the building process. The digital model can be used to plan and schedule construction activities, assign tasks to workers, and track progress in real-time [12]. This can help reduce the risk of delays and improve the efficiency of the construction process.

C. Operations and Maintenance Stage:

After construction is complete, BIM can be used to manage the building's operations and maintenance. The digital model can be used to store and organize information about the building's systems, components, and maintenance history. This can help reduce maintenance costs, improve asset management, and extend the life of the building [13].

D. Renovation and Demolition Stage:

BIM can also be used during renovation and demolition projects to help plan and coordinate the work [14]. The digital model can be used to identify and assess the impact of proposed changes, including their cost, schedule, and effect on the building's systems and components.

Overall, BIM is a versatile tool that can be used throughout the entire lifecycle of a building, from design to demolition [15]. Its applications include everything from planning and coordination to cost estimation, asset management, and maintenance [16].

III. METHODOLOGY

The literature research was likely conducted by searching for and reviewing existing academic articles, reports, and other relevant publications on the topic of BIM applications during the construction phases. This would have allowed the researchers to gather information and data from a variety of sources to establish a foundation of knowledge on the subject.

The questionnaire survey was likely designed to gather more specific information on the use of BIM applications during the construction phases from individuals and organizations involved in the construction industry. The survey questions would have been based on the research objectives and the information gathered through the literature research [17]. The survey could have been administered online or in person, depending on the preferences of the researchers and the target population [18].

The combination of literature research and a questionnaire survey is a common and effective method for collecting data in many fields of research, as it allows for a comprehensive review of existing knowledge and the gathering of new, specific data from individuals or organizations.

A Likert Scale is a type of survey question that asks respondents to indicate their level of agreement or disagreement with a statement [19]. The scale typically ranges from strongly agree to strongly disagree, with a range of values in between (e.g., 1=strongly disagree, 2=disagree, 3=neutral, 4=agree, 5=strongly agree). In this case, the Likert Scale had ordinal values ranging from 1 to 5.

The researchers used several methods of analysis to interpret the data collected through the Likert Scale. The mean index was used to calculate the average response for each question on the survey. The standard deviation was used to measure the spread of the responses, indicating how much agreement or disagreement there was among the respondents. Likert Scale questions and various methods of analysis provided the researchers with a detailed and informative understanding of the attitudes and opinions of the survey respondents on the topic of BIM application during construction stages.

IV. RESULT AND ANALYSIS

The questionnaire was distributed to construction industry players who had experience in this area and the distribution was targeted to specific construction players in Libya. However, it is important to note that the sample of respondents should be representative of the population of interest to ensure the validity and reliability of the results.

The questionnaire was distributed via Google Form through email. Google Forms is a popular online survey tool that allows for the creation and distribution of surveys through email, social media, or other online platforms. The use of an online survey tool like Google Forms can make it easier to distribute the questionnaire to a large number of respondents and to collect and manage the responses.

A. Demographic Information

Demographic information is an important aspect of many research studies, as it can provide valuable insights into the perspectives and experiences of the respondents and how these may relate to the topic being studied which table I show the experience and responded background.

TABLE I. DEMOGRAPHIC INFORMATION

Demographic Information	Percentage %
Firm Type	
Architecture Firm	10%
Contractor Firm	18%
Consultant Firm	25%
Government Agencies	19%
Education Sector	20%
Others	8%
Profession Title	
Architect	32%
Civil Engineer	43%
Project Manager	10%
IT Engineer	2%
M&E Engineer	4%
Academic	9%
Construction Experience	
1-3 Years	22%
3-6 Years	14%
6-9 Years	10%
More than 9 Years	54%

According to Table I, this summarizes all of the responses, consultants made up the largest percentage of respondents (25%) in this study, followed by respondents from the architecture (10%), government (19%), contractor (18%), and other (8%) sectors. 32% of respondents reported having an architect as their work title, while 10% reported having a project manager. According to Table I, structural and civil engineers made up 43% of respondents, whereas solely academic respondents made up 9%.

Respondent's past experiences 101 respondents from diverse construction experience levels completed the distributed survey in its entirety. 54% of respondents with construction experience had worked in the field for more than nine years, while 22% had worked in it for more than three years.

B. BIM Application

The study examined the potential using of BIM applications across different construction stages, and Table II presents the ranking of these applications. The study found that the design stage has the highest ranking, while the Renovation and Demolition stage has the lowest ranking. Additionally, it appears that there is potential for BIM in the operation stage, with exciting building.

TABLE II. BIM APPLICATION IN LIBYAN CONSTRUCTION

No	BIM Application		
1	**Construction stages**	**Mean Value**	**Rank**
1.1	Design	3.96	1
1.2	Operation	3.77	2
1.3	Construction	3.50	3

1.4	Plan	3.01	4
1.5	Renovation and Demolition	2.94	5
2	**BIM Software**	**Percentage %**	**Rank**
2.1	Revit Suite	53%	1
2.2	ArchiCAD	19%	2
2.3	Others	14%	3
2.4	Bentley System	9%	4
2.5	Tekla /Robot	5%	5

These findings can provide valuable insights into the current state and potential future direction of BIM implementation in the Libyan construction industry. The high ranking of BIM applications in the design stage may suggest that BIM is already widely used in this stage, while the low ranking in the construction stage may indicate that there is room for improvement and increased adoption of BIM in this stage. The potential for BIM in the operation stage may also suggest opportunities for future growth and development in this area.

C. BIM Barriers

The implementation of Building Information Modeling (BIM) in the Libyan construction industry may face several barriers, which can hinder its widespread adoption and effective use. Some of the common barriers to BIM implementation in the Libyan construction industry may include as showing in the table III.

TABLE III. BIM BARRIES IN LIBYAN CONSTRUCTION

3	The barriers	Mean Value	Rank
3.1	Lack of Awareness	3.64	1
3.2	Cost	3.49	2
3.3	Lack of Government Support	3.45	3
3.4	Lack of Standards	2.91	4
3.5	Limited IT Infrastructure	2.86	5
3.6	Resistance to Change	2.80	6

Lack of Awareness: One of the main barriers to BIM implementation in Libya is the lack of awareness and knowledge about BIM among stakeholders in the construction industry. Many construction professionals, including architects, engineers, and contractors, may not fully understand the benefits of BIM or how to use it effectively.

Cost: BIM implementation requires significant investment in software, hardware, and training, which can be a barrier for small and medium-sized construction companies in Libya. The cost of BIM implementation can also be a challenge for government agencies and other public sector organizations.

Lack of Government Support: The lack of government support for BIM implementation can also be a barrier to adoption. Government support can help to provide resources, funding, and incentives for construction companies to adopt BIM and invest in training and development.

Lack of Standards: The absence of national or industry-wide BIM standards in Libya can also be a barrier to implementation. Without standardized practices, BIM implementation can be fragmented and inconsistent, making it difficult to share information and collaborate effectively.

Limited IT Infrastructure: The lack of adequate IT infrastructure, including high-speed internet and computer hardware, can also be a barrier to BIM implementation in Libya. Without access to modern technology, stakeholders may struggle to use BIM effectively or collaborate with others.

Resistance to Change: Some stakeholders in the Libyan construction industry may be resistant to change and may prefer to continue using traditional methods of construction. This can hinder the adoption of BIM, even if it offers significant benefits over traditional methods.

The successful implementation of BIM in the Libyan construction industry will require addressing these and other barriers through a combination of education, training, investment, and government support. By overcoming these barriers, BIM can help to improve efficiency, reduce costs, and enhance the quality of construction projects in Libya

V. CONCLUSION

The Building Information Modeling (BIM) has the potential to transform the Libyan construction industry by improving collaboration, reducing errors, and enhancing project efficiency. However, the successful implementation of BIM in Libya requires addressing several barriers, including the lack of awareness and knowledge about BIM, the cost of implementation, resistance to change, the absence of national or industry-wide standards, limited IT infrastructure, and the lack of government support.

Despite these challenges, the results of this study suggest that there is a good potential for BIM in the Libyan construction industry, particularly in the design stage, and that stakeholders in the industry should work together to overcome the barriers to adoption. The leverage of BIM benefits to improve construction project outcomes, reduce costs, and enhance the quality of buildings and infrastructure in Libya.

In summary, the successful implementation of BIM in the Libyan construction industry requires a comprehensive approach that addresses the barriers to adoption and promotes education, training, investment, and government support. With a concerted effort by all stakeholders in the industry, BIM has the potential to revolutionize the way that construction projects are planned, designed, and built in Libya.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank and express gratitude to the BIM Libya organization which has been involved in this research with great cooperation to come out with these results and provide the necessary data which was very useful for Building information modeling.

REFERENCES

[1] A. Saleema, et al. "Software engineering for machine learning: A case study." 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP). IEEE, 2019.

[2] K. Ozan, B. Keskin, and B. Ozorhon. "Challenges and enablers in BIM-enabled digital transformation in mega projects: The Istanbul new airport project case study." Buildings 9.5 (2019): 115.

[3] Dainty, Andrew, et al. "BIM and the small construction firm: a critical perspective." Building research & information 45.6 (2017): 696-709.

[4] L. Junjie, and H. Yang. "A research on development of construction industrialization based on BIM technology under the background of Industry 4.0." MATEC Web of Conferences. Vol. 100. EDP Sciences, 2017.

[5] T. Matti, et al. "The effects of BIM and lean construction on design management practices." Procedia engineering 164 (2016): 567-574.

[6] A. F. Henry, et al. "A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects." Advances in Engineering Software 90 (2015): 183-201.

[7] E. O. Oluwatosin, and D. J. Oluwasuji. "An evaluation of training needs of the Nigerian construction professionals in adopting building information modelling." Journal of Construction in Developing Countries 24.2 (2019): 63-81.

[8] S. M. Duwaeb. Barriers and driving factors for implementing building information modelling (BIM) in Libya. MS thesis. Eastern Mediterranean University (EMU)-Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ), 2015.

[9] O. O. Ibrahim, et al. "Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry." Engineering, Construction and Architectural Management 27.10 (2020): 2931-2958.

[10] P. Daniela, et al. "Exploiting Internet of Things and building information modeling framework for management of cognitive buildings." 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2). IEEE, 2016.

[11] M. Anna, and I. Ptukhina. "BIM as an instrument of a conceptual project cost estimation." Proceedings of EECE 2019: Energy, Environmental and Construction Engineering 1. Springer International Publishing, 2020.

[12] J. Yishuo, et al. "Digital twin-enabled real-time synchronization for planning, scheduling, and execution in precast on-site assembly." Automation in Construction 141 (2022): 104397.

[13] M. Solla, et al. "Integration of BIM and Archibus for Facility Management (FM) in FKAAS, UTHM Building." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 498. No. 1. IOP Publishing, 2020.

[14] C. Jack CP, J. Won, and M. Das. "Construction and demolition waste management using BIM technology." 23rd Ann. Conf. of the International Group for Lean Construction, Perth, Australia. 2015.

[15] H. Dongchen, M. Kalantari, and A. Rajabifard. "Building information modeling (BIM) for construction and demolition waste management in Australia: A research agenda." Sustainability 13.23 (2021): 12983.

[16] A. Salman. "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry." Leadership and management in engineering 11.3 (2011): 241-252.

[17] R. Samar. "Research design and methods: A systematic review of research paradigms, sampling issues and instruments development." International Journal of Economics & Management Sciences 6.2 (2017): 1-5.

[18] M. S. D. P Nayak, and K. A. Narayan. "Strengths and weaknesses of online surveys." Technology 6.7 (2019): 0837-2405053138.

[19] W. Fern., G. L. Theodori, and A. E. Luloff. "Another look at Likert scales." Journal of Rural Social Sciences 31.3 (2016): 6.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

COMPARISON BETWEEN ZIGBEE AND Z-WAVE TECHNOLOGIES

salih saad garash
Department of electrical and computer
Libyan academy
Tripoli, Libya
Email: salih.garash@academy.edu.ly

Abstract— The market for the Internet of Things (IoT) is continuing to grow and become more commonplace for consumers and engineers alike ,Home automation systems represent the front-end of smart grids, There are many home automation technologies available in the market. Two popular IoT technologies are ZigBee and Z-Wave. Users of smart homes are facing challenges of selecting the best technology, both are great wireless solutions for home automation, smart energy, telecommunications, health care, remote control. In this paper, after overview of the on networks topologies ,Protocol Stack , Applications , of ZigBee, Z-Wave technologies ,we attempt to make a comparison of them about Speed and Compatibility, Connectivity ,Data rate , power consumption ,Frequency Range ,Cost . The results of this study the users can make the appropriate choice of technology to use in home automation systems.

Keywords- home automation, ZigBee ; Z-Wave; IoT

I. INTRODUCTION

Home automation industry has drawn considerable attention of the researchers ,The main idea is to automatically control and monitor electrical and electronic home appliances Revenue in the Smart Home market is projected to reach US$115.70bn in 2022, the number of active households is expected to amount to 573.7m users by 2026 [1] . The vision of the Internet of Things (IoT) is to build a smart environ-mint by using objects (wireless sensor, RFID, smart phone, wearable's ...), which have the ability to collect information from the environment in which they are deployed, store it, process it, and transmit it using an Internet gateway for decision making [2].

In smart homes, automation systems are used to monitor and control the energy usage of electrical appliances and equipment [3], there are many other devices that can be connected to the home automation systems such as temperature sensors motion sensors. A typical home automation system (WHAS) consists of battery operated low power wireless sensors and actuators attached with the home appliances. These sensors and actuators are connected to a backbone wireless network, smart home market is growing rapidly with the entry of more players in consumer electronics such as Samsung and LG, These companies have announced products and services that could rapidly grow the smart home industry, In wireless-based home automation system, different types of technologies and each technology having its own advantages and disadvantages. When it comes to home automation systems, ZigBee, Z-Wave, Wi-Fi, and Bluetooth are the current technologies we use for communication [4].

The of this paper is organized as follows, the next section show ZigBee Technologies ,Section 3 explains Z-Wave Technologies, Section 4 include Comparison Between ZIGBEE and Z-Wave Technologies ,Section 5 contains a Advantages and disadvantages of the two technologies, Finally, this paper is concluded with section 6.

II. THE ZIGBEE TECHNOLOGY

ZigBee alliance is responsible for ZigBee standard and IEEE is for IEEE802.15.4. ZigBee (software) defines the network, application security application layers, ZigBee (hardware) defines the physical and media access control layers for LR-WPAN [5]. ZigBee has three radio bands that operate in 868MHz, 915MHz, and 2.4GHz with low-power consumption and range of 300 meters. It can accommodate up to 6000 devices..

A. ZIGBEE STANDARD

ZigBee devices are a combination of ZigBee logical and physical device types .ZigBee device are the combination of application such as sensors , and ZigBee physical device types (FFD , RFD) [6] .

1. ZigBee physical device types

Full Function Devices (FFD) , can perform all available operations within the standard, as routing mechanism, sensing tasks and coordination task. Reduced Function Devices RFDs do not route packets, these are end devices only doing limited tasks like monitoring lighting.

2. ZigBee logical device types

There are 3 ZigBee logical devices – Coordinators, Routers and End Devices. (FBSS).

- *Coordinator* There is exactly one coordinator in each network. It is root of the network tree and might bridge to other networks, It is responsible for initiating the network and selecting the network parameters such as unique network identifier and radio frequency channel, setting other operational parameters.

- *Routers* It is root of the network tree and might bridge to other networks, It is responsible for initiating the network and selecting the network parameters such as radio frequency channel and unique network identifier, setting other operational parameters.
- *End Devices*: They can collect various information from sensors and switches. The end devices depend on a coordinator or router to send the data and it cannot relay data from other devices, each of these devices has 240 end nodes. The same ratio.

3. *Access Modes:*

Two ways of multi-access in ZigBee protocol, are Non-beacon and Beacon, in beacon nodes can only transmit in predetermined time slots. In Non-beacon enabled network, every node in the network can send the data when the channel is free. All devices should be synchronized for this process. This will be achieved by sending beacon signal. The coordinator is responsible to transmit beacon signals to synchronize the devices attached to it [7].

B. ZIGBEE PROTOCOLS STACK

. ZigBee builds on IEEE standard 802.15.4 which defines the physical and media access control (MAC) layers. Protocol architecture is based on Open system interconnection (OSI). ZigBee alliance defines the application layer and network layer. Fig.1 shows protocol stack of ZigBee system.

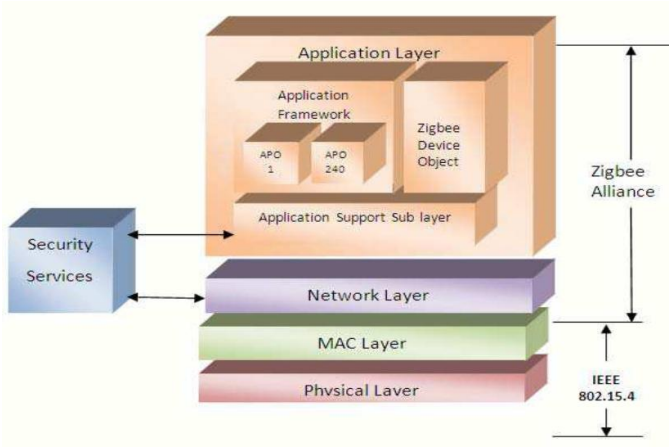


FIGURE 1. ZIGBEE PROTOCOL STACK

- **Physical Layer**: The physical layer of the IEEE802.15.4 standard is the closest layer to the hardware, which control and communicate with the radio transceiver directly. It handles all tasks involving the access to the ZigBee hardware, including initialization of the hardware, channel selection, link quality estimation, energy detection measurement and clear channel assessment to assist the channel selection. Three frequency bands Supports, 2.45GHz band which using 16 channels, 915MHz band which using 10 channels and 868MHz band using 1 channel.
- MAC Layer: This layer provides interface between physical layer and network layer, The Mac layer is responsible for the generation of a beacon if the device transmitting signal is a ZigBee coordinator. ZigBee devices can interact with each other regardless of manufacturer (even if the message is encrypted).
- Network Layer: This layer is responsible for taking up tasks such as setting up a network ‹routing, configuring different devices in the same network. End-to-end device connection ‹this layer Provides network wide security.
- Application Layer: It is the topmost layer in the protocol suite, ZigBee specification separates the APL layer into three different sub-layers, ZigBee device objects, Application support sub layer, and Application Framework.

1. ZigBee Device object: this layer is it provides service discovery, security, and binding [8] .
2. Application support sub layer: helps this sub layer in decoding the frames from a node and managing the cryptographic keys that are used to encrypt and decrypt the data at the nodes.
3. Application objects (APO): helps in controlling and maintaining all the protocols that are necessary to run a ZigBee device.

C. ZIGBEE topologies

There are following topologies:

- Star Topology: Star topology consists of one coordinator and any number of end devices. In star topology a master slave network model is adopted where master is the ZigBee coordinator which is FFD and slave will be either FFD or RFD. Devices can only communicate with the coordinator-transmitter.
- Mesh Topology: In mesh topology, each node can communicate any other node within its range. Mesh topology is complex to maintain and beaconing is not allowed here. But it is more robust and tolerance to fault.
- Cluster Tree Topology:. The difference is that other nodes can communicate with each other. The advantage is the possible geographical expansion of network. Cluster tree topology is similar to the star topology, and Fig.2 shows ZigBee Topology..

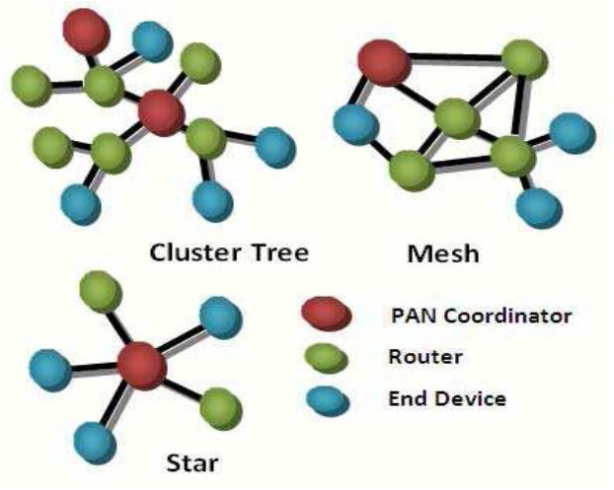


Figure 2: ZigBee Topology

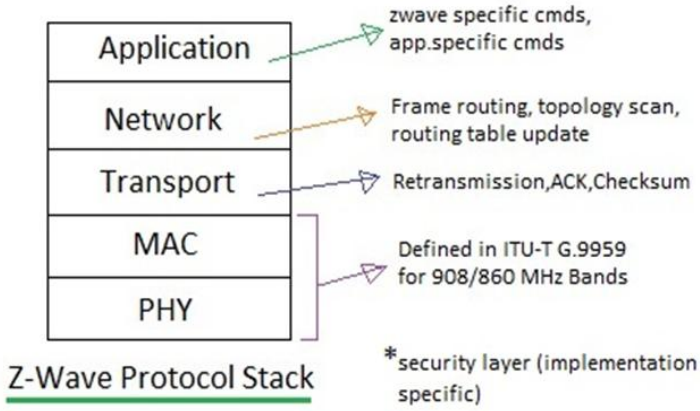
III. Z-WAVE TECHNOLOGY

Z-Wave is a proprietary wireless communications protocol designed for home automation ,It uses simple, reliable, low-power radio waves that easily travel through walls, floors and cabinets, such as lighting, home access control, entertainment systems and household appliances.

A. Z-Wave protocol stack

The z-wave protocol layers main function is to communicate very short messages of few bytes long from a control unit to one or more z-wave nodes, as fig-3 shown, z-wave protocol stack consists of 5 layers (PHY layer, MAC layer, Transport layer, network layer and application layer), and Following are the major functions of these protocol layers:

- Physical layer takes care of modulation and RF channel assignment as well preamble addition at the transmitter and synchronization at the receiver using preamble. It also takes care of RF channel allocation as desired. The input for configuring the z-wave PHY is data rate (9.6 or 40 or 100 Kbps).
- MAC layer takes care of Node ID and Home ID, controls the medium between nodes based on collision avoidance and back off algorithms.
- Transport layer takes care of transmission and reception of frames, takes care of retransmission, ACK frame transmission and insertion of checksum. Transport layer relies on a frame checksum value to detect and discard erroneous frames. is mainly responsible for retransmission, packet acknowledgment, waking up low power network nodes (Beaming) and packet origin authentication,
- Network layer takes care of frame routing, topology scan and routing table up, In order to determine the best route to a destination node, each device in the Z-Wave network maintains a network topology that indicates all other devices in proximity. The Z-Wave protocol supports automatic topology discovery and healing to detect new network location and routes and optimize the routing tables [9].
- Application layer this layer is responsible for parsing the frame payload and decoding the Z-Wave commands and supplied parameters, takes care of control of payloads in the frames received or to be transmitted. If the node was a Z-Wave controller device the decoded command and associated parameters will be forwarded to the controller software running on the home control computer or appliance.



As fig-3 z-wave protocol stack

B. Z-Wave Topology

A network topology defines the way various components communicate with each other within an IoT network, Topologies can vary greatly in security complexity, cost, and power consumption.

Z-Wave Network Topology Basic Principles

The following is a summary of the basic Network topology principles established by ITU-T G.9959 [10], Groups of nodes are divided into domains:

- The division of physical nodes into domains is logical. Domains may fully or partially overlap each other's radio frequency ranges
- The Z-Wave Network Layer supports up to 232 domains.
- Each domain is identified by a unique Home ID.
- Management of different domains in the same physical media is handled by individual domain masters.

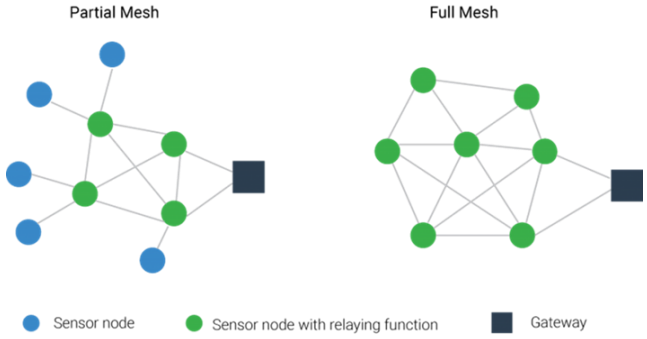
The domain is a set of nodes connected to the same medium:

- One node in the domain operates as a domain master, known as the Primary Controller.
- Each domain may contain up to 232 nodes (including the domain master).
- Each node in the domain is identified by a Node ID that is unique within the actual domain.

- Nodes of the same domain can communicate with each other either directly or via other nodes in the same domain.

Z-Wave Mesh topology

Mesh topology is widely employed to extend the coverage of short-range wireless technologies such as ZigBee, Z-Wave, and Wireless HART. Most mesh networks have a self-healing capability as data can be re-routed using another path if one repeater node fails, thereby enhancing robustness. A sensor node, serves as both an endpoint that captures and transmits their own data as well as a repeater that relays data from other nodes. In a partial mesh network, only selected nodes have the repeater/relaying function and are connected with more than one other node, while in a full mesh network, all nodes are homogeneous and fully interconnected to each other. The figure 4 shows the Z-Wave Network Topology.



The figure 4 Z-Wave Network Topology

Z-Wave Applications

Z-wave is currently supported by over 200 technology vendors worldwide and it is becoming increasingly popular It is a low-frequency, reliable, and easy-to-use technique to manage and operate your household equipment without needing you to be physically present. Some common applications of Z-wave technology include:

- Lighting - Using Z-Wave technology with the home electronics such as lighting, security lights, etc. these appliances can be controlled and monitored via remote control.
- Air Conditioners/Heaters - With Z-Wave enabled thermostats, air conditioners can be operated remotely to lower or raise temperatures, switch off and on the appliance, and various other controls.
- Home Security Systems Z-Wave is very useful also when it comes to managing home security. For example, with a Z-Wave enabled door, you can open or close the doors or the main gate to your house. A Z-Wave enabled garage door can trigger lights and a webcam, which would allow the users to monitor their home from another place. You can also activate and deactivate a home security system via remote control.
- Home Entertainment Z-wave technology is great for home audio and video applications, too. You can do lot of things with Z-Wave enabled entertainment electronics such as playing a DVD, stopping it, etc. You can also turn on radio, change the frequency, and more

IV. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF ZIGBEE AND Z-WAVE TECHNOLOGIES

This show section the advantages and disadvantages of the two technologies OF ZIGBEE and Z-WAVE.

A. ZIGBEE technology

ZigBee technology is used by applications that require a low rate of data, and hence the technology needs long battery life and safe networking, table shows following the Comparison between advantages and disadvantages of ZigBee Technology.

TABLE 1 ADVANTAGES AND DISADVANTAGES ZIGBEE TECHNOLOGY

Advantages	Disadvantages
The ZigBee technology has high node support. It can support thousands of nodes under a single network.	Since the technology used in ZigBee is of low bit rate, the transmission rate of this technology is also low.
This technology is apt for devices with low power since its bandwidth requirements are low.	ZigBee has many security threats like stealing of nodes, loss of services provided by the network, theft of data, etc. It also has compatibility issues.
The ZigBee technology has a flexible structure. It has an easy installation process and also has long battery life.	Implementing a ZigBee technology is quite expensive as the size and range of the network affect the cost.
Since this technology is a mesh network, its transmission range can be expanded by connecting nodes to the network, which acts as repeaters.	The ZigBee technology can get altered by the Z-Wave wireless communication since the latter provides better stability and range.
Zigbee technology is easy to control and monitor with the help of a remote. There is no existence of a central controller.	This technology is very prone to network interferences because it uses the 2.4 GHz band, which is also used by other wireless devices.

B. Z-Wave technology

The main objective of a smart or home is to make your living simpler and more pleasant, and to increase your security and comfort. Z-Wave It meets all the requisites for creating the ideal smart home and smart living, following are the most important technical features Z-Wave:

- **Simple installation:** Installation of most Z-Wave devices is as simple as replacing a light bulb - just about anyone can do it, To start using an electronic Z-Wave device such as a light switch just switch it on, add it to the Z-Wave network. Z-Wave is a wireless technology, so its installation doesn't require any additional cabling.

- **Low Interferences** advantage of Z-Wave is that it does not suffer from major radio interference issues and physical obstructions because it operates around the 900 MHz band of the electromagnetic spectrum compared to the 2.4 GHz band used by Wi-Fi 2.4 GHz, Bluetooth, and ZigBee.

    - **Cost:** advantage of Z-Wave in comparison to traditional smart home solutions is its affordability because the installation does not require a specialist contractor or construction work, and you can choose to expand your system at any time, Z-Wave home automation solutions are suitable and available for everyone.

    - **Energy efficiency**: The ability to save power is very important. Some Z-Wave devices, such as temperature and motion sensors or thermostats, are battery powered. Energy efficiency is thus paramount. Z-Wave devices are optimized for energy efficiency with a typical battery life of one year and more.

    - **Interoperability and availability of devices:** All Z-Wave devices are fully interoperable. That means you are not tied to a single manufacturer when implementing a home automation solution. So your investment is better protected compared to using a proprietary solution from a single manufacturer.

DISADVANTAGES OF Z-WAVE

Following are the disadvantages of Z-wave:

- The coverage is limited and hence requires more z-wave devices to cover larger region
- Limited Number of Nodes only supports up to 232 nodes
- It supports only tree topology structure , which has specific disadvantages to include difficulty in configuration
- Implementation Cost: A system based on Z-Wave is relatively inexpensive to deploy because there is a wide selection of affordable devices in the market
- Security Issues : This is due to the fact that z-wave works on RF (Radio Frequency) and it is wireless in nature which can be accessed from anywhere
- Z-wave is supports less data communication speed up to 100 kbps which is less compare to ZigBee [11].

V. COMPARISON BETWEEN ZIGBEE AND Z-WAVE TECHNOLOGIES

Both Z-Wave and ZigBee are wireless technology used to connect smart home devices to each other and the internet, In this section, i will show the main differences between the two techniques:

A. Frequencies

Both types use different radio frequencies. ZigBee uses a frequency of 2.4 GHz or 915 MHz while Zwave uses a lower frequency, Therefore, a ZigBee device cannot interact with a Z Wave network and vice-versa.

B. Speed

ZigBee is faster than Z-Wave. ZigBee transmits data at 250 kbps compared transmission rate of 100 kbps for Z-Wave's. ZigBee is faster, hands down, when it uses its 2.4 GHz frequency. The problem is, you sacrifice power consumption for speed.

C. Compatibility

ZigBee and Z-Wave are not compatible since they use different frequencies, Z-Wave devices all work together, while there are some versions of ZigBee that don't work with each other. Table 2 network simulation parameters

D. Connectivity

A Z-Wave can support up to 232 smart devices connected at once, but it's limited to only four hops for information to get from one compatible device to another. ZigBee supports more than 65000 devices and supports an unlimited number of hops. Table 4 show comparison between ZIGBEE and Z-WAVE

TABLE 2 COMPARISON BETWEEN ZIGBEE AND Z-WAVE TECHNOLOGIES

basic	ZigBee	z-wave
Released (Year)	2004	2001
Inventor	ZigBee Alliance	ZenSys Corp.
Primary Markets	Industrial Automation, Research, Home Automation, Telecommunications, Healthcare	Home Automation
Data rate	250 Kbit/s	40 Kbit/s
power consumption	40 MA	2.5 MA
range	10/20 M	30/65 M
Frequency	2.4 GHZ	900 MHZ

Range		
Encryption	128-bit AES	128-bit AES
Max Nodes Connected	65,536	232
Modulation	Quadrature phase-shift keying (OQPSK)	Gaussian frequency shift keying (GFSK)
Network Topology	Mesh, Cluster ,star	Mesh
Cost	Low	High
Interoperability	Same manufacturer	Different manufacturers
Battery Life	Up to 7 years	12-14 months
Number of hops allowed	30	4

IV. CONCLUSION

In this paper, a comparison of popular home automation technologies is presented, are ZigBee and Z-Wave technologies. Both smart home device control protocols have certain advantages and disadvantages, the user's selection of suitable wireless technology for home automation is dependent on the requirements of your selected application. Z-Wave is the best choice if the criteria of interest is energy saving, or the user is interested in using different devices from different manufacturers, ZigBee preferred technology by many, mainly because of the fact that it is an open standard. In addition, ZigBee offers high data security and reliability, and strong data encryption capabilities. ZigBee allows for over 65,000 devices while Z-Wave only permits 232 nodes, But, the major disadvantage is its noncompliance by different manufacturers.

REFERENCES

[1] Source: Statista https://www.statista.com/outlook/dmo/smart-home/worldwide

[2] Long Cheng, Jianwei Niu, Chengwen Luo, Lei Shu, Linghe Kong, Zhiwei Zhao, and Yu Gu. 2018. Towards minimum-delay and energy-efficient flooding in low-duty-cycle wireless sensor networks. Computer Networks 134 (2018), 66–77.

[3] W. H. E. Liu, and D. Pearson, "Consumer-centric smart grid," in Proc. 2011 IEEE Power Engineering Society Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) , pp.1-6.

[4] Trevor J. Bihl Michael ,"Dimensional Reduction Analysis for Physical Layer Device Fingerprints with Application to ZigBee and Z-Wave Devices", 11 August 2015, https://www.researchgate.net/publication/280883073

[5] Hands-on ZigBee: implementing 802.15.4 with microcontrollers" Fredeady

[6] www.zigbee.org

[7] Shahin farahani, "ZigBee wireless networks and transceivers".

[8] Vishwas K V, Amith R2,"Zigbee, It's Applications and Comparison with Other Short Range Network Technologies", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 10 Issue 06, June-2021.

[9] Morais, A., & Cavalli, , A. (2011). Route Manipulation Attack in Wireless Mesh Networks. Advanced Information Networking and Applications (AINA).

[10] ITU-T G.9959, Short range narrowband digital radio communication transceivers – PHY & MAC layer specifications.

[11] Babun, L., Aksu, H., Ryan, L., Akkaya, K., Bentley, E. S., and Uluagac, A. S. 2020. Z-IoT: Passive Device-class Fingerprinting of ZigBee and Z-Wave IoT Devices. ICC 2020 – 2020 IEEE International Conference on

.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Automated Arc Welding Defect Detection for Industry 4.0 Machine Vision System

Eng. Marai khalifa; marai.khalifa@lwc.ly
IT department
Libyan welding center
Tripoli – Libya

==========

Abstract

A very low latency automated defect detection solution is for robotic gas metal arc welding (GMAW) in heavy equipment manufacturing. The camera-based solution runs on the edge, detects weld porosity defects using a proven AI algorithm, and can be used to stop the robotic arm immediately in case an anomaly is identified. This allows manufacturers to find weld defects and reduce delays in the production process, optimize costs, and increase overall productivity. Automated Arc Welding Defect Detection uses a deep neural network based interference engine to detect welding defects in a way not possible with the human eye and is tested to deliver high accuracy. It is powered by scalable Intel® Core™ i7 processors and uses Intel® Movidius™ VPUs and the Intel® Distribution of OpenVINO™ toolkit to detect arc-welding defects with very low latency and high accuracy. "AI and machine vision technologies are transforming traditional manufacturing processes in ways we could never imagine before. Robotic welders equipped with Artificial Intelligence "AI" -driven machine vision can transform quality control and give manufacturers a competitive advantage. Due to tremendous production volume, the designers looked for new ways to catch flaws during the welding process. The new technology turned to ADLINK, a global manufacturer of edge computing solutions. This paper discusses the ADLINK's AI and Computer Vision "CV" powered Edge Arc Welding Defect Detection solution gives Deere the ability to watch the weld pool in real time to find and correct issues as they occur, where the toolkit software code is described.

==========

Key words

Gas Metal Arc Welding (GMAW)- Defect Detection - Industry 4.0 - Artificial Intelligence "AI"- Quality Control "QC" - Intel OpenVINO Toolkit – Computer Vision "CV"- ADLINK Platform.

==========

I. INTRODUCTION

Robotic arc welders are the workhorses of the factory floor, fusing steel in the most extreme conditions. As tough as they are, robots cannot QC their work, even when common weld defects such as porosity occur. In addition, when flaws are not caught in the welding process, disruptive and costly rework or scrapping material may be required. Traditional quality control includes highly skilled weld technicians who use visual and auditory indicators to detect porosity. However, these experts are limited in what they can catch. Miles of welds come down the assembly line, making it impossible to visually inspect each one. In addition, they do not have the ability to see beneath the surface of the weld without radiographic and ultrasonic technologies. As a result, items go out factory doors that can later become warranty claims. Fortunately, innovative technologies can provide a solution. Robotic welders equipped with AI-driven machine vision can transform quality control and give manufacturers a competitive advantage.

II. Visual Defect Detection Catches Flaws

The agricultural equipment manufacturer John Deere is a great example. The company uses a gas metal arc process to weld the high-strength steel required to build its machinery. Across 52 factories around the world, hundreds of robotic arms use millions of weld wire pounds annually. With this tremendous production volume, the company looked for new ways to catch flaws during the welding process. The company turned to ADLINK, a global manufacturer of edge computing solutions.

ADLINK's AI and computer vision powered Edge Arc Welding Defect Detection solution gives Deere the ability to watch the weld pool in real time to find and correct issues as they occur. "Machine learning gives John Deere a better understanding of the quality across every single weld," says Daniel Collins, Senior Director of Edge Solutions for ADLINK. "That is very powerful stuff from a warranty and messaging perspective."

III. Rugged Hardware + Pre-trained Software

The arc-welding platform comprises a combination of software and hardware, based on an industrial-grade machine vision platform using Intel® Core™ processors and Intel® Movidius™ Myriad™ X VPUs. MeltTools welding cameras—designed to withstand high temperatures and intense light—are mounted on the robotic arm, just 12 to 14 inches from the weld. A pre-trained machine learning model uses integrated ADLINK Edge IoT software that can capture, stream, process, understand, and act on vision data. The ADLINK architecture allows manufacturers to plug in modular

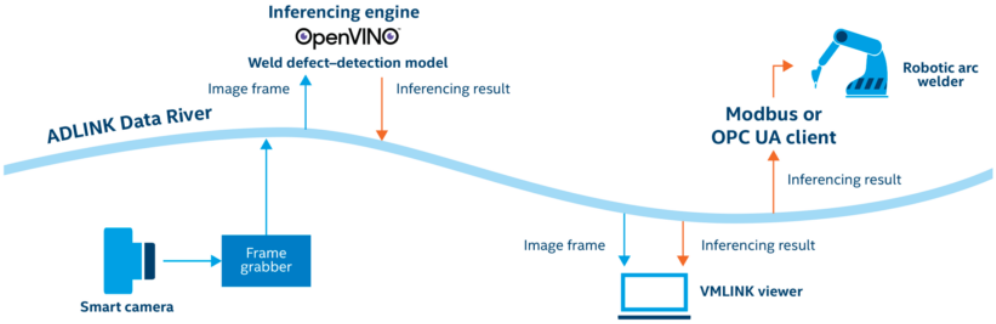


Figure 1. Edge devices collect real-time insights for inspecting welds and providing an ability to stop the process if it finds a defect.

"The software is a big reason why the platform works," says Collins. "It consists of the Intel® OpenVINO™ Toolkit inference engine, which is the machine vision calculator, and ADLINK Edge, which is broken up into several different applications. These applications do everything from ingest the camera data, stream it to the inference engine, understand the results, and take action. And this all happens in real time using the ADLINK Data River or the Edge communication layer." A decision-making app waits for the inference engine's results to assess the quality of a weld. If it says to stop a weld, a DIO app fires a 24-volt signal to the robot and pauses the weld. At the same time, it sends an alert to the factory floor manager that the weld has been stopped. "If a quality issue was identified after the fact in a batch, likely they would have to pull all the welds from that batch to further inspect and rework them. That could even mean scrapping entirely and rebuilding from scratch," says Collins. AI Brings Business Opportunities to Sis The robotic arc welding space is growing, and large manufacturers are moving away from manual weld quality practices, which creates a huge opportunity for systems integrators. "If you do a quick look at what is available from a robotic welding quality inspection perspective, you won't find much that inspects during the weld job," Collins says. "You'll find various components here and there, like cameras and models. What you won't find are all the components or building blocks bundled together in a single offering." Designed for PoCs, the ADLINK kit includes machine vision algorithms that can identify one of the roughly 10 quality inspection issues that are pervasive in welding. To customize the solution for its customer, SIs may need to do some configuration and retraining. "A customer in a new environment may be able to identify porosity, for example, using the out-of-the-box solution," says Collins. "Likely however, we would need to do some model retraining to increase the accuracy for that environment. We did the legwork required to identify all the right components. The SI's job is to configure them in such a way that their client gets immediate value once deployed." In addition, many manufacturers are interested in weld quality inspection as a service, adds Collins. "There's a potential opportunity to offer managed services," he says. "That combined with an industry that's growing and the need to configure and retrain for every customer environment, is quite a bit of services revenue for an SI." Computer vision and machine learning turn robotic welders into the superheroes of the factory floor, spotting defects that would have otherwise gone unnoticed. By leveraging AI technology, manufacturers and the SIs that serve, they gain an advantage in today's competitive marketplace.



Figure.2 ADLINK Edge IoT software and the Intel Distribution of Open VINO toolkit action recognition model

"A customer in a new environment may be able to identify porosity, for example, using the out-of-the-box solution," Thus, we should do some model retraining to increase the accuracy for that environment. The work required to identify all the right components had been done. The SI's job is to configure them in such a way that their client gets immediate value once deployed." In addition, many manufacturers are interested in weld quality inspection as a service, "There's a potential opportunity to offer managed services, combining with an industry that is growing and the need to configure and retrain for every customer environment, and is quite a bit of services revenue for an SI." Computer vision and machine learning turn robotic welders into the superheroes of the factory floor, spotting defects that would have otherwise gone unnoticed. By leveraging AI technology, manufacturers and the SIs that serve, they gain an advantage in today's competitive marketplace.

IV. **Weld porosity detection**

Using Case and High-Level Description

This is a porosity weld recognition model. It runs on a video stream capturing welding tip and reports whether no welding is happening, produced weld is good or weld is porous. Figure. 3 shows the porosity weld recognition model



Figure. 3 weld porosity recognition model

Specification

Metric	Value
Clip classification accuracy	97.14% (internal test set)
Temporal smoothing window size	16
GFlops	3.636
MParams	11.173
Source framework	PyTorch*

Inputs

Image, name: input, shape: 1, 3, 224, 224 in the format B, C, H, W, where:

- B - batch size
- C - number of channels
- H - image height
- W - image width

Expected color order is BGR.

Outputs

The features is a blob with the shape 1, 3 containing logits for three output classes (“no weld”, “normal weld” and “porosity”).

The Visual Studio C++ manipulation software project uses firmware that can provide query sensor port values, and machine parameters with this example:

?

```
1   #include "stdio.h"
2   #include "Dynamixel.h"
3   #include "SerialPort.h"
4
5   int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
6   {
7      int error=0;
8      int idAX12=17;
9
10     SerialPort serialPort;
11     Dynamixel dynamixel;
12
13     if (serialPort.connect(L"COM1")==0) {
14        dynamixel.sendTossModeCommand(&serialPort);
15
16        int pos=dynamixel.getPosition(&serialPort, idAX12);
17
18        if (pos>248 && pos <1023)
19           dynamixel.setPosition(&serialPort, idAX12, pos-100);
20        else
21           printf ("nPosition <%i> under 248 or over 1023", pos);
22
23        serialPort.disconnect();
24     }
25     else {
26        printf ("nCan't open serial port");
27        error=-1;
28     }
29
30     return error;
31  }
```

The same method could be used to create the command to write the AX-12+ position.

V. CONCLUSION

ADLINK and Intel have created an automated weld-defect detection solution based on ADLINK’s EOS vision system with ADLINK Edge IoT software and the Intel® Distribution of OpenVINO™ toolkit action recognition model, capable of automatically detecting porosity defects from video frames in a way not possible with the human eye. Using a neural network–based inference engine, the solution can not only detect defects in real time but also automatically stop the welding process via robot actuation before the defect is prolonged and the part is damaged beyond repair. The model could be retrained to detect additional types of defects in the welding process. This innovative solution supports a smarter factory, helping to create production lines that are built for Industry

4.0. The solution consists of a pretrained machine-learning model from Intel on the ADLINK EOS-1620 machine vision platform featuring Intel® Core™ i7 processors and Intel® Movidius™ Myriad™ X.

REFERENCES

[1] https://www.adlinktech.com/en/arc-welding-defect-detection

[2]https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/solution-briefs/adlink-arc-weld-solution-brief.pdf

[3]https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/ai/documents/adlink-arc-weld-machine-vision-solution-brief.pdf

[4]https://facilityexecutive.com/2021/07/automated-arc-welding-defect-detection/

[5]https://theintelligentedge.com/content/ai-computer-vision.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Automate Quality Assurance Processes based on BPM over Google Cloud Platform

Sarah Al-Habashi
Information Technology Dept
School of Engineering
Tripoli, Libya
sarah.elhebshi@academy.edu.ly

Ahmed Alkilany
Information System Dept
Faculty of Information Technology
Tripoli, Libya
a.alkilany@uot.edu.ly

***Abstract*— The administration of the Libyan Academy(LA) is working to develop an integrated system that to help the Academy provide and manage a variety of services, such as quality assurance, Teaching Staff, students, educational materials management, human resources management, and other systems.**

The absence of an internal institutional electronic system for performance appraisal to keep it on the quality assurance tracking. This might cause numerous complications in the calculation of quality measures this include the distribution of paper forms, errors modification, communication with interested parties, and difficulty dealing with indicators. In order to meet the required standards, handling, understanding the system, and required platform operations.

This paper will focus on the automation of Academicals Institutions Quality Assurance workflow. However, the processes have to be analysed first and then modelled perfectly in the correct sequence. Where the Processes modelled with (BPMN) Trough BPM engines.

Keywords*— Google Cloud Platform (GCP), Business Process Management (BPM), Business Process Model and Notation (BPMN), Quality Assurance System (QAS)*

I. INTRODUCTION

As it appears to the observer, the academic arenas are changing with unprecedented effects. As Communication and Information technology; becomes more critical of learning and teaching. The explosive growth of the World Wide Web allows educational institutions to become virtual and global. The huge production of teaching material each year [1]. The process of developing education received great attention in a wide spectrum of countries of the world. Moreover, the locomotive of development for societies is precise, to be vigilant to the quality of learning as well as applying the quality standards firmly that have become a feature of this era. About that, the Center for Quality Assurance and Accreditation of educational and training institutions are established to facilitate the management and development of higher education institutions to keep supplying the local job market with qualified graduates equivalent to the level of International Institutions.

The quality of education is defined as a continuous management development strategy followed by the educational institution, that is based on a set of principles including Ensuring the quality of educational curricula - the staff cadre - the quality of equipment and other system requirements. To graduate its main entrance and which is the student, at the highest level of quality in all mental and psychological aspects Social and ethical. Development, to satisfy it as required after graduating in the labour market [2]. Currently, educational institutions need to automate all of their activities to make them run faster and more efficiently, preferably at lower cost and with better quality. Therefore, organizations must continue to use the best management principles, methods and techniques available. Nevertheless, Business Process Management (BPM) is the best management principle [3].

The analysis for constructing such a system has been previously explained. The main modules of the system and the relationships between them in the quality system were identified. Whereas, the QAMS system is built in such a way that the quality assessor can assess the quality of the organization and prepare the final quality report without having to do more work. UML diagrams such as use case diagrams, data flow diagrams, flowcharts, and activity diagrams, expresses the modelling approach [4]. On other hand, in [5] the author explored how different quality assessments to be used as Meaningful and synergistic of higher education. The results of this approach suggest that a systematic evaluation process, starting at the enterprise level, can help build evaluations on each other and drive continued development. The theoretical contribution of this study adds to the conversation about assessing quality and excellence and integrating management activities into higher education.

However, the author of [6] has presented his proposal on modelling organizations in a previous study in the context of Business Process Modelling and Coding (BPMN) to serve the academic setting. Based on a comparative survey of some representative universities in the United States and Central Europe. UML diagrams show the actors involved in each activity, while the BPMN method reveals the sub-processes and components of the flows. This method also helps identify process dependencies. Where the operations repeatedly can be performed using BPMN. A previous article also provided a new perspective on modelling organizations in the context of Business Process Modelling and Coding (BPMN) and an academic setting. Based on a comparative survey of some representative universities in the United States and Central Europe, the article presented a specific approach to BPMN in the context of university information systems. UML diagrams show the actors involved in each activity, while the BPMN method reveals the sub-processes and components of the flows. This method also helps identify process dependencies. Operations can be repeated and performed using BPM notation [7].

As there are several notations for business process modelling, such as UML and BPMN. However, UML is primarily oriented to people who model and build software systems like web applications and cloud environments that enable the documentation of a design implemented in a variety of programming languages. Whereas BPMN is focused on designing 'as-is' and 'to-be' process models and is used by business analysts, IT developers and business people alike that are only used for designing and improving new systems, it allows improving manual processes. The significant role for (BPMN) is to empower business owners to contribute during the whole QAS project development lifetime. BPMN is a valuable technique, though; we have chosen BPMN to automate the proposed system processes. This paper aims to digitize the quality and accreditation processes for the Libyan Academy (LA) to raise the efficiency of the system.

II. Quality Assurance in Higher Education

Quality assurance in educational institutions has become a matter of life and death. Without quality assurance within the educational institution, there is no education, therefore no recognition of the institution and its graduates. In all of its components, the necessity of quality assurance in higher education has become one of the societal necessities that have evolved in all policy levels to develop higher qualifications to keep up with the needs of the labour market to align with all that's, a new methodology that has recently appeared. Such as Quality Assurance and Quality Correction, which refer to the use of the assessment and correction process as one of the evidence of achievement by the establishment of the quality of education that encourages many advanced countries in the field of higher education to prepare evidence of the limits of the processing of student evaluations in their institutions as shown in figure 1 [8].

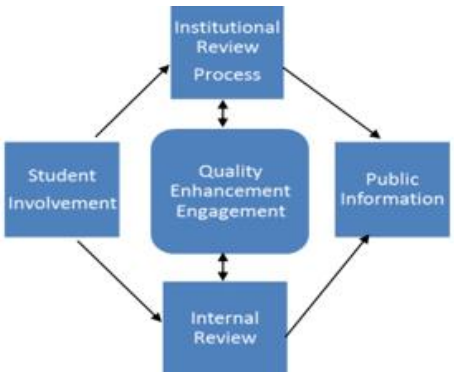


Figure 1: Enhancement-led Institutional Review in Higher Education [9]

Quality Assurance is a management methodology and evaluation procedure adopted by higher education institutions and systems to monitor performance against objectives and ensure quality results and quality improvement [10]. In general, Quality Assurance refers to the defined process to meet a set of quality standards consistently and continuously, to satisfy all consumers, producers and other stakeholders. Where Higher Education Quality Assurance refers to the procedures, processes and systems used by Higher Education Institutions to manage and improve the quality of their education and other activities [11]. Where Figure 2 shows the evaluation steps of the Quality and Accreditation operations.

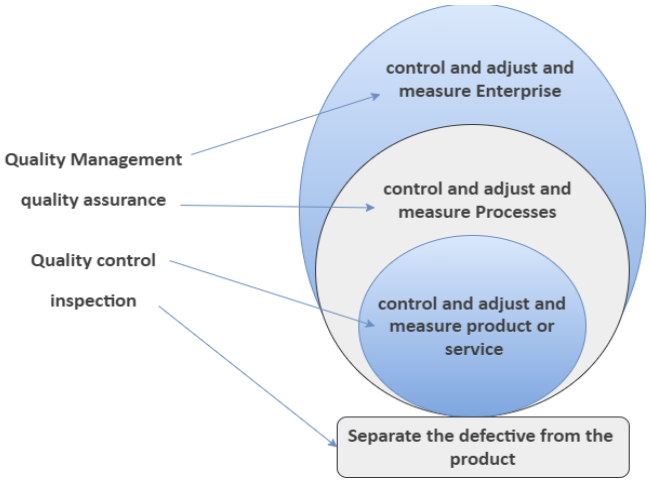


Figure 2: Evaluation steps of the Quality and Accreditation operations

Quality processes are evaluated for academic accreditation through two stages as shown in figure 3.

- Self-assessment
- External evaluation

Self-evaluation: the institution's assessment of itself according to the accreditation criteria contained in the accreditation criteria manual issued by the centre. The self-evaluation of university education institutions aims to determine:

- The degree of compatibility between the prevailing practices in the institution and the standards in its various fields.
- Strengths and weaknesses of performance; To meet the requirements of access to quality and accreditation standards.
- The extent to which the institution achieves the targeted learning outcomes.
- The starting point in building and implementing continuous improvement plans; To meet the requirements of achieving standards.

The evaluation process is carried out through the Quality Department, which forms a technical team to evaluate each accreditation standard, where the internal auditor, a person from the institution, with experience in the field of specialization, evaluates the extent to which quality standards have been achieved in the institution or program. By reviewing and collecting all the evidence and evidence that proves the achievement of the necessary standards and preparing the necessary report.

External evaluation: It is the evaluation process by a work team from the accredited National Centre for Quality Assurance with experience in this field. It examines all the evidence and evidence that meets the standards, and a report is prepared accordingly, on the basis of which attention is given to the institution or the rejection.

The built system contributes to facilitating these operations in terms of easy access to the necessary data and evidence in a smooth, accurate and fast manner, saving time and effort.

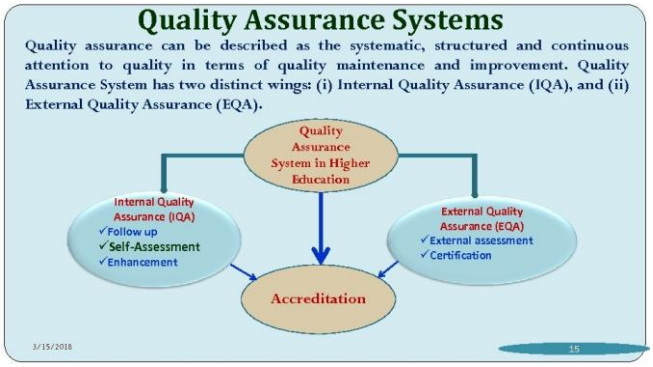


Figure 3. Categories of assessment in quality assurance [12]

III. LIBYAN APPROACH OF QUALITY ACCREDITATION STANDARDS FOR HIGHER EDUCATION

Quality assurance depends on the external auditors of the National Center for Quality Assurance and Accreditation of Educational and Training, who enter the institution to assess the quality of its performance, according to criteria determined by the National Center[13].

Quality standards in performance are based on international standards and specifications, and these standards are the basis for differentiation and excellence, so quality is achieved through adherence to these standards [13]. The question that needs to answer is whether the standards or references determine the quality of the education system and educational services in Libya.

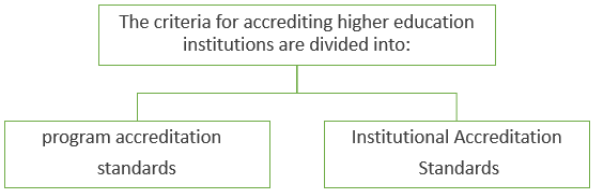


Figure 4: The Higher Education Institutions Quality Accreditation criteria

As shown in Figure 4, the role of accreditation, both institutional and programmatic designed to keep pace with comprehensive reforms of the education and training sector locally and globally. To improve the quality of educational outcomes. That will help to provide education and training opportunities for every citizen in relation to his individual needs, ambitions and capabilities. That will lead to meeting the demands of the state and the prosperity of its economy.

Academic accreditation known as the global academic community is the main policy tool that aims to scale up the education level of the institutions with continuous development and improvement of the education and training sector. It also ensures the achievement of minimum standards for students, parents, employers and other countries. Confidence in having a strong accreditation system achieves Stakeholder needs [13].

A. Institutional Accreditation Standards (IAS)

As shown in Table (1) IAS's are divided into nine criteria, which include planning, leadership and governance, educational and training programs, teaching staff, support staff, student affairs, educational facilities and support services, research, community, environmental services for the QA and continuous improvement. The IAS's divided to 168 indicators as mentioned in [14].

Table 1: Institutional Accreditation Standards (IAS)

Nº	Standard	Indicators Count
1	Planning.	11
2	Leadership and Governance.	30
3	Educational and training programs	19
4	Teaching staff and support staff	14
5	Student Affairs	21
6	Educational facilities and support services Research.	29
7	Community and environmental services.	18
8	Research	10
9	*QA* and continuous improvement	16

B. Programs Accrediting Standards (PAS)

As shown in Table (2) PAS's are divided into eight criteria, which include Administrative planning and organization; education programs; faculty and support staff; student affairs; educational facilities and support services; Research; community and environmental service, QA and continuous improvement, and it consists of 114 indicators as stated in [14].

Table 2: Programs Accrediting Standards (APS)

Nº	Standard	Indicators Nº
1	Administrative planning and organization	14
2	Education programs	22
3	Teaching staff and support staff	13
4	Student Affairs	10
5	Educational facilities and support services	17
6	Research	13
7	Community and environment service	10
8	Quality assurance and continuous improvement	15

IV. QUALITY ASSURANCE PROCESS MODELLING

BPM is a collaborative strategy that blends information technology and management science ideas, as well as their applicability to an organizational approach to business operations. BPM focuses on organizing, integrating, optimizing, implementing, controlling, and managing operations at scale. As customer needs and competition interactions grow, corporate processes are becoming more complicated, relying largely on information technology and spanning a wide range of industries [15].

The Business Process Management Initiative created the Business Process Modelling Notation (BPMN) as a process

modelling standard (BPMI). The BPMN is made-up of a diagram, specifically a Business Process Diagram (BPD), which is used to understand and model business processes. The BPMN diagram is made up of various parts. Flow objects, connection objects, swimming lanes, and properties are the four categories in which they are separated. BPMN strives to give a notation that is easily understood by all users, from business analysts who generate the first drafts of processes to programmers who construct the technology that will conduct those processes to business owners who will manage and monitor them. As a result, BPMN provides a standardized link between business process design and process implementation. Furthermore, the BPM engine's platform is used to create these processes [16].

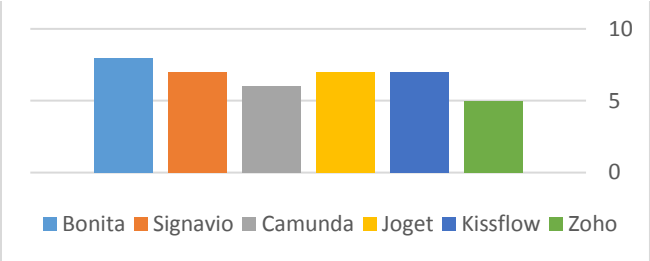
V. BPM ENGINES

Broadly, a BPM Engine named with BPM suite, in other words, known as a Process Execution Engine for processes expressed in BPMN. Which allowed the engines to interpret the definition of a business process expressed in BPMN to execute the symbols of that standard. There are several BPM engines in the market. Which impose difficulty upon choosing the appropriate engines due to the large number. In order to select the most appropriate engine, we have reviewed a group of engines. In order to ensure that the chosen BPM engine meets all the requirements on which the system depends in terms of Integration and Automation. We have reviewed the information from documents, websites and references of those engines as well as we tested the select engines cross set of features to determine which BPM engines can be used to automate the proposed system. The evaluation detailed in Table 3:

Table 3: the Chosen BPM Engines Assessment

		BPM suites					
		Bonita	Signavio	Camunda	Joget	Kissflow	Zoho
BPM Features	BPMN Modelling	1	1	1	1	1	0
	Processes Execution	1	1	1	1	1	1
	Integration	1	1	1	1	1	1
	Automation	1	1	1	1	1	1
User-Friendly Interface		1	1	0	0	1	1
Cost		1	1	1	1	0	0
Accumulated Points		6	6	5	5	5	4

Whereas for comparison, the digital evaluation methodology was adopted to evaluate BPM suites. We assume that are equally likely; to measure the effectiveness of specifications through evaluating its sub-specs, its value either equals 0 or 1 to express whether the service, feature or component are effective as its availability. As presented in Table 3, we have chosen a set of comparison criteria to evaluate a set of BPM suites. As presented in Graph 1, we found that Bonita has the upper result of the accumulated points; because it is easy to use well known to some extent, easy to operate and expandable. Because of all that, Bonita will be the core-modelling engine for the proposed solution.



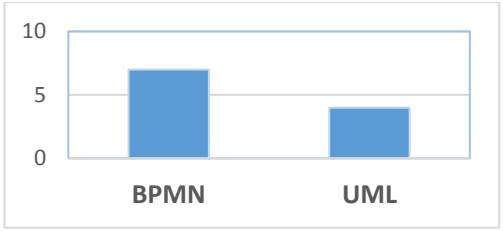
Graph 1: the preferred BPM Engine

VI. BPMN AND UML COMPARISONS

In the software world, the term "process" has several meanings. A process is a set of actions or activities that are performed over a period of time to achieve a goal in process modeling. There are many different modeling methodologies but the best known are UML, BPMN. Unified Modeling Language (UML) is a custom modeling method for precision object-oriented software systems. Whereas BPMN is used to model entire business processes. [17].

Table 4. Comparison between *BPMN* and *UML*

Criterion	BPMN	UML
Expressiveness	1	0
Readability	1	1
Usability	1	1
Formality	1	1
Tools Support	1	0
Flexibility	1	0
Ease of Learning	0	1
Enabling Business Owners	1	0
Accumulated Points	7	4



Graph 1: Consequences *BPMN* and *UML* Evaluation

Whereas for comparison, the numerical assessment methodology has been adopted for evaluating BPMN and UML. Its value is either 0 or 1 to express whether the service, feature, or component is as effective as its availability. As shown in Table (4), we chose a set of comparison criteria for the evaluation process. As shown in Graph 2 we found that BPMN has the highest score for accumulated points; Because

of its advantages that help in developing the system and enabling employers to control it easily without referring to an expert person, it is expandable and flexible and supports many effective tools and other features. Because of all of that, BPMN was the technology used for the solution.

VII. QUALITY ASSURANCE SYSTEM DESIGN (QAS)

As shown in Figure 5, the QAS framework illustrated the Managing platform As a Service. This Platform called Computing Engine on GCP provides scalable and secure services. In order to implement the QAS process, where the integration of a set of components Cloud SQL and the BPM engine to fulfil the requested Tasks.

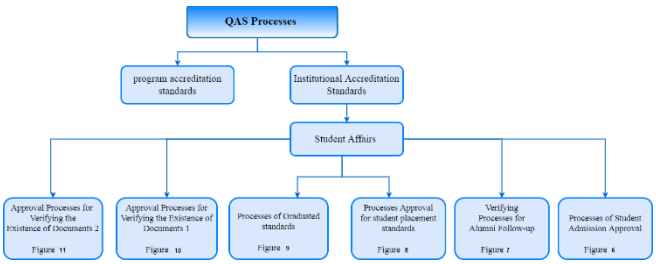


Figure 5: QAS Processes

In this research, we focus on the automated part of accreditation standards namely, the Student Affairs section from Institutions accreditation standards as illustrated in Figure 5. Whereas each sub-processes been modelled listed in Table 5 as follows:

Table 5: Student Affairs BPMN Notation Figures

Nº	Declared Processes	Attached are BPMN Notation Figures
1	Processes of Student Admissions	Figure 6
2	Verifying Processes for Alumni Flou-up	Figure 7
3	Process Approval for Student Placement	Figure 8
4	Processes Graduated Standards	Figure 9
6	Approval Processes for Verifying Document 1	Figure 10
7	Approval Processes for Verifying Document 2	Figure 11

The Modelled processes of QAS will operate and manage Quality Assurance and accreditation equivalent to the assigned procedure over cloud platform as following functions but not limited to:

- Orcastrate the workflow to completed appropriate tasks on time according to the specified sequence.
- Collection of the obtained data in an organized manner for Data analysis or later use for possible reference.
- Allow users to perform a set of tasks on data upon granted privilege.

QAS Should move through several stages to study and understand the system from the analysis and design stage, and here a set of operations will be modelled (using Bonita Soft) on GCP with Cloud SQL database that meets one of the institutional accreditation standards, which is the fifth standard (Student Affairs Standard) which contains 21 indicators. The indicators were divided into six groups based on their relationship to each other as follows, shown in figures (6-11).

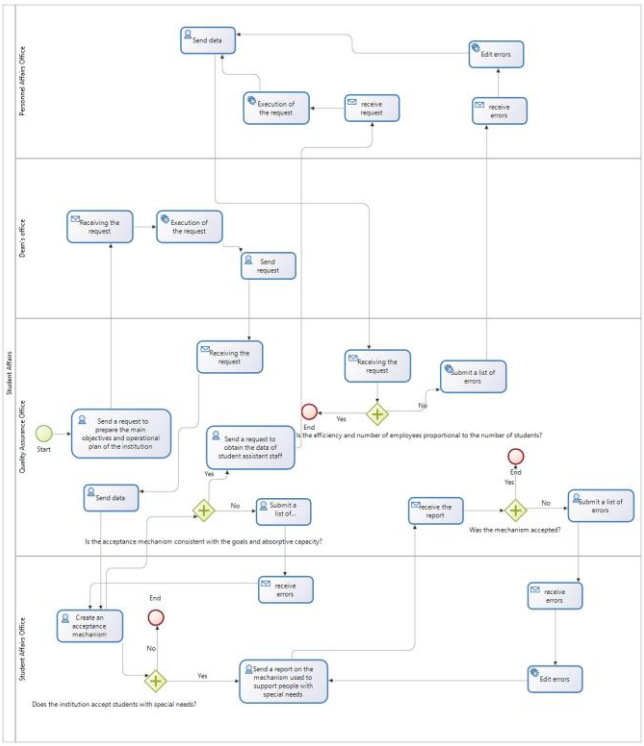


Figure 6. Processes of Student Admission Approval

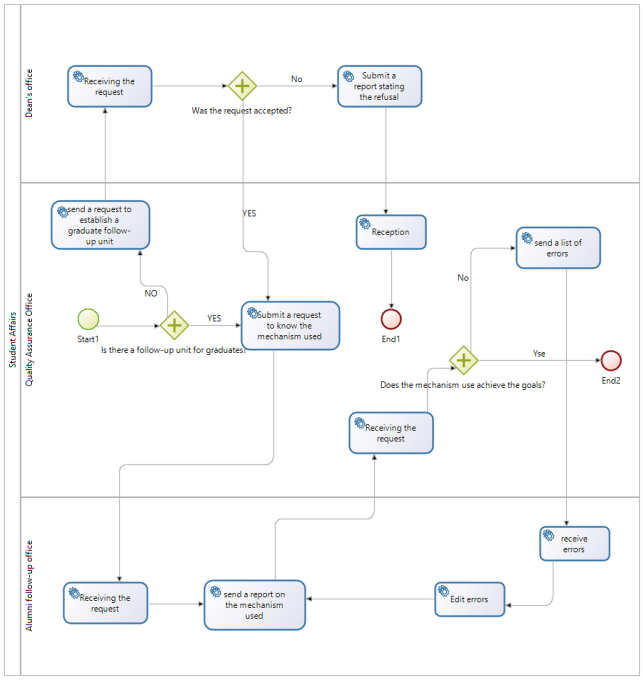


Figure 7. Verifying Processes for Alumni Follow-up

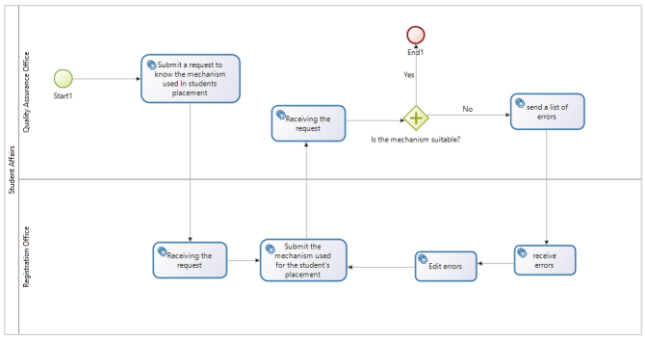


Figure 8. Processes Approval for student placement standards

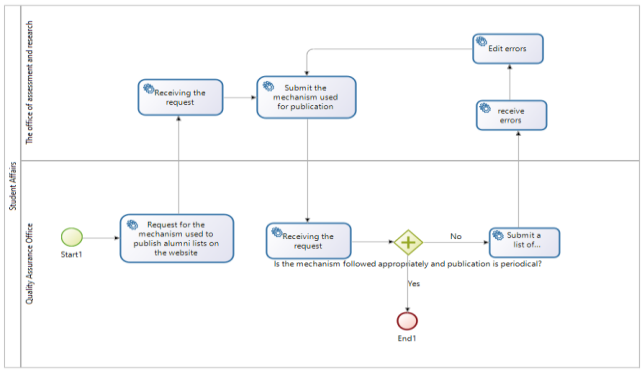


Figure 9. Processes of Graduated standards

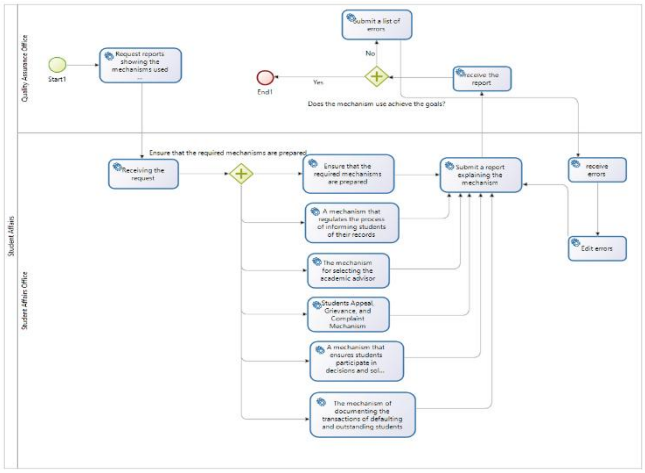


Figure 10. Approval Processes for Verifying the Existence of Documents 1

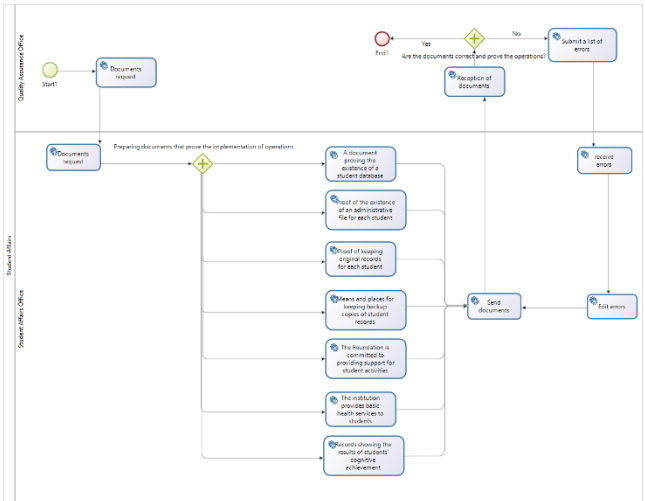


Figure 11. Approval Processes for Verifying the Existence of Documents to students 2

VIII. CONCLUSION

QA patterns are an extraordinary phenomenon that shapes the way to deliver proper HE globally. In order to survive in the competitive world of globalization, all HE institutions have to pay a close attention to the quality of handling of its operations.

In recent years, the interest Libya has grown toward ensuring the quality of education. Where the National Center for QA has imposed set of procedures and capacity-building courses, aiming to prepare individuals all-round the state with equated resource oriented for HE quality.

A wide range of businesses hope to be able to model their operations more professionally and achieve long-term success in attaining their objectives and reaching a more successful position in their respective fields and building a strong, secure, and easy-to-extend interconnected system. Through this study and evaluation results, it has been demonstrated that quality assurance systems and the overall performance of organizations can be supported by BPM systems, due to their capabilities to simplify operations, integrate with other tools and achieve continuous automation. Therefore, BPMN from BPM was used to standardize quality system processes in an automated manner, allowing the system owner to develop processes without the intervention of the programmer.

REFERENCES

[1] Ezziane, Z. (2007). Information technology literacy: Implications on teaching and learning. Journal of Educational Technology and Society, 10(3), 175.

[2] Kandel, M., Hassan, A. E., Asem, A. S., & Ibrahim, M. E. (2010). UML analysis for quality assurance management system for higher education. *International Journal of Engineering Science and Technology*, *2*(4), 417-432.

[3] Devssuesarajan, Y. (2018). A study of robotic process automation use cases today for tomorrow's business. *International Journal of Computer Techniques*, *5*(6), 12-18.

[4] Kandel, M., Hassan, A. E., Asem, A. S., & Ibrahim, M. E. (2010). UML analysis for quality assurance management system for higher education. *International Journal of Engineering Science and Technology*, *2*(4), 417-432.

[5] Kauppila, O. (2016). *Integrated quality evaluation in higher education* (Doctoral dissertation, University of Oulu).

[6] STRÎMBEI, C., DOSPINESCU, O., STRAINU, R. M., & NISTOR, A. (2016). The BPMN approach of the university information systems. *Ecoforum Journal*, *5*(2).

[7] Holzmüller-Laue, S., Göde, B., & Thurow, K. (2013, June). A BPM-based approach of human task support within life science automation. In *2013 6th International Conference on Human System Interactions (HSI)* (pp. 167-174). IEEE.

[8] Ibrahim, H. A. H. (2014). Quality assurance and accreditation in education. *Open Journal of Education*, *2*(2), 106-110.

[9] Al-Shehri, M. D. (2016). Pursuit of quality in the process of higher education in Saudi Arabia: a study across three stakeholder groups in two public universities.

[10] Kandel, M., Hassan, A. E., Asem, A. S., & Ibrahim, M. E. (2010). UML analysis for quality assurance management system for higher education. *International Journal of Engineering Science and Technology*, *2*(4), 417-432.

[11] Mallur, K. (2015). *A Quality Assurance Framework for Business Process Management* (Doctoral dissertation, Université d'Ottawa/University of Ottawa).

[12] Establishing Quality Culture in HEIs Role of Institutional. (2018, March 23). Презентация PowerPoint - скачать презентацию на тему. https://present5.com/establishing-quality-culture-in-heis-role-of-institutional/

[13] Presentation on Quality Auditors Course in Libya / Gharyan University, Salem Alfard.

[14] Ministry of Education, National Center for Quality Assurance and Accreditation of Educational and Training Institutions (Standards for Institutional and Program Accreditation for Higher Education Institutions).2016.

[15] Gunawan, W., Fajar, A. N., & Alianto, H. (2018, March). Developing cloud-based Business Process Management (BPM): a survey. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 978, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.

[16] Leopold, H., Mendling, J., & Günther, O. (2015). Learning from quality issues of BPMN models from industry. *IEEE Software*, *33*(4), 26-33.

[17] BPMN vs UML: what is the difference? - Everything you need to know. (n.d.). Inveskills.com. https://www.inveskills.com/bpmn/bpmn-vs-uml/

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

3D data compression with: high degree polynomials

Dr Abdusslam Osman
Department of Mathematics
Faculty of Sciences
Sebha University
Sebha Libya
abd.beitalmal@sebhau.edu.ly

***Abstract*— The R2 coefficients suggest that there are concerns with accuracy even though the methodology has been established to be a workable way for 3D compression. Additionally, a cursory examination can indicate that such a compression method is suitable for some applications but insufficient for others, such as 3D face recognition. When determining whether the technique is appropriate, factors to take into account include the necessary polynomial degree, which depends on the data's features, as well as the fact that, as this example shows, at very high degrees, the data becomes unstable. As a result, iterative strategies will be taken into account in this study.**

Keywords—3D Data Structures, Boundary Representations, Compression Techniques, Polynomial Interpolation, Data Types, Object Modelling, Range Data, Surface Fitting.

I. INTRODUCTION

In this paper, a novel 3D data compression method based on the parameterization of surface patches is presented. This technique's key characteristic is that it establishes the number of cutting planes on the mesh while defining a set of sampling points at the points where the planes link or meet. These points feature an explicit structure that permits the parametric definition of both the x and y coordinates, and the z-values are interpolated using high degree polynomials. Once each plane has been recovered via the uncompressing approach, reconstruction is then accomplished by evaluating the polynomials from the preserved data, and triangulation is accomplished given the explicit structure and pairing of the planes and data points as detailed in Section
An interpolation through most of the control points using a polynomial function is the intended result. The following is the structure of this Section. The polynomial interpolation technique is introduced in Section II, and the surface patch reconstruction approach is described in detail in Section III. In Section IV, a commentary is provided as a conclusion.

II. POLYNOMIAL INTERPOLATION

A procedure known as interpolation, which is derived from the Latin word "interpolate" and means "to rebuild" or "to patch," can be used to recreate a curve, the surface, or other geometric objects from particular existing data [1] and [3] [2]. As surface patches characterized with polynomials of two variables, portions of curved graph surfaces can be represented. Using this as an illustration, a plane can:

$$z = a_0 + a_1 x + a_2 y \qquad (1)$$

higher-order polynomials can be used to simulate curved surface patches. In general, the first-degree polynomial in x is a straight line if we have two points (x_1, y_1) and (x_2, y_2) on a plane with $x_1 \neq x_2$. Afterwards, given n points in the plane, $(x_k, y_k), k = 1,2,3 \ldots n$, there is a polynomial in x of degree less than n whose graph passes through or is very close to the points.

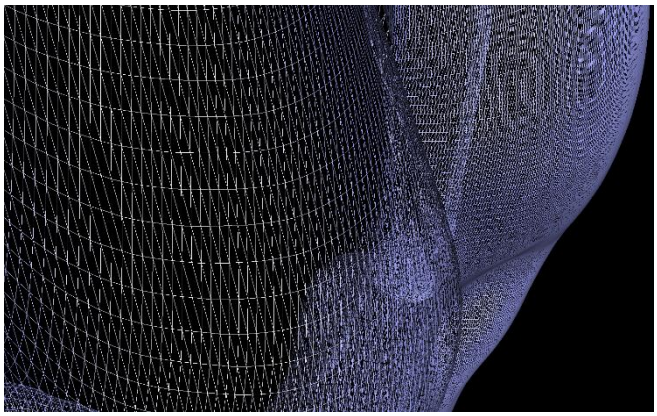


Figure 1:Polygonal mesh detail

The n-th degree polynomial in z has the following form:

$$P(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \cdots \ldots a_n z^n \qquad (2)$$

where n is the degree of the polynomial, the coefficients are $a_0, a_1, a_2, \ldots . n,$
An effective method of compression for the data from Section 4.5 would be to represent the data in each plane by fitting the highest degree polynomial that best fits the data. In order to recreate the original data inside the given boundaries, only the polynomial coefficients and their borders are required to be retained.
The following steps must be taken in order to apply the polynomial approach to our data;
Valid vertices in the rectangular grid of 3D data are defined by the intersection of the horizontal and vertical planes with the mesh; any missing vertex is flagged as invalid. This intersection is determined from a 2D image by the GMPR scanner[11],[12],[13],[14],[15]. The valid vertices in each plane are used to assess the polynomial. The vector of

coefficients of the polynomial can then be used to represent and recover the 3D data.

- First, use the built-in Matlab function $polyfit$ to do a polynomial fit for each plane with a given degree of n to obtain the $n + 1$ set of coefficients that best reflect the data.

$$P1 = polyfit(y, z, n); \quad (3)$$

where y, z are vertex locations, n is the degree of the polynomial, and $P1$ is a vector with $n + 1$ coefficients.

- Second, for each curve, the indices of the k planes for the first and last valid vertices are recorded along with the coefficients of the polynomial. After that, we obtain a matrix for each model that represents the cutting planes. This matrix is constructed row by row, with each row representing a different cutting plane as follows:

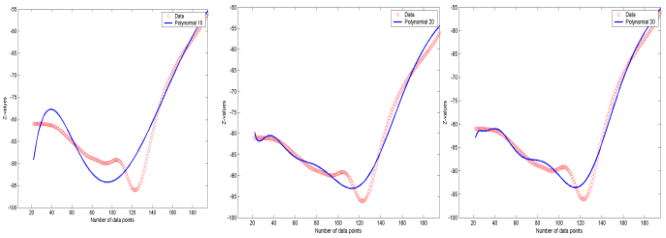
$$P2 = [coefficients - of\ plane - 1 \quad bFirst \quad bLast;$$
$$Coefficients - of\ plane - 2 \quad bFirst \quad bLast;$$
$$Coefficients - of - plane - 3 \quad bFirst \quad bLast;$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots] \quad (4)$$

- Third, the actual uncompressed mesh is created by rebuilding each set of z-data curve fitting data using the built-in Matlab function $polyval$, which turns each value into a polynomial and generates a corresponding value, as shown below:

$$P = polyval(C, Y) \quad (5)$$

where C is a vector of coefficients from the current plane (derived from $P2$ above) and Y is a vector of equally spaced (derived from $D2$) $bFirst$ and $bLast$ indices (derived from $P2$ above). In order to replicate the observed data at the known locations, polynomial fitting is carried out in each plane using the z-values as "control points." As a result, data produced by the interpolation will be rather close to the grid of the source. However, it will be fitting a curve (model) to a known data set on the source grid and estimating the values based on the fitted curve in the destination grid. In this scenario, it won't replicate the actual information at the known place.

Additionally, the indices of the k planes for the first and last valid vertices, as well as the polynomial coefficients, are kept for each curve. This is because it is possible for multiple plane intersections to not intersect the mesh, in which case the indices (k_r, k_c) in question must be designated as invalid vertices. The polynomial cannot be extrapolated; it is only valid between the given vertices.



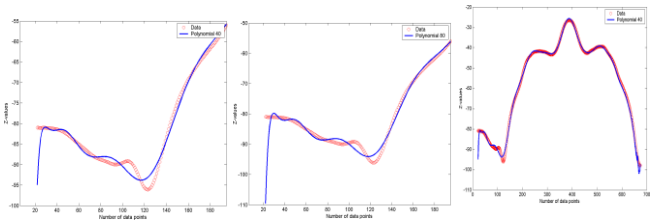


Figure 2: Polynomial interpolation for a cutting plane's initial few vertices; not to scale. Degrees 10, 20, and 30 are in the first row. Degrees 40, 80, and a whole cutting plane with degree 40 are in the second row. Interpolated data is blue, and original data is red.

Figure 2, shows the results of polynomial interpolation by degrees 10, 20, 30, 40, and 80 on the first few vertices specified by the cutting plane data highlighted in red. With significant inaccuracies at the extremities, it is evident that none of the outcomes are satisfactory. The next section will detail the analysis of the full meshes. Remember that the only information present is a sequence of 3D vertex positions, and the goal is to replace the vertex positions with a parametric definition based on high order polynomials. This results in a significant data reduction for high-density data, as is the case with 3D models. Assume a mesh with 100,000 vertices to demonstrate the compactness of this representation using sampled data as stated in [16]. This translates to 300,000 floating point one for each value $(x, y, and\ z)$. Since both (x, y) are defined as regular grids with spacing determined by the constant distance between cutting planes, it is possible to immediately replace these with 4 numbers only: the two constant spacing between cutting planes, as well as the number of rows and columns that make up the regular grid, thereby eliminating 200,000 floating point from representation.

The first and last valid vertex indices for each polynomial, along with a set of 100 polynomial coefficients, are all that are needed to fully reconstruct a mesh that has been split into 100 pieces. For each plane, assuming a polynomial of degree 25, just 28 integers are required: 26 coefficients + 2 vertex indices. This would be a reduction in the previous example from 100,000 to 2,800 floating-point numbers. The (x, y) values are assessed for each combination of (r, c) plane indices through Eqs. 4 and 5, and the polynomials used in Eq. 2 are evaluated for each plane inside their limits (first and final valid vertices). This allows for the reconstruction of the original mesh.

As a result, to completely recreate a mesh that has been sliced into 100 planes, only a list of 100 polynomial coefficients as well as the start and last valid vertex indices for each polynomial are needed. Only 28 numbers 26 coefficients + 2 vertex indices are required for each plane, assuming a polynomial of degree 25. This would result in a decrease of 100,000 to 2,800 floating-point numbers in the previous case. The polynomials used in Eq. 2 are evaluated for each plane within its borders (first and last valid vertices), and the (x, y) values are evaluated through Eqs.4 and 5 for each combination of (r, c) plane indices, in order to recreate the original mesh. For example, to apply the aforementioned technique to a polynomial of degree 3;

$$P(z) = a_0 + a_1 z_1 + a_2 z_2^2 + a_3 z_3^3 \quad (6)$$

To obtain the four coefficients, a polynomial fit of degree 3 is first carried out for each plane using Eq. 3. Then, save the first and last valid points as well as the four coefficients of each curve. The same approach will also be used for the second plane by preserving the four coefficients with the first and final valid points, and it will be repeated for the remaining planes throughout the model. As a result, we are creating a matrix row by row using Eq. 4, where each row represents a cutting plane with 4 coefficients and 2 vertex indices.

Finally, reconstruction is accomplished by applying Eq. 5 to the polynomials derived from the preserved data. Figure 3 shows how, for a polynomial interpolation of degree 3, triangulation is done by matching the planes and data after each plane has been recovered by the uncompressing approach. This results in an unsatisfactory interpolation because the actual model looks quite shoddy. This is the case because degree 3 polynomial fitting is unable to pass through the majority (if any) of the control points and cannot, therefore, reconstruct the face model in a way that is reasonably similar to the original.

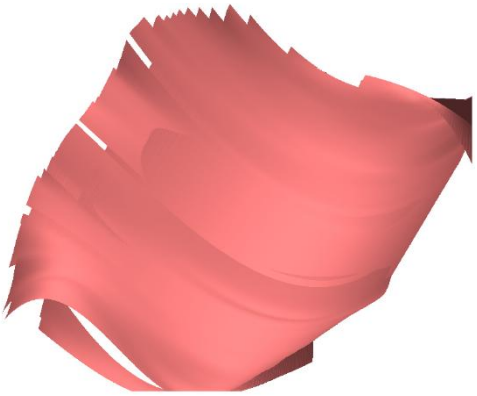


Figure 3:shows a model reconstruction using a degree 3 polynomial interpolation.

III. RESULTS

In this part, we compare interpolation using a variety of high degree polynomials utilizing the mesh sampling technique mentioned in Section II.

A. Polynomial-based Data Compression

The coefficients and plane indices of the first and last valid points are preserved during polynomial interpolation by using the technique described in Section II. The intersections of all horizontal and vertical planes are shown in Figure 4, and Figure 5, each intersection is indicated by a red point. The model's attributes and the level of accuracy necessary will determine which of the two k_1 and k_2 structures to use for the mesh. Due to the properties of the GMPR scanner, the models employed here typically utilize 8 to 10 times more vertical planes than horizontal ones. In the end, the qualities of the data determine the number of planes; It was discovered that between 50 and 80 horizontal planes across the face were necessary for effective reconstruction. In order to offer a large number of data points for polynomial interpolation, the number of vertical planes was therefore determined at roughly 10 times the horizontal scale, resulting in a grid of 72 by 676 for the specific face model displayed (for different models these dimensions will vary). In Figure??, the vertical planes are less obvious because of their proximity to the horizontal planes, which are more obvious.

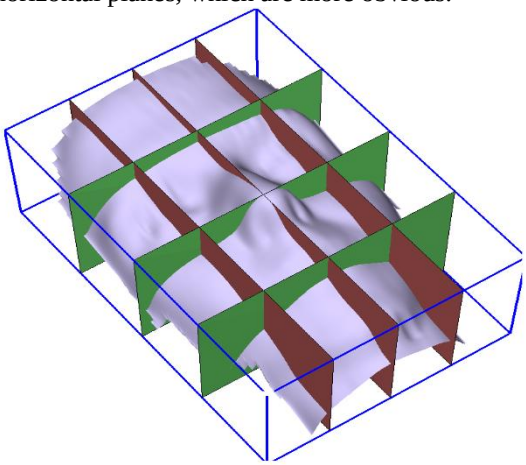


Figure 4: The bounding box and structured cutting planes.

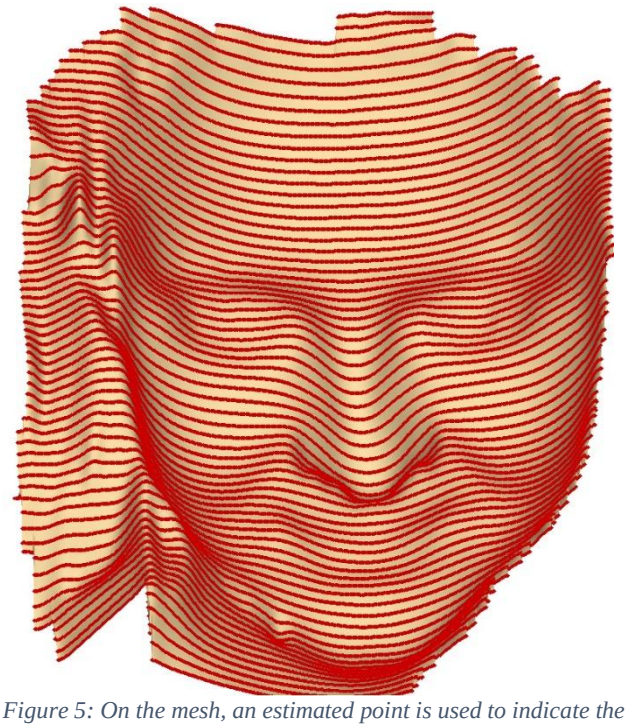


Figure 5: On the mesh, an estimated point is used to indicate the points where each horizontal and vertical plane intersects with the other. 39,743 valid intersection or vertices can be found in the model displayed.

In order to discover a polynomial that nearly intersects the majority of the control points, a high degree polynomial interpolation is advised. The first and last valid points of each list of points, along with each pair of coefficients, the size $k1, k2$ of the sampled 3D data structure, and the separation between planes $D1$ and $D2$, are all preserved in order to later reconstruct the set of points. The file header lists this data in the following order:

$k1$ 72

$k2$ 676

$D1$ 3.3

$D2$ 0.3

$$8.0960151e-031 \ldots 6.7726253e+002\ 382\ 482$$

…

$$1.8712059e-032 \ldots 1.0464188e+007\ 143\ 437$$

By evaluating the polynomials using the previously saved data, reconstruction is then accomplished. 72 lines of polynomial coefficients with their beginning and last valid points are listed after the 4 lines of header information in the file structure above. The data are used to determine the polynomial's degree. In the case when each line has, let's say, 23 numbers, the last two are the indices of the first and last valid points, leaving the prior 21 numbers as polynomial coefficients C. The degree of the polynomial is $C - 1$. With a polynomial of degree 20 as a result, the data in this instance was interpolated.

B. 3D Reconstruction

The following gives a high-level overview of the procedure. Apply the cutting planes re-meshing technique to an unstructured mesh to get data that is organized into a regular grid. The only variable that has to be interpolated is the depth value z because the values of (x, y) are known from the grid. Therefore, interpolation is possible for every set of points in the plane. The results of recreating a face model using polynomials of various degrees are displayed below. Results for polynomials of degrees 3, 10, 15, 20, 30, 40, and 80 are shown in Figures 6, 7, and 8.

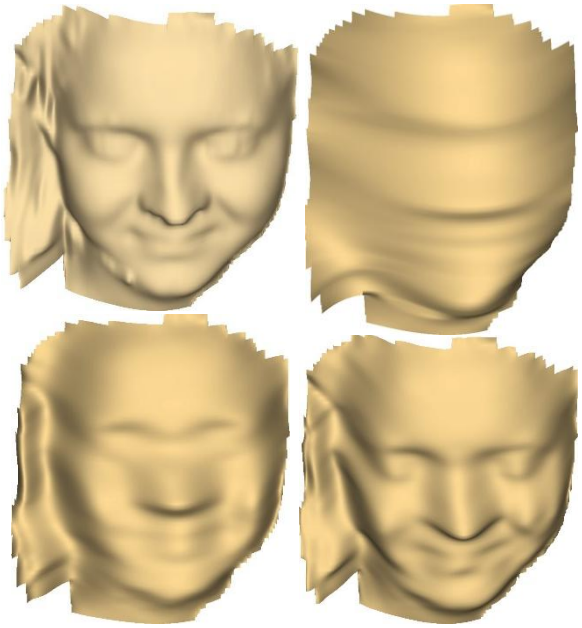


Figure 6: Polynomial interpolation degrees 3 to 15 are shown. The initial face model in the top row to the left has a file size of 4MB; in the top row to the right, a polynomial interpolation of degree 3 has reduced the file size to 8KB. Polynomial degree 10 reduces the file size to 16KB in the bottom row left, and degree 15 reduces it to 25KB in the bottom row right.

TABLE 1: PERCENTAGE COMPRESSION RATES.

Degree	20	30	40	50	80
Rate	99.35	99.07	98.79	98.53	97.66

.

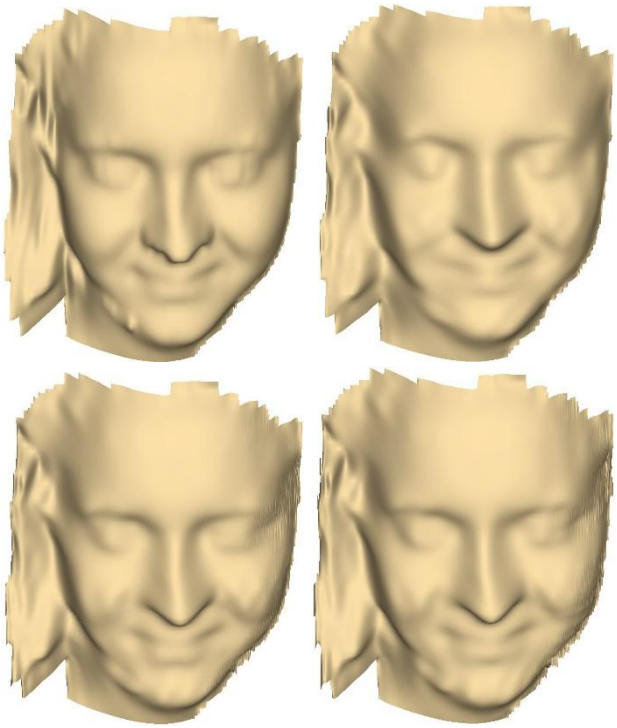


Figure 7: 20-to-40-degree polynomial interpolation. The original face model in the top row left has a file size of 4MB; in the top row right, a polynomial interpolation of degree 20 reduces the file size to 26KB. Polynomial degree 30 reduces the file size to 37.2KB on the bottom row left, while degree 40 reduces the file size to 48.5KB.

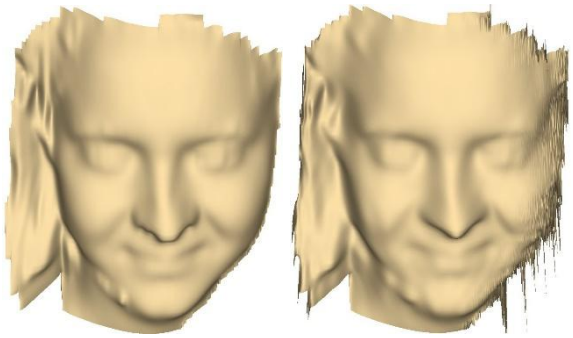


Figure 8:The original face model is on the left; the 80th degree polynomial interpolation is on the right. It is highlighted that the model destabilizes.

The majority of mesh comparison techniques were created to compare a mesh before and after a process, and we are interested in learning how the procedure has changed the mesh. With polynomial compression, a clear trend has been seen. Although the recovered data are worthless for lower polynomial degrees, such as degree 3, the compression rate is relatively great. The reconstruction gets better as the degree goes up, but there is a breaking point where the data becomes unstable at very high degrees. Figure 8, illustrates this by juxtaposing the original face model on the left with the one that was created through reconstruction using an 80-degree polynomial. It is shown that polynomial compression has an ideal point for the type of 3D utilized here, and this point appears to be around degree 30. The method is quite effective in terms of compression rates, as evidenced by the fact that the file size in OBJ format was decreased from 4MB to 26KB for a polynomial interpolation of degree 20. Similar reductions

were made for other polynomials as well; a summary of these reductions is shown in Table 2, which also includes compression rates at the ideal point. This represents a decrease of 99.35%.

C. Measuring the fit

There are a variety of tests that may be used, including statistical summaries, to judge how well a polynomial regression fits the data or how well the recovered data points match the original data. Visually evaluating the quality by plotting the original and regression data sets is by far the most insightful method. By visually analyzing the models in Figure 7, it is indicated that a polynomial interpolation of degrees 20 to 40 would be a good fit for the majority of applications and provide a good description of the data.

Examining the residuals and plotting them against the anticipated values is an additional method of evaluating quality. A polynomial of degree 30 is used to interpolate data, as shown in Figure 9. There should be no patterns or trends seen on the plot for a successful match. It is a good indicator of the quality of the fit when the scatter plot appears to be filled with random noise. The residuals should show a straight line on a normal-probability plot if the fit is good. According to the plot shown in Figure 10, the majority of polynomials calculated at each plane do indeed define a straight line, demonstrating a satisfactory fit.

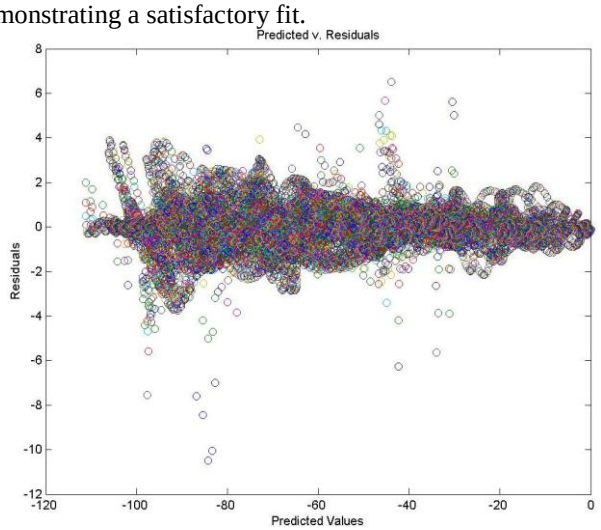


Figure 9: Predicted Values against Residuals are depicted in a scatter plot. It should not exhibit any patterns or tendencies for a good fit. The figure displays what appears to be random noise, which denotes a good match.

The coefficient of determination, often known as R^2, which represents the proportion of the variation in the data that is explained by the model, is one of many alternative statistical metrics that can be used to evaluate the accuracy or suitability of a model. This can be approximated by first figuring out the original data set's deviation, which provides a measurement of the spread. The variation that is not accounted for is represented by the sum of the residuals squared, while the total variation to be accounted for (SST) is supplied by the sum of deviation squared (SSE).

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \qquad (6)$$

Table 2 provides descriptions of certain interpolated models' R^2 values. This is the best interpolation point in the data set, according to the table, which demonstrates a trend of rising R^2 as polynomial degree rises and peaked at roughly degree 30. R^2 declines monotonically for increasing degrees, and this is further supported by a visual examination of the 3D reconstructed models, whose quality declines as polynomials of greater degrees are used in them and cause instability.

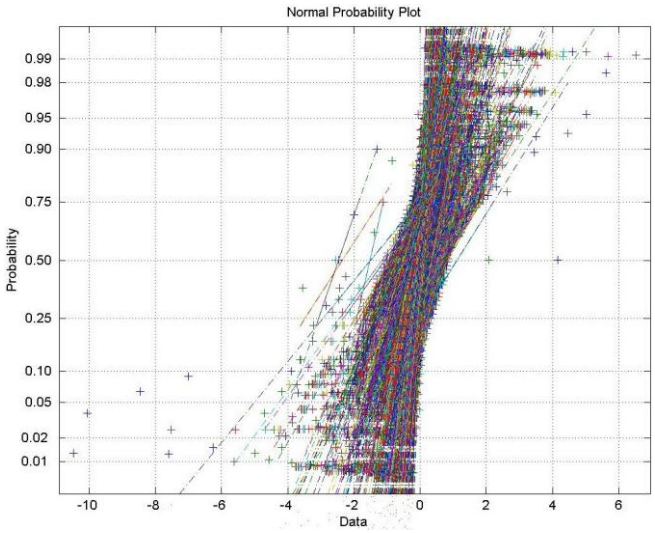


Figure 10: The residuals' normal-probability plot. Each polynomial curve should be described by a straight line in a good fit, which is confirmed by the plot.

.

TABLE 2: **R^2 coefficients of determination for polynomial fits to the given data with degrees ranging from 20 to 80.**

Degree	20	30	40	50	80
R^2	0.9995	0.9996	0.9995	0.9994	0.9909

IV. CONCLUSION

A novel approach for 3D data compression based on various levels of polynomial interpolation has been introduced and tested in this paper. The parameterization of surface patches, which was explored and tested, is the foundation of the novel compression technique. While it is simple to compute the (x, y) values of each vertex on a regular grid, the real z-values are interpolated using a high degree polynomial, and the results reveal compression rates of over 99%. The R^2 coefficients suggest that there are concerns with accuracy even though the methodology has been established to be a workable way for 3D compression. Additionally, visual examination may indicate that such a compression method may be suitable for some applications but unsatisfactory for others, such as 3D face recognition.

The required polynomial degree, which depends on the data's features, and the fact that the data becomes unstable at very high degrees, as seen above, are factors to take into account when determining if the technique is appropriate. As a result, iterative strategies will be taken into account in this study. A method for Fourier-based data compression and PDE-based data uncompressing will be introduced in the next paper.

REFERENCES

[1] Alliez, P. and C. Gotsman (2003). Recent Advances in Compression of 3D Meshes. *Inria Sophia Antipolis Research Report* 4966,Oct 2003, 26pp.

[2] Bergh, J{\"o}ran and L{\"o}fstr{\"o}m, J{\"o}rgen (2012) . Interpolation spaces: an introduction. Springer Science \& Business Media, Volume 223.

[3] Davis, Philip J (1975). Interpolation and approximation. Courier Corporation.

[4] Shepard, Donald (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference. Pages 517—524.

[5] Brink, Willie and Robinson, Alan and Rodrigues, Marcos A. (2008). Indexing Uncoded Stripe Patterns in Structured Light Systemsby Maximum Spanning Trees, *British Machine Vision Conference BMVC 2008*, *Citeseer* volume 2018, 1–10 Sep 2008.

[6] COLLADA (2012). Digital Asset and FX Exchange Schema, *https://collada.org*, accessed Oct 2012.

[7] Deering, Michael (1995). Geometry Compression, *SIGGRAPH 95 Proceedings of the 22nd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques.* 13-20.

[8] Hill Jr, Francis S (2008). *Computer Graphics Using OpenGL*, 2nd edition, *Pearson Education*. Prentice-Hall Inc, 922pp.

[9] Qian, Shen-En and Hollinger, Allan B and Williams, Dan and Manak, Davinder (1998). 3D data compression of hyperspectral imagery using vector quantization with NDVI-based multiple codebooks, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS'98*, volume 5, 2680–2684.

[10] Lahanas, Michael and Kemmerer, Thorsten and Milickovic, Natasa and Karouzakis, Kostas and Baltas, Dimos and Zamboglou, Nikolaos (2000). Optimized bounding boxes for three-dimensional treatment planning in brachytherapy, *Medical Physics* 27(10):2333–2342 *Wiley Online Library* 2000.

[11] Matlab Revision R2012b Documentation, *MathWorks Online Documentation*, www.mathworks.co.uk/help/ accessed Oct 2012.

[12] Peng, Jingliang and Kim, Chang-Su and Kuo, C-C Jay (2005). Technologies for 3D mesh compression: A survey. *Journal of visual communication and image representation. Elsevier (2005)* 16/6 688–733.

[13] Robinson, Alan and Alboul, Lyuba and Rodrigues, Marcos (2004). Methods for Indexing Stripes in Uncoded Structured Light Scanning Systems, *Journal of WSCG*, 12(3), 2004, pp 371–378.

[14] Rodrigues, Marcos and Robinson, Alan (2011a). Real-time 3D Face Recognition using Line Projection and Mesh Sampling.In: *EG 3DOR 2011 - Euro graphics 2011 Workshop on 3D Object Retrieval*, Llandudno, UK, 10th April 2011. Euro graphics Association. p9–16.

[15] Rodrigues, Marcos A and Robinson, Alan (2011b). Fast 3D recognition for forensics and counter-terrorism applications. In: AKHGAR, Babak and YATES, Simeon, (eds.) *Intelligence management: knowledge driven frameworks for combating terrorism and organized crime. Advanced information and knowledge processing*, London, Springer-Verlag, 95–109.

[16] Rodrigues, Marcos A and Robinson, Alan and Osman, Abdulsslam (2010a). Efficient 3D Data Compression Through Parameterization of Free-Form Surface Patches, *2*010 International Conference on Signal Processing and Multimedia Applications (SIGMAP), 26-28 July 2010, p130–135.*IEEE*

[17] Rodrigues, Marcos and Robinson, Alan (2010b). Novel methods for real-time 3D facial recognition. In: SARRAFZADEH, Majid and PETRATOS, Panagiotis, (eds.) *Strategic Advantage of Computing Information Systems in Enterprise Management*, Athens, Greece, ATINER, 169–180.

[18] Rodrigues, M.A., A. Robinson, and W. Brink (2008). Fast 3D Reconstruction and Recognition, in *New Aspects of Signal Processing, Computational Geometry and Artificial Vision*, 8th WSEAS ISCGAV, Rhodes, 2008, 15–21

[19] Osman, Abdusslam (2014). 3D modelling using partial differential equations (PDEs), *Sheffield Hallam University (UnitedKingdom)*.

[20] Rodrigues, Marcos and Osman, Abdusslam and Robinson, Alan (2013). Partial differential equations for 3D data compressionand reconstruction. *ADSA Advances in Dynamical Systems and Applications Research India Publications*, Vol 8(2),303–315.

[21] Shikhare, D., S.V. Babji, and S.P. Mudur (2002). Compression techniques for distributed use of 3D data: an emerging mediatype on the internet, *15th International Conference on Computer Communication*, India, pp 676–696.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)

13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Making Infrastructure data base using GIS applications – Baniwalid bridges

Abdelrazag Faraj Emhemed[1], Khadeejah Abdulsalam Mohammed[2],

[1]The Libyan Centre for Engineering and Information Technology, Baniwalid, Libya.

[2]Department of Geography, Faculty of Art, Baniwalid University.

*Resqe2010@gmail.com

Abstract: A GIS is a computer system that helps users collect, process, edit, manage, share, analyze, and visualize large amounts of data to understand spatial relationships, patterns, and trends. Moreover, because GIS provides the tools needed to create and analyze data related to infrastructure development and management, it allows managing and sharing data and converting it into easily understandable reports, which helps in developing strategies for sustainable development. In this paper, a database for bridges was created within the city of Baniwalid as a first stage to benefit from the applications of GIS in the infrastructure by feeding the open source platform (OpenStreetMap) through the phone application (CartaView), And the ArcGIS application to create an integrated database about concrete bridges in the city in order to archive all geographical and engineering information and maintenance dates. The structural condition of the bridges was also evaluated by visual inspection and all damages was mentioned. Through the use of mobile and computer applications and open platforms for GIS, a giant database can be created to be used in all future plans for the maintenance and development of infrastructure within the city.

Keywords: GIS, Karta view, Openstreetmap, Infrastructure, Bridges, and Baniwalid.

I.Introduction:

Geographic Information System (GIS) is a system for mapping and analyzing any object on earth. It is a way of gathering, storing, and managing any type of data with spatial components. GIS data are usually stored in more than one layer. This is the fundamental aspect of GIS, and working with layers of geographical information is generally known as data integration. GIS technology integrates powerful database capabilities with unique visual

perspective of a good old fashioned-map. This makes GIS unique among various information collection systems[1]. This study is conducted in Bnaiwalid, Libya with the objective to explore the potential of GIS in capturing, storing, updating, retrieving, displaying and printing data to facilitate Concrete bridges database management. This infrastructure data base is built effectively within the district by using the applications of ArcView software, Carta view application and Openstreetmap website. This case study area (Bani Walid) is a city in Libya with a population of 103200 inhabitants and an area of 19710 km2, positioned at 31˚, 20'N latitude and 14˚, 35'E longitude respectively. Bani Walid is located in Northwest Libya in the Misurata District and has borders with Tarhuna and Msalata municipalities in North, Misratah in Northeast, Sirt in the East, Mizdah in West and Gharyan in Northwest respectively as shown in (Figure 1) [2].



Figure 1: Baniwalid city location.

II.Research objectives:

There is no any descriptive or engineering data about these bridges, the dates of maintenance are vague and unclear, and there is no previous database of infrastructure within the city.

Research objectives:

- Inventory of the main bridges within the city.
- Performing visual examinations and assessments.
- Collecting data from previous reports, research and tests on these bridges.
- Preparing an integrated database about bridges, including location, engineering dimensions, visual assessment, type of maintenance required, etc.
- Entering the database for the GIS program (Arc Gis) to facilitate access and update it in the future.

III.Methodology:

The start of work will be through the Carta View application to carry out street level imagery and feed the OpenStreetMap platform. Carrying out visual inspections and field visits to bridges, so start making the bridges database in Arc-gis.

Karta view:

Karta View is a project to collect crowdsourced street-level photographs for improving OpenStreetMap. Contributors gather imagery with their smartphones using an Android or iOS app. It is also possible to upload images captured with other cameras. The Kartaview app supports using an OBD-II dongle plugged into the vehicle; in concert with the mobile device's GPS, Kartaview can derive more accurate image locations. The app also recognizes and processes street signs in real time while capturing imagery. OpenStreetMap editors can access KartaView images using the ID editor or JOSM plugin [3]. The program performs ground-imaging operations by hanging it inside the car and driving on the road network to photograph it and as shown in figure (2).



Figure 2: hanging on the mobile and start tracking the routes [3].

OpenStreetMap:

A community of mappers that contribute and maintain data about roads, trails, cafés, railway stations, and much more, all over the world, builds OpenStreetMap. OpenStreetMap emphasizes local knowledge. Contributors use aerial imagery, GPS devices, and low-tech field maps to verify that OSM is accurate and up to date.

Bridges within the city:

Work has been done on three main bridges inside the city, namely:

- **Baniwalid main bridge in the city center:**

The Baniwalid Bridge is located at the entrance of the city. This bridge was implemented during the seventies of the last century and was opened to traffic in the eighties. It considered the main artery for traffic, linking the two sides of the city. Its length is about 500m, and its width is 20m. It has two directions; each direction is 8 meters wide. A median berth and on each side a berth for pedestrian movement. The construction system of the bridge consists of 31 average spans, each of which is 14.5 meters long, and each span consists of 18 pre-stressed beams, with a height of 0.72 meters and a width of 1.00 meters [4].



Figure 3: Baniwalid Main Bridge [4].

- **Western Bridge in the Noura tribe:**

The bridge is located west of the city of Baniwalid, and connects the northern and southern banks of the valley. The Romanian Contractex Company established this bridge in 1984 [5]. This bridge is considered the nerve centre of the western region of the city as it connects a number of residential communities to each other. It is considered one of the reinforced concrete bridges poured on the site. It is 180 meters long, 10 meters wide, and contains 100 cylindrical holes with a diameter of 1 meter. As shown in the figure (4).



Figure 4: Western Bridge [5].

- **East Bridge in the Isahga tribe:**

As the same of the last bridge, this bridge is 180 meters long, 10 meters wide, and contains 100 cylindrical holes with a diameter of 1 meter, The Romanian Contractex Company established this bridge in 1984 [5]**.**

IV.Infrastructure Database:

Street Level Imagery:

The first step to build the infrastructure database is tracking the bridges with Karta View application to take pictures and obtain some geometric information. Figures 5, 6 and 7 show the results, which make data ready to be modified in OpenStreetMap.



Figure 5: The main bridge.



Figure 6: The east Bridge in the Isahga tribe



Figure 7: The western Bridge in the Noura tribe.

Figures 5, 6 and 7 show Karta View routs, the purple dots represent the location of the photos

and you can show and download any pictures just by clicking on the purple. Yet this option gives you advantage to input the information to OpenStreetMap platform.

OpenStreetMap Platform:

After the bridges information were uploaded by Karta View, the next step is start modifying the Information and data on the OpenStreetMap website to get a shape file for the bridges, as shown in the figure 8.



Figure 8: Editing the main bridge information on OSM platform.

In OpenStreetMap.org/edit and as an open source platform, any one could edit and make use of the information. So after selecting Karta View pictures as overlay layer, the whole information of bridges (location, coordinates, length, width, lanes, type, date of construction, Etc.) will be ready to input and download as a shape file later.

Collecting Information:

In this step, Bridges are coded to facilitate data entry as follows:

Table 1: Bridges Codes.

Bridge	Code
Baniwalid main bridge	BC01
Western Bridge	BC02
Eastern Bridge	BC03

- ✓ **Geographical and engineering data**:

Geograohic and engineering data about bridges were gathered from Google map pro and reports and some of the references that were mitioned at the end of this paper and it shows up in table 2.

Table 2: Geographical and engineering data.

Bridge	Code	Coordinate		Type	length	width
		N	E			
the main bridge	BC01	31°45'38.2"	14°01'02.2"	precast concrete	500m	20m
Western Bridge	BC02	31°45'31.1"	13°57'23.0"	Cast-in-Site Concrete	180m	10m
Eastern Bridge	BC03	31°48'52.5"	14°04'54.9"	Cast-in-Site Concrete	180m	10m

- ✓ **Visual inspection data**:

Table 3: Visual inspection result.

Bridge / Element	BC01	BC02	BC03
Traffic	High	medium	low
Asphalt	Cracks – Ex. cracks- Rutting	Cracks	Cracks-Rutting
Abutments	disintegration of concrete cover + Steel rust + Cracks	disintegration of concrete cover + Steel rust + Cracks	disintegration of concrete cover- Steel rust + Cracks
Rubber pillows	corrosion	-	-
Bridge foundations	soil erosion + Cracks	soil erosion + Cracks	soil erosion + Cracks
Expansion joints	Need maintenance	Need maintenance	Need maintenance
Sidewalks	Almost good	-	-
Protection fence	Need maintenance	Need maintenance	Need maintenance
Approach slab	horizontal creep	No approach slab	No approach slab
drainage channels	Need maintenance	Need maintenance	Need maintenance
In general (1-9)	5	6	5

- ✓ **Destructive and non-destructive tests for concrete**:

There is little information about the tests and as it appears in the table 4.

Table 4: Date and type of tests.

Test / Bridge	BC01	BC02	BC03
Penetration Tests on Concrete	YES (2016)	NO	NO
Rebound Hammer Method	YES (2016)	YES (2013)	YES (2013)
Pull-Out Tests on Concrete	YES (2016)	Unknown	Unknown
Dynamic Non Destructive Test	YES (2016)	Unknown	Unknown

Radioactive Methods of NDT	YES (2016)	Unknown	Unknown
Concrete Maturity Testing	YES (2016)	Unknown	Unknown
Coring	YES (2016)	Unknown	YES (2013)
Moisture Testing	YES (2016)	Unknown	Unknown
Rebar Locators and Cover meters	YES (2016)	Unknown	Unknown
Concrete Crack Monitors	YES (2016)	Unknown	Unknown

Arc GIS (Geo-Database):

After collecting the data about the bridges as they appear in the tables above, and completing the street level imagery work in the Kartaview application, and editing the data for the OpenStreetMap platform to obtain an updated shapefile, The authors moved on to the last stage, which is to create a Geo-database in the ArcGIS 10.2 program, and as shown in the figures (9), (10).

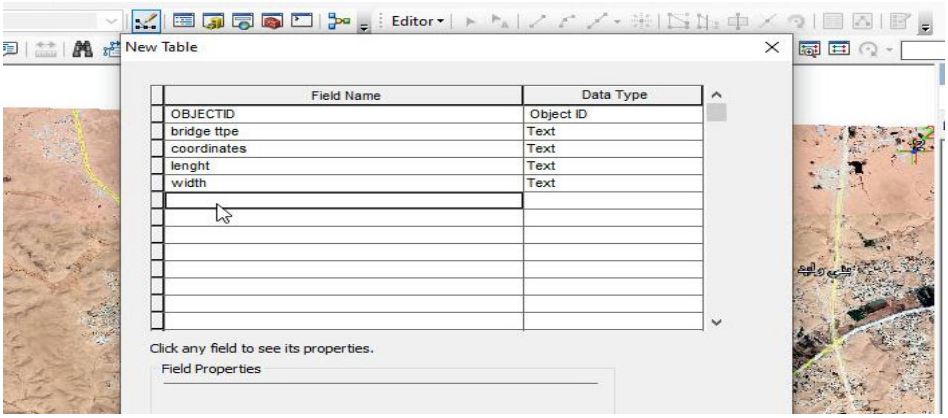


Figure 9: Bridges geodatabase in Arc GIS 10.2.

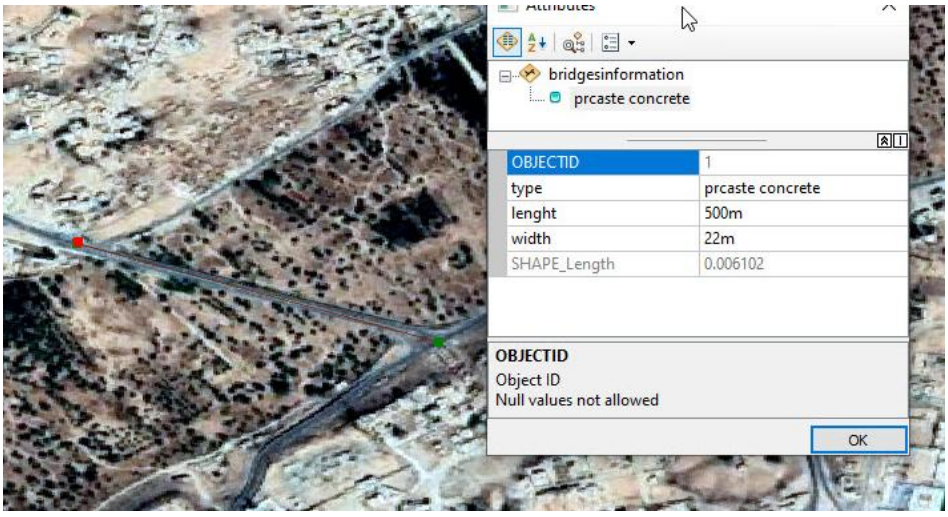


Figure 10: A bridge geometric information.

The database contains descriptive information for bridges such as length, width, type of concrete, coordinates, data on visual inspection results, and dates and types of previous tests as shown in figures (11), (12), (13).

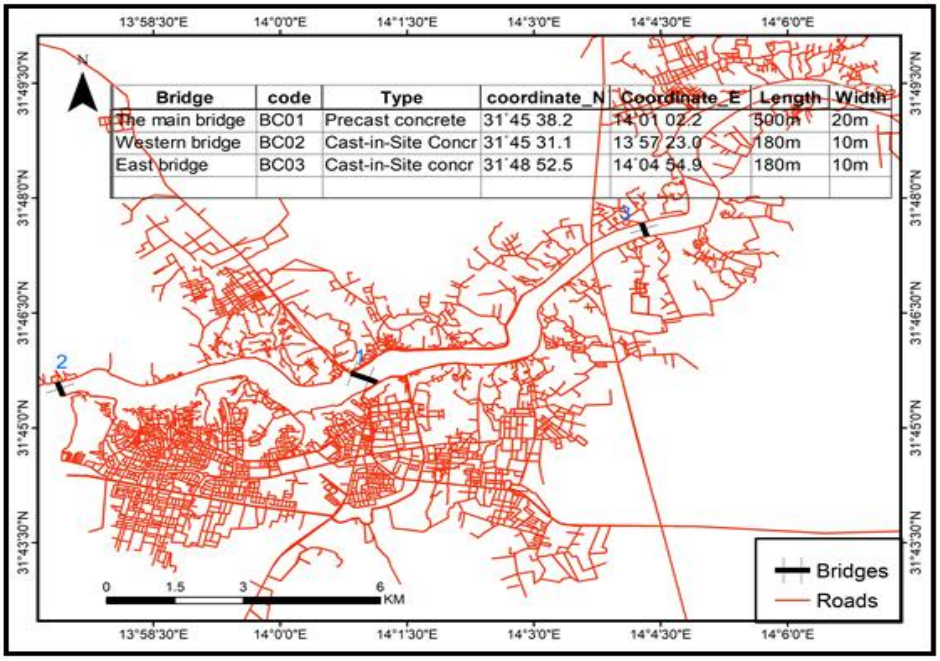


Figure 11: geometric information.

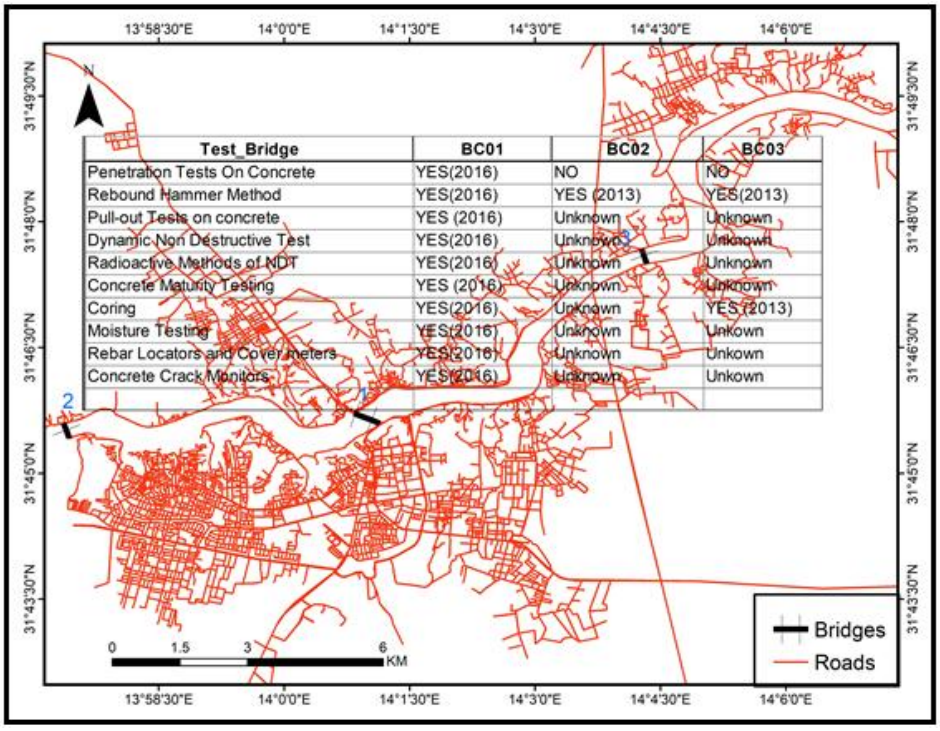


Figure 12: tests information.

V.Conclusions:

A database was created for important concrete bridges in the city of Bani Walid as a stage of creating a database for the inductive structure of the city. The steps are as shown in the diagram in Figure (13).

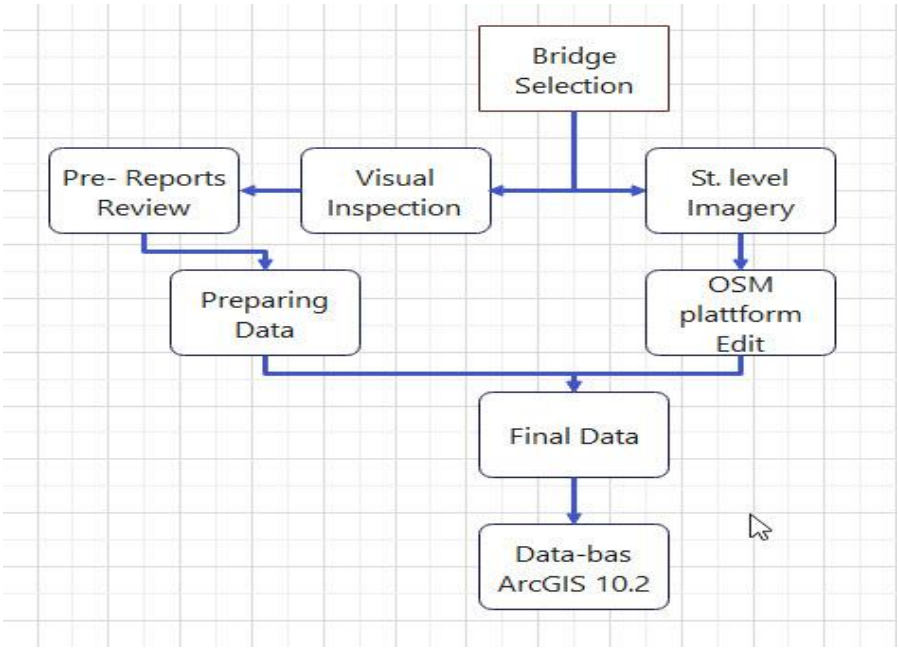


Figure 13: Action steps chart

.

VI.Recommendations:

It is recommended to develop this study and adding all the data about concrete bridges. It also recommends adding secondary bridges and culverts, and then roads to develop the database to contain all the details of the infrastructure within the city to rely on instead of paper data, which are frequently lost and damaged.

References:

[1]. Mohd Zulkifli B. Mohd Yunus, Managing Road Maintenance Using Geographic Information System Application, Journal of Geographic Information System, 2010, 2, 215-219 doi:10.4236/jgis.2010.24030 Published Online October 2010 (http://www.SciRP.org/journal/jgis)

[2]. Omran ABDELNASER and Others, Municipal solid waste management in Bani Walid City, Libya: Practices and challenges, Journal of Environmental Management and Tourism, 2012.

[3]. Kartaview blog from Karta view official site: https://blog.improveosm.org/en/

[4]. Abdelrazag faraj Emhemed and others, The Impact of increased traffic and explosion loads on the concrete bridges. Baniwalid Bridge - Case Study, conference paper, IJEIT, Special issue for the international Eng. Conf. IECMU2021, Misurata, Libya 2021.

[5]. Mustafa Masood and others, Assessment of Baniwalid bridges, unpublished project, Department of civil engineering, collage of Technical Science, Baniwalid, Libya, 2013.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Fingerprint Feature Extraction and Matching using Convolutional Neural Networks(CNNs): A Review

Khdega A.Yosef Galala
dept. Computer Science
College of Education, Al Jufrah University
Waddan,Libya
kdebh@yahoo.com

***Abstract*—Convolutional Neural Network (CNN) has achieved colossal success in the fingerprint recognition domain as we are seeing increasing interest in applying CNN to solve the problems of recognition systems in their various stages. The two most fundamental stages of these systems are feature extraction and matching which are still the most critical challenging of them. In recent years, a significant amount of researches and approaches for fingerprint recognition based on CNN have been carried out to give better solutions to fingerprint recognition issues. Nevertheless, we still need to conduct numerous review studies, to evaluate this method's efficacy. The major goal of this review study is to present the most recent studies and current strategies in fingerprint feature extraction and matching based on CNN to determine the effective contributions of CNN in this area. The reviewed literature have demonstrated that CNN has shown exceptional performance compared to the traditional methods and even outperformed them in many different aspects, including high accuracy, the discarding of pre-processing in many instances, the automatic extraction of features from raw data without human supervision, and others. Although, we still need to highlight CNN which will play an important role in future research directions for fingerprint recognition systems.**

Keywords—Fingerprint, Fingerprint, recognition, CNN, Convolutional Neural Network

I. INTRODUCTION

Fingerprint consists of ridges and valleys, which form unique patterns [1]. In general, those details are split into three categories: local features known as minutiae points, global features known as singular points, and fine details [2]. The scientific foundation for using fingerprints as a technique of personal identification was developed by Henry Faulds, Francis Galton, and Edward Henry among others in the late 19th century [3]. Since then, it has been considered to be the best and fastest method for biometric identification [4]. When compared to other biometrics, fingerprints have the following advantages: it is the cost-effective, quick, reliable, and most convenient way to identify a person fingerprint recognition putting into consideration that it is widely accepted as a highly accurate method of authentication since the chance of two people with identical fingerprints is infrequent [5].

Although a lot of innovations have been developed for creating new fingerprint recognition systems, feature extraction and matching remain their most complex issues. It is still a challenging task to provide algorithms that gives better solutions to fingerprint recognition systems [6]. Very recently, several theoretical studies have demonstrated that a convolutional neural network (CNN) is a very effective recognition method compared to traditional methods where it automatically identifies the relevant features without any human supervision and the ability to scale for image data efficiently without increasing the complexity [7]. Additionally, it is robust and trainable from examples [8].

Numerous studies over the years have evinced that CNN has been effectively implemented in fingerprint recognition systems for a variety of tasks, including fingerprint image classification [9], fingerprint image segmentation [10], fingerprint pre-processing[11], fingerprint image denoising [12], and fingerprints quality enhancement [13]. Further, they are gaining momentum starting in the last decade in the area of fingerprint feature extraction and matching.

To determine the effective CNN contributions in this field, the major goal of this review study is to present the most recent studies and current strategies in fingerprint feature extraction and matching based on CNN. For this purpose, the next section will provide an introduction to CNN while the related work will be presented in section III.

II. OVERVIEW OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

A Convolutional Neural Network known as CNN or ConvNet is a specific type of artificial neural network that has one or more convolution layers [7]. Similar to other neural networks, CNN has multiple hidden layers as well as input and output layers. The convolution layer, pooling layer, and fully connected layer are three distinct layers that make up a CNN's hidden layers and are what set it apart from the original ANN. It is successfully employed in a variety of fields including natural language processing, image recognition, sentence classification, and text categorization, and it is featured in various architectures such as LeNet, AlexNet, GoogleNet, ZFNet, and so on[14]. The fundamental CNN architecture is explained in detail in the following sub-section:

A. The architecture of CNN

The CNN architecture is composed of three basic layers:

1) Convolution Layer: This layer is the most significant layer of CNN. In this layer, the mathematical operation of convolution is performed between the input image and a set of filters to extract the characteristics of a given image which is the output of this layer and termed the feature map [8].

2) Pool Layer: The primary aim of this layer is to reduce the size of the resulting images obtained from the previous layer. It summarizes the features generated by the prior layer and lessens the number of computations required. Depending on the method used, max pooling and average pooling are the two common types of pooling operations [15].

3) Fully Connected Layer: it's the ending layer in CNN, and it receives data from the previous layer, computes the class scores, and outputs the 1-D array whose size is equal to the number of classes [8].

III. RELATED WORK

In this section, the significant research papers in the field published in the last five years from 2017 up until 2022, were selected, summarized, and presented in two sub-sections as follows:

A. Fingerprint Image Feature Extraction using CNN

Important related works of fingerprint image feature extraction using CNN are listed in Table I and are explained as follows:

Recently, in 2021 Pelin, and Abduls proposed a fingerprint identification system based on CNN and Gabor Wavelet Transform (GWT) to extract the minutiae of a fingerprint. Three crucial steps were taken to construct the system: ridge enhancement, ridge thinning, and minutiae extraction. The proposed CNN architecture consists of three convolution layers with filters of sizes 16, 32, and 64 sequentially. Preprocessing was implemented using dilation morphological operation and thinning. Using the FVC2006 dataset, experiments were conducted, and an accuracy of 91.50% was attained.

While in 2021 researchers in [17] applied deep-CNN to extract minutiae directly from raw contactless fingerprints image without preprocessing. The best performance was obtained during tests on the three datasets: PolyU Cross, Benchmark 2D/3D, and their dataset.

Recently researchers in [18] employed morphological operation to enhance and segment the input image and Convolutional Neural Network with Gabor filters to extract features from the enhanced image.

Authors in [19] designed a CNN Auto-encoder model where the CNN was utilized to extract the fingerprint features from the given images. The architecture of CNN has the 11-layer with a 3×3 filter size while the filter size of Max pooling layers is set to 2×2.

While authors in [20] proposed a contactless, fingerprint recognition system, where local features and global features were extracted and matched, first they employed adaptive mean thresholding (AMT) on a grayscale image before extracting local features extraction using the standard NBIS minutiae detector MINDTCT. A siamese-CNN was created to extract global features from an input fingerprint image. On the IITI-CFD dataset, experimental results were performed, and equal-error-rate of 2.19% was achieved.

Another research conducted in 2020 by the authors in [21] where used CNN to directly extract minutiae from raw fingerprint images. The proposed algorithm was developed using two networks in two main phases, the first network was used in the first stage to create minutiae patches, while another network was used in the second stage to extract minutiae from each patch. Both networks share a common aspect of the system. For their investigation, they employed the FVC2002 and 2004 datasets, and they achieved 87.90% accuracy.

The CNN and spectral minutiae representation were combined in a work by Shu Yu to improve the direct matching of the spectral minutiae representation in fingerprint recognition. This work applied the Darknet-19 network structure, which constant 19 convolutional layers with one fully connected layer and it produced a 128-dimensional feature vector. The similarity score of feature vectors extracted by the CNN is used as the decision criterion of fingerprint recognition.

While authors in [23] employed CNN to extract fingerprint features from texture, minutiae, and frequency spectrum. The best performance was obtained during tests on the FVC2004 DB1 and DB2 databases.

In 2020 F-Net network by Nguyen was proposed for fingerprint minutiae extraction. The proposed network structure was derived by modifying the structure of U-Net. The architecture of the proposed network was built up with three important differences namely: the 3 × 3 convolutional filters are revised to the padding version, a batch normalization layer was added after each ReLU layer and the pooling layer has one fewer. The experimental results reveal that the proposed network was successful in achieving high accuracy and robustness in extractor minutiae regardless of image quality or type of sensor.

While authors in [25] presented a fully automatic minutiae extraction method based on deep-CNN and the fingerprint domain knowledge known as MinutiaeNet. The proposed method comprises two networks, known as CoarseNet and FineNet. The CoarseNet used both CNN and fingerprint domain knowledge to find out minutiae in the whole fingerprint image while FineNet was used to estimate the existence probability of minutiae and get final results. Good results were obtained from experiments using the NIST SD27 and FVC 2004 datasets.

Darlow and Benjamin also adopted a deep-CNN to address the issue of extracting minutiae from the raw fingerprint images. The architecture of the neural network in this work was built with five convolutional layers and each one involves 32 5×5 filters and pooling is employed on the first two of them. It also has two fully connected layers. On the FVC 2002 and 2004 datasets, experiments were conducted, and good results were obtained.

While authors in [27] introduced an algorithm to directly extract raw latent fingerprints using a fully convolutional network (FCN). In this algorithm, FCN was applied to directly extract raw latent fingerprints then CNN was used to classify the regions centering at proposed minutiae and computing their orientations.

Another study by Wang and Sang adopted VGGNet convolutional neural network for fingerprint classification and feature extraction. Results from the experiment using the FVC 2000, 2002, and 2004 databases showed a maximum accuracy of 98.3%.

A study by [29] focused on fingerprint pore extraction based on CNN. They conducted research using a high-resolution-fingerprint (HRF) database and achieved a performance of 93.09%.

TABLE I. IMPORTANT WORKS ON FINGERPRINT FEATURE EXTRACTION USING CNN

Soure/ Year	Gap filled	Methods	Dataset	Results
[16] 2021	Fingerprint minutiae extraction by combining CNN and Gabor Wavelets	CNN and GWT while dilation morphological operation and thinning for the Pre-processing	FVC2006 databases	91.5 % accuracy
[17] 2021	A multi-task fully deep-CNN for contactless fingerprint minutiae extraction	deep-CNN	PolyU Cross, Benchmark 2D/3D, and their dataset	It gives the best performs
[18] 2021	Combining gabor filter and CNN for an automatic fingerprint identification	CNN and Gabor filters	FVC 2000, 2002, and 2004 databases	99.8 % accuracy
[20] 2021	A contactless fingerprint recognition system	A siamese-CNN to extract global features	the IITI-CFD dataset	equal-error-rate of 2.19%
[21] 2020	Fingerprint minutiae extraction	CNN	FVC2002 and 2004 databases	87.9 % accuracy
[23] 2020	An extracting fingerprint feature Fingerprint feature extraction by combining texture, minutiae, and frequency spectrum using multi-task CNN	CNN	FVC2004 databases	It gives the best performance
[25] 2017	Robust minutiae extractor by combining deep-CNN and fingerprint domain Knowledge	deep-CNN	NIST SD27 and FVC 2004 database	It gives good results
[28] 2017	Fingerprint recognition with fast match speed	VGGNet CNN	FVC 2000, 2002, and2004 databases	98.3% accuracy
[29] 2017	Fingerprint pore extraction for recognition	CNN	High-resolution fingerprint database (HRF)	93.0 % performance

B. Fingerprint Image matching using CNN

In this section, important related works of fingerprint image matching using CNN are presented below. A summary of these studies is shown in Table II.

In 2022 authors in [30] introduced fingerprint recognition based on the Siamese-CNN to address the issues of the complexity of the fingerprint recognition algorithm and the compatibility of the fingerprint database with multiple fingerprint systems. The structure of Siamese networks consists of three networks, two networks which were a pair of convolutional neural networks with share weight, to generate pair of minutia vectors and they achieve the final output after the vectors went through the fully connected third network. Pre-processing was skipped in this approach, and it can be performed from any source (databases, pictures, and photographs). The proposed algorithm provided up to 92% accuracy.

Ibrahim first unveiled the FIGO model in 2022, which combines two models: a Pix2Pix model to enhance pattern legibility, and a fingerprint identification model that uses two twin CNNs with shared parameters and weights to generate feature vectors. The SOCOFing dataset was used to evaluate this model, and promising results were obtained.

While authors in [32] presented a contact and contactless fingerprint matching model using CNN in 2022, they pre-processed the given image using adaptive histogram equalization, and the model outperformed other approaches by 88.53% rank-one accuracy.

In a work by the authors in [33], a deep-CNN was used for parallel fingerprint minutiae matching to address the issues of low throughput and long time-consuming in traditional methods. Four procedures make up the preprocessing: normalization, image enhancement, parallel thinning, and image segmentation. While the matching outcomes were achieved by first feature minutiae matching, then local minutiae matching, and then global minutiae matching. The experiment performed on the NIST DB4 demonstrates that deep-CNN fingerprint matching throughput is boosted by 25% and matching time is reduced by around 8 seconds.

While Preetha and Sheela used CNN in 2021 to address the performance matching issue. The system is put into two primary phases that are implemented in succession: enhanced and matching stages. The skeletonization method was used for preprocessing to thin the ridgeline, and CNN was used for fingerprint matching. Using the Sokoto Coventry Fingerprint Dataset (SOCOFing), the performance of the proposed CNN method was assessed, and the successful system performance was obtained.

While the research was done by Hongbin to address the issue of stained fingerprint recognition. The damaged fingerprint identification method based on CNN was presented, simulated, and compared with the traditional point matching recognition method proposed and the traditional CNN recognition method to tackle the issue. The NISTDB4F database findings showed that the traditional point matching recognition method took an average of 1.87 seconds to recognize a single unknown fingerprint, the traditional CNN recognition method took an average of 0.62 second, and the improved CNN recognition method took an average of 0.12 second. The improved CNN recognition method exhibited a greater recognition rate and a lower false acceptance and rejection rate.

While the fingerprint cross-matching problem was the topic of prior study by the authors in [36], CNN was utilized in this work to tackle the problem and it contains three subnets with Siamese-CNN. Pre-processing was done on the provided

image using down sampling, ROI calculation, and Gabor filtering as the first step in this work. Then, minutia features and ridge features were separately extracted from the preprocessed fingerprint image and given to a CNN model along with the original fingerprint image. The average accuracy of three CNN models was calculated to arrive at the final score. When applied to the publicly available dataset of fingerprint cross matching, the proposed model exhibits the best performance.

Sunil and Kinage used a CNN technique to create a contactless fingerprint recognition system. This method uses histogram equalization to enhance a given image before applying the CANNY algorithm to detect edges. CNN is used for fingerprint feature extraction and matching process.

While the authors in [38] also used CNN to present a novel fingerprint matching technique. This approach uses CNN to classify fingerprint pairings as matching or not matching. After experimental results were applied to the FVC2002 database, high performance was attained.

In a study by Chenhao and Ajay, a multi-Siamese CNN that had been trained and used for feature extraction and contactless fingerprint image matching was deployed. Using a public database, the proposed architecture was assessed, and the results were favorable.

TABLE II. IMPORTANT WORKS ON FINGERPRINT IMAGE MATCHING USING CNN

Source / Year	Methods	Gap filled	Dataset	Results
[30] 2022	Siamese-CNN	The complexity of the fingerprint recognition algorithm and the compatibility of the fingerprint database with multiple fingerprint systems	Any sources of databases	Up to 92% accuracy
[32] 2022	Sequential CNN	Matching of contactless and contact fingerprints	Public dataset	88.53% rank one accuracy
[33] 2021	deep-CNN	Problems of low throughput and time-consuming	The NIST DB4	Fingerprint matching increased by 25%
[34] 2021	CNN	The performance matching problem	Sokoto Coventry Fingerprint Dataset(SOCOFing)	Good performance
[34] 2020	**CNN**	Stained fingerprint recognition problem	The NISTDB4F database	A greater recognition rate
[36] 2019	Siamese-CNN	Fingerprint cross- matching problem	Public dataset	It gives the best performance
[38] 2018	CNN	Fingerprint matching problem	FVC2002 database	High performance was attained

IV. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This paper provided a summary of recent studies on fingerprint feature extraction and matching using CNN. This review offers a useful tool to explore the actuality of the employment of CNN to address fingerprint recognition systems issues and it also highlights new research directions in this area of research. The studied literature revealed that CNN is a successful method that can be used to solve a variety of fingerprint recognition challenges, including fingerprint image enhancement, fingerprint image denoising, fingerprint feature extraction, and matching, fingerprint image classification, fingerprint image segmentation, and so on. In the fingerprint feature extraction and matching domain, the reviewed study confirms that CNN has been successfully applied in various categories of fingerprint databases and various types of sensors with dissimilar architecture for different purposes. As a result, CNN is well suited for applications that demand high performance in fingerprint recognition systems. In some instances, this method has demonstrated outstanding performance when compared to the traditional methods, sometimes even outperforming them in a variety of areas, including the ability to automatically feature an extract from raw fingerprints image and the often-dropped pre-processing, the high accuracy of matching fingerprints from various types of sensors, and the ability to increase recognition rates, particularly in low or poor quality. Additionally, it contributed to solving some problems like low throughput, fingerprint database compatibility, and other issues. Although CNN has obtained promising results, there are still a lot of difficulties and issues that need to be addressed and further researched to make these systems secure, accurate, and resilient.

REFERENCES

[1] D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, "Handbook of fingerprint recognition, " Springer Science & Business Media, 2009.

[2] Andrew K. H. and James A M., "Automated fingerprint recognition using structural matching," Pat-tern Recognition, vol.23, PP.893-904, 1990.

[3] Anil K. J., Jianjiang F., and Karthik N., "Fingerprint matching," IEEE Biometrics Compendium, vol. 43, PP. 36-44, 2010.

[4] Aliyu T., "Fingerprint recognition and matching using matlab," The International Journal of Engineering and Science (IJES), vol. 4, PP. 01-06, 2015.

[5] Davis D., Higgins P., Kormarinski P., Marques J., Orlans N., and Wayman J., "State of the art biometrics excellence roadmap, technology assessment: fingerprint, palm print, vascular, standards," Mitre Technical Report, vol.1, 2008.

[6] Jain A. K., A. Ross A., and Nandakumar K., "Introduction to biometrics," ISBN, 2011.

[7] Dhillon A., and Verma G., "Convolutional neural network: a review of models, methodologies and applications to object detection," Prog Artif Intell, vol.9, pp. 85–112, 2020.

[8] Kattenborn T., L. Jens, Schiefer F., and Stefan H., "Review on convolutional neural networks (CNN) in vegetation remote sensing," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 173, pp. 24-49, 2021.

[9] Mohamed H. M., "Fingerprint classification using deep convolutional neural network," Electrical and Electronic Engineering, 2021.

[10] Shelhamer E., Long J., Darrell T., "Fully convolutional networks for semantic segmentation, " IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.39, pp. 640–651, 2017.

[11] G. Qun, F. Philipp, R. M. Karl, S. M. George. "Fingerprint recognition using CNNS: fingerprint preprocessing," IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp.433 - 436, 2001.

[12] Zhang K., Zuo W., Chen Y., Meng D., and L. Zhang, "Beyond a gaussian denoiser: residual learning of deep cnn for image denoising, " IEEE transactions on image processing, vol. 26, pp. 3142-3155, 2017.

[13] Sandoval V., Leonardo B., Pedro G.,and Túlio S , "Fingerprint image enhancement using fully convolutional deep autoencoders , " Brazilian Journal of Development, vol.8, pp.40027–40042, 2022.

[14] Shadman S., Nazib A., Ahmed J. K., and Hridon A., "An overview of convolutional neural network: its architecture and applications," Preprints, 2018.

[15] Momeny M., Sarram M. A., Latif A., and Sheikhpour R., "A convolutional neural network based on adaptive pooling for classification of noisy images," Signal and Data Processing, vol.17, pp. 139-154, 2021.

[16] Pelin G., and Abduls., "Minutiae-based fingerprint identification using gabor wavelets and CNN architecture," Electrica. vol. 21, pp. 480-490, 2021.

[17] Zhang Z., Liu S., and Liu M., "A multi-task fully deep convolutional neural network for contactless fingerprint minutiae extraction," Pattern Recognition, vol.120, 2021.

[18] Nur A. A., M. Ahsan, M.A. Based, J. Haider, and M. Kowalski," An intelligent system for automatic fingerprint identification using feature fusion by gabor filter and deep learning," Computers and Electrical Engineering , vol.95, 2021.

[19] Saponara S., Elhanashi A., and Zheng Q., "Recreating fingerprint images by convolutional neural network autoencoder architecture, " IEEE Access, vol. 9, pp.147888–147899, 2021.

[20] Aman A., Nagasai B., Vijay A., and Vivek K.," A contactless fingerprint recognition system, " arXiv, 2021.

[21] B. Zhou, C. Han, Y. Liu, T. Guo, and J. Qin, "Fast minutiae extractor using neural network," Pattern Recognition, vol. 103, 2020.

[22] Shu Y., "Fingerprint recognition based on spectral minutiae representation and deep learning", University of Twente, 2020.

[23] Takahashi A., Koda Y., Ito K., and Aoki T., "Fingerprint feature extraction by combining texture, minutiae, and frequency spectrum using multi-task CNN, " arXiv Preprint, 2020.

[24] Van H. N., Jinsong L., Thi H. B. Nguyen, and Hakil K., "Universal fingerprint minutiae extractor using convolutional neural networks," IET Biom, vol. 9, pp. 47-57, 2020.

[25] D. L. Nguyen, K. Cao, and A. K. Jain., "Robust minutiae extractor: Integrating deep networks and fingerprint domain Knowledge," Proc. Int'l Conf. Biometrics, pp. 9–16, 2017.

[26] Luke N. D. and Benjamin R., "Fingerprint minutiae extraction using deep learning," IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB), 2017.

[27] Tang, Y., Gao, F., and Feng, J., "Latent fingerprint minutia extraction using fully convolutional network," IEEE International Joint Conference on Biometrics, pp. 117–123, 2017.

[28] Wang-Su J., and Sang-Yong R.,"Fingerprint pattern classification using convolution neural network," IJFIS,vol.17, pp.170-6, 2017.

[29] Jang H., Kim D., Mun S., Choi S., Lee H., "Deeppore:fingerprint pore extraction using deep convolutional neuralnetworks," IEEE Signal Processing Letters, vol. 24, pp.1808-1812, 2017.

[30] Zihao L., Yizhi W., Zhong Y., Xiaomin T., Lixin Z., Xiao W., Jianpeng Yu, Shanshan Gu, Lingyi Huang, and Yang Zhang, "A novel fingerprint recognition method based on a siamese neural network," Journal of Intelligent Systems, vol.31, pp. 690–705, 2022.

[31] Ibrahim Y., "FIGO: enhanced fingerprint identification approach using gan and one shot learning techniques," arXiv, 2022.

[32] T. M. Geethanjali, Divyashree M. D., Monisha S. K. , Sahana M. K., "Matching of contact and contactless fingerprint using CNN model, " International organization of Scientific Research IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), vol.12, pp. 01-07, 2022.

[33] SuHua W., MingJun C., ZhiQiang M., and XiaoXin S., "Research on the application of convolutional-deep neural networks in parallel fingerprint minutiae matching," Int. J. Biometrics, vol. 13, 2021.

[34] Preetha S., and Sheela S. V., "Analysis of fingerprint biometric authentication using CNN," SSRN, pp. 6, 2021.

[35] Hongbin L., "Feature extraction, recognition, and matching of damaged fingerprint: Application of deep learning network," Concurrency Computat Pract Exper, 2020.

[36] Shamsi V. S., and Andrews J., "A CNN based model for fingerprint cross matching," Pramana Research Journal, vol. 9, pp.982-987, 2019.

[37] Sunil B. N., Kishor S. K., "Contactless fingerprint recognition and fingerprint spoof mitigation using CNN," International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), vol.8 , 2019.

[38] Yanming Z., Xuefei Y., and Jiankun H., "Robust fingerprint matching based on convolutional neural networks, institute for computer sciences," Social Informatics and Telecommunications Engineering, pp.56-65, 2018.

[39] Chenhao L. and Ajay K., "Multi-siamese networks to accurately match contactless to contact-based fingerprint images," International Joint Conference on Biometrics (IJCB) IEEE, pp. 277-285, 2017.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Skin Cancer Classification Based on Deep Learning Transfer Learning Algorithm and Data Augmentation

Gamal Mohamed
Computer Information
Faculty of Computer Information System
Damietta University, Egypt
behery2911961@gmail.com

Roshdy Mohamed
Mathematics Department
Faculty of Science
Zagazig University, Egypt
rmfarouk1@yahoo.com

Elham Ahmed
Mathematics Department
Faculty of Science
Zagazig University, Egypt
elham.a021@science.zu.edu.eg

***Abstract*— The skin is the largest organ in the human body. It also has several different layers, the epidermis (upper) and the dermis (lower). Skin cancer appears in three types of cells: squamous cells, basal cells, and melanocytes. Melanocytes make melanin and are found in the lower part of the epidermis. Melanin is the pigment that gives color to the skin. When the skin is exposed to sunlight, the melanocytes secrete more pigment and making the skin darker. Skin cancer is diagnosed by several methods such as clinical examination, skin tissue analysis, and dermatology. Early warning of skin cancer can help facilitate treatment and is a challenging task even for expert dermatologists in its early stages. Recent studies have found that deep learning and transfer learning are very useful for melanoma classification as well as medical diagnosis. This paper proposes an efficient method to classify melanoma using deep learning. The proposed model uses the ISIC dataset and can run on other databases. We screened the results for accuracy, sensitivity, and specificity. It will be helpful for dermatologists to classify the image as melanoma or benign, with ease, speed, and high accuracy, and does not require the high capabilities of the deep learning machine used.**

Keywords*— *Classification, deep learning, dermoscopic images, models, skin cancer.

I. INTRODUCTION

Cancer is a disease in which cells of the body get out of control. Cancer is known as skin cancer when it begins in the skin. Currently, the detection, diagnosis, and grading of skin cancer are very important. Basal cell carcinoma and squamous cell carcinoma are the two most common types of skin cancer. They begin in the basal and squamous layers of the skin [1]. Treatment for both can be generic, but they can be disfiguring and expensive. Melanoma, the third most common type of skin cancer, begins in melanocytes. Of all types of skin cancer, skin cancer causes the most deaths because it tends to spread to other parts of the body, including vital organs. Most cases of skin cancer are caused by excessive exposure to ultraviolet rays from the sun and sunlamps. Ultraviolet rays can damage skin cells. In the short term, this damage causes sunburn. Over time, UV rays build up, leading to changes in skin texture, premature skin aging, and sometimes, skin cancer. Dermoscopic is used to diagnose early stage skin cancer. Skin cancer is difficult to identify owing its similarity. The classification of melanomas using endoscopic images can be considered a problem for image classification. The traditional technique of classifying pictures may represent salient features that are provided to the class for training. These features can be the texture, color, or shape of color images; however, in the case of melanoma, extracting features and classifying the image base based on these features is a difficult task. This has drawn the attention of researchers to the use of deep neural networks (CNNs) for extracting these features.

Many researchers have worked on the segmentation, detection, and classification of skin cancer using different classification, image processing, machine learning, computer vision, and deep learning techniques. Younis et al proposed a classification of skin cancer dermoscopy images using transfer learning [17]. Anas, Mohd, Kailash Gupta, and Shafeeq Ahmad proposed a skin cancer classification using K-means clustering [18]. Ruthra, V., and P. Sumathy introduced Color and Texture based Feature Extraction for Classifying Skin Cancer using Support Vector Machine and Convolutional Neural Network [19]. Minango, Pablo, et al. showed a new tool in research on tilted melanoma classification based on three very deep neural networks [20]

II. PROBLEM FORMULATION

Simple image processing techniques are used to classify skin tissues based on the extracted features [2]. CNNs work well and automatically extract features. Symptoms and signs of melanoma can be recognized using ABCDE (asymmetry, border, color, diameter and development) as shown in Fig.1. Asymmetric melanoma has an irregular shape and cannot be divided into two halves. Borderline melanoma has jagged and irregular edge [3]. Melanoma is usually a combination of two or three colors. Diameter: Melanomas are generally more than 6 mm in diameter and differ from normal moles. Enlargement or development: Moles that change in shape and size after a

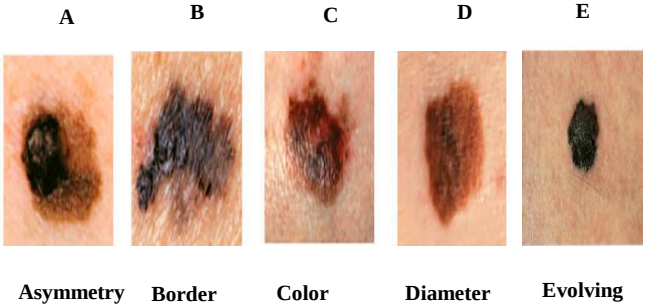


FIGURE 1. The ABCDEs rule of melanoma.

while usually become melanoma. Figure 1 illustrates the ABCDE rule for melanoma. However, a limitation of CNNs is that they require very large amounts of data to train. To overcome this problem, a learning method is used. A simple approach to deep learning, called transfer learning, uses the raw weights of pre-trained networks trained on multiple other datasets. Anabik et al. and Pereira et al. used different transfer learning models- ResNet50, DenseNet, MobileNet, and Fine–and ensemble-tuned these models to increase the accuracy and robustness of the cation-fi categorized, but the results were not up to the mark. In this study, we proposed a melanoma grading method to classify endoscopic melanoma images using the

VGG16 model with modifications in the last two layers of this model to benign or malignant.

III. PROPOSED METHODOLOGY

The proposed approach was used to classify melanomas using deep learning. Early diagnosis of skin cancer using machine-assisted therapy provides physicians with significant assistance. We implemented our model using Keras and TensorFlow libraries, which use deep learning techniques with a five-layer convolutional neural network algorithm, convolutional layer, pooling layer, fully connected layer, and leak activation. The convolutional layer is the first layer used to extract various features from input images. In this layer, the mathematical operation of the convolution between the input image and a filter of a certain size $M \times M$, is performed. By moving the filter over the input image, the raster product is taken between the filter and the parts of the input image with respect to the filter size ($M \times M$), and the output is a feature map that provides information about the image, such as corners and edges. This feature map is fed to other layers so that many other features of the input image can be learned. A convolutional layer is followed by a grouping layer to reduce the size of the convoluted feature map and reduce computational costs. This is accomplished by reducing the connections between the layers and working independently on each feature map. The FC layer consists of weights and biases next to the neurons and is used to connect the neurons between two different layers. These layers were placed before the output layer. A dropout layer was used, where few neurons were dropped from the neural network during the training process, which reduced the size of the model. When passing the 0.3 dropout ratio, 30% of the nodes were randomly dropped from the neural network. In our model, the activation function is. They were used to determine and approximate any type of continuous and complex relationship between the network variables. In simple words, deciding which information from the form should be fired in the forward direction and which should not be fired at the end of the grid. We used a sigmoid activation function so that our model was precisely optimized because we used a classification of two classes. The main goals are to perform the following operations:

- Input data.
- Preprocessing.
- Feature Extraction.
- Data Augmentation.
- Convolutional neural network (CNN Model).
- Classification.

This forms a basic step in the detection of abnormal skin cancers, as shown in Fig.2.

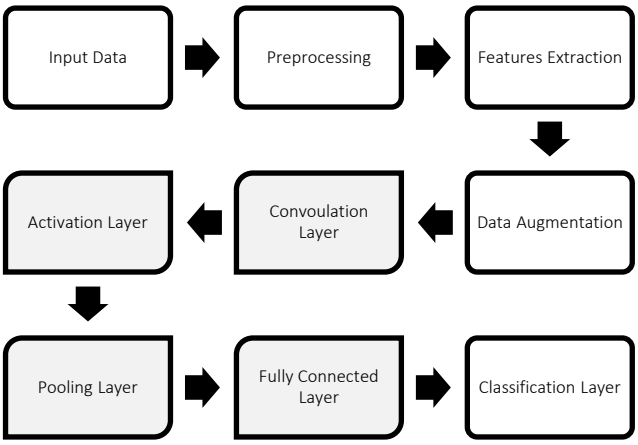


FIGURE 2. Proposed Architecture of CNN.

The study of medical imaging applications plays an important role in this field. The dataset was received from the International Skin Imaging Collaboration (ISIC) website, which contains 3267 images divided into training and testing: the training folder contains 1440 benign images and 1197 malignant images, and the testing folder contains 360 benign (the negative class) and 300 malignant (the positive class) images [5]. Fig.3 shows the distribution of the images used.

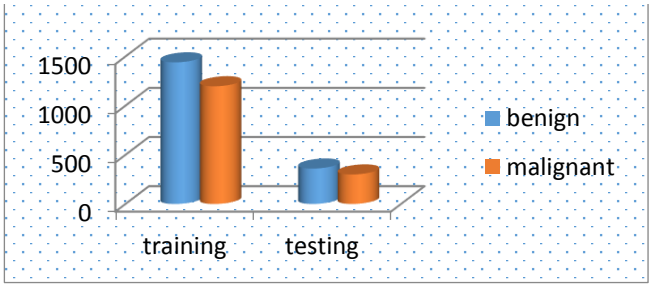


FIGURE 3.Class distributions of the images in skin lesion dataset.

B. Preprocessing

The preprocessing of skin images refers to enhancement intensity and contrast manipulation, normalization, noise reduction, filtering, etc. Thus, the major goal of the preprocessing step is to enhance the image parameters such as quality, clarity, etc.... By removing the unwanted parts of the image, quality stage done [4]. In the proposed system, all images were normalized and resized. For example, if the x- and y-axis are scaled with scaling factors p and q, the transformation matrix is shown in (1):

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{p} & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{q} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

First, we require an angle θ that represents the degree to which we rotate our image. When we perform rotation in linear algebra, we always rotate along the center of the coordinate system. Now, we need to define the rotation matrix M.

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 1 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Transformation matrix is:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} cos\theta & -sin\theta & 1 \\ sin\theta & cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Where (x, y) pixels are the coordinates in the original image, and (x', y') are the corresponding pixel coordinates in the transformed image. Used the Keras image processing API to load all skin photos in the training dataset and then reshaped them to 224×224 square photos that were suitable for the vgg16 model. Labels were determined for each photo. A tuple of photos and labels was saved.

C. Feature Extraction

Feature extraction is considered to play the most important role in the entire classification process. The extraction of relevant features from a given input dataset for detection and classification is called feature extraction. Our proposed system uses ABCD method that is the standard for any dermatological applications which need to consider in skin cancer situation, they are Asymmetry, Border irregularity, Color and Diameter Fig.1. The feature extraction layer existing at the beginning of the architecture is composed of several layers, each of which consists of neurons connected to the local area (local region) of the previous layer [4]. We used a convolutional neural network for skin image feature extraction.

D. Data Augmentation

Data augmentation is used to multiply the variation in images from the dataset by rotating the image, increasing or decreasing the image's length and width, zooming in the image, and flipping the image horizontally. An example of this data augmentation is shown in Fig.5. We augmented the training set while the validation set remained unchanged. The deep convolutional models used in this study required a large number of images for training to achieve better performance without over fitting. However, the number of images in our dataset was insufficient. Data augmentation was used to increase the number of training images and the variation among the images. This also supports the enhancement of prognosis performance and decreases the over fitting problem as an augmentation function; we used rotation, flipping, shearing, and zooming [6]. The random rotation angle was $0-30°$.We made a small change to the input photos of skin cancer that are useful for our problem, such as small shifts and horizontal flips. These augmentations can be specified as arguments for the Image Data Generator used for the training dataset but not for the testing dataset. In this case, photos in the training dataset were augmented with small (10%) random horizontal and vertical shifts as shown in Fig.4 and random horizontal flips that created a mirror image of a photo. Photographs in both the training and test steps will have their pixel values scaled in the same manner.

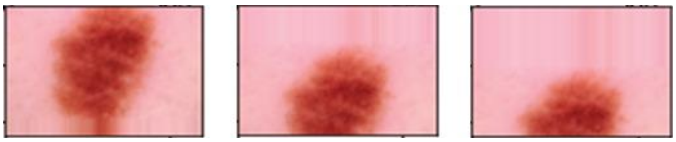


FIGURE 4.Vertical shift image augmentation.

E. CNN Model

Machine learning technology uses multiple layers to extract important features from an image, identify patterns, and classify them. Deep learning uses artificial neural networks to solve problems using large datasets for easy supervised machine learning. When more layers are added, the machine-learning model handles the tagged image data better. In deep learning, a computer can learn to classify images, texts, or sounds [3]. In deep learning, a computer with a large amount of data is trained, and the pixel value of an image is then modified into an internal vector feature from which the new data can be categorized using the same approach. Deep neural networks have succeeded in supervised learning, reinforcement learning, hybrid learning, and unsupervised learning [7]. The first step in training a deep belief network is to learn the features using the first layer. This was followed by activating the trained features from the previous layer in the next layer. This was performed until the final layer was obtained. Deep learning has been used to analyze medical images worldwide. Some of the challenges in the accurate classification of skin lesions using deep learning are the availability of high-quality data, which is a major requirement for good classification results.

A convolutional neural network (CNN) is a powerful technique for extracting useful features from image data. We can develop a basic convolutional neural network model for the ISIC (International Skin Imaging Collaboration) melanoma dataset. The application of convolutional operations to image data is a common technique used in computer vision because it has many different advantages. In recent years, some network architectures have demonstrated outstanding results in image classification problems using deep neural networks. These architectures are used for various applications worldwide using a technology called transfer learning. The weights of an already-trained model for a given task are used for some new task types required for classification [6]. There are some common architectures, such as VGG16 and VGG19. Four types of layers are used: convolutional layer, pooling layer, fully connected layer, and activation function. These concepts are discussed in the following sections [8].

1) Convolutional layer

The convolution process uses the image input by using the filter and passing it on the image pixels to extract the features to create the output function as a feature map for this image, thus reducing the storage space in which each image is stored. The convolution layer performs convolution operations on the output of the previous layer as the input to the current layer [3].

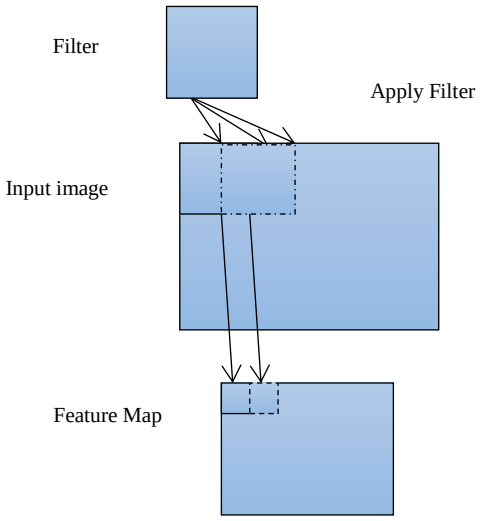


FIGURE 5. Filter Applied to a Two-Dimensional Input to Create a Feature Map.

Convolution operations in general can be written with the formula below:

$$y(t) = (x * w) \quad (4)$$

The equation $y(t)$ gives results in the form of a feature map as a single output with the first argument used as the input expressed as x and the second argument used is the kernel or filter, which is stated as w. Because the input used is an image that has two dimensions, it can be expressed as t as a pixel and replaced with arguments i and j. Therefore, convolution operations with more than one-dimension input can be written as follows:

$$y(i,j) = (k * I)(I,j) = \sum_n \sum_m (i-m)(j-n)\, k(m,n) \qquad (5)$$

Two-Dimensional Input Filter Applied to Create a Feature Map as in Fig.5

2) Activation function

In a neural network, the activation function converts the weighted sum of the inputs into the output of a node or a node in a layer of the network. We defined the activation function as the output of that node, given an input or set of inputs that determines the output value owing to some roles. In this study, the activation functions used were binary sigmoidal functions that perform input editing between 0 and1. It is positive in nature. It is always bounded, which means that its output cannot be less than 0 and more than 1. It also strictly increases in nature, which means that a higher input would be the output. It can be defined as

$$F(x) = sigm(x) = \frac{1}{1+\exp(-x)} \qquad (6)$$

We also use the rectified linear unit (ReLU) activation function, which is the positive part of its argument, that from equation7:

$$F(x) = x^{+} = max(0,x) \qquad (7)$$

3) Pooling layer

The pooling layer is another building block of the CNN. It is executed after each convolutional layer. The aggregation process involves moving a 2D filter over each channel of the feature map as it summarizes the features within the area covered by the filter to reduce the dimensions of the feature maps [9]. This reduces the number of tasks that need to be learned and the number of operations performed in the network. The pooling layer types are max pooling (the maximum element from the area of the feature map enveloped by the filter) and average pooling (the average of the elements present in the region of the feature map covered by the filter).

4) Fully connected layer

The fully connected layer is a layer in which all activation neurons from the previous layer are connected to all neurons in the next layer and the aim is to transform data dimensions so that data can be classified linearly. Fully connected layers in neural networks are those where all the inputs from one layer are connected to every activation unit of the next layer. In the most popular machine learning models, the last few layers are fully connected layers that compile the data extracted by previous layers to form the final output. This is the second most time-consuming layer to the convolution layer. We can divide the entire neural network classification into two parts: feature extraction (extracting features from the data to make the classification) and classification (classifying the data into various classes) [10].

F. Classification

The CNN algorithm was used to categorize skin lesion images into melanoma or benign lesions. It comprises a sequence of several convolutional layers with filters, pooling layers, and a fully connected layer. The convolution layer is the initial layer that extracts the features from an image. The pooling layer minimized the size of the activation map. The max pooling layer preserved the largest value in the activation map. Pooled activation maps are flattened to form a feature vector that is applied to the fully connected layer [21].

CNN can classify skin lesions in two ways. In the first case, a CNN is used as the feature extractor of the images, and classification is performed by another classifier. For the other case, a CNN is used to perform end-to-end learning, which can be further split into learning from scratch or learning from a pre-trained model. To train the CNN from scratch, a large number of images are required to process the over fitting problem. Because the number of skin lesion images required for training is insufficient, training the CNN from scratch is less workable. Training from a pre-trained model is the best approach, and is generally referred to as transfer learning (TL). TL helps the model learn well even with less data and introduces a generalization property to the trained model [11]. A useful model for transfer learning is one of the VGG models, such as VGG-16 with 16 layers that at the time it was developed, achieved top results on the ImageNet photo classification challenge. The model comprises two main parts: the feature extractor part of the model, which is composed of VGG blocks, and the classifier part of the model, which is composed of fully connected layers and the output layer. We can use the feature extraction part of the model and add a new classifier part that is tailored to the skin cancer dataset. We can hold the weights of all the convolutional layers fixed during training and only train new fully connected layers that will learn to interpret the features extracted from the model and make a binary classification [11].

IV. NUMERICAL RESULTS

Our model uses Keras and TensorFlow libraries. Keras is a deep learning API written in Python that runs on top of the machine learning platform TensorFlow. It was developed with a focus on enabling rapid experimentation. Being able to go from idea to result as fast as possible is the key to doing good research. TensorFlow is an open-source software library developed by the Google Brain team to support smart computing to support the search and learning of their products. Computing using tensor flow can be executed with a variety of systems, ranging from mobile devices such as cellphones and tablets to hundreds of large-scale distributed systems of machines and thousands of computing devices such as GPU cards [12]. The model used was VGG16.

The convolution neural net (CNN) architecture was used to win (ImageNet) competition in 2014. This is excellent vision model architecture to date. The most unique feature of VGG16 is that instead of having many hyper-parameters, they focused on having convolution layers of 3×3 filters with a stride of 1 and always used the same padding and max -pool layer of a 2×2 filter of stride 2. It follows this arrangement of convolution and max pool layers consistently throughout the architecture. Finally, it has 2 FC (fully connected layers (FC) followed by a softmax function for the output. Sixteen in VGG16 refers to 16 layers that have weights [13]. This is a large network of approximately 138 million (approx.) parameters.

Five evaluation metrics were applied to assess the performance of the proposed method [14]. These metrics were

sensitivity (SEN), specificity (SPE), accuracy (ACC), precision (PRE), and$F-score$.

$$\text{Accuracy} = \text{ACC} = \frac{\text{TP+TN}}{\text{TP+TN+FN+FP}} \text{ X } 100 \quad (8)$$

$$\text{Sensitivity} = \text{SEN} = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FN}} \text{ X } 100 \quad (9)$$

$$\text{Specificity} = \text{SPE} = \frac{\text{TN}}{\text{TN+FP}} \text{ X } 100 \quad (10)$$

$$\text{Precision} = \text{PRE} = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FP}} \text{ X } 100 \quad (11)$$

$$\text{F} - \text{score} = \frac{\text{2TP}}{\text{2TP+FP+FN}} \text{ X } 100 \quad (12)$$

Where:

True Positive=TP: Correctly classified as having skin cancer.

True Negative=TN: Correctly classified as not having skin cancer.

False positive =FP: classified as having skin cancer but not cancer.

False negative =FN: classified as not having skin cancer but having cancer.

Based on Table1 with 50 images being tested from the training dataset, there were 50 correct images and 0 incorrect images in the classification as in TABLE I.

TABLE I. TRAINING DATA

No	Input	Category	Output	Result
1	0.jpg	benign	benign	TRUE
2	1.jpg	benign	benign	TRUE
3	10.jpg	benign	benign	TRUE
4	100.jpg	benign	benign	TRUE
5	1000.jpg	benign	benign	TRUE
6	1001.jpg	benign	benign	TRUE
7	1002.jpg	benign	benign	TRUE
8	1004.jpg	benign	benign	TRUE
9	1005.jpg	benign	benign	TRUE
10	1006.jpg	benign	benign	TRUE
11	1007.jpg	benign	benign	TRUE
12	1008.jpg	benign	benign	TRUE
13	1009.jpg	benign	benign	TRUE
14	101.jpg	benign	benign	TRUE
15	1010.jpg	benign	benign	TRUE
16	1011.jpg	benign	benign	TRUE
17	1012.jpg	benign	benign	TRUE
18	1013.jpg	benign	benign	TRUE
19	1014.jpg	benign	benign	TRUE
20	1015.jpg	benign	benign	TRUE
21	1016.jpg	benign	benign	TRUE
22	1017.jpg	benign	benign	TRUE
23	1018.jpg	benign	benign	TRUE
24	1019.jpg	benign	benign	TRUE
25	102.jpg	benign	benign	TRUE
26	1247.jpg	malignant	malignant	TRUE
27	1248.jpg	malignant	malignant	TRUE
28	1249.jpg	malignant	malignant	TRUE
29	125.jpg	malignant	malignant	TRUE
30	1250.jpg	malignant	malignant	TRUE
31	1252.jpg	malignant	malignant	TRUE
32	1053.jpg	malignant	malignant	TRUE
33	1054.jpg	malignant	malignant	TRUE
34	1055.jpg	malignant	malignant	TRUE
35	1057.jpg	malignant	malignant	TRUE
36	1158.jpg	malignant	malignant	TRUE
37	1159.jpg	malignant	malignant	TRUE
38	116.jpg	malignant	malignant	TRUE
39	1161.jpg	malignant	malignant	TRUE
40	1162.jpg	malignant	malignant	TRUE
41	1163.jpg	malignant	malignant	TRUE
42	1165.jpg	malignant	malignant	TRUE
43	1167.jpg	malignant	malignant	TRUE
44	1168.jpg	malignant	malignant	TRUE
45	1169.jpg	malignant	malignant	TRUE
46	117.jpg	malignant	malignant	TRUE
47	1171.jpg	malignant	malignant	TRUE
48	1172.jpg	Malignant	malignant	TRUE
49	1174.jpg	Malignant	malignant	TRUE
50	1175.jpg	Malignant	malignant	TRUE

Based on TABLE II with 50 images being tested from the testing dataset, there were 50 correct images and 0 incorrect images in the classification.

TABLE II. TESTING DATA

No	Input	Category	Output	Result
1	1.jpg	benign	benign	TRUE
2	10.jpg	benign	benign	TRUE
3	1003.jpg	benign	benign	TRUE
4	1006.jpg	benign	benign	TRUE
5	1013.jpg	benign	benign	TRUE
6	1018.jpg	benign	benign	TRUE
7	1019.jpg	benign	benign	TRUE
8	1023.jpg	benign	benign	TRUE
9	1025.jpg	benign	benign	TRUE
10	1029.jpg	benign	benign	TRUE
11	1033.jpg	benign	benign	TRUE
12	1034.jpg	benign	benign	TRUE
13	1042.jpg	benign	benign	TRUE
14	1044.jpg	benign	benign	TRUE
15	105.jpg	benign	benign	TRUE
16	1055.jpg	benign	benign	TRUE
17	1061.jpg	benign	benign	TRUE
18	1070.jpg	benign	benign	TRUE
19	1074.jpg	benign	benign	TRUE
20	1077.jpg	benign	benign	TRUE
21	1080.jpg	benign	benign	TRUE

22	1087.jpg	benign	benign	TRUE
23	1088.jpg	benign	benign	TRUE
24	1092.jpg	benign	benign	TRUE
25	11.jpg	benign	benign	TRUE
26	1227.jpg	malignant	malignant	TRUE
27	1228.jpg	malignant	malignant	TRUE
28	1229.jpg	malignant	malignant	TRUE
29	1234.jpg	malignant	malignant	TRUE
30	1238.jpg	malignant	malignant	TRUE
31	1242.jpg	malignant	malignant	TRUE
32	1251.jpg	malignant	malignant	TRUE
33	1254.jpg	malignant	malignant	TRUE
34	1256.jpg	malignant	malignant	TRUE
35	1262.jpg	malignant	malignant	TRUE
36	1266.jpg	malignant	malignant	TRUE
37	1267.jpg	malignant	malignant	TRUE
38	1268.jpg	malignant	malignant	TRUE
39	1280.jpg	malignant	malignant	TRUE
40	1286.jpg	malignant	malignant	TRUE
41	1289.jpg	malignant	malignant	TRUE
42	129.jpg	malignant	malignant	TRUE
43	1292.jpg	malignant	malignant	TRUE
44	1295.jpg	malignant	malignant	TRUE
45	1297.jpg	malignant	malignant	TRUE
46	13.jpg	malignant	malignant	TRUE
47	1300.jpg	malignant	malignant	TRUE
48	1310.jpg	malignant	benign	FALSE
49	1320.jpg	malignant	malignant	TRUE
50	1320.jpg	malignant	malignant	TRUE

V. CONCLUSION

Classification of melanoma cancer images is carried out in two stages. The first stage is training the dataset to produce a model [15]. The second stage is the process of classification in which the system takes the image data, then initializes the model from the results of the training and makes predictions using our model. The system then takes the prediction results along with their probabilities and displays the prediction results along with the image. The experiment was conducted on 660 images of 360 benign and 300 malignant test datasets using a different model [16]. The experiment obtained the highest accuracy of 100% in the training results using the proposed model. Meanwhile, the testing results obtained 98% accuracy when using 50 images. This model can be applied to binary classification of any colored image. We will use different models with changes in the number of epochs and show good accuracy, and we will use GAN to increase the dataset and obtain good results. These results will be helpful for radiologists in making more accurate skin cancer diagnoses.

REFERENCES

[1] (2021).Skin cancer site [on line]. Avialable: https://www.cdc.gov/cancer/skin/basic_info/what-is-skin-cancer.htm

[2] Farouk, R. M., Heba I. Mustafa, and Abd Elmounem Ali. "Breast cancer classification based on improved rough set theory feature selection." Filomat.,vol. 34, no.1,pp.19-34,2020.

[3] Refianti, Rina, Achmad Benny Mutiara, and R. Poetri Priyandini. "Classification of melanoma skin cancer using convolutional neural network." IJACSA.,vol.10,no.3,pp.409-417,2019.

[4] Monika, M. K., Vignesh, N. A., Kumari, C. U., Kumar, M. N. V. S. S., and Lydia, E. L. "Skin cancer detection and classification using machine learning." Materials Today: Proceedings.,vol.33,pp.4266-4270,2020.

[5] (2020).Data base link [on line]. Avialable: https://www.kaggle.com/fanconic/skin-cancer-malignant-vs-benign

[6] Rahman, Z., Hossain, M. S., Islam, M. R., Hasan, M. M., and Hridhee, R. A. "An approach for multiclass skin lesion classification based on ensemble learning." Informatics in Medicine Unlocked.,vol. 25,pp.100659,2021.

[7] Mathew, Amitha, P. Amudha, and S. Sivakumari. "Deep Learning Techniques: An Overview." International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications. Springer, Singapore., 2020,pp.599-608.

[8] (2020).Introduction of CNN site [on line]. Avialvabe: https://chatbots.marketing/a-gentle-introduction-to-convolutional-neural-networks/

[9] (2021).Maxpool link [on line].Avialable: https://www.coursehero.com/file/85074595/CNN-Part-2pptx/

[10] Jiang, Guanlin. "How the Convolutional Neural Network Work to Identify Numbers?." ScienceOpen Preprints., 2021.

[11] Nahata, Hardik, and Satya P. Singh. "Deep learning solutions for skin cancer detection and diagnosis." Machine Learning with Health Care Perspective. Springer, Cham, pp.159-182,2020.

[12] Yin, X., Yu, X., Sohn, K., Liu, X., and Chandraker, M. "Feature transfer learning for face recognition with under-represented data." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019, pp. 5704-5713.

[13] Jin, Bo, Leandro Cruz, and Nuno Gonçalves. "Deep facial diagnosis: deep transfer learning from face recognition to facial diagnosis." IEEE Access 8., 2020,pp.123649-123661.

[14] Rebouças Filho, P. P., Peixoto, S. A., da Nóbrega, R. V. M., Hemanth, D. J., Medeiros, A. G., Sangaiah, A. K., and de Albuquerque, V. H. C. "Automatic histologically-closer classification of skin lesions." Computerized Medical Imaging and Graphics.,vol. 68,pp.40-54,2018.

[15] Schofield, J. K., Robinson, R., Reeken, S., and Jackson, R. "National Institute for Health and Care Excellence melanoma guidelines: good news for patients but challenging to implement. " British Journal of Dermatology, vol.174,no.5, pp.949-950,2016.

[16] Zhang, K., Wu, Q., Liu, A., and Meng, X. "Can deep learning identify tomato leaf disease?." Advances in Multimedia., 2018 .

[17] Younis, Haseeb, Muhammad Hamza Bhatti, and Muhammad Azeem. "Classification of skin cancer dermoscopy images using transfer learning." 2019 15th International Conference on Emerging Technologies (ICET). IEEE,2019. pp. 1-4.

[18] Anas, Mohd, Kailash Gupta, and Shafeeq Ahmad. "Skin cancer classification using K-means clustering." International Journal of Technical Research and Applications.,vol,5,no.1,pp.62-65,2017.

[19] Ruthra, V., and P. Sumathy. "Color and Texture based Feature Extraction for Classifying Skin Cancer using Support Vector Machine and Convolutional Neural Network." International Research Journal of Engineering and Technology.,vol.6,no.9,pp.502-507,2019.

[20] Minango, P., Iano, Y., Ruelas, A. M., Oliveira, G. G. D., Alvarado, M. C. L., Minango, J., ... and Castro, D. A. P."Melanoma Classification Based on Three Different Very Deep Neural Networks." Brazilian Technology Symposium. Springer, Cham, 2020, pp. 463-476.

[21] Ali, M. S., Miah, M. S., Haque, J., Rahman, M. M., and Islam, M. K."An enhanced technique of skin cancer classification using deep convolutional neural network with transfer learning models." Machine Learning with Applications 5 ,2021.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Integration of 3D Chaotic Maps for Color Image Encryption

Nuha Omran Abokhdair
Computer Science Department,
Faculty of Science,
University of Zawia,
Zawia, Libya
abo.khdeir@zu.edu.ly

Ebtesam Rajeb Khather
Computer Science Department,
Faculty of Science,
University of Zawia,
Zawia, Libya
e.rajeb@zu.edu.ly

Mohamed Ab. Sultan
Department of Electrical and
Electronics Engineering
Higher Institute of Science and
Technology Zawia, Libya
abo_sultan2020@yahoo.com

***Abstract*— The use and transmission of color images have become common and more significant, which requires protection from unauthorized access. This research is presented to increase color image security through an image encryption algorithm. The proposed algorithm uses circle map for key generation, 3D logistic map for confusion and 3D henon map for diffusion. To enhance the sensitivity of a plain-image, SHA-1 is employed in our proposed method to calculate the hash value and use it as an input to circle map. Set of tests are used to evaluate the proposed algorithm. These tests include Key sensitivity, Information entropy, Correlation analysis, NPCR, and UACI. The experimental results show that the algorithm improves encryption efficiency; It has good security performance and can resist common attack methods.**

Keywords—3D henon map, 3D logistic map, confusion, diffusion, Chaotic Map.

I. *Introduction*

Information security is becoming a more important factor in data transmission and storage nowadays[1]. This information consists of text, audio, image and other multimedia. Images have a wide application in the daily life of most of us. However, the more extensive the use of the images, the more important is their security [2]. Conventional encryption schemes such as DES, 3DES, RC5, AES, and RSA have many applications in text encryption, but they are not sufficient to fulfill the security requirements of image encryption. Images have different features such as their large size and high correlation among pixels[3][4].

Cryptographic algorithms using chaotic maps have attracted a great deal of attention and become an important topic[5]. Chaotic maps are used in confusion and diffusion mechanisms, which show excellent performance in image encryption techniques for their unpredictability and randomness[6]. Liu and Suoxia[7] proposed an encryption technique for grayscale images. This technique is based on logistic map with varying parameter to improve the weaknesses of logistic map, including small key space and uneven distribution of sequences, and to resist the phase space reconstruction attack. The experimental results show that the proposed algorithm is highly secure against attacks. Liu and et al. proposed a color image encryption algorithm based on two logistic maps[5]. The researchers use stream cipher for its security and speed. The results show advantages of high-level security and large key space. Rui, in [3] presented an algorithm use 1D logistic map to confuse the addresses of a color image pixels and global diffusion to permute the bit-matrix which makes the three elements influence each other effectively without neglecting the relativity between R, G and B. Experiments show that this algorithm has some good properties such as easy to implement, large key space, and excellent encryption effect with just one round of iteration. Gorji and et al.[8] Presented an image encryption method based on Logistic and Tent chaotic maps and permutation-diffusion architecture. Results obtained from evaluation show that image encryption using this method is resistant against various attacks, including salt and pepper noise, data loss and universal search attack. Mondal and Mandal in[9] presented greyscale image encryption algorithm for secure encryption and efficient transmission of data. This algorithm is divided into three stages including: the random number generation process, the image permutation process and the substitution process. The results of this algorithm for Lena image, the entropy was 7.9967 a, average correlation coefficient 0.00296, NPCR and UAC was 99.61 and 33.50 respectively. The proposed encryption algorithm in ref [10] is based on Henon map. This algorithm is based on fully layered encryption technique to provide higher level of confidentiality. The researcher does not exhibit NPCR and UACI in result analyzing. The average calculation of correlation and entropy determine the quality of encrypted image. In ref [11], the researcher proposed an algorithm for grayscale image encryption based on Nested Piece Wise Linear Chaotic Map. This method combines pixel shuffling, bit shuffling, and diffusion. The cipher image generated by this method is the same size as the plain image and is suitable for practical use in the secure transmission of confidential information over the Internet.

From the related work, it is noted that the current image encryption systems depend on the chaotic system but mostly in low-dimensional domains. This low dimension have disadvantages like limited security and provide small key space. high dimension like 3D maps offer greater security against cryptanalytic attack [12]. In this paper, a new chaotic based encryption scheme for color images is proposed. This scheme uses the 3D logistic map for image scrambling; 3D Henon is used for value transformation and circle map for key generation.

This paper is organized as follows: Section 2 briefly introduces the basic theory of the proposed algorithm. Section

3 describes the proposed encryption algorithm; the proposed system performance measures and security analysis are given in Section 4. And finally, we summarize our conclusions in Section 5.

II. BASIC THEORY OF THE PROPOSED ALGORITHM

A. 3D Logistic Map

The logistic map is a three dimensions chaos function and given by the following equation[13]:

$$\begin{aligned} X_{i+1} &= \lambda x_i(1-X_i) + \beta y_i^2 x_i + \alpha z_i^3 \\ y_{i+1} &= \lambda y_i(1-y_i) + \beta z_i^2 y_i + \alpha x_i^3 \\ z_{i+1} &= \lambda z_i(1-z_i) + \beta x_i^2 z_i + \alpha y_i^3 \end{aligned} \quad (1)$$

When $0.35 < \lambda < 3{:}81$; $0 < \beta < 0.022$; $0 < \alpha < 0.015$ are set, the 3D logistic map (1) exhibits a chaotic behavior if the initial values $x_0, y_0, z_0 \in (0,1)$. In the proposed method the control parameters λ, β, α are used as keys. The values are obtained chaotically from circle map, and x_0, y_0, z_0 are equal to 1.

B. 3D Henon Map

Henon chaotic map was discovered in 1978, it is mathematical in nature, and is used as a privet key stream cipher cryptographic system. The 3D Henon map has reversibility and simple geometric vision. Additionally, it will be lessening the errors in the calculation because its coefficient is an integer, and can be represented by the following formula[14]:

$$\begin{aligned} X_{i+1} &= \alpha - y_i^2 - bz_i \\ y_{i+1} &= x_i \\ z_{i+1} &= y_i \end{aligned} \quad (2)$$

Where $1.54 < |a| < 2$, $0 < |b| < 1$ and the range of x_0, y_0, z_0 between 0 and 1. In the introduced method a=1.7, b=0.1 and x_0, y_0, z_0 are the keys generated by circle map.

C. Circle Map

The circle map is a dynamic system, which is initially determined by Andrey Kolmogorov. It is a simplified model that is used to determine the mechanical rotors. The Equation denotes the formula to calculate the circle map, which is a simplified model in electronics. Mathematically, the circle map is represented by (3)[15]:

$$X_{i+1} = \left\{ X_i + b - \left(\frac{a}{2\pi}\right) sin(2\pi x_i) \right\} mod(1) \quad (3)$$

In this situation, the circle map is used for key generation where a=0.2, b=0.5, x_0=1.

III. THE PROPOSED SCHEME

In this section, we are going to illustrate the proposed encryption algorithm. As shown in Fig. 1, this algorithm consists of three phases namely: key generation, confusion and diffusion. The key produced from key generation step is used as input into confusion and diffusion steps. Using one cycle of confusion-diffusion is insecure for image encryption. Therefore, to enhance the security of the proposed algorithm, more than one round of confusion-diffusion is employed in the proposed method.

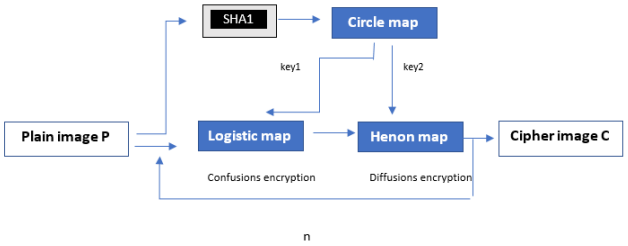


Fig. 1. Block diagram of the proposed image encryption algorithm.

A. Key Generation

This phase is used to generate the parameters of the key, which are used, along with the image, as inputs to confusion and diffusion phases.

SHA-1 is firstly applied on the plain-image p. the obtained hash vector h consist of 160 bits (20 bytes), that is divided into six factors by the following equations:

$$\begin{aligned} h1 &= \frac{\sum_{i=1}^{3} h(i)}{\sum_{i=1}^{3} h(i)+1} \\ h2 &= \frac{\sum_{i=4}^{6} h(i)}{\sum_{i=4}^{6} h(i)+1} \\ h3 &= \frac{\sum_{i=7}^{9} h(i)}{\sum_{i=7}^{9} h(i)+1} \\ h4 &= \frac{\sum_{i=10}^{12} h(i)}{\sum_{i=10}^{12} h(i)+1} \\ h5 &= \frac{\sum_{i=13}^{16} h(i)}{\sum_{i=13}^{16} h(i)+1} \\ h6 &= \frac{\sum_{i=14}^{20} h(i)}{\sum_{i=14}^{20} h(i)+1} \end{aligned} \quad (4)$$

Secondly, all h_i values produced in the previous step are set as initial values of the circle map where h_1, h_2 and h_3 are used to represent x_i in (3) to generate the keys of logistic map. h_4, h_5 and h_6 are used to generate the keys of henon map. circle map generates chaotic numbers between 0 and 1, where a=0.2 and b=0.5. a and b are considered as control parameters.

B. Confusion Stage

the logistic map is used to confuse the image by applying (1). The initial values x_1, y_1 *and* z_1 are set to one and the parameters λ, β and α are extracted from the circle map as h_1, h_2 and h_3, respectively.

To increase the randomness degree, the initial iterated values should be discarded. All the decimal numbers within x_i, y_i *and* z_i are transferred using the following equation:

$$\begin{aligned} x_i &= \lceil x_i * 10^{14} \rceil mod\ n \\ y_i &= \lceil y_i * 10^{14} \rceil mod\ m \\ z_i &= \lceil z_i * 10^{14} \rceil mod 3 \end{aligned} \quad (5)$$

Then, these values are used to perform a circular permutation for the plain image P along the row, column and color channel, respectively. After completing the permutation operation, permuted image A can be obtained.

C. Diffusion Stage

using a permutation only scheme is not secure image encryption algorithm due to the invariance of the statistical property as it only changes the pixel positions. Therefore, to ensure the security, a diffusion operation for the permuted

image is applied using 3D henon map. The iteration is achieved using the initial conditions $\alpha = 1.7\ and\ b = 0.1$. the Parameters h4, h5 and h6, that obtained from circle map, are set to $x_1, y_1\ and\ z_1$ in the henon map, respectively.

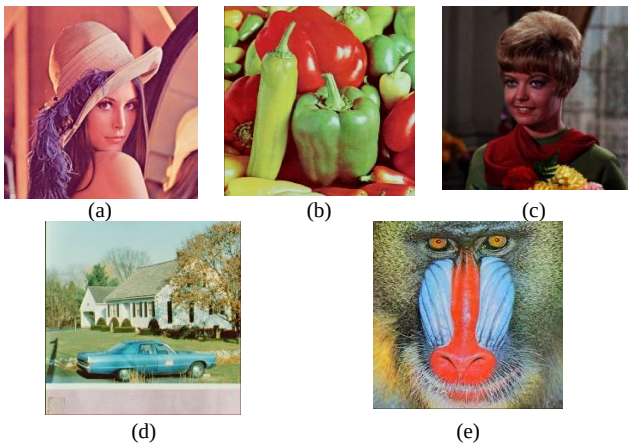
All the elements in $x_i, y_i\ and\ z_i$ should be transformed into integer numbers between 0 and 255 through the next Equation to satisfy the pixel interval.

$$\begin{aligned} x_i &= \lceil x_i * 10^3 \rceil mod\ 256 \\ y_i &= \lceil y_i * 10^3 \rceil mod\ 256 \\ z_i &= \lceil z_i * 10^3 \rceil mod\ 256 \end{aligned} \quad (6)$$

The elements $x_i, y_i\ and\ z_i$ are rearranged to form matrix V, which has the same dimensions as the original image, and added to permeated image A. Finally, cipher image C is obtained after both permutation and diffusion are completed.

IV. EVALUATION TESTS

In order to evaluate the performance of the proposed algorithm, five color images are selected for encryption, refer to Fig. 2. There are many tests used to analyze the effect of the proposed technique on the ciphered image and the recovered image. The experiments are performed on a computer with Intel Quad-Core i7-8550U CPU, 16G RAM with Windows 10 using MATLAB. The original images are encrypted with different number of rounds. The encrypted image is recovered using the decryption algorithm. As shown in Fig. 3, The original image and the decrypted one are equal for each pixel which shows that the proposed algorithm is lossless algorithm.



(a) (b) (c) (d) (e)

Fig. 2. Original test images: (a)Lena, (b) Pepper, (c) Woman, (d) House and (e) Baboon

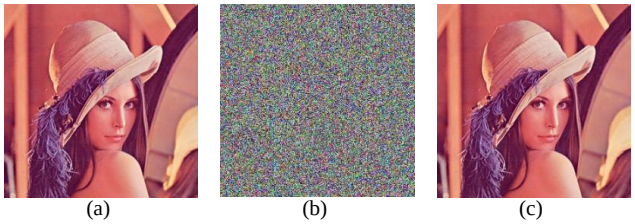
A. Statistical Analysis

1) Histogram and Entropy Analysis

Information entropy is the most significant feature of randomness. Entropy is a statistical parameter that is defined to measure the uncertainly and randomness of a package of data. the information entropy of the ciphered image should be close to 8, in order to consider its histogram as sufficiently uniform[16][17] [18]. Equation (7) is used to calculate the entropy H(m) of a plaintext message m.

$$H(m) = \sum_{i=0}^{L-1} p(m_i)\ log\ \frac{1}{p(m_i)} \quad (7)$$

Where L is the total number of symbols, p(m_i) represents the probability of occurrence of symbol m_i and log denotes the base 2 logarithm so that the entropy is expressed in bits.



(a) (b) (c)

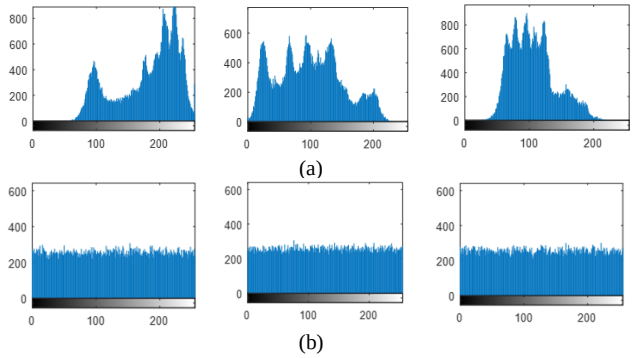
Fig. 3. Image encryption result. (a) original image; (b) encrypted image; (c) decrypted image;

Table I illustrates the entropy values for a set of cipher images with different confusion-diffusion rounds. The results proved that the entropy values of encrypted images using all number of rounds are close to 8. Moreover, until three rounds, the entropy value is increased while the number of rounds is increased in most of test images.

TABLE I. ENTROPY VALUES OF ECRYPTED IMAGES

Rounds / Image	1	2	3	4	5
Lena	7.9990	7.9991	7.9990	7.9991	7.9991
Baboon	7.9986	7.9987	7.9988	7.9986	7.9989
Woman	7.9984	7.9989	7.9989	7.9991	7.9991
House	7.9995	7.9998	7.9998	7.9997	7.9998
peppers	7.9997	7.9997	7.9998	7.9997	7.9998

Fig. 4 shows the histograms of the RGB channels in the original image in fig.4 (a) and the histograms encrypted image after four rounds of confusion and diffusion is shown in fig. 4(b). it is clearly obvious that the histograms of the encrypted image are uniform.



(a) (b)

Fig. 4. Histogram analysis of Lena. (a) Histogram of the original image; (b) Histogram of the encrypted image

2) Correlation analysis

In plain image each pixel is usually highly correlated with its adjacent pixels either in horizontal, vertical or diagonal directions. In contrast, the correlation between adjacent pixels in cipher image must be very low in robust cipher systems. Equation (8) is used to calculate the correlation of adjacent pixels.

$$cov(u, v) = E\{(u - E(u))(v - E(v))\}$$

$$r_{uv} = \frac{cov(u,v)}{\sqrt{D(u)}\sqrt{D(v)}} \quad (8)$$

Where u and v are pixel values of two adjacent pixels, $E(u)= \frac{1}{P}\sum_{i=1}^{P} u_i$, and $D(u)= \frac{1}{P}\sum_{i=1}^{P}(u_i - E(u))^2$.

The correlation coefficient close to zero indicates that low correlation exists between the pixels. Table II shows the value of correlation coefficients in the set of cipher images with different rounds.

TABLE II. CORRELATIONS OF THE ENCRYPTED IMAGES

rounds / Image	1	2	3	4	5
Lena	-0.0030968	-0.01259	0.0147	-0.0033	0.010611
Baboon	-0.0116111	0.0005	0.02068	0.001756	0.023111
Woman	-0.0023667	-0.00284	0.015033	-0.00766	0.022467
House	-0.0166444	-0.00446	-0.00917	0.002186	0.003333
peppers	0.00005667	0.001933	-0.00164	0.003943	-0.01029

Illustrated in Fig. 5 is the visual correlation distribution of adjacent neighboring plain-image pixel in horizontal, vertical and diagonal direction for Lena while Fig. 6 is the visual correlation distribution of encrypted pixel using four rounds in horizontal, vertical and diagonal direction. As shown in Fig. 5, the plain-image neighboring pixels are clustered along a straight line meaning pixel values along each direction has high correlation. Meanwhile as shown in Fig. 6, the encrypted image pixel values are scatter all over the entire space meaning the correlation of pixel values for each direction in the encrypted image drastically reduce.

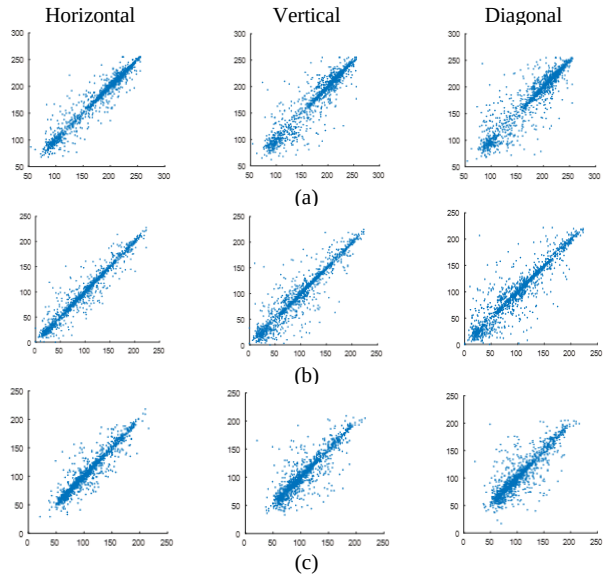


Fig. 5. Correlations of two adjacent pixels in Lena plain-image. (a) Red; (b) Green; (c) Blue

According to the results, four rounds of the proposed algorithm provide the best correlation results. Therefore, to balance between entropy results and correlation results, it is advised to perform four rounds of confusion and diffusion.

B. *Differential Attack Analysis*

The two measurements are mostly used to evaluate the effect of the change of one pixel in the plain image on the all cipher image[17].

1) Rate of Change of Pixel Number (NPCR)

NPCR means the change rate of the number of pixels of ciphered image while one pixel of plain-image is changed[17].

$$NPCR = \sum_{i,j} \frac{D(i,j)}{w*H} \times 100 \quad (9)$$

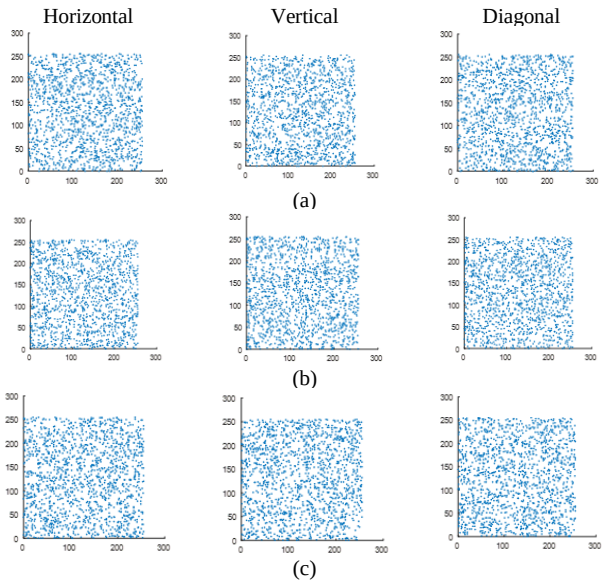


Fig. 6. Correlations of two adjacent pixels in the cipher-image. (a) Red; (b) Green; (c) Blue

The value of one pixel of plain-image is changed. Experimental results are shown in Table III.

TABLE III. THE NPCR RESULTS OF THE PROPOSED IMAGE ENCRYPTION ALGORITHM

Rounds / Image	1	2	3	4	5
Lena	0.9960	0.9963	0.9962	0.9960	0.9961
Baboon	0.9959	0.9959	0.9960	0.9961	0.9961
Woman	0.9962	0.9960	0.9963	0.9961	0.9960
House	0.9961	0.9961	0.9963	0.9962	0.9962
peppers	0.9962	0.9961	0.9960	0.9962	0.9961

2) Unified Average Changing Intensity (UACI)

UACI calculates the total number of pixels that have been changed in the cipher images obtained for the plain image and its modified plain image at the same location[17][19].

$$UACI = \frac{1}{w*H}\left(\sum \frac{|C_1(i,j) - C_2(i,j)|}{225}\right) \times 100 \quad (10)$$

Table IV illustrates the UACI values for set of cipher image for number of rounds.

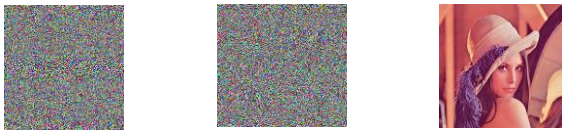
The results in table III and IV prove that the proposed algorithm is resistante against differential attack.

TABLE IV. THE NPCR RESULTS OF THE PROPOSED IMAGE ENCRYPTION ALGORITHM

Rounds / Image	1	2	3	4	5
Lena	0.3332	0.3342	0.3342	0.3345	0.3349
Baboon	0.3326	0.3334	0.3347	0.3351	0.3340
Woman	0.3347	0.3348	0.3346	0.3347	0.3339
House	0.3337	0.33467	0.3346	0.3347	0.3344
peppers	0.3337	0.3346	0.3342	0.3354	0.3348

C. Key sensitivity

A good cryptosystem should be sensitive to a small change in secret keys i.e. a small change in secret keys in decoding process results into a completely different decoded image. . Figure 5 shows the sensitivity results. It is observed from Figure 5 that the proposed algorithm is highly sensitive to encryption keys. Therefore, the encrypted plain image can only be recover with the correct key.



(a) (b) (c)

Fig. 7. Key sensitivity results. (a) Decrypted with key 1; (b) Decrypted with key 2; (c) Decrypted with correct key

V. CONCLUSION

In this paper, a secure chaotic-based color image encryption algorithm is proposed. The algorithm consists of three chaotic maps. Circle map is used for generating the encryption key, 3D logistic map is used for confusion process, and 3D henon map is used for diffusion process. The performance of the proposed algorithm was then evaluated using different tests including information entropy, histogram analysis, adjacent pixels correlation coefficient, key sensitivity, NPCR and UACI as metric. The results gained confirmed that the proposed algorithm shows a good encryption performance with high security level, better robustness and resistance to attacks.

REFERENCES

[1] H. Rathod, M. S. Sisodia, and S. K. Sharma, 'Design and Implementation of Image Encryption Algorithm by using Block Based Symmetric Transformation Algorithm (Hyper Image Encryption Algorithm)', vol. 1, no. 3, pp. 7–13.

[2] I. F. Elashry, 'Homomorphic image encryption', no. July, 2009, doi: 10.1117/1.3167847.

[3] H. Liu and X. Wang, 'Color image encryption based on one-time keys and robust chaotic maps', Comput. Math. with Appl., vol. 59, no. 10, pp. 3320–3327, 2010, doi: 10.1016/j.camwa.2010.03.017.

[4] L. Rui, 'New algorithm for color image encryption using improved 1D logistic chaotic map', Open Cybern. Syst. J., vol. 9, pp. 210–216, 2015, doi: 10.2174/1874110X01509010210.

[5] H. Liu, X. Wang, and A. Kadir, 'Image encryption using DNA complementary rule and chaotic maps', Appl. Soft Comput. J., vol. 12, no. 5, pp. 1457–1466, 2012, doi: 10.1016/j.asoc.2012.01.016.

[6] A. M. Alabaichi, 'Color Image Encryption using 3D Chaotic Map with AES key Dependent S-Box', vol. 16, no. 10, pp. 105–115, 2016.

[7] S. Liu, J. Sun, and Z. Xu, 'An improved image encryption algorithm based on chaotic system', J. Comput., vol. 4, no. 11, pp. 1091–1100, 2009, doi: 10.4304/jcp.4.11.1091-1100.

[8] R. B. Gorji, 'A new image encryption method using chaotic map', vol. 2, no. 2, pp. 251–256, 2015.

[9] B. Mondal and T. Mandal, 'A nobel chaos based secure image encryption algorithm', Int. J. Appl. Eng. Res., vol. 11, no. 5, pp. 3120–3127, 2016.

[10] L. Liu and S. Miao, 'A new image encryption algorithm based on logistic chaotic map with varying parameter', Springerplus, pp. 1–12, 2016, doi: 10.1186/s40064-016-1959-1.

[11] R. Kumar and B. Raisen, 'A New Approach of Colour Image Encryption Based on Henon like Chaotic Map', vol. 3, no. 6, pp. 14–20, 2013.

[12] A. Jolfaei and A. Mirghadri, 'An image encryption approach using chaos and stream cipher', J. Theor. Appl. Inf. Technol., vol. 19, no. 2, pp. 117–125, 2010.

[13] P. N. Khade and P. M. Narnaware, '3D Chaotic Functions for Image Encryption', Int. J. Comput. Sci. Issues, no. May 2012, 2012.

[14] E. Albhrany and T. Alshekly, 'A New Key Stream Generator Based on 3D Henon map and 3D Cat map', no. February, 2017.

[15] H. Lu, X. Wang, Z. Fei, and M. Qiu, 'The effects of using chaotic map on improving the performance of multiobjective evolutionary algorithms', Math. Probl. Eng., vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/924652.

[16] A. Soleymani, M. J. Nordin, and E. Sundararajan, 'A chaotic cryptosystem for images based on Henon and Arnold cat map', Sci. World J., vol. 2014, no. October, 2014, doi: 10.1155/2014/536930.

[17] P. R. Sankpal and P. A. Vijaya, 'Image encryption using chaotic maps: A survey', Proc. - 2014 5th Int. Conf. Signal Image Process. ICSIP 2014, no. February, pp. 102–107, 2014, doi: 10.1109/ICSIP.2014.80.

[18] N. O. Abokhdair, 'An Experimental Study of the Effect of AES in Combination with 2D Lower Triangular Chaotic Map', no. March, pp. 3–7, 2018.

[19] N. O. Abokhdair, A. B. A. Manaf, and M. Zamani, 'Integration of chaotic map and confusion technique for color medical image encryption', in 6th International Conference on Digital Content, Multimedia Technology and its Applications, 2010, pp. 20–23.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

دمج انظمة التعليم الالكتروني بالتعليم التقليدي

عائشة علي حسين الزقر1
المعهد العالي للعلوم والتقنية - الخمس – ليبيا
elzegraisha@gmail.com

الملخص : تواجه العملية التعليمية التقليدية في عصر الثورة المعرفية والانجازات التكنولوجية الهائلة تحديات تتمثل في مواكبة هذا التطور التكنولوجي و في نفس الوقت المحافظة على جودة العملية التعليمية. ومع اشتداد المنافسة بسبب انفتاح العالم على بعضه البعض اصبحت الجودة طريقة لأثبات الوجود، وادماج التكنولوجية في العملية التعليمية هي احدى طرق تحصيل الجودة في اي عملية تعليمية في الوقت المعاصر. و من هذا المنطلق هذه الورقة البحثية حاولت معالجة المشكلة التالية: ما مدى جودة العملية التعليمية في ظل حتمية التعليم الالكتروني ؟ هدفت هذه الدراسة الى ابراز دور التطور التكنولوجي في تحسين جودة العملية التعليمية، حيث ان التعليم الالكتروني فتح افاق للباحثين عن المعلومة لم تكن متاحة من قبل، ووفر لطلاب العلم سهولة الوصول لمنابر العلم من اي مكان وفي أي زمان، و ليبيا ليست بمعزل عن التطور التكنولوجي وضرورة دمجه في العملية التعليمية لتساير باقي دول العلم. من هنا وجب اولا معرفة مدى وجود التكنولوجيا في العملية التعليمية في ليبيا وما هي التحديات والصعوبات التي تواجهها، ومدى قبولها من قبل جمهور المتعاملين معها من معلمين وطلبة، وما هي الاستراتيجيات والاساليب الصحيحة لإدماج التعليم الإلكتروني في المنظومة التعليمية في ليبيا، وكذلك تحديد الرؤية المستقبلية للمسار التعليمي بدعم من التعليم الالكتروني كعنصر مساعد للوصول للجودة في العملية التعليمية وذلك بالاختيار الصحيح لوسائل التعليم الالكتروني المتعددة التي يمكن دمجها في العملية التعليمية لزيادة جودتها و دون الإضرار بها. خلصت الدراسة إلى أن الحل يتمثل في أن التعليم الالكتروني إذا تم توظيفه بالطريقة الصحيحة التي تضمن تحقيق أهداف العملية التعليمية يمكن أن يكون سبب رئيسي في رقي العملية التعليمية في ليبيا إلى مرحلة الجودة العالمية، وأفضل طريقة لذلك هي عن طريق إعداد بنية تحتية حقيقية بالمقاييس العالمية تتكون من الكادر التعليمي المدرب على التقنيات الحديثة والمناهج الحديثة المعدة إلكترونيا وأخيرا الادوات التعليمية المساعدة مثل الحواسيب والانترنت والمنصات التعليمية وغيرها، كل هذا في ظل دمج التعليم الالكتروني مع التعليم التقليدي ليكون رافدا له وليس منافسا أو موازيا.

الكلمات المفتاحية: web ct، التعليم الإلكتروني، التعليم المدمج.

المقدمة:

في ظل التغييرات المتلاحقة، والتطور التكنولوجي الهائل الناتج عن الثورة المعلوماتية التي يعيشها عالمنا الان، والتي أضحت ذات تأثير على مختلف جوانب الحياة اليومية ومن بينها التعليم، هذا التطور التكنولوجي الهائل أدى الى ظهور أساليب وطرق جديدة لتلقي المعلومة والبحث عنها و نظرا لازدياد كم المعلومات في مختلف مجالات المعرفة اصبح الوصول بالعملية التعليمية الي الجودة المطلوبة يحتم ادماج اساليب التكنولوجيا الحديثة ونشأة ما يسمى "بالتعليم الإلكتروني" و فتح الباب على مصرعيه أمام ضرورة الاستفادة من هذا التطور في مجال التعليم من أجل الارتقاء بالعملية التعليمية وتحسين جودتها بما لا يتنافى مع مبادئ العملية التعليمية واهدافها. هذه الدراسة هي محاولة لتوضيح الدور الذي يلعبه التعليم الالكتروني ومدى تأثيراته السلبية والإيجابية في جودة العملية التعليمية بناءً على نتائج دراسات سابقة وابحاث مشابهة وكذلك نتائج الاستبيان الخاص بهذه الدراسة.

دراسات وتجارب سابقة:

للتعليم الالكتروني دور كبير يعول عليه من أجل إحداث قفزة نوعية وكمية في جودة العملية التعليمية ومخرجاتها وتوجهاتها، فقد تناولت العديد من الدراسات أهمية هذا النوع من آليات التعليم وأثره في جودة العملية التعليمية، فرغم أن إدماج التطور التكنولوجي في كل مناحي الحياة كان ولايزال له تأثير إجابي كبير جدا خصوصا في مجالات كالطب وعلوم الفضاء والزراعة، إلا أن هناك جدل حول إيجابية إدماج هذا التطور التكنولوجي في مجال التعليم، فرغم ما للتكنولوجيا من

استخدامات إيجابية في مجال التعليم وفوائد لا حصر لها إلا أن البعض يخالف هذا الرأي، فهناك رأي يؤمن أن استخدام التكنولوجيا حسن جودة العملية التعليمية و هناك رأي اخر يقول عكس ذلك، وفيما يلي استعراض لبعض من هذه الدراسات:

أظهرت دراسة اجريت في جامعة سيرالوينكي(Theralonli) باليونان حيث كان الهدف من الدراسة التحقق من فاعلية برامج المحاكاة كأداة للتدريس في إحدى المقررات الدراسية وهي علم البيئة، حيث تم محاكاة بعض الظواهر في علم البيئة وذلك عن طريق بناء نماذج ودراسة تأثير متغيرات على متغيرات اخرى، وتضمنت هذه المحاكاة وسائط متعددة مثل الصوت والصورة والنصوص في صياغة فروض علمية واختبارها. وخلصت النتائج في نهاية الدراسة الى تفوق طلبة المجموعة التي استخدمت التعليم الالكتروني على طلبة التعليم التقليدي (Korfiatis,et al.1999). ويذكر (بن يوسف، 2020) أن التعليم عن بعد وهو احد انواع التعليم الالكتروني الاكثر رواجا و له عدة مميزات يذكر منها أنه اتاح فرصة التعلم لكل افراد المجتمع بغض النظر عن عائق المسافة أو مشاغل الحياة، وكذلك يعزز التعليم عن بعد المهارات الحياتية باعتبار الوصول للمعلومة أقل كلفة وأسرع، وكذلك يتوفر على ميزة المرونة من حيث الوقت المناسب لكل طالب علم. وفي دراسة اخرى قدمها (إبراهيم، 2003) حيث قال ان التعليم عن بعد يعطي المتعلم إمكانية اختيار المنهج والسرعة التي تناسب قدراته، أي أنه غير ملزم بمسايرة باقي الطلبة مثل ما يحدث في التعليم التقليدي. وايضا، حسن التعليم عن بعد من خبرة وفاعلية المعلمين بفضل إمكانية تبادل المعارف والتجارب والخبرات من خلال برامج التواصل عن بعد.

ومن ناحية اخرى بعض الدراسات مثل (Ghalia and Tawafak and Romli, ،Maryam,2017) (Kumar and ،2018)ترى أن آليات التعليم الالكتروني قد تكون مناسبة لفئات عمرية أكثر من غيرها فمثلا طلبة الجامعات والمعاهد العليا لديهم خبرة كافية لاستعمال تكنولوجيا الانترنت و التعليم الالكتروني. وفي دراسة اخرى اجريت في جامعة (Middle East Technical University) قام بها الباحث (Avenoğlu, 2005) ناقشت هذه الدراسة مدى إدراك الطلبة وتفاعلهم وتقبلهم لاستخدام الإنترنت كوسيلة تدريسية. و خلصت الدراسة الى نتيجة مفادها أن الغالبية العظمى من الطلاب يستمتعون بإدماج التطور التكنولوجي في العملية التعليمة، ومن جانب اخر أظهرت الدراسة أننا لم نلمس أي ارتقاء أو تحسن في المستوى الدراسي للطلاب اي أن مستوى الطلاب باستخدام التعليم التقليدي هو نفس المستوى بعد إدماج التكنولوجيا، وتضيف هذه الدراسة ايضا أن استخدام التكنولوجيا في مجال التعليم لا يدعم التواصل والتفاعل بين الطلاب والأساتذة. وفي دراسة اخرى اجراها (النذير،2021) عن اثر التعليم الالكتروني اثناء جائحة كورونا حيث استندت هذه الدراسة على استبيان ضم شريحة كبيرة من الطلبة والأساتذة في جامعة محمد بن سعود الاسلامية بالرياض وقد خلصت الدراسة إلى كما ان للتعليم الالكتروني إيجابيات عدة أظهرتها هذه الدراسة الا أن له سلبيات لا يمكن إغفالها وهي ان التعليم عن بعد مثلا وهو احدى اساليب التعليم الالكتروني التي لها نصيب الأسد أثناء جائحة كورونا سهلت التسيب عن حضور المحاضرات، و يراها العديد من الطلاب أنها غير منصفة في تقييم الطلاب بالإضافة الى أن التعليم عن بعد ألقى عبء جديد على الطالب والمعلم في آن. كما ذكر كلا من (الوردي والمالكي، 2000) في دراستهما بعنوان التعليم الالكتروني ومعوقاته أن هناك حواجز لغوية تواجه التعليم الالكتروني بمختلف أنواعه خاصة وأن معظم المعلومات ليست باللغة العربية، إضافة الى حقوق النشر والتأليف وغيرها من التشريعات الحكومية. وايضا أضافوا أن هناك ظواهر برزت مع انتشار التعليم الالكتروني وهي السيطرة على المعلومات والتحكم في إمكانية الوصول لها، وقرصنة المعلومات، والبرامج الخبيثة، إضافة الى الأمية التكنولوجية وعدم كفاية المعرفة بطرق استثمار هذا التطور التكنولوجي وهذا يعتبر من أكبر العتبات في وجه العديد من أفراد المجتمع. ومن المشاكل ايضا هي عدم مجاراة التطور السريع في مجال الحواسيب والتكنولوجيا مما أدى الى ضعف

وقلة القوى العاملة الفنية، اضافة الى ضعف البيئة التكنولوجية ومشكلة غياب التنسيق بين اخصائيين علوم الحاسب وبين أخصائيو التعامل مع مصادر المعلومات وتوثيقها.

مشكلة الدراسة:

من خلال ما يشهده قطاع التعليم على مستوى العالم من تطورات علمية وتقنية وثورة معلوماتية هائلة أصبحت جودة العملية التعليمية مرتبطة بمجاراة التطور التكنولوجي واستخدامه في العملية التعليمية، أصبح يتوجب على مؤسسات التعليم الليبية بمختلف مراحلها إعداد بنيتها التحتية و كوادرها التعليمية وطلابها لمجاراة تلك التطورات والوصول بالتعليم في ليبيا إلى مستوى الجودة العالمية، وحتى نصل إلى هذا الهدف لابد من دراسة الوضع الفعلي للمنظومة التعليمية الليبية وتقديم أفضل الطرق لاستخدام التكنولوجيا في التعليم، وانطلاقا من أن الوقت قد حان لتدخل ليبيا مجال التعليم الالكتروني وبقوة وخصوصا مع ظهور جائحة كورونا التي شلت العملية التعليمية في ليبيا شللا تاما، ونظرا لقلة الدراسات التي تناولت هذا الموضوع رأت الباحثة أنه من الضروري التطرق لهذا الموضوع ومناقشته بطريقة تلامس الواقع التعليمي الليبي.

تناولت هذه الدراسة الاجابة عن سؤال الدراسة الرئيسي و هو امكانية وطريقة دمج التعليم الالكتروني بالعملية التعليمية في ليبيا ؟

هدف الدراسة :

هذا البحث هو دراسة تشخيصية تهدف لتلبية الحاجات التي قد تؤدي الى تطوير قطاع التعليم في ليبيا وفق المتغيرات التكنولوجية في العالم، وإبراز تأثير التطور التكنولوجي على جودة العملية التعليمية، كل هذا بناءً على الواقع التعليمي في ليبيا من ناحية الامكانات المادية المتوفرة وكذلك العنصر البشري، في سبيل أن تواكب ليبيا ركب التطور في مجال التعليم كباقي دول العالم. سيتم في هذه الدراسة الاجابة على يعض الاسئلة من خلال دراسة وتحليل عدة تجارب سابقة والاستبيان الخاص بهذه الدراسة.

- التعمق في مفهوم كلا من التعليم الالكتروني و جودة العملية التعليمية في ظله.
- التعرف على الاساليب والاستراتيجيات الي تمكننا من دمج التعليم الالكتروني مع التعليم التقليدي.
- معرفة الصعوبات التي تواجه المؤسسات التعليمية في ليبيا من تطبيق التعليم الالكتروني وإدماج التعليم الالكتروني.
- التعرف على مقدار الجودة التي سيقدمها التعليم الالكتروني للعملية التعليمية.
- ما هو التأثير المجتمعي لاستعمال التكنولوجيا في المنظومة التعليمية.
- ما هو تأثير التعليم الالكتروني على التحصيل الحقيقي للطلاب
- ما مدى تقبل أطراف العملية التعليمية لدخول التعليم الالكتروني الى المنظومة التعليمية .
- ماهي الوسيلة التي يمكن تقديم التعليم الالكتروني عن طريقها الى المنظومة التعليمية الليبية بالخصوص

حدود الدراسة:

غطت الدراسة عدد من المدن الليبية وهي الخمس، طرابلس، الزاوية، سبها، وكان الاستبيان موجه لكافة مراحل العملية التعليمية وهي التعليم الاساسي والتعليم المتوسط والتعليم العالي، وذلك لمعرفة وجهة نظر كل اطراف العملية التعليمية في كل مراحل التعليم حول تأثير التعليم الالكتروني على جودة العملية التعليمية في ليبيا ومدى تقبل أطراف العملية التعليمية لفكرة إدماج التعليم الالكتروني فيها.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في كونها تمس واقع العملية التعليمية في ليبيا وذلك عن طريق الاحتكاك المباشر بأطرافها من معلمين وطلبة، وتوضيح كيفية الارتقاء بجودة العملية التعليمية عن طريق استغلال التطور التكنولوجي الاستغلال الأمثل ليكون رافدا للعملية التعليمية التقليدية وليس بديل أو موازيا لها، ايضا تكمن أهمية هذه الدراسة في قلة هذا النوع من البحوث التي تتناول مثل هذه المواضيع، و يتوقع أن يستفيد من هذه الدراسة مؤسسات التعليم العالي بالدرجة الأولى ومن تم باقي مراحل التعليم.

خطوات الدراسة: نفدت الدراسة وفقا للتالي:

1- مراجعة الدراسات السابقة التي تناولت موضوع جودة العملية التعليمية في ظل التعليم الالكتروني.

2- تجهيز أداة الدراسة وهو الاستبيان بصورته الاولية

3- عرض نموذج الاستبيان على مختصين

4- تطبيق الاستبيان على المعنيين (عينة الدراسة)

5- تجميع البيانات ومناقشتها بطريقة علمية، وتقديم النتائج والتوصيات والمقترحات

6- تقديم مقترح حول طريقة ادماج التعليم الالكتروني في المنظومة التعليمية الليبية

اولا: مفهوم التعليم الالكتروني :

قد يكون تحديد معنى موحد وشامل لمصطلح التعليم الالكتروني مسألة جدلية، فبعض الاجتهادات في هذا المجال من زاوية تخصصها واهتمامها، كما أَطلقت عليه عدة عرفته

تسميات منها التعليم المباشر (Online Learning) ، التعليم الافتراضي (Virtual Learning)، التعليم الكوني (Global Learning) (Allan, 1996). فهناك رأي يقول أن التعليم الالكتروني هو طريقة للتعلم تستخدم فيها وسائل التكنولوجيا الحديثة مثل الحاسوب ووسائطه المتعددة كالصوت والصور والفيديو والمكتبات الالكترونية و آليات البحث والانترنت سواء استخدمت هذه الاساليب داخل الفصل الدراسي مباشرة من قبل المعلم والمتلقي أم تم استخدامها عن بعد من قبل أحدهما أو كلاهما(الموسى،2002). و كذلك يرى (المحيسن،2002) أن التعليم الالكتروني والتعليم الافتراضي هما وجهان لعملة واحدة حيث أن العملية التعليمية في كلاهما تتم في بيئة افتراضية تختلف عن الصفوف التقليدية المعتادة، والوسط التعليمي في كلاهما هو التقنيات التكنولوجية الحديثة. وقد عرفه (الكيلاني، 2004) أنه هو الاسلوب الذي تقدم فيه المادة العليمة بوسائط إلكترونية على سبيل المثال، التعليم المعتمد على جهاز الحاسب الآلي أو الانترنت أو الاقمار الصناعية. يرتكز التعليم الالكتروني على فكرة التعلم عن بعد الذي يقوم على التعلم الذاتي أي أنها بيئة يعتمد فيها الدارس بالدرجة الاولى على ذاته، أي تحويل عملية التعليم الى تعلم أي أن هذه البيئة التعليمية تغيب فيها أي علاقة مباشرة بين المتلقي للعلم والمعلم، وهنا يكون الدور الاكبر للوسيط بينهما لتوفير البيئة اللازمة لعملية التعلم التي تتمثل في شبكة الانترنت بخصائصها المتنوعة وخدماتها المتطورة. هذا يعني أن واقع التعليم الالكتروني يستند في فلسفته إلى مبادئ مختلفة في مفهومها عن مبادئ التعليم التقليدي وهي: مبدأ ديمقراطية التعليم – مبدأ إثارة الدوافع الذاتية – مبدأ برمجة التعليم وتفريده – و مبدأ استمرارية وتطوير التعليم (طنطاوي،2001).

ثانيا: تقسيمات التعليم الالكتروني: للتعليم الالكتروني عدة تقسمات نذكر منها :

- اولاً التعليم الالكتروني المتزامن (Synchronous E-learning):هو نوع من التعليم المباشر الذي يحتاج إلى وجود طرفي النظام المتعلم والمعلم في بيئة افتراضية أي أنهما أمام الحاسب الآلي في نفس الوقت وهو ما يسمى فصل افتراضي (Virtual Classroom)(سالم،2004) و (عامر،2007) .
- ثانيا التعليم الالكتروني غير المتزامن (Asynchronous E-learning): هو تعليم غير مباشر فلا تكون هناك حاجة لوجود طرفي العلاقة في نفس المكان أو الزمان، ويتم التواصل بين المعلم

والمتعلم عن طريق وسائل تكنولوجية مثل البريد الالكتروني ومقاطع الفيديو المسجلة، أي أن العلاقة بينهما ليست آنية.

- ثالثا التعليم الالكتروني الواقعي: يعالج هذا النوع من التعليم احدى أهم عيوب التعليم الالكتروني وهي الواقعية و الجانب الإنساني بين المعلم والمتعلم ويستخدم هذا النوع من التعليم بوجه خاص مع طلبة الطب (عبدالحي،2006).

ثالثا: أمثلة على أهم أنظمة التعليم الالكتروني:

- ✓ نظام البلاك بورد Blackboard Academic site: وهو احد أقوى أنظمة التعليم الإلكتروني ويستخدم في أكثر من (3600) مؤسسة حول العالم ، يقدم هذا النظام خدمات متميزة لجميع أركان العملية التعليمية من طلاب ومعلمين وإدارة وحتى أولياء أمور، حيث يوفر كل الادوات اللازمة من أجل إعداد المادة العلمية وتقديمها.
- ✓ نظام Web Ct: هو نظام تستخدمه آلاف المؤسسات التعليمية التي تعنى بالتعليم الإلكتروني في أكثر من سبعين دولة حول العالم، وهو نظام إداري وتعليمي يدعم أربعة عشر لغة منها اللغة العربية، حيث يوفر هذا النظام الادوات اللازمة لإعداد بيئة تعليمية متكاملة مرنة وسهلة الاستخدام ابتداء من إعداد المقررات إلكترونيا ومرورا بإلقاء المحاضرات ومتابعة عملية التعلم لدى الطلاب واستلام الواجبات والاستفسارات بشكل مباشر، وكذلك يسمح هذا النظام بإدارة المناقشات المباشرة وعمل سجلات لهذه المناقشات يمكن الرجوع إليها عند الحاجة لها، وكل هذا يتم حسب تنظيم الاستاذ. كل هذه العمليات مدعمة بمختلف أنواع الوسائط المتعددة من فيديو وصور ورسومات والانترنت وشرائح العرض وعيرها، كما ويشتمل النظام على أدوات تقييم تسمح باختبارات ذاتية ويقوم النظام آليا بالتصحيح وتسجيل الدرجات حسب المعايير التي يختارها ويحددها المعلم.
- ✓ نظام مودل (Moodle): وهو نظام إداري تعليمي مفتوح المصدر، يمتاز بسهولة استخدامه وبما أنه مفتوح المصدر فإن إمكانية تحديث وتغيير الواجهات من قبل مستخدمي البرنامج متاحة، هذا النظام من تصميم جامعة تورنتو في كندا ويدعم النظام 30 لغة مكتملة الترجمة ومنها اللغة العربية، يخدم هذا النظام المؤسسات التعليمية سواء كانت صغيرة أو كبيرة و التي تُعنى بالتعليم الالكتروني عبر الانترنت (عبدالرؤوف، 2014) و (عبدالعاطي، 2009).

أهمية التعليم الالكتروني :

- ✓ الاستفادة من مصادر التعليم المتاحة على شبكة الانترنت التي قد لا تتوفر في العديد من الدول النامية.
- ✓ تسهيل تعلم اللغات الاجنبية.
- ✓ إفادة شريحة الطلاب ذوي الاحتياجات الخاصة (ذوي الهمم).
- ✓ إضافة إلى اكتساب المعارف التعليمية سيكتسب مستخدم التعليم الالكتروني مهارات التعامل مع التطور التكنولوجي الذي أصبح مقياساُ للتطور في عصرنا الحالي (عبدالرؤوف 2014).
- ✓ يشكل التعليم الالكتروني بمختلف وسائله دعما للتعليم التقليدي الصفي بوسائل غير تقليدية.
- ✓ تسريع وتسهيل التواصل بين المؤسسة التعليمية وأركانها من طلبة ومعلمين وإدارة .
- ✓ جعل المتعلمين يكتسبون القدرة على التعلم الذاتي مدى الحياة مما يجعلهم في حال تطور دائم (إسلام، 2005) و (إسلام وزملائه، 2009).
- ✓

تجارب ناجحة في التعليم الالكتروني :

ويوضح (شوملي،2007) أن الانتقال إلي التعليم الالكتروني يستوجب تخطيط وحسابات دقيقة، وتشمل عملية الانتقال إلى هذا النوع من التعليم أو حتى دمجه مع التعليم التقليدي مجموعة من الخطوات بدأ من إعداد المقرر أو المادة التعليمية بطريقة تلائم وسائل التقنية الحديثة. كما تشمل عملية التحول توفير بيئة تكنولوجية ملائمة تمكن الطلاب والمعلمين على حد سواء من استخدام هذا الاسلوب في التعليم والتعلم من تطبيقات ومنصات تعليمية وكل ما تشتمل عليه الوسائط المتعددة من إمكانيات يمكن أن تستخدم في التعليم والتعلم، وكل هذا يتطلب تدريب طرفي العملية التعلمية الاساسيين وهما الطالب والمعلم على الاستفادة القصوى من هذا التطور التكنولوجي، وكذلك يجب تشجيع المعلمين على تطوير مهاراتهم وزيادة وعيهم بأهمية استعمال مصادر وأساليب التعليم الالكتروني.

هناك العديد من الامثلة الناجحة في مجال التعليم الالكتروني ومنها على سبيل المثال فازت جامعة القدس المفتوحة بالجائزة العالمية الذهبية (Century International Gold Quality Era Award) المقدمة من مؤسسة (Business Initiative Directions) ومقرها سويسرا (جنيف)، وذلك تقديرا لالتزام هذه الجامعة بأصول الجودة واستخدام التكنولوجيا في العملية التعليمية، حيث لدى الجامعة منصة علمية يستطيع الطلاب من خلالها الوصول إلي المواد التعليمية في أي زمان ومكان وقد اختيرت جامعة القدس لهذه الجائزة باعتبارها المؤسسة العربية الأولى والرائدة في مجال التعليم الالكتروني وذلك بعد قياس ثلاث محاور فيها وهي (الادارة، الابتكار، تكنولوجيا المعلومات)(وكالة معا الاخبارية،2015).

المنهجية

لتحقيق أهداف الدراسة سيتم استخدام المنهج الوصفي التحليلي لوصف موضوع هذه الدراسة وتحليل بياناتها، تسعى هذه الدراسة من خلال جمع البيانات عن طريق استبيان تم ارساله بطريقة الكترونية حتى يسهل الوصول الى الفئات المستهدفة إلى توضيح وفهم أعمق لنظرة اطراف العملية التعليمية بمختلف مستوياتها في ليبيا للتعليم الالكتروني، وهذه الفئات هي الطلبة والأساتذة، وكذلك سيتم الاستفادة من الدراسات السابقة التي تناولت هذا الموضوع.

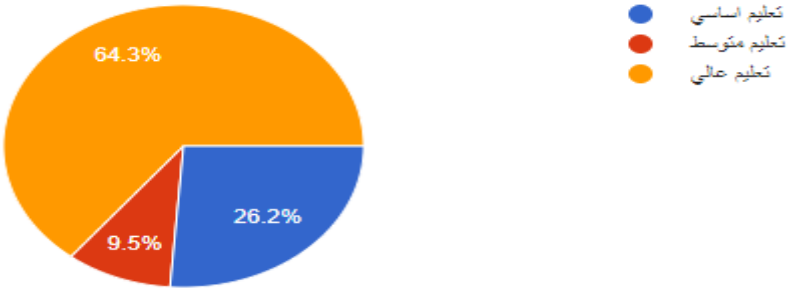
عينة الدراسة:

بلغ عدد عينة الدراسة 48 شخص من مراحل تعليمية مختلفة تعليم أساسي، وتعليم متوسط، وتعليم عالي، ومن مدن مختلفة مثل الخمس، وطرابلس، و الزاوية، وسبها وتم اختيار عينة الدراسة عشوائيا. يحتوي الاستبيان على مجموعة من الأسئلة و عددها 17 سؤالا. حيث وكما نرى أن نسبة المشاركين من فئة التعليم العالي كانت هي الفئة الاكبر وقد بلغت 64.3%، والتعليم الاساسي كانت نسبة المشاركين 26.2%، أما التعليم المتوسط فكانت النسبة 9.5% .

والجدول التالي يوضح عينات الدراسة من حيث المرحلة التعليمية التي تنتمي لها:

جدول (1): توزيع عينة الدراسة حسب المرحلة التعليمية.

المرحلة التعليمية	عدد المشاركين	النسبة المئوية
تعليم اساسي	11	%26.2
تعليم متوسط	4	%9.5
تعليم عالي	27	%64.3



شكل (1): نسبة الفئات المشاركة في الدراسة من تعليم عالي و متوسط واساسي.

أدوات الدراسة:

أعدت الباحثة أداة الدراسة وهي استبيان إلكتروني ، حيث تم تحديد محاور الاستبيان الرئيسية وهي (مدى العلاقة بين استخدام التكنولوجيا وأطراف العملية التعليمية في ليبيا، تأثير استخدام التكنولوجيا في التعليم سلبيات وإيجابيات، مدى تقبل أطراف العملية التعليمية لدخول التكنولوجيا على قطاع التعليم، مدى مواكبة المنظومة التعليمية في ليبيا للتطور التكنولوجي من حيث الكوادر البشرية والبنية التحتية). قامت الباحثة بإعداد أداة الاستبيان إلكترونيا باستخدام نماذج قوقل (Google Forms) وهو ما يضيف لهذه الدراسة إيجابيا حيث أنه تم استغلال التكنولوجيا للوصول للمدن البعيدة بسهولة وسرعة مع تقليل الوقت والجهد والتكلفة، تم اختيار 17 سؤال ليتم الاجابة عليها من قبل المشاركين، حيث أن عدد الاسئلة ليس كثيرا فيمل ويتشتت المشارك وليس قليلا فيكون الاستبيان ركيك وليس ذا قيمة، كما وأنه تم توزيع هذا الاستبيان الالكتروني على عينة عشوائية في عدد من المدن الليبية وقد تم ذكرها سابقا، وكذلك تم الرجوع إلى الدراسات المشابهة والادبيات ذات العلاقة.

التالي جدول يوضح عدد الاستمارات الالكترونية المستلمة والمسترجعة والقابلة للتحليل:

جدول (2): يوضح عدد النماذج الالكترونية الموزعة ونسبة القابلة للتحليل منها.

عدد النماذج المرسلة إلكترونيا	عدد النماذج المسترجعة إلكترونيا	عدد النماذج المستبعدة	النماذج قابلة للتحليل	نسبة النماذج القابلة للتحليل
48	48	4	44	%91.6

من الجدول رقم (2) نلاحظ أن 91.6% من النماذج المسترجعة هي نماذج قابلة للتحليل.

النتائج والمناقشة

تظهر النتائج التي تحصلت عليها الباحثة الإجابة على سؤال الدراسة الرئيسي وهو: امكانية دمج التعليم الالكتروني بالعملية التعليمية في ليبيا من مراجعة دراسات وتجارب سابقة وكذلك من وجهة نظر المشاركين في الدراسة من معلمين وطلاب من مختلف المراحل التعليمية ومن عدة مناطق في ليبيا. وتظهر الاشكال البيانية التالية الاجابة على محاور الاستبيان الرئيسية وهي:

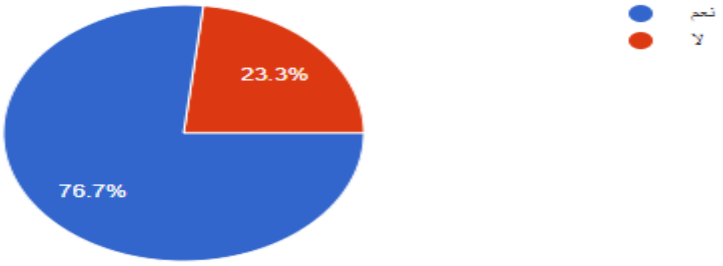
أولا : مدى العلاقة بين استخدام التكنولوجيا وأطراف العملية التعليمية في ليبيا:



شكل (2): نسبة من يمتلكون جهاز كمبيوتر ممن شاركوا في الدراسة.

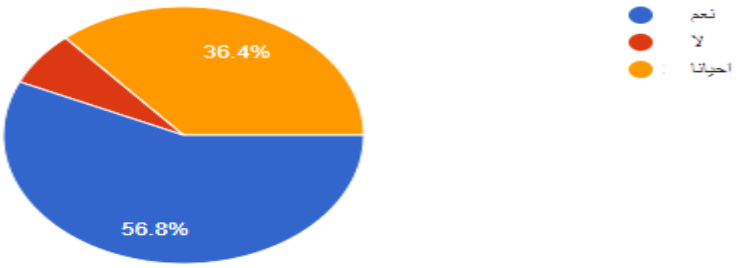
يبين الشكل (2) أن أكثر من نصف من شاركوا في الدراسة في مختلف المراحل التعليمية لديهم أجهزة كمبيوتر شخصية خاصة بهم أو يشاركونها مع عائلاتهم مما يدل على أن غالبية المشاركين لديهم معرفة ولو بسيطة في التعامل مع التكنولوجيا في حياتهم اليومية وهو شيء إجابي ويصب في مصلحة الدراسة.

ثانيا: مدى تقبل أطراف العملية التعليمية لدخول التكنولوجيا على قطاع التعليم



شكل (3): نسبة من يستعملون الانترنت من معلمين وطلبة لتحضير الدروس والواجبات.

يبين الشكل (3) أن الغالبية العظمى من المشاركين في الدراسة وتبلغ نسبتهم 76.7% يستعملون الانترنت لمساعدتهم في الوصول إلى أهدافهم التعليمية وهو أيضا إن دل على شيء فإنه يدل على تقبل المشاركين لفكرة استخدام التكنولوجيا في العملية التعليمية.



شكل (4): نسبة من يستعينون بالوسائط المتعددة لفهم بعض المواضيع.

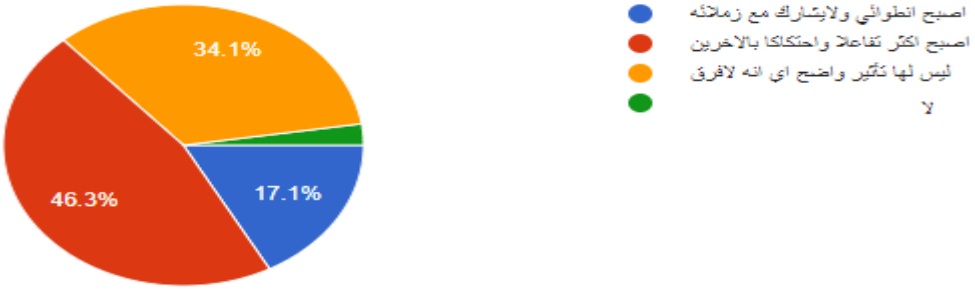
شكل (4) يبين أن أكثر من نصف المشاركين في الدراسة هم ممن يستعملون الوسائط المتعددة للوصول إلى فهم أفضل وهو دليل على قبول نسبة لابأس بها من المشاركين لاستخدام التكنولوجيا في مجال التعليم.

ثالثا: تأثير استخدام التكنولوجيا في التعليم سلبيات وإيجابيات



شكل (5): آراء المشاركين حول تأثير التكنولوجيا على نشاط الطلاب.

يبين الشكل (5) أن أكثر من نصف المشاركين في الدراسة يقولون أن للتكنولوجيا تأثير إيجابي على نشاط الطلاب بينما ربع المشاركين يعتقدون أن ليس هناك أي تأثير وأن مستوى الطلاب لم يطرأ عليه تغيير، وفي نفس السياق هناك نسبة لابأس بها تبلغ ما يزيد عن 20% من المشاركين يرون أن الطالب أصبح كسولا نظرا لسهولة الحصول على المعلومة.



شكل (6): التأثير النفسي والمجتمعي لدمج التكنولوجيا في قطاع التعليم.

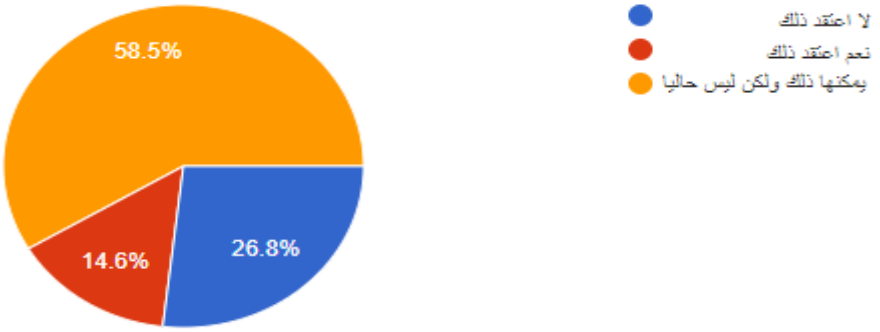
يظهر الشكل (6) آراء المشاركين حيث أن 17.1% منهم يعتقد أن دمج التكنولوجيا في العملية التعليمية قد أثرت في سلوك الطالب بجعله انطوائي ولا يشارك زملائه ، بينما يرى 34.1% أن ليس هناك تأثير سلبي ولا إجابي أي أن سلوك الطلاب لم يتغير في حين أن النسبة الكبرى من المشاركين 46.3% يقولون أن لدخول التكنولوجيا تأثير إجابي جدا حيث أصبح الطلاب أكثر تفاعلاً ويحبون العمل الجماعي والاحتكاك بالأخرين.



الشكل(7): تأثير دمج التكنولوجيا في العملية التعليمية على جودتها.

يبين الشكل (7) أن أكثر من نصف المشاركين في الدراسة وهم 53.5% يعتقدون أن إدماج التكنولوجيا في النظام التعليمي سيفيد العملية التعليمية في نواحيي ويضر بها في نواحي أخرى، بينما قرابة 40% منهم يرون أن ذلك سيؤدي بلا شك إلى زيادة جودتها.

رابعا: مدى مواكبة المنظومة التعليمية في ليبيا للتطور التكنولوجي من حيث الكوادر البشرية والبنية التحتية

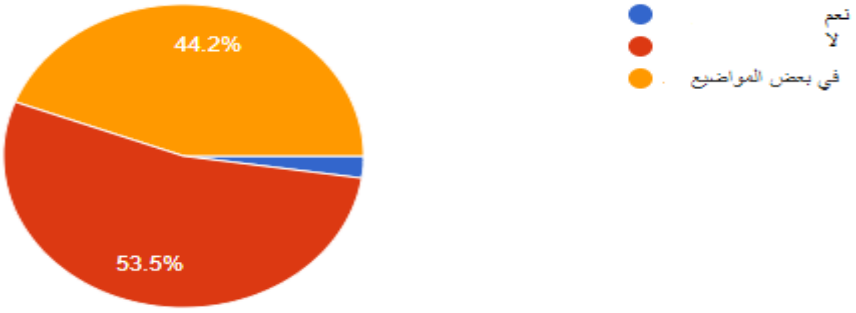


شكل (8): المنظومة التعليمية الليبية ومواكبة التطور التكنولوجي.

إن نسبة من يؤمنون بقدرة المنظومة التعليمية الليبية على مواكبة التطور التكنولوجي بكوادرها وبنيتها التحتية ولكن ليس في الوقت الحالي كما يظهر في الشكل (8) هي النسبة الاعلى و هو دليل على ثقتهم في المنظومة التعليمية.

ومن ناحية أخرى أظهر الاستبيان أمور أخرى تبينها الرسوم البيانية التالية:

أن نسبة كبيرة من المشاركين يفضلون الطريقة التقليدية في التعليم والتعلم، الرسم البياني التالي يوضح ذلك:



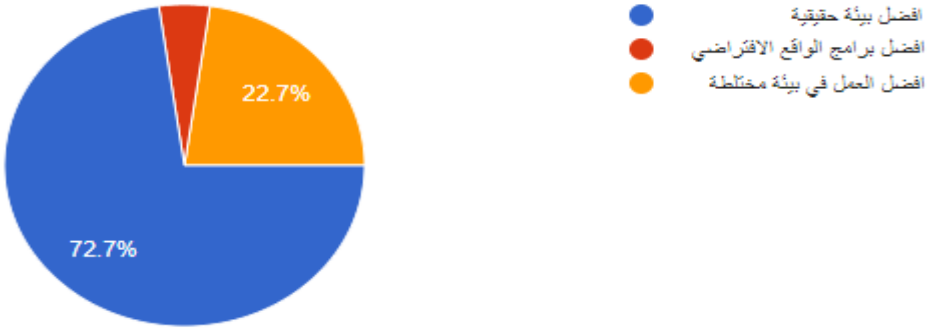
شكل (9): نسبة من يعتقد أن وسائل التكنولوجيا يمكن أن تحل محل المعلم.

يظهر الشكل (9) أن 53.5% من المشاركين في الدراسة لا يعتقدون أن المعلم يمكن استبداله بآلة بينما 44.2% يعتقدون أن ذلك ممكن ولكن ليس في جميع المواضيع الدراسية.



شكل (10): يبين آراء الطلاب حول نوع البيئة الدراسية التي يفضلونها.

فكما نرى أن الغالبية العظمى يفضلون بيئة تقليدية من فصل دراسي وزملاء ومعلمين وقد بلغت نسبتهم 72.2% في حين 25% من المشاركين من فئة الطلاب يفضلون بيئة مختلطة يدمج فيها التعليم الالكتروني والتعليم التقليدي.



شكل (11): يبين آراء المعلمين حول نوع البيئة التدريسية التي يفضلونها.

كما يظهر في الشكل (11) فإن ما يقارب 73% من المشاركين يفضلون العمل في بيئة حقيقية بطريقة التعليم التقليدي بينما أكثر من 23% منهم يفضلون بيئة مختلطة بين التعليم الالكتروني والتعليم التقليدي

.

وأيضا أظهر الاستبيان ما يراه المشاركين من سلبيات في دخول التكنولوجيا على التعليم التقليدي بصورة غير منظمة ولا مدروسة والرسم البياني التالي يوضح ذلك:



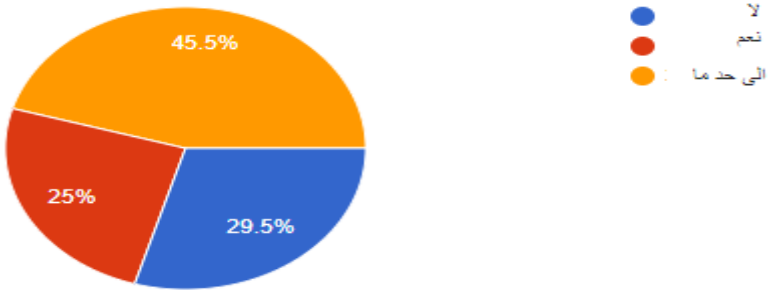
شكل (12): تأثير وجود تواصل حقيقي بين المعلم والمتعلم.

يظهر الشكل (12) أن أكثر من نصف المشاركين يعتقدون أن عدم وجود تواصل حقيقي ومكاني وجسدي بين المعلم والمتعلم يمكن أن يجعل الطالب مشتت التفكير ولا يحصل على فهم تام للمحتوى التعليمي وتبلغ نسبتهم 56.1%، في حين أن نسبة 43.9% من المشاركين يخالفونهم الرأي ويعتقدون أن استخدام التعليم عن بعد وهو أحد أنواع التعليم الالكتروني الرائجة يمكن أن يقدم مادة علمية مفهومة وبيئة تعليمية فعالة.



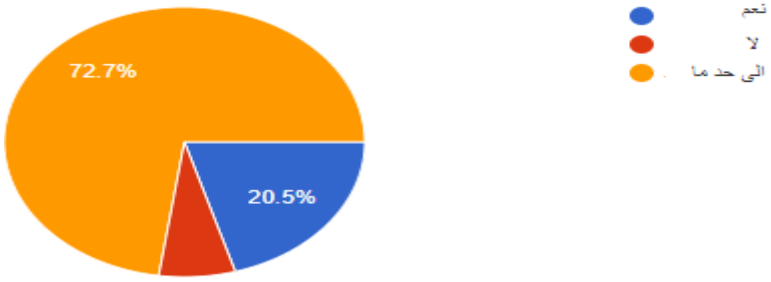
الشكل (13): إمكانية الاستغناء عن الحضور المادي للطلاب لقاعات الدراسة.

يظهر من الشكل (13) أن ما نسبته 56.8 % من المشاركين في الدراسة لا يؤيدون الاستغناء الكامل عن الحضور لمقاعد الدراسة، في حين أن 36.4% منهم يعتقدون أن هذا ممكن ولكن في بعض المواضيع الدراسية.



شكل(14): تأثير الكم اللانهائي من مصادر المعلومات.

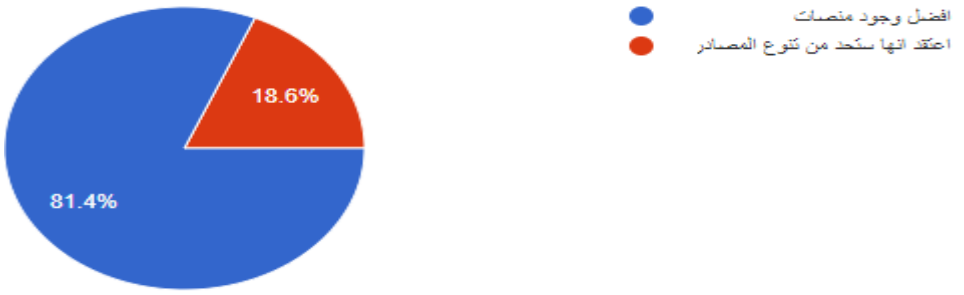
يبين الشكل (14) أن نسبة 45.5% من المشاركين يعتقدون أن عدم محدودية مصادر المعلومات وتوفرها بدون تنظيم أو دراسة قد يؤدي في بعض الاحيان إلى تشتيت الباحث عن المعلومة، في حين أن 30% تقريبا أي ثلث المشاركين لا يعتقدون ذلك.



شكل (15): نسبة ثقة المشاركين في المعلومات الموجودة على الانترنت.

يبين الشكل (15) أن ما يفوق 72.7 % من المشاركين في الدراسة لا يعتمدون اعتماد كلي على المعلومات التي يحصلون عليها من الانترنت أي أنهم يقومون بالتأكد من صحة المعلومات قبل استخدامها، في حين أن قرابة 21% من المشاركين يثقون بها.

ويظهر الاستبيان أيضا رأي المشاركين في أحد الحلول المقترحة لإدماج التكنولوجيا والتعليم الالكتروني في العملية التعليمية التقليدية في ليبيا، والرسم البياني التالي يوضح ذلك:



شكل (16): نسبة قبول وجود منصات تعليمية تابعة للمؤسسات التعليمية.

يظهر الشكل (16) أن نسبة من يفضلون وجود منصات تعليمية منظمة بإشراف وزارات التعليم هي الاعلى وتبلغ 81.4% أي أن هذا الحل يمكن جدا أن يلاقي قبول ونجاح عند شريحة أكبر من مستخدمي المنظومة التعليمية في ليبيا وهو دليل على وعيهم وقبولهم لفكرة إدماج التعليم لإلكتروني مع التعليم التقليدي.

الاستنتاجات والتوصيات

للوصول الى منطقة وسطى بين من يؤيد التعليم الالكتروني ومن يؤيد التعليم التقليدي فإن الحل هو التعليم المدمج اي جعل التعليم الالكتروني رافد ومكمل للتعليم التقليدي. ولفهم التعليم المدمج اكثر فهو نظام تعليمي يستفيد ويستخدم كل الامكانيات والوسائط التكنولوجية المتوفرة، وذلك بالجمع بين الاسلوبين التقليدي والالكتروني من اجل تقديم بيئة تعليمية ذات درجة عالية من الجودة تناسب مكانة المعلمين و احتياجات المتعلمين من ناحية وطبيعة المقررات الدراسية والاهداف التعليمية من ناحية اخرى (الفقي، 2011). مما سبق تصل هذه الورقة إلى نتيجة مفادها أن منظومة التعليم في ليبيا يجب أن تهيئ نفسها وإمكانياتها للتعامل مع هذا التطور العلمي والتكنولوجيات الحديثة وعلى رأسها التعليم الالكتروني والذي لا يمكن التخلف عن ركبه ولا يمكن التأخر في التفكير بضرورة استخدامه والاستفادة من إمكانياته، لان أي تأخير سوف يؤدي بالتعليم في ليبيا إلى أن يجد نفسه متخلفا عن ركب التقدم العلمي والتكنولوجي وبالتالي سيصبح نظام غير قادر على تخريج الكوادر القادرة على التعامل مع هذا التطور العالمي ومواكبته. ولتوظيف التعليم الالكتروني وإدماج التكنولوجيا في المنظومة التعليمية الليبية فإنه يتطلب توفير الامكانيات المادية اللازمة والمتمثلة في شبكات الانترنت وأجهزة الحاسب الالي والشاشات الذكية والمنصات التعليمية وغيرها من الموارد، بالإضافة إلى توفير الكوادر البشرية المؤهلة والمدربة لتوظيف التعليم الالكتروني وإدماجه في المنظومة التعليمية الليبية. وحتى نحقق الجودة في هذا النوع من التعليم المدمج بين تقليدي وإلكتروني لابد من أن نهتم بتصميم المقررات الدراسية بالطريقة الفعالة والجذابة والتي لا تتنافى مع أهداف العملية التعليمية، وأن يتم تصميم هذه المقررات من قبل فريق من المتخصصين مثل: أساتذة علم نفس و معلمين ذوي خبرة طويلة في مجال التعليم و مصممي البرامج التعليمية، و طلبة من شرائح عمرية مختلفة، وأن يكون التصميم وفق أسس علمية سليمة ومنظمة تراعي أهداف العملية التعليمية التي وضعت لأجلها. وأقترح أن يتم استخدام نظام التعليم الالكتروني الرائد في بناء منظومات تعليمية رائدة وهو نظام

Web Ct فقد أثبت هذا النظام نجاحه وتفوقه في 70 دولة تم استخدامه بها كما وأنه نظام يعطي المعلم التحكم بزمام الامور كطرف رئيسي في العملية التعليمية وليس مجرد مصدر للمعلومة فقط، كما وأنه يدعم اللغة العربية بالكامل وهو ما يسهل استخدامه من كل الفئات والمستويات التعليمية في ليبيا ويمكن الرجوع إلى صفحة (5) لمزيد من المعلومات حول هذا النظام.

المراجـــــــع

(1) Korfiatis, K., Papatheodorou, E., Stamou, G.P. and Paraskevopoulous, S., 1999. An investigation of the effectiveness of computer simulation programs as tutorial tools for teaching population ecology at university. *International Journal of Science Education*, *21*(12), pp.1269-1280.

(2) بن يوسف، حمد و إبراهيم، حجازي (2020): التعليم عن بعد، مركز الملك سلمان للإغاثة والاعمال الإنسانية، منظمة الامم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة.

(3) الراشد، فارس إبراهيم (2003) التعليم الالكتروني واقع وطموح، مدارس الملك فيصل، السعودية.

(4) A, Ghalia . and M. ALSinani. "Developing a Mobile Notification System for Al Buraimi University College Students." International Journal of Information Technology 1.1 (**2017**): 10-16.

(5) R. M. Tawafak, A. B. Romli and M. Alsinani, "E-learning system of UCOM for improving student assessment feedback in Oman higher education.," Education and Information Technologies, **pp**. 1-25., **2018**

(6) A. Bilgin, Using mobile communication tools in web based instruction (Master's thesis, Middle East Technical University) 2005.

(7) النور، النذير أيمن عبدالله، 2021. إتجاهات طلاب العلاقات العامة نحو التعليم الألكتروني أثناء جائحة كورونا. المجلة الجزائرية للاتصال، 20(1)، 147-109.pp.

(8) الوردي، محمد زكي، ، المالكي، لازم مجيل (2000) مصادر المعلومات وخدمات المستفيدين في المؤسسات المعلوماتية، مؤسسة الوراق، عمان، ص 76.

(9) Allan, F.J., Thompson, K.G., Jones, B.R., Burbidge, H.M. and McKinley, R.L., 1996. Neutropenia with a probable hereditary basis in Border Collies. New Zealand veterinary journal, 44(2), pp.67-72.

(10) الموسى،عبد الله بن عبد العزيز.(2002)." التعلم الإلكتروني: مفهومه خصائصه فوائده عوائقه".ورقة عمل مقدمة إلى ندوة مدرسة المستقبل، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية في الفترة 16-1423/8/17ه.

(11) المحيسن، إبراهيم عبد الله (2002). "التعليم الالكتروني : ترف أم ضرورة". ورقة عمل مقدمة لندوة مدرسة المستقبل كلية التربية\ جامعة الملك سعود 22-23\ 10\2002.

(12) سالم، أحمد (2004):"تكنولوجيا التعليم والتعليم الالكتروني " (مكتبة الرشد، ط1).

(13) عامر،طارق عبد الرؤوف محمد (2007):"التعليم عن بعد والتعليم المفتوح"(عمان، دار اليازوري العلمية، الاردن، ط العربية).

(14) عبدالحي، رمزي احمد (2006):" نحو مجتمع الكتروني "(القاهرة، مطبعة زهراء الشرق، مصر).

(15) طارق، عبدالرؤوف (2014). التعليم الالكتروني والتعليم الافتراضي (الاصدار1). القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر.

(16) أبوخطوة، عبدالعاطي حسن " التعليم الالكتروني الرقمي: التصميم، الانتاج"، دار الجامعة الجديدة للنشر، الاسكندرية، 2009 ص ص 22.

(17) إسلام ، عبدالعزيز، بن سالم، في، المحيسن، إبراهيم، بن عبدالله (2005) "المعلوماتية والتعليم- القواعد والاسس النظرية"، دار الزمان للنشر والتوزيع، طيبة، ص 324-342.

(18) سلام، توفيق وزملائه (2009) التعليم الالكتروني كمدخل لتطوير التعليم (تجارب عربية وعالمية)، المكتبة العربية للنشر والتوزيع، المنصورة.

(19) وكالة معا الاخبارية نشر بتاريخ: 2015/04/01 (آخر تحديث: 2020/04/03 الساعة: 04:01) متوفر على:https://www.maannews.net/news/769838.html

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Expert System to Improve and Develop Mathematic Teachers Skills.

Dr. Omer S.M.Jomah
Director of E-learning and Distance Learning Centre,
The Libyan Academy for Postgraduate Studies
omer.jomah@academy.edu.ly

Khuloud .A.B Zargoun
MSc-Computer Science
The College of Electronics Technology
Bani-Walid, Libya
Khuluodaz1996@gmail.com

***Abstract*—this work aims to improve the educational process through the development of teachers skills and raise the level of learning by reducing the problems and obstacles facing the teacher and providing many different learning methods. This is done through expert systems, which is one of the important areas of knowledge-based artificial intelligence, where the expert system acquires all the information acquired by the expert in the field of mathematics by transferring all his scientific experience and how the mathematics expert deals with it, so that the knowledge acquired by experts in the field of mathematics is collected. in order to prepare a knowledge base and deal with it throughthe expert system, as well as the possibility of making the expert system that the teacher deals with, ready to answer any inquiries or the possibility of explaining any part of the curriculum on demand.**

***Index Terms*—Expert System, Mathematics, Artificial Intelligence, Teachers Skills.**

I. INTRODUCTION

This type of system helps to bridge the gaps in the explanation that can occur during learning, and also helps to provide a guide for each educational group, meaning improving the ability of teachers to provide appropriate guidance, andin other words, the teacher needs to determine what he says, when to say it and how to say it, often Teachers do not realize that there are gaps in their lectures and teaching materials that can leave students confused about certain concepts. And there may be things that human teachers can provide, Machines cannot, for example, some special education programs based on artificial intelligence that can help students in basic math, writing, and other subjects. These programs can teach students the basics, but so far they are not ideal for helping students learn thinking and creativity skills, something real teachersstill need to facilitate. However, this should not exclude the possibility that AI teachers can do these things in the future. With the rapid pace of technical progress that has characterized the past few decades, and from now on we will have to live with artificial intelligence.

In this expert system, we will work to improve the educational process by developing teachers' skills in elementary mathematics and solving the problems they face.

We will haveto improve this system by adding many important rules that help in solving problems and difficulties faced by the teacher or student teacher in elementary mathematics, as well as to give them the ability to make the right decision. We willdiscuss the human expert on elementary mathematics topics with the proven knowledge he has acquired, decide what to include in the expert system, formulate the concepts and relationships between them and explain this with graphics andfigures, then start programming using the Python language and set the logical business rules that are represented in use from the conditional sentence 'if' . . . , then Incorporating the factsThe rules are entered into the computer through a database called knowledge bases according to specific controls. Then, we will set up a thinking machine that applies the rules toall facts fed to the machine based on the knowledge base and test the system from By consulting with it about real problemsand providing answers (suggested consultation) to experts in the field of knowledge and discussing them in with adjusting the knowledge base if necessary, and so on until the system is ready to work. We are working on the possibility of feeding the knowledge base e with all scientific and experimental developments and developments based on Reality of the field of expertise.

II. REVIEW OF OTHER METHODS

Most of the previous studies were directed to studentsor those who have a desire to learn a specific field, such as calculation of quantum numbers, description of electron configurations of atoms, determination of oxidation numbers and electronegativity [7], also to help students learn English grammar easily and smoothly and to overcome the difficulties they face [5] or to teach mathematics on the basisof multilingualism (Russian-Tatar-English) for eighth graders
[3] And ITSB tool was used to design educational system, which facilitates the study of the CSS and HTML languageas well as overcoming the difficulties they face students [4].

Most studies agree on the use of rules-based systems in their work, because most systems do not have a great complexity that leads to the use of other techniques, and because most studies are educational studies, this requires

understanding the problem from the student and linking it to many rules and this requires a technique back chaining.

Our work in this paper is based on this approach Also, many different techniques have been used to implement the expert system such as the use of programming languages and various tools (Prolog,ITSB). Our work in implementing and designing this system is based on the Python language. In general, there are a lot of research work has beendone in this field, but concerning the expert system to improve and develop mathematic teachers skills as we know there are not so many work related to this problem.

III. OVERVIEW OF AI AND EXPERT SYSTEM

A. Artificial Intelligence

From ancient times, inventors tried to make a machine like the human body, for example, the memory was replaced by the hard disk, and the body or spine was replaced by the mother board, but the most important component, thinking and intelligence, was lost, scientists tried to come to howthe human thinking is how it works and how to increaseintelligence Hence the emergence of artificial intelligence. Artificial intelligence is not a new thing, but it appeared in 1956. By McCarthy Scientist who invited a group of programmers and mathematicians to try to teach the machine. It was during this period with Newell and Simon that a model called Logic Theorist appeared to solve a set of mathematical equations. And here the minds were indeed directed and artificial intelligence was born, and from here many horizons were opened for scientists to go far in artificial intelligence, and the period between 1952-1969 was the period of enthusiasm for artificial intelligence and in this period the language of Lisp was introduced by the scientist McCarthy, either for a period From 1966 to 1973 projects were supported by governments, but all of these projects were unsuccessful. In the era of 1969-1979, the expert Dendral system appeared, hence the introduction of artificial intelligence in the industry and areturn to old ideas in the neural network, so the artificialintelligence seemed to have its science and rules from 1987to now. The term artificial intelligence refers to the scientist Marvin Mankeesi when he wrote an article in 1961 titled ”step towards Artificial intelligence.” [16]

Artificial intelligence is defined as the ability of machines to perform tasks that require human intelligence .Artificial Intelligence is a field of computer science wherein the cognitive functions of the human brain are studied and tried to be replicated on a machine system. Artificial Intelligence is today widely used for various applications like computer vision, speech recognition, decision-making, perception, reasoning, cognitive capabilities, expert system, and so on. [16]

Artificial intelligence is among the issues that occupy all social and economic sectors, including the field of education. Artificial intelligence can help accelerate the process of achieving global education goals by reducing barriers to learning, and by providing the best ways to improve learning outcomes.The field of AIED, who is 30 years old, soon achieved someof the goals. The first computer-based systems for teaching in appearance are computer based training systems and computeraided instruction systems. [16]

B. The Expert System

They are programs that simulate the performance of a human expert in a particular field of expertise, by collecting and using the information and expertise of one or more expertsin a particular field. In short, these systems were createdin order to extract the expertise of experts, especially in rare disciplines, and include them in an expert system that replaces the human being and helps transfer these experiences to other people in addition to his ability to solve problems in a faster way than the human expert. In order for the expert system to achieve this target level of intelligence, the system must have both the Knowledge Base and the Inference Engine,where the knowledge base contains specialized knowledge in the field of accumulated experience processed by the expert orgroup of experts. This specialized knowledge includes Facts, Rules, Concepts, and Relationships. The Inference Engine is a knowledge processing that compares the available informationabout a given problem with the knowledge stored in the knowledge base and derives useful conclusions and recommendations. In addition to the knowledge base and the inference machine, the expert system needs to have an interface, a modular module that provides interpretation facilities. Fig.1. shown the main components of expert systems. [17]

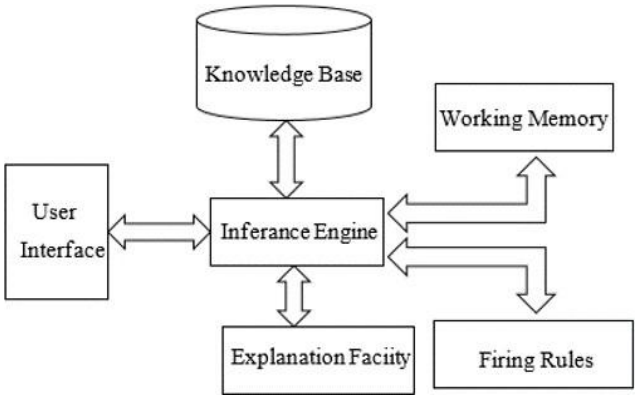


Figure 1: The main components of expert systems.

C. The Importance of Artificial Intelligence and Expert Systems in Developing the Educational Process:

Smart applications based on artificial intelligence have helped the learner break free from education in one way. For example, smart tutoring applications and various education platforms that have become available to each student accordingto their needs. Expert systems are a means to help overcome many of the barriers that make it difficult to ensure effective teacher access to every student and to overcome many of the challenges facing school systems, including

teacher shortages and the lack of clear ways to develop them. By simplifyingand automating essential teaching tasks for school leaders, AI embodying teachers' expertise has provided new options for tackling challenging conditions.

- When schools lack expert teachers, AI that embodiesteacher's expertise can go a long way toward increasing the effectiveness of existing teachers. Research shows that placing higher-quality curricula and online learning materials at the disposal of lower-quality teachers can improve students' academic performance. [19]
- When expert teachers need to teach more than academic content, a growing body of research shows that deep learning and non-cognitive skills play an important role alongside content mastery in determining academic outcomes and student lives. Artificial intelligence that embodies teacher expertise gives teachers a greater ability to help students develop these important skills. [19]
- Instead of seeing technological progress as a threat, teachers and education leaders must take advantage of the many ways technology and artificial intelligence can improve their work. Computers, non-expert teachers, and expert teachers have comparative advantages that complement each other. Computers are ideal for targeting core student content and skill gaps and providing teachers withtimely assessment data. [19]
- Expert teachers are the most valuable resource in the educational system. It does not make sense to reduce the work of expert teachers to standardized procedures or automated algorithms any time soon. However, ensuring that every student receives an excellent education is no trivial task. Fortunately, as innovations simplify and automate distinct aspects of teaching via artificial intelligence, effective and passive teachers alike will see their abilities enhanced by computers. This pattern provides insight for practitioners and policy makers working to ensure that all students receive a high-quality education. [19]
- Classrooms are expected to move soon from the traditional framework of learning to using a mix of robotsand artificial intelligence tailored to need. A large and growing proportion of students will benefit from robots that are continuous and flexible, and classroom teachers will be free of administrative matters and free up to focus on students. [19]
- Teachers often suffer from a lot of office work, such as correcting exams and evaluating assignments. But AI can do many of these tasks, cutting down the time needed for correction and administrative work in order to devote more time to students. [19]
- For the same grade, the options of "specialized services according to needs" provided by artificial intelligence techniques would help improve student's enjoyment during lessons and improve their grades at the same time. [19]
- Even outside the classroom, artificial intelligence technologies can provide the required support for the student. Students who learn the basic principles of reading, science, mathematics and other sciences rely mainly on the explanations from their teachers and parents to understand these foundations and rules. Since the time of teachers and parents is tight, this puts a lot of pressureon the different parties and the result may not be satisfactory. But when an intelligent and full-time assistant is available, who can understand the student's psychology and know his abilities, strengths and weaknesses, and thetopics in which he suffers from lack of understandingor lack of information, then he can adapt the scientific material and even the entire educational process to suit the individual's capabilities. It provides the required assistance And the necessary support in a timely and appropriate manner for each individual student. On this basis, it is assumed that the results will be more positive, when each student, regardless of his family's financial capabilities, geographic location, or mental abilities, has aspecial teacher with the capabilities of scientists availableat all times and places. [19]

IV. THE MODEL OF THE SYSTEM

The block diagram of ES used in Improve and Develop Mathematic Teachers Skills is shown in Fig.2. The detailsof the main stages of the system explained in the following sections.

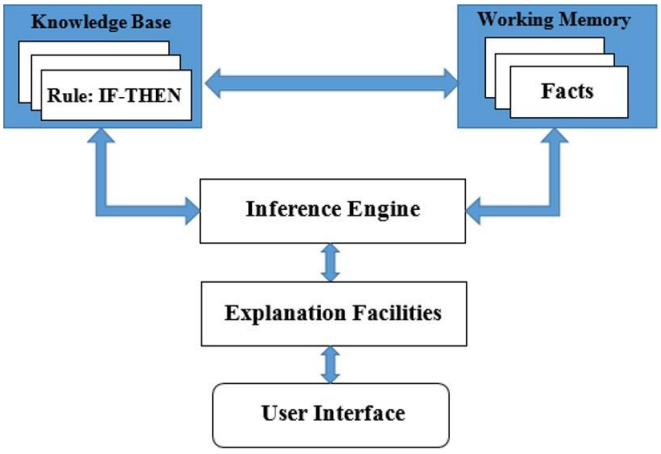


Figure 2: Block diagram of the Proposed System.

In the beginning, the goal of the system was to help teachers and develop their skills to raise the level of the educational process, so this project went through two main stages separate from the stages of the expert system. The stage of assembling problems or difficulties, a simple questionnaire was made to understand or reach the most complex mathematical concepts that the teacher struggles to convey to the student. After knowing these problems and difficulties, the role of the educational inspector comes to solve these problems facing the teacher, as well as developing an easy educational planfor the teacher to be

able to communicate information to the student in a flexible manner, then start designing the system and choosing the most important algorithms and techniques that we will use. The most important stages of the proposed system are:

A. Knowledge Base

The knowledge can be represented in several ways in artificial intelligence, in this system the rules-based method was adopted, because the proposed system is clear and flexiblein its dealings and there is no complexity that deserves theuse of other methods.

1) Rule-Based Expert System

: The rule-based is most commonly used type of knowledge representation, can be defined as an IF-THEN structure that relates given information or facts in the IF part to some action in the THEN part. A rule provides some descriptionof how to solve a problem. Rules are relatively easy to create and understand. The Rules can represent relations, recommendations, directives, strategies and heuristics ,In this system, Heuristic rules is used as a method of representing knowledge , therefore to deal with the rules related to each other to reach a correct result.

B. Working Memory

The working memory represents the set of facts known about the domain. In an expert system, the WM typically contains information about the particular instance of the problem being addressed. For example, in our expert system, the WM contain the details of the teacher mathematics problems and the solution of them. The actual data represented in the WM depends on the type of application. The initial WM, for instance, can contain a priori information known to the system. The inference engine uses this information in conjunction with the rules in the knowledge base to derive additionalinformation about the problem being solved.

C. Inference Engine

The inference engine carries out the reasoning whereby the expert system reaches a solution. It links the rules given in the knowledge base with the facts provided in the database. In a rule-based expert system, the domain knowledge is represented by a set of IF-THEN production rules and data is represented by a set of facts about the current situation. The inference engine compares each rule stored in the knowledge base with facts contained in the database. When the IF (condition) part of the rule matches a fact, the rule is fired and its THEN (action) part is executed. The matching of the rule IF parts to the facts produces inference chains. The inference chain indicates how an expert system applies the rules to reach a conclusion. They are two types of inference chain.

- Forward chaining is the data-driven reasoning. The reasoning starts from the known data and proceeds forward with that data. Each time only the topmost ruleis executed. When fired, the rule adds a new fact inthe database. Any rule can be executed only once. The match-fire cycle stops when no further rules can be fired. Forward chaining is a technique for gathering informationand then inferring from it whatever can be inferred. Therefore, if our goal is to infer only one particular fact, the forward chaining inference technique would not be efficient. Fig.3. shown the forward chaining technique.

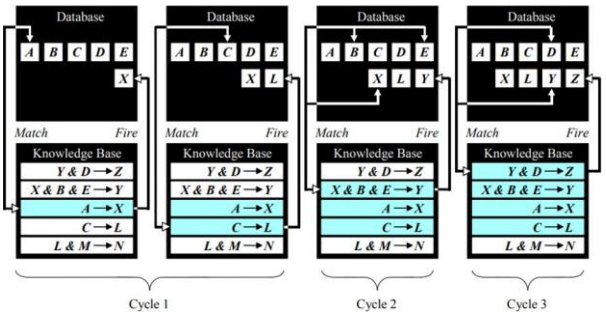


Figure 3: Forward Chaining Technique.

- Backward chaining is the goal-driven reasoning. In backward chaining, an expert system has the goal (a hypothetical solution) and the inference engine attempts to find the evidence to prove it. First, the knowledgebase is searched to find rules that might have the desired solution. Such rules must have the goal in their THEN (action) parts. If such a rule is found and its IF (condition) part matches data in the database, then the rule is fired and the goal is proved. However, this israrely the case. Thus the inference engine puts aside the rule it is working with (the rule is said to stack) andsets up a new goal, a sub goal, to prove the IF part ofthis rule. Then the knowledge base is searched again for rules that can prove the sub goal. The inference engine repeats the process of stacking the rules until no rules are found in the knowledge base to prove the currentsub goal. Fig.4. shown the backward chaining technique.

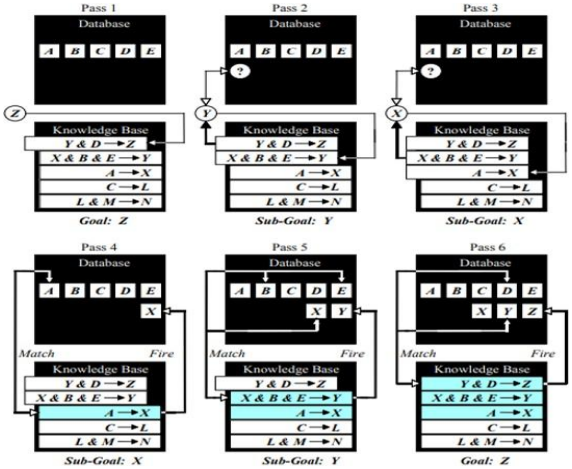


Figure 4: Backward Chaining Technique.

If an expert first needs to gather some information and then tries to infer from it whatever can be inferred, choose the forward chaining inference engine. However, if your expert begins with a hypothetical solution and then attempts to find facts to prove it, choose the backward chaining inference engine. In this project and because we need to ask the user several questions and connect them in the inference rule with each other, we used firstly the forward chaining then to back chaining to find facts. Fig.5. and Fig.6. Shown part of an inference chain of the system.

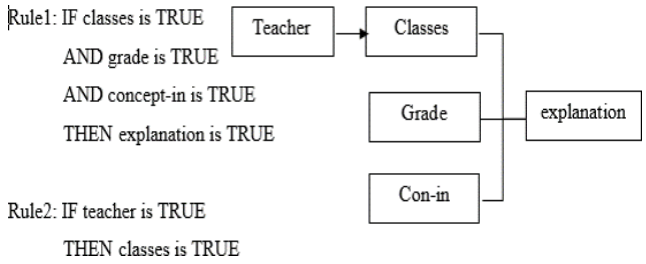


Figure 5: Inference chain of available concept.

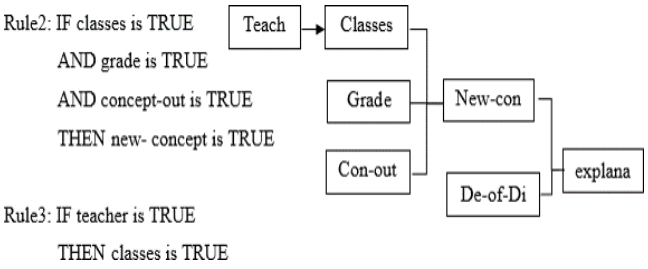


Figure 6: Inference chain of not available concept.

D. Explanation Facilities

Enable the user to ask the expert system how a particular conclusion is reached and why a specific fact is needed. An expert system must be able to explain its reasoning and justify its advice, analysis or conclusion.

E. The User Interface

A user interface is the means of communication between a user seeking a solution to the problem and an expert system. These can be through dialog boxes, command prompts, forms, or other input methods.

V. THE DECISION TREE OF THE SYSTEM

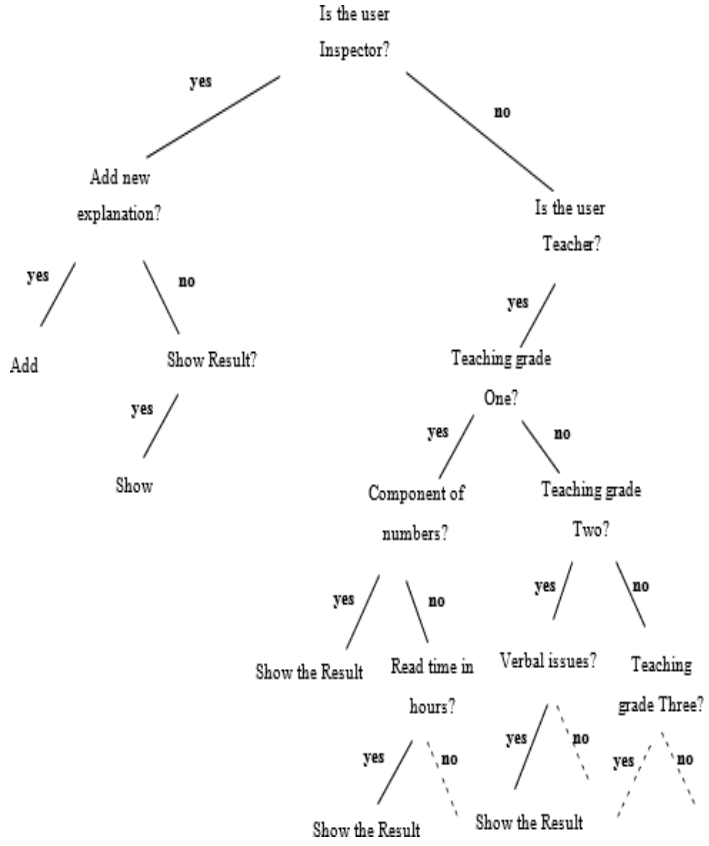


Figure 7: Decision tree about Knowledge of the system.

VI. THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM

A. The System Interface

I have used Python programming language for implement the proposed system architecture. I have designed and implemented the main screen as GUI as shown in Fig.7. This GUI enabled us to use and apply the system processes or functions. It's contains two main control buttons.



Figure 8: The GUI of the system.

B. The Teacher Button

The teacher button takes you to another page that allows you to choose the appropriate class and math concept you need as shown in Fig.8.



Figure 9: The teacher window.

1) Available or not Available

: After clicking on the Enter button, the data will be sent to the system, and one of three windows will appear.

- In the event that you did not enter the class information or the mathematical concept, a message will appear informing you of this. As shown in the fig.9.



Figure 10: Enter the information.

- In case the data was entered correctly and was sent to the Knowledge Engine to choose the appropriate base to display the required information, if any. You will see the appropriate figure of the information, such as the fig.10.

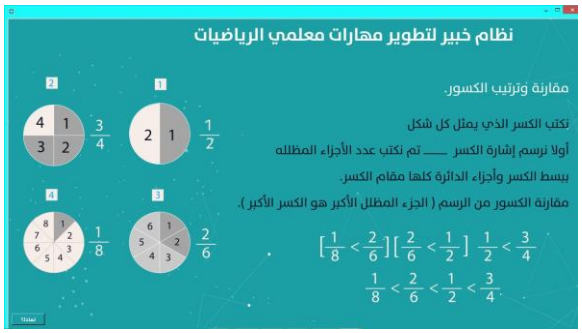


Figure 11: The required information.

• As you read the information, you may be curious about how to access it, so when you click on the Why Button, a window will appear telling you some of the details we are using to reach the answer you asked in the past.as shown in fig.11.

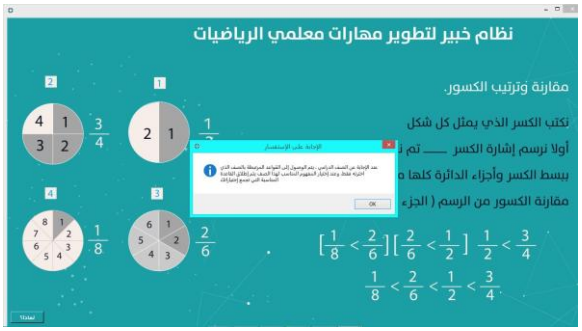


Figure 12: The window of why button.

- In some cases or concepts, we do not have enough information about them, so the window shown in Fig.12. Will tell you some details and allow you to enter the degree of difficulty of the desired mathematical concept.



Figure 13: There is not enough information.

C. Educational Inspector Button

After you enter a mathematical concept that we do not have enough information on, and after choosing its degree of difficulty, we send this data to the educational inspector so that he can answer the most frequent concept and has the highest degree of difficulty, to answer it at a later time by clicking on the Add button (this button can be worked on in the future work). Fig.13. shows the educational inspector screen, Fig.14. Shown the message box of Add button.



Figure 14: Educational inspector window.



Figure 15: The message box of Add button.

VII. EXPERIMENTAL RESULTS

The system was developed by the programming language Python, and the system was tested to be a system able to help the teacher with some mathematical concepts that the teacher finds difficult to explain to the student or sees that the student does not understand them easily, but in the some cases the system does not include a solution to all concepts, but it is able to take the concept that has difficulty and send it to the educational inspector to answer it. In addition, the system can be used as a sub-system under any other system, this means that a sub-system of an electronic platform ormobile application etc.

VIII. CONCLUSION

According to the results, the use of expert systems in education can simplify the process of teaching subjects, in our case, mathematics. Proper use of the system can significantly reduce the problems and difficulties of working on the teacher, save more time for self-development and improve professional mathematical competence.

In our system, mathematical concepts were included,in which the teacher had difficulty explaining them to the student, and these concepts were explained in a smooth and enjoyable way to students by domain experts, so that the rules were applied to these facts and linked to each other to deduce the correct understanding that the teacher wanted. These steps were carried out through several different stages and techniques One of the main stages in the system is toknow the problems and difficulties as well as the facts that they meet in the solution by sitting and discussing with mathematics teachers to find out their problems with the educational inspector to solve these problems and difficulties, then comes the stage of creating the rules based system (IF-THEN Rules) necessary for the system and which will be matched with the facts, then the stage of applying the hybrid inference engine (forward and backward) chaining to these facts to reach the result that the teacher (the user) wants, with the possibility of asking the teacher or the user how to reach this result to solve the teacher's problem, and finally the user interface to help the teacher enter Some data that helps us to reach the appropriate and desired result.

As a future work, it is necessary to plan the development of the system and cover all the mathematical concepts aswell as to connect this subsystem to a main system suchas a website, mobile or desktop application in order to testthe system in a real-life environment, and because it is very important Establishing a modern educational system that raises the level of teacher efficiency.

REFERENCES

[1] G Supriyanto, I Widiaty, A G Abdullah, J Mupi. (2018). Application of expert system for education. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.
[2] Gamal m. Alfakhri. (2013). The Structure to Build an Expert System of Education. Kuala Lumpur (Malaysia).
[3] Lailya Salekhova, Albert Nurgaliev, Rinata Zaripo. (2013). The Principles of Designing an Expert System in Teaching Mathematics. Kazan Federal University, Department of Computational Linguistics and Information Systems in Philology. Russia: Universal Journal of Educational Research
[4] Mariam W Alawa, Samy S Abu Naser. (2017). CSS-Tutor: An intelligent tutoring system for CSS and HTML. Faculty of Engineering & Information Technology,Al-Azhar University, Department of Information Technology. Gaza: International Journal of Academic Research and Development.
[5] MOHAMMED I. ALHABBASH, ALI O. MAHDI, SAMY S. ABU NASER1. (2016). An Intelligent Tutoring System for Teaching Grammar English Tenses. Faculty of Engineering & Information Technology,Al-Azhar University, Department of Information Technology. Gaza, Palestine: European Academic Research.
[6] Monish.H.S, Dr. Ashwini kodipalli. June, 2017). A Study on Expert System and Applications in Education Field. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering.
[7] Róbert Pántya, László Zsakó. (2008). Computer-Based Intelligent Educational Program for Teaching Chemistry.
[8] Satvika Khanna, Akhil Kaushik, Manoj Barnela. (2010). EXPERT SYSTEMS ADVANCES IN EDUCATION. INDIA: National Conference on Computational Instrumentation.
[9] Stella Nwigbo,Madhu B.K. (2016). Expert System: A Catalyst in Educational Development in Nigeria. IOSR Journal of Mobile Computing & Application.
[10] Stuart J. Russell, Peter Norvig. (2009). Artificial Intelligence: A Modern Approach 3rd,Ed). Prentice Hall.
[11] Thierry Karsenti. (2019). Artificial intelligence in education:The urgent need to prepare teachers for tomorrow's schools. Canada.
[12] Wayne Holmes, Maya Bialik, Charles Fadel. (2019). Artificial Intelligence In Education
[13] Stuart Russell, Peter Norving. (2021) ,Artifitial Intelligence: A Modern Approach, Global Edition 4/E, ISBN:9780134610993.
[14] Susmita Mohapatra. (April-2019) Expert Systems in Education - A Case Study, International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, ISSN:2349-5162, Vol.6, Issue4, page no.639-646.
[15] Ashwaq Abdel-Jalil Ali Moawad, Prof. Dr. Salama Abdel-Azim Hussein, Prof. Dr. Jamal Muhammad Abu Al-Wafa. (July 1, 2017). Building expert systems and their applications in the quality of schools. Journal of the College of Education in Benha.
[16] Dr. Nadia Al-Rousan. (2019). The third regional conference for excellence in education. (pg. 50). Jordan: Jubilee Center for Educational Excellence.
[17] Amina Athamina. (2019). Annaba University - Algeria. Basic concepts of artificial intelligence.
[18] Hajar Baouda (2019). (University of Algeria 3). Artificial intelligence applications supporting administrative decisions in business organizations.
[19] Dr. Faiza Belabed. (2019). (University of Bechar - Algeria), prof. Hanan Shawi (University of Setif 1 - Algeria). The role of expert systems in evaluating the performance of economic institutions.
[20] Dr. Ammar Saadallah. (2019). Dr. Walid Chtouh (University of Souk Ahras - Algeria). The importance of artificial intelligence in the development of education.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Detection of Digital Image Edge Using Fuzzy Logic Algorithm In Matlab

Musbah Ali Alhanish
dept. of Electrical and Electronic Engineering
Higher Institute of Science and Technology
Al-Khoms, Libya
musbahsali@gmail.com

Hesham Ahmed Almgarbj
dept. of Electrical and Electronic Engineering
Higher Institute of Science and Technology
Al-Khoms, Libya
hhhgarbigee38@gmail.com

Tareq Elgargani
dept. Of Electrical & Computer Engineering
Elmergib University
Al-Khoms, Libya
tngargany@ elmergib.edu.ly

***Abstract*— This paper affords a contemporary fuzzy based element detection set of guidelines. Every different element detection approach has its benefits and downsides. As an instance, each technique detects a part of actual edges and also some unreal edges. To lessen this effect we have used unique resources of statistics and a fuzzy system to decide whether each pixel is edge or now not.**

First, each gradient and general deviation values are computed, form set of edges is implemented as inputs for our fuzzy device. Then fuzzy device makes a decision on every pixel regular with fuzzy tips. In the end, we've got compared the effects of the proposed set of policies with different algorithms such as Sobel, Robert, and Prewitt. Experimental outcomes display the functionality and high performance of a proposed algorithm

.Keywords— digital image, edge detection, pixel, fuzzy logic

I. INTRODUCTION

Photos have continuously been very vital in human life. Smooth Computing is an emerging discipline that consists of the maximum vital seminal theories which embody fuzzy commonplace experience, genetic algorithms, evolutionary computation, and neural networks within the previous couple of years there can be a growing hobby inside the global problems covering an extensive variety of domain names. Vicinity detection refers back to the system of identifying and locating sharp discontinuities in a image. The discontinuities are abrupt adjustments in pixel depth that symbolize the boundaries of gadgets in a scene. Side detection i is generally achieved with a first and/or 2d derivative size followed by manner of an evaluation with a threshold that marks the pixel as either belonging to a side or no longer. The end result is a binary photograph that incorporates the most effective of the detected aspect pixels. Using unique linear time-invariant (LTI) clear-out is the maximum common technique completed to the brink detection hassle, and the only which ends inside the least computational attempt. Inside the case of first-order filters, an factor is interpreted as an abrupt variation in grey degree amongst neighbor pixels. A totally crucial function is completed in image analysis thru what's termed characteristic points, pixels that might be recognized as having a unique belonging. Characteristic elements consist of facet pixels as decided with the aid of the famous conventional part detectors of Prewitt, Sobel, Marr, and Canny cutting-edge studies have concerned the use of neural Fuzzy function to increase part detectors, after education on a pretty small set of proto-kind edges, in pattern snap shots classifiable via traditional facet detectors. This work became pioneered by using manner of Bezdek et. Al, who educated a involved component. Through predefining membership, capabilities discover edges. In neural internet to offer the same fuzzy output as a normalized Sobel Operator.

Inside the device described, all inputs to the bushy inference structures (FIS) machine are received by using using the genuine photo a excessive-pass clear out, a first-order aspect detector clear out (Sobel operator) and a low-bypass (mean) filter out. The complete structure is then tuned to function as a assessment improving clear out and, in any other hassle, to segment photos in a selected wide style of input instructions. The adopted fuzzy rules and the fuzzy membership functions are certain in line with the kind of filtering to be accomplished. The paintings of this paper are involved approximately the improvement of a Fuzzy good judgment regulations-based totally set of policies for the detection of photograph edges. Scanning the snap shots the usage of floating 3x3 pixel window masks. Fuzzy Inference based totally machine in MATLAB environment has developed, that is able to detecting the edges of a picture. The rule of thumb of thumb-base of 28 regulations has been designed to mark the pixel under attention as Black, White, or aspect. The end result has been compared with the standard algorithms.

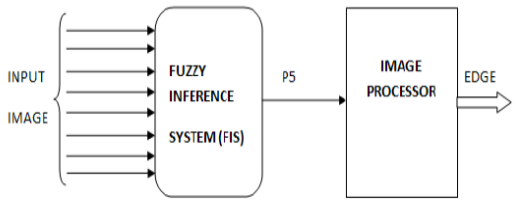


Fig. 1. Basic Block Diagram

Use of easy computing (SC) techniques to treatment picture processing real.

P1	P2	P2
P4	P5	P6
P7	P6	P9

Fig. 2. Floating 3x3 pixel window mask

II. FUZZY LOGIC UTILITY IN EDGE DETECTION

Thinking about the functionality of the neural network and fuzzy correct judgment based totally processing, in modern-day years, tons studies had been done on their application at picture processing and as a end result region detection set of rules. Specific algorithms for fuzzy-primarily based area detection were proposed. Inside the artwork proposed through the usage of Zhao, et al, the image is segmented making use of a 3-stage threshold. Using utilizing the two exceptional methods among opportunity vicinity and three fuzzy areas and also the minimum entropy rule, a manner to decide the parameters of tremendous 3 fuzzy areas is proposed. The critical situation for maximizing entropy traits is also expressed. Based totally on this case an powerful algorithm for 3-degree thresholding is received. Fuzzy-based rules method in a most of fuzzy-primarily based facet detection algorithms is used. In most of those techniques, adjoining factors of pixels are assumed in a few commands and then fuzzy device inference has carried out using appropriate club characteristic, defined for every magnificence.

As an example, adjacent elements are assumed as 3×three sets throughout the the ones hints discontinuity in the color of various 3×3 units, edges are extracted. It uses 5 fuzzy policies and a predefined membership feature to find out edges. In those regulations discontinuity of adjoining point across the concerned point are investigated. If this difference is just like certainly one of predefined gadgets, the pixel is thought a place.

A similar paintings is proposed by using manner of Mansoori, et al. In this paintings, adjoining factors of every pixel, are grouped in six one-of-a-kind sets. Then using appropriate bell form membership characteristic, the fee from 0 to one is determined for each institution. Primarily based mostly on the club values, and fuzzy policies, choice about cutting-edge/not gift and course of component pixels are acquired.

III. PROPOSED ALGORITHM

Number one facet Detection and Fuzzy regulations in this paper, before everything with the aid of one-of-a-type techniques, gradient and trendy deviation of pixels cost, edges are one after the other extracted after which based totally on fuzzy common sense, very last choice approximately whether or no longer every pixel is a component or now not is made. Tough effects can be won if each one of the strategies is used absolutely. It could reason identifying facet pixels as nonedge pixels and vice versa. Despite the fact that distinct strategies were used for issue detection, masses of them are gradient based totally. Consequently, in the first approach, the gradient values are computed by way of using the Sobel operator, after which pixels with gradient values larger than a threshold are location candidates. The second one used technique for area detection is based totally on grey diploma standard deviation (SD). On this technique, for each pixel SD is computed the usage of a three×3 mask, validated in Fig. 2, over adjoining community pixels. Similarly pixels with SD extra than a threshold charge are edge candidates.

Applied masks to compute stylish deviation with the aid of considering referred to strategies and a fuzzy idea, two computed values are used as fuzzy machine inputs. The final preference about aspect candidate pixels is primarily based at the output of this fuzzy device. Appropriate club capabilities are described for fuzzy machine inputs. To use those capabilities, first, each SD and gradient values are mapped to the kind of [0 100]. Then both of the mapped values are labeled as one of the low, medium, or immoderate lessons. The SD training are shown thru SD L, SD M, and SD H symbols. To separate wonderful SD.

Fuzzy Inputs				Fuzzy Output
P1	P2	P3	P4	P4_out
B	B	B	B	B
B	B	B	W	E
B	B	W	B	E
B	B	W	W	E
B	W	B	B	E
B	W	B	W	E
B	W	W	B	E
B	W	W	W	W
W	B	B	B	E
W	B	B	W	E
W	B	W	B	E
W	B	W	W	E
W	W	B	B	E
W	W	B	W	E
W	W	W	B	E
W	W	W	W	W

Fig. 3. Fuzzy sets & Rule Base

Education 4 one-of-a-type thresholds a 1, c 1, a 2, and c 2 are used. So that if SD cost is within the sort of [0 c 1], then, the corresponding pixel is assessed to SD L, for the array of [a 1 c 2], the pixel is considered to SD M, and sooner or later, for the array of [a 2 100], the pixel is about to SD H. Similar traits and lessons are described for the gradient price. In Fig 2 the defined commands and club competencies are validated

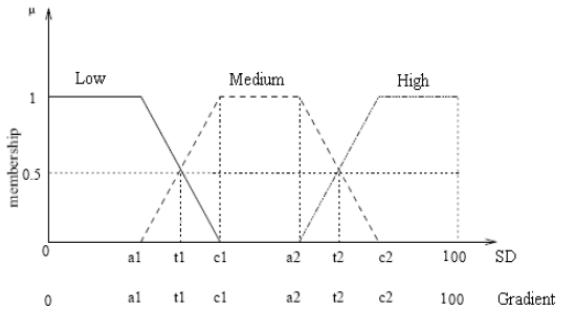


Fig. 4. The defined classes & membership functions

The defined schooling and club characteristic The output of fuzzy gadget explains to how volume a pixel might be facet. The use of the defined fuzzy guidelines, the production of this ambiguous device is assessed to one in all three instructions.

The primary elegance, E L, corresponds to pixels with a low chance fee to belong to the place pixels set. Further, E M corresponds to medium opportunity and E H corresponds to high chance.

Output membership functions If the SD value of a pixel is equal to good enough 1, and the gradient is the equal to good enough 2, the fuzzy policies are defined as the subsequent: 1- If okay 1 in SD L and okay 2 in G L then P factor categorized to E L 2- If good enough 1 in SD L and good enough 2 in G M then P edge categorized to E L three- If k 1 in SD L and ok 2 in G H then P side categorized to E M 4- If okay 1 in SD M and ok 2 in G L then P facet classified to E L five- If okay 1 in SD M and okay 2 in G M then P component categorized to E M 6- If okay 1 in SD M and k 2 in G H then P part categorized to E H 7- If ok 1 in SD H and okay 2 in G L then P factor categorized to E M 8- If ok 1 in SD H and k 2 in G M then P aspect classified to E H nine- If ok 1 in SD H and adequate 2 in G H then P aspect categorized to E H. The ones tips are summarized in determine 4.

Grad / SD	Low	Medium	High
Low	E_L	E_L	E_M
Medium	E_L	E_M	E_H
High	E_M	E_H	E_H

Fig. 5. Fuzzy system rules

IV. Simulation Results

GUI designed for this software is shown in discerning. 6. & discern. 7. Any general part detection algorithms (Sobel, Canny, Prewitt & Roberts) can be selected for assessment from the listing area on GUI. The threshold diploma placing is finished through the slider manage of GUI. Extra the fee of the slider, greater of the edges can be traced, but, noise can also be progressed. The evolved fuzzy algorithm for photo part detection become tested for various pics and the outputs had been in comparison to the prevailing part detection algorithms it was placed that the outputs of this set of guidelines offer tons greater top notch marked edges and because of this have a higher visible appearance than the same old present. The sample output proven in Fig. Compares the "Sobel" element detection set of regulations and our fuzzy area detection set of guidelines. It could be determined that the output that the fuzzy technique has generated has found out the edges of the image more fantastically in assessment to the ones which have been determined out through the use of the "Sobel" side detection set of regulations. For that reason, the fuzzy rule-based totally set of policies offers higher part detection and has an exhaustive set of fuzzy situations which permits for the extraction of the edges with very high efficiency.



Fig. 6.a. Original Image

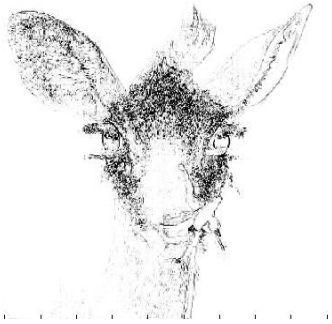


Fig. 6.b. Edge detection using Fuzzy logic

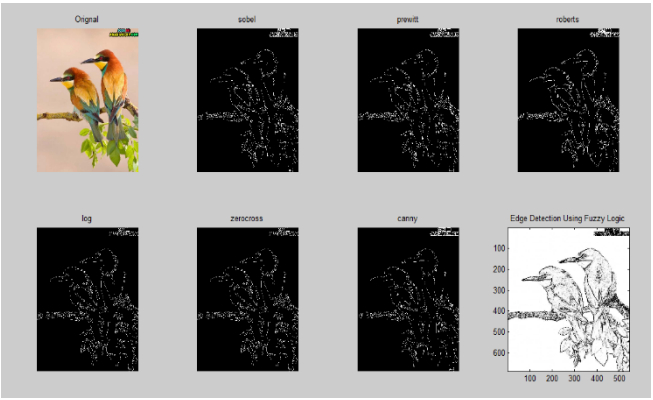


Fig. 7. Comparison between standard edge detection algorithms & Fuzzy logic algorithm

V. Conclusions

In this paper, emphasis has been on developing a straightforward & small however very green, fuzzy rule-primarily based side detection algorithm to abridge the concepts of synthetic intelligence and digital photograph processing. The set of rules and associated GUI had evolved in MATLAB surroundings. Comparisons have been made with the numerous other aspect detection algorithms which have already been set. Displayed results have shown the accuracy of the brink detection the usage of the fuzzy rule-based totally algorithm over the alternative algorithms. The bushy rule-primarily based set of rules has efficaciously obtained the edges determined in a image after its implementation and execution with various units of pix. Sample outputs were validated to make the readers recognize

the set of rule's accuracy for that reason advanced set of regulations nicely- known shows amazing scope of utility in various regions of virtual photo processing.

REFERENCES

[1]. [V. MITTAL AND M. S. BATRA, "PART DETECTION TECHNIQUE VIA THE USE OF NERO FUZZY GADGET," COURT CASES OF 2ND COUNTRY WIDE CONFERENCE ON CHALLENGES & OPPORTUNITIES IN FACTS ERA (COIT-2008), RIMT-IET, MANDI GOBINDGARH. MARCH 29, 2008.

[2]. R. GONZALEZ AND R. WOODEN, VIRTUAL PHOTO PROCESSING, ADDISON – WESLEY, 1992.

[3]. OK. R. CASTLEMAN, BASICS OF VIRTUAL PHOTO PROCESSING, PRENTICE-HALL, ENGLEWOOD CLIFFS, N.J, 1996.

[4]. R. WANG, L. GAO, S. YANG, AND Y. LIU, "AN EDGE DETECTION APPROACH BY WAY OF COMBINING FUZZY GOOD JUDGMENT AND NEURAL NETWORKS," MACHINE STUDYING AND CYBERNETICS, 7(2005) 4539-4543, 18-21, AUG 2005.

[5]. B. MCCANE, SIDE DETECTION, PATH WORD, BRANCH OF COMPUTER TECHNOLOGICAL KNOW-HOW, UNIVERSITY OF OUTAGE, DUNEDIN, NEW ZEALAND, FEBRUARY 2001.

[6]. L. LIANG AND C. LOONEY, "AGGRESSIVE FUZZY EDGE DETECTION," IMPLEMENTED SOFT COMPUTING, (THREE) 123-137, 2003.

[7]. J. CANNY, "A COMPUTATIONAL METHOD TO PART DETECTION," IEEE TRANS, PATTERN ANAL. MACH. INTEL. 8 (6) 679-687, 1986.

[8]. D. MARR AND E. HILDRETH, CONCEPT OF AREA DETECTION, PROSS. ROYAL SOC., LONDON, VOL. 207, PP. 187-217, 1980.

[9]. J. SIDDIQUE AND OKAY. BARNER, "WAVELET-BASED MULTIRESOLUTION PART DETECTION UTILIZING GRAY DEGREE SIDE MAPS," IEEE PRESS,

[10]. GLOBAL CONVENTION ON PHOTOGRAPH PROCESSING (ICIP 98), VOL 2, PP. 550-554, 1998. A.

[11]. J. MUSEVI-NIYA AND A. AGHAGOLZADEH, "ADAPTIVE DIRECTIONAL WAVELET-BASED SIDE DETECTION," 2D WORLDWIDE SYMPOSIUM ON TELECOMMUNICATIONS (IST2003), ISFAHAN, IRAN, PP.191-195, 16- 18 AUGUST 2003.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Improving the Quality of Engineering Education in Libya

1st Al-Mehdi M. Ibrahem
dept. of Mechanical &industrial Eng.
University of Gharyan
Gharyan, Libya
al-mehdi.ibrahem@gu.edu.ly

2nd Mohamed I. Ghoma
dept. of Mechanical &industrial Eng.
University of Gharyan
Gharyan, Libya
mghoma@gu.edu.ly

3rd Musa H. Abdullrhman
dept. of Petroleum Engineering
University of Gharyan
Gharyan, Libya
mosa.hossin@gu.edu.ly

***Abstract*— Engineering education has a crucial role in the economic and social development of society; this paper aims to investigate the most significant factors that contributing in improving the quality of the engineering education. Furthermore, identify the factors affecting the students' academic performance. The study was conducted by using statistical Design of Experiments (DOE) approach to investigate the main effects of lecture delivery, assessment, engagement, communication, and interaction with instructors. Minitab software is implemented to perform statistical analysis to identify the significance of each factor, and degree by which each factor influences the students' academic achievement. Results showed that the students' academic performance is affected by the availability of course materials, and communications with instructors.**

Keywords*— *Service Quality measurement, Quality improvement, engineering education, Design of Experiment (DOE)

I. INTRODUCTION

There is no doubt that people realize the importance of education in many disciplines, especially engineering education. Engineering Education (EE) plays a vital role in the social and economic development of society. EE is mainly concerned about the implementation of the applied science to come up with products that fit the customer requirement. Therefore, there is a need to understand how to improve the quality of engineering education to ensure that future engineers have the required skills to address societal challenges. This research aims to investigate the most significant factors that contribute to enhancing the quality of engineering education and to identify the factors that affect students' academic performance. Specifically, the statistical Design of Experiments (DOE) [1] approach to study the main effects of lecture delivery, assessment, engagement, communication, and interaction with instructors. Minitab software was performed to conduct statistical analysis to identify the significance of each factor and the degree by which each factor influences students' academic achievement. The results indicate that the availability of course materials and communications with instructors are significant factors that affect students' academic performance. This research provides insights into how engineering education can be improved to meet the needs of students and society. Therefore, the engineering education system and curriculum must be updated accordingly. In literature, there are numerous studies on improving the quality of learning approach especially during the pandemic covid-19. For instant, Pham, et al assessed factors affecting students' online learning outcomes during the COVID-19 pandemic [2]. They concluded students' online learning outcomes are affected by six factors in the descending order, respectively, learner characteristics, perceived usefulness, course content, course design, ease of use, and faculty capacity. Ali et al reported that As engineering has become a more global profession [3]. They stressed that education has been impacted by globalization, schools and education systems now are competing on a global arena. Therefore, engineering institutions must have Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), to maintain quality of engineering education and to survival in the global market. Navas, et al [4] have been used several quality tools such as Six Segma to develop effective strategies to improve the quality of the education system. Furthermore, an excellent strategy of teaching mode is proposed by [5], which provides theoretical support and practical path for instructors to engage students in effective way. The quality of the learning approach is affected by several factors such as interaction between student and professor, technical support availability, structured online class modules, etc. [6]. Readers might referred to a comprehensive review of predictive factors of student success in and satisfaction with online learning [7] which is similar to the tradition learning approach. The main objective of this study is to investigate the most factors that affected the students' academic performance and achievement in the engineering education in Libya.

II. RESEARCH METHODOLY

A. *Factors affecting the students' academic performance*

A well-designed questionnaire has been distributed to a sample of 120 engineering students from different departments and academic year. The Statistical Design of Experiment using Minitab software is used to investigate the effect of the following factors: lecture delivery, assessment, engagement, communication, and interaction with instructors, and which factor is considered as the most significant one. Therefore, the main goal is to identify the most significant factors that affect the student's academic performance or achievement based on the average GPA.

The purpose of this study is to investigate the factors influencing students' perception, experience, and satisfaction with the learning approach at the Faculty of Engineering, University of Gharyan. The full description of the studied parameters is tabulated in Table 1. Factors are classified into two main groups (Factor1, and Factor2). In the first group, there are three parameters to be investigated: the ability of students to understand the course material, communication with instructors, and the student engagement in the class. While Factor2 is concerned about the assignment and it consists of the following parameters: fairness of the exams, format of the questions, forms of assessments, and the grading and assessment.

TABLE I. THE STUDIED FACTORS

Factors	Attribute	Indicator	Description
Factor1	Understanding	Idicator_A1	Course material is understandable
	communication	Idicator_A2	Easy to communicate with instructor
	Engagement	Idicator_A3	Easy to be involved in the class
Factor2	Fairness	Idicator_D1	Questions of exams were fair
	Preference	Idicator_D2	The format of questions is preferred
	Variety	Idicator_D3	several forms ate provided: Quizzes, assessments,
	Grading	Idicator_D4	Grading is suitable and cover all activities

In our analysis, we used advanced statistical Analysis Of Variance (ANOVA) technique, an analysis tool used commonly in statistics to investigate the degree of influence of a set of factors on the expected outcome. In other words, in a regression study, the ANOVA test is used to determine the degree of influence of the independent variable it has on the dependent variable. In our case, we employed the technique to investigate the effect of multi-factors (independent variables) and investigated the response (the dependent) variable. The model is very commonly used in design if experiments to measure the response of the factors. Each factor can take a certain value (or level) that varies across the variables [8]. The influence of each factor is determined by the main effect plots that are provided by Minitab software. In a simple way, for each factor, there are four levels, and the effect of each level is shown based on the response (in this case the average GPA). Further, the surface plots are used to investigate the variation among the most significant factors.

III. RESULTS AND DISCUSSION

As mentioned in the previous sections, we focused on two main factors, each represented by several indicators or parameters. The results obtained will be presented and discussed in the following subsections.

A. *Factor1: The academic indicators such as understanding theoretical, and practical course materials*

As shown in Figure1, students agree with the statement that "explanations and lecturing in theoretical lectures are not good enough. However, the results showed that students agreed that there is excellent communication with instructors. Furthermore, students disagreed with the statement "it was easy for me to engage with the professor during the class".

Analysis of Variance (ANOVA) is used to explain the variation caused by each level. The ANOVA uses F-tests to examine main effects and interactions. Further, p-value in the ANOVA output to identify whether the differences between some of the means are statistically significant. (DF = Degree of Freedom; Adj SS = Adjusted sums of squares; Adj MS = Adjusted mean squares) [9].

TABLE II. TABLE TYPE STYLES

Source	DF	Adj-SS	Adj-MS	F-Value	P-Value
A1	3	0.8183	0.2728	1.21	0.312
A2	3	1.1482	0.3827	1.69	0.174
A3	3	1.3050	0.4350	1.92	0.131
Error	89	20.1177	0.2260		

As shown in Table II, ANOVA results showed that these factors have less significant on the academic performance Since the p-values if greater than 0.05. Further, the interval plot is shown if Figure 2 that indicates the variation in data.

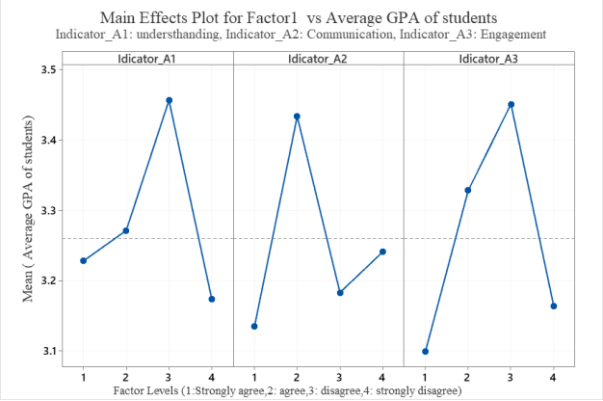


Fig.1: The main effect of the academic indicators.

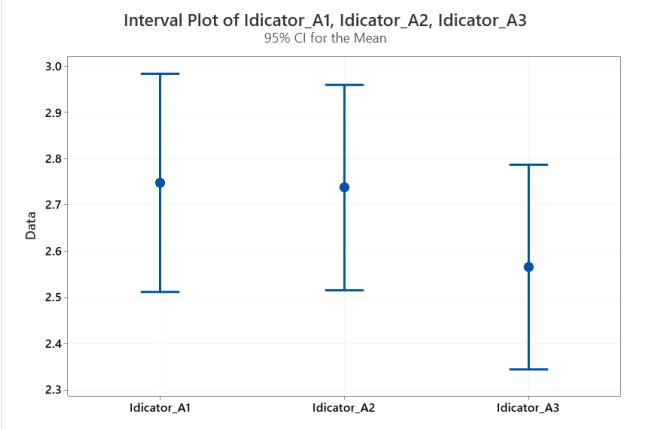


Fig.2: The interval plot of the academic indicators.

B. *Factor2: Assessment and Evaluation*

As shown in Figure 3, the most important parameter in this study is the assessment and evaluation, which include format, and fairness of exams, homework assignments, and grading [10]. As shown in Figure 3, most of the students are satisfied with grading and strongly agree that exam format was understandable. These results may be taken to nominate assessment and evaluation as the most influential factor on the students' satisfactions as indicated by the results.

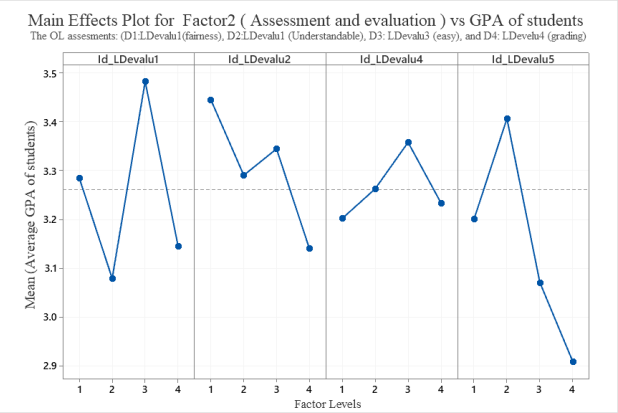


Fig.3: The main effect of the assessment and evaluation indicators.

As shown in Table III, ANOVA results showed that the most significant factors are the fairness of exams and the grading. Students agreed that questions in online exams were fair and better than in-person exams. Furthermore, the grading of online exams was fair and better than in-person exams. Figure 4 supported this fact. There is no doubt that students are satisfied with grading of exams and assignments. Further, they believe that exams are easy to understand and fair.

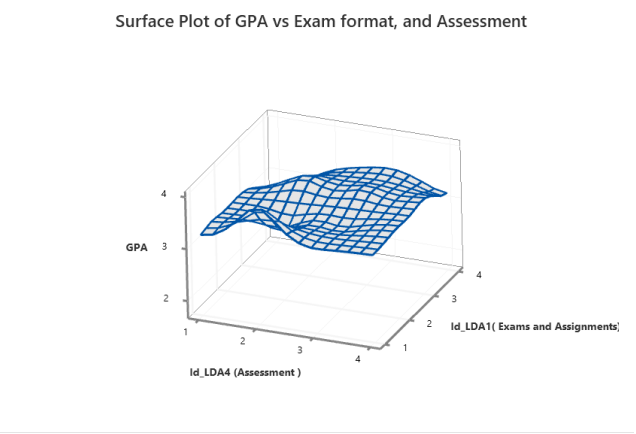


Fig.4: The surface plot of assessment and exams indicators.

IV. CONCLUSION

In conclusion, engineering education plays a critical role in the development of society and the economy. This research aimed to investigate the most significant factors contributing to the improvement of the quality of engineering education and to identify the factors that affect students' academic performance. The study used statistical Design of Experiments (DOE) to investigate the main effects of lecture delivery, assessment, engagement, communication, and interaction with instructors. The results of this research showed that course materials availability and communication with instructors are significant factors that impact students' academic performance in engineering education. Based on the findings, strategies for improving course design, delivery, and communication in the classroom are suggested. Future research in this area could explore the impact of other factors on the quality of engineering education, such as technology and curriculum design. Additionally, this research can be expanded to other disciplines and fields beyond engineering. It is essential to continue investigating the factors that contribute to students' academic performance to improve the quality of education and provide students with the skills necessary to address societal challenges. Ultimately, this research provides insights that can be used to improve the quality of engineering education and the development of society and its economy.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the University of Gharyan, and Registration office for providing us with required information, and support working on this research.

REFERENCES

[1] K. I. Arshak, E. G. Moore, C. Cunniffe, and L. M. Cavanagh, "Using Design of Experiment to Investigate the Effects of Conducting Polymer Composite Sensor Composition on the Response to an Homologous Series of Alcohols," in *PROC. 25th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROELECTRONICS*, 2006, no. Miel, pp. 14–17.

[2] T. T. T. Pham, H. A. Le, and D. T. Do, "The Factors Affecting Students' Online Learning Outcomes during the COVID-19 Pandemic: A Bayesian Exploratory Factor Analysis," *Educ. Res. Int.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/2669098.

[3] M. Y. Ali, S. R. Ya'Akub, R. Singh, M. H. F. Al Hazza, and E. Y. T. Adesta, "Quality assurance in engineering education: Accreditation and its global influence," *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, pp. 7503–7510, 2021.

[4] M. S. Ameen Abdulla, O. P. Mohammed Navas, M. S. Amal, B. Nizam, and E. G. Kavilal, "Quality assurance in education based on six sigma tool," *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 0, no. March, pp. 2347–2360, 2020.

[5] Q. Zhang and W. Li, "Construction of Teaching and Education Quality Improvement Model Based on Distributed Information Fusion," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/3009708.

[6] A. R. Kanojiya, "The Impact of Online Learning during Covid-19 Pandemic: Students Perspective Maharashtra, India," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 11, pp. 686–690, 2020, doi: 10.22214/ijraset.2020.32277.

[7] H. Kauffman, "A review of predictive factors of student success in and satisfaction with online learning," *Res. Learn. Technol.*, vol. 23, no. 1063519, pp. 1–13, 2015, doi: 10.3402/rlt.v23.26507.

[8] A. Ibrahem, T. Elmekkawy, and Q. Peng, "Robust Metaheuristics for Scheduling Cellular Flowshop with Family Sequence-Dependent Setup Times," *Procedia CIRP*, vol. 17, pp. 428–433, 2014, doi: 10.1016/j.procir.2014.01.072.

[9] D. Montgomery, *Design and analysis of experiments*. John Wiley&Sons. Inc., 2008.

[10] H. M. Elmehdi and A. M. Ibrahem, "Online Summative Assessment and Its Impact on Students' Academic Performance, Perception and Attitude Towards Online Exams: University of Sharjah Study Case," in *Advances in Science, Technology and Innovation*, 2019, pp. 211–218.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)

13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Image Compression using WebP and JPEG algorithms

Jazya Moftah Ahmad
Computer Science, Department, University Sirte, Sirte, Libya
E-mail jazamoftah@su.edu.ly

Abstract: Image compression is an important technique in digital image processing, as it allows for the reduction of the storage and transmission requirements of digital images. Two popular algorithms for image compression are the WebP algorithm and the JPEG algorithm. WebP is an image format that uses lossy compression techniques. In lossy compression, some data from the original image is lost in order to reduce the file size.
The JPEG algorithm, on the other hand, is a lossy compression technique that utilizes the discrete cosine transform (DCT) to transform an image into the frequency domain. By selectively discarding high frequency coefficients, the JPEG algorithm is able to achieve a higher compression ratio at the cost of some loss in image quality. The JPEG algorithm is well-suited for compressing images with smooth transitions, but it is less effective at compressing images with high levels of detail.
In conclusion, the WebP and JPEG algorithms are both widely used for image compression, but they have different strengths and limitations. The choice of which algorithm to use depends on the specific requirements of the application, such as the need for lossless compression or the importance of preserving image quality. In this paper, we compared between compression images using WebP and JPEG. The results showed that WebP is more efficient than JPEG compression.

I. Introduction

In computing, compression refers to the process of encoding data using fewer bits than the original representation. It is a way to reduce the amount of data that needs to be stored or transmitted, which can be useful in a variety of contexts, such as when data needs to be transferred over a network or when there is limited storage space available [1].

There are many different algorithms and techniques that can be used for data compression, and the choice of which one to use depends on the characteristics of the data and the requirements of the application. Some common types of compression include lossless compression, which preserves the original data exactly, and lossy compression, which sacrifices some of the original data in order to achieve a higher level of compression [2].

Compression can be applied to a wide range of data types, including text, images, audio, and video. It is often used in combination with other techniques, such as data deduplication and data encryption, to further reduce the size of the data or to protect it from unauthorized access [1,2,3].

Image compression refers to the process of encoding digital images using fewer bits than the original representation. It is a way to reduce the size of image files, which can be useful when storing or transmitting images, particularly if they are large or there is a limit on the available storage or bandwidth [4].

There are several different techniques that can be used for image compression, including lossless and lossy methods. Lossless image compression methods preserve the original image data exactly, while lossy

methods sacrifice some of the original data in order to achieve a higher level of compression [5,6,7].

One common method of image compression is called JPEG (Joint Photographic Experts Group), which is a lossy method that is widely used for compressing In addition to reducing the size of image files, image compression can also be used to improve the performance of image-based applications, such as web browsers and image editing software. It can also be used to optimize images for display on different devices, such as smartphones, tablets, and desktop computers.

There are two main types of data compression: lossless and lossy. Lossless data compression preserves the original data exactly, while lossy data compression sacrifices some of the original data in order to achieve a higher level of compression [1,2,3].

Lossy data compression methods, on the other hand, are typically used for compressing audio, video, and image data, where some loss of quality is acceptable in exchange for a higher level of compression. One example of a lossy data compression method is the Joint Photographic Experts Group (JPEG) algorithm, which is commonly used for compressing photographs and other images.

Overall, data compression is a widely used technique that allows us to store and transmit data more efficiently, while still maintaining the integrity of the original data. Whether you are a data scientist, a network engineer, or a casual user, understanding the basics of data compression can be a valuable skill in today's data-driven world.

Image compression involves using fewer bits to represent digital images, which can decrease the size of the image files. This can be beneficial when storing or sending the images, especially if the files are large or there are limits on storage or bandwidth.

photographs and other images. Other methods include GIF (Graphics Interchange Format) and PNG (Portable Network Graphics), which are both lossless methods commonly used for compressing graphics and images with a limited number of colors [8,9].

There are several different techniques that can be used for image compression, including JPEG, GIF, and PNG. JPEG, which stands for Joint Photographic Experts Group, is a commonly used lossy method for compressing photographs and other images. GIF (Graphics Interchange Format) and PNG (Portable Network Graphics) are both lossless methods that are often used for compressing graphics and images with a limited number of colors. In addition to JPEG, WebP is an image format that uses both lossy and lossless compression techniques. In lossy compression, some data from the original image is lost in order to reduce the file size. This means that the image may not be an exact replica of the original, but the differences may not be noticeable to the human eye.

WebP uses a predictive coding scheme, which means that it predicts the values of pixels based on the values of neighboring pixels. This allows it to achieve a high degree of compression while still maintaining good image quality.

Image compression can not only decrease the size of image files, but it can also enhance the performance of image-based applications, such as web browsers and image editing software. It can also optimize the display of images on various devices, including smartphones, tablets, and desktop computers.

II. Literature review

In the literature, researchers have been working on techniques and algorithms that have been used to compress images [5,6,7]. In [5], the authors discuss the most popular techniques from the two types of techniques (lossy and lossless techniques). In addition,

they present the advantages as well as the imitation of each technique. While the authors in [5] focus on image compression techniques in general, the authors in [6] consider only the lossless image compression techniques. In particular, they have conducted a comparison between the considered techniques, including the Huffman Code. In [10], the authors present a method for compressing images that combines Wavelet-based image coding with Huffman encoding to achieve additional compression. In [11], the authors aim to examine the Huffman coding technique, an additional method that can be used to eliminate unnecessary bits in data by analyzing various characteristics or specifications. In [12], the authors propose the use of simple coding techniques, such as Huffman, Discrete Wavelet Transform (DWT) coding, and a fractal algorithm, for image compression.

There are several works try to optimize existing algorithms. For example, in [8], the authors describe a method for detecting double JPEG compression using the same quantization matrix. Their algorithm is based on the observation that when a JPEG image is recompressed repeatedly with the same quantization matrix, the number of different JPEG coefficients (i.e., the quantized discrete cosine transform coefficients) between successive versions tends to monotonically decrease. This allows to detect when an image has undergone multiple rounds of JPEG compression with the same quantization matrix. In the same direction, the authors in [9], propose a simple yet reliable algorithm for detecting the presence of nonaligned double JPEG compression (NA-JPEG) in compressed images. Their aim is to enhance the image compression even more. Event approaches have been proposed to optimize the image compression of a particular type. For instance, in [13]a method is proposed for adjusting the order in which JPEG compression is applied to GPS images in order to improve the overall quality of the resulting images. Another example, the authors in [14], to improve image compression in deep neural network (DNN) applications, they have developed a framework called "DeepN-JPEG." This framework is specifically designed for DNN image compression.

III. Materials and Methods

3.1 .How the WebP algorithm Works

WebP is an image format developed by Google that uses lossy compression techniques to reduce the file size of images. It is designed to be faster and more efficient than other image formats, such as JPEG and PNG, while still maintaining the same or higher quality. WebP is supported by a wide range of modern web browsers, including Google Chrome, Mozilla Firefox, and Microsoft Edge. It is especially useful for web developers because it can help reduce the loading times of websites and improve the overall user experience.

WebP uses a predictive coding scheme, which means that it predicts the values of pixels based on the values of neighboring pixels. This allows it to achieve a high degree of compression while still maintaining good image quality.

Here's how the predictive coding scheme works:

- The image is divided into blocks of pixels.
- For each block, a predictor function is applied to predict the values of the pixels in the block based on the values of neighboring pixels.
- The difference between the predicted values and the actual values is calculated and encoded.

- The encoded differences, rather than the actual pixel values, are stored in the image file.
- Next. the algorithm applies a discrete cosine transform (DST) to each block. this decorrelates the data and makes it more compressible .

  WebP also uses techniques such as discrete cosine transform (DCT) and chroma subsampling to further reduce the file size. DCT is a mathematical transformation that converts the pixel values from the spatial domain (the grid of pixels in the image) to the frequency domain. This makes it easier to identify and remove redundant information from the image. Chroma subsampling reduces the resolution of the color information in the image, which can also help to reduce the file size.

  Overall, the combination of predictive coding, DCT, and chroma subsampling allows WebP to achieve a high level of compression while still maintaining good image quality.

3.2 . Implementation of Image Processing using WebP algorithm (Lossy mode)

In the following part of the code, we show which libraries are needed.

```
image = Image.open('Image/T15.jpg')
# Start timer
start = time.perf_counter()
image = image.convert('RGB')
image.save('Image/T15.jpg.webp', 'webp',
optimize=True, quality=50)
# End timer
end = time.perf_counter()
# Calculate elapsed time
elapsed_time = end - start
print (f"Elapsed time: {elapsed_time:.6f} seconds")
print('done')
```

Figure 2: The main algorithm of the implemented WebP Algorithm

The images are loaded from a given path into the memory then, the image data is encoded. Finally, the encoded image data is written into a file. In the following, we show the main function that is used to compress images.

3.3 . Implementation of Image Processing using JPEG

To compress an image using the JPEG algorithm in Python, you can use a publicly available library. In particular, we use the pillow library to compress images.

(check the follow-up Python source code).

```
from PIL import Image
# Open the image file
with Image. Open('image.jpg') as image:
    # Set the compression quality to 50%
image.save('compressed_image.jpg', 'JPEG',
quality=50)
```

Figure3: Compress Images using pillow Library.

This code opens the image file image.jpg, sets the compression quality to 50%, and saves the compressed image as compressed_image.jpg. The compression quality is a value between 0 and 100, with higher values resulting in better image quality but larger file sizes, and lower values resulting in lower image quality but smaller file sizes.

IV. Evaluation and Results

In this section, we describe how we evaluate our approach of image compression using WebP algorithm. In addition, we compare it against the JPEG.

4.1. Evaluate WebP algorithm

We have evaluated the WebP algorithm using a set of images contain of 15 ones. These images are from different sizes. In the following table, we show all

relevant related details for images. In particular, we show the original size of each image, as well as the compressed one. In addition, we show the compressed ratio. Furthermore, we show also the time needed to compress the images.

Table 1: Results of WebP Compression

Image name	Original Size (kb)	Compressed Size (kb)	Differences (%)	Time of compression (s)
IMG1	1800	229	87.2	0.72
IMG2	3900	1400	64.1	2.44
IMG3	344	98	71.5	0.16
IMG4	129	46	64.3	0.15
IMG5	279	20	92.8	0.10
IMG6	1800	528	70.7	1.27
IMG7	2700	224	91.7	0.57
IMG8	1900	278	85.4	0.67
IMG9	756	164	78.3	0.73
IMG10	2000	189	90.6	0.51
IMG11	193	32	83.4	0.10
IMG12	1900	244	87.2	0.99
IMG13	923	89	90.4	0.26
IMG14	1600	150	90.6	0.40
IMG15	1200	543	54.8	0.67

As we can see, all the images have been compressed. The ratio of the compression is different from one image to the others, which is expected, as a result of the image properties. In particular, the range of ratio is between

92.8% to 54.8%. Regarding the time that is needed to compress these images are listed also in the table. As illustrated, the time ranges between 0.10 seconds to 2.44 seconds.

. 4.2.Evaluate JPEG Compression

Similar to WebP algorithm, we also evaluated JPEG using the same set of images. These images are from different sizes. In the following table, we show all relevant related details for images. In particular, we show the original size of each image, as well as the compressed one. In addition, we show the compressed ratio. Furthermore, we show also the time needed to compress the images.

Table 2: Results of JPEG Compression

Image name	Original Size (kb)	Compressed Size (kb)	Differences (%)	Time of compression (s)
IMG1	1800	413	77.1	0.21
IMG2	3900	1600	59.0	0.63

IMG3	344	100	71.0	0.05
IMG4	129	70	45.7	0.03
IMG5	279	34	87.8	0.03
IMG6	1800	743	58.7	0.42
IMG7	2700	311	88.5	0.19
IMG8	1900	390	79.5	0.18
IMG9	756	398	47.4	0.20
IMG10	2000	276	86.2	0.16
IMG11	193	46	76.2	0.02
IMG12	1900	460	75.8	0.25
IMG13	923	127	86.2	0.08
IMG14	1600	196	87.8	0.10
IMG15	1200	594	50.5	0.15

As we can see, all the images have been compressed. The ratio of the compression is different from one image to the others, which is expected, as a result of the image properties. In particular, the range of ratio is between 88.5% to 50.5%. Regarding the time that is using WebP against the JPEG. The same set of images that have been used in our previous evaluation. In the follow-up, we have two columns. Each column shows the compression ratios of each algorithm. As illustrated in the following table as well as the related Figure 5, it clearly obvious that WebP is significantly more efficient than JPEG.

Table 3: Comparison of WebP and JPEG

Image name	**WebP Compression (%)**	**JPEG Compression (%)**
IMG1	87.2	77.1
IMG2	64.1	59.0
IMG3	71.5	71.0
IMG4	64.3	45.7
IMG5	92.8	87.8
IMG6	70.7	58.7
IMG7	91.7	88.5
IMG8	85.4	79.5
IMG9	78.3	47.4
IMG10	90.6	86.2
IMG11	83.4	76.2
IMG12	87.2	75.8
IMG13	90.4	86.2
IMG14	90.6	87.8
IMG15	54.8	50.5

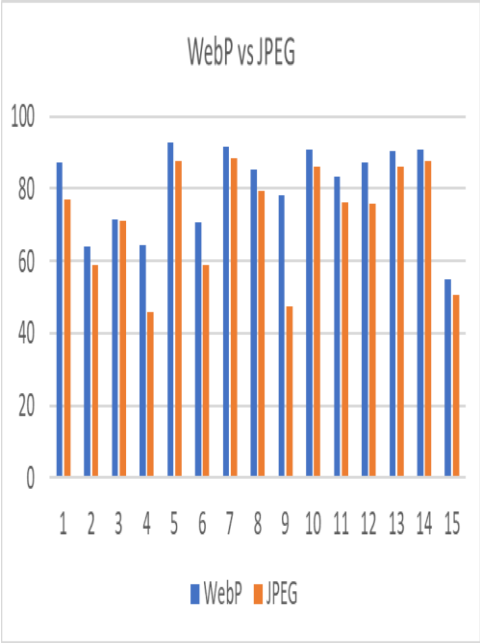


Figure 4: Compression ratio between WebP and JEPG

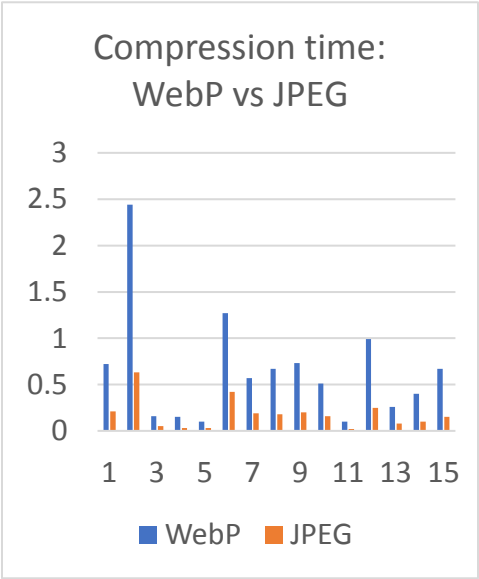


Figure 5: Compression time: WebP vs JPEG

V. Discussion

From the reported results above, we observe that WebP is significantly more efficient that JPEG. However, it looks that WebP need more time to compress images that JPEG. However, the range of the difference is between 0.1 to 2 second.

4.3. Evaluate WebP algorithm Compared to JPEG

In this section, we show the result of our comparison. In particular, we compared the compression needed to compress these images are listed also in the table.

However, considering the time that is needed to compress images of each algorithm are listed in Table 1 and 2. In addition, we have illustrated the compared times in Figure 5, where we

show that the time is needed to compress images using JPEG is less than the time of the compressing images using WebP. Thus, JPEG needs less time to compress images than Web.

VI. Conclusion

Image compression is a crucial aspect of digital image processing as it enables the reduction of the storage space and

Image compression is a crucial aspect of digital image processing as it enables the reduction of the storage space and transmission needs of digital images. The WebP and JPEG algorithms are two well-known techniques used for image compression.

WebP is an image format developed by Google that uses lossy compression techniques to reduce the file size of images. It is designed to be faster and more efficient than other image formats, such as JPEG and PNG, while still maintaining the same or higher quality. WebP is supported by a wide range of modern web browsers, including Google Chrome, Mozilla Firefox, and Microsoft Edge. It is especially useful for web developers because it can help reduce the loading

times of websites and improve the overall user experience.

algorithm is a lossy image compression technique that utilizes the discrete cosine transform (DCT) to convert an image into the frequency domain. By discarding certain high frequency coefficients, the JPEG algorithm can achieve a higher compression ratio while sacrificing some image quality. This algorithm works well for compressing images with smooth transitions, but it is less effective at compressing images with intricate details.

Overall, the WebP and JPEG algorithms are commonly utilized for image compression, but they have varying strengths and limitations. The selection of the appropriate algorithm depends on the specific needs of the application, including the necessity for lossless compression or the significance of maintaining image quality.

In this article, we compared the efficiency of different image compression techniques: WebP and JPEG (a lossy technique). We found that the lossy techniques WebP is more efficient in terms of file size than JPEG.

References

[1].Sayood, K. (2017). Introduction to data compression. Morgan Kaufmann.

[2].Lelewer, D. A., & Hirschberg, D. S. (1987). Data compression. ACM Computing Surveys (CSUR), 19(3), 261-296.

[3].Salomon, D. (2004). Data compression: the complete reference. Springer Science & Business Media.

[4].Dhawan, S. (2011). A review of image compression and comparison of its algorithms. International Journal of Electronics & Communication Technology, IJECT, 2(1), 22-26.

[5].Vijayvargiy, G., Silakari, S., & Pandey, R. (2013). A survey: various techniques of image compression. arXiv preprint arXiv:1311.6877.

[6].Rahman, M. A., & Hamada, M. (2019). Lossless image compression techniques: A state-of-the-art survey. Symmetry, 11(10), 1274.

[7].Hussain, A. J., Al-Fayadh, A., & Radi, N. (2018). Image compression techniques: A survey in lossless and lossy algorithms. Neurocomputing, 300, 44-69.

[8].Huang, F., Huang, J., & Shi, Y. Q. (2010). Detecting double JPEG compression with the same quantization matrix. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 5(4), 848-856.

[9].Bianchi, T., & Piva, A. (2011). Detection of nonaligned double JPEG compression based on integer periodicity maps. IEEE transactions on Information Forensics and Security, 7(2), 842-848.

[10].Srikanth, S., & Meher, S. (2013, April). Compression efficiency for combining different embedded image compression techniques with Huffman encoding. In 2013 International Conference on Communication and Signal Processing (pp. 816-820). IEEE.

[11].Patel, R., Kumar, V., Tyagi, V., & Asthana, V. (2016, March). A fast and improved Image Compression technique using Huffman coding. In 2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET) (pp. 2283-2286). IEEE.

[12].Jasmi, R. P., Perumal, B., & Rajasekaran, M. P. (2015, January). Comparison of image compression techniques using huffman coding, DWT and fractal algorithm. In 2015 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI) (pp. 1-5). IEEE.

[13]Wiseman, Y. (2015). Enhancement of JPEG compression for GPS images. International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, 10(7), 255-264.

[14]Liu, Z., Liu, T., Wen, W., Jiang, L., Xu, J., Wang, Y., & Quan, G. (2018, June). DeepN-JPEG: A deep neural network favorable JPEG-based image compression framework. In Proceedings of the 55th annual design automation conference (pp. 1-6).

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Review of Big Data Analytics in Healthcare Sector

Mohamed ali whiba
College of IT
Dept. Mobile Computing,
University Of Tripoly
Email : m.whiba@uot.edu.ly
Phone : 0925425016

Akram ali milad
College of Science
Dept. Computer Science,
University Of Tripoly
Email : ak.milad@uot.edu.ly
Phone : 0925025434

Abstract: The term "big data" does not just mean big in size but also high in variety and velocity, making it hard to deal with it using traditional tools and techniques. Nowadays, (BDA) big data analytics is the most effective way to discover hidden patterns and knowledge from vast amounts of data and gain future insight to assist decision-makers in taking the right trend toward presenting better services. In general, Big Data Analytics (BDA) implementations in any domain are complex and resource intensive, with a high failure rate and insufficient guidance or strategy to assist practitioners in making sense of that massive amount of data. In this paper, we define big data in general, determine characteristics of big data for healthcare, and highlight important sources of big data in healthcare. In addition, recommend architecture and tools, identify the most common challenges facing BDA, and recommend a proposed system for BDA in the healthcare sector.

Keywords
Big Data, Healthcare, Big data analytics, Hadoop, Hadoop Spark.

I. 1.INTRODUCTION

Data sets expand quickly due to the regular collection of information by several information-sensing devices, including wireless sensor networks, mobile devices, aerial (remote sensing), software logs and records, cameras, microphones, and Radio-Frequency Identification (RFID) readers. In other words, big data is a field that describes how to evaluate data sets that are too huge or complicated for typical data processing systems to handle, how to gather information from them systematically, and how to deal with them.[1]

One of the most vital industries is the healthcare sector. It is also one of the biggest and fastest-growing sectors in the world. Although different electronic health records (EHRs) collect data in different ways—structured, unstructured, and semi-structured, the industry can produce and handle data at a startling rate. This type can be difficult when attempting to verify the truth or ensure the data's quality. The EHRs can offer a wealth of data that is available for analysis to advance our knowledge of disease causes and to deliver better, more individualized healthcare, but the data structures present a challenge to conventional methods of analysis. Therefore, adopting big data analytics technologies is necessary to transform the raw data into relevant and actionable information.[1]

II. BACKGROUND

2.1. Defining Big Data

"Big data" is a term used to describe massive amounts of data that are produced quickly and contain a lot of information. Unstructured sources of this data include streams of web clicks, social media platforms (Twitter, blogs, Facebook), call center call recordings, video recordings from stores, real-time information from various types of sensors, RFID, GPS, mobile phones, and other devices that identify and monitor something. Big Data is a potent digital data silo that is unstructured, acquired from a variety of sources, raw, and hard or even impossible to analyze using conventional techniques used so far for relational databases.[2]

2.2. Big Data Properties

The six "Vs," as shown in Figure 1, (value, volume, velocity, variety, veracity, and variability), are characteristics that define big data. The three of them (volume, velocity, and variety) are recognized as the main

characteristics of big data. In addition to these six "Vs," some authors have established more than these six attributes as described below to explain the characteristics of big data (volume, velocity, and variety), which are recognized as the main characteristics of big data. Knowing how to measure big data requires an awareness of these characteristics. [1],[3]



Figure 1: The 6 V's of big data.

- Volume (refers to the amount of data and is one of the biggest challenges in Big Data Analytics),
- Velocity (the speed with which new data is generated, the challenge is to be able to manage data effectively and in real-time),
- Variety (heterogeneity of data, many different types of healthcare data, the challenges to derive insights by looking at all available heterogeneous data in a holistically manner),
- Variability (inconsistency of data, the challenge is to correct the interpretation of data that can vary significantly depending on the context),
- Veracity (how trustworthy the data is, quality of the data),
- Visualization (ability to interpret data and resulting insights, challenging for Big Data due to its other features as described above).
- Value (the goal of Big Data Analytics is to discover the hidden knowledge from huge amounts of data).[2]

The open-source distributed data processing platform Apache Hadoop MapReduce, which is based on data-intensive computing and (No-SQL) Not only Structured Query Language data modeling approaches, is a very relevant and promising software platform for the development of applications that can manage big data in medicine and healthcare.[3]

2.3 Big data analytics

Big data analytics can uncover unknown patterns and trends, hidden correlations, and other important information from data (value). This theory is based on the data life cycle framework, which begins with data capture, continues through data transformation, and finishes with data consumption.[5]

BDA outcomes give analytics experts, predictive modelers, and data scientists the ability to analyze and look at massive amounts of data sets with a variety of data types that may be undiscovered using conventional analytics techniques. BDA may result in advantages in the marketplace, increased operational effectiveness, greater customer service, more fruitful new opportunities, and other benefits.[7]

III. Research Methodology

To accomplish the objectives of this study, we employed a quantitative strategy, more

specifically, a content analysis of different cases, to classify and comprehend the capabilities of big data analytics and the potential advantages associated with their utilization. The next subsections discuss the methods used to collect the cases, the techniques used, and the steps involved in case analysis.

3.1 Cases collection

Our instances were derived from current and previous big data projects using data from a variety of sources, including case collections, print publications, practical journals, and reports from businesses, vendors, consultants, and analysts.

3.2 Source of the information

To locate relevant research publications, we looked at four databases: (1) IEEE Xplore, (2) ScienceDirect, (3) Springer, and (4) Scopus. The main search terms we used in these databases were "big data" or "big data analytics," as well as "healthcare" or "medicine".

3.3 Selection Criteria

The review method for this work is depicted in Figure 4. Five rules are followed: (i) search strategy, (ii) selection criteria, (iii) study selection procedure, (iv) quality assurance, and (v) qualitative and quantitative analysis. We concluded by outlining what was done in each phase.

Due to their open access and flexible date restriction policies, we chose Google Scholar and Science Direct as the main search engine platforms for gathering pertinent articles.

Only pertinent journal and conference papers, though, were downloaded.

Big data, big data analytics, big data in health care, Apache Spark, and Hadoop were the five key terms utilized in the search, according to the authors. However, using Google Trends, we see a number of inquiries that are relevant to our five keywords. The terms "big data and data analytics," "analytics of big data," "data analytics," "analytics," "Hadoop," "big data Hadoop," and "Hadoop spark" are only a few of those that were used in this study as auxiliary terms.

Based on an inclusion-exclusion criterion that we had agreed upon, the articles were evaluated. The following requirements must be met for inclusion: (i) the article must be written in English, (ii) it must deal with big data and BDA, (iii) it must have been published between 2015 and 2021, and (iv) it must have been published in a journal or conference. In contrast, the exclusion criteria were (i) papers published outside of a journal or conference and (ii) articles not published between 2015 and 2021. Even more, papers not published in Elsevier, Springer, or IEEE, review-based articles on BDA, Initially, in the primary screening phase, all the publications pertinent to the current study (big data and BDA) were carefully chosen. The checked articles (3030) were screened in Stage one according to our inclusion and exclusion criteria (see Fig. 2), we excluded inappropriate papers (i.e., papers not published in English and duplicate or overlapping publications). We then selected the remaining publications based on their title, abstract, publishers, and type of publishing, and we excluded any that had no relevance to the planned study. In the last round of screening, these articles were selected based on the abstracts using the Boolean AND operator on all of the defined search terms.

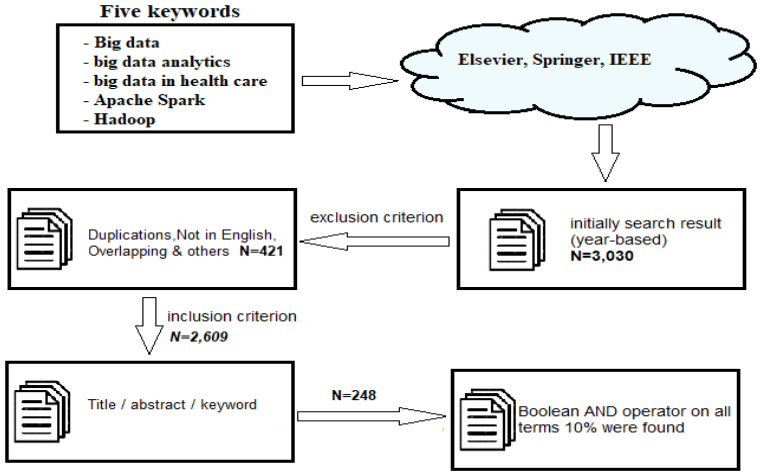


Figure 2: Research Process.

IV. Result and Discussion

Based on this study, we found that many sources of big data are not processed by traditional data processing techniques, and these data are growing exponentially every moment. Therefore, the health care sector should pay attention to stockholders or decision makers to provide the best services in this sector by extracting valuable information from stacks of data generated from patients, sensors, electronic health records, patient records history, x-ray devices, etc.

This extraction is achieved through data analyst profession, which must have enough capabilities to analyze data using tools and platforms.

We will discuss the sources of big data and the tools and platforms that are most effective for extracting hidden patterns from big data. We will present the challenges faced by big data analytics.

4.1 Source of Health Care Big Data

The data acquired, gathered, and stored in the healthcare sector may be dispersed from diverse sources with varied structures, forms, and types. Data on physiological, behavioral, clinical, medical imaging, disease administration, prescription drug records, diet, and exercise factors are all included in healthcare big data. However, the majority of the studies under consideration agreed on the following common sources and types of big data streams in the healthcare sector [1]:

- Clinical data includes data from electronic medical records, hospital information systems, imaging centers, labs, pharmacies, and other businesses that provide healthcare services, as well as patient-generated health data, free-text notes from doctors, genomic data, and data from physiological monitoring.
- Biometric data is generated by various devices that monitor things like glucose levels, blood pressure, weight, etc.
- Financial data includes a complete accounting of all economic activity.
- Data from scientific research projects, i.e., results of studies on drugs, medical device design, and innovative treatment methods.
- Data provided by the patients, such as a description of their preferences and their degree of satisfaction, and data from systems for tracking their own activities, such as how much they exercise, sleep, eat, and so on.
- Data from social media.

As a result, there is promise for big data analysis, especially in the areas of raising medical care standards, saving lives, and reducing costs. By sorting through this maze of given association rules, patterns, and trends, healthcare service providers and other stakeholders will be able to offer patients more precise and insightful diagnoses, personalized treatment, patient monitoring, preventive medicine, support for medical research and the population's health, better quality medical services, and patient care while also being able to reduce costs[2],[7].

4.2 Big data analytics infrastructure and tools

Contrary to common belief, Hadoop is not the most effective or widely used technology in BDA, as shown by our findings. We found that Spark, followed by Hadoop is the DBA tool that researchers in this discipline use the most frequently. This result can be explained by the fact that Spark is more efficient and user-friendly for big data analytics than Hadoop MapReduce. Additionally, it is thought that Spark processes data more quickly than Hadoop [9],[10].

However, a comparison study reveals that Spark uses more memory during operation than Hadoop since it loads all processes into memory and caches them for a while [8],[9],[10]. As a result, this article advises basing your decision on these two platforms' various features. For example, cost, ease of use, memory restrictions, fault tolerance, performance level, data processing type, and security, and demonstrate their suitability for the project at hand and the organization's present and future demands. In conclusion, as more businesses and researchers have discovered the sweet spot to adopt these platforms, the open-source industry for the Spark and Apache frameworks has experienced tremendous growth. Table.1 shows comparison between Hadoop and Spark [11].

Table 1

HADOOP vs SPARK COMPARISON		
	HADOOP	**SPARK**
What is it?	Open-source framework for distributed data storage and processing	Open-source framework for in-memory distributed data processing and app development
Initial release	2006	2014
Supported Languages	Java	Scala, Java, Python, R
Processing methods	Batch processing, using hard discs to read/write data	Batch and micro-batch processing in RAM
Built-in capabilities	✓ File system (HDFS) ✓ Resource management (Yarn) ✓ Processing engine (MapReduce)	✓ Processing engine (Spark Core) ✓ Near real-time processing (Spark Streaming) ✓ Structured data processing (Spark SQL) ✓ Graph data management (GraphX) ✓ ML library (MLlib)
Best fit for	Delay-tolerant processing tasks, involving huge datasets	Almost instant processing of live data and quick analytics app development
Real-life use cases	✓ Enterprise archived data processing ✓ Sentiment analysis ✓ Predictive maintenance ✓ Log files analysis	✓ Fraud detection ✓ Telematics analytics ✓ User behavior analysis ✓ Near real-time recommender systems ✓ Stock market trends prediction ✓ Risk management

4.3 Spark Architecture

Data science regularly makes use of Apache Spark, an in-memory data processing engine with a functional flavor and superior semantics for iterative types of computation. Spark was developed to become the most efficient tool for data analytics and expanded to become a top-level Apache project with additional components such as Spark SQL, MLlib, and stream processing in addition to the fundamental processing capabilities. The RDD (resilient distributed dataset), which is a distributed sequence of objects with an implicit mechanism to accommodate failure, is the fundamental data construct used by Spark. To rebuild some of the missing data, Spark may repeat the operations on a subset of the data. The relational operators, like union, distinct, filter, and join, that are integrated into the Spark programming paradigm can be applied lazily to RDDs. Figure 3 shows the general Hadoop architecture with HDFS, Yarn and the processing engine Spark

.

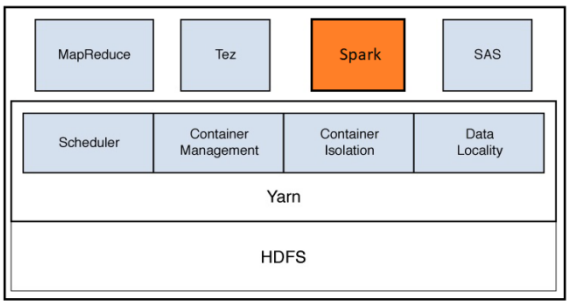


Figure 3 Hadoop architecture with HDFS, Yarn, processing engine Spark.

Apache Spark is a relatively new framework for distributed, in-memory data processing, as was already mentioned. Pre-processing of data is greatly facilitated by Spark's support for interactive data processing with support for Python or Scala.
The main abstraction of Spark is that of a resilient distributed dataset (RDD), which can be processed using any transformation logic written in Scala or Python as well as other relational algebra operators (such as select, filter, join, and group by).
A fresh, more practical abstraction called a DataFrame is built on top of this idea to make slicing and dicing data even simpler. This API is convenient to Python's Pandas library's practical slicing and dicing APIs.
As it continues to develop, Spark now offers a lot more capabilities than its original RDD-based processing engine[12] (as in Figure 4).

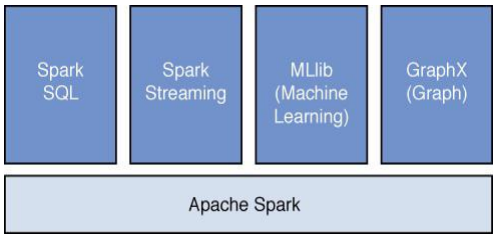


Figure 4 Spark architecture

Spark SQL provides an alternative to Hive for SQL on distributed datasets. The DataFrames API, which offers a more programmatic API for quickly and efficiently processing large datasets using relational algebra, is supported by Spark SQL, which is built on top of Spark Core. This API supports both conventional SQL queries and relational algebra. The ability to perform some processing in SQL and continue from there in Spark without writing the data to disk is one of the most interesting aspects of Spark SQL.

Spark Streaming, similar to Apache Storm, is a Spark component for creating scalable, fault-tolerant streaming systems. Slice-based data processing is one way this functionality is implemented, as is an extension to the standard Spark API. As opposed to the resilient distributed dataset (RDD) that the standard Spark dataset abstraction is, the discretized stream used by the Spark streaming dataset abstraction (DStream).On these discretized segments of the stream, processing can then take place.

Spark MLlib has an implementation of several machine learning methods across distributed datasets that is provided by the machine learning library, which is integrated with the Spark toolset. With each new Spark MLlib release, the library of supported algorithms expands, but many of the most popular algorithms, such as linear and logistic regression, support vector machines (SVM), decision trees and random forests, k-means clustering, singular value decomposition (SVD), and many others, are already present.

Spark GraphX offers a toolkit for graphs and graph-parallel computations on top of Spark, with support for popular algorithms like PageRank, label propagation, triangle count, and others.[12]

4.4 Big data analytics Challenges in Healthcare

With the rate of data explosion, the biggest difficulty in dealing with big data is that current or traditional systems are incapable of storing and processing data of this quantity and type. As a result, cloud computing can be used to tackle the storage problem, where small and medium-sized hospitals and care groups would be able to reduce cost and data storage difficulties even more, and they would be able to scale out storage, reduce infrastructure maintenance, and increase the availability of health care system services, such as those of cloud providers Amazon Web Services, Microsoft Azure, and Google Cloud Platform, which are the top cloud service providers that dominate the worldwide cloud market.
These three cloud providers have the experience and expertise to provide a dependable and feature-rich cloud platform. However, before committing to a certain cloud platform, you must conduct due diligence and analyze each platform to thoroughly grasp their capabilities and differences.[1],[13]
and other challenges in big data analytics in the healthcare sector and elsewhere Data ownership is a critical and ongoing issue in big data applications. Though petabytes of medical records normally belong to the healthcare providers, governmental healthcare systems, or hospitals that developed them, the information contained inside them does not. Patients, on the other

hand, believe that they own the data. This dispute may be resolved through the legal system unless healthcare practitioners have written permission from patients before using data for experiences or research aims.[14]
Furthermore, multiple studies [15, 16, 17] have highlighted the difficulty in dealing with this vast and unprecedented amount of data made up of various data types and even streaming data.
As a result, big data is high-dimensional, diversified, massive, complex, incomplete, amorphous, noisy, and erroneous, making data pre-processing in BDA difficult. However, it is essential to ensure that machine learning models perform well and with high accuracy.[6]

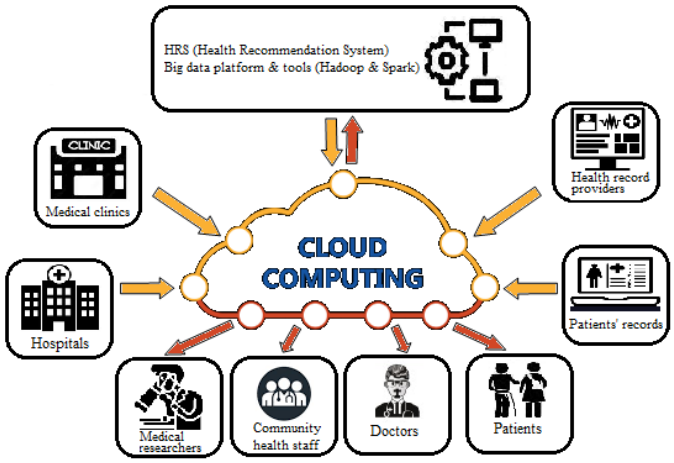


Figure 5 recommender system and its stakeholders

The primary trend in the healthcare sector is a switch from structured to semi-structured and unstructured data (e.g., home monitoring, telemedicine, sensor-based wireless devices, transcribed notes, images, and video).

The suggested recommender system for big data analytics is shown in Fig. 5, which is composed of eight stakeholders' components: (1) Hospitals, (2) Medical Clinics, (3) Patient Records, (4) Health Record Providers, (5) Medical Researchers, (6) Community Health Staff, (7) Doctors, and (8) Patients, in addition to two components of the recommender system for data analysis using Hadoop, Spark, and cloud computing for use in storing large amounts of data.
These components make up the big data analytics components that carry out specialized tasks, enabling healthcare administrators to grasp how to use big data implementations to transform healthcare data from numerous sources into useful clinical information.

All the data sources required to deliver the insights needed to support regular operations and resolve business challenges are included for the first four components. Structured data, like conventional electronic health records (EHRs), semi-structured data, like the logs of health monitoring devices, and unstructured data, like clinical photographs, are three categories of data. Depending on the format of the content, these clinical data are gathered from various internal or external sites and saved right away in cloud databases.[5]

In contrast, the recommender system performs analytics using Hadoop and Spark as tools for the data stored in cloud databases that contain databases of the type NO-SQL like Mongodb, and it transforms the data into useful information or clinical information to use it for the remaining four components

4.5 recommended system with big data analytics tools

The use of the cloud in conjunction with data has become a more recent trend in big data analytics technologies. A "big data in the cloud" option, such as software-as-a-service (SaaS), that provides an alluring alternative at a reduced price, has gained increasing traction with businesses. By 2016, using cloud computing services for big data analytics systems that enable real-time analytic capability and cost-effective storage will become a favored IT solution, according to Gartner's 2013 IT trend prediction.

(medical researchers, community health staff, doctors, and patients) for decision-making.

V. Conclusions

Our research has provided a deeper understanding of how healthcare firms may use big data analytics to transform data into useful information. For better illness treatment and diagnosis in medicine, big data's function is to build better prediction models with tools that can analyze and process massive amounts of data to get future insight.

The main limitation of this study is obtaining data from sources. To analyze big data, analysts must be able to collect, clean, and visualize row data in order to create models that can be used with the existing tools for analysis. Finally, we recommended a proposed system utilizing big data analytics and exploiting cloud computing to store and manage the vast amount of data and involve using tools and platforms such as Spark and Hadoop in the healthcare sector.

The reason for choosing the architecture Hadoop with Spark instead of Hadoop with MapReduce is that Spark is faster than MapReduce because it is based on memory for data processing. In contrast, MapReduce is based on disk for data processing.

References

[1] BIG DATA ANALYTICS IN HEALTH CARE: A REVIEW PAPER Maria Mohammad Yousef Department of Computer Science, Al-albayt University, Jordan ,Vol 13, No 2, April 2021.

[2] The use of Big Data Analytics in healthcare Kornelia Batko1* and Andrzej Ślęzak2 Batko and Ślęzak Journal of Big Data (2022) 9:3 , Springer Open.

[3] Big Data Analytics in Medicine and Healthcare Blagoj Ristevski1 / Ming Chen2 Journal of Integrative Bioinformatics. 2018; 20170030.

[4] Big Data Analytics for Healthcare Recommendation Systems Muhib Anwar Lambay , Dr. S. Pakkir Mohideen , B. S. Abdur Rahman , IEEE ICSCAN 2020 , ISBN 978-1-7281-6202-7

[5] Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefitsfor healthcare organizations YichuanWanga,□, LeeAnn Kung b, Terry Anthony Byrd aTechnological Forecasting & Social Change126 (2018) 3–13 ScienceDirect

[6] A Mini-Review of Machine Learning in Big Data Analytics: Applications, Challenges, and Prospects Isaac Kofi Nti*, Juanita Ahia Quarcoo, Justice Aning, and Godfred Kusi Fosu. BIG DATA MINING AND ANALYTICS , ISSN 2096-0654 01/06 pp 81 – 97 ,Volume 5 , Number 2, June 2022 , DOI: 10.26599/BDMA.2021.9020028.

[7] Big Data Analytics in Healthcare — A Systematic Literature Review and Roadmap for Practical Implementation Sohail Imran, Tariq Mahmood, Ahsan Morshed, and Timos Sellis, Fellow, IEEE/CAA JOURNAL OF AUTOMATICA SINICA, VOL. 8, NO. 1, JANUARY 2021

[8] A comprehensive performance analysis of Apache Hadoop and Apache Spark for large scale data sets using N. Ahmed, A. L. C. Barczak, T. Susnjak, and M. A Rashid, HiBench, J , Big Data, vol. 7, no. 1, p. 110, 2020.

[9] Comparative study between Hadoop and Spark based on Hibench benchmarks, in Proc. Y. Samadi, M. Zbakh, and C. Tadonki,2nd Int. Conf. Cloud Computing Technologies and Applications, Marrakech, Morocco, 2016, pp. 267–275.

[10] Performance comparison between Hadoop and Spark frameworks using HiBench benchmarks, Concurrent Computing , Y. Samadi, M. Zbakh, and C. Tadonki, Pract. Exp. vol.30, no. 12, p. e4367, 2018.

[11] https://www.altexsoft.com/blog/hadoop-vs-spark/ date visited 06/11/2022.

[12] Practical Data Science with Hadoop® andSparkDesigning and Building Effective Analytics at Scale OferMendelevitch, Casey Stella, Douglas EadlineCopyright © 2017 Pearson Education, Inc (Book).

[13] https://www.bmc.com/blogs/aws-vs-azure-vs-google-cloud-platforms/ date visited 8/11/2022.

[14] "Who Owns the Data ?", Open Data for Healthcare, P. Kostkova , vol.4. 17 February 2016.

[15] A survey of machine learning for big data processing, EURASIP J . Adv. Signal Process. J. F. Qiu, Q. H. Wu, G. R. Ding, Y. H. Xu, and S. Feng, vol. 2016, no. 1, pp. 67, 2016.

[16] Big data for secure healthcare system: A conceptual design, Complex Intell. Syst, B. K. Sarkar, vol. 3, no. 2, pp. 133–151, 2017.

[17] Big data analytics: A survey, J . Big Data. C. W. Tsai, C. F. Lai, H. C. Chao, and A. V. Vasilakos, vol. 2, no. 1, p.21, 2015.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Comparing the types of Naive Bayes in the Classification of the Arabic text

Fawzia Mansur
dept. Computer Science
Omar Al-Mukhtar University
Albayda,Libya
fawzia.abdalgani@omu.edu.ly

Abstract*— Arabic is one of the Semitic languages of antiquity. It is one of the six official languages of the UN. Arabic Classification plays an important and essential role in modern times Apps. There is a big difference between dealing with English text and Arabic text classification. preprocessing is also challenging for Arabic text. In order to determine to which, document it belongs A specific category, an existing technology such as text classification must be used. The classification of Arabic texts is one of them. One of the most important problems in the field of information retrieval for the confidentiality of the Arabic language. In this article, Bayes the text classifier will be studied in its six forms found in WEKA tool. The results of the classifiers were compared using three well-known metrics: precision, recall, and F-measure. Keywords— *Arabic Text Classification; Naïve Bayes; Weka; Precision; Recall; and F-Measure.

I. INTRODUCTION

Machine-readable information is available in large size and the increase in quantities complicates comprehension and use. Machine learning (ML) provides tools that help organize vast numbers of texts and detect them automatically [1]. Data classification is the method of organizing data in categories for its most effective and efficient use. Well planned data classification system makes it easy to find the necessary data and retrieve it. This can be of particular meaning for risk management, legal discovery, and compliance. Metrics and guidelines for data classification should be defined what categories and criteria will the organization use classify data and specify the roles and responsibilities of staffs within the organization regarding data stewardship. Once the data classification scheme has been established, the security ethics determine appropriate handling practices for each category and storage standards that define the data's lifecycle requirements must be addressed. In order to facilitate the recovery of files as needed and within the content, many classifications have emerged Algorithms related to different data types. This paper tries to study and compare the following Bayes Classifiers variations Bayes Net, Naïve Bayes, Naïve Bayes Multinomial, Naïve Bayes Multinomial Text, Naïve Bayes Multinomial Updateable and Naïve Bayes Updateable. For a purpose experiment with classifiers applied to datasets extract from Al-Hayat News in Arabic. The datasets are categorized into seven categories such as: news, economy, science, automotive, technology, general and sports. The Arabic language belongs to the family of Semitic languages, which is part of the African and Asian languages group and is the official language of all Arab countries and is one of the six official languages of the United Nations. Arabic contains 28 characters: أ - ب – ت – ث – ج – ح – خ – د – ذ – ر – ز – س – ش – ص – ض – ط – ظ – ع – غ – ف – ق – ك – ل – م – ن – هـ - و – ي) .

There are pre-tested dataset processes called Natural Language processing (NLP), which is an Artificial Intelligence (or machine learning) that is capable of it understand human speech. It is one of the areas computational computing and linguistics involved with interactions between computers and human languages. The challenges to understanding the natural language are to understand and analyze language.

II. RELATED WORKS

In literature, several articles compare the Arabic text classification methods. Next, a comparison studies on the classification of Arabic text carried out over the last ten years: The authors, in [2], compare six classification models: Support Vector Machine (SVM), Naïve Bayes (NB), Random Forest (RF), Scission Tree (DT), Logistic Regression (LR). The authors used only one feature extraction technique, namely, the Bag of Words (B o W). For his experiences, the authors used the DSAC group [3]. Results are experienced Showed that logistic regression the best f-score. Watson in [4], says Naive Bayes is brilliant Learn the workbook assuming that the features Independent and, despite the lack of independence, naïve Bayes assumes it is competing with the more advanced
Workbooks in the classification process. The main objective of Naive Bayes is an understanding of properties of data that affect its performance. Alexander and Cheryl in [5], tried an experiment that Knife Bayes in the Presence of Naive Bayes Imbalance A polynomial is a classifier used in many applications widespread and successful when applied to text classification. This workbook requires some form of smoothing when estimating the parameters.

III. THE PRE-PROCESS PHASE

The Arabic dataset collected needs to be preprocessed before running classifiers for optimization ranking results. This step can be considered normal NLP language processing which can be divided into four Steps: tokenization, normalization, stop word removal and stemming.

First, tokenization is a process of segmentation of a sequence of string into pieces of keywords, phrases, symbols, etc., called Tokens. The Token can be single or whole words phrases in the Tokenization process and some characters, Like punctuation, it is ignored. Tokens become entries for other operations such as analysis and data mining. The tokenization challenges depend on the type of language each token is separated and the other depending on white spaces. Documentation and tokenization are done per class each other's word in the document, abstract words and treat accented letters and pronouns as code. This useful in the information retrieval process by clarifying words for easy understanding by data mining tools such as WEKA.

The second step is normalization, which is a process convert a group of words into a more coherent and precise group sequence. So that word processing will be easy as it converts words into a standard form through operations that make it capable of working with and processing data. Normalization improves text matching by taking into account synonyms of the word meaning, method of writing and abbreviations. This helps greatly in the process of retrieving data and information. In addition, normalization is an important process for the texts used in the process of retrieving information and improving the process for the best results.

The third step deals with the stop word which is a letter or word that does not mean meaning alone, but it has a role of connecting the sentences in order to complete the meaning. Stop word removal is one of the steps in preprocessing, it simply removes the stop word from the document. Stops the process of deleting words deletes meaningless words like pronouns. In other words, it removes the words that do not affect the meaning but improve the results of the retrieval and classification processes.

The last step is the derivation process which returns the words to their roots and remove extra characters like "ال" ،"و" ،"ون" ،"وا". Stemming is a data pre-processing step Information retrieval processing and classification. Stemming usually refers to the removal of word endings by correctly thinking about the optimal solution and accurately and often represents the removal of derivational affixes [6]. This process is used in the search engines to meet the user's needs for a particular word to be searched by its root, thus increasing the available options and then improving the results. After implementing the above four steps, the datasets are converted to Attribute Relationship File Format (ARFF). The ARFF is a text file describing a list of posts that share the same thing. Characteristics and common characteristics of the original text. It has been developed by the Waikato University Learning Project for use with the WEKA Tool.

WEKA Tool is a machine learning classifier, which is a machine learning platform based on the Waikato environment for Knowledge analysis. WEKA Tool has many features such as: Open source, GUI, command line interface, java APIs and documentation. Reason for success WEKA is that it can be easily used by beginners who don't have sufficient knowledge of any programming language. In addition, WEKA has many functions such as: data preprocessing, classification, grouping, isotropy, Feature selection search, correlation search algorithm Rules and GUI. After loading the ARFF on WEKA, we activate the StringToWordVector Filter on ARFF where the filter extension is: Weka. Filters. Unsupervised. Attribute. StringToWordVector, it is a filter that converts the String Attribute into a set of attributes to represent word occurrence. The results will run every six seeders comparison using known measures such as: accuracy, reminder and measurement F.

Precision is the positive predictive value. It's part of Related cases among the cases extracted from the results process and is expressed by the following equation:

$$Precision = \frac{|\{Relevant\ Document\} \cap \{Retrived\ Document\}|}{|\{Retrived\ Document\}|} \quad (1)$$

Recall is described as a measure of sensitivity, which is part of the relevant cases of more than a total number. The relevant cases are expressed as follows:

$$Recall = \frac{|\{Relevant\ Document\} \cap \{Retrived\ Document\}|}{|\{Relevant\ Document\}|} \quad (2)$$

The third measure of comparison is the F-measure. It is a measure of the accuracy of the tested classifier, which is the harmonic rate of precision and recall can be Expressed as follows:

$$F\text{-}measure = 2 * \frac{(Precision * Recall)}{(Precision + Recall)} \quad (3)$$

IV. BAYES CLASSIFIERS

A Bayes Net is a model that reflects states that are part of the world being modeled and describes how they relate to one another. The model may be linked to any Entity or States in this world and can be represented by Bayes Net and all existing and potential States that exist and can be modeled by the Bayes Net. The possibilities come from the assumption that some States occur frequently when other states exist. This model is useful because it helps us to understand the world we want to model and helps us to predict the results of States in this world. This model is often easy to represent and model the world and the States From which. This saves a large percentage and accounts. Bays net helps decision making helps achieve more accuracy prediction case, just compare your model with degrees of goodness and badness. The main goal is to reach the state of maximizing pleasure and minimizing pain, what Thomas Bayes called Bayes. In summary about Bayes Net, it is a model and every model represents a state in this world and there is also a relationship between these States which is a mathematical tool for modeling the world which is flexible and adaptable to any degree of knowledge and is computationally efficient and can be applied anywhere. Naïve Bayes is a classifier from the Bayes family and is based on the Bayes Theorem. Assuming independence between novices, the Naive Bayes model is easy to build and very useful with the large numbers, although it is simple to install and often outperforms its classifiers. It is an algorithm used for the classification process and uses the Spam Filters. The Bayes classifiers are widely used for automatic learning because they are easy to

implement. Naïve Bayes Multinomials a specialized version of Naive Bayes that is more precisely designed for text files. The task of classification is after the introduction of the training data. The workbook automatically classifies the categories we entered into the automatic learning process. Naïve Bayes Multinomial Updateable is an extension version of Naïve Bayes Multinomial; whereas a Naïve Bayes Updateable is a modified version of Naïve Bayes Classifier.

V. TEST BAYES CLASSIFIERS

In this section, six Bayes classifiers will be tested using Weka and analyzed their results with standard measurements. They are: Precision, Recall, Measure and. classifier where it was performed on a specific dataset generated by the authors out of paper. The dataset contains 340 texts from
Al-Hayat News Arabic newspaper, divided into seven categories Follow: news, economy, science, automotive, technology, general and sports. Each chapter contains 50 texts.

A. Bayes Net

The first classifier tried is Bayes Net, Table 1 displays WEKA results for this classifier. This table and the remaining tables (from table 2 to table 6) contain four columns as follow: Class Name, Precision, Recall, and F-Measure. The last row is the average of the whole classes. The best result recall was with News class.

TABLE 1: BAYES NET RESULT

Class	Precision	Recall	F-Measure
Cars	0.357	0.543	0.431
Computer	0.167	0.073	0.102
Economy	0.250	0.120	0.162
General	0.417	0.510	0.459
News	0.308	0.560	0.397
Science	0.500	0.480	0.490
Sports	0.391	0.188	0.254
Average	0.345	0.359	0.333

Range values for Bayes Net classifier results were close

B. Naïve Bayes

The second classifier tried is Naïve Bayes, Table 2 displays WEKA results for this classifier. best result accuracy recall was with News and Science class.

TABLE 2: Naïve BAYES RESULT

Class	Precision	Recall	F-Measure
Cars	0.321	0.391	0. 353
Computer	0.308	0.098	0.148
Economy	0.167	0.100	0.125
General	0.615	0.163	0.250
News	0.333	0.780	0.467
Science	0.574	0.780	0.661
Sports	0.351	0.271	0.306
Average	0.384	0.377	0.336

The average values for Precision, Recall, and F-Measure using Naïve Bayes are higher than the resulted values Bayes Net classifier

C. Naïve Bayes Multinomial

The third experimented classifier is Naïve Bayes Multinomial, table 3 shows the WEKA results for this Classifier, best result Accuracy recall was with Sports class.

TABLE 3: Naïve Bayes Multinomial RESULT

Class	Precision	Recall	F-Measure
Cars	0.571	0.087	0.151
Computer	0.333	0.024	0.045
Economy	0.231	0.500	0.316
General	0.485	0.327	0.390
News	0.250	0.060	0.097
Science	0.385	0.300	0.337
Sports	0.250	0.688	0.367
Average	0.356	0.290	0.249

The results of Naïve Bayes Multinomial were closed to the results from Naïve Bayes

D. Naïve Bayes Multinomial Text

The fourth experimented to try is Naïve Bayes multinomial text, Table 4 shows the WEKA results for this classifier. All of the results were very low, except the recall value for the Economy class

TABLE 4: Naïve Bayes Multinomial Text RESULT

Class	Precision	Recall	F-Measure
Cars	?	0.000	?
Computer	?	0.000	?
Economy	0.150	1.000	0.260
General	?	0.000	?
News	?	0.000	?
Science	?	0.000	?
Sports	?	0.000	?
Average	?	0.150	?

E. Naïve Bayes Multinomial Updateable

The fifth experimented classifier is Naïve Bayes Multinomial Updateable, table 5 shows the WEKA results. best result Accuracy recall was with Sports class.

TABLE 5: Naïve Bayes Multinomial Updateable RESULT

Class	Precision	Recall	F-Measure
Cars	0.571	0.087	0.151
Computer	0.333	0.024	0.045
Economy	0.231	0.500	0.316
General	0.485	0.327	0.390
News	0.250	0.060	0.097
Science	0.385	0.300	0.337
Sports	0.250	0.688	0.367
Average	0.356	0.290	0.249

F. Naïve Bayes Updateable

The sixth experimented classifier is Naïve Bayes Updateable, table 6 shows the WEKA results for this classifier. best result Accuracy recall was with News and Science class.

TABLE 6: Naïve Bayes Updateable RESULT

Class	Precision	Recall	F-Measure
Cars	0.321	0.391	0.353
Computer	0.308	0.098	0.148
Economy	0.167	0.100	0.125
General	0.615	0.163	0.258
News	0.333	0.780	0.467
Science	0.574	0.780	0.661
Sports	0.351	0.271	0.306
Average	0.384	0.377	0.336

All the results of Naïve Bayes Updateable are matched exactly to the results of Naïve Bayes classifier.

VI. **COMPARISON THE SIX CLASSIFIERS**

This section compares the results of the six Classifiers, in order to describe the best classifier among all the classifiers resulting from the classification process using Bayes Classifiers that were applied on an Arabic dataset. Table 7 summarizes all the results from tables 1 to 6. It takes the last row from all tables that represents the average values of: Precision, Recall, and F-Measure.

TABLE 7: CLASSIFIERS RESULT ANALYSIS

Classifier	Avg. Precision	Avg. Recall	Avg. F-Measure
Bayes Net	0.345	0.359	0.333
Naïve Bayes	0.384	0.377	0.336
Naïve Bayes Multinomial	0.356	0.290	0.249
Naïve Bayes Multinomial Text	?	0.150	?
Naïve Bayes Multinomial Updateable	0.356	0.290	0.249
Naïve Bayes Updateable	0.384	0.377	0.336

It is noticed that the best values were generated from Naïve Bayes and Naïve Bayes Updateable. In the other side, the worst results were from Naïve Bayes Multinomial Text.

VI. CONCLUSION

In this article, Bayes the text classifiers studied in its six variations that found in WEKA tool. The results compared using classifiers Three well-known scales: precision, recall, and the F-measure. The best values were generated from Naïve Bayes and Naïve Bayes Updateable. And the worst results were from Naïve Bayes Multinomial Text.

REFERENCES

[1] E. G. Dada, J. S. Bassi, H. Chiroma, A. O. Adetunmbi, and O. E. Ajibuwa, "Machine learning for email spam filtering: review, approaches and open research problems," Heliyon, vol. 5, no. 6, p. e01802, 2019.

[2] M. A. H. Madhfar and M. A. H. Al-Hagery, "Arabic text classification: A comparative approach using a big dataset," in 2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS), 2019, pp. 1-5.

[3] M. Biniz, "DataSet for Arabic Classification," Mendeley Data, V2, doi: 10.17632/v524p5dhpj.2, 2018.

[4] T. Watson, "An empirical study of the naive Bayes classifier", IJCAI 2001 workshop on empirical methods in artificial intelligence.

[5] Y. Alexander, and E. Cheryl, "Smoothing Multinomial Naïve Bayes in The Presence of Imbalance", International Workshop on Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition, 2011.

[6] M. Otair, "Comparative Analysis of Arabic Stemming Algorithms". International Journal of Managing Information Technology (IJMIT), Vol. 5, No.2, 2013.

[7] M. Bilal, H. Israr, M. Shahid and A. Khan, "Sentiment classification of Roman-Urdu opinions using Naïve Bayesian, Decision Tree and KNN classification techniques," Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, 2015.

[8] O. Einea, Elnagar, A., & Al Debsi, R., "SANAD: Single-Label Arabic News Articles Dataset for Automatic Text Categorization.," Mendeley Data, V2, doi: 10.17632/57zpx667y9.2., 2019

[9] T. Zerrouki, "Tashaphyne, Arabic light stemmer.", 2019.

[10] M. Ahmed and R. Elhassan, "Arabic text classification review," International Journal of Computer Science and Software Engineering, vol. 4, pp. 1--5, 2015.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

استخدام تقنيتي الضغط والتشفير لحماية الملفات النصية في الحوسبة الالكترونية

حنان علي الزلعوطي 1 ، هناء سعدالتائب 2
[1]المعهد العالي للتقنية الصناعية النجيلة ، جنزور، ليبيا
[2]الجامعة المفتوحة طرابلس ، جنزور، ليبيا
habaaahados@gmail.com[2] ،zalwotee82@gmail.com[1]

الملخص: يهدف هذا البحث الى انشاء نظام حماية البيانات وإمكانية الاستفاده منه في تقنيات الحوسبة الاكترونية. نظرا لما تتطلبه هذه التقنية من توفير مساحة لتخزين المعلومات مع ضمان حمايتها في نفس الوقت . ففي هذا البحث تم الدمج بين تقنية التشفير باستخدام خوارزمية معيار تشفير البيانات **(**DES(Data Encryption Standard وتقنية الضغط باستخدام خوارزمية هافمان اضافة الى عملية الدمج التي تم فيها تشفير النص المضغوط من خلال خلط كل 8 بت متجاوران ببعضهما لتغيير ناتج عملية الضغط واخفاء معالم الضغط . كما تم استخدام مفتاح سري بطول 16 بايت للتأكد من هوية المستخدم و تم تضمينه داخل النص بعد عملية الضغط مع 16بايت الاولى للنص المصغوط . وفي هذه الورقة سوف يتم تقديم النتائج من حيث نسبة الضغط والوقت اللازم لتنفيذ المقترح ومقارنتها بدراسة اخرى تم فيها الاعتماد على خوارزمية **DES** مع خوارزمية LZW .

الكلمات المفتاحية: السحابة الحاسوبية، التشفير ، الضغط ، خوارزمية معيار تشفير البيانات.(DES) ، خوارزمية هافمان.

1. المقدمــة.

ان زيادة استخدام الانترنت والتواصل بين الكيانات وزيادة انتشاراستخدام انترنت الاشياء ، زادت معها حجم البيانات التي يتم حفظها في خوادم الحوسبة الاكترونية.وبالتالي زادت اهمية حماية وامن المعلومات معها ، الامر الذي جعل العالم اليوم يوجه انظاره لهذه التقنية وايجاد الحلول والطرق لحماية المعلومات وتوفير المساحة التخزينية وسعة وسائل النقل [1]. هناك العديد من انظمة حماية المعلومات وتختلف باختلاف استخداماتها وشكل البيانات التي تنتج عنها . منها علم التشفير وهو علم يهتم بتغيير محتوى الرسائل وجعلها غير مفهومة دون الاهتمام بحجمها ويتم فيه استخدام المفاتيح لتشفير البيانات وفكها فمنها ما يستعمل مفتاح واحد للتشفير وفك التشفير تسمى بخوارزميات التشفير بالمفتاح المتماثل كما هو في خوازمية معيار تشفير البيانات (Data Encryption Standard (**DES)**) وخوارزميةمعيار التشفير المتقدم Advanced Encryption Standard (AES). [2] ومنها مايستخدم مفتاحان حيث لايكون مفتاح التشفير هو نفسه في فك التشفير وتسمى خوارزميات المفتاح الغير متماثل مثل خوارزمية (RASA).[1][2] [3][4]

وهناك ايضا تقنيات تعمل على تشفير البيانات ولكن يتم التركيز على تقليص حجمها وهي تقنية الضغط حيث يتم تقليص حجم البيانات وتوفير المساحة التخزينية اضافة الى تغيير محتواها لما يجعلها سرية ولكن بدون استخدام المفاتيح ولكن هناك نوعان منها مايتم الضغط وحذف بعص المعلومات الغير مهمة وتسمى خوارزميات الضغط بالفقد مثل خوارزمية ضغط الصور JPEG . والنوع الاخر لا يتم فيه فقد المعلومات ويسمى الصغط بدون فقد مثل خوارزمية هافمان (Huffman) ,وخوارزمية تبديل النص (LZW).[2][5][[6]]

ونظرا لاهمية هاتين التقنيتين تم في هذا البحث العمل على دمجهما لاستخدامها في نقل او حفظ البيانات عبر الانترنت. وتوفير الية تعمل وتوفر نتائج للاجابة على التساؤلات التالية :

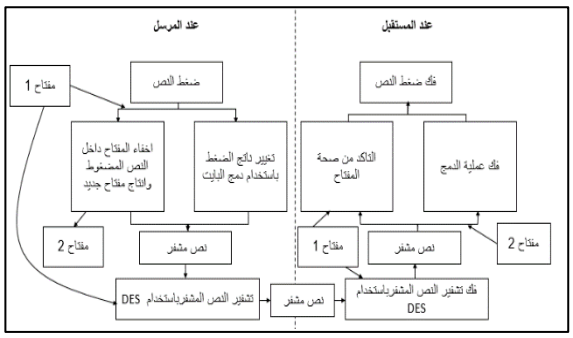
- كيف يتم تقليص حجم البيانات بافضل نسبة ضغط ؟
- كيف يتم تغيير البيانات الناتجة من عملية الضغط دون الزيادة في حجمها حجمها ؟
- كيف يتم تضمين المفتاح السري داخل النص بشكل امن مع توفير مفتاح سري اخر لزيادة التعقيد وامن البيانات؟
- كيف يتم زيادة سرعة عمل خوارزمية DES ؟
- كيف يتم حل مشكلة توفر خوارزمية DES على الانترنت مما يسهل في عملية فكها والعمل على تغيير نتاج الفك بحيث تكون غير مفهومة ؟

ومن الدراسات التي عملت في هذا الموضوع كالتالي :

- في سنة 2017 ، هاريش كومر وراشجخار واخران قدما بحثا لحماية البيانات في استخدام انترنت الاشياء والسحابة الحاسوبية بتوفير نظام حماية على مستويين باستخدام خوارزمية هافمان لتوليدالمفتاح وخوارزمية الحمض النووي DNA لتشفير البيانات .[1]
- في سنة 2018 قدم مجموعة من الباحثين صديق الغرار، حنين البرغي ونورا ماضي بحثا تم فيه تصميم وتنفيذ نظام لحماية البيانات بالاعتماد على تشفير المفتاح ثم اخفاؤه داخل النص المشفر بطريقة لا يمكن استعادتها للتغلب على عملية توزيع المفتاح وجعل الخوارزمية اكثر امنا وتم تجربتها على العديد من النصوص وكانت النتائج من الصعب اكتشاف المفتاح مع بساطة الخوارزمية المقترحة .[3]
- في سنة 2021 ، قدمت الباحثة نجاح الشديد نظام حماية محادثة على الانترنت بدمج خوارزمية الضغط LZW و خوارزمية التشفير DES لحماية البيانات مع عملية الدمج بين كل عددين عشريين الناتجين من عملية الضغط وانتاج مفتاح جديد وكانت النتائج مرضية الا انها اعتمدت على الحروف الكبيرة فقط في الخوارزمية ، وكان هناك تحسين في نتائج نسبة الضغط بسيطة بينما زادت سرعة التشفير بنسبة ما يقارب 50% تقريبا.[2]

2. المنهجية المتبعة :

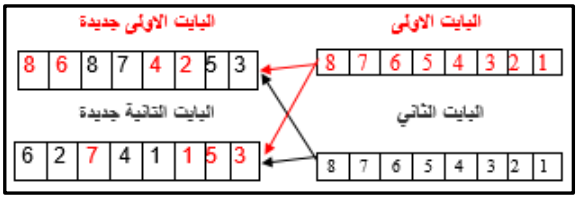
تم في هذا البحث تصميم وتنفيذ نظام التشفير كما هو موضح بالشكل (1) والخطوات التالية :



شكل رقم (1): النظام المقترح لتشفير النص

1.1. عند المرسل :

- قراءة النص السري .
- صغط البيانات باستخدام هافمان العمل على تحويل النص المضغوط الذي على شكل 0 و 1 الى اعداد عشرية كل عدد في بايت واحد فيه 8 بت .
- دمج المفتاح السري مع النص المصغوط وتنفيذ عملية الدمج على كل النص وانتاج مفتاح جديد ونص جديد مشفر تتم هذه العملية بعد ان يتم ضغط النص وتجميع كل 8 بت في بايت واحد ثم يتم دمج البتات من كل منهما وانتاج بايتين جديدين اخرين وفقا للشكل التالي :



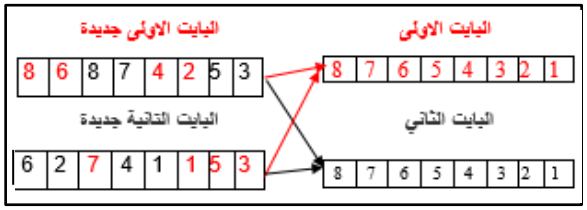
شكل رقم (2): دمج البايت

وعند تطبيق عملية الدمج لاخفاء المفتاح مع النص المضغوط ينتج عنه مفتاح جديد يستخدم في فك الدمج عند المستلم .

- تشفير النص الناتج من عمليتي الضغط والدمج باستخدام خوارزمية DES بمفتاح طوله 16 بايت .

1.2. عند المستقبل :

- قراءة النص المشفر وشجرة هافمان .
- فك التشفير باستخدام خوارزمية DES ومن خلال المفتاح .
- فك عملية الدمج بادخال المفتاح الناتج عند المرسل من الدمج والتاكد من ان الشخص المستلم هو المخول بذلك .وتتم عملية فك الدمج كعملية عكسية كما في الشكل التالي :



شكل رقم (3): فك دمج البايت

3. التنفيذ :

تم تصميم وتنفيذ النظام المقترح باستخدام لغة C#.net كما هو موضح بالشكل (4) بسيط وغير معقد وتم اجراء العديد من الاختبارات وكانت العملية ناجحة حيث يتم عرض الصورة النهائية للنص :



شكل رقم (4): نظام التشفير

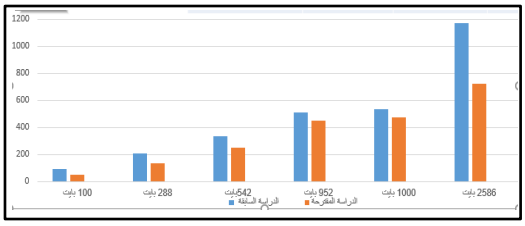
وتم مقارنة النتائج مع نتائج الدراسة [2] التي تضمنت نفس هذه الدراسة الا انه تم استبدال خوارزمية LZW بخوارزمية هافمان مع اختلاف ترتيب البتات في عملية الدمج ونفس المفتاح المستخدم وكانت النتائج والمقارنات وفقا للجدول التالي :

1.3. مقارنة النتائج وفقا لحجم النص الناتج من التشفير :

تمت مقارنة نتائج التشفير في النظام المقترح مع دراسة سابقة بتشفير ستة ملفات نصية مختلفة الحجم كما هو موضح في الجدول 1 والشكل رقم(5) :

جدول (1): مقارنة نتيجة التشفير من حيث حجم الملف

ت	حجم النص بالبايت	الدراسة السابقة	الدراسة المقترحة
1	100	88	48
2	288	208	136
3	542	336	249
4	952	508	448
5	1000	536	472
6	2586	1168	720



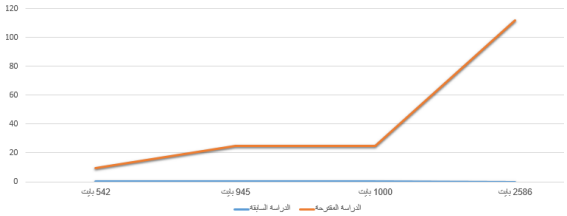
شكل رقم (5): مخطط مقارنة نتيجة التشفير من حيث الحجم

2.3. مقارنة النتائج وفقا لزمن التنفيذ:

تم مقارنة نتيجة زمن التنفيذ بين الدراسة السابقة والدراسة المقترحة بالملي ثانية وكانت النتائج ان زمن التنفيذ في الدراسة السابق اقل بكثير من الدراسة المقترحة كما هم مبين في الجدول والشكل لتاليين:

جدول (2): مقارنة وقت التنفيذ لتشفير النص بين الدراستين السابقة والمقترحة

ت	حجم النص بالبايت	الدراسة السابقة	الدراسة المقترحة
1	542	0.287	9.005
2	952	0.369	24.227
3	1000	0.318	24.868
4	2586	0.51	111.94



شكل رقم(6): مخطط مقارنة زمن تنفيذ التشفير بين الدراسة السابقة والمقترحة .

4. الاستنتاجات

1- النظام المقترح بسيط وسهل الاستخدام .

2- عملية اخفاء المفتاح وعملية الضغط زادت من صعوبة اكتشاف نوع الخوارزمية المستخدمة في التشفير .

3- عملية الدمج لم تعمل على زيادة حجم الملف كما انها زادت في صعوبة اكتشاف الخوارزمية المستخدمة في الضغط واخفت معالم نتائجها .

4- ساهم الضغط بطريقة هافمان في تقليص حجم الملف اكثر مما هو عليه باستخدام LZWمما يوفر مساحة تخزينية وسرعة نقل الملفات عبر الانترنت.

5- ان الطريقة المقترحة كانت نتائجها افضل من الدراسة السابقة من حيث حجم الملف ، عدم تغيير في الحروف الانجليزية سواء الكبيرة او الصغيرة بعكس الدراسة السابقة التي تعمل على الحروف الكبيرة فقط .

6- الدراسة المقترحة تتطلب ارسال شجرة هافمان ولكن هذا لن يؤثر على اكتشاف الية الضغط بسبب الدمج والتشفير وهذا قد يجعل المهاجم من اعتقاد ان البيانات مضغوطة فقط .

7- ان زمن تشفير النص لم يتم التقليل منه ويرجع ذلك لان خوارزمية هافمان بعد ان يتم تمثيل الشجرة لها يتم الدوران مجددا على النص لوضع البت الخاصة بكل حرف.

4. التوصيات

1- *نوصي باستخدام هذه الطريقة مع عملية الاخفاء في الصورة كنظام حماية .*

2- *تجربة النظام المقترح على نوع بيانات اخرى.*

3- *العمل على ايجاد الية لاخفاء شجرة هافمان .*

4- *تحسين النظام وايجاد طريقة لتقليص الوقت المستغرق بطريقة افصل.*

5. المراجع

[1] A Novel Approach for securing data in IoTcloud Using DNA Cryptography and Huffman Codin Algorith , Harish Kumar N, Dr.Rajshekhar M Patil , Deepak G, Murthy B M, 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS).

[2] An investigation of the design, analysis and performance evaluation of the Improvement the protection system for online chatting , Najah Abdualkader Alshadid, Thesis submitted to department of computer siences in libyan academy of the Requirements of Master,2021.

[3] New Text Encryption Method Based on Hidden Encrypted, Seddeq E. Ghrare, Haneen A. Barghi, Nora R. Madi Symmetric Key, ACIT 2018, June 1-3, 2018.

[4] Implementation of a bit permutation-based advanced encryption standard for securing text and image filesm, Heidilyn V. Gamido, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science,Vol. 19, No. 3, September 2020, pp. 1596~1601

[5] Application of Huffman Data Compression Algorithm in Hashing Computation, Lakshmi Narasimha Devulapalli Venkata, Thesis Presented to The Faculty of the School of Engineering and Applied Sciences Western Kentucky University,2018.

[6] Study on Data Compression Using Huffman Coding Algorithms, D.Jasmine Shoba, Dr.S.Sivakumar, International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST) – Volume 5 Issue 1, Jan – Feb 2017.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Data Compression Algorithms and their Applications

Basma Emhamed Dihoum
dept. Computer Science
University of Jafara Tripoli, Libya
basmadihom@gmail.com

***Abstract*—As the need for information storage and data transfer increases, data compression has become increasingly crucial. The purpose of data compression is to reduce the size of data, which is particularly helpful when transferring large files over networks or storing them on limited-capacity devices. With the rise of the internet and mobile devices with limited resources, data compression has become even more essential in conserving storage and bandwidth and shortening download times. There are various techniques to achieve data compression, and in this survey, I will extensively discuss important compression algorithms, evaluate their performance, and highlight their key features. Additionally, I will explore the benefits of combining the RLE and Huffman algorithms to enhance the compression process, and demonstrate how their combined use produces better results than using the RLE algorithm alone.**

Keywords—Data Compression, compression techniques, lossless compression, lossy compression, Compression Ratio, Huffman, Shannon Fano, RLE, LZW, RH.

I. INTRODUCTION

The growing demand for information storage and data transfer has made efficient compression techniques a critical requirement for optimal performance. The exponentialincrease in multimedia files, social media content, and sensor data has presented significant challenges for storage and transfer on networks and limited-capacity devices. This paper provides a comprehensive review of data compressiontechniques and their importance for information storage and transfer. We evaluate the effectiveness of various compression methods, including RLE and Huffman algorithms, based on their compression ratio, computational complexity, and other performance metrics. Our findings indicate that combiningRLE and Huffman algorithms produces better compression outcomes than using the RLE algorithm alone. Furthermore, we explore the benefits of other compression techniques, such as RLE, LZW, Huffman and Shannon, to demonstrate their significance in specific applications.

The implications of this study extend to various applications, including multimedia storage, wireless communications, and data centers, where efficient compression is crucial for optimal performance and resource utilization. Efficient compression significantly reduces storage requirements and transfer time, enabling faster processing, retrieval, and analysisof data. Our research contributes to the existing literature on data compression techniques and performance evaluation, providing valuable insights for both researchers and practitioners. The results of this study can guide the development and optimization of compression algorithms and their applications in diverse fields. Overall, this paper underscores the importance of efficient compression techniques in the growing field of digital data management. [1], [2].

AIMS AND OBJECTIVES OF THE SUBJECT

1) The objectives of the topic are to identify importantissues in data compression, describe a variety of data compression techniques, and explain data compression algorithms
2) The main objective of the research is to improve the work of the RLE algorithm in terms of data compression without losing data.
3) This research aims to compare data compression algorithms and which one is better at compressing text data Maintaining the Integrity of the Specifications

II. RELATED WORK

Data compression algorithms are widely in various applications to reduce the size of digital data and improve efficiency. Here are some related works on data compression algorithms and their applications.

One such study by Al-laham Mohammed and Ibrahiem M. M. El Emary [3] compared the Huffman algorithm and LZW, concluding that Huffman was better suited for compressing text data. Another study by Neha Sharma and Usha Batrab [4] introduced two algorithms, Huffman and RLE, for compressing lossy image data, with Huffman performing better than RLE. In a study by Luluk Anjar Fitriya, Tito Waluyo Purboyo, and Anggunmeka Luhur Prasasti [2], the Huffman algorithm was found to be the best in terms of data compression rate compared to other lossless data compression algorithms. Additionally, Ruchi Gupta, Mukesh Kumar, and Rohit Bathla [5] provided an overview of various data compression methods, evaluating them for their compression ratio, efficiency, and susceptibility to errors. These studies provide insights intothe performance of different compression algorithms and help identify the most suitable algorithm for specific applications

III. DATA COMPRESSION

Data compression is simply a means for efficient digital representation of a source of data such as text, image and the sound. The goal of data compression is to represent a source

in digital form with as few bits as possible while meeting the minimum requirement of reconstruction. This goal is achieved by removing any redundancy presented in the source.
There are two major families of compression techniques in terms of the possibility of reconstructing the original source. They are called Lossless and lossy compression. [1], [6]

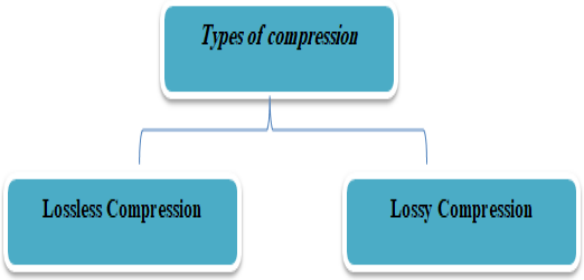


Fig. 1. shows the types of data compression

A. Lossless compression

Lossless compression A compression approach is lossless only if it is possible to exactly reconstruct the original data from the compressed version. There is no loss of any information during the compression1 process. [7] Lossless compression techniques are mostly applied to symbolic data such as character text, numeric data, computer source code and executable graphics and icons. Lossless compression techniques are also used when the original data of a source areso important that we cannot afford to lose any details. For example, medical images, text and images preserved for legal reasons; some computer executable files, etc.

B. Lossy compression

A compression method is lossy compression only if it is not possible to reconstruct the original exactly from the compressed version. There are some insignificant details that may get lost during the process of compression. Approximate reconstruction may be very good in terms of the compression-ratio but usually it often requires a trade-off between the visual quality and the computation complexity (i.e. speed) [8].

C. Terms associated with data compression

Compressor or Encoder: It is the program that compresses the raw data in the input stream and creates an output stream with compressed (low redundancy data) [9]

Decompressor or Decoder: It is the program that converts the compressed data into the original data. [8] [9]

Compression Ratio: It is defined as the ratio between the compressed file and the original file [6].

Compression Ratio=compressed file size / original file size.

Compression Factor: It is defined as the ratio between the original file and the compressed file and is the inverse of the Compression Ratio [5].

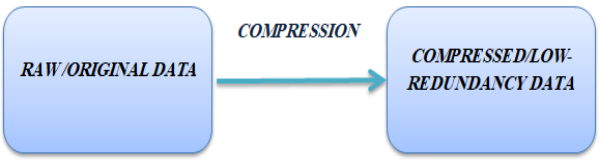


Fig. 2. Compressor or Encoder

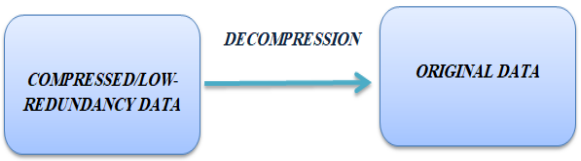


Fig. 3. Decompressor or Decoder

D. Lossless Compression Algorithms

In this section, we will give a short review and explanation for each one of the lossless compression methods that can be used on any text files. Compression algorithms have along history, the roots of compression algorithms goes back toearlier twentieth century be used on any text files. Compression algorithms have a long history, the roots of compression algorithms goes back to earlier twentieth century , It is these algorithms: [10] [11]

- Run Length encoding (RLE)
- Huffman Tree
- Lempel – Ziv – Welch (LZW)
- Shannone-fan
- RH (RLE, Huffman)

1) Predictive techniques: ***Run Length Encoding (RLE):*** Run Length Encoding (RLE): is a simple and popular data compression algorithm. It is based on the idea of replacing a long sequence of the same symbol by a shorter sequence. RLE requires only a small amount of hardware and software resources. Run-length encoding is a data compression algorithm that is supported by most bitmap file formats, such as TIFF, BMP. [2] [7]

compression mechanism RLE to compress the text:
(abeecbedcbaeddcbeeabea) : file size is 8 *22=176 bits

- In this algorithm, the number of times the letter is repeated, then the letter itself.
- It must be taken into account that the number of repetitions does not 255, and when it exceeds, the number is divided.
- So the pressure for the previous text is as follows :
- 1A1b2e1c1b1e1d1c1b1a1e2d1c1b2e1a1b1e1a
- Therefore, the file size after compression is 38*8 = 304 bits.
- For Example, the text aaaaaaaaaaattrrrreeeeeeee is 26*8= 208 bits.
- • And when pressed, it will be its size 12a2t4r8e 8 byte any 8*8 =16 bits. [11]

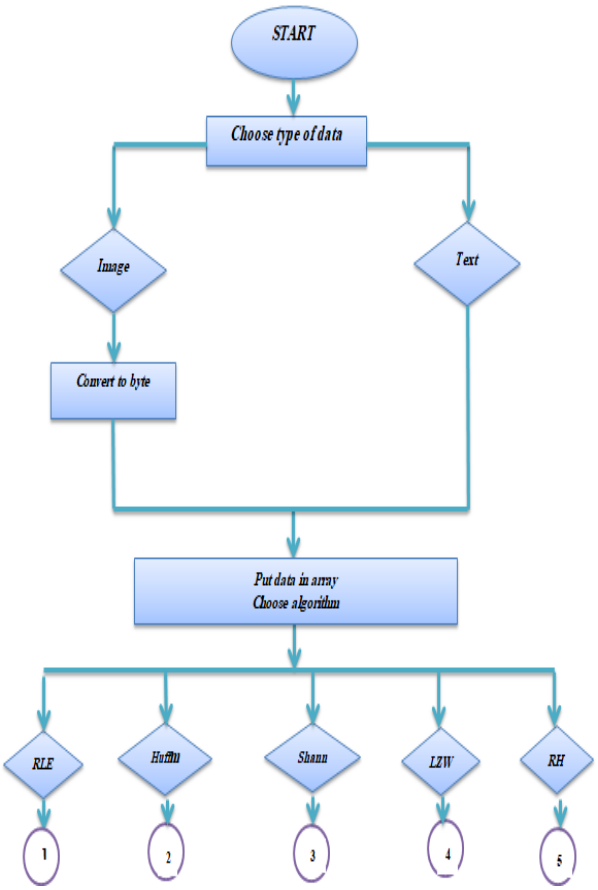


Fig. 4. flowchart algorithm compression

2) Probability techniques: In this section I will show three techniques that uses the probability of each symbol to compress the data. The first one, Huffman coding, was developed by David Huffman in 1951. The idea to the second one, arithmetic coding, came from Claude E. Shannon in 1948 and was further developed by Peter Elias and Norman Abramson in 1963, and algorithm LZW. [10]

3) Huffman coding: Huffman coding is used for lossless data compression. It uses variable length code for encoding a source symbol (such as a character in a file) which is derived based on the estimated probability of occurrence for eachpossible value of the source symbol. In this compression technique, a table is created incorporating the no of occurrences of an individual symbol. This table is known as frequency table and is arranged in a certain order.

Then a tree is generated from that table, in this tree high frequency symbols are assigned codes which have fewer bits, and less frequent symbols are assigned codes with many bits. In this way the code table is [12], [13].

Compression mechanism Huffman:

- to compress the text (abeecbedcbaeddcbeeabea) The file size is 8*22=617 bits.
- Find the number of repetitions of each letter a=4,b=5,c=3,d=3,e=7
- Make sheets with the number of letters, i.e. Make 5 sheets (a contract) and put on each sheet the repetition of the letter it represent



Fig. 5. Compression Huffman

- Select every two cards that have the least frequency and make them daughters of a new node containing their sum. [6] [8]

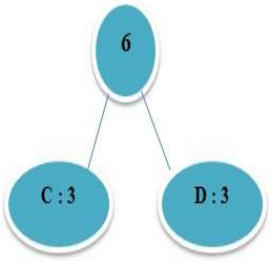


Fig. 6. Compression Huffman

- Apply this process from the bottom up until you get one node, which is the root. [1]

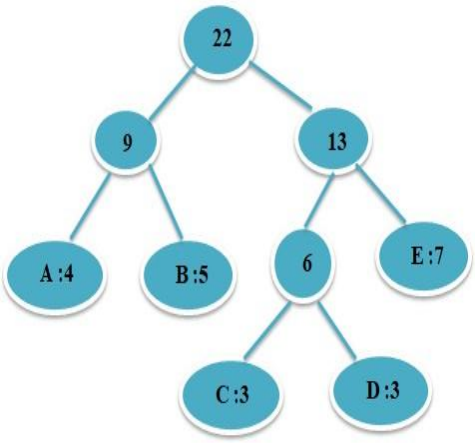


Fig. 7. Compression Huffman

- Number each knot according to its position, if it is to the right of another knot, take the number 1, and if it is to it is to the left of another knot, take the number 0. [4] [7] with these six steps, a Huffman tree has been created, and the file compression and created, and the file compression and decompression processes can be applied. [4]

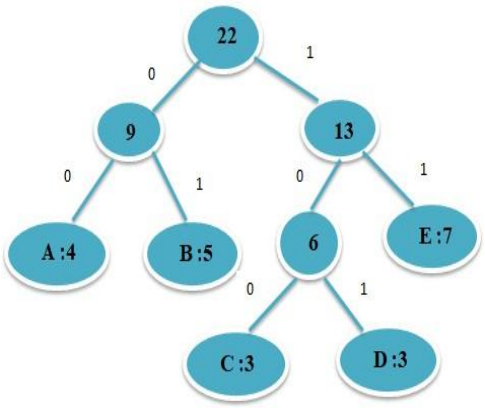


Fig. 8. Compression Huffman

- Then each character in the text is swapped into the new bit as follows :
  Abeecbedcbaeddcbeeabea Becomes (00011101111010100010011101101100111110001110 1)
  The file size is : 4*2+5*2+3*3+3*3+3*3+7*2= 8+10+9+9+14=50 bit , which is much less than the original file size of 617 bits . [1] [8]

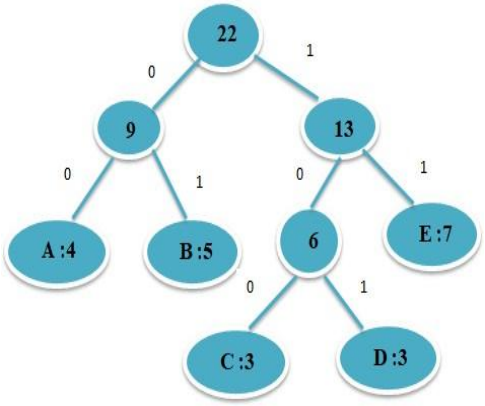


Fig. 9. Compression Huffman

E. Algorithmic Shannon :

This technique is named after Claude Shannon and Robert Fano and is a variable length code for encoding a source symbol. It is a lossless data compression scheme. According to Shannon's source coding theorem, the optimal code length for a symbol is –log b P, where b is the number of symbols used to make output codes and P is the probability of the input symbol. Similar to the Huffman coding, initially a frequency table is generated and then a particular procedure is followed to produce the code table from frequency. [12]

F. LZW Algorithmic

This technique is named after Abraham Lempel, Jacob Zev and Terry Welch. It is dictionary coder or substitution coder, which means a dynamic dictionary is created depending upon the presence of substring chosen from the original file. Then the substring is matched with the Dictionary, if the string is found then a reference of the dictionary is mentioned in the encoded file, if the string is not found then a new dictionary entry is made with a new reference. In all algorithms the en- coded file contains the code table/Dictionary and the encoded text; the encoder matches the codes with the directory (code table/ dictionary) and retrieves the original text iteratively [2].

- LZW Compression Mechanism: To compress babaabaaa text, the file size is 8*9 =72 bits.

BABAABAAA P=A
C=A

ENCODER OUTPUT		STRING	TABLE
output code	representing	codeword	string
66	B	256	BA
65	A	257	AB
256	BA	258	BAA
257	AB	259	ABA
65	A	260	AA

Fig. 10. Compression LZW

- The size of the compressed file is 5*12=60 bits. [4] [10]

G. RH algorithm with RLE optimization algorithm

This algorithm compresses the data twice using the RLE algorithm first and then the Huffman algorithm. [6] [10]

H. RH Algorithm Compression Mechanism

- Data compression using the RLE algorithm.
- Pre-compressed data with Huffman algorithm. [11] [10]

IV. RESULTS

- Applying lossless text compression applying by Visual Studio C# 2015 .NET.



Fig. 11. Implementation of compression algorithms

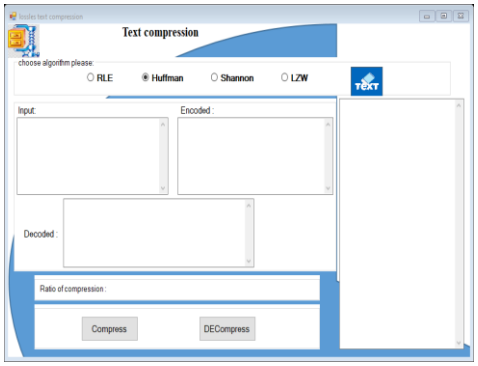


Fig. 12. text compression and decompression

- Comparative of text compression algorithms

The following figure shows the results of the compression ratio for each of the algorithms RLE, Huffman, shannon, LZW,RH. The results showed that the RH algorithm gave the highest compression ratio.

N	N bits	RLE		Huffman		Shannon		LZW		RH	
1	144	272	-89%	63	56%	73	49%	216	-50%	100	31%
2	944	1859	-47%	460	51%	521	45%	1032	-9%	698	26%
3	1680	3312	-97%	866	48%	965	43%	1728	-3%	1290	23%
4	3656	7168	-96%	1923	47%	2094	43%	3408	7%	2848	22%
5	4176	8160	-95%	2191	48%	2392	43%	3792	9%	3245	22%
6	6008	11760	-96%	3138	48%	3443	43%	5028	16%	4658	22%
7	6208	12144	-96%	3241	48%	3556	43%	5172	17%	4811	23%
8	7400	14368	-94%	4234	48%	5027	43%	5916	20%	5731	23%
9	9632	18688	-94%	5027	48%	5509	43%	7128	26%	7451	23%
10	10088	19696	-95%	5433	46%	5659	44%	7692	24%	7818	23%
11	11848	23040	-94%	6210	48%	6823	42%	8472	28%	9194	22%
12	12136	23840	-96%	6601	46%	7210	41%	8796	28%	9640	21%
13	13200	25936	-96%	7202	45%	7943	40%	9420	29%	10506	20%
14	15552	30608	-97%	8510	45%	9391	40%	10740	31%	12408	20%
15	17880	37328	-97%	9895	45%	10968	39%	12288	31%	14344	20%

Fig. 13. Comparative of text compression algorithms

- Comparative of text compression algorithms

The following figure shows that Huffman algorithm gave better data compression results than Shannon algorithm. The

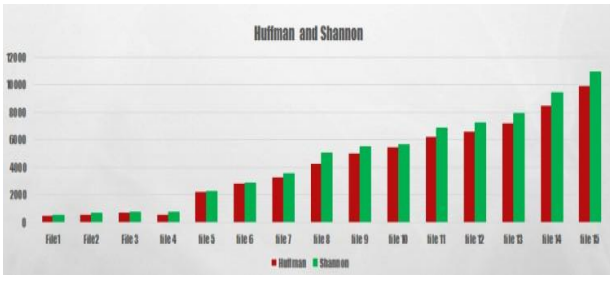


Fig. 14. Comparative Huffman and Shannon

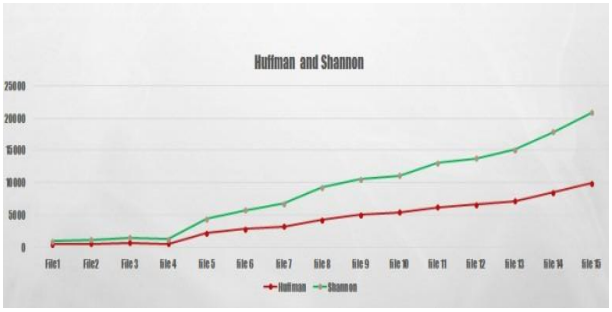


Fig. 15. Comparative Huffman and Shannon

following figure shows the best algorithm for compressing text data is Huffman.

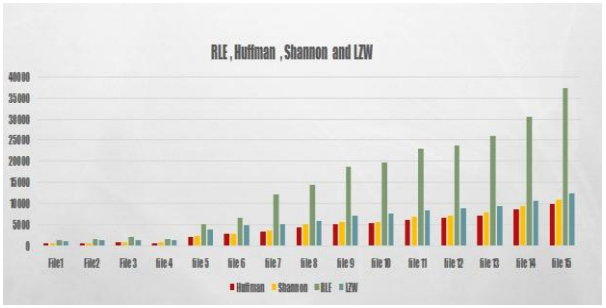


Fig. 16. Comparative Huffman, RLE, Shannon and LZW

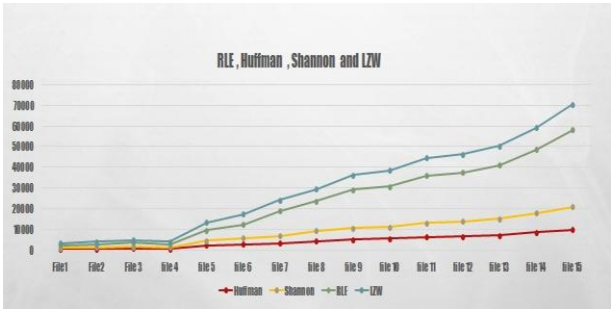


Fig. 17. Comparative Huffman, RLE, Shannon and LZW

The following figure shows that the Huffman algorithm gave the best compression results.

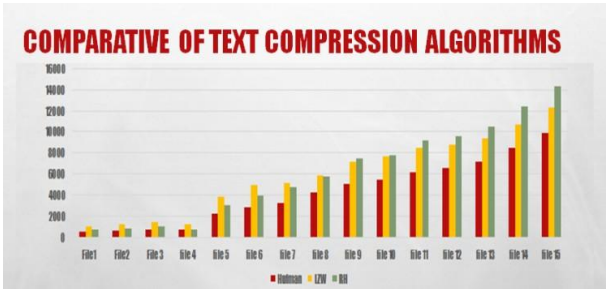


Fig. 18. Comparative Huffman, LZW and RH

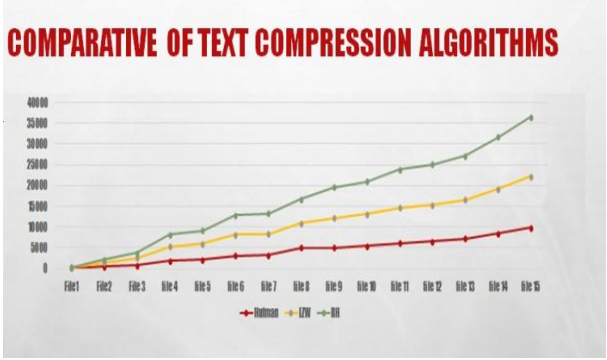


Fig. 19. Comparative Huffman, LZW and RH

A special case of comparing lossless data compression algorithms (Aaaaaaaaaaaaabbbbbbbbbbbbbbbb-baaaaaaaaaaabbbbbbbbbbbbbbbbbaaaaaaaaaaa)

The following figure shows that in the case of hig repetition, the RH algorithm gave the highest compression ratio for text data.

- Comparative of text compression algorithms

N	N bits	RLE		Huffman		Shannon		LZW		RH	
1	560	80	86%	70	88%	106	81%	216	61%	35	94%

Fig. 20. Comparative of text compression algorithms

Through the results shown, the RH algorithm had the most data compression Ratio. Comparative Huffman, LZW, RLE, Shnnon and RH

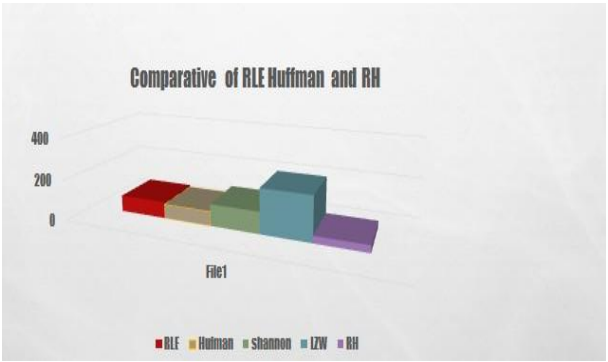


Fig. 21. Comparative Huffman, RLE, Shannon and LZW

V. Conclusion

Data compression technologies have become increasingly important due to the rise in data storage and information transmission. Without compression, many applications would be prohibitively expensive to use, despite advances in bandwidth and storage capabilities. This research survey covers four types of compression, including lossless and lossy compression, as well as the optimization of the RLE algorithm. The survey also explains basic concepts, algorithms, and methods used in data compression and their various applications. Additionally, the survey evaluates the performance of different compression algorithms in compressing text data, with the results showing that Huffman's algorithm achieved the highest compression ratio. Furthermore, the survey found that the improved RH algorithm outperformed the RLE algorithm.

References

[1] Stecuła, Beniamin, Kinga Stecuła, and Adrian Kapczyński. "Compression of Text in Selected Languages—Efficiency, Volume, and Time Comparison." Sensors 22.17 (2022): 6393.

[2] Fitriya, L. Anjar, Tito Waluyo Purboyo, and Anggunmeka Luhur Prasasti. "A review of data compression techniques." International Journal of Applied Engineering Research 12.19 (2017): 8956-8963.

[3] Ayyoub, Belal, and Jamil Al-azzeh. "A comparative analysis of Huffman and LZW methods of color image compression-decompression."

[4] Sharma, Neha, and Usha Batrab. "Evaluation of lossless algorithms for data compression." Top. Intell. Comput. Ind. Des 2 (2020): 40-4.

[5] Gupta, Ruchi, Mukesh Kumar, and Rohit Bathla. "Data compression-lossless and lossy techniques." International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management 5.7 (2016): 120-125.

[6] Hosseini, Mohammad. "A survey of data compression algorithms and their applications." Network Systems Laboratory, School of Computing Science, Simon Fraser University, BC, Canada (2012).

[7] Sidhu, Amandeep Singh, and Er Meenakshi Garg. "An Advanced Text Encryption Compression System Based on ASCII Values Arithmetic Encoding to Improve Data Security." International Journal of Computer Science and Mobile Computing 3.10 (2014).

[8] Karmakar, Jayashree, et al. "Sparse representation based compressive video encryption using hyper-chaos and DNA coding." Digital Signal Processing 117 (2021): 103143.

[9] Mubi, Adamu Garba, and P. B. Zirra. "Performance Evaluation of Forward Difference Scheme on Huffman Algorithm to Compress and Decompress Data." International Journal of Computer Science and Information Security 12.7 (2014): 31.

[10] Gupta, Anshul, and Sumit Nigam. "A Review on Different Types of Lossless Data Compression Techniques." International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology 7.1 (2021): 50-56.

[11] Vijayvargiya, Gaurav, Sanjay Silakari, and Rajeev Pandey. "A sur- vey: various techniques of image compression." arXiv preprint arXiv:1311.6877 (2013).

[12] Singh, Akhand Pratap, Anjali Potnis, and Abhineet Kumar. "A Review on Latest Techniques of Image Compression." International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 3.7 (2016): 2395-0056.

[13]

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Process Mining as an Ecosystem Platform to Mitigate a Deficiency of Processes Modelling

Yusra Abdulsalam Alqamati
Information Technology Dept.
Libyan Academy
yosra.emhemed@academy.edu.ly
Ahmed Alkilany PhD
Information System Dept.
Faculty of Information Technology
University of Tripoli
a.alkilany@uot.edu.ly

Abstract: The teaching staff is a distinct group whose impact is on the educational process and which plays an important role in enhancing the quality of the academic education process. To improve the management effectiveness of the academy, the Teaching Staff Management System (*TSMS*) proposes that all teacher processes be digitized. Since the *BPMN* approach can accurately describe the processes, it lacks a clear picture of the process flow map, something that the process mining approach has, which is extracting information from event logs for discovery, monitoring, and model enhancement. Therefore, these two methodologies were combined to create the most accurate representation of system operations, the ability to extract data records and mining processes, recreate them in the form of a Petri net, and then generate them in a *BPMN* model for a more in-depth view of process flow. Additionally, the *TSMS* processes will be orchestrated to handle all requests in a guaranteed small-time manner thanks to the integration of the Google Cloud Platform (*GCP*), the *BPM* engine, and allowing business owners to take part throughout the entire *TSMS* project development lifecycle.

Keywords— Process Mining (*PM*), *BPM*, Business Process Model and Notation (*BPMN*), Petri net, Teaching Staff (*TS*), Google Cloud Platform (*GCP*).

I. INTRODUCTION

The design of an information system for a large educational institution requires careful planning and a well-structured framework. The purpose of an information system is to provide users with a set of tools that will help them perform their tasks and deliver a service or a product to the customers. The information system of an educational institutions is a complex system that is designed to deliver services and information to students, instructors, and administrators [1]. Business process management (*BPM*) is an important part for designing an information system, Business process management (*BPM*) is a management specialty that concentrates on end-to-end procedures to combine an organization's strategy and goals with the expectations and demands of its consumers. In order to (a) data analysis, design, implement, control, and continually develop end-to-end processes and (b) establish process governance, business process management (*BPM*) consists of strategies, goals, cultures, organizational structures, roles, and policies in addition to methodologies and IT tools [2]. An analytical depiction or illustration of the business process is known as business process modeling. It provides assistance with the evaluation, enhancement, and automation of existing processes.

Business process modeling frequently expresses the business process using flowcharts, software, hypertext, or scripts [3]. There are now a large number of suggested and published business process modeling tools on the market. Users are able to model business processes and implement, execute, and improve models by using these technologies. Among the most popular business process modeling tools are Business Process Modeling Notation (*BPMN*) and Unified Modeling Language Activity Diagrams (*UML ADs*) [4]. With process mining, firms gain insight and knowledge about all of their processes. As a result, process mining techniques are currently utilized across the majority of *BPM* lifecycle phases, including the design, implementation, monitoring, and modification phases. Process mining's usage during the diagnosis stage is a clear illustration. Process mining is employed at the diagnosis stage to find areas for process improvement and to provide suggestions for a redesign [5]. The Teaching Staff information system for the Libyan Academy will be constructed using modeling approaches (*BPMN*) integrated with the Google cloud platform. In order to achieve the optimal version of the system processes, data mining will also

be employed for the old system data, collecting activities from the event log and applying updates to them. Therefore, this work will be done on two different types of modeling: automated modeling, which is created by mining processes, and manual modeling, which is *BPMN*.

II. RESEARCH METHODOLOG

In this section, the researchers discussed Teaching staff management systems and Business Process Modeling Notation (*BPMN*) and the use of process mining in modeling and analysis, and Petri Net.

A. Business Process Modeling Notation (*BPMN*)

One of the most popular processes modeling notations, Business Process Modeling Notation (*BPMN*), was created by the *OMG* and includes a variety of notational detail to describe rather complex business processes. Its simplicity in offering a language that is simple to grasp and useable by people with varied responsibilities and training is one of its main advantages. *BPMN* models can be used to promote communication between domain experts and computer scientists, as they are the industry standard for modeling business processes. Additionally, *BPMN* seeks to act as a communication link between business users, who are dedicated to processing design, and technical personnel, who are in charge of process implementation, using each group's respective terminologies and ontologies [6]. So, *BPMN* intends to give users a graphical notation that is simple to understand for expressing complex process semantics. It could function as a front end for a number of business process execution techniques. *BPMN* is a graph-structured tool rather than a block-structured one, allowing it to handle the declaration of control-flow dependencies. *BPMN* can be seen as a significant step toward the development of an expressive business process modeling language, despite the fact that it lacks provision and has no standard-organization acknowledged formalization [7].

B. Process Mining (*PM*)

In [8, 9] process mining is a new discipline positioned between data mining and process modelling. The main aim of process mining is to extract information from event logs for discovery, monitoring and improving purposes. Event mining requires the existence of an event log which consists of cases, process instances, and events that are performed on cases. There are three basic types in process mining consisting of:

1. Process Discovery

Process discovery techniques transform an event log into a process model. The output process model sufficiently describes observed behaviors without using any additional information. Discovery of the actual behaviors from event data could give significant insider information to organizations for future improvement.

2. Conformance Checking

Conformance checking techniques consider events in the log as activities in the model, e.g., events are mapped to transition firings in the Petri net. By this way, the observed behaviors in the event log can be compared to the modeled behavior. There are various applications of conformance checking for instance identifying deviations, evaluating the quality of a discovered process model, auditing purposes and model enhancement.

3. Model Enhancement

An organization's process model can be enhanced by analyzing its own history. Process discovery can give an idea of work collaborations and balance workload to improve resource performance. The bottleneck problem can be identified by analyzing waiting times between activities. A social network in a workplace can be constructed by process discovery.

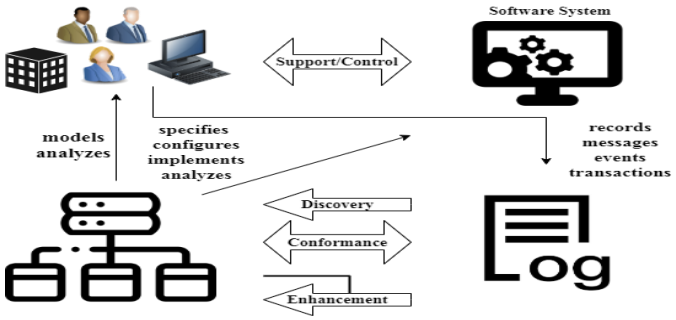


Figure (1) Process mining techniques

C. Petri Net

Petri nets are a visual way to portray a system where several independent activities are going on at once. Petri nets set themselves apart from finite-state machines due to their capacity to model numerous activities. One "current" state, which determines which action can happen next in a finite state machine, is present at all times. Petri nets can have a number of states, and any one of them can change when the Petri net's state does [10]. Alternately, some

or perhaps all of these states might develop concurrently, causing the Petri net to undergo many independent alterations at once. In addition, analyzing the model on a formal level at the Petri net level can greatly simplify the process. When modeling concurrent systems, turning a transition system into a Petri net is especially helpful because a state-based model of the system may be too complicated to comprehend, whereas a Petri net is typically a shorter and clearer description [11].

D. Teaching Staff Management System

Teaching staff at the Libyan Academy requires the collection, compilation, and dissemination of large amounts of data about faculty activities, but the institution rarely has systems that easily support the management of faculty data to new standards emphasizing the mission and processes that support continuous improvement. Seeing that the authors in [12] evaluated both the source's and the recipient's educational efforts. A *BPMN* diagram is used to present the business process model for teacher performance evaluation. The functional and non-functional requirements are developed in the requirements diagram. The teacher assessment information system's functionality is described. It has been suggested how the employee evaluation program should be structured. It describes how to assess the effectiveness of employee evaluations. A torsion criterion and a set of quality scales have been proposed. So as to with *Sundus Akki* in [13] A Student Information System (*SIS*) built on the Google Cloud Platform is being created with the goal of digitizing student system processes (*GCP*). Business owners can collaborate with tech teams on the ongoing development of SIS Processes by using the Business Process Modelling Notation (*BPMN*) modelling approach. To control and manage the SIS processes and effectively handle requests, a number of components are integrated, including Google Cloud SQL (*GCS*).

III. Frameworks and Implementation

The methodology has two part, each part contains an objective, a task and an output that is vital for designing and modeling context. The initial part of the methodology is process analysis and modeling that deals with examining and reasoning process. Variations in process can influence the BPM for teaching staff process, and process analysis is an ongoing task that allows the identification of the facts that specify if a process applies on the real process of TS and then gives the initial version of BPMN and this hand-operated methodology called M1. The second part of the methodology is based on the representation of processes from the event log of the previous system via process mining and converting the Petri Net from process mining to BPMN and this automated methodology called M2.

- ***TS*$_s$ Framework**

The *TS*$_s$ framework has been investigated, tested, and implemented in a variety of ways. This paper examined a number of publications and theses in order to gain a better understanding of the methodologies utilized to develop solid *TS*$_s$ solutions. Compute Engine ,*VM* ,*GCP* App, and *SQL* are the proposed tools to orchestrate the *TS*$_s$ components architecture as illustrated in Figure (2) using the controlled Platform as a Service, which provides a wide variety of capabilities such as scalability, load balancing, logging, monitoring, and security. BPM Engine to automate modelled *TS*$_s$ Processes. This is made much easier if business owner create and control all processes themselves, resulting in a safe environment in which *TS* can be reliably executed.

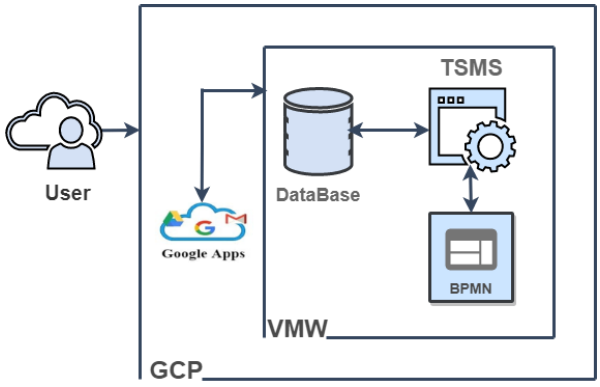


Figure (2) *TS*$_s$ Framework

- **M1 Methodology**

The Bonita *BPM* engine, which will serve as the *TSs* process modeling tool, is used to depict the *TSs* process using graphics in this section. This will be manually drawn when the system is examined for all the processes required from the Libyan Academy's perspective in order to develop an integrated system. Figure (3) shows that the beginning of the Contracting process for a new *TS* member.

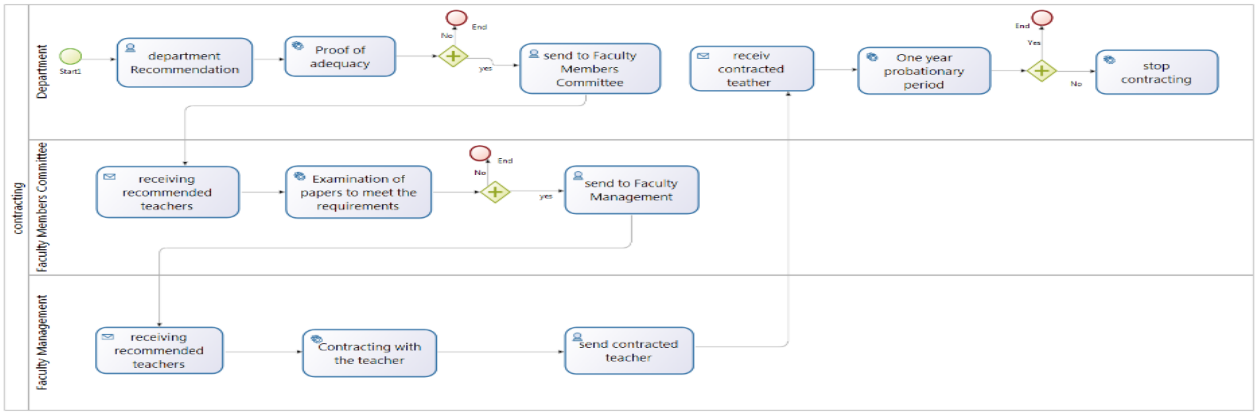


Figure (3) *TS*$_s$ Contracting Process

Process Mining Framework:

The general framework of the process mining: Based on the information system to obtain the event log file, the event log is pre-processed and used as an input to the process mining. Based on the result of the analysis, the Petri Net can be adapted to gather additional insights. Petri Net analysis provides a classification that can be used to divide the event log into processes, each Petri Net has been upgraded by an information systems engineer for a better picture of system operations

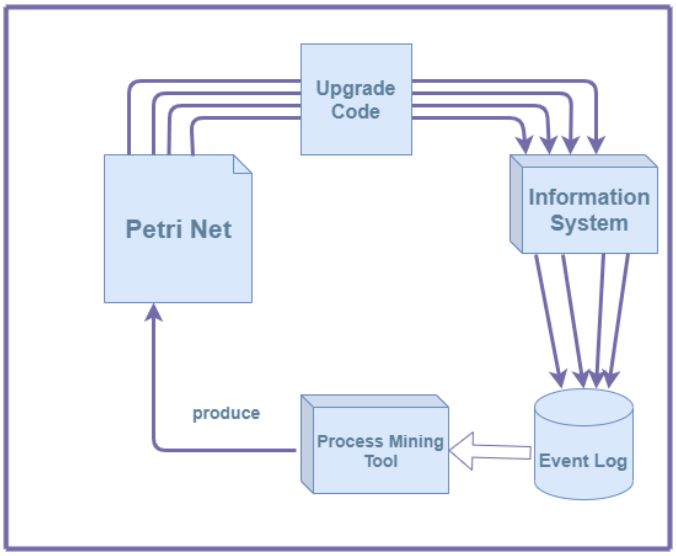
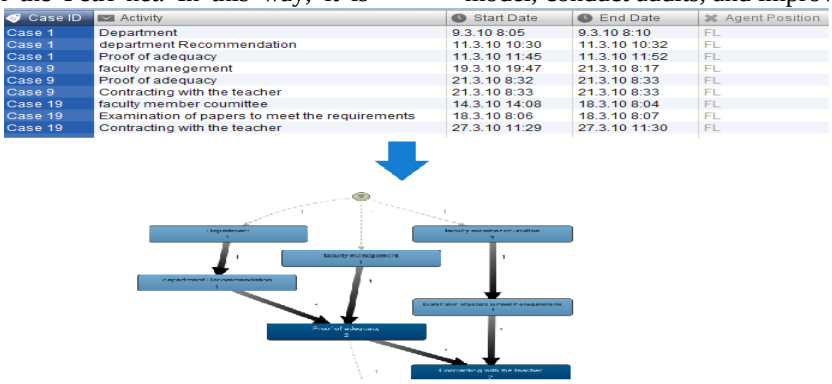


Figure (4) Process Mining Framework

- **M2 Methodology**

Collecting data from the institution whose data you want to work with is one of the first steps in the data mining process, and this is what was done with the data of the teaching staff at the Libyan Academy. Data extraction for faculty members from the *SQL* database has been attempted on numerous occasions. Due to the failure of some attempts to extract data, this process was carried out in stages. The first step was an attempt to extract data as *XML* files, but the *SQL* system administrator was unable to do so as an external file. The second step was an attempt to extract data as an Excel file because most mining programs deal with this type of file; however, this process ended. It failed, just like the previous step, so it was instructed to look for external programs to extract this log file from the database. But the majority of these programs have limitations, such as restrictions on the file size or the type of databases that can extract it from the database until it is finished. Finding the Apex Log SQL application that has been connected to the Academy database, defining the time period to be used for the data extraction, and selecting any relevant tables to be used in the event log file has the type of file to be extracted is decided to be employed in the file mining process once the process of extracting the operations

is finished. By using conformance-checking techniques, events in the log are taken into account as model activities. For instance, events are translated to transition firings in the Petri net. In this way, it is possible to compare the event log's observed behaviors with the modeled behaviors. To determine deviations, evaluate the reliability of a recently discovered process model, conduct audits, and improve models.



Case ID	Activity	Start Date	End Date	Agent Position
Case 1	Department	9.3.10 8:05	9.3.10 8:10	FL
Case 1	department Recommendation	11.3.10 10:30	11.3.10 10:32	FL
Case 1	Proof of adequacy	11.3.10 11:45	11.3.10 11:52	FL
Case 9	faculty manegement	19.3.10 19:47	21.3.10 8:17	FL
Case 9	Proof of adequacy	21.3.10 8:32	21.3.10 8:33	FL
Case 9	Contracting with the teacher	21.3.10 8:33	21.3.10 8:33	FL
Case 19	faculty member coumittee	14.3.10 14:08	18.3.10 8:04	FL
Case 19	Examination of papers to meet the requirements	18.3.10 8:06	18.3.10 8:07	FL
Case 19	Contracting with the teacher	27.3.10 11:29	27.3.10 11:30	FL

Figure (5) *TS*$_s$ Process Mining

***TS*$_s$ Process Mining (Model Enhancement)**

The event log and the process model are also taken into account as inputs by the optimization model. This implies that looking back at the past can help to improve an existing process model. The process model can then be used to examine performance metrics, such as average throughput time, process improvement, or re-engineering expenses after it has been detected from the event log. Analyzing the pauses between activities will reveal the throttling issue. The right areas of the process model can be improved if the bottlenecks' root causes are found. Performance optimization of resources is a crucial component. Process discovery can be used to build a social network at work. And it can provide insight into how to collaborate on projects and balance workloads to maximize resource efficiency. The process model can be improved in any way; there is no set process. It relies on the issues the organization finds and the solutions it intends to implement. Where the academy event log was obtained and then put into disco mining tools, which will result in the algorithms incorporating Petri Net, which will be manually drawn in Bonita Soft in order to extract the BPMN file, which will display a clearer map of the process diagram, from here we can find the problems or bottlenecks are repainted and put back to work in the database again in order to adjust the way operations are conducted and generate the best system.

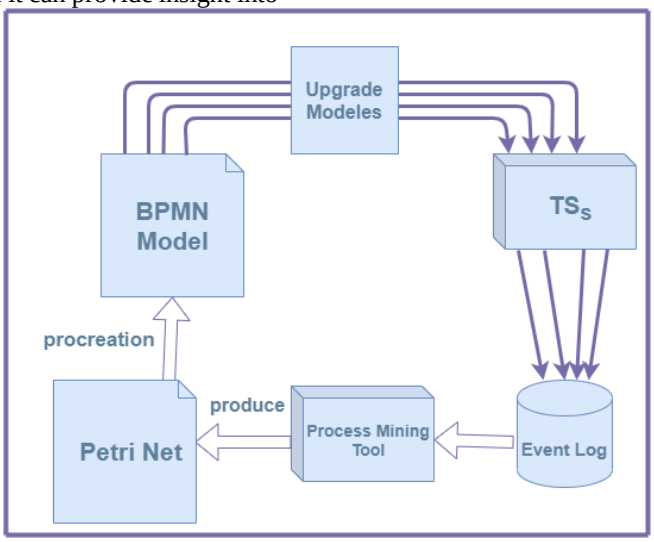


Figure (6) *TS*$_s$ Process Mining (Model Enhancement)

IV. EVALUATION AND DISCUSSION

In this section, a Comparison of the modeling aspects of *M1* and *M2*

Comparison of the modeling aspects of *M1* and *M2*

Comparing these two methods according to several factors. The first of which is the process analysis, which turned out to be absent in the *M2*, does not have the analysis of the processes that have already occurred in the database, and as the opposite is true in *M1*, which requires analysis of the processes before drawing them, an allocation is present in *M1* to determine that each process has a specific schema, and this is not present in the *M1*, which is an explanation of the observed behavior, which is 1 for the *M1*, and one of its basics is that the operations are monitored and drawn from within the Libyan Academy. The symbols and design are points that are not present in *M2* because it is a product of the database's transaction log, while *M1* is a complete design of the process after analyzing it.

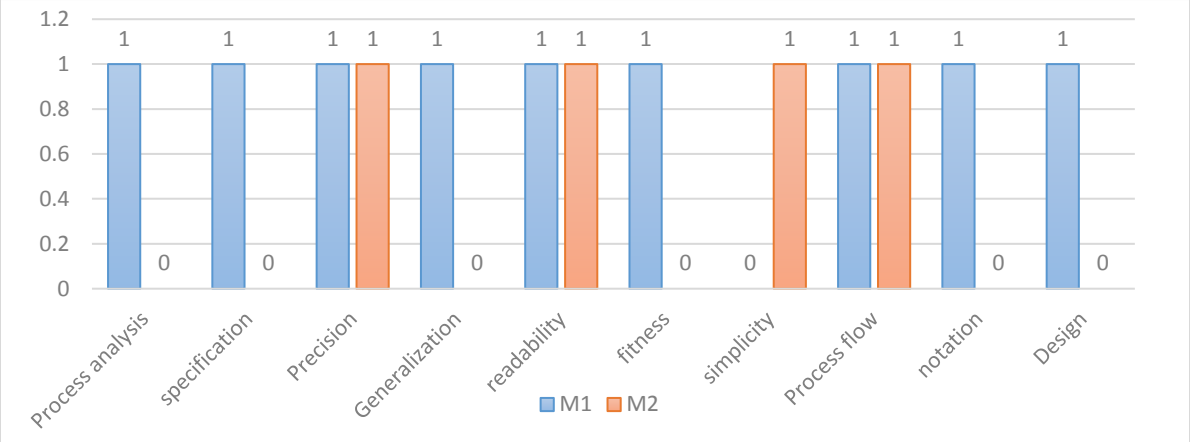


Figure (7) Comparison graph between *M1* and *M2*

According to the extrapolation of the findings, the *M1* is the one that scored the highest level in all the modelling aspects, and at the bottom, *M2*. This became clear after reading the evaluation carefully and technically, as shown in Figure (7). From this comparison, it can be inferred that modelling a system that makes use of analysis, uses its tools, and models processes using the *M1* has a lot of advantages over the *M2* that use database log file. Figure (7) displays a comparison graph comparing the two methodologies for each criterion.

- **Comparing between the *M1* , *M2***

Criterion	M1	M2
Process Modeling	1	1
Process Redesigning	1	1
Process Execution And Monitoring	0	1
Process Strategy	1	1
Practical Application	0	1
Accurate	0	0
Collaborative	1	0
Automation	0	1

Both *M1* and *M2* are important parts of process modeling, and each has a key and useful part for describing the processes in the system. When working on them at the Libyan Academy, the modeling processes differ for each of them. *M1* was used to manually model the processes, and *M2* was used to model the processes utilizing the database's event log.

Finding the actual process in its current state and modeling it are the two main goals of process modeling. Numerous aspects between these two methodology have been compared, and from these aspects, Process Redesign provides insights into where and what process modifications are needed. Process Monitoring and Execution obtaining process data, doing calculations, and organizing the data in the best

Table (1) Comparison between PM and BPMN

Criterion	Modeling Notation	
	BPMN	*PM*
Process analysis	1	0
specification	1	0
Precision	1	1
Generalization	1	0
readability	1	1
Fitness	1	0
simplicity	0	1
Process flow	1	1
Notation	1	0
Design	1	0

formats for leadership evaluation Realizing complete transparency and seeing possible problems before they arise or even when they do is the goal of Process Strategy, Practical Application is accurate and collaborative, extracting and processing quantitative workflow data from event logs for use in process modeling, process optimization, Automation projects, Accurate, and Collaborative**.**

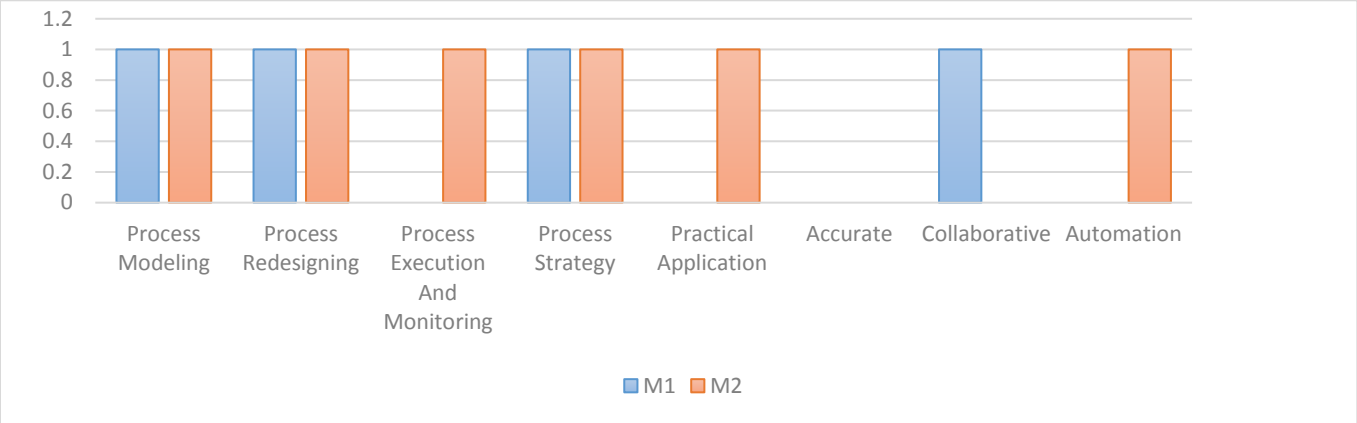


Figure (8) Comparing between the *M1*, *M2* and M3

According to the extrapolation of the findings, the *M2* scored the highest level in all the aspects, and at the bottom, *M1*. This became clear after reading the evaluation carefully and technically, as shown in Figure (8). From this comparison, it can be inferred that modelling a system that makes use of analysis, uses its tools, and models processes using the *M2* has a lot of advantages over the *M1*. Figure (8) displays a comparison graph comparing the two methodologies for each aspects.

V. CONCLUSION

In conclusion, the aim of the paper is to leverage the power of process mining in combination with the *BPMN* discipline and develop a prototype solution for the *TSMS* processes. Seeing that the process of constructing models based on the event log by mining processes is regarded as an imprecise operation due to the inaccuracies that arise in the event logs as a result of system abuse by its users, the suggested concept includes steps that are designed to extract the event log that contains the stored system operations, filter them, and put them in a mining process to extract automated models in the form of Petri nets, reproduce them, and put them in the form of *BPMN*, adding the modifications and enhancements that have been reached when analyzing the event log, and developing it by system administrators to provide a more accurate view of system activities.

Reference

1. Bourgeois, Dave, and David T. Bourgeois. Chapter 1: What Is an Information System? – Information Systems for Business and Beyond. Accessed Oct. 2022.
2. Robert Singer. “An Ontological Analysis of Business Process Modeling and Execution.” Cornell University, Apr. 2019, doi:10.48550/arXiv.1905.00499.
3. Amos Harris. “Integrating Business Process Management to Model Context in Healthcare: A Case Study Using Perioperative Processes.” Master of Science, Ottawa, Ontario, Canada, 2016.
4. Mar´ıa Agustina Cibr´an. “Translating BPMN Models Into UML Activities.” Business Process Management Workshops, 2009, doi:10.1007/978-3-642-00328-8_23.
5. Lars Reinkemeyer. “Process Mining in Action Principles, Use Cases and Outloo.” University of California, Santa Barbara, Springer, doi:10.1007/978-3-030-40172-6.
6. Gustav Aagesen, and John Krogstie. “BPMN 2.0 for Modeling Business Processes.” Research Gate, 2015, doi: 10.1007/978-3-642-45100-3_10.
7. Siying Han. “BUSINESS PROCESS AUTOMATION THROUGH CHATBOTS IMPLEMENTATION: A CASE STUDY OF AN IT SERVICE PROCESS AT PHILIPS.” Master of Science, Delft University of Technology, 2019.
8. Rabia Saylam, and Ozgur Koray Sahingoz. “PROCESS MINING IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT: CONCEPTS AND CHALLENGES.” IEEE, 2013, doi:978-1-4799-3343-3/13/$31.0.
9. Ved Mishra, et al. “Analysis and Comparison of Process Mining Algorithms with Application of Process Mining in Intrusion Detection System.” IEEE, 2018, doi:978-1-5386-4692-2/18/$31.00.
10. J¨org Desel. “Petri Nets and Business Process Management.” dagstuhl.sunsite.rwth-aachen.de, 1998.
11. Dennis Kafura. “Notes on Petri Nets.” Computational Thinking.
12. MELNYK, et al. “INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT FOR TEACHING STAFF PERFORMANCE EVALUATION.” Research Gate, Jan. 2020.
13. Sundus Akki, and Ahmed Alkilany. “Automate Libyan Academy Processes on Cloud-based BPM Case Study: Student Information System.” ISTJ, 2022.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Meso-Interlaced 1D Finite Element mesh for Modelling Plain Wave Engineering Fabrics

Farag Abdiwi
Mechanical Engineering

Faculty of Technical Sciences
Sabha, Libya
ebdewej1@gmail.com

***Abstract*—Meso-interlaced 1D finite element mesh for finite element modelling has been developed from excited Varifab finite element variable mesh generator. Spline interpolation numerical method was used to model the wavy curvy geometrical shape of fabric warps by Matlab software. The stage of modelling split to two steps: step one generating a saw teeth finite element mesh by adding data coordinate points nodes to axes z and the second step adding more coordinate data points on warp yarns of axes z for further spline interpolation. Once the spline interpolation of warp yarns achieved, a meso-interlaced 1D finite element mesh is generated readily. An input file of Abaqus finite element software is also generated, immediately as the run of Matlab code meso-interlaced Varifab code completed. The mesh can be used for further modelling and characterization of plain wave engineering fabrics.**

Keywords—meso, interlaced, finite element, plain weave, engineering fabrics, spline interpolation

I. INTRODUCTION

The relentless seeking toward introducing textile composite products to mass production system was and still is the concern of textile composite forming researchers. In fact, mass production system enables suppliers to produce large quantities of products in record time (high production capacity), with considerable cost reduction, and with high quality and identically. Whereas in unit production system is vice versa, because products quality and identically depends on employee's skills. Moreover, it provides low production capacity in great amount of time.

Accordingly, building an automatic design and manufacturing tool for obtaining textile composite products with high quality, identically, cost effective and …etc, it will not be developed unless taking the first step toward this goal. Which involving textile composite design and manufacturing processes to automation. In other words, changing textile composite production system from unit production to mass production. Achieving this goal depends on the most important factor including developing an appropriate constitutive model.

Developing an appropriate constitutive model is a hard task of tremendous efforts carried out by groups of researchers over the last three decades. The researches inside the frame of textile composite forming modeling categorizing in three different approaches: micro-scale, miso-scale and macro-scale. Considerable number of researches have been already carried out in each category of the three approaches.

However, each type of approach of the three mentioned approaches has its own advantage and disadvantage. Micro and macro scale approaches more realistic in terms of simulating the real deformation, however they are both very computationally expensive due to the complication of computation the non-linear behavior and the contact conditions results in large CPU times compared to macro-scale approach.

The common method used up to date in industry for modeling textile composite before draping on the required shape is mapping or kinematic method [1-3]. This method used to produce one product in the time depends on employee skills, therefore it considered under unit production system. The method considered simple in terms of analysis complication, because no stress-deformation calculation is needed, since no constitutive models is used. In this method, each unit cell of engineering fabrics in vacuum bagging infusion draping process or textile composite in heated vacuum bagging process are modeled as an inextensible pin-jointed net. Draping using kinematic method accomplish by choosing an arbitrary point on part's surface. The rest of fabric mapped from that point using pin-jointed net technique. In fact, the matter of predicting the exact shear deformation of draped part using kinematic method is depending on luck, because every time starting draping from different starting point and draping path. Consequently, this method not suitable to be used in mass production system and it not accurate in prediction the exact shear deformation and prediction the exact tension stresses required to avoid common defects associated with textile composite forming such as wrinkling.

From the inability of kinematic method to fulfill requests to use it to be a used method in textile composite forming process design of mass production system. Researchers turned their attention to invent a new method.

A mechanical method has been invented and developed to replace kinematic method by contribution of researchers from all over the world. The developments and enhancement of the mechanical method included applying constitutive models in design part and automatic forming process in manufacturing part. Mechanical method is categorized to three main categories: micro-scale, miso-scale and macro-scale. The basic principle of the micro-scale (discrete) method is that, modeling the textile composite or engineering fabric material from the lowest level which is fiber. Modeling each fiber individually as a 3D cylindrical part. Then connect each fiber part with the approached fiber part using contact tool to form one yarn or tow then form the whole fabric. The fiber part

material model defined as isotropic or hyper-elastic or whatever depends on the fiber material behavior. However, although this method by logic considered the most accurate in terms of material structure and deformation, it tedious, time consuming and computationally extremely expensive (need massive powerful computational tool) [4-9].

The basic principle of the miso-scale (discrete) method is that, modeling the textile composite or engineering fabric material from the mid-way level which is yarn or tow. Modeling each yarn or tow individually as a 2D strip part or 3D cylindrical part. The interaction between the yarns or tows to form the whole engineering fabric or textile composite performed by suitable contact tool. The yarn part material model defined as isotropic or hyper-elastic or whatever depends on the yarn material behavior. The meso-scale method considered as less tedious, less time consuming and less computationally expensive than micro-scale method. However, only limited number of unit cells can be used to model for example engineering fabric or textile composite for characterization investigation or forming application without a need to a powerful computational tool [10-17].

In macro-scale (continuous) method a constitutive model also required to model the engineering fabric or textile composite as one anisotropic material to predict the shear deformation during forming. This method less expensive computationally than the last two mentioned methods (micro and miso-scale methods). Since elements such as membrane and shell elements available in commercially finite element softwares such as Abaqus can be used for modeling textile composite and engineering fabrics which noticeably reduced computational time significantly. Not only using standard elements available in commercial finite element softwares reduced the computational time but also the no demand of contact mechanism reduced the computational time significantly. Several researchers carried out researches of modeling textile composite and engineering fabric forming using macro-scale method by different ways in terms of defining different constitutive models such as (hyper-elastic material and hypo-elasticity material models) [18-25].

As mentioned earlier meso-scale modeling textile composite and engineering fabric technique is tedious, time consuming and computationally expensive. However, on one hand a number of CAD tools such as wisetex, texgen,….etc have been developed to cut off the time consumed in creating the complicated fabric geometry. On the other hand, conducting finite element modeling using texgen textile composite or engineering fabric model only possible if and only if on one unit cell or on a few unit cells in best situation with powerful computational tool.

A meso-scale modeling strategy or discrete approach is an approach of modeling textile composite and engineering fabric. The name discrete approach mentioned first time by Boisse, et al (2008) [26] as yarns or tows slide regard to each other. Some researchers have used contrapuntal engineering fabric and textile composite softwares such as Texgen and Wisetex [27-29] for modeling engineering fabric and textile composite geometry. While other researchers have used general CAD softwares such as Solid works, AutoCAD,.etc [30-33]. Texgen and Wisetex make the task of generating engineering fabric or textile composite geometrical models very easy, while using Solidworks, AutoCAD,….etc make the task very tedious, time and efforts consuming. However, Boisse, et al (2010) [26] carried out a successful simulation of picture frame shear deformation test with a generated digital fabric composed of warps and wefts slide on each other by contact tool using one of the meso-scale geometrical methods [27-33]. Engineering fabrics with different weave style (non-crimp, plain, 2:1 twill and 2:2 twill) have also been generated by Creech and Pickett [35,36]. Another way of modeling engineering fabric was developed by Ballhause, et al. [37]. Ballhause, et al. [37] followed a new technique for modeling engineering fabrics warps and wefts. Warps and wefts in fabric unit cells not slide on each another, instead they considered as a concentrated masses. The masses are connected with each other by links which modeled as finite elements. The links (finite elements) model the stretching, bending and shear behavior taken place in real engineering fabrics and textile composite deformation during forming.

Turing our attention to lower modeling scale, number of researchers have carried out modeling of fibers at microscopic level [38-43]. In terms of computational price, this textile composite modeling method (micro-scale modeling) is much more expensive computationally than macro (continuous) and meso-scale (discrete). However, with the rapid development of the world in software and hardware science, it provides great hope for the success of using such textile composite modeling methods (meso-scale and micro-scale).

The goal of this research paper is focusing on developing a novel discrete approach that modeled yarns as truss or beam elements with taking in account woven interlacing and orientation angles inherent fabric variability.

II. MATERIAL AND METHOD

Interlacing with fiber orientation variability mesh with 1D elements (truss or beam) simulate plain woven roving weave style of real fabric has been chosen to be modeled in this research paper. Novelly simple method created finite element interlaced mesh has been developed. The method named (Simple Interlaced Variable Mesh) SIVM. SIVM method working strategy based on modulating an excited 1D mesh with orientation variability has been generated from author Varifab code [44]. Varifab code [44] generated hybrid mesh composed of 2D elements (membrane or shell) each 2D element surrounded on its circumference with four 1D elements sharing with it their common cornered nodes. The generated mesh from Varifab [44] contain fiber variable orientation angles inherent in realistic engineering fabric. Instead of sharing a common node between 2D elements and 1D elements, 2D elements would be discarded. The new mesh contains of only 1D elements will be modified to introducing interlacing between orthogonal elements instead of sharing a common node. This will be carried out by adding a plus and minus values to a Z coordinate replacing a zero value to elements in just on orientation and remain the other elements in an opposite orientation unchanged.

III. INTERLACEING

The major types of woven fabric are plain, twill and satin. The threads interlacing (the weave technique) that is followed to produce woven fabric based on interlacing fabric warps and wefts with each other [45,46]. Attributable to woven fabric outstanding drapability and stability, it is used extensively in textile composite draping and forming as the most used 2D fabric.

Engineering fabric in general composed of warps and wefts, that are the foundation of turned yarns and threads into

weaved fabric. Weaving process are carried out as followed: group of warps are stitched and fixed as straight lines in right and left loom arms, while same number of wefts are interlaced up and down over the group of warps [47]. The interlacing process always performed according to the woven style required (plain, twill or satin) see Figure 1-3. Twill weave fabrics differ regarding to its degree of warp to weft weave, there are 2/1 twill, 3/1 twill. 2/2 twill, 3/2 twill and etc. The numbers written before twill indicate to the degree of warps to wefts interlacing. For example, 2/2 twill means the degree of interlacing are two warps down and the next warp up (see Figure 2).

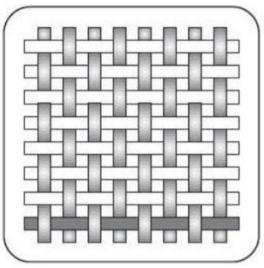


Figure 1. Plain weave woven fabric.

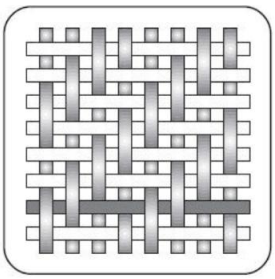


Figure 2. 2/2 Twill weave woven fabric.

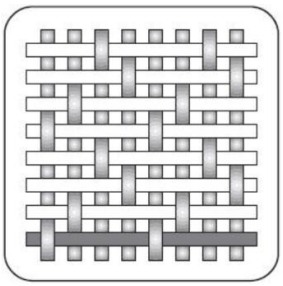


Figure 3. Satin weave woven fabric.

With fiber orientation variability mesh with

IV. MESO-VARIFAB FABRIC MESH GENERATION (GENERATING MESH INTERLACING METHOD AND MATLAB CODING PROCEDURES)

The Simple mesh obtained from Varifab code [44] composed of hybrid elements (the hybrid element is 2D element surrounded with four 1D elements) was taken as example for altering them to be SIVM. To start the task a mesh of four hybrid elements has been obtained from Varifab and a text file contain (X, Y and Z node set coordinates), element set of 2D elements (membrane or shell elements) (every element contains four nodes in its four corners) and element set of 1D elements (truss or beam elements. Also, from Matlab WorkSpace an array of node set and an array of element set of 1D elements are appeared in there. Plot of the mesh composed of 1D elements can be visualized on the screen for further treatment. On the plotted mesh figure coordinates of each node and number of each element can be illustrated from plotted figure window (see Figure 4).

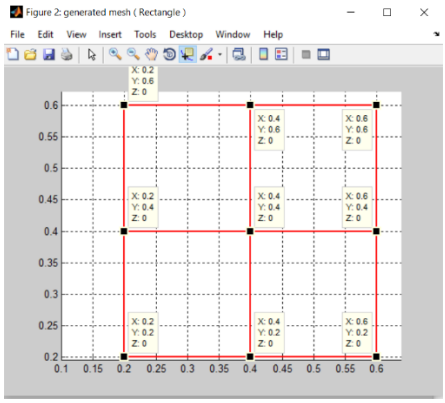


Figure 4. Varifab hybrid mesh with node coordinates datatip.

To establish or develop elements interlacing, the order and arrangement of all nodes and elements in a specific array can be easily and clearly shown comparing to the nodes and elements on the plotted figure. From here, interlacing between crossed elements can be generated by adding a third Z coordinate to elements in one direction only (for example at 90º). The specific values of Z coordinate are positive at node and negative at the next node on same element (see Figure 5).

Matlab coding steps start from here; creating two new node matrices from the node matrix created by Varifab. One node matrix for wefts and the other node matrix for the warps. Generating interlacing to warp node matrix by adding a positive specific value to Z coordinate to one node and a negative equal value to Z coordinate to the next node, respectively. To create meso-interlaced mesh with separated warp and weft yarns and to ensure connectivity and contact between warp and weft yarns, two element matrices has been generated. One element matrix for warp yarns and the other element matrix for the weft yarns. To this stage a sharp saw teeth meso-interlaced mesh has been created as shown in Figure 6.

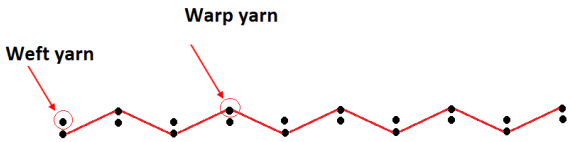


Figure 6. Sharp saw teeth meso-interlaced mesh.

major types of woven fabric are plain, twill and satin. The threads interlacing (the weave technique) that is followed to produce woven fabric based on interlacing fabric

V. MODELLING WARP YARN INTERPOLATION

The First attempt, a sharp saw teeth meso-interlaced mesh has been generated as shown in Figure 6. However, a real warp yarn architecture is curvature shape. In order of modelling real architecture of warp yarns, an improvement of the sharp saw teeth meso-interlaced mesh (Figure 6) has been carried out using a smoothy curvature tool between warp nodes. There are number of methods for producing smooth curvy transition between warp nodes such as (Quadratic Bézier curves [48],

natural cubic spline interpolation [49], linear spline [50] and a simple harmonic motion [51]).

Quadratic Bézier curves [48] method has been used for modelling curvy architecture of warp yarns. Quadratic Bézier curves equation (1) [48] has been used to introduce curvature feature in warp yarns.

$$B(t) = P_{\circ}(1-t)^2 + 2tP_1(1-t) + t^2P_2 \qquad (1)$$

When t is time of every Bézier quadratic period. B(t) quadratic Bezier points of time boundary condition $0 \leq t \leq 1$. P_0, P_1 and P_2 three control points mapped from saw teeth warp mesh nodes. Zoomed in segment from figure 6 show five *B(t)* quadratic Bezier points generated from five quadratic Bezier time *t*=[0 0.25 0.5 0.75 1]. By sustituting the three given controal points and the five quadratic Bezier time in equation (1) result in five *B(t)* quadratic Bezier points *B(0)*, *B(0.25)*, *B(0.5)*, *B(0.75)* and *B(1)* as shown in Figure 7. Increasing number of time points *t* result in increasing *B(t)* quadratic Bezier points that lead to curve architecture warp yarns mesh with smooth round appearance.

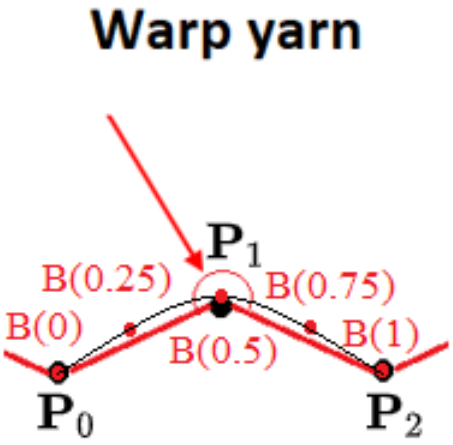


Figure 7. Five Bézier quadratic curve points B(t) generated from three control points in five time periods.

VI. MODELLING WARP YARNS SPLINE INTERPOLATION

Not as extrapolation that predicate extra data points outward, interpolation instead is inserting unknown data points between two known date points. As most, spline interpolation is a piecewise interpolation consisting of a number of interpolation fitting functions which can be linear, polynomial, exponential, or triangular, that restricted by certain boundary conditions keep smooth transition between start and end functions. Whereas polynomial interpolation consisted of one single polynomial function [53,54].

Converting the hybrid truss and membrane elements mesh generated from Meshgen or Varifab or VarifabGA codes to a meso-interlaced mesh consisted of same number of warps and wefts has been carried out using the method mentioned earlier in section Generating Mesh Interlacing method and Matlab coding procedures. Accordingly, introducing curvy shape to warp yarns instead of saw teeth shape that produced earlier has been done using Matlab Cubic spline data interpolation equation (2).

s = spline(x,y,xq) (2)

where x are the x coordinate data points vector of warps nodes and y is the z coordinate data points vector of warps nodes whereas xq are the query points of (new x coordinate data points vector of warps) and s are the corresponding to sq interpolated values (new z coordinate data points vector of warps) [55].

As shown in Figure 6 and 8 warp yarns were straight lines consisting of coordinate data points as nodes. Warp yarns were converted from straight lines to saw teeth lines by generating extra coordinate data points as a first step as mentioned and described earlier in last two sections. However, the coordinate data points generated are not sufficient to interpolate as curvy shape warp yarns as shown in Figure 8. Wherefore, new in between coordinate data points have been generated to obtain suitable spline interpolated curvy shape warp yarns simulate natural warp yarns of engineering fabric as shown in Figure 8. Once extra third coordinate data points were generated in each warp yarn's quarter wave, a spline interpolation is applied. The operation of the method is based on generating data points in between the excited data points of saw teeth warp yarns using equation (3).

$$\boldsymbol{y(x) = y_n + \frac{y_{n+1}-y_n}{x_{n+1}-x_n}(x_x - x_n)} \quad \textbf{(3)}$$

Where $x_n < x_x < x_{n+1}$

$y_{(x)}$ the in between data point that located in between the given independent data points from saw teeth warp yarn y_n and y_{n+1}, x_x is the independent data point which dependent to $y_{(x)}$ and in between the given dependent data points from saw teeth warp yarn x_n and x_{n+1}.

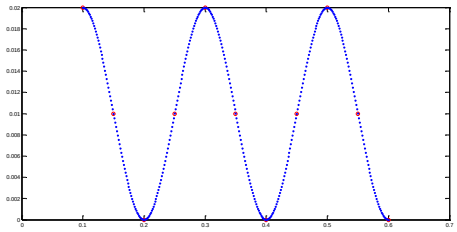


Figure 8. Adding in between points nodes to warp yarns and spline interpolation

At this stage, immediately after generating curvy shape warp yarns a full square meso-interlaced finite element mesh with curvy warps and straight wefts is possible to produce with different mesh density by this new Matlab code which named meso-interlaced-Varifab. Moreover, input file of Abaqus finite element software consisted of node and element sets of meso-interlaced mesh is also generated at the end of code running process for further finite element simulations. The flow chart of Meso-Interlaced-Varifab mesh code is shown in Figure 9.

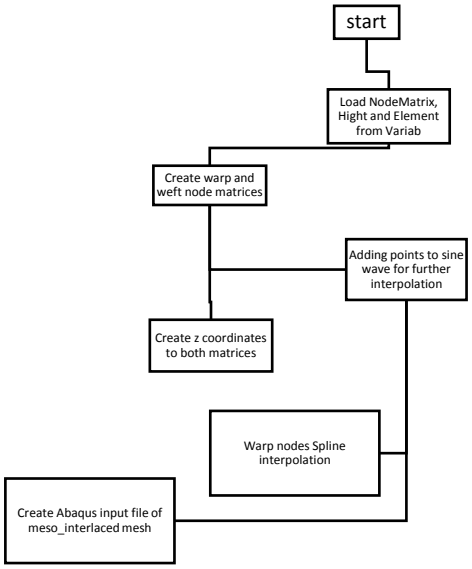


Figure 9. Flowchart process of Meso_interlaced code.

VII. RESULTS AND DISCUSSION

TMeso-interlaced-Varifab code originally developed to simulate the inherent variability of real plain weave engineering fabrics for further use in finite element simulations of forming and characterization of engineering fabric and textile composite.

Geometrical method was developed and applied to introduce interlacing and wavy style to 1D truss or beam finite element mesh generated from Varifab. Two stages have been applied to achieve this goal. The first stage which introduce interlacing to the finite element mesh (which result in saw teeth meso_interlaced finite element mesh) as shown in Figures 10a and 10b and the second stage is introducing curvy style using spline interpolation as shown in Figures 11a and 11b. The details of carrying out this method with the two stages can be read and find with more details in section Generating Mesh Interlacing method and Matlab coding procedures.

Comparison between saw teeth finite element mesh and finite element mesh with warp yarns with curvy shape (see Figures 10 and 11) yields to this fact: the warp yarns sharp tips of saw teeth finite mesh (see Figure 10) far away from simulating the exact shape of actual warp yarn, because the model has not curvy shape of warp yarns. Whereas, the curvy shape of warp yarns of finite element mesh (see Figure 11) simulating the exact shape of actual warp yarn. Simulating the exact natural shape of engineering fabrics with different of wave styles depends of parameters such as space or distances of adjacent yarns, sine function amplitude, wave style (plain, satin, twill, etc). Mesh density also may make different of appearance and geometries (see figures 11a, 11b, 12a and 12b).

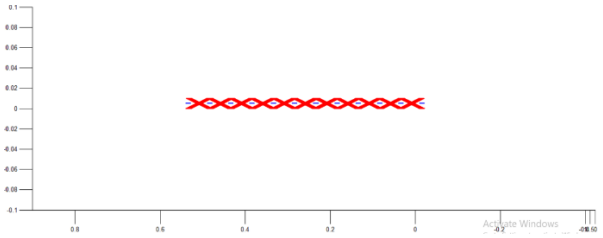


Figure 10a. Frontal projection of saw teeth meso-interlaced finite element mesh.

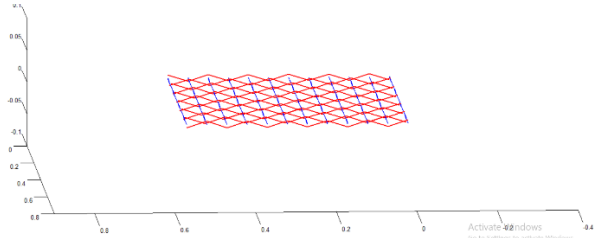


Figure 10b. Horizontal projection of saw teeth meso-interlaced finite element mesh.

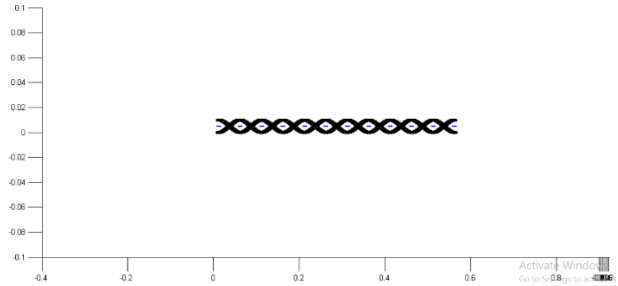


Figure 11a. Frontal projection of curvy spline interpolated meso-interlaced finite element mesh (coarse mesh).

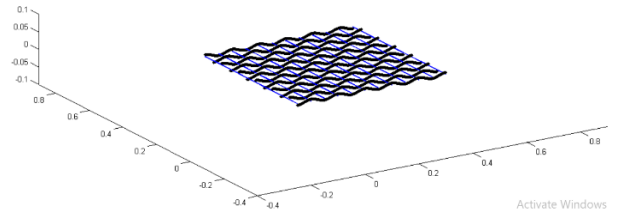


Figure 11b. Horizontal projection of curvy spline interpolated meso-interlaced finite element mesh (coarse mesh).

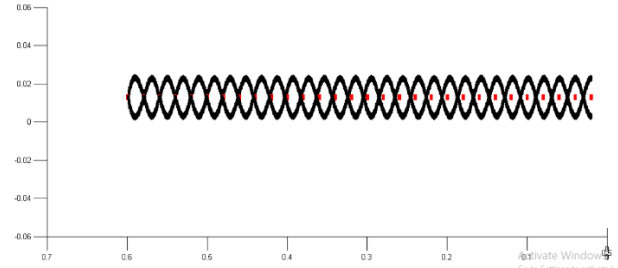


Figure 12a. Frontal projection of curvy spline interpolated meso-interlaced finite element mesh (fine mesh).

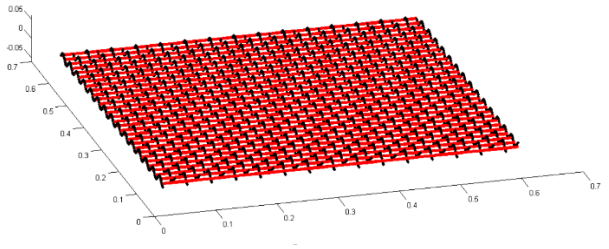


Figure 12b. Horizontal projection of curvy spline interpolated meso-interlaced finite element mesh (fine mesh).

VIII. CONCLUSSION

Meso-interlaced Matlab finite element mesh code generated has been developed. The code is a computational automatic tool of generating 1D finite element mesh for further use in finite element modelling and simulation of characterizing and modelling engineering fabrics characterizing and finite element forming. The code is another attempt toward make the design and manufacturing processes of engineering fabrics and textile composite fully automated. Further investigation in the next publication should be performed to examine this tool in textile composite forming applications.

ACKNOWLEDGMENT

The author would like to thank Allah Almighty for giving the ability and strength to finish this work. He also would like to thank Faculty of Technical Science-Sabha for giving time and tools to complete this work.

REFERENCES

[1] P. Boisse, A. Gasser, B. Hagege, and J. L. Billoet, "Analysis of the mechanical behavior of woven fibrous material using virtual tests at the unit cell level," *Journal of materials science*, vol. 40, pp. 5955-5962, 2005.

[2] D. Laroche, T. Vu-Khanh, I. Industrial Materials, and i. Institut des matériaux, *Modelling of the forming of complex parts from fabric composites*. Boucherville, Québec: Industrial Materials Institute, National Research Council of Canada, 1991.

[3] K. Vanclooster, S. V. Lomov, and I. Verpoest, "Experimental validation of forming simulations of fabric reinforced polymers using an unsymmetrical mould configuration," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 40, pp. 530-539, 2009.

[4] M. Duhovic and D. Bhattacharyya, "Simulating the deformation mechanisms of knitted fabric composites," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 37, pp. 1897-1915, 2006.

[5] D. Durville, "Numerical simulation of entangled materials mechanical properties," *Journal of materials science*, vol. 40, pp. 5941-5948, 2005.

[6] D. Durville, "Finite element simulation of textile materials at the fiber scale," *arXivpreprint arXiv:0912.1268*, 2009.

[7] D. Durville, "Simulation of the mechanical behaviour of woven fabrics at the scale of fibers," *International journal of material forming*, vol. 3, pp. 1241-1251, 2010.

[8] D. Durville, "Finite Element Modelling of Textile and Fibrous Materials at Microscopic Scale," presented at the ESMC-2012: 8th European Solid Mechanics International

Conference, Austria, Graz, 2012.

[9] A. Pickett, "Review of finite element simulation methods applied to manufacturing and failure prediction in composites structures," *Applied Composite Materials*, vol. 9, pp. 43-58, 2002.

[10] P. Boisse, N. Hamila, F. Helenon, B. Hagege, and J. Cao, "Different approaches for woven composite reinforcement forming simulation," *International journal of material forming*, vol. 1, pp. 21-29, 2008.

[11] I. Verpoest and S. V. Lomov, "Virtual textile composites software WiseTex: Integration with micro-mechanical, permeability and structural analysis," *Composites Science and Technology*, vol. 65, pp. 2563-2574, 2005.

[12] M. Sherburn, "TexGen v2," v2 ed, 2007.

[13] M. Sherburn, "TexGen v3," v3 ed, 2007.

[14] G. Hivet, J. Launay, A. Gasser, J. L. Daniel, and P. Boisse, "Mechanical behavior of woven composite reinforcements while forming," *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, vol. 15, pp. 545-555, 2002.

[15] M. Komeili and A. Milani, "The effect of meso-level uncertainties on the mechanical response of woven fabric composites under axial loading," *Computers & Structures*, 2011.

[16] P. Boisse, N. Hamila, P. Wang, S. Gatouillat, S. Bel, and A. Charmetant, "COMPOSITE REINFORCEMENT FORMING SIMULATION: CONTINUOUS AND MESOSCOPIC APPROACHES."

[17] H. Lin, M. J. Clifford, A. C. Long, and M. Sherburn, "Finite element modelling of fabric shear," *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*, vol. 17, p.015008, 2008.

[18] P. Harrison, M. Clifford, A. Long, and C. Rudd, "A constituent-based predictive approach to modelling the rheology of viscous textile composites," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 35, pp. 915-931, 2004.

[19] G. McGuinness and C. ÓBrádaigh, "Development of rheological models for forming flows and picture-frame shear testing of fabric reinforced thermoplastic sheets," *Journal of nonnewtonian fluid mechanics*, vol. 73, pp. 1-28, 1997.

[20] A. Spencer, "Theory of fabric-reinforced viscous fluids," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 31, pp. 1311-1321, 2000.

[21] S. Bickerton, M. J. Buntain, and A. A. Somashekar, "The viscoelastic compression behavior of liquid composite molding preforms," *Composites Part A: Applied Science and*

Manufacturing, vol. 34, pp. 431-444, 2003.

[22] P. A. Kelly, R. Umer, and S. Bickerton, "Viscoelastic response of dry and wet fibrous materials during infusion processes," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 37, pp. 868-873, 2006.

[23] Y. Luo and I. Verpoest, "Compressibility and relaxation of a new sandwich textile preform for liquid composite molding," *Polymer Composites*, vol. 20, pp. 179-191, 1999.

[24] F. Robitaille and R. Gauvin, "Compaction of textile reinforcements for composites manufacturing. III: Reorganization of the fiber network," *Polymer Composites*, vol. 20, pp.48-61, 1999.

[25] P. Simacek and V. M. Karbhari, "Notes on the Modeling of Preform Compaction: I -Micromechanics at the Fiber Bundle Level," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 15, pp. 86-122, January 1, 1996 1996.

[26] P. Boisse, N. Hamila, F. Helenon, B. Hagege, and J. Cao, "Different approaches for woven composite reinforcement forming simulation," *International journal of material forming*,vol. 1, pp. 21-29, 2008.

[27] I. Verpoest and S. V. Lomov, "Virtual textile composites software WiseTex: Integration with micro-mechanical, permeability and structural analysis," *Composites Science and Technology*, vol. 65, pp. 2563-2574, 2005.

[28] M. Sherburn, "TexGen v2," v2 ed, 2007.

[29] M. Sherburn, "TexGen v3," v3 ed, 2007.

[30] G. Hivet, J. Launay, A. Gasser, J. L. Daniel, and P. Boisse, "Mechanical behavior of woven composite reinforcements while forming," *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, vol. 15, pp. 545-555, 2002.

[31] M. Komeili and A. Milani, "The effect of meso-level uncertainties on the mechanical response of woven fabric composites under axial loading," *Computers & Structures*, 2011.

[32] P. Boisse, N. Hamila, P. Wang, S. Gatouillat, S. Bel, and A. Charmetant, "COMPOSITE REINFORCEMENT FORMING SIMULATION: CONTINUOUS AND MESOSCOPIC APPROACHES."

[33] H. Lin, M. J. Clifford, A. C. Long, and M. Sherburn, "Finite element modelling of fabric shear," *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*, vol. 17, p.015008, 2008.

[34] P. Boisse, Y. Aimène, A. Dogui, S. Dridi, S. Gatouillat, N. Hamila, M. Aurangzeb Khan,T. Mabrouki, F. Morestin, and E. Vidal-Sallé, "Hypoelastic, hyperelastic, discrete and 227 semi-discrete approaches

for textile composite reinforcement forming," *International journal of material forming*, vol. 3, pp. 1229-1240, 2010.

[35] G. Creech and A. Pickett, "Meso-modelling of Non-Crimp Fabric composites for coupled drape and failure analysis," *Journal of materials science*, vol. 41, pp. 6725-6736, 2006.

[36] R. Tavana, S. S. Najar, M. T. Abadi, and M. Sedighi, "Meso/macro-scale finite element model for forming process of woven fabric reinforcements," *Journal of Composite Materials*, July 20, 2012 2012.

[37] D. Ballhause, M. König, and B. Kröplin, "Modelling fabric-reinforced membranes with the Discrete Element Method," *Textile Composites and Inflatable Structures II*, pp. 51-67, 2008.

[38] M. Duhovic and D. Bhattacharyya, "Simulating the deformation mechanisms of knitted fabric composites," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 37, pp.1897-1915, 2006.

[39] D. Durville, "Numerical simulation of entangled materials mechanical properties," *Journalof materials science*, vol. 40, pp. 5941-5948, 2005.

[40] D. Durville, "Finite element simulation of textile materials at the fiber scale," *arXivpreprint arXiv:0912.1268*, 2009.

[41] D. Durville, "Simulation of the mechanical behaviour of woven fabrics at the scale of fibers," *International journal of material forming*, vol. 3, pp. 1241-1251, 2010.

[42] D. Durville, "Finite Element Modelling of Textile and Fibrous Materials at Microscopic Scale," presented at the ESMC-2012: 8th European Solid Mechanics International Conference, Austria, Graz, 2012.

[43] A. Pickett, "Review of finite element simulation methods applied to manufacturing and failure prediction in composites structures," *Applied Composite Materials*, vol. 9, pp. 43-58, 2002.

[44] Abdiwi, F., Harrison, P. , Koyama, I., Yu, W.R., Long, A.C., Corriea, N., and Guo, Z. (2012) Characterising and modelling variability of tow orientation in engineering fabrics and textile composites. Composites Science and Technology, Volume 72, Issue 9, 1034–1041

[45] www.bolton.ac.uk/codate/spguidetocomposites.pdf

[46] P. Boisse, Composite reinforcements for optimum performance: Woodhead Publishing, 2011.

[47] https://museum.gwu.edu/structure. The George Washington University Museum and The Textile Museum. Washington, DC: George Washington University.

[48] Walton, D. J., and D. S. Meek. "Approximation of quadratic Bezier curves by arc splines." Journal of Computational and Applied Mathematics 54.1 (1994): 107-120.

[49] McKinley, Sky, and Megan Levine. "Cubic spline interpolation." College of the Redwoods 45.1 (1998): 1049-1060.

[50] Heckman, Nancy E. "Spline smoothing in a partly linear model." Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological) 48.2 (1986): 244-248.

[51] Jha, D. K. Text Book of Simple Harmonic Motion and Wave Theory. Discovery Publishing House, 2005.

[52] https://youtu.be/pnYccz1Ha34

[53] McKinley, Sky, and Megan Levine. "Cubic spline interpolation." College of the Redwoods 45.1 (1998): 1049-1060.

[54] Erdogan, K. A. Y. A. "Spline interpolation techniques." Journal of Technical Science and Technologies (2013): 47-52.

[55] Mathworks. (2011). Global Optimization Toolbox: User's Guide (r2011b). Retrieved November 10, 2011 from www.mathworks.com/help/pdf_doc/gads/gads_tb.pdf

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

An Experimental Study of Acoustic Emission Generated by Journal Bearing

1st Osama Hassin
dept of Mechanical and energies, school of engineering, Libyan Academy, Janzour-Tripoli- Libya
osama.hassin@academy.edu.ly

2nd Noureddine Toumi
dept. Mechanical and industial Gharyan University Gharyan,Libya
toumi_71@yahoo.com

***Abstract*—In many missions of rotating machines such as compressors, engines, turbines and large centrifugal pumps use Journal bearings to support and guide rotating shafts due to the high load capacity of this type of bearing. The effect of operating conditions on heavy duty in the journal bearings will degrade machine performance, reduce life time and increase risk. The application of high-frequency Acoustic Emissions AE signals is used to carry information about the details of the micro-collision process. Furthermore, the AE for journal bearing diagnosis is gaining acceptance as a useful complementary tool for the condition monitoring. The experimental investigation has been conducted to demonstrate the effect AE characteristics of the journal bearing in different critical operating conditions. The parameters rotational speed and radial load as well as different lubricant viscosity are mainly measured. For the overcoming occurrence of the bearing failures a comprehensive monitoring method has developed between friction in asperity contact and energy release of AE signals for journal bearing. A mathematical model is applied in order to obtain an insightful understanding of the influences operating parameters on the energy of AE generated in rolling element bearing. The obtained results showed that the potential of AE technology and data analysis method applied for monitoring the asperities contact condition in journal bearings, which will be vital for developing a comprehensive monitoring system, supporting the optimal design by simulating the Stribeck curve and operation of journal bearings.**

Keywords— journal bearing, acoustic Emission AE, Stribeck curve, root mean square.

I. INTRODUCTION

In 1846, Stribeck reported that the friction coefficient was inversely proportional to speed. Thus, he presented the characteristic curve of the coefficient of friction versus speed. Figure1 illustrations the Stribeck curve, this shows the relationship between the coefficient of friction and bearing parameter or modulus ηN/p, where η is the absolute viscosity of the lubricant in kg/m.s, N is the shaft speed in rpm and p is the pressure on the projected area in Pa. The optimum point of the curve is when the coefficient of friction passed through a minimum point from mixed to hydrodynamic lubrication [1]. The coefficient of friction changes with lubrication regime: mixed-film lubrication and hydrodynamic lubrication as shown in Stribeck's curve [2].

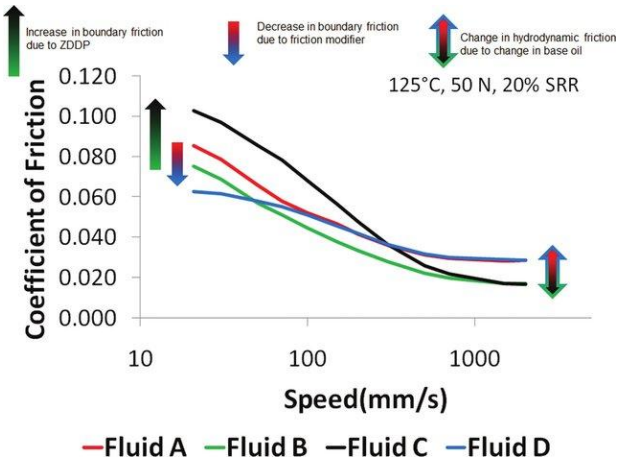


Fig 1 Stribeck curve under different types of lubricants [2]

II. ASPERITY COLLISION EXCITATION

In general, any journal bearing is designed to operate under the hydrodynamic regime. Due to abnormal operating conditions during transient operations or fault cases like oil leakages, oil degradations and worn surfaces might make it often operates under mixed or boundary regimes [3]. In these two regimes asperity collisions occur and result in increased relief plastic deformation energy. Fig 2 illustrates that asperity contact can be expressed as a source of plastic wave in journal bearing. It shows that one of the asperity pairs has a larger degree of collisions, which produces higher transient energy; whereas the smaller contact produces lower transient responses. The stiffness of a single asperity contact pair are built and calculated based on shoulder-shoulder asperity contact [4] as shown in Fig 3 shoulder-shoulder asperity contactFig 3.

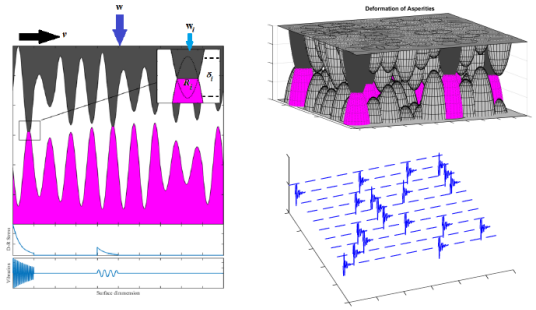


Fig 2 Asperity of deformation caused by collision [4]

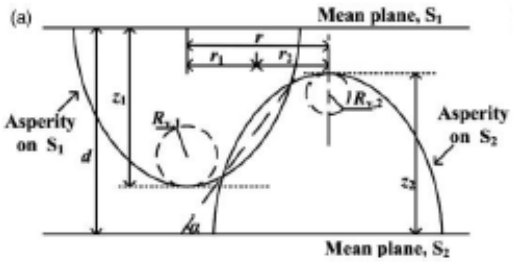


Fig 3 shoulder-shoulder asperity contact [5]

III. MATHEMATICAL MODEL CONCEPT

A. *ModellingFriction*

Modelling the friction between the asperities collisions which is the main sources of AE in journal bearing. In general, the tangential contact friction F between a pair of asperities in contact can be obtained [6] as:

$$F = \iint \tau dA \qquad (1)$$

Where τ is shear stress at the asperity contact and A is the area of one asperity in contact. The friction coefficient f of a single asperity can be expressed as:

$$f = \frac{\tau}{P} \qquad (2)$$

Where P is the normal pressure in a single asperity contact. Substituting by τ from the equation (2) into the equation (1) and rearranging the integral yields to:

$$F = \iint \tau dA = \iint f p dA = f\ W \qquad (3)$$

Where W is the normal load. Considering the Greenwood and Williamson models [7] for the real contact surfaces, the probability of making contact at any selected asperity can be expressed as (see Fig 4):

$$p(z) = f(z)dz \qquad (4)$$

If the number of asperities per unit area is D, the expected number of contacts in any unit area is:

$$n = D \int_d^{\infty} f(z) f z \qquad (5)$$

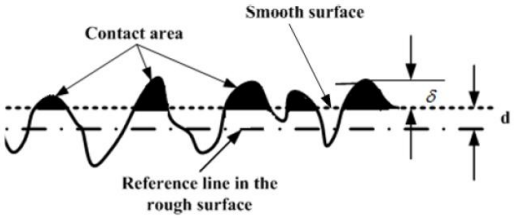


Fig 4 Greebwood and Williamson for contact model [7]

Based on Hertz [6] [8] theory and on this model the maximum deflection δ in the contact area can be expressed as:

$$\delta = \left(\frac{w^2}{E'^2 R'}\right)^{1/3} \qquad (6)$$

B. *Friction Energy Release Rate Model*

The frictional work done by friction force F on a point that moves a sliding distance S in the direction of tangential sliding contact is:

$$U_{iAE} = \int F ds \qquad (7)$$

Now, it can calculate sliding distance S in asperity contact based on Fig 5. From that figure, a represents the Hertzian radius of the asperity contact circle and given by:

$$a = \left(\frac{w\ R'}{E'}\right)^{1/3} \qquad (8)$$

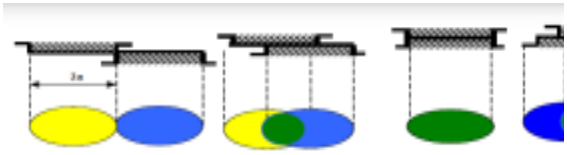


Fig 5 The concept of displacement in asperity contact [9]

Thus, sliding distance S in asperity contact can be expressed as:

$$S = 2a + 2a = 4\left(\frac{w\ R'}{E'}\right)^{1/3} = a(\delta R')^{1/2} \qquad (9)$$

Substituting by F from Equation (3) and extracting ds from Equation (9) into Equation (7) hence it can be rearranged as:

$$U_{iAE} = \int F ds = \int \frac{4}{3} f w \left(\frac{E}{wR}\right)^{2/3} dw = f\left(\frac{E}{R}\right)^{2/3} w^{4/3} \qquad (10)$$

Therefore, the Equation (10) can be rearranged as well in terms of maximum deflection as follows:

$$U_{iAE} = f\left(\frac{E^4}{R}\right)^{1/3} w^{2/3} \delta \qquad (11)$$

Since δ = Z-d, thus the mean frictional work of one asperity contact is:

$$\bar{U}_{iAE} = f\left(\frac{E^4}{R}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{\int_d^\infty w^{\frac{2}{3}}(z-d)f(z)dz}{\int_d^\infty f(z)dz} \quad (12)$$

The total frictional work at the asperity contacts UAE can be expressed as:

$$U_{AE} = A_0 n \bar{U}_{iAE} \quad (13)$$

Where A0 is the apparent contact area; n is the number of contacts in unit area as given by Equation (5). Thus, the total frictional energy can be expressed as:

$$U_{AE} = A_0 n f\left(\frac{E^4}{R}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{\int_d^\infty w^{\frac{2}{3}}(z-d)f(z)dz}{\int_d^\infty f(z)dz} \quad (14)$$

Substituting by n from Equation (5) into Equation (14) will result in:

$$U_{AE} = A_0 D f\left(\frac{E^4}{R}\right)^{\frac{1}{3}} \int_d^\infty w^{\frac{2}{3}}(z-d)f(z)dz \quad (15)$$

The total time in frictional contact can be defined and calculated as:

$$t = \frac{S}{v} = \frac{4a}{v} = \frac{d(\delta R\prime)^{1/2}}{v} \quad (16)$$

Where v is sliding speed. By using δ = z −d, the mean friction contact time is:

$$t = \frac{4\int_d^\infty R'^{\frac{1}{2}}(z-d)^{\frac{1}{2}}f(z)dz}{v\int_d^\infty f(z)dz} \quad (17)$$

Now, it can define the total number of asperity contacts between the two surfaces as follows:

$$N = A_0 D \int_d^\infty f(z)dz \quad (18)$$

Dividing Equation (15) by Equation(17), and defining all constant parameters as K1, the acoustic energy release rate can be expressed as:

$$\dot{U} = Vv(K_1 w^{2/3}) \quad (19)$$

Supposing that a portion (kf) of the energy released as a result of friction converts to AE pulses and the gain of the AE measurement system is (kg) then [9]:

$$\dot{U}_{AE} = K_f K_g N v(K_1 w^{\frac{2}{3}}) \quad (20)$$

C. Frictional AE Model

Based on detailed discussion found in the work of Fan et al. [10], the RMS value of the AE signal excited by the contact friction can be expressed as:

$$V_{rms} = \sqrt{R\,\dot{U}_{AE}} \quad (21)$$

Where R is the electrical resistance of the AE measuring circuit. Substituting Equation (20) into Equation (21) and defining all constants with K, Vrms in frictional asperity contact can be expressed as:

$$V_{rms} = \sqrt{KNvw^{2/3}} \quad (22)$$

Based on the Equation (22), the RMS value of AE signal increases with load, rotational speed and number of asperities in contact [9].

IV. ACOUSTIC EMISSIONS SIGNALS

The main source of acoustic emission signals is mainly generated by sliding contact of friction surfaces at the microscopic level (asperity contact) Boness and McBride [11]. Acoustic Emission (plastic energy release) carries evidence about micro structure deformation, many researchers stated on the condition monitoring field using AE technology [12]. AE technique is able to process and record thousands of AE event per second. Count rate and amplitude with sliding contact have been investigated using time and frequency domains to carry information about the details of the micro-damage process. Frequency domain analysis could characterize AE signals, nevertheless AE proceedings, such as high frequency, attenuation, dispersion, multiple reflections and the non-linear character which is often difficult to identify effective features for fault diagnosis. Miettinen and Siekkinen [6] and Mba et al. [13] confirmed that the time domain statistic parameters of AE signals can be used in condition monitoring technique. They reported that the possibility of detecting leakage, dry running and cavitation by measuring the RMS value of AE signal of a mechanical seal on a centrifugal pump.

In additional studies, Fan et al. [10] [14] stated that the level of raw Acoustic Emission measurement depends on the sliding operating conditions such as speed, the load supported by contact, and the number of asperity collisions, as well as the surface topographic characteristics among others [10].

V. EXPERIMENTAL PROCEDURE

The test rig of journal bearing consisted two self-aligning spherical journal bearings (SA35M), electrical motor and load system have been exerted radial load on the shaft supported between bearings as shown in Fig 6.

Moreover, AE measurement instrumentation transducers were mounted. Also, an encoder and a pressure sensor are placed in order to measure the output rotating speed and radial load, respectively. The journal bearing has been tested to validate the plastic energy release by investigating acoustic emission response. The experiments were carried out to test three different lubrication types under different radial loads and different rotating speed. This model demonstrates a clear correlation between AE Root Mean Square (RMS) value and sliding speed, contact load and number of contact asperities. To benchmark the proposed model, a mechanical seal test rig was employed for collecting AE signals under different operating conditions. Then, the collected data was processed using time domain and frequency domain analysis methods to suppressing noise interferences

from mechanical system for extracting reliably the AE signals from mechanical seals.

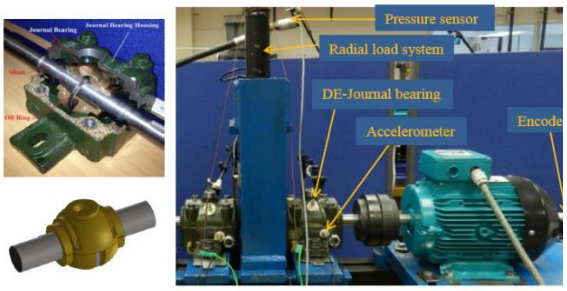
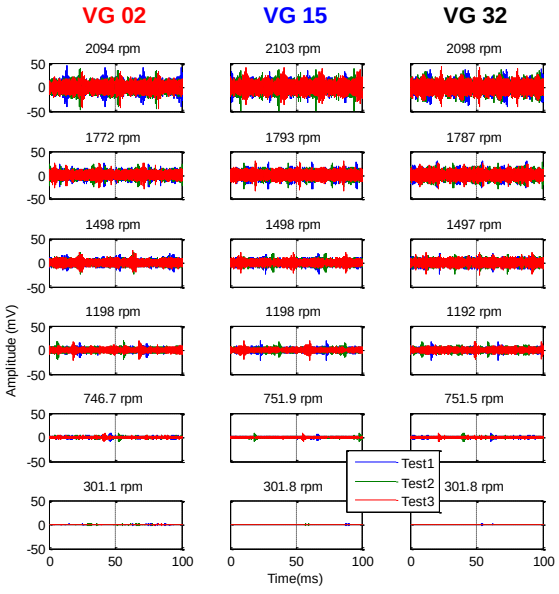


Fig 6: Self-aligning journal bearing companies and test rig [15]

VI. RESULTS AND DISCUSSION

A. *Time Domain and Frequency Domain Results*

The investigation of time and frequency domains features of AE is simplified presented the energy release of a journal bearing as shown in Fig 7. Time domain features show that the elastic energy is increased while rotating speed increases. Fig 7 illustrations the AE power spectrum of journal bearing at multiple operating conditions. Also, it shows that spectrum signatures obviously appearance frequency of high speed. The high - frequency band might be associated with asperity-asperity smashes, so asperity collusions release more power during shaft rotating with high speed. However, time domain and frequency domain could not recognize the differences between different oils easily.



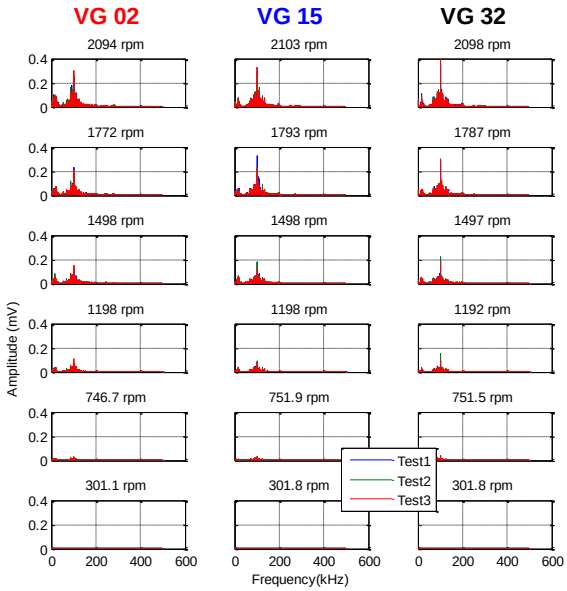
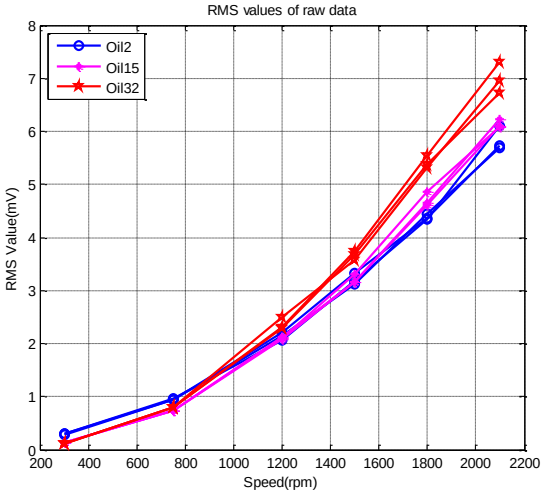


Fig 7: AE signals from a journal bearing

B. *RMS Values*

RMS values of AE signals provide an overall track statistics of the journal bearing situation. Fig 8 shows the overall RMS values of raw vibration data which measured from AE time domain and AE high frequency domain. RMS values show that high speed of rotating machine release more energy. Moreover, at low speed the high viscosity has less AE energy. On the other hand, at high speed the high viscosity has more AE energy. During changing rotating speeds, the RMS feature twisting based on oil type. This phenomenon in some way presents Stribeck curve at mixed-film lubrication and hydrodynamic lubrication regimes.



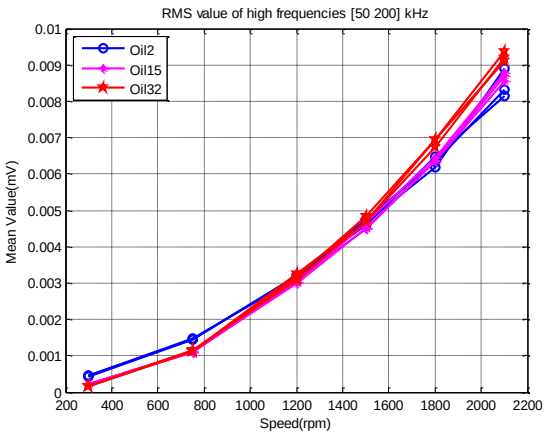


Fig 8: AE RMS value and rotational speed for journal bearing

VII. CONCLUSION

This paper was combined with two established signal processing methods: time domain and frequency domain analysis. Lubricant film thickness in Journal bearings rises the shaft to moderate asperity-asperity smash by separating the shaft and the bearing surfaces. The effect of lubricant type and rotating speed in the journal bearings will degrade machine performance. Acoustic Emissions AE signals successfully carry information about the details of the micro-collision process during different parameters mathematically and experimentally. Also, RMS values of the acoustic emission produced frictional asperity collision and operating parameters such as rotational speeds, loads and oil types have been established mathematically and measured experimentally. AE analysis successively monitoring the asperities contact condition in journal bearings. High rotating speed, always has high elastic energy releasing by asperity contacts. This study consecutively simulating the Stribeck curve by evaluating RMS value of time and high frequency domains. Likewise, AE RMS values might present the optimum operating conditions at exchanging values.

REFERENCES

[1] O. Hassin, U. Haba, F. Gu, and A. Ball, "Monitoring Mis-Operating Conditions of Journal Bearings based on Modulation Signal Bispectrum Analysis of Vibration Signals," no. September, pp. 509–517, 2018, doi: 10.21467/proceedings.4.18.

[2] M. K. Miller *et al.*, "An Investigation of Hydraulic Motor Efficiency and Tribological Surface Properties," *Tribol. Trans.*, vol. 57, no. 4, pp. 622–630, 2014, doi: 10.1080/10402004.2014.887167.

[3] O. Hassin, J. Ma, H. Zhang, F. Gu, and A. D. Ball, "Vibration Monitoring of the Gradual Worn in Journal Bearings," *Smart Innov. Syst. Technol.*, vol. 166, pp. 597–607, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-57745-2_50.

[4] O. A. A. Hassin, "Condition monitoring of journal bearings for predictive maintenance management based on high frequency vibration analysis." University of Huddersfield, 2017.

[5] B. Zhao, S. Zhang, J. Man, Q. Zhang, and Y. Chen, "A modified normal contact stiffness model considering effect of surface topography," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part J J. Eng. Tribol.*, vol. 229, no. 6, pp. 677–688, 2015.

[6] H. Lubbinge, *On the lubrication of mechanical face seals*. Department of Mechanical Engineering, University of Twente, 1999.

[7] J. A. Greenwood and J. B. P. Williamson, "Contact of nominally flat surfaces," *Proc. R. Soc. London. Ser. A. Math. Phys. Sci.*, vol. 295, no. 1442, pp. 300–319, 1966.

[8] H. Hertz, "On the contact of rigid elastic solids and on hardness, chapter 6: Assorted papers by H. Hertz." MacMillan, New York, 1882.

[9] H. Towsyfyan, F. Gu, and A. Ball, "A review of mechanical seals tribology and condition monitoring," 2013.

[10] Y. Fan, F. Gu, and A. Ball, "Modelling acoustic emissions generated by sliding friction," *Wear*, vol. 268, no. 5–6, pp. 811–815, 2010.

[11] R. J. Boness and S. L. McBride, "Adhesive and abrasive wear studies using acoustic emission techniques," *Wear*, vol. 149, no. 1–2, pp. 41–53, 1991.

[12] L. A. Gupta and D. Peroulis, "Wireless temperature sensor for condition monitoring of mechanical seals," in *2012 42nd European Microwave Conference*, 2012, pp. 424–427.

[13] D. Mba, T. Roberts, E. Taheri, and A. Roddis, "Application of acoustic emission technology for detecting the onset and duration of contact in liquid lubricated mechanical seals," *Insight-Non-Destructive Test. Cond. Monit.*, vol. 48, no. 8, pp. 486–487, 2006.

[14] Y. E. Fan, *The condition monitoring of mechanical seals using acoustic emissions*. The University of Manchester (United Kingdom), 2007.

[15] O. Hassin, J. Ma, F. Gu, and A. D. Ball, "Modelling the Vibration Response of a Journal Bearing for Condition Monitoring."

First Libyan international Conference bon Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Horizontal Pressure Vessel Designing by Implementation of ASME Codes, Section VIII, Division1

Nureddin O. Fahel Alboum
Mechanical & Industrial Engineering Department
College of Engineering
University of Zawia
Zawia – Libya
n.fahelalboum@zu.edu.ly

ABSTRACT—In this paper, a suitable design of a Horizontal Pressure Vessel is achieved using the ASME codes Section VIII – Division 1. All the vessel components (Heads – Shell – Nozzles – Manhole – Saddles) are designed and calculated under the ASME codes with the help of both ANSYS and Solid works software. The designed HPV is used to holding 10m^3 of pressurized Propane gas. The pressure vessel has been drawn, modeled, simulated and analyzed and compared by both ASME codes and ANSYS software. The whole pressure vessel which is cylindrical in shape with its total components has been tested and validated against this computer program. The meshing of the desired and important components is carried out properly. Theoretical validation has been achieved on the total components and gave results within limits, also the results demonstrated that the highest stresses are experienced by the manhole followed by the shell, whereas the four nozzles, two saddles, and both heads are subjected to the lowest stresses. The results showed that the total deformation increases the further the component is from the saddle

Keywords: **Horizontal Pressure Vessels, ASME codes, Stresses, Deformation, Meshing and ANSYS.**

I. Introduction

The leakproof containers are known by the name on Pressure Vessels. They are playing the main role in the industry previously, now, and in the future. They may be of any shape and range from beverage bottles to the sophisticated ones encountered in engineering construction [1]. The pressure vessels are tanks (containers) containing inside pressure that differs from atmospheric pressure. These vessels are used for the confining fluids such as: (liquids – gases – vapors) inside them under pressure may higher or lower than ambient pressure. The pressure vessels are differ in terms of capacity, heat and pressure, some of these vessels may contain more the half million barrels of crude oil, the temperatures sometimes more than 200ºC specially in asphalt tanks and high viscosity products, the temperatures may slope down to 14ºC especially in tanks store hydrocarbons materials such as propane, butane and others, so it is necessary to understand the types of reservoirs and their components as well as the appropriate storage methods [2]. The ever-increasing of using pressure vessels for storing fluids, especially in the oil industry led to dealing with excess thinking during designing them, the reason that is these vessels may contain more the 15 psi inside, this can be dangerous and may lead to deadly accidents. So according to these hazards and dangers, while designing the vessels it is very important, they have to designed carefully to overcome the under usual conditions such as: pressures, stresses, temperatures, and earthquakes. The Design of pressure vessels thus has to be done in accordance with specific codes which give formulas, rules and specifications for satisfactory and safe construction of the main vessel components [3]. The carried-out studies have confirmed that all tested stresses values on the pressure vessel are more than the allowable ranges of internal pressure, and this permits the aimed vessel at the safe side to be manufactured.

1.1 Pressure Vessels

The pressure vessel is a closed leakproof container designed to hold liquids, vapors, gases, or any other objects at a pressure substantially lower or higher than the ambient pressure. Figure 1, illustrates the general shape of horizontal pressure vessel. Based on ASME Code Section VIII, we can define

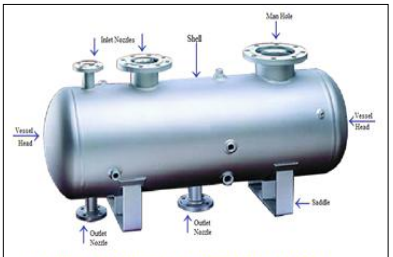


Figure 1. Horizontal Pressure Vessel

pressure vessels are containers for the containment of pressure, either internal or external. This pressure may be obtained from an external source or by the application of heat from a direct or indirect source, or any combination thereof [4]. The inside pressure is usually higher than the outside, except for some isolated situations. The fluid inside the vessel may undergo a change in state as in the case of steam boilers, or may combine with other reagents as in the case of a chemical reactor [5]. During designing pressure vessels, the safety factor should be taken into consideration carefully. The safety factors are generally applied to the pressure vessel materials so that significant assurances exist that the component can safely perform in the operating environment [6], moreover, the design processes also should consist of the main parameters to guarantee the optimum safety possible. Some of these important parameters are high Pressure – high temperature – minimum design temperature for brittle fracture and corrosion allowance. Most pressure vessels are made of Carbon Steel (CS). Mostly, all pressure vessel components are welded together refers to CS properties.

The geometrical shape of pressure vessels can take the form of large cylindrical vessels (horizontal or vertical) – large spherical vessels – typical vessels, which are used for high-pressure gas storage, while small-sized pressure vessels are used as a hydraulic vessel in aircraft.

1.1 Pressure Vessels Types

The pressure vessels can be classified into many categories, Figure 2, below shows that these categories and their criteria include function, geometry, construction, and services. Each classification is shown in the hierarchy below [7].

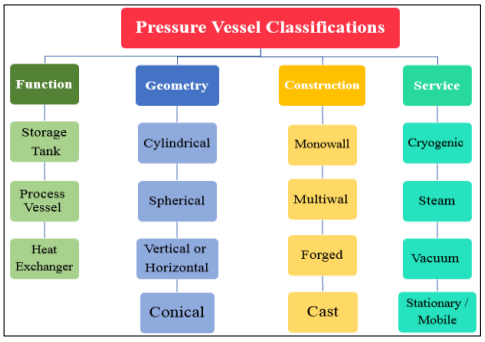


Figure (2). Pressure vessels types and their classification

1.2 Pressure Vessels Inspection

After a pressure vessel transmits from its initial manufacturing and testing to its end application, it may undergo alterations or repairs. Whenever something like this happens, the pressure vessel needs to be inspected again to see whether it still meets all requirements [8]. There are many types of tests that can be used to ensure the safety of the new pressure vessel and the installed equipment, and reliability. These tests are used to eliminate or to the limitation of hazards that may occur if over-pressurized vessels explode. Two primary types of tests that are performed on pressure vessels include hydrostatic and pneumatic tests. The key difference between these two types is that hydrostatic testing uses water as the test medium, and pneumatic testing uses a non-flammable, non-toxic gas like air or nitrogen [8]. The first mentioned test is preferred according to its safer method during testing and less energy is released if any fracture occurs.

Beyond these basic inspections, there are five non-destructive tests (NDT) or non-destructive examination (NDE), they are: (1) Visual Test. (2) Liquid Penetrant Test. (3) Magnetic Particle Test. (4) Radiographic Test and (5) Ultrasonic Testing. These tests are playing important role to ensure safety and reliability of the designed pressure vessel.

II. Pressure Vessel Design

The design of pressure vessels should be achieved with maximum care, the reason that those work under enormous pressure, and any damage or rupture that occurs on the vessel may lead to seriously harmful to the workers and the firm. As a rule, the ASME Sec VIII Division1 is used to govern the design of pressure vessels. The horizontal pressure vessel should be designed according to the minimum requirements of design without any flaws in the vessel parts. The selected ranges used in designing horizontal vessel is (0.1MPa to 20MPa). The concerned vessel under this study is composed of (Shell – Heads – Nozzles – Manhole – Saddles).

2.1 Pressure Vessel Specifications

The specifications concept is used to describe an attempt to capture and incorporate the best applications with regard to the design. The concerned pressure vessel in this study is used to contain Liquid Propane Gas (LPG), this vessel has two elliptical heads, two fixed saddles, inner shell diameter (D_i) mm and total shell length is (L_s). This vessel is designed to hold about 10m3 of LPG at design pressure of (P_d) MPa. Table 1, displays the studied pressure vessel specifications, meanwhile Table 2, shows the mechanical properties of Carbon steel

Table 1. Pressure Vessel Specifications

Parameter	Value
Shell inner Diameter (D_i)	1600mm
Shell length (L_s)	4500mm
Design pressure (P_d)	1.61MPa
Vessel material	SA516 Gr 70

Table 2. Mechanical Properties of Gr70 Carbon Steel

Parameter	Value
Density (ρ)	3.24kg/m
Yield strength (σ_s)	260MPa
Tensile strength (σ_t)	410 – 540 MPa
Elastic modulus (E)	145 – 205MPa
Hardness	55 max.
Elongation	24%

2.2 Shell design

To get the optimum shell design is achieved by using the ASME codes. The main consideration in designing the shell is the shell thickness which depends on two main aspects the design pressure and corrosion allowance. The corrosion allowance can be given directly by ASME standards equals to 3mm. The shell

thickness is determined by the total pressure inside the vessel which is the sum of the design pressure and static pressure, this can be formulated as following:

$$P_t = P_d + P_H$$
$$P_H = \rho g H$$

Where:

P_t= Total pressure.
P_d= Design pressure
P_H= Static head pressure
ρ= Contained fluid's density, for LPG is $495\frac{kg}{m^3}$
g= gravitational acceleration
H= Fluid's height

t = Wall thickness
D_o = Outside diameter
D_i = Inside diameter
SF = Straight flange height
DH = Dished height
TH_i = Total height inside
CR = Crown radius
KR = Kunckle radius

The obtained total pressure inside the vessel by using those equations is 1.63MPa. The formula in ASME section VIII, Division 1, paragraph UG-27, used for calculating the wall thickness and design pressure of thin wall pressure vessels are:

a) Longitudinal Stress (circumferential welds) when, p < 1.25SE

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P}$$
$$P_a = \frac{2SEt_f}{R - 0.4t_f}$$

b) Circumferential Stress (Longitudinal welds) when, p < 0.385SE

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$
$$P_b = \frac{SEt_f}{R + 0.6t_f}$$

Where:

t= Minimum design wall thickness (mm)
P= Design pressure (psi)
D= Outside diameter (mm)
R= Internal radius (mm)
E= Welding factor
C= Corrosion Allowance (mm)
S= Maximum allowance stress according to ASME

Using previous equations results in a longitudinal maximum pressure of 425.28MPa and a circumferential maximum pressure of 208.96MPa, which are both much higher than the total pressure. Table 3, presents all shell design parameters. It clear that the chosen shell thickness is safe and will be adopted in this study.

Table 3. Shell Design Parameters.

Parameter	Value
Total pressure (P_t)	1.63MPa
Safety factor (sf)	4
Joint efficiency (E)	1
Maximum allowable stress ($\boldsymbol{s}$)	120.66MPa
Corrosion allowance (c.a.)	3mm
Final shell thickness (t_f)	14mm
Longitudinal maximum pressure (Pa)	425.28MPa
Circumferential maximum pressure (Pb)	208.96MPa

2.3 Heads Design

For the pressure vessel heads design all conditions are the same with shell such as design pressure, design temperature, same material and same wall thickness which approximately equals the shell thickness. Figure 3, shows detailed vessel head.

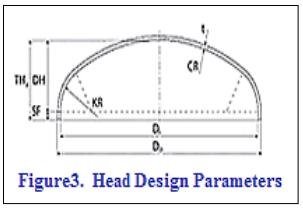


Figure3. Head Design Parameters

Where:

The pressure vessel used in this study has elliptical heads. The head's inner crown height (h_i) and its thickness are calculated according the following equation:

$$h_i = \frac{D_i}{4}$$

This results in an inside crown height of 0.4m. As for the head's minimum thickness ($t_{h,min}$), next equation is used to obtain the thickness:

$$t_{h,min} = \frac{P_t \times D_i \times k}{2S \times E_L - 0.2P_t}$$

Where E_L = the head longitude efficiency, which is set to 1 in this study.

K = factor which is calculated using the following equation:

$$k = 0.167\left(2 + \left(\frac{D_i}{2h_i}\right)^2\right)$$

To calculate the maximum pressure (P_{max}) allowed by this thickness, the following equation is used:

$$P_{max} = \frac{2S \times E_l \times t_h}{k \times D_i + 0.2t_h}$$

This results in a maximum allowable pressure of 1.65MPa, which is higher than the total pressure acting on the head.

Table 4: Head Design Parameters

Parameter	Value
Inside crown height (h_i)	400mm
Head longitude efficiency (E_L)	1
K-factor (k)	1.002
Head thickness (t_h)	14mm

2.4 Manhole Design

The main aim of manhole for letting personnel in and out the vessel to easily for inspection, repair and cleaning. According to ASME standards pressure vessels diameters exceeding 500mm should have a manhole without providing the minimum standard size. It's clear that the manhole region is weak, the amount of this weakness depending on hole diameter. The manhole design depends on two main considerations are: (1) primary membrane stresses in the vessel must be within limits set by the allowable tensile stress and (2) peak stresses should be kept within acceptable limits to ensure

satisfactory fatigue life [9]. For manhole the required thickness on the vessel at the longitudinal and circumferential sections are given in the following equation:

$$t_{a,m} = \frac{P \times R_{im}}{2S \times E + 0.4 \times P_t} + c.a.$$

$$t_{b,m} = \frac{P \times R_{im}}{S \times E - 0.6 \times P_t} + c.a.$$

$$R_{im} = \frac{D_{om}}{2} - t_{nm} + c.a$$

Where:

$t_{a,m}$ = Minimum manhole thickness
$t_{b,m}$ = Circumferential sections
R_{im} = Internal radius of manhole.

The obtained minimum thickness by using the previous equation about 5mm and 7mm respectively, these values considered less the nominal thickness according the study, then it can be considered reliable and trusted, the manhole parameters are presented in Table 5, the required minimum area (A_m) obtained by the following equation:

$$A_m = D_{im} t_{a,m} f_r + 2t_{a,m}(t_{n,m} - c.a.)(1 - f_r)$$

The manhole internal diameter calculated by the equation:

$$D_{i,m} = D_{o,m} - 2(t_{n,m} - c.a.)$$

f_r = the ratio of allowable stress, which in this study is < 1. The obtained minimum area of the manhole flange cover is 8351.56mm^2, then it can be considered reliable design and trusted

Parameter	Value
Final manhole external diameter ($D_{o,m}$)	609.6mm
Final manhole thickness ($t_{n,m}$)	9.53mm
Ratio of allowable stress (f_r)	<1
No. bolt holes	15

Table 5: Manhole Design Parameters

2.5 Nozzles Design

The nozzles are cylindrical components that pierce the shell body, they usually end with flanges for fit connection with vessel. Furthermore, these nozzles should be supported to prevent any leakage or failure. The studied vessel contained of four nozzles, Figure 4, clarifies the nozzle design parameters, and the below Table 6, displays all calculated design parameters of the concerned nozzles.

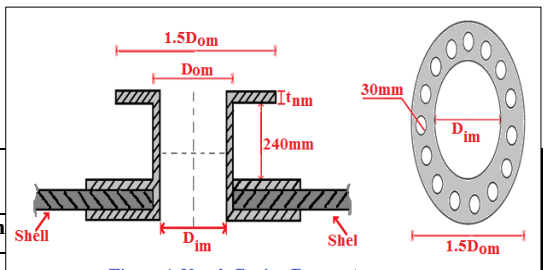


Figure 4. Nozzle Design Parameters

Charge in			
Outlet			
Drain	60.33mm	3.91mm	819.1mm^2
Pressure transmitter	60.33mm	3.91mm	819.1mm^2

Table 6: Nozzle Design Parameters

2.6 Saddle

The main aim of the saddle is to supply a steady base to the horizontal pressure vessel, at the same time they support the weight load over the vessel to prevent the local stress in the shell. Saddles contain base plate, web ribs and wear plate. The bottom portion of the saddle is normally welded or bolded to the ground. A typical shape of saddle support is shown on Figure 5, meanwhile the figure 6, presents the design parameters of the saddle. According to the ASME codes the saddles are designed with minimum contact angle between the shell and the saddle. Table 7, presents all dimensions needed for this study.

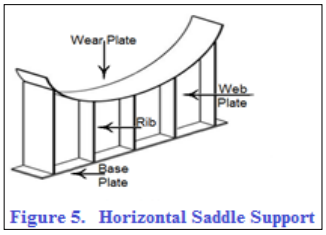


Figure 5. Horizontal Saddle Support

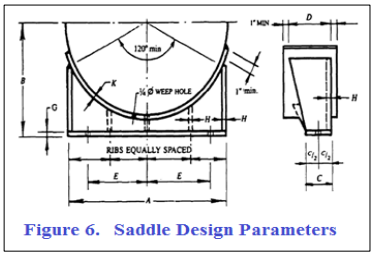


Figure 6. Saddle Design Parameters

Table7: Values of Saddle Dimensions for the Current Pressure Vessel

Dimension	Value
A	1460.44mm
B	1066.76mm
C	152.40mm
D	279.40mm
E	558.79mm
G	19.05mm
H	9.53mm
K	9.53mm

The following equations are used to estimate the weight of the vessel and contained fluid respectively:

$$m_p = V_p \rho_p$$

$$m_f = 0.8 V_f \rho_f$$

Where:

m_p & m_f = Mass of pressure vessel and contained fluid.
V_p & V_f = Volume of the vessel and contained fluid.
ρ_p & ρ_f = Density of the vessel and contained fluid.

By using the mentioned equations and given data, the obtained results are:

Capacity of the tank = $10.38 m^3$

Mass of the fluid =	5115.86kg
Vessel volume =	$0.43m^3$
Total tank mass =	3347.08kg
Total vessel mass with fluid =	8462.94kg

The horizontal force caused by the weight can expressed by the equation:

$$F = K_{11}Q$$

Where:

III. ANSYS Static Structural

The static structural analysis for the pressure vessel was entirely achieved by the ANSYS software to analyze subjected stresses and deformation caused by the internal pressure and weight of fluid in the vessel. The structural analysis simulation was done using a three-dimensional static finite element method using an ANSYS package known as ANSYS Static Structural. The mathematical model, which includes the boundary conditions, equations used to calculate total deformation and the equivalent stress, and the numerical analysis method achieved. During this study, a meshing achieved with 1176522 nodes and 596164 elements was used on the total body, Figure 7, is used to show the meshing operation on the total body. The obtained results show that the cell aspect ratio was very low with a value of not exceeding 1.16 for the majority of the elements for 99.7% of the cells.

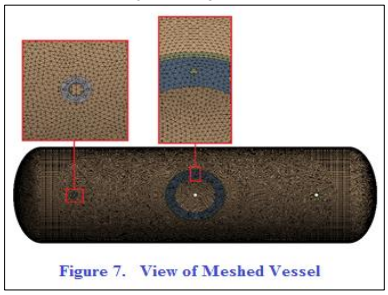


Figure 7. View of Meshed Vessel

The boundary conditions set in this study include a constant pressure induced by the contained fluid, the total weight and fixed support at the bottom part of the saddle. Figure 8, presents the boundary conditions values on the total vessel body. The pressure is set to 1.63MPa, which is the total pressure the vessel is subjected to, and is applied to the inner walls of the vessel's shell, head, nozzles and manhole.

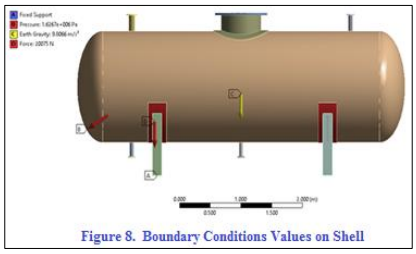


Figure 8. Boundary Conditions Values on Shell

Results also show that the highest equivalent stress occurred in the contact area between the manhole and the shell, while the lowest stresses occurred at the majority of the saddle. The highest equivalent stress experienced by the pressure vessel is 36.18% lower than the maximum tensile strength of the material, which is 483MPa.

The results of the equivalent stress distribution show that the highest stresses occur at the contact point between the part of the saddle that is in contact with the shell and the support of the saddle. Figure 9, presents these stresses values, the highest stress on the saddle reached was 172MPa, which is 64.17% less than the ultimate strength of the material.

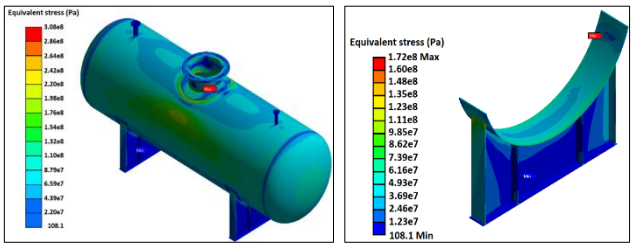


Figure 9. Stresses Distributed on Vessel and Saddle

Results on the manhole show that the highest equivalent stress experienced is 244Mpa, as shown in the Figure10, which is 49.48% lower than the tensile strength of the material. The results also show that there is no observable pattern to the distribution of the stresses across the manhole.

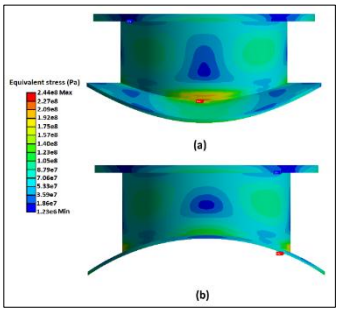


Figure 10. Stress Distribution on Manhole.
(a) Front View of the Manhole and (b) the Isometric View

IV. Conclusion

Every year ASME organizes an annual meeting concerned with pressure vessel technology, usually more than 500 papers are presented and many of them are published by ASME in special booklets. During this paper a horizontal pressure vessel has been studied and designed with the help of ASME standard section VIII division 1, all the designs were achieved according to these standards. The stresses and deformation distribution on the modeled, meshed and simulated pressure vessel have been accomplished also with help of the ANSYS Static Structural package and gave the desired results. The obtained stresses were less than the utmost strength of the material, these stresses were located between the shell and the manhole which is the highest one, meanwhile, the lowest stresses were located at the saddle, meantime the highest deformation was located at the manhole and the region which far from the saddle, at the same time the saddles do not subject to any deformation.

F=	Horizontal force	
K_{11}=	Constant depends on the contact angle = 0.204	
Q=	Load on the saddle =	$Q = gm_{saddle}$
H=	Web plate thickness	
σ_{saddle}=	Stress = σ_{saddle} =	$\frac{3F}{HR_i}$

References

[1] P. John F. Harvey. "Theory and design of pressure vessels," New York: Van Nostrand Reinhold, 1985.

[2] O. D. N. A. NA Yahya, "Design of Vertical Pressure Vessel Using ASME Codes," in First Conference for Engineering Sciences and Technology, Tripoli, 2018.

[3] F. M. N Nguyen, "Design of horizontal pressure vessels using the decision support problem technique," Journal of Mechanisms and Automation in Design, pp. 108-203, June 1986.

[4] B. Rasooli, "Presure Vessel Definition," 2013. [Online]. Available: https://www.inspection-for-industry.com/pressure-vessel-definition.html.

[5] A. A. PD Anandhu, "Design and Analysis of Horizontal Pressure Vessel and Thickness optimization," International Journal of Innovative Research in Science, pp. 5-6, 2017.

[6] C. Somnath, "Pressure Vessel Design and Practice," CRC Press, Inc, 2005.

[7] S. B.S.Thakkar, "Design of Pressure Vessel Using ASME Codes, Section Viii, Division 1," International Journal of Advanced Engineering Research and Studies , pp. 228-234, March 2012.

[8] R. Milchovich, "Pressure vessel inspection," 15 April 2019. [Online]. Available: https://nts.com/ntsblog/pressure-vessel-inspection/.

[9] M. L. Ghanbani, "Pressure Vessel Design-Guide and Procedures," India, 2011.

[10] "Pressure Vessel Definition," [Online]. Available: www.Inspection for industry.com.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Effect of the Groove Shaped Base Metal on the Mechanical Properties of Mild Steel Welding

Saleh Elfallah
College of Mechanical Engineering Technology
Benghazi, Libya
sselfallah87@gmail.com

***Abstract*— the welding of commercial steel or mild steel is a common manufacturing process in industry and private sector. However, the constant demand for quality welding is continuous. It prompt for investigations and assessment on the welding properties. The mechanical properties such as tensile strength, hardness and toughness are crucial in determining the welding condition. A welding technique such as gas meal arc welding (GMAW) is an emerging manufacturing process that is known in industry, for effective and quality products. The welding factors such as welding current, welding voltage, Gas flow rate, wire feed rate, wire size and welding speed are crucial in determining the target welding. In order to find optimum welding conditions for better performance and quality welding, Taguchi's design or orthogonal array is an effective and reliable optimization tool that requires minimum runs. In this work, GMAW has welded mild steel under predetermined factors of groove-shape, welding voltage and wire feed speed (WFS). The analysis found that higher FZ hardness has higher welding transverse tensile strength welding. In addition, higher tensile strength shown at lower welding voltage, WFS and at V groove shaped base metal. The increased interpass heat input has shown higher FZ hardness and welding tensile strength. The welding voltage at 20 V followed by WFS at 5.9 m/min shown higher effect on the welding transverse tensile strength and higher means. While the groove shape V shown minimum effect on the responses and minimum means The optimum welding combination for higher welding transverse tensile strength are 20 V, 5.9 m/min and base metal groove shape V.**

Keywords—GMAW, Mild steel, Tensile strength, Hardness, Taguchi's design

I. INTRODUCTION

Mild steel or commercial steel also referred as low carbon steel is intensely used in industry for a variety of applications and in welded conditions. The metal properties such as tensile strength, hardness and toughness are important aspects to sustain the welding of the metal. Especially in load bearing conditions [1].

Gas metal arc welding (GMAW) is a well-known manufacturing process that is inevitable in the industrial sectors used widely for welding ferrous and non-ferrous metals. The gas used to shield the molten weld pool can be inert like argon or helium or active like carbon dioxide and oxygen. GMAW is practical for carbon steel, stainless steel, alloy steel and aluminum alloys. The metal transfer across arc experience short circuit, globular, spray or pulsed transfer. The result weld depends on welding current, arc voltage, base metal and filler composition, size the of filler, nozzle travel speed, and gradient and flow rate of shielding gas. GMAW can perform on the butt joint, corner joint, edge joint, lap joint and T-joint [2], [3].

The Taguchi's design is a technique suggests a design method called an orthogonal array that study more factors or factor space with a lesser number of experiments than Factorial Design of Experiments [4]. It measures the characteristics's performance that is called signal-to-noise (S/N) ratio. The S/N ratio is a logarithmic function, also called inverse of variance. The process optimization involves minimizing the variability, because in maximizing the S/N ratio, the variability of the process is reduced against the undesirable changes in noise parameters. Therefore, the chosen parameters should demonstrate maximum S/N ratios in order to get minimum variability. Its determination falls under one of three categories. Nominal the best, larger the best and smaller the best [5], [6]. Taguchi's design is considered simple; however, it is increasingly used in manufacturing industries [7].

Several researchers studied the optimization of GMAW process factors by Taguchi's design for higher tensile strength and hardness of mild steel. For instance, studies found that welding current had a major influence on the tensile strength of the welded mild steel [8], [9]. While others reported similar influence on tensile strength of welding by the arc voltage [10], [11], welding speed [9] and WFS [12], [13].

It was reported that weld bead or fusion zone (FZ) that has higher tensile, has also higher hardness [8], [14], [15]. It was shown by other studies that the tensile strength of FZ has decreased with the increased welding current [1], [16], voltage [1] and base metal thickness [17]. Others concluded that higher hardness of welding shown at higher welding current, voltage [1] and welding speed [1], [16]. However, Yada et al. [17] and Khamari et al. [18] reported that hardness increased at lower welding current and voltage [17], [18]. Bhatt et al. [16] showed that shielding gas with a mixture of 80 % argon and 20 % carbon dioxide show higher welding tensile strength. In general, studies concluded that welding that has higher tensile has also had higher hardness [8], [11], [12], [13], [14], [15]. However, it was also shown that welding that has higher toughness and tensile strength has lower hardness [1], [19]. Numerous studies concluded that an increased welding current, voltage and WFS have increased the heat input of the welding, which led to increase the internal stresses in welding FZ and the heat-affected zone (HAZ), that consequently deteriorated the mechanical properties of welding [15], [17], [20]. Multiple studies showed the base metal has lower hardness than FZ [17], [18], [21], [22], [23].

This study discusses the effect of groove shape, welding current, and speed on the transverse tensile strength and hardness of mild steel welding made by GMAW. The welding current and speed selected due to they were reported to effect on the welding properties. While the groove-shape to observe how the difference in groove shape of the base metal two-ends affect the transverse tensile strength and hardness of FZ. Taguchi's design is made to optimize the welding factor to obtain for more effective combination for higher transverse tensile strength of welding.

II. MATERIALS AND EXPERIMENTATION

The mild steel or the base metal is non-alloy structural steel European standard EN 10025-2, grade S235JR (1.0038) brought from the local market was prepared by a CNC laser cutter router in the Tasamim workshop at Benghazi. The tensile strength samples prepared according to the American society of testing materials (ASTM) E8 / E8M [24]. Fig. 1 present a graphic illustration of the tensile strength sample showing the transverse welding and the groove shape configurations V and X each open has an angle of 60°. The hardness test conduct on other similar samples on the cross-sectioned weld bead. The welding of the samples was fabricated in Saad Elkarimi Institute of Technology in Benghazi. The welding was processed using welding power supply CEA MAXI 321 utilizing NEXUS copper-coated mild steel wire that has a thickness of 0.045 in (1.143 mm) as welding filler. The shielding gas used is composed of 82% argon and 18% carbon dioxide with a flow of 18 ml/min. The current is estimated to be 120 A at 20 V and 270 A at 27.5 V. The welding made manually with both hands with an approximate welding speed of 150 mm/min. The samples are fixed on a welding table with clamps. The number of passes made for each groove-shaped base metal is shown in Fig. 2 at higher WFS. Knowing that at lower WFS more passes were applied. Table I lists the composition of the base metal and filler wire. Table II shows the tensile strength and hardness properties of the base metal and filler wire.

The welding current, welding speed and groove shape are the factors used for the welding process each has two levels as listed in Table III. The welding current is estimated to be 120 A at 20 V and 270 A at 27.5 V accoding to the welder manual. The experiment layout follows the 2-level's three factors resulting in a total of 8 runs (Table III). This method is known as Taguchi's L8 array. Table IV shows the Taguchi design layout current and welding speed were constant. Table V contains the experimental actual values with the responses results, the tensile strength and hardness values. The analysis was made by Minitab 18®.

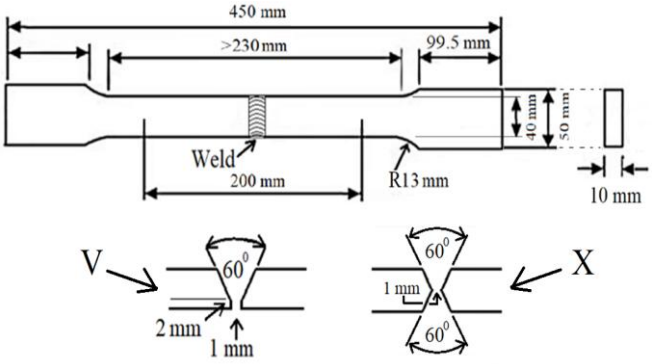


Fig. 1. Samples dimensions for tensile test made according to ASTM E8/E8M [17]

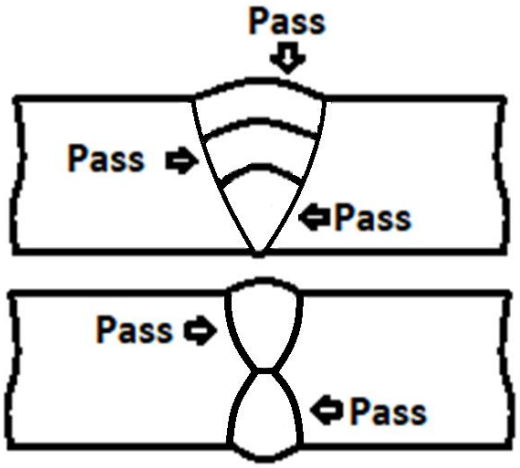


Fig. 2. Welding passes for V and X groove shapes base metal

Table I. The chemical compositions of the base metal and welding wire used in the experiment [25]

Component	Composition								
	C	Mn	S	Ni	Cr	P	Cu	Ni	Fe
Base metal (EN 10025-2)	0.17%	1.4%	0.025%	0.012%	-	0.025%	0.55%	0.012 %	Balance
Welding filler (AWS ER70 S-6)	0.12%	1.8%	0.035%	0.15%	0.15%	0.035%	0.35%	-	Balance

Table II. The tensile strength and hardness of base metal and filler wire [25], [26]

Component	Tensile properties			Hardness properties	
	Yield strength	Tensile strength	Elongation	Brinell hardness	Vickers micro-hardness
Base metal (EN 10025-2)	235	360-510	26%	≤120 HBW	≈2025 HV
Welding filler (AWS ER70 S-6)	483 MPa (70 ksi)	583 MPa (81 ksi)	26%	-	-

Table III. Factors used for the welding process

Code	Factors	Unit	Level 1	Level 2
A	Voltage	V	20	30
B	Wire feed speed (WFS)	m/min	5.9	10.6
C	Groove shape	-	V	X

Table IV. Coded design layout values

Standard order	A	B	C
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1
8	2	2	2

Table V. Taguchi design layout with responses (Tensile strength and hardness)

Std order	Voltage (V)	WFS (m/min)	Groove shape	Heat input (J/mm)	Tensile Strength (N/mm^2)	Vickers micro-hardness (HV)	Tensile Strength / hardness
1	20	5.9	V	768	305	2170	0.14
2	20	5.9	X	768	263	2158	0.12
3	20	10.6	V	768	238	2162	0.11
4	20	10.6	X	768	253	2170	0.12
5	27.5	5.9	V	2376	233	2155	0.11
6	27.5	5.9	X	2376	190	2143	0.09
7	27.5	10.6	V	2376	192	2157	0.09
8	27.5	10.6	X	2376	164	2151	0.08

Tensile test carried out on Shimadzu (UEH-20) universal testing machine at Libyan Iron and Steel Company at Misrata. The tested samples are shown in Fig 3. Some of the samples were repeated due to testing failure.

The hardness test conducted by BMS Bulut Makina Sanayi micro-hardness tester in the High Vocational Center of Casting at Tripoli. The indenter used is a diamond cone with a load of 1 kg pressure force. The indenter used is a diamond cone with 120°. The hardness of the weld bead or the FZ was measured to demonstrate the change in the welding parameters on them. The Vickers micro-hardness value is an average of three runs taken for each sample. The heat input was calculated from the equation (1):

$$\frac{\text{Voltage (V)} \times \text{Amperage (A)} \times 60}{\text{Travel speed (mm/min)}} \quad (1)$$

Multiplying by thermal efficiency of GMAW which is 0.8 to get heat input on the welding in J/mm. The WFS was neglected.

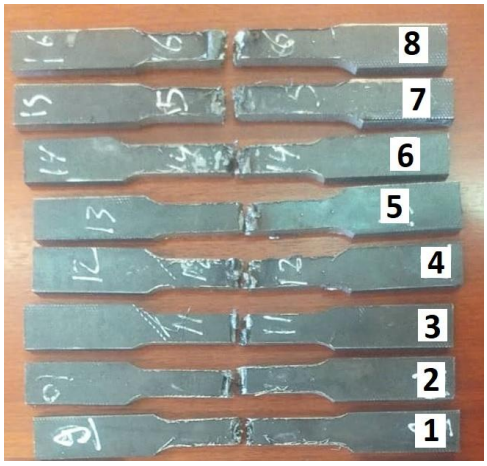


Fig. 3. Samples used for tensile strength

III. RESULTS AND DISCUSSION

Table V presents the transverse tensile strength of the welding and Vickers micro-hardness of FZ as responses for each combination of welding factors. Each combination corresponds to each sample is numbered at Std order. The tensile strength has increased with the increased hardness and vice versa. The tensile strength has decreased with the increased heat input, while the heat input has increased with the increased welding voltage and WFS. It is also noticed that tensile strength declined for welding that has X groove-shaped base metal, compared to V groove-shaped base metal samples. At similar voltage and WFS except for samples 3 and 4. The tensile strength to hardness ratio as shown in Table V was higher with the increased heat input and WFS.

The inclined heat input led to increased cooling rates [27], which, therefore, risen the internal stresses and consequently, the residual strains in the welding [27], [28]. The internal stresses were reported to causing declined hardness of welding [29] and deterioration of mechanical properties such as the tensile strength and toughness [11], [12], [13], [19]. A study by Unnikrishnan et al. [30] concluded that residual stresses are compressive at decreased heat input of welding and tensile at increased heat input. Therefore, similarly to previous studies the increased heat input as presented in Table V causing declined hardness of FZ and transverse tensile strength of welding. It is noticed that variation of hardness of FZ in Table V and the base metal as seen in Table II has led to tensile failure at FZ/HAZ or HAZ/base metal boundaries [12], [13], [18], [19]. As it shown in in Fig. 3 most of the samples shown failure in the welding area. The HAZ was reported to be a critical area of fracture in welding [31]. Unfortunately, the HAZ hardness was not recorded for this study. It's also noticed from Table V that the hardness of FZ and the transverse tensile strength are lower in X groove-shaped base metal welding compared to welding made at V groove shape. This is noticed at fixed welding voltage and WFS. It could be related to the X configuration feature, which has caused the welding to have irregularly shaped HAZ that causing higher chance of failure. Another hypothesis says that the higher welding interpasses in V groove shaped base metal welding causing internal heat treatment. It's due to more passes risen the interpass heat input [27], where each pass add additional heat input over the solidified welding. It's consequently results in relief internal strains due to the prolonged heat on the solidified welding caused recrystallization of the welding metal [32] and therefore the hardness of the FZ and the transverse tensile strength was increased. The tensile strength to hardness ratio has declined with the increased WFS and heat input of welding as seen in Table V. It indicates that the tensile strength has decreased concerning the hardness of FZ. E.g., the tensile strength has 14 % of the value of hardness at lower WFS, welding voltage at V groove shaped welding. In comparison to only 9 % at higher WFS and welding voltage. It indicates that transverse tensile strength decline faster than hardness of FZ. It could be due to the increased variation between the welding and the base metal. It is also noticed that X groove shaped base metal welding should lower ratio that V groove

shaped welding. It is because the later was exposed to increased inter-pass heat input which was has a significant role in risen the hardness and most importantly the transverse tensile strength.

The plots in Fig. 3 and Fig. 4 show the signal-to-noise (S/N) ratios and means of data respectively for the welding factors on the welding transverse tensile strength. The hardness response was not included in the analysis since the objective of welding is to achieve higher transverse tensile strength. Regardless of the hardness of the FZ. The plots show similar orientation of results. The S/N ratio interpret the data by showing the effect of the welding factors on the higher tensile strength. The higher S/N ratio as labelled in Fig. 4 and Table VI, "Larger is Better" corresponds to the experiment goal, which to maximize the responses as shown in equation (2):

$$\frac{S}{N} = -10 \log\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^{\,2}\right] \quad (2)$$

The welding voltage as seen in Fig. 4 and Table VI has the highest effect at 20 V on the higher values of welding transverse tensile strength with S/N value of 48.42. The Delta in Table VI is a result of minus the S/N ratio of each two levels of each welding factor. E.g., the minus of the S/N ratio for 20 V and 27.5 V showed higher delta value (wider gap), which indicate the effectiveness of the factor on the response and thus ranked the welding voltage first as it has higher effect on the tensile strength. The effect of WFS at 5.9 m/min came second (47.75), while the groove shaped base metal V had lower effect (47.56). The welding voltage had the lowest effect below the mean of S/N means by S/N of 45.72.

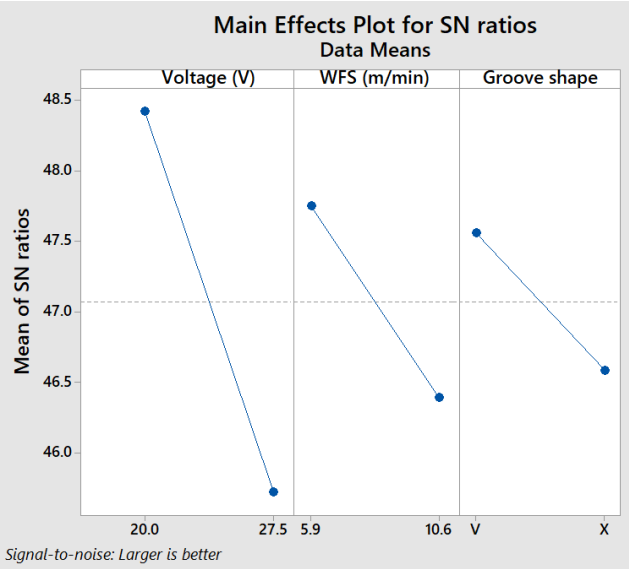


Fig. 4. Main effect plot for S/N ratio for the welding factors

Table VI. S/N ratios and ranking for welding factors

Level	Welding voltage (V)	WFS (m/min)	Groove shape
1	48.42	47.75	47.56
2	45.72	46.39	46.58
Delta	2.70	1.36	0.97
Rank	1	2	3

*Larger is better

The means of data as seen in Fig. 5 and table VII showed again the welding votage at 20 V had the highest tensile strength mean of 264.8 followed by 247.8 for the WFS at 5.9 m/min. While the groove shaped V showed lower mean by 242. The wider Delta of means for the welding voltage made it had the highest effect on the tensile strength means.

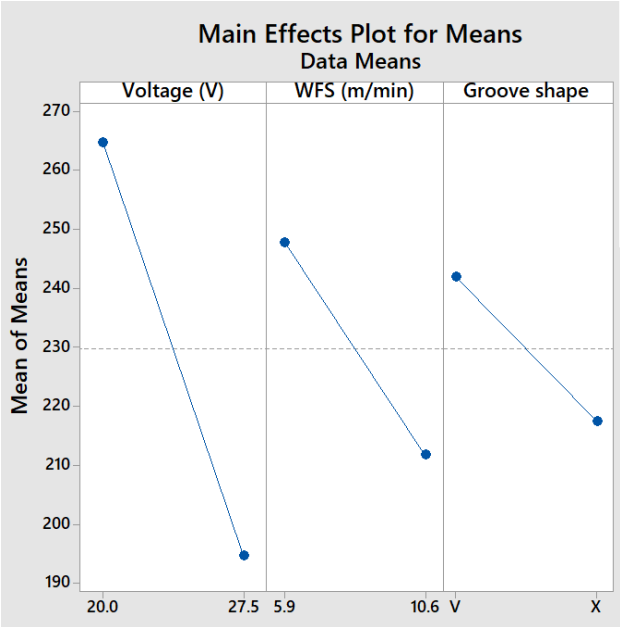


Fig. 5. Main effect plot for means for the welding factors

Table VII. Means and ranking for welding factors

Level	Welding voltage (V)	WFS (m/min)	Groove shape
1	264.8	247.8	242.0
2	194.8	211.8	217.5
Delta	70.0	36.0	24.5
Rank	1	2	3

The S/N ratios model of coefficients for welding factors is shown in Table VIII, while Table IX show the model coefficients of welding factors for tensile strength means. The welding voltage at 20 V and the WFS of 5.9 m/min has obtained significant P values (population value) of 0.004 and 0.038 respectively. While the base metal groove shaped V has shown non-significant P-value of 0.095. The significance level taken is 95 % (P of 0.05). It refers to welding voltage at 20 V has higher chance of occurrence 99.6 % compared to that of 96.6 % for The WFS at 5.9 m/min. According to the P-values in Table IX, the means presented similar occurrence of results repeatition for 20 V and 5.9 m/min WFS, 96.6 % and 96.6 % respectively. While the groove shaped V has 89.3 % chance of response repeating which is considered non-signficant. To predict the S/N ratio with the optimal conditions using equation (3):

$$\eta_{opt} = \eta_m + \sum_{i=1}^{f} (\bar{\eta}_i - \eta_m) \quad (3)$$

Where η_m = the mean of S/N ratio means, f = the number of factors, η_i = the mean of the signal-to-noise ratios at the optimal level of each factor i. The predicted value according to the Minitab 18® is 49.5882 for the S/N mean of means ratio, which is higher by 5 % than the value of the experiment (Table VIII). In addition, Taguchi's design predicted the mean of means to be 295, which is about 22 % higher that the actual mean of means value of 229.75. The analysis from the Minitab 18® unfortunately did not present P-values for level 2 factors.

Table VIII. Coefficients for S/N ratios

Term	Coefficient	P-value
Constant	47.0705	0.000
Welding voltage (20 V)	1.3492	0.004
WFS (5.9 m/min)	0.6813	0.038
Groove shape (V)	0.4872	0.095

Table IX. Coefficients for means

Term	Coefficient	P-value
Constant	229.75	0.000
Welding voltage (20 V)	35.00	0.004
WFS (5.9 m/min)	18.00	0.038
Groove shape (V)	12.25	0.107

The Taguchi's design concludes that welding voltage at 20 V followed by WFS at 5.9 m/min have shown higher influence on the welding transverse tensile strength and higher tensile strength means. The groove shape V has shown lower effect on the responses and lower means The optimum welding factors for higher welding transverse tensile strength are 20 V, 5.9 m/min and base metal groove shape V.

IV. CONCLUSIONS

The mild steel welded by GMAW at a variation of welding voltage, WFS, and base metal V groove shape combination of welding current, welding speed, and groove shape was studied to see their influence on the tensile strength and hardness of welding. The analysis was made by the orthogonal array's Taguchi's design. The results showed that higher FZ hardness has higher welding transverse tensile strength welding. Also, a higher tensile strength shown at lower welding voltage, WFS, and at V groove-shaped base metal. The increased inter-pass heat input has shown higher FZ hardness and welding tensile strength. The welding voltage at 20 V followed by WFS at 5.9 m/min showed a higher effect on the welding transverse tensile strength and higher means. While the groove shape V shows the minimum effect on the responses and minimum means the optimum welding combination for higher welding transverse tensile strength are 20 V, 5.9 m/min, and base metal groove shape V.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank his family for their support and encouragement throughout this study. A sincere appreciation goes to Libyan Iron and Steel Company for their help, to the staff of the welding laboratory at Altaibat Food Inc. Regard to the College of Mechanical Engineering Technology, Benghazi.

REFERENCES

[1] S.I.A. Talabi, O.B.B. Owolabi, J.A.A. Adebisi, and T.A. Yahaya, "Effect of welding variables on mechanical properties of low carbon steel welded joint," Adv. Prod. Eng. Manag., vol. 9(4), pp. 181-186, 2014. http://dx.doi.org/ 10.14743 /apem2014.4.186

[2] S.P. Chavda, J.V. Desai, T.M. Patel, and L. Ksv, "A Review on parametric optimization of MIG welding for medium carbon steel using FEA-DOE hybrid modeling,". Int. J. Sci. Dev. Res., vol. 1(9), pp. 3-6, 2013. http://ijsrd.com/Article.php?manuscript=IJSRDV1I9039

[3] J. Shah, G. Patel, and J. Makwana, "Optimization and prediction of MIG welding process parameters using ANN," Int. J. Eng. Res Dev., vol. 5, pp. 1487–1492, 2017. http://www.ijedr.org/papers/IJEDR1702233.pdf

[4] C. Hamzaçebi, "Taguchi method as a robust design tool," in Quality control-intelligent manufacturing, robust design and charts, P. Li, P.A.R. Pereira, H. Navas, Eds. London: IntechOpen, 2020. https://doi.org/10.5772/intechopen.94908

[5] M.S. Phadke, Quality engineering using robust design, Prentice Hall: New Jersey, 1989.

[6] R. Unal, and E.B. Dean, "Design for cost and quality: The robust design approach", J. Param., vol. 11(1), 1991. https://doi.org/10.1080/10157891.1991.10462505

[7] S. Kumar, and R. Singh, "Optimization of process parameters of metal inert gas welding with preheating on AISI 1018 mild steel using grey based Taguchi method," Meas., vol. 148, pp. 106924, 2019. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.106924

[8] R. Raghu, and S. Somasundaram, "An optimization of welding parameters for MIG welding," Int J. Eng, Res. Technol., vol. 6(14), pp. 1-5, 2018. https://www.ijert.org/an-optimization-of-welding-parameters-for-mig-welding

[9] S. Mahesh, and V. Appalaraju, "Optimization of MIG welding parameters for improving strength of welded joints," Int. J. Innov. Technol. Res., vol. 5(3), pp. 6453-6458, 2017. http://www.ijitr.com/index.php/ojs/article/view/1759

[10] D. Kalita, and P.B. Barua, "Taguchi optimization of MIG welding parameters affecting tensile strength of C20 welds," Int. J. Eng. Trends Technol., vol. 26, pp. 43-49, 2015. https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V26P209

[11] S.S.S. Elfallah, "Study on the influence of groove shape on the tensile strength of commercial steel," J. Engg. Res., Online First Article, 2022. https://doi.org/10.36909/jer.18695

[12] S.S.S. Elfallah, "Influence of GMAW parameters on the tensile strength of commercial steel", Int. Sci. Techol. J., vol. 29, pp.1-16, 2022. https://www.stcrs.com.ly/istj/article-details.php?id=500

[13] S.S.S. Elfallah, "Effect of GMAW on the tensile strength and hardness of commercial steel," Int. J. Comput. Sci. Eng., vol. 10(9), pp.1-16, 2022. https://doi.org/10.26438/ijcse/v10i9.1420

[14] P. Marimuthu, T.T.M. Kannan, and G. Balaji, "Evaluation of hardness and tensile strength of Micro spot welded joints on different materials," Int. J. Appl. Eng. Res., vol. 10(3), pp. 2412-2414, 2015. http://www.ripublication.com/Volume/ijaerv10n3spl.htm

[15] M. A. Bodude, and I. Momohjimoh, "Studies on effects of welding parameters on the mechanical properties of welded low-carbon steel," J. Miner. Mater. Charact. Eng., vol. 3(3), pp. 142-153, 2015. https://doi.org/10.4236/jmmce.2015.33017

[16] B. Bhatt, and A.M. Sankhla, "Parametric optimization of GMAW process on mild steel Is-2062," Int. J. Technol. Res. Eng., vol. 3(9), pp. 2131-2134, 2016. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://nciet.srpec.org.in/paper/me/Vol1/NME17.pdf

[17] P.K. Yadav, M. Abbas, and S. Patel, "Analysis of heat affected zone of mild steel specimen developed due to MIG welding," Int. J. Mech. Eng. Robot. Res. vol. 3(3), pp. 399-404, 2014. http://www.ijmerr.com/show-124-447-1.html

[18] B.K. Khamari, S.S Dash, S.K. Karak, and B.B. Biswal, "Effect of welding parameters on mechanical and microstructural properties of

GMAW and SMAW mild steel joints," Ironmak. Steelmak., 1-9, 2019.
https://doi.org/10.1080/03019233.2019.1623592
[19] N. Sankar, S. Malarvizhi, and V. Balasubramanian, "Mechanical properties and microstructural characteristics of rotating arc-gas metal arc welded carbon steel joints," J. Mech. Behav. Biomed. Mater., vol. 30(1), 49-58, 2021.
https://doi.org/10.1515/jmbm-2021-0006
[20] T. Tawfeek, "Study the influence of gas metal arc welding parameters on the weld metal and heat affected zone microstructures of low carbon steel," Int. J. Eng. Technol., vol. 9(3), 2013-2019, 2017.
https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i3/1709030272
[21] Y. Purwaningrum Y, M. Wirawan Pu, and F. Alfarizi, "Effect of shielding gas mixture on gas metal arc welding (GMAW) of low carbon steel (LR Grade A)," In *Key Eng.Mater. Trans Tech Pub.*, vol. 705, 250-254, 2016.
https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.705.250
[22] L. Calderón, O. Bohórquez, M.A. Rojas, and A. Pertuz, "Experimental relationship of tensile strength and hardness of welded structural steel," J. Phys. Conf. Ser. vol. 2046(1), 012065, 2021.
https://doi.org/10.1088/1742-6596/2046/1/012065
[23] A.T. Assefa, G.M.S. Ahmed, S. Alamri, A. Edacherian, M.G. Jiru, V. Pandey, and N. Hossain, "Experimental investigation and parametric optimization of the tungsten inert gas welding process parameters of dissimilar metals," Mater., vol. 15(13), 4426, 2022.
https://doi.org/10.3390/ma15134426
[24] American Society for Testing and Materials. "*Standard test methods for tension testing of metallic materials"*, ASTM International, 2021.
https://doi.org/10.1520/E0008-04
[25] World Material, "EN 1.0038 Steel S235JR material equivalent, properties, composition," Available Online: https://www.theworldmaterial.com/1-0038-steel-s235jr-material/ (Accessed on 19 February 2023).
[26] Y.R. Ratiwi, and S.S. Wibowo, "The effect of electrode and number of passes on hardness and micro structure of shielded metal arc welding," IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 515(1), pp. 012072, 2019.
https://doi.org/10.1088/1757-899x/515/1/012072
[27] R. Scharf-Wildenhain, A. Haelsig, J. Hensel, K. Wandtke, D. Schroepfer, A. Kromm, and T. Kannengiesser, "Influence of Heat Control on Properties and Residual Stresses of Additive-Welded High-Strength Steel Components", Metals. vol. 12(6), pp. 951, 2022.
https://doi.org/10.3390/met12060951
[28] H. Vemanaboina, B. Sridhar Babu, E. Gundabattini, P. Ferro, and K. Kumar, "Effect of Heat Input on Distortions and Residual Stresses Induced by Gas Tungsten Arc Welding in SS 316L to INCONEL625 Multipass Dissimilar Welded Joints", Adv. Mater. Sci. Eng., 2021.
https://doi.org/10.1155/2021/1028461
[29] N. Huber, and J. Heerens, "On the effect of a general residual stress state on indentation and hardness testing", Acta Materialia. vol. 56(20), pp. 6205-6213, 2008.
https://doi.org/10.1016/j.actamat.2008.08.029
[30] R. Unnikrishnan, K. S. Idury, T. P. Ismail, A. Bhadauria, S. K. Shekhawat, R. K. Khatirkar, and S. G. Sapate, "Effect of heat input on the microstructure, residual stresses and corrosion resistance of 304L austenitic stainless steel weldments", Mater Character., vol. 93, pp. 10-23, 2014.
http://dx.doi.org/10.1016/j.matchar.2014.03.013
[31] Z. Boumerzoug, C. Derfouf, and T. Baudin, "Effect of welding on microstructure and mechanical properties of an industrial low carbon steel", Eng., vol. 2(7), pp. 502, 2010.
http://doi:10.4236/eng.2010.27066
[32] S.A. Swami, S. Jadhav, A. Deshpande, "Influence of MIG welding process parameters on tensile properties of mild steel", Eur. J. Eng. Sci. Tech., vol. 1(2), pp. 1-5, 2016.
http://doi:10.24018/EJENG

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

The effect of ambient temperature on the quality of three-dimensional printer products in FDM technology for ABS material

Abraheem Hadeeyah
dept. Mechanical Engineering
The Higher Institute for Technical Siences Tarhuna
Tarhuna, Libya
ibrahem27777@gmail.com

Amir Kessentini
dept. Mechanical Engineering
National Engineering School of Sfax
Sfax, Tunisia
amirkessentini2020@gmail.com

Ibrahim Ali Farj Emhemed
dept. dept. physics
Azzaytuna University
Tarhuna, Libya
I.emhemed@azu.edu.ly

Fouzi Alhadar
dept. Mechanical Engineering
The Higher Institute for Technical Siences Tarhuna
Tarhuna, Libya
alhadar7533@gmail.com

Neila Khabou Masmoudi
dept Mechanical Engineering
National Engineering School of Sfax
Sfax, Tunisia
neila.masmoudikhabou@enis.tn

Mondher Wali
dept. Mechanical Engineering
National Engineering School of Sfax
Sfax, Tunisia
mondherwali@yahoo.fr

***Abstract*—**3D printing is a widely used technique for creating three-dimensional solid objects from a digital design. To ensure the production of high quality 3D printed parts, the correct selection of printing parameters is essential. This study aimed to investigate the effect of environmental temperature on the temperature generated by the printer, using the difference between the quality of 3D printer products when closed or open print system. The focus was on how environmental temperature affects this. The results showed that both methods had equal dimensional accuracy, however, the closed printer provided better results in terms of surface roughness and smoothness, while the open printer had a higher tensile strength due to its rapid cooling rate**.**

Keywords: 3D printer, temperature, mechanical properties, ABS

I. INTRODUCTION

The increasing popularity of 3D printing, also known as additive manufacturing (AM), rapid prototyping (RP) [1], or solid free-form technology (SFF) [2], in a variety of applications has led the modern manufacturing industry to seek to replace conventional techniques with this innovative technology where suitable. This is due to the numerous advantages that 3D printing offers in comparison to conventional, energy-intensive techniques, such as the ability to fabricate complex geometries as a single unit with no joints, reduced material and labor costs, improved surface finish, decreased energy demand, single-step processing temperature, simplified processing (CAD model-Print-Install), near-net shape finish, quick production time, short lead time, and lower overall cost.

One of the main benefits of 3D printing is the capability to produce near-net shape products without the need for physical molding to achieve the desired shape of the product. Designs can be created as 3D objects using software such as AutoDesk Products and SolidWorks, which are commonly used for designing prototypes for 3D printing applications. Once created, the 3D soft files can then be converted into the stereolithography (STL) format, a format that can be interpreted by a 3D printer [3].

Fused deposition modeling (FDM) is a widely used method for 3D printing particularly in the medical, aerospace, and automotive industries, where complex geometries are required [4]. This process involves using a 3-D printer (Stratasys) to produce parts made of acrylonitrile-Butadiene-styrene (ABS) plastic. The parts are fabricated in layers composed of fibers and formed through the application of heat to the FDM head, which liquefies the material, which is then extruded through a fine nozzle and deposited onto a platform [5].

FDM parts are exposed to a variety of environmental conditions, with some studies indicating their use in the creation of smart soft composites to cure polydimethylsiloxane [6]. This study aims to verification by experimentally examining the effect of environmental temperature on the mechanical properties of printed products with respect to closed and open print system.

II. METHODOLOGY

2.1. Materials

In this study the ABS material commercially available industrially common 3D printing material was used: Acrylonitrile butadiene styrene (ABS). This filament of 1.75 mm in diameter.

2.2. Experimental procedures

2.2.1 Specimen preparation

Samples shown in Figure: 1 were designed as 3D model according ISO 527 standard with SolidWorks CAD software

for tensile test using a designing software and transferred to 3D slicing interface program to be printed.

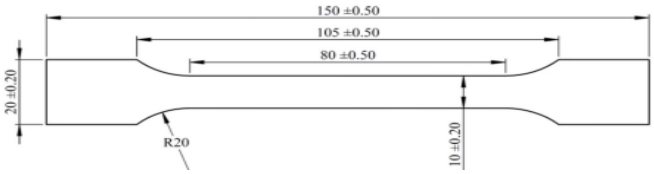


Figure 1. Dimensions of 3D printed Samples

For each type of mechanical test, 3 specimens were prepared and tested, and then the average value was taken for data analysis in order to improve accuracy and reliability of the experimental data. The difference in mechanical properties and surface roughness between two types of 3D printers was studied; one being closed and the other open. The same parameters were used for both printers. Figures 2(a,b) show the 3D printer used in this study, and the printer settings are given in the following table.

infill	100%
Printing temperature	240C^0
Build plate temperature	80C^0
Print speed	55mm/s
Fan speed	100 mm/s
Layer height mm	0.2 mm



Fig:2a, Open 3D printer

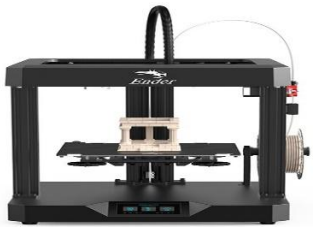


Fig:2b, Enclosed 3D printer

Tensile tests for samples under the same condition were conducted with tensile test machine shown in Figure 3. Hardness tests for samples were conducted with hardness test machine shown in Figure 4.



Fig3. Tensile Test Machine



Fig.4. Hardness Test Machine

III. RESULTS

As was detailed in Table 1. ABS specimens were tested and Table (1) and figures: 5(a,b).

Fm: tensile strength
FP: yield strength
Ft: elastic limit

Table1: shows the results of the tensile test

	Fm (KN)	FP (KN)	Ft (KN)	Elong (mm)	Hardness
Closed	0.812	0.797	0.579	1.7772	0.964
open	0.884	0.872	0.601	3.1788	0.953
From closed to open	8.86% ↑	9.41% ↑	3.79% ↑	78.86% ↑	~1% Not changed

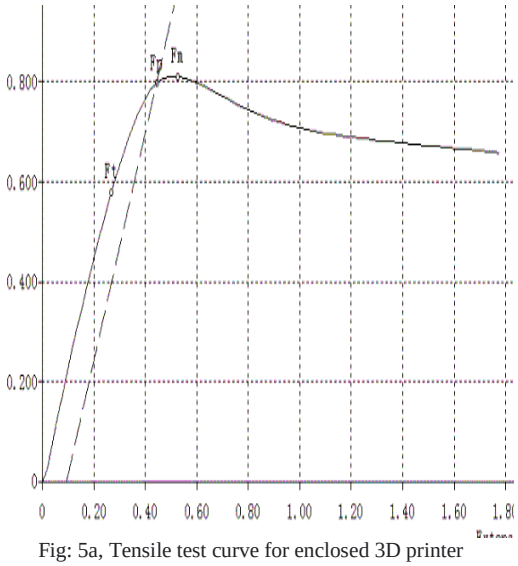


Fig: 5a, Tensile test curve for enclosed 3D printer

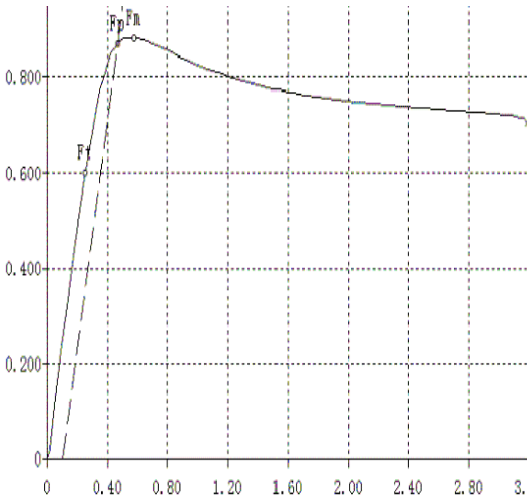


Fig:5b, Tensile test curve for an open 3D printer

The appearance of the 3D printed tensile test ABS specimens with difference environmental temperature are shown in Fig: 6 (a,b,c,d)



Figure 3a. open 3D printed specimens at room temperature



Figure 3b. Closed 3D printed specimens



Figure 6c. Closed 3D printed surface roughness of specimens

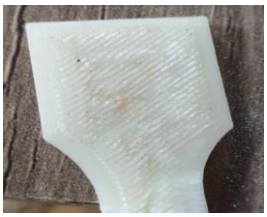


Figure 6d. open 3D printed surface roughness of specimens at room temperature

IV. DISCUSSIONS

The tensile test results from the closed to the open 3D printer revealed an increasing values of the tensile strength, yield strength, and elastic limit of all samples. The temperature in the printing cell is to be higher in the closed 3D situation than the open one, that's why the mechanical properties were significantly affected as shown in the table 1. This is consistent with what (Eunseob Kim et al) [7] . Specifically, the tensile strength decreased by 8.86%, the yield strength increased by 9.41%, and the elastic limit by 3.79%. In contrast, the elongation decreased significantly by 78.86%. No significant change in hardness was observed when compared to results from an open 3D printer.

After visual observation, the open 3D printer results showed rough surface and geometrical irregularities, as well as strong adhesion between the first layer and bed. The variation in mechanical properties and surface roughness between the closed and open printers is likely due to rapid cooling during printing.

V. CONCLUSIONS

1-The samples have the same dimensional accuracy in both methods.
2-The 3D printer with an enclosure gives better results in printing ABS with a smoother surface.
3-The rapid cooling rate has an effect on the surface roughness of the open printer.
4-The higher the temperature, the lower the tensile strength.
5-The cover of the enclosed printer helps to maintain temperature, produce a uniform surface and provide stable mechanical properties

REFERENCES

[1] B. Evans, Pracical 3D Printers, Paul Manning, 2012.
[2] C.L. Ventola, Medical applications for 3D printing: current and projected uses,
P T: Peer Rev. J. Formul. Manag. 39 (10) (2014) 704e711, https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.005.
[3] I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker, in: Additive Manufacturing Technologies, Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct.
Digital Manufacturing, second ed., 2015, https://doi.org/10.1007/978-1-4939-
2113-3.
[4] Weng Z, Wang J, Senthil T, Wu L., (2016), Mechanical and thermal properties of ABS/montmorillonite nanocomposites for fused deposition modeling 3D printing. Materials and Design, 102:276-283.
[5]Upcraft, S. and Fletcher, R. (2003), "The rapid prototyping technologies", Assembly Automation, Vol. 23 No. 4, pp. 318-330.
[6] Rodrigue, H., Wang, W., Bhandari, B., Han, M.W. and Ahn, S.H. (2014), "Cross-shaped twisting structure using SMA-based smart soft composite", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, Vol. 1 No. 2, pp. 153-156.
[7] Eunseob, K, Yong-Jun S, *Sung, H. A.* (2016), "The effects of moisture and temperature on the mechanical properties of additive manufacturing components: fused deposition modeling", Vol, 22 · No. 6 · 887–894.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Comparison of mechanical properties between PLA and ABS for FDM products

Fouzi Alhadar
dept. Mechanical Engineering
The Higher Institute for Technical Siences Tarhuna
Tarhuna, Libya
alhadar7533@gmail.com

Amir Kessentini
dept. Mechanical Engineering
National Engineering School of Sfax
Sfax, Tunisia
amirkessentini2020@gmail.com

Abraheem Hadeeyah
dept. Mechanical Engineering
The Higher Institute for Technical Siences Tarhuna
Tarhuna, Libya
ibrahem27777@gmail.com

Ibrahim Ali Farj Emhemed
dept. dept. physics
Azzaytuna University
Tarhuna, Libya
I.emhemed@azu.edu.ly

Mondher Wali
dept. Mechanical Engineering
National Engineering School of Sfax
Sfax, Tunisia
mondherwali@yahoo.fr

NeilaKhabouMasmoudi
deptMechanical Engineering
National Engineering School of Sfax
Sfax, Tunisia
neila.masmoudikhabou@enis.tn

***Abstract*—**Additive manufacturing (AM) techniques are an effective tool for the manufacture of complex and difficult shapes in various fields, and the most important of this technology is the FDM technique in which several materials are used, and the most important and common of these materials is ABS-PLA, so it was chosen in this study.

This study aimed to accurately compare the mechanical properties of ABS-PLA so that we can employ these properties in the industrial field as required. Many tests have been performed to see the difference between ABS and PLA materials in terms of mechanical properties, such like hardness test, impact test and tensile test. Results were discussed and analyzed upon.

Keywords: 3D printer, temperature, mechanical properties PLA, ABS, FDM

I. Introduction

Additive manufacturing technology is an advanced manufacturing technology used for fabricating parts layer by layer directly from a computer aided design (CAD) data file. The process builds objects by adding material in a layer by layer fashion to create a three-dimensional (3D) part, offering the benefit to produce any complex parts with shorter cycle time and lower cost compared to traditional manufacturing process. Additive manufacturing technology is widely used in engineering for customized products, functional models, pre-surgical models and conceptual models. This technology is finding its applications in many fields of engineering and industry, such as aircraft, dental restorations, medical implants and automotive products. With increased competition in the world economy, designers and production engineers face the challenge of producing products more quickly than ever to meet customer requirements and achieve competitive edge. Additive manufacturing process offers an efficient technique of building complicated geometry to shorten the design and production cycle time at the lowest cost due to the absence of any tooling needs [1–6]. There are many commercial additive manufacturing systems available in the market such as fused deposition modeling (FDM), direct metal deposition (DMD), 3D printing, selective laser sintering (SLS), inkjet modeling (IJM) and stereo-lithography (SLA). These systems differ in the manner of building layers and in the types of materials that can be fabricated by these processes safely

. FDM has been widely used in additive manufacturing technology that provides functional prototypes in various thermoplastics due to its ability to produce complex geometrical parts neatly and safely in an office-friendly environment. FDM was developed by Stratasys Inc. in the optimum process conditions is an important task for production engineers. It plays an important role to ensure quality of products, improve dimensional precision, avoid unacceptable wastes and large amount of scraps, enhance productivity rates and reduce production time and cost.

II. Methodology

2.1. Materials

In this study, a comparison was made between PLA and ABS materials in terms of mechanical properties

2.2. Experimental procedures

2.2.1 Specimen preparation

Samples shown in Figure: 1 were designed as 3D model according ISO 527 standard with Solid Works CAD software for impact test and tensile test using a designing software and transferred to 3D slicing interface program to be printed.

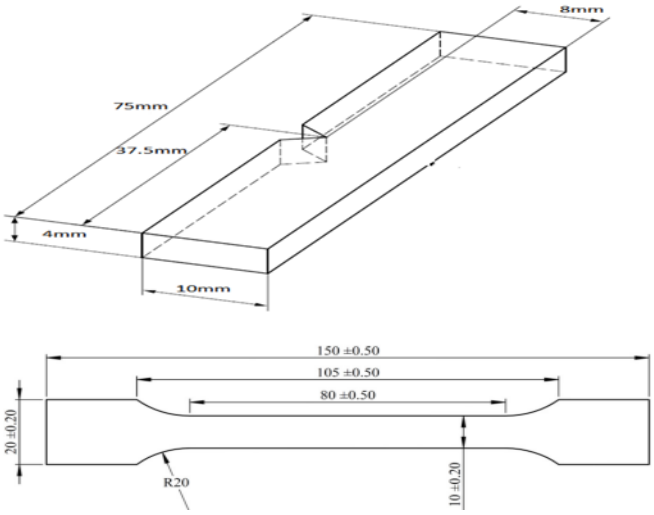


Figure 1. Dimensions of 3D printed Samples

For each type of mechanical test, 3 specimens were prepared and tested for both materials, and then the average value was taken for data analysis in order to improve accuracy and reliability of the experimental data. Figures 2(a,b) show the 3D printer used in this study, and the printer settings are given in the following table.

	ABS	PLA
infill	100%	100%
Printing temperature	240C^0	C^0 220
Build plate temperature	80C^0	60C^0
Print speed	mm/s 55	mm/s 60
Fan speed	100 mm/s	100 mm/s
Layer height mm	0.2 mm	0.2 mm

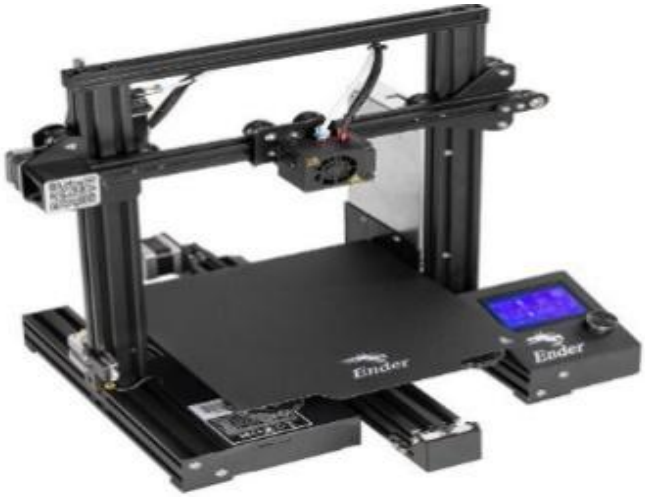


Fig:2a, Open 3D printer

Tensile tests for samples under the same condition were conducted with tensile test machine shown in Figure 3. Hardness tests for samples were conducted with hardness test machine shown in Figure 4.



Fig3. Impact Tensile Test Machine



Fig.4. Hardness Test Machine



Fig.5. Tensile Test Machine

III. Results

As was detailed in Table 1. ABS specimens were tested and Table (1) and figures: 5(a,b).

Fm: tensile strength
FP: yield strength
Ft: elastic limit

Table1: shows the results of the tensile test

	Fm (KN)	FP (KN)	Ft (KN)	Elong (mm)	Impact
ABS	0.812	0.797	0.579	1.7772	0.513
PLA	1.610	1.577	1.004	1.510	0.1.30
From ABSto PLA	97.8% ↑	98% ↑	73% ↑	12.8% ↑	294 % ↑

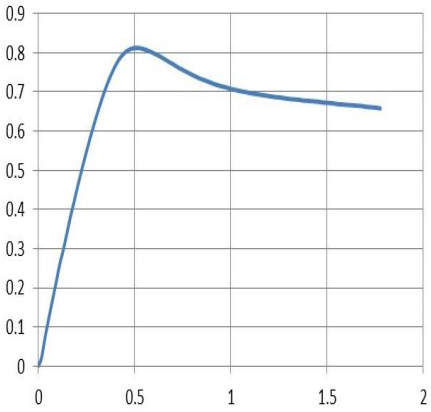


Fig: 5a, Tensile test curve for enclosed 3D printer

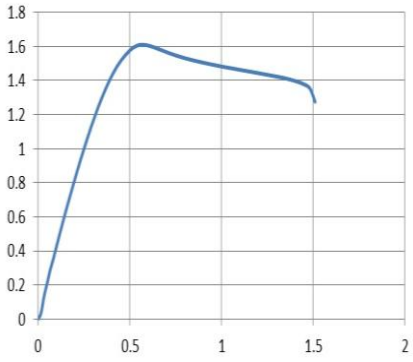


Fig:5b, Tensile test curve for an open 3D printer

The appearance of the 3D printed tensile test ABS and PLA specimens are shown in Fig: 6 (a,b)


Figure 6a. ABS 3D printed specimens


Figure 6b. PLA 3D printed specimens

IV. Discussions

The results showed an increase in Tensile Strength by (97.8%) in PLA and also an increase in yield strength by (98%) for PLA and an increase in Elasticity limit by (73%).

Also, an increase was observed in elongation, -Impact, with a percentage of (12.8%) and (294%).

As we noticed when testing the Hardness, a very large affinity between ABS – PLA.

V. Conclusions

1- Tensile Strength -yield Strength the highest in PLA

2- The penetration and scratch resistance Hardness is to be almost the same for both ABS / PLA.

3- The impact resistance of ABS is higher than the PLA.

References

[1] D. King and T. Tansey, Alternative material for rapid tooling, Journal of Materials Processing Technology. 121 (2002) 313-317.

[2] C.K. Chua, C. Feng, and C.W. Lee, Rapid investment casting: direct and indirect approaches via model maker II, International Journal Advance Manufacturing Technology. 25 (2005) 26-32

[3] P.M. Dickens, R. Stangroom, and M. Greul, Conversion of RP models to investment castings. Rapid Prototyping Journal. 1 (1995) 4-11.

[4] J.M. Edward, E.A. Robert, and J.M. John, Investment casting utilizing patterns produced by Stereolithography. U.S. Patent 4,844,144. (1989).

[5] C.M. Cheah, C.K. Chua, and C.W. Lee, Rapid prototyping and tooling technique: a review of applications for rapid investment casting, International J Advance Manufacture Technology. 25 (2005) 308-320.

[6] Upcraft, S. and Fletcher, R. (2003), "The rapid prototyping technologies", Assembly Automation, Vol. 23 No. 4, pp. 318-330.

[7] Rodrigue, H., Wang, W., Bhandari, B., Han, M.W. and Ahn, S.H. (2014), "Cross-shaped twisting structure using SMA-based smart soft composite", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, Vol. 1 No. 2, pp. 153-156.

[8] Eunseob, K, Yong-Jun S,Sung, H. A. (2016),"The effects of moisture and temperatureon the mechanical properties of additivemanufacturing components: fuseddeposition modeling", Vol, 22 · No. 6 · 887–894.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Recognizing and Charging Generators for Their Contribution to Network Voltage Support in a Market Environment

Salem Osman Abdussalam
Electrical and Electronics Engineering Department
Faculty Of Technical Sciences - Sebha)
Sebha Libya
salembaitalmal67@gmail.com

***Abstract*— the paper discusses the so-called voltage service, an essential auxiliary service needed for the transmission network voltage support provided by generators. The dispatchers must manage the voltage service in order to guarantee adequate covering of the system demand even under disturbed or congested operating conditions in order to provide customers with increased quality, security, and affordability of the electrical energy supply.**

Keywords— Energy market, secondary voltage regulation, indication, and price are ancillary services and voltage services.

I. INTRODUCTION

Newly defined power plant services, such as those for network voltage and frequency support, have emerged as a result of the restructuring of the electric utility industry and the growing competition in the electricity market that has resulted. These services are closely related to the performances of the corresponding control systems. In order to address the rising requirement for the accurate and unquestionable economic recognition of their contribution, it appears that the proper measurement of the field performances of power plant automatic regulators as well as of their effective support to the network operation must be solved. This new issue related to the ancillary services industry provides a strong impetus for in-depth research as well as the development and specification of workable solutions.

It has to be compliant with both legal requirements and official Energy Authorities guidance. The network's Independent/Transmission System Operator (ISO/TSO) is in charge of managing these new services to ensure both a safe and dependable network operation and the proper financial recognition of the various contributions to the services. The main goal of network voltage regulation, one of the ancillary services for the power system, is to maintain the network voltages as close to the optimized values as possible in the face of ongoing load changes and network perturbations, thereby achieving high levels of quality, security, and efficiency in power system operation. The local reserves, including unit capabilities, synchronous compensators, shunt capacitors and reactors, static var compensators (SVCs), as well as the local on load tap changers, are the focus of the required automatic coordination of reactive power resources because the voltage problem is a prevalent local issue.

Therefore, a decentralized voltage control system operating a local coordination in each area or region where the overall transmission system can be divided can be used to pursue the goals of the voltage control service. Nevertheless, in each region, the considered coordination requires exchanges of data and control signals between the local dispatcher and the local power plants/ substations. The more the data are exchanged in real-time according to the power system dynamics, the best the voltage control system can increase its performances and effectiveness. To further reduce losses, it is crucial to coordinate the mutual control actions and exchange measurements of the edge-busses voltages and tie-line reactive power flows with the nearby utilities. The increasing rivalry in the power market has made it difficult to improve the automation of transmission voltage regulation. A complex task to organize, the accurate measurement and computing of the power plant control systems performances for the recognition of their network support and related economy requires a thorough understanding of the various control systems' philosophies, functionality, and limits. Additionally, the potential practical solutions vary depending on the state of the art. Therefore, new and specialized monitoring systems are needed, of the operating control systems not only at power plant level but also at Regional and Central Dispatchers' levels, which coordinate the power plant's control efforts in accordance with the centralized global system view and control strategy. If the investigated generators operate under SVR, it will be demonstrated that the indicators of their contribution to network voltage support are straightforward and accurate as well as that there are discrepancies in their performances compared to the contractually specified control availability.

In this situation, a new power plant voltage-reactive power regulator—referred to as a "high side voltage control regulator" [1–2]—is typically necessary and is the key to understanding the practical viability of the paper concept. Additionally, from this perspective, SVR provides not only an efficient method for maintaining network voltage, but also a significant simplification and clarity on the issue of the financial support provided by generators for maintaining network voltages [3–8].

II. VOLTAGE SERVICE

The true contribution of each generator to network voltage support is difficult to quantify and identify, and when it comes to economic considerations, it generally becomes a contentious issue. However, the topic under discussion is a well-known, complicated issue for a variety of reasons:

The generator contribution is, in theory, related to the remote control (on-line/off-line, manual/automatic, etc.) operated by the network dispatcher. The accuracy of the power plant operator maneuvers, in accordance with the requests of the dispatcher, cannot always be monitored and demonstrated. The real-time measurement of the coordination of the generator reactive power delivery/absorption with respect to the other generators in the power plant; is a burdensome lack of information. The plant cannot fully guarantee the effectively available nominal capability in over- and under-excitation without limitations imposed by stability issues, protection intervention, plant operator unjustified caution, and incorrect changes in the control parameter setting.

Furthermore, the AVR stability within a defined operation field as well as the AVR correct dynamics even when operating the over- or under-excitation generator limits, as well as the proper coordination between the generator protections settings and its available continuous- time operation field, are all strongly related to the effectiveness of the generator voltage support.

Last but not least, the country's rules/regulations on the generator contribution to network voltage and reactive power control frequently require the generators to adhere to what appear to be simple, not-detailed service criteria. In practice, are frequently difficult to conform with and permit (that is the worst) the generator operation against the real network needs: excess of over or under excitation with respect to necessary. It is clear that the amount of reactive energy does not accurately reflect the real generator contribution to the voltage service, which is instead significantly influenced by the generator's available reactive power near its normal operating point, and by the continuous control of that generator that is coordinated with the controls of the other generators in the same plant as well as the controls of the generators in nearby plants. The "primary voltage regulation," which uses the AVR to keep the generator terminal voltage at the set-point value, is insufficient for a satisfactory voltage service because the power plant operators manually control the Airs' set point, resulting in subpar timing and coordination of control actions. The objective to automatically control in real-time and in coordination the generator's effectively available reactive power resources, can be achieved. The generator available capability can be continuously monitored and therefore constrained. The perspective of a new power plant "high voltage side regulator" (REPORT) also required by the SVR is the true, concrete possibility to achieve the objective of an effective voltage service.

Through REPORT facilities, a straightforward but accurate and unquestionable monitoring system of each generator's actual contribution to grid voltage support can be accomplished for possible comparison with the contractually anticipated performance and the accurate computation of the generator economic recognition.

III. VOLTAGE SERVICE IF A COORDINATED VOLTAGE CONTROL SYSTEM IS AVAILABLE

A hierarchical control structure is typically the foundation for the coordinated voltage regulation in a transmission network (see Appendix, Fig. 1 for an example of an Italian hierarchical control scheme). This allows for the network to be divided into electric zones around the so-called pilot nodes, which are grid buses chosen among the strongest ones based on the computation of sensitivity matrices and short-circuit powers. The Regional Voltage Regulator (RVR) devices, which keep the pilot nodes voltages at the correct values by controlling the reactive powers of those generators which most impact those buses, give these regions with suitable signals of "reactive power level," one for each area.

The power plant voltage and reactive power regulator (REPORT), which directly affects the set points of the Automatic Voltage Regulators (Airs) of the generating units in the plant, is used to locally manage the generators at the power plants (See Appendix for more details). According to the actual network state and the long- or short-term forecasting of the optimal pilot nodes voltages and area reactive power levels, the central NVR in the Tertiary Voltage Regulation (TVR) framework controls the RVRs in closed-loop at the utility level for a secure and efficient operation (See Appendix).

The VS under SVR: Metering Simplification and the Role Played by the Power Plant Regulator (REPORT). The general goal of the REPORT is the power plant units' automatic, coordinated, and in-the-moment support of the transmission network voltage. According to the actual over- and under-excitation limitations of each generator, REPORT continuously regulates the reactive powers of the power plant generators at the same percentage value. These dynamic limits, which were also calculated by REPORT in accordance with the thermal prescriptions of the generator manufacturer and continuously compared with those operating inside the AVR, represent the generator's maximum available capability field. According to the terms of the contract between the power plant and ISO, REPORT may assign the generator's maximum available capability field entirely or in part to the voltage service.

IV. -INDEX OF GENERATOR CAPABILITY THAT IS AVAILABLE

REPORT computes the corresponding reactive power limit values in over and under excitation to be imposed on the generator and verifies their consistency with those operating on the AVR for each generator under its control, taking into account the voltage and active power measurements at the stator terminal edges. It goes without saying that the power plant operator can choose or modify the generator limitations in REPORT in accordance with the needs of the generators' functioning and security. The new "voltage service meter" receives the measure of the generator's dynamic reactive power field through a REPORT for a real-time comparison with the relevant limit values continually computed by the meter on the basis of the contractually agreed upon capacity curve parameters.

The generator's available capacity is 100% as long as the reactive power limit Slim of the generator matches the contractual Slim contra values in both over and under

excitation. When the generator is not under the control of the REPORT, the availability value is regarded as zero. In light of what was stated above, the following represents an important indicator of the generator's contribution to the voltage service in terms of available reactive power capability.

V. GENERATOR AVAILABLE VOLTAGE INDEX FIELD

For each generator under its management, REPORT enables the fixation of the stator voltage field permitted around the nominal value, the verification of its compatibility with the generator protections, and the signaling of the forced operation at a voltage limit. Naturally, the power plant operator may vary the generator voltage restrictions in REPORT in accordance with operational requirements and machinery security considerations, which may result in more stringent limits than those specified by the alternator manufacturer. It is necessary to measure this potential generator voltage field reduction since it may make it more difficult to use the permitted generator capabilities.

Since the actual voltage limit values are not known in advance, the new "voltage service meter" recognizes and remembers them when they are reached and indicated by REPORT. In a similar vein, their alterations are updated as noticed. Because they were most recently measured on the ground, the generator operating voltage limitations in REPORT can be compared in real time with the equivalent limit values specified in the generator voltage service contract: The generator available voltage field is 100% as long as the generator voltage field Vn V lim matches the contractual value of Vcontr; otherwise, it decreases.

When the generator is not under the control of the REPORT, the availability value is regarded as zero. The following is a crucial indicator of the generator's contribution to the voltage service in terms of the voltage field that is available:

$$\text{Iq (T)} = 100/\text{T} \int_0^T (Q\ lim(t)/Q\ \text{lim_contr(t)dt}$$

indicating the averaged proportion of the correspondence between the actual and contractual generating voltage field over the time interval T. That is, Iv is only 100% when Vlim (t) = Vlim contr for the entire period T that the generator was controlled by REPORT.

The Power Plant's New Voltage Service Meter The on-field generator's actual performance to be used for network voltage service cannot be known beforehand, and what the power plant asserted regarding this issue may change or prove unworkable in the absence of any credible check and warranty. The recently revealed power plant new concept meter, which is entirely dependent on the presence of the new voltage and reactive power regulator (REPORT) in the power plant, will be able to calculate in real-time either the aforementioned Iq and Iv indices or the intervals, inside the period T (T could last one year), during which:

$$\boldsymbol{Iv(T) = 100/T \int_0^T (Vn - V\,\text{lim}(t)|/\Delta Vcontr)dt}$$

for every one of the two potential REPORT capabilities a) or b) described in clause 3.1. Additionally, the new meter would calculate the amounts of reactive energies in both over excitation and under excitation for each generator in the plant throughout the period T. It must be noted that the power plant operators and SO can always observe (but not change) the progressive values of each generator's performance indicators, computations, and measurements via telecommunications.

Therefore, it is permissible to remotely set the contractual parameters, which serve as performance references for the generator, at the time of contract definition or renewal. It will be possible to compare the generator availability and contribution to voltage support with the components of the voltage service contract in a precise manner on the basis of the values attained over the course of the period T by all the generator performance indicators mentioned, and to assign to each generator a very accurate and unquestionable economic recognition of its network voltage support. The recommended approach is unquestionably accurate, straightforward, and simple:

VI. EXPENSES VS. PROFITS OF THE VOLTAGE CONTROL SERVICE

The power plants, the local, regional, and national dispatchers, as well as the transmission and distribution grids, can all contribute to the capital and operating expenses of the VS. The following points largely concur with the current state of knowledge across the globe. Italian electricity infrastructure is mentioned in the example.

A. Production Fees

The capital costs need to be taken into account because of the following: a Oversizing the generator for producing or absorbing reactive power; b Oversizing the generator transformer in accordance with the generator capability; c) Oversizing the unit exciter; d) Exciter controller, including unit voltage regulator, over and under-excitation limits, compound, PSS, REPORT interface, etc.; and e REPORT apparatus. Regarding point a, the anticipated oversize cost for Eel's thermal generators is equivalent to additional costs ranging from 5.1% to 6.5%, depending on the unit size and cooling. When it comes to hydraulic generators, the size range is fairly wide and the amount of associated oversize varies greatly from one unit to another.

Regarding b, the average transformer oversize is thought to be around 5.4%. When points c) and d) are taken into account, an estimated 65% of the exciter and controls capital expenses linked to voltage and VARs. Moving forward to point e, voltage support must account for 100% of the REPORT equipment capital expenses. For the sake of consistency, the costs of this REPORT and the whole network voltage control system will be combined in the sections that follow. According to the annual production/absorption of reactive power and an evaluation of unitary costs for selected discount rates, the annual rate of the generation capital costs is often estimated.

When taking into account the overall generation capacity of, 31525 MAR, a first attempt at estimating the issue by Eel yields expenses ranging from 2.0 to 3.0 thousands? For each MAR per year. A 370 MVA unit would cost 0.1 to 0.15 million euros per year (ME/year) in operating expenses. The FERC analysis places the investments for voltage control and reactive power supply from generators at 41% of the overall cost of the generator with its transformer, exciter, and

controls: 23% for voltage and 18% for VARs. This estimate yields a quantitatively higher outcome. The annual rate for a 370 MVA unit would be 1.0 ME/year based on these figures plus a fixed charge rate multiplier of 0.17.

Losses and operation and maintenance expenses are part of the generator operating costs (O&;;M). When reactive power is generated or absorbed, stator copper losses also rise, which is related to the increased losses, which also include fan and core losses. By following the over excitation or under excitation conditions, rotor copper losses and exciter losses can be raised or lowered. More specifically, the additional losses that need to be taken into account are those that are: - in the exciter; - in the exciter's copper; - in the unit alternator and transformer's iron; - mechanical (for the synchronous compensators only);

In the auxiliary services for the cooling of the transformer and alternator; - for the synchronous compensators to start up. Iron and mechanical losses on the thermal units are each calculated at 0.2% of the oversize (6000 MVA). As a result, the entire loss rate is 6.8 ME/year. The aggregate loss rate for the hydraulic units, which have a total oversize of 2000 MVA, is 2.7 ME/year. Between 7.7 and 13.0 ME/year, and 350-400 GWh/year of energy being wasted, is estimated to represent the overall annual losses rate for the Eel units. The upkeep of the hardware and software as well as operator training are also included in the Camp;M fixed and variable costs. They ascribe the generation Camp;M expenses for VARs and voltage to the comparison of the FERC analysis on the matter.

B. Costs of Transmission

The installation of reactors, static variable condensers (SVC), and their switching equipment; OLT Cs in transmission and distribution; Sacs; RVRs for secondary voltage regulation; NVR for tertiary voltage regulation; and optimal voltage and reactive power forecasting and dispatching are all related to these capital costs. Points a and b in the Italian power system have capital costs that range from 13.0 to 18.2 ME/year, whereas point c) can be ignored because there are no SVCs present in the Italian power system. With regard to points d) and e, the capital expenses for the practical execution of the SVR and TVR control system comprise installing the REPORT equipment at the primary power plants. The NVR at the national control center, as well as the RVR equipment at each regional dispatcher. The 18.2 ME in costs under consideration are due to:- 5.72 ME for studies, design, and SW development- Manufacturing of control apparatuses: 6.24 M?6.24 ME for installation, AVR interface adjustments, and field-testing. Given that the application will be used for 25 years, the annual cost at an inflation-removed discount rate of 8% is equivalent to: 1.8 ME/year, whereas with an inflation-removed discount rate of 12%, the annual cost increase reaches 2.57 ME/year. Regarding point f, the annual rate is projected to be equal to 0.26 ME/year when taking into account hardware and software tools and their upgrades. The expenses incurred by the transmission include:

Network compensating equipment losses In Italy, these losses total 4840 MWh/year at a cost of around 0.1 ME/year; - Electricity line losses: In the Italian transmission network, these ultimate losses might range from 250 MW to 500 MW, depending on the system operating conditions. These transmission losses cost between 129 and 155 ME per year on average. This cost includes the reactive power flows' component, which is anticipated to be larger than 10%.

The distribution losses can be taken into account similarly.- The price of maintaining and upgrading telecommunication and control equipment used for voltage-var control: Secondary voltage regulation (including Reports and RVRs): 0.3 ME/year; Optimal voltage and reactive power forecasting and dispatching: 0.15 ME/year; Tertiary voltage regulation: 0.15 ME/year; Telecommunication system: (maintenance related)

Costs for voltage/var operation (costs of the operators in the regional and national dispatching centers) for:? Optimal voltage and reactive power forecasting and dispatching: 0.5 ME/year;? SVR and SVR control: 0.5 ME/year. Telecommunication system: (maintenance related to voltage-var control): 0.15 ME/year. The costs associated with "loss of load," or the inability to provide reactive service in the event of an incident that forces customers to disconnect in order to prevent voltage collapse, cannot be disregarded and must be assessed probabilistically by taking into account the so-called Value of Lost Load (POLL). In Italy, the POLL and the risk are both those that are in line with the high levels of reliability provided by the networked European system.

The losses that are caused by network voltage instability and the losses that follow a voltage collapse are further losses that should be taken into account and have value equations that are quite similar to the preceding one. In comparison to the size of the area experiencing the blackout, the likelihood of these incidents is quite low, but the associated expenses are very substantial (tens of billions of liras). Finally, the length of time that the contractual quality of the voltage at the customer's supplying edges is not guaranteed affects the system operator's income loss.

C. Benefits of voltage-var control

Among the attainable advantages listed below, those predicted to arise from the adoption of the SVR include: - a decrease of up to 5% in power system losses by controlling reactive power flows through improved coordination of reactive power resources. The savings from such a reduction in Italy would be around 1.8 million euros per year; an increase in active power transfer capability under security limitations; and an increase in reactive reserves that can be controlled during transients following significant network disruptions. This increase is accompanied by a reduction in the amount of time, estimated to be between 3 and 5 percent, when loads are partially not fed for safety reasons.

The resultant cost savings would be approximately 0.6 million euros per year; this would result in a 20% reduction in the amount of time when the contractual quality of the voltage at the customer's edges is not guaranteed. The annual economic advantage associated with this reduction is around 0.9 million euros; it also significantly lowers the probability of a power system blackout caused by voltage collapse. This reduction equates to a minimum annual benefit of €9.0 million. This rough estimate of the advantages under consideration needs to be better developed and taken into account in full when calculating the voltage service contributions to the energy tariff.

D. THE VOLTAGE PRICE-DETERMINING CRITERIA

The assumption is that the current pancake tariff will be split into a price for generating, a price for transmission, and a price for distribution, with separate costs for the "system services" (reserve margin, frequency regulation, voltage control). According to the conducted analysis, the voltage control price aims to quantify the improvement in voltage quality, power system security, and operating efficiency to be attributed to the voltage service in the presence of load changes, outages of lines, and generators.

Such tasks are often accomplished by a combination of the following: I Primarily, reactive power is produced or absorbed by generators; ii) Reactive power is produced or absorbed, respectively, by network condensers and reactors;

Static var compensators (SVCs) and on load tap changers (OLT Cs), if any, are used to adjust voltage at load buses. The first two points and the pricing criteria based on reactive power energies are closely related. In order for the voltage service to be effective, it is rational to assume that the reactive power resources must be properly coordinated. This coordination must be provided by a cutting-edge, technologically advanced network voltage control system, such as the one previously described, which is capable of automatically and promptly coordinating all the reactive power reserves in a way that minimizes both the control effort and the network losses while consistently maintaining high voltage quality. The Network Voltage Service (Network Voltages Optimization and VS) can only be easily controlled and supervised by the Operating Authority in this way.

The network voltage service cannot be improved from the current dismal performance of the traditional, non-automated reactive power dispatching without an effective automatic voltage control system. In actuality, without automatic coordination, there are frequently several issues with timely and efficient control of unanticipated operating situations,

even if the reactive power supplies available were sufficient to meet grid needs. Additionally, despite being consistent, the TSO/ISO effort could frequently produce unsatisfactory outcomes. In light of these factors, the construction and operating expenditures associated with the voltage service that can be justified by the outcomes should be given top priority in the pricing criterion.

E. In terms of, generation

Large units (those over 100 MVA in Italy) should be required to use the Primary Voltage Regulation (PVR) function offered by the AVR. Due to their prompt responses without restriction inside their nominal capabilities (monitored in real-time), in accordance with the actual needs, the generators under SVR contribute to the voltage service in a more recognized and consistent way than the other units under PVR. This calls for the primary factors in the pricing evaluation of the voltage services to be the capital costs (reduced by the depreciation allowance) and operating costs of the units subject to Secondary Voltage Regulation. These units/power plants are candidates for an additional, economic recognition because of their automatic, up to the point, contribution to the network voltage support and the related, calculable benefits for the network customers in terms of voltage quality, system security, and operating economy greater than given standards. This additional, economic recognition will be linked with the measurement of their participation to the SVR. Moving on to the units that solely operate under primary voltage regulation, they a priori do not guarantee comparable and coherent control efforts for voltage support: you can find units of the same power plant counterbalancing their reactive powers negatively or plants partially counterbalancing their reactive powers.

As a result, the calculation of basic reactive power energy does not generally reflect the true contribution to maintaining the voltage service. Additionally, the missed contributions from reactive power counterbalancing typically result in a greater control effort from the other power plants, which has a knock-on effect of costing more money. In some circumstances, not providing assistance could make the power system less reliable and increase the risk of collapse.

F. Relating to the transmission

The capital costs of the current automatic voltage control system (such SVR and TVR), as well as the daily forecasts of the ideal voltage plan for the transmission network, should unquestionably be taken into account when determining the pricing for the voltage service. The installation of static condensers, reactors, and their switching equipment, as well as the cost of the OTC placed on transmission and distribution transformers, are additional capital expenses that need to be taken into account. Of course, these capital expenses should be reduced by the equipment amortizing allowances. In the event that a network voltage service exceeds a predetermined threshold, the operational expenses for the network voltage support, which also include additional device losses and maintenance, as well as control equipment maintenance, should be recognized performance threshold. Reactive power resources are typically plentiful at power plants under typical operating conditions with the current power factor adjustment. In the Italian transmission network, the power factor (PF) overage value typically exceeds 0.95, although in the MV and LV network, the PF changed from 0.9 to 0.93 between 1985 and 1994. Under compensated circumstances, the PF fluctuates between 0.96 and 0.98 at its annual peak. The expansion of the 380 kV network and the decrease in energy transits from north to south as a result of the new generating facilities constructed in central and southern Italy. According to the capacity of the power system under consideration, the necessity of potential future PF corrections is gradually losing its previous significance, while the significance of an efficient, coordinated, and automatic control of the available reactive power resources was firmly established. With an operational SVR and TVR, TERNA (the Italian TSO) should be in a prime position to meet the need of the future Italian energy market for an unbundled, efficient, and dependable voltage services.

G. Pricing effort

The following pricing approach provides a broad notion to estimate the value of the "voltage duty" delivered by the generation and transmission system in a straightforward but rigorous manner while taking into account for the VS a yearly based contractual market administered by the TSO: All the capital and operating costs required by the VS should be taken into account on the generators' side, as well as all the previously mentioned costs on the transmission side. Iii) At the national/utility level, the previously mentioned advantages of the operational VS should be taken into

consideration. Iv) The "Value" to be assigned to the delivered VS is determined by the difference between its entire benefit and total cost;
v) The generation firms and the TSO/ISO must divide the annual expected value of the VS according to nominal percentages that have been established; In front of the generator:
vi) The annual basis depreciation of the capital expenditures, the "nominal" pricing of each generator contribution to VS, and
A percentage of the "Value" attributable to that generator while taking into account the contractual obligations. - The contractually agreed-upon contribution to VS.
vii) The "true" price of each generator's contribution to the virtual system should be dependent on: - The actual contribution made to the virtual system, as confirmed by the suggested real-time metering;
- The fines for breaching the terms of the contract.
On the transmission side: viii)The announced objectives in terms of operation quality, system security, and operation efficiency should be the basis for the "nominal" pecuniary recognition given to the TSO for the VS operation.
- The capital expenses of the transmission system depreciated annually,
- The portion of "Value" that is attributable to TSO.
ix) The continued functioning of SVR TVR as verified by the proposed metering system shall serve as the foundation for the "actual" commercial acknowledgment of the operating VS to the TSO.
- The fines brought on by discrepancies with regard to the stated goals.

VII. CONCLUSIONS

Focus was also placed, on the VS's complexity and the challenge of correctly allocating it within the transmission tariff in relation to the potential provided by the sophisticated automatic voltage control system built on SVR TV. The voltage duty quantitative evolution is a related important issue; two criteria have been examined, and some initial quantitative data have been supplied. The idea is that the VS "Value" needs to be accurately assessed, and the accompanying benefit shared between the providers and clients through an appropriate transmission tariff component. In the newly reorganized energy market, the article provides evidence that the VS's position and relevance will increase. As a result, there will likely be several innovations on the subject that will be significant to global advancements in its quality and accounting performance. Voltage service is in fact related to the quantifiable degree of quality, security, and efficiency of the system operation that can be attributed to VS in the transmission price. In other words, the expenses must be supported by tangible, verifiable benefits. The document provides a detailed explanation of how to monitor each generator's contribution to network voltage service when it is operating under REPORT management. When reactive power may be continually and profitably controlled, the idea is unquestionably founded on the continuous time measurement and monitoring of the real available capability field of each generator.
Contractually fixed within the thermal restrictions imposed by the over and under-excitation AVR limits and consistently triggered by REPORT, the function that determines the feasible reactive power field additionally takes into account its dependency on the unit terminal voltage. The fiscal computation for each generator of the progressive time period during which the available capability field complies with the contractual value and the comparison with the agreed-upon yearly percentage, allows the proposal of an unquestionable performance index of both: - The generator reactive power reserve available in real-time and fully functional for network voltage support.
The harmony of this outcome with the binding contract. The proposed method's clarity, accuracy, and encourage a wide-ranging practical application of the new meter, which is entirely devoted to voltage service monitoring and accounting with the aim of successfully assisting a proper economic recognition of the generator contribution to network voltage regulation. The revenues from the required distribution of the returns from the voltage service will undoubtedly enhance and fuel the competition-based monitoring of the performance of the voltage service.

REFERENCES

[1] Bollen, Math HJ and Hassan, Fainan, "Integration of distributed generation in the power system", John wiley & sons(2011), Vol 80.

[2] Corsi, Sandro and Pozzi, Massimo and Sabelli, Carlo and Serrani, Antonio (2004), "The coordinated automatic voltage control of the Italian transmission grid-part I: reasons of the choice and overview of the consolidated hierarchical system", IEEE Transactions on power systems,Vol. 19,N. 4, pp.1723-1732.

[3] Corsi, Sandro and Pozzi, Massimo and Sforna, Marino and Dell'Olio, Giuseppe (2004). "The coordinated automatic voltage control of the Italian transmission Grid-part II: control apparatuses and field performance of the consolidated hierarchical system". IEEE Transactions on Power Systems. Vol. 19, N. 4, pp 1733-1741.

[4] Corsi, Sandro. "The secondary voltage regulation in Italy" (2000), Power Engineering Society Summer Meeting (Cat. No. 00CH37134),Vol. 1, pp 296—304, IEEE Transactions on Power Systems.

[5] Corsi, S and Arcidiacono, V and Cambi, M and Salvaderi, L " Impact of the restructuring process at Enel on the network voltage control service" Bulk power system dynamics and control IV, Vol. 24,1998, Santorini.

[6] Corsi, S and Marannino, P and Losignore, N and Moreschini, G and Piccini, G, "Coordination between the reactive power scheduling function and the hierarchical voltage control of the EHV ENEL system," Vol. 10,N. 2, pp 686—694, 1995, IEEE.

[7] Viawan, Ferry A and Karlsson, Daniel, "Coordinated voltage and reactive power control in the presence of distributed generation," 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, pp 1-6, 2008, IEEE.

[8] Berizzi, Alberto and Dell'Olio, G and Marannino, P and Pozzi, M and Sardella, S and Tortello, F, "The hyerarchical voltage control to face market uncertainties", IREP Bulk Power systems dynamics and control , pp 1-7, 2001.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Forecasting of Electricity Demand in Libya using Economic and Demographic Variables

Abdelbaset M. Ihbal
Department of Electrical and Computer Engineering - School of Applied Science and Engineering
The Libyan Academy for Postgraduate Studies
Tripoli, Libya
A. Ihbal @academy.edu.ly

***Abstract*—The forecasting of Electricity demand plays a vital role in the electric power industry, as it offers the foundation of decisions making in power system operation and planning. The aim of this paper is to investigate the influence of demographic and economic variables on the annual electricity consumption in Libya. The study uses the gross domestic product and population of Libya for the period of 2008–2021 as the main drivers of electricity consumption. Two models have been developed by means of multiple regression analysis and trend method techniques. It was found that electricity consumption has a good correlation with both variables. The resulting models using both forecasting techniques are compared through a few statistical measures and the most accurate model was selected.**

Keywords— demand, Forecasting, modeling, demographic, Electricity.

I. INTRODUCTION

Energy demand, and in particular electricity demand has been growing rapidly over the world, playing an essential role in social and economic development, mostly in developing countries. Uncertainty is a particular characteristic of the energy sector. Even though decisions in this sector are usually not built on foreseeable outcomes, some variables that affect decision-making be able to be forecasted, with a specific degree of certainty, using data from various sources[1, 2]. The rapid increases in demand need to be assessed properly to have proper planning for this key infrastructure, in order that society gets the desired growth rate.

Many factors such as the type of customers, demographic conditions, population, GDP growth, and social activities etc. could influence the load demand considerably. The effects of all these factors need to be investigated in order to improve the accuracy of the load forecasted model.

Over the years several studies have previously looked into the characteristics and factors affecting domestic energy consumption in order develop electricity demand forecasting models [3-13]. In [3] a long-term forecasting of the two electricity suppliers in Bonny Island - Nigeria LNG Ltd (NLNG) and Shell Petroleum Development Company (SPDC) was carried out. A recorded load data of 34 months was collected and used to forecast the load of both Finima and Bonny towns for a period of 10 years using the linear regression methodology. In [4] an econometric model with log linear demand function was used to investigate the monthly electricity consumption for domestic consumers through the summer season, for the period from 1972 to 1975. The results presented that the factors influencing electricity consumption were weather, the real price of electricity, and needs for energy conservation. Even though this reference is long-standing, it is still applicable to work with traditional modeling. In [5] three econometric models were applied to investigate determinants of electrical energy consumption in post-war Lebanon. Electricity demand varies during different periods of the year. During the hot and humid summer, considerable use of air conditioning equipment is required in the coastal and heavily populated areas to keep comfortable indoor spaces. In [6] the influence of selected economic and demographic variables on the annual electricity consumption in New Zealand was investigated. Gross domestic product (GDP), population and average price of electricity throughout the period 1965–1999 were used as the inputs of the model. The multiple linear regression analysis was used to develop the models. An effective correlation between electricity consumption and the three independent variables was found. In [7] a knowledge-based expert system to support the option of the utmost appropriate demand forecasting model with practical application was implemented. However, traditional forecasting methods are disapproved for their weakness of non-linear fitting ability. In AI-based techniques, artificial neural network was one of the utmost common models. In [8] an econometric methods and statistical datasets about changing socioeconomic factors and their influence on the Ukrainian electricity market were presented as the instrument for forecasting electricity demand. A linear multiple regression equation was selected as the main method and changes in gross domestic product (GDP), the average price for electricity and the population the correlation between the exploring variable factors and the demand for electricity was found to be close (for the period 2000-2017). In [9] Long-term demand forecasts has been developed using regression and end-use models. Simulation was carried out to determine the load demand of the Maluku-Papua system through 2050. The variables that have the greatest influence on demand forecasting, according to data analysis, were gross regional domestic product (GRDP), population, electrification ratio, and electricity price. In [10] the concept of long-term load forecasting was demonstrated reasonably and also presents recent development within electric power industry. In [11] the multiple linear regression was used to study the influence of economic variables on the annual electricity consumption in Northern Cyprus for the duration of 1988–1997. It was found that the number of consumers, the electricity price and the tourists' number correlate with the annual electricity consumption. in [12] it was presented that the end use model

is much more detailed than econometric model; however, their analytical formulation can be quite simple. The end use technique is very well suited in the case of energy efficiency forecasting because it is possible to clearly consider changes in service levels and technology. The electricity demand in the domestic sector is made as a function of the number of electric appliances, usage hours, households' number, and capacity of electric appliances. The paper in [13] dealt with an econometric model to forecast future electricity requirements for numerous sectors of Indian economy. Following the analysis of time series of sectoral GDPs, number of consumers in several sectors and price indices of electricity, a multiple logarithmic linear regression model was developed to predict long-term electricity demand up to 2045.

In this paper the influence of demographic and economic variables on the annual electricity consumption in Libya is to be investigated. The study uses the gross domestic product and population to forecast the electricity demand in Libya for the period of 2008–2021. Two models will be developed by means of multiple regression analysis and trend method techniques

II. METHODOLOGY

In this paper two models have been used, trend and econometric methods. Firstly, the explanatory variables such as population and GDP have been forecasted using statistical analysis. After forecasting the explanatory variables, a multiple regression model has been developed to forecast electricity consumption in Libya.

A. Forecasting of Population using Logistic Model

The annual statistical data which is available in public reports and statistics are used as input data when modelling of population of Libya. The forecast of population of Libya is based on the data from 1990 to 2020 which is available at the World Bank Data website [14]. The Logistic model used to forecast the population is expressed as:

$$P(t) = \frac{KP_0}{P_0+(K+P_0)e^{-rt}} \qquad (1)$$

Where: P (t) is the population as a function of time, P_0 is the initial value of population, K is the carrying capacity (limited size of population), and r is the growth rate. The model involves two unknown parameters growth rate (r) and the limited size of the population (K) The value of growth rate (r) was found directly from the equation (r= birth rate – death rate); however, the value of parameters K was estimated by substituting of the value of population P (t) which is available in the historical data into equation (1), (K was calculated and found to be equal 3455×10^3). Figure 1 shows forecasting of population in Libya using the logistic curve model.

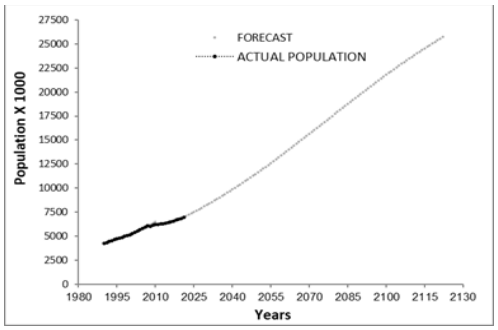


Fig. 1. Forecasting of Population using logistic curve model

B. Forecasting of Gross Domestic Product (GDP)

The fitted equation of Gross Domestic Product (GDP) is based on the data published by The Institute for Security Studies (ISS) African Futures on April 2021 which is available online at [5]. Figure 2 shows the GDP per capita in CP and Stability scenario in Libya, 2019 – 2043 [15].

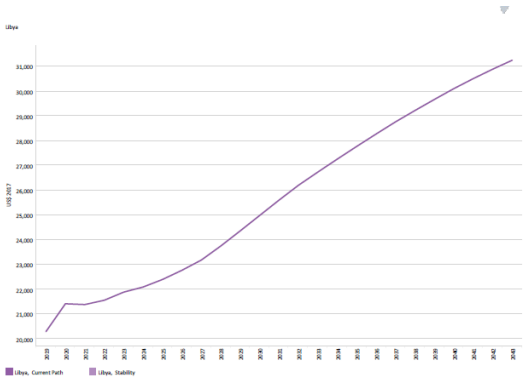


Fig.2. GDP per capita in CP and Stability scenario in Libya, 2019 – 2043 [7]

The Minitab statistical software was used as a tool to forecast the fitted regression equation of GDP. Figure 3 shows the fitted line plot of the Gross Domestic Product (GDP).

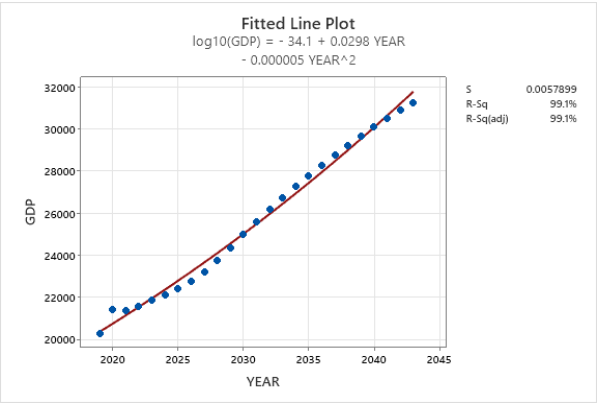


Fig.3. Forecasting of GDP per capita model based on (ISS) data

The fitted regression equation of GDP is:

$$\log10(GDP) = - 34.1 + 0.0298\ YEAR - 0.000005\ YEAR^2 \qquad (2)$$

C. Forecasting of Electricity Demand Model

Modelling of electricity demand is usually based on historical consumption data and the relationship of this consumption to other relevant variables such as economic, demographic, etc [16]. There are many methods that are available today for forecasting electricity demand. A suitable chosen method is based on the nature of the data obtainable and the desired nature and level of aspect of the forecasting. The forecasters used to use more than one method and then compare the forecasts to get more accurate forecasts. In this paper, the trend and econometric methods have been used to develop the electricity demand model.

C.1 Trend method

In this method, the historical data of electricity consumption has been expressed as a function of time rather than by relating it to other economic, demographic, policy, and technological variables. Trend extrapolation assumes that things will maintain changing in the future in the same way they have been changing in the past. The regression model used in quadratic regression follows:

$$ED = a + bt + bt^2 + \varepsilon \quad (3)$$

Where ED is the electricity demand, t is the year, a and b are referred to as the parameters of the model, and e is a random variable referred to as the error term. The error term accounts for the variability in ED that cannot be described by the linear relationship between t and ED. Minitab statistical software package has been used to predict the fitted regression equation. The regression equation of the electricity demand is:

$$ED = -284528 + 282.0\ YEAR - 0.06985\ YEAR^2 \quad (4)$$

Table I shows the Minitab output regressing ED (electricity consumption) on time (year),

TABLE I. REGRESSION ANALYSIS RESULTS

Model Summary

S	R-sq	R-sq (adj)
1.59401	74.84%	70.27%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	83.142	41.5708	16.36	0.00
Error	11	27.950	2.5409		
Total	13	111.091			

Figure 4 shows forecasting of electricity demand (ED) in Libya using the trend method.

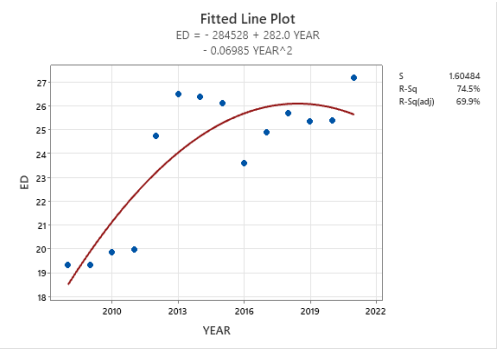


Fig. 4. Forecasting of electricity demand using trend method

C.1 Econometric method

The electricity demand is assumed to be a function of GDP, population, and the year. The regression model used in a multiple regression follows

$$ED = f(GDP, POP, YEAR) \quad (5)$$

Where: ED represents the electricity demand. (GWh), GDP represents the Gross Domestic Product per capita, and POP represents population.

The electricity consumption data is obtained from the annual report published online by U.S. Energy Information Administration (EIA) [17]. Each of the explanatory variables GDP and POP are obtained from the regression applied to data sets of these variables over time (t).

A variety of statistical tests were used to verify the model. These tests are the coefficient of determination R squared (R^2), the adjusted coefficient of determination R^2 to indicate how much of the total variation in the consumption (dependent variable) can be accounted for by the regression function, an F-test for overall significance of the model and a t-test for testing the strength of each of the individual coefficients of the model.

TABLE II. CORRELATION MATRIX

	GDP	ED
ED	0.614	1.0
POP	0.650	0.783
YEAR	0.996	0.865

The strength of the linear relationship between these variables (electricity demand, GDP and population) is shown by the correlation matrix. The correlation matrix for the explaining variables used in the multiple regression analysis for modeling the annual electricity consumption in Libya from 2008 to 2021 has been shown in Table II. All the explaining variables are good correlated to the dependent variable (ED) and therefore are significant in their use in the forecasting model. The correlation coefficient for population vs. GDP is 0.65, this is due to of violence since 2011.

The multiple regression model achieved reasonably for the given data, therefore, it was decided to include these two variables in the model. Attempting to remove GDP might generate a better model. The fitted regression that represents the electricity demand are obtained by multiple regression using 14 years of data from 2008 to 2021 for each of the variables. The resulting model is:

$$ED = -22383 + 0.000319\ GDP + 11.40\ YEAR - 0.0796\ POP \quad (6)$$

The independent variables GDP and population are estimated using simple regression mentioned in equations 1 and 2.
The regression analysis results are listed in Table III.

Where, S is the standard deviation and R^2 is the determination coefficient. analysis results are listed in table III.

TABLE III. REGRESSION ANALYSIS RESULTS

Regression Equation

ED = -22383 + 0.000319 GDP + 11.40 YEAR - 0.0796 POP

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.61026	76.66%	69.66%	51.30%

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	T-Value
Regression	3	85.162	28.387	10.95	0.002	
GDP	1	4.945	4.945	1.91	0.197	1.38
YEAR	1	16.792	16.792	6.48	0.029	2.54
POP	1	15.332	15.332	5.91	0.035	-2.43
Error	10	25.929	2.593			
Total	13	111.091				

The *F*-test (*F*=10.95, *p*=0.002) indicates that the model as a whole reflects a real association between the dependent variable (ED) and the independent variables (GDP & population) as a group. The *t*-test for each coefficient indicate that population and GDP make a good contribution to the model (*t*=-2.43, *p*=0.035 for population and t=-1.38, *p*=0.197 for GDP).

The developed electricity consumption model is good with adjusted coefficient of determination R2 of 0.6966, but better models may exist as the adjusted R2 is less than 0.69. Figure 5 shows the actual electricity consumption along with the estimated values using the developed model. As can be seen from the figure, appropriate fit of the historical data is provided by these models. The residuals produced by these models are also well behaved.

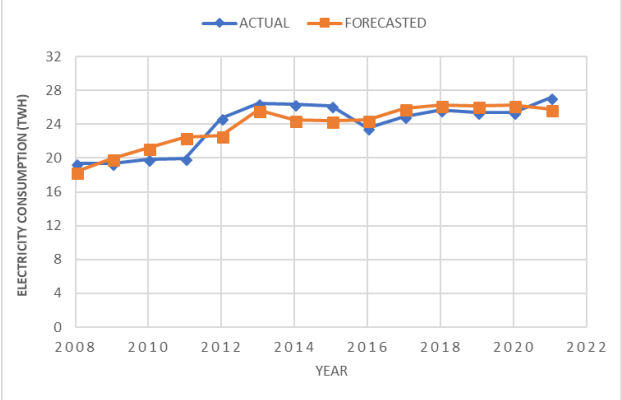


Fig. 5. Actual and estimated electricity consumption using econometric model

III. CONCLUSION

Forecasting of Electricity power demand is a key process in the electric power industry, as it provides the foundation for making decisions in electric power system operation and planning. Long-term electricity demand forecasting in power systems is a complicated task because it is affected directly or indirectly by various factors primarily associated with the economy and the population. In this paper, two methods to of forecasting of Electricity power demand have been applied, first is the trend method and second is multiple regression model. The two models attained well in the statistical tests conducted, indicating their significance in forecasting electricity demand using the explanatory variables considered. The two models have been compared. The comparison exposed that the forecasts made by the econometric model follows the actual electricity demand reasonably, however the trend model is characterized by some little higher deviations. The results clearly indicate that the proposed econometric model forecasts the electricity demand with more accuracy than the trend model for a long period. The accuracy of the forecasts made by these models depends strongly on the accuracy of forecasts made for the explanatory variables.

Further investigation on the use of artificial intelligence for this work could be used to get more accurate electricity demand forecast.

REFERENCES

[1] A. Diniz and *et al*, "Short/mid-term hydrothermal dispatch and spot pricing for large-scale systems-the case of Brazil," in *2018 Power Systems Computation Conference (PSCC)*, Dublin, Ireland, , 2018 pp. 1-7.

[2] L. Resende, M. Soares, and P. Ferreira, "Electric power load in Brazil: View on the long-term forecasting models," *Production*, vol. 28, October 8 2018.

[3] A. Adeniyi and E. Chuks, "Long Term Electric Load Forecasting for Bonny and Finima Towns using Linear Regression Method," in International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), vol. 8, Issue 11, November-2019.

[4] J. M. Walker, "The residential demand for electricity: Further empirical evidence," Resources and Energy, vol. 2, pp. 391-396, 1979.

[5] G. E. Nasr, E. A. Badr & G. Dibeh, "Econometric modeling of electricity consumption in post-war Lebanon," in Energy Economics, Elsevier, vol. 22, pp 627-640, December 2000.

[6] Z. Mohamed and P. Bodger, "Forecasting electricity consumption in New Zealand using economic and demographic variables," in Energy, Elsevier, vol. 30, pp. 1833-1843, 2005.

[7] M.S. Kandil, S.M. El-Debeiky, N.E. Hasanien, "The implementation of long-term forecasting strategies using a knowledge-based expert system: Part-II," in Elect. Power Syst. Res., vol. 58, no. 1, pp. 19-25, 2001.

[8] K. M. Orest, "Forecasting demand on the Ukrainian electricity market using socio-economic variables. Economics," in Management and Sustainability, [S.l.], vol. 4, pp. 46-57, 2019.

[9] Tumiran Tumiran, Lesnanto Multa Putranto, Roni Irnawan, Sarjiya Sarjiya, Candra Febri Nugraha, Adi Priyanto, Ira Savitri, "Power System Planning Assessment for Optimizing Renewable Energy Integration in the Maluku Electricity System", *Sustainability*, vol.14, no.14, pp.8436, 2022.

[10] S. R. Khuntia, , J. L. Rueda, M. A.Mart, V. D. Meijden , "Forecasting the load of electrical power systems in mid-and long-term horizons: A review,".in IET Gen. Trans. Distr., vol.10, pp 3971–3977, 2016.

[11] F. Egelioglu, A. A. Mohamad, H. Guven, "Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus," in Energy, 26, pp.355–62, 2001.

[12] J. N. Swisher. G. M. Jannuzi and R. Y. Redlinger, "Tools and Methods for Integrated Resource planning," in Working, paper No. 7, United Nations Environment Programme (UNEP), 1997.

[13] S. Mallah and N. K. Bansal, "Electricity demand and supply projections for Indian economy," International Journal of Energy Technology and Policy, vol. 7, no. 2, p. 167, Jul. 2009, doi: 10.1504/ijetp.2009.027280.

[14] Population, total – Libya, World Bank Data, Available at: https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=LY

[15] Jakkie Cilliers, "Libya Geographic Futures," Published online at futures.issafrica.org. Retrieved from https://futures.issafrica.org/geographic/countries/libya/ [Online Resource] Updated 1 December 2022.

[16] R. J. Hyndman and S. Fan, "Density Forecasting for Long-Term Peak Electricity Demand," in *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, no. 2, pp. 1142-1153, May 2010, doi: 10.1109/TPWRS.2009.2036017.

[17] U.S. Energy Information Administration, "International Energy Statistics, Country Analysis Executive Summary: Libya May 2022,". available at:
https://www.eia.gov/international/data/country/LBY/electricity/electricity-consumption?pd=2&p=0000002&u=0&f=A&v=mapbubble&a=-&i=none&vo=value&&t=C&g=none&l=249--127&s=315532800000&e=1609459200000 .

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Voltage Control Scheme For Distribution System Network

[1]Rashid El-feres
[1]Gaser Ben Gashire High institute
Of Science and Technology
[1]Rashidelfares@gmail.com

[2]Abubaker O. Zawam
[2] Gaser Ben Gashire High institute
of Science and Technology
[2]Zawam67@gmail.com

Abstract-This work focuses on the development of the proposed voltage control scheme for distribution system network. This scheme comprises of distribution state estimator (DSE), Automatic Voltage Reference Setting (AVRS) and an Automatic Voltage Controller (AVC). The DSE and AVRS scheme have been formulated and implemented in C which with Real Time Digital Simulator (RTDS) used for power system modelling and Micro-Tapp as a voltage reference setting to form close loop system to model automatic voltage regulator for electric distribution network.

Keyword— Real Time Digital Simulator (RTDS), Distributed State Estimator (DSE), Micro

I. Introduction

To maintain satisfactory voltage in distribution system, there are number of methods which can be used. Some of these methods such as incorporating voltage regulating equipment into voltage feeder, building more substations, increasing feeder size transferring of loads to new substation or new feeder, installation of capacitor or increasing of primary feeder voltage level. The first three solution appear to be very costly and some of them environmentally unacceptable. Regarding moving load to another feeder is considered to be very costly .also, to apply capacitor to neutral lagging reactive power in distribution system is not beneficial because X / R ratio is considered to be low in the distribution.

Through the past years there are a number of regulation method which have been developed. Most the method which will be presented depends on OLTC associated with automatic voltage controller with few methods is incorporating capacitors as well. The voltage control methods are categorized on distribution with and without Distributed Generation.

1*)* Coordination between local voltage controllers using OLTCs transformer associated with AVC in power system which include Series OLTC Transformer Controls and Coordination [1] and Pre-Emptive Tap Changing Using the Duty of Responsibility[2]

2) Voltage control methods in distribution without DG which include Conventional Voltage Control in Distribution Systems [3], and Automatic Voltage Control using Regulating Transformer with line-drop Compensation

And Automatic Local Controller of (OLTC) in Distribution System [4], Optimal Voltage Control Using Active and Reactive Power as Bus constraint [5], Optimal Alteration method of Voltage Reference for an AVC relay Optimal Reactive Power and Voltage Control for Radial Distribution System [6], Supervisory Voltage Control in Distribution Substation [7]

3) Voltage control methods in distribution system with DG which include Voltage Control on Distribution Generation [8], Optimal Setting for Distribution Voltage Control Considering Interconnection of Distributed Generation [9], Optimization Voltage Control technique based on Line Drop Compensator with DG, Method of Determining the introduction limit of Distribution Generation in Distribution System [10]

Almost all the voltage control methods are located locally i.e at the main substation interconnecting distribution system to transmission system. Therefore, for enlarged distribution system with increase introduction of DGs resources communication channels are needed to bring remote measurements information to calculate voltage for control system. To use communication channels prove to be expense especially with distribution system privation and competitiveness of the market to beat the electricity price. Most of voltage control methods; they directly or indirectly depend on real time information such as load consumption to calculate customer voltage and to provide the right voltage. Currently, load flow method is used in distribution system to calculate customer voltage. Voltage calculation using load flow methods needs large number of real time measurements which is difficult to obtain. The other voltage control method which requires less real time measurements is line drop function (LDC). However, these method due to DGs introduction and it is difficult to locate load centre this prove to be unpractical.

II. **Automatic voltage controller scheme Architecture**

The arrangement of adaptive voltage reference setting controller architecture is shown in Fig. 1. The inputs to the state estimator consist of real time measurements, pseudo measurements and network topology data. Each measurement has an associated measurement standard deviation that weighs it to the state estimator. The real-time measurements are supplied from remote and local substations

within the area where the Adaptive controller is managing the network in this scheme real time measurement were taken from power system device called RTDS (Real Time Digital Simulator). Pseudo-measurements are the estimation of load consumptions at the network substation transformers based on load model.

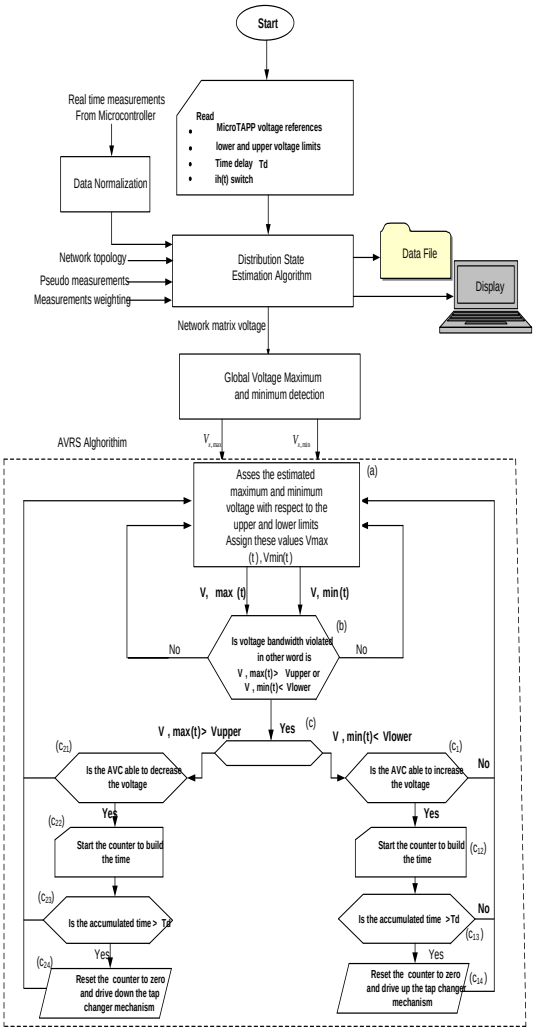


Fig. 1. Flow chart of the voltage controller scheme system

The DSE estimates the state of a distribution network. If an abnormal state occurs, the voltage reference setting will carry out the proper control actions, such as changing transformer tap position or changing generator load reference set point to ensure the level of the distribution network security. One of main objectives of the voltage reference setting controller for active distribution network management is to allow for maximum generation penetration into a distribution network without exceeding voltage limit anywhere in the network.

III. **System Validation**

To validate the developed advance voltage reference setting a number of implementation has been carried out on a network. The representation of network simplified 21 nodes; the data of the network which was given to state estimator is changed to line parameters (resistance and reactance) for network topology and pseudo measurements of load centre to resistance and reactance. Fig.2 show the 21 nodes used for this study. The main supply of the network is the 5 MVA 33 /11 kV OLTC step down transformer model with 8.5 % and 15 tap change interval at a step of 1.43 % with distributed generator connected on node 6).

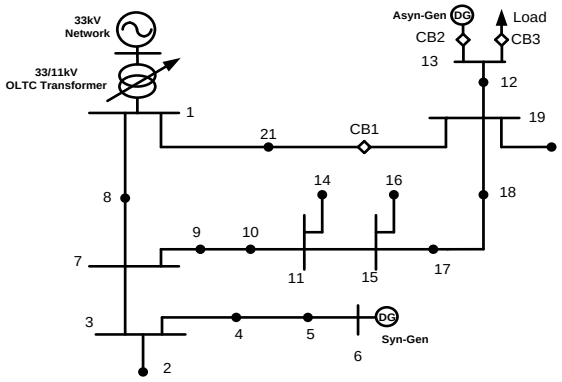


Fig.2. 21 node network topology

A number of scenarios to validate the scheme including connecting deferent type distributed generation and connection of loads.

The DG synchronous type used is working on leading power factor which will cause influence on the network voltage which can make the voltage high at point of connection and also effective load to make voltage to go low at point of connection. In order to verify adaptive voltage controller scheme a number of cases of study has been carried out. These cases were arranged in such way is to violate upper and lower limit of network regulation voltage using DGs and switching heavy load. The DG is connected to boost the voltage at busbar 6, from that bus active and reactive power with high accuracy to represent DG injected power. Also, another two of active and reactive power consumed were presented. Changing the DG torque at node (6) will disturb the power values at that bus; step change of variable load is used to disturb power at bus 13. Through state estimation power flow calculation the four power values from DG bus and variable load were introduced to state estimator algorithm.

To achieve similar to power flow program the real time measurement was given 1 % accuracy, injected power (active and reactive) and consumed power (active and reactive) were both given 3% accuracy. The pseudo measurements were given 25% accuracy.

Case 1: Effect of DG Synchronous Type on Distribution Network:

This case study is studying the effect of distribution generation on distribution network and the response of the adopted voltage controller. Fig.3. shows voltage traces at critical location on the network and DG power trace against the time on a number of critical location on the network.. Fig.4 shows all event of sate estimate result as a response for DG action and AVRS action. A number of snapshots marked in pricket in top of fig.5 were taken to see network ***voltage***

state estimation result at important location of real time simulation. The voltage state estimation snapshots were displayed in such a way to observe the affect of DG power on the system voltage and AVRS action to select AVC relay reference to tap up or down main OLTC transformer.

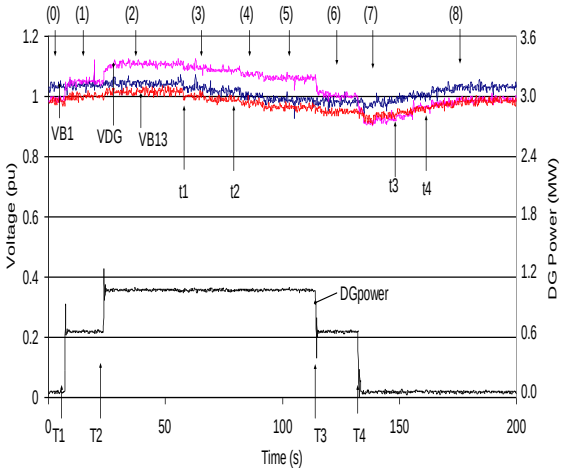


Fig. 3. Voltage traces at bus1, DG bus and load bus and DG power

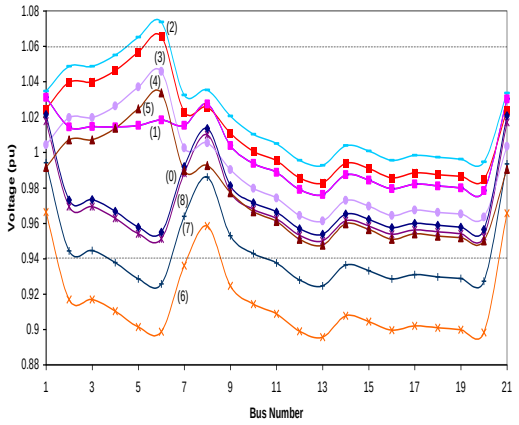


Fig. 4. DSE results for synchronous generator and AVRS action

Fig.3 shows at T1=7 s the power from DG has increased to 600 kW as result voltage at DG bus has risen to 11.45 kV. The state estimators update these changes and calculated the network voltage profile as shown in snapshot (0) of figure 5. From the state estimation the voltage still within the limit thus more DG power can be injected. At T2=20 s more DG power (500 kW) was injected this time state estimation calculation shows voltage at DG bus violated the upper limit, see again in fig.5 snapshot (2). As a result AVRS has to react, after 20s of preset time at t1=40s a signal has been send to AVC to select lower reference (10.89 kV). Another voltage update has taking place by state estimator, as shown in fig.5 snapshot (2), voltage at DG bus still violated thus, AVRS waits another 20 s of preset time at t2=60 s AVRS algorithm selects another reference (10.65 kV) to bring DG bus voltage to the limit. After a number of inter/taps by AVC relay DG bus voltage has return to the acceptable limits see snapshot (4) at fig.6.

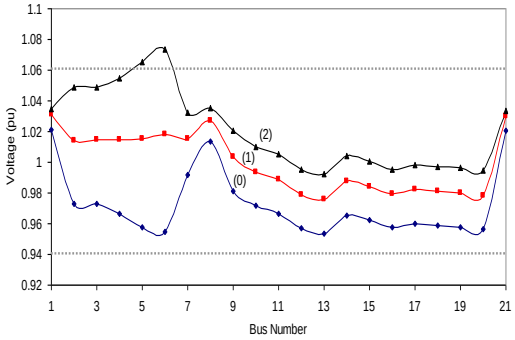


Fig. 5. Estimated snapshots (0), (1) and (2)

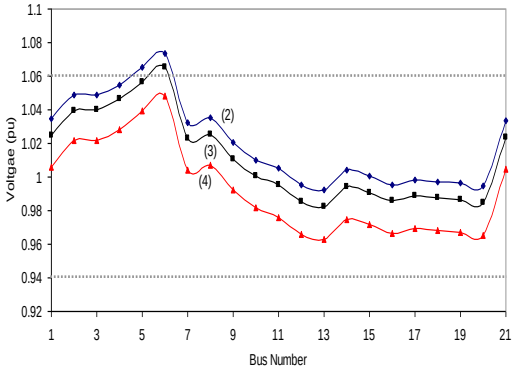


Fig. 6. Estimated voltage snapshots at (2) , (3) and (4)

After some time i.e when the system has stabilize, gradually DG torque has been reduced twice as shown in fig.3, at T3=120 s DG power reduced from 1100 kW to 500 kW and another reduction at T4=140 s. According to state estimation calculation of network voltage shown in snapshots (6) and (7) of fig.7 that lower voltage has been violated on the system. As a consequence the AVRS algorithm waits 20 s at t3=160 s then select 10.89 kV reference in the AVC relay, immediately the AVC relay found the voltage is outside this voltage reference bandwidth and send signal to OLTC to tap up. Again with new reference state estimation calculation shows lower limit still violated, the AVRS algorithm wait 20 s at t4=170s then selects 11.1 kV reference in the AVC relay, see fig.7 snapshots (7) and (8). Immediately the AVC relay send signal to OLTC to tap up, bringing the local voltage to 11.1 kV, state estimation calculates that voltage in all network bus brought to voltage limits as shown in fig.8. Finally no more AVRS reference has been selected and the system is working normally see fig.8 snapshot (8).

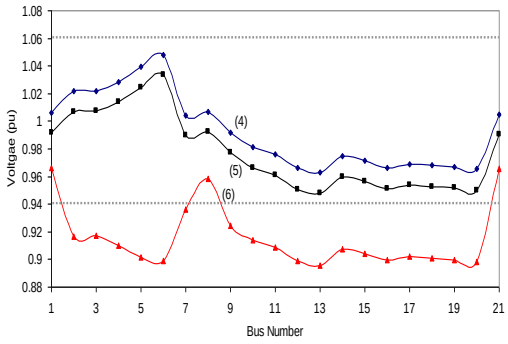


Fig. 7. Estimated voltage snapshot (4), (5) and (6)

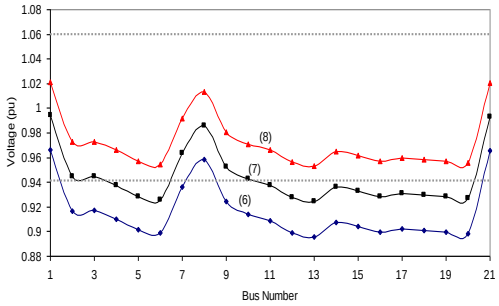


Fig. 8. Estimated voltage snapshots at (7),(8) and (9)

Case 2: Loss of Synchronous Generator and Switching load:

This case is studying the response of the adopted voltage controller to loss of distribution generation and switching of heavy load on distribution network. Results are shown in Fig.9. This figure represents the voltage traces of local voltage, DG bus voltage and variable load bus voltage as well as DG power traces against the time as taken from RTDS. Fig.10 shows the response of the estimator throughout the real time action. Numbers of snapshots figures were taken showing estimated voltage results during certain events of real time simulation of heavy loaded network. The events include DG disconnection and load increase.

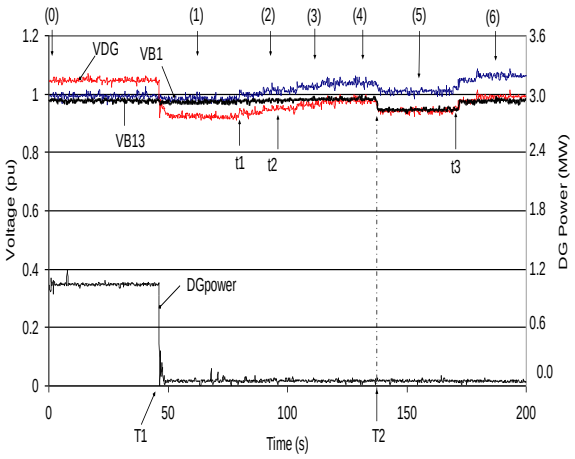


Fig. 9. Voltage traces of source bus, DG bus, variable load bus and DG power

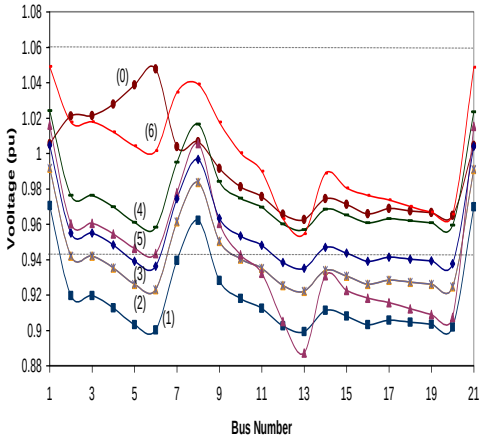


Fig.10 State estimation of all events of case two

At the beginning of the simulation the network voltage reference was at 10.6 kV and DG power was 1100 kW. According to state estimation result of network voltage all node voltages are within the limit as shown in fig.11 snapshot (0) so the AVRS algorithm stay idle. At T1=40 s DG power has reduced to null. As a result estimated network voltage shows network voltage is below lower limit, see snapshot (1) in fig.11. After approximately 20s s of preset time delay the AVRS algorithm has select another reference (10.89 kV) in the AVC relay. Immediately, at t2= 75 s the AVC relay send signal to main OLTC transformer to tap up. The update of estimated voltage results found that lower limit still violated as shown in snapshot (2) of fig 11. After 20 s of preset time delay AVRS select another reference (11.1 kV) in AVC relay. Because voltage is outside the bandwidth of that reference the AVC relay send signal to main transformer to tap up. After number of inter/tap network voltage has risen to acceptable limit as shown in fig.12 snapshot (4).

At T2= 142 s heavy reactive load of 700 kW and 300 kVAr was switched on at node 13. As a result system voltage has drop dramatically as shown in fig.9. The estimated voltage profile shows lower voltage violation has occurred see fig.13 snapshot (5). From estimated result the AVRS algorithm detect lower voltage violation, after 25 s of preset time at t4= 165s the AVRS algorithm select another reference (11.4 kV). Immediately the AVC relay found voltage is outside the reference bandwidth, it send signal to main OLTC transformer to tap up. After of number of inter/tap the voltage raise to reference AVC reference voltage bandwidth and the system voltage also raise to working limit as shown in the estimated voltage results snapshot (6) in fig 13. As system brought to working limit no more action is needed.

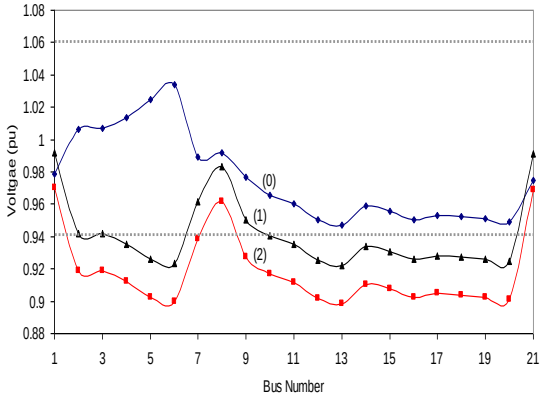


Fig. 11. Estimated voltages snapshots (0), (1) and (2)

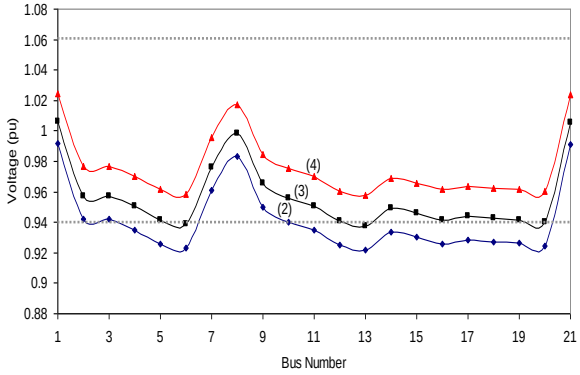


Fig.12 Estimated voltages snapshots at (2), (3) and (4).

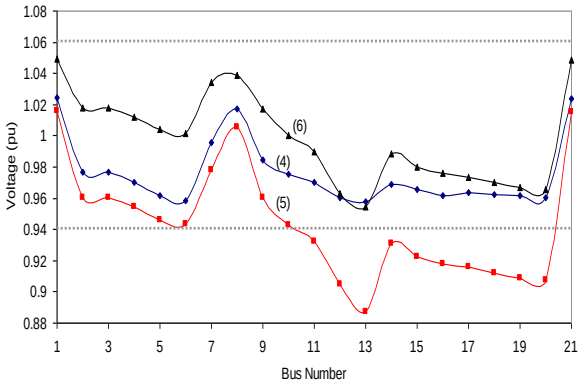


Fig.13 Estimated voltages snapshots at (4), (5) and (6).

IV. Conclusion

In this work setup of an automatic voltage reference setting controller has been developed to control voltage on distribution network. Conventional AVRS controller usually depends on real time measurements which are very difficult to acquire in distribution system. This work adopts distribution state estimation to estimate network voltages for AVRS controller. The integration of state estimation and AVRS algorithm can build the automatic AVRS voltage controller. AVRS algorithm will operate according to estimated maximum and minimum voltage. The study shows that the distribution generation has a tendency to increase the voltage at its terminal. Thus, by implementing the automatic voltage reference setting (AVRS) much of DG capacity can be harnessed.

References

[1] C. A. Smith, M. A. Redfern, and S. C. Potts., ‘‘ On-Load Tap Changer Transformer Operating in Series’’, Proceedings of the IEEE GM, July 2003, Toronto, Canada.

[2] M. Larsson, and D. Karlson, “Coordinated Control of Cascaded Tap Changers in Radial Distribution Network” Proceeding of IEEE/KTH Power Tech, Conference, Stockholm, Sweden, 1995, pp: 686-891.

[3] J. H. Harlow, “Transformer Tap Changing Under Load: A Review of Concepts and Standards” 64th Annual Engineering Conference, Kansas City, Missouri, 1993, pp: 305-310.

[4] I. Roytelman, and I. Ganesan, ‘‘Modeling of Local Controllers in distribution Network Applications’’, Power Delivery, IEEE Transactions on, Vol. 15, Issue: 4, October 2000, pp: 1232 – 1237;

[5] L. Yutian, P. Zhang, and X. Qiu., ‘‘Optimal Reactive Power and Voltage Control for Radial Distribution System’’, IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2000 Vol. 1, pp: 85 – 90;

[6] M.E. Baran, and D. Novosel, “Volt/Var control at distribution substations”, IEEE Transaction on powers systems, Vol. 14, No. 1,pp312-318, February 1999.

[7] R. Gorman, and M. Redfern., ‘‘The Impact of Distributed Generation on Voltage Control in Distribution Systems’’ CIRED, 18th, International Conference on Electricity Distribution, Turin, 6-9 June 2005.

[8] S. Naka, S. Toune, G. Takamu, and Y. Toshiki, “ Optimal Setting for Distribution Voltage Control Considering Interconnection of Distributed Generators”, International conference on Electrical Engineering (ICEE2K), Kitakyush, July 24-28 2000.

[9] T. E Kim, and J. E. Kim., ‘‘A Method of Determining the Introduction Limit of Distributed Generation System in Distribution System’’, Power Engineering Society Summer Meeting, 2001, IEEE, Vol. 1, 2001, pp: 456-461.

[10] J. H. Choi, and J. C. Kim., ‘‘Advanced Voltage Regulation Method at the Power Distribution Systems Interconnected with Dispersed Storage and Generation Systems’’, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 2 April 2000.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

A Comprehensive Study About Evaluating And Comparing Two Solar (PV And CSP) At The Al-Kufrah Desert Region

Basher A. Matari
Sustainble and Renewable Energy, Faculty of Engineering OMU University
Al-Kufrah, Libya
basher.buamtary@gmail.com

Tarek Hamad
Sustainble and Renewable Energy, Faculty of Engineering OMU University
El-Beida, Libya
tarek.hamad@omu.edu.ly

Assia Hansas
Electrical, Faculty of Engineering, OMU University
El-Beida, Libya
assia.hanzaz@omu.edu.ly

***Abstract*—This paper gives an in depth concept of computing and utilizing two main solar power technologies Photovoltaic(PV) and Concentrated solar power (CSP). there is no doubt that solar power will play a major role in the near future in the energy sector specially in Libya, since solar energy is considered to be abundant but yet poorly harnessed, every study point contributes of making solar energy a reliable and feasible option to be considered, especially hot arid desert regions. Therefore, the idea of simulating the leading solar technologies (PV and CSP) was proposed, the Al-Kufrah region was considered due to the high solar hours per year. The system advisor model (SAM) is used to predict the performances of the proposed plants, and the comparison was both from the design and the simulation results, with respecting the validation of the software from previous papers to insure acquiring reliable results all leading to the question, which technology has a better future in the Libyan energy sector.**

Keywords*— *Solar Power; CSP; PV; SAM; Simulation; Al-Kufrah; Single power tower.

I. INTRODUCTION

Global energy consumption has been increasing since the Industrial Revolution and is expected to increase for the coming decades. In order to meet the environmental challenge in the 21st Century, certainly, renewable energy must play an important role. Solar energy is one of the most promising renewable energy sources. Libya located in North Africa between 26 latitudes north and 17 longitudes east, extends over 1,759,540 km^2 [1]. It is bordered by the Mediterranean Sea to the north, Egypt to the east, Sudan to the southeast, Chad and Niger to the south, and Algeria and Tunisia to the west. Both the Mediterranean Sea and the desert affect Libya's weather. In the winter, the weather is cold, with some rain on the coast. The Sahara is very dry and hot in the summer and cold and dry in the winter [1]. More than 80% of the land is unused. This land might not be used for either agriculture or any other foreseeable purpose than solar energy collection [1]. For the last two decades, Libya had depended on fossil fuels, petroleum, and natural gas for its income, energy, industrialization, and development. Although some efforts have been made to diversify the sources of income, to a large extent, fossil fuels have continued to play a major role in the country's economy. Unfortunately, the fossil fuels available in this area are becoming depleted as shown in Fig. 1.

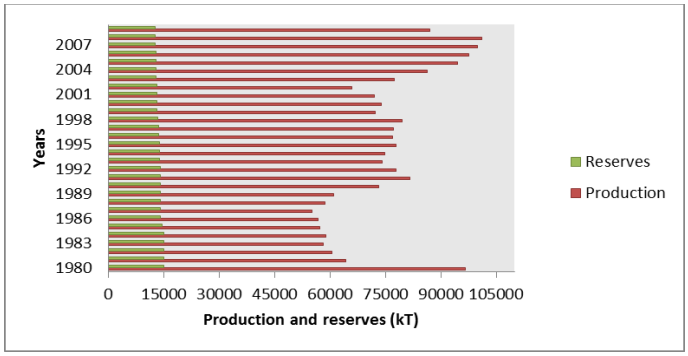


Fig. 1. Fossil Fuel reserves and production of Libya vs. time [1,2]

So new sources of energy need to be utilized to cover the ever growing need of the Libyan economy.

II. SITE ASSESSMENT

Solar energy stands out as the most promising. Libya experiences, on 3400 h of sunshine per year; it maintains an average insulation of approximately 2200kWh/m2 annually as shown in Fig. 2. [2].

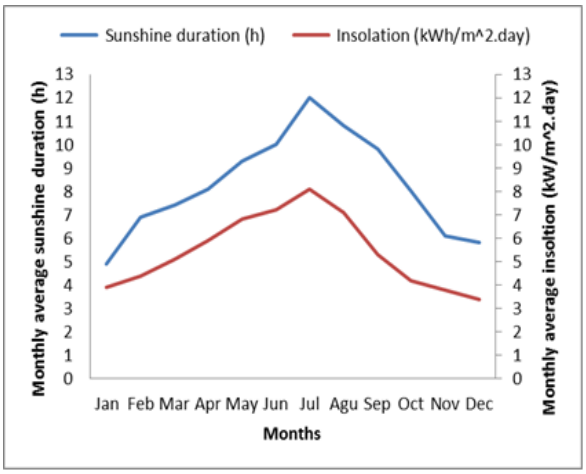


Fig. 2. Sunshine duration and insolation for Libya [2]

Global horizontal irradiation in Libya is shown in Fig. 3.

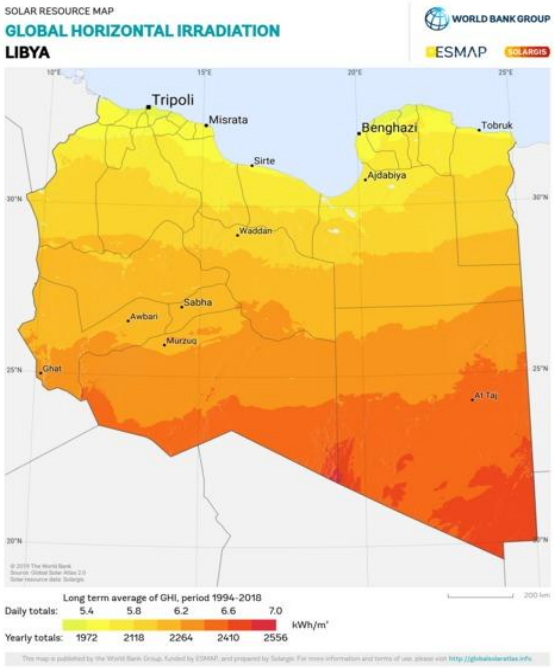


Fig. 3. Global horizontal irradiation in Libya [9]

and The well-known hot Sahara Desert comprises more than 80% of the country's area. A study conducted by the German Aerospace center, reveals that every 1 km2 of this region is exposed to solar radiation per year, equivalent to 1.5 million barrels of crude oil plant [4]. Direct normal irradiation is shown in Fig. 4. [9].

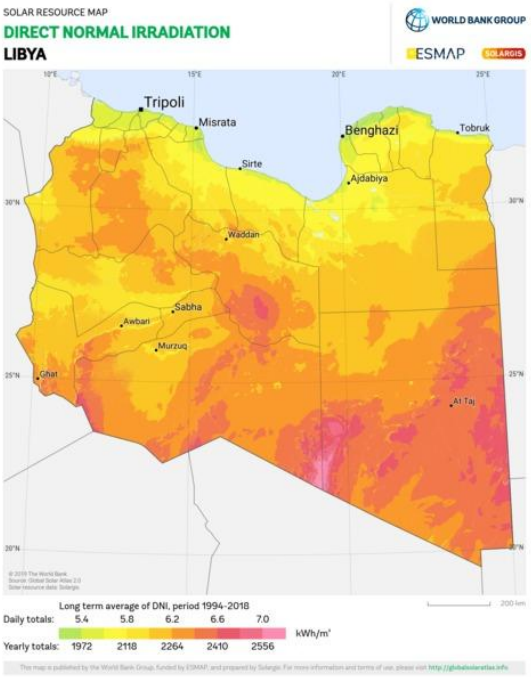


Fig. 4. Direct normal irradiation (DNI) [9]

In Fig 5 the photovoltaic potential is shown

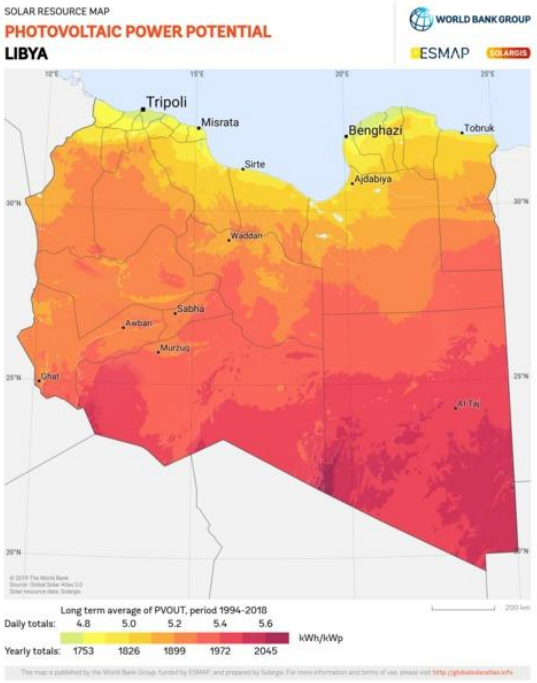


Fig. 5. Photovoltaic power potential [9]

As shown in the figures such an unexploited large land is a good candidate for large-scale solar systems plants. Thus, the Al-Kufrah region was considered due to the high solar hours per day for hosting such large projects. The region is located south-east of the country Latitude/Longitude (22.7, 23.6). The performance of solar technologies is dependent on the meteorological conditions at the specific location of the plant.

III. METHODOLOGY, VALIDATION AND THE SOLAR TECHNOLOGIES

A. Work Flow Chart Processes

the Work flow is shown in Fig. 6.

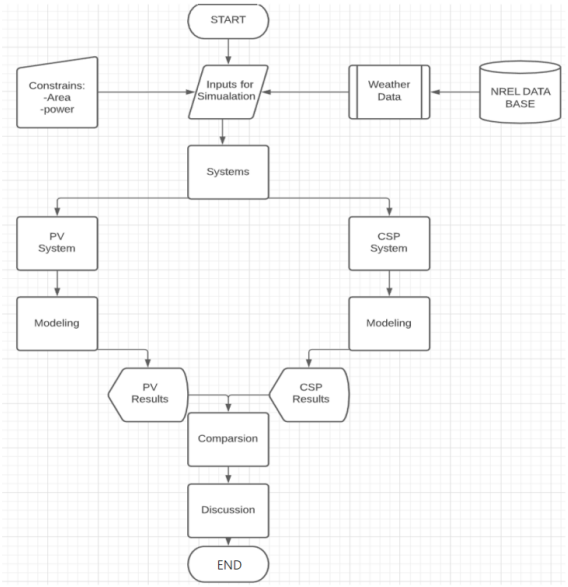


Fig. 6. Work flow

B. *Weather data*

The breakdown of the weather data and configuration have been made with utility software, since the Libyan Region of Al-Kufrah has very little weather data hourly through the year some weather assumptions have been taken and are linked to the weather sources presented by NREAL [9].

The site and weather data is presented by System Advisor Model(SAM) software[9]. The potential of the solar power is presented through the months as shown in Fig. 7.

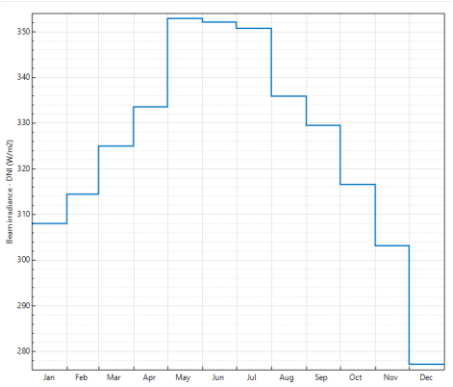


Fig. 6. Beam irradiance

Diffuse and Global irradiances are shown in fig. 7.

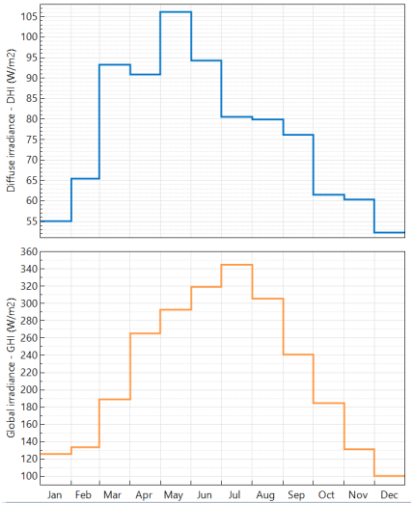


Fig. 7. Blue Diffuse Irradiance. Orange Global Irradiance

the figure has demonstrated that the highest potential of diffuse and global irradiance is on summer months, unlike winter months.

D. *SAM Modeling and Validation*

Here, the goal is to first develop validated models of existing facilities, then to use one validated model to compute the performances that a similar plant could potentially have in Al-Kufrah region. The design simulations are conducted on the system advisor model (SAM) simulations. SAM, which is widely used within fields of policy-making, engineering, and other techno-economic fields, it is free software [10]. SAM can simulate several renewable energy systems, including concentrating solar power (PV and CSP) systems for electric power generation. Additionally, the software is capable of simulating industrial process heat from the singler power tower. A more detailed description of SAM can be found in [10] Sample CSP PT models are readily available in SAM [28]. To establish a baseline for the proposal of new plant design, modeling existing plants, and leveraging their experimental data for validation can certainly enhance the trust in the proposed design simulated results. In general, there is a huge reliability issue and thus confidence in the results of the created models without referencing them to real models. The error between SAM simulation and real plants are varying between 8% to 12% depending on the size of the simulation and certain circumstances, a detailed validation can be shown referenced in [10]. the following Fig 8. shows the results of comparing the Genesis (Blythe) power plant with the (Genesis SAM simulation)

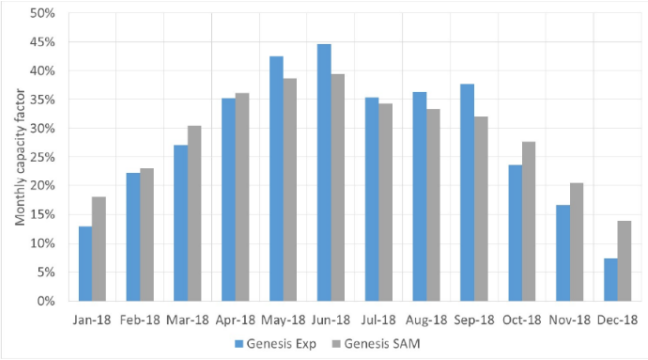


Fig. 8. comparing Genesis (Blythe) power plant with the (Genesis SAM simulation) [10]

E. *Solar energy technologies*

The development in both PV and CSP can be tracked up in the following sub-section.

1. *Concentrated Solar Power Technology.*

- In a general, CSP power plants produce electricity by converting concentrated direct solar irradiation into energy. Unlike photovoltaic cells or flat plate solar thermal collectors, CSP power plants cannot use the diffuse part of solar irradiation which results from scattering of the direct sunlight by clouds, particles, or molecules in the air, because it cannot be concentrated. shown in Fig. 9. [6,12]

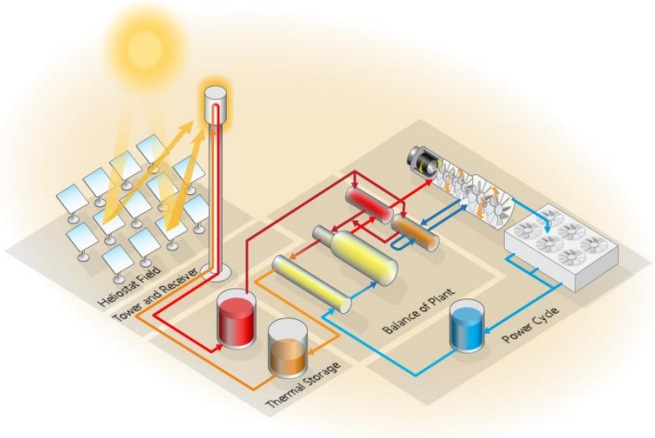


Fig. 9. CSP plant

- Solar Field:

mirrors; receivers; support structures; collector systems; HTF; heat exchanger; HTF pump; tracking; piping. [6,12]

- Power Block:

turbine condenser, superheater, pump, optional boiler, generator, heat exchangers, cooling tower, balance of the system. [6,12]

- Thermal Storage Unit:

storage media, encapsulation methodology, HTF, storage tank, heat exchanger, tank insulation. [6,12]

The process of energy conversion consists of two parts:

- The concentration of solar energy and converting it into usable thermal energy.
- The conversion of heat into electricity.
- The conversion of heat into electricity is generally realized by a conventional steam turbine (Rankine cycle). [7]

the design parameters of the CSP model was inspired by the Ourzazate solar power station in the Kingdom of Morocco [16], and must of the design references were from NREAL sources.

Additionally, the technology for the CSP plants was (single power tower) for various good reasons. Single towers have the following advantages over other CSP technologies:

- Higher efficiency
- Minimal piping
- Fixed receiver unit
- Flat mirrors
- Proof of concept at first generation sites
- Ideal for hybrid plants
- Field set-up flexibility

Other technologies have disadvantages like the Durability of piping/ball joints and utilizing more expensive curved mirrors, and they suffer from relatively low thermal to electric conversion [12].

d. *Photovoltaic Solar power.*

The PV system converts the sun's radiation, in the form of light, into usable electricity. It comprises the solar array and the balance of system components. PV systems can be categorized by various aspects and are summarized as follows [8]:

1.Solar PV Module 2. Solar charge controller 3. Inverter 4. Battery 5. DC-DC Converter 6. Load 7. String sizing 8. Inverter Sizing

The most important parameters that were selected based on the location of the plant, since the region is considered very hot through the year, the plant should be robust and resistant to temperatures, specially the PV panels. Therefore, the temperatures coefficient of the panels had a good value of (-0.299 %/Celsius).

IV. Results and Discussion

After finishing the design of the both plants, the results are shown in the following tables, table 1 shows the PV results, Fig. 10. shows the power generated through June, July, August and November. And table 2. Shows the CSP results followed by Fig. 11. Showing the power generated through June, July, August and November

A. *PV results*

TABLE 1. PV RESULTS

Metric	Value
Annual energy (year 1)	286,766,016 kWh
Capacity factor (year 1)	28.5%
Energy yield (year 1)	2,494 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.77
Battery roundtrip efficiency	88.05%
Net capital cost	$211,663,472
total cost installed per capacity	$ 1.74/Wdc
Area	664.7 acres, 2.689 km^2

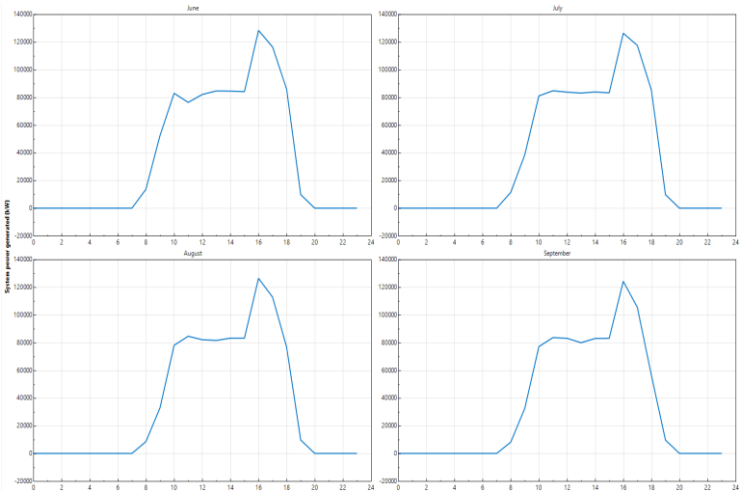


Fig. 10. PV plant power generated through June, July, August and November

B. *CSP results.*

TABLE 2. CSP RESULTS

Metric	Value
Annual energy (year 1)	489,955,584 kWh
Capacity factor (year 1)	68.4%
Annual Water Usage	80,435 m^3
Net capital cost	$ 532,435,808
Estimated total installed net capacity per ($/kw)	$ 6,188.30
Total land area	1,540 acres, 6.233km^2

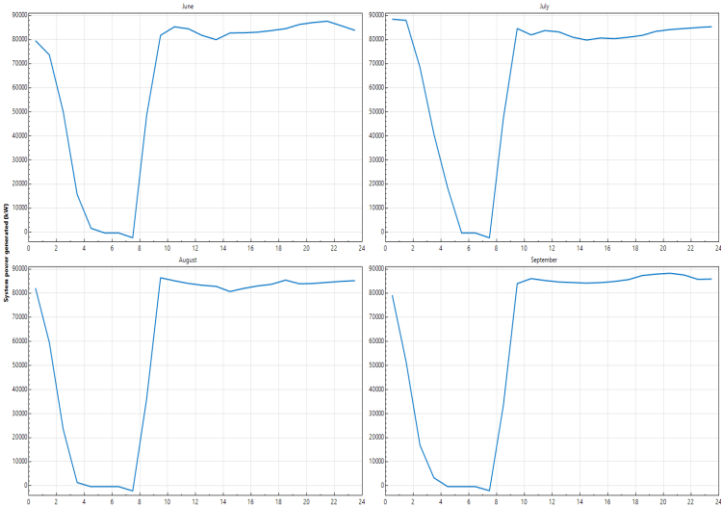


Fig. 11. CSP plant power generated through June, July, August and November

C. Comparison between PV and CSP Metrics.

Table 3. shows the comparison between both the simulation results

TABLE 3. PV AND CSP COMPARISON

Metrices	PV	CSP
Capacity (MW)	90 MW	90 MW
Capacity factor	28.5%	68.4%
Annual energy (kWh)	286,766,016 kWh	489,955,584 kWh
Total cost (million $)	$211,663,472	$ 532,435,808
Total area (km^2)	2.689	6.233

D. Discussion

The results of the simulation were very promising, both plants can power the average of 30,000 homes without any defect. However, the technical differences need to be evaluated to make a detailed comparison between the two choices. The discussion of the technicalities is taken in the following section.

1. Efficiency:
   In terms of energy storage and efficiency, CSP was superior since it stored energy with the help of thermal energy storage (TES) technologies. PV, on the other hand, is incapable of producing or storing thermal energy since it directly generates electricity. Aside from that, it's also difficult to store electricity, and battery storages are quite expensive and have a short life span.
2. Technical simplicity:
   A PV system is like a quartz watch, whereas a CSP system is like a mechanical watch. The former revolves around the solar cell, while the latter is a combination of equally critical components. This has allowed the PV industry to focus on solving one issue driving down the cost per Watt while the CSP industry is spread across multiple challenges e.g., improving the optical efficiency of collectors, researching new heat transfer fluids or procuring higher efficiency turbines [15].
3. Efficiency of Land use:
   it can be seen from the results chapter that PV has a more efficient land use. in the other hand CSP land use efficiency scales exponential when higher capacities of MWe is desired. However other aspects are to be considered in terms of land use are the shape, slope and site preparation. The geometry of the solar field is not important for PV plants whilst it should (ideally) be square for CSP facilities [7]. CSP systems are also more sensitive to slopes, requiring reasonably flat terrain (preferably less than 1.5º- 3º) whereas PV easily tolerates 5 º - 10 º slope [7]. Furthermore, in some circumstances the preparation of the site to reduce land disturbance can require more effort for CSP plants, whereas it can be easier for PV arrays.
4. Cost:
   The levelized cost and per unit cost of CSP system is higher compared to the PV system.
   but that's due to the fact CSP system are more economically viable when aiming for higher power capacities and have better energy utilization. Additionally, CSP have a better energy storage. The installation costs are shown in fig.12. [9].

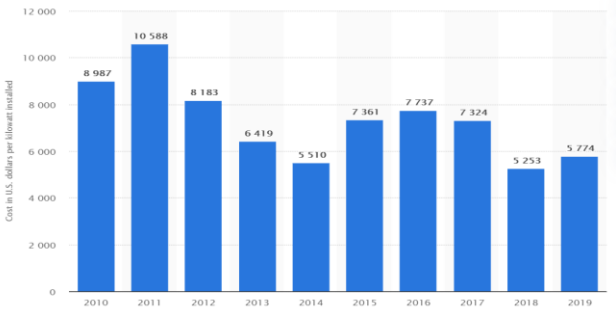


Fig. 12. Costs of installing CSP power tower over the years [9]

5. Grid flexibility:
   CSP has the advantage that it can be equipped with low-cost thermal energy storage. This allows CSP to provide dispatchable renewable power. CSP therefore can offer advantages, such as allowing for generation to be shifted to times when the sun is not shining or to maximizing generation at peak demand times. CSP with integrated storage can thus be a cost effective. total installed costs for CSP plants that include thermal energy storage tend to be higher than those without, but storage also allows for higher capacity factors [15].
6. Hazardous:
   According to NREL [9] CSP should have a safe perimeter, since sunlight tends to attract insects and insects attract wildlife, wild life can complicate the security of the plant if unobserved at the same time CSP plants are considered hazardous like a conventional power plant, because they are emitting heat and have in some cases leakage.
7. Use of the sunlight:
   CSP can exclusively use the Direct Normal Irradiation (DNI) whereas PV uses the whole Global Horizontal Irradiation (GHI) [9]. The two quantities are not the same and as a rough indication DNI can typically vary between 65% and 85% of the overall GHI [9]. As an immediate consequence PV system can also work with diffused light, conversely from CSP which requires direct irradiation. However, at least in the current state of technology, heat is much easier to store than electricity itself. Therefore, CSP plants implementing thermal energy storage (TES) systems mitigate this potential problem whereas PV plants are significantly affected by clouds.
8. Temperature:
   Heat can "severely reduce" the ability of solar panels to produce power, depending on where they're installed, hot temperatures can reduce the output efficiency of solar panels by 10%-25% Meanwhile [14], CSP system can handle high temperatures and heatwaves without losing any efficiency. Additionally, during extreme

temperatures, solar batteries may malfunction and stop working. The capacity of batteries increases when the temperature rises, and decrease when the temperature goes down. Although at higher temperatures, the capacity of batteries is higher, they have a shorter battery life span, and are prone to overheating and fire [14].

E. Feasability

Considering the results and the discussion in the previous section with the location of the plants (Al-Kufrah region) which is a hot arid desert region in the Sahara Desert, it can be stated that both plants have promising results to achieve the desired goal of 90MW. Additionally, the results compared to other regions around the globe were outstanding [9]. Anyway, when it comes to efficiency and the power capacity and grid flexibility CSP tends to be more superior, although the PV plant was cheaper in every term it has many disadvantages when operating in high temperate regions and storing a large quantity of energy in batteries. Finally, the CSP plant is the best choice when installing a solar technology plant in desert regions in must circumstances.

V. CONCLUSION

In this paper, the comparison, study and the performance analysis of two different solar power technologies at the Al-Kufrah region were considered. The two proposed systems at the site were both 90MW (PV, CSP). Using SAM software, the performances of the two systems were evaluated during the summer and winter seasons but just 4 months were illustrated. The results obtained for the two systems were compared to each other. Finally, the feasibility of using the solar power systems in the region was discussed.

IV. APPENDIX

A. The PV module parameters are illustrated in Table 4

TABLE 4. PV MODULE PARAMETERS

Modules	
SunPower SPR-A395-BLK	
Cell material	Monoi-c-Si
Module area	1.870 m^2
Module capacity	399.740 Wdc
Quantity	287,680
Total capacity	114,997.203 kWac
Total area	537,961.6 m^2

B. The inverter parameters are shown in Table 5

TABLE 5. INVERTER PARAMETERS

Inverters	
Yaskawa Solectria: SGI 750XTM [400V]	
Unit capacity	1250 AC Kw
Input voltage	400-800 VDC DC V
Quantity	114
Total capacity	1263.77AC Wac
DC to AC Capacity Ratio	1.34
AC losses (%)	0.25

C. The PV array parameters are depicted in Table 6

TABLE 6. PV ARRAY PARAMETERS

Array	
Strings	17,980
Modules per string	16
String voltage (DC V)	769.6
Tilt (deg from horizontal)	30
Azimuth (deg E of N)	180
Tracking	1 axis
Backtracking	no
Self-shading	no
Rotation limit (deg)	45
Shading	no
Snow	no
Soiling	yes
DC losses (%)	3.6

D. THE CSP DESIGN PARAMETERS THE TECHNICAL DESIGN PARAMETERS FOR THE PROPOSED AL-KUFRAH REGION CSP PLANT IS PRESENTED IN TABLE 7

TABLE 7. CSP PARAMETERS

OMU CSP design parameters	**Value**
Total Capacity	90 MWe
Total estimated land area	6.233km^2
Cycle thermal efficiency	0.412
Cycle thermal power	218.45
HTF hot temperature	570°C
HTF cold temperature	280°C
Ful load of hours storage	10 hours
Solar field hours of storage	4.2 hours
Heliostats	7209
Single heliostat area	144.37m^2
Design-point DNI	800 W/m^2
Solar multiple	2.4
Receiver thermal	524.3MWt
HTF	Solar Salt
Material type	Stainless AISI316
Tower height	175.65 m
Receiver diameter	17.16 m
Number of panels	20
Thermal storage Capacity	218.4 MWt
Full load hours of TES	10hours
Storage type	Two Tank

References:

[1] Tarek A Mohammed., System integration of hydrogen energy technologies using renewable energy resources". 2384.pp., (2,3), (2015).

[2] Ahmad Belkhair., Tarek Hamad., Estimating the Amount of Methane Gas Generated from the Feedstock: A Case Study of El-Beida City, Libya. The International Renewable Energy Congress, pp (1-8), (2019).

[3] belgasim y., aldali m., g hashem., k. hossin, "the potential of concentrating solar power (csp) for electricity generation in Libya", renew. sustain. energy rev., vol. 90, pp. (1–15), ((2018).

[4] Trieb F., "Concentrating Solar Power for Seawater Desalination". Stuttgart, Germany:German Aerospace Center (DLR), (2007).

[5] Mohamed Ahmed., Al-Habaibeh Amin., Abdo Hafez.," An investigation into the current utilization and prospective of renewable energy resources and technologies in Libya. Renewable Energy". Elsevier solar energy. vol.50, pp732–740, (2013).

[6] Dagoberto Calamateo., Dongmei Zhou., "A Pre-Feasibility Study of a Small-Scale Concentrating Solar Power Plant for an Industrial Application in Sacramento", California. Proceedings of the 2nd International Conference on Fluid Flow, Heat and Mass Transfer. pp.180, (2015).

[7] Carrizosa E., "A heuristic method for simultaneous tower and pattern-free field optimization on solar power systems". Computers & Operations Research. 57: p. 109-122., (2015).

[8] Emery, Keith., "The rating of photovoltaic performance. Electron Devices", IEEE Transactions on. 46, (2009).

[9] Photovoltaic research (2017, April 12).: http://www.nrel.gov/pv/

[10] Al-Kouz, Wael & Almuhtady, Ahmad & Abu-libdeh, Nidal & Nayfeh, Jamal & Boretti, Albert. "A 140 MW Solar Thermal Plant in Jordan". 8. 1-24, (2020).

[11] "Project Ourzazate Solar Power Station – Phase I, Country: Kingdom of Morocco, Project Appraisal Report, Date: April ,(2012).

[12] Busse, K. T., & Dinter, F. "Overview of predictive CSP spread prospects and its opportunities". *Journal of Energy in Southern Africa*, *27*(2), 50–59, (2016).

[13] T. Jamasb, W.J. Nuttall, M.G. Pollitt, Eds., "Future Electricity Technologies and Systems". Cambridge (UK): Cambridge University Press, (2006).

[14] shim Gurung, Qiquan Qiao, "Solar Charging Batteries: Advances, Challenges, and Opportunities", Joule, Volume 2, Issue 7, Pages 1217-1230, ISSN 2542-4351,(2018).

[15] Stekli, J., L. Irwin, and R. Pitchumani, "Technical Challenges and Opportunities for Concentrating Solar Power With Thermal Energy Storage". *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 5(2): p. 021011-021011, (2013).

[16] "Project Ourzazate Solar Power Station – Phase I Country: Kingdom of Morocco Project Appraisal ReportDate: April (2012)".

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

The effect of STATCOM controller on the opration of Distance relay under selected fault conditions for a part of the Libyan network

M. A. Nasrat
Deptartment of Renewable Energy, Faculty of Natural Resources Zawia University
Zawia-Libya
marwa93eng@gmail.com

M. K. Jalboub
Deptartment. of Renewable Energy, Faculty of Natural Resources Zawia University
Zawia- Libya
m.jalboub@zu.edu.ly

A.K. Assouri
Libyan Electricity Company
zawia-Libya
assouri.@gmail.com

Abstract— Flexible AC Transmission Systems (FACTS) devices can impact the performance of existing protective system components (specifically distance relays) due to the fact that FACTS change power system quantities Distance relay may mal-operate when FACTS devices are connected since they cause some of the tripping characteristics to change. In this paper, the effect of the most selected errors on the operation of the distance protection system was studied, in the presence of STATCOM compensators on a part of the Libyan network (southern Libyan). And to complete this, the Neplan program approved by the Libyan Electricity Company was used, and it was reached the results are discussed.

Keywords— Distance relays, Power system protection, FACTS controllers, STATCOM.

I. INTRODUCTION

The Libyan electrical power system is fed by many power plants, through a 220KV and 400KV high voltage grid systems, which is covered all Libyan areas. This large grid is Protected by protective devices. One of these devices is distance relay that is installed on transmission line.
Interlocking FACTS controllers/devices in transmission and distribution lines opens up new challenges in line protection as they change the voltage and current signals at the relay point in both steady state and transient conditions. Consequently, the operation of distance relays, In the presence of FACTS devices affects. the voltage and current values in both steady and transient state as well as the impedance seen by distance relay will be affected. Many researchers investigated the FACTS devices impact on performances of distance relays.
the apparent impedance calculation for single line to ground fault based on symmetrical components of voltages and currents at relay location. Their simulation results have shown the impact Static Synchronous Shunt Compensator (STATCOM) on measured impedance for single line to ground and double line fault with capacitive and inductive compensation. They found that the apparent impedance will increase when the STATCOM generates reactive power and decrease if the STATCOM consumes reactive power, and when the fault location increased, the error in measuring impedance and the influence ratio of STATCON will increase. Effects of two types of shunt controller FACTS devices, namely the static synchronous shunt compensator and static VAR compensator, is presented in [1] shunt controllers were presented as shunt reactance to calculate the transmission line impedance and they used artificial neural network for detecting and classifying the faults. SVC and STATCOM can cause under-reach and incorrect phase selection. Also, this work discussed the over-reach phenomena caused by employing STATCOM in weak systems only. The results showed the distance relay is not the best relay in a mid-point STATCOM connected transmission line. In addition, STATCOM caused incorrect phase selection and increased the operation time of distance relay. were reported in[2] new setting rule of the zones of distance relay to mitigate STATCOM effects when it's connected in a mid-point. The suggested setting rules are based on the simulation results to mitigate the error in impedance measurement. Different setting rules for under-reach and over-reach are proposed in this work is presented in [3].

Several reasons and events in our daily lives can cause a fault to occur in power system. However, the most common factors are well recognized and are usually classified into two classes based on the causing factors, are called natural factor and human factors. These factors affect the performance of distance relay that is connected on transmission line, also the distance relay performance is affected by interconnecting new devices (FACTS) in the protected transmission line. It is very important the distance relays do not mal operate under system fault conditions as this will result in the loss of stability or the security of the system, the review of the past research comprehensive literature review is not given covering for effect of fault types on operation distance relay when STATCOM was installed This paper presents a study

on the performance of lines, and distance protection relays when integrated within protect compensated transmission STATCOM [3, 4,and 5].

II. FLEXIBLE AC TRANSMISSION SYSTEM (FACTS)

Flexible alternating current transmission systems (FACTS) technology opens up new opportunities for controlling power and enhancing the usable capacity of present, as well as new and upgraded lines. Series controllers affect directly on the voltage, current, and power flow, therefore using series-connected for controlling current/power flow and damping oscillations is much useful than shunt connected. Shunt controllers is the best FACTS controller for voltage control and voltage oscillations around the point of connection. The series controllers can be used for some shunt applications and vice versa. Regulating voltage at substation bus using shunt controller is more effective while compensating voltage drop in transmission system by injecting voltage in series is lower cost. In multiline transmission system, we can connect a separate series controller in each line or connect as shunt controller at the substation. The series controller connection needs to have smaller MVA rating than Shunt controller. Also, any type of shunt controllers does not control the power flow in transmission system. Because of these reasons, companied shunt and series controller is the best to control all of operational parameters of transmission system such as line impedance, voltage magnitude and phase [6]. In this paper was selected types of compensators (STATCOM) from FACTS Family.

III. STATIC SYNCHRONOUS COMPENSATOR(STATCOM)

A Static synchronous generator operates as a shunt-connected static var compensator whose capacitive or inductive output current can be controlled independent of the ac system voltage.

Static Synchronous Compensator (STATCOM) is one of the key FACTS devices. Based on a voltage converter, STATCOM regulates system voltage by absorbing or generating reactive power. Unlike a thyristor-based static variable compensator (SVC), the output current of the STATCOM (inductive or capacitive) can be controlled regardless of AC system voltage [7]. The STATCOM has superior performance during low voltage condition as the reactive current can be maintained constant. (In a SVC, the capacitive reactive current drops linearly with the voltage at the limit of capacitive susceptance). It is even possible to increase the reactive current in a STATCOM under transient conditions if the devices are rated for the transient overload. Figure.1 shows the Static Synchronous Compensator (STATCOM) based on:

(a)voltage sourced

(b) current-sourced converter.

The possibility of generating controllable reactive power directly, without the use of ac capacitors or reactors by various switching power converters was disclosed by Gyugi in 1976 [8]. Functionality, from the standpoint of reactive power generation, their operation is similar to that of an ideal synchronous machine whose reactive power output is varied by excitation control. Like the mechanically powered machine these converters can also exchange real power with the AC system if supplied from an appropriate, usually DC energy source. Because of these similarities with a rotating synchronous generator, they are termed Static Synchronous Generator (SSG). When SSG is operated without an energy source and with appropriate controls to function as shunt-connected reactive compensator, it is termed, analogously to the rotating synchronous compensator (condenser) a Static Synchronous Compensator (STATCOM) or Static Synchronous Condenser (STATCON).

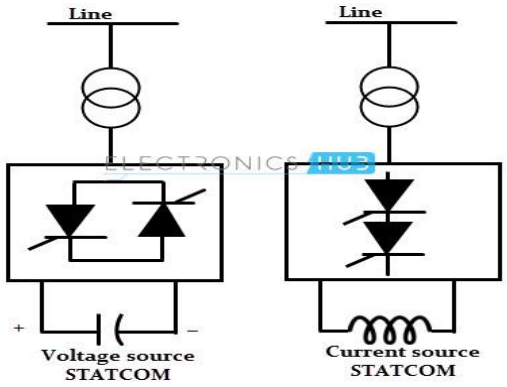


Fig.1 Static Synchronous Compensator (STATCOM) based on (a)voltage sourced

IV. DISTANCE RELAY PROTECTION

The basic principles of distance relay protection are based on dividing the voltage at the relaying point by the measured current. The apparent impedance is compared with the reach point impedance to decide wither the fault is internal or external. Distance protection comprises of instantaneous directional Zone1 and one or more-time delayed zones. The reach point is usually up to 85% of the protected line impedance for Zone1 protection, the remaining 15% is safety margin ensures that there is no risk of Zone1 protection over-reaching the protected line due to errors caused owing to any reason [9]. While the reach setting of Zone2 protection is 150% of the protected line impedance. Zone3 reach should be set to at least 1.2 times the impedance presented to the relay for a fault at the remote end of the second line. The distance relay is modeled in the simulator as (SIEMENS 7SA511) Distance elements with a positive sequence voltage polarization, three elements for phase loops and three elements for the phase-ground loops The relay calculates the apparent impedances of the fault loops which then are compared against impedance limits that are determined by the relay settings as illustrated in the logic diagram of Figure (.2). Equations (1) and (2) show the apparent impedance for single-phase-to-ground and three phase faults [9,10].

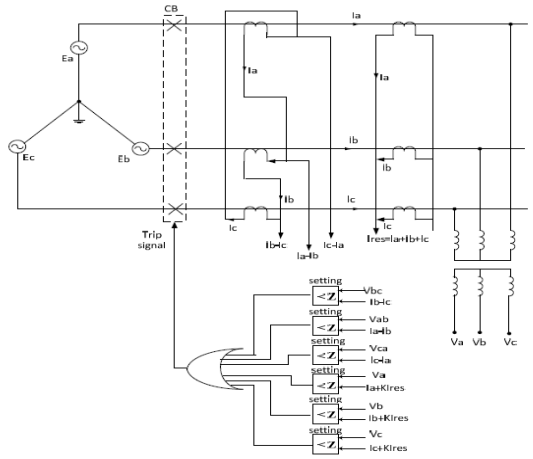


Fig (2): The logic diagram Distance protectional-out of service

The measured fault impedance is compared with the known line impedance. If the measured fault impedance is smaller than the set line impedance, a fault is detected and a trip signal sent to the circuit-breaker. This means that the distance protection in its simplest form operates by measuring the voltage and current at the relay location. No additional information is required for this basic distance protection, and the protection does not have to depend on any additional equipment or transmission signal. Because of inaccuracies in distance measurement, which are the result of measurement errors, transformation errors and inaccuracies in line impedance, in practice it is impossible to set the protection to 100% of the line length. A security limit (10 % -15 %) from the end of the line must be determined for the so-called under-reaching zone (1st zone) in order to ensure protection selectivity due to
internal and external faults, which can be seen in Figure (3). The rest of the line is covered by an over-reaching zone (2nd zone) which, in order to ensure selectivity, must have a time delay with respect to the protection of the neighboring line. In the case of an electro-mechanical protection, this difference in time is 400-500 ms, and 250-300 ms in the case of analog static and numerical protection. This time delay includes the operating time of the circuit breaker, delay of the distance measuring elements as well as the security limit.

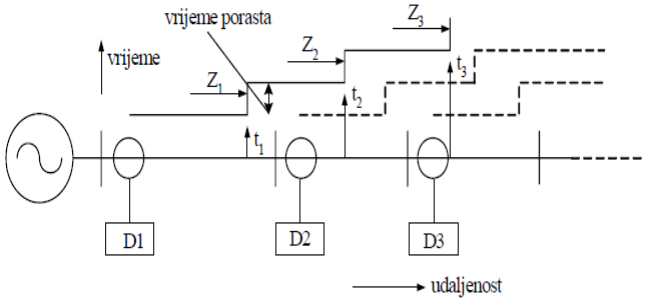


Fig. (3). Distance protection principle, division of the distance grades

Ground Fault

$$Z = \frac{V_{XG}}{I_X + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} I_{res}} = \frac{V_{XG}}{I_X + K I_{res}} \quad (1)$$

Phase Fault

$$Z = \frac{V_{AG} - V_{BG}}{I_A - I_B} = \frac{V_{AG} - V_{CG}}{I_A - I_C} = \frac{V_{CG} - V_{AG}}{I_C - I_A} \quad (2)$$

Where V_{XG} is Line-to-ground voltage (V_{AG} ,V_{BG} , V_{CG}), I_x is Line current (I_A , I_B , I_C) and Z is the calculated impedance. The reactive power injected by STATCOM into power system cause significant changes in magnitude of the current flowing in the transmission line and hence affects the calculated impendence seen by the relay. The current (I_m) in Figure (4) which is seen by the distance relay located at the beginning of the transmission line is defined as:

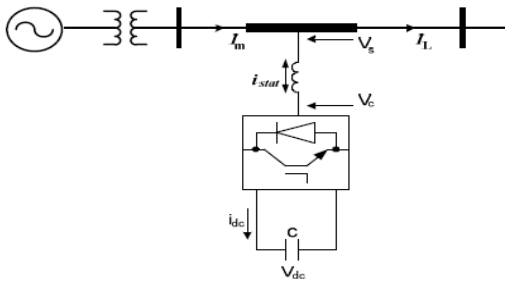


Fig (4): The schematic diagram of a STATCOM

$$I_m = I_{statcom} + I_L \quad (3)$$

where, I_m is current from generation side, I_L load side current and $I_{statcom}$ is STATCOM current.
According to (3) the measured current at beginning of the line decreases when STATCOM injects current into the system and increases when STATCOM draws current from the system. The distance relay operation is affected when shunt FACTS devices is installed, for example a fault at point in transmission line without STATCOM will activate the distance relay, while the same fault when STATCOM is insulated will not activate the relay. The error in the apparent impedance introduced as a result of the STATCOM and the fault resistance in phase to ground and phase to phase faults are given as:

$$Z = \frac{V_{XG}}{I_X + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} I_{res}} + Z_{error} = \frac{V_{XG}}{I_X + K I_{res}} + Z_{error} \quad (4)$$

$$Z = \frac{V_{AG} - V_{BG}}{I_A - I_B} + Z_{error} = \frac{V_{AG} - V_{CG}}{I_A - I_C} + Z_{error} = \frac{V_{CG} - V_{AG}}{I_C - I_A} + Z_{error} \quad (5)$$

where $K=(Z_0-Z_1)/Z_1$ and Z_{error} is the error measured impedance when the STATCOM is connected. The error in apparent impedance is due to the shunt-FACTS and proportional to the fault location and the ratio of the current in the shunt FACTS device and the relay.

The distance relay will see higher impedance when the STATCOM injects reactive power into system, and this leads to under reach condition. While the relay will see smaller impedance when the STATCOM absorbs reactive power from the system, in this case the relay considering fault at a closer location than the actual fault location and results in over reach condition.

V. SIMULATION RESULTS

The Libyan electrical power system is fed by many power plants, through a 220kv and 400kv high voltage grid systems, which is covered all Libyan areas. This large grid is protected by protective devices. One of these devices is distance relay

that is installed on transmission line. In this research the distance relay type (SIEMENS 7SA511) Compound on transmission line (SIBHA – FIJEJ 220kv) as shown in Figure (5) it will be taken as case study from side SIBHA substation (220KV) and will be simulate by Neplan software.

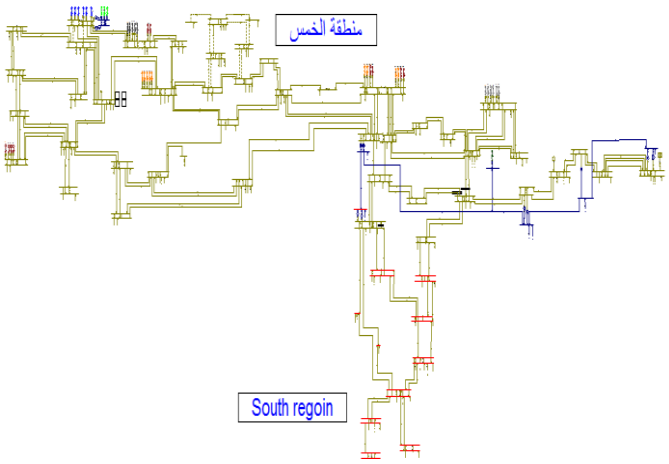


Fig (5). Test system under study

Table 1.1: Voltages in steady state operation. Run without FACTS voltage in the test system

Substation	V%	Substation	V%
AWAINAT	86.8	**SBHA**	90.7
TRAGEN	88.8	**SMNO**	91.8
UBARI	89.1	**SHATE**	92.2
FJAJ	89.9	**WRL**	94.3
SBHA WISTE	90.5	**GM&HON**	95

Table 1.1 shows a significant drop in under study that means, it requires some support to prevent the whole system from blackout to do that, STATCOM is Recommended.

Analysis the effect of fault types on the operation of distance relay in different Zones. In this section a distance relay type (SIEMENS7SA511) is fixed on (SIBHA- FAJEJ 220 KV) The simulation result is given in Figure (6)

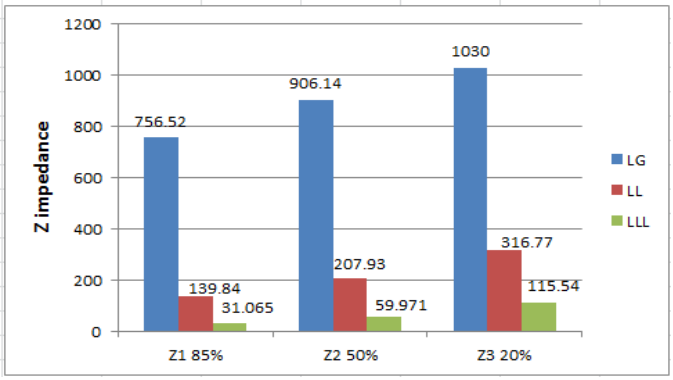


Fig. (6) . measured impedance values for different zones

A. With STATCOM controller

The STATCOM controller is connected to zone1 as described in previous section and different fault types is applied at different zones and the simulation results is shown in Figure (7).

Figure (7) presents the different measured impedance values as seen by distance relay with STATCOM for different fault types and for different zones.

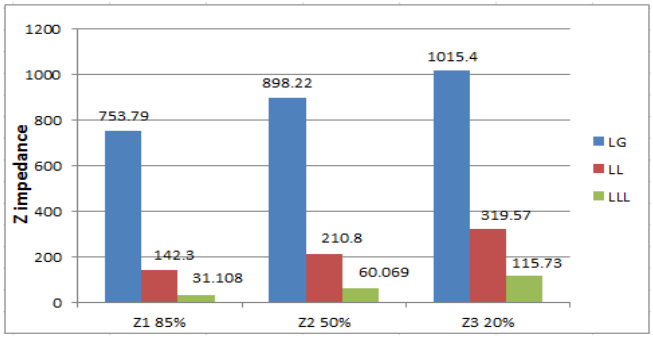


Fig (7) measured impedance in presence STATCOM for different zones

While the Figure (8) shows current values is due to faults at all zones as seen by distance protection combined on SBHA1 220KV.

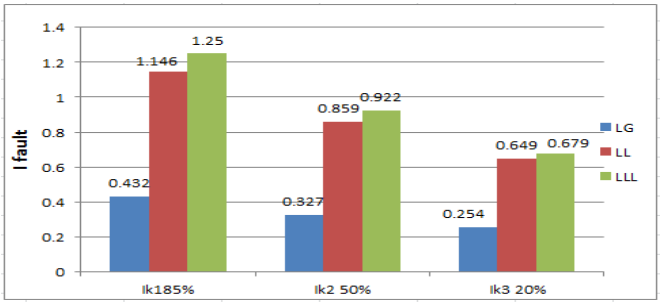


Fig (8) current values in presence STATCOM for different zones

B. Transient analysis with STATCOM in case of LG fault

In this section the STATCOM is connected to zone1 and the different fault are applied at different zones, the simulation results is given below:

when a LG fault is at 0 sec of the distance relay in zone1, the simulation result is presented in Figure (9), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.98989pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.989pu.

Also, when a LG fault is at 0.25 sec of the distance relay in zone2, the simulation result is presented in Figure (10), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.99pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.9705pu.

In addition, when a LG fault is at 1.2 sec of the distance relay in zone3, the simulation result is presented in Figure (11), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.99pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.9766pu.

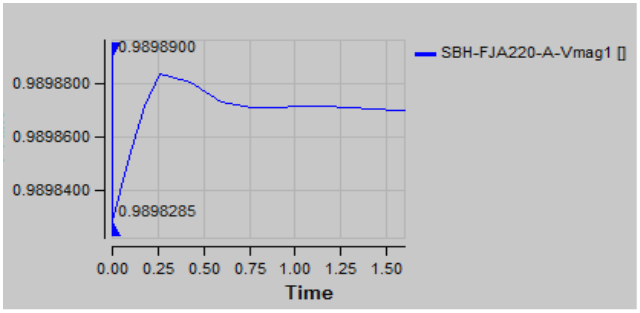


Fig (9) line voltage as result of LG fault at zone1

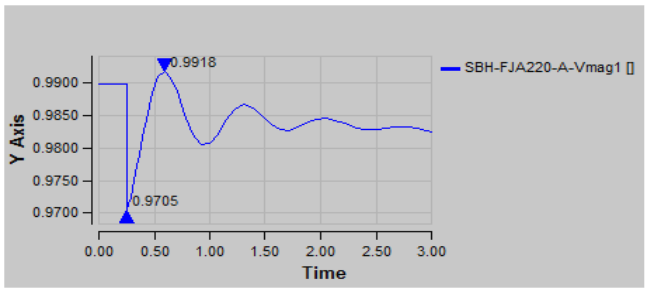


Fig (10) line voltage as result of LG fault at zone2

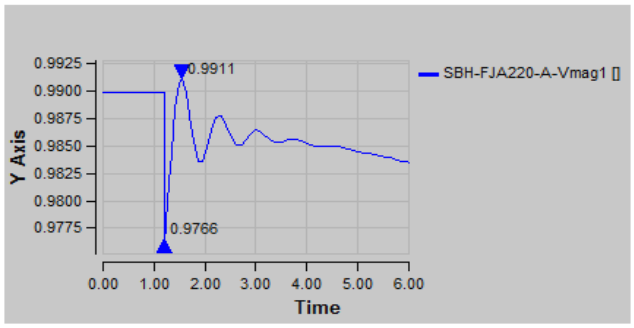


Fig (11) line voltage as result of LG fault at zone3

C. Thirdly Transient analysis with STATCOM in case of LL fault

In this section the STATCOM is connected to zone1 and the different fault are applied at different zones, the simulation results is given below:

when a LL fault is at 0 sec of the distance relay in zone1, the simulation result is presented in Figure (12), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.98989pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.9893pu.

Also, when a LL fault is at 0.25 sec of the distance relay in zone2, the simulation result is presented in Figure (13), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.990pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.861pu.

In addition, when a LL fault is at 1.2 sec of the distance relay in zone3, the simulation result is presented in Figure (14), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.996pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.910pu

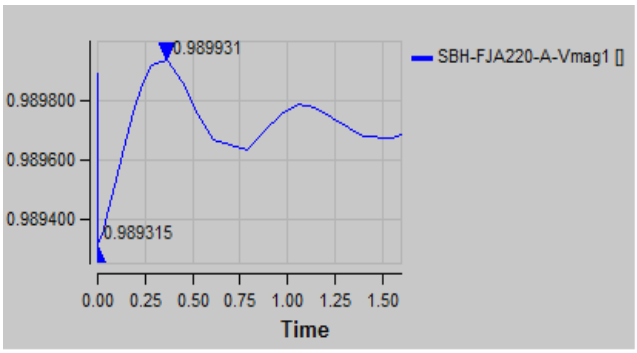


Fig (12) line voltage as result of LL fault at zone1

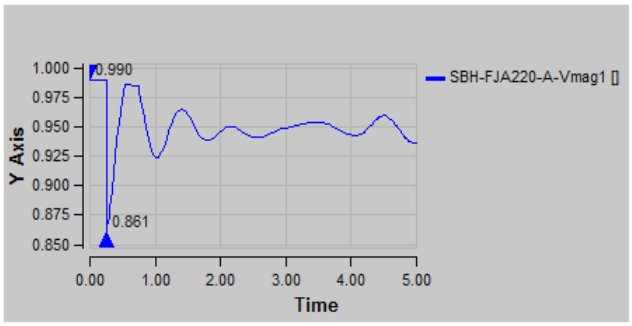


Fig (13) line voltage as result of LL fault at zone2

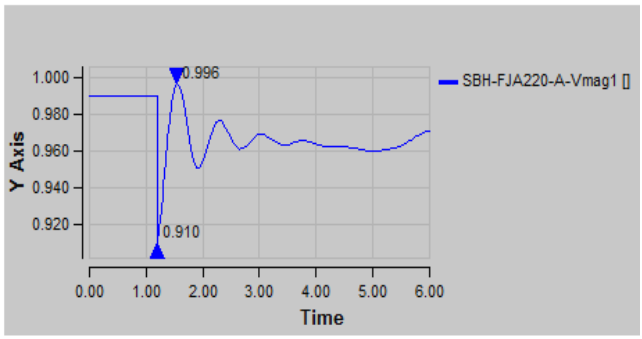


Fig (14) line voltage as result of LL fault at zone3

D. Transient analysis with STATCOM in case of LLL fault

In this section, the STATCOM is connected to zone1 and the different fault are applied at different zones, the simulation results is given below:

when a LLL fault is at 0 sec of the distance relay in zone1, the simulation result is presented in Figure (15), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.990pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.980pu.

Also, when a LLL fault is at 0.25 sec of the distance relay in zone2, the simulation result is presented in Figure (16), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.990pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.629pu.

In addition, when a LLL fault is at 1.2 sec of the distance relay in zone3, the simulation result is presented in Figure (17), and from Figure one can notice that, the voltage before fault occurs is 0.990pu, and the time of fault occur the voltage drops to 0.801pu

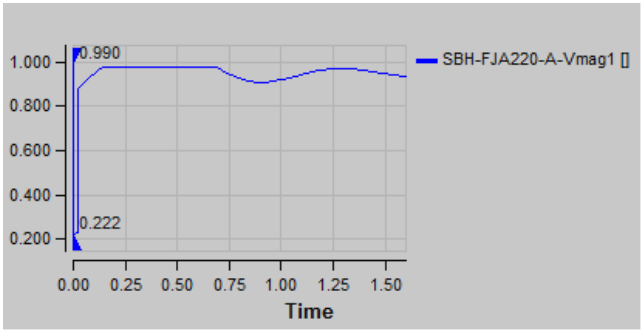


Fig (15) line voltage as result of LLL fault at zone1

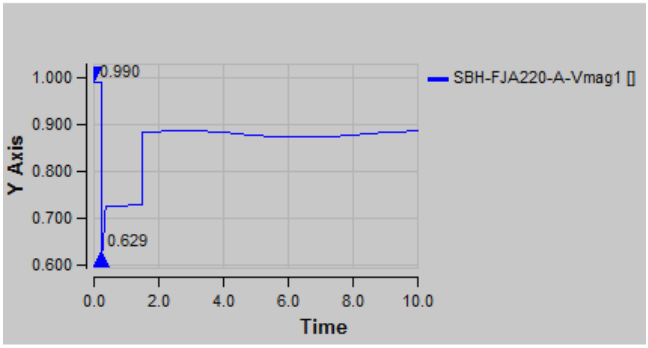


Fig (16) line voltage as result of LLL fault at zone2

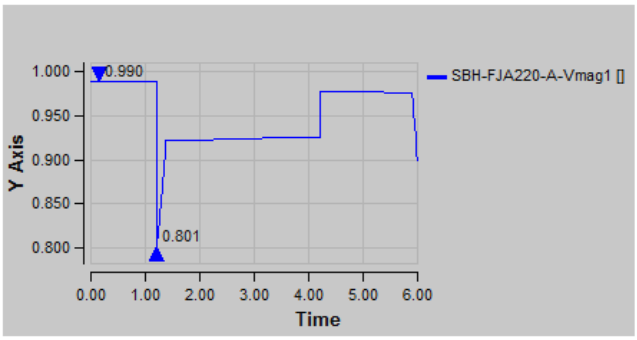


Fig (17) line voltage as result of LLL fault at zone3

VI. CONCLUSION

The effect (STATCOM) controller on the performance of distance relays is investigated detailed modeling of distance relay using Neplan/SIMULINK environment is presented. Different fault types and locations with FACTS controllers' and operation modes are simulated.

The simulation results have shown the ability to detect and classify any fault type and high level of accuracy to determine fault location The simulation results shows that, when the fault occurs between the relay and (STATCOM) location, the apparent impedance will not change and it will be equal to actual impedance regardless of the types and operation modes of STATCOM controller. Also, in case of(single line to ground fault) with (STATCOM) the distance relay will not operate (under-reach) for both capacitive and inductive operation modes. The apparent impedance seen by distance relay is much larger than actual impedance in different zones due to the zero sequence component. Whereas, in the case of the three phase faults, there is no difference in the impedance measurement of the distance protection device in the different zones in steady state and with STATCOM. In addition, in all fault case studies, the error in the measured impedance seen by distance relay increases as the fault location varies from STATCOM location to the end of the relay reach line

VII. RECOMMENDATION

In general, the effect of STATCOM on distance relay performance especially in most common fault type (Single Line to Ground. And phase to phase). The typical distance relay is not the best protective relay for FACTS compensated transmission line. Concerning recommendation for future work, I would like to suggest the following:

1- The proposed work can be extended by applying similar techniques to the transmission lines compensated by other FACTS devices such as Interline Power Flow Controller (IPFC) and SSSC compensator.

2- Regular routine test should be carried out to ensure the integrity of relay scheme as faulty protective devices such as circuit breakers, control cable discontinuity, faulty control knob, circuit breaker pole discordance etc. may also constitute fault and thus affect the integrity of the protection scheme and may lead to loss of supply of electrical energy

REFERENCES

[1] X. Y. Zhou, H. F. Wang, R. K. Aggarwal, and F. Beaumont, "The Impact of STATCOM on Distance Relay," in *15th Power Systems*, Liège, Belgium, 2005, pp. 1-7.

[2] Tarlochan Singh Sidhu, Rajiv K Varma, Pradeep Kumar Gangadharan, Fadhel Abbas Albasri, and German Rosas Ortiz, "Performance of Distance Relays on Shunt—FACTS Compensated Transmission Lines," *Power Delivery, IEEE Transactions.*, vol. 20, no. 3, pp. 1837 - 1845, June 2005.

[3] Wen-Hao Zhang, Seung-Jae Lee, Myeon-Song Choi, and Shigeto Oda, "Considerations on distance relay setting for transmission line with STATCOM," in *Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE*, Minneapolis, MN, 2010, pp. 1 - 5.

[4] Sriteja Alapati and Durga prasad, "Effect of Statcom on Distance Relay Performance in a Transmission Line," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, vol. 4, no. 4, pp. 489-492, August 2012.

[5] Dannana Hemasundar, Mohan Thakre, and V S Kale, "Impact of STATCOM on distance relay - Modeling and simulation using PSCAD/EMTDC," in *IEEE*, Bhopal, 2014, pp. 1 - 6.

[6] M. Khederzadeh, "UPFC operating characteristics impact on transmission line distance protection," in *Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE*, Pittsburgh, PA, 2008, pp. 1 - 6

[7] A. Nemirovskiy, A. Kashin, V. Kosmach, Y. Titovec, I. Toptygin, D. Zaripova, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES) 337, 1, 012071 (2019).

[8] N.G. Hingorani and L. Gyugyi, "Understanding FACTS: concepts and technology of flexible ac transmission systems", IEEE Press, NY, 1999.

[9] Paithankar, Y. G and Bhide, S. R. (2005), "Fundamental of Power System Protection, Prentice- Hall of India", New Delhi.

[10] A. K. Assouri, M. K. Jalboub, M. A. Nasrat , A. A. Alhengari, (2022)," Analysis the Effect of Fault Types on the Operation of Distance Relay including FACTs Controller for Apart of Libyan Network", IEEE 2nd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering", Vol 708,709 No 92.

[11] Sidhu, T. S.; Varma, R. K.; Gangadharan, P. K.; Albasri, F. A.; Ortiz, G. R. (2005) "Performance of Distance Relays on Shunt-FACTS Compensated Transmission Lines", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 3.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

A Modified Topology of Asymmetrical 27-Levels Cascaded Multilevel Inverter

1st Mohaned Nser A Ghamudi
Electrical & Electronics Engineering Department
University of Tripoli
Tripoli, Libya
M.ghamudi@uot.edu.ly

2nd Zeyad E.Abdulhamed
Electrical & Electronics Engineering Department
University of Tripoli
Tripoli, Libya
zeyad.ab.1986@gmail.com

3rd Dr. Abdulhamid H. Esuri
Electrical & Electronics Engineering Department
University of Tripoli
Tripoli, Libya
essuri_a_h@yahoo.com

Abstract*—Inverter design has changed greatly to fulfill the high expectations of technological developments, such as the operation of solar energy. This paper presents a new method to obtain an output voltage of 27 levels by using three asymmetric voltage sources and twelve power switches only instead of using fifty-two power switches and thirteen voltage sources, which leads to a reduction in costs and losses. The inverter was carried out by using the MATLAB Simulink program to install the inverter. THD% was calculated and the results obtained were compared with other studies.

Keywords— Cascaded H-Bridge, 27-levels, Multilevel Inverter.

I. INTRODUCTION

Multilevel inverters (MLI) are now regarded as one of the most important research and developments. Because of their numerous applications in high and medium voltage levels of activity [1]. Multi-level inverters have several advantages over a two-level inverter, including reducing THD%, reducing lower electromagnetic interference (EMI) and can operate in both high and medium power ratings [2]. In general, there are three main types of MLI are Cascaded H-Bridge (CHB), Flying Capacitor (FC) and Natural Point Clamped (NPC) [3].

CHB has a smaller number of components when compared with other two types. However, the main disadvantage of the cascaded hybrid bridge inverter is the number of DC sources and power switches increase with the output voltage level augmentation. Since each DC source needs a hybrid bridge cell and every cell consists of four switches [4]. To get 27 levels in output voltage waveform the CHB need 52 power switches and 13 DC supplies. The researchers in multilevel inverter have interested in reducing the number of switches and sources with to decrease the cost and losses. N.Prabaharan and K.Palanisamy in 2016 proposed a hybrid asymmetric MLI by using 5 DC supplies and 14 switches to get 27 level output voltage [5]. Saeid Deliri Khatoonabad and Kazem Varesi in 2020 introduce a novel construction of 27-level inverter by using 2 DC supplies, 13 unidirectional switches, 13 driver boards, 2 capacitors, and 1 diode [6].

This study proposes a new method of 27-level MLI uses 12 switches ,3 DC supplies and 16 diodes. MATLAB will be used to install the proposed inverter and measure the THD, and the results will be compared with other studies.

II. METHODOLOGY

A. Proposed Circuit Discription

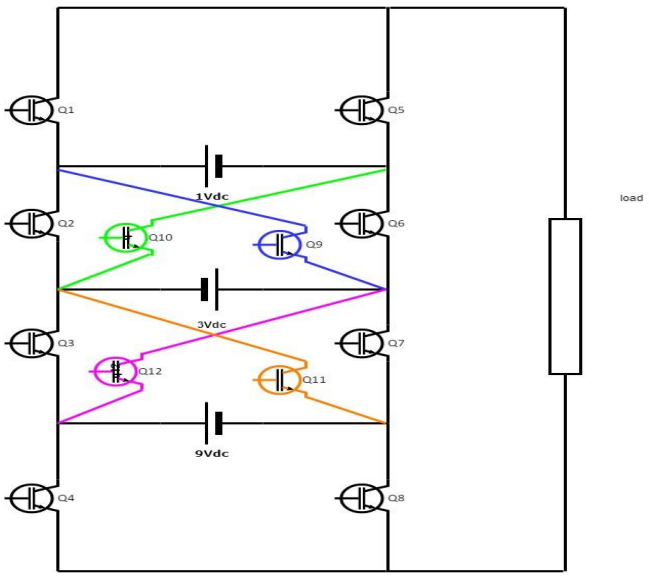


Figure 1 Proposed topology of modified cascaded H bridge inverter

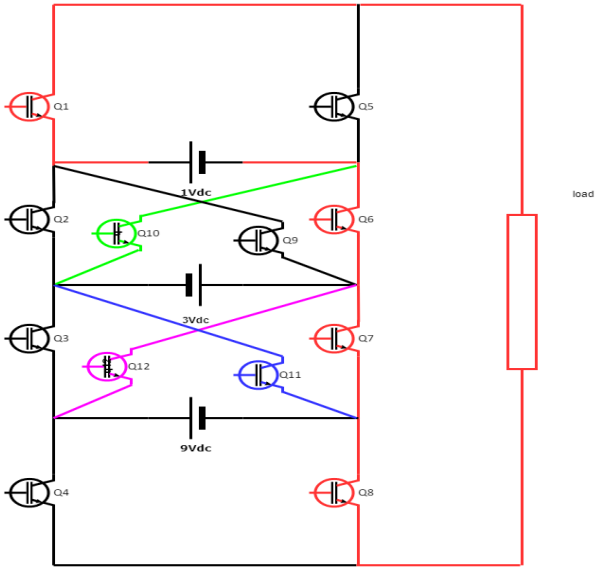
The Proposed inverter structure of a multi-level cascade inverter is seen in Fig. 1. It uses 12 switches and 3 DC supplies to create a 27-level output voltage waveform. In MCMLI, the DC voltage sources are not equal (V1 V2 and V3 in the ratio of 1:3:9, respectively). All switches S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, and S12 cause

changes in the output waveform's levels and polarity.

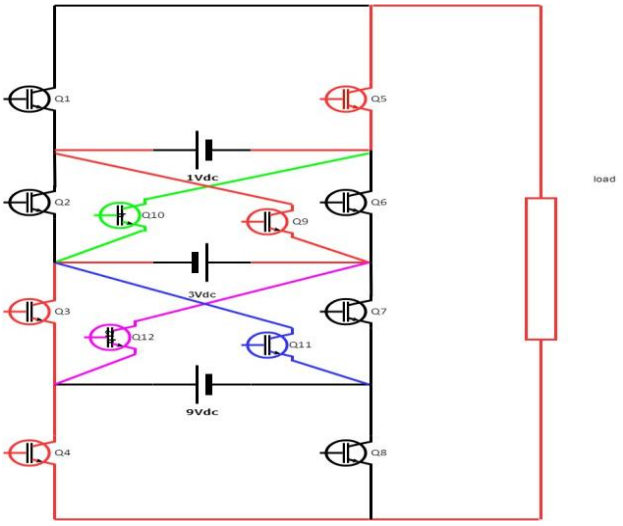
The circuit also consists of sixteen diodes to create paths and protect the X connection switches (S9, S10, S11, S10) from reverse current flow.

B. Intervals of the proposed inverter Operation

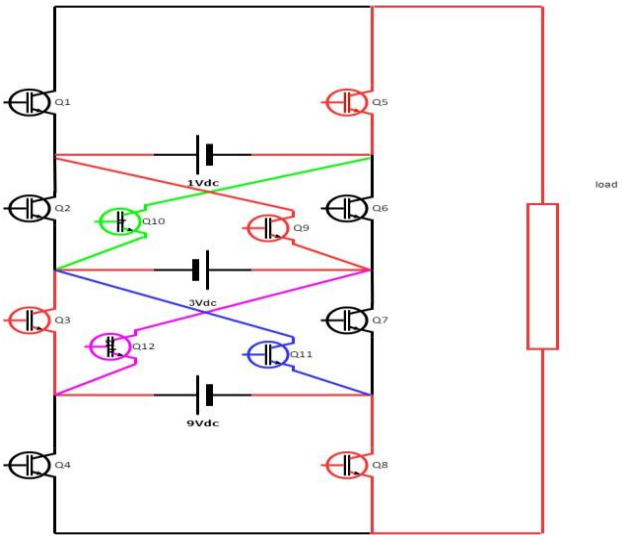
Fig.3 shows the sample of operation intervals of the proposed inverter. The Proposed inverter operational intervals are depicted in Fig. 3. Where (A, B, C, and D) represent the positive half-cycle operating intervals and (E, F, G, and H) represent the negative half-cycle operating intervals. The direction of the stream is represented by the red line at each interval. The inverter will operate at 27 distinct periods during one entire cycle.



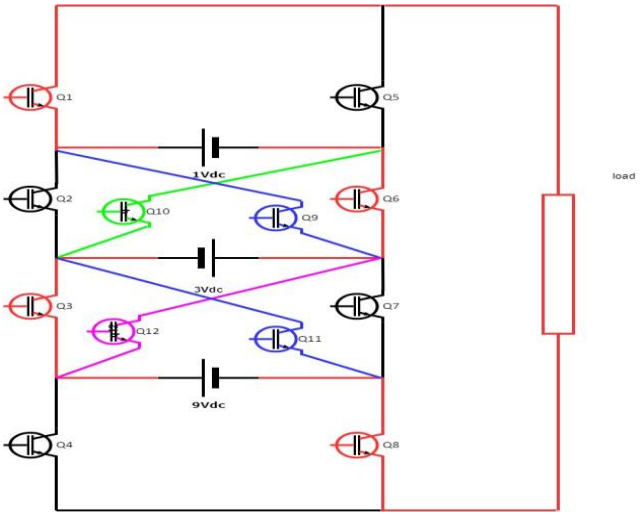
(A) V0=1V



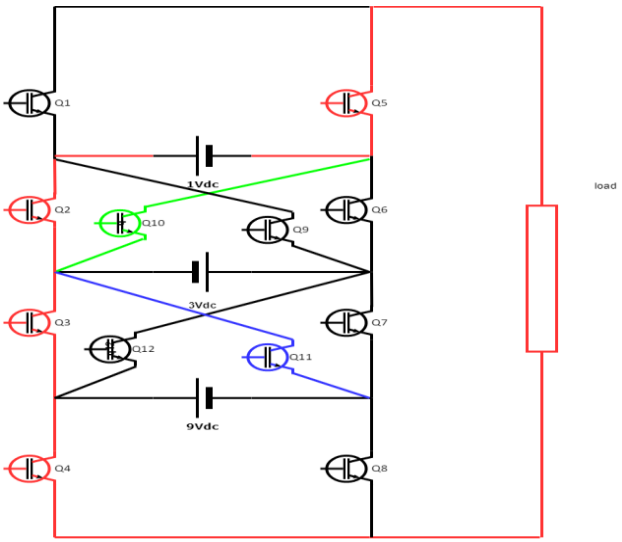
(B) V0=3V-1V=2V



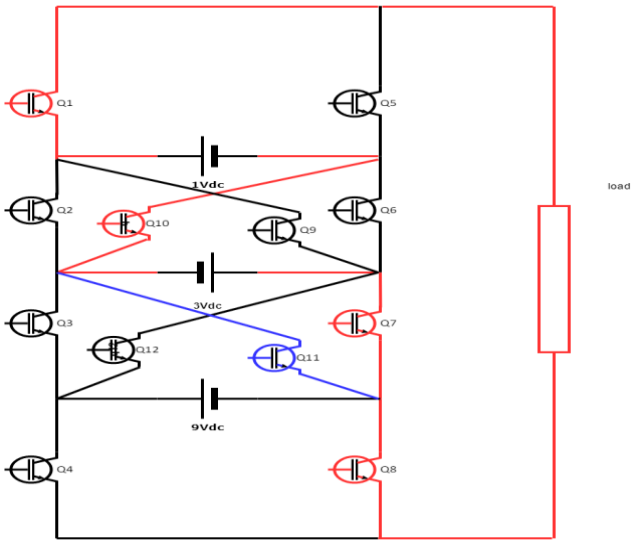
(C) V0=9V+3V-V1=11V



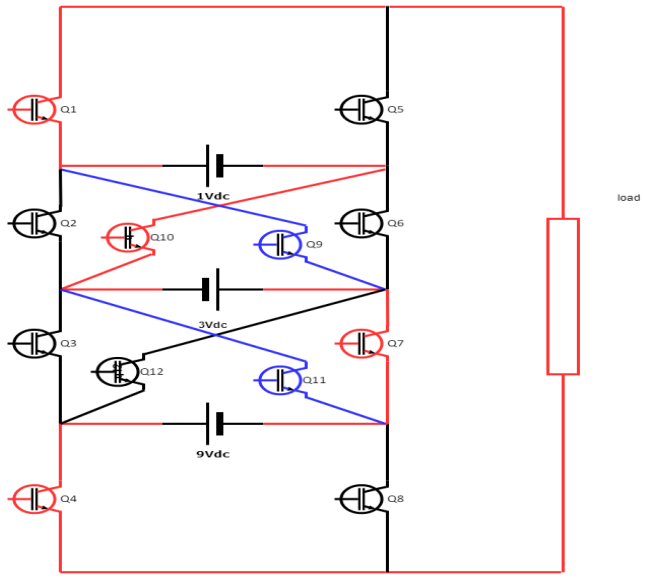
(D) V0=1V+3V+V1=13V



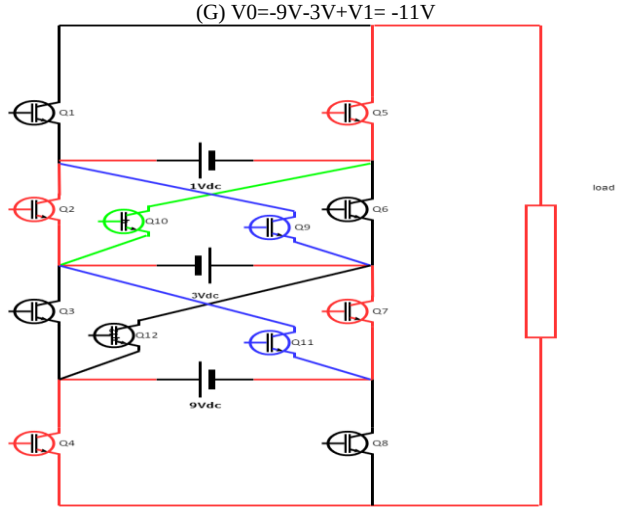
(E) V0= -1V



(F) V0=--3V+V= -2V



(G) V0=-9V-3V+V1= -11V



(H) V0=-1V-3V-V1= -13V

Figure 3 (A, B, C, D, E, F, G and H) Operating intervals of the Proposed inverter

Table 1 shows the switch states, with value 1 that the switch is turned on and 0 signaling that the switch is turned off. The first 13 intervals show the switching states for positive half cycle modes, whereas the following 13 intervals show the switching states for negative half cycle modes. fig 4 shows the control signals to the inverter switches.

TABLE 1. SWITCHING STATES OF INVERTER

		Switching sequence											
Interv	Output voltage	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12
1	Vo=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Vo=1Vdc	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
3	Vo=2Vdc	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
4	Vo=3Vdc	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
5	Vo=4Vdc	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
6	Vo=5Vdc	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
7	Vo=6Vdc	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
8	Vo=7Vdc	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
9	Vo=8V	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
10	Vo=9Vdc	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
11	Vo=10Vdc	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
12	Vo=11Vdc	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
13	Vo=12Vdc	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
14	Vo=13Vdc	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
15	Vo=-1Vdc	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
16	Vo=-2Vdc	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
17	Vo=-3Vdc	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
18	Vo=-4Vdc	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
19	Vo=-5Vdc	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
20	Vo=-6Vdc	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
21	Vo=-7Vdc	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
22	Vo=-8Vdc	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
23	Vo=-9Vdc	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
24	Vo=-10Vdc	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
25	Vo=-11Vdc	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
26	Vo=-12Vdc	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
27	Vo=-13Vdc	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0

III. .SIMULATION RESULTS

The simulation model presented in Fig 4 is created in Matlab-Simulink software to evaluate the execution of the proposed inverter. At a fundamental frequency of 50Hz, Proposed inverter is simulated. To produce a ternary source arrangement with a maximum output of 260volt, the DC sources are set to V1=20volt, V2=60volt, V3=180volt, and the resistive load is set to 100ohm. The major switches in this circuit were BJT. PWM with selective harmonic elimination is used to manage the output voltage. Figure 3 depicts the control signal for switches all switches are shown

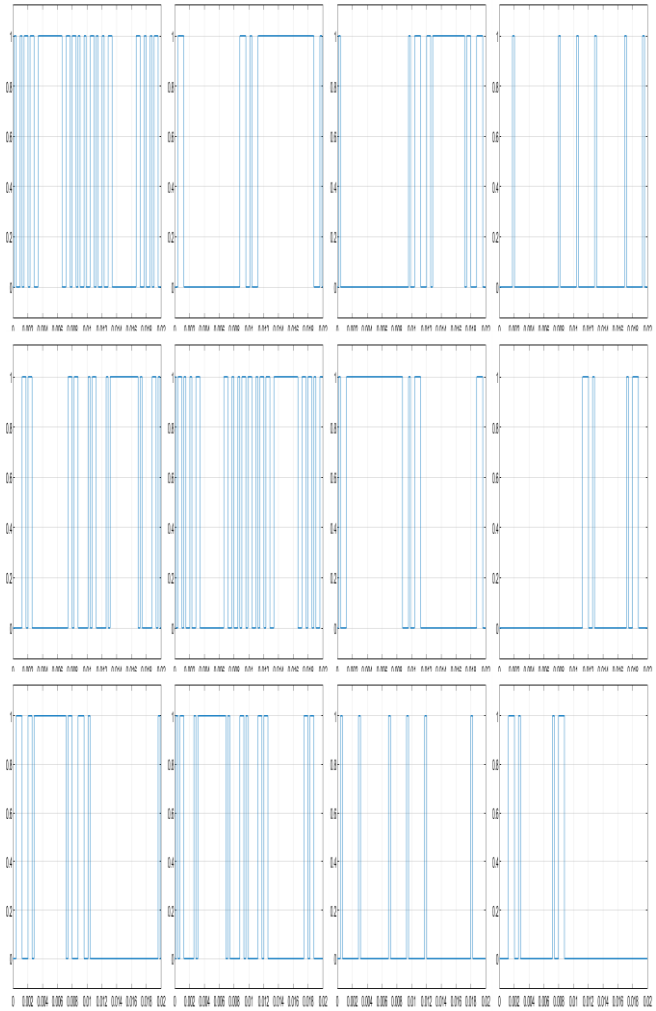


Figure 4 control signals to the inverter switches

Figure.5 shows the circuit of MCMLI as presented in simulation process in MATLAB program which is consisting of 12 switches and 16 diodes, 3 DC sources with 3 subsystems for the control circuit. The subsystem consists of logic gates AND, OR, and NOT, and pulse generators. The switching sequence for different step size is shown in table 2.

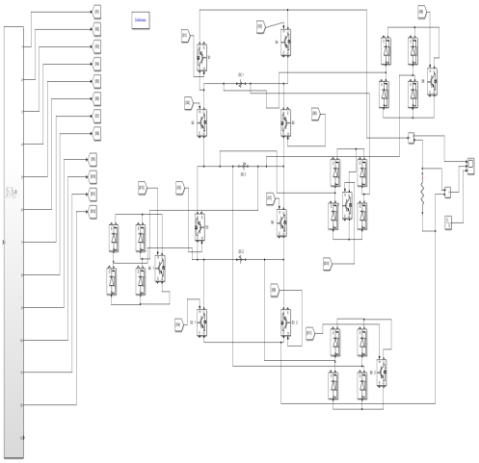


Figure 5 simulation diagram of the Proposed inverter

Table 2 shows the switching states and angles of all duration times for all cases.

TABLE 2. ANGLES OF ALL DURATION TIMES

Intervals	Output voltage	Case2 360/76=4.74	Case3 360/80=4.5	Intervals	Output voltage	Case2 360/76=4.74	Case3 360/80=4.5
1	Vo=0	0 to 2.36	0 to 2.26	27	Vo=0	177.596 to 182.332	177.75 to 182.25
2	Vo=1V	2.36 to 7.1	2.25 to 6.75	28	Vo=-1V	182.332 to 187.068	182.25 to 186.75
3	Vo=2V	7.1 to 11.8	6.75 to 11.25	28	Vo=-2V	187.068 to 191.804	186.75 to 191.25
4	Vo=3V	11.8 to 16.572	11.25 to15.75	29	Vo=-3V	191.804 to 196.54	191.25 to 195.75
5	Vo=4V	16.572 to 21.308	15.75 to 20.25	30	Vo=-4V	196.54 to 201.276	195.75 to 200.25
6	Vo=5V	21.308 to 26.044	20.25 to 24.75	31	Vo=-5V	201.276 to 206.012	200.25 to 204.75
7	Vo=6V	26.044 to 30.78	24.75 to 29.25	32	Vo=-6V	206.012 to 210.748	204.75 to 209.25
8	Vo=7V	30.78 to 35.516	29.25 to 33.75	33	Vo=-7V	210.748 to 215.484	209.25 to 213.75
9	Vo=8V	35.516 to 40.252	33.75 to 38.25	34	Vo=-8V	215.484 to 220.22	213.75 to 218.25
10	Vo=9V	40.252 to 44.988	38.25 to 42.75	35	Vo=-9V	220.22 to 224.956	218.25 to 222.75
11	Vo=10V	44.988 to 49.724	42.75 to 47.25	36	Vo=-10V	224.956 to 229.692	222.75 to 227.25
12	Vo=11V	49.724 to 54.46	47.25 to 51.75	37	Vo=-11V	229.692 to 234.428	227.25 to 231.75
13	Vo=12V	54.46 to 59.196	51.75 to 56.25	38	Vo=-12V	234.428 to 239.164	231.75 to 236.25
14	Vo=13V	59.196 to 120.764	56.25 to 123.75	39	Vo=-13V	239.164 to 300.732	236.25 to 303.75
15	Vo=12V	120.764 to 125.5	123.75 to 128.25	40	Vo=-12V	300.732 to 305.468	303.75 to 308.25
16	Vo=11V	125.5 to 130.236	128.25 to 132.75	41	Vo=-11V	305.468 to 310.204	308.25 to 312.75
17	Vo=10V	130.236 to 134.972	132.75 to 137.25	42	Vo=-10V	310.204 to 314.94	312.75 to 317.25
18	Vo=9V	134.972 to 139.708	137.25 to 141.75	43	Vo=-9V	314.94 to 319.676	317.25 to 321.75
19	Vo=8V	139.708 to 144.444	141.75 to 146.25	44	Vo=-8V	319.676 to 324.412	321.75 to 326.25
20	Vo=7V	144.444 to 149.18	146.25 to 150.75	45	Vo=-7V	324.412 to 329.148	326.25 to 330.75
21	Vo=6V	149.18 to 153.916	150.75 to 155.25	46	Vo=-6V	329.148 to 333.884	330.75 to 335.25
22	Vo=5V	153.916 to 158.652	155.25 to 159.75	47	Vo=-5V	333.884 to 338.62	335.25 to 339.75
23	Vo=4V	158.652 to 163.388	159.75 to 164.25	48	Vo=-4V	338.62 to 343.356	339.75 to 344.25
24	Vo=3V	163.388 to 168.124	164.25 to 168.75	49	Vo=-3V	343.356 to 348.092	344.25 to 348.75
25	Vo=2V	168.124 to 172.86	168.75 to 173.25	50	Vo=-2V	348.092 to 352.828	348.75 to 353.25
26	Vo=1V	172.86 to 177.596	173.25 to 177.75	51	Vo=-1V	352.828 to 357.564	353.25 to 357.75
27	Vo=0	177.596 to 182.332	177.75 to 182.25	52	Vo=0V	357.564 to 360	357.75 to 360

Case 1: Simulation with resistive load:

In this case, using unequal space control as well but only the peak step is bigger than other steps

by thirteen times, the number of switching pulses is 74 pulses. In figure 6 the waveform of the current and voltage are shown.

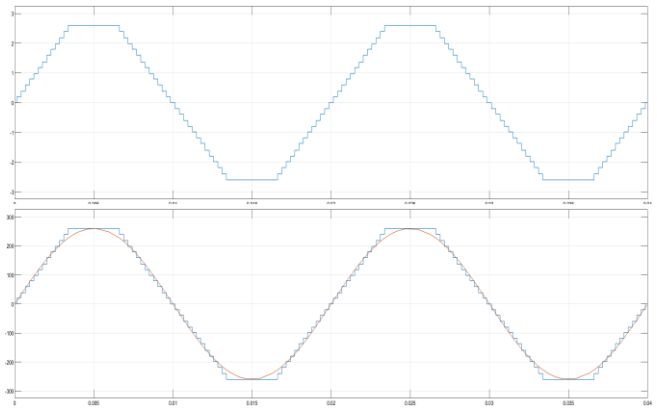


Figure 6 current and voltage wave forms of case 1

Figure 7, shows the result of THD and harmonic orders, the biggest harmonic order is the fifth-order after that the third and seventh orders then around the switching frequency harmonics before and after the switching frequency. These are the seventy-third and seventy-fifth orders.

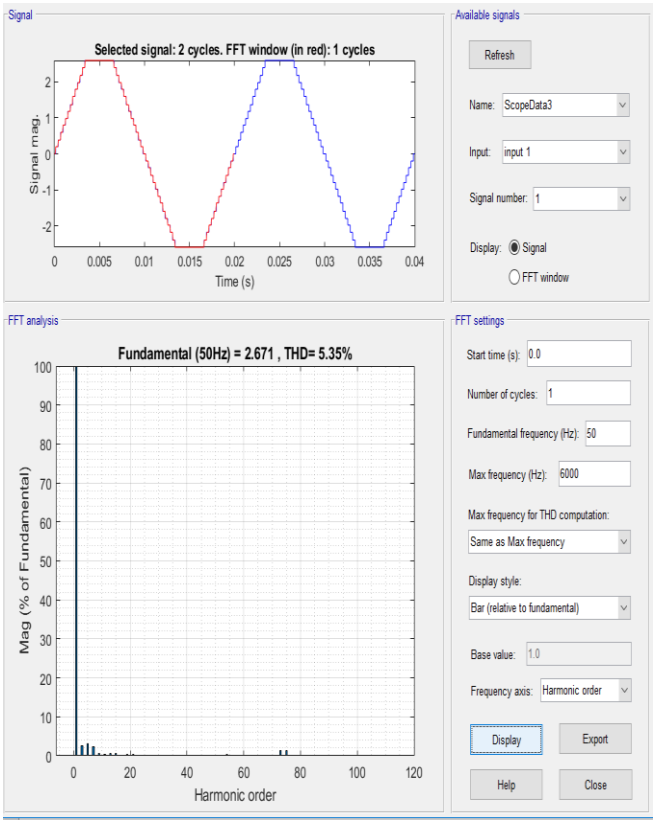


Figure 7 current and voltage wave form and the THD

Case 2: Simulation with inductive load:

In this case use same control of case 1 with, R=80ohm and XL=20ohm, (L=64 mH) is used. In this case, using unequal space control, similar to case 1 in the previous section whose the peak step is bigger than other steps by fifteen times.

Figure 8 shows the waveform of the voltage and current and the effect of inductive loading on the current waveform is quite clear.

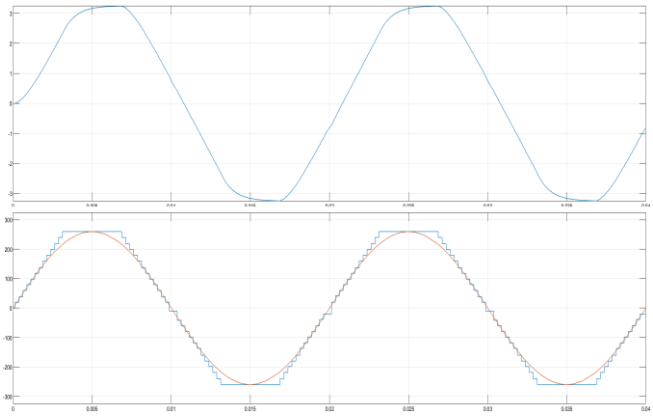


Figure 8 current and voltage wave forms with inductive load for case 2

Figure 9, shows the result of THD and harmonic orders, the biggest harmonics order are the third, fifth, seventh, ninth, and eleventh orders. This is the effect of inductive because it is filtering out the higher-order harmonics of the current waveform.

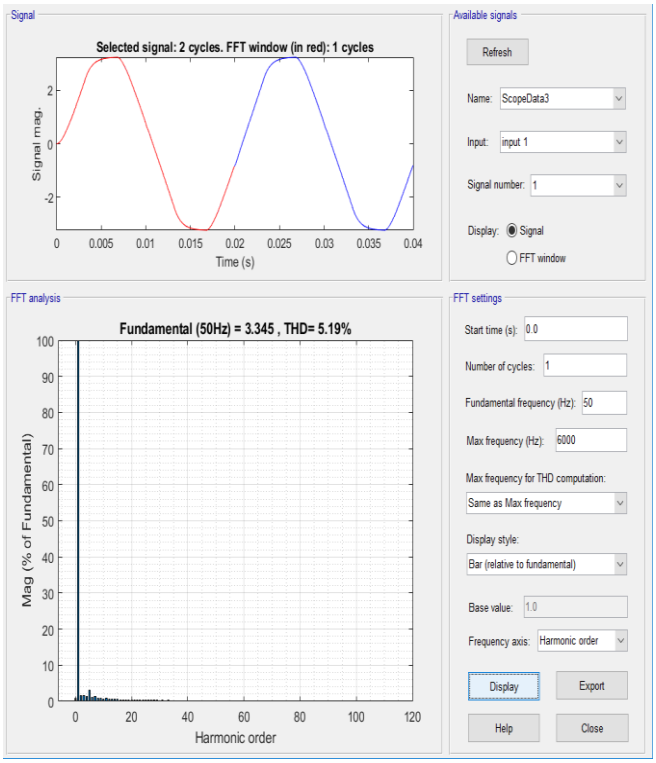


Figure 9 current wave form and the THD for case2 with inductive load

Figure 10, shows the result of THD and harmonic orders, the biggest harmonic order is the fifth-order after that the switching frequency effect for the harmonic orders and it generates two harmonics before and after the switching frequency. These are the seventy-ninth and eighty-first order, and finally the seventh-order has big value.

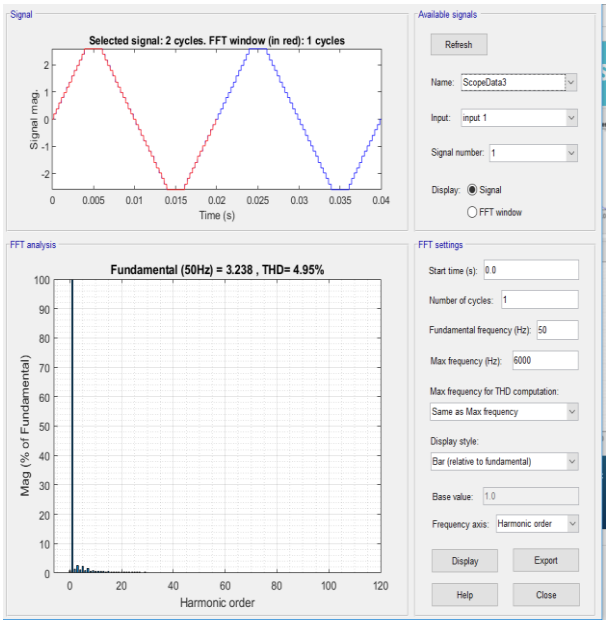


Figure 10 current wave form and the THD for case2 with inductive load

Table 3 shows comparison of results obtained in this paper with other study results in terms of harmonic distortion.

TABLE 3. THD% COMPARISON

References	THD%
This study	4.95%
[5]	4.28%
[6]	1.93%
[7]	Different value depends on PWM type (from 4.41% to 5.73%)

IV. CONCLUSION

In this study, a novel asymmetric cascaded multilevel inverter was presented to create 27-level output waveforms. The Technological control of this circuit is PWM (selective harmonic elimination). In comparison to alternative topologies, a single phase 27 level reduced switches and DC sources. The suggested MLI has just 12 switches and three DC sources to provide a 27-level output voltage. The inductive loading effect in filtering out the high order harmonics components is more noticeable in current waveforms but the voltage waveform is still unaffected. The simulation results reveal that the THD=4.95% for the proposed network's output voltages which is low when compared to other MLI networks and no filter is used.

REFERENCES

[1] M. N. A. Ghamudi, Z. E. Abdulhamed and A. H. Esuri, "A Modified Topology Of Asymmetrical 9-Levels Cascaded Multilevel Inverter," 2021 IEEE 1st International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering MI-STA, Tripoli, Libya, 2021, pp. 491-495.

[2] J. N. BhanuTej, C. Rani, A. TamilMaran, J. Santhosh, Y. Wang and K. Busawon, "Different Multilevel Inverter Topologies and Control Schemes for Renewable Energy Conversions: A Review," 2018 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), Chennai, 2018, pp. 286-295.

[3] M. Pamujula, A. Ohja, R. D. Kulkarni and P. Swarnkar, "Cascaded 'H' Bridge based Multilevel Inverter Topologies: A Review," 2020 International Conference for Emerging Technology (INCET), Belgaum, India, 2020, pp. 1-7.

[4] Z. E. Abdulhamed, A. H. Esuri, N. A. Abodhir, M. N. A. Ghamudi and F. A. Azreeq, "Practical Implementation of A Modified Hybrid Bridge Multi-level Inverter," 2022 IEEE 2nd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA), Sabratha, Libya, 2022, pp. 663-667.

[5] N. Prabaharan and K. Palanisamy, "A new hybrid asymmetric multilevel inverter with reduced number of switches," 2016 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), Trivandrum, India, 2016, pp. 1-4.

[6] S. D. Khatoonabad and K. Varesi, "A Novel Dual-Input Switched-Capacitor Based 27-Level Boost Inverter Topology," 2020 28th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), Tabriz, Iran, 2020, pp. 1-5.

B. Kunjithapatham, T. S. Anandhi and J. A. Vijaya Selvi, "Real-time implementation of three phase 27-level multilevel inverter with DC carrier PWM technique," 2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), Coimbatore, India, 2016, pp. 1-7

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة مقارنة وفقًا لـ IEC vs ANSI لحساب إجراء تيارات دائرة القصر في أنظمة الطاقة

أحمد رحيل الشتيوي[1]، عبدالله دوفان جمعة[2]، خالد عبدالمولى الشيباني[3]، عبدالسلام ميلود شاعوف[4]
[1]جامعة غريان، غريان، ليبيا
[2] جامعة غريان، غريان، ليبيا
[3] جامعة غريان، غريان، ليبيا
[4] جامعة غريان، غريان، ليبيا
ahmed.amselk@gmail.com[1]، Abdallhadofan@gmil.com[2]، khaledeng2010@yahoo.com[3]، abedessalam@gmail.com[4]

الملخص: أصبحت شبكات أنظمة الطاقة معقدة للغاية بسبب النمو الصناعي، وهذا قد يكون عرضة لاضطرابات مختلفة ويحتاج إلى حل سريع، لذلك فإن اختيار الطريقة المناسبة لحساب تيارات القصر له أهمية خاصة من حيث كل من الاعتبارات الاقتصادية واعتبارات السلامة، وفي هذه الورقة، يتم إجراء دراسة دائرة القصر لنظام توزيع الطاقة النموذجي لمنشأة صناعية باستخدام برنامج (power factory)، ويتم فحص تيارات أعطال النظام لطرق الحساب المختلفة، تقدم الدراسة أهم العلاقات المتبادلة التي تصف المقادير المميزة لتيارات القصر الكهربائي لمعيار IEC ومعيار IEEE / ANSI، وتم إجراء هذه المقارنة على أساس الحسابات التي تم إجراؤها على شبكة MV الصناعية النموذجية.

الكلمات المفتاحية: IEC، ANSI، دائرة القصر، IEEE.

1.المقدمة.

ANSI (المعهد الوطني الأمريكي للمعايير) و IEC (اللجنة الكهروتقنية الدولية) هما من أكثر المعايير استخدامًا لحساب تيارات دائرة القصر في أنظمة الطاقة و يوفر كلا من المعيارين مجموعة من الإجراءات لتحديد الحد الأقصى لتيار دائرة القصر الذي يمكن أن يتدفق عبر النظام و يتمثل الاختلاف الرئيسي بين المعيارين في الطريقة التي يحسبون بها تيار دائرة القصر.

تغطي إجراءات الحساب الواردة في المعيار الأمريكي بشكل أساسي فقط الحد الأقصى لتيارات دائرة القصر اللازمة لاختيار أجهزة التبديل، حيث إنها تشكل جزءًا فقط من معيار أوسع يصف المتطلبات لاختيار المفاتيح الكهربائية ذات الجهد المتوسط. يجب تصميم مكونات نظام الطاقة مثل كبلات الطاقة والمحولات وما إلى ذلك لتحمل تيار دائرة القصر اللحظي في وقت الخطأ.

بشكل عام، يوفر كل من IEC و ANSI طرقًا موثوقة لحساب تيارات دائرة القصر في أنظمة الطاقة، على سبيل المثال، إذا كان هناك قدر كبير من التحميل غير المتوازن أو عوامل أخرى تؤثر على مقاومة النظام، فقد يكون نهج ANSI المعتمد على المعاوقة أكثر دقة من نهج المكونات المتماثل لـ IEC، ومن ناحية أخرى، إذا لم تكن هناك مثل هذه العوامل التي تؤثر على مقاومة النظام، فقد يكون نهج المكون المتماثل لـ IEC أكثر ملاءمة لأنه أبسط وأسرع في الاستخدام من نهج ANSI القائم على المعاوقة.

2.تيارات القصر اسبابها ونتائجها وتصنيفها.

دائرة القصر عبارة عن دائرة كهربائية ذات مقاومة منخفضة للغاية، مما يسمح بتدفق كمية كبيرة من التيار خلالها ويمكن أن

يتسبب ذلك في زيادة الحمل على الدائرة، مما يؤدي إلى زيادة التيار أو حتى نشوب حريق.

تحدث الدوائر القصيرة عادةً بسبب خلل في الأسلاك أو تلف العزل الموجود على الأسلاك، مما يسمح بتدفق الكهرباء بينهما دون المرور عبر أي مكونات أخرى ويمكن أن تكون ناجمة أيضًا عن أضرار المياه أو عوامل بيئية أخرى، و تشمل الأسباب الأخرى المكونات المعيبة مثل المفاتيح أو الصمامات والأسلاك غير الصحيحة.

يمكن أن تتراوح اضرارها من أضرار طفيفة للمكونات في الدائرة، إلى أضرار كبيرة في المعدات والأجهزة الكهربائية ويمكن أن تتسبب أيضًا في نشوب حرائق وانفجارات إذا كان التيار قويًا بدرجة كافية، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تتسبب في انقطاع التيار الكهربائي في بعض المناطق وتسبب في عدم استقرار الشبكة.

يتم تصنيف دائرة القصر حسب موقعها في النظام الكهربائي وشدتها ويحدث القصر المباشر عندما يتلامس سلكان مع بعضهما البعض بشكل مباشر، بينما يحدث قصر غير مباشر عندما يتلامس سلكان مع بعضهما البعض بشكل غير مباشر من خلال مكون آخر مثل المفاتيح، والقصر ذو المستوى المنخفض هو الذي يسبب ضررًا طفيفًا بينما القصرعالي المستوى هو الذي يسبب ضررًا كبيرًا.

3.النمطان الامريكيان ANSI/IEEE C37.

معايير IEEE التي تتناول حسابات الأخطاء للجهد المتوسط والعالي هي :

1. IEEE Std C37.010-1979.
2. IEEE Std C37.5-1979.
3. IEEE Std 141-1993.
4. IEEE Std 241-1990.
5. IEEE Std 242-1986.

معايير IEEE التي تتناول حسابات الأخطاء لأنظمة الجهد المنخفض (أقل من 1000 فولت)، هي :

1. IEEE Std C37.13-1990.
2. IEEE Std 141-1993.
3. IEEE Std 241-1990.
4. IEEE Std 242-1986.

يتم تحديد ثلاثة أنواع من تيارات دائرة القصر، اعتمادًا على الإطار الزمني من بداية الخطأ، مثل :

1. تيارات الدورة الأولى.
2. التيارات المقاطعة.
3. تيارات تأخير الوقت.

تيارات الدورة الأولى، والتي تسمى أيضًا التيارات اللحظية، هي التيارات عند $\frac{1}{2}$ دورة بعد بدء الخطأ ؛ إنها تتعلق بواجهة قواطع الدائرة الكهربائية عند "الإغلاق" أو تحمل التيارات ذات دائرة القصر وهذا هو السبب في أن هذه التيارات تسمى أيضًا التيارات "القريبة والمغلقة". غالبًا ما تحتوي هذه التيارات على إزاحة التيار المستمر، ويتم حسابها على أساس عدم وجود تناسق في المصادر المساهمة.

تيارات المقاطعة هي تيارات دائرة القصر في الفاصل الزمني من 3 إلى 5 دورات بعد بدء

الخطأ وإنها تتعلق بالتيارات التي تشعر بها معدات المقاطعة عند عزل الخطأ، ومن ثم، إليها أي ضًا باسم تيارات "فراق يشار
الاتصال"، وهذه التيارات غير متكافئة، أي أنها تحتوي على تعويض التيار المستمر، ولكن يتم الآن تقليل التيار المتردد بسبب الوقت المنقضي من بداية الخطأ وتؤخذ جميع المصادر المساهمة في الاعتبار عند حساب التيارات المقاطعة بحكم التفاعلات التي تتراوح من شبه عابر إلى عابر.

التيارات المتأخرة بالوقت هي التيارات ذات دائرة القصر التي تتعدى 6 دورات (وحتى 30 دورة) من بدء الخطأ وإنها مفيدة في تحديد التيارات المستشعرة بالمرحلات المتأخرة بالوقت وفي تقييم حساسية مرحلات التيار الزائد ويفترض أن هذه التيارات لا تحتوي على تعويض التيار المستمر، ويتم إهمال مساهمات المحرك التعريفي والمتزامن، ويفترض أن المولدات المساهمة قد حققت تفاعلات عابرة أو ذات قيمة أعلى.

4.النمط الدولي IEC60909.

معيار IEC60909 هو معيار دولي لحساب تيارات دائرة القصر في الأنظمة الكهربائية ثلاثية الطور، يوفر طريقة حساب الحد الأقصى لتيار دائرة القصر الذي يمكن أن يتدفق عبر النظام بالإضافة إلى الحد الأدنى والحد الأقصى لمستويات الخطأ الحالية التي كن توقعها، ويوفر المعيار أي ضًا إرشادات يم
حول كيفية اختيار الأجهزة الواقية مثل الصمامات وقواطع الدائرة وكيفية ضبط حجمها بشكل صحيح، بالإضافة إلى ذلك، فإنه يحدد متطلبات اختبار وتشغيل الأنظمة الكهربائية.

يهدف هذا المعيار إلى توفير طريقة واحدة لتحسين دقة حسابات التكاليف والارباح لمشاريع التوليد والنقل الكهربائي، ويتضمن معيار IEC 60909 معايير لتحديد مستوى المخاطر والتكاليف والمنافع لمشاريع التوليد والنقل.

يستند هذا النمط إلى معايير IEC 60050-151 وIEC 60050-191 IEC.
يستهدف هذا النمط أساسا بالنسبة لتوفير أداء موثوق وسهولة الاستعمال لتحديد السعة والتوافق للنظام الكهربائي.

1.4.ينطبق هذا الجزء من المواصفة القياسية IEC 60909 على طرق حساب تيارات دائرة القصر.

1- في أنظمة التيار المتغير ذات الجهد المنخفض وثلاثية الأطوار.
2- في أنظمة التيار المتغير ذات الجهد العالي وثلاثية الأطوار.
التي تعمل بمعدل تردد طبيعي 50 هرتز أو 60 هرتز، تحتاج الأنظمة في الأجهاد العالية التي تصل إلى 550 كيلو فولت وأكثر مع خطوط نقل الحركة الطويلة إلى تناولها بشكل خاص.
وضع هذا الجزء من المواصفة القياسية IEC 60909 اجراءات عامة وعملية ودقيقة تؤدي إلى النتائج التي تتميز بدقة مقبولة بصفة عامة، وفي طريقة الحساب هذه يتقدم مصدر الجهد في موقع دائرة القصر، وهي لا تستبعد استخدام طرق خاصة على سبيل المثال طريقة التراكب المعدلة لظروف خاصة، إذا قدموا على الأقل نفس مستوى الدقة، وتقدم طريقة التراكب

تيار دائرة القصر ذات الصلة بتدفق حمل واحد مفترض مسبقاً، ومن ثمة فإن هذه الطريقة لا تؤدي بالضرورة إلى أقصى تيار دائرة القصر.

يتناول هذا الجزء من المواصفات القياسية IEC 60909 لحساب تيارات دائرة القصر في حالة اتزان أو عدم اتزان دوائر القصر في حالة وجود مجرى ناقل عرضي أو ناقل بين موصل بخط واحد والأرض، يجب التمييز بين الحالتين التاليتين نظراً لخصائصها وأثارها الفيزيائية المختلفة (التي ينتج عنها متطلبات مختلفة لحسابها):

1. دائرة القصر خط متصل بالأرض، داخل نظام أرضي محايد ثابت أو نظام مقاومة أرضية محايد.
2. عطل في الخط أحادي الطور المتصل بالأرض الذي يحدث في نظام معزول أرضي محايد أو نظام أرضي محايد رنين. هذا العطل ناتج عن نظاق هذه المواصفة القياسية ومن ثمة فهي لا تتعامل معها.

بالنسبة للتيارات من خلال دائرتين قصيرتين منفصلتين متزامنتين أحادية الطور وبخط متصل بالأرض في نظام منعزل محايد أو نظام رنين أرضي محايد، انظر إلى المواصفة القياسية IEC 60909-3، قد لا تحدد أيضاً تيارات دائرة القصر ومقاومة دائرة القصر من خلال اختبارات النظام، أو من خلال القياس بناءً على محلل شبكي، أو من خلال جهاز حاسب الي رقمي، في الأنظمة ذات الجهد المنخفض الموجودة، من الممكن أن تحدد نسبة مقاومة دائرة القصر على أساس القياسات التي تؤخذ في موقع دائر القصر المحتملة التي نحن بصددها.

يعتمد حساب مقاومة دائرة القصر بصفة عامة على معلومات المعادلات للأجهزة الكهربائية والتنسيق الطبولوجي للنظام ويتميز بإمكانيته لكل من الأنظمة القائمة والأنظمة في مرحلة التخطيط.

تحسب تيارين دائرة القصر، التي تختلف من حيث مقدارها، بصفة عامة كما يلي:

1. أقصى معدل لتيار دائرة القصر الذي يحدد قدرة أو معدل الأجهزة الكهربائية.
2. أدنى معدل لتيار دائرة القصر الذي قد يكون، على سبيل المثال، أساساً لاختيار المصاهر، ولوسط الأجهزة الوقائية، ولفحص تشغيل المولدات، لاحظ أنه من المفترض أن التيار في دائرة القصر ثلاثية الأطوار متزامنة في كل الأقطاب.

تضمن هذه المواصفة القياسية فحوصات دوائر القصر غير المتزامنة، التي قد تؤدي إلى عناصر عالية لا دورية لتيار دائرة القصر.

لا تشمل هذه المواصفة القياسية على تيارات دائرة القصر التي يتعمد انشاؤها تحت ظروف متحكم فيها (محطات اختبار دائرة القصر).

2.4.حيث ينقسم النمط الدولي (IEC 60909) الي خمس أجزاء.

Part 1: Calculation of currents.

Part 2: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0.

Part 3: Electrical equipment - Data for short-circuit current calculations in accordance with IEC 909 (1988).

Part 4: Currents during two separate simultaneous line-to-earth shortcircuits and partialshort-circuit currents flowing through earth.

Partie 5: Exemples pour le calcul des courants de court-circuit.

الجـــــــزءالاول: حســـــــــاب التيـــــــــارات (Calculation of currents).

حيـت يهـتم هـذا الجـزء حسـاب تيـارات القصـر بـنمط الـدولي (IEC60909) ومحتويـات هـذا الجزء :

1- النطاق.
2- المراجع المعيارية.
3- المصطلحات والتعاريف.
4- الرمـــوز والنصـــوص والمخطوطـــات العلوية.
5- حساب خصائص تيارات القصر.
6- المعـــدات الكهربائيـــة ممانعـــة قصـــر الكهربائي.
7- حساب قصر الدائرة الاولي.
8- حســـاب تيـــار القصـــر الكهربـــائي فـــي الذروة.
9- حساب تيار القطع المتماثل.
10- مكون DC لتيار القصر الكهربائي.
11- حساب تيار دائرة القصر المستقرة.
12- دوائـــر القصـــر فـــي جانـــب الجهـــد المنخفض للمحولات.
13- دائـرة القصـر طرفيـة للمحركـات غيـر المتزامنة.

الجـــزء الثـــاني: عوامـــل حســـاب التيـــارات ذات دائـــــرة القصـــــر وفقًـــــا للمواصـــــفة (IEC 60909-0).

يهـتم بدراسـة عوامـل حسـاب تيـارات ذات دائـرة القصـر طبقـا للموصـفات النظـام الـدولي ومحتويات هذا الجزء :

1- مقدمة عامة.
2- العوامـل المسـتخدمة فـي نمـط الـدولي (IEC 60909-0).

الجـزء الثالـث: بيانـات حسـابات تيـار دائـرة القصـر وفقًـا للمواصـفة (1988) IEC 909 ومحتويات هذا الجزء :

1- مقدمة عامة.
2- القســم الأول عــام نطــاق والهــدف والوثائق المرجعية.
3- قســم الثــاني بيانــات المعــدات الكهربائية.

الجـــزء الرابـــع: التيـــارات خـــلال دارتـــين قصـــيرتين منفصـــلتين متـــزامنتين مـــن خـــط إلـــى أرض وتيـــارات دائـــرة القصـــر جزئيـــة تتـــدفق عبـــر الأرض ويهـــتم بدراســـة التيـــارات خـــلال دائـرتين حـدت فـيهم قصـر منفصـلين متـزامنتين مـن خـط الـي الأرض وتيـارات قصـر جزئيـة تتدفق عبر الأرض ومحتويات هذا الجزء :

1- مجال التطبيق.
2- المراجع المعيارية.
3- المصطلحات والتعريفات.
4- الرموز.
5- التيـــارات خـــلال دائـــرتين قصـــريتين منفصـــلتين أحاديـــة الطـــور متزامنـــة الأرض.
6- تتـــدفق التيـــارات الجزئيـــة ذات دائـــرة القصـــر عبـــر الأرض فـــي حالـــة القصـــر الكهربائي غير متوازن.

الجـزء الخـامس: أمثلـة مـن أجـل حسـاب تيـارات القصر وفقا لنمط الدولي (IEC 60909-0)

هـذا الجـزء يوضـح أمثلـة لحسـاب تيـار القصـر با استخدام النمط الدولي.

3.4.القـوانين المسـتخدمة لحسـاب تيـارات القصـر وفقا لموصفات النمط الدولي (IEC 60909).

لحسـاب تيـارات القصـر وفقـا لـنمط الـدولي (IEC 60909)، باستخدام القوانين التالية :

$$ZT = \frac{u_{Kr}}{100\%} * \frac{U^2{}_{rT}}{S_{rT}}$$

$$\mathrm{RT} = \frac{U_{Rr}}{100\%} * \frac{U^2{}_{rT}}{S_{rT}}$$

$$XT = \sqrt{Z^2{}_T - R^2{}_T}$$

$$I_K = \frac{U_N}{\sqrt{3}(Z_{Th})}$$

$U^2{}_{rT}$: هـو الجهـد للمحـول علـي جانـب الجهـد العالي او الجهد المنخفض.

S_{rT} : هي القدرة الواضحة المقدرة للمحول.

u_{Kr} : هـو جهـد دائـرة القصـر عنـد التيـار المقنن بالنسبة المئوية.

U_{Rr} : هـو المكـون المقـاوم المقـنن لجهـد دائـرة القصر بالنسبة المئوية.

5.دراسة القصر في شبكة الجهد المتوسط.

تحتـاج الأنظمـة ذات الفولتيـة القصـوى البالغـة 550 كيلوفولـت ومـا فـوق مـع خطـوط النقـل الطويلـة، يحـدد هـذا الجـزء مـن المواصـفة القياسـية IEC 60909 إجـراءا عامًـا وعمليًـا ومـوجزًا يـؤدي إلـى نتـائج تكـون بشـكل عـام ذات دقـة مقبولـة، بالنسـبة لطريقـة الحسـاب هـذه، يكـون مصـدر جهـد مكـافئ عنـدما يـتم تقـديم موقـع دائـرة القصـر، وهـذا لا يسـتبعد اسـتخدام الأسـاليب الخاصـة، علـى سـبيل المثـال طريقـة التراكـب، معدلـة لظـروف معينـة، إذا أعطـت علـى الأقـل نفـس الدقـة، وطريقـة التراكـب تعطـي تيـار دائـرة القصـر المـرتبط بتـدفق الحمـل المفـروض مسـبقًا، هـذا وبالتـالي لا تـؤدي بالضـرورة إلـى الحـد الأقصـى لتيـار دائرة القصر.

يتنـاول هـذا الجـزء مـن المواصـفة القياسـية IEC 60909 حسـاب تيـارات دائـرة القصـر فـي حالـة الموازنـة أو دوائـر القصـر غيـر متوازنـة فـي حالـة وجـود مسـار موصـل عرضـي أو مقصـود بـين موصـل خـط واحـد و الأرضـي، يجـب تمييـز الحـالتين التـاليتين بوضـوح فيمـا يتعلـق باختلافهمـا الخصـائص والتـأثيرات الفيزيائيـة (التـي تـؤدي إلـى متطلبات مختلفة لحسابها):

1- القصـر الكهربـائى مـن خـط إلـى الأرض، يحـدث فـي نظـام محايـد مـؤرض بقـوة أو ممانعـة نظـام محايـد مؤرض.
2- خطـأ خـط أرضـي واحـد، يحـدث فـي نظـام مـؤرض محايـد معـزول أو رنـين نظـام محايـد مـؤرض، وهـذا الخطـأ خـارج النطـاق، وبالتـالي لا يـتم التعامل معه في هذا المعيار.

بشـكل عـام، يجـب حسـاب تيـارات القصـر، والتي تختلف في حجمها.

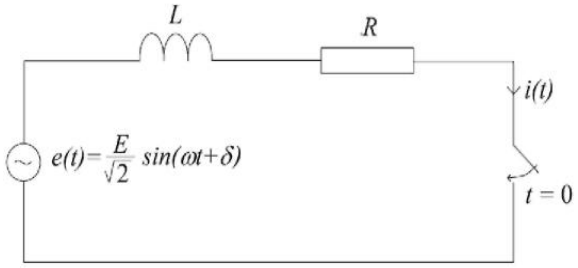
ملاحظة: يفترض أن التيار في دائرة القصر ثلاثية الطور يتم في نفس الوقت في جميع الأقطاب، وتحقيقات دوائر القصر غير المتزامنة، والتي قد تؤدي إلى مكونات غير دورية أعلى لتيار القصر.

لا تغطي هذه المواصفة القياسية تيارات القصر التي تم إنشاؤها عمدًا تحت المراقبة.

الاستثمارات في البنية التحتية لهندسة الطاقة، مثل انشاء خطوط كهرباء جديدة وتركيب محولات أو وحدات توليد الطاقة في محطات الطاقة كلها مسبوقة بتحليلات عديدة، بما في ذلك التقييمات التقنية.

دقة حسابات دائرة القصر لها تأثيرعلى سلامة أنظمة هندسة الطاقة نفسها وكذلك سلامة الإنسان، خلال حالة دائرة القصر، التيارات أعلى عدة مرات من التيارات العاملة تتدفق عبر عناصر الشبكة، وحيث دائرة القصر يجب إلغاء تنشيطه على الفور عن طريق فتح ملف قاطع الدائرة - اختيار معدات التوصيل الصحيحة له أهمية حيوية هنا، وإذا تم توصيل قاطع الدائرة والسعة غير كافية فلن تكون قادرة على قمع القوس والتي قد تحدث أثناء فتح الدائرة، وفي مثل حالة حدوث تلف للجهاز وقد يؤدي ذلك إلى حدوث عطل بغطي مساحة أكبر من الشبكة مما قد يؤدي إلى زيادة كبيرة في الخسائر. من ناحية أخرى، يتم تركيب قواطع مع تصنيفها التيار مع كسر قدرة أكبر بكثير مما كان متوقعا، التيارات غير مبررة من الناحية الاقتصادية.

تغطي حسابات دائرة القصر نطاقًا واسعًا، والعنصر الأكثر أهمية هو تحديد خصائص القيم لتدفق تيار دائرة القصر Ir في دائرة R.L بالتناوب الحالي الذي يظهر في الشكل (1)، بعد الإغلاق على الفور t = 0 للموصل، سيتدفق التيار i (t)، كما هو موضح بواسطة المعادلة (1).



الشكل (1) R.L دائرة التيار المتردد

$$i(t)=\frac{\sqrt{2}E}{Z}sin(\omega t+\delta-\varphi)-\frac{\sqrt{2}E}{Z}sin(\delta-\varphi)e^{-\frac{R}{L}t}$$
$$i(t)=i_{A.C}+i_{D.C}$$

معادلة رقم (1)

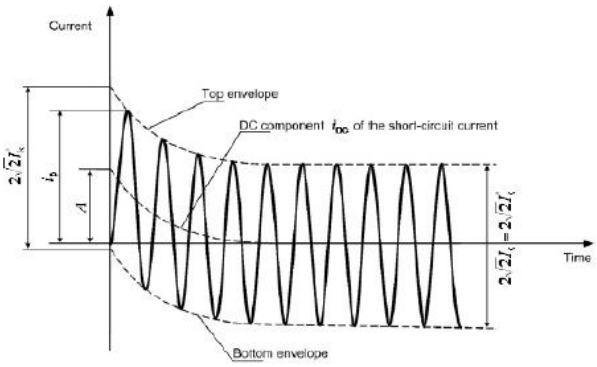
حيث: $Z=\sqrt{R^2+(\omega L)^2}$ وحدة مقاومة النقل، دائرة مغلقة، $\varphi = arctg\ (\omega L / R)$ E جذر متوسط مربع مصدر الجهد، δ زاوية الجهد عند المثال t = 0 لحدوث دائرة القصر، $\omega = 2\pi f$ ، قد يكون هناك مكونان محددان في المعادلة (1)، الأول يتعلق أحدهما بمكون التيار المتردد iAC، القسري في دائرة بمصدر الجهد، المكون الثاني غير دوري مكون من تيار القصر iDC، يتلاشى مع مرور الوقت.

L / R يحدث عندما لا يمكن للتيار في الدائرة تغيير باستخدام وضع الخطوة، وبالتالي فإن

مجمـــوع مكـــونين يجـــب أن يكـــون المثيـــل الأول لشـــرط دائـــرة القصـــر مســـاويًا لتيـــار قبـــل حالـــة القصـــر، وفـــي أغلـــب الأحيـــان، قبـــل حـــدوث حالـــة قصـــر الـــدائرة، يكـــون الوضـــع الحـــالي خاليـــا بحيـــث تكـــون القيمـــة اللحظيـــة للتيـــار عنـــد النقطـــة التـــي تحـــدث عنـــد حـــدوث حالـــة قصـــر الـــدائرة تســـاوي صـــفرًا i (0) = 0. إذا حـــدثت حالـــة دائـــرة القصـــر فـــي مثـــل هـــذه اللحظـــة أن الشـــرط φ = π / 2 - δ مستوفى، ثـم التيـار المباشـر المكـــون يفتـــرض الحـــد الأقصـــى للقيمـــة الأوليـــة. وبالتـــالي، فإنـــه ينـــتج عنـــه i (t) بـــافتراض أكبـــر قيمـــة فوريـــة، يظهـــر الوضـــع فـــي الشـــكل (2)، بالإضافة إلى الخاصية التالية يتم تقديم القيم:

• تيـــار دائـــرة القصـــر أولـــي Ik قيمـــة جـــذر متوسط التربيع للمكون rms.

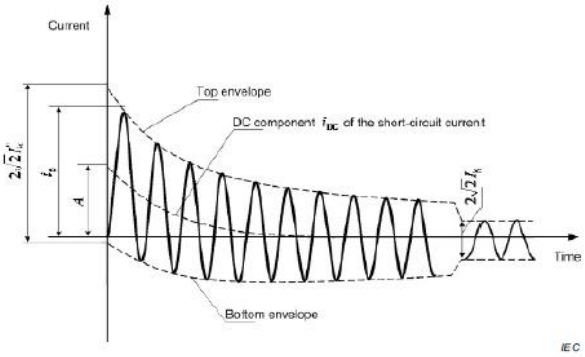
• تيار دائرة القصر ثابت الحالة Ik.



الشكل (2) تدفق تيار دائرة القصر i (t) في دائرة R.L لتيار المتردد في حالة دائرة القصر بعيدة.

ل ظـــروف قصـــر الـــدائرة بعيـــ دًا عـــ ن المولـــد، خـــلا

فـــإن القـــيم الحاليـــة لـــدائرة القصـــر الأوليـــة وقـــيم الحالـــة المســـتقرة وتيـــار دائـــرة القصـــر متســـاويان. ومـــع ذلـــك، فـــي حـــالات قصـــر الـــدائرة بـــالقرب مـــن الآلات المتزامنـــة، القـــيم مـــن تيـــار دائـــرة القصـــر المســـتقر أقـــل، هـــذا نتيجـــة لتغييـــر مســـار التـــدفق داخـــل المولـــد خـــلال حالـــة قصـــر الـــدائرة، فـــي البدايـــة، يـــتم دفـــع التـــدفق مـــن التيـــارات المســـتحثة فـــي قفـــص وفـــي المجـــال المتعـــرج، هـــذه التيـــارات تتلاشـــى مـــع مـــرور الوقـــت و يـــدخل التـــدفق تـــدريجيًا ممـــا يزيـــد مـــن تفاعـــل قيمـــة المولـــد، فـــي الحالـــة الأولـــى مـــن القصـــر، الشـــرط المفاعلـــة هـــو الأدنـــى ويفتـــرض قيمـــة 15٪ (حالـــة شـــبه عـــابرة)، خـــلال حالـــة دائـــرة القصـــر يزيـــد إلـــى مـــا يقـــرب مـــن 30٪ (حالـــة عـــابرة) ثـــم تصـــل إلـــى أقصـــى قيمـــة 200٪ (حالـــة ثابتـــة). ونتيجـــة لـــذلك، فـــإن المفاعلـــة مـــن الـــدائرة خـــلال حالـــة دائـــرة القصـــر ويـــنخفض اتســـاع تيـــار دائـــرة القصركما موضح في الشكل (3).



الشكل (3) تدفق تيار دائرة القصر i (t) في دائرة R.L الخاصة بالتيار المتردد عند خطأ قصير.

كمـــا يجـــب اجـــراء حســـابات دائـــرة القصـــر فـــي الامتثـــــال للمعـــــايير الدوليـــــة IEC60909 و المعيـــار داخـــل الاتحـــاد الأوروبـــي ، وكـــذلك اســـتخدام معيـــار موحـــد وواضـــح مـــن نـــوع واحـــد يســـهل فـــي انجـــاز العمـــل و تقليـــل التكـــاليف علـــي الشـــركات هندســـة الطاقـــة المتخصصـــة فـــي هـــذا المجال .

يحدد هذا الجزء من المواصفة القياسية IEC 60909 إجراءات حساب دائرة القصر المحتملة.

التيارات ذات دائرة القصر غير المتوازنة في أنظمة التيار المتردد عالية الجهد ثلاثية الطور التي تعمل عند التردد الاسمي 50 هرتز أو 60 هرتز، أي :

1- التيارات خلال دائرتين قصيرتين منفصلتين متزامنتين من خط إلى أرض و محايدة أو معزولة.
2- التيارات الجزئية ذات دائرة القصر التي تتدفق عبر الأرض في حالة وجود خط واحد قصير على الأرض.

يتم استخدام التيارات المحسوبة بواسطة هذه الإجراءات عند تحديد الفولتية المستحثة أو لمس أو خطوة الفولتية وصعود جهد الأرض في محطة (محطة طاقة أو محطة فرعية).

لا تغطي هذه المواصفة:

1- تيارات قصر كهربائى تم إنشاؤها عمدًا في ظل ظروف خاضعة للرقابة.
2- عيوب خط أرضي واحد في أنظمة مؤرضة معزولة أو محايده.

الهدف من هذا المعيار هو وضع إجراءات عملية وموجزة للحساب التيارات ذات دائرة القصر من خط إلى أرض أثناء قصيرين متزامنين منفصلين من خط إلى أرض، الدوائر وتيارات دائرة القصر الجزئية عبر الأرض من التركيبات الكهربائية، مما يؤدي إلى نتائج متحفظة بدقة كافية، ولهذا الغرض، يتم تحديد التيار من خلال النظر في مصدر جهد مكافئ مطبق في موقع دائرة القصر مع الكل وتعيين مصادر أخرى إلى الصفر، الإجراء مناسب للتحديد بالطرق اليدوية أو الحساب الرقمي.

هذا المعيار هو إضافة إلى IEC 60909-0. التعريفات والرموز والحسابات العامة تشير الافتراضات إلى هذا المنشور، العناصر الخاصة فقط محددة أو محددة في هذه الوثيقة.

هذا لا يستبعد استخدام الأساليب الخاصة، على سبيل المثال طريقة التراكب، معدلة لظروف معينة، إذا كانت تعطي على الأقل نفس الدقة.

كما هو مذكور في IEC 60909-0، يمكن أيضًا تحديد تيارات ماس كهربائى ومعلماتها عن طريق اختبارات النظام.

حساب معلمات دائرة القصر بناءً على البيانات المقدرة للكهرباء وتتميز المعدات والترتيب الطوبولوجي للنظام بميزة الوجود فهي ممكنه لكل من الأنظمة الموجودة والأنظمة في مرحلة التخطيط.

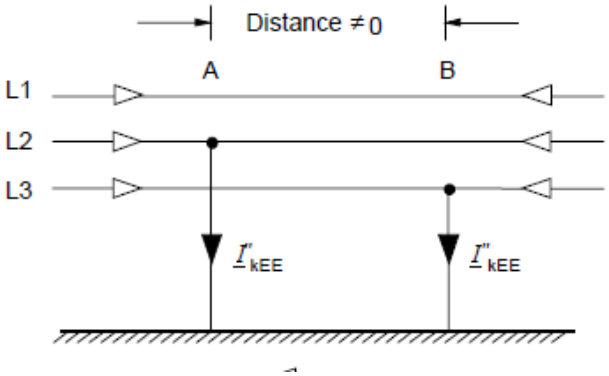
التيارات خلال دائرتين قصيرتين منفصلتين متزامنتين من خط إلى أرض.

طريقة الحساب:

يوضح الشكل(4) تيار دائرة القصر I"kEE خلال خطين متزامنين منفصلين في وقت واحد.

دوائر قصيرة على موصلات خطية مختلفة في الموقعين A و B بمسافة محدودة بينهما.

أي المسافة ≠ 0. من المفترض أن الموقعين A و B بعيدان عن المحطات.

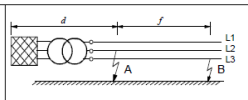
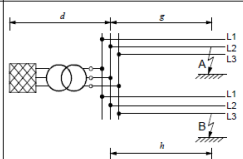
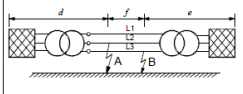


الشكل .(4) - توصيف نوعين منفصلين في وقت واحد دوائر قصيرة خط إلى الأرض والتيار " IkEE .

ملاحظة يتم اختيار اتجاه التيار بشكل عشوائي.

في الأنظمة المحايدة المعزولة أو ذات الأرضية المحايدة، تكون دائرة القصر المتماثلة الأولية حاضِر ويتم حساب IkEE باستخدام المعادلة التالية :

الجدول (1) - حساب الخط الأولي إلى الأرض تيارات القصر الكهربائي في حالات

a)		Single-fed radial line $I''_{kEE} = \frac{3cU_n}{\lvert 6\underline{Z}_{(1)d} + 2\underline{Z}_{(1)f} + \underline{Z}_{(0)f} \rvert}$ (8)
b)		Two single-fed radial lines $I''_{kEE} = \frac{3cU_n}{\lvert 6\underline{Z}_{(1)d} + 2(\underline{Z}_{(1)g} + \underline{Z}_{(1)h}) + \underline{Z}_{(0)g} + \underline{Z}_{(0)h} \rvert}$ (9)
c)		Double-fed single line $I''_{kEE} = \frac{3cU_n}{\left\lvert \frac{6\underline{Z}_{(1)d}\underline{Z}_{(1)e} + 2\underline{Z}_{(1)f}(\underline{Z}_{(1)d} + \underline{Z}_{(1)e})}{\underline{Z}_{(1)d} + \underline{Z}_{(1)f} + \underline{Z}_{(1)e}} + \underline{Z}_{(0)f} \right\rvert}$ (10)

بسيطه.

$$I''_{kEE} = \frac{3cU_n}{\left|2\underline{Z}_{(1)A} + 2\underline{Z}_{(1)B} + 2\underline{M}_{(1)} + \underline{Z}_{(0)}\right|}$$

اقصى تيار قصر للدائرة، تيار فصل قصر كهربائى متماثل و تيار دائرة القصر ثابت الحالة.

يتم حساب تيار قصر كهربائى في حالة الذروة وفقًا لـ IEC 60909-0.

$$ipEE = \kappa\sqrt{2}\, I''kEE$$

بالنسبة للعامل κ، يتم استخدام نفس القيمة كما في حالة دائرة القصر ثلاثية الطور عند الموقع Aأو B، وأيهما أكبر.

إذا كان من الممكن افتراض الدوائر القصيرة من خط إلى الأرض على أنها دوائر قصيرة بعيدة عن المولد، إذن :

$$IkEE = IbEE = I''kEE$$

توزيع التيارات قصيرة الدائرة من خط إلى أرض خلال تيارين منفصلين دوائر قصيرة متزامنة من خط إلى أرض.

في حالة حدوث دارتين قصيرتين منفصلتين من خط إلى الأرض في الموقعين A و B، فإن التيار يمكن حساب التوزيع عبر الأرض على افتراض أن IkEE " =I (0) * r3 r* كالتيار النشط الوحيد تغذية المصدر لنظام التسلسل الصفري في A و B ؛ يتم تجاهل جميع المصادر الأخرى.

تيارات دائرة القصر جزئية تتدفق عبر الأرض في حالة وجود دائرة القصر غير متوازن.

طريقة الحساب وبشكل عام :

هذا النوع من الدوائر القصيرة في أنظمة الجهد العالي المؤرضة بقوة هو الأكثر شيوعًا اي حدوث قصر كهربائي غير متوازن. يؤدي إلى أعلى تيارات قصر كهربائى من خلال الأرض إذا كان Z (0)> Z (1).

بالنسبة إلى Z (0) <Z (1) في حالة وجود دائرة القصر من خط إلى خط مع اتصال أرضي، فإن التيار إلى أرض يتم اعتبار IkE2E وفقًا لـ IEC 60909-0.

علاوة على ذلك، من المفترض أن المحطات A و B و C مفصولة بأكثر من ضعف المسافة البعيدة- مسافة المحطة DF حسب المعادلات السابقة لحساب تيارات دائرة القصر وفقًا للمواصفة IEC 60909-0، مقاومة البرج مع أو بدون سلك أرضي وممانعات الشبكة الأرضية والوصلات الأخرى بالأرض قد تكون مهملة .

دائرة القصر الخط مع الأرضي في المحطة :

تيار القصر كهربائى من خط إلى أرض I"k1 يساوي ثلاثة أضعاف تيار التسلسل الصفري تتدفق إلى موقع دائرة القصر F:

$$\underline{I}''_{k1} = 3\underline{I}_{(0)A} + 3\underline{I}_{(0)B} + 3\underline{I}_{(0)C}$$

بيانات المحركات غير المتزامنة ذات الجهد المتوسط وتيارات دائرة القصر الجزئية عند مواقع دائرة القصر على القضبان على التوالي.

الجدول (2) - بيانات المحركات غير المتزامنة ذات الجهد المتوسط وتيارات دائرة القصر الجزئية عند مواقع دائرة القصر.

Auxiliary busbar		B (short-circuit location F4)								C							
Motor No.		1	2	3	4	5	6	7	Σ(1...7)	8	9	10	11	12	13	14	Σ (8...14)
P_{rM}	kW	6,8	3,1	1,5	0,7	0,53	2	1,71	–	5,1	3,1	1,5	1,85	0,7	0,53	2	–
Quantity	–	2	1	2	1	2	1	2	–	1	1	2	1	2	2	1	–
U_{rM}	kV	10							10	10							10
$\cos\varphi_{rM}$	–	0,89	0,85	0,88	0,85	0,75	0,85	0,85	–	0,87	0,85	0,88	0,85	0,85	0,75	0,85	–
η_{rM}	–	0,976	0,959	0,962	0,952	0,948	0,96	0,96	–	0,973	0,959	0,962	0,959	0,952	0,948	0,96	–
I_{LR}/I_{rM} [1]	–	4							–	4							–
Pair of poles p	–	2	2	1	3	5	3	3	–	3	2	1	3	3	5	3	–
S_{rM}; ΣS_{rM}	MVA	15,66	3,80	3,54	0,87	1,49	2,45	4,19	32,0	6,02	3,80	3,54	2,27	1,73	1,49	2,45	21,3
I_{rM}; ΣI_{rM}	kA	0,904	0,220	0,205	0,05	0,086	0,142	0,242	1,85	0,348	0,22	0,205	0,131	0,10	0,086	0,141	1,23
P_{rM}/p	–	3,4	1,55	1,5	0,23	0,11	0,67	0,57	–	1,7	1,55	1,50	0,62	0,23	0,11	0,67	–
R_M/X_M	–	0,1			0,15				–	0,1			0,15				–
κ_M	–	1,75			1,65				–	1,75			1,65				–
μ (t_{min} = 0,1 s) [2]	–	0,796							–	0,796							–
q (t_{min} = 0,1 s) [3]	–	0,72	0,62	0,62	0,39	0,31	0,52	0,50	–	0,63	0,62	0,62	0,51	0,39	0,31	0,52	–
I''_{kM}; $\Sigma I''_{kM}$	kA	3,98	0,97	0,90	0,22	0,38	0,62	1,06	8,13	1,53	0,97	0,90	0,58	0,44	0,38	0,62	5,41
i_{pM}	kA	9,85	2,40	2,23	0,51	0,89	1,45	2,47	19,80	3,79	2,39	2,23	1,35	1,03	0,88	1,45	13,12
I_{bM}	kA	2,28	0,48	0,44	0,07	0,09	0,26	0,42	4,04	0,77	0,48	0,44	0,24	0,14	0,09	0,26	2,42
Z_M	Ω	1,60	6,58	7,06	28,74	16,78	10,20	5,97	0,782	4,15	6,58	7,06	11,01	14,45	16,78	10,20	1,173
X_M	Ω	0,995 Z_M			0,989 Z_M				0,777	0,995 Z_M			0,989 Z_M				1,165
R_M	Ω	0,1 X_M			0,15 X_M				0,089	0,1 X_M			0,15 X_M				0,138

[1] I''_{kM}/I_{rM} = 4,4 (see 5.2.5); = I''_{kM} = c (I_{LR}/I_{rM}) I_{rM}

[2] μ (0,1 s) = 0,62 + 0,72e$^{-0,32\,P_{rM}/I_{rM}}$ (equation (70) of IEC 60909-0)

[3] q (0,1 s) = 0,57 + 0,12 ln P_{rM}/p) (equation (73) of IEC 60909-0)

تيارات دائرة القصر ثلاثية الطور.

الجدول (3) تيارات ماس كهربائى " Ik و ip و Ib و Ik في حالة الدوائر القصيرة ثلاثية الطور عند القضبان.

F	U_n kV	I''_{k3} [1] kA	$i_p(50)$ [2] kA	$i_p(20)$ [3] kA	I_b [4] kA	I_k [5] kA
①	380	40,6447	100,5766	100,5677	40,645 [6]	40,635
②	110	31,7831	80,8249	80,6079	31,570	31,663
③	110	19,6730	45,8249	45,8111	19,388	19,623
④	110	16,2277	36,8041	36,8427	16,017	16,196
⑤	110	33,1894	83,6266	83,4033	32,795	32,997
⑥	10	37,5629	99,1910	98,1434	34,028	34,356
⑦	10	25,5895	51,3864	51,6899	23,212	22,276
⑧	30	13,5778	36,9201	36,9227	13,578 [6]	13,573

[1] $c = c_{max}$ = 1,1;

[2] κ = f(R_k/X_k) without the factor 1,15 (see 4.3.1.2 b) and table 11 of IEC 60909-0), taking into account that the cable L6 is connected in series with the asynchronous motors and forms a common branch and that the overhead lines have a ratio of $R/X \approx 0,3$. In the case of a short circuit in 7, L6 is a branch and therefore the factor 1,15 must be used. Take i_p (50) multiplied by 1,15.

[3] κ calculated with the 20 Hz method (4.3.1.2 c) of IEC 60909-0).

[4] I_b calculated with equation (75) of IEC 60909-0 and t_{min} = 0,1 s.

[5] $I_k = I''_{kM}$ (4.6.3 of IEC 60909-0)

[6] Far-from-generator and far-from-motor short circuit $I_b = I''_k$ (4.5.1 of IEC 60909-0)

[7] Far-from-motor short circuit μ_{Mj} =1 ✧ 1 – $\mu_{Mj}q_{Mj}$ = 0 (4.5.2.3 of IEC 60909-0)

الجدول(4) تيارات القصر في حالة الدوائر القصيرة من خط إلى الأرض في القضبان التوزيع.

F	U_n kV	I''_{k1} [1] kA	i_p with $\kappa_{(1)}$ [2] kA	i_p with $\kappa_{(012)}$ [3] kA	$X_{(0)}/X_{(1)}$ [4] –
②	110	15,9722	40,5086	39,9641	3,961
③	110	10,4106	24,2424	24,2635	3,666
④	110	9,0498	20,5463	21,0415	3,394
⑤	110	17,0452	42,8337	41,4303	3,823

[1] $I''_{k1} = I_{b1} = I_{k1}$ (see 4.5.2.4 and 4.6.4 of IEC 60909-0), $c = c_{max}$ = 1,1.

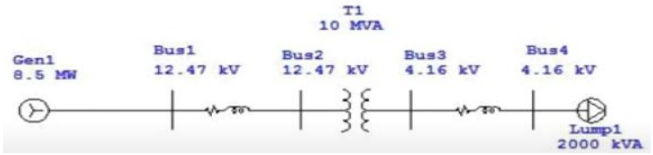
[2] $i_{p1} = \kappa_{(1)}\sqrt{2}I''_{k1}$ with $\kappa_{(1)}$ found with the 20 Hz method for the impedances of the positive-sequence system at the short-circuit location (see 4.3.1.2c), method (c) of IEC 60909-0).

[3] $\kappa_{(012)}$ is calculated with the 20 Hz method taking into account the zero-sequence, the positive-sequence and the negative-sequence impedances in series at the short-circuit location.

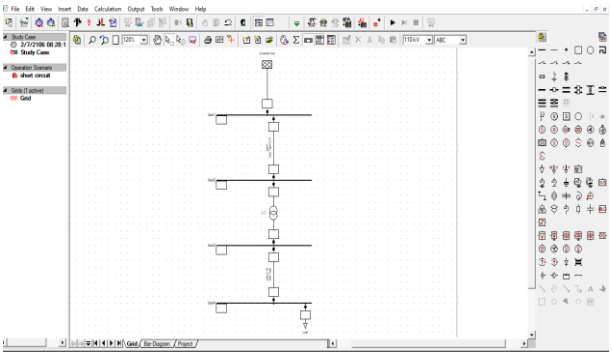
[4] For information only: $X_{(0)}/X_{(1)} \approx 3,4...4,0 \rightarrow I''_{k1}/I''_k \approx 0,56...0,5$, earth fault factor ≤1,4.

6.الدراسة التشبيهية.

في هذا الجزء تم اجراء الدراسة التشبيهية للمقارنة بين الانماط (IEC60909) و (ANSI) لحساب تيارات القصر والهدف هو المقارنة بين قضيب التوصيل (bus bar) القريب من مصدر التغذية وقضيب التوصيل البعيد عن مصدر التغذية، تم استخدام المثال التالي كنموذج للشبكة.



تم استخدام برنامج DIGsilent power factory لنمذجة ومحاكاة الشبكة وتمثيلها كما في الشكل (5).



الشكل .(5) - لنمذجة ومحاكاة الشبكة وتمثيلها

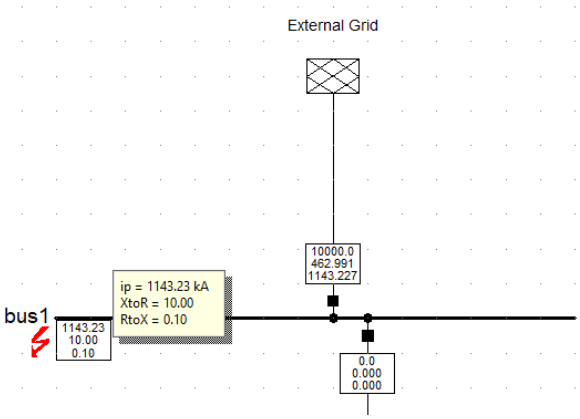
وكانت بيانات عناصر الشبكة كما في الجدول (5).

الجدول(5) بيانات عناصر الشبكة.

ر.م	نوع العنصر	العدد
1	المولد	8.5 MW
2	تردد الشبكة	50 Hz
3	معامل القدرة	0.8
4	قضيب التوصيل 1	12.47KV
5	قضيب التوصيل 2	12.47KV
6	قضيب التوصيل 3	4.16 KV
7	قضيب التوصيل 4	4.16 KV
8	طول الخط 1	10 Km
9	طول الخط 2	5 Km
10	جهد الخط 1	12.47KV
11	جهد الخط2	4.16 KV
12	محول القدرة نوع خافض	12.47/4.16 KV 10 MW
13	الحمل	0.2 MW
14	ممانعة الخط 1 (Xl)	0.736 ohm/km
15	ممانعة الخط 2 (Xl)	0.736 ohm/km
16	ممانعة المولد (Xg)	0.2 p.u
17	ممانعة المحول (Xt)	0.2 p.u

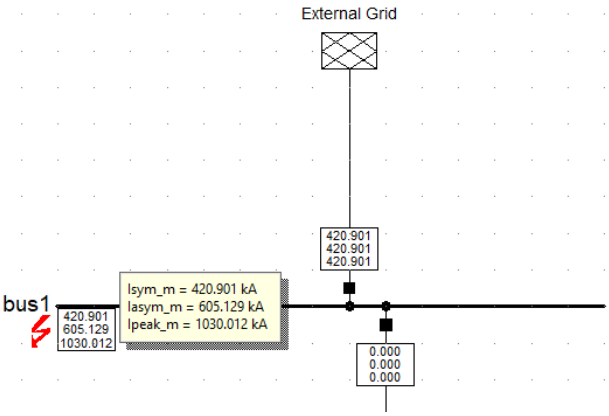
الحالة الأولى مقارنة تأثير تيار القصر على قضيب التوصيل القريب من التغذية.

في الشبكة يكون قضيب التوصيل رقم 1 هو الأقرب لمصدر التغذية وعند تحليل تيار القصر باستخدام النمط IEC60909 نجد ان القيمة القصوى للقصر هو ($I_{peak=}1143\ KA$). كما في الشكل (6).



الشكل .(5) – تيار القصر على القضيب القريب من مصدر التغذية ICE 60909.

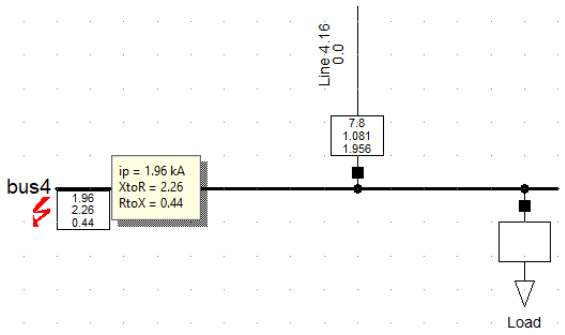
وعند التحليل بالنمط ANSI نجد ان القيمة القصوى لتيار القصر هو ($I_{peak=}1030\ KA$) كما في الشكل(6).



الشكل .(6) – تيار القصر على القضيب القريب من مصدر التغذية ANSI.

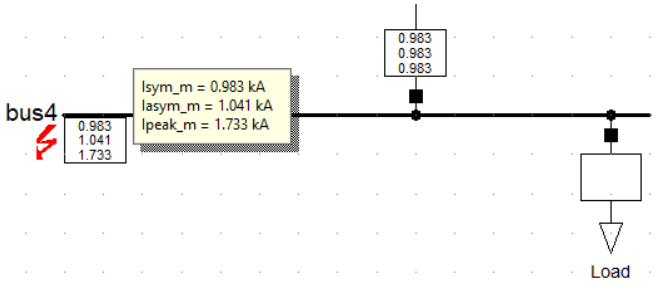
الحالة الثانية مقارنة تأثير تيار القصر على قضيب التوصيل البعيد عن التغذية .

في الشبكة يكون قضيب التوصيل رقم 4 هو الابعد عن مصدر التغذية وعند تحليل تيار القصر باستخدام النمط IEC60909 نجد ان القيمة القصوى لتيار القصر هي $I_{peak=}1.66\ KA$ 1.96 كيلو امبير كما في الشكل(7).



الشكل .(7) – تيار القصر على القضيب البعيد عن مصدر التغذية ICE 60909.

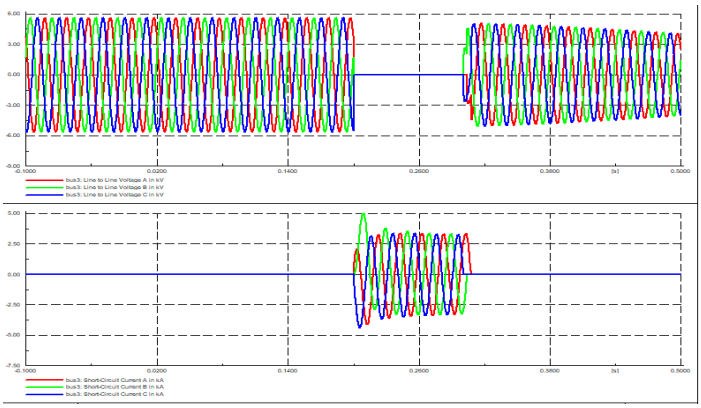
وعند التحليل بالنمط ANSI نجد انى اقصى تيار للقصر هو ($I_{peak=}0.983\ KA$) كما في الشكل(8).



الشكل .(8) – تيار القصر على القضيب البعيد عن مصدر التغذية ANSI.

منحنى الحالة العابرة لتيار القصر في الشبكة.

في الشكل (9)، يوضح منحنى الموجة اللحظية لحالة عابرة عند حدوث قصر عند زمن 0.2 ثانية وبعد مرور زمن 0.1 ثانية بعد حدوث القصر أي عند الزمن 0.3 ثانية ينتهي القصر وتعود الشبكة الى الحالة المستقرة من جديد.



الشكل .(9) – منحى الموجة اللحظية لحالة عابرة عند حدوث قصر.

7.الاستنتاج:

من خلال النتائج السابقة للدراسة التشبيهية ومقارنة النمطين IEC60906 و ANSI في حساب تيارات القصر والمقارنة بين تأثير تيار القصر على قضيب التوصيل القريب من مصدر التغذية قضيب التوصيل البعيد عنها نستنتج الاتي:

- في حالة حساب تيار القصر باستخدام النمط IEC60906 على قضيب التوصيل القريب من الشبكة فإن القيمة القصوى لتيار القصر اكبر بنسبة 10% من القيمة القصوى عند حسابه بالنمط ANSI.
- تكون القيمة القصوى لتيار القصر على قضيب التوصيل البعيد عن الشبكة عند حسابها بالنمط IEC60906 أكبر من القيمة القصوى عند حسابها بالنمط ANSI بنسبة 49%.

8. المراجع.

[1]. G. Parise, C. -L. Su, F. A. Marchetti, J. Francucci and C. -H. Liao, "Short-Circuit Calculations in LV Cold Ironing Systems: Characteristic Currents Method CCM and IEC Method," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 58, no. 4, pp. 4394-4400, July-Aug. 2022, doi: 10.1109/TIA.2022.3174185.

[2]. P. Gugale and M. Palazzo, "Application of Circuit-Breaker Standards in Short-Circuit Current Calculation for Generator Circuit-Breakers," 2020 IEEE Electric Power and Energy Conference (EPEC), Edmonton, AB, Canada, 2020, pp. 1-8, doi: 10.1109/EPEC48502.2020.9320012.

[3]. C. G. Kaloudas, P. N. Papadopoulos, T. A. Papadopoulos, A. G. Marinopoulos and G. K. Papagiannis, "Short-circuit analysis of an isolated generator and comparative study of IEC, ANSI and dynamic simulation," 7th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower 2010), Agia Napa, 2010, pp. 1-7, doi: 10.1049/cp.2010.0922.

[4]. A. R. Bergen and V. Vittal, “Power Systems Analysis,” 2nd ed. New
Jersey, USA: Prentice Hall, 2000.

[5]. R. M. Rifaat, "Considerations for applying IEC standards in short circuit calculations and breaker selections in cogeneration plants," Conference Record of 1998 IEEE Industry Applications Conference. Thirty-Third IAS Annual Meeting (Cat. No.98CH36242), St. Louis, MO, USA, 1998, pp. 2299-2304 vol.3, doi: 10.1109/IAS.1998.730135.

[6]. IEC 60038:1983, IEC standard voltages

[7]. IEC 60050(151):1978, International Electrotechnical Vocabulary ñ Chapter 151: Electric and magnetic devices

[8]. IEC 60050-195:1998, International Electrotechnical Vocabulary ñ Part 195: Earthing and protection against electric shock

[9]. IEC 60056:1987, High-voltage alternating-current circuit-breakers

[10]. IEC 60071-1:1993, Insulation coordination ñ Part 1: Definitions, principles and rules

[11]. Kujszczyk S. et al., Elektroenergetyczne układy przesyłowe [Power transmission systems], Warsaw 1997, pp. 193–217.

[12]. .Barnaś K. et al., Laboratorium podstaw elektroenergetyki [Laboratory of power engineering principles], Warsaw 2003, pp. 115–129.

[13]. Kacejko P. , Machowski J., Zwarcia w systemach elektroenergetycznych [Short-circuits in power systems], Warsaw 2002.

[14]. PN-EN 60909-0:2002, Prądy zwarciowe w sieciach trójfazowych prądu przemiennego, Część 0: Obliczanie prądów [Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents.

[15]. IEC/TR 60909-1: Short-circuit currents in three-phase a.c. systems، Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0, 2002-07.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Impact of Demand Side Management on Consumption of Residential Consumers with a Photovoltaic System in Libya

Abdelbaset M. Ihbal
Department of Electrical and Computer Engineering - School of Applied Science and Engineering
The Libyan Academy for Postgraduate Studies
Tripoli, Libya
A. Ihbal @academy.edu.ly

Ahmed G. Alseed
Faculty of Natural Resources Engineering,
University of Zawia
Elajeelat, Libya
a.alssid@zu.edu.ly

***Abstract*—the increasing demand for electricity continues to be a major challenge which leads to obvious outages. Demand-side management (DSM) is an essential tool towards addressing these challenges. Local electricity consumers in Libya suffer from daily load shedding and they pay prices for electricity that do not vary from hour to hour, but are rather a kind of average price supported by the government. This price has been set as an obstacle to understanding the effectiveness of incentives and different interventions. The main question is whether we can assess energy management and renewable energy interventions in customer behavior. Currently, behavioral changes can only be assessed in terms of total consumption. It is also difficult to assess the effectiveness of renewable energy inputs. Therefore, it is difficult to validate renewable energy inputs (PV) and demand-side management at the residential sector level, apart from following plans, subsidies and other initiatives adopted by the government. In this paper, the possibility of using PV system as a demand side management tool at residential community level has been investigated to see if it would be possible to shave some of the load from peak hours.**

Keywords— Demand Side Management, Load Shifting, Residential Community, Renewable Energy Interventions.

I. INTRODUCTION

The electricity demand or load variation in the power network is varying from time to time. Meeting the electricity demand, especially during peak hours, poses a major challenge. Demand Side Management (DSM) is the procedure of scheduling and implementation of activities designed to impact consumers in such a way that the utility load curve shape could be altered to produce power in optimally. It monitors activities on the consumer's side of the meter to modify the amount or timing of energy use. DSM provides a variety of technical and behavioral solutions to modify electricity use and demand and therefore increases the efficiency and reliability of power systems [1]. Demand side management of the load studies not only technical or economic issues, but also social measures, since these are all related to behavioral issues. The DSM programs have focused on how to manage the consumption pattern of electrical appliances by minimizing the negative impacts on consumers [2]. Load management measures can be divided into direct and indirect. Direct load management (DLM) is based upon technological actions and controls the consumed load by directly switching dissimilar appliances on or off [3]. Indirect load control is a way by which the consumer controls load reduction of power by means of a price signal (economic measures). Different tariffs and pricing mechanisms are introduced in order to encourage consumers to modify their load consumption.

The common load shedding scheme in utilities is based on the necessity to eliminate load quickly in the occurrence of a loss of generation and therefore is undertaken automatically as part of the response from protective relays [4]. Figure 1 illustrates different load shape objectives of demand side management programs. These include: peak clipping, valley filling, load shifting, strategic conservation, strategic load growth and flexible load shape.

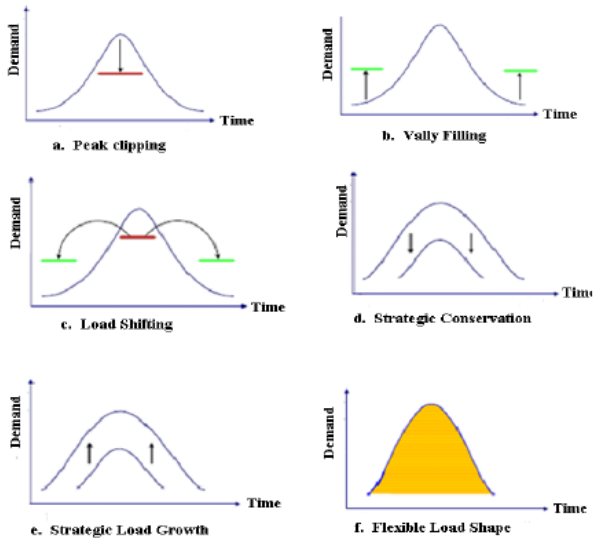


Fig.1. Demand side management load shape curves [5]

In 2020, Libya produced about 30.09 TWh of electricity, of which 99.9% by fossil fuels, and 0.1% by other renewable energy sources. The final consumption of electricity was 25.404 TWh [6]. The peak consumption has reached 7.5 GW in the summer, while the peak winter load reached 7.2 GW, leaving a power deficit of nearly 3.0 GW. Figure 2 shows Electricity net generation and consumption in Libya. The

residential sector accounts for the highest share of the demand for electrical energy, which represents 36% of the whole electricity generated, followed by 23% in others,14% represents the commercial/industrial sector as shown in Figure 3.

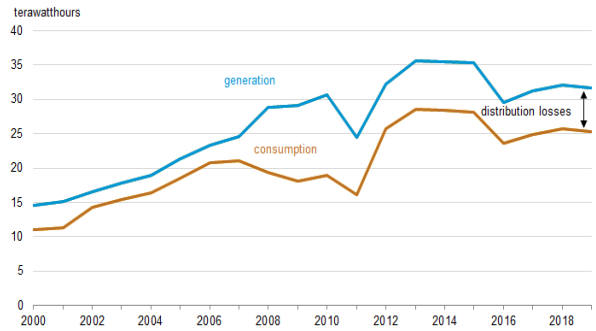


Fig.2. Electricity net generation and consumption in Libya [6]

Libya, which has electricity interconnections with Egypt and Tunisia, started to import meaningfully extra electric power from these countries after 2015. Libya's electricity imports reached nearly 0.5 TWh in 2019 [7].58 Egypt plans to expand its interconnection capacity to Libya from 240 MW to at least 500 MW [8].

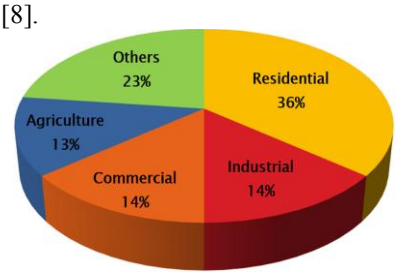


Fig.3. % of Electricity Consumption by Sector [5]

Libya is part of North Africa's interior and has an area of 1.75 square kilometers, with huge resources of renewable energy which is considered one of the highest solar radiation rates in the world. Most of this area can be considered a hot sunny desert which helps generate solar energy as a renewable source. The average annual solar radiation is 2,470 kWh/m^2/year, while the potential of the solar energy source is estimated at 140 × 10^6 GWh/year per hour/year [8]. Given that Libya lies on the Tropic of Cancer in North Africa's interior, it is exposed to sunlight throughout the year with long hours exceeding 7.2 from the global horizontal irradiance (GHI) in the south. With its distinctive geographical location and immense potential resources, Libya is capable of producing enough renewable energy for local use and can be exported abroad.

Solar power makes up an insignificant amount of power production in Libya, as it has no utility-sized plants. All solar energy in Libya comes from small-scale projects such as mini-grids at hospitals and public lighting projects. The Libyan government pursues to spread its energy supply and aims to produce 22% of its electricity from renewable sources by 2030 [10]. Although this goal is ambitious, Libya's huge solar potential has attracted many foreign investors. Furthermore, to its recent investment in Libya's oil and natural gas sectors, Total Energies intends to develop 500 MW of solar power projects in the country [11]. Libya has also discussed solar power projects with ENI and Shell.

The cost of photovoltaic systems has dropped dramatically over the past years from around $100/watt. In the mid-1970s, rooftop PV modules cost is now about $0.40/watt. This lower cost, combined with a growing desire on the part of customers and governments to lower significant fossil fuel-based carbon emissions, have aided as major drivers for several countries to increase or maintain a stable rate of PV installation [12].

Over the years several studies have previously looked into the effectiveness of photovoltaics as a load management tool [13-18]. In [13], demand-side management approaches in Qatar were presented to allow load reduction and PV integration. The results showed that the government efforts in improving energy efficiency might be reinforced by pricing-based tariffs to further improve the energy savings. In addition, we presented a case study in which the local utility able to control the AC units of the people who leave the state throughout summer months. Moreover, the result showed that because of local weather conditions, PV deployments of large scale might need integrating DSM techniques for a more responsive consumer load. In [14] a simulation model to study decentralized household DSM in a residential distribution network which consists of multiple smart homes with schedulable electrical appliances and some rooftop photovoltaic generation units was developed. Numerical experiments are achieved to inspect the adoption of dynamic pricing signal, through load shifting of lithe appliances in a household. It is found that the demand side management without high penalty for load shifting inconvenience will most efficiently flat the load profile. In [15], the potential for achieving high level of building self-sufficiency using hybrid PV-ESS-DSM solutions was investigated. Based on real measurements of electrical power, the Self-Sufficiency Ratio (SSR) and Self-Consumption Ratio (SCR) indices of various buildings equipped with PV and Battery Energy Storage Systems (BESS) that are located in Cyprus, Greece, and Italy are examined. The analysis exposed that using of DSM rises both indices, whereas it also influences the degree of battery utilization. In [16], demand response programs (DRPs), along with home energy management system (HEMS) strategies, were studied. The study showed that the economic gain and the reduction of peak-average-ratio resulted by load shifting within pre-defined thresholds that are set by the consumer. [17] proposed a real-time demand response strategy for optimum scheduling of smart home devices taking into account the uncertainty of consumer's behavior and real time electricity price in order to reduce electricity bills. In [18], a totally free CO_2 emission renewables micro-grid project using DSM in Japan was presented. For this purpose, storage units and a load shift algorithm are efficiently applied to exploit the excess renewable energy. The study illustrated that the use of surplus PV energy through the demand side management decreases the required capacity of the battery and rises the SSR of the microgrid.

The electrical system in Libya suffers from a severe shortage in electricity production, where there is a large gap between demand and production. This is addressed through the electricity rationing program for subscribers (load shedding process), making it difficult to maintain continuity of

electricity supply for domestic use. Given the availability of vast solar energy sources in all parts of Libya, efforts are being made to increase investment in alternative and renewable energy sources to meet the increasing energy needs and exploit other available resources to provide more energy. Therefore, exploring the available options for the energy sector in Libya, especially regarding the potential use of renewable energy as one of the country's main sources, is of great importance for study and research. Therefore, researching the available options for the energy sector in Libya, particularly in regards to the potential of using renewable energy as one of the country's main sources, is of great importance for study and research. Additionally, advances in photovoltaic energy conversion systems make this use viable from both an economic and technical perspective.

In this paper, the possibility of using a rooftop PV system as a demand side management tool at residential community level has been investigated to see if it would be possible to shave some of the load from peak hours.

II. METHODOLOGY

In order to design a photovoltaic conversion system (PV) and evaluate its potential contribution to energy consumption, it is necessary to know the amount of solar radiation available at the site. Since the outputs of photovoltaic energy conversion systems depend mostly on the density of solar radiation during the day, the data inputs to be used are: average direct solar irradiation falling on the horizontal plane per unit area at hourly basis for the selected site, furthermore, The summer load profile at five minutes basis representing a real measured data samples of the residential sector provided by the Navigant Consulting (Navigant), and Global Energy and Technology Consulting (GETCON) who were contracted by the General Electricity Company of Libya (GECOL) to provide an assessment of the demand side management (DSM) potential in Libya is assumed to be used as the load of hypothetical building[19]. The roofs of proposed residential buildings will be used to install a solar energy system. The methodology followed in this study can be summarized as follows:

1- Getting the data of solar irradiance, which is the amount of solar energy falling on a unit area per unit time and measured in (Watt/m^2), for each month and daily hour.

2- 2- Calculating of the energy produced by photovoltaic systems.

3- 3- Study of loads in terms of their nature, quantity, pattern and relationship with time.

4- 4- Calculation of energy consumed from traditional energy sources (public grid) and the potential surplus that could be exported to the public grid if a photovoltaic system is connected to the public grid to supply a residential area.

5- Estimation the amount of carbon dioxide (CO_2) avoided in the presence of a photovoltaic system power generation.

Installed photovoltaic systems on buildings can supply the appliances inside the building with electricity directly, or export electricity to the main power grid (Figure 4). Electricity is only exported when the generated energy is greater than the loads consumed by the building. This can happen often when photovoltaic energy generation is high, as in mid-day, and electricity consumption is low as people are at work. The direct provision of photovoltaic electricity to the building load reduces the need to import energy from the grid and thus reduces electricity bills for residents.

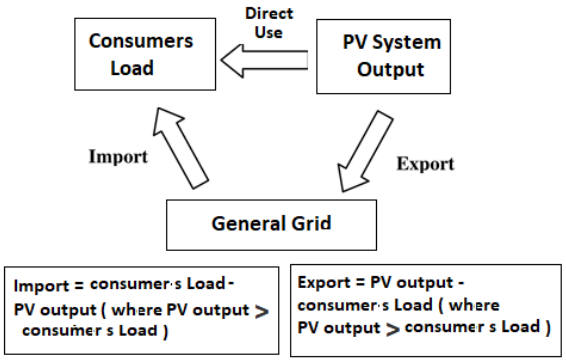


Fig. 4. Electricity flows in a grid connected building integrated PV system

A. *Sources of Data*

In this study, two types of data were used to understand the feasibility of using solar energy conversion systems for local consumption. These data consist of daily load data for the hypothetical building used in this study, located in the Karimiya area. The daily load profile has been obtained from [19], and solar radiation intensity data for the study area obtained from NASA's website, where NASA has produced a world map with available information according to latitude and longitude.

III. RESULTS AND DISCUSSION

Solar radiation data is crucial in order to conduct performance analyses of photovoltaic systems. Hourly radiation data, at Al Krimiya area , has been considered as the taken into account for the calculations. This region reflects Libya's climatically distinct coastal regions with a high population density. Al Krimiya is located at 32.748°, North latitude, 13.100000° East longitude, (32°44'53", 013°06'00"). The average solar irradiation for the selected site was obtained from the NASA website [18]. NASA has produced a grid map of the world with information available for any given latitude and longitude. The Solar irradiation (in KWh/m^2) for each month and daily hour for the selected location is shown in Figure 5 .

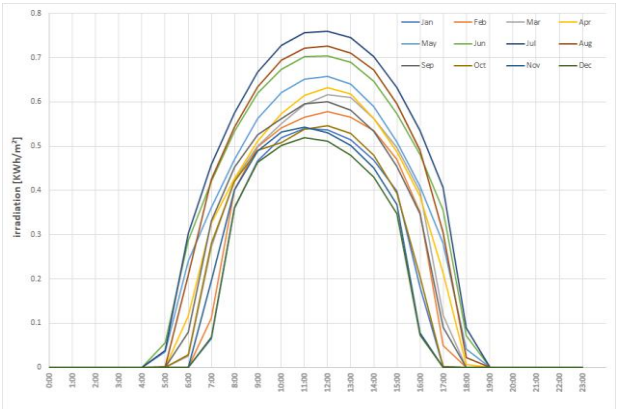


Fig. 5. Solar Irradiation (in KWh/m^2) for each month and daily hour

The measured load profile data which is assumed to be used to hypothetical building was obtained at 5 min intervals, as shown in Figure 6.

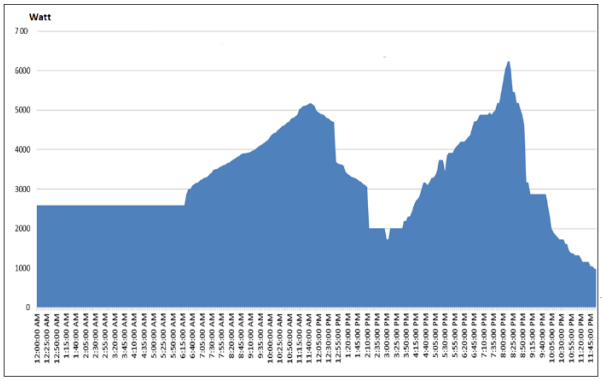


Fig. 6. Summer profile at five minutes basis

By observing the load profile shown in Figure 6, it is noticeable that the total load consumption has two peaks, one in the late morning at about 11:45 am with a maximum load value of 5180W, and the highest peak in the evening. the load is stable with low values from mid night to about 6:30 am (a bedtime).

A. Electricity demand and PV generation pattern

The total amount of electricity generated in output of a photovoltaic system could be estimated using the following formula.

$$E = (A)\times(r)\times(H)\times(PR) \quad (1)$$

Where, E is the PV energy output (kWh); r is the solar panel yield or efficiency (%) (about 0.14), annual average solar radiation on tilted panels (kWh/m2/day) which includes the direct and diffused solar radiation incident on a horizontal PV panel. A is the Total solar panel Area (m^2), PR is the performance ratio, coefficient for losses (range between 0.5 and 0.9). Monthly distribution of solar PV generation

As mentioned earlier, it is evident that PV output is significantly affected by the variability of solar power and load data. Determining the electrical load data gives the first idea of the necessary power required. For photovoltaic systems, the best option is roofing mounted installations. The roofs should be high enough not to be obstructed. Two main scenarios for the calculations and analysis were proposed: first scenario is that the installed capacity is 5 kWp, the second scenario is that the installed capacity is 8 kWp. Area of roofs that are planned to be covered for both scenarios are 60m^2 and 96m^2 respectively.

Given the insolation data previously mentioned and the electricity production per unit area, the total electricity generated by a PV system in hourly intervals for each month within a given site can be calculated and compared to the electricity load consumed.

The PV power is not always generated at the exact time needed by the households. The PV output (in KWh) for each month and daily hour for different months at the proposed location for first scenario is shown in Figure 7.

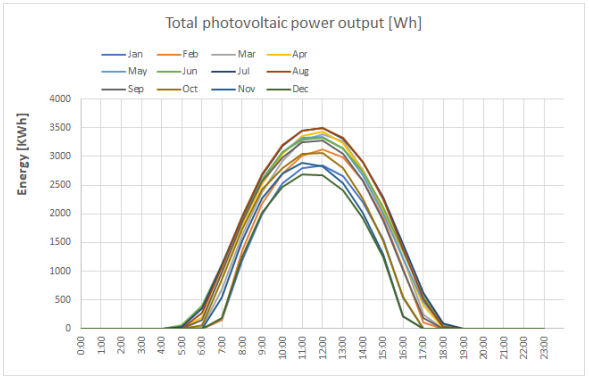


Fig.7. PV output (in KWh) for each month and daily hour

As shown in Figure 8, variations in the output power throughout the year are related to solar radiation fluctuations. Seasonally generated power from photovoltaic panels varies significantly. Thus, in July and August PV energy may is about 1.5 times higher than in January and December.

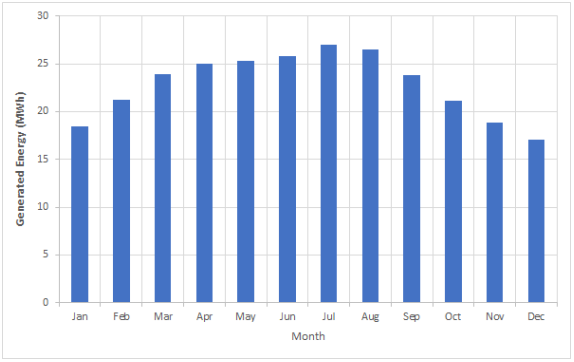


Fig.8. Monthly distribution of solar PV generation

The electricity chart for different months at the proposed location for first scenario is shown in Figure 9. The Figure shows that all produced energy would be consumed on site because the base load is higher than the maximum power output from the PV panels. However, the system could prove economically feasible if the roof area covered with the PV panels was increased. The variance in energy output among months could be explained by dissimilar weather conditions, such as cloud cover and the number of sun-shine hours during the year.

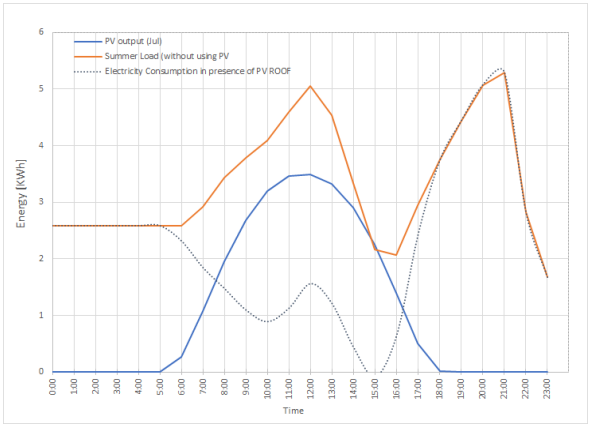


Fig.9. Electricity chart for Jul. (Scenario 1)

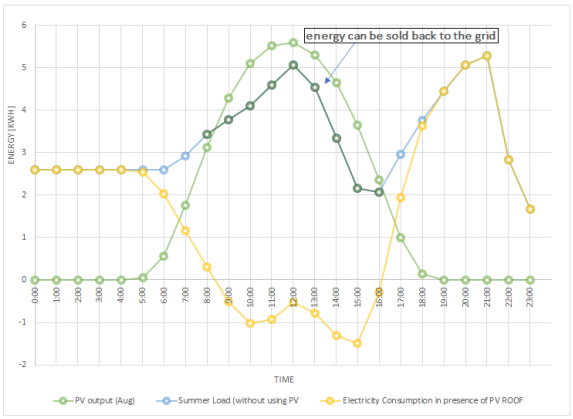


Fig.9. Electricity chart for Jul. (Scenario 2).

The energy generated from the rooftop PV exceeds the load from about 9 a.m. until approximately 16:00 pm (the negative values in the figure). It can be seen that a percentage of the daily load can be shaved to the mentioned hours (load shaving). Nearly the surplus of the energy generated during this period could be exported to the grid (sell back to grid). After 16:00 pm, the load becomes greater than the power generated on site, and the need to use (bought from national grid) power from the national grid starts to rise till all power to be supplied from the national grid to around 18:00 pm. The total electricity used on site can be calculated using the following formula.

$$E_s = E_{imp} + E - E_{exp} \quad (2)$$

Where, E_s= Total electricity used on site, E_{imp} = Imported, E= on-site generated, and Eexp= exported.

The annual average of total photovoltaic power output reached about 8.337MWh and 13.340MWh per year for scenario 1, and scenario 2 respectively. and the annual energy demand of the community was about 29 MWh. As a result the PV panels would produce annually approximately 28.7% and 64% of the energy demand of the whole residential building for the both scenarios respectively. The results showed that the energy that could be exported (6.8 kWh), which amounts to approximately 8.5% of the day's overall consumption, and the building would be an energy exporter for five months of the year.

B. Emission Savings of the PV System

The most significant environmental benefit is reducing of greenhouse gas emissions, especially carbon dioxide. Total emissions in the network come from conventional plants. Only CO2 emissions are considered in this paper. Solar power as a clean source of power has no output emissions. Daily electricity demand level varies at different hours of the day and is being supplied by different generation technologies, resulting in different levels of emissions during the day. Therefore, the amount of emission reduced by solar power depends on levels of solar power and demand. The long-term effect of solar power in the network is considered by giving priority dispatch to solar power. This means that for every MWh of solar generation produced at a certain hour during the day, it is assumed that there will be another MWh of power production that will not need to be produced at a conventional plant, at that particular hour or demand level

For the Libyan grid electricity use, the carbon dioxide emissions factor (2011) is 0.983 kg CO_2/kWh [20]. The annual energy output (AC electricity) of the PV system installed at the proposed site was 8.33 MWh and 13.34 MWh for both scenarios. By generating renewable energy, the PV system will reduce carbon emissions by 204.7 and 327.8 tons of CO2 over 25 years for scenarios 1&2 respectively.

In general, by increasing the photovoltaic system penetration it is expected that there will be a reduction in emission levels, as a result of the energy produced by conventional plants being displaced by solar power. This reduction level varies at different locations where the PV system is installed because of the network's impact. As we mentioned previously in this paper, the proposed electrical system installation on the building rooftop is considered a distributed generator (DG). While the installation of the electrical system is beneficial to consumers, DG offers many benefits to the network. For example, it can contribute to reducing peak loads, provide control over frequency and correction, and delay capital investments that may be required by facilities to meet increasing demand**.**

IV. CONCLUSION

In this paper, the possibility of using rooftop solar system as a demand side management tool at residential community level has been investigated to see if it would be possible to shave some of loads from peak hours. The study shed light on the ways of benefiting from solar energy as an alternative and renewable energy source and attempted to reach a study of mechanisms that allow its use as one of the energy sources used for domestic use in terms of their economic and technical feasibility. The energy that could be exported (6.8 kWh), which amounts to approximately 8.5% of the day's overall consumption, and the building would be an energy exporter for five months of the year. The amount of carbon dioxide emissions avoided when using photovoltaic conversion systems was estimated. The amount of carbon dioxide emissions avoided can be used to estimate the final cost of the system after taking into account the amounts saved by reducing carbon dioxide emissions, where carbon dioxide has a monetary value deducted from the cost of producing kilowatts for the solar system. The study showed the importance of government support for renewable energy projects so that these projects can offer prices suitable for consumers.

The results of this study lead us to formulate the following suggestions and recommendations:

- The necessity of conducting technical and economic studies for solar cell systems and designing these systems optimally without over-designing to avoid increasing costs.
- Emphasizing the importance of removing obstacles and providing means to encourage wide public participation such as providing easy green loans, qualifying executing companies, and raising awareness of the participants about the financial returns for connecting to the grid.
- Establishing a bank for periodic information necessary for using solar energy.

- Carrying out leading and large-scale projects that benefit the country as another source of energy and training personnel on them.
- Contributing to building national experiences, raising public awareness in energy conservation and renewable energy fields through holding courses, seminars, and other media.
- Setting laws and regulations to reward those who produce clean energy such as solar energy by reducing taxes on producers and giving them privileges over other companies.
- Seek assistance from international partners and enact supportive legislation to raise Libya's renewable energy capacity to a level comparable to neighboring and global countries in order to facilitate the acquisition of technology and a supportive economy.

Finally, this study includes some constraints that can be addressed in future research, such as its exclusive focus on one type of building; thus, this study will be expanded in the future to include additional types of buildings. The economic implications of installing a solar PV system on different types of buildings rooftop can be assessed. In addition, detailed studies could be used to investigate how renewable energy intervention could be used to help improve the load shape. This would help in observing the interaction of renewables with the dynamic behavior of the households. Furthermore, the use of other measures for DSM, such as storage elements, and time of use tariffs were found to be necessary to investigate.

REFERENCES

[1] E. Bonneville, P.D.A.R.,"Demand Side Management for residential and commercial end-users," AERE, May 2006.

[2] D. S. Kirschen, G. Strbac, P. Cumperayot, and D. P. Mendes, "Factoring the Elasticity of Demand in Electricity Prices," IEEE Transactions on Power Systems, Vol15, no 2, pp 612-617.

[3] Twidell John: "Increasing renewables grid generation using sympathetic loads and tariffs" Working paper, AMSET Center, June 2003.

[4] Jianjun, Zhao, Shi Dongyu, Zhou Dong, and Gao Yang. "Load Shedding Control Strategy for Power System Based on the System Frequency and Voltage Stability (Apr 2018)." In 2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), pp. 1352-1355, 2018.

[5] G. T. Bellarmine, "Load management techniques," *Proceedings of the IEEE SoutheastCon 2000. 'Preparing for The New Millennium' (Cat. No.00CH37105)*, Nashville, TN, USA, 2000, pp. 139-145, doi: 10.1109/SECON.2000.84544.

[6] U.S. Energy Information Administration, "International Energy Statistics, Country Analysis Executive Summary: Libya May 2022,". available at:
https://www.eia.gov/international/data/country/LBY/electricity/electricity-consumption?pd=2&p=0000002&u=0&f=A&v=mapbubble&a=-&i=none&vo=value&&t=C&g=none&l=249--127&s=315532800000&e=1609459200000.

[7] U.S. Energy Information Administration, International Energy Statistics; Reuters, "Libya to get electricity from Egypt, Tunisia to ease blackouts -Tripoli govt", August 5, 2015.

[8] Almaktar, Mohamed, and Mohamed Shaaban. "Prospects of renewable energy as a non-rivalry energy alternative in Libya." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 143 (2021): 110852.

[9] Libya Oil Monitor, "Further details reported on Egypt-Libya interconnection upgrade", January 19, 2022.

[10] Libya Herald, "Libya's 2018-2030 Renewable Energy Strategic Plan is ready, studies complete and tenders put out: REAoL", July 28, 2021; Libya Oil Monitor, "GECOL, PIB eye PPP component factories", January 30, 2022; Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency, Member States, Libya (accessed Feb. 2023).

[11] PV Tech, "TotalEnergies lands 500MW Libyan solar PV project alongside US$2bn oil and gas investments" November 23, 2021.

[12] Chawla, Kanika, "Drivers, Apparatus, and Implications of India's Renewable Energy Ambitions." In The Geopolitics of Renewables, 203-227. Springer, 2018.

[13] İ. Ş. Bayram and M. Koç, "Demand side management for peak reduction and PV integration in Qatar," *2017 IEEE 14th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, Calabria, Italy, 2017, pp. 251-256, doi: 10.1109/ICNSC.2017.8000100.

[14] H. Sadeghian and Z. Wang, "Decentralized demand side management with rooftop PV in residential distribution network," *2018 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT)*, Washington, DC, USA, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGT.2018.8403404.

[15] N. S. Kelepouris *et al*., "Impact of Demand Side Management on the Self-Sufficiency and Self-Consumption of Buildings with Photovoltaic and Storage Systems," *2021 9th International Conference on Modern Power Systems (MPS)*, Cluj-Napoca, Romania, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/MPS52805.2021.9492532.

[16] H. P. Khomami and M. H. Javidi, "An efficient home energy management system for automated residential demand response," 2013 13th Int. Conf. Environ. Electr. Eng. EEEIC 2013 - Conf. Proc., pp. 307–312, 2013.

[17] H. Li, Z. Wan, and H. He, "Real-Time Residential Demand Response," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 11, no. 5, pp. 4144–4154, 2020.

[18] Y. Saito, Y. Tomita, K. Imai, M. Tsurugai, and S. Tamura, "Trial of carbon-free micro-grid project in Japan," 2012 IEEE Int. Conf. Smart Grid Eng. SGE 2012, pp. 1–5, 2012.

[19] M. A. Baderi, " Forecasting of Electrical Energy Demand in Libya," M.S. thesis, School of Applied Sc. and Eng., The Libyan Academy, Tripoli, 2021.

[20] Nassar, Yasser Fathi, et al. "Estimation of CO 2 emission factor for the energy industry sector in Libya: A case study." *Environment, Development and Sustainability* 23 (2021): 13998-14026.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Renewable Energies (PV -System) and its Applications in Semi-Desert Areas

1st Manal Saleh Shenbu
Electrical Engineering
University of Tripoli
Tripoli , libya
engmanal42@gmail.com

2nd Nadia Faitouri Alazrg
Electrical And Computer Engineering
The Libyan Academy
Tripoli ,libya
nada.2013moon@gmail.com

***Abstract*—**Libya suffers from frequent power outages and long hours. This is where we must search for solutions, the most important of which is to rely on renewable and alternative energies such as solar energy, which is available across large areas in our country and is characterized by the presence of sunlight throughout the year. The electrical system network is known as the electrical network system serving the Libyan state, which contains long transmission and distribution networks, and suffers from many problems such as high losses, low voltage, and low electrical power transmitted to end users.

In this paper, a power and voltage generating station has been studied and designed in the Ghat region, which is in the southwest of Libya, which suffers from interruptions and lack of continuity of electric current with low voltage and high losses in transmission lines. These renewable energy plants have been developed as Distribution Generators (DG). It is installed on the connecting rods in different areas of the city with the aim of feeding the city in addition to the existing network. The existing network has been studied before and after the addition of this station or electric voltage stations in terms of performance, improvement of operation, reduction of losses, and regulation of voltages using the (NEPLAN) Software. The solar power plant has been designed by (PV Sol preimum2021) program. The network has been studied while it is isolated and fed only with solar energy The simulation results showed that the PV power plant offering Ghat City electric a remarkable that increasing its reliability and enhancing its operation isolated or connection with grid. Conclusions have been drawn from the work.

Keywords: PV Module, NEPLAN, Optimal load flow, Short circuit

I. INTRODUCTION

Renewable energy is generally defined as energy that is collected from renewable resources that are naturally replenished on a human timescale. It includes sources such as sunlight, wind, rain, tides, waves, and geothermal heat[1]. Although most renewable energy sources are sustainable, some are not. For example, some biomass sources are considered unsustainable at current rates of exploitation [1].

parentheses, following the example. Some components, such as multi-leveled equations, graphics, and tables are not prescribed, although the various table text styles are provided.

II. METATOLOGE

In this Thesis, the design procedures for developing a renewable energy plant for the city of GHAT including a solar power plant will be introduced through the following steps and this will be done using the (PV sol) application for this study, along with the use of load flow analysis software (NEPLAN).

The following steps will performance for this research: -
1-Collecting all a viable data for Ghat city concerning the electrical demand, rate of local grow in, electrical network paraments and demand Types.
2-the deep study to find out the maximum possible energy of solar radiation.
3-Run the load flow on the exitance circuit to find out sits performance and define the weaknesses.
4-Design the PV-Solar power station according to the needs and solar emission availability.
5-Run simulation study to check for number of generator station needed as a DG units and check for the best location s to improve the circuit performance using optimal power flow.
6-Run the Ghat electrical network as an isolated grid feed only by PV-System as contingency case

III. PHOTO- VOLTAIC SYSTEMS (PV SYSTEM) .

A photovoltaic system, also named solar PV power system, or PV system, is a power system designed to supply usable solar power by means of photovoltaic. It consists of an arrangement of several components, including solar panels to absorb and convert sunlight into electricity, a solar inverter to change the electric current from DC to AC, as well as mounting, cabling and other electrical accessories to set up a working system. It may also use a solar tracking system to improve the system's overall performance and include an integrated battery solution, as prices for storage devices are expected to decline. Strictly speaking, a solar array only encompasses the ensemble of solar panels, the visible part of the PV system, and does not include all the other hardware, often summarized as balance of system (BOS). Moreover, PV systems convert light directly into electricity and shouldn't be

confused with other technologies, such as concentrated solar power or solar thermal, used for heating and cooling[2].

IV.Determination of Appropriate PV Module.

A. PV Module.

One of the most important stages in preparing the design requirements for solar energy is the selection of the plate used to generate energy according to the information obtained previously (location temperature, solar radiation and horizon angle est.), and from which the appropriate plate for these data can be chosen from one of the global manufacturers that have great experience and quality of the industry.
The Module is Panasonic VBHN240SJ2, and the data sheet of this module is given Table (1) Data sheet for VBHN240SJ25.

Table 1: Data sheet for VBHN240SJ25

PV Module:	
Manufacturer	Panasonic
Available	Yes
Cell Type	HIT
Only Transformer Inverters suitable	No
Efficiency	19.05
Width	798mm
Height	1580mm
Depth	35mm
Weight	15kg
VPP	43.6V
IPP	5.51A
Output	240W
Open Circuit Voltage	52.4V
Short-Circuit Current	5.85A

B. The Panel Design: -

In this design, I have chosen type of design grid connected PV system, I also chose the panel **VBHN240SJ25,** We need 7MWatt. That mean we need 29167 panel every one give 240 watt. So, we need 29167 panel.

29167 → 7000.08KW »7MWatt [3].

- Part 1.

  143 mode string *17 mode series = 2431 panel

  2431panel *240 watt =58344 kwp

58344kwp * no of inverter (7) = 4084.04 kwp.

- Part2

  162 mode string *15 mode series = 2430 panel

  2430panel *240 watt =583200 kwp

  583200kwp * no of inverter (5) = 2916.00

Part1+part2= 4084.04+2916.00= 7000.04 kwatt = 7MWatt as shown Figure (1) diagram for module. And shown Table The number of Inverter) [3].

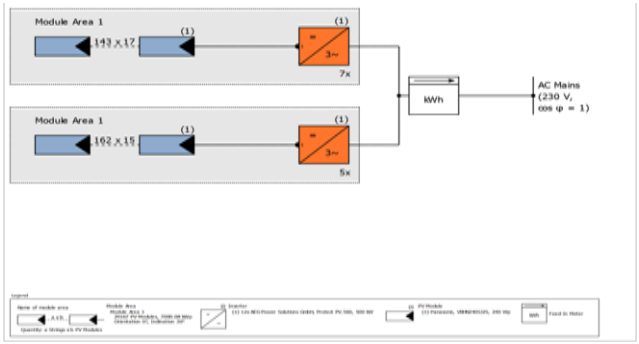


Fig (1) diagram for module [3].

V. Case Studies and analysis

The electric circuit of Ghat city as semi-desert city connected to Libyan electric Grid by a (220/66) kv substation Trough two 220/66 kv power transformer with 20MVA size. And 63MVA size. The system main buses and step-down transformer (66/11) considered as the peak loads as shown in Fig (2) The result of Normal load flow operation (NLF)[4].

The network under-study is a real data of Ghat electrical network, and to study its performance.

the software NEPLAN will be applied for simulation using different scenarios, each scenario contains load flow and short circuit, the description of these cases is as following: -

A -Study the performance of the electric system using software NEPLAN for normal load flow analysis and for optimal power flow analysis (OPF).

B -Also, the unconventional methods of DG penetration will be applied with (OPF) to enhance the system performance. Using The PV-power plant as a DG unit.

A. Case 1: Ghat Electric Network (Normal Operation)

Considering The 4 substation Alwanat,Tahal ,Ghat and Elbrekt. feed from (220/66)kv Alawanat substation . considering this network is operating at steady state normal operation with peak load.

of p=19.395MVA and 66.457KV at the four mentioned buses Table (2) shown the names and sizes and peak loads of The Network system.

The simulation investigates the base network without any penetration of PV system, the result load flow shown in figure (2) the load flow Results and Table (2) the name and percentage voltage of buses.

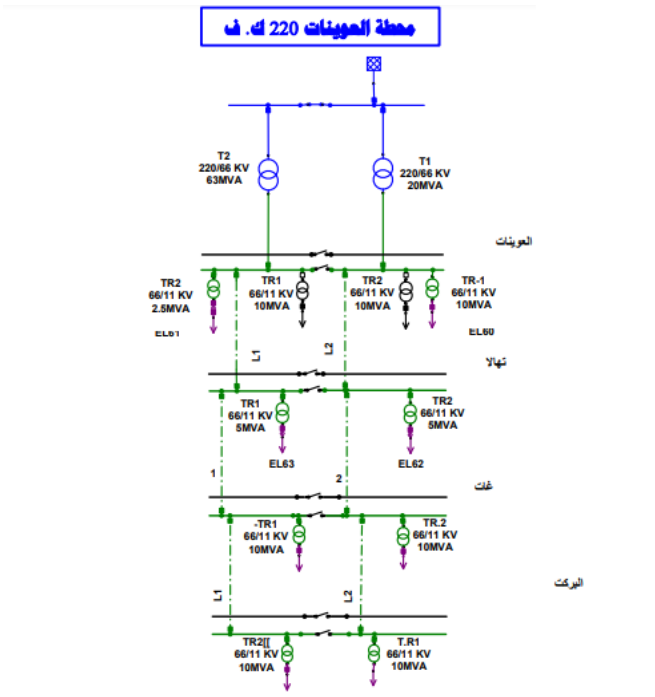


Fig (2) The result of Normal load flow operation (NLF).

Table (2) the name and percentage voltage of buses

	ID	Name	U	u	U ang	P Load	Q Load	P Gen	Q Gen	Q Shunt	Sens. PG/ Nodal	Sens. QG	DU
			kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar			Feeder
1	107688	B-10768802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	107688	B-10768802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	107688	B-10768803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	107688	B-10768803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	107688	B-10768803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	107688	B-10768803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	107734	N107734575	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	107734	N107734576	11.622	105.66	-3.2	0.8	0.496	0	0	0	0.006612	0.008954	0
9	107734	N107734577	11.051	100.46	-2.6	1	0.62	0	0	0	0.005718	0.004812	0
10	107734	N107734578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	107734	N107734586	10.575	96.14	-6.8	3.6	2.231	0	0	0	0.061025	0.04194	0
12	107734	N107734586	10.478	95.26	-9.2	3.8	2.355	0	0	0	0.072839	0.054655	0
13	107734	N107734586	10.627	96.61	-6.6	3.5	2.169	0	0	0	0.057783	0.039747	0
14	107734	N107734586	10.525	95.68	-9	3.8	2.355	0	0	0	0.069423	0.052527	0
15	107735	N107734593	11.154	101.4	-3.6	1	0.62	0	0	0	0.029872	0.02096	0
16	107734	N107734593	11.112	101.02	-5.7	1	0.62	0	0	0	0.037028	0.030206	0
17	107688	البركت	62.645	94.92	-6.9	0	0	0	0	0	0.063843	0.048764	0
18	107688	البركت66-1	63.092	95.59	-4.7	0	0	0	0	0	0.053651	0.036977	0
19	107687	العوينات	67.815	102.75	-2.8	0	0	0	0	0	0.005719	0.008392	0
20	107687	العوينات	67.835	102.78	-0.8	0	0	0	0	0	0.001592	0.002073	0
21	107715	العوينات220	220	100	0	0	0	19.111	11.827	0	0	0	0
22	107687	العوينات220-2	220	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	107687	اوبارى 66-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	107687	اوبارى 66-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	107687	تهالا	65.221	98.82	-4.9	0	0	0	0	0	0.033974	0.028249	0
26	107687	تهالا66-1	65.458	99.18	-2.8	0	0	0	0	0	0.027136	0.019208	0

B. Case2: Network with Short circuit.

The simulation investigates the base network without any penetration of PV system, the result short circuit shown in figure (3) The result short circuit without PV below.

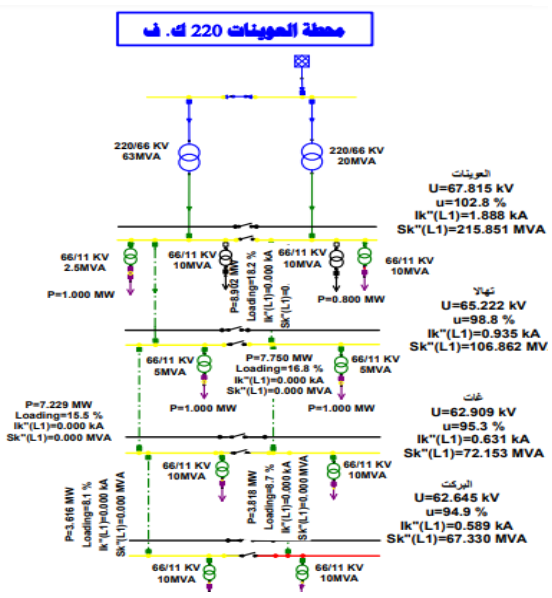


Fig (3): The result short circuit without PV.

The results shown that That the short circuit current within the stander range of less than 32 Kamp Also with in accepted ranges. Using NEPLAN, the voltage percentage results shown in Table (3) the name and percentage voltage on main buses.

Table (3) the name and percentage voltage on main buses.

No	Substation	Voltage (%)
1	العوينات220/66 kv	102.8
2	تهالا	98.8
3	غات	95.3
4	البركت	94.9

Using NEPLAN, the ampere results show short circuit (**max. 5.716 kA**) and thedesigned short-circuit current for the network is (**30.0 K. A**) are shown in table (4). the S.C result on the buses.

Table (4) the S.C result on the buses

	ID	Fault location	Un	Ik"(RST)	Sk"(RST)	Fault Type
			kV	kA	MVA	
1	1076880	البركت	66.000	0.589	67.330	3phase fa
2	1076880	البركت66-1	66.000	0.741	84.760	3phase fa
3	1077345	N1077345761	11.000	3.884	73.994	3phase fa
4	1077345	N1077345776	11.000	1.636	31.176	3phase fa
5	1077355	N1077345933	11.000	2.641	50.326	3phase fa
6	1076877	العوينات	66.000	1.888	215.851	3phase fa
7	1076877	العوينات	66.000	5.716	653.431	3phase fa
8	1076877	العوينات220-2	220.000	29.99	11430.460	3phase fa
9	1076877	تهالا	66.000	0.935	106.862	3phase fa
10	1076877	تهالا66-1	66.000	1.392	159.077	3phase fa
11	1077345	N1077345861	11.000	2.314	44.093	3phase fa
12	1077155	العوينات220	220.000	30.00	11431.530	3phase fa
13	1077345	N1077345861	11.000	2.679	51.039	3phase fa
14	1077345	N1077345861	11.000	2.218	42.254	3phase fa
15	1077345	N1077345861	11.000	2.550	48.587	3phase fa
16	1077345	N1077345933	11.000	2.285	43.540	3phase fa
17	1076880	غات	66.000	0.631	72.153	3phase fa
18	1076880	غات	66.000	0.810	92.567	3phase fa

C. Case3: Network with optimal operation

In this part, we are looking for the best location at the generation substations to connecting on the network, taking into account the calculation of losses, which is the least possible and does not exceed 5% increase or decrease of the value of the voltage, and after running the program, we obtained the best sites in terms of operation and connection to the network as well as the capacity of the solar power stations and the number of four sites as shown in the figure (4). The optimal operation results.

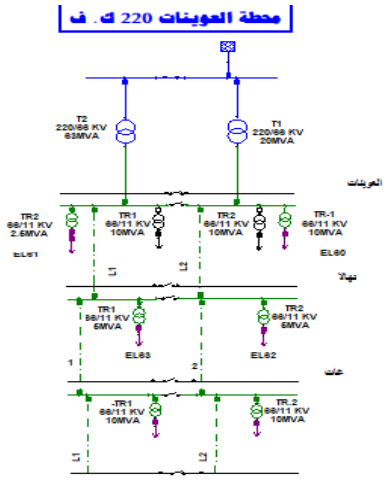
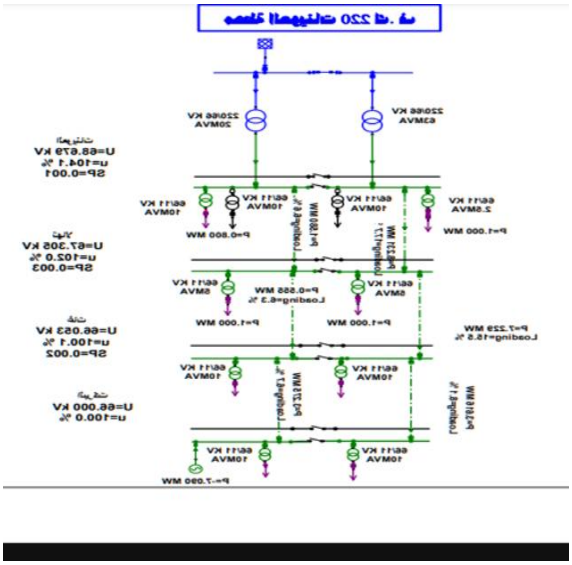


Fig (4): The optimal operation result

D. Case 4: System operation with PV connected using OPF.

In this case, work is being done to locate the PV solar panels on the electricity network, and during their operation it was observed that there is a decrease in the voltage of the Elbrikt bus, Due to this decrease of voltage, PV technology was used and connected to the Elbrikt bus to compensate for this decrease and maintain the stability of operation, But in this case of operation the amount of decrease in electrical power is unknown in order to be compensated for this plant as a result of the loss of the electricity power of the network .After using PV technology at the Elbrikt bus station and applying the simulation program with OPF mode, it became clear that the necessary power needed by the electricity network for stability is 7MW, and with this electrical power this problem. Is solved and put in a stable state as shown fig.(5),and Table (5) the optimal power flow with PV shows the analysis of the resul



Fig(5): The optimal operation with PV result

Table (5) the Optimal power flow with PV

	From	To	P Loss	Q Loss	P Imp	Q Imp	P Gen	Q Gen	P Load	Q Load
2										
3	Area/Zo	Area/Zo	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar
4	Network		0.349	-1.17	11.759	9.511	18.849	10.296	18.5	11.466
5	Area 1		0.349	-1.17	0	0	18.849	10.296	18.5	11.466
6	Zone 1		0.349	-1.17	0	0	18.849	10.296	18.5	11.466
7										
8	Un		P Loss	Q Loss	P Loss	Q Loss				
9	kV		MW	MVar	MW	MVar				
10	66		0.287	-2.351	0.047	0.885				
11	220		0	0	0.015	0.296				
12										

E. Case 5 considering 3PV substation connected Ghat Network.

The system simulation with grid connection is shown in Figure (6).In this case, a 7MW PV station size is considered to be connected at each busbar suffering low voltage profile.3DG Units at 7MWeach are connected, two DG's at Elbrikt busbar, and the third at the Alwanat busbar. The results of optimal operation with 3PV Units with grid-connected are shown in Table (6). Table (7) shows the voltage profile in percent which gives agood performance

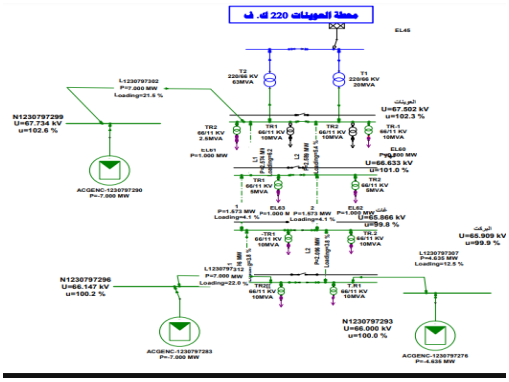


Fig (6) The optimal operation with 3 PV with grid result.

Table (6) shown the PV with grid connected Simulation Result.

	From Area/Zo	To Area/Zo	P Loss MW	Q Loss MVar	P Imp MW	Q Imp MVar	P Gen MW	Q Gen MVar	P Load MW	Q Load MVar
8	Network		0.179	-2.114	4.679	0.675	18.679	9.352	18.5	11.465
9	Area 1		0.179	-2.114	0	0	19.337	6.176	19.157	8.289
10	Zone 1		0.179	-2.114	0	0	19.337	6.176	19.157	8.289
11										
12	Un		P Loss	Q Loss	P Loss	Q Loss				
13	kV		MW	MVar	MW	MVar				
14	66		0.129	-3.06	0.045	0.849				
15	220		0	0	0.005	0.097				
16										

Using NEPLAN, the voltage percentage results with increase or decrease of lessthan 5% are shown in Table (7).

Table (7) the voltage profile on buses with grid connected.

No	Substation	Voltage (%)
1	220العوينات/66 kv	103.9
2	تهالا	101.9
3	غات	100.1
4	البركت	100.0

Through the result of the program in this case 3, we noticed that the value of the voltagedeviation is small, which is the least possible and does not exceed 5%, an increase or decrease of the voltage value

F. Case 6: Isolated Network of Ghat city with PV units.

From this case, the study was selected for one of the renewable energies using solar energy source, where the light energy emitted by the sun is utilized and converted into direct electrical energy using PV panel technology, which works in semi-desert areas. The PV panel technology for the production of electrical power was analyzed and connected to the main network of the electricity company, in this case an advanced computer software called NEPLAN was used. Many analyses and tests were carried out for the daily load curve, and the rates of light radiation emitted by the sun at a site inside the southern Libyan city of Ghat. Through previous studies of the electricity company and knowledge of the normal operating condition of the stability of the electricity network so that it can be reach the objective required of this study is to operate the Ghat City network as an isolated network separate from the network of the main electricity company. Therefore, this case of PV technology will be illustrated through its site, so that the amount of decrease and increase in the range of ± (5%), as shown in Table (7). This type of technology has been applied to convert renewable solar energy into electrical energy by using PV technology on the Ghat plant, in order to produce an electrical power of 19,393 MW, which is sufficient for the current electrical power requirements of the consumer during the peak period of the main company. Electrical energy should also be stored in high-quality batteries to be used overnight, as shown in Figure (7). The optimal operation isolated result.

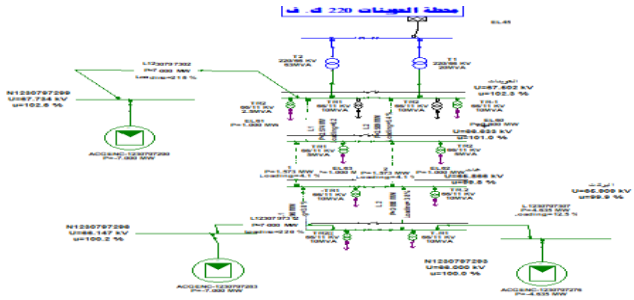


Fig (7): The optimal operation isolated result.

Table (8) shows the results of the isolated system simulation. Where the losses are 0.136 MW which is highly reduced .and the voltage of buses is enhanced.

Table (8) optimal power flow with 3PV isolated

	From Area/Zo	To Area/Zo	P Loss MW	Q Loss MVar	P Imp MW	Q Imp MVar	P Gen MW	Q Gen MVar	P Load MW	Q Load MVar
8	Network		0.136	-2.21	4.635	0.579	18.635	9.255	18.5	11.465
9	Area 1		0.136	-2.21	0	0	18.635	9.255	18.5	11.465
10	Zone 1		0.136	-2.21	0	0	18.635	9.255	18.5	11.465
11										
12	Un		P Loss	Q Loss	P Loss	Q Loss				
13	kV		MW	MVar	MW	MVar				
14	66		0.086	-3.146	0.045	0.855				
15	220		0	0	0.004	0.082				

Through the result of the program in this case, one can noticed that the value of the voltage deviation is within the permissible range of ±5%. As a result, Table (9) shows the conclusion of case study result.

Table (9) conclusion case study result

Case study	P loss (MW)	Q loss (MVAR)
Case1(load flow)	0.611	0.361
Case3(OPF)	0.611	0.361
Case4(OPF with PV)	0.349	-1.17
Case5(with pv with id)	0.179	-2.114
Case6(with pv isolated)	0.136	-2.21

VI. Conclusion

The following conclusion are summarized: -

1.Libya has an abundance of renewable energies, especially solar energy.

2.Renewable energy is characterized by its abundance and clean ways of using and producing it, in addition to the possibility of Transforming it into the various forms of energy that man needs in all aspects of his life activities. Whether thermal, light, electrical or mechanical energy.

3.Renewable energy systems can be applied from the small residential level to the small residential level. A village or the level of several villages together and on a large scale.

4. although the initial cost of the units of the renewable energy systems increased to a large degree, it is considered economical in the case of its long-term use, as it does not cost more than periodic maintenance About 3-5% annually of the actual cost.

5. stations can be 'connected to' local 'grids' to generate electricity.

6. using PV -solar power generator able to find a solution to the problem of electricity cuts that our country suffers from, and to provide electricity from solar energy sources.

Through this study the local distribution network is taken as case study analysis and studies show that PV penetration is a good solution for system improvement where the following benefits are achieved:

•Increase system efficiency.

•Reduce system losses.

•Optimization of line voltage profile and load capacity due to delivery of product generation near the consumption area.

•Additional power storage for additional power outages.

Also, during emergencies, PV breakthrough keeps the system performance within the satisfactory range. During the minimum and peak loads of the daily load curve PV can maintain the system within the operation ranges.

Also, through this research where a local distribution system is chosen a great benefit are accomplished by applying the DG penetration besides enhancing system performance such as:

•Losses are reduced.

•Bus voltage violations are cleared.

•The higher efficiency of the system is accomplished.

REFERENCES

[1] Renewable energy resources: Current status, future prospects. Ella ban, Omar; Abu-Rub, Haitham; Blaabjerg, Frede (2014).
[2] Agp., fraunhofer institute for solar energy system ise. 11 march 2016.
[3] Appendix A (PV design) Greeted with PV*SOL Premium 2021(R3) Valentin software GmbH.
[4] Neplan, 5.5.5 editor. 1988-2015.

\

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Forecasting of Electrical Energy Demand in Libya using Demand Side Management Measured Data

1st Mohamed A.R Baderi
Department of Electrical and Computer Engineering
Libyan Academy for Postgraduate Studies
Tripoli, Libya
mah.ebdary@gmail.co

2nd Ahmed Ali Ashaibi
Department of Electrical and Computer Engineering
Libyan Academy for Postgraduate Studies
Tripoli, Libya
aashaibi@hotmail.com

***Abstract*—The paper provides long-term forecasts of electrical energy demand for the types of electric energy consumers in Libya, where more than twenty years have been estimated to forecast the demand for electric energy (MWh) and power (MW) in the period (2017-2040) for the residential, agricultural, small industry, heavy industry and service sectors based on historical geographical and econometrical data, electrical energy consumption and the GDP of these sectors are estimated in millions of Libyan dinars, using the EVIEWS program.**

The loads are analyzed for samples from the residential sector in the summer and winter season for the DSM project data represented in air conditioners, water pumps, water heaters, refrigerators, lighting, etc., using DSM project measured results to obtain daily load curve of electrical power consumption behavior for residential sample sector in the summer and winter seasons and using this data as a basis data to calculate the forecasted demand for electric energy and power for the target years of the study.

I. INTRODUCTION

The most useful in the world is the electrical energy, that's why we need a technique to tell us about the demand of consumption and the exact load to generate the required power which is required load forecasting techniques.

Load forecasting is the predicting of electrical power required to meet the short term, medium term or long-term demand. The forecasting helps the utility companies in their operation and management of the supply to their customers.

It is used by power companies to anticipate the amount of power needed to supply the demand. It tells about the scenario of present and future load demand. It has many applications including energy purchasing and generation, load switching, contract evaluation, and infrastructure development. The achievement of long-term load forecasting is the foundation of power planning. It supplies reliable basis for network system planning, for the establishment of new power plant and power distribution system. It has great importance to not only the regular development of power industry but also the development of the whole national economy [1].

At present, many systematic studies on short term load forecasting have been carried out. The regression model, the index curve model, the logistic curve model, biological evolution methods and so on have been proposed to forecast. However, long term load forecasting is influenced by many direct or indirect factors, such as the number of population, output value of the primary, secondary and tertiary industries, the industrial regulation factors, the industrial output indexes. The quasi-linear forecasting is mainly based on the historical data and some mathematical model, but the forecasting result may not be coincide with the reality, which is brought by the shortage of information. Thus, Thus, besides the scientific theory, experts' experiences should also be introduced to reduce some uncertain interference. Based on this idea, when forecasting the long term load, this paper adopts a method of forecasting the values of years according to the values of years, and then forecasts the values of years according to the values of years which are forecasted in previous, etc. This rolling annual extrapolation method of long-term load forecasting is not only based on artificial intelligent calculation, but also considering experts' experiences and opinions. Residential sector is the most important sectors consuming of electrical energy, especially after the technological development in recent years in the world. For this reason, in this thesis has been Focused on this sector as it is the most consuming sector of electrical energy in Libya and analyze samples from the residential sector in the summer and winter seasons to study consumer behavior in electrical energy consumption in this sector and Analyze the daily load curve of these samples and record measurements of the loads by using Demand Side Energy Management project meters and the application of the Demand Side Energy Management project, which aims to reduce the demand for electrical energy.

a. *Types of Load Forecasting Techniques Involved*

Load forecasts can be divided into four groups:

1) Ultra/very short-term load forecasting (VSTLF)
2) Short-term forecasting (STLF).
3) Medium-term forecasting (MTLF).
4) Long-term-term forecasting (LTLF).

very short-term load forecasts are ranges from a few minutes to an hour ahead and is used for real-time control.

Short-term forecasts are usually from one hour to one week. They play an important role in the day-to-day operations of a utility such as unit commitment, economic dispatch and load management. A short-term electricity demand forecast is commonly referred to as an hourly load forecast.

Medium-term forecasts are usually from a few weeks to a few months and even up to a few years. They are necessary in

planning fuel procurement, scheduling unit maintenance and energy trading and revenue assessment for the utilities. A medium-term forecast is commonly referred to as the monthly load forecast.

Long-term electricity demand forecasting is a crucial part in the electric power system planning, tariff regulation and energy trading. A long-term forecast is required to be valid from 5 to 25 years. This type of forecast is used to deciding on the system generation and transmission expansion plans. A long-term forecast is generally known as an annual peak load [2].

Long-term electric load forecasting used to supply electric utility company management with prediction of future needs for expansion, equipment purchases or staff hiring. This is longer than a year.

Medium-term forecasting, used for the purpose of scheduling fuel supplies and unit maintenance. This is usually from a week to a year.

Short-term forecasting, it is used to supply necessary information for the system management of day-to-day operations and unit commitment [3].

1.1 Important Factors for Forecasts

Consideration of various factors is the prerequisite for accurate forecasting of load. Time factor, past weather data, type of consumers, load demanded by the region in past, growth of the region, amount of load increased etc, these are the factors which play pivotal role in calculating the demand load.

For Short-term load forecasting several factors should be considered, such as

[i] Time factors.

[ii] Possible customers' type.

the forecasts of energy demand in the medium and long term take into account

[i] The historical load.

[ii]Weather data.

[iii]The number of customers in different categories.

[iv]The appliances in the area and their characteristics including age.

[v] The economic and demographic data and their forecasts,

[vi]The appliance sales data and other factors.

1.2 Medium and Long-Term Load Forecasting

The end-use modeling, econometric modeling, and their combinations are the most often used methods for medium- and long-term load forecasting. Descriptions of appliances used by customers, the sizes of the houses, the age of equipment, technology changes, customer behaviour, and population dynamics are usually included in the statistical and simulation models based on the so-called end-use approach. In addition, economic factors such as per capita incomes, employment levels, and electricity prices are included in econometric models. These models are often used in combination with the end-use approach. Long-term forecasts include the forecasts on the population changes, economic development, industrial construction, and technology development [4]. Medium and long-term load forecasting methods are:

1.2.1 Trend Analysis

Trend analysis extends past rates of electricity demand in to the future, using techniques that range from hand-drawn straight lines to complex computer produced curves. These extensions constitute the forecast. Trend analysis focuses on past changes or movements in electricity demand and uses them to predict future changes in electricity demand. Usually, there is not much explanation of why demand acts as it does, in the past or in the future. Trending is frequently modified by informed judgment, wherein utility forecasters modify their forecasts based on their knowledge of future developments which might make future electricity demand behave differently than it has in the past.

The advantage of trend analysis is that, it is simple, quick and inexpensive to perform. The disadvantage of a trend forecast is that it produces only one result, future electricity demand. It does not help analyze why electricity demand behaves the way it does, and it provides no means to accurately measure how changes in energy prices or government polities influence electricity demand.

1.2.2 End-Use Models

The end-use approach directly estimates energy consumption by using extensive information on end users, such as applications, the customer use, their age, sizes of houses, and so on. Statistical information about customers along with dynamics of change is the basis for the forecast.

End-use models focus on the various uses of electricity in the residential sector. These models are based on the principle that electricity demand is derived from customer's demand for light, cooling, heating, refrigeration, etc. Thus, end use models explain energy demand as a function of the number of applications in the market. Ideally this approach is very accurate. However, it is sensitive to the amount and quality of end-use data. For example, in this method the distribution of equipment age is important for particular types of appliances. End-use forecast requires less historical data but more information about customers and their equipment [7].

The following relation defines the end use methodology for a sector:

$$E=S*N*P*H \quad (1)$$

E = energy consumption of an appliance in kWh

S = penetration level in terms of number of such appliances per customer

N = number of customers

P = power required by the appliance in kW

H = hours of appliance use.

This, when summed over different end-uses in a sector, gives the aggregate energy demand. This method takes into account improvements in efficiency of energy use, utilization rates, etc. in a sector as these are captured in the power required by an appliance, P. In the process the approach implicitly captures the price, income and other economic and policy effects as well.

This method predicts the energy consumptions, to calculate the load need to have the load factor in each sections and different types of energy consumptions and then by load factor we can calculate the load in each section. The system load factor is defined as follows equation:

$$\text{Load Factor} = \frac{Average-Load\ demand}{Peak-Load\ demand} \quad (2)$$

$$= \frac{Annual\ KWh\ energy}{Peak-Load\ demand*8760\ hours/year} \quad (3)$$

The estimates the energy consumed by utilizing information obtained from its end users. This information might be in terms of consumers' use, size of houses, age of consumers, and applications, among many others. This method is based on the concept that electricity demand will always depend on the end user demand for refrigeration, cooling and lighting.

Mathematically the end-use method is a set of equations designed to disaggregate end user's household's total annual energy consumption generally through Residential Energy Consumption Survey (RECS) and based on these disaggregated values, particular weight has been given to produce population estimates of total and average energy end uses at various levels of geography. A visualization of end-use modes is given in figure (1).



Figure (1) Total energy consumption for End-use Models

The method is extremely accurate as the models explain electricity demanded by putting it as a function of its various applications. Nevertheless, the accuracy of this model relies entirely on the quality and amount of information obtained from end users. For instance, in some circumstances, information obtained on consumer age will be more relevant as compared to the size of houses. This is because there are definite areas that contain many youths who tend to overuse electricity through their various electronics such as heaters, fridges, video games, and computers, among many others. This implies that the size of a house occupied by an individual might be small, but he or she might be consuming a lot of electricity [5].

The end-use analysis is that most end-use models assume a constant relationship between electricity and end-use (electricity per appliance). This might hold for over a few years, but over 10 or 20-year period, energy saving technology or energy prices will undoubtedly change, and the relationships will not remain constant.

1.2.3 Econometric Models

The econometric approach combines economic theory and statistical techniques for forecasting electricity demand. The approach estimates the relationship between energy consumption (dependent variables) and factors influencing consumption. The relationships are estimated by the least-square method or time series methods. One of the options in this framework is to aggregate the econometric approach, when consumption in different sectors (residential, commercial, industrial, etc. is calculated as a function of weather, economic and other variables, and then estimates are assembled using recent historical data. Integration of the econometric approach in to the end use approach introduces behavioral components in to the end-use equations.

The advantage of econometrics are that it provides detailed information on future levels of electricity demand, why future electricity demand increases, and how electricity demand is affected by all the various factors.

A disadvantage of econometric forecasting is that in order for an econometric forecast to be accurate, the changes in electricity remain the same in the forecast period as in the past. This assumption, which is called constant elasticity, may be hard to justify especially where very large electricity prices changes, make customers more sensitive to electricity prices.

1.2.4 Neural Network Technique

It is similar as to the neural network technique used for the short-term load forecasting except in this technique with train the network with the large data and forecast the load for the whole or for long term [3].

1.2.5 Multiple Linear Regressions

Regression is the one of most widely used statistical techniques. Since, the load is totally dependent on the temperature, humidity, wind speed and day type parameters hence regression is used to obtain the relationship between load and these parameters. Firstly, using the past data the values of regression parameters a, b, c is calculated and using these parameters and the load is forecasted for long term [3].

II. Demand side management

This module covers "demand-side management" or DSM, as applied to energy efficiency measures that modify or reduce end-users' energy demand. This has traditionally been applied to electricity loads but is also used for changes that can be made to demands for all types of energy. The benefits for the energy user are reduced energy costs for a given output (production level or other measure of activity). For the energy provider, the benefit is a better use of its supply capacity.

In November 2009, the Navigant Consulting (Navigant), and Global Energy and Technology Consulting (GETCON) were contracted by the General Electric Company of Libya (GECOL) to provide an assessment of the demand side management (DSM) potential in Libya. These services was started from 2010 and include winter and summer load research (end-use metering), estimating DSM potential, and designing appropriate pilot programs. the provides summer and winter load research results are the first phase of the (DSM) project.

The summer peak period, occurring between June and September, is characterized by an overall peaking trend occurring in August with daily peaks occurring in the evening (8pm – 9pm).

The winter peak period, occurring between December and February, is characterized by an overall peaking trend occurring in January with daily peaks occurring in the evening time (7pm), the composition of this peak hour is the focus of this project.

End-use and load metering was conducted between July and September 2010 for the following six sectors: residential, commercial, government, agriculture, small industrial and heavy industry sector, based on the results of this effort, sector level load curves have been constructed that will help GECOL develop programs to decrease energy use in Libya.

The residential sector is the most important sector of the consumer and the largest consumption of electric power, especially after the technological development witnessed by the world in recent years.

All household appliances are turned on by electrical energy, so that is why it has increased in the consumption of electrical energy in this sector, the DSM project focused on analysis of too many samples of the residential sector in the summer and winter seasons in the years (2010-2016) and recording real measurements by using DSM meters such as voltage, current, power factor, temperature and lighting intensity of the loads to obtain the daily curve of the measured samples, and use the results of the analysis in the study of forecasting the demand for electrical energy in the residential sector

In the residential samples, before installing metering equipment at each participating facility, GECOL engineers conducted a detailed site audit. For each site, full power draw was metered as well as multiple end-uses specific to the sector and sub-sector for the given site. Meters were left in place for a minimum of two weeks.

Once the meter data were collected, results were examined by the Cadmus engineering team to ensure that all relevant end-use information was collected. Where necessary, engineers calculated additional end-use loads based on nameplate information collected during the site audits. These results were then aggregated and normalized to produce sector and end-use level results.

A sketch of each residential sample was created to assist the data analysis effort. This sketch would include location of the light sensor and its associated energy density to help separate energy consumption of lights. Window area and building orientation along with building characteristics may be used to determine heating load on the building and to establish a BTU/m² heating requirement baseline for each sector. Additionally, a sketch is used in an audit to help the auditor determine any systems that might not have been recorded. These sketches would be especially helpful when returning to the participating facility [6].

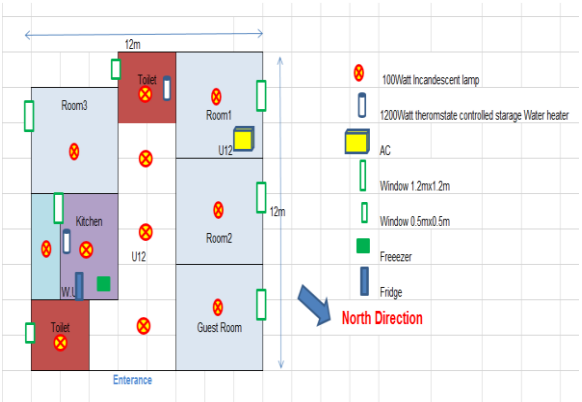


Figure (2) Example of Site Map

2.1 Why Promote DSM?

Various reasons are put forward for promoting or undertaking DSM. For example, DSM may be aimed at addressing the following issues:

- Cost reduction many DSM and energy efficiency efforts have been introduced in the context of integrated resource planning and aimed at reducing total costs of meeting energy demand.
- Environmental and social improvement energy efficiency and DSM may be pursued to achieve environmental and/or social goals by reducing energy use, leading to reduced greenhouse gas emissions.
- Reliability and network issues—ameliorating and/or averting problems in the electricity network through reducing demand in ways which maintain system reliability in the immediate term and over the longer term defer the need for network augmentation.
- Improved markets short-term responses to electricity market conditions ("demand response"), particularly by reducing load during periods of high market prices caused by reduced generation or network capacity.
- An energy customer may have many reasons for selecting a certain DSM activity. Generally, these would be economic, environmental, marketing or regulatory. The above points are expressed in a slightly different way, where it is argued that the benefits of DSM to consumers, enterprises, utilities and society can be realized through:
  1) Reductions in customer energy bills.
  2) Reductions in the need for new power plant, transmission and distribution networks.
  3) Stimulation of economic development.
  4) Creation of long-term jobs due to new innovations and technologies.
  5) Increases in the competitiveness of local enterprises.
  6) Reduction in air pollution.
  7) Reduced dependency on foreign energy sources.
  8) Reductions in peak power prices for electricity [7].

III. Case study analysis

3.1 Forecasting electrical energy for residential Sector

The forecasts for the residential sector were entirely based on demographic data, the use of energy will be affected by a number of factors related to the economy. A booming economy produced more disposable income which results in an increase in the number of households, the number of appliances in a household, and an increase in the electrification rate.

An analysis of the available data showed that a simple application of demo-graphic data to develop the load forecast would sufficiently capture the effects of increasing energy consumption and population growth.

Accurate knowledge of household consumer loads is important when small scale distributed energy technologies are optimally planned in a local grid or local demand side management (DSM) measures to reduce energy consumption in the residential sector.

This knowledge is also useful in planning medium and low voltage networks in residential areas [8].

the fluctuations in electricity consumption for individual households are revealed as well as the division of consumption among different types of household appliances. By using the recording of real measurements of electrical energy consumption in many samples of the residential sector and analyzing these measurements and their results to obtain the daily curve of energy consumption for most samples in the project period from 2010 to 2016 and using them as a basis for calculating the expectations of energy demand in the target years of the study.

The DSM measurements included recording measurements of major appliances, such as heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems, refrigerators, lighting, and freezers

The residential model for used in developing the forecast had the following general form:

Residential Consumption = Households * Electrification rate * Unit consumption 5

Where

Households is derived from the population forecast, assuming a slowly decreasing number of people per household.

Electrification rate was assumed to grow asymptotically from the current 98 % estimated level to 100 %, by the end of the forecasting period.
Unit consumption: consumption per household.

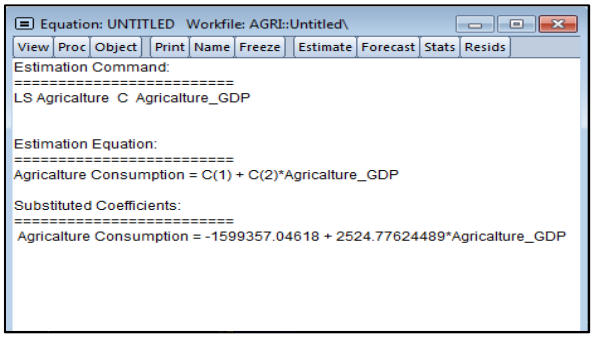


Figure (3) Forecasting equation analysis of the agriculture sector

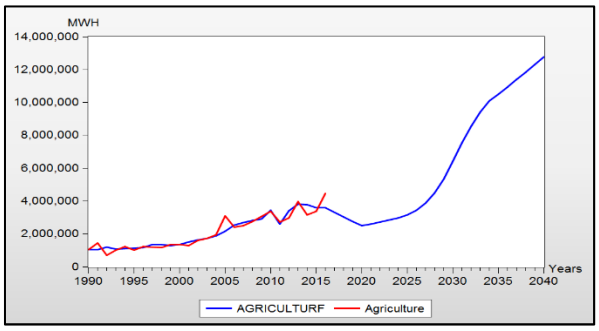


Figure (4) Comparisons of actual and forecasting electrical energy results for agriculture sector

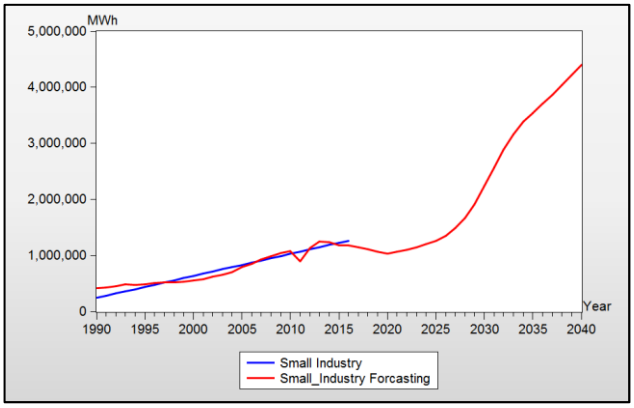


Figure (5) Comparisons of actual and forecasting electrical energy results for small industry sector

3.2 Forecasting electrical energy for agriculture sector and other sectors

Energy consumption in all its forms is the most important obstacle to economic and social development in Libya. Although Algeria is an oil exporter, its energy consumption has increased in recent years, particularly electricity. Adoption of the growth of the agricultural sector on energy is inevitable. And an increase in the price of kilowatt-hours in the future. The most important challenge for the advancement of the agricultural sector will be to forecasting electrical energy of the agricultural sector in the future to provide affordable food products, to guarantee a decent standard of living for the Libyan citizen, self for future generations.

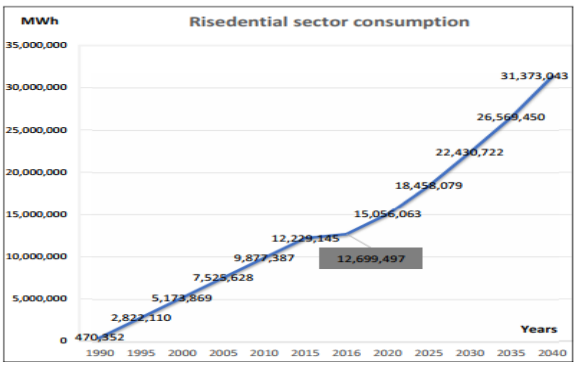


Figure (5.1) Electrical energy requirement for a period of (2017 - 2040) for residential sector

Thus, the general equation used to forecast the load for the Agriculture sector are as shown below:
Agriculture consumption = $\alpha + \beta$ * GDP Agriculture
The results of the regression analysis produced the following equation:

Agriculture consumption = 1599357.04618+2524.77624489 * GDP Agriculture

The application of various tests to determine the best correlation between various indicators showed that the strongest relationship to energy sales was to be the non-oil GDP. Since previous analysis showed that the non-oil GDP also reflects growth from economic factors, this relationship was retained for forecasting purposes.
The general equation used to forecast the load for the Small Industry sector is as shown below:
Small Industry consumption = $\alpha+\beta$ *GDP small industry
Small Industry consumption = 37.6317951401* GDP small industry
The analysis of various options showed that best correlation using historic data occurred using the manufacturing domestic product as key indicator. Thus, the general equation used to establish the load forecasts for the Heavy Industry sector are as shown below:
Heavy Industry consumption = $\alpha+\beta$ *GDP heavy Industry
Heavy Industry consumption = 1934281.17004+1840480955908*GDP Agriculture

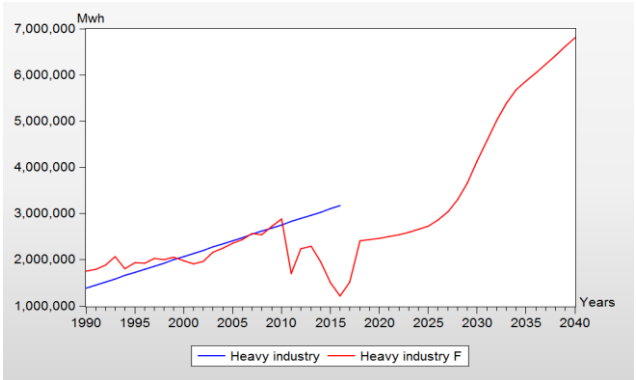


Figure (6) Comparisons of actual and forecasting electrical energy results for heavy industry sector

Service sector divided into commercial (local shop, shopping mall, admin office, etc), public amenities (mosque, health center, school, hospital, police station, etc), utilities (sewerage treatment, plant, desalination, park, etc), and street lightening.

Thus, the general equation used to establish the load forecasts for the Heavy Industry sector are as shown below:

Service consumption = $\alpha+\beta$ *GDP $_{\text{heavy Industry}}$

Service consumption = -814734.610016 + 395.486804772*GDP $_{\text{Service}}$

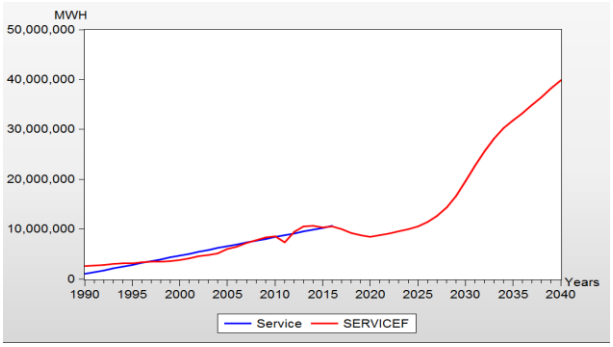


Figure (7) Comparisons of actual and forecasting electrical energy results for service sector

The overall forecast was carried out in terms of energy consumption or demand. A complete forecast also requires an estimate of the peak demand and system losses. This section summarizes the approach used to estimate future peak load and demand.

System Losses

System losses were incorporated into the load forecast and take into the following factors:

- transmission losses
- distribution losses

The general relationships used to calculate the losses were:

Net Generation = Total Energy consumption + Losses

% Losses = 1 - (Total Sales/Net Generation)

Losses as a percentage of generated energy or sold energy are well known from the historic data.

Once the annual electricity consumption is estimated for each sector, the total national electricity consumption is easily obtained by the sum of all sectors' consumptions.

Net Generation= $\frac{Total\ energy\ consumption}{(1-Technical\ losses)}$ (5)

Where the technical losses is 17%

Gross generation= $\frac{Net\ Generation}{(1-Auxiliary\ Consumption)}$ (6)

Where the auxiliary consumption is equal to 2%

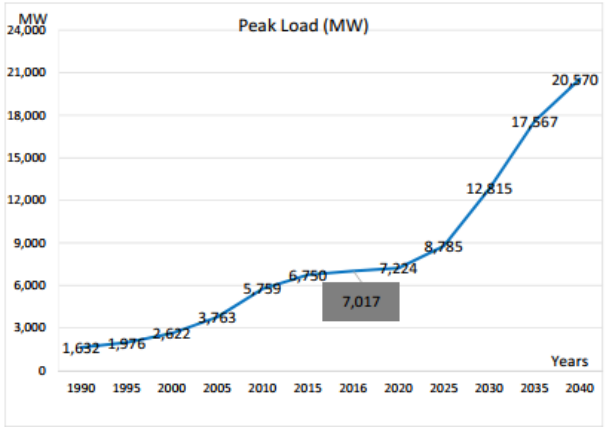


Figure (8) results of the peak load regression analysis

3.3 Samples analysis of Demand Side Management Project

This study aims to identify the consumption pattern of one of the most important sectors consuming the electric power, the domestic sector, and also to determine the consumption of household equipment most consumed by electric power. It also aims to determine the nature of the consumption of household equipment most consumed by electric power in an attempt to study the possibility of rationalizing the consumption of electric power and reducing peak loads without affecting the level of energy consumption for Libyan families.

By collecting information related to all electrical household equipment for different samples of homes, and then it can be analyzed and studied to identify the behavior of that equipment inside the house in the summer season.

Wattages for each equipment were then found on the site collection forms, as seen below

Address	Tripoli	Area	170 M²	Date	25/8/2015
Activity type	Residential			Time	12:00 AM

Appliance						Meters and devices
Eq No	Appliance Type	Mune	Number	W	hp	
1	Main meter		1			Pulse HPBO: 2420912
2	Lighting C.F.L			1400		U12: 2407400 U12: 2407351
3	AC		1	2400		U10 :2365865
4	Water Pump		1	746	1	
5	Refrigerator	Beko	1	350		Watts app pro

Figure (9) Residential Site Form

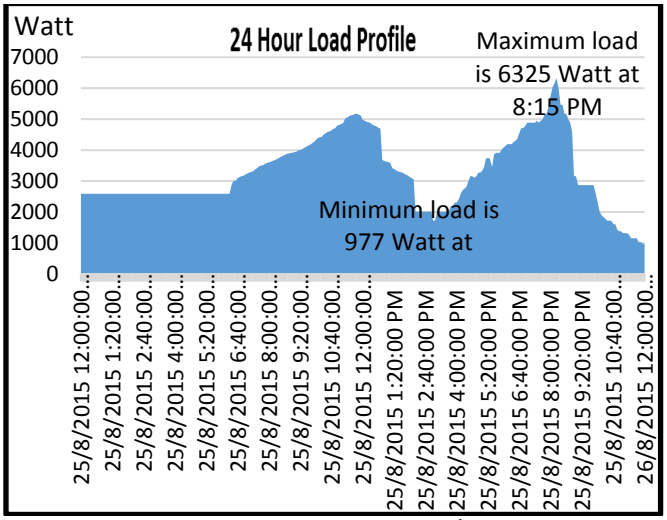


Figure (10) A 24 hours load curve 0n 25th August 2015

In Figure (10) hourly load curves is shown for 24 hours of a day in summer season. The interval length is one hour, so there are 24 intervals in the figure. It can be seen in figure that the load is low and stable from 12 am to 6:25 am, the load start rising after 6:25 am till 11:45 am and after that it descends till 3:05 pm and after 3:05 pm it starts rising till 8:15 pm, after 8:15 pm load gradually decrease again until the end of the day.

It can be seen in Figure (10), the curve there arises two peaks, First peak at 11:45 am and the 2nd peak at 8:15 pm.
that maximum demand occurs at 8:15 pm, and minimum load demand occurs after mid night at 11: 55 pm. So closely observe this load curve it can be seen that load demand
At midnight there is no need for lighting or cooling the house and the air conditioner is turned off.
Figures (11) and (12) show the daily load shape for the air conditioner and lightning.

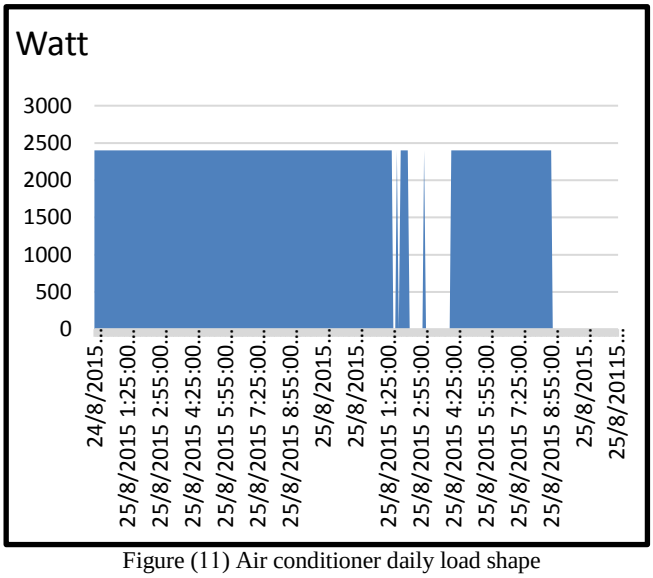
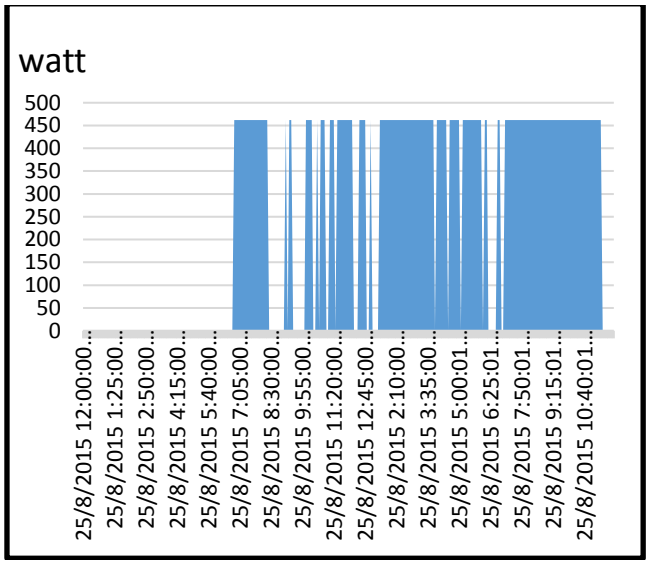


Figure (11) Air conditioner daily load shape



Figures (12) Lightning daily load shape

In Figure (13) hourly load curves is shown for 24 hours of a day in the winter season on 6th February 2015. The interval length is one hour, so there are 24 intervals in the figure. It can be seen in figure (12), In the curve there is one peak at 7:50 PM and the minimum load demand occurs at 2:55 PM.

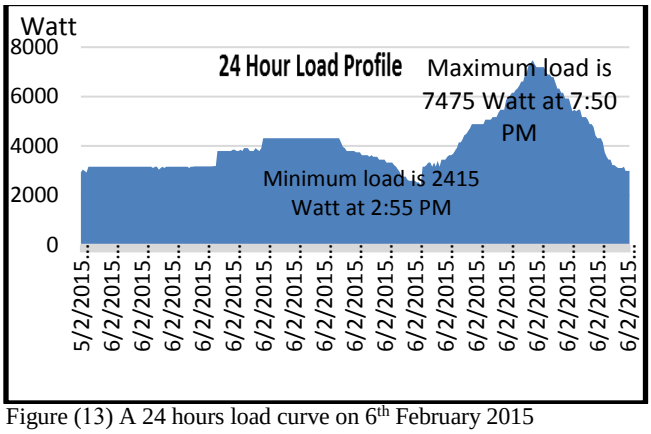


Figure (13) A 24 hours load curve on 6th February 2015

IV. Results and discussion

The residential sector considered the most important consumer sectors and the largest consuming of electrical energy, the growth of the demand for electrical energy in 2040 is 31,373,043 MWh and geographical factors such as population growth, number of households and average annual household consumption of electrical energy are the most important factors causing the growth of demand for electric energy in This sector
For the other sectors, the study based on historical data of electrical energy consumption and the value of the gross domestic product for each sector in the period 1990-2016 and the estimated data of the gross domestic product in the period 2017-2040, the forecasting demand for of electrical energy increase by increasing the annual gross domestic product, the big drop forecasting electrical energy results for heavy industry sector was observed due to the irregular values of the annual gross domestic product in the period 2011-2018 in Figure (6),and the peak load demand in 2040 is 20570MW.
The accuracy of the results of this study increases with the increase in the historical data series for the time period.

V. Conclusion

The load forecasting study was conducted in order to accurately forecast the demand for electric power capacity and in Libya during the period from 2017 to 2040 for the main sectors, which are the residential, agricultural, heavy industrial, light industrial and service sectors. This analysis was done using the end use of the residential sector and the econometric of the rest of the sectors.
The demand analysis indicates a trend that the electricity supply in Libya is expected to increase from 7017 MW in 2016 to 20570 MW in 2040, and total consumption will reach about 95,270,804 MWh in 2040.
Moreover, by analyzing the real measurements samples of the load management project for the residential sector in the year 2015 in the summer season, the highest load was recorded 6325 watts at 8:15 pm and the air conditioner was the highest equipment consumption of 2,400 watts, but in the winter season it was The highest load was recorded at 7475 watts and the heater space was the highest power consumption of 1800watts, The summer peak period, occurring between June and September, is characterized by an overall peaking trend occurring in August with daily peaks occurring in the evening (8pm – 9pm).
The main aim of the Demand Side Management project is to reduce the demand of electrical power consumption,

especially in the residential sector, which is the largest sector consumption of electric power in the sectors mentioned.

VI. Recommendations and future work

After conducting the load forecasting study until 2040, it is important to complete the study of generation expansion to cover the expected loads results in the mentioned period, noting any new additions in the mega projects construction such as factories and building new residential cities.

To reduce the electrical energy consumption that the demand management project aims to, especially in the residential sector, there are many methods that must be followed to reduce the consumption of electrical energy in this sector as it is the most energy-consuming sector, including the following:

- Change all Lamps with LED lights
- Increase the cost and tariff price Specially at the peak load
- Application of Energy Efficiency Programme
- Using high efficiency of household appliances

For future work, testing the forecasting models should be recommended taken consideration the relevant parameters affecting electricity demand. The methodology developed in this study can be used to investigate the incentives currently available to consumers to see if it would be possible to shift some of the load from peak hours at residential sector level. Furthermore, the possibility of using renewable energy (e.g PV system) at residential sector could be also studied and investigated. Using the forecasting model developed for residential sector. The evaluation of the cost-effectiveness of the building integrated photovoltaic system when connected to the utility grid could be taken as an example.

References

[1]Yingling Shi, Hongsong Yang, Yawei Ding and Nansheng Pang, "Research on Long Term Load Forecasting Based on Improved Genetic Neural Network", 2008 IEEE Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application.

[2] N. Phuangpornpitak and W. Prommee, "A Study of Load Demand Forecasting Models in Electric Power System Operation and Planning", GMSARN International Journal 10 (2016) 19 – 24.

[3] Vikas Gupta and Seema Pal, "An Overview of Different Types of Load Forecasting Methods and the Factors Affecting the Load Forecasting", International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 5 Issue IV, April 2017, ISSN: 2321-9653.

[4] Piers R. J. Campbell and Ken Adamson, "Methodologies for Load Forecasting," 3rd International IEEE Conference Intelligent Systems, September 2006.

[5] Mosad Alkhathami, "Introduction to Electric Load Forecasting Methods", Columbia International Publishing Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering (2015) Vol. 2 No. 1 pp. 1-12.

[6] "Summer Load Research", Prepared for General Electric Company of Libya.

[7]"Demand-sidemanagement", sustainable energy regulation and policymaking for Africa, Module 14

[8] Jukka V. Paaterony and Peter D. Lund, "A model for generating household electricity load profiles", Advanced Energy Systems, Helsinki University of Technology, P.O. Box 2200, FI-02015 HUT (Espoo), Finland.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Highly efficient eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in Alkalin Environment at different concentrations & quantities: experimental & molecular dynamics study

Abdalbaset M. Algish[1], Fathi I. Ashour[1], Salah M. Algoul[2], Abdalhamed A. Musbah[3]
[1] Chemical and Petroleum Department, The Higher Institute for Science and Technology, Algaraboli, Libya
[2] Higher Institute of Engineering Technology -Zliten, Libya[3] Chemical Engineering Department, Awlad Ali High Institute for Science and Technology, Tarhuna, Libya
algishabdalbaset@gmail.com

Abstract: Mild steel is the most common type of metal used in large industries due to its acceptable material properties and low cost. However, a growing concern of its use has been limited as a result of its low resistance to corrosion especially in acidic and alkaline environments. The use of corrosion inhibitors has been encouraged by various researchers as a means slow down the corrosion rate and thus reduce monetary losses to industrial vessels, surfaces and equipment. as a result of the high cost of traditional corrosion inhibitor, science turned to green corrosion inhibitor to try to compensate for it. In this regard we used a lot Cactus oil in acidic media. ($CaSo_2$ – NH_3OH) for 4 sample, Variable rates and varying periods of time it was found that the corrosion rate decreases and the best result is a corrosion rate.

Keywords: ***Corrosion inhibitor, Cactus oil, corrosion rate, $CaSo_2$ –NH_3OH***

I. Introduction

Almost all metals and alloys are unstable in the Earth's atmosphere and therefore will always be susceptible to corrosion. Corrosion deterioration of metallic alloys by chemical interaction with their environments is one of the major sources of industry overhead costs due to maintenance and repair of damaged and worn-out equipment and parts. In general, a good portion of the loss can be avoided by proper corrosion control and monitoring. One of the best methods to reduce the rate of metallic corrosion is by the addition of inhibitors in which even small concentrations can result in decrease of the corrosion rate of metallic surface [1]. However, there are conditions aiding the selection of a suitable inhibitor substance. These include, the cost and amount of the inhibitor required, long term toxicological effects on the environment, the inhibitors ability to treat the corroded surfaces, the inhibitor's availability and stability in the environments. In various industries, mild steel has been used extensively as a building material owing to its cost effectiveness, and high mechanical strength. Although, through electrochemical and chemical reactions it has been very reactive with the environmental constituents and hence, component metal loss arises as a result of corrosion. Corrosion occurs as a result of cross section losses, having lower ductility, ultimate strength and yield strength. It decreases the life span of structures resulting into structural vulnerability leading to structural failure [2]. Various efforts have been previously carried out to reduce unfavorable reactions mostly through frequently occurring industrial developments such as acid pickling, acid descaling, and acid cleaning etc. of which the utilization of corrosion inhibitors is one of the best methods [3]. Globally, corrosion problems mostly occur in industries as a result of service and environmental conditions. Corrosion might not have immediate negative effect on the material but it affects the physical appearance, mechanical behavior and strength resulting into significant operational complications [4]. In industries, acidic solutions are largely used for acidizing, de-scaling, chemical cleaning and acid pickling for steel, the most frequently used is hydrochloric acid. Naturally, these occur in corrosive environment resulting into intense corrosion complications experienced in industrial processes. Acid corrosion inhibitors are applied extensively to minimize or prevent loss of material associated with the acid [5].

Mild steel is frequently used as a raw material for construction of pipelines, buildings and bridges [6], its pre-mature failure and deterioration has resulted into a gross expenditure of several billions of dollars globally [7]. Since mild steel is an essential part of infrastructural facilities which includes pipelines, port facilities and bridges, these cost expenditures include replacement, maintenance and

loss of productivity. The use of paint coatings has been applied to create a protective barrier. The use of pigments inhibiting corrosion is an essential constituent in paints. Over time, these pigments percolate from the coatings thereby inhibiting the concealed metal substrate, which breaks particularly in paint coating [8]. The most efficient pigment inhibiting corrosion used for different alloys and metals, e.g., mild steel, has compounds of metal chromates in its oxidation state (Cr+6) [6] for example strontium chromate. Chromate compounds behaves in a method of either reducing or blocking both cathodic and anodic rate of reaction. In addition, (Cr+6) has been reported as an occupational carcinogen related to sinus, naser and lung cancer [2]. In recent decades, various alternative inhibitors have been considered as substitutes for chromates, including metallic ions (rare earth metals and zinc), oxyanions (phosphates, molybdates and nitrates) and organic compounds (carboxylates). All have demonstrated some extent of inhibition effectiveness [8].

Mild steel corrosion by atmospheric conditions is a broad topic that have been researched by different authors. Various researchers have reviewed the corrosion process. A huge quantity of these information is obtainable on mild steel by atmospheric corrosion at mid and short term [7]. Various studies have been conducted on the use of organic corrosion inhibitors; it has frequently been applied in various control measures such as its effectiveness to impede corrosion of mild steel in seawater. Usually, the use of inhibitors as a preventive mechanism against corrosion is principally attributed to inhibitor molecular adsorption which result to surface modification of the mild steel and formation of subsequent protective layer. Several kinds of inhibitors have been utilized as an effective means of inhibiting corrosion in various electrolytic media for mild steels. These media include sea water, hydrochloric and sulfuric acid concentrations. This manuscript reviews corrosion inhibitors as building evidence for Mild Steel [8].

II. Materials and Methods

2.1. Materials:

At this stage, small square iron pieces of standard known dimensions are used as shown in the figure (1). They are prepared before use so that they have equal polished faces for all samples to give close results that were placed in different corrosive environments.

They are placed on a sensitive scale to measure their weight as shown in figure (2), and then placed in clean flasks containing acid solutions to measure their weight before and after corrosion over a period of three days, and then measure their weight after adding the green oils to this solution.



Figure (1): samples of materials.

2.2. Preparation of solutions and samples:

To carry out these experiments, we prepare a set of clean flasks of a known size, as well as an amount of $CaSo_4$ – NH_3OH. Known concentration. We have selected about eight fine and evenly polished iron parts samples.

The length and width are approximately 2 cm. Then we calculated the weight using a sensitive scale. The weights were as follows:

No.	Weight (gm)
1	9
2	9
3	9
4	9
5	9
6	9
7	9
8	9

We put these samples in clean flasks and we also used 4 $CaSo_4$-type acid flasks Samples (1- 4) and were placed Four more flasks containing NH_3OH (5-8).

III. Experimental procedure

This experiment is simple, effective, and reliable to determine the desired value which represents the intensity of corrosion that is already occurred upon the corroded metal, it is as follows: -

The sample is polished and pre-weighed mild iron specimens were immersed in 1000 ml $CaSo_4$ with and without Cactus oil as corrosion inhibitor.

Corrosion inhibitor was supplied from almadena company by different concentration 2 ml, 4 ml, 6 ml, immersion time was varied from 24, 48, 72, hrs.

The corrosion rate was measured by weight loss.

The samples are taken out at end of time, and then cleaned with acetone and the sensitive balance calculates its weight.

- Calculation corrosion rate (CR)

$$C\,R = \Delta w / \Delta t$$

$$\Delta w = w_f - w_i$$

Where:

W_f is sample final weight.

W_i is sample weight at beginning.

Δt is experimental time.

- Time Effects The effect of time was studied for different intervals (24, 48, 72 hrs.) in presence and absence corrosion inhibitor

IV. Results & Discussion

As shown in figure (3-a) & (3-b), the experimental time varied from one day to three days and carried out in absence of any corrosion inhibiters the results shows that the highest corrosion rate was at first day where the concentration of environmental was at beginning then start to decrease where the lowest rate at second day the for samples 2 and 4 being to be highly and increased sharply, this is known as the phenomenon of passivity.

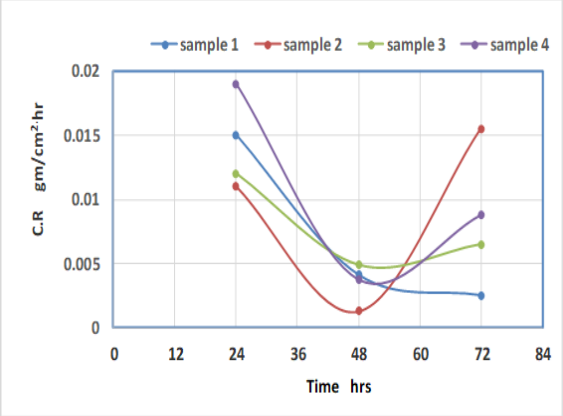


Figure (3-a): Shows the C.R without corrosion inhibitor in $CaSo_4$

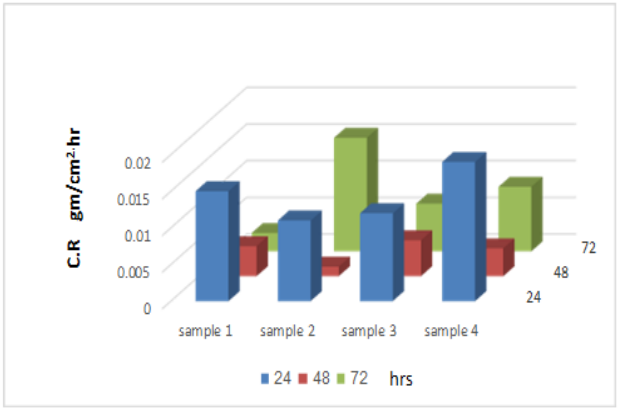


Figure (3-b): Shows the C.R without corrosion inhibitor in $CaSo_4$

Table-1: Shows the C.R without corrosion inhibitor in $CaSo_4$

Sample no	Time hr	C R gm/cm²·hr	Time Hr	C R gm/cm²·hr	Time hr	C R gm/cm²·hr
1	24	0.015	48	0.0041	72	0.0025
2	24	0.011	48	0.0013	72	0.0155
3	24	0.012	48	0.0049	72	0.0065
4	24	0.019	48	0.0038	72	0.0088

- Effect of concentration of Cactus oil in CaSo4 environment

Table-2: Effect of 2 ml of Cactus oil

Sample no	Time hr	C R gm/cm²·hr	Time hr	C R gm/cm².h	Time hr	C R gm/cm².h
1	24	0.004	48	0.00084	72	0.00375
2	24	0.0027	48	0.0016	72	0.0051
3	24	0.0018	48	0.0031	72	0.0014
4	24	0.0013	48	0.0023	72	0.0046

Table-3: Effect of 4ml of Cactus oil

Sample no	Time hr	C R gm/cm².h	Time hr	C R gm/cm².h	Time hr	C R gm/cm².h
1	24	0.0012	48	0.0028	72	0.0022
2	24	0.0022	48	0.0021	72	0.0032
3	24	0.0021	48	0.0015	72	0.0016
4	24	0.0024	48	0.0023	72	0.0036

Table-4: Effect of 6ml of Cactus oil

Sample no	Time hr	C R gm/cm^2.h	Time hr	C R gm/cm^2.h	Time hr	C R gm/cm^2.h
1	24	0.0013	48	0.0042	72	0.0038
2	24	0.0027	48	0.0028	72	0.0022
3	24	0.0053	48	0.0031	72	0.0016
4	24	0.0031	48	0.0019	72	0.0018

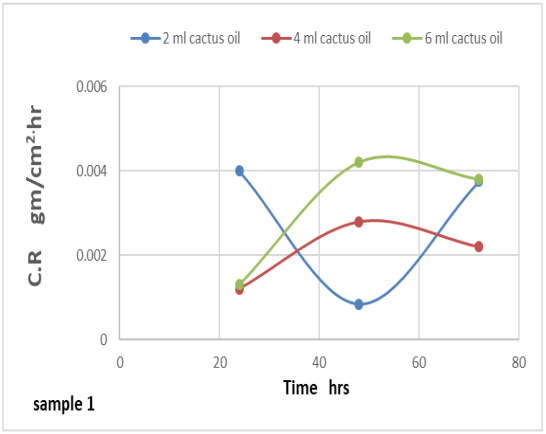


Figure (4-a): Effect of concentration of Cactus oil as inhibitor in CaSo4 environment

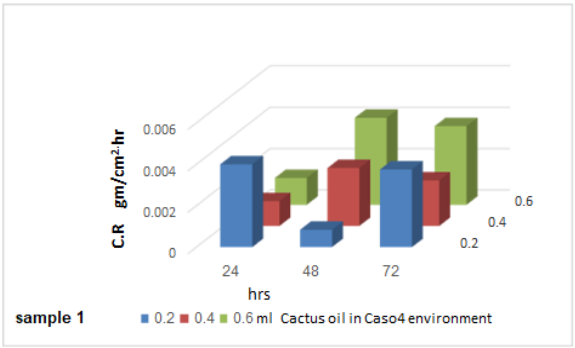


Figure (4-b): Effect of concentration of Cactus oil as inhibitor in Caso4 environment

Table-5: Shows the C.R without corrosion inhibitor in NH_3OH

Sample no	*Time hr*	*C R gm/cm^2.h*	*Time hr*	*C R gm/cm^2.h*	*Time hr*	*C R gm/cm^2.h*
5	*24*	*0.001*	*48*	*0.0041*	*72*	*0.0034*
6	*24*	*0.002*	*48*	*0.0061*	*72*	*0.0011*
7	*24*	*0.002*	*48*	*0.0023*	*72*	*0.0037*
8	*24*	*0.001*	*48*	*0.0008*	*72*	*0.0012*

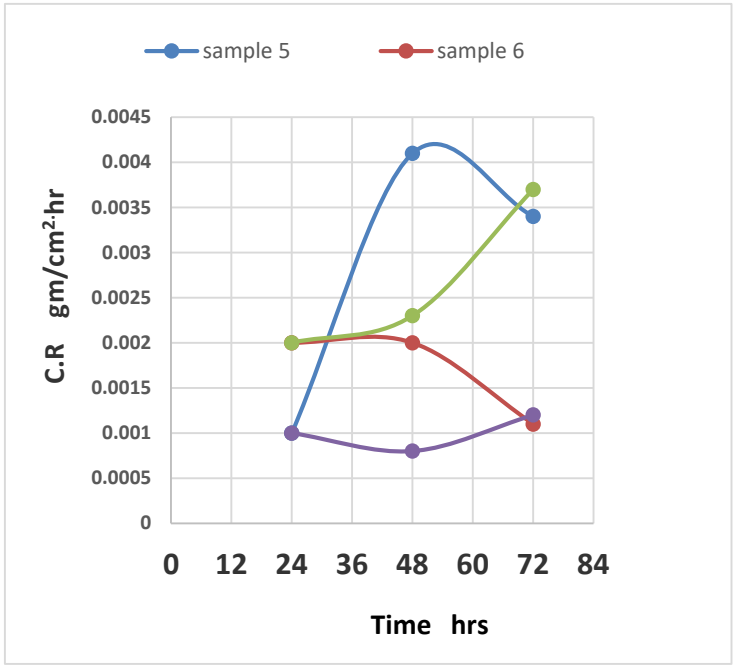


Figure (5-a): Shows the C.R without corrosion inhibitor in NH_3OH

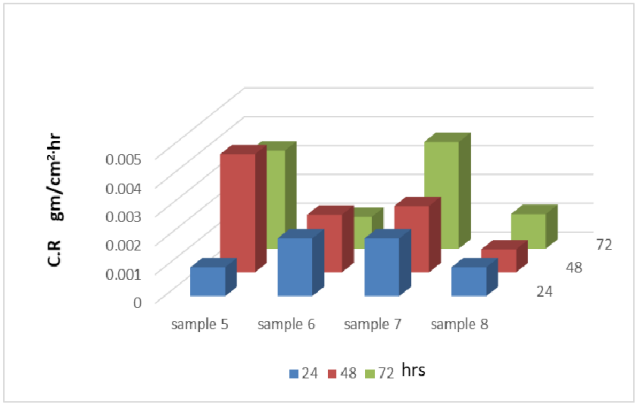


Figure (5-b): Shows the C.R without corrosion inhibitor in NH_3OH

Effect of concentration of Cactus oil in NH_3OH

Table-6: Effect of 2 ml of Cactus oil

Sample no	Time hr	C R gm/cm^2.h	Time hr	C R gm/cm^2.h	Time hr	C R gm/cm^2.h
5	24	0.0045	48	0.0092	72	0.0015

6	24	0.0053	48	0.0081	72	0.0028
7	24	0.0104	48	0.0068	72	0.0036
8	24	0.0031	48	0.0036	72	0.0024

Table-7: Effect of 4 ml of Cactus oil

Sample no	Time hr	C R gm/cm^{2}.h	Time hr	C R gm/cm^{2}.h	Time hr	C R gm/cm^{2}.h
5	24	0.0021	48	0.0038	72	0.0031
6	24	0.0020	48	0.0055	72	0.0001
7	24	0.0003	48	0.0022	72	0.0013
8	24	0.0044	48	0.00044	72	0.00127

Table-8: Effect of 6 ml of Cactus oil

Sample no	Time hr	C R gm/cm^{2}.h	Time hr	C R gm/cm^{2}.h	Time hr	C R gm/cm^{2}.h
5	24	0.004	48	0.0022	72	0.0046
6	24	0.005	48	0.0041	72	0.0011

7	24	0.005	48	0.0033	72	0.0024
8	24	0.004	48	0.0037	72	0.0031

V. Conclusions

From the work carried out, the following conclusions can be drawn:

Cactus oil extract had acted as an efficient anti-corrosive agent for mild steel in a calcium sulfate (CaSo4) solution. At the 4 ml, it can increase the lifespan of the mild steel and this can be utilized in both oil and gas industries.

In consonance with the reviewed papers, it can be stated that green inhibitors originating from plant extracts have shown promise to inhibit the corrosion of metals and alloys, especially mild steel in acidic media.

Applications of this inhibitor for the mitigation of acidic corrosion in the petroleum and gas industry will add value in terms of enabling safer operations and contributing to significant cost savings.

Further qualification testing of the candidate inhibitor under dynamic conditions is recommended to achieve greater assurance and gain more confidence in the inhibition capabilities.

References

[1] Abdalbaset M. Algish, Fathi I Ashour, Salah M. Algoul and Abdelhamid A. Musba the Third Libyan Conference on Chemistry and its Applications (Lcca2019) Benghazi University, Benghazi, Libya Sep 7th – 9th. An Investigation of Usage Eco-friendly Corrosion Inhibitor in HCl Environment

[2] Javidan, F., Heidarpour, A., Zhao, X.L., & Minkkinen, J. (2016). Application of high strength and ultra-high strength steel tubes in long hybrid compressive members: experimental and numerical investigation. Thin-Walled Structures, 102, 273–285.

[3] Verma, C., Ebenso, E. E., Bahadur, I., & Quraishi, M. A. (2018). An overview on plant extracts as environmental sustainable and green corrosion inhibitors for metals and alloys

in aggressive corrosive media. Journal of Molecular Liquids, 266, 577–590.

https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.06.110

[4] Yilmaz, N., Fitoz, A., Ergun, Ü, & Emregül, K. C. (2016). A combined electrochemical and theoretical study into the effect of 2- ((thiazole-2-ylimino) methyl) phenol as a corrosion inhibitor for mild steel in a highly acidic environment. Evaluation and Program Planning, 111, 110–120. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2016.05.002

[5] Saji, V.S. (2010). A review on recent patents in corrosion inhibitors. Recent Patents on Corrosion Science, 2, 6–12.

[6] Abdel Hameed, R.S. (2011). Ranitidine drugs as non-toxic corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid medium, Portugaliae. Electrochim. Acta, 29, 273–285.

[7] Mattsson, E. (2001). Basic Corrosion Technology for Scientists and Engineers, 2nd ed., Institute of Materials, IOM Communications, London,

[8] Somers, A. E., Hinton, B. R. W., Bruin-dickason, C. De, Deacon, G. B., Junk, P. C., & Forsyth, M. (2018). New, environmentally friendly, rare earth carboxylate corrosion inhibitors for mild steel. Corrosion Science, 139, 430–437.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

Investigation of Using Polyethylene Glycol-400 (PEG-400) As a Surfactant for Separation of organic dyes and some heavy metals from Water Samples *by Cloud Point Extraction*

Abdelsalam Asweisi
Department of Chemical Engineering
University of Tripoli
Tripoli, Libya
a.amhmed@uot.edu.ly

Khalifa Algheryani
Department of Chemical Engineering
University of Tripoli
Tripoli, Libya
K.Algheryani@uot.edu.ly

Ebtehal Almusrati
Department of Chemical Engineering
University of Tripoli
Tripoli, Libya
E.AL-Musrati@uot.edu.ly

Rawa Altarhouni
Department of Chemical Engineering
University of Tripoli
Tripoli, Libya
R.Tarhouni@uot.edu.ly

***Abstract*— Phase separation by cloud point phenomena depending strongly on the behavior of the surfactant used. This study aimed to apply a new surfactant for the separation of some toxic pollutants from water samples using cloud point extraction (CPE) methodology. Polyethylene glycol-400 (PEG-400) was chosen as surfactant to facilitate phase separation of Cr(VI), Cu(II), Fe(II), methyl green and methylene blue dye ions from water samples. The effect of some parameters on extraction percent, pH, surfactant amount, pollutant ions concentration, and temperature have been studied and optimized. As a result, PEG-400 is an excellent surfactant with satisfactory results since more than 95% of extraction percent has been reached.**

Keywords*— *Cloud point extraction, Non-ionic surfactant, Pollution

I. INTRODUCTION

Pollution caused by higher levels of heavy metal ions and organic dyes in the environment due to technological and industrial development is one of the most important risks facing the world today. These pollutants in water bodies at certain concentrations that pose a threat to the ecosystem [1]. Most of these contaminants cannot biodegrade or detoxify easily and have a high tendency to accumulate, especially in living matter [2, 3]. Therefore, discharge of these pollutants into water recourses affecting water quality and causing harm to aquatic organisms due to its high toxicity, which makes it unsuitable even for human consumption.

The widely used of heavy metals and dyes in many industrial activities related to the manufacture of medicines, food and other commercial products such as cement industry, leather tanning, electroplating, production of refractory steel, catalytic manufacture, photographic material, corrosive paints and rubber manufacturing industries has contributed to a significant increase in their concentrations in the environment. Therefore, the determination of these pollutants in aqueous and biological matrices is a very important tool for environmental and toxicological monitoring. Accordingly, it is very difficult because of the presence of these contaminants at low levels, which requires sensitive automated techniques and frequently a pre-concentration step such as liquid–liquid extraction (LLE), solid phase extraction (SPE), ion exchange, co-precipitation, and cloud point extraction (CPE).

Traditional liquid–liquid extraction and other mentioned methods have many disadvantages during the separation process, among of these, time-consuming, labor intensive and consume large amounts of high purity solvents, which are frequently toxic [4, 5]. In this sense, most industries are looking for alternative technologies that are competitive and can overcome some of the defects in the mentioned methods. As such, CPE is a new environmental-friendly method that has gained a significant interest in separation science.

In recent years, CPE, is considered an alternative approach for extraction, and pre-concentration technique, was successfully used in the separation of pollutants from environmental samples which reduces solvent consumption and extraction time and also provides high enrichment factors for analyses [6, 7]. The CPE mechanism is a very simple which involves forming hydrophobic species by solubilization of the pollutants in a medium containing surfactant. Then the hydrophobic complex is extracted after being incorporated into a micelle system when being clouding.

Separation by cloud point phenomena is mainly dependence on the phase behavior of non-ionic surfactants in aqueous media. Most non-ionic surfactants in aqueous media form micelles and become more turbid when heated to the cloud point temperature (CPT) or in the presence of a salting-out agent. Above the CPT, the surfactant solution is easily separated into two immiscible phases as a result of the formation of micelles, a small volume of surfactant-rich phase containing the required solute with a small amount of water and a diluted aqueous phase which represents the rest of solution in which the concentration of the non-ionic surfactant is at equal, or below to, its critical micelle concentration (CMC) system [8-12]. Thus, in the present study, the extraction of ions from the initial aqueous solution was achieved by concentrating these ions into the surfactant-rich phase after formation of a hydrophobic complex.

According to some previous studies; removal of different pollutants, like heavy metals and/or organic dyes from aqueous solutions using CPE is an increasing interest in the scientific community. However, most recent investigations have focused on the use of low-cost surfactants with or without appropriate reagent [13-23].

Recently, in our research group, Asweisi et al. extraction of some metal ions using PO/EO block polymer as a surfactant with APDC was studied with satisfactory results [24]. In 2022, this study extended to use different surfactants, commercial polyethylene glycol, glycerine, PO/EO block polymer, and ethoxylated polyamine with APDC as cleating agent for extraction of cadmium ions from aqueous medium, as a result these surfactants had a good ability of extraction with high efficiency [25].

In this study, CPE method developed for the pre-concentration of Cr(VI), Cu(II), Fe(II), methyl green and methylene blue dye ions in various samples using PEG-400 as a surfactant because of their low cloud point temperature and high density of the surfactant-rich phase as well as their low cost, commercial availability and lower toxicity. Some parameters that effect on the extraction percent like sample pH, amount of surfactant, temperature, and concentration of pollutants have been investigated and optimized.

II. EXPERIMENTAL METHOD

A. Reagents

All solution samples were prepared with deionized and high purity water. Except if otherwise stated. Analytical-grade acids, methanol, and other chemicals used in this study are obtained from Merck, Darmstadt, Germany. The standard solution method was used to establish the calibration curve. A 1.0% (w/v) of PEG-400 surfactant was used.

B. Apparatus

A thermostated water bath, maintained at the desired temperature where the separation was achieved. The CPE measurements were made using UV-VIS spectrophotometer JENWAY with 20 mm quartz cells was used. The pH measurement was made by JENWAY 3150 PH-METER.

C. CPE procedure

A CPE experiments were prepared according to literature (Asweisi et al., 2020). Aliquots of 9 mL of the sample or standard solution containing, contaminated sample (7 mL), surfactant (2 mL), were heated in a thermostated water bath at 80 ℃ for 10 min. Separation of the diluted aqueous and surfactant–rich phase was achieved when the surfactant-rich phase became more viscous and immiscible. The aqueous phase was then easily separated completely by a 10 mL syringe centered in the tube and introduced into the UV-VIS spectrophotometer JENWAY by the 20 mm quartz cells for analysis.

D. Analytical procedures

The experimental study of the separation process using cloud point phenomena was evaluated by the extraction yield percent (Equation 1), which is estimated from mass balance based on initial and final ions concentrations in the original solution before and after heating to CPT:

$$\%E = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0}\right) 100 \qquad (1)$$

Where $\%E$ represents the percent of extraction of pollutant from an aqueous solution; C_0 and C_t are the initial and final concentration of pollutant ions in the aqueous phase, before and after extraction, respectively.

III. RESULTS AND DISCUSSION

Separation of some toxic metal ions such as hexavalent chromium studied under different experimental conditions. The change in extraction percent with pH shown in figure 1, more than 95% extraction at pH values between (9 and10), then the extraction percent decreased gradually with increasing pH values. Formation of stable metal hydroxides at higher pH values may occurred leads to less extraction possibilities of metal ions.

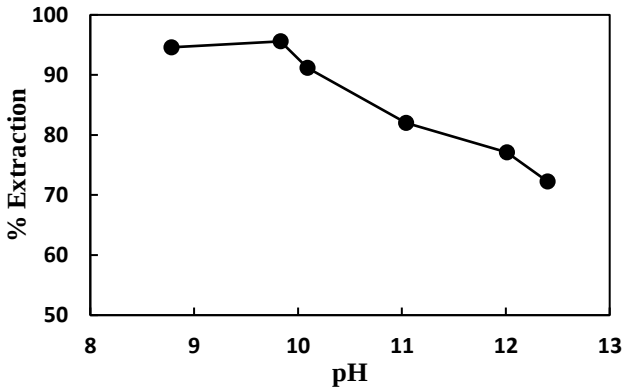


Fig. 1. Eeffect of PH on extraction percent of Cr (VI)

Separation of metal ions from aqueous solution to surface of surface-active materials by adsorption on liquid surface affected by the initial concentration of the metal ions. As can be seen from the figure below, the extraction percent increased with increased concentration of the metal ions up to 0.0015M, then it became lower at higher concentrations more than this value. This may be attributed to the saturation of the surfactant active sites.

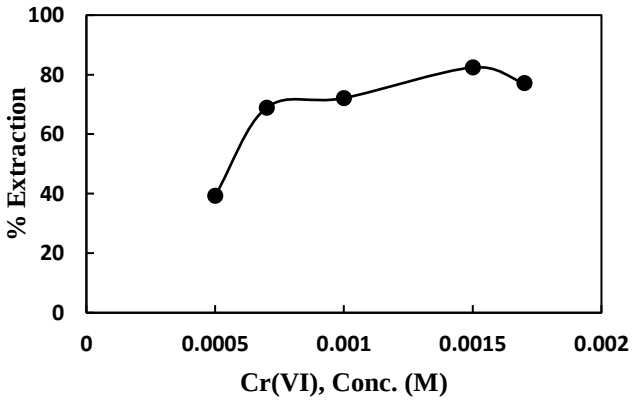


Fig. 2. Effect of concentration of Cr (VI) on extraction percent

Investigation of volumetric ratio of PEG-400 to the metal ion concentration is studied. Cupper ions with different ratios showed different separation percent's. The optimum value of volumetric ratio of cupper to surfactant is at 1:1 ratio. The results are shown in figure 3.

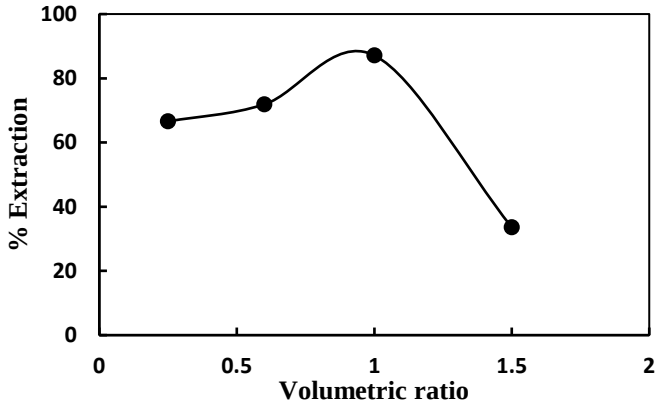


Fig. 3. The effect of volumetric percent of Cu (II) to PEG-400

In the case of Iron, Fe(II), the optimum volumetric ratio between Fe(II) and PEG-400 is found to be 0.75 at which about 90% separation of the metal reached as shown in figure 4.

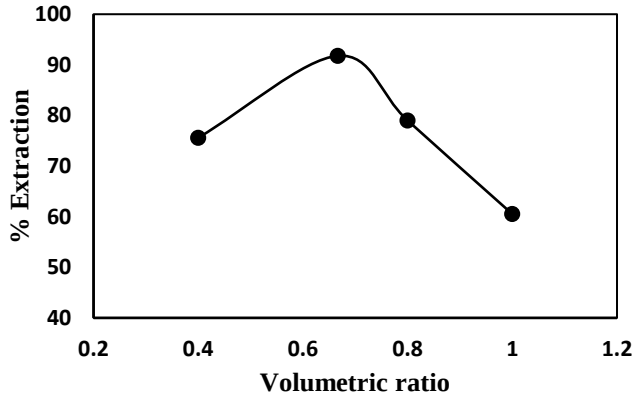


Fig. 4. Effect of volumetric ratios of Cu (II): PEG-400 on separation percent

The results of extraction of organic dyes (methyl green as an example) are shown in figure 5. The extraction percent is increased first with increasing of dye concentration up-to 0.00005M then the percent extraction decreased gradually with increasing dye concentration. The best conditions for separation are found to be 0.00005M of dye at a volume of 3.0mL surfactant and pH of 12.0.

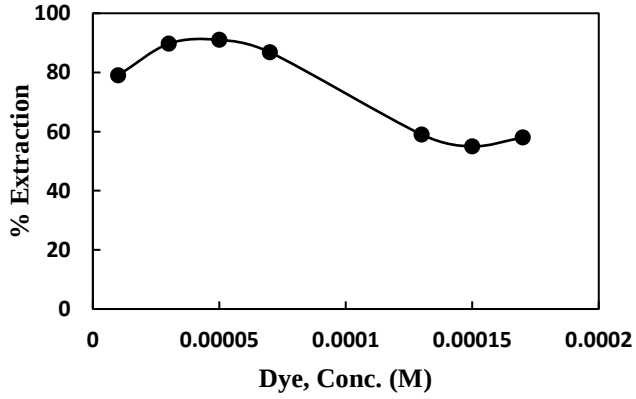


Fig. 5. Effect of concentration of M-green on extraction percent

IV. CONCLUSION

From the results obtained on can conclude that surface-active material PEG-400 could be used in separation and extraction of hexavalent chromium with more than 95% in one extraction step with a very small volume of surfactant. In addition, PEG-400 extracts other metal ions like cupper and iron. PEG-400 works very well in the separation of organic dyes like methyl green and methylene blue as well as the proposed method has shown to be a very simple procedure, efficient, inexpensive, green and safe method.

ACKNOWLEDGMENT

We are gratefully acknowledgements to Chemical Eng. Department, University of Tripoli.

REFERENCES

[1] R. Sivaranjanee, P. Kumar, and S. Mahalaxmi, "A review on agro-based materials on the separation of environmental pollutants from water system," Chem. Eng. Res. Des., vol. 181, pp. 423-457, May 2022.

[2] A. Aswesi, and K. Algheryani, "Mechanism and Kinetic Studies of Methylene Blue Adsorption on Commercial Polyurethane Foam," Journal of Alasmarya University: Basic and Applied Sciences, vol. 6, pp. 714-724, December 2021 [Special Issue for 4th Conf. on Engineering Science and Technology (CEST-2021)].

[3] J. Briffa, E. Sinagra, and R. Blundell, "Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans," Heliyon, vol. 6, Septemper 2020.

[4] W. Mortada, "Recent developments and applications of cloud point extraction: A critical review," Microchemical Journal, vol. 157, September 2020.

[5] K. Kiran , K. Kumarb, B. Prasad, K. Suvardhan, L. Babu, and K. Janardhanam, "Speciation determination of chromium(III) and (VI) using preconcentration cloud point extraction with flame atomic absorption spectrometry (FAAS) ," Journal of Hazardous Materials, vol. 150, pp. 582-586, 2008.

[6] Z. Sefrou, and N. Belkhouche, "Cloud point extraction of La(III) by C13E10 non-ionic surfactant: Statistical refinement of experimental optimization by L9 Taguchi's design," Chem. Eng. Res. Des, vol. 153, pp. 819-828, January 2020.

[7] Y. Yamini, and M. Ghambarian, "Environmental Applications of Cloud-Point Extraction," Chemistry," Molecular Sciences and Chemical Engineering, vol. 3, pp. 657-680, 2012.

[8] H. Rezende, C. Nascentes, and N. Coelho, "Cloud point extraction for determination of cadmium in soft drinks by thermospray flame furnace atomic absorption spectrometry," Microchemical Journal, vol. 97, pp. 118–121, 2011.

[9] L. Zhao, S. Zhonga, K. Fanga, Z. Qiana, and J. Chen, "Determination of cadmium (II), cobalt(II), nickel(II), lead(II), zinc(II), and copper(II) in water samples using dual-cloud point extraction and inductively coupled plasma emission spectrometry," Journal of Hazardous Materials, vol. 239– 240, pp. 206–212, September 2012.

[10] M. Ghaedi, A. Shokrollahi, K. Niknamb, E. Niknama, A. Najibi, and M. Soylakc, "Cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometric determination of cadmium(II), lead(II), palladium(II) and silver(I) in environmental samples," Journal of Hazardous Materials, vol. 168, pp. 1022–1027, March 2009.

[11] C. Ojeda, and F. Rojas, "Separation and preconcentration by a cloud point extraction producer for determination of metals: an overview," Anal Bioanal Chem. Journal, vol. 394, pp. 759-782, February 2009.

[12] E. Pocurull, N. Fontanals, M. Calull, and C. Aguilar, "Chapter 20 - Environmental Applications, Handbooks in Separation Science," 591-641, 2020.

[13] A. Appusamy, P. Purushothaman, K. Ponnusamy, and A. Ramalingam, "Separation of Methylene Blue Dye from Aqueous Solution Using Triton X-114 Surfactant," Journal of Thermodynamics, vol. 2014, pp. 1-16, 2014.

[14] A. Gouda, and A. Amin, "Cloud-point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace quantities of copper in food, water and biological samples," Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, vol. 120, pp. 88–96, 2014.

[15] T. Gondim, J. Guedes, L. Ribeiro, G. Lopes, and W. Matos, "Optimization of a cloud point extraction procedure with response surface methodology for the quantification of dissolved iron in produced water from the petroleum industry using FAAS," Marine Pollution Bulletin, pp. 1-6, 2016.

[16] N. Sato, M. Mori, and H. Itabashi, "Cloud point extraction of Cu(II) using a mixture of triton X-100 and dithizone with a salting-out effect and its application to visual determination," Talanta, vol. 117, pp. 376-381, December 2013.

[17] A. Tabrizi, "Development of a cloud point extraction-spectrofluorimetric method for trace copper(II) determination in water samples and parenteral solutions," Journal of Hazardous Materials, vol. B139, pp. 260-264, January 2007.

[18] L. Wang, J. Wang, Z. Zheng, and P. Xiao, "Cloud point extraction combined with high-performance liquid chromatography for speciation of chromium(III) and chromium(VI) in environmental sediment samples," Journal of Hazardous Materials, vol. 177, pp. 114-118, May 2010.

[19] P. Racheva, N. Milcheva, F. Genc, and K. Gavazov, "A centrifuge-less cloud point extraction-spectrophotometric determination of copper(II) using 6-hexyl-4-(2-thiazolylazo) resorcinol," Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, vol. 262, pp. 1-6, 2021.

[20] M. Hashemi, S. Daryanavard, "Ultrasound-assisted cloud point extraction for speciation and indirect spectrophotometric determination of chromium(III) and (VI) in water samples," Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, vol. 92, pp. 189-193, June 2012.

[21] Y. El-Reash, H. Tantawy, E. Abdel-Latif, and W. Mortada, "Micelle-mediated extraction for speciation and spectrophotometric determination of iron using a newly synthesized salicylic acid derivative," Microchemical Journal, vol. 158, November 2020.

[22] G. Matos, E. Reis, A. Costa, and S. Ferreira, "Speciation of chromium in river water samples contaminated with leather effluents by flame atomic absorption spectrometry after separation/preconcentration by cloud point extraction," Microchemical Journal, vol. 92, pp. 135-139, July 2009.

[23] W. Mortada, I. Kenawy, M. Abdel-Rhman, G. El-Gamal, and S. Moalla, "A new thiourea derivative [2-(3-ethylthioureido)benzoic acid] for cloud point extraction of some trace metals in water, biological and food samples," Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, vol. 44, pp. 266-273, December 2017.

[24] A. Aswesi, R. Hussein, N. Bader, and R. Elkailany, "Propylene oxide-Ethylene oxide block polymer as a surfactant for separation of some metal ions from aqueous solution by cloud point extraction," Adv. J. Chem. A, vol. 3, pp. 259–264, 2020.

[25] A. Asweisi, K. Algheryani, R. Hussein, "Separation of Cadmium from Aqueous Solutions by Cloud Point Extraction Using Different Non-ionic Surfactants," The 3rd conf. on the environmental sciences, Misrata, Libya. 5-6 (Jun) 2022.I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.

First Libyan international Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
31 – 15 March 2023, Tripoli – Libya

A frequency agile RF transmitter for the entire TVWS in Libya

Aimen Mokhtar Tarhuni
Communication Department, College of Electronic Technology.
Tripoli, Libya
atarhuni@cet.edu.ly

***Abstract*— As a result of the admirable propagation characteristics of TV white space (TVWS) frequency band, a considerable number of wireless services could utilize the unlicensed space. Designing a flexible TVWS transmitter covering this range of the spectrum is crucial. In Libya, the TVWS consists of 51 (8 MHz band) channels covers 408 MHz of the spectrum in both fragmented VHF and UHF regions. The aim of this paper is to propose a frequency agile transmitter capable to up-sample and allocate the baseband source to the targeted channels in the radio frequency (RF) of Libya's TVWS using exponential modulation and filter bank multicarrier (FBMC) techniques. The transmitter has two design options with different sampling rates and evaluated by some performance metrics such as complexity and latency. The different implementation stages should be made without redundancy to have less complex design and strictly respect the government regulation and rules to avoid interfering adjacent channels.**

Keywords— TVWS, RF transmitter, filter bank, FBMC

I. INTRODUCTION

TV White Space (TVWS) is the unused bands which appears in the spectrum as a result of the revolutionary switch from analog to digital TV. In most of the countries in the world, the TVWS is presented in the ultra-high frequency (UHF) range or both in very high frequency (VHF) and UHF ranges [1]. This spectrum has better spectral efficiency and preferable characteristics of propagation such as the signal capability of travelling long distance and in-building penetration. Thanks to that, many important applications indoor and outdoor can utilize this space such as accessing the broadband wireless in rural areas where the infrastructure is weak or not available and cellular-WLAN in urban areas, particularly in places with high density of population. Furthermore, this band can be used in wireless sensor networks to connect weather condition sensors for instance. The TVWS can be used to support modern applications such as smart-grid via TVWS [2]. In Libya, the TVWS consists of 51 channels each with 8 MHz bandwidth in both VHF band (11 fragmented channels between 47 – 230 MHz) and UHF band (40 channels in series from 470-790 MHz) [3]. The availability of the channels depends on the geographical-location which needs a frequency agile to select and change accordingly. This requires to adhere to the regulations to respect and protect incumbent users [4].

Filter Bank Multicarrier (FBMC) modulation method and orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) technique working at the baseband could provide frequency bands allocated to multiple users. The major disadvantage of OFDM is the shape of its spectrum. The rectangular shape in time domain of each subcarrier, outcomes in sinc function in the frequency domain, which summation causes the appearance of spectral leakage [5, 6]. In contrast, introducing FBMC using prototype filter (pulse) shape in time domain declines the leakage significantly in frequency domain. This improvement made the choice of FBMC instead of OFDM is superior. FBMC is offering higher spectral efficiency comparing to OFDM and operating up to RF is possible and appealing. This provide selectivity options for TVWS transmitters.

The initial work on multicarrier systems have been introduced in [7]. A comparison in details between OFDM and FBMC utilizing different applications have been investigated in [8]. Several approached of FBMC have been previously considered including discrete fourier transform (DFT) filter banks [9] and cosine modulated FBMC [10]. In recent past, a considerable number of FBMC schemes have been proposed with a frequency agile improvement for cognitive radio [11]. In [5], the accessibility to utilize the TVWS is presented where higher flexibility was required to target the vacant channels. In addition to the government regulation and rules, the industrial standards prior the access of TVWS such as IEEE 802.11af [12] and IEEE 802.22 has been reviewed in [13]. The computational complexity of various FBMC schemes have been explained in [14]. A very low complexity designs has been illustrated in [15, 16]. The challenge to operate TVWS for spectrum sensing in cognitive radio including regulation limitations described in [17].

As the co-channel interference is not allowed between the users. The filter design in TVWS complying with the regulations is a challenging task. The TVWS is shared with different services and devices which can be difficult to design filters avoiding the interference of other services. Having less complex design taking into consideration these factors is another challenge to be considered. The aim of this paper is to propose a transmitter design which can be operated at the entire band of TVWS in Libya to provide flexibility to change between channels without interfering the neighboring channels. The evaluation of the designs will be in terms of its performance metrics such as complexity and latency. The rest of the paper is organized as follows. Section II explains the proposed design and selectivity options. The performance metrics along with their equations are illustrated in section III. The simulation setting of Libya's TVWS transmitter with the obtained outputs and discussion of important findings exhibited in section IV. finally, the conclusion of the achieved results with recommendations can be found in section V.

II. PROPOSED DESIGN AND SELECTIVITY

The proposed design aims to simulate a transmitter able to link the TVWS channels in Libya as shown in Fig. 1 from the baseband up to the RF in their correct bands in the VHF and UHF regions. Several stages are required both in baseband and up converting the entire system to RF as shown in the proposed design in Fig. 2. Additionally, choosing the suitable sampling rate plays a major role to obtain satisfied results.

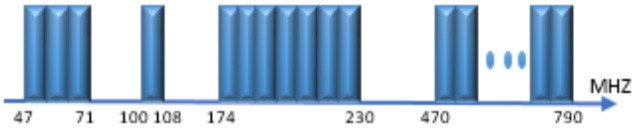


Fig. 1. TVWS channels – Libya , 11 VHF fragmented channels and 40 UHF channels.

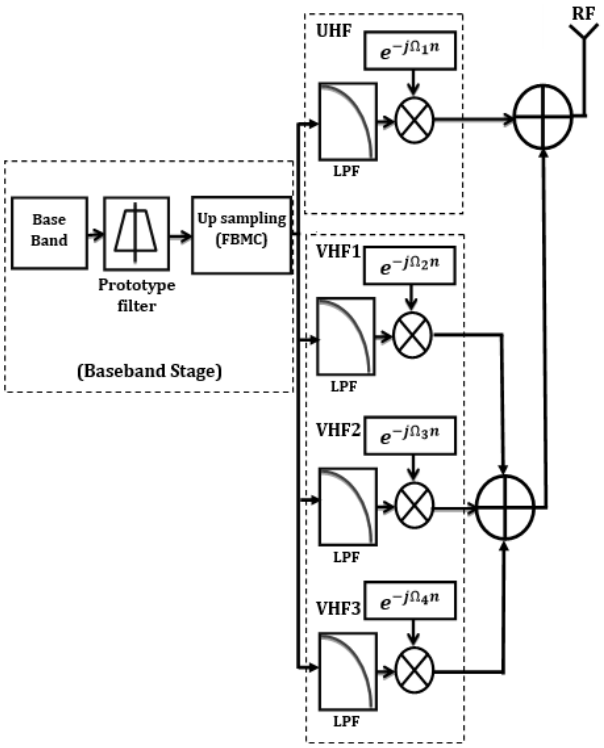


Fig. 2. Proposed RF-TVWS transmitter

A. RF-TVWS Transmitter

The first step to design the transmitter is to generate a prototype filter with 8MHz bandwidth as showing in Fig. 3, where the x-axis represents the frequency in (MHz) and y-axis represents the power spectral density (PSD) in (dB). The outcome of the filter will be the exact shape of one channel then multiple number of channels are created with different carriers using filter bank multi carrier (FBMC). To operate the design at the VHF and UHF ranges, up-sample the entire system to at least the Nyquist rate is compulsory. The channels of the TVWS in Libya are mainly spread in four bands in the spectrum.

Each RF-TVWS band requires a separate low pass filter to select the number of channels in that band which can then be shifted to the right (positive) location in the spectrum using exponential modulation. The 11 VHF channels require three carriers to shift the first bank of channels (three channels), the single channel in the middle and the last seven VHF channels. The 40 UHF channels needs only one carrier as a result of all the 40 UHF channels are in series. Combining the obtained channels from VHF and UHF spectrum represent the entire TVWS in Libya.

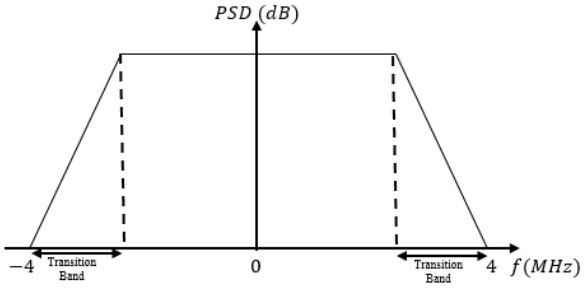


Fig. 3. Prototype filter at the baseband for a channel construction.

B. Sampling rate selection

The selected sampling frequency (f_s) has to be greater than or equal to the Nyquist rate. The last channel of TVWS in Libya ranged from 782 MHz to 790 MHz. This means the entire band of TVWS needs sampling rate ($f_s \geq 2 \times 790\ MHz$). Additionally, it has to be divisible by 8MHz which is the band of one channel. Taking these criteria into consideration, the first selected sampling rate is 1.584 GHz and it is the closest to the Nyquist rate. Furthermore, to get more in depth analysis and investigate the effect of sampling rate on the performance of filters, another sampling rate of 1.592 GHz has been considered in this work.

III. PERFORMANCE METRICS

The performance of the design options can be evaluated by complexity and latency. Both of these metrics are affected by the sampling rate and the implementation cost of finite impulse response (FIR) filters which include the number of the coefficients (filter length) used to satisfy the results. Moreover, the complexity is also affected by the number of carriers used in FBMC for multichannel generation.

A. Computational Complexity

The complexity of FIR filters is obtained by multiplying the sampling frequency by the length of the filter (L). The complexity of FBMC is given by $4Nlog_2N$, where N is the number of carriers [16] plus four additional multiplications for exponential modulations. Five low pass FIR filters are used in the design. One filter at the baseband with the initial sampling rate and four additional filters using the up-sampled rate. The complexity at the baseband stage is given by:

$$C|_{basband} = (L_1 \times f_s)|_{basband} \quad (1)$$

The complexity at RF stages is given by:

$$C|_{RF} = (L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + 4Nlog_2N + 4) \times f_s \quad (2)$$

The entire complexity of the transmitter is measured in multiple accumulates (MACs) and obtained by the summation of both the complexity in baseband and RF stages:

$$C = C|_{basband} + C|_{RF} \quad (3)$$

The optimum design should have the lowest possible complexity. To achieve that, there should be no redundancy in the number of filter coefficients used for filter implementation as it is proportional to the filter lengths in the numerator of the complexity equations (1) and (2).

B. *Latency*

The Latency of the design is affected by the sampling rate (f_s) and the filter length (L). The latency of FIR filter is the filter length divided by twice the sampling frequency. The overall latency of the transmitter is measured in second (sec) and given by:

$$Latency = \frac{L_1}{(2 \times f_s)|_{basband}} + \frac{L_2 + L_3 + L_4 + L_5}{(2 \times f_s)|_{RF}} \quad (4)$$

The sampling frequency is in the denominator of the latency equation (4) and in the numerator of complexity equations (1) and (2). Thus, there is a trade-off between complexity and latency unless the effect of the increase in the sampling rate was less comparing to the increase of the filter lengths which will be investigated in section V.

IV. Simulation Setting and Results

The first step in the baseband is to design a prototype filter to shape one channel with 8 MHz bandwidth from -4 MHz to 4 MHz as shown in Fig. 4. The sampling rate at this stage is 8MHz. Upsampling the entire system is required to have multiple channels using FBMC presented in Fig. 5. To modulate the three bands of VHF channels, initially each band requires its own FIR Low Pass Filter (LPF) illustrated in Fig. 6. Shifting each band of VHF channels to the correct location in the spectrum by exponential modulation outlined in Fig. 7. Selecting the 40 channels to be shifted to UHF region requires only one FIR LPF demonstrated in Fig. 8. The modulated 40 UHF channels in their position in the spectrum outlined in Fig. 9. The entire TVWS channels in Libya is obtained by combining the 51 channels of VHF and UHF bands as shown in Fig. 10.

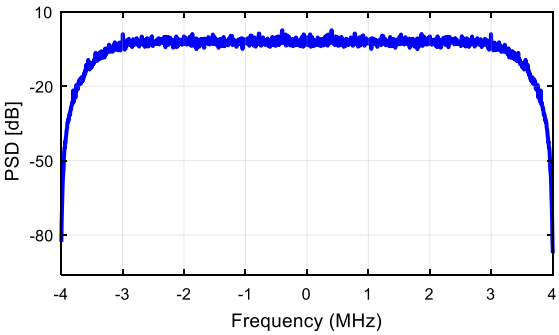


Fig. 4. Prototype filter, representing one channel with 8MHz bandwidth.

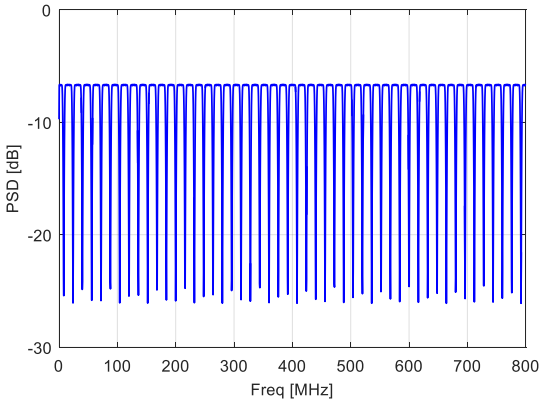
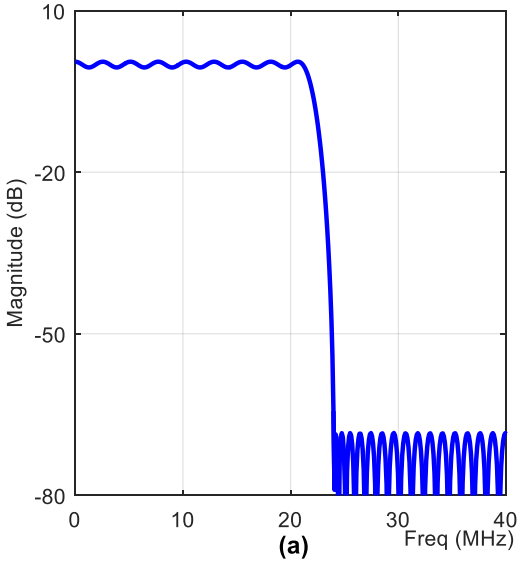
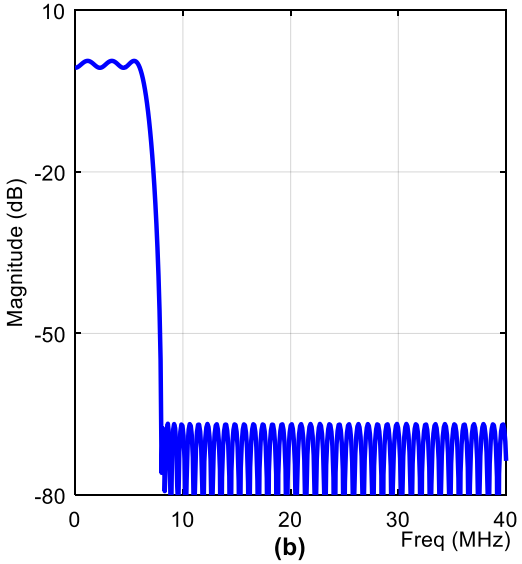


Fig. 5. A bank of closely spaced channels with 8MHz band each.





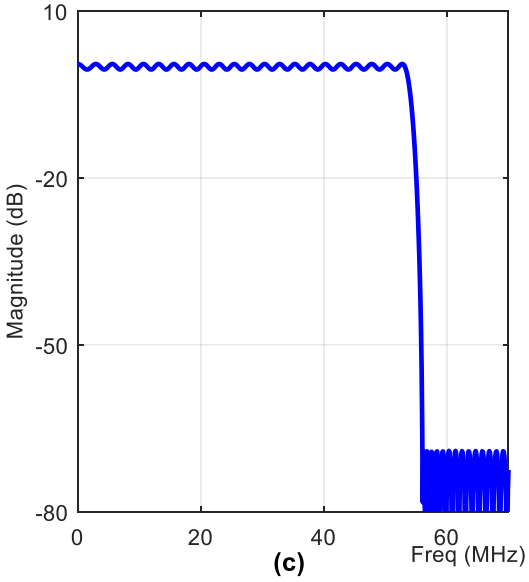


Fig. 6. LPF-FIR filter responses to extract: (a) 3 channels, (b) A single channel and (c) 7 channels.

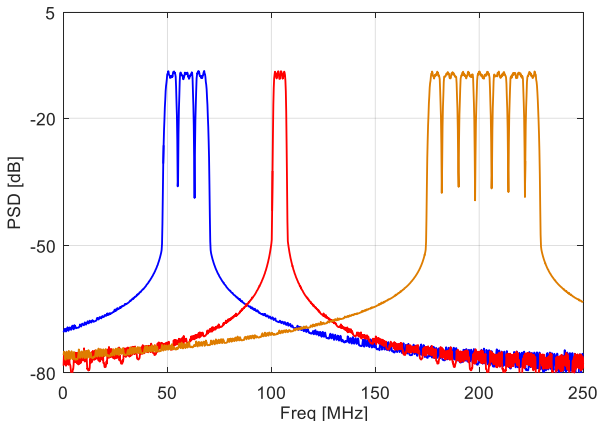


Fig. 7. TVWS – 11 VHF channels, Libya.

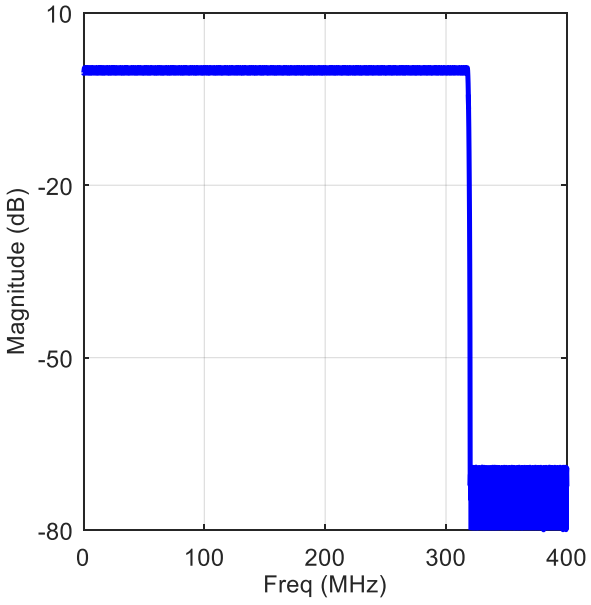


Fig. 8. LPF-FIR filter response to extract 40 channels.

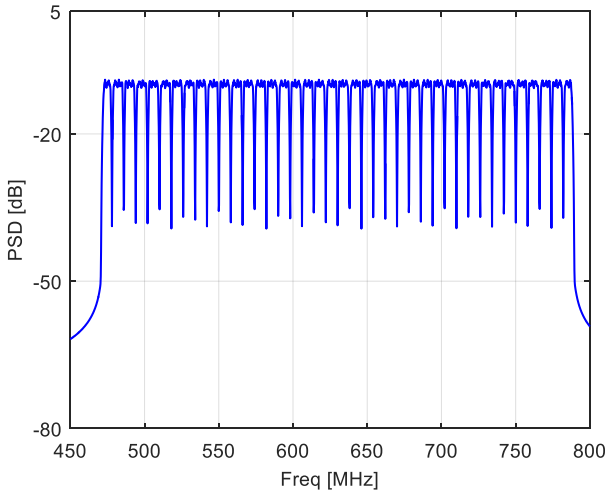


Fig. 9. TVWS – 40 UHF channels, Libya

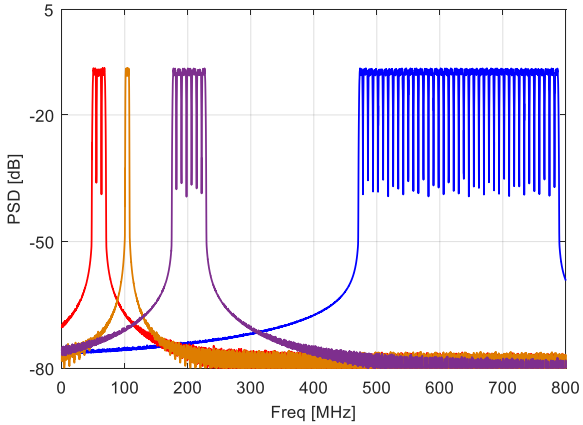


Fig. 10. The entire 51 TVWS channels, Libya.

The performance of the two design options using sampling frequency 1.584GHz and 1.592GHz is summarized in Tab. I. The spectral leakage have been attenuated with accepted values for the entire spectrum up to the sampling frequency outlined in Fig. 11. The performance metrics of both designs was affected by the sampling rate and the filters implementation cost especially the filter L_4 which used for the single channel from 100-108 MHz in the VHF range. This filter requires more coefficients and was not relaxed due to its narrow width comparing to other filters in other bands which contains more channels. It is also evidence that as the sampling rate increases, a trade-off between complexity and latency appears.

TABLE I. PERFORMANCE MEASURE

		Design Options	
		Design (1)	***Design (2)***
$(f_s)\|_{basband}$ (MHz)		8	8
Up-sampling factor		198	199
$(f_s)\|_{RF}$ (GHz)		1.584	1.592
	L_1	13	13

		Design Options	
		Design (1)	***Design (2)***
filters lengths	L_2	1417	1424
	L_3	1306	1313
	L_4	1763	1772
	L_5	1345	1351
Complexity (GMACs)		1.881×10^4	1.901×10^4
Latency (μsec)		2.6531	2.6530
Adj-channels leakage (dB)		-55.26	-55.21

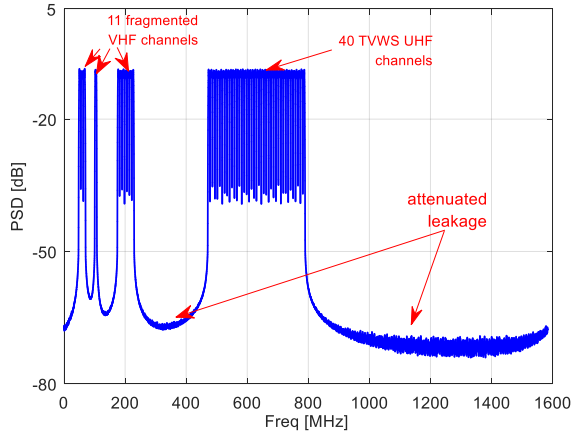


Fig. 11. The Libya's TVWS channels (peaks) and the attenuated leakage up to the chosen sampling rate.

V. Conclusion

A transmitter with two possible sampling rate options 1,584 GHz and 1.592 GHz satisfying the Nyquist theorem up to VHF and UHF ranges has been designed. The design covers the entire TVWS band in Libya and successfully accommodates 51 channels, 8MHz band each in their place in the spectrum. The spectral leakage has been attenuated to feasible values respecting the adjacent channels. The performance of each design has been evaluated by both complexity and latency. A trade-off between them has arose out as a result of increasing the sampling rate in the design option (2). Having fragmented channels in three separated VHF regions requires additional filter for each band causes a massive increase in the complexity which is proportional to the number of used filters and their lengths. The complexity of the transmitter can be reduced significantly by targeting the bands which contains more channels such as UHF band with 40 channels in series and the third VHF band with 7 channels in series. Averting the remaining 4 VHF fragmented channels in any future RF transmitter design for Libya's TVWS would be a wise decision on account of their major cost on the system.

References

[1] S. W. Oh, Y. Ma, M.-H. Tao, and E. C. Y. Peh, "An overview and comparison of TV white space regulations worldwide," 2014.

[2] W. Zhang, J. Yang, G. Zhang, L. Yang, and C. Kiat Yeo, "TV white space and its applications in future wireless networks and communications: A survey," IET Communications, vol. 12, no. 20, pp. 2521-2532, 2018.

[3] A. Abognah and O. Basir, "TV white space availability in Libya," in International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks, 2015: Springer, pp. 593-603.

[4] R. A. Elliot, M. A. Enderwitz, K. Thompson, L. H. Crockett, S. Weiss, and R. W. Stewart, "Wideband TV white space transceiver design and implementation," IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 63, no. 1, pp. 24-28, 2015.

[5] V. Berg, J.-B. Doré, and D. Noguet, "A flexible radio transceiver for TVWS based on FBMC," Microprocessors and Microsystems, vol. 38, no. 8, pp. 743-753, 2014.

[6] B. Farhang-Boroujeny, "OFDM versus filter bank multicarrier," IEEE signal processing magazine, vol. 28, no. 3, pp. 92-112, 2011.

[7] R. W. Chang, "Synthesis of band ‐ limited orthogonal signals for multichannel data transmission," Bell system technical journal, vol. 45, no. 10, pp. 1775-1796, 1966.

[8] R. A. Elliot et al., "Partially reconfigurable TVWS transceiver for use in UK and US markets," in 7th International Workshop on Reconfigurable and Communication-Centric Systems-on-Chip (ReCoSoC), 2012: IEEE, pp. 1-6.

[9] C. Siclet and P. Siohan, "Weyl-Heisenberg signal expansions over R in l/sub 2/(Z) and duality relations involving MDFT filter banks," in 2003 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003. Proceedings.(ICASSP'03). 2003, vol. 6: IEEE, pp. VI-409.

[10] B. Farhang-Boroujeny and C. Yuen, "Cosine modulated and offset QAM filter bank multicarrier techniques: a continuous-time prospect," EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol. 2010, pp. 1-16, 2010.

[11] M. Iwabuchi, K. Sakaguchi, and K. Araki, "Study on multi-channel receiver based on polyphase filter bank," in 2008 2nd International Conference on Signal Processing and Communication Systems, 2008: IEEE, pp. 1-7.

[12] A. B. Flores, R. E. Guerra, E. W. Knightly, P. Ecclesine, and S. Pandey, "IEEE 802.11 af: A standard for TV white space spectrum sharing," IEEE Communications Magazine, vol. 51, no. 10, pp. 92-100, 2013.

[13] C.-S. Sum et al., "Cognitive communication in TV white spaces: An overview of regulations, standards, and technology [Accepted From Open Call]," IEEE Communications Magazine, vol. 51, no. 7, pp. 138-145, 2013.

[14] A.-a. Husam and Z. Kollár, "Complexity comparison of filter bank multicarrier transmitter schemes," in 2018 11th international symposium on communication systems, networks & digital signal processing (CSNDSP), 2018: IEEE, pp. 1-4.

[15] N. Moret and A. Tonello, "Similarities and differences among filtered multitone modulation realizations and orthogonal filter bank design," in 2009 17th European Signal Processing Conference, 2009: IEEE, pp. 1349-1353.

[16] S. Weiss and R. Stewart, "Fast implementation of oversampled modulated filter banks," in 3rd European DSP Education and Research Conference, 2000.

[17] S. J. Shellhammer, A. K. Sadek, and W. Zhang, "Technical challenges for cognitive radio in the TV white space spectrum," in 2009 Information Theory and Applications Workshop, 2009: IEEE, pp. 323-333.