

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية  
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 4

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب  
رئيس جامعة البعث  
المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث  
بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://www.albaath-univ.edu.sy)

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
  - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
  - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:  
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:  
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
  - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :  
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
  - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :  
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
  - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):  
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
  - 2- هدف البحث
  - 3- مواد وطرق البحث
  - 4- النتائج ومناقشتها .
  - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
  - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات ( الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
  - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
  - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
  - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
  - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:  
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة ( - ) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة ( ثانية . ثالثة ) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .  
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد ( كتابية مختزلة ) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.  
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News ,  
Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و  
التقيد

بالبنود ( أ و ب ) ويكتب في نهاية المراجع العربية: ( المراجع In Arabic )

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
30-11	م. غنوة رسول د. طاهر قدار د. نزيه أبو صالح	أثر تطبيق التبادل الإلكتروني للبيانات باستخدام الحوسبة السحابية في العمل الرقابي للمؤسسات الحكومية على جهاتها التابعة (دراسة حالة المؤسسة العامة للصناعات النسيجية)
68-31	م. عبد المجيد عدي د. منذر الدالي	تحديد الأسلوب الأمثل لموازنة جهود المكثفات ونمط تعديل عرض النبضة الأفضل لوحدة القابلات متعددة المستويات بناءً على دراسة تحليلية
102-69	م. قيس إبراهيم د. ميساء شاش د. جلال عبود	تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية محضرة بطريقة تعدين المساحيق
122-103	م. محمد أسعد د. محمد نجيب صلاحو د. غزوان الخوري د. يحيى فريد	تحليل العوامل الفاعلة في تشكيل الغيمة الإلكترونية ومساحة مقطعها الراداري

142-123	م. ورود الضاهر د. هاجر ناصر	توصيف الملح الخام المستثمر من سبخة الموح في تدمر
170-143	م. محمد خليل د. مهند رجب	التنبؤ بالأمراض المزمنة باستخدام تحليل البيانات لشبكة حساسات الجسم



# أثر تطبيق التبادل الإلكتروني للبيانات باستخدام الحوسبة السحابية في العمل الرقابي للمؤسسات الحكومية على جهاتها التابعة (دراسة حالة المؤسسة العامة للصناعات النسيجية)

\*المهندسة غنوة رسول \*\*د.م طاهر رجب قدار \*\*\*د.م نزيه أبو صالح

## الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة وتحليل أثر تطبيق آلية التخزين والتبادل الإلكتروني للبيانات باستخدام الحوسبة السحابية (الطريقة اللاسلكية) في العمل الرقابي للمؤسسة العامة للصناعات النسيجية على شركاتها التابعة في الجمهورية العربية السورية، ومقارنتها بطريقة التبادل الإلكتروني للبيانات باستخدام السيرفرات الخاصة والكابلات (الطريقة السلكية). وخلصت الدراسة إلى مجموعة نتائج حول أهمية هذا التطبيق في تسهيل تبادل البيانات من أي وحدة طرفية بناء على الصلاحيات الممنوحة، وفي توفير المساحة المكانية وحماية البيانات وضمان دقتها وخفض التكاليف وتوفير الوقت والجهد والعمالة، حيث أدى استخدام التطبيق إلى تخفيض تكاليف بند الورقيات بنسبة وصلت إلى حوالي 98% ووصلت هذه النسبة إلى ما يقارب 100% باستخدام تقنية التوقيع الإلكتروني، وعليه تم توفير ما نسبته 10% من إجمالي التكلفة للمؤسسة العامة للصناعات النسيجية. كما تمت مقارنة التكلفة اللازمة لتنفيذ الطريقة السلكية بالربط وتنفيذ الطريقة اللاسلكية وتبين أن عملية بناء الحوسبة السحابية تعتبر مجانية نسبياً مقارنة مع عملية بناء الشبكة السلكية.

**الكلمات المفتاحية:** الحوسبة السحابية - المؤسسة - التبادل الإلكتروني للبيانات - التكاليف - تحسين الأداء.

\*طالبة دكتوراه في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية -كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.  
\*\* عضو هيئة تدريسية في قسم التصميم الميكانيكي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق  
\*\*\* عضو هيئة تدريسية في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية -كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

# **The impact of the application of electronic data interchange using the cloud computing in the supervisory work of government institutions on their subsidiaries (Case study of the General Organization for Textile Industries)**

**\*Engineer Ghinwa Rasoul**

**\*\*Dr. Taher Rajab Qadar**

**\*\*\* Dr. Nazih Abu Saleh**

## **Abstract:**

This research aims to study and analyze the impact of the application of the electronic storage and data exchange mechanism using the cloud computing (the wireless method) in the supervisory work of the General Organization for Textile Industries on its subsidiaries in the Syrian Arab Republic, and to compare it with the electronic data exchange method using private servers and cables (the wired method). The study concluded with a set of results about the importance of this application in facilitating the exchange of data from any terminal unit based on the powers granted, and in saving spatial space, protecting data, ensuring its accuracy, reducing costs, and saving time, effort and labor. 98% and this percentage reached nearly 100% using the electronic signature technology, and accordingly 10% of the total cost was provided to the General Organization for Textile Industries. The cost needed to implement the wired method was also compared to the connection and to implement the wireless method, and it was found that the process of building a cloud computing is relatively free compared to the process of building a wired network.

**Keywords:** cloud computing - enterprise - electronic data interchange - costs - performance improvement.

\* PhD student in the Department of Mechanical Engineering for Textile Industries - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

\*\* Faculty member in the Mechanical Design Department - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University

\*\*\* A faculty member in the Textile Industries Mechanical Engineering Department - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

## المقدمة:

لقد أصبح إنتاج المعلومات والمعارف وتوزيعها من أهم الأنشطة على المستوى الاجتماعي والاقتصادي والإداري، وقد أضحى العالم فيما يسمى عصر المعلوماتية يعيش ثورة معلوماتية باستخدام الحواسيب فأصبح من الضروري أن تمارس المؤسسة وظائفها الإدارية الالكترونية لتسهل عملياتها الحالية والمستقبلية، حيث أن الإدارة الالكترونية هي امتداد للتطور التكنولوجي في الإدارة بدأت من إحلال الآلات أو الحواسيب محل العامل في التخطيط والرقابة بمساعدة الحاسوب، والسعي لاستخدامها في تحسين مستويات أداء المؤسسات الاقتصادية وتحقيق أهدافها [1].

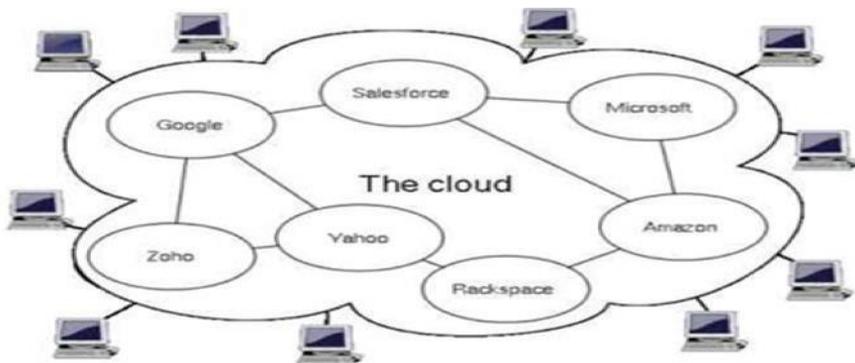
ومع تطور التقنيات الحديثة المتاحة على شبكة الويب بظهور الويب 2,0 والويب 3,0 والزيادة المطردة في سرعات الانترنت المتاحة للمستخدمين اتجهت العديد من مؤسسات المعلومات إلى إتاحة تطبيقاتها للاستخدام من خلال شبكة الانترنت فيما يعرف باسم الحوسبة السحابية (Cloud computing) حيث أتاحت هذه التقنية لمستخدميها مميزات إضافية متطورة تتمثل في توفير النفقات وإتاحة الخدمات المعلوماتية لقطاع أكبر من المستفيدين، كما انها توفر للمستفيد ومؤسسات المعلومات امكانية تخزين المعلومات ومعالجتها وتناقلها والتشارك بها من اي مكان وفي اي وقت دون الالتزام باستخدام الحاسب الشخصي (كأداة للتخزين والمعالجة وتناقل المعلومات والتشارك بها) وانما يتم انجاز جميع هذه الاجراءات من خلال أجهزة و سيرفرات خارجية متاحة على سحابة الانترنت مع ضمان أمن هذه المعلومات والحفاظ عليها من تجاوزات الهاكرز او الفيروسات.

وقد لا ندرك أننا بالفعل نستخدم في حياتنا اليومية أو في مقار عملنا بعض خدمات السحابة (cloud services) ففي الواقع، نحن نستخدمها على نطاق واسع مع خدمات كثيرة على الإنترنت مثل خدمة البريد الإلكتروني (Gmail) من جوجل، أو بريد ياهو وغيرها، و تطبيقات جوجل (Google Apps) والتي من أمثلتها معالجة النصوص على الخط المباشر docs.google.com والتقويم calendar وجداول البيانات

Microsoft Office spreadsheets وتطبيقات الإنترنت من ميكروسوفت أوفيس و Web Apps ومجموعة من خدمات ميكروسوفت المباشرة، و تطبيقات فليكر للصور Flickr التي تسمح للمستفيد بإبقاء الصور الخاصة به على الخط المباشر ومشاركتها مع الأهل والأصدقاء وخدمة Pixable لتجميع الصور [www.pixable.com](http://www.pixable.com) وخدمة Salesforce.com وخدمة evernote.com والصفقات <http://yipit.com> وجميع السحاب، cloud aggregation.

لقد بدأ استخدام مصطلح الحوسبة السحابية في أوائل عام 1990. حيث استلهم مصطلح الحوسبة السحابية من رمز السحابة الذي كان يتم استخدامه في كثير من الأحيان لتمثيل الإنترنت في خرائط ورسوم بيانية. وكما هو الحال مع العديد من التقنيات الجديدة الأخرى، فإن ذلك يعني أشياء مختلفة لأفراد مختلفين) [2].

ويمكن تعريف الحوسبة السحابية على أنها تكنولوجيا تعتمد على نقل المعالجة ومساحة التخزين الخاصة بالحاسوب إلى ما يسمى السحابة وهي جهاز خادم يتم الوصول إليه عن طريق الانترنت. بهذا تتحول برامج تكنولوجيا المعلومات من منتجات إلى خدمات، وتعتمد البنية التحتية للحوسبة السحابية على مراكز البيانات المتطورة والتي تقدم مساحات تخزين كبيرة للمستخدمين كما أنها توفر بعض البرامج كخدمات للمستخدمين وهي تعتمد في ذلك على الإمكانيات التي وفرتها تقنيات ويب 2.0 والشكل (1) يوضح هذا المفهوم [3].



الشكل (1) السحابة الحاسوبية

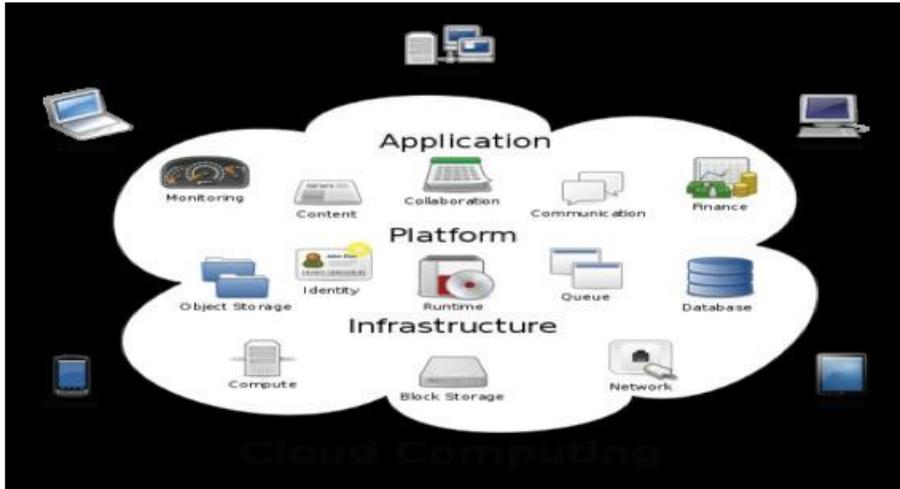
وللتعامل مع تقنية الحوسبة السحابية لابد من توافر العناصر التالية:

1. المستفيد او العميل الذي سوف يستخدم هذه التقنية وينتفع من خدماتها من خلال استخدام جهاز حاسبه الشخصي او هاتفه المحمول التي يشترط ارتباطها بشبكة الانترنت.

2. المنصات (Platforms) وهي الجهات المانحة لهذه الخدمة من خلال توفير سيرفترات عملاقة في ساعاتها التخزينية وسرعة معالجتها للبيانات مثل Google Apple

3. البنية التحتية (Infrastructure) وهي البنية التحتية للسحابة والتي يعتمد عليها في تقديم الخدمة وتشمل توفر الحاسبات الشخصية وشبكة الانترنت والمساحات التخزينية للمعلومات.

4. التطبيقات (Application) وهي البرامج التطبيقية التي يمكن أن يشغلها المستفيد في السحابة وتشمل برمجيات معالجة النصوص والعرض والجدول وخدمات تناقل المعلومات والتشارك بها[4]. والشكل (2) يوضح عناصر الحوسبة السحابية



الشكل (2) عناصر الحوسبة السحابية

وان المؤسسة عينة الدراسة هي من أكبر المؤسسات التابعة لوزارة الصناعة أحدثت بموجب المرسوم التشريعي رقم 2174 وتاريخ 1975/7/31 مهمتها الاشراف على شركات القطاع العام الخاصة بالصناعات النسيجية وعددها 25 شركة موزعة على

مختلف محافظات القطر (دمشق وريفها - المنطقة الساحلية - حمص - حماه -  
السويداء - دير الزور - الحسكة - حلب - ادلب).

حيث تعتبر الصناعات النسيجية في سوريا من أهم القطاعات الإنتاجية إذ أنها تشكل  
27% من صافي الناتج المحلي الصناعي غير النفطي ويعمل فيها حوالي 30% من  
اجمالي العاملين في الصناعة السورية وتمتلك سلسلة انتاج متكاملة بدءاً من زراعة  
القطن وانتهاءً بالألبسة بمختلف أنواعها [5].

ولما لهذه الصناعة من أهمية يجب أن تولى المؤسسة اهتماماً كبيراً كما ينبغي العمل  
على تطويرها وتحسين أدائها بإدخال التقانة الحديثة إليها ورفع مستوى الأداء ومحاربة  
نقاط الضعف الموجودة فيها والتي سببها الأساسي ضعف المتابعة للتكنولوجيا الحديثة.

#### هدف البحث:

تبرز أهمية البحث من أهمية تطبيق تقنية حديثة بالتبادل الإلكتروني للبيانات وهي تقنية  
الحوسبة السحابية ( cloud computing ) بين المؤسسة العامة للصناعات النسيجية  
وشركاتها التابعة للنهوض بواقع الأداء فيها، ولتأمين الرقابة الدائمة واللحظية على عمل  
هذه الشركات من قبل المؤسسة، والتتبع اللحظي لنسب تنفيذ خطتها بمختلف أنواعها،  
وعقد اجتماعات حية من مكان العمل، ووصول التعليمات والتعاميم بشكل لحظي لكافة  
الشركات وفق الصلاحيات الممنوحة، ومقارنة تكلفة تنفيذ هذه الطريقة بالتبادل الإلكتروني  
للبيانات مع الطريقة التقليدية السلكية من حيث التكلفة.

#### مواد وطرق البحث:

تم حجز مساحة تخزينية مجانية على أحد السيرفرات العالمية (one drive) لصالح  
المؤسسة العامة للصناعات النسيجية وتصميم شبكة ربط بين مديريات المؤسسة  
وشركاتها التابعة على مبدأ الحوسبة السحابية ، حيث أن مهمة المؤسسة العامة  
للصناعات النسيجية في سوريا الاشراف على عمل شركات القطاع العام المختصة  
بالصناعات النسيجية كما ذكرنا آنفاً، وعليه يجب أن تتيح السحابة الحاسوبية المصممة  
إمكانية تبادل البيانات ضمن المؤسسة وبين شركاتها التابعة وذلك ضمن  
صلاحيات متاحة لكل جهة من الجهات وإمكانية دخول هذه الجهة إلى السحابة وفق

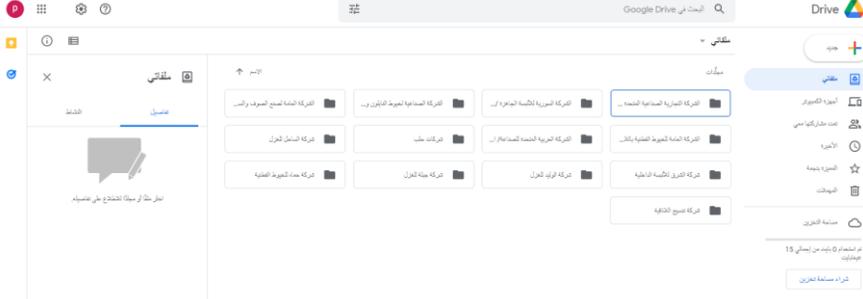
( Ip ) ( internet protocol ) خاص لكل جهة ولكل مستخدم في هذه الجهة بما يتيح للمؤسسة ممارسة عملها الاشرافي والرقابي على شركاتها التابعة بالإشراف على آلية اعداد وتتبع الخطط والرقابة على عمل الخطوط الإنتاجية والمستودعات ودوام العمال وغيرها من الأعمال التي يتم طرحها من قبل الشركات ومتابعتها بشكل دوري عن طريق السحابة من قبل المؤسسة التي يمكن اعتبارها (ADMIN) الأساسي للسحابة ( admin stator ) وهو المدير أو الإداري.

تم تطبيق الحوسبة السحابية المصممة فعليا بين المؤسسة وشركاتها التابعة، حيث انه وبعد أن تقوم كل جهة وكل شخص مخول بالدخول للسحابة بإدخال اسم المستخدم وكلمة مروره تظهر لديه الواجهة السحابية وفق الصلاحيات الممنوحة وتتاح له إمكانية رفع الملفات أو تحميلها أو مشاركتها وفتح واجهة حوارية بين الأطراف أو اجتماعات حية مباشرة (on line).

كما تم ادراج مجموعة من البرامج المصممة على السحابة والتي تقوم بمجموعة من المهام:

- 1- تساعد الشركات بأداء الخطط وتتبعها بأساليب علمية دقيقة.
  - 2- تتبع دوام العمال ورواتبهم.
  - 3- تتبع كل المستودعات وإدخال وإخراج المنتجات والمواد اللازمة والمساعدة وقطع التبديل.
  - 4- متابعة كل خطوط الإنتاج.
- وغيرها من البرمجيات المتاحة ضمن هذه السحابة.

حيث يظهر الشكل (3) واجهة مشاركة الملفات بين المؤسسة وشركاتها التابعة العاملة في فترة إجراء الدراسة.



شكل (3) واجهة مشاركة الملفات ضمن السحابة الحاسوبية.

والشكل (4) يظهر طلب المشاركة الذي رفعه أحد المشاركين للآخر.



شكل (4) طلب المشاركة المرفوع من قبل أحد المشاركين ضمن السحابة الحاسوبية

والشكل (5) يظهر واجهة عمل مشتركة لعدة أطراف مشاركة بالسحابة تقوم هذه الأطراف (الشركات) بالتعديل بالمكان المحدد لها وفق الصلاحيات وطرف مراقب للتعديل (المؤسسة) وتعطي أوامر لحظية لهذه الشركات.

البيان	عدد العمال الفعلي	المفرزين والمفرغين	المتدربين	خدمة العلم والإحتياط	الإجمالي	التاركون نهائياً	المتدربين لتبنا
معامل الصوف	200	2	0	1	203	3	2
سجاد دمشق	112	-	1	2	115	0	2
سجاد السويداء	82	2	1	1	86	0	6
سجاد حلب	20	29	2	0	51	2	-
الإجمالي	414	33	4	4	455	5	10

شكل (5) واجهة عمل مشتركة بين المستخدمين ضمن السحابة

والشكل (6) يظهر امكانية فتح واجهة حوارية لتحديد الإجراءات وما هو مطلوب للتعديل ضمن الملف وحفظها تلقائياً للمستخدمين.

البيان	عدد العمال الفعلي	المفرزين والمفرغين	المتدربين	خدمة العلم والإحتياط	الإجمالي	التاركون نهائياً	المتدربين لتبنا
معامل الصوف	200	2	0	1	203	3	2
سجاد دمشق	112	-	1	2	115	0	2
سجاد السويداء	82	2	1	1	86	0	6
سجاد حلب	20	29	2	0	51	2	-
الإجمالي	414	33	4	4	455	5	10

شكل (6) واجهة حوارية بين المستخدمين ضمن السحابة



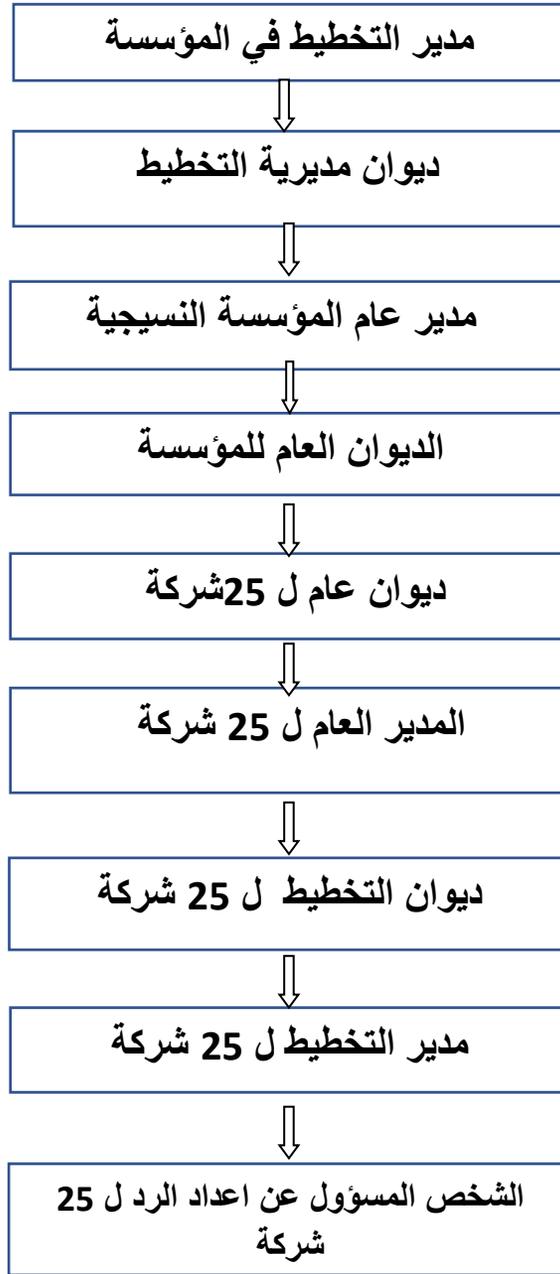
كما تمت برمجة مجموعة أكواد للتوقيع الالكتروني لكافة مدرء المؤسسة وشركاتها التابعة بحيث يقوم المدير حسب صلاحياته وكلمة المرور الخاصة به من استدعاء توقيعه على أي مستند يقوم بكتابته وبالتالي ادراج التوقيع الخاص به الكترونيا عليه. والشكل (9) يوضح عملية ادراج التوقيع.



شكل (9) ادراج توقيع الكتروني.

## النتائج ومناقشتها:

تمت دراسة حالة مستند ورقي موجه من مديرية التخطيط في المؤسسة إلى مديريات التخطيط في الشركات التابعة (تعميم ضرورة تجهيز الخطط وموافاة المؤسسة بها في تاريخ محدد)، وبالتالي فإن هذا الكتاب سيسلك الطريق الموضح في الشكل (10)

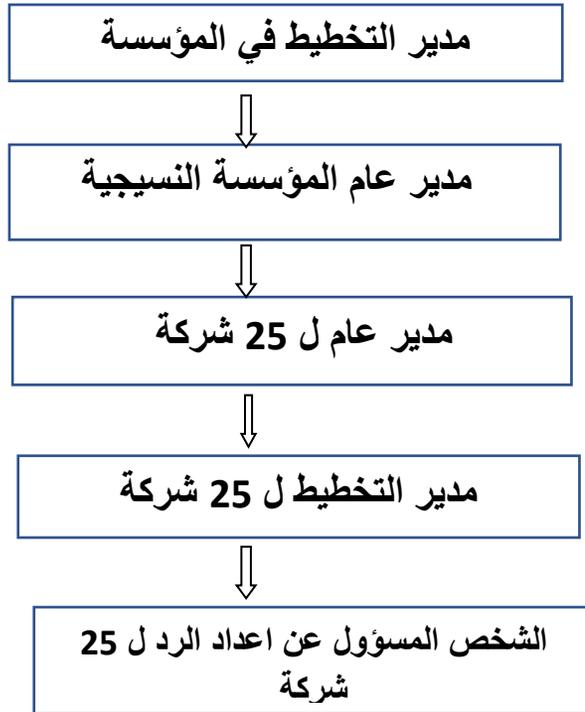


الشكل (10) المسار الذي سيسلكه الكتاب في حالة المناولة اليدوية أو عن طريق

الفاكس

وبالتالي عدد الأوراق اللازمة في هذه الحالة إذا اعتبرنا المستند مؤلف من ورقة واحدة فقط 129 ورقة، وهنا يجب الأخذ بعين الاعتبار احتمالية إعادة الكتاب ضمن مديرية التخطيط عدة مرات لتعديل بعض الأخطاء بالتعميم وعودة التعميم مجابا" عليه من قبل الشركات بحيث يسلك نفس المسار ولكن بالجهة المعاكسة، كما يمكن أن يتضمن الكتاب المرسل عدد كبير من الصفحات قد يصل إلى 400 صفحة (حالة ارسال الخطة للشركة بكامل مكوناتها).

أما في حالة الأرشفة والمناولة الالكترونية يكون المسار الذي سيتبعه هذا الكتاب كما هو مبين في الشكل (11).



شكل (11) المسار الذي سيسلكه الكتاب في حالة المناولة الالكترونية

وبالتالي يكون عدد النسخ الورقية اللازمة 2 نسخة فقط وهي النسخ التي تحتاج لإدراج التوقيع عليها (توقيع مدير التخطيط . توقيع مدير عام المؤسسة) وعدد الأوراق التي تم الاستغناء عنها 127 ورقة أي تم تخفيض عدد الأوراق وبالتالي التكلفة بنسبة 98% وكذلك تم تخفيض الزمن والجهد والتجهيزات والمواد اللازمة لذلك من آلات تصوير وظروف وقرطاسية وما إلى ذلك بشكل كبير. وعندما تم اعتماد التوقيع الإلكتروني على المستندات تم الاستغناء بالكامل عن الورقيات كما ساعد هذا التطبيق على توفير جهد العامل الخاص بالمراسلة الذي كان ينقل الأوراق يدويا بين المديريات أو إلى الشركات القريبة من مقر المؤسسة والوقت الطويل اللازم لإيصال الكتب بين المحافظات.

وقد تمت مقارنة تكلفة تنفيذ مشروع الربط الشبكي بالطريقة السلكية وبالطريقة اللاسلكية وتبين ما يلي:

إن الطريقة السلكية تحتاج إلى سيرفر خاص لتخزين البيانات بالإضافة لمجموعة خزن وسويتشات توضع ضمن الخزن (خزانة في كل طابق وتحتوي عدد معين من السويتشات حسب الحاجة) بالإضافة للكابلات التي تقوم بإيصال المعلومات من السيرفر إلى النقاط المطلوب تخديمها [6].

أما الطريقة اللاسلكية فهي تحتاج إلى حجز مساحة تخزينية على أحد السيرفرات العالمية وهذه المساحات تكون مجانية بحدودها الدنيا حتى 15 غيغا بايت وتصبح مأجورة بعد هذا الحد لتصل إلى \$2,9 ل 200 غيغا بايت وإلى \$299 ل 30 تيرا بايت [7].

وبالتالي فإن التكلفة اللازمة لتنفيذ الشبكة السلكية قدرت بحوالي 10 مليار ليرة سورية حسب دراسة أجرتها المؤسسة العامة للصناعات النسيجية تتضمن (سعر السيرفر الخاص + تجهيزات الغرفة الخاصة بالسيرفر من تأمين عزل وبيئة عمل مناسبة للسيرفر

وأسعار الخزن والسوتيشمات وكابلات التوصيل). بمقارنة بسيطة نلاحظ فرق التكلفة بين الطرفين حيث يمكن اعتبار تنفيذ شبكة الربط اللاسلكية مجانية مقارنة بالطريقة السلكية.

كما تمت دراسة مقدار تخفيض التكاليف في مرحلة التطبيق للدراسة، وكدراسة بسيطة لإجمالي التكاليف الفعلية في الموازنة العامة للمؤسسة على مدى عدة سنوات تبين ان نسبة التكاليف الفعلية التي تصرف فعلياً على بند القرطاسية والورقيات تشكل 10% من إجمالي التكلفة للمؤسسة، وبالتالي فإن هذا التطبيق خفض 10% من إجمالي تكاليف المؤسسة.

مع الإشارة إلى أن الشبكة اللاسلكية تتيح إمكانية استخدام الشبكة وتبادل البيانات من أي جهاز حاسب أوحتى جهاز محمول ومن أي مكان وبأي لحظة ضمن الصلاحيات الممنوحة وهذا مالا يتحده الشبكة السلكية فهي تقتصر على تبادل المعلومات فقط ضمن الحواسيب الموصولة مع كابلات الشبكة.

### استنتاجات وتوصيات:

إن طريقة تخزين وتبادل البيانات الكترونياً باستخدام السحابة الحاسوبية رفعت جودة الأداء في المؤسسة وشركاتها التابعة وحسنت العمل الرقابي للمؤسسة على هذه الشركات ووفرت كثيراً من العمالة والوقت والجهد وخفضت التكلفة بنسبة 10% من إجمالي تكاليف المؤسسة واتاحت إمكانية تبادل البيانات وفق الصلاحيات من أي مكان وفي أي وقت ومن أي جهاز وعقد اجتماعات (on line) ضمن السحابة وهذا كان له فائدة كبيرة في ظل جائحة كورونا.

كما اتاحت هذه السحابة مجموعة برمجيات تبقى متوفرة حال طلبها لإدارة العمل في الشركات بالشكل الأمثل وبطرق حديثة ومواكبته للتطور.

كما تم استنتاج مجموعة من الأهداف التي تسعى السحابة الحاسوبية لتحقيقها وهي:

-تجعل من جهاز الحاسب مجرد محطة عبور للوصول إلى الخادم المستفيد من التعامل مع بياناته.

-توفير مساحة تخزينية للمعلومات عالية الجودة.

-إتاحة الوصول إلى المعلومات وسهولة استرجاعها في أي وقت ومن أي مكان تتوفر فيه شبكة الإنترنت.

-انتهاء الحاجة إلى عمل نسخ احتياطية للمعلومات المخزنة على الحواسيب الشخصية أو أجهزة التخزين الخارجية كالأقراص أو الفلاش وغيرها.

-إتاحة معظم البرمجيات التشغيلية والتطبيقية وبصورة مجانية (في أغلب الأحيان) مما يوفر على المستفيد التكلفة والوقت والصيانة.

-توفر عملية المشاركة بالمعلومات بين المستخدمين وسهولة تداولها وتناقلها عبر شبكة الإنترنت بغض النظر عن حجم تلك المعلومات وأشكال ملفاتها.

-توفر للمستفيد إمكانية معالجة معلوماته عن بعد والمتعلقة بإنشاء الملفات أو حذفها أو إجراء التعديلات عليها أو تحديد مستويات الإطلاع عليها إضافة إلى إجراءات التنظيم في حفظها وتخزينها.

وعلى الرغم من وجود العديد من المزايا التي تم استنتاجها للحوسبة السحابية ، إلا أن فيها بعض السلبيات التي قد تشكل عوائق خطيرة تحد من انتشارها، فقد لا توفر السحابة

جميع الخدمات التي يحتاج إليها المستخدم، وبشكل عام تتمثل التحديات التي تواجه منظمات الاعمال عند تبني نموذج الحوسبة السحابية بالتحديات الاتية:

•الأمن: ان الحوسبة السحابية تستند على مجهز الخدمة بشكل تام وما يوفره من مستوى امني مثل تشفير المعلومات ووضع السياسات والاجراءات للوصول الى السحابة وهذا يؤدي الى اثاره مجموعه من الاسئلة مثل: هل ستكون البيانات امنة؟ من يستطيع الوصول اليها؟ هل تؤدي البرمجيات الخبيثة وعملية التصدي لها الى الحاق الضرر في البيانات والتطبيقات الموجودة على السحابة؟

•الموثوقية والتوافقية: ان الكثير من المنظمات والمؤسسات لديها تخوف من تبني حلول الحوسبة السحابية بسبب اعتماد هذه الحلول على شبكة الأنترنت، وهذا يؤدي الى اثاره مجموعه من الاسئلة مثل: هل يمكن ان تلبى الحوسبة السحابية احتياجات منظمات الاعمال في العمل 24 ساعة وعدم حصول توقف في الخدمة؟

•السيطرة: وتعني ان المنظمة عندما تتبنى الحوسبة السحابية فإنها سوف تصبح تحت رحمة مجهز الخدمة الذي يمكن ان يتسبب للمنظمة بجملة من المشاكل حالما يتم تشغيل الملفات والبيانات والعمليات في البنية التحتية الخاصة به مع احتمال توقف الخدمة لسبب او لأخر مما يضطرها للبحث عن حل بديل.

•اتفاقيات مستوى الخدمة: تتضمن اتفاقات مستوى الخدمة التفاهم المشترك حول نوعية الخدمات والاولويات والمسؤوليات والضمانات بين مقدم الخدمة السحابية والمستخدم وقد لا يوفر الكثير من مجهزي الخدمة السحابية مستويات جيدة من هذه الاتفاقيات وهو ما يتعارض مع المتطلبات الاساسية لتحول المؤسسات الكبيرة الى خدمات الحوسبة السحابية.

## توصيات:

- مع إمكانية تعرض المواد الأرشيفية للسرقة والتلاعب والتحريف فهناك ضرورة لتطبيق تقنية التوقيع الإلكتروني مكان التوقيع الخطي على الوثيقة الإلكترونية ليتم الإثبات القانوني للوثيقة، وبالتالي لا بد من سن قوانين وتشريعات جديدة تعطي الشرعية القانونية للتوقيع الإلكتروني مما يساعد صناع القرار على اتخاذ القرارات الصائبة استناداً على المعلومات الصحيحة والحديثة.

. توسيع عملية التبادل الإلكتروني للبيانات بإتاحة عدد أكبر من البرامج ضمن السحابة مما يؤدي الى اتمته العمل الرقابي للمؤسسة على شركاتها التابعة بالكامل.

## المراجع:

- [1] Alqudah, M & Muradkhanli, L2021– Electronic Management and Its Role in Developing the Performance of Egovernment in Jordan, Electronic Research Journal of Engineering, Computer and Applied Sciences, n3, vol3. p1–20.
- [2] .MAOD, M201 – Cloud computing and its applications in a library environment, King Fahd Library Journal, n1, vol19, p15–30.
- [3] RJAL, E2022 – **project on cloud computing**, USA, p118.
- [4] LINTHICUM, D2010 – Cloud Computing and SOA Convergence in your Enterprise, Pearson Education Inc, USA, p 373.
- [5] SABOUNI, T2010 – The Status of Technology Transfer In Textile Industries in Syria History – Obstacles – Recommendations, Syrian Virtual University, Damascus, p 227.
- [6] OTHMAN, B2021 –Wired network security, Omdurman Islamic University, Sudan, p23.

[7] CHLOE, S2015 – Cloud computing: its concept and its applications  
in the field of libraries and information centers, gsla Abu Dhabi, United  
Arab Emirates, p.p 8–11.

## تحديد الأسلوب الأمثل لموازنة جهود المكثفات ونمط

### تعديل عرض النبضة الأفضل لوحدة القابلات متعددة

#### المستويات بناءً على دراسة تحليلية

طالب الدراسات العليا: عبد المجيد عدي

كلية: الهمك - جامعة: البعث

الدكتور المشرف: منذر الدالي

#### الملخص

تعتبر وحدة القابلات متعدد المستويات (MMC) ذو أهمية متزايدة في أنظمة تحويل الطاقة ذات الاستطاعة المتوسطة والاستطاعة العالية. حيث يتم الاعتماد على هذا النوع من القابلات بشكل متزايد في عمليات ربط الشبكات المختلفة من حيث نوع الجهد (مستمر-متناوب) وقيم التوتر والتردد، وربط المزارع الريحية سواء المقامة على اليابسة، أو في البحر، أو ربط محطات التوليد الشمسية مع شبكة الطاقة العامة، كما أن هذه القابلات تكون مفيدة من أجل تجهيزات قيادة المحركات للجهد المتوسط وذلك بسبب الخصائص البنوية لهذه القالبة، مثل خاصية التشوه التوافقي الكلي THD المنخفض فيها، مما يسمح بتصميم عناصر قيادة أكثر فعالية للمحركات. إن أحد المشكلات التي تواجه هذا النوع من القابلات هو تأرجح جهود المكثفات للوحدات الفرعية بين عمليات الشحن والتفريغ وعدم انتظام توزيع الجهد على الوحدات الفرعية مما يؤدي إلى نشوء فرق في الجهود بين الأذرع الستة للقالبة فيؤدي إلى مرور تيارات دوارة تزيد من القيمة الفعالة لتيار القالبة rms، والتي بدورها ستؤثر على المعايير الحيوية الأخرى كتشوه التوافقي الكلي THD وضيعات الاستطاعة للقالبة. كما يلعب نوع نمط تعديل عرض النبضة PWM المطبق وتردد التبديل دوراً في الحد أو زيادة تأرجح جهود المكثفات للقالبة.

سوف نستخدم نموذج Matlab/Simulink باستخدام simpowersystems لمحاكاة وحدة قابلات متعددة المستويات ثلاثية الطور مكونة من 21 مستوى تم بناؤه من أجل تنفيذ وتحليل المنهجيات المختلفة. ستكون النتيجة تحليلاً شاملاً للنهج الأمثل بناءً على تموج جهود المكثفات، وضيعات الاستطاعة للقالبة، و THD لجهد القالبة.

# Optimization of Voltage Balancing and Multi-Carrier PWM Strategies for Modular Multilevel Converter Based on an analytical study

## Abstract

Modular multilevel converters have great potential in medium and high-power applications, As this type of converters is increasingly relied upon in the processes of connecting different networks in terms of voltage type (DC-AC), voltage and frequency values, And Connecting wind farms, whether built on land or at sea, or connecting solar power stations with the general grids, Modular multilevel converters are beneficial for medium voltage motor drives because the properties of this converter topology, such as low distortion, allow for an efficient motor drive design. One of the problems facing this type of converters is the variation of the voltages of the capacitors of the sub-modules between the charging and discharging processes and the uneven distribution of the voltage on the sub-modules, which leads to the emergence of a difference in the voltages between the six arms of the converter, which leads to the passage of rotating currents that increase rms value of the converter current , Which in turn will affect other vital parameters such as THD and power losses of the converter. The type of PWM method applied and the switching frequency also play a role in decrease or increasing the capacitor voltage ripple for MMC.

We will use MATLAB/Simulink model using SimPowerSystems to simulate 21`-level three phase modular multilevel converter has been built in order to implement and analyze the various methodologies. The result will be a comprehensive analysis of the optimal approach based on capacitor voltage ripple, converter power loss, and converter voltage THD.

## 1- المقدمة:

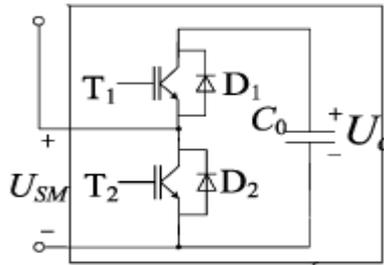
وحدة القالبات متعددة المستويات: هي تقنية مبتكرة تسمح للقالبات المكونة لمنابع الجهد التي تتألف من مفاتيح IGBT للجهد المنخفض لتستخدم في تطبيقات الجهد المتوسط والعالي. يوجد عدة أنواع من التركيبات البنيوية للقالبات متعددة المستويات. بينما المفاهيم الأساسية متشابهة، هناك اختلاف في متطلبات التحكم عبر هذه التركيبات البنيوية المختلفة. تتضمن التركيبات البنيوية للقالبات متعددة المستويات جسريات التقويم الديودية ومكثفات تعميم ومن ثم القالبات متعددة المستويات. سيركز هذا البحث على بنية وحدة القالبة متعددة المستويات التي سيتم شرحها فيما يلي من البحث. إن الشبكات المتعددة للجهاز تكون متصلة على شكل سلسلة، يمكن إضافة توصيل عدد من الوحدات بالتسلسل أو التقليل من عدد الوحدات المتصلة تبعاً لقيمة الجهد المراد تحقيقها. ينتج عن هذه القالبة جهد " متدرج " وجودة شكل الموجة يكون مرتبط بشكل مباشر مع عدد مستويات الجهد التي تكون مستخدمة. والتي تكون عبارة عن عدد الوحدات الفرعية في القالبة، وجودة أساليب التحكم المستخدمة.

كان هناك تقدم كبير في تطوير تقنيات تعديل عرض النبضة وخوارزميات موازنة الجهد وطرق التحكم التقليدية المطبقة لوحدة القالبات متعددة المستويات، ذلك التحكم يكون مخصص لوحدة القالبات متعددة المستويات والذي يكون معتمد على تعديل عرض نبضة متعددة الحوامل وخوارزمية موازنة الجهد. إن عدد الحوامل في مخطط PWM يساوي لعدد الوحدات الفرعية لكل ذراع من القالبة. الهدف من خوارزميات موازنة الجهد هي لتحديد أي الوحدات الفرعية ستكون في حالة تشغيل أو في حالة إيقاف لينتج جهد مكثفات أقل تموجاً. كما يوجد العديد من الحلول مع الحسابات المعقدة كضياعات الاستطاعة وتردد التبديل المكافئ كونها العوامل المفتاحية في اختيار الخوارزمية. في هذه البحث تقنيات تعديل عرض النبضة المختلفة وخوارزميات موازنة الجهد سيتم استكشافها من خلال تحليل المقاييس الرئيسية لعمل القالبة المناسب. وهي معدل سعة تموج الجهود، وضياعات الاستطاعة للقالبة متضمنة ضياعات الاستطاعة لتبديل وضياعات الاستطاعة

لتوصيل وضياعات الاستطاعة لملف الحث لذراع، وسيتم تحليل توافقيات الجهد للقالبة لكل تقنية من تقنيات تعديل عرض النبضة وخوارزمية الموازنة لفهم عميق لتأثير كل طريقة بشكل كامل.

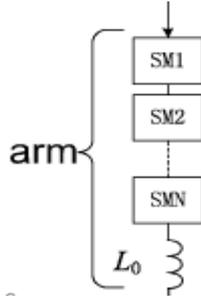
## 2- بنية ومبدأ عمل وحدة القابلات متعددة المستويات:

تم تطوير القابلات متعددة المستويات لأول مرة من قبل الدكتور لسينكار في المرجع رقم [4] لتستخدم في تطبيقات الجهد العالي. المرجع [15] والمرجع [16] يناقشون أيضاً أصل هذه التركيبية البنوية. إن وحدة القابلات متعددة المستويات تتكون من سلسلة من الوحدات الفرعية المتصلة في سلسلة كل طور في القالبة، ويظهر في الشكل (1) بنية وحدة فرعية ، تتكون من مفتاحي IGBT متصلة في بنية نصف جسرية مع مكثف عبر العنصرين لتكون مستخدمة كأداة لتخزين الطاقة وأداة تغذية متصلة. يظهر أيضاً أطراف الخرج التي تتصل في الواقع للقالبة عبر الـ IGBT السفلي. هذا يدل على أن المكثف يكون متصل إما مباشرة عبر العنصرين (IGBT) بالقالبة أو الخرج الأقصر المعتمد على حالة إشارات قيادة البوابة (بوابة IGBT).



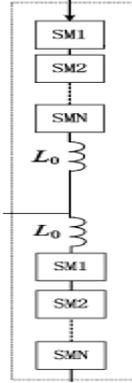
الشكل (1) وحدة فرعية من المرجع [17]

الخصائص الأخرى لبنية هذه القالبة هي أن هذا التسلسل من الوحدات الفرعية جنباً إلى جنب مع ملف الذراع يشكل ذراع للقالبة كما يظهر بالشكل (2).



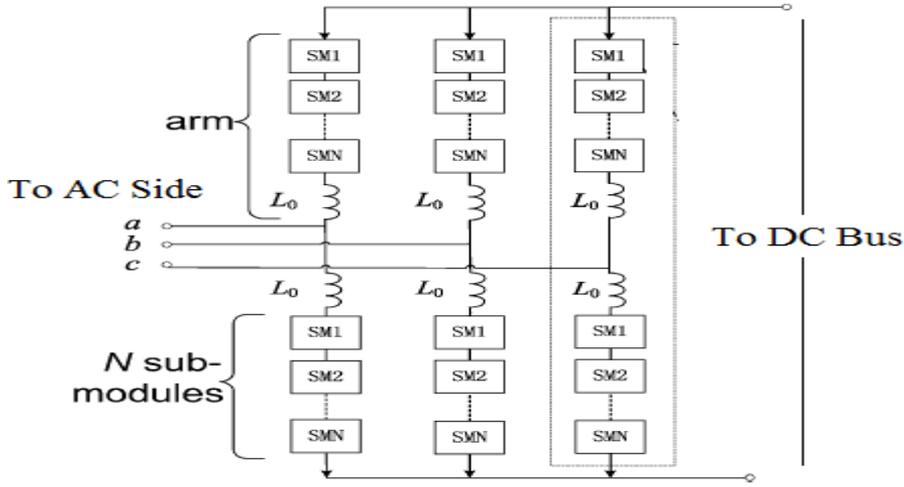
الشكل (2) ذراع وحدة القابلات متعددة المستويات من المرجع [17]

يشكل الذراعين طور واحد من القالبية، وتسمى أيضاً وحدة طوريه، وهذا يكون ظاهراً في الشكل (3). هذه الوحدة الطوريه تتصل بالتغذية المستمرة DC عبر نهاية التسلسل للوحدات الفرعية كما هو مبين. كلا الذراعين أيضاً تحتوي على سلسلة من الملفات الحثية للأذرع، التي تكون مستخدمة لتساعد في الحد من التيار الدوار وتصفية التوافقيات، وتتصل بجانب الـ AC عبر النقطة الوسطى بين الملفين الحثيين.



الشكل (3) وحدة طوريه لوحدة القابلات متعددة المستويات من المرجع [17]

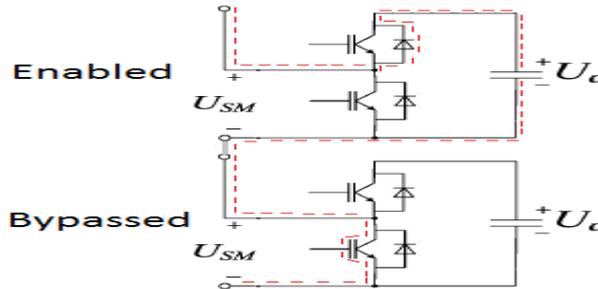
يوضح الشكل (4) البنية لكامل وحدة القابلات متعددة المستويات ثلاثية الطور. يتم توصيل كل نقطة مركزية بين ملفي الذراعين العلوي والسفلي إلى جهة الـ AC بينما ترتبط الوحدات الطوريه بالتفرع مع التغذية المستمرة DC.



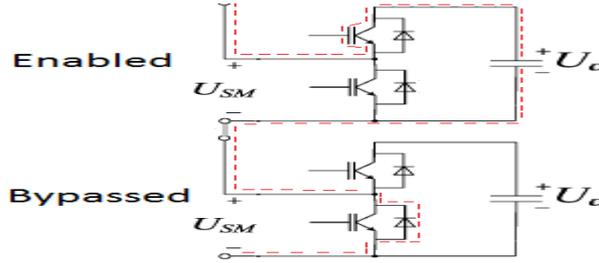
الشكل (4) وحدة القابلات متعددة المستويات كاملة من المرجع [17]

من المهم أن نفهم مسارات التوصيل للوحدات الفرعية، والتي تعتمد على إذا ما كان ال IGBT يحتاج لأن يكون مشغل أو في حالة أيقاف مع القطبية للتيار. ستكون كل وحدة فرعية في إحدى الحالتين التي تعرضان أن ال IGBT قيد التشغيل مع آخر في حالة الإيقاف.

الشكل (5) يظهر مسارات التوصيل المختلفة عندما تكون قطبية التيار موجبة. والشكل (6) يظهر مسارات التوصيل المختلفة عندما تكون قطبية التيار سالبة. سيكون هذا مفيد عند تحليل ضياعات الاستطاعة لتوصيل في القابلة.

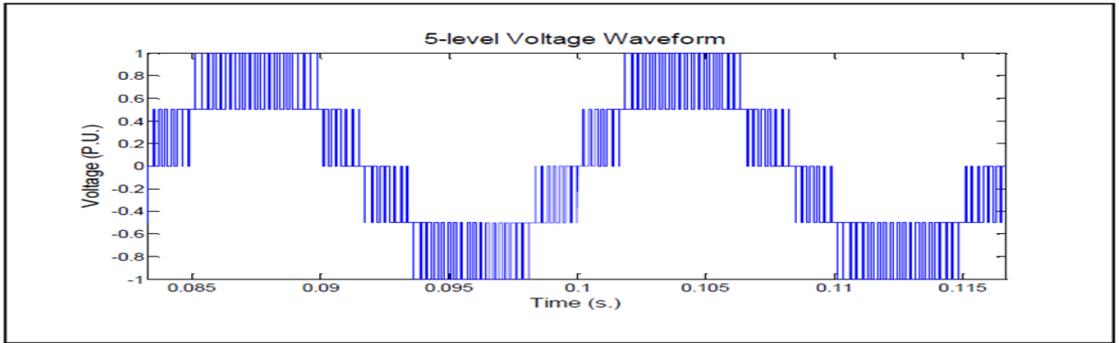


الشكل (5) ممرات التوصيل للقابلة، تيار موجب



الشكل (6) ممرات التوصيل للقالبة، تيار سالب

يعتمد عدد الوحدات الفرعية المختارة على مستويات الطاقة والتطبيقات التي سيتم استخدامها فأن الحد الأدنى النموذجي لعدد المستويات هو 5-مستويات MMC والذي يحتوي على أربع وحدات فرعية لكل ساق. منه يمكن توصيف وحدة القالبة متعددة المستويات MMC إذا كان عدد الوحدات الفرعية فيها يساوي N وحدة فرعية، فأنها ذو (N+1)-مستوى. هذا لأن 0 فولت تكون مشمولة ضمن مستويات الجهد.



الشكل (7) موجة جهد من 5-مستويات

### 3-التعديل العرضاني للنبيضة Pulse Width Modulation:

المرجع [20] و [21] يناقشون حلول PWM للقالبة متعددة المستويات. هناك نوعين رئيسيين من الاستراتيجيات فيما يتعلق بتقنيات تعديل الحوامل متعددة المستويات من أجل وحدة القالبات متعددة المستويات. وهي تكون: بإزاحة الطور، وإزاحة المستوى. كلتا الطريقتين تعتمد على مفهوم الموجة الحاملة الواحدة المقابلة لكل وحدة فرعية في ذراع القالبة. إن أساليب إزاحة الطور تقوم على إزاحة الطور لكل من الأمواج الحاملة. بينما

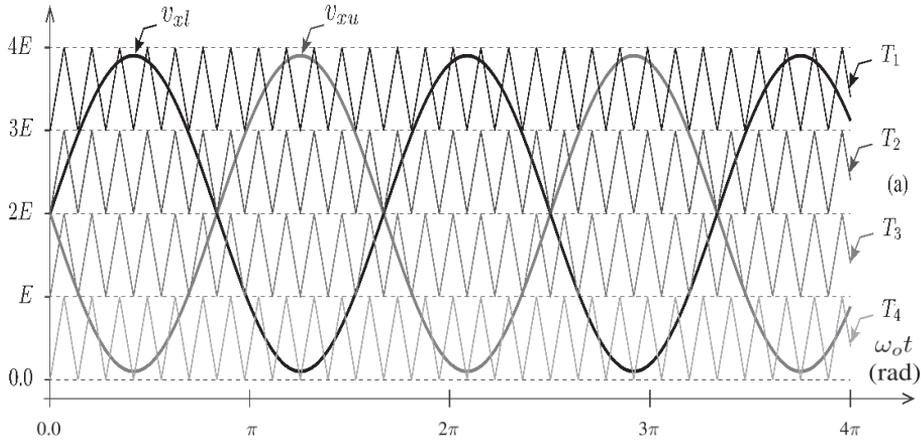
تطبق تقنيات تغيير المستوى كقاعدة DC متغيرة لكل موجة حاملة (أي أن الأمواج الحاملة تمتلك نفس الطور ولكن عند مستويات جهد مختلفة). هؤلاء الأمواج الحاملة المتعددة تكون جميعها مقارنة مع إشارة مرجعية تولد بواسطة التحكم بمنبع جهد القابلة وخرج المرجع الناتج يحدد عدد الوحدات الفرعية التي نحتاج أن تكون مشغلة.

هدف واحد من أهداف هذه البحث هو أن يكون هناك وصف واضح لفوائد مقارنة إحدى الطرق بالأخرى.

### 3-1- التعديل العرضاني للنبضة بإزاحة المستوى Level Shift-PWM:

في هذه التقنية تكون الإشارات المثلثية الحاملة والتي لها نفس التردد والمطال متوضعة بشكل أفقي فوق بعضها البعض وكل إشارة مثلثية تمثل مستويين للجهد. يمكن استخدامها للتحكم بوحدة القابلات متعددة المستويات.

للتحكم بوحدة القابلات متعددة المستويات ذو  $N$  وحدة في كل ذراع باستخدام هذه التقنية يلزمنا  $N$  إشارة حاملة (مثلثية). يمكن استخدام نفس الإشارات الحاملة (المثلثية) للتحكم بالوحدات العلوية والسفلية. بالتالي نحصل على جهد خرج متناوب للطور الواحد ذو  $N+1$  مستوى بينما يكون عدد مستويات الجهد بين طورين هو  $2N+1$ . يبين الشكل (8) المخطط العام لتقنية التعديل العرضاني للنبضة بانزياح المستوى LS-PWM للتحكم بأربع وحدات في مبدل ذو خمس مستويات (أربع وحدات لكل وحدة طورية، وحدتين لكل ذراع) من الواضح أننا استخدمنا أربع إشارات مثلثية حاملة (إشارة حاملة لكل موديول) تتم مقارنة هذه الموجات الحاملة مع إشارة جيبية مرجعية (إشارة التعديل).



الشكل (8) مخطط التعديل العرضاني للنبضة ذو الانزياح المطالي ذو أربع إشارات حاملة

ويوجد لدينا ثلاثة أنماط لتعديل عرض النبضة بإزاحة المستوى وهي:

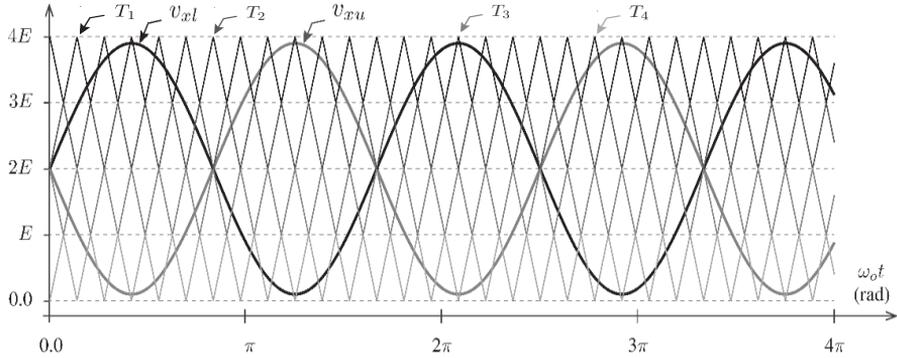
1- تعديل عرض النبضة بإزاحة المستوى بالترتيب الطوري Phase Disposition PWM

2- تعديل عرض النبضة بإزاحة المستوى بالترتيب الطوري المعاكس Phase Opposite Disposition PWM

3- تعديل عرض النبضة بإزاحة المستوى بالترتيب الطوري المعاكس المتناوب alternating phase opposite disposition PWM

3-2- التعديل العرضاني للنبضة ذو الانزياح الطوري - Phase Shift carrier-PWM:

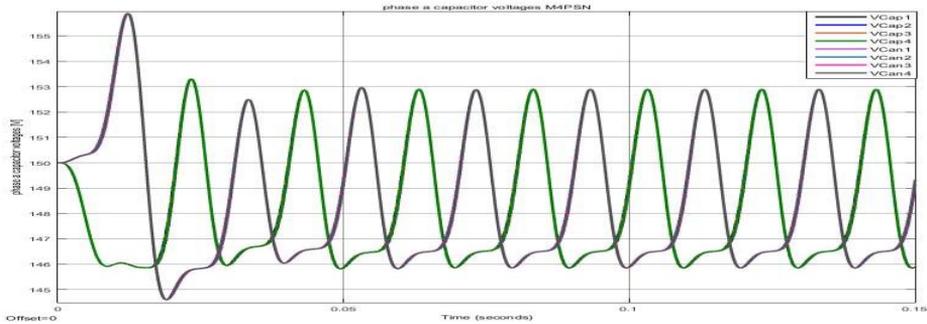
في هذه التقنية تكون الإشارات الحاملة (المثلثية) متساوية المطال متوضعة بشكل أفقي بجانب بعضها ويتم توليد نبضات قرح الوحدات بمقاطعة الإشارات الحاملة السابقة مع الإشارة الجيبية المرجعية ويبين الشكل (9) المخطط العام لهذه التقنية.



الشكل (9) مخطط التعديل العرضاني للنبضة ذو الانزياح الطوري ذو أربع إشارات حاملة

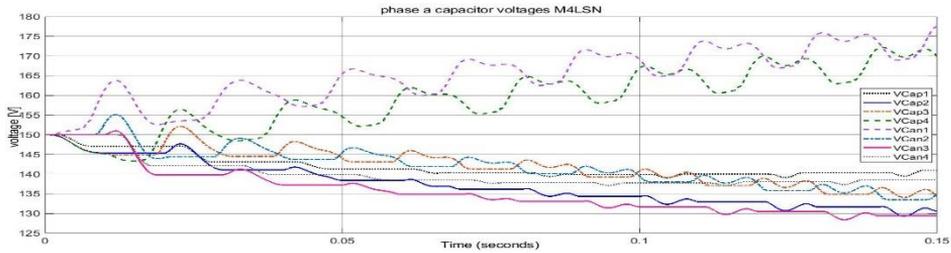
#### 4-دراسة مفهوم تأرجح جهود المكثفات وعدم انتظام توزيع الجهود على الوحدات الفرعية لوحدة القابلات متعددة المستويات:

إن الباحث [14] بين أن استخدام تقنية PWM بإزاحة الطور تؤدي إلى انتظام في شحن وتفريغ المكثفات للوحدات الفرعية مع بقاء قيم تأرجح عالية نسبياً كما هو ظاهر في الشكل (10). إن لهذا التأرجح لجهود المكثفات أثر سلبية على المعايير الحيوية للقابلة التي سيتم دراسة تأثير هذا التأرجح عليها في مضمون هذا البحث.



الشكل (10) يبين جهود المكثفات للقابلة مع استخدام PSC-PWM من المرجع [14]

بينما بين الباحث [14] إن عند استخدام تقنية PD-PWM أظهرت عدم انتظام في شحن وتفريغ المكثفات حيث يستمر جزء منها في الازدياد وجزء آخر في التناقص مع الزمن كما هو ظاهر في الشكل (11)، مما يتسبب في اثار مدمرة على بنية القالبية. وبالتالي لا يمكن تطبيق تقنيات LS-PWM بدون استخدام خوارزمية موازنة أو تقنية تعمل على تنظيم توزيع الجهود. لذلك سنقوم بتطوير تقنية شحن من أجل إمكانية تطبيق تقنيات LS-PWM بدون استخدام خوارزمية موازنة، ومن ثم تطبيق إحدى خوارزميات الموازنة الموجودة في الدراسات المرجعية والتي عملنا على تطويرها أيضاً لمعرفة مدى الفائدة التي تقدمه الخوارزمية في الحد من تأرجح جهود المكثفات وما هو مدى التأثير على الجوانب الأخرى في عمل القالبية. ومن هنا ينطلق مفهوم موازنة جهود المكثفات.



الشكل (11) يبين جهود المكثفات للقالبية مع استخدام PD-PWM من المرجع [14]

### 5- موازنة جهود المكثفات وخوارزميات موازنة الجهود:

هناك العديد من الأسباب التي تجعل موازنة جهود المكثفات أمراً مهماً ولكن من الأساس تكون ضرورية من أجل عمل القالبية بشكل صحيح. المرجع [28] يوضح الأهمية في موازنة الجهد على النحو التالي: " كنتيجة لتغير جهد مكثفات SM، فإن قد يكون لثلاث وحدات طورية متصلة على التوازي جهود مختلفة. وبالتالي، هذا يؤدي إلى تيارات دارة تتدفق عبر الأذرع الستة وتشوه لتيار الذراع الحبيبي. وبالتالي، تزداد القيمة الفعالة rms لتيار الذراع وضياعات القالبية". بينما جهد المكثف ليس تماماً جهد مستمر DC، كمجموعة هذه الجهود يمكن أن تكون متوازنة لضمان مجال أنحراف لسعة الجهد يبلغ عادة  $\pm 5\%$ . من المهم أن نتذكر أن هذه المكثفات يتم شحنها أو التفريغ منها اعتماداً

على قطبية تيار الذراع. ما يلي سوف يعالج الحلول المحتملة لهذه المشكلة وشرح بعض الفوائد الموضحة وحدود كل طريقة. سيتم بعد ذلك التحقق من صحة ذلك عبر نتائج المحاكاة. هناك العديد من الخوارزميات المصممة مسبقاً لمكافحة الانحراف في جهد المكثفات لوحدة القابلات متعددة المستويات. بشكل حدسي، فإن النهج الأساسي سيكون استخدام الشكل الموجي المرجعي وجهود المكثفات وتيار الذراع كمدخلات للخوارزمية. يحدد جهد المكثفات كم بعد قيمة الجهد من القيمة المثالية. بينما تيار الذراع يوضح إذا ما كان أو لا المكثف يشحن أو يفرغ. أخيراً، يخبر الشكل الموجي المرجعي مخطط التحكم بعدد الوحدات الفرعية التي يجب تشغيلها وعدد الوحدات التي يجب إيقاف تشغيلها. من هذه المدخلات، تأخذ خوارزمية موازنة الجهد القيمة المرجعية وتشغيل أو توقيف عدد من الوحدات الفرعية باختيار عدد الوحدات الفرعية المقابلة لأعلى أو أدنى جهد مكثف مع هذا، بناء على قطبية تيار الذراع.

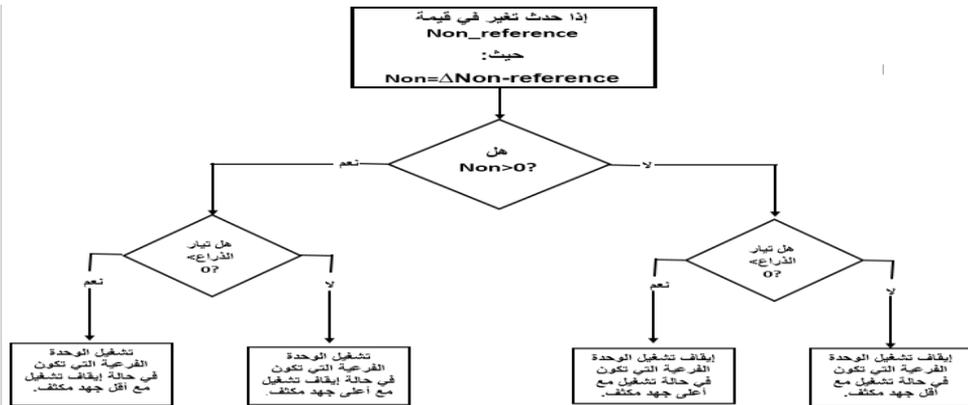
هذه هي المبادئ الأساسية لجميع خوارزميات موازنة الجهد مع الاختلاف الناشئ في عدد حالات الوحدات الفرعية التي يتم تغييرها في كل خطوة تحكم التي تؤثر مباشرة على تردد التبديل الناتج. المقايضة (المعادلة) العامة تكون بين تردد التبديل ضد تموج جهد المكثف الأعظمي. وفي دراستنا أختارنا خوارزمية موازنة الجهود بتردد التبديل المنخفض وخوارزمية الموازنة التقليدية لأجراء مقارنة.

#### 5-1- خوارزمية موازنة الجهود التقليدية:

حل يقوم ببساطة بتبديل الوحدة الفرعية المرتبطة بالشكل الموجي الحامل المعني مباشرة دون استخدام خوارزمية موازنة الجهد. في حين أن هذا يبسط المتطلبات الحسابية، فلا يوجد تحكم في جهد المكثف وهذا يؤدي إلى جهد مكثف غير مستقر مما يقلل من كفاءة القالبة. أي بمعنى آخر تعتمد على حل نمط تعديل عرض النبضة وقدرته على تحقيق جهد مكثف مترن. ويتم استخدام تقنية مفاتيح شحن لتنظيم توزيع الجهد على الوحدات الفرعية سيتم شرحها فيما يأتي.

### 5-2- خوارزمية موازنة الجهد بتردد التبديل المنخفض:

تعمل خوارزمية موازنة الجهد الأكثر شيوعاً المأخوذة من الدراسات المرجعية والتي عملنا على تطويرها عن طريق تغيير حالة وحدة فرعية واحدة لكل انتقال مرجعي. يتم تعريف الانتقال المرجعي أي تغيير في خرج شكل الموجة الناتج PWM في القيمة. هذا يستخدم على نطاق واسع الطريقة التي ينتج عنها أقل تردد تبديل للجهاز مما يوفر الحد الأدنى لضياعات التبديل مع استمرار تلبية متطلبات تموج جهد المكثف. هذا البحث سيحل الفائدة الحقيقية لتقليل تردد التبديل للجهاز. الخوارزمية تحدد الوحدة الفرعية للتبديل إما بين التشغيل أو الإيقاف بناء على ما يسمى أفضل حالة حل. يظهر مخطط تدفق هذه الخوارزمية في الشكل (12).



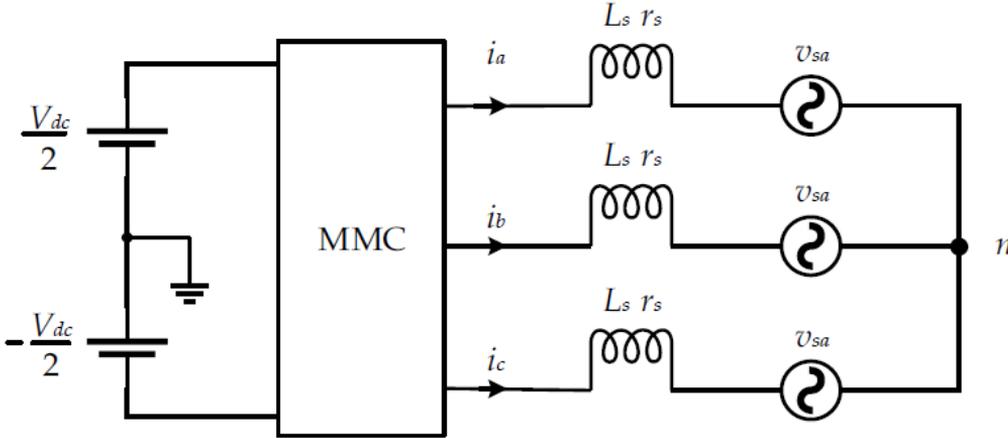
الشكل (12) مخطط لخوارزمية موازنة الجهود بتردد التبديل المنخفض من المرجع [17]

حيث:  $N_{ON}$  مقدار الانحراف الأكبر لجهد المكثف عن القيمة المرجعية في الانتقال المرجعي الحالي  $\Delta N_{ON-reference}$  أي مقدار الانحراف الاعظمي عن القيمة المرجعية من أجل حالة الموجة المرجعية إذا تيار الذراع كان موجباً فإن تلك الوحدة الفرعية التي تكون مطفأة مع أقل جهد مكثف يتم تشغيلها وإذا كان تيار الذراع سالب فإن الوحدة الفرعية المطفأة مع أعلى جهد مكثف يتم تشغيلها. وبالمثل، وفي حالة تناقص الموجة المرجعية، إذا تيار الذراع كان موجباً الوحدة الفرعية التي تكون مشغلة مع أعلى

جهد مكثف يتم إيقافها. وإذا التيار الذراع كان سالب الوحدة الفرعية التي تكون مشغلة مع أقل جهد يتم إيقافها. باستخدام هذه الخوارزمية، تكون النتيجة هي جهد مكثف متوازن بشكل صحيح مع تقليل تردد تبديل الجهاز.

### 6- خطة التحكم:

تمكن استراتيجيات التحكم بـ MMC بتحقيق الأداء العالي المرتبط بالموثوقية والكفاءة والأمان الفائق. التحكم بالقبالة يكون صعب ومعقد لأنه ينطوي على جوهر بنية الوحدات الفرعية. ويكون لهذا التحكم أهداف متعددة كتحكم بجهد الخرج وتيار الخرج وموازنة جهود الوحدات الفرعية والتحكم بالتيار الدوار. ويعتبر التحكم بجهد وتيار الخرج للقبالة هو جوهر متحكم الاستطاعة الفعلية والردية الذي يقوم بالتحكم بتدفق الاستطاعة الفعلية والردية من القبالة إلى الشبكة بناءً على قيمة مرجعية للاستطاعة محددة كما هو موضح في المرجع [34]. ويعتبر متحكم الاستطاعة أساس العديد من المتحكمات التي تضاف على عمل القبالة. وبافتراض أن MMC متصل بالشبكة، كما هو موضح بالشكل (13)، يختلف التحكم في جهد وتيار الخرج للقبالة تبعاً لظروف (شروط) الشبكة المختلفة مثل: شبكة متوازنة- شبكة غير متوازنة.



الشكل (13) MMC متصل بالشبكة.

في معظم الحالات، نفترض أن يكون جانب الطرف المتناوب من القبالة يقابل استخدام متزن. يمكن التحكم بجهد وتيار الخرج للقبالة باستخدام التحكم الخارجي بجهد والتحكم

الداخلي بالتيار. التحكم الداخلي في التيار يكون مطلوب لتلبية أمر تدفق الاستطاعة الفعلية والرديية على أساس الاستطاعة اللحظية المطلوبة. بشكل عام، في الأطار المرجعي الدوار (التزامني) dq، بافتراض أن المحور d محاذاً تماماً لمعامل دوران جهد المنبع، والاستطاعة الفعلية والرديية يمكن التعبير عنهما بـ:

$$P = \frac{3}{2} v_{sd} i_d \quad (1)$$

$$Q = -\frac{3}{2} v_{sq} i_q \quad (2)$$

بينما P و Q الاستطاعة الفعلية والاستطاعة الرديية على التوالي، يمثل  $v_{sq}$  و  $v_{sd}$  مكون الأطار المرجعي d والإطار المرجعي q لجهد المنبع، و  $i_d$  و  $i_q$  يعطي تيارات المرجع  $i_d^*$  و  $i_q^*$  في المحاور dq.

باستخدام العلاقة (1) و (2) يمكن إدارة الاستطاعة الفعلية والرديية من خلال تنظيم  $i_d$  و  $i_q$  بشكل مستقل، يمكن التعبير عن جهد الخرج في المحاور dq:

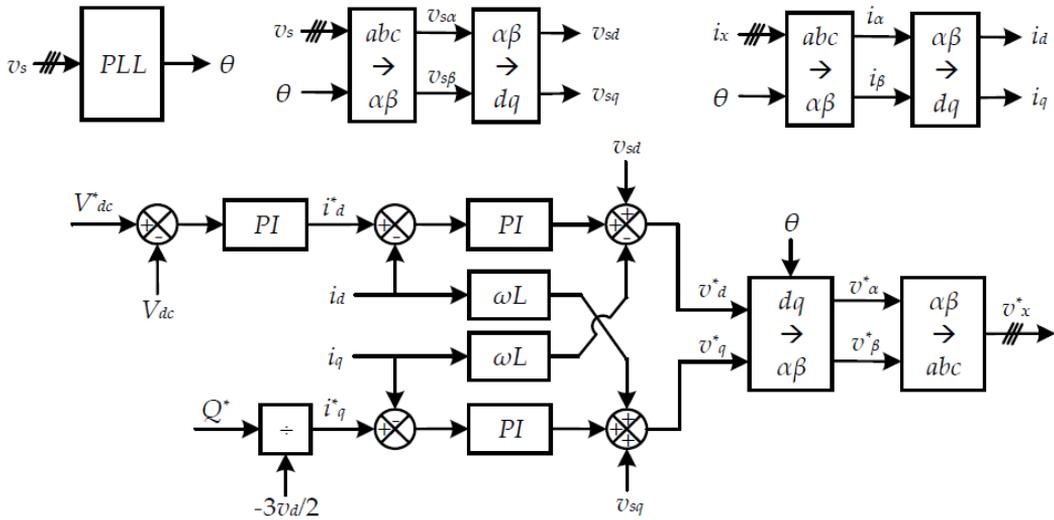
$$v_d = v_{sd} + L_s \frac{di_d}{dt} + r_s i_d - w L_s i_q \quad (3)$$

$$v_q = v_{sq} + L_s \frac{di_q}{dt} + r_s i_q + w L_s i_d \quad (4)$$

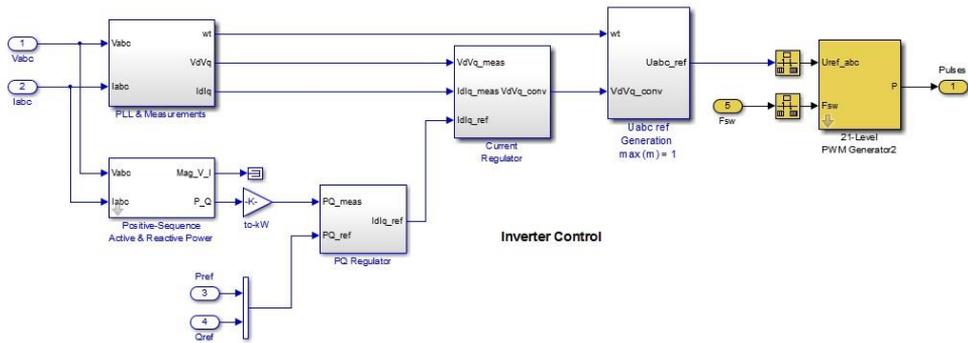
حيث تمثل  $v_d$  و  $v_q$  مكونات d و q من اتجاه الجهد المتناوب AC للقلابية MMC،  $L_s$  و  $r_s$  المحارضة والمقاومة من جانب الشبكة، w التردد الزاوي الأساسي. بالإضافة إلى ذلك، يجب الحفاظ على قيمة جهد الـ DC عند نقطة الضبط والتي يمكن تحقيقها بواسطة موازنة الاستطاعة بين جانب AC وجانب الـ DC.

$$P = \frac{3}{2} v_{sd} i_d = V_{dc} i_{dc} \quad (5)$$

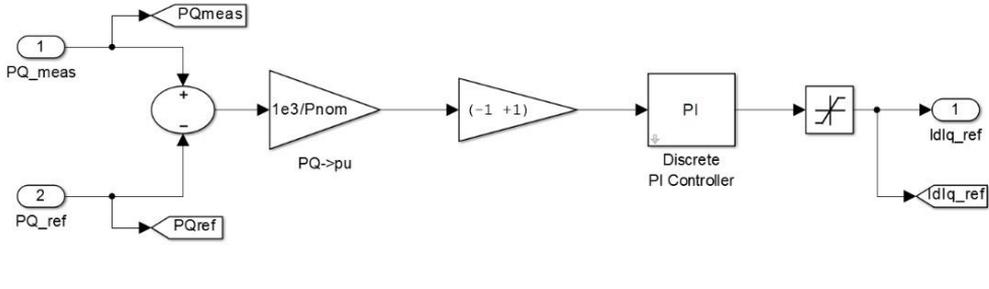
من العلاقة (5) يمكن استخدام الجهد المستمر DC لإنتاج التيار المرجعي للمكون d. لذلك سنستعرض المخططات الصندوقية لتحكم في جهد وتيار الخرج.



الشكل (14) المخططات الصندوقية لتحكم في جهد و تيار خرج القابلية شبكة متزنة.



الشكل (15) تابع متحكم الجهد والتيار في بيئة ماتلاب.



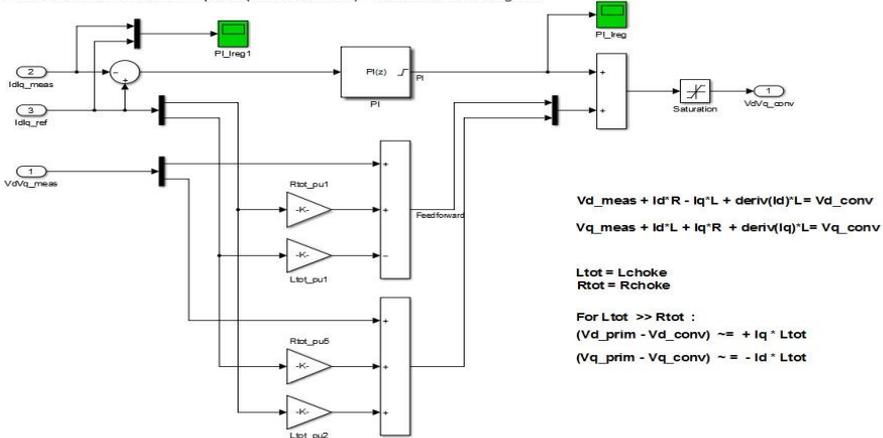
الشكل (16) تابع متحكم مرجع الاستطاعة الفعلية والرديية في بيئة ماتلاب.

Current Regulator with feedforward

Sign Convention: Current going out of the converter = positive current

Id positive --> The converter generates active power ("Inverter mode") = Active Power P positive

Iq positive --> The converter absorbs reactive power ("Inductive mode") = Reactive Power Q negative



الشكل (17) متحكم التيار في بيئة ماتلاب.

تم اعتماد الثوابت للمخططات الصندوقية تبعاً للقيم المعتمدة في الدراسات المرجعية مع تعديلها بما يتناسب مع بارامترات نموذجنا.

### 7- النمذجة باستخدام البيئة البرمجية MATLAB/SIMULINK

إن الهدف الرئيسي لبحثنا هذا هو الحد من تأرجح جهود المكثفات للقالبة وتحقيق أفضل موازنة ممكنة من خلال تطوير منظومة التحكم لوحدة القالبات متعددة المستويات وتحليل أي العوامل تساعد على تحقيق هذه الموازنة وإذا ما كان لهذه الموازنة أي أثار سلبية أو

أيجابية على العوامل الحيوية الأخرى في القالبة لنتمكن من الحصول على منظومة التحكم المناسبة تبعاً لمزيا التصميم المطلوبة.

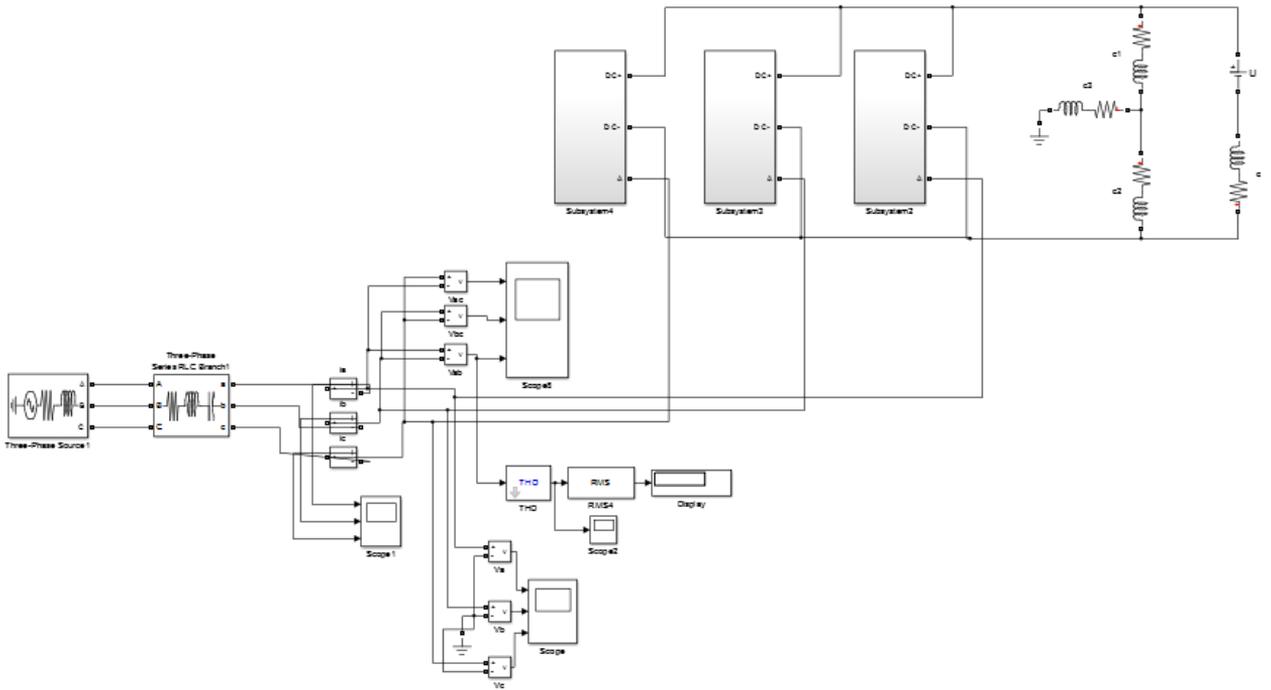
تمتلك البيئة البرمجية MATLAB/SIMULINK إمكانية القيام بعملية النمذجة والمحاكاة لكل عناصر وحدة القابلات متعددة المستويات يبين الشكل (18) المخطط الصندوقي العام لدارة وحدة قابلات ثلاثية الطور باستخدام عناصر البيئة البرمجية المذكور والتي سنقوم على العمل على تطوير منظومة التحكم لها فيما يحقق الفائدة على المعايير الحيوية لعمل القالبة.

ولتحقيق هذا لابد من إجراء مقارنة بين سلوك وحدة قابلات متعددة المستويات MMC عند استخدام تقنيات التعديل العرضاني للنبضة ذو انزياح المستوى (المطالي) LS-PWM وتقنية التعديل العرضاني للنبضة ذو الانزياح الطوري PS-PWM مع تطبيق كل من خوارزمية موازنة الجهد التقليدية وخوارزمية موازنة الجهد بتردد التبديل المخفض على مجال واسع من ترددات التبديل لأجراء الدراسة التحليلية على المعايير الحيوية للقالبة (تموج جهود المكثفات- ضياعات الاستطاعة-التشوه الكلي التوافقي THD). قمنا ببناء نموذج لوحدة القابلات ذي 21 مستوى (حيث تحوي الساق الطورية على عشرين وحدة فرعية). ويبين الشكل (19) بنية وحدة التقطيع نصف الجسرية والتي تتألف من مكثف وقاطعين إلكترونيين هما عبارة عن ترانزستورين من نوع IGBT. تم اختيار الترانزستورين من مكتبة Simpower system ويبين الجدول التالي القيم المستخدمة في هذا النموذج.

البارامتر	القيمة	البارامتر	القيمة
التردد الأساسي	50Hz	ذاتية وشيعة الذراع	1.3 mH
تردد الإبدال	1.2-15kHz	مقاومة الذراع	0.4Ω
مطال دليل التعديل m	0.95	سعة مكثفات الوحدات	16 μF
جهد الطرف المستمر	10 KV	ذاتية الحمل	10 mH
عدد الوحدات في الساق	20	مقاومة الحمل	25Ω

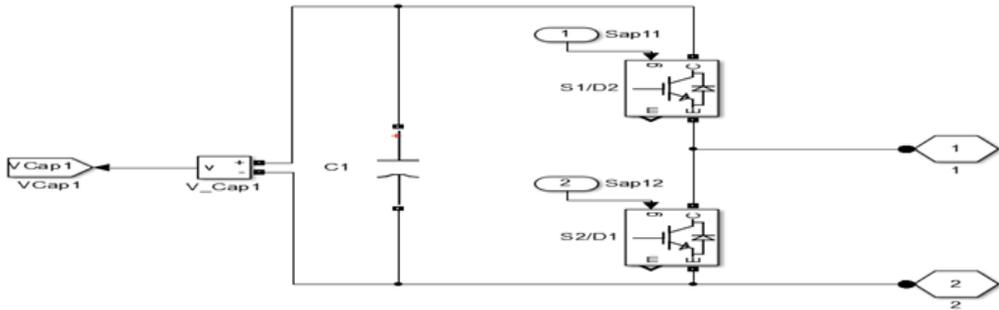
الجدول 1 القيم المختلفة للنموذج

لتوليد نبضات القدح تتم مقارنة الإشارة الجيبية المرجعية مع الإشارات المثلثية في صندوق منطقي حيث يكون ناتج المقارنة هو الذي يحدد وضعية القاطع الإلكتروني فعندما تكون الإشارة الجيبية أكبر من الإشارة المثلثية يكون ناتج الصندوق واحد وبالتالي يتم إرسال نبضة القدح للترانزستور S1 وبما أن القاطع S2 يجب أن يكون بحالة عدم تمرير فلا يتم توليد أي نبضات قدح له في هذه الحالة، أما عندما تكون الإشارة الجيبية أصغر من الإشارة المثلثية يتم إرسال نبضة قدح للقاطع S2 ويبقى القاطع S1 بحالة حجز.



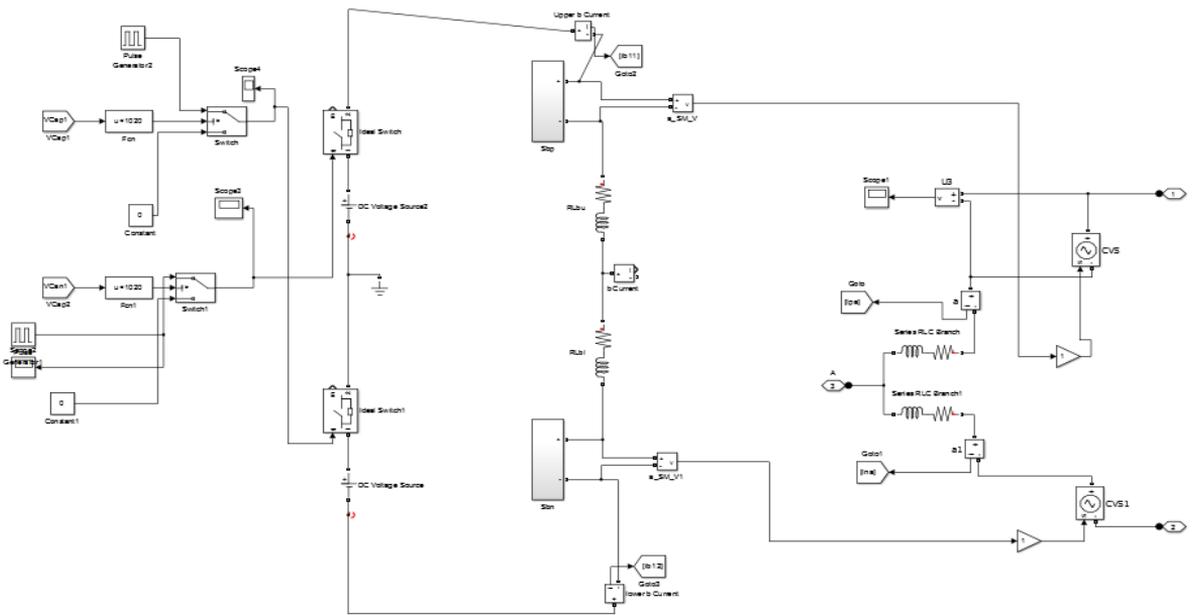
الشكل (18) النموذج العام لوحدة القابلات متعددة المستويات MMC في بيئة

Simulink/matlab



الشكل (19) بنية وحدة نصف جسرية في بيئة Simulink /Matlab

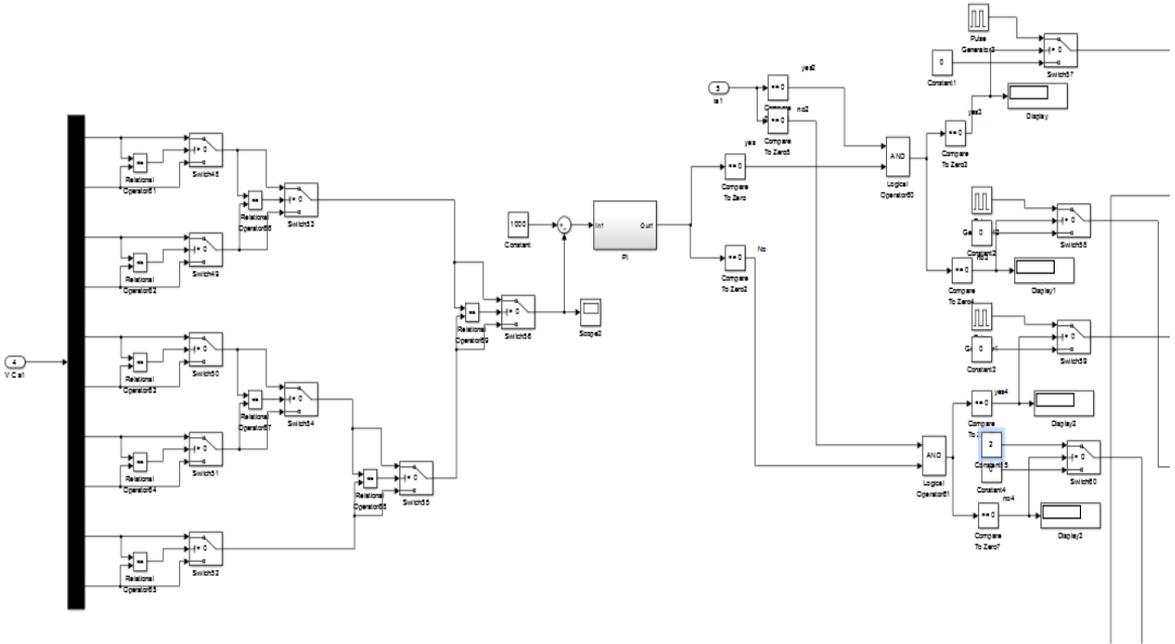
يبين الشكل (20) بنية ساق طورية في بيئة ماتلاب حيث يظهر الذراع العلوية والذراع السفلية وملفات الحث المتصلة معها حيث يتحكم كل ذراع بمنبع متناوب متحكم به ليكرر اشارة الخرج لهما من اجل تقليل زمن المحاكاة، كما يظهر مقاييس لتيارات الاذرع تكون ضرورية لعمل الخوارزمية، ويظهر أيضا تقنية مفاتيح الشحن التي تعمل بموجة مربعة تمتلك نفس فرق الصفحة لشحن الذراع والتي تقوم بفصل الشحن عن الذراع في حال تجاوز جهد الشحن عن قيمة مرجعية معينة.



الشكل (20) يبين بنية ساق القالبية (وحدة طورية) وتقنية لشحن المكثفات لساق القالبية

يبين الشكل (21) خوارزمية موازنة الجهود بتردد التبديل المخفض في بيئة ماتلاب لذراع من القالبية، حيث يظهر مقارنة جهود المكثفات بين بعضها لمعرفة أكبر انحراف في جهد المكثفات ومن ثم طرحها من القيمة المرجعية لجهد المكثف وهي 1000 فولت. ثم يتم إدخالها إلى متحكم PI لتسريع استجابة المنظومة. ومن ثم إدخالها لمقارنة هل هذا الانحراف موجب أو سالب، وثم هل تيار الذراع موجب أو سالب. لتقوم الخوارزمية

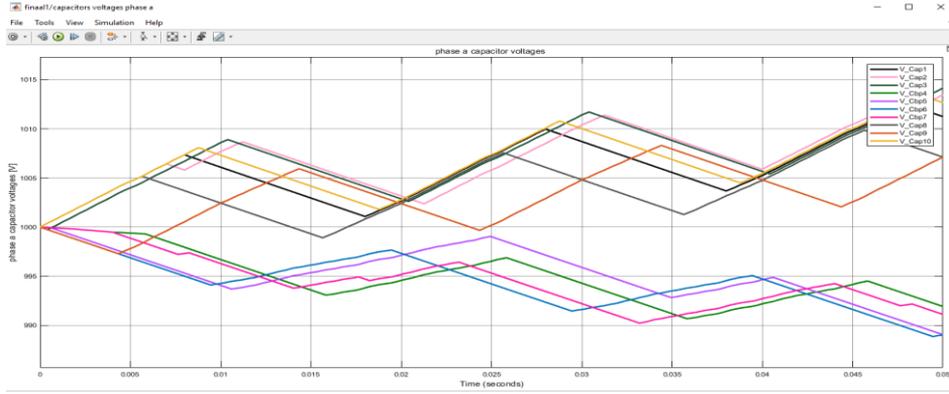
بتحديد أي من الوحدات الفرعية ستكون في حالة التشغيل وأي من الوحدات سيكون في حالة الإيقاف كما تم شرحه فيما سبق.



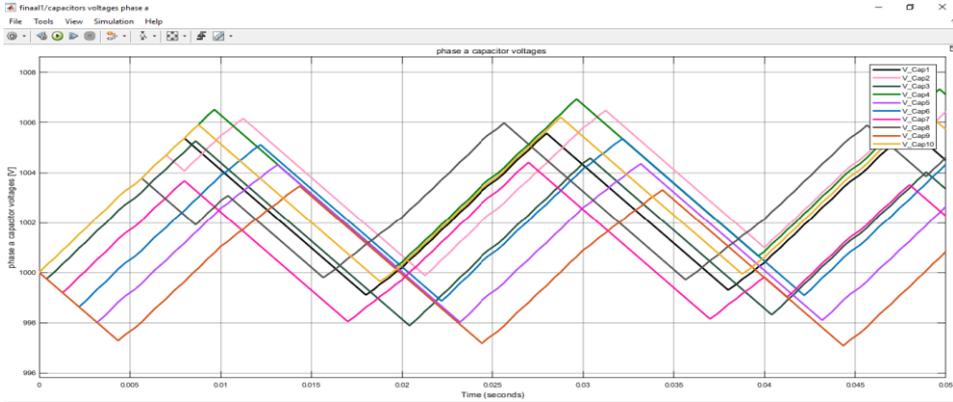
الشكل (21) خوارزمية الموازنة بتردد التبديل المخفض في بيئة ماتلاب لذراع من القابلية

ولفهم تأثير عدم انتظام توزيع الجهود المشروحة فيما سبق ودور كل من تقنية مفاتيح الشحن وخوارزمية موازنة الجهود بتردد التبديل المخفض على الحد من تأرجح جهود المكثفات. ولتحديد التفاوت في مقدرة تقنيات PWM المختلفة على الحد من تأرجح جهود المكثفات. تم تطبيق تقنية الدرج (STAIR KEYS). يظهر الشكل (22) جهود المكثفات لذراع من القابلية حيث يكون توزيع الجهود على مكثفات الوحدات غير منتظم حيث يستمر جزء في الاستمرار في الزيادة وجزء آخر يستمر في التناقص. فعند تطبيق تقنية مفاتيح الشحن نلاحظ انتظام جهود المكثفات بين عمليات الشحن والتفريغ مع بقاء مطال لتأرجح لجهود المكثفات عالي كما يظهر في الشكل (23). أما عند تطبيق خوارزمية موازنة الجهد بتردد التبديل المخفض فنلاحظ حدوث انتظام في توزيع الجهد على مكثفات

الوحدات الفرعية لذراع وانخفاض مطال التآرجح إلى قيم منخفضة كما هو ظاهر في الشكل (24).

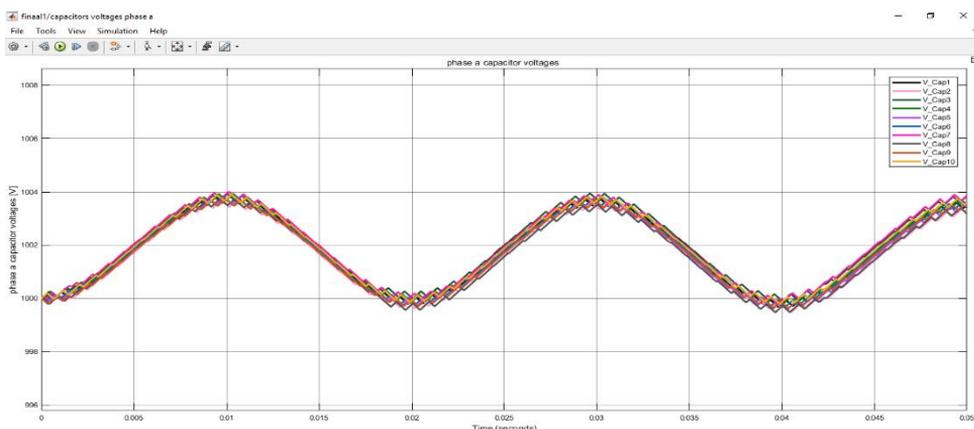


الشكل (22) يبين جهود المكثفات لذراع من القالبة بدون استخدام مفاتيح شحن وبدون استخدام خوارزمية موازنة الجهود لنموذج



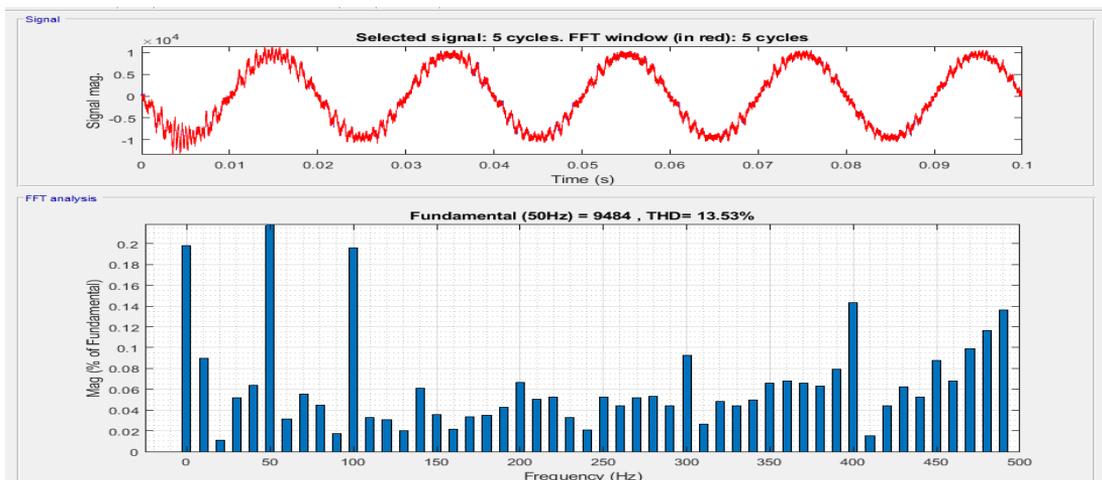
الشكل (23) يبين جهود المكثفات لذراع من القالبة مع استخدام مفاتيح شحن وبدون استخدام خوارزمية موازنة الجهود لنموذج

تحديد الأسلوب الأمثل لموازنة جهود المكثفات ونمط تعديل عرض النبضة الأفضل لوحدة القابلات متعددة المستويات بناءً على دراسة تحليلية

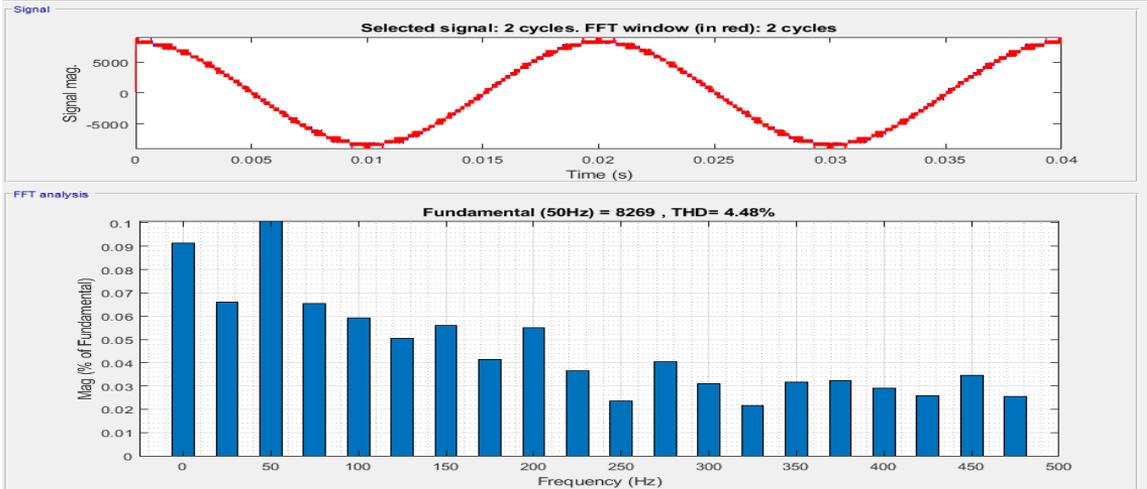


الشكل (24) يبين جهود المكثفات لذراع من القالبية مع استخدام مفاتيح ومع استخدام خوارزمية موازنة الجهود

ولمعرفة مدى تأثير موازنة الجهد على جودة موجة جهد الخرج، أجرينا تحليل فورييه السريع FFT، فعند تطبيق تقنية مفاتيح الشحن كما يظهر في الشكل (25) يكون THD لموجة جهد الخرج عالي نسبياً ويساوي لـ 13.53%. أما عند تطبيق خوارزمية موازنة الجهود بتردد التبديل المخفض تتخفض قيمة THD لموجة جهد الخرج لـ 4.48% كما يظهر في الشكل (26)، ويظهر شكل الدرج لـ 21 مستوى جهد بشكل واضح.



الشكل (25) يبين جهد بين خطين في القالبية مع استخدام مفاتيح وبدون استخدام خوارزمية موازنة الجهود

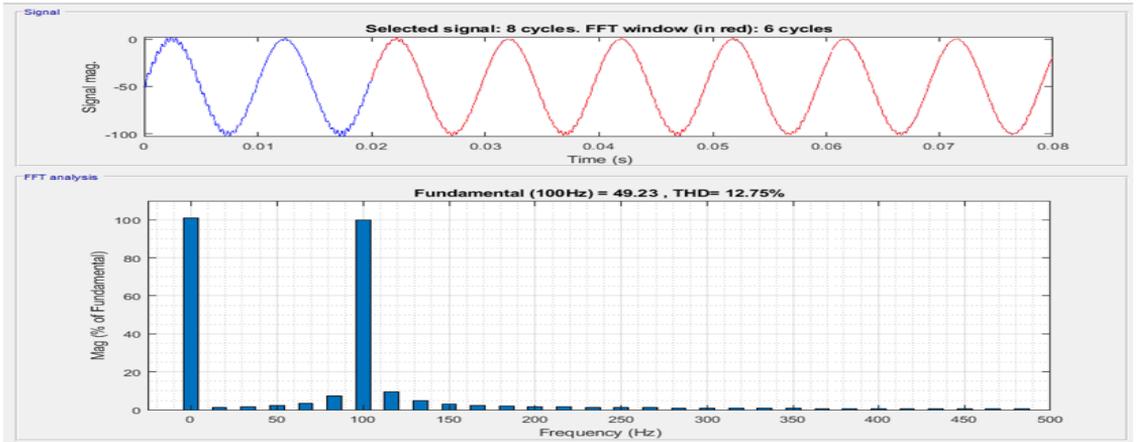


الشكل (26) يبين جهد بين خطين في القالبه ومع استخدام مفاتيح ومع استخدام خوارزمية موازنة الجهود

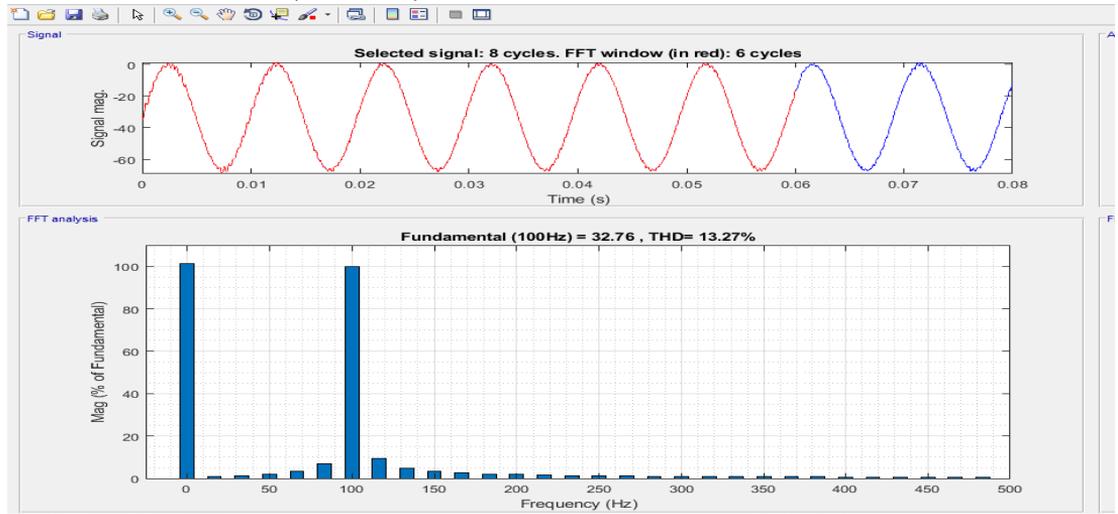
إن نتائج المحاكاة قد بينت لنا أهمية موازنة الجهود للمكثفات في تحسين شكل موجة الخرج وتخفيض التشوه التوافقي الكلي THD لها. كما أننا قمنا باستخدام تقنية لتنظيم شحن المكثفات لنتمكن من تطبيق خوارزمية الموازنة التقليدية مع تقنيات إزاحة المستوى على القالبه لإجراء المقارنة بين الخوارزميتين بالنسبة لمعايير الحيوية للقالبه كما سنرى فيما يلي.

وبما أن تأرجح جهود المكثفات تؤدي إلى قيم غير متساوية للأذرع الستة للقالبه مما يتسبب إلى نشوء تيار دوار بين أذرع القالبه. ويعرف التيار الدوار بأنه تيار ذو مركبة سالبة يمتلك تردد مضاعف عن التردد الأساسي. فلا بد من دراسة مدى الفائدة التي تقدمها خوارزمية الموازنة بالنسبة لتيار الدور. فلذلك قمنا بنمذجة التيار الدوار في بيئة MATLAB و قمنا بأجراء تحليل FFT له.

تحديد الأسلوب الأمثل لموازنة جهود المكثفات ونمط تعديل عرض النبضة الأفضل لوحدة القابلات متعددة المستويات بناءً على دراسة تحليلية



الشكل (27) يبين التيار الدوار بدون استخدام مفاتيح ولا خوارزمية



الشكل (28) يبين التيار الدوار مع استخدام مفاتيح وخوارزمية

حيث تظهر نتائج المحاكاة بشكل واضح فائدة موازنة جهود المكثفات في خفض قيمة التيار الدوار من 49.33 A إلى 32.76 A وبالتالي تخفيف الأضرار التي يتسبب بها.

## 7-1- دراسة تحليلية لتأرجح جهود المكثفات بالنسبة لأنماط تعديل عرض النبضة المختلفة عند كل من الخوارزميتين على مجال واسع من ترددات التبديل:

يركز الاختبار الأول على حساب أقصى انحراف للجهود للحالة المستقرة لكل تقنية تعديل على أكبر مجال من الترددات. عند كل من الخوارزميتين، في كل حالة سيكون نمط التعديل ثابت وتردد الحامل والخوارزمية هما المتغيرات في النموذج. يوضح الشكل (29) متوسط انحراف جهد المكثف الاعظمي لتقنية تعديل PWM لحامل بالازحة-الطورية على مجال من ترددات التبديل (1.2-15)kHz. تم جمع هذه البيانات من أجل شرط التحميل الاعظمي،  $P=20MW$ ، وأجرينا بشكل مشابه تحليل لحالة نصف الحمل  $P=10MW$ . تم اختيار هذه الاستطاعة للحمل من أجل محاكاة حمل عالي الاستطاعة تغذيه القالبية. يلاحظ أن هذه ليست الذروة لذروة التمرج ولكن بدلاً من ذلك متوسط سعة الجهد الاعظمي. بالنظر إلى أن الجهد المثالي للمكثف في النموذج هو  $1KV$ . وبما أن الحد المقبول حوالي 5% أي حوالي  $\pm 25v$ . نلاحظ أن التمرج في نموذجنا مع استخدام الخوارزمية ذو تردد التبديل المخفض حوالي 1%.



الشكل (29) يبين مقارنة خوارزميات الموازنة عند الحمل الكامل لـ PSC-PWM

تحديد الأسلوب الأمثل لموازنة جهود المكثفات ونمط تعديل عرض النبضة الأفضل لوحدة القابلات متعددة المستويات بناءً على دراسة تحليلية



الشكل (30) يبين مقارنة خوارزميات الموازنة عند الحمل الكامل لـ PD-PWM



الشكل (31) يبين مقارنة خوارزميات الموازنة عند الحمل الكامل لـ POD-PWM

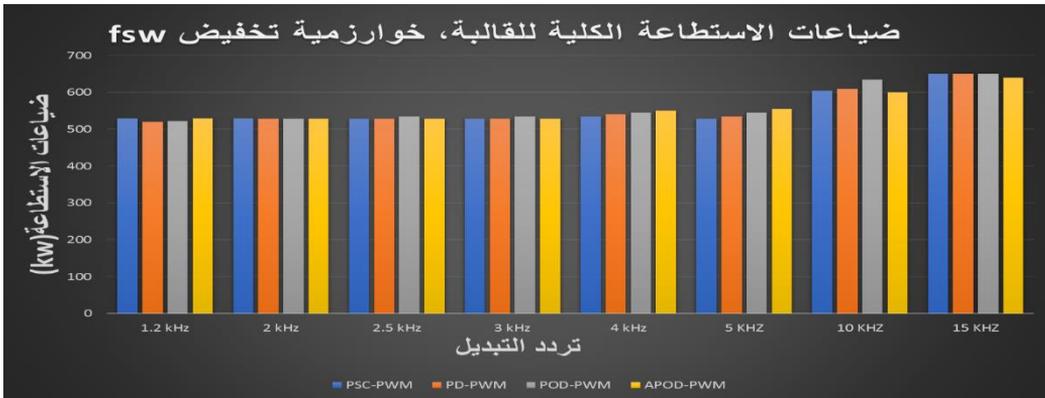


الشكل (32) يبين مقارنة خوارزميات الموازنة عند الحمل الكامل لـ APOD-PWM

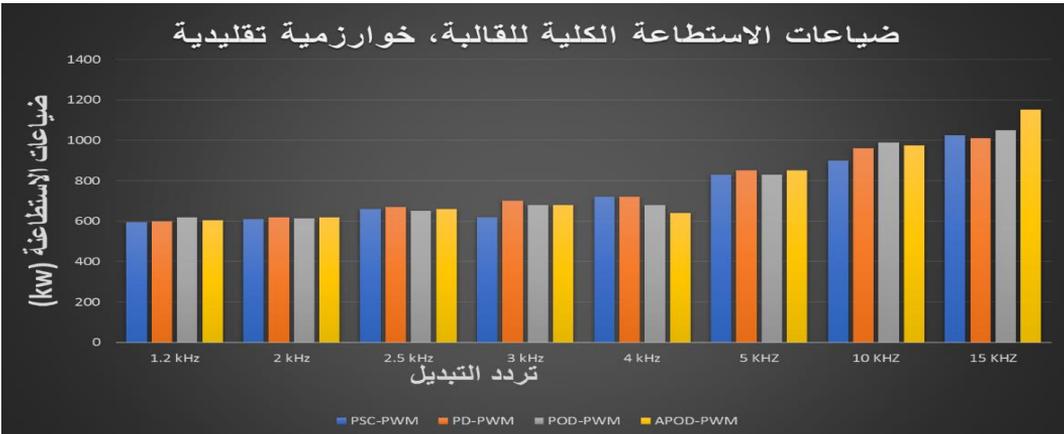
كما نرى أن خوارزمية موازنة الجهد بتردد التبديل المخفض تقلل من تموج جهود المكثفات بشكل كبير إلى ما يقارب إلى النصف بالمقارنة مع الخوارزمية التقليدية بالنسبة لجميع أنماط تعديل عرض النبضة. كما أن تموج الجهد ينخفض مع زيادة تردد التبديل لينخفض تأثيره فوق ترددات التبديل الأعلى من 5kHz ولكن يجب أخذ أثر زيادة ضياعات التبديل للقالبة عند زيادة تردد التبديل. بالنسبة لخوارزمية الموازنة التقليدية فأن نمط تعديل عرض النبضة بإزاحة الطور يقدم أفضل حالة لتموج جهد المكثفات، بينما خوارزمية الموازنة ذو تردد التبديل المخفض يقدم كلا من تعديل عرض النبضة بإزاحة الطور PSC-PWM وتقنية تعديل عرض النبضة بإزاحة المستوى ذات الترتيب الطوري PD-PWM بشكل متقارب أفضل موازنة جهود ممكنة. كما وجدنا أن في حالة الحمل الكامل يزداد تموج جهد المكثفات عن حالة نصف الحمل.

#### 7-2- تحليل ضياعات الاستطاعة:

تعتبر ضياعات الاستطاعة في القالبة عامل مفتاحي في تحليل العملية الكلية للقالبة وتأثير مختلف مخططات PWM وخوارزمية موازنة الجهد. المرجع [24] و[25] ناقشا نمذجة الضياعات لقالبات منابع الجهد. بالإضافة إلى ذلك تم تناول أساسيات نمذجة الضياعات في المرجع [26] و[27]. وهناك ثلاثة مكونات رئيسية لضياعات الاستطاعة في القالبة وهي: ضياعات الملف الحثي لذراع، وضياعات التوصيل لعناصر أنصاف النواقل، وضياعات التبديل. في هذا البحث، سوف يتم حساب قيم هذه الضياعات الثلاثة باستخدام نموذج وحدة قالبة متعددة المستويات. يتطلب هذا التحليل النظر في العناصر المختلفة لمجموع ضياعات الاستطاعة الكلية من أجل الفهم الكامل لتأثير تنفيذ كل تحكم.



الشكل (33) مقارنة ضياعات الاستطاعة الكلية لأنماط التعديل باستخدام خوارزمية تردد التبديل المخفض.



الشكل (34) مقارنة ضياعات الاستطاعة الكلية لأنماط التعديل باستخدام خوارزمية تقليدية.

يلاحظ أن ضياعات التبديل تزداد مع زيادة تردد التبديل وأن ضياعات التبديل باستخدام خوارزمية ذو تردد التبديل المخفض تكون أقل ضياعات تبديل بشكل واضح من الخوارزمية التقليدية وتحقق تقنية PD-PWM أقل ضياعات تبديل بالنسبة لخوارزمية تردد التبديل المخفض أما بالنسبة للخوارزمية التقليدية فأن تقنية PSC-PWM تحقق أقل ضياعات تبديل. أما بالنسبة لضياعات التوصيل فتكون متقاربة بالنسبة لكلا

الخوارزميتين ويلاحظ أن مع أزيد تكرر التبديل تنخفض ضياعات التوصيل ويفسر ذلك بسبب تناقص الفترات الزمنية لتوصيل لصالح الفترات الزمنية لتبديل. كما إن الضياعات في ملف الحث للذراع والتي تتبدد كنتيجة للمقاومة الأومية لملف حث الذراع والعامل القشري للملف يلاحظ أنها لا تتأثر بخوارزميات الموازنة. يلاحظ أيضاً أن الضياعات الكلية تكون أخفض باستخدام خوارزمية الموازنة بتعدد التبديل المخفض من حالة خوارزمية موازنة الجهد التقليدية. وتحقق تقنية PD-PWM أقل ضياعات كلية للقلابية في حالة تطبيق خوارزمية موازنة الجهد بتعدد التبديل المخفض، أما في حالة خوارزمية موازنة الجهد التقليدية فتكون تقنية PSC-PWM تحقق أقل ضياعات استطاعة كلية للقلابية.

fsw	PSC-PWM	PD-PWM	POD-PWM	APOD-PWM
1.2	8.31	7.7	7.2	7.49
2	7.94	7.45	7.12	7.16
2.5	6.85	6.36	7.18	6.85
3	6.583	6.691	7.01	6.91
4	6.708	6.61	6.17	6.69
5	6.58	6.29	5.8	6.15
10	6.95	6.87	6.27	6.33
15	7.18	6.93	6.72	6.77

fsw	PSC- PWM	PD- PWM	POD- PWM	APOD- PWM
1.2	5.83	3.026	5.48	5.36
2	5.67	2.984	5.417	5.3
2.5	5.6	3.057	5.521	5.294
3	5.6	3.126	5.435	5.315
4	5.53	3.097	5.331	5.285
5	5.66	3.014	5.508	5.419
10	5.7	2.86	5.6	5.48
15	5.6	3.167	5.54	5.57

### 7-3- تحليل التشوه التوافقي الكلي THD:

الجدول 2 تحليل THD خوارزمية تقليل تردد التبديل الجدول 3 تحليل THD خوارزمية تقليدية يلاحظ أن التشوه التوافقي الكلي THD يتحسن بشكل ملحوظ بالنسبة لجميع تقنيات التعديل عند استخدام خوارزمية الموازنة بتردد التبديل المخفض عن حالة الخوارزمية التقليدية. ففي حالة خوارزمية  $F_{sw}$  مخفض تحقق تقنية PD-PWM أقل تشوه توافقي كلي.

## 8-النتائج والمناقشة:

لقد قمنا في هذا البحث باستعراض التركيبة البنوية لوحدة القالبات متعددة المستويات، ثم استعرضنا أساليب التحكم لوحدة القالبات من أنماط تعديل عرض نبضة مختلفة وبعض من خوارزميات موازنة الجهد. ثم بنينا في بيئة Matlab/Simulink وحدة قالبات متعددة المستويات مكونة من 21-مستوى مع تطبيق كل من خوارزمية موازنة جهود المكثفات ذات تردد التبديل المخفض وخوارزمية الموازنة التقليدية مع تطبيق جميع أنماط تعديل عرض النبضة على مجال واسع من ترددات التبديل يتراوح بين 1.2-15 KHZ. وبيننا مدى أهمية موازنة جهود المكثفات وما تسببه في تحسين التشوه التوافقي الكلي لموجة الخرج للقالبة وتقليل التيار الدوار وتقليل الضياعات. ثم أجرينا دراسة تحليلية بالنسبة للعوامل الحيوية للقالبة وهي تموج جهود المكثفات، ضياعات الاستطاعة، التشوه التوافقي الكلي للقالبة THD. على كل أنماط التحكم المذكورة فيما سبق. ليتبين لنا أن نمط تعديل عرض النبضة PSC-PWM تحقق أفضل موازنة جهود مكثفات بينما يحقق لنا PD-PWM أقل تشوه توافقي كلي للقالبة. وأن استخدام خوارزمية موازنة تؤدي إلى تحسين جميع المعايير الحيوية للقالبة كما يظهر لنا الجدول التالي:

خوارزمية الموازنة	نمط التعديل	تعقيد منظومة التحكم	ميزة التصميم
تقليدية	PSC-PWM	بسيطة	تموج جهد مكثف أصغري
تخفيض $F_{sw}$	PSC-PWM	معقدة	
تقليدية	PSC-PWM	بسيطة	تخفيض ضياعات التبديل
تخفيض $F_{sw}$	PD-PWM	معقدة	
تقليدية	POD-PWM	بسيطة	تخفيض ضياعات التوصيل
تخفيض $F_{sw}$	كل الأنماط	معقدة	
تقليدية	PSC-PWM	بسيطة	تخفيض الضياعات الكلية للقابلة
تخفيض $F_{sw}$	PD-PWM	معقدة	
تقليدية	PD-PWM	بسيطة	تخفيض التوافقيات
تخفيض $F_{sw}$	PD-PWM	معقدة	
تخفيض $F_{sw}$	كل الأنماط	معقدة	تخفيض تردد التبديل

## المراجع

1. Sixing Du, Apparao Dekka, Bin Wu, Navid Zargari, "Modular Multilevel Converters: Analysis, Control, And Applications" IEEE Press Wiley 2018.
2. M. Perez, S. Bernet, J. Rodriguez, S. Kouro, and R. Lizana, "Circuit topologies, modeling, control schemes, and applications of modular multilevel converters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 1, pp. 4-17, Jan 2015.
3. S. Debnath, J. Qin, B. Bahrani, M. Saeedifard, and P. Barbosa, "Operation, control, and applications of the modular multilevel converter: A review," IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 1, pp. 37-53, Jan 2015.
4. A. Lesnicar, R. Marquardt, "An Innovative Modular Multilevel Converter Topology Suitable for a Wide Power Range," Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna, vol.3, no.6, pp. 23-26, June 2003.
5. M. Alsadah, F. Mancilla-David, "Modeling and Control of Grid-Connected Photovoltaic Power Plants Utilizing a Simplified Model of the Modular Multilevel Converter," in North American Power Symposium (NAPS), 2014, vol., no., pp.1-6, 7-9 Sept. 2014.
6. M.S. Rajan, R. Seyerzhai, "Comparative Study of Multicarrier PWM Techniques for a Modular Multilevel Inverter," International Journal of Engineering & Technology (0975- 4024), Dec 2013/Jan 2014, Vol. 5, Issue 6, p4850.
7. A. Das, H. Nademi, L. Norum, "A Method for Charging and Discharging Capacitors in Modular Multilevel Converter," in IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, vol., no., pp.1058-1062, 7-10 Nov. 2011.
8. R. Nejati Fard, "Finite Control Set Model Predictive Control in Power Converters," M.Sc.Thesis at NTNU, 2013.
9. H. Nademi, "Advanced Control of Power Converters: Modular Multilevel Converter," Doctoral Thesis at NTNU, 2014.
10. K. Ilves, S. Norrga, L. Harnefors, and H.-P. Nee, "Analysis of arm current harmonics in modular multilevel converters with main-circuit

- filters," in Systems, Signals and Devices (SSD), 2012 9th International Multi-Conference on, March 2012, pp. 1–6.
11. A. Das, H. Nademi, and L. Norum, "A pulse width modulation technique for reducing switching frequency for modular multilevel converter," in (IICPE), 2010 India International Conference on Power Electronics, Jan 2011, pp. 1–6.
  12. M. Saeedifard and R. Iravani, "Dynamic performance of a modular multilevel back-to-back HVDC system," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 25, no. 4, pp. 2903-2912, Oct. 2010.
  13. H. Mohan and V. Jayakumar, "Comparison of PWM Technique for a three level Modular Multilevel inverter," 2017 India International Conference on Power Electronics, Mar 2017, pp. 666–67
  14. م. عبدالرحمن الحبال "الاختيار الأمثل لتقنية التعديل النبضي العرضاني متعدد الحوامل المستخدمة في قيادة المبدلات المتعددة المستويات ذات البنية الوحودية" مجلة جامعة البعث، المجلد 41، العدد 67، عام 2019.
  15. J. Dorn, D. Huang and D. Retzmann, "A new Multilevel Voltage-Sourced Converter Topology for HVDC Applications," *CIGRE*, pp. 1-8, 2008.
  16. M. Glinka and R. Marquardt, "A New AC/AC Multilevel Converter Family," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 52, pp. 662-669, 2005.
  17. Q. Tu, Z. Xu and L. Xu, "Reduced Switching-Frequency Modulation and Circulating Current Suppression for Modular Multilevel Converters," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 26, pp. 1-9, 2011.
  18. A. Antonopoulos, L. Angquist and H.-P. Nee, "On Dynamics and Voltage Control of Modular Multilevel Converter," *Laboratory of Electrical Machines and Power Electronics*, pp. 1-11, 2004.
  19. W. Li, L.-A. Gregoire and J. Belanger, "Control and Performance of a Modular Multilevel Converter System," *CIGRE Conference on Power Systems*, pp. 1-8, 2011.
  20. M. Hagiwara and H. Akagi, "Control and Experiment of Pulsewidth-Modulated Modular Multilevel Converters," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 24, pp. 1737-1746, 2009.

21. J. Aziz and Z. Salam, "A PWM Strategy for the Modular Structured Multilevel Inverter Suitable for Digital Implementation," *CIEP*, pp. 160-164, 2002.
22. G. Konstantinou and V. Agelidis, "Performance Evaluation of Half-Bridge Cascaded Multilevel Converters Operated with Multicarrier Sinusoidal PWM Techniques," *ICIEA*, pp. 3399-3404, 2009.
23. K. Ilves, A. Antonopoulos, S. Norrga and H.-P. Nee, "A New Modulation Method for the Modular Multilevel Converter Allowing Fundamental Switching Frequency," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 27, pp. 3482-3494, 2012.
24. A. D. Rajapakse, A. M. Gole and W. P. L., "Electromagnetic Transients Simulation Models for Accurate Representation of Switching Losses and Thermal Performance in Power Electronic Systems," *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 20, pp. 1-9, 2005.
25. C. Wong, "EMTP Modeling of IGBT Dynamic Performance for Power Dissipation Estimation," *Industry Applications Conference*, vol. 3, pp. 2656-2662, 1995.
26. Q. Tu and Z. Xu, "Power Losses Evaluation for Modular Multilevel Converter with Junction Temperature Feedback," *Power and Energy Society General Meeting*, pp.1-7, 2011.
27. S. Rohner, S. Bernet, M. Hiller and R. Sommer, "Modulation, Losses, and Semiconductor Requirements of Modular Multilevel Converter," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, pp. 1-10, 2010.
28. ABB, "ABB HiPak IGBT Module 5SNA 1200E250100," ABB, Lenzburg, 2002.
29. K. Sheng, B. Williams and S. Finney, "A Review of IGBT Models," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 15, pp. 1250-1266, 2000.
30. A. D. Rajapakse, A. M. Gole and R. P. Jayasinghe, "An Improved Representation of FACTS Controller Semiconductor Losses in EMTP-Type Programs Using Accurate Loss-Power Injection Into Network Solution," *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 24, pp. 1-9, 2009.

- 31 K. Xing, F. Lee and D. Boroyevich, "Extraction of Parasitics within Wire-Bond IGBT Modules," *Applied Power Electronics Conference and Exposition*, vol. 1, pp. 497-503, 1998.
32. IR, "IRG4PC40KD," *International Rectifier*, vol. 1, pp. 1-11, 2000.
33. X. Yang, J. Li, X. Wang, W. Fan and T. Zheng, "Circulating Current Model of Modular Multilevel Converter," *Power and Energy Engineering Conference*, pp. 1-6, 2011.
34. Yang Wang 1,2 , Ahmet Aksoz 1,2, Thomas Geury 1,2 , Salih Baris Ozturk 3 , Omer Cihan Kivanc 4 and Omar Hegazy 1,2,\*" A Review of Modular Multilevel Converters for Stationary Applications" 9 October 2020; Accepted: 29 October 2020; Published: 31 October 2020.

# تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية محضرة بطريقة تعدين المساحيق

د. جلال عبود<sup>3</sup>

م. قيس ابراهيم<sup>2</sup>

د. م. ميساء شاش<sup>1</sup>

## ملخص

تم في هذا البحث دراسة تأثير نسب مختلفة من الكروم (% 5 , 10 , 15) و المنغنيز (0.5 , 6) , 1.5 , 4 , على عينات فولاذية محضرة بطريقة تعدين المساحيق، تم كبس مزيج المساحيق بمكبس احادي المحور بضغط قدره 686.7 MPa، تم تلييد العينات داخل فرن كتييم بوجود غاز الأرغون، بمعدل تسخين 7°C/min حتى الدرجة 1150°C لمدة ساعتين وبمعدل تبريد 7°C/min، تم قياس قساوة روكويل السطحية HRC للعينات الملبدة، تم تنفيذ اختبار الاهتراء بالبري بالرمل الجاف والعجلة المطاطية ASTM G65 باستخدام حمل ناظمي 130N وبسرعة دوران للعجلة المطاطية 200 rpm ويعدد دورات 1000 و 6000 دورة، حيث تم حساب الفقد في الحجم ومعاملات الاهتراء. يمكن الحصول على عينات محضرة بطريقة تعدين المساحيق محلياً والتحكم بكامل بارامترات التحضير والتشغيل للحصول على الخواص المطلوبة. تؤثر نسب الكروم والمنغنيز بشكل مباشر على القساوة السطحية ومقاومة الاهتراء بالبري لعينات محضرة بطريقة تعدين المساحيق. ويمكن الحصول على عينات ملبدة ذات قساوة سطحية قد تصل حتى 71 HRC ومقاومة عالية للاهتراء بالبري بقيم معاملات اهتراء لم تتجاوز  $3.4 \times 10^{-14} \text{ mm}^2/\text{N}$ ، أظهرت النتائج زيادة في قيم القساوة والاهتراء بزيادة نسبة الموليبيديوم والكروم .

**الكلمات المفتاحية:** اهتراء بالبري، تعدين المساحيق، تقنية التلييد ، منغنيز ، فولاذ ، كروم، قساوة

1 أستاذ - قسم هندسة المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - طرطوس - سوريا.

2 طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم هندسة المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - طرطوس - سوريا / مساعد باحث - الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - دمشق - سوريا.

3 باحث - الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - الحجاز - دمشق - سوريا

# Effect of chromium and manganese content on the wear resistance of steel samples prepared by the powder metallurgy method

Dr. Mayssa Shash <sup>1</sup>

Eng. Kaysse Kamel Ibrahim <sup>2</sup>

Dr. Jalal Abboud <sup>3</sup>

## Abstract

In this research, the effect of different amounts of chromium (5, 10, 15)% and manganese (0.5, 1.5, 4, 6)% were studied on steel samples prepared by the method of powder metallurgy. The powder mixture was pressed with a uniaxial press at a pressure of 686.7 MPa, the samples were sintered inside a furnace in the presence of argon gas, at a heating rate of 7°C/min to 1150°C for two hours and at a cooling rate of 7°C/min, the Rockwell surface hardness HRC was measured for sintered samples, a rubber wheel and dry sand wear test ASTM G65 was using a 130 N load, with a rotational speed of the rubber wheel 200 rpm, with a number of revolutions of 1000 and 6000. Chromium and

<sup>1</sup> professor – department of equipment and machinery Engineering – faculty of technical engineering - Tartus University - Tartus – Syria.

<sup>2</sup> PhD student – applied material engineering - department of equipment and machinery Engineering - Tartus University - Tartus – Syria. \ Assistant researcher – general commission for scientific research - Damascus – Syria.

<sup>3</sup> Reseacher – The general commission for scientific agricultural researches – Al Hijaz - Damascus

molybdenum contents directly affect the surface hardness and wear resistance of samples prepared by powder metallurgy method. It is possible to obtain sintered samples with a surface hardness of up to 71 HRC and a high abrasive wear resistance with values of wear coefficients that did not exceed  $3.4 \times 10^{-14} \text{ mm}^2/\text{N}$ . The results showed an increase in the hardness and wear values with an increase in the of molybdenum and chromium content.

**Keywords:** abrasive wear , powder metallurgy , sintering technology , manganese , steel , chromium , hardness.

## 1. مقدمة:

تعتبر تقنية تعدين المساحيق تقنية جذابة بشكل خاص لأنها تمزج بين مزايا توفير التكاليف والمواد مقارنة بالمسبوكات والمطروقات التقليدية من خلال التحكم الأفضل بالأبعاد والوزن، تستخدم خلائط المساحيق من الحديد والكربون والمنغنيز في التطبيقات مثل المحامل المقاوم للحرارة، أقراص الفرامل، المحامل ذاتية التزييت، الفلنجات، والاجزاء الأخرى المقاومة للاهتراء والتآكل [1]. يعتبر المنغنيز عنصراً مهماً جداً لمنتجات الصلب، حيث يزيد المنغنيز (1% وزناً) من قساوة ومتانة الفولاذ، عندما يحتوي الفولاذ على أكثر من 10% وزناً من المنغنيز فإن ذلك سيعطي مقاومة اهتراء أعلى [2]. يتميز الفولاذ الأوستينيتمي عالي المنغنيز بمتانة ومقاومة اهتراء كبيرين تحت ظروف الصدم الكبيرة [3]. بالرغم من ذلك فإن الفولاذ الذي يحتوي على منغنيز أكثر من 14% وزناً يعطي مقاومة اهتراء أكبر من الفولاذ الذي يحتوي على منغنيز أقل من 14% ، لذلك من الضروري تحسين خصائص النوع الثاني فيما يتعلق بمقاومة الاهتراء [4]. في مركب Fe-C-Mn يحسن المنغنيز صفات الدرفلة والطرق، فضلاً عن المتانة والصلابة والجساءة ومقاومة الاهتراء والقساوة [5]. على الرغم من أن الكربون والمنغنيز يحسنان من الخصائص المذكورة أعلاه بشكل عام، فإن أهداف هذا البحث هو إيجاد التركيبة الامثل بين الكروم والمنغنيز والموليبديوم للحصول على مقاومة اهتراء أكبر. عندما يزداد محتوى المنغنيز من 0.31% إلى 1.71% في الفولاذ الصب الرمادي، تنخفض قيمة معامل الاهتراء بزيادة محتوى المنغنيز، بالإضافة إلى ذلك، تنخفض قيمة معامل الاهتراء في حالة زمن التماس القصير [6]. بزيادة نسبة المنغنيز في الحديد الزهر الرمادي، تنخفض قيمة معامل الاهتراء وقيمة القساوة وتزداد مقاومة الصدم [1]. وهذا الأمر بحاجة للمزيد من الدراسات وخاصة فيما يخص العلاقة بين معامل الاهتراء والقساوة.

يقوم المنغنيز في الفولاذ المنغنيزي بتوسيع منطقة الأوستنيت وزيادة استقرار الأوستنيت. تحت تأثير الصدم في الفولاذ عالي المنغنيز يمكن أن تظهر آثار التصلب على سطحه بشكل متسارع مما يجعله أكثر قدرة على مقاومة الاهتراء [7]. كما يلعب الفولاذ عالي

المنغنيز دوراً مهماً في المواد التقليدية المقاومة للاهتراء نظراً لتكلفة إنتاجه المنخفضة ومثابته الجيدة وقدرته الممتازة على التصلب الناتج عن التثوية [8]. أظهرت الدراسات إن إضافة المنغنيز إلى الحديد الزهر يجعل الكرييدات مشتتة ضمن مصفوفة الأوستنيت، ويتم الاعتماد على خاصية التصلب أثناء العمل لتحسين مقاومة الاهتراء الناتج عن الصدمات [9, 10]. يطلق على الفولاذ المنغنيزي اسم (Hadfield steel) وهو فولاذ حديدي يحتوي على حوالي 1.4% كربون و 14% منغنيز وله خصائص جذابة مثل المتانة العالية، المرونة، والتصلب العالي أثناء العمل. ومقاومة اهتراء للبري كبيرة جداً مما يجعله على صلة بالمجالات الهندسية مثل المقالع، حفر الآبار النفطية، المناجم ومنشآت سحق المعادن [11, 12].

## 2. أهمية البحث وأهدافه:

درس بعض الباحثين خصائص الاهتراء الجاف لعينات ملبدة وغير ملبدة للفولاذ المنخفض والمتوسط الكربون، وقد وجد ان سلوك الاهتراء لكل من العينات الملبدة وغير الملبدة متشابه [13].

بالرغم من ذلك يبقى سلوك الاهتراء لعينات محضرة بطريقة تليبد المساحيق في موقع مزيد من الدراسة، كون عملية التليبد ترتبط بعوامل مختلفة أهمها التركيب الكيميائي لخليط المسحوق، وذلك لأن عملية التليبد هي عملية تفاعل كيميائي أكثر منها عملية تشكيل للمعدن، على عكس ما هو عليه في طرق التشكيل التقليدية كالسباكة وغيرها. مما سبق أعلاه نلاحظ أهمية المنغنيز في تحسين خصائص مقاومة الاهتراء والقساوة والمتانة، رغم ذلك ما زالت الأبحاث التي تتحدث عن سلوك الفولاذ المنغنيزي أثناء عملية التليبد وتأثير نسبة المنغنيز على خصائص الفولاذ الكرومي المشكل بطريقة تعدين المساحيق أمراً لم يتم دراسته من قبل. وعلى ذلك سيتم دراسته في هذا البحث لتحديد مدى هذا التأثير على خصائص مقاومة الاهتراء و على القساوة السطحية.

### 3. مواد وطرائق البحث:

#### 1.3. المواد:

في هذا البحث. تم استخدام مساحيق الحديد من نوع (AVONCHEM iron powder) (99.5% مسحوق أساس، ومسحوق الغرافيت من نوع (Lobachemie graphite) (fine powder (size of 50  $\mu\text{m}$ ))، ومسحوق الكروم من نوع (Titanblotechtd) (99.0%)، ومسحوق المنغنيز من نوع (Chem-Lab NV 99.9%)، ومسحوق الموليبدنيوم من نوع (Riedel-de Haën 99.7%)، ومسحوق النحاس من نوع (AVONCHEM 99.7%)، ومسحوق النيكل من نوع (AVONCHEM 99.9%)، مسحوق السيليكون من نوع (Riedel-de Haën 97%)، ومسحوق ستيرات الزنك كمادة مزيتة من نوع (AVONCHEM).

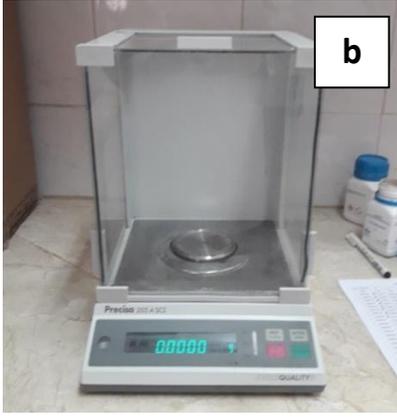
توضح النسب المئوية للعناصر في العينات المدروسة بالجدول (1)، حيث سيتم دراسة تأثير المنغنيز (% 0.5 - 1.5 - 1.5 - 4 - 6) وزناً، بالتداخل مع نسب مختلفة للكروم (% 5 - 10 - 15) على بعض الخصائص الميكانيكية لعينات الملبدة.

الجدول (1): التركيب الكيميائي (نسب وزنية) للعينات المدروسة:

zinc stearate%	Fe%	Cu%	C%	Ni%	Si%	Mo%	Mn%	Cr%	sample
1.5	91.5	0.2	0.5	1	0.8	0.5	0.5	5	A0
1.5	90.5	0.2	0.5	1	0.8	0.5	1.5	5	A1
1.5	88	0.2	0.5	1	0.8	0.5	4	5	A2
1.5	86	0.2	0.5	1	0.8	0.5	6	5	A3
1.5	85.65	0.2	0.5	1	1.65	0.5	0.5	10	B0
1.5	84.65	0.2	0.5	1	1.65	0.5	1.5	10	B1
1.5	82.15	0.2	0.5	1	1.65	0.5	4	10	B2
1.5	80.15	0.2	0.5	1	1.65	0.5	6	10	B3
1.5	80.65	0.2	0.5	1	1.65	0.5	0.5	15	C0
1.5	79.65	0.2	0.5	1	1.65	0.5	1.5	15	C1
1.5	77.15	0.2	0.5	1	1.65	0.5	4	15	C2
1.5	75.15	0.2	0.5	1	1.65	0.5	6	15	C3

### 2.3. طرائق البحث:

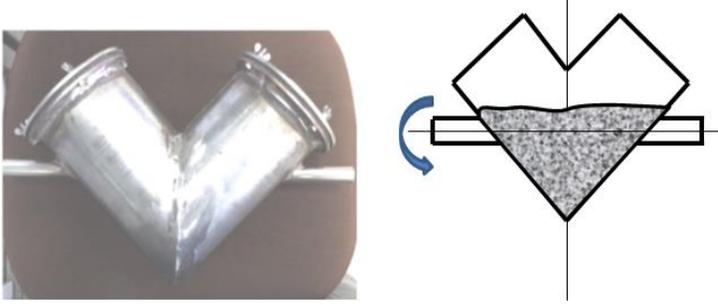
تم تجفيف مسحوق الغرافيت للتخلص من الرطوبة المتبقية فيه على درجة  $120^{\circ}\text{C}$  لمدة ساعتين. ومن ثم تم تحديد الأوزان الخاصة بكل عنصر وفق النسب المئوية للعناصر السبائكية لكل جرعة وفق الجدول (1). تم وزن العينات بالميزان حساس بدقة  $0.0001\text{g}$  نوع (Precisa 205 A SCS) صيني المنشأ مع إمكانية المعايرة والتصفير عند العمل، الشكل (1). تم إضافة 1.5% من ستيرات الزنك كمادة مزيتة لتحسين انضغاطية المساحيق أثناء الكبس.



الشكل (1): a: عبوات المساحيق المعدنية. b: الميزان الحساس من نوع Precisa 205 A SCS

بعد تشكيل كل جرعة وفق النسب المئوية للعناصر تم وضع كل جرعة ضمن خلاط على شكل حرف V كما هو موضح بالشكل (2) حيث تم تركيبها على محور دوار لمدة 30 دقيقة بسرعة دوران 90 rpm.

تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

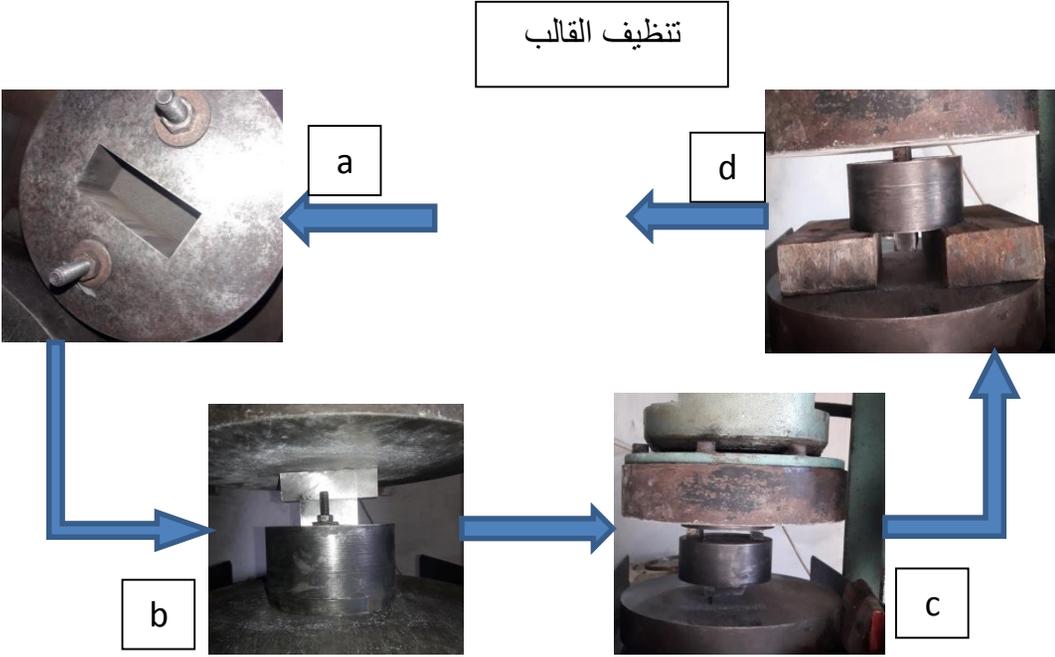


الشكل (2): خلاط المساحيق المعدنية المستخدم

يتم قياس الكثافة الظاهرية ( $\text{g/cm}^3$ ) لعوامل مختلفة منها: تحديد حركة المكبس اللازمة لضغط وتكثيف المسحوق، والتحكم بسلوك المضغوطات أثناء عملية التلييد. لم يكن هنالك انحراف كبير في متوسط الكثافة الظاهرية لجميع الخلطات المستخدمة والتي بلغت  $1.988 \text{ g/cm}^3$ .

بعد الانتهاء من عملية الخلط، تم تشكيل العينات باستخدام تقنية الكبس أحادي المحور ووحيد الاتجاه (uniaxial) في قالب فولاذي مقسى حتى رقم قساوة 60 HRC، تم تصنيع القوالب وفق المواصفات القياسية الأمريكية ASTM B925 - 03، تم وضع المسحوق في القالب بعناية فائقة لمنع أية حركة لأجزاء القالب، ومن ثم كبس العينات باستخدام مكبس هيدروليكي باستطاعة (2000 KN) والموجود في مخبر الشركة السورية للبناء والتعمير - فرع طرطوس من نوع PERRIER، لتطبيق ضغط مقداره 686.7 MPa وهو يقابل 105T لعينات الاهتراء بسرعة كبس 0.127 mm/sec ومن ثم تثبيت الضغط لمدة 30 ثانية لنقادي الإرجاع المرن. يتم رفع الضغط بعد ذلك وإزالة العينة الخضراء (بعد الكبس) وتنظيف القالب من البقايا بشكل جيد، ومن ثم ملئه من جديد بالجرعة التالية، وبذلك نحصل على العينات الخضراء. يبين الشكل (3) مراحل كبس العينة الخضراء وإخراجها وإخراج وتد الكبس.

تنظيف القالب



الشكل (3): مراحل كبس العينات، a: وضع المسحوق داخل تجويف القالب b: مرحلة الكبس

d: إخراج لقمة الكبس.

c: لفظ العينة خارج القالب

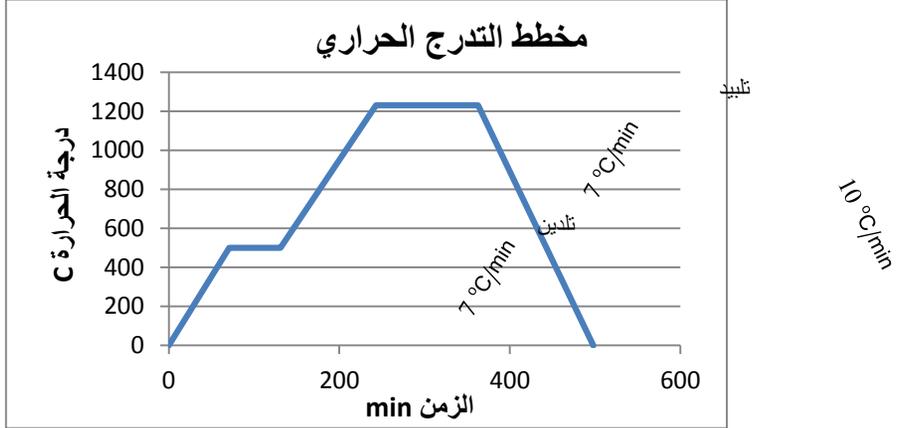
بعد إجراء عملية الكبس تتشكل العينات الخضراء، الشكل (4)، وهي ذات خصائص ميكانيكية ضعيفة نسبياً لذلك يجب أخذ الحرص عند نقلها أو تخزينها ريثما تتم عملية التليد، تم قياس الكثافة الخضراء (green density) باستخدام ميزان حساس، حيث بلغت الكثافة الخضراء  $4.3 \text{ g/cm}^3$ .

تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق



الشكل (4) : العينة الخضراء (الاهتراء) قبل عملية التليد

جرت عملية التليد بوضع العينات في فرن كتيتم من نوع Linn HT 1600 M ألماني المنشأ ضمن جو من غاز الأرجون والموجود في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، الشكل (5)، تتضمن عملية التليد وضع العينات داخل الفرن قبل التشغيل مع ضمان مسافة فاصلة كافية بين العينات، ثم تسخين الفرن بمعدل  $7^{\circ}\text{C}/\text{min}$  حتى درجة حرارة  $500^{\circ}\text{C}$  وإبقاؤها لمدة ساعة كاملة على هذه الدرجة حتى يتم تليد الحبيبات والتخلص من الآزوت والأوكسجين المتبقي منعاً لتشكل الفقاعات الغازية أو حدوث تشوهات في شكل العينات ومن ثم استمرار رفع الدرجة حتى درجة التليد النهائية  $1150^{\circ}\text{C}$ ، ومن ثم تثبيت درجة الحرارة لمدة ساعتين، ثم التبريد ضمن الفرن بمعدل تبريد  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .



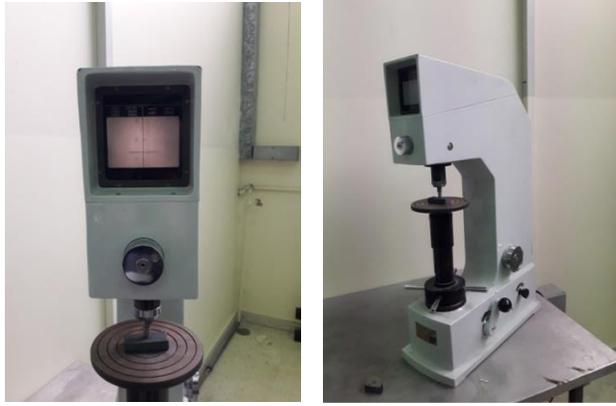
الشكل (5): فرن التلبيد الكتيم من نوع HT 1600 M مع وحدة التغذية الكهربائية والتحكم الخاصة به

ومخطط التدرج الحراري الخاص بالبحث

جرى اختبار القساوة للعينات المدروسة وفق ASTM E18-15 لقياس قساوة روكويل C على عينات مستطيلة بأبعاد  $6 \times 2.5 \times 0.8$  cm، الشكل (7)، باستخدام جهاز قياس عمومي موديل HBRV-187 5 والموجود في المعهد العالي للعلوم التطبيقية

تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

والتكنولوجيا. تم تطبيق الحمل بواسطة مخروط برأس ماسي (diamond spheroconical) بنصف قطر رأس 0.2 mm، تم تطبيق الحمل الأولي بقيمة 10 kgf وتثبيتته لمدة 4 ثواني ومن ثم زيادة الحمل حتى 150 kgf بسرعة رأس 2.5 mm/s وتثبيت الحمل الأعظمي لمدة 20 ثانية لتفادي الإرجاع المرن ومن ثم اخذ القراءات من على شاشة الجهاز. عدد القراءات 5 قراءات وأخذ المتوسط الحسابي لها.



الشكل (7): جهاز اختبار القساوة HBRV-187 5

تم تنفيذ الاختبار بواسطة جهاز اختبار الاهتراء بالبري بواسطة الرمل الجاف/العجلة المطاطية المعتمد وفق المواصفات القياسية ASTM G65-04، والذي تم تصميمه وتصنيعه بغرض تنفيذ هذا البحث، المواد الكاشطة هي عبارة عن رمل السيليكا من نوع AFS 50/70 برطوبة وزنية لا تتجاوز 0.5%، وبعجلة فولاذية مغطاة بطبقة مطاطية من الكلوروبوتيل المتشكل بالقولبة، الجهاز مزود بحساس لعدد الدورات يعطي الأمر لوحدة PLC مرفقة بالجهاز لتوقف عمل المحرك عم طريق الكبح. جرى الاختبار على سرعة 200 rpm على عينات بأبعاد 6x2.5x0.8 cm، بمعدل تدفق للرمال 300-400 g/min بعد تجفيف الرمال داخل فرن حراري على الدرجة 105°C حتى ثبات الوزن للتخلص من الرطوبة، خشونة سطح العينات لا تتجاوز  $Ra = 2 \mu m$ ، جرى الاختبار باستخدام الإجراء A والمتضمن تطبيق حمل بقيمة 130 N وعدد دورات للعجلة المطاطية تبلغ 6000 rpm والتي تقابل مسافة مقطوعة تبلغ 4309 m، والإجراء E والمتضمن تطبيق نفس الحمل بعدد دورات 1000 rpm والتي تقابل مسافة

718 m تم حساب الفقد في الوزن بعد وزن العينات قبل وبعد الاختبار بميزان حساس 0.0001 g من نوع (Precisa 205 A SCS) ومن ثم تحويل الفقد في الوزن إلى فقد في الحجم من خلال العلاقة:

$$(1) \quad \text{الفقد في الحجم (mm}^3\text{)} = \frac{\text{الفقد في الوزن (g)}}{\text{الكثافة (} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\text{)}} \times 1000$$

يتم حساب الفقد المضبوط في الحجم وهو القيمة الحقيقية للفقد في الحجم نتيجة تعرض العجلة المطاطية للاهتراء بشكل مستمر فيجب تحويل قيمة الفقد إلى قيمة مضبوطة. جرى الاختبار في درجة حرارة المختبر وعلى ثلاثة مكررات لكل عينة اختبار، تم أخذ قيمة المتوسط الحسابي كقيمة نهائية.

$$(2) \quad \text{الفقد المقاس في الحجم} \times \frac{228.6 \text{ mm}}{\text{قطر العجلة بعد الاستعمال}} = \text{الفقد المضبوط في الحجم} = \text{AVL}$$



الشكل (10): جهاز اختبار الاهتراء بالرمل الجاف والعجلة المطاطية المستخدم مع وحدة التحكم والفرملة

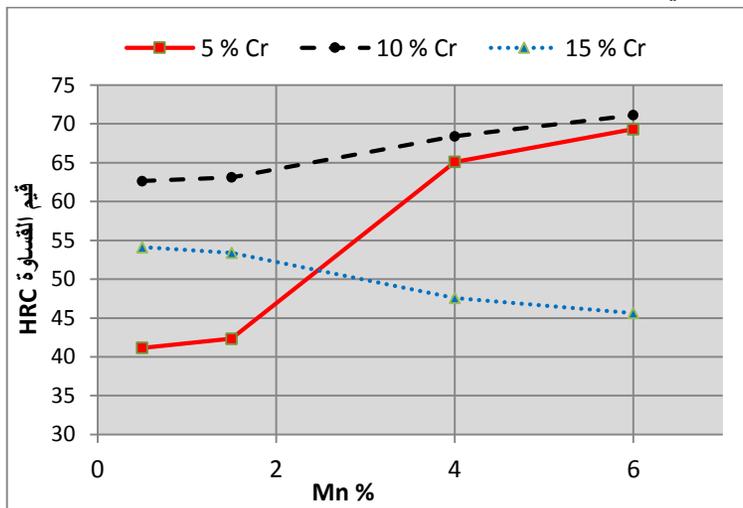
تحسب قيمة معامل الاهتراء ( $K [m^2/N]$ ) من خلال العلاقة بين كل من حجم الاهتراء الحاصل ( $V [m^3]$ ) والمسافة المقطوعة ( $L [m]$ ) والحمل الناظمي المطبق على العينة ( $N_p [N]$ ) وفق نموذج أركارد في الاهتراء (Archard) من العلاقة التالية [14]:

$$(3) \quad K = \frac{V}{L \times N_p}$$

تمت معاينة سطوح الاهتراء تحت المجهر الضوئي ومجهر متحد البؤر وقياس خشونة السطحية.

#### 4. النتائج والمناقشة:

يبين الشكل (11) نتائج اختبار قساوة روكويل C على العينات المحضرة بطريقة تعدين المساحيق، نلاحظ أن قيم القساوة تتغير بتغير نسب المنغنيز عند كل معاملة للكروم، وهذا التغير يسلك سلوكاً مميزاً عن الآخر عند كل نسبة من نسب الكروم المدروسة. بالنسبة للعينات التي تحوي على نسب كروم 5% زادت قيم القساوة من HRC 41.2 حتى HRC 71.126 بزيادة نسبة المنغنيز. بالنسبة للعينات التي تحوي على نسب كروم 10% زادت قيم القساوة حتى بلوغ قيم أعظمية HRC 71.126. لم يكن التغير كبيراً في قيم القساوة للعينات التي تحتوي على كروم بنسبة 15% حيث انخفضت قيم القساوة من HRC 54.2 إلى HRC 45.6 بزيادة نسبة المنغنيز من 0.5% وحتى 6%، على التوالي.



الشكل (11): تأثير نسبة المنغنيز و الكروم على القساوة السطحية لعينات محضرة بطريقة تعدين المساحيق.

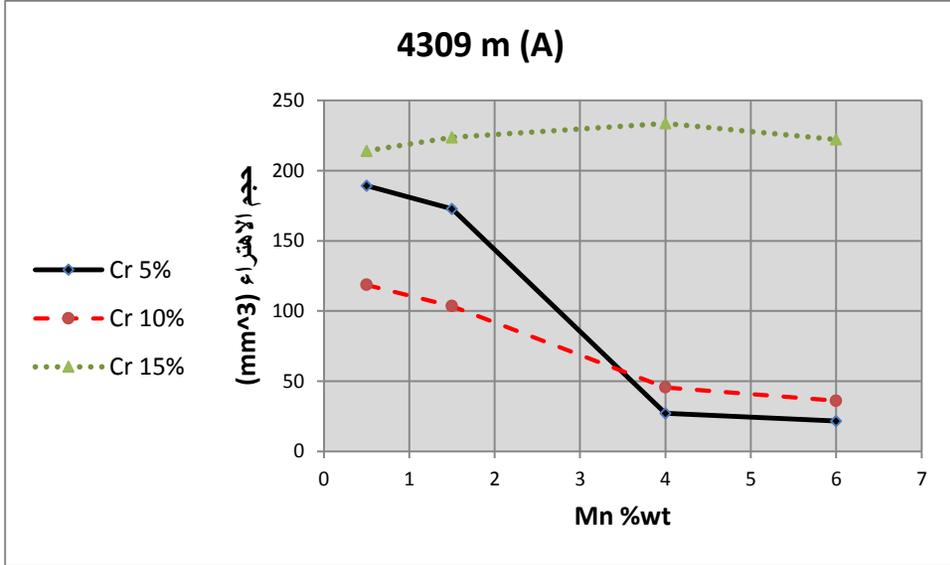
هذا السلوك المتباين يمكن تفسيره على أنه عند نسب كروم 5% تزداد انحلالية المنغنيز داخل مصفوفة الحديد ( $\alpha$ )، الأمر الذي يزيد من قساوة الفولاذ، كما أن زيادة نسبة المنغنيز يؤدي إلى تقليل حجم الحبيبات في الفولاذ متوسط الكروم، هذا الأمر يؤدي إلى إعاقة حركة الانزلاق أثناء التشوه [15].

عند وجود الكروم بنسبة مرتفعة نسبياً (15 %wt) تم ملاحظة انخفاض طفيف في قيم القساوة والذي يمكن تفسيره على أن المنغنيز ينحل في الطور الأوستنيتي ويزيد من استقرار هذا الطور الأمر الذي يؤثر عكساً على قيم القساوة [16].

يوضح الشكل (12) تأثير نسبة المنغنيز والكروم على حجم الاهتراء عند تنفيذ الإجراء A (مسافة انزلاق 4309 m) والذي يعتبر إجراءً مناسباً لحساب مقاومة الاهتراء للفولاذ عالي القساوة والذي قد يتعرض لإجهاد كبيرة تعمل على بري المعدن بشدة. تتخفف قيمة حجم الاهتراء بشكل كبير بزيادة نسبة المنغنيز عند محتوى كروم 5%، وهذا يؤكد ما ذكرة [6] حيث ان وجود المنغنيز والكروم مجتمعين في الفولاذ يعمل على زيادة مقاومة الاهتراء، وهذا مرتبط أيضاً بقيم القساوة السطحية ومدى تأثيره أثناء اختبار اهتراء البري [17].

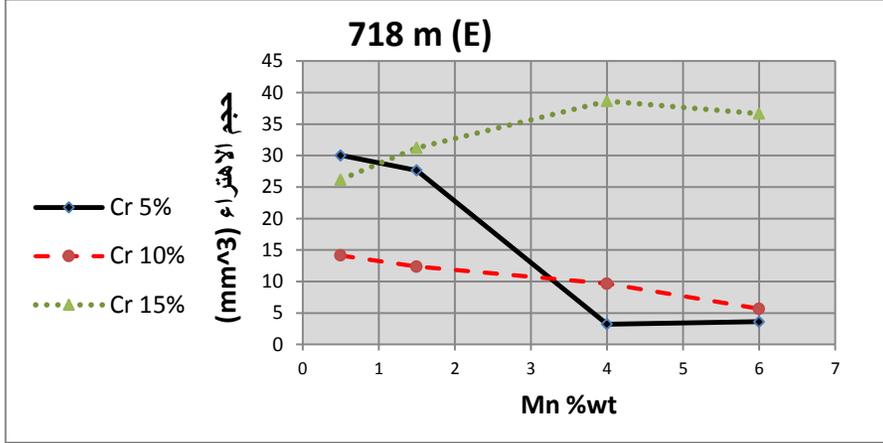
لكن هذا التأثير بدأ يظهر بشكل عكسي عند زيادة نسبة الكروم فعند نسبة 15% للكروم، والسبب هو أن وجود المنغنيز في الفولاذ الأوستنيتي يزيد من استقرار طور الأوستنيت المنخفض القساوة نسبياً الأمر الذي ينعكس سلباً على قيم القساوة وبالتالي على حجم الاهتراء كما أظهر [16,15].

أقل القيم لحجم الاهتراء كانت للعينات A2 و A3 بقيم لم تتجاوز  $27.15 \text{ mm}^3$  و  $21.68 \text{ mm}^3$ ، على التوالي. بينما تدهورت مقاومة الاهتراء بشكل كبير عند نسب مرتفعة للمنغنيز و الكروم حيث بلغ حجم الاهتراء  $223.6 \text{ mm}^3$  و  $233.65 \text{ mm}^3$  و  $222.15 \text{ mm}^3$  للعينات C1 و C2 و C3.



الشكل (12): حجم الاهتراء الناتج عن تنفيذ الإجراء A

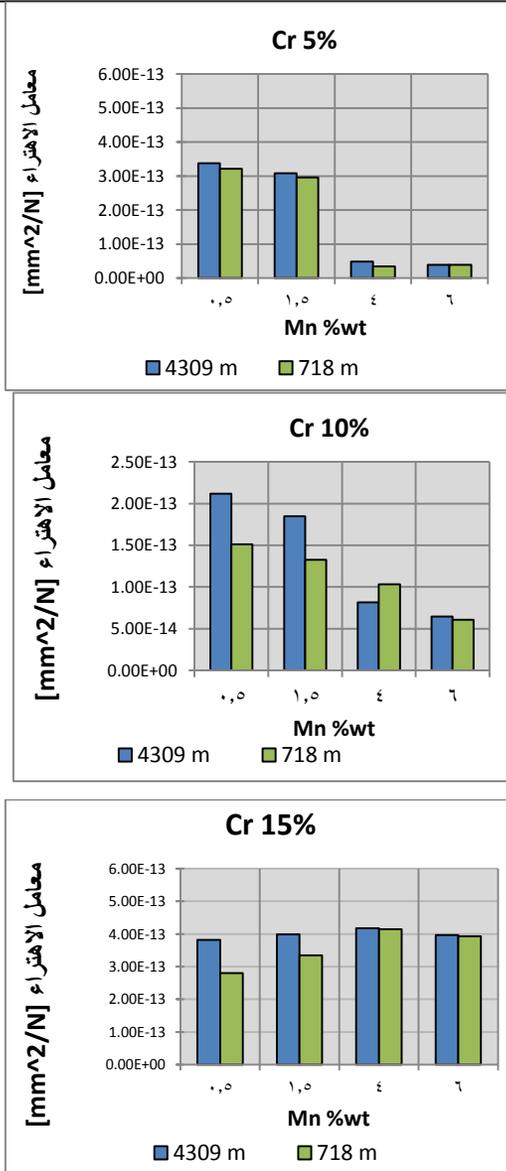
نلاحظ سلوكاً مشابهاً لما سبق بالنسبة للإجراء E كما هو موضح بالشكل (13)،  
تتخفف قيم حجم الاهتراء عند زيادة نسبة المنغنيز من 0.5% وحتى 6% عند كل من  
نسب كروم 5% و 10%، و يحدث تغير طفيف في قيمة حجم الاهتراء عند زيادة نسبة  
المنغنيز بوجود الكروم بنسبة 15%. أقل قيم لحجم الاهتراء كانت 3.215  
mm<sup>3</sup> و 3.61 mm<sup>3</sup> لكل من العينات A2 و A3، على التوالي. يمكن تفسير هذا  
السلوك بارتباط حجم الاهتراء بشكل مباشر بقيم القساوة أيضاً، ومن الشكلين (12) و  
(13) يمكن الاستنتاج بان سلوك الاهتراء يبقى ثابتاً مع زيادة المسافة المقطوعة.



الشكل (13): حجم الاهتراء الناتج عن تنفيذ الإجراء E

يوضح الشكل (14) تأثير نسبة المنغنيز عند نسب مختلفة للكروم على قيم معامل الاهتراء عند تنفيذ كل من الإجراءين A و E. عملياً لا يوجد فروقات كبيرة في قيم معامل الاهتراء عند نسبة 5%، لكن هذا التغير يظهر بشكل واضح عند نسب كروم 10% حيث تنخفض قيم معامل الاهتراء بشكل نسبي بزيادة نسبة المنغنيز عند تنفيذ الإجراء E بينما يزداد عند تنفيذ الإجراء A، ويعود هذا الأمر إلى أن سلوك الاهتراء يتغير مع استمرار العجلة المطاطية بالدوران (زيادة المسافة المقطوعة) حيث يبدو أقل شدة في البداية ومن ثم تزداد شدته مع زيادة الخشونة السطحية وتتغير الحالة التريبولوجية للعينات، يتم ربط هذه الزيادة بين الاهتراء بزيادة قيمة معامل الاحتكاك بين السطح المعدني الخشن وبين الطبقة المطاطية، تعود قيم معاملات الاهتراء لتصبح متقاربة جداً مع زيادة نسبة الكروم 15% والمنغنيز.

تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

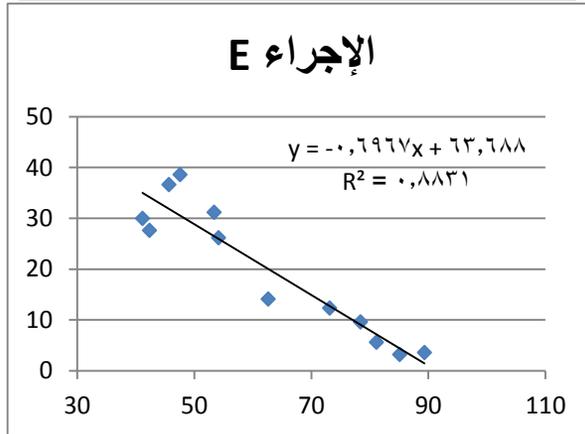
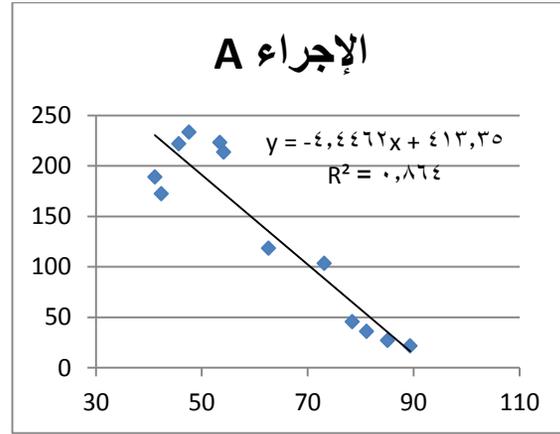


الشكل (14): تأثير نسبة الكروم والمنغنيز على قيم معاملات الاهتراء

أقل قيمة لمعامل الاهتراء كانت للعينات A2 و A3 حيث بلغت  $4.84 \times 10^{-14}$   $mm^2/N$  و  $3.87 \times 10^{-14}$   $mm^2/N$ ، للعينات A2 و A3 على التوالي بالنسبة للإجراء A وبقيم مقاربة تقريباً لها عند الإجراء E ، كانت قيم معامل الاهتراء أقل ما يمكن أيضاً عند وجود الكروم بنسبة 10% بالنسبة للعينات B3 حيث بلغت

بشكل خطي تقريباً مع زيادة المسافة المقطوعة وبالتالي هو اهتراء منتظم، وذلك لعدم وجود فروقات عملية كبيرة بين الإجراءين A و E.

يبين الشكل (15) العلاقة بين القساوة ومقاومة الاهتراء لعينات محضرة بطريقة تعدين المساحيق ذات أساس حديدي وبنسب مختلفة من الكروم والمنغنيز، حيث نلاحظ وجود علاقة وثيقة في قيم القساوة السطحية وقيمة مقاومة الاهتراء حيث تزداد مقاومة الاهتراء (انخفاض حجم الاهتراء) مع زيادة القساوة السطحية وهذا ما تم تأكيده من قبل من مجموعة من الأبحاث السابقة [15, 17].

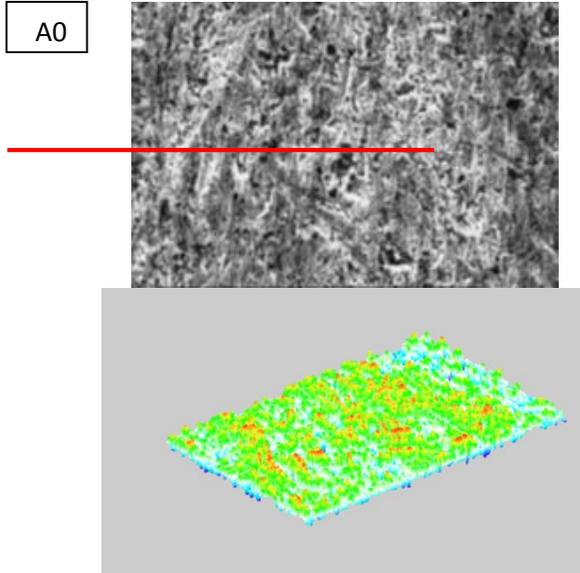


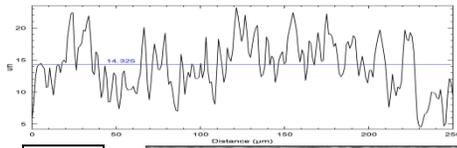
الشكل(15): العلاقة بين قيم القساوة وحجم الاهتراء

تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

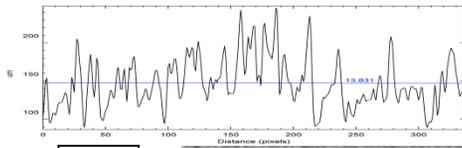
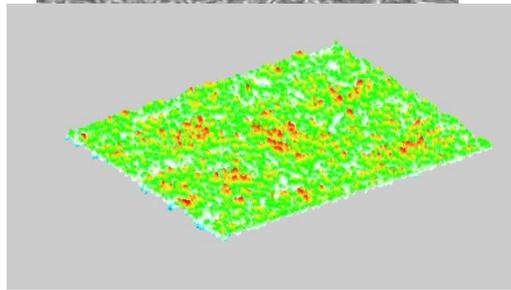
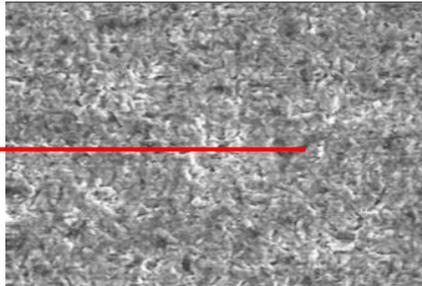
يوضح الشكل (16) والشكل (17) شكل سطح الاهتراء لعينات المحضرة عند تنفيذ الإجراءين E و A، كما هو ملاحظ بالشكل فإن شدة الاهتراء تكون كبيرة عند تنفيذ الإجراء A مقارنة بالإجراء E، كما نلاحظ ان شكل التشوه الناتج عن الاهتراء بالبري بالرمل الجاف يكون عبارة عن خدوش ناعمة (scratching) على سطح الاهتراء ناتجة عن قطع ميكروي، كما لوحظ أنه عند زمن الاهتراء الطويل تظهر تشوهات أكبر على حواف المناطق المسامية ناتجة عن نشوء ظاهرة الجرف (ploughing) مشكلة حطام اهترائي [18].

كما نلاحظ أن التشوهات الحاصلة جميعها تشوهات قصفة وليست لدنة، وعدم وجود أي تضمين لرمال الاهتراء عند تنفيذ الإجراء E، لكن عند الإجراء A تمت ملاحظة وجود حطام اهترائي، هذا الأمر يؤدي إلى مشاركة هذا الحطام في تشكيل مناطق تركز إجهادات وبالتالي زيادة شدة الاهتراء وهذا ما تم ملاحظته في قيم معاملات الاهتراء، يفسر وجود هذا الحطام بانغماس حطام الاهتراء ببعض المسامات الداخلية لسطح العينات الملبدة، بجميع الاحوال كان شكل الاهتراء تقليدياً بالنسبة للاهتراء بالبري.

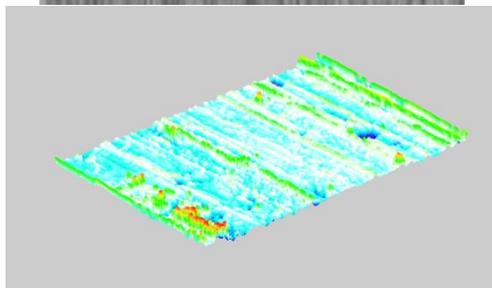
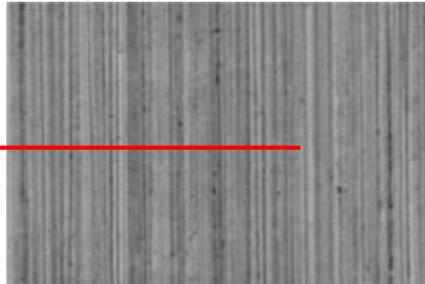




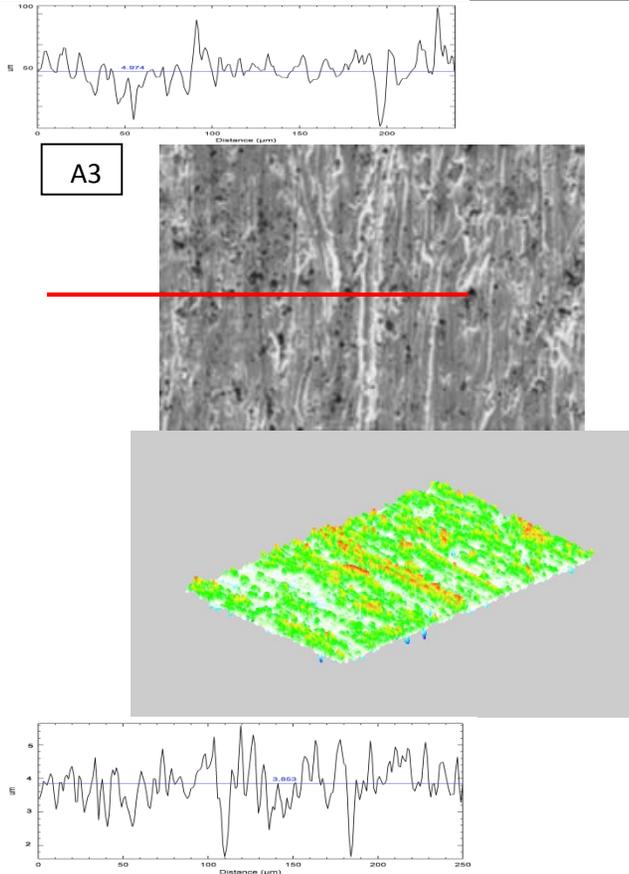
A1



A2

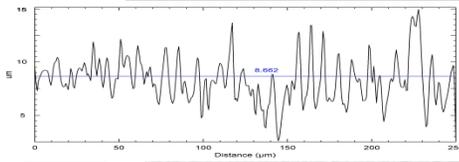
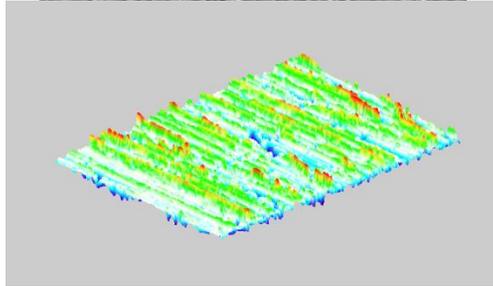
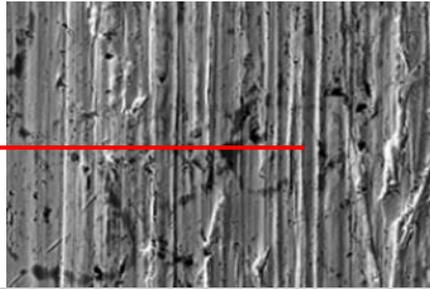


تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

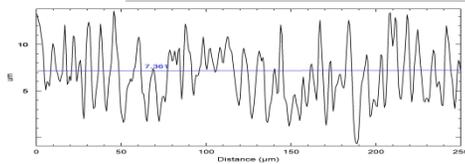
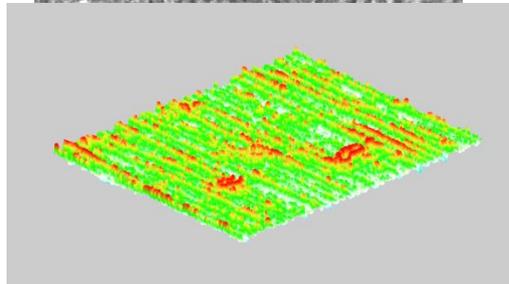
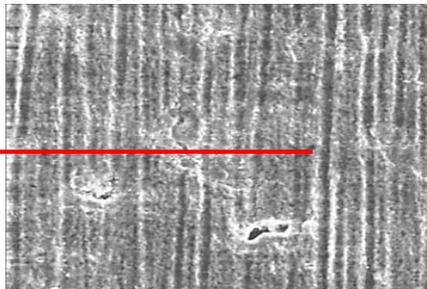


الشكل (16) الصور المجهرية والمسح ثلاثي الأبعاد والخشونة لسطح الاهتراء بعد 6000 دورة (أبعاد الصور  $250 \times 167 \mu\text{m}$ )

B0

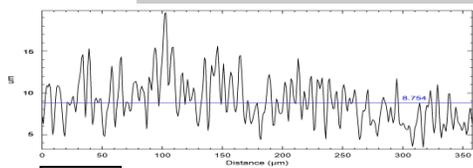
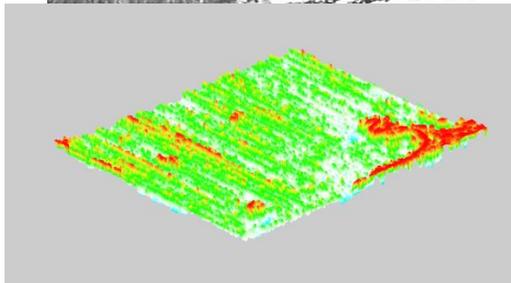
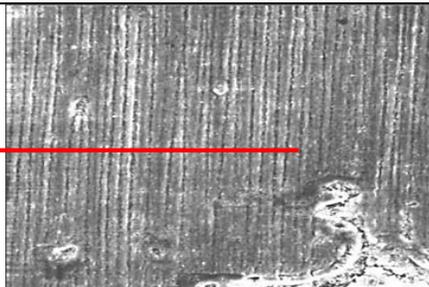


B1

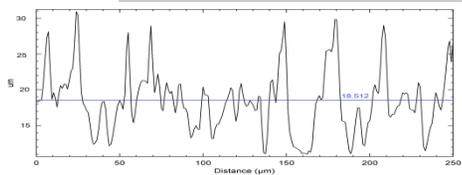
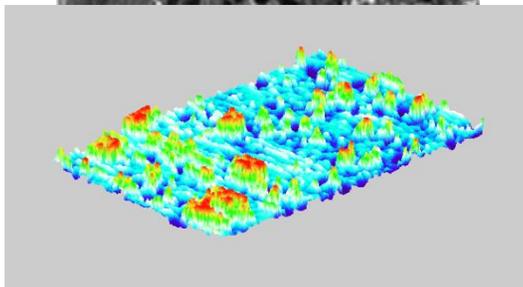
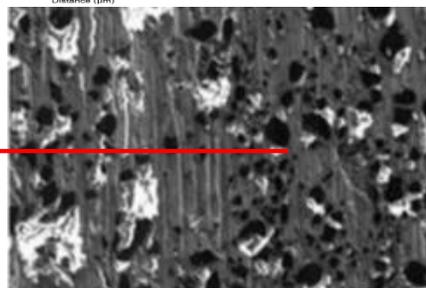


تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

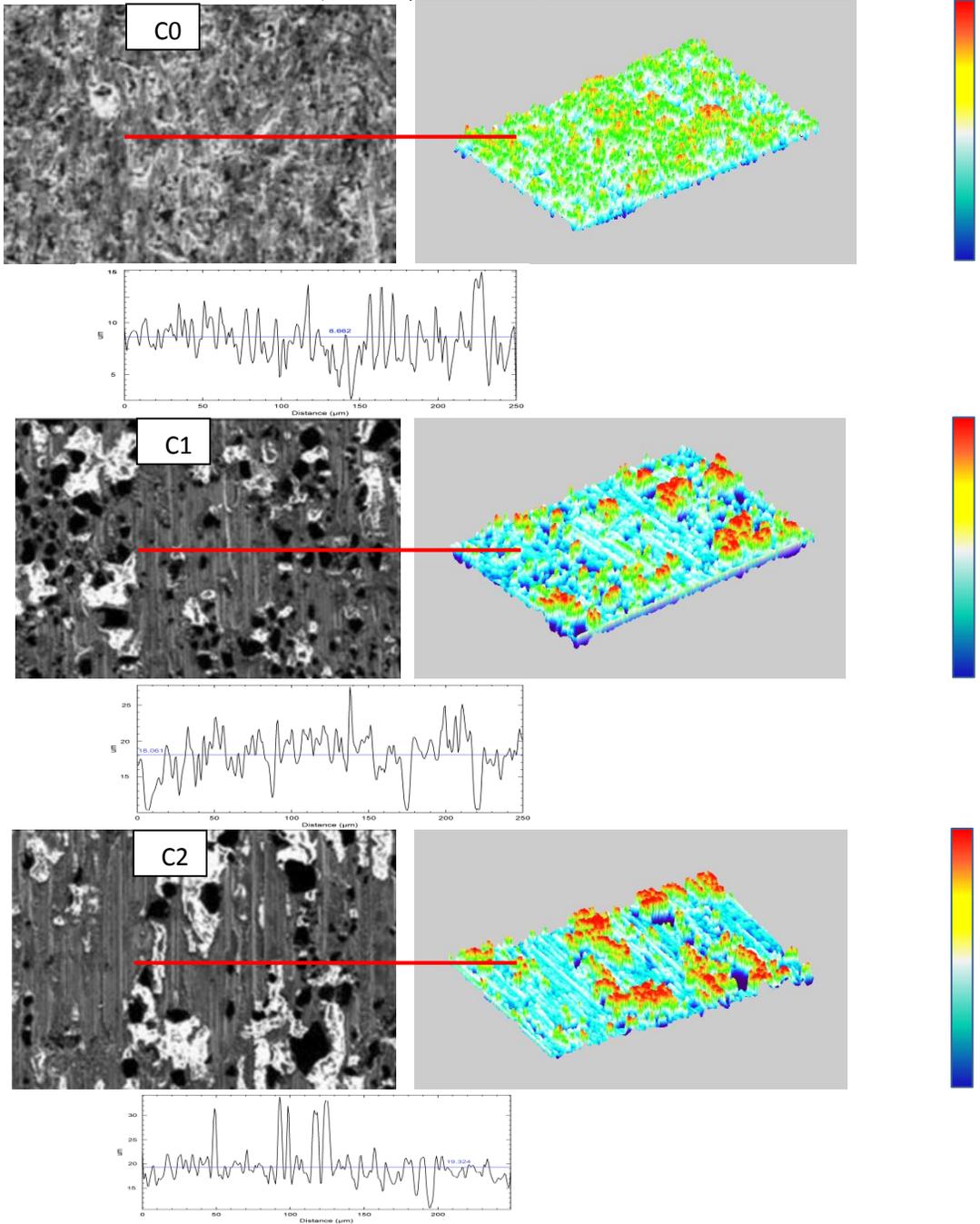
B2



B3

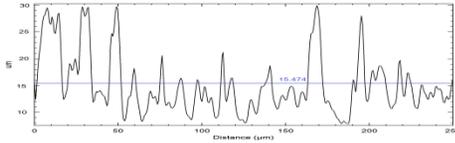
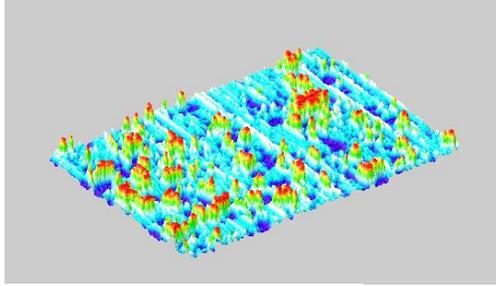
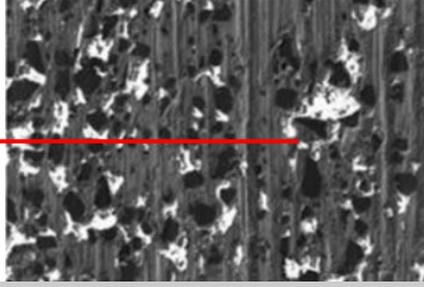


تابع للشكل (16) الصور المجهرية والمسح ثلاثي الأبعاد والخشونة لسطح الاهتراء بعد 6000 دورة  
(أبعاد الصور  $250 \times 167 \mu\text{m}$ )



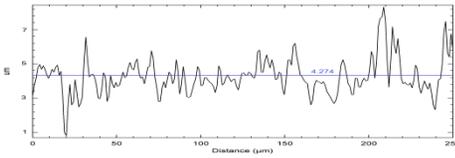
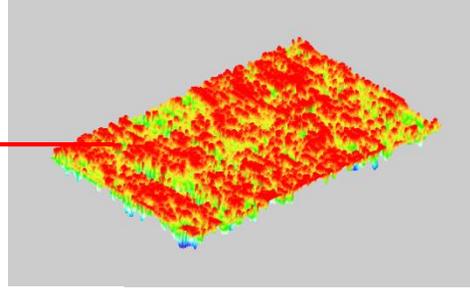
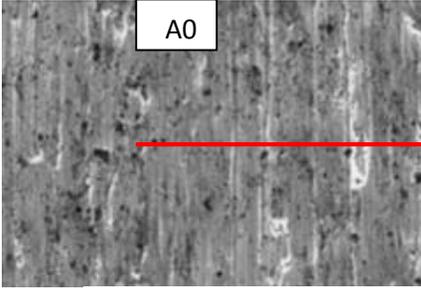
تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

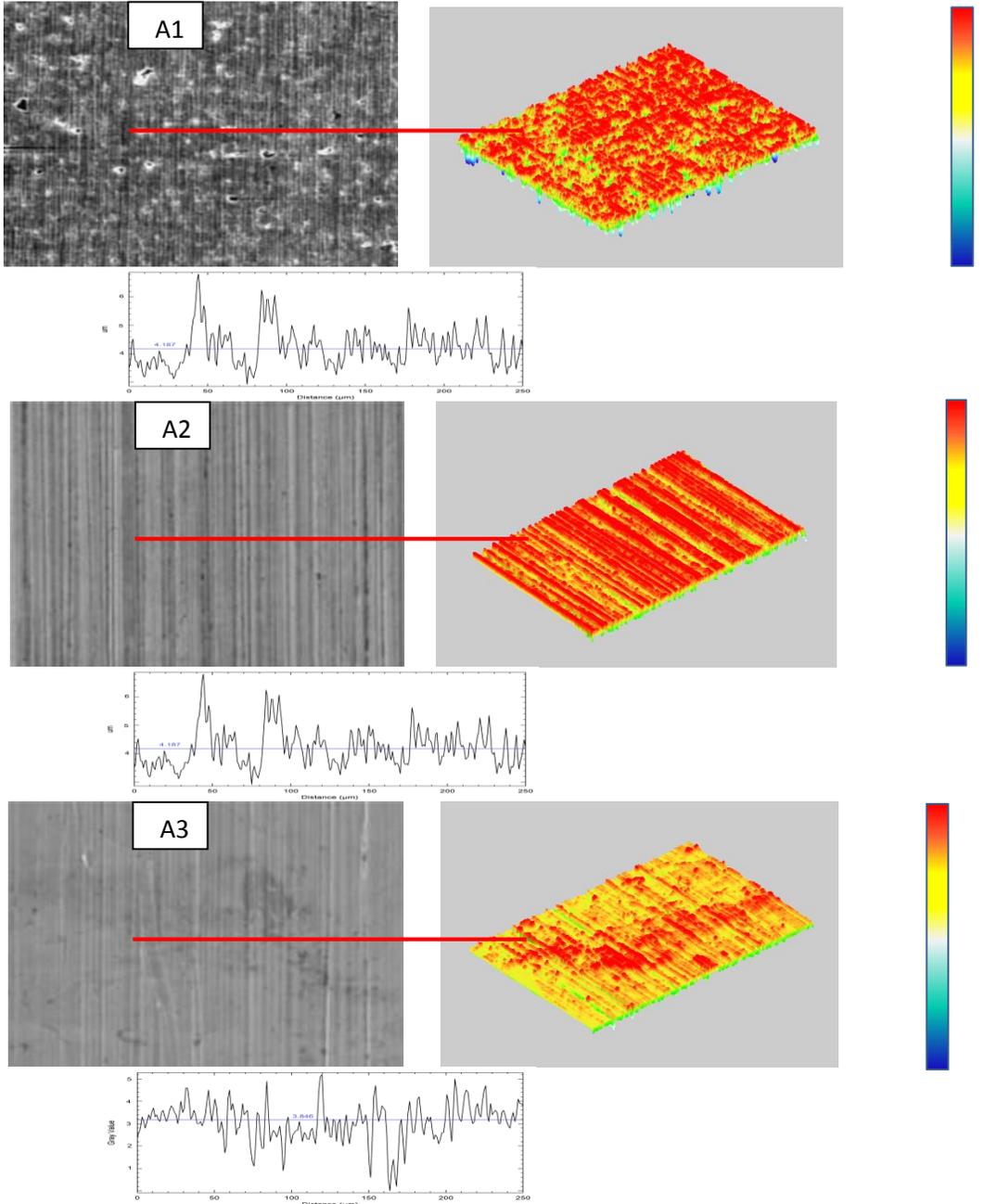
C3



تابع للشكل (16) الصور المجهرية والمسح ثلاثي الأبعاد والخشونة لسطح الاهتراء بعد 6000 دورة  
(أبعاد الصور  $250 \times 167 \mu\text{m}$ )

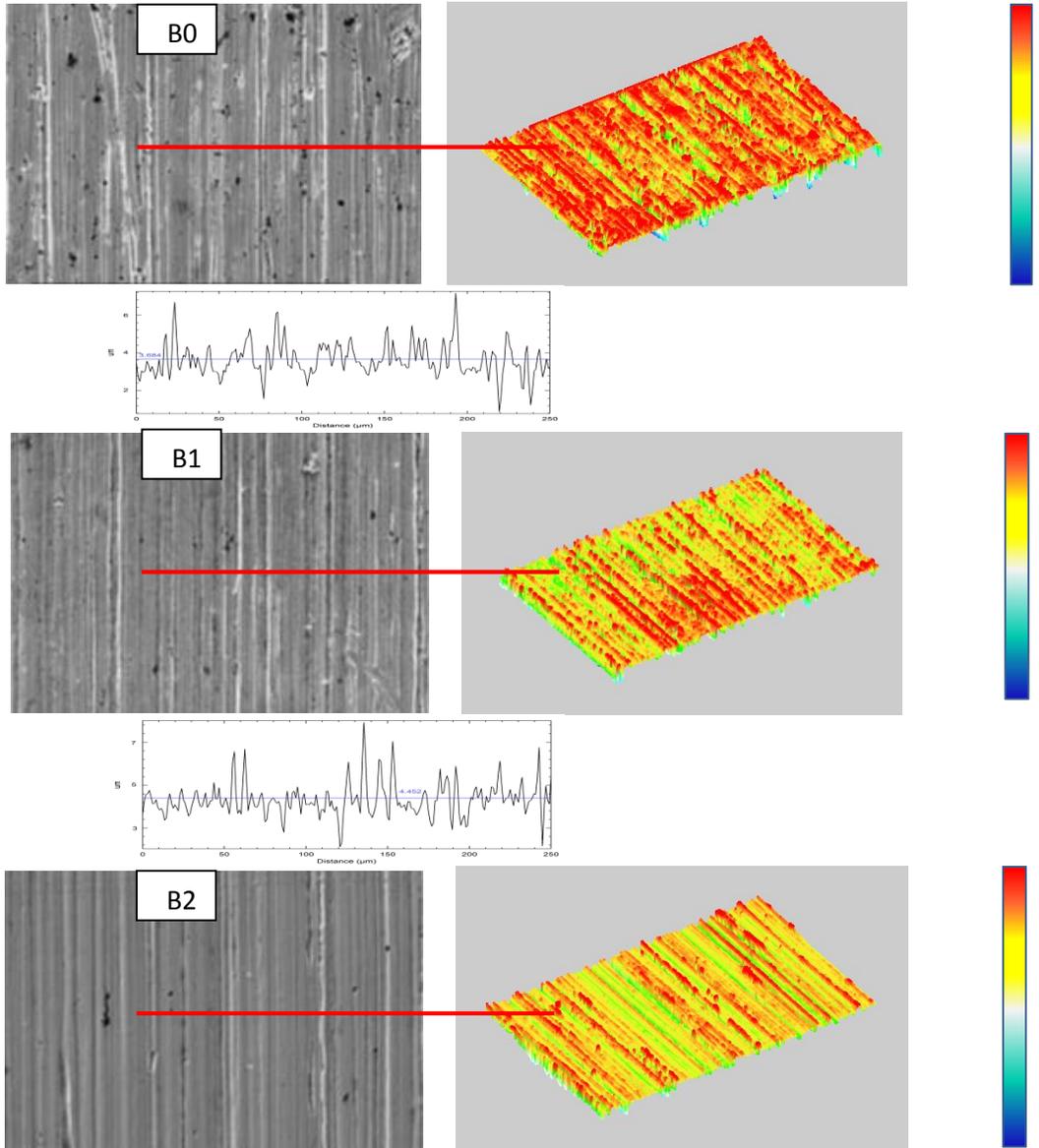
A0

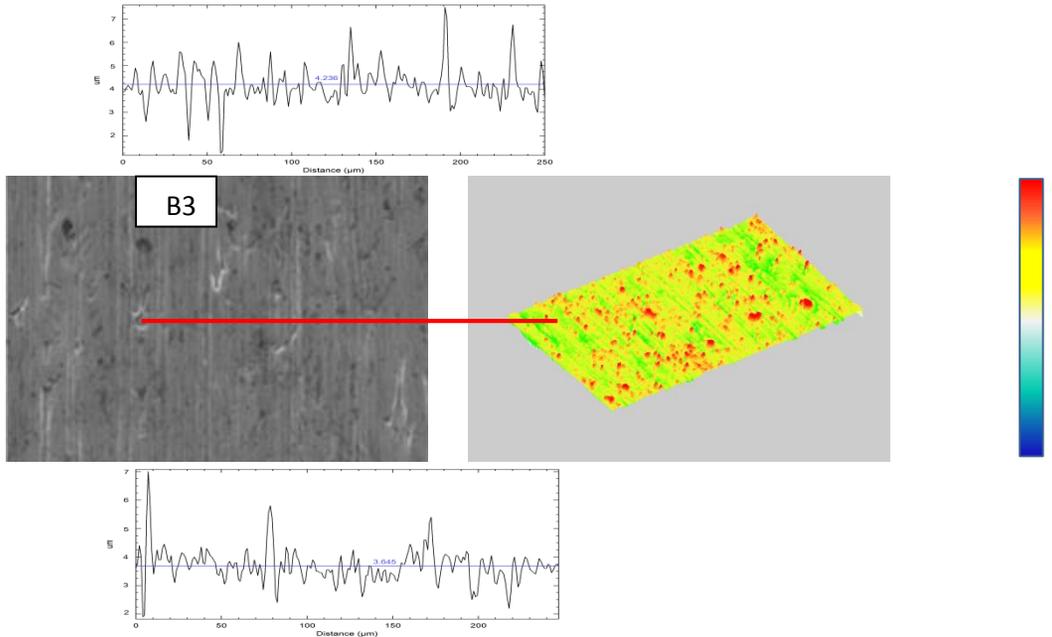




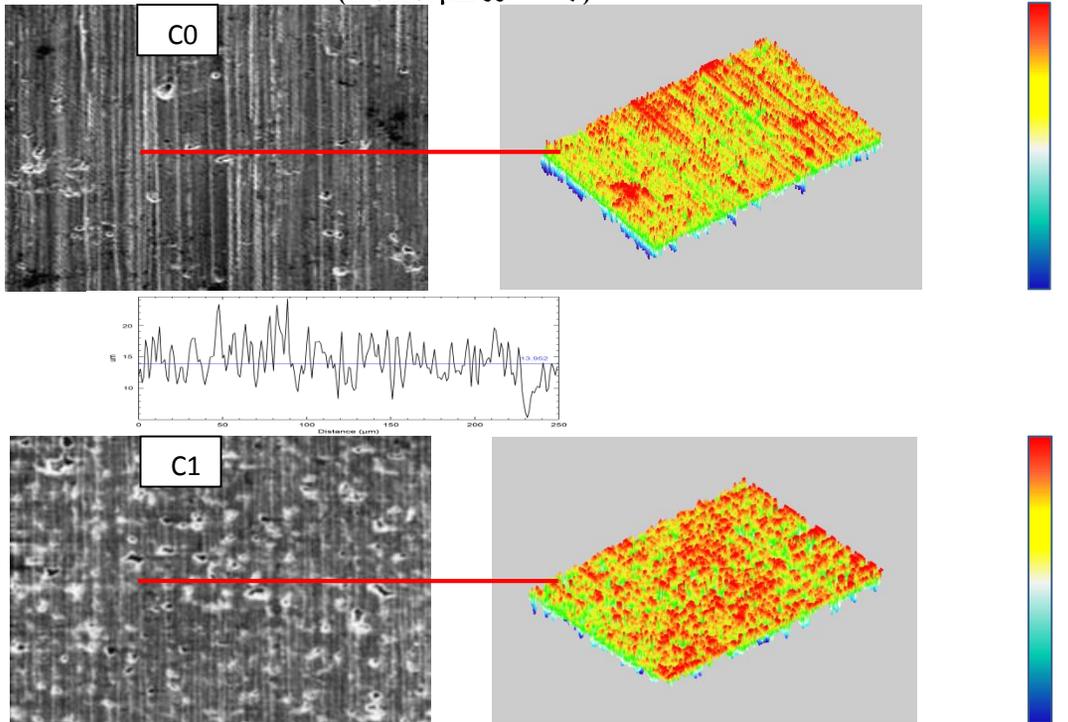
الشكل (17): الصور المجهرية والمسح ثلاثي الأبعاد والخشونة لسطح الاهتراء بعد 1000 دورة (أبعاد الصور  $250 \times 167 \mu\text{m}$ ).

تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق

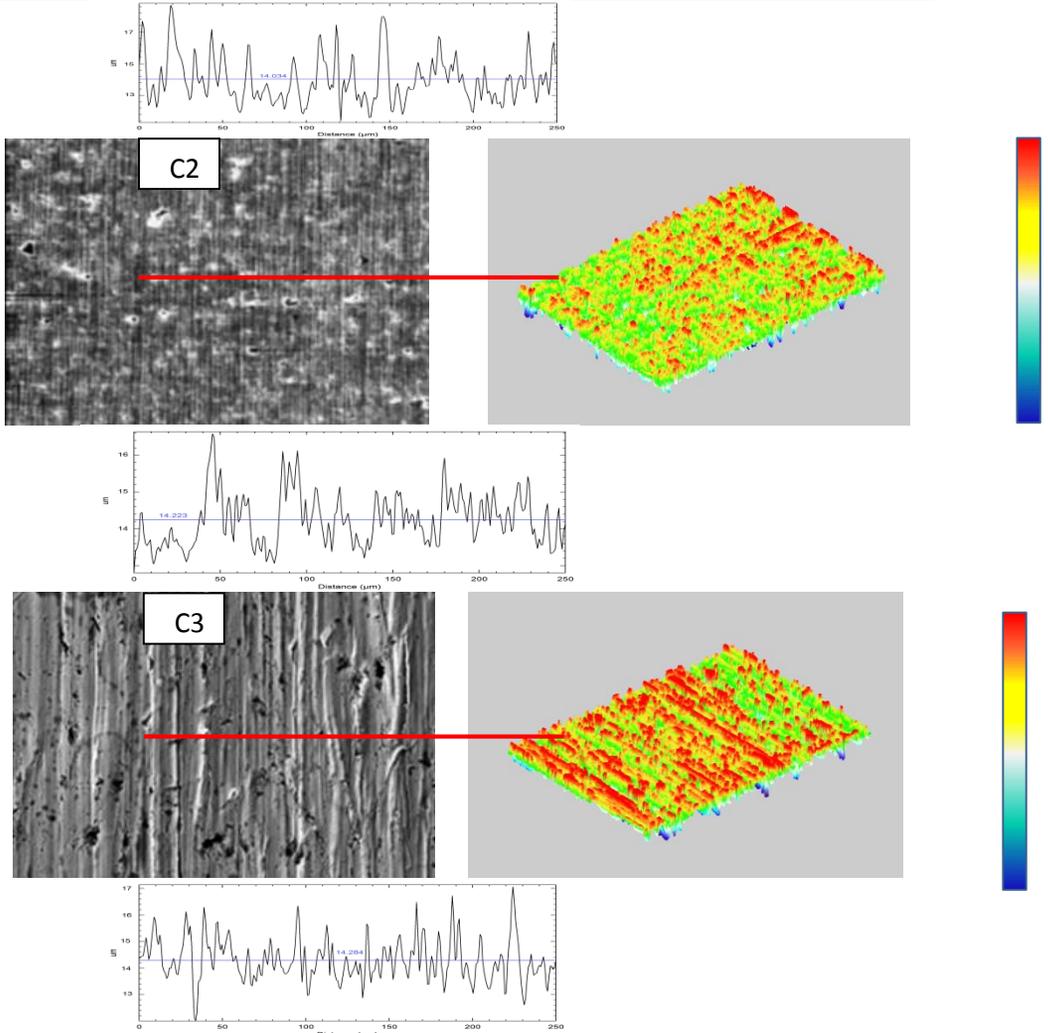




تابع للشكل (17): الصور المجهرية والمسح ثلاثي الأبعاد والخشونة لسطح الاهتراء بعد 1000 دورة (أبعاد الصور  $250 \times 167 \mu\text{m}$ )



تأثير نسب مختلفة من الكروم والمنغنيز على خصائص مقاومة الاهتراء بالبري لعينات فولاذية  
محضرة بطريقة تعدين المساحيق



تابع للشكل (17): الصور المجهرية والمسح ثلاثي الأبعاد والخشونة لسطح الاهتراء بعد 1000 دورة  
(أبعاد الصور  $250 \times 167 \mu\text{m}$ ).

## الاستنتاجات والتوصيات:

تعتبر تقنية تلييد المساحيق تقنية نظيفة وسريعة وتقلل من التكاليف وتعطي سبائك معنية بنسب عناصر متحكم بها بدقة، تتعلق تقنية التلييد ببارامترات مختلفة تبدأ من طريقة الخلط، ونسبة العناصر المكونة، درجة حرارة التلييد، التدرج الحراري، زمن التلييد، جو التلييد، طريقة كبس المساحيق، قيم الضغط المطبق لتشكيل المضغوطات (العينات الخضراء)، وتعتبر عملية تفاعل كيميائي أكثر منها طريقة تشكيل، لذلك كل عامل من العوامل المذكورة أعلاه يؤثر بشكل مباشر على النتائج النهائية للعينات الملبدة. بناءً على ما سبق يمكن استنتاج مجموعة من النقاط يمكن وضوحها كما يلي:

- يمكن الحصول على عينات محضرة بطريقة تعدين المساحيق محلياً والتحكم بكامل بارامترات التحضير والتشغيل للحصول على الخواص المطلوبة.
- تؤثر نسب الكروم والمنغنيز بشكل مباشر على القساوة السطحية ومقاومة الاهتراء بالبري لعينات محضرة بطريقة تعدين المساحيق.
- يمكن الحصول على عينات ملبدة ذات قساوة سطحية قد تصل حتى 71 HRC ومقاومة عالية للاهتراء بالبري بقيم معاملات اهتراء لم تتجاوز  $3.4 \times 10^{-14}$  mm<sup>2</sup>/N وهي قيم جيدة جداً فيما يتعلق بمقاومة الاهتراء بالبري.
- يتعلق تأثير نسب المنغنيز على خصائص العينات الملبدة بشكل مباشر بنسبة الكروم.
- تزداد قيمة القساوة السطحية بزيادة نسبة المنغنيز والكروم حتى الوصول إلى حد معين حيث تبدأ بالانخفاض عند زيادة نسبة المنغنيز.
- أظهرت النتائج مقاومة اهتراء قصوى عند نسب كروم 5% مع نسب منغنيز تتراوح بين 4-6%.
- تكون شدة الاهتراء منخفضة عند بداية ظهور الاهتراء بالبري في العينات الملبدة لكن تزداد هذه الشدة بشكل مضطرب مع استمرار الاهتراء.
- بداية الاهتراء بالبري يظهر التشوه اللدن على شكل قطع ميكروي ومع تطور الاهتراء تبدأ ظاهرة الجرف بالحدوث.

- تلعب المسامات في العينات الملبدة دوراً في تطور ظاهرة الاهتراء بالبري. كما يمكن تسجيل مجموعة من التوصيات يمكن تلخيصها فيما يلي:
- إجراء المزيد من الدراسات المستقبلية عن تأثير بارامترات التليد الأخرى على خصائص العينات الملبدة.
- دراسة تأثير نسب المنغنيز والكروم على خصائص مقاومة الشد والصدم والضغط لعينات فولاذية محضرة بطريقة تليد المساحيق.
- دراسة تأثير بارامترات اختبار الاهتراء بالبري بالرمال الجاف والعجلة المطاطية على خصائص مقاومة الاهتراء وآلية تطور الاهتراء.
- دراسات موسعة أكثر عن العلاقة بين قيم معامل الاحتكاك والاهتراء بالبري ثلاثي الأجسام.

## 5. كلمة شكر:

يشكر الباحثون الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية على تكفلها بكامل مصاريف البحث وعلى الدعم المقدم من قبلها في تأمين جميع المواد وتسهيل تنفيذ البحث. كما ويشكرون المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا على تأمين الظروف المناسبة لاستخدام بعض التجهيزات المخبرية لديهم لتسهيل تنفيذ البحث.

## المراجع:

1. MOHAN RAJ, A.P; SELVAKUMAR, N; NARAYANASAMY, R; KAILASANATHAN, C. 2013- **Experimental investigation on workability and strain hardening behaviour of Fe–C–Mn sintered composites with different percentage of carbon and manganese content**. Materials & Design, Vol. 49, 791–801.  
[doi:10.1016/j.matdes.2013.02.002](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.02.002)
2. DENG, W; LI, Y. 2018- **Electrochemical sensor for determining the manganese content in molten iron**. Electrochimica Acta, Vol. 265, 265–274.
3. CHEN, X; XIONG, W; YAO, Z; ZHANG, G; CHEN, S; YANG, Q. 2014- **Characterization of Tibased solid solution cermets prepared by mechanically induced selfsustained reaction and subsequent pressureless sintering**, J. Alloys Compd. Vol. 583 523-529.
4. HU, S.W; ZHAO, Y.G; WANG, Z; LI, Y.G; JIANG, Q.C. 2013- **Fabrication of in situ TiC locally reinforced manganese steel matrix composite via combustion synthesis during casting**. Mater. Des. Vol. 44 .340-345.
5. HAO. D; HUA, D; CHUN-LIN, Q; ZHENG-YOU, T; JIAN-MIN, Z; PING. Y. 2011- **Formability of trip/twip steel containing manganese of 18.8%. J Iron Steel**. Res Int, Vol. 18, No. 1, 36–40.
6. PEREIRA, A.A; BOEHS, L; GUESSER, W.L. 2006- **The influence of sulfur on the machinability of gray cast iron FC25**, J. Mater. Process. Technol. Vol. 179, 165–171.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.100>.
7. LI ,P; GAO, J; GONG, M; SHEN, D; TONG, W. 2020- **Effects of manganese on diffusion and wear behavior of ZTA particles reinforced iron matrix composites in vacuum**. Vcuum, Vol. **177,109408**.  
<https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.109408>
8. HUTCHINSON, B; RIDLEY, N. 2006- **On dislocation accumulation and work hardening in Hadfield steel**, Scripta Mater. Vol. 55, 299–302.
9. SAMPATHKUMARAN, P; RANGANATHAIAH, C; SEETHARAMU, S. 2008- **Effect of increased manganese addition and mould type on the slurry erosion characteristics of Cr-Mn iron systems**, Bull. Mater. Sci. Vol. 31, 1001–1006.
10. SAMPATHKUMARAN, P; RANGANATHAIAH, C; SEETHARAMU, S. 2009- **The effects of manganese content and**

**mould size on abrasion and slurry erosion behaviour of chromium-manganese iron systems investigated by positron lifetime spectroscopy**, Wear, Vol. 267, 1558–1565.

11. CUIEL-REYNA, E; CONTRERAS, J; RANGEL-ORTIS, T; HERRERA, A; BAÑOS, L; REAL, A.D; RODRÍGUEZ, M. 2007- **Effect of carbide precipitation on the structure and hardness in the heat-affected zone of Hadfield steel after post-cooling treatments**, Mater. Manuf. Processes, Vol. 23, 14–20.

12. OWEN, W; GRUJICIC, M.1998- **Strain aging of austenitic Hadfield manganese steel**, Acta Mater. Vol. 47, 111–126.

13. LIM, S. C; ISAACS, D. C; MCCLEAN, R. H; BRUNTONT, J. H. 1987- **The unlubricated wear of sintered steels**. Tribol Int, Vol. 20, No. 3, 144–9.

14. ARCHARD, J.F. 1953- **Contact and Rubbing of Flat Surfaces**. Journal of Applied Physics. Vol. 24, 981–988.

15. RENUJAVA, D; SIDDHARTHA, D; KARABI, D. 2018- **Effect of thermo-mechanical processing on the low impact abrasion and low stress sliding wear resistance of austenitic high manganese steels**. Wear, Vol. 420-421, 176-183. doi:10.1016/j.wear.2018.10.013

16. PING, L; YUHAO, Y; DEPING, S; MENG Ying, G; CHEN, T; TONG, W. 2020- **Mechanical behavior and microstructure of hypereutectic high chromium cast iron: the combined effects of tungsten, manganese and molybdenum additions**. Journal of Materials Research and Technology, Vol. 9, No. 3, 5735–5748.  
doi:10.1016/j.jmrt.2020.03.098

17. EL-MAHALLAWI, I; ABDEL-KARIM, R; NAGUIB, A. 2001- **Evaluation of effect of chromium on wear performance of high manganese steel**, Mater. Sci. Technol. Vol. 17, 1385–1390.

18. HOKKIRIGAWA, K; KATO, K. 1988. **An Experimental and Theoretical Investigation of Ploughing, Cutting and Wedge Formation During Abrasive Wear**. Tribology International. Vol: 21, No. 1, 51–57.

[https://doi.org/10.1016/0301-679X\(88\)90128-4](https://doi.org/10.1016/0301-679X(88)90128-4)

## تحليل العوامل الفاعلة في تشكيل الغيمة الإلكترونية ومساحة مقطعها الراداري

محمد أسعد، محمد نجيب صلاحو\*، غزوان الخوري\*، يحيى فريد\*\*\*

طالب دكتوراه قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب

\* أستاذ في قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب

\*\* أستاذ مساعد في فرع هندسة اللاسلكي والرادار، أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية

\*\*\* أستاذ في قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب

### الملخص

تعتبر الغيمة الإلكترونية من وسائل الدفاع والتمويه الناجحة في التكتيكات العسكرية منذ أمد بعيد، لذلك تمت دراستها وتطوير تقنيات تصنيعها بشكل موسع، كما تم تقديم العديد من النماذج والمعادلة الرياضية التي توصف طبيعة عمل هذه الغيمة، وذلك لتقييم الأداء وتحليله قبل اطلاقها في الميدان مباشرة. تُطلق الغيمة الإلكترونية في الجو ضمن ظروف طبيعية يصعب محاكاتها مخبرياً وبالتالي يصعب التنبؤ بسلوك هذه الغيمة وحساب قيمة مساحة المقطع الراداري الخاص بها (RCS) Radar Cross Section تم اختيار مجموعة من المعاملات التي تعتبر من أكثر المعاملات تأثيراً على شكلها وسلوكها وهي: أثر الرياح وسرعتها - ظاهرة دوبلر - وزن وعدد الدايبولات المكونة للغيمة وفقاً للمادة المصنوعة منها، ومن ثم تقديم مجموعة من المعادلات الرياضية ونمذجتها باستخدام لغة برمجية عالية المستوى مع واجهة تخاطبية بسيطة.

الكلمات المفتاحية: الغيمة الإلكترونية، أثر دوبلر، RCS، التشويش والتمويه.

# Analyzing of the Impact Factors on the Chaff Cloud Formation and Its RCS

Mohammad Asaad, M.Najib Salaho\*, Ghazwan Alkhoury\*\*, Yahia Fareed\*\*\*

Postgraduate Student (PhD) Telecommunication Engineering Dep., Faculty of Electrical & Electronic Engineering, University of Aleppo

\*Professor in Telecommunication Engineering Dep., Faculty of Electrical & Electronic Engineering, University of Aleppo

\*\*Assistant Professor in Wireless and Radar Engineering Branch, Al-Assad Academy of Military Engineering

\*\*\*Professor in Telecommunication Engineering Dep., Faculty of Electrical & Electronic Engineering, University of Aleppo

## Abstract

Chaff cloud has been considered a successful defense and camouflage tools in military tactics for a long time, which used in military radar applications by generate false targets and produce Radar Cross Section (RCS) similar to the object to be camouflaged, so it has been studied and developed extensively especially in manufacturing techniques.

Many models and mathematical equations describing the nature of the chaff cloud had presented, in order to evaluate and analyze performance before launching it in the field directly. Chaff cloud is released into the atmosphere under natural conditions that are difficult to simulate and study in laboratory environment, and therefore it is difficult to predict the behavior of this cloud and estimate RCS value.

A set of an impact factors have been choesn that directly affect the chaff cloud shape and behavior: Wind speed and turbulence - Doppler phenomenon - material of dipoles – number of cuts – the general weight of cloud, and then presenting a set of mathematical equations using a high-level programming language with a user friendly interface which model that impact.

**Keywords:** Chaff cloud, Radar Cross Section, Passive jamming

## 1- مقدمة:

تُعرف الغيمة على أنها مجموعة من الرقائق أو القطع المعدنية التي تنتثر بكميات كبيرة على هيئة حزم، والتي تعكس اشارات الرادار التي تصطدم بها لتحاكي هدف ما، وعادة ما تكون الرقائق من الألمنيوم أو الألياف الزجاجية المطلية بمعادن ما، وتحوي كل حزمة على آلاف العواكس التي يحدد طولها وفقاً لطول موجة الرادار ولهذا تسمى الغيوم المستخدمة في الحزمة الترددية HF والحزمة VHF بغيمة الحبال بسبب الطول الكبير لطول موجة الإشارة. [1]

تستخدم الغيوم الإلكترونية عموماً في ثلاثة تطبيقات أساسية:

1- يمكن أن تحاكي الغيمة الثابتة هدف حقيقي وبالتالي تصبح بمثابة فخ للرادارات التي لا تمتلك القدرة على ترشيح اثر دوبلر.

2- يمكن أن تخفي هدف حقيقي ضمنها أو خلفها كطائرة مثلاً.

3- يمكن نشر عدد كبير من الغيوم الإلكترونية على مساحة جغرافية كبيرة، وبالتالي تؤمن التشويش على الرادارات قبل البدء بغارة أو أن تكون مجرد عملية إرباك للعدو.

تكون العواكس عادة من رتبة طول موجة الرادار المراد التشويش عليه ومن الممكن استخدام عدد من الأطوال المختلفة وبالتالي تغطية مجال ترددي أكبر والحصول على قيمة كبيرة لسطح المقطع الراداري (RCS (Radar Cross Section). يتم إطلاق هذه الغيوم عبر الألعاب النارية أو الصواريخ أو قذائف الهاون وعادة يتم النشر بطريقة ميكانيكية أو نارية، حيث يستخدم الطرد الميكانيكي رقائق صغيرة من الورق المقوى التي تفتح اثناء الاطلاق. ويبين الشكل (1) أحد أشكال الغيوم الإلكترونية، كما يمكن استخدام القذف الناري وذلك من خلال الغازات الساخنة المتولدة في حجرة الانفجار التي تدفع مكبساً بلاستيكياً صغيراً لأسفل أنبوب مملوء بالعواكس الذي يكون بطول 8 بوصات وبمقطع عرضي 1 بوصة مربعة، مما يؤدي إلى إخراج الغطاء البلاستيكي لتتبعه ألياف الغيمة. [2]

تعتبر هذه الطريقة في التمويه من طرق التشويش السلبي المصطنع ويهدف التشويش عموماً إلى تقليل فعالية الوسائط الإلكترونية ويمكن تنفيذه بعدة أشكال منها:

- استخدام مشعات خاصة تؤثر على المستقبلات.
- استخدام أهداف كاذبة.
- استخدام إرساليات خادعة.



الشكل (1) أحد أشكال الغيوم الإلكترونية [3]

## 2- الدراسة المرجعية:

يوجد العديد من الدراسات التي قامت بنمذجة الغيمة الإلكترونية وإيجاد المعادلات الرياضية التي تصف عملها وضمن بيئات عمل مختلفة للوصول بالمحاكاة الى أقرب سلوك يحاكي سلوك الغيمة الحقيقي في الجو وتفاعلها مع البيئة من جهة والإشارة الكهرومغناطيسية من جهة أخرى، حيث قدم البحث [4] نموذجاً رياضياً للغيمة الإلكترونية المنتشرة في الجو بالاعتماد على استخدام معادلة الانتشار - رد الفعل العكسي ومن ثم تطبيق نظرية نقل الشعاع (Vector Transport Theory) VRT والحصول على بارامترات الانعكاس للغيمة الإلكترونية، وقدم البحث [5] دراسة عددية للطاقة الحركية للغيمة الإلكترونية تحت تأثير سرعة تدفق الرياح العالية وتوصل إلى أن عملية تشتت الغيمة تستغرق حتى الثبات خمسة ثواني في ظل السرعة العالية وبشكل شبه مخروطي، كما تمت دراسة تأثير التخمد الإيروديناميكي على دوران عناصر الغيمة، ومن وجهة نظر أخرى درس البحث [6] أثر سماكة الطلاء المعدني المغلف لألياف الغيمة الإلكترونية على مساحة السطح العاكس الراداري باستخدام برنامج

Ansyst HFSS حيث وجد الباحثون بأنه كلما تمت زيادة سماكة المادة الناقلة المغلفة كلما زاد الانعكاس الكهروضوئي الناتج عن الغيمة، وذلك حتى قيم معينة بحيث لا تتجاوز عمق القشرة للمعدن المستخدم عند التردد المدروس لأن الزيادة لن تكون مجددة حينئذ وبالتالي بعد تلك القيمة لن يكون هنالك أي تأثير ملحوظ في زيادة قيمة السطح العاكس الراداري بل على العكس سيكون له تأثيراً سلبياً من خلال إضافة وزن زائد لجملة وزن الغيمة الإلكترونية ولكن لم يتم التطرق إلى ماهية الطلاء أو الألياف وإنما كانت دراسة تحليلية تجريدية، أما البحث [7] فتطرق إلى عملية تشكل الغيمة وفق مرحلتين: مرحلة التشتت السريع ومرحلة الانتشار المستقر وتمت دراسة الخواص الكهروضوئية من خلال نظرية الامتصاص ونظرية الإشعاع الديبولي، وبينت الدراسة [8] خاصية جديدة لاستقطاب الغيمة تفيد بتغير الانعكاسية التفاضلية مع الارتفاع خلال عملية التشتت وقدمت نموذجاً رياضياً يصف هذه الظاهرة. وبالنسبة للبحث [9] فكان عبارة عن دراسة قدرة الغيمة الإلكترونية على التموه في الأيام الماطرة، وذلك من خلال دراسة تأثير المطر على تخميد إشارة الرادار في عدة درجات من المطر والتي أظهرت بأن كفاءة التشويش ازدادت مع المطر وفي السياق ذاته قدم البحث [10] دراسة عن خصائص انتشار الغيوم الإلكترونية في الغلاف الجوي، حيث تم الحصول على قيم مختلفة للتخميد في عدد من الشروط الحدية من خلال دراسة معاملات الانعكاس وبالتالي دراسة خصائص الغيمة.

مما سبق يُلاحظ بأن الأبحاث السابقة لم تناقش تأثير سرعة الرياح على خصائص الغيمة وسلوكها أو نوع المادة المعدنية المستخدمة مع وزنها وعددها وبالتالي تميز بحثنا هذا بدراسة معامل الانعكاس على الديبولات المكونة للغيمة الإلكترونية واستخدام المعدن المناسب من حيث الكلفة والوزن والأداء، وكذلك توضيح علاقة الحزمة الترددية المستخدمة على عدد العواكس ووزن الغيمة العام للحصول على قيمة مقطع راداري معين بالإضافة إلى دراسة تأثير الرياح واضطراباتها على تابع كثافة الطاقة للإشارة المنعكسة عن الغيمة ضمن مجال انزياح دوبلري معين ودراسة تأثير سرعة

الرياح على تابع الكثافة وبالتالي يُعتبر هذا البحث من الأبحاث القيّمة التي يمكن أن تُساهم في تحسين أداء المحطات الرادارية في ظروف التشويش السلبي بكافة أنواعه.

### 3- أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية البحث في دراسة العوامل المؤثرة على قيمة المقطع الراداري للغيمة الإلكترونية من عدة جوانب، وهي:

1- دراسة معامل الانعكاس على الديبولات المكونة للغيمة الإلكترونية واستخدام المعدن المناسب من حيث الكلفة والوزن والأداء.

2- دراسة علاقة الحزمة الترددية المستخدمة على عدد العواكس ووزن الغيمة العام للحصول على قيمة مقطع راداري معين.

3- دراسة تأثير الرياح واضطراباتها على تابع كثافة الطاقة للإشارة المنعكسة عن الغيمة ضمن مجال انزياح دوبلري معين.

4- دراسة تأثير سرعة الرياح على تابع الكثافة.

### 4- بنية الغيمة الإلكترونية:

غالباً ما تستخدم القصاصات المعدنية (الديبولات) العاكسة المولدة للتشويش السلبي المصطنع ويتم اختيار طول وسماكة الديبولات بشكل يؤمن انعكاس كافة الأمواج تقريباً عن هذه الديبولات مما يؤدي إلى ظهور بقعة مضيئة للتشويش السلبي على شاشات جميع المحطات الرادارية بمختلف أطوال أمواجها، وكقاعدة يجب أن يختار طول الديبول مساوياً لعدد صحيح من أنصاف طول الموجة للمحطة الرادارية المراد التشويش عليها بهدف زيادة استطاعة التشويش السلبي.

يتم تمويه إشارة الأهداف الحقيقية والتأثير على عمل محطة الرادار باستخدام التشويش السلبي بطريقتين:

1- رمي القصاصات المعدنية.

2- رمي العواكس الديبولية.

بالنسبة القصاصات المعدنية والتي هي شرائح معدنية مصنوعة من معدن خفيف مثلاً الألمنيوم (ممكن أن تكون كذلك أوراق قصدير) تُرمى من الطائرات بأعداد كبيرة على شكل حزم تحوي كل منها آلاف الشرائح بأطوال موجية قريبة وأحياناً مساوية تماماً طول

الموجة العاملة للرادار وتقوم بتمويه الأهداف ضمن منطقة الكشف الراداري ويمكن أن تظهر في بعض الأحيان كأهداف كاذبة على الشاشة، ويسمى التشويش السلبي باستخدام القصاصات ضمن مجال الترددات (VHF، HF) بالتشويش المقيد rope chaff ويرمى هذا النوع من التشويش بثلاثة أشكال هي:

أولاً- مَرَكز بحيث تقلد الهدف الحقيقي.

ثانياً- يُشكل ممر خلف الطائرات المشاركة بالهجوم لإخفائها وتضليل صواريخ الدفاع الجوي عنها.

ثالثاً- يُشكل غيمة منتشرة على مجال واسع تخفي الممر الحقيقي للهجوم والأهداف المهاجمة.

أما الديبولات العاكسة فهي عناصر مصنوعة من معدن خفيف مثل الألمنيوم أو من الزجاج المكسو بالألمنيوم ترمى في الجو لتعكس طاقة الرادار مقلدةً بذلك إشارة منعكسة عن هدف حقيقي ذي سطح عاكس فعال كبير وغالباً ما يتم رميها برزم تحوي ديبولات مختلفة الأطوال لتؤثر على مجموعة من الرادارات بأن واحد. تتمتع العواكس الديبولية بسطح عاكس فعال كبير نسبياً، تفوق شدة إشارات التشويش السلبي أحياناً مستوى الضجيج الداخلي للمستقبل بمقدار  $(30 \div 80)dB$  مما يؤدي إلى إشباع مستقبل المحطة الرادارية وضياح الإشارات المفيدة كذلك يمكن أن تصل الإشارات المفيدة مع إشارات التشويش السلبي في آن واحد وهنا يصعب تمييز إشارة الهدف الحقيقي عن التشويش وبالتالي عدم الكشف.

إن إشارات الأهداف الثابتة هي إشارات الأصداء الثابتة المنعكسة عن أجسام واقعة ضمن حجم نبضي لمخطط الإشعاع الهوائي.

إن جميع أنواع الأصداء الثابتة أو المتحركة بشكل بطيء مثل التضاريس الأرضية أو الغيوم أو مجموعات كبيرة من الطيور أو حتى رقائق التشويش السلبي تعطي إشارات انعكاس غير مرغوبة تدعى ضوضاء (Cluter) والتي تملأ شاشة الرادار. يُشكل التشويش السلبي خطراً كبيراً على الوسائط اللاسلكية وخاصة الرادارية منها وذلك لأنه

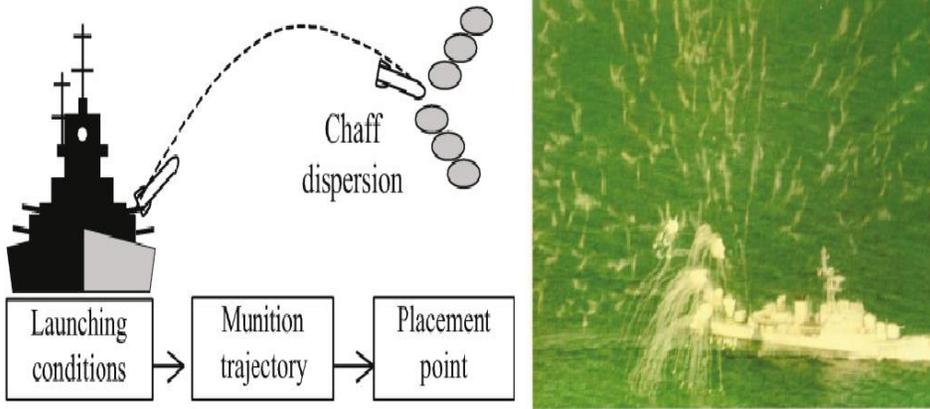
موجود في زمن الحرب والسلم، وأهم الاختلافات الأساسية بين الأهداف ومنابع التشويش السلبي هي:

1- إن الطائرات والصواريخ والأهداف الأخرى كقاعدة تعتبر أهداف نقطية، حيث تعتبر أبعاد الهدف الحقيقي أصغر من الحجم النبضي، بينما يكون التشويش السلبي أهدافاً منتشرة.

2- في أغلب الحالات تكون سرعة الأهداف الحقيقية أكبر بكثير من سرعة منابع التشويش. فمثلاً تكون سرعة الغيوم الديبولية أو ظرف الطقس (غيوم، تلوج، أمطار) مساوية لسرعة الريح وتصل إلى عشرات الكيلومترات في الساعة، وتكون سرعة الأجسام الثابتة مساوية للصفر، أما سرعة الطائرات والصواريخ فتصل إلى مئات وآلاف الكيلومترات في الساعة، إن الاختلاف بالسرعة يؤدي إلى اختلاف بتردد الإشارة المنعكسة عن الهدف عن تردد إشارة التشويش السلبي.

3- إن منابع التشويش السلبي الناتجة عن ظروف الطقس تكون ذات شكل أقرب إلى الكروي، بينما تكون الأهداف الحقيقية على الغالب ذات شكل يفتقر إلى التناظر المركزي، وهذا يؤدي إلى وجود اختلافات في استقطاب الإشارات المنعكسة عن الأهداف والإشارات المنعكسة عن ظروف الطقس. [2].

عند نشر محتويات الحاوية في الجو تشكل سحابة (قطاع) من الديبولات ذات التوضع الفراغي النسبي العشوائي، الشكل (2).



الشكل (2) أحد أشكال الغيوم الإلكترونية [11]

لدراسة وتقييم نوعية العواكس الدايبولية والأسلاك الطويلة تستخدم البارامترات التالية [11]:

1- السطح العاكس الفعال ( $\sigma$ )

2- مواصفات السحابة وزمن تشكيلها.

3- طيف وتابع ارتباط الإشارة المنعكسة عن السحابة الدايبولية.

## 5- النتائج والمناقشة:

تم الاعتماد على مجموعة من النماذج الرياضية لمحاكاة عمل الغيمة الإلكترونية باستخدام برنامج MATLAB كبيئة برمجية (تم اعتماد المرجع [12] كدليل برمجي)، وقد تم برمجة النماذج الرياضية وحساب قيم RCS (Radar Cross Section) ومحاكاة أثر الانعكاس وعدد ووزن الدايبولات وسرعة الرياح باستخدام أربعة واجهات برمجية GUI لكل واحدة منها موضحة في الأشكال (3)، (4)، (5) حيث يتم ضبط البارامترات العامة للغيمة والموضوع المدروس وإظهار النتيجة على الواجهة. عادة ما يتم تحديد السطح العاكس الفعال لديبول بتوضع واحد عشوائي وفق العلاقة (1):

$$\sigma_{\pi} = 0.85 \cdot \lambda^2 \cdot \cos^4 \theta \quad (1)$$

$\theta$ : الزاوية بين محور العاكس وشعاع الحقل الكهربائي  $\vec{E}$ .

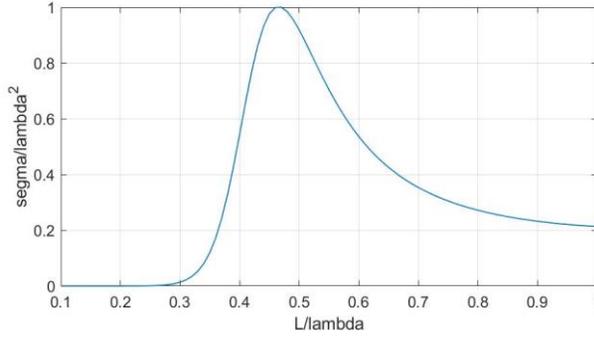
بفرض أن التوضع يخضع لقانون التوزيع الطبيعي فتحدد القيمة المتوسطة للسطح العاكس الفعال لديبول واحد وفق العلاقة (2):

$$\bar{\sigma} = 0.17 \cdot \lambda^2 \quad (2)$$

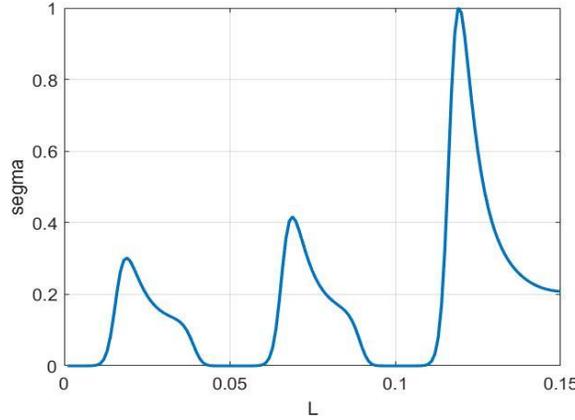
يتم اختيار طول وسماكة العاكس بحيث يؤمن انعكاس فعال للأمواج من أجل أبعاد صغيرة. من أجل الحصول على الحالة الطنينية يجب تصغير طول العاكس الدايبولي بحيث يكون أقل بقليل من نصف طول الموجة الواردة عليه وتتعلق نسبة التصغير بالأبعاد العرضية للديبول وبالتالي لتقليل وزن وحجم حزمة الدايبولات يجب أن يكون طول الديبول صغيراً. عملياً يتحدد طول الديبول ( $L = 0.47\lambda$ ) ويُلاحظ من الشكل أن الطنين

يحدث عند القيمة 0.47 . يوضح الشكل (3) علاقة السطح العاكس الفعال بنسبة طول الديبول إلى طول الموجة.

يزداد السطح العاكس الفعال بشكل متموج بزيادة طوله الكهربائي وتكون الذروة الأولى عندما تتحقق المساواة ( $L \approx \lambda/2$ ) ، أما الذروات الأخرى فتوافق أطوال مساوية لمضاعفات أنصاف طول الموجة ويزداد السطح العاكس الفعال بزيادة طول العاكس. يبين الشكل (4) علاقة السطح العاكس الفعال بطول العاكس الديبولي.



الشكل (3) علاقة السطح العاكس الفعال بنسبة طول الديبول إلى طول الموجة



الشكل (4) علاقة السطح العاكس الفعال بطول العاكس الديبولي

يُلاحظ من الشكل (4) أن الذروة الأولى (1) تمثل القيمة الأعظمية للسطح العاكس الفعال عندما ( $L = 0.47\lambda$ ) ، والذروة الثانية (2) والثالثة (3) تمثلان القيم الأعظمية للسطح العاكس الفعال من أجل مضاعفات القيمة السابقة لطول العاكس.

عادة لا تستخدم عواكس طويلة ( $L > \lambda/2$ ) وذلك لصعوبة الاستثمار وزيادة الوزن والحجم. يجب معرفة أن السطح العاكس الفعال يرتبط أيضاً بالتوضع الفراغي للعاكس واستقطاب الإشارة والمادة المصنوع منها، لذلك عملياً تستخدم عواكس بطول ( $L = 0.47\lambda$ ). تُعطى قيمة السطح العاكس الفعال لحزمة ديبولية بشكل عام بالعلاقة (3) [6]:

$$\sigma_{chaff} \approx 0.18 \cdot \lambda^2 \cdot N \quad (3)$$

إن قيمة هذا السطح تختلف تبعاً لنوع الاستقطاب فتعطى بالنسبة للاستقطاب الخطي LP (linear Polarization) بالعلاقة (4):

$$\sigma_{chaff} \approx 0.15 \lambda^2 N \quad (4)$$

بالنسبة للاستقطاب الدائري CP (circular polarization) بالعلاقة (5):

$$\sigma_{chaff} \approx 0.10 \lambda^2 N \quad (5)$$

حيث:  $\lambda$  طول الموجة بالمتر،  $N$  العدد الكلي للديبولات ضمن الحجم. تتم عملية تصميم الدارات في المجال الميكروي والراديو وفقاً لمجال العمل الترددي فمن وجهة نظر تصميمية نعتبر الغيمة الإلكترونية عبارة عن عنصر يرتبط مع المرسل (الرادار) عبر خط نقل (قناة الاتصال اللاسلكية) يعمل عند تردد معين حتى يتم تحقيق أكبر قدر ممكن من الكشف عن الغيمة من قبل الرادار يجب عكس أكبر مقدار من الاستطاعة الواردة وبالتالي التمويه عن الهدف وهذا ما يسمى بملاءمة الممانعة مع قناة النقل، أي بكلمات أخرى دراسة معامل الانعكاس ما بين عناصر هذه الغيمة وخط النقل. يمثل ضياع العودة (Return Loss) مقدار الاستطاعة المنعكسة عن الغيمة ويُعطى بالعلاقة الرياضية (6) [2]:

$$R = -20 \log |S_{11}| \quad (6)$$

ويمثل  $|S_{11}|$  معامل التوزيع عند دخل الغيمة وهو نسبة الموجة المنعكسة إلى الموجة الواردة ويمكن من خلاله معرفة الحزم الترددية التي تستجيب لها الغيمة وتُعطي أكبر قيمة ممكنة للمقطع الراداري. تُعطى مساحة المقطع الراداري لغيمة

(chaff) ضمن الحجم النبضي لمحطة الرادار، دون أخذ نوع الاستقطاب بعين الاعتبار، يعطى بالعلاقة (7):

$$\sigma_c = V_c \cdot \eta \quad (7)$$

حيث:  $\eta$ : معامل الانعكاس،  $V_c$ : الحجم النبضي.

لكي يتم تحديد الكلفة الكلية والكفاءة للغيمة الإلكترونية تم دراسة الانعكاس عنها لدى استخدام ثلاثة مواد مختلفة، وهي الألمنيوم والزنك والفولاذ حيث تم الانعكاس مع قناة النقل بوسط من الهواء، ويوضح الجدول (1) المواصفات الكهربائية والمغناطيسية لهذه المواد.

الجدول (1) العوامل الكهربائية للمواد المدروسة (مادة المنيوم - زينك - فولاذ)

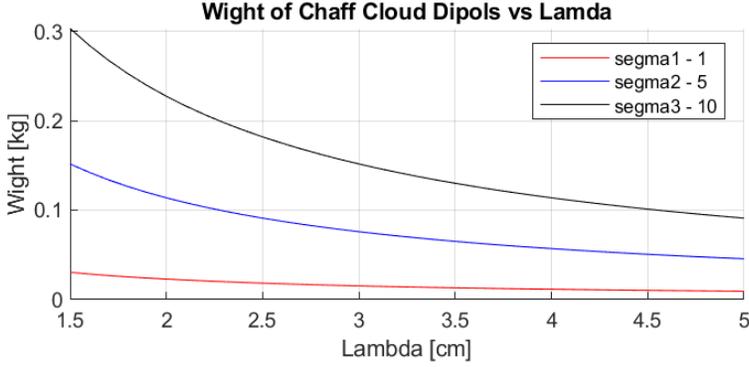
اسم المادة	السماحية النسبية	النفوذية النسبية	الناقلية الكهربائية
هواء	1.0006	1.0	$1.2 \times 10^{-12}$
الومينيوم	9.3	1.00000065	$36 \times 10^6$
زنك	8.5	1.999994	$16.6 \times 10^6$
فولاذ	1	2000	$10.1 \times 10^6$

يبين الشكل (5) الواجهة البرمجية GUI المبرمجة في بيئة Matlab لمحاكاة أثر سرعة الرياح ووزن وعدد القطع الدايبولية ومعامل الانعكاس للمواد المستخدمة.

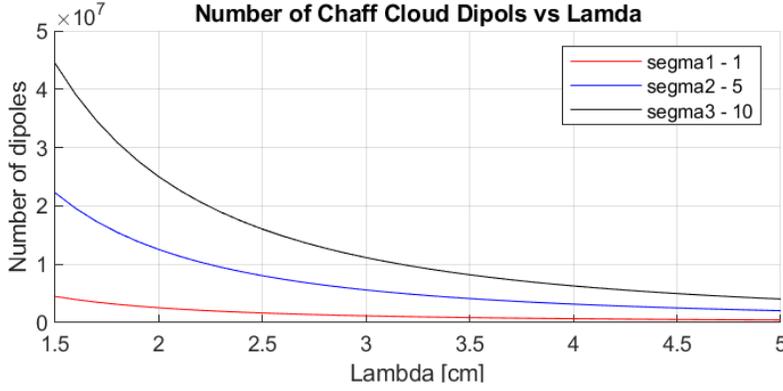


الشكل (5) الواجهة البرمجية GUI الممنذجة للبرامترات الفاعلة في عمل الغيمة

يُظهر الشكلين (6) و (7) علاقة وزن وعدد الديبولات المطلوب لتشكيل غيمة ديبولات عاكسة ذات سطح عاكس فعال  $\sigma_c = (1,5,10)m^2$  عند طول موجة تقع ضمن المجال  $\lambda = (1.5 \div 5)cm$  وذلك عند المحاكاة البرمجية ببيئة الماتلاب.



الشكل (6) علاقة وزن الديبولات المطلوب لتشكيل غيمة ديبولات عاكسة ذات سطح عاكس فعال



الشكل (7) علاقة عدد الديبولات المطلوب لتشكيل غيمة ديبولات عاكسة ذات سطح عاكس فعال

يتعلق السطح العاكس الفعال الكلي لـ (chaff) بكتلة حزمة الديبولات العاكسة

ويعطى بالنسبة للنماذج الأكثر استخداماً بالعلاقة (8) [2]:

$$\sigma_T \approx 22000\lambda.W_C \quad (8)$$

حيث:  $W_C$  كتلة حزمة الديبولات مقدرةً بـ  $kg$ . توضح المنحنيات البيانية على الشكل (6) العلاقة ما بين كلٍ من طول الموجة ( $\lambda$ ) والوزن اللازم من الديبولات، ذات الاستقطاب الدائري، لتشكيل غيمة ديبولية بسطح عاكس فعال مقداره الأرقام الثلاثة  $\sigma_C = (1,5,10)m^2$  وكذلك العلاقة وما بين طول الموجة ( $\lambda$ ) والعدد الكلي للديبولات العاكسة لتشكيل نفس تلك الغيمة.

$$\lambda = (1.5 \div 5)cm \text{ عند طول موجة تقع ضمن المجال } \sigma_C = (1,5,10)m^2$$

حيث يُلاحظ من الشكل بأنه مع زيادة طول الموجة تتناقص كتلة الغيمة الكلية من أجل مقطع راداري معين، وذلك بسبب الانخفاض الكبير في العدد حتى نحصل على ذات المقطع الراداري، كما ويُلاحظ أنه مع زيادة المقطع الراداري المطلوب تزداد كتلة الغيمة عند ذات طول الموجة كما يزداد عدد العناصر المطلوب لتأمين قيمة هذا المقطع. كما يُلاحظ من الشكل بأنه مع زيادة طول الموجة يتناقص الفرق في عدد الديبولات المستخدمة لتأمين مقاطع رادارية متفاوتة فعند طول الموجة 5 cm مثلاً يُلاحظ بأن المقاطع الرادارية الثالثة تتطلب العدد ذاته من الديبولات تقريباً.

لإظهار تأثير الرياح يُلاحظ أن رقائق الديبولات تنتشر في طبقات الجو أفقياً وتتساقط ببطء متذبذبة تبعاً لاضطرابات حركة الرياح مما يؤدي لتضخم معامل انعكاسها ( $\eta$ ) وازدياد نسبة الاستقطاب اللاخطي لها وفقاً لكثافتها وبالتالي ينخفض مدى الترابط ( $\rho$ ) فيما بينها. تتشابه من وجهة نظر الرادار خصائص التشويش الناتج عن الديبولات العاكسة مع خصائص التشويش الناتج عن الطقس إلى حد كبير باستثناء أن عرض حزمة التردد يكون قابلاً للامتداد ليصل لمجال (VHF) وكذلك يتعلق التردد الدوبلري الوسطي لطيف هذا النوع من التشويش بمتوسط سرعة الرياح أما بالنسبة لتوزعه فيتحدد بدرجة اضطراب الهواء وكما هو معلوم فإن اختلاف وتغير سرعة الرياح هو تابع للارتفاع. يشكل ضيق المجال الترددي أكبر سلبيات العواكس ذات الطول الثابت ولزيادة عرض المجال الترددي يتم ملء الحاويات بعواكس ذات أطوال مختلفة، لكن هذا يؤدي إلى زيادة وزن وكمية العواكس المطلوبة لتشكيل سحابة ذات سطح عاكس فعال معين. عادة تستخدم وسائط قص على متن الطائرة فبعد تحديد الرادار المراد إبطاله يحدد التردد الحامل ومن ثم يتم قص العواكس بما يناسب التردد المطلوب. يتصف الانعكاس الناتج عن الغيمة الإلكترونية بعشوائية المطال والصفحة ولذلك من الممكن توصيف تابع كثافة طيف استطاعته إحصائياً بتابع توزيع احتمالي ويُعتبر النموذج الغوصي (تابع التوزيع الطبيعي) الأكثر استخداماً لتوصيف هذا النوع من التشويش ويُعطى بالعلاقة (9):

$$W(f) = 1/\sqrt{2\pi\sigma_c^2} \exp(-f^2/2\sigma_c^2) \Rightarrow W(f) = W_0 \exp(-f^2/2\sigma_c^2) \quad (9)$$

حيث:  $W_0$ : القيمة الأعظمية لتابع كثافة طيف استطاعة التشويش السليبي الناتج عن الـ

chaff ،  $\sigma_c^2$  هو تشتت تردد إشارة التشويش السليبي (chaff) مقدراً بالهرتز (Hz).

يمكن التعبير عن العلاقة السابقة في مجال السرعة بالعلاقة (10):

$$W(v) = W_0 \exp(-v^2/2\sigma_v^2) \quad (10)$$

حيث:  $v$  سرعة التشويش السليبي (chaff) مقدرة بـ (m/s) ،  $\sigma_v$  هي الانحراف المعياري

لسرعة (chaff) ويُعطى بالعلاقة (11):

$$\sigma_v = \sigma_c \cdot \lambda / 2 \quad (11)$$

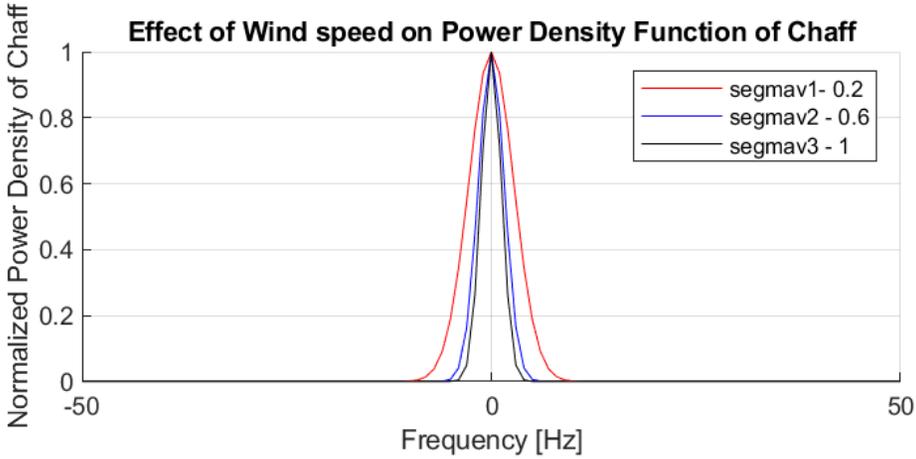
يوضح الشكل (8) علاقة تابع الكثافة الطيفية لـ (chaff) بالتردد عند القيم الأكثر

احتمالاً لـ  $\sigma_v$  وذلك من أجل القيم (1-0.6-0.2) ويُلاحظ بأنه مع زيادة الانحراف

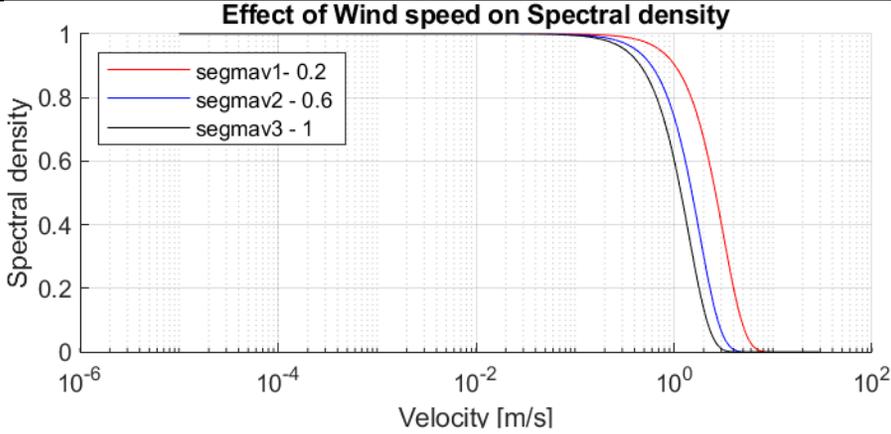
المعياري يصبح عرض المجال أضيق، وذلك من أجل طول موجة 3 cm ، كما يوضح

الشكل (9) العلاقة ما بين كثافة الاستطاعة الطيفية وسرعة الريح عند قيم الانحراف

المعياري الثلاثة.



الشكل (8) علاقة تابع الكثافة الطيفية لـ (chaff) بالتردد عند القيم الأكثر احتمالاً لـ  $\sigma_v$  من أجل قيم مختلفة



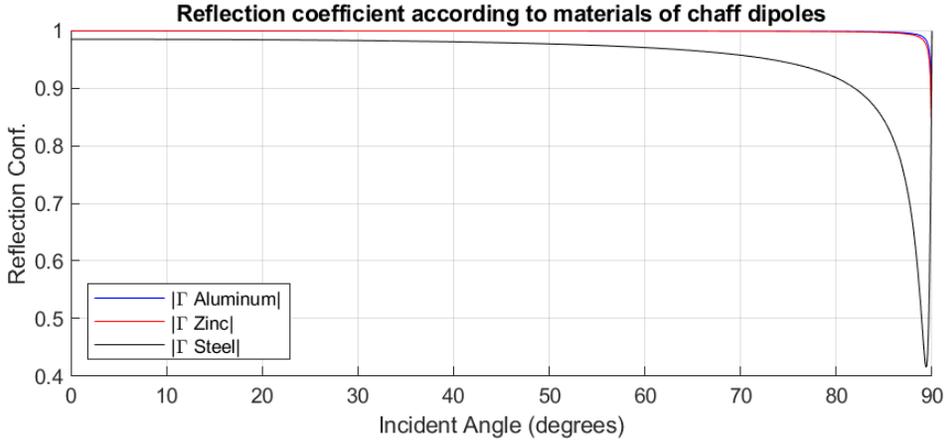
الشكل (9) العلاقة مابين كثافة الاستطاعة الطيفية وسرعة الريح عند قيم الانحراف المعياري الثلاثة.

بالنسبة لنتيجة المحاكاة بيئية الماتلاب في الشكل (10) فتوضح معامل الانعكاس لديبول عند استخدام مادة المنيوم - زينك - فولاذ ، ويُلاحظ من الشكل ما يلي:

1- للفولاذ أقل معامل انعكاس إلا أنه مقبول نسبياً

2- يتطابق معاملي انعكاس الزنك والألمنيوم.

وبما أن الكثافة الحجمية عند درجة حرارة الغرفة لكل من الألمنيوم 2.375 غ/سم<sup>3</sup> وللزنك 7.14 غ/سم<sup>3</sup> وللفولاذ 7.9 غ/سم<sup>3</sup> فإن استخدام الألمنيوم من حيث الوزن هو الأخف وهنالك تقارب في الوزن ما بين الزنك والفولاذ. ومن وجهة نظر أخرى فإن الألمنيوم أرخص من الزنك من حيث السعر العالمي إلا أن الفولاذ هو الأرخص على الإطلاق ويفارق كبير عن كلتا المادتين، ولكن من وجهة نظر ثانية فإن عملية التغطية بالزنك هي أسهل منها من باقي المواد وتتعدد تقنيات التغطية، وبالتالي في حال تم استخدام الألياف فإن الأفضل استخدام التغطية بالزنك ولكن في حال استخدام المعدن كعاكس فإنه من الأفضل استخدام الألمنيوم.



الشكل (10) معامل الانعكاس لديبول عند استخدام مادة المنيوم - زينك - فولاد

## 6- الخلاصة

مما تقدم يمكن الاستنتاج أنه هنالك عدة أنواع للتشويش السلبي ولكل منها خصائصه المميزة وهذا يستدعي وجود عدة طرق لحذفه إلا أن التشويش السلبي المصطنع والناجم بشكل خاص عن الديبولات العاكسة (chaff) يعتبر الأعدد ومازالت مهمة التخلص من تأثيره بشكل كامل تشغل اهتمام الباحثين في علم الرادار. يمكن محاكاة العوامل المؤثرة على الغيمة الإلكترونية باستخدام نماذج رياضية والوصول إلى نتائج قريبة من الواقع العملي، حيث أن تغيير المواد المعدنية يؤثر مباشرة على أداء الغيمة من حيث الوزن والأداء والكلفة ويفضل استخدام الألمنيوم للعواكس المعدنية أو الطلاء بالزنك من أجل العواكس المصنوعة من الألياف، كما أنه يمكن دراسة علاقة الوزن وعدد العواكس المستخدمة لتأمين مقطع راداري معين يحاكي هدف معين مع دراسة أثر سرعة الرياح واضطرابها على تردد دوبلر وبالتالي الكشف.

## المراجع References

- [1] ZAK J.; VACH M.; DVORACEK F., 2016 – **Advanced Chaff Usage in Modern EW. IEEE**, 4.
- [2] HARRISON A., 2020 - **Introduction to Radar Using Python and MATLAB**. ARTECH HOUSE, London, 491.
- [3] KNOTTE E.; SHAEFFER J.; TUELY M., 2004 - **Radar Cross Section**. SciTech Publishing, second edition, USA, 634.
- [4] LIXINEN G.; YANCHUAN Z., 2020 – **Investigation on the Electromagnetic Scattering from the Chaff Cloud in Airflow with VRT. IEEE**, 4.
- [5] HUANG H. ; TONG Z. ; CHAI S. ; ZHANG Y., 2018 - **Experimental and numerical study of chaff cloud kinetic performance under impact of high speed airflow. Chinese Journal of Aeronautics**, **31(11)**, 2080-2092.
- [6] BAJPAI V.; KUMAR V.; GADRI K.; SINGH A.; MOHAMMAD N.; CHOHAN K.; BASITA A.; VAISTHA P.; KUMAR R., 2021 - **Optimization of Coating Thickness of Conducting Material on Base Fiber to make it as a Radar Reflector. International Journal of Advances in Microwave Technology (IJAMT)**, **6(1)**, 247-253.
- [7] ZHU G.; MAN L.; CHEN Y.; YIN H., 2018 - **Approach of Electromagnetic modeling for chaff clouds formed by exploding. IEEE**, 3.
- [8] CUI G.; SHI L.; MA J.; WANG X., 2018 - **Study on Chaff Diffusion and Polarization Stratification. IEEE**, 3.
- [9] SHI F.; XU W.; YUXU C.; WENG X.; QIN L., 2012 - **The Analysis of Influence Factors of Chaff's Jamming Property in the Rainy Day. IEEE**, 5.
- [10] TAO W.; JIE X.; BING L.; JUN W., 2014– **The Propagation Properties of Chaff Clouds in Atmosphere. IEEE**, 6.

[11] PINCHOT L.; BECHU O.; POULIGUEN P., 2005– **A chaff cloud modelisation. ANTEM**, 4.

[12] Matlab, 2015 - **Creating Graphical User Interfaces**. The Mathworks Inc., USA, 502.

## توصيف الملح الخام المستثمر من سبخة الموح في تدمر

طالبة الماجستير: ورود الضاهر - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين

الدكتور المشرف: هاجر ناصر

### ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى توصيف الملح الخام المستثمر من سبخة الموح في تدمر، لتحديد درجة نقاوة هذا المورد الهام اقتصادياً، بالإضافة إلى معرفة مدى احتوائه على بعض العناصر الثقيلة الملوثة والتي يسبب وجودها ضرر بيئي وصحي. لتحقيق أهداف هذا البحث تم أخذ عينات ملحية من أربع مواقع في السبخة، ثم تم إجراء تحاليل كيميائية لتحديد نسب العناصر الرئيسية بتقنية الأشعة السينية المفلورة (XRF)، ونسبة الفلوريد بتقنية مقياس الطيف الضوئي UV-Spectrophotometer، ولمجموعة من العناصر الثقيلة (الكاديوم، الرصاص، النحاس، الزئبق) باستخدام جهاز الامتصاص الذري (AAS)، بالإضافة إلى تحليل فلزي بتقنية حيود الأشعة السينية (XRD). تم إجراء هذه التحاليل في كل من المعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة تشرين، و المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية في دمشق.

أوضحت نتائج التحليل الكيميائي الكمي (XRF) ارتفاع نسبة كلوريد الصوديوم في العينات لتصل إلى (91.21) %، وأوضح تحليل (UV) ارتفاع نسبة شاردة الفلوريد إلى (21.4) %.

أظهرت نتائج تحليل (AAS) للعناصر الثقيلة أن تراكيزها تقع ضمن الحدود الموصى بها في المواصفة القياسية لملاح الطعام الخام (2015:1352) باستثناء عنصر النحاس الذي وصل تركيزه إلى ppm (2.52) ويرجع ذلك لوجود صخور المتبخرات بالمنطقة. بينت نتائج التحليل الفلزي (XRD) وجود فلز الهاليت كفلز رئيس تم تحديده على أساس الانعكاس القاعدي ( $d=2.8377$ ) وعند زاوية الانعراج ( $2\theta=31.5$ )، رافقه أطوار لفلزات ثنائية وهي: (الكالسيت، الإيليت، الكوارتز، الفلوريت)، مصدرها تجوية وانحلال التشكيلات الصخرية الموجودة في المنطقة (الحجر الكلسي، الدولوميت، المتبخرات، الغضاريات، الفوسفات، الصوان والرمال).

الكلمات المفتاحية: الملح الخام، الهاليت، كلوريد الصوديوم، سبخة الموح

## Characterization of the raw salt invested from al-Mouh sabkha in Tadmor

This study aims to characterize the raw salt invested from al-Mouh sabkha in Tadmor, to determine the degree of purity of this economically important resource, in addition to knowing to which it contains some heavy polluting elements, the presence of which may cause environmental and healthy damage.

In order to achieve the objectives of this research, salt samples were taken from four sites in this Sabkha, then chemical analyzes were performed to determine the proportions of the main elements by X-ray Fluorescence technique (XRF), and the percentage of fluoride by Spectrophotometer-UV technique, and for a group of heavy metals by Atomic Absorption spectrophotometer (AAS), in addition to metallic analysis by X-Ray Diffraction technique (XRD). The analyzes were performed at the Higher institute of marine research at Tishreen University and General establishment of geology and mineral resources in Damascus. The results of quantitative chemical analysis by (XRF) showed a high percentage of sodium chloride to reach (91.21)%, and the (UV) analysis explained high fluoride to (21.4)%, The results of the analysis of heavy metals by (AAS) showed that their concentrations are within the recommended limits in Syrian standard specification for raw salt (1352:2015), except for Copper, whose concentration reached (2,5)ppm. This is due to the presence of evaporite rocks in the area.

The results of the metallic analysis by (XRD) showed the presence of Halite as the main metal, which was determined on the basis of the base reflection ( $d=2.8377$ ) and at the diffraction angle ( $2\theta=31.5$ ), accompanied by phases of secondary metals, namely (Calcite, Illite, Quartz, Fluorite).

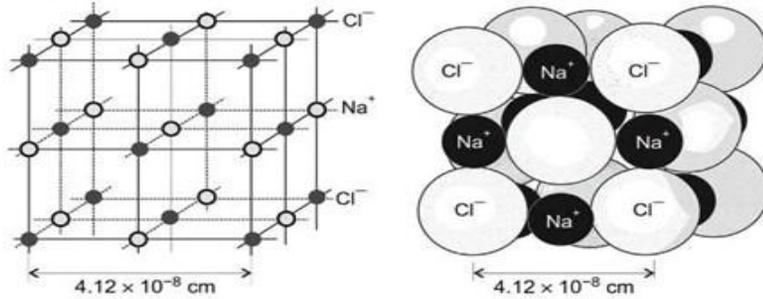
Its source is the weathering and dissolution of the rock formations in the area (Calcite and dolomite rocks, evaporites, clay minerals, phosphates, flint and sands).

**Key words:** Raw salt, Halite, Sodium chloride, al-Mouh sabkha

## مقدمة:

يتكوّن خام الملح المستثمر من السبخت من كلوريد الصوديوم (NaCl)، وهو فلز الهاليت أحد فلزات مجموعة الهاليدات الذي يتميز بطعمه المالح، بريقه الزجاجي، مخدشه الأبيض. تبلغ قساوته 2.5، أما وزنه النوعي فهو 2.6 [1].

يتبلور بالفئة المكعبة (الشكل 1)، معامل انكساره 1، أي متساوي الخواص الضوئية، وهو عديم اللون أو أبيض عندما يكون نقياً، ويتلون بالأحمر، البني، الأزرق والأرجواني اعتماداً على نوع وكمية الشوائب فيه [2].



الشكل 1/ البنية البلورية لفلز الهاليت (NaCl) وشكل توزع الذرات.

يعتبر الهاليت فلز رئيس في رواسب المتبخرات مثل (الجص، الانهدريت، السيلفين ..) المتميزة بمعاملات انحلال مرتفعة ولا تترسب إلا في ظروف مرتفعة الحرارة وشديدة التبخر ( شاطئية، لاغونية، قارية، بحيرية، مستنقعية، سبخية مالحة) وبترافق معه فلزات ثانوية مثل الكربونات، الغضاريات، الرمال [3].

ترتبط عملية ترسيب المتبخرات من المحاليل المائية المشبعة بتركيز الأملاح وتراكيبها الكيميائية ودرجات حرارة المحاليل مع بقاء الضغط ثابتاً. حيث يزداد تركيز المحاليل بزيادة التبخر فتترسب الأملاح وفق تسلسل تصاعد معاملات الانحلال (حيث تترسب الأملاح ذات معاملات الانحلال المنخفضة ثم الأعلى فالأعلى) [4].

يوجد الملح إما بشكل طبقات أو عدسات متباينة (ملح صخري) كما في توضعات المناجم وهي أكثر التوضعات نقاوة، وقد يتم ترسب بعض الأملاح على السطح بشكل طبقات رقيقة أوقشور بنضح المياه الجوفية المالحة بالخاصة الشعرية من الأسفل نحو السطح بتأثير عمليات التبخر كما في السبخات (الملاحات السطحية)، وهي عبارة عن أحواض ترسيبية طبيعية، تتجمع فيها السيول والأمطار في فصل الشتاء وهي محملة بالأملاح وفي فصل الصيف تتوفر شروط تبخر مناسبة، وبالتالي يتشكل راسب ملحي ولها نوعين ساحلية وداخلية، يكون المحلول الملحي الجوفي فيها قريب من السطح وذو محتوى عالي من العناصر وأقل نقاوة من الملح الصخري ، وقد يصادف تكشف لطبقة ملحية على السطح بشكل قباب ملحية مرتفعة ناتجة عن حركتها نحو الأعلى بتأثير الحمولات فوقها [5] [6].

يتوضع خام الملح في سوريا في شكلين : الأول هو الملح الصخري، أفضل هذه التوضعات هي الموجودة في منجم التبني حيث يصل محتوى NaCl فيه لحدود 98%، ويقدر الاحتياطي بـ 31.5 مليون طن تقريباً ويعتبر مصدر أساسي لتأمين ملح الطعام في سوريا. الشكل الثاني: ملح السبخات الذي يستثمر منها بعملية التبخير الشمسي حيث يتم ضخ المحلول الملحي إلى أحواض وتعرضه لعملية تبخير مماثلة لمحلول ملحي بحري. أهم هذه السبخات هي سبخة الجبول في حلب، سبخة الموح في تدمر، يبلغ متوسط إنتاج الملح منها حوالي 15 ألف طن سنوياً و تتناسب سماكة التوضعات الملحية في هذه السبخات مع كمية المياه التي تتجمع في أحواضها [7].

يستخدم ملح كلوريد الصوديوم في عدة مجالات منها: حفظ الأغذية ، إزالة الجليد عن الطرق ، في محطات معالجة المياه.

هناك صناعات تستخدمه كمادة خام مثل الصباغة والديباغة وصناعة السيراميك والمطاط، أما في الصناعات الكيميائية فيعد إنتاج الكلور القلوي أكبر مستهلك صناعي للملح إضافة لإنتاج الصودا الكاوية ورماد الصودا وذلك بعملية التحليل الكهربائي [8].

### أهمية البحث وأهدافه :

تتجلى أهمية البحث من ناحيتين : اقتصادية و بيئية ، حيث يهدف البحث إلى توصيف الملح الخام المستثمر من سبخة الموح لمعرفة درجة نقاوته وجودته من خلال إجراء تحاليل كيميائية وفلزية له وذلك تمهيداً لخطوات لاحقة لزيادة فرص استثماره في مجالات إضافية، و تحديد تراكيز بعض العناصر الثقيلة ومقارنتها مع المواصفة القياسية السورية لمالح الطعام الخام لخطورة وصول هذه العناصر للبيئة والإنسان

### طرائق البحث ومواده :

تضمنت الدراسة أعمالاً حقلية ومخبرية، حيث تم القيام بمجموعة من الجولات الحقلية إلى موقع الدراسة في فصل الصيف وتحديد أربع مواقع لأخذ العينات الملحية من أحواض استثمار الملح تم إدراج مجموعة صور فوتوغرافية لها .



مجموعة صور فوتوغرافية لأحواض استثمار الملح في سبخة الموح

وحددت إحداثياتها باستخدام جهاز GPS (الشكل 2) وهي كالتالي:

W1 :34° 29.71' E: 38° 18.86' : N

W2 :34° 29.50' E: 38° 25.39' : N

W3 :34° 28.61' E: 38° 25.39' : N

W4 :34° 28.80' E: 38° 14.50' : N

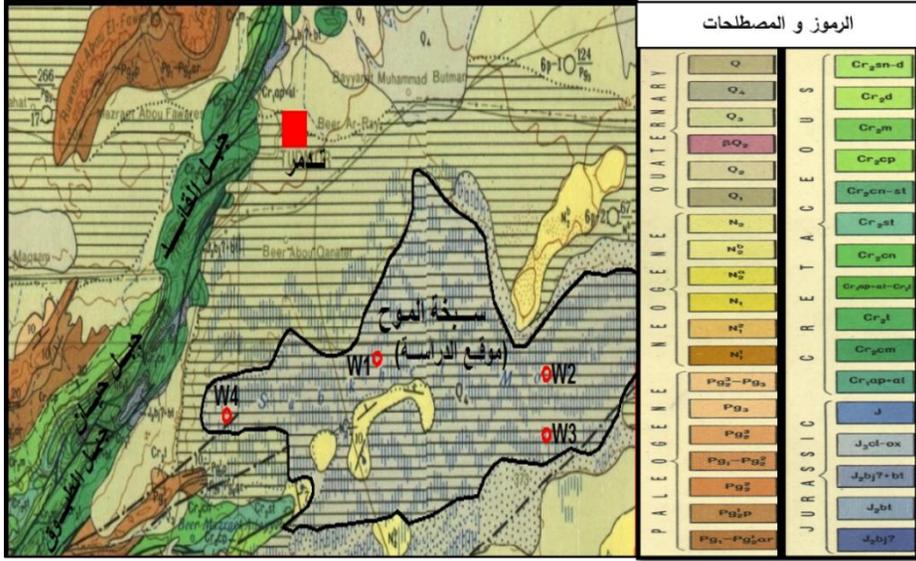
### منطقة الدراسة :

تقع سبخة الموح في المنطقة الوسطى من سورية ، بين خطي عرض 34 ° و 35° شمال وخطي طول 38 ° و 39° شرق. بالتحديد إلى الجنوب والجنوب الشرقي لمدينة تدمر، تبلغ مساحتها حوالي 240 كم<sup>2</sup> بارتفاع 370 م عن سطح البحر.

تعدّ هذه المنطقة من المناطق الجافة وشبه الصحراوية. تتّصف بصيف حار وجاف تصل درجة الحرارة فيه إلى حوالي 40 درجة مئوية، بينما يكون الشتاء ماطرًا، والهائل المطري في حالة تناقص مستمر بسبب التصحر الممتد على أكبر مساحة من المنطقة، أما الرياح السائدة هي الرياح الغربية بالإضافة إلى الرياح الجنوبية والجنوبية الشرقية.

### الإطار الجيولوجي لمنطقة الدراسة :

تعد سبخة الموح أخفض نقطة طبوغرافية في المنطقة وهي مصب لكافة المسيلات والأودية المائية، تصل ملوحة المياه في السبخة إلى (200 gr/l) وهي بشكل عام كلورية - صودية أو سلفاتية - كلسية [9]. المرتفعات الجبلية تحيط بها على شكل نطاق وبشكل خاص الجزء الشمالي والغربي للسبخة. لا بد من توضيح التراكمات الجيولوجية للوحدات المحيطة بالسبخة لمعرفة العلاقة المنشئية بين تركيب هذه الصخور والملح المتوضع في السبخة ، بالإضافة إلى توضيح حدود التكتشفات الليتولوجية ومعرفة تتالي الوحدات الصخرية



الشكل /2/ جزء من الخارطة الجيولوجية لرقعة تدمر بمقياس 1:200000 يظهر منطقة سبخة الموح محدد عليه مواقع أخذ العينات (W1, W2, W3, W4)

يتبين من خلال دراسة الخارطة الجيولوجية لرقعة تدمر بمقياس 1:200000 (الشكل /2/) [10] تكشف التوضعات الآتية من الأقدم نحو الأحدث:

1- توضعات الجوراسي **J**: تتكشف في نوى جبال السلسلة التدمرية الواقعة غرب السبخة متمثلة بمرتفعات جبل القائد وحيان والطبوق والأبتر، وتتألف من توضعات كلسية دولوميتية مترافقة مع جص وغضار.

2- توضعات الكريتاسي **K**: وتشكل الجزء الأكبر من الجبال التدمرية. تتألف توضعاته من حجر رملي وحجر كلسي دولوميتي وغضار ومارل، (كريتاسي أسفل)، وتوضعات كربوناتية بحرية المنشأ بعضها غني بسويات صوانية وفوسفاتية (كريتاسي أعلى).

3- توضعات الباليوجين **P**: تتكشف في المناطق الواقعة شمال السبخة مثل جبل المستديرة، هضبة أرك، وتتألف من توضعات كلسية بالإضافة إلى المارل والغضار.

4- توضعات النيوجين N: يتكشف إلى الجنوب الشرقي من السبخة، توضعاته قارية مثل الرمال والغضار والحصى وبعض المتبخرات .

5- توضعات الرباعي Q : تملأ هذه التوضعات منخفض السبخة وهي توضعات بحيرية-سيلية وسفوح جبلية تتألف من حطاميات ناتجة عن حت وتجوية الجبال والهضاب المحيطة بالسبخة، ومن الخصائص الهامة لهذه التوضعات البحرية أنها تبقى مغمورة بالمياه طيلة فترة الفيضانات وتجف في فصل الصيف ولكن المياه الجوفية تبقى قريبة من سطح الأرض وهذا يعطينا فكرة عن بيئة الترسيب وطبيعة تراكم الأملاح في السبخة[11].

تضمن العمل المخبري تحضير العينات الملحية لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزية الآتية:

1- تم إجراء تحليل كيميائي كمي لنسب العناصر الموجودة في العينات باستخدام جهاز التحليل بالأشعة المفلورة (X-Ray Fluorescence) الموجود في مخابر المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية نوع (EDX 6000B)، بنظام كشف تشتت الطاقة EDXRF الذي يسمح بالكشف عن مجموعة واسعة من العناصر في وقت واحد يستغرق حوالي 120 ثانية [12]، وظهرت النتائج بشكل أكاسيد بنسب مئوية وزنية.

تم تحليل شاردة الفلوريد  $F^-$  باستخدام مقياس الطيف الضوئي Spectrophotometer Jasco-UV الموجود في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة تشرين حيث تم قياس الامتصاصية عند الطول الموجي 425nm.

2- تم تحديد تراكيز بعض العناصر الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometry) موديل Varian 220 الموجود في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة تشرين.

حددت تراكيز كل من ( النحاس - الرصاص - الكاديوم ) بتقنية الفرن الغرافيتي والتي تتميز بحدود كشف منخفضة من رتبة جزء بالبلليون (ppb).

حدد تركيز ( الزئبق ) وفق تقانة البخار البارد (Cold vapor technique) باستخدام خلية كوارتز ،حيث تمت عملية التحليل باستخدام كلوريد القصديري(SnCl<sub>2</sub>) كمادة مرجعة.

وذلك وفق الشروط التحليلية الموضحة في الجدولين (1) و(2).

الجدول/1/ الشروط الألية لعمل جهاز مطيافية الامتصاص الذري وفق تقانة الفرن الغرافيتي

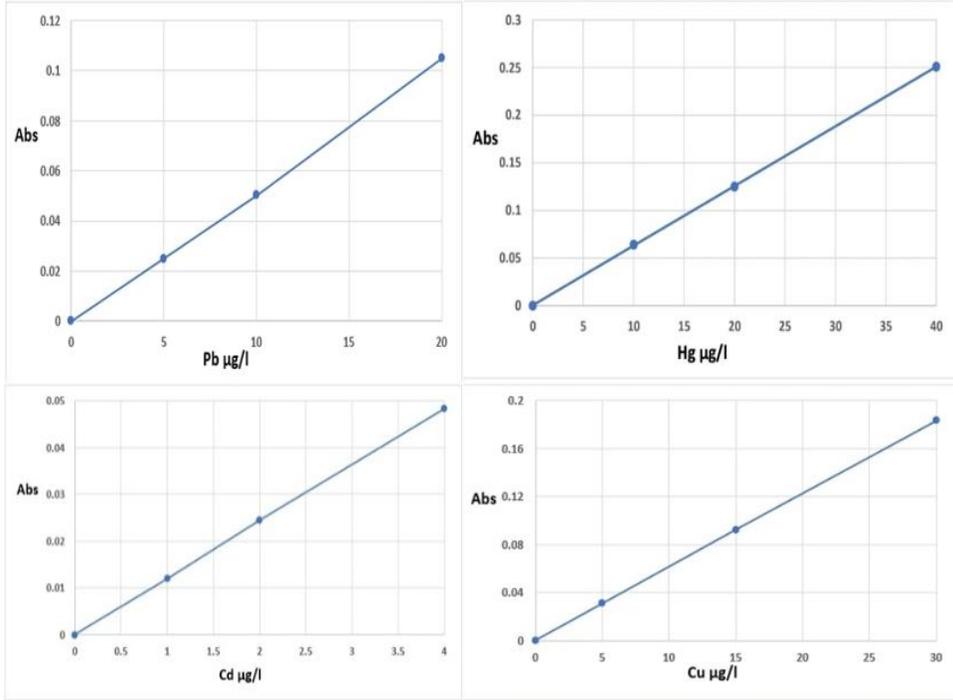
العنصر	نوع المصباح	طول الموجة	شدة تيار المصباح	عرض الشق الطيفي	الغاز الحامل
<b>Cd</b>	HCl	228 nm	4 mA	0.5 nm	الأرغون
<b>Pb</b>	HCl	217 nm	10 mA	0.5 nm	الأرغون
<b>Cu</b>	HCl	324 nm	4 mA	0.5 nm	الأرغون

الجدول/2/ الشروط التحليلية لتحديد تركيز الزئبق وفق تقانة البخار البارد

العنصر	نوع المصباح	طول الموجة	شدة تيار المصباح	عرض الشق الطيفي	الغاز الحامل
<b>Hg</b>	HCl	253.7 nm	4 mA	0.5 nm	الأرغون

رسمت المنحنيات العيارية وفق المجالات الآتية(الشكل 3)

Hg (0-40ppb) ،Cu (0-30 ppb)،Pb (0-20 ppb) ،Cd (0-4 ppb)



الشكل /3/ المنحنيات العيارية للعناصر الثقيلة المدروسة

3- تم تحديد هوية الأطوار الفلزية الرئيسية والثانوية بشكل دقيق باستخدام جهاز قياس انعراج الأشعة السينية بطريقة المسحوق - Powder X-Ray Diffraction (XRD) PHILIPS – Type: PW 1830/00 الموجود في مخابر المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية في دمشق.

تم أخذ عينة مركبة من العينات الأربعة ممثلة لموقع الدراسة لإجراء التحليل، وتوليد الأشعة بطول موجة  $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$ ، ضمن مجال لزاوية الانعكاس ( $2\theta = 10^\circ - 70^\circ$ ).

## النتائج والمناقشة:

### 1- نتائج التحليل الكمي للعناصر:

تم تحديد النسبة المئوية للعناصر الموجودة في العينات الملحية للمواقع الأربعة بتقنية (XRF) كما هو موضح في الجدول (3) بالإضافة إلى نتائج تحليل شاردة الفلوريد التي تم إدراجها في الجدول (4)

الجدول (3) نتائج التحليل الكمي للعينات الملحية بتقنية (XRF).

%	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>
<b>L.O.I</b>	6.20	2.67	<b>10.44</b>	6.37
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.13	0.12	0.12	0.02
<b>CaO</b>	0.34	0.25	0.24	0.39
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.11	0.23	0.26	0.24
<b>MgO</b>	2.13	3.05	<b>8.41</b>	2.97
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.18	0.17	0.17	0.16
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.72	0.83	0.97	1.06
<b>SiO<sub>2</sub></b>	0.33	0.37	0.27	0.01
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>Na<sup>+</sup></b>	34.94	<b>35.86</b>	30.54	34.60
<b>Cl<sup>-</sup></b>	53.92	<b>55.35</b>	47.14	53.40
<b>NaCl</b>	88.86	<b>91.21</b>	77.68	88.00
<b>المجموع %</b>	99.01	98.91	99.07	99.23

الجدول (4) نتائج تحليل شاردة الفلوريد بتقنية Spectrophotometer Jasco-UV

	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>
<b>F<sup>-</sup> %</b>	18.5	<b>21.4</b>	19.71	18.9

نلاحظ من الجدول (3) أنّ شاردة الكلوريد تشكل أعلى نسبة مئوية يليها شاردة الصوديوم نستنتج أن نسبة كلوريد الصوديوم (NaCl) في هذه العينات هي المسيطرة وتتراوح بين

% (91.21 - 77.68)، بحيث سجلت أعلى نسبة في الموقع W2 مما يدل على النقاوة العالية للملح في هذا الموقع.

تتراوح نسبة الفاقد بالحرق (Loss On Ignition (L.O.I) بين (2.67-10.44%)، وهو يقدر المحتوى العضوي والكربوني في العينات بعد ترميدها على درجات عالية حيث تفقد العينات مافيهها من رطوبة ومواد عضوية وكربونات [13]. تدل نسبته العالية التي سجلت في الموقع W3 على وجود نسبة كبيرة من الكربونات في عينة الملح التابعة لهذا الموقع بالإضافة إلى رطوبتها المرتفعة.

يعود مصدر العناصر المترافقة مع كلوريد الصوديوم لكن بنسب منخفضة في العينات الملحية مثل ( المغنزيوم، الكالسيوم، البوتاسيوم، الألمنيوم، السيليكا و الفوسفور) إلى عمليات تجوية وانحلال كل من الصخور الكلسية والدولوميتية، المتبخرات، الغضاريات، الرمال والصوان، بالإضافة إلى التوضعات الفوسفاتية الموجودة في المنطقة والتي تصل نواتجها لتترسب في منخفض السبخة .

نلاحظ من الجدول (4) ارتفاع تركيز شاردة الفلوريد في المواقع الأربعة بنسبة تتراوح بين (18.5-21.4%)، وهي شاردة مرافقة للكلوريد في البيئات الشديدة الملوحة ولها نفس السلوك الكيميائي [14].

#### 1- نتائج تحاليل العناصر الثقيلة:

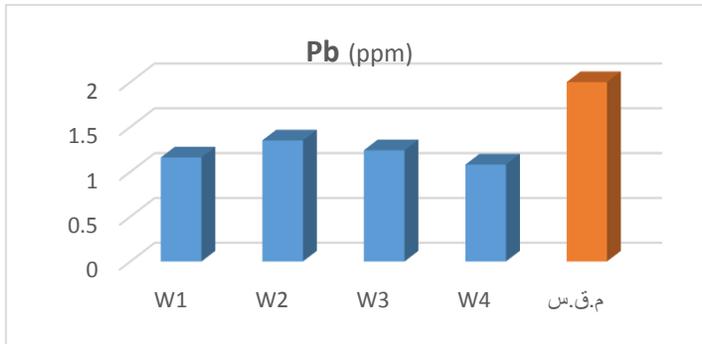
تم تحديد تركيز كل من (الرصاص، الكاديوم، النحاس، الزئبق) في كل عينة من العينات الملحية الأربعة التابعة لكل موقع، كون هذه العناصر تمتلك أهمية خاصة نظراً لسميتها العالية وقدرتها على التراكم الحيوي، بالإضافة إلى مقاومتها وعدم قابليتها للتفكك في البيئة كما أن وجودها بتراكيز عالية ضار بالبيئة و يقلل من جودة ونوعية الملح [15].

ثم تم مقارنة النتائج مع المواصفة القياسية السورية لملاح الطعام الخام (1352:2015) [16]. فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (5)

الجدول (5) قيم العناصر الثقيلة المدروسة بوحدة ppm مقارنةً مع قيم المواصفة [16]

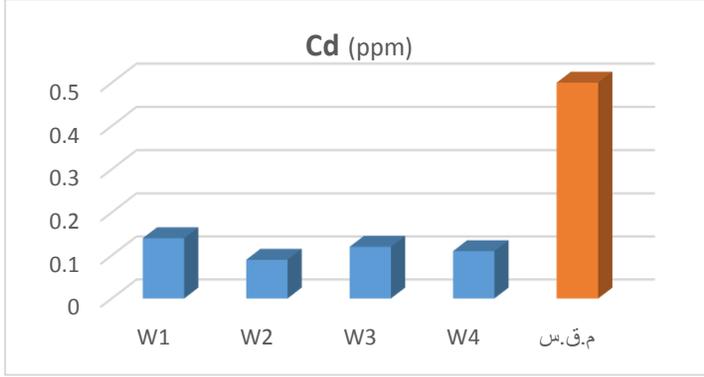
Hg(ppm)	Cd(ppm)	Pb(ppm)	Cu (ppm)	
0.07	<b>0.14</b>	1.16	<b>2.35</b>	<b>W1</b>
0.08	0.09	<b>1.35</b>	2.19	<b>W2</b>
<b>0.09</b>	0.12	1.24	2.52	<b>W3</b>
0.08	0.11	1.08	2.04	<b>W4</b>
0.1	0.5	2	2	<b>م.ق.س 1352</b>

تراوحت قيم تراكيز الرصاص بين ppm (1.08-1.35)، وقد سجل أعلى تركيز في الموقع W2 وأقل قيمة في الموقع W4 كما هو موضح بالشكل (4). ونلاحظ بأن جميع القيم هي ضمن الحدود المسموح بها في المواصفة بالنسبة لهذا العنصر.



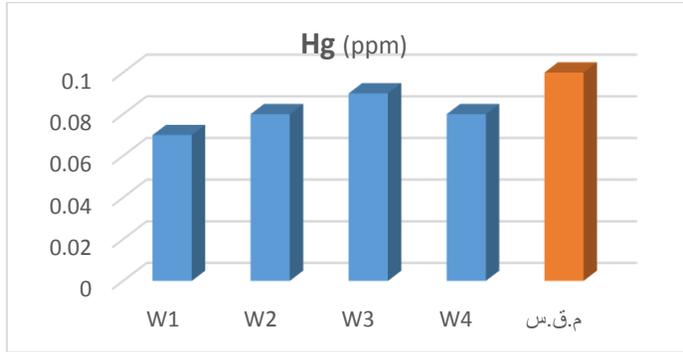
الشكل/4/ تركيز عنصر الرصاص في العينات المدروسة مقارنةً بالمواصفة القياسية

تراوحت قيم تراكيز الكاديوم بين (0.09-0.14) ppm وكانت أعلى قيمة في الموقع W1 وأقل قيمة في الموقع W4 كما هو موضح بالشكل (5)...ونلاحظ أن جميع القيم ضمن الحدود المسموح بها في المواصفة بالنسبة لهذا العنصر



الشكل/5/ تركيز عنصر الكاديوم في العينات المدروسة مقارنةً بالمواصفة القياسية

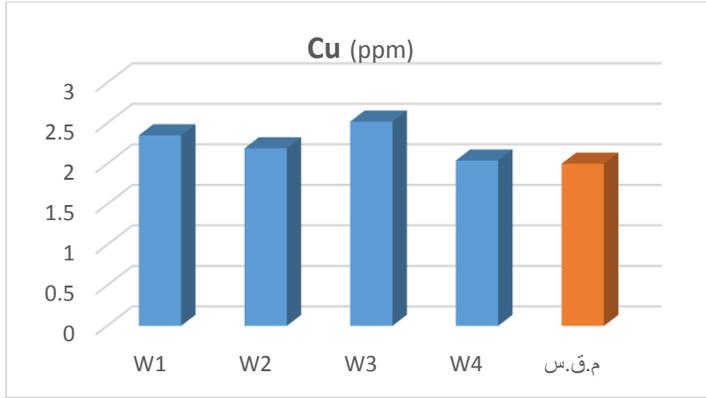
تراوحت قيم تراكيز عنصر الزئبق بين (0.08-0.14) ppm حيث سجلت أعلى قيمة في الموقع W3 وأقل قيمة في الموقع W4 كما هو موضح بالشكل (6)... ونلاحظ أن جميع القيم ضمن الحدود المسموح بها في المواصفة بالنسبة لهذا العنصر.



الشكل/6/ تركيز عنصر الزئبق في العينات المدروسة مقارنةً بالمواصفة القياسية

بالنسبة إلى عنصر النحاس فقد تراوحت قيم تركيزه بين (2.04-2.52) ppm وكانت أعلى قيمة في الموقع W3 وأقل قيمة في الموقع W4، كما هو موضح بالشكل (7)..

عنصر النحاس تجاوز القيم الموصى بها في المواصفة وهي ppm (2) وسجل أعلى قيمة ppm (2.52) في الموقع W3 وأقل قيمة ppm (2.04) في الموقع W4.



الشكل /7/ تركيز عنصر النحاس في العينات المدروسة مقارنةً بالمواصفة القياسية

نلاحظ تقارب قيم التراكيز بالنسبة للعناصر الأربعة في المواقع المدروسة، ويمكن ترتيبها بالشكل التالي  $Cu > Pb > Cd > Hg$ .

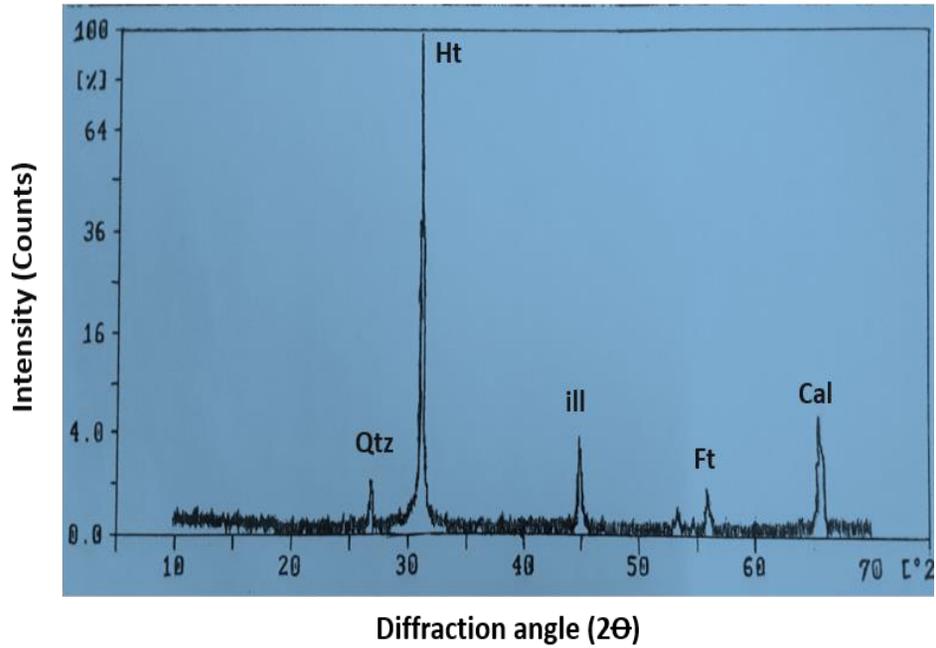
تنتج هذه العناصر من مصدر طبيعي أي عن تجوية وانحلال الصخور الموجودة بالمنطقة أهمها الصخور الكلسية والمتبخرات، ويؤكد مصدرها الطبيعي عدم وجود مصادر صناعية قريبة من السبخة.

تنتقل العناصر الثقيلة من الطور المنحل لتستقر وتترسب وتشكل معقدات كلوريدية، كربوناتية، فوسفاتية، وكبريتيدية، ويشكل خاص عنصر النحاس الذي يختلف بسلوكه عن الرصاص والكاديوم ويتواجد بشكل حر بالمحلول الملحي ومنتشر بنسبة عالية في بيئة السبخات كونها بيئة مختزلة وغنية بالمتبخرات [17]، وهذا مايفسر ارتفاع تركيزه في عينات منطقة الدراسة مقارنةً ببقية العناصر الثقيلة المدروسة .

### 3- نتائج التحليل الفلزي بتقنية XRD:

تظهر نتائج التحليل الفلزي للعينة المركبة الممثلة للمواقع الأربعة في منطقة الدراسة الموضحة بطيف الانعراج (الشكل 8)

أن الطور الفلزي المسيطر في العينات الملحية هو الهاليت NaCl ، وهو ما أكدته نتيجة تحليل (XRF) بارتفاع نسبة كلوريد الصوديوم في العينات بالنسبة لبقية العناصر. تم تحديد فلز الهاليت على أساس الانعكاس القاعدي ( $d=2.8377$ ) وعند زاوية الانعراج ( $2\theta=31.5$ )، قرائن ميللر ( $hkl=111$ )، بلورات مستطيلة ذات اتجاه رأسي وأنماط نمو على شكل شيفرون CHEVRON، قد يكون سبب تبلوره بهذا الشكل اختلاف معدل التبلور ربما بسبب التغيرات في درجة الحرارة، حيث يكون التبلور سريعاً في النهار مع معدلات تبخر عالية، والتبلور بطيء في الليل، حيث تكون معدلات التبخر منخفضة [18]، وذلك مقارنةً بالهاليت المثالي ( $hkl=100$ ).



الشكل/8/ طيف انعراج الأشعة السينية (XRD) لعينة ملح ممثلة لموقع الدراسة  
Ht=Halite , Cal=Calcite , Qtz=Quartz , Ft=Flourite, ill=illite

كما تم تحديد بعض الأطوار الفلزية الثانوية وهي:

الكالسيت ( $\text{CaCO}_3$ ) حددت قمته عند الزاوية ( $2\theta=28$ )، و نلاحظ ارتفاع نسبة هذا الفلز من نتائج تحليل (XRF) التي أظهرت ارتفاع نسبة الفاقد بالحرق L.O.I وأيضاً يرجح أن يكون هذا الكالسيت من نوع (الكالسيت عالي المغنيزيوم) لوصول نسبة المغنيزيوم في العينات إلى 9%.

الكوارتز ( $\text{SiO}_2$ ) حددت قمته عند الزاوية ( $2\theta=26$ )، وهو فلز سليكاتي مقاوم لعمليات التجوية بشكل كبير، يدل على ظروف الحث الريحي في المنطقة للرمال والصوان.

تمثلت الغضاريات بفلز الإيليت  $(Al)_4O_{10}(OH)_2, Kal_2(Si)$  حددت قمته عند الزاوية  $(2\theta=4)$ ، وهو من الفلزات الطينية المستقرة في ظروف شديدة الملوحة، حيث تخضع فلزات الطين لتغيرات في حوض التبخر تؤدي لتحويلها إلى أشكال أكثر استقراراً وذلك تحت تأثير المحاليل الملحية ودرجة الحرارة ومحتوى المحلول من عناصر  $(Cl, Na, k, Mg)$  [19].

تبين وجود فلز الفلوريت  $(CaF_2)$  حيث تم تحديد قمته عند الزاوية  $(2\theta=55.5)$ . يعد الفلوريت فلز ثانوي يوجد في البحيرات المالحة (اللاغونات) وهو ضعيف الانحلال ويعتقد أنه يتشكل من تفاعل المحاليل الملحية القلوية مع فلزات الكربونات [14].

#### الاستنتاجات :

1- أظهرت التحاليل الكيمائية ارتفاع نسبة كلوريد الصوديوم في العينات لتصل إلى 91.21%. تواجدت بقية العناصر بنسب منخفضة باستثناء عنصري المغنيزيوم والفلور الذين وصلت نسبة كل منهما إلى 8.41% و 21.4% على التوالي.

2- يطابق هذا الملح المواصفة القياسية السورية لملاح الطعام الخام بالنسبة لعناصر (الرصاص، الكاديوم، الزئبق)، بينما تجاوز الحدود الموصى بها بالنسبة لعنصر النحاس وسجل أعلى تركيز 2.5 ppm، أي يحتاج هذا الملح إلى عملية تكرير بسيطة لتزيد نقاوته ويلبي المعايير المطلوبة.

3- أظهر التحليل الفلزي أن هذا الملح الخام مكوّن بشكل رئيس من فلز الهاليت مع وجود كل من (الكالسيوم، الإيليت، الكوارتز، الفلوريت) كأطوار فلزية ثانوية.

#### التوصيات:

- 1- إجراء تحاليل دورية للملح المستثمر ومقارنتها بالمواصفات.
- 2- إمكانية استخدام هذا الملح في مجالات صناعية ذات مردود اقتصادي مثل صناعة الكلور القلوي والصودا.

## References :

- [1] BONEWITZ,R 2012- Rocks and Minerals.United states by DK [1] publishing, USA,354.
- [2] SCHLICHTA,PJ1968- Growth deformation and defect structure of salt crystals,Saline deposites, Geo sci.88(597-617).
- [3] WARREN,J 2006- Evaporites: sediments resources and hydrocarbons,chapter 3: Sabkhas.saline.mudflats and pans.Springer,Germany,1042.
- [4] BABEL,M 2014- Geochemistry of evaporites and evolution of sea water,Elsevier,USA,9(8),483-560.
- [5] AJMALKHAN,M 2006-Sabkha Ecosystems, Springer,volumeII West and central Asia,1-7.
- [6] GEVANTMAN,LH 1981- Physical properites for Rock salt,Purdue university,USA,300.
- [7] Genral Establishment of Geology and Mineral Resources 2007- Diractory of useful materials in Syria. [in Arabic]
- [8] KAUFMAN,D 1960 -Soudium Chloride,ACS monograph series,NO:145,THE American chemical society, New York,pp 743.
- [9] ABYZAKHEM,B 2000 -Environmental isotope techniques in hydrological study of Mouh-Sebkha basin, Atomic Energy Commission Syria (AECS), Department of Geology in Damascus. [in Arabic]
- [10] PONYKAROV,V 1963 -Geological map of Tudmor sheet 1-37-XV, Scale 1:200000, Ministry of industry S.A.R.
- [11] PONYKAROV,V 1966- Explanatory note of Tudmor sheet on 1:200000 Scale,  
Ministry of industry S.A.R.

- [12] CHEN,Z.GIBSON,W 2008- High Definition X-Ray fluorescence principles and techniques, Research article,USA,ID:31817-10.
- [13] HEIRI,O,LOTTER,A 2001-Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments reproducibility and comparability of results, Switzerland,Journal of paleolimnology 25:101-110.
- [14] EUGSTER,H 1980- Geochemistry of evaporitic lacustrine deposits,Department of Earth and planetary sciences,8: 35-63.
- [15] HESHMATI,A,VAHIDINE,A 2014- Determination of heavy metal levels in edible salt, Iran,Avicenna j Med Biochem,2(1),DOI:10.17795.
- [16] Syrian Arab Standards and Metrology commission- Syrian standard specification for Raw Salt NO: 1352 for the year 2015, Ministry of industry, Syria. [in Arabic]
- [17] LONG,D,ANGINO,E 1977- Chemical speciation of Cd, Cu, Pb, and Zn in mixed freshwater, seawater, and brine solutions,ScienceDirect, Geochimica et Cosmochimica Acta,41(1183-1191).
- [18] KENDALL,A.C 1979 – Facies models continental and supratidal (Sabkha) evaporites, Canada, Facies models Geosci, 1:145-157.
- [19] BILONIZHKA,P,IAREMCHUK,A 2012- Clay minerals of miocene evaporites of the Carpathian region,Ukraina, Biuleyn Panstwowego Instytutu Geologicznego 449:137-146.

# التنبؤ بالأمراض المزمنة باستخدام تحليل البيانات

## لشبكة حساسات الجسم

طالب الدراسات العليا: م. محمد خليل

قسم هندسة البرمجيات ونظم المعلومات - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

إشراف: د. مهند رجب إعداد

### ملخص

في الوقت الحاضر تعد الأمراض المزمنة السبب الرئيسي للوفيات في جميع أنحاء العالم، وهي تشمل أمراضاً مختلفة مثل السكري، والسكتة الدماغية، وأمراض القلب، والأوعية الدموية، وأمراض الصحة العقلية، والسرطانات، وأمراض الجهاز التنفسي المزمنة. الأمراض المزمنة هي أكبر تحدٍ يواجهه العالم، وهي أيضاً السبب الرئيسي لاستشفاء كبار السن؛ لذلك يعد تطوير وبناء نموذج تنبؤ فعال للأمراض المزمنة ذا قيمة كبيرة في مجال الرعاية الصحية كونه يمثل نظام رعاية صحية بتكاليف أقل، ونتائج أدق، وأفضل، وأكثر وثوقية، وقابل للتطوير بدرجة عالية، كما يمكن استخدام تقنيات البيانات الضخمة لتخزين كميات هائلة من البيانات التي يولدها هذا النظام، والتي تشكل سجلاً لبيانات المرضى التاريخية، والتي تفيد في التنبؤ بأي خطر مستقبلي قد يهدد حياتهم.

في هذا المقال قمنا بتطوير نظام لمراقبة المؤشرات الحيوية للمريض القادمة من أجهزة استشعار يمكن ارتداؤها من قبل الشخص في الوقت الفعلي، بحيث يتم متابعة حالته الصحية بشكل مستمر، إضافة إلى تمرير هذه البيانات لمعالجتها، وتحليلها باستخدام نماذج مبنية على خوارزميات تعليم الآلة للتمكن من التنبؤ بخطر إصابة الشخص بمرض مزمن ما.

كلمات مفتاحية: خوارزميات تعليم الآلة، إنترنت الأشياء، الأمراض المزمنة، قواعد بيانات

Apache Cassandra، محرك تحليل البيانات Apache Spark.

# Chronic Diseases Prediction Using Data Analysis for Body Sensor Network

## Abstract

Nowadays chronic diseases are the leading cause of death worldwide and they include various diseases such as diabetes, stroke, cardiovascular diseases, mental health diseases, cancers, and chronic respiratory diseases. Chronic diseases are the biggest challenge facing the world and are also the main cause of hospitalization for the elderly people. Therefore, developing and building an effective predictive model for chronic diseases is of great value in the health care field, as it represents a health care system with lower costs, more accurate, more reliable system. Big data technologies can also be used to store huge amounts of data generated by this system, which constitutes a Historical patient data record, which is useful in predicting any future risk that may threaten their lives.

In this article, we have developed a system to monitor patient vital signs in real time which come from wearable sensors so that his health condition is continuously monitored in addition to passing this data for processing and analysis using machine learning models to predict the risk of chronic diseases.

Keywords: machine learning algorithms, Internet of Things, Chronic diseases, Apache Cassandra database, Apache Spark analytics engine.

## 1. مقدمة

يواجه العالم حالياً عدداً كبيراً من الوفيات الناجمة بشكل رئيسي عن الأمراض المزمنة، ففي الهند مثلاً يعاني كل عام أكثر من خمسة ملايين شخص من هذه الأمراض، والتي تشمل أمراضاً مختلفة مثل مرض السكري والسكتة الدماغية وأمراض القلب والأوعية الدموية وأمراض الصحة العقلية والسرطانات وأمراض الرئة المزمنة، و التي سنكلف الهند حوالي 280 تريليون روبية بين عامي 2012 و 2030 من الناتج الاقتصادي لها [1].

تواجه البلدان النامية ولا سيما في المناطق الآسيوية، والإفريقية قدراً كبيراً من الإخفاق في إنقاذ الأرواح البشرية بسبب التأخر في تشخيص الأمراض، ولاسيما المزمنة منها، وعدم القدرة على اكتشافها في وقت مبكر، والذي يمكن أن يساعد في معالجتها، أو التخفيف منها، وذلك باستخدام تقنيات إنترنت الأشياء التي تزودنا بالمؤشرات الحيوية للشخص المريض ليتم تحليل هذه البيانات من قبل خوارزميات متطورة قادرة على التنبؤ بإمكانية إصابة هذا الشخص بمرض ما على المدى القريب.

إن الممارسة اليومية للأطباء تنتج كنزاً كبيراً من البيانات التي من الممكن تحليلها لتحديد السمات المهمة والمؤثرة المرتبطة بحدوث الأمراض، وبالتالي يمكن الاستفادة منها في بناء نظام قادر على التنبؤ بهذه الأمراض بشكل مبكر، وبالتالي إنقاذ أرواح الكثير من الأشخاص المعرضين للإصابة بها.

يولد إنترنت الأشياء كمية كبيرة من البيانات التي تزودنا بها الحساسات، والتي يتم عرضها على أخصائي الرعاية الطبية في الزمن الحقيقي ليتابع حالة الشخص، الأمر الذي يعتبر صعباً وغير ممكن مع ازدياد حجم البيانات. المشكلة الأخرى هي أنه يجب تخزين هذا الكم الهائل من البيانات في قاعدة بيانات كبيرة لتتم معالجتها، ولكن مع الكم الهائل من البيانات القادمة طوال الوقت فإن الطرق التقليدية في تخزين ومعالجة البيانات غير كافية؛ لذلك لا بدّ من إيجاد طرق جديدة لمعالجة هذا الكم من البيانات عن طريق

استخدام تقنيات معالجة البيانات الكبيرة ، كما يعطي إنترنت الأشياء انخفاضاً في التكلفة ويوسع نطاق الوصول إلى المرافق الطبية إلى منطقة نائية ويحسن جودة الخدمات الصحية.

## 2. هدف البحث

يهدف البحث إلى بناء نظام معتمد على إنترنت الأشياء حيث يتلقى قيم المؤشرات الحيوية القادمة من الحساسات التي يتم ارتداؤها من قبل الشخص، ويقوم بتمرير هذه القيم على تقنيات معالجة وتحليل البيانات الكبيرة بهدف التنبؤ بالحالة الصحية للشخص واحتمالية إصابته بمرض مزمن ما.

## 3. الدراسات ذات الصلة

- قدم الباحث فيزار أحمد من جامعة بودابست في هنغاريا بنية تقنية تهدف إلى التنبؤ بالنوبة القلبية بشكل مبكر باعتبارها أحد الأسباب المؤدية إلى الموت في العالم، وذلك بالاستفادة من قيم المؤشرات الحيوية القادمة من شبكة حساسات الجسم مثل معدل ضغط الدم و مستوى سكر الدم والكوليسترول في الدم حيث قسم الباحث بيانات الأشخاص إلى ثلاث أقسام هي البيانات الشخصية وهي ثابتة مثل العمر والجنس وبيانات دورية يتم قياسها كل فترة مثل مستوى الكوليسترول والسكر في الدم وبيانات يجب قياسها بشكل دائم تسمى بيانات حية معدل ضغط الدم ونبضات القلب و استخدم خوارزمية KNN نموذجاً للتنبؤ. [5]
- جانجر وباحثون آخرون اقترحوا استخدام حساسات معتمدة على تقنية البلوتوث المنخفض استهلاك الطاقة ومعالجة البيانات في الزمن الحقيقي باستخدام خوارزميات تعلم الآلة وذلك لتمكين مرضى السكري من متابعة حالتهم الصحية بشكل أفضل، حيث

تم استخدام Apache Kaka لإرسال البيانات من أجل معالجتها في الزمن الحقيقي كما تم استخدام ال MonoDB بهدف تخزين بيانات المرضى. [13]

- تناولت الدراسة [1] البروتوكولات و أطر المعالجة و قواعد البيانات والتقنيات الأكثر استخداماً لاختيار أفضل توليفة ملائمة لمعالجة البيانات القادمة من إنترنت الأشياء في الزمن الحقيقي. تضمنت الدراسة مقارنة بين مختلف بروتوكولات التراسل من حيث حجم الترويسة وسرعة النقل والأداء والتوثق من وصول البيانات واستهلاك البطارية وبروتوكولات النقل التي تستخدمها، ومقارنة بين أطر معالجة وتحليل البيانات من حيث دعم المعالجة الموزعة و سرعة المعالجة ولغات البرمجة التي تدعمها ، ومقارنة بين نظم إدارة قواعد البيانات NoSQL من حيث إمكانية التوزع والتوافرية و قابلية التوسع وسهولة الاعداد. [1]

#### 4. المكونات اللازمة لإنجاز البنية المقترحة لنظام التنبؤ

يهدف البحث إلى بناء نظام معتمد على إنترنت الأشياء حيث يستقبل قيم المؤشرات الحيوية القادمة من الحساسات المنتشرة على جسم الشخص، وباستخدام تقنيات معالجة وتحليل البيانات الكبيرة يتم التنبؤ بالحالة الصحية للشخص واحتمالية إصابته بالمرض المزمع قيد الدراسة.

سنستعرض في هذه الفقرة البروتوكولات وأطر العمل وقواعد البيانات وتقنيات القياس الأكثر استخداماً وملائمةً لنظامنا، والتي تمثل مزيج من الحلول مفتوحة المصدر التي يمكن استخدامها في الوقت الحاضر لإنجاز المطلوب من النظام. [2]

##### 1.4. بروتوكولات التراسل

منذ العام 2000، بدأت العديد من المنظمات في استخدام بروتوكولات إنترنت الأشياء في العديد من التطبيقات. الأول كان MQTT من شركة IBM كبروتوكول مراسلة خفيف

الوزن و غير متزامن يعتمد على مبدأ النشر والاشتراك ووجود وسيط MQTT لتسهيل تبادل الرسائل بين الناشر والمشارك، تستخدم MQTT بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) لتوفير اتصال موثوق بين أجهزة إنترنت الأشياء.

يسمح حجم الترويسة الصغير لبروتوكول MQTT (2 بايت فقط) بتسليم الرسالة بأقل عرض حزمة و درجة منخفضة من الموثوقية في الاتصال، إضافة إلى ذلك تم إجراء دراسة لمقارنة أداء بروتوكول MQTT مع أداء بروتوكول HTTPS وذلك مع شبكات 3G و Wifi والتي توضح أن MQTT يمكنه التعامل مع كم أكبر من البيانات مع استهلاك طاقة أقل (راجع الجدول 1) [2]

الجدول 1: مقارنة بين بروتوكولات HTTPS و MQTT. [2]

لاحقاً تم طرح حل آخر يسمى Kafka، وهي منصة تدفق مفتوحة المصدر موزعة تم تطويرها في LinkedIn في عام 2011 وتم توزيعها لاحقاً بترخيص من شركة Apache،

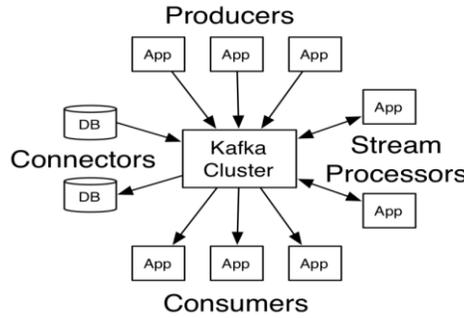
HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT	HTTPs
%Battery/Hours	18.79%	17.8%	5.44%	3.66%
Message/Hour	1926	21685	5229	23184
%Battery/Message	0.00975	0.00082	0.00104	0.00016

وهي مكتوبة بلغة Scala و Java. تتميز Kafka بأنها توفر ميزة النشر والاشتراك بأقل زمن تأخير، وتسامح مع الأخطاء، وإنتاجية عالية وذلك للتعامل مع البيانات في الوقت الفعلي وهذا يجعلها تحظى بشعبية كبيرة بين الشركات التي تُعنى بمعالجة التدفق.

تضع Kafka الرسائل في ملفات منفصلة ويمكن للمستهلكين (consumers) قراءتها على أساس الإزاحة offset، كما أن منصة Kafka تتضمن مجموعة من المكونات هي المنتجين (producers) والمستهلكين (consumers) والموضوعات (topics) والوسطاء (brokers).

هذه المكونات تم تحقيقها برمجياً من خلال واجهات برمجية (APIs):

- Producer API: يقوم المنتج بإرسال البيانات إلى الموضوعات (topics).
- Consumer API: يقوم بالاشتراك في الموضوعات (topics) واستقبال البيانات منها وذلك بهدف معالجتها.
- Streams API: يسمح للتطبيقات بإرسال و استقبال البيانات المتدفقة (streams) من وإلى الموضوعات (topics).
- Connector API: تسمح بربط النظام مع نظم خارجية مثل قواعد البيانات. (7)



الشكل (1) Kafka APIs

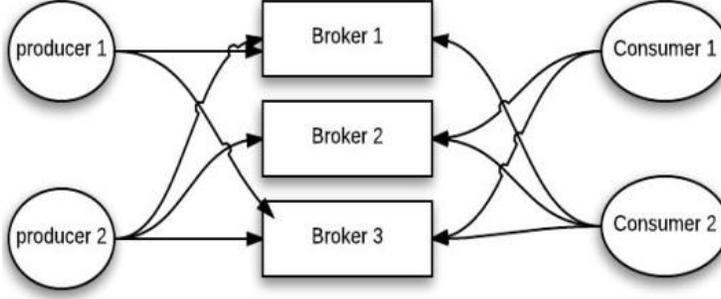
كما تحدثنا سابقاً، إن كافكا يعتمد بروتوكولاً خاصاً يتبع نمط النشر / الاشتراك و الذي يبني اتصالاً على غرار MQTT، وهذا هو الشيء الوحيد المشترك بين MQTT و Apache Kafka.

تم تصميم Kafka ليتم نشرها كمجموعة من العقد مما يجعلها قادرة على التوسع بشكل جيد، كما توفر تخزيناً مستمراً للرسائل والتكامل مع مراكز البيانات والتطبيقات داخل الشركة أو على السحابة.

تستخدم Kafka في التطبيقات التي تتضمن تدفق بيانات كبيرة الحجم من مصادر موزعة ومتنوعة، و تحتاج إلى تخزين مما يجعلها ملائمة للسيناريوهات التي تتضمن

عمليات متتالية مع المحافظة على أداء عالي وقابلة للتطوير أو تكامل مع أنظمة أخرى. [2]

يوضح الشكل (2) آلية عمل نظام كافكا بشكل عام.



الشكل (2): آلية عمل نظام Kafka

مما سبق نلاحظ بوضوح أن أهم ميزة لـ Kafka هي قدرتها على التعامل مع البيانات الضخمة وضمان نقلها. تم إجراء اختبار لأداء نقل البيانات الذي يمثل " كمية الرسائل/الأداء " بواسطة فريق LinkedIn لبعض حلول نقل وتراسل البيانات وأظهرت النتيجة أن Kafka يمكنها إرسال أكثر من 400 كيلو رسالة / ثانية ، حيث تفوقت على معظم الحلول الأخرى المدروسة.

#### 2.4. منصات تحليل البيانات الضخمة لإنترنت الأشياء

تولد أجهزة الاستشعار بيانات متزايدة النمو تتصف بكونها بيانات غير متجانسة، يعتبر استخراج المعرفة من هذه الكميات الكبيرة والمتنوعة من البيانات الموزعة مهمة صعبة باستخدام التقنيات التقليدية لاستخراج الأنماط المخفية المثيرة للاهتمام من قاعدة بيانات ضخمة. يجب تخزين هذه البيانات ومعالجتها بحيث لا تتأثر جودة البيانات لذلك هناك حاجة إلى تقنيات جديدة للتنقيب والتحليل والنمذجة والعرض والتنبؤ من أجل الكشف عن الخصائص الجوهرية لهذه البيانات وتحسين عملية اتخاذ القرار.

سنقدم في هذه الفقرة طريقة لكيفية استخدام البيانات الضخمة لتحليل مجموعات بيانات إنترنت الأشياء בזكاء الأمر الذي يساعد أيضاً في معالجة البيانات وتحويلها إلى معلومات مفيدة.

#### 1.2.4 Apache Hadoop

هو إطار عمل مفتوح المصدر تم تطويره من قبل Apache في عام 2006، ويعتبر الأداة الأكثر انتشاراً للتعامل مع البيانات الضخمة، حيث أنها أداة جيدة وفعالة لمعالجة وتخزين البيانات غير المهيكلة، وهي مستوحاة من نظام ملفات Google الذي يستخدم مفهوم الـ Map/Reduce بحيث يتم تقسيم بيانات التطبيق إلى كتل صغيرة للتمكن من تشغيله على عقود من العقد.

Hadoop لديه مكتبات تستخدم نموذج برمجة بسيط حيث يخزن نظام الملفات الموزع الخاص به (HDFS) البيانات، بينما تعالج هذه البيانات بطريقة موزعة باستخدام نموذج المعالجة Map-Reduce. يتيح الجمع بين HDFS وإطار عمل Map-Reduce نسخ البيانات وتوزيعها على N عقدة مختلفة.

يعتمد Hadoop على نوعين من العقد: العقدة الرئيسية والعقدة التابعة. العقدة الرئيسية تقسم المشكلة إلى مشاكل فرعية ثم توزعها على العقد التابعة، ثم يتم تجميع نتائج جميع المشكلات الفرعية من العقد الفرعية بواسطة العقدة الرئيسية.

#### 2.2.4 Apache Spark

هو منصة مفتوحة المصدر لمعالجة البيانات الضخمة والتحليل تعتمد على الحوسبة السحابية. تم تطويره في البداية بواسطة Berkeley's Lab ، وتم استخدامه لاحقاً بواسطة Apache Software Foundation. لقد أصبح Apache Spark أداة شائعة في التعامل مع البيانات الضخمة، ويستخدم في كثير من الشركات، مثل Yahoo

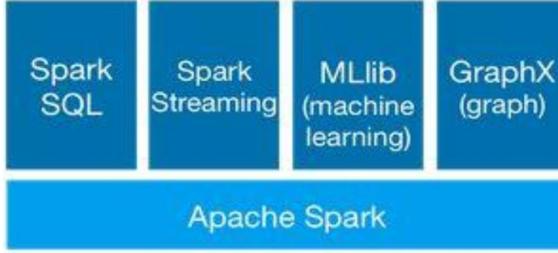
و Netflix و eBay وغيرها، ويدعم لغات متعددة مثل Scala و Java و R و Python.

يستخدم Apache Spark للتغلب على قيود MapReduce مثل التسامح مع الخطأ، وقابلية التوسع الخطي. يوفر Spark سرعة عالية وسهولة في الاستخدام وتحليلات متطورة ، ويدعم مكتبات لتحليل الرسوم البيانية و أداة استخراج ومعالجة وتحميل البيانات ETL (Extract, Transform, Load) كما يوفر تحليلاً للبيانات في الوقت الفعلي.

تتفوق spark على Hadoop من حيث سرعة المعالجة حيث أنها أسرع منها بحوالي 100 مرة عند العمل مع بيانات موجودة في الذاكرة و 10مرات عند معالجة البيانات الموجودة على القرص.

يقدم Spark مفهوم مجموعة البيانات الموزعة المرنة (RDD). يتم توزيع RDDs على عقد العنقود (cluster) لإجراء معالجة موزعة، وهذا هو العامل الأساسي في المعالجة السريعة لـ Spark. يمكن تحويل صيغ البيانات المختلفة إلى RDDs بما في ذلك سلاسل JSON والملفات النصية وقواعد بيانات SQL. يقسم Spark التطبيق إلى مهام متعددة يتم توزيعها على عمليات مختلفة تسمى المنفذين (executors) ويختلف عدد المنفذين حسب متطلبات التطبيق. [7]

مما سبق يمكن أن نستنتج أن منصة Spark أفضل من منصة Hadoop و أكثر ملائمة لنظام التنبؤ الخاص بنا كونها الأسرع في المعالجة، وأسهل استخداماً، ويمكنها معالجة البيانات الموجودة في الذاكرة، وقادرة على معالجة البيانات القادمة في الزمن الحقيقي، وتدعم مكتبات عديدة تسهل عملنا مثل مكتبة ال ML و Streaming وغيرها.



الشكل (3) بنية Apache Spark

يوضح الشكل (3) السابق بنية منصة Spark وهي :

- Spark SQL: وهي مكتبة توفر دعم للغة الاستعلامات المهيكلية SQL وذلك للبيانات المهيكلية وشبه المهيكلية.
- Spark Streaming: تسمح بمعالجة البيانات الدفعية batch والبيانات المتدفقة في الزمن الحقيقي.
- Mlib مكتبة تعليم الآلة: تسمح بتطبيق خوارزميات تعلم الآلة على البيانات بهدف المعالجة والتنبؤ واتخاذ القرارات.
- GraphX: تسمح ببناء ونقل ومعالجة الرسوم البيانية (graph data).
- Spark Core: جميع المكتبات والوظائف السابقة مبنية على المكون spark core حيث يسمح بمعالجة البيانات في الذاكرة (in memory).

#### 3.4. قواعد البيانات

تتمثل هذه الخطوة في معرفة كيفية حفظ البيانات المتبادلة في نظام إنترنت الأشياء نظراً لأن البيانات الضخمة تؤدي إلى حدوث ازدحام، ويتطلب زمن معالجة مرتفع لتحليل البيانات، وبالتالي فإن حلول NoSQL أكثر كفاءة من قواعد البيانات العلائقية كونها توفر المرونة في تكامل البيانات ونمذجة البيانات. كما تؤمن أيضاً توافرية عالية واستمرارية للعمل مع الأنظمة الحديثة. نحتاج الآن إلى اختيار أفضل حل من بين الحلول الموجودة في NoSQL.

للتعامل مع نظام بيانات كبير لإنترنت الأشياء يجب احترام بعض الشروط الأساسية  
مثل:

- التوزيع: إمكانية تثبيتها على أنظمة مختلفة في مواقع فيزيائية مختلفة مع إمكانية جمع البيانات من جميع هذه الأماكن.
- التوافرية: يجب أن تظل قاعدة البيانات متاحة دوماً حتى في حال مواجهة أعطال البنية التحتية.
- قابلية التوسع: إمكانية توسعة النظام عن طريق إضافة عقد جديدة لمجموعة العقد الموجودة.

#### 4.4. نظام التخزين Apache Cassandra

أحد مشاريع شركة Apache المصمم كنظام موزع لإدارة قواعد البيانات من نوع NoSQL ، وله لغة استعلام خاصة تسمى Cassandra Query Language (CQL) ، صمم للتعامل مع كميات هائلة من البيانات عبر خوادم موزعة متعددة، ويتمتع بميزات هامة تشجع المصممين على اختيارها، وهي أنه يدعم التسامح مع الخطأ، والتوافرية العالية، وقابلية التوسع مما يجعله الاختيار الأمثل للبيانات الهامة critical، وأيضاً يعتبر مناسباً لتخزين البيانات التاريخية .

تستخدم العديد من الشركات الكبيرة بما في ذلك Netflix و Reddit و GitHub و eBay وغيرها نظام إدارة قواعد بيانات Cassandra وذلك لمجموعات البيانات الكبيرة الخاصة بها، ومن أهم ميزات هذا النظام:

• يساعد في حل المهام المعقدة بكل سهولة:

إن تسجيل وتتبع الأحداث (Event logging) ، وجمع المقاييس metrics (collection)، وإجراء الاستعلامات عن البيانات التاريخية يعتبر ذا أهمية كبيرة في نظم البيانات الضخمة، ولكنها صعبة وشاقة وخاصة عمليات التخزين المركزي لسجلات الـ logs والمقاييس metrics نظراً لتنوع البيانات وتعدد مصادرها، ولكن بناء مخزن مركزي للسجلات والمقاييس واسترجاع المعلومات التاريخية من هذا التخزين تعتبر من المهام التي تتعامل معها Cassandra بسهولة ويسر، فبمجرد اختيار هيكلية الجدول وتصميمه يمكن بسهولة توسيع النظام بسهولة حسب الحاجة.

• استعمال Cassandra يخفض النفقات العامة (overhead):

ويعود ذلك إلى كون تكاليف الإدارة لهذه الأداة مخفضة مما يجعل منها أداة مريحة وسهلة الاستخدام كون فريق العمل سيكون أكثر قدرة على التركيز بمهامه الأساسية ، مثل تحسين المنتج ومميزاته، بدلاً من إضاعة الوقت في التعامل مع المشاكل والقضايا الجانبية.

• السرعة في عمليات القراءة والكتابة :

إن Cassandra تم تطويرها من أجل موقع Facebook ، فهي تمتلك القدرة على إجراء ملايين عمليات القراءة والكتابة في الثانية، وتقدم مستويات مذهلة من الأداء، وهذا الأداء يتضاعف مع زيادة عدد المخدمات التي نعمل عليها لكي نحصل على الأداء المطلوب.

• إمكانية تعلم التعامل مع Cassandra خلال مدة زمنية قصيرة:

نظراً لسهولة لغة الاستعلام الخاصة بها CQL وكونها تتضمن فقط مجموعة محدودة من الأوامر والوظائف اللازمة يمكن لمهندس البيانات إتقان هذه اللغة في وقت قصير حوالي شهر تقريباً.

• توفر **Cassandra** المرونة القصوى والتسامح مع الأخطاء:

إن **Cassandra** لا تتسم بالمركزية وبالتالي لا وجود فيها لنقطة واحدة للفشل، إذ يتم تكرار البيانات باستمرار على عقد العنقود لضمان توفر البيانات دوماً حتى عند حدوث فشل بأحد العقد، وهذا يعتبر مفيد خصوصاً عند تنفيذ تحديثات أو إجراء عمليات صيانة إلى عدد من المخدمات، الأمر الذي يجعل التطبيقات المعتمدة على **Cassandra** دائماً متوفرة في الخدمة مثل **Facebook** و **Netflix**.

لمقارنة أداء حلول **NoSQL** تم إجراء دراسة معيارية اعتماداً على عدد العمليات في الثانية مقابل عدد العقد خلصت إلى نتيجة واحدة هي قوة **Cassandra** مقابل الحلول الأخرى، خاصة عندما يزداد عدد العقد وبالتالي هو من أفضل الحلول في الوقت الحالي للتعامل مع قواعد بيانات إنترنت الأشياء. [14]

## 5. تحقيق البنية المقترحة

### 1.5. مقدمة عامة عن البنية المقترحة

في الوقت الحاضر، تلعب **BDSC** (**Big data streaming computing**) دوراً مهماً في إدارة وتحليل واستيعاب الكميات الكبيرة من البيانات المتباينة المهيكلة وغير المهيكلة التي تنتجها أنظمة الرعاية الصحية الحالية للحصول على المعلومات القيمة المخفية. ومع ذلك، نظراً لمصادر البيانات الموزعة للرعاية الصحية (تأتي البيانات من مصادر مختلفة)، مثل قواعد البيانات العلائقية، ونظم البحث ونظم التحليلات الأخرى. يعد تطبيق التعلم الآلي على تدفق البيانات الضخمة أمراً صعباً لأن أنظمة التعلم الآلي التقليدية ليست مناسبة للتعامل مع هذه الأحجام الكبيرة من البيانات المتنوعة والمتدفقة بسرعة.

بناءً على هذه التحديات التي تواجه نظم الرعاية الصحية، اقترحنا وطورنا حلاً في مجال الرعاية الصحية للتنبؤ بالأمراض المزمنة في الزمن الحقيقي، يعتمد هذا الحل على تدفق

بيانات Apache Kafka، ومحرك معالجة البيانات الضخمة Apache Spark، ونظام إدارة قواعد البيانات Apache Cassandra، بحيث يتم استقبال تدفق الرسائل التي يتم إنشاؤها بواسطة Kafka producer، ثم يتم إرسالها على شكل رسائل إلى المستقبلين Kafka Consumers، وهنا تتولى Spark Streaming استقبال الرسائل، ثم تبدأ عملية معالجة البيانات التي تحملها هذه الرسائل باستخدام مكتبات التعلم الآلي التي يدعمها Spark بهدف التنبؤ بوجود مرض مزمن ما في الزمن الحقيقي، كما يتم تخزين البيانات إلى جانب النتائج في قاعدة بيانات موزعة Apache Cassandra بحيث يمكننا عرض هذه النتائج لاحقاً على الأطباء والمختصين.

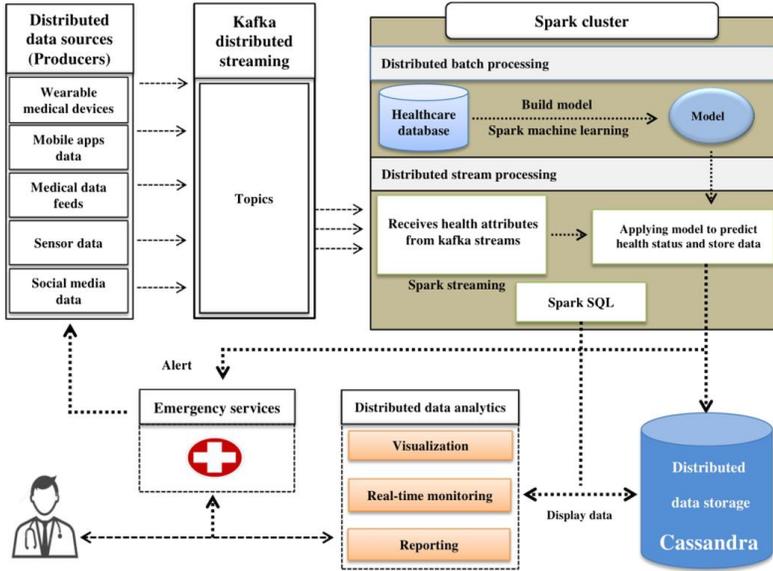
## 2.5. البنية المقترحة لنظام التنبؤ بالأمراض المزمنة

النظام المقترح هو نظام لمعالجة البيانات والمراقبة الذي يجمع بين Kafka streaming و Spark streaming. سيعالج هذا التطبيق في الوقت الفعلي البيانات التي ترسلها الأجهزة المتصلة ويخزن تلك البيانات للتحليل في الوقت الفعلي. يوضح الشكل (4) بنية النظام المقترح التي تبين أن عملية بناء النظام تتم على مرحلتين :

**المرحلة الأولى:** مرحلة بناء نموذج التنبؤ التي يتم فيها استخدام بيانات تاريخية لمجموعة كبيرة من الأشخاص لبناء نموذج التنبؤ باستخدام مفهوم batch processing الموجودة في منصة Spark، بحيث تعتمد على قراءة مجموعة من السجلات التي تحتوي على قيم المؤشرات الحيوية للأشخاص قيد الدراسة، إضافة إلى وجود حقل يبين هل هذا الشخص مصاب أم غير مصاب بالمرض المزمن، واستخدام هذه البيانات في بناء نموذج تعليم الآلة الخاص بمكتبة تعلم الآلة الموجودة مسبقاً في منصة Spark.

**المرحلة الثانية:** وهي جوهر النظام التي تشمل مجموعة من المراحل ابتداءً بقراءة البيانات من أجهزة الاستشعار المنتشرة على جسم الشخص وانتهاءً بعملية التنبؤ وإظهار النتيجة، حيث ينتج Kafka producers باستمرار تدفقاً من رسائل البيانات والتي يتم

استقبالها من خلال تدفق كافكا، ويتم ربطها بموضوع (topic) يمثل المرض. يتلقى Spark streaming السمات الصحية من تدفق Kafka و يمررها إلى نموذج تعلم الآلة الذي تم بناؤه في المرحلة الأولى ليقوم بالتنبؤ بالحالة الصحية وبالتالي نحصل على نتيجة التنبؤ وهي وجود أو عدم وجود المرض وفي النهاية يتم تخزين البيانات الواردة مع نتيجة التنبؤ و الوسمه الزمنية التي تم فيها التنبؤ في قاعدة بيانات Apache Cassandra .



الشكل (4) : بنية نظام التحليل والتنبؤ بالحالة الصحية في الوقت الفعلي

### 3.5. التحقيق البرمجي للنظام

ستتم عملية بناء النظام المقترح على جزئين أساسيين هما:

#### المرحلة الأولى ( مرحلة بناء نموذج التنبؤ ):

مرحلة بناء نموذج التنبؤ التي يتم فيها استخدام بيانات تاريخية لمجموعة كبيرة من الأشخاص قيد الدراسة لبناء نموذج التنبؤ، يتضمن هذا الجزء عدداً من المراحل وهي بالترتيب:

- تحميل البيانات (Importing Data) : يتم في هذه المرحلة قراءة بيانات سجلات الأشخاص والتي تتضمن بعض المؤشرات الحيوية وحقول أخرى تعتبر مؤشرات لحدوث المرض المزمن إضافةً لوجود حقل يبين هل الشخص مصاب أو غير مصاب بالمرض المزمن من قاعدة البيانات.
- البيانات هي عبارة عن جدول يتضمن 9 أعمدة، 8 منها هي المؤشرات الحيوية للشخص المرتبطة بمرض السكري إضافة لعمود الهدف (target) الذي يتضمن قيمتين (0) في حال الشخص غير مصاب بالمرض المزمن و (1) في حال الشخص مصاب.

الجدول (2) يبين أسماء المؤشرات الحيوية و نوعها ووصفها.

وصف العمود	نوع العمود	اسم العمود
عدد مرات الزواج	رقمي	Pregnancies
تركيز الجلوكوز في البلازما لمدة ساعتين في اختبار تحمل الجلوكوز الفموي	رقمي	Glucose
ضغط الدم الانبساطي (مم زئبق)	رقمي	Blood Pressure
سمك ثنايا الجلد (مم)	رقمي	Skin Thickness
مستوى الأنسولين في الدم خلال ساعتين	رقمي	Insulin
مؤشر كتلة الجسم (الوزن بالكيلو جرام / (الطول بالمتري) <sup>2</sup> )	رقمي	BMI
وظيفة نسب مرض السكري	رقمي	Diabetes Pedigree Function
العمر بالسنوات	رقمي	Age
التصنيف: (يوجد / لا يوجد) مرض	رقمي	Outcome

الجدول (2): أسماء المؤشرات الحيوية ونوعها ووصفها

- معالجة القيم المفقودة (Missing Value Analysis):  
بعد قراءة البيانات لاحظنا وجود قيم صفرية هذه القيم قد تكون صحيحة في بعض الأعمدة مثل عمود Pregnancies حيث أن عدد مرات الزواج قد يساوي صفر، ولكنها غير منطقية في بعضها الآخر مثل Glucose و Blood Pressure وغيرها. لذا قمنا بمعالجة هذه المشكلة من خلال استبدال القيم الصفرية بقيمة المتوسط الحسابي لقيم العمود.
- إعادة تقييس الميزات (scalerize features) :  
نقوم أولاً بوضع جميع الميزات في شعاع vector موحد نسميه features باستخدام الطريقة VectorAssembler ثم نقوم بتقييس هذا الشعاع باستخدام الطريقة StandardScaler لجعل القيم محصورة ضمن مجال صغير، فتكون النتيجة بالشكل التالي:

```

+-----+-----+
| features| Scaled_features|
+-----+-----+
| [6.0,148.0,72.0,3... | [1.78063837321943... |
| [1.0,85.0,66.0,29... | [0.29677306220323... |
| [8.0,183.0,64.0,2... | [2.37418449762590... |
| [1.0,89.0,66.0,23... | [0.29677306220323... |
| [0.0,137.0,40.0,3... | [0.0,4.5012560836... |
+-----+-----+

```

- تجزئة البيانات إلى جزئين تدريب و اختبار Train, test split: نقسم البيانات إلى قسمين قسم لتدريب النموذج (80%) والقسم الآخر لاختباره (20%).
- معالجة مشكلة عدم التوازن في البيانات (Imbalancing handling):  
 نلاحظ أن البيانات لدينا غير متوازنة أي أن عدد الأشخاص المصابين (نسبتهم ) 34.27 % والذي يعتبر أقل من عدد الأشخاص غير المصابين بالمرض (نسبتهم % 65.73) ، للتغلب على هذه المشكلة قمنا بإضافة عمود جديد إلى قاعدة البيانات يساعدنا في إعادة التوازن يتم تعبئة هذا العمود بالقيمة BalancingRatio في الأسطر التي تكون فيها قيمة Outcome = 1 و بالقيمة 1- BalancingRatio في الأسطر التي تكون فيها قيمة Outcome = 0، أي إعطاء الأمثلة ذات التصنيف الإيجابي وزن أكبر من الأمثلة ذات التصنيف السلبي.

BalancingRatio= numNegatives/dataset\_size

BalancingRatio = 0.657237936772

- اختيار الميزات (Feature selection):  
 الهدف من هذه المرحلة هو اختيار الميزات (الحقول) الأكثر ارتباطا بالهدف (Outcome) أي الميزات الأكثر أهمية ، لتحقيق هذه الغاية نستخدم اختبار Chi-Square لإعادة الميزات الخمسة الأكثر ارتباطاً بعمود الهدف.

```

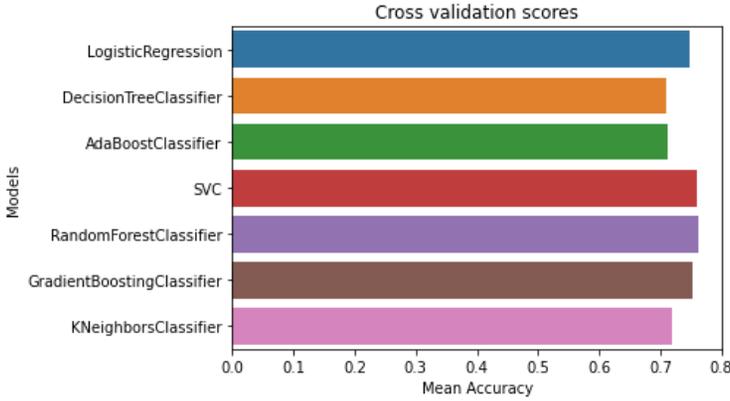
css=ChiSqSelector(numTopFeatures=5,featuresCol='Scaled_features',
outputCol='Aspect',labelCol='Outcome',fpr=0.05)

```

• بناء النموذج Model Building :

تعتبر هذه المرحلة هي الأهم حيث سنقوم فيها باستخدام نماذج تعليم الآلة الموجودة في مكتبة تعليم الآلة الخاصة بالأداة Apache Spark ، ولكن في البداية قمت باستخدام مكتبة SKlearn المعروفة في لغة بايثون والتي تساعدنا على تطبيق خوارزميات تعليم الآلة لمعالجة بياناتنا والهدف من استخدام هذه المكتبة هو إجراء عملية Cross Validation للنماذج و بالتالي اختيار النماذج الأفضل من حيث معيار دقة التصنيف.

بعد إجراء عملية ال 10-fold cross validation على النماذج المختلفة لتعليم الآلة نلاحظ تفوق النماذج ( LogisticRegression, RandomForestClassifier, SVC, GradientBoostingClassifier ) على النماذج الأخرى من حيث الدقة، لذا سنقوم باختيار هذه النماذج الثلاثة و استخدامها في عملية التنبؤ. كما هو واضح في الشكل (5).



الشكل (5) : مقارنة بين نماذج تعليم الآلة من حيث دقة التصنيف

• تقييم أداء النموذج (Evaluating the model):

بعد بناء النماذج سنقوم بتقييم أداءها باستخدام الطريقة BinaryClassificationEvaluator والموجودة في مكتبة تعليم الآلة الخاصة بالأداة

Apache Spark والتي تستخدم بشكل افتراضي معيار AUC (Area Under Curve) كمعيار للأداء، وستكون النتائج هي :

Model	Spark ML (default parameters)
Logistic Regression	Train: 84% Test: 86%
Random Forest	Train: 91% Test: 82%
SVM	Train: 83% Test: 85%

• تحسين أداء النموذج باستخدام ضبط البارامترات الفائقة (Hyperparameter tuning):

الهدف من هذه المرحلة هو محاولة تحسين أداء النموذج باستخدام ضبط البارامترات الفائقة التي تقوم بتجربة مجموعة من التشكيلات الممكنة للبارامترات التي نحددها مسبقاً لنتمكن بالنتيجة من معرفة قيم البارامترات الأفضل والتي تحقق أفضل دقة ممكنة في التنبؤ. وكمثال في حالة النموذج Logistic Regression نستخدم الكود التالي :

```
from pyspark.ml.tuning import ParamGridBuilder, CrossValidator
paramGrid = ParamGridBuilder()\
    .addGrid(lr.aggregationDepth,[2,5,10])\
    .addGrid(lr.elasticNetParam,[0.0, 0.5, 1.0])\
    .addGrid(lr.fitIntercept,[False, True])\
    .addGrid(lr.maxIter,[10, 100, 1000])\
    .addGrid(lr.regParam,[0.01, 0.5, 2.0]) \
    .build()
```

قمنا ببناء ParamGrid ثم مررنا هذا الغرض إلى الطريقة CrossValidator الموجودة في مكتبة تعليم الآلة في Spark:

cv = CrossValidator(estimator=lr, estimatorParamMaps=paramGrid,  
evaluator=evaluator, numFolds=5)

النتائج بعد تطبيق ضبط البارامترات الفائقة موضحة في الجدول التالي:

Model	Spark ML (after params tuning)
Logistic Regression	Train: 84% Test: 86%
Random Forest	Train: 92% Test: 83%
SVM	Train: 84% Test: 85%

من النتائج السابقة نلاحظ عدم تغير الدقة مع نموذج Logistic Regression أي أن البارامترات الافتراضية كانت جيدة ونلاحظ تحسن في الدقة في نموذج الغابات العشوائية Random Forest و SVM.

المرحلة الثانية ( مرحلة التنبؤ ):

بعد الانتهاء من المرحلة الأولى أصبح نموذج التنبؤ جاهزاً لدينا، الآن سنبدأ في المرحلة الثانية التي تتضمن ما يلي:

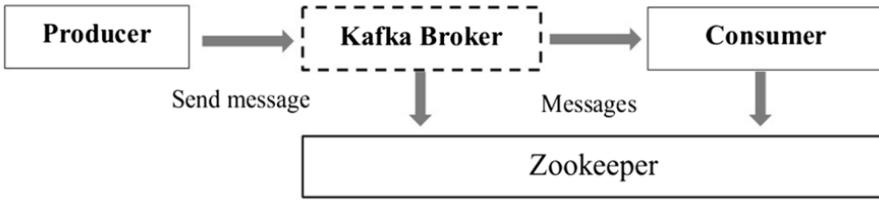
- استقبال بيانات الرعاية الصحية من قبل نظام Kafka في الزمن الحقيقي :

نظراً لأن البيانات التي تنتج في مجال الرعاية الصحية تنمو بمعدل أسي، فإن إدارة هذه البيانات باستخدام Spark نفسها تصبح مهمة صعبة ، لذلك قمنا باستخدام Kafka التي صممت خصيصاً لإدارة تدفق البيانات. حيث يتم تجميع البيانات السريرية للمريض وتصفيته وإدارتها بطريقة مستمرة وإرسالها إلى الموضوع الملائم (نوع المرض).

يتم تدفق البيانات في الزمن الحقيقي من أجهزة المراقبة الصحية من خلال Kafka Producer، حيث يتم تخزين جميع الرسائل الواردة من المنتجين لفترة وجيزة من الوقت

ثم يتم إرسالها على دفق من البيانات يسمى الموضوع وهو التجريد الأساسي الذي توفره Kafka لتيار البيانات. من جانب المستهلك فإنه يشترك في موضوع واحد أو أكثر ويتلقى البيانات فور نشرها كما يمكن الاشتراك في الموضوع الواحد من قبل عدد من المستهلكين. تقع مهمة التنسيق في النظام الموزع على الـ Zookeeper. يوضح الشكل (6) مخطط صندوقي لنظام التراسل Kafka.

في دراستنا الحالية سنستعيز عن أجهزة الحساسات بشيفرة برمجية مكتوبة بلغة بايثون تقوم بقراءة بيانات مخزنة لدينا لأشخاص مصابين وآخرين غير مصابين بالمرض المزمن المدروس والتي من المفترض في التطبيقات الحقيقية أن يتم توليدها بواسطة حساسات منتشرة على جسم الشخص ويتم استخدام Apache Kafka لاستقبال هذه البيانات والقيام بعملية سلسلة لها.



الشكل (6) : مخطط صندوقي لنظام التراسل Kafka

يقوم الكود التالي بإرسال البيانات الواردة إلى نظام التراسل Kafka عن طريق Kafka Producer إلى الموضوع الذي اسمه مخزن في المتحول TOPIC\_NAME :

```

message = ','.join(str(v) for v in message_fields_value_list)
print("Message: ", message)
producer.send(TOPIC_NAME,value=message)

```

• معالجة البيانات المتدفقة باستخدام Spark:

إن Spark Streaming مبنية على Spark API للمعالجة الآتية للبيانات الواردة من kafka حيث يتم تجميع سيل البيانات الواردة في دفعات بفاصل زمني أقل من ثانية لتتم معالجتها بواسطة محرك Spark الذي يتمتع بميزتين أساسيتين هما القدرة العالية على المعالجة إضافة إلى المعالجة في الزمن الحقيقي.

يتم في هذه المرحلة استعادة نموذج تعليم الآلة الذي تم بناؤه واختباره مسبقاً في المرحلة الأولى، ثم نقوم باستخدامه في معالجة البيانات الواردة من Kafka والقيام بعملية التنبؤ بالمرض، كما هو موضح في الكود التالي:

```
Model=RandomForestClassificationModel.load("G:/final_python_app/models/
RandomForestDiabetes.model")
rf_predictions = model.transform(df)
```

ثم نقوم باستعراض النتائج وهي الثنائية (target) ونتيجة التنبؤ التي حصلنا عليها من النموذج):

```
rf_predictions.select("Outcome","prediction").show(10)
```

```
{'message': 'Processing new data',
 'isDataAvailable': True,
 'isTriggerActive': True}
```

```
+-----+-----+
|Outcome|prediction|
+-----+-----+
|      1.0|        0.0|
|      1.0|        0.0|
|      1.0|        0.0|
|      0.0|        0.0|
|      0.0|        0.0|
|      1.0|        0.0|
|      0.0|        0.0|
|      0.0|        0.0|
|      1.0|        0.0|
|      0.0|        0.0|
+-----+-----+
```

only showing top 10 rows

• تخزين البيانات وعرضها :

يجب تخزين النتائج وبيانات الرعاية الطبية بطريقة موزعة لضمان توفر البيانات دون حدوث أي فشل. سنقوم باستخدام قاعدة بيانات Apache Cassandra لتخزين بيانات الأشخاص قيد الدراسة الواردة إلى النظام بشكل مستمر عن طريق Spark Streaming إضافة إلى نتيجة التنبؤ التي حصلنا عليها من نموذج التنبؤ، إضافة إلى الوسمة الزمنية الموافقة لعملية التنبؤ بحيث نستطيع العودة إلى هذه البيانات لاحقاً لمراجعة السجل الطبي للمريض لمعرفة تطور حالته. كما يوضح الكود التالي:

```
from cassandra.cluster import Cluster
cluster = Cluster(['127.0.0.1'])
session = cluster.connect('master')
pdf = df.toPandas()
query = 'INSERT INTO diabetes
(id,pregnancies,glucose,bloodPressure,skinThickness,insulin,
BMI,diabetesPedigreeFunction,age,outcome,prediction,ts) VALUES
(?,?,?,?,?,?,?,?,?,?)'
prepared = session.prepare(query)
for index, item in pdf.iterrows():
    session.execute(prepared,
(int(item['Id']),int(item['Pregnancies']),int(item['Glucose']),
int(item['BloodPressure']),
,int(item['SkinThickness']),int(item['Insulin']),int(item['BMI']),
int(item['DiabetesPedigreeFunction']),int(item['Age']),int(item['Outco
me']),int(item['Prediction']),
str(item['timestamp'])))
```

الصورة التالية توضح النتيجة بعد تخزين البيانات في قاعدة بيانات Cassandra:

row#	id	age	bloodpress...	bmi	diabetespedigreefunction	glucose	insulin	outcome	prediction	pregnancies	skinthickness	ts
1	171.00	1.00	29.00	57.00	0.00	45.00	60.00	0.00	0.00	3.00	26.00	2022-05-29 12:21:58...
2	140.00	1.00	13.00	30.00	0.00	40.00	50.00	0.00	0.00	0.00	22.00	2022-05-29 12:21:27...
3	165.00	28.00	21.00	29.00	0.00	69.00	0.00	1.00	1.00	6.00	0.00	2022-05-29 12:21:52...
4	125.00	18.00	17.00	25.00	0.00	48.00	19.00	0.00	0.00	8.00	29.00	2022-05-29 12:21:12...
5	122.00	7.00	22.00	41.00	0.00	66.00	0.00	0.00	0.00	1.00	31.00	2022-05-29 12:21:09...
6	160.00	7.00	19.00	24.00	1.00	17.00	0.00	0.00	0.00	2.00	11.00	2022-05-29 12:21:47...
7	150.00	1.00	7.00	29.00	0.00	34.00	7.00	0.00	0.00	3.00	22.00	2022-05-29 12:21:37...
8	146.00	16.00	32.00	28.00	0.00	89.00	0.00	0.00	0.00	4.00	22.00	2022-05-29 12:21:33...
9	132.00	4.00	16.00	30.00	0.00	10.00	20.00	0.00	0.00	2.00	6.00	2022-05-29 12:21:19...
10	164.00	2.00	19.00	31.00	0.00	18.00	16.00	0.00	0.00	2.00	9.00	2022-05-29 12:21:51...

## 6. المناقشة و النتائج:

في هذه المقالة، قمنا بتطوير نظام لمراقبة المؤشرات الحيوية للمريض القادمة من أجهزة استشعار يمكن ارتداؤها من قبل الشخص في الزمن الحقيقي بحيث يتم متابعة حالته الصحية بشكل مستمر، إضافة إلى إمكانية تحليل ومعالجة هذه البيانات باستخدام نماذج مبنية على خوارزميات تعلم الآلة للتمكن من التنبؤ بخطر إصابة الشخص بمرض مزمن ما.

كما وضعنا مكونات البنية المقترحة للنظام وآلية تحقيقه، ومراحل بناءه وأهم الخوارزميات المستخدمة في عملية التنبؤ، ودقة التنبؤ الخاصة بكل خوارزمية وهي بعد إجراء ضبط للبارامترات 86% لنموذج الانحدار اللوجستي (Logistic Regression) و 83% لنموذج الغابات العشوائية (Random Forest) و 85% لنموذج (SVM).

7.المراجع:

1. ABDERRAHMANE,E 2019 A new Internet of Things architecture for real-time prediction of various diseases using machine learning on big data environment. Journal Big Data.
2. ABDELILAH,B 2017 Apache Spark, Kafka , and Cassandra for IOT Real-Time communications.  
<https://www.researchgate.net/publication/323429016>.
3. NISHAT,A 2020 A Real-Time Health Monitoring System with Wearables and Ensemble Learning. <https://www.researchgate.net/publication/345851069>.
4. HIBA,H 2015 big data and five v's characteristics . International Journal of Advances in Electronics and Computer Science, ISSN: 2393-2835 Vol. 2. No 8.
5. FIZAR,A 2017 An Internet of Things (IoT) Application for Predicting the Quantity of Future Heart Attack Patients International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Vol. 164 – No 6.
6. MOHSEN,M 2017 big iot data analytics: architecture,opportunities, and open research challenges. IEEE Vol. 5 – No 15.
7. HINA,J THESIS,M 2018 real time stream processing for internet of things sakarya university institute of science and technology.
8. Apache Spark available from <https://spark.apache.org>.
9. Apache Kafka project available from <http://kafka.apache.org>.
10. Internet of things, [Online], Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things) [accessed 1 9 2020].
11. Lopez Reasarch. (2013, Novemeber), "An Introduction to internet of things (IoT)",San Francisco.

12. Internet of things, [Online], Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/EHealth> [accessed 5 9 2020].
13. G. Alfian, M. Syafrudin, M. Ijaz, A. Syakhoni, "A Personalized Healthcare Monitoring System for Diabetic Patients by Utilizing BLE-Based Sensors and Real-Time Data Processing," 6 jul 2018.
14. "Apache Cassandra". (2018, 4 2). Retrieved from Wikipedia The Free Encyclopedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Apache\\_Cassandra](https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_Cassandra).
15. S. Saxena, (2015, March). "Real-time Analytics with Storm and Cassandra". BIRMINGHAM – MUMBAI.