

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 14

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

. 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 (كتابة 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 (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف 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 (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
40-11	م . حسناء وسوف د. جماتا دياب	خوارزمية التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر المطورة
64-41	م . ابراهيم الأحمد د. محمد نعال د. محمود شعار	تحليل الثغرات الأمنية في بروتوكول الدخول الموحد Open ID Connect من خلال تطبيق هجمات MIX-UP
92-65	م . محمد الأحمد د. وجيه ناعمة	تقييم أداء ومقارنة دارتي التكييف التجفيفي الهجين احادي المرحلة وتثاني المرحلة
112-93	ولاء الحسين د. عباد كاسوحة د. أحمد رصيص	تأثير نسبة أكسيد التيتانيوم في الطلاء على قساوة صفائح الألمنيوم 7075 الملحومة بطريقة ATIG
138-113	م . رغد الألفي د. عبد الكريم السالم	تحسين أداء نظام 16-QAM الضوئي المتربط باستخدام خوارزمية البحث الأعمى للطور HBPS
156-139	م . يزن ابراهيم	التنقيب في الموسوعات الالكترونية لاستخراج الروابط بين العوامل والأمراض بهدف تضمينها في نظام مساعد في اتخاذ قرار الرعاية الصحية

خوارزمية التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر المطورة

الباحث:

م. حسناء وسوف

طالبة دراسات عليا-ماجستير

إشراف:

د.م. جمانا دياب

الملخص:

لقد تبين أثناء اختبار أداء خوارزمية التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر أنها لا تستطيع المحافظة على الأداء الجيد عند تعرض النظام للضجيج. قمنا خلال هذا البحث بتصميم خوارزمية التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر المقاومة للضجيج. تكمن أهمية هذه البنية أنها تأخذ بعين الاعتبار الضجيج الذي يتعرض له النظام حيث تم إدخال قيمة الضجيج إلى خوارزمية النموذج الحر. وتم تصميم سطح الانزلاق للمتحكم بالاعتماد على العلاقة المعدلة وإيجاد إشارة التحكم بالاعتماد على نظرية ليابونوف المباشرة بهدف ضمان استقرار الحلقة المغلقة للنظام. ولتقليل اثار الاهتزازات الموجودة في إشارة التحكم تم إعادة تشكيل قانون التحكم باستخدام طبقة من الحدود. تم إجراء المحاكاة من أجل نظام خطي من الدرجة ثانية حيث أظهرت نتائج المحاكاة قدرة النظام على تتبع الإشارة المرغوبة رغم الضجيج الذي يتعرض له النظام بالإضافة إلى قدرتها على المحافظة على استقرار النظام الذي نتحكم به.

الكلمات المفتاحية:

التحكم الانزلاقي، النموذج الحر، النموذج الحر المطور، ليابونوف.

Improved Model-Free Sliding Mode Control Algorithm

Researcher:

Eng. Hasnaa Wasouf

Supervision:

Dr. Eng. Jomana Diab

Abstract:

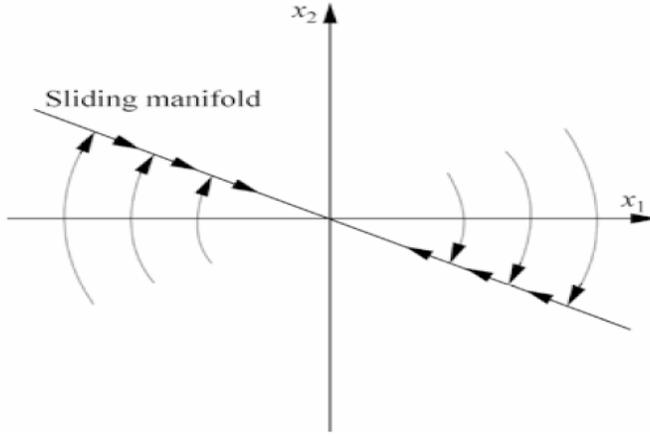
When testing the performance of the model-free sliding mode control algorithm, it was found that it could not maintain good performance when the system was exposed to noise. In this research, we designed a noise-resistant model-free sliding mode control algorithm. The importance of this algorithm is that it takes into account the effect of the noise, where the noise value is implemented in the model-free algorithm. The sliding surface of the controller is designed based on the improved relationship and to ensure the stability of the system in the closed-loop the control signal was derived based on the direct Lyapunov method. To minimize the effects of chattering in the control signal, the control law was reconfigured using a boundary layer. The improved algorithm was implemented to a second-order linear system and the simulation results showed the system's ability to track the desired signal in spite of the presence of the noise as well as its ability to maintain the stability of the controlled system.

keywords:

Sliding Mode Control, Model-Free, Improved Model-Free, Lyapunov.

1- مقدّمة:

خلال السنوات القليلة الماضية نالت المتحكّمات التي تعتمد على طريقة ليابونوف الكثير من الاهتمام؛ وذلك بسبب متانة هذه المتحكّمات وقدرتها على التّحكم بالأنظمة بالإضافة لقدرتها على المحافظة على استقرار الحلقة المغلقة لهذه الأنظمة. يعتبر التحكم الانزلاقي إحدى هذه المتحكّمات التي تعتمد على طريقة ليابونوف المباشرة من أجل ضمان استقرار الحلقة المغلقة للنظام خلال طور الوصول. إن سبب تسمية التحكم الانزلاقي بهذا الاسم وذلك لأن إشارة التحكم تجبر مسارات الحالة للنظام بالانزلاق على سطح الانزلاق. يتضمن التحكم الانزلاقي المرور في طورين هما طور الوصول وطور الانزلاق حيث خلال طور الوصول تجبر مسارات الحالة بالوصول إلى سطح الانزلاق والبقاء عليه أما طور الانزلاق فيكون مسؤول عن انزلاق مسارات الحالة على سطح الانزلاق باتجاه وضع التوازن [1].



الشكل (1): التحكم الانزلاقي

إن أهم المشاكل التي تواجهنا عند استخدام التحكم الانزلاقي أننا نحتاج معرفة النموذج الرياضي للنظام وبالتالي لا يمكننا تحكّم بأي نظام دون معرفة نموده ولكن مع وجود خوارزمية النموذج الحر تمكّننا من إيجاد قانون تحكّم انزلاقي عام غير معتمد على نموذج النظام وإنما يحتاج معرفة درجة هذا النظام فقط.

2-الدراسات المرجعية:

تقوم الفقرتان التاليتان بعرض الأبحاث التي تستخدم تقنيات التحكم الانزلاقي. تركز الفقرة الأولى على الأبحاث التي تعتمد على نموذج النظام لاستنتاج إشارة التحكم أما الفقرة الثانية فتتركز على أبحاث التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر.

2-1-الدراسات المرجعية في التحكم الانزلاقي:

توجد العديد من الدراسات التي تناوت موضوع التحكم الانزلاقي سنذكر بعض منها :
قام الباحثون S. Lagrouche, F. Plestan and A. Glumineau في عام 2003 بنشر بحث تم فيه تصميم متحكم انزلاقي ذات درجات عالية وذلك من أجل الأنظمة اللاخطية أصغرية الطور. ناقش البحث العديد من المشاكل منها مشكلة الاهتزاز الموجودة في التحكم الانزلاقي حيث تم التغلب على هذه المشكلة باستخدام متحكم انزلاقي ذو درجة عالية وأيضاً تم التغلب على المشاكل التي تسببها البارامترات اللاخطية الغير مؤكدة الموجودة في النظام وذلك عن طريق اعتبارها بارامترات محدودة وهكذا نستطيع اعتبار النظام اللاخطي وكأنه نظام خطي غير مؤكد. تم أيضاً في هذا البحث تصميم متحكم انزلاقي مثالي وذلك عن طريق تصميم سطح الانزلاق الذي يضمن أن تقل دالة الإنجاز خلال وقت محدد.

تم اختبار أداء المتحكم من أجل التحكم بنموذج بسيط للسيارة حيث استخدم متحكم انزلاقي من درجة الرابعة ذو ربح تبديل متغير. أعطى نظام التحكم أداء ممتاز وأفضل تتبع للإشارة المرغوبة دون وجود اهتزازات في إشارة التحكم [2].

وفي نفس العام قام الباحثون Jos´ e Paulo V . S. Cunha, Liu Hsu, Ramon R. Costa and Fernando Lizarralde بتطوير أدوات التحكم الانزلاقي بهدف حل مشكلة تتبع الخرج وذلك في الأنظمة الخطية متعددة المتغيرات الغير مؤكدة حيث استخدم متحكم انزلاقي ذو نموذج مرجعي.

أظهرت نتائج البحث أن نظام الحلقة المغلقة مستقر وأداء النظام غير متأثر باضطرابات الدخل المحدودة والبارامترات غير المؤكدة [3] .

وفي عام 2006 قام الباحثان Hai YU, and Ümit Özgüner بإيجاد طريقة جديدة لتصميم سطح الانزلاق عرفت باسم المتحكم الانزلاقي التكيفي حيث يتم السعي للوصول إلى سطح الانزلاق بشكل تكيفي وهذه الطريقة خاصة بالأنظمة اللاخطية. ناقش البحث مشكلة الريح العالي للتغذية العكسية حيث تزداد هذه المشكلة عند تعرض النظام للاضطرابات وكذلك عندما يحتوي على بارامترات غير مؤكدة حيث تم حل هذه المشكلة عن طريق تطبيق ربح عائم تتغير قيمته بشكل تكيفي.

تم تطبيق طريقة التحكم الجديدة من أجل التحكم بسرعة المركبات على الطرق الوعرة وقد أظهرت نتائج المحاكاة قدرة النظام على تتبع السرعة المرجعية مع وجود القليل من الأخطاء [4].

وفي عام 2003 نفذ الباحثان Seung-Hi Lee, Chung choo Chung بحث باستخدام التحكم الانزلاقي المتقطع زمنياً حيث تم استخدام أخذ عينات في الخرج. تم في هذا البحث تحديد القيم الذاتية لنظام الحلقة المغلقة بشكل اعتباطي وركز خلال تصميم المتحكم على استقرار النظام وعلى الاستجابة العابرة ويهدف تقليل الاهتزازات الموجودة في إشارة التحكم تم تضمين طبقة من الحدود إلى قانون المتحكم .

أظهرت نتائج اختبار أداء المتحكم الانزلاقي المتقطع زمنياً قدرة النظام على إعطاء الإستجابة المطلوبة [5].

نفذ الباحثان Antonella Ferrara and Matteo Rubagotti في عام 2008 بحثاً تحدث عن مشكلة استخدام التحكم الانزلاقي عند وجود مشغلات مشبعة في النظام حيث تم التغلب على هذه المشكلة عن طريق استخدام متحكم أمثلي بشكل جزئي.

إن وجود مشغلات مشبعة في النظام يجعل توجيه متغيرات الانزلاق باتجاه وضع التوازن غير مضمون دائماً لذلك عند وصول إشارة التحكم إلى إحدى القيم المشبعة يتم إجبارها بشكل قسري لتتناقص على التوالي وخلال هذه العملية إذا كانت قيمة التبديل لم تصل إلى القيمة المطلوبة عندها تعود إشارة التحكم للزيادة من جديد.

أظهرت نتائج الاختبار قدرة النظام على الوصول إلى وضع التوازن خلال الوقت المحدد وضمان عدم وصول إشارة التحكم إلى حدود الإشباع [6].

وفي عام 2014 قام الباحثون ZHENG Kai, GU Jinbai, WANG Xingcheng, JIANG Yi بعرض مشكلة تصميم سطح الانزلاق ودراسة تأثير تصميمه على أداء المتحكم الانزلاقي حيث تم تصميم سطح الانزلاق بطريقة جديدة وذلك من أجل الأنظمة اللاخطية متعددة المداخل ومتعددة المخارج حيث تتميز هذه الأنظمة أنها تحتوي على بارامترات بنيتها غير معروفة ولكن حدودها معروفة وأيضاً تحتوي على بارامترات قيمتها معلومة لكن بنيتها غير معروفة.

تعتمد طريقة التصميم الجديدة على إدخال هذه البارامترات إلى علاقة سطح الانزلاق وتم اختبار هذه الطريقة من أجل نظام من درجة الثانية بحيث استخدم شرطين ابتدائيين مختلفين وفي كلا الحالتين وصلت متغيرات الحالة إلى الصفر رغم وجود هذه البارامترات [7].

2-2- التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر:

أول بحث تناول موضوع التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر نفذ في عام 2015 من قبل الباحثين Agamemnon Crassidis, Arielle Mizov تم فيه اشتقاق قانون التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر واستخدامه للتحكم بالأنظمة الخطية والأنظمة اللاخطية لإيجاد قانون التحكم لا نحتاج معرفة النموذج الرياضي للنظام وإنما نحتاج معرفة درجة

النظام و دخل التحكم السابق. من أجل التخلص من آثار الاهتزازات الموجودة في إشارة التحكم تم تضمين طبقة من الحدود إلى علاقة المتحكم.

أظهرت نتائج الاختبار قدرة النظام على إعطاء تتبع جيد للإشارة المرغوبة [8].

وفي عام 2016 نفذ الباحث Raul Mittmann Reis بحثاً عرض من خلاله بنية جديدة للمتحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر حيث تم إضافة حد جديد إلى علاقة النموذج الحر هذا الحد هو خطأ دخل التحكم. بالاعتماد على نظرية ليابونوف المباشرة تم تحديد ربح التبديل الذي نحتاجه من أجل قيادة متغيرات الحالة إلى سطح الانزلاق. تم دراسة العلاقة الجديدة في حالتين الأولى عندما يكون ربح المتحكم واحدي والثانية عندما يكون الربح ليس واحدي.

جرى اختبار قدرة المتحكم على التحكم بنظام خطي ونظام اخر لاخطي وفي كلتا الحالتين أظهرت نتائج المحاكاة قدرة الإشارة الفعلية على تتبع الإشارة المرغوبة [9].

قام الباحث Fares El Tin في عام 2017 بتعديل البنية الجديدة للمتحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر بحيث يمكننا استخدامها من أجل التحكم بالأنظمة متعددة المداخل ومتعددة المخارج. تحتاج هذه الطريقة تخمين الخطأ بين دخل التحكم الحالي ودخل التحكم السابق دون الحاجة لمعرفة معلومات عن نموذج النظام الرياضي وإنما فقط معرفة درجة هذا النظام.

تم اختبار قدرة هذه التقنية على التحكم بالأنظمة الخطية والأنظمة اللاخطية وأظهرت نتائج المحاكاة قدرة النظام على إعطاء الاستجابة المطلوبة [10].

وفي عام 2018 نفذ الباحثان Eric Schulken, Agamemnon Crassidis بحثاً يهدف إلى إجراء مقارنة بين الأداء الذي يقدمه متحكم PID و أداء المتحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر. استخدم المتحكمان من أجل التحكم بطائرة رباعية حيث أظهرت نتائج

المحاكاة قدرة المتحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر على إعطاء أداء مشابه لأداء متحكم PID ولكن دون العناء الموجود في توليف بارامترات المتحكم PID [11].

وفي عام 2019 أجرى الباحث Adarsh Raj Kadungoth Sreeraj بحثاً تم في هذا البحث تطوير خوارزمية التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر وتعميمها من أجل جميع أصناف أنظمة الطائرات دون طيار. تم إجراء اختبار طيران حقيقي ومقارنة الأداء الذي يقدمه المتحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر مع أداء المتحكم التقليدي حيث أظهرت النتائج قدرة المتحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر على إعطاء أفضل تتبع للمسار المطلوب وأقل استهلاك للطاقة مقارنة مع المتحكم التقليدي [12].

وفي ذات العام نفذ الباحثون Eman F. Ekhlas H. Karam, Tariq Tashan, Mohsin, بحثاً تم في هذا البحث تطوير المتحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر وذلك بالاعتماد على خوارزمية BBO التي تعتبر من طرق الأمثلة العشوائية حيث اقترح هذا التعديل من أجل منظم معدل ضربات القلب. وبما أنه من الصعب وضع نموذج مناسب لعضلة القلب لذلك فإن لهذه الخوارزمية فائدة كبيرة لكونها لا تعتمد على نموذج النظام. لتقليل آثار الاهتزازات الموجودة في إشارة التحكم تم تضمين طبقة من الحدود إلى علاقة المتحكم.

تم اختبار أداء خوارزمية التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر المعدلة وذلك بدون تضمين طبقة الحدود ومع تضمين طبقة الحدود حيث أظهرت نتائج الاختبار أن أداء الخوارزمية بوجود طبقة الحدود يكون أفضل ومن أجل التأكد من قدرة المتحكمين تم اختبارهما بعد إضافة الاضطرابات حيث حصلنا على استجابة جيدة في كلا المتحكمين رغم الاضطرابات [13].

3- هدف البحث:

يهدف البحث إلى تعديل قانون التحكم الانزلاقي ذو نموذج الحر وذلك عن طريق إدخال الضجيج الذي يتعرض إليه النظام إلى علاقة النموذج الحر، والاعتماد على العلاقة الناتجة في تصميم سطح الانزلاق ومن علاقة سطح الناتجة نوجد إشارة التحكم المطلوبة بحيث نحصل على بنية تحكمية مقاومة للضجيج.

4- مواد وطرائق البحث:

سيستخدم البحث برنامج Simulink ضمن الحزمة البرمجية MATLAB وذلك لاختبار قدرة إشارة التحكم على التحكم بنظام الخطي.

5- سطح الانزلاق:

توجد العديد من العلاقات التي تعبر عن سطح الانزلاق، حيث أننا في هذا البحث اعتمدنا على علاقة سطح الانزلاق بدلالة إشارة الخطأ حيث تعطى علاقة سطح الانزلاق لنظام من درجة n وحيد الدخل ووحيد الخرج بالعلاقة التالية:

$$S(t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda\right)^{n-1} e(t) \quad (1)$$

حيث أن λ عبارة عن ثابت موجب يعبر عن ميل سطح الانزلاق و S تعبر عن سطح الانزلاق و e تعبر عن إشارة الخطأ. تعرف إشارة الخطأ بالعلاقة التالية:

$$e(t) = x(t) - x_d(t) \quad (2)$$

حيث أن $x(t)$ تمثل قيمة متغيرات الحالة المقاسة و $x_d(t)$ تمثل قيمة متغيرات الحالة المرغوبة [1].

6- النموذج الحر:

تقوم هذه الخوارزمية بوصف النظام في فضاء الحالة وذلك باستخدام المعادلة التقريبية التالية حيث تكتب هذه المعادلة من أجل النظام وحيد الدخل ووحيد الخرج من الدرجة n على الشكل التالي:

$$x^n \approx x^n + u - u_{k-1} \quad (3)$$

حيث أن x^n تمثل متغيرات الحالة التي نريد التحكم بها، u تمثل إشارة التحكم و u_{k-1} تمثل قيمة إشارة التحكم السابقة [14].

7-النموذج الحر المطور:

تم إجراء تعديل على العلاقة السابقة بحيث تم إضافة الضجيج الذي يتعرض إليه النظام على العلاقة فتصبح على الشكل التالي:

$$x^n \approx x^n + u - u_{k-1} + d \quad (4)$$

حيث أن d تعبر عن الضجيج الذي يتعرض له النظام حيث يفترض أن تكون حدود هذا الضجيج معروفة.

7-1-استنتاج إشارة التحكم:

نوجد المعادلة التي تعبر عن مشتق سطح الانزلاق ونساوي المعادلة الناتجة للصفر، وبعد ذلك نقوم بتعويض معادلة النظام التقريبية في علاقة مشتق سطح الانزلاق، ومن المعادلة الناتجة نقوم بإيجاد إشارة التحكم فنحصل على العلاقة التالية:

$$\hat{u} = -e^n - \lambda e^{n-1} + u_{k-1} - d \quad (5)$$

إن إشارة التحكم السابقة تقدم أفضل أداء وذلك عندما يكون نموذج النظام مطابقاً للنموذج التقريبي الموضوع ولكن بما أن النظام يحتوي على بارامترات غير مؤكدة فإن جزءاً يجب أن يضاف إلى إشارة التحكم بهدف التمكن من قيادة متغيرات الحالة نحو سطح الانزلاق على الرغم من وجود هذه البارامترات فنحصل على إشارة التحكم المعرفة بالعلاقة التالية:

$$u = -e^n - \lambda e^{n-1} + u_{k-1} - d - \varepsilon Sgn(s) \quad (6)$$

حيث أن ε عبارة عن ثابت موجب يدعى ربح التبديل وتابع $Sgn(s)$ هو تابع سيغموي أو تابع التأخير الذي يعرف على الشكل التالي :

$$Sgn(s) = 1 \quad \text{if } s > 0 \quad (7)$$

$$Sgn(s) = -1 \quad \text{if } s < 0$$

نلاحظ من العلاقة (6) أن جميع القيم معلومة ماعدا قيمة الضجيج وبالتالي إشارة التحكم

السابقة لا يمكننا استخدامها للتحكم، لحل هذه المشكلة سوف نقوم باستبدال الضجيج الموجود في هذه العلاقة بقيمة يمكننا معرفتها عن طريق معرفة الحد الأدنى والحد الأعلى للضجيج فنصبح العلاقة على الشكل التالي:

$$u = -e^n - \lambda e^{n-1} + u_{k-1} - d_n - \varepsilon Sgn(s) \quad (8)$$

2-7- إيجاد قيمة d_n :

يتم إيجاد قيمته بحيث نضمن الاستقرار حسب طريقة ليابونوف المباشرة، حيث تنص هذه الطريقة على مايلي: يكون النظام الذي يمتلك وضع توازن صفري مستقراً إذا وجد تابع وحيد القيمة $v(x)$ موجب التحديد وكان مشتقه $\dot{v}(x)$ سالب التحديد [15]. في معظم الأحيان يعطى تابع ليابونوف بالعلاقة التالية :

$$v(x) = \frac{1}{2} S^2 > 0 \quad (9)$$

نلاحظ أن التابع السابق هو موجب التحديد وهذا يحقق أول شرط. يعطى مشتق تابع ليابونوف بالعلاقة التالية:

$$\dot{v}(x) = s\dot{s} \quad (10)$$

وبالتالي حتى يكون النظام مستقراً يجب أن يكون التابع السابق سالب التحديد. اعتمادنا على هذه الخاصية لإيجاد قيمة d_n . في البداية تم إيجاد قيمة مشتق سطح الانزلاق وتعويض قيمة إشارة التحكم فيها فنحصل على العلاقة التالية :

$$\dot{s} = d - d_n - \varepsilon Sgn(s) \quad (11)$$

$$s(t) > 0 \rightarrow \dot{s} = d - d_n - \varepsilon \quad (12)$$

ولكي يتحقق الشرط يجب أن يكون مشتق سطح الانزلاق سالب لذلك نكتب علاقة مشتق سطح الانزلاق على الشكل التالي:

$$\dot{s} = d - d_n - \varepsilon \quad (13)$$

حيث أن d_n يمثل الحد الأعلى للضجيج. وعندما يكون سطح الانزلاق سالب فنحصل على العلاقة التالية:

$$s(t) < 0 \rightarrow \dot{s} = d - d_n + \varepsilon \quad (14)$$

ولكي يتحقق الشرط يجب أن يكون مشتق سطح الانزلاق موجب لذلك نكتب علاقة المشتق على الشكل التالي:

$$\dot{s} = d - d_l + \varepsilon \quad (15)$$

حيث أن d_l تعبر عن الحد الأدنى للضجيج. نقوم بجمع المعادلتين (13) و(15) فنحصل على المعادلة التالية:

$$d = \frac{d_l + d_h}{2} \quad (16)$$

بعد ذلك نقوم بطرح المعادلتين (13) و(15) فنحصل على المعادلة التالية:

$$\varepsilon = \frac{d_l - d_h}{2} \quad (17)$$

من المعادلة (11) نساوي مشتق سطح الانزلاق للصفر ونقوم بحساب الضجيج فنحصل على العلاقة التالية:

$$d_n = d - \varepsilon Sgn(s) \quad (18)$$

هكذا أصبحت القيم معلومة ويمكننا استخدام إشارة التحكم.

8- طبقة الحدود:

من أجل التمكن من تقليل التذبذبات الموجودة في إشارة التحكم فإن طبقة من الحدود سوف يتم إضافتها إلى إشارة التحكم ولكن من أجل ضمان المحافظة على شرط الانزلاق يجب أن نضمن أن تكون المسافة إلى طبقة الحدود متناقصة باستمرار لذلك نقوم بتعديل شرط الانزلاق ليصبح على شكل التالي:

$$|s| \geq \varphi \rightarrow \frac{1}{2} \frac{d}{dt} S^2 \leq (\varphi - \varepsilon) |s| \quad (19)$$

لذلك من أجل ضمان تحقيق المعادلة السابقة فإن ربح التبديل يصبح على الشكل التالي:

$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon - \varphi \quad (20)$$

وقانون التحكم يصبح على الشكل التالي :

$$\hat{u} = u - \bar{\varepsilon} \text{Sat} \left(\frac{s}{\varphi} \right) \quad (21)$$

حيث أن التابع $\text{sat} \left(\frac{s}{\varphi} \right)$ يعرف على الشكل التالي :

$$\text{Sat} \left(\frac{s}{\varphi} \right) = \frac{s}{\varphi} \rightarrow \text{if } \left| \frac{s}{\varphi} \right| \leq 1 \quad (22)$$

$$\text{Sat} \left(\frac{s}{\varphi} \right) = \text{Sgn} \left(\frac{s}{\varphi} \right) \rightarrow \text{otherwise}$$

وأخيراً يتم تحديد ديناميكية طبقة الحدود باستخدام العلاقة التالية:

$$\dot{\varphi} + \lambda\varphi = \bar{\varepsilon}(\vec{x}_d) \quad (23)$$

حيث أن $\varphi(0) = \frac{\varepsilon}{\lambda}$. وإن مع هذا المقترح نضمن أن يكون التتبع في أفضل أحواله [14].

9- التطبيق والنتائج:

سوف يتم اختبار قدرة البنية المعدلة للتحكم بنظام خطي من الدرجة الثانية ومقارنة نتائج الخوارزمية الأساسية مع نتائج الخوارزمية المطورة.

9-1- نظام خطي من درجة الثانية:

ليكن لدينا معادلة النظام الذي نريد التحكم به على شكل تالي:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = u \quad (24)$$

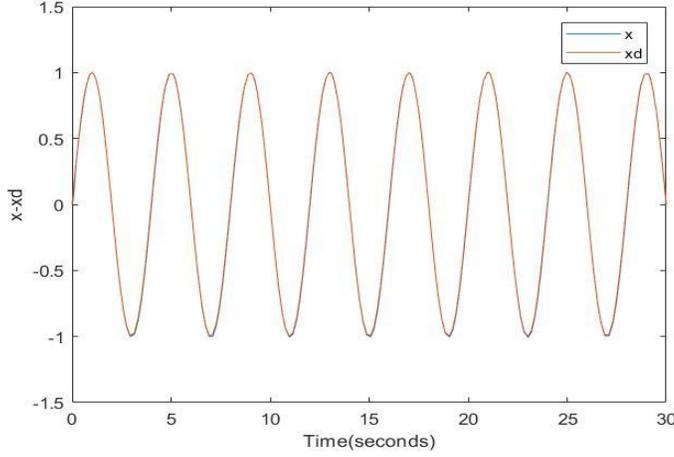
حيث أن m: كتلة نظام

C: معامل التخميد

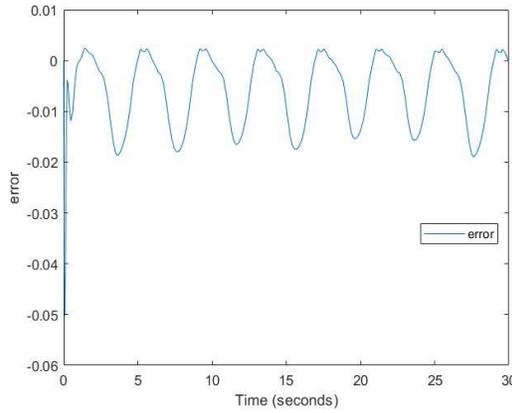
K: ثابت نابض

U: إشارة التحكم.

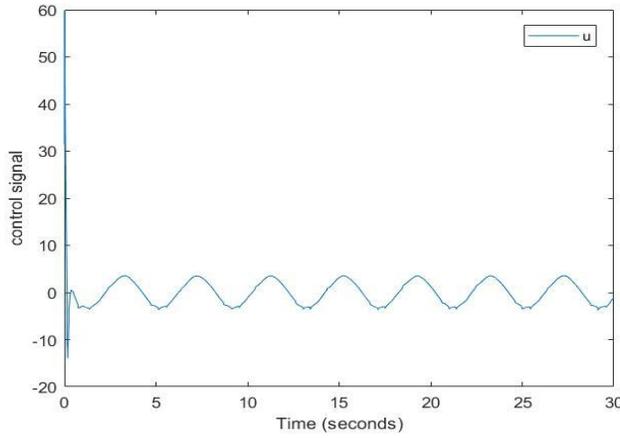
تؤخذ قيمة هذه الثوابت في المحاكاة على الشكل التالي $k=2$, $c=0.8$, $m=2$ وزمن المحاكاة $t=30$ ثانية و زمن أخذ العينات المستخدم 0.0001 ثانية. قيمة $\lambda=20$ و $\varepsilon=0.1$. الإشارة المرغوبة التي نريد الحصول عليها $x_d(t) = \sin(\frac{\pi}{2})$. تكون نتائج اختبار أداء الخوارزمية الأساسية دون وجود ضجيج كما هو موضح بالتالي:



الشكل (2): التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة في الخوارزمية الأساسية



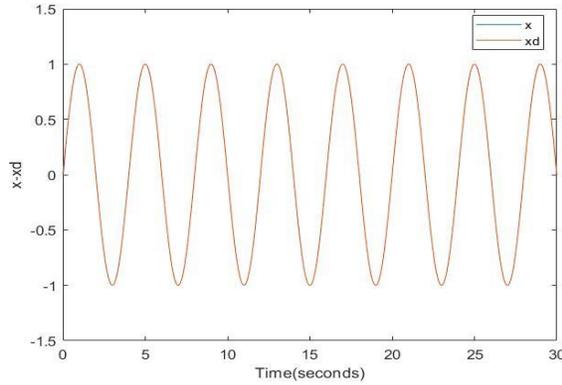
الشكل (3): إشارة الخطأ في الخوارزمية الأساسية



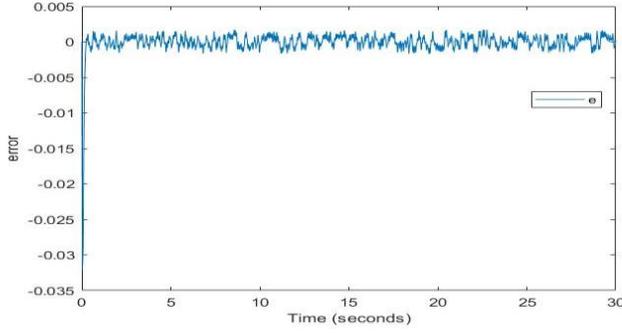
الشكل (4): إشارة التحكم في الخوارزمية الأساسية

نلاحظ من الشكل (2) تطابق الإشارة المرغوبة مع الإشارة الفعلية حيث تكون قيمة الخطأ أقل بكثير من 0.01 كما هو موضح في الشكل (3) أما بالنسبة لإشارة التحكم فتكون خالية من الاهتزازات كما هو مبين في الشكل (4).

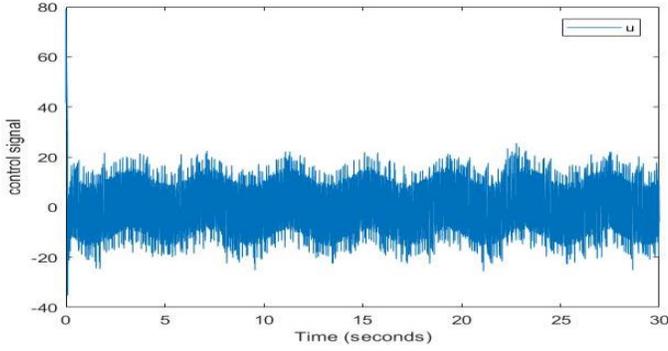
نتائج المحاكاة للخوارزمية المطورة كما هو موضح بالأشكال التالية:



الشكل (5): التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة في الخوارزمية المطورة



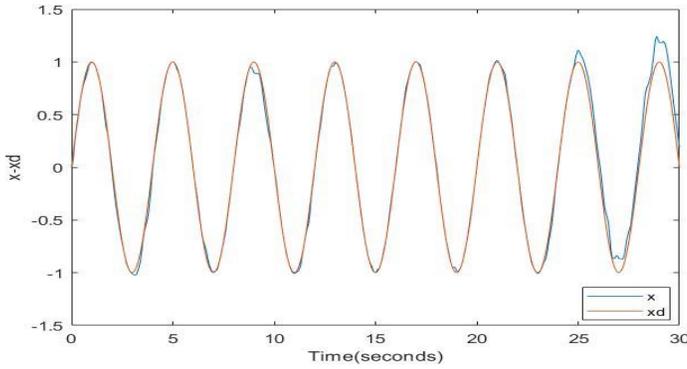
الشكل (6): إشارة الخطأ في الخوارزمية المطورة



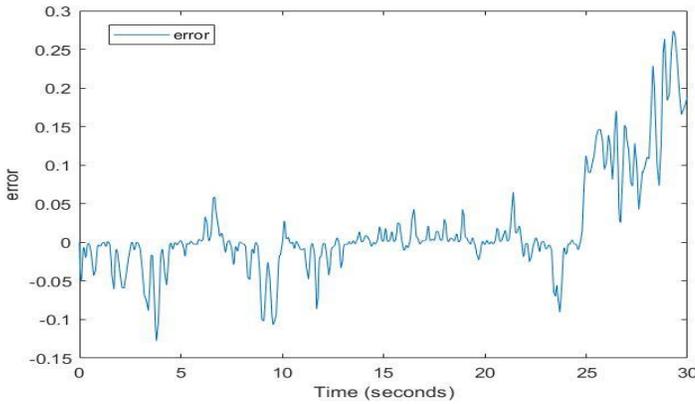
الشكل (7): إشارة التحكم في الخوارزمية المطورة

نلاحظ من الشكل (5) التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة حيث تكون قيمة الخطأ أقل بكثير من 0.005 كما هو موضح في الشكل (6) وبالتالي يكون الخطأ أقل في الخوارزمية المطورة من الخوارزمية الأساسية أما بالنسبة لإشارة التحكم المبينة في الشكل (7) نلاحظ وجود اهتزازات في إشارة التحكم والتي سوف يتم تقليلها كما سنرى لاحقاً.

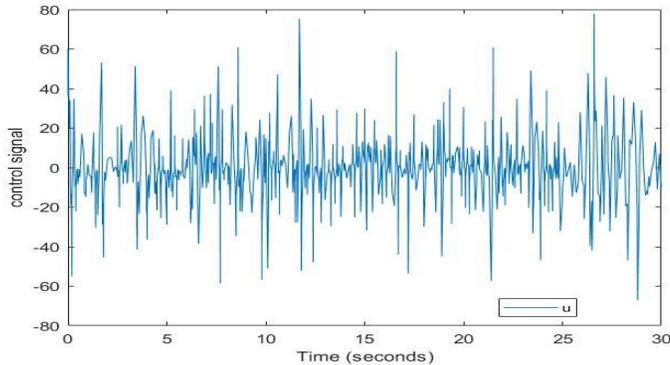
لكن عند تعرض النظام للضجيج بحيث تكون طاقة الضجيج تساوي العشرين تصبح نتائج المحاكاة للخوارزمية الأساسية على الشكل التالي:



الشكل (8):التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة في الخوارزمية الأساسية بوجود الضجيج



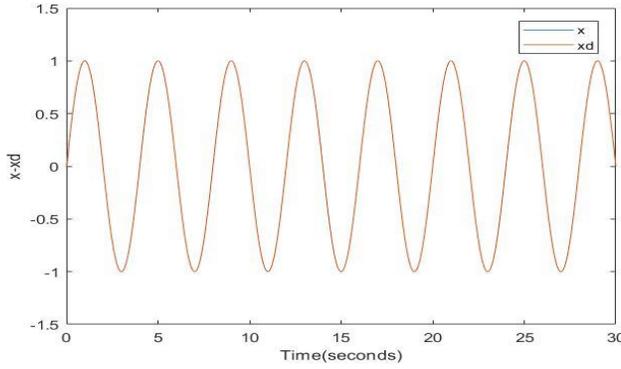
الشكل (9): إشارة الخطأ عند تعرض النظام للضجيج في الخوارزمية الأساسية



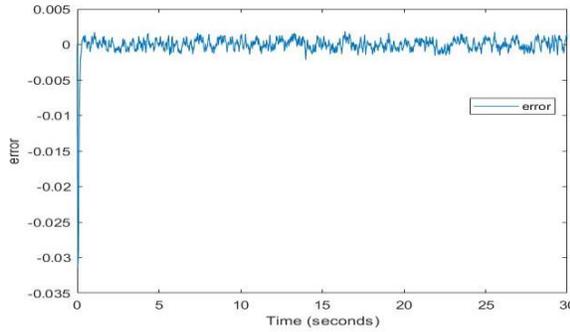
الشكل (10): إشارة التحكم في الخوارزمية الأساسية بوجود الضجيج

من الشكل (8) نجد أن الخوارزمية الأساسية تصبح غير قادرة على إعطاء الإستجابة المطلوبة وذلك بسبب وجود الضجيج. ونلاحظ من الشكل (9) أن قيمة الخطأ تزداد عند تعرض النظام للضجيج وتصبح إشارة التحكم كثيرة الاهتزازات كما هو موضح في الشكل (10).

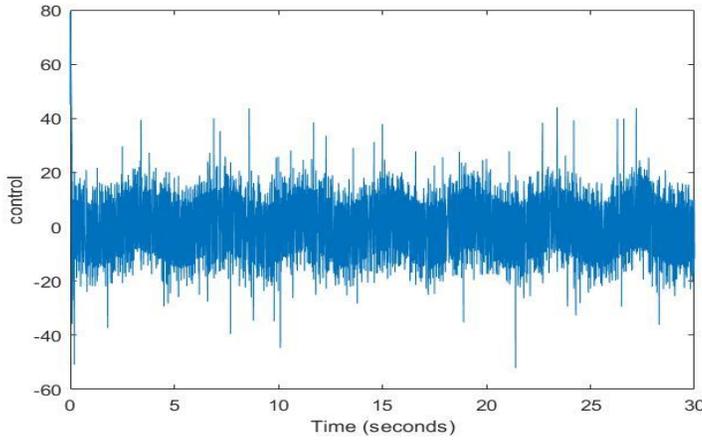
أما بالنسبة للخوارزمية المطورة نحصل على النتائج التالية وذلك عند تعرض النظام لنفس طاقة الضجيج التي تم تطبيقها على الخوارزمية الأساسية :



الشكل (11): التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة في الخوارزمية المطورة بوجود الضجيج



الشكل (12): إشارة الخطأ في الخوارزمية المطورة عند تعرض النظام للضجيج



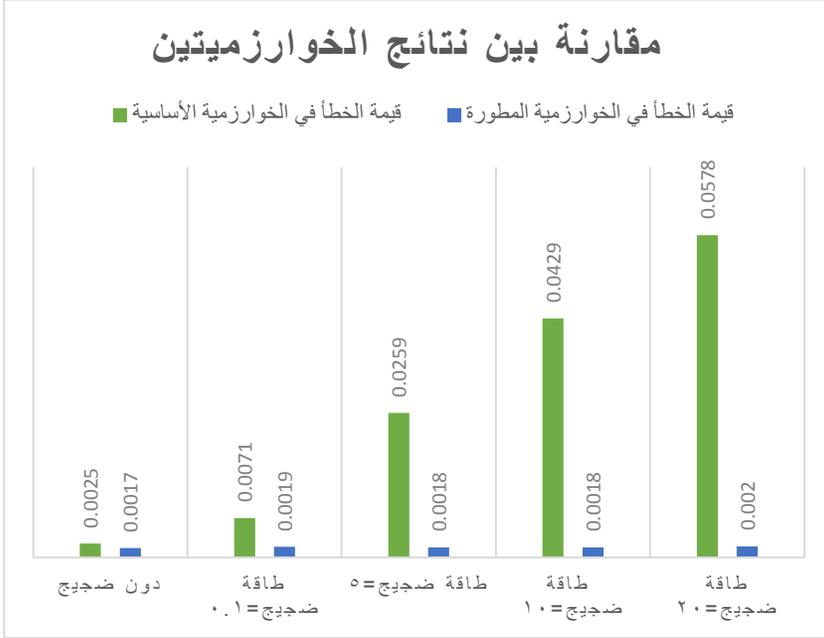
الشكل (13): إشارة التحكم في الخوارزمية المطورة بوجود الضجيج

نلاحظ من الشكل (11) قدرة الخوارزمية المطورة على المحافظة على الأداء المطلوب رغم تعرض النظام للضجيج. من الشكل (12) نلاحظ أن قيمة الخطأ تبقى نفسها تقريباً رغم تعرض النظام للضجيج ولكن الاهتزازات الموجودة في إشارة التحكم ازدادت كما هو موضح في الشكل (13).

الجدول التالي يوضح مقارنة لقيمة الخطأ الصغرى والعظمى والمتوسط في الخوارزمية الأساسية والخوارزمية المطورة وذلك في حالة عدم وجود ضجيج وفي حالات وجود الضجيج بقيم مختلفة:

الخوارزمية المطورة			الخوارزمية الأساسية			
المتوسط	قيمة كبرى	قيمة صغرى	المتوسط	قيمة كبرى	قيمة صغرى	
- 4.5315 *10 ⁻⁶	0.0017	-0.0321	-0.0022	0.0025	-0.0504	دون ضجيج
-1.3108 *10 ⁻⁴	0.0019	-0.0320	-0.0021	0.0071	-0.0504	طاقة ضجيج=0.1
-1.6183 *10 ⁻⁴	0.0018	-0.0316	-0.0028	0.0259	-0.0664	طاقة ضجيج=5
-2.051 *10 ⁻⁴	0.0018	-0.0315	-0.0067	0.0429	-0.1159	طاقة ضجيج=10
-8.0723 *10 ⁻⁵	0.002	-0.0314	-0.0078	0.0578	-0.2168	طاقة ضجيج=20

الجدول (1): مقارنة بين نتائج الخوارزمية الأساسية والخوارزمية المطورة



الشكل (14): مقارنة نتائج الخوارزميتين

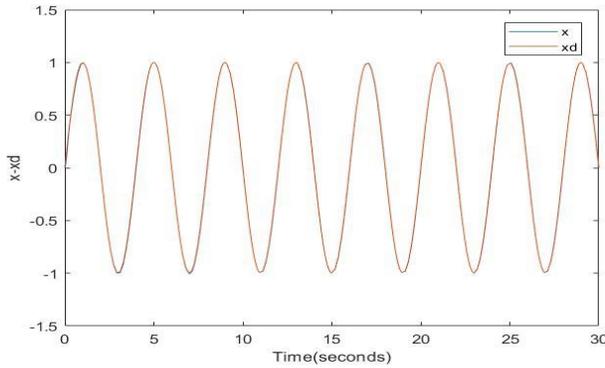
نستنتج من الجدول السابق والشكل (14) أن قيمة الخطأ تكون أقل في الخوارزمية المعدلة بالإضافة لقدرة هذه الخوارزمية على إعطاء الأداء ذاته رغم تعرض النظام للضجيج في حين أن الخطأ في الخوارزمية الأساسية يكون أكبر ويزداد عند وجود الضجيج. تم اختبار الخوارزمية المطورة عندما تكون قيمة الضجيج خارج مجال الحد الأدنى والأعلى للضجيج حيث لوحظ أن تغير في قيمة الخطأ يكون صغير جداً.

من أشكال إشارات التحكم السابقة نلاحظ وجود اهتزازات في إشارة التحكم في كلتا الخوارزميتين وتزداد هذه الاهتزازات عند تعرض النظام للضجيج لذلك قمنا بتضمين طبقة الحدود إلى إشارة التحكم لكي نتخلص من هذه الاهتزازات.

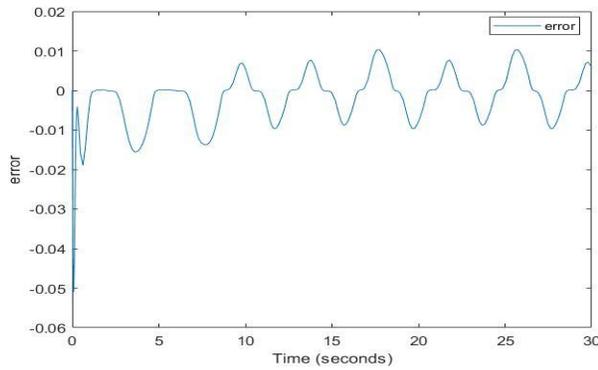
9-2- اختبار أداء الخوارزمية الأساسية والخوارزمية المطورة بعد تضمين طبقة الحدود إلى إشارة التحكم:

بعد إدخال طبقة الحدود إلى إشارة التحكم تصبح نتائج اختبار الخوارزمية الأساسية على

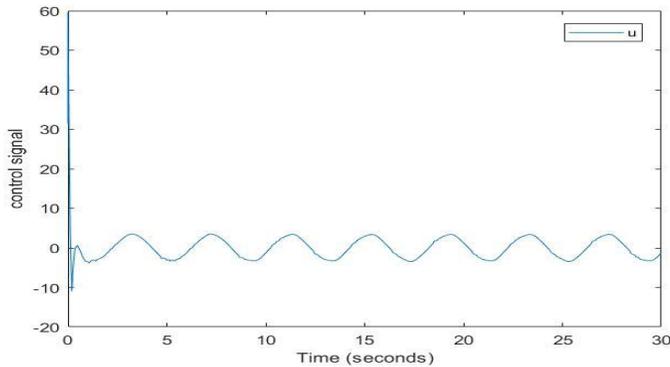
الشكل التالي وذلك عند وجود الضجيج:



الشكل (15): التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية الأساسية

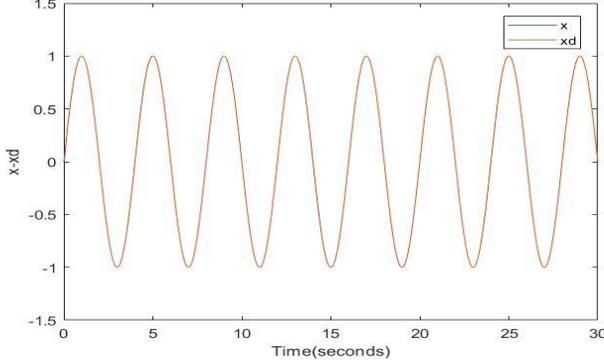


الشكل (16): إشارة الخطأ بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية الأساسية

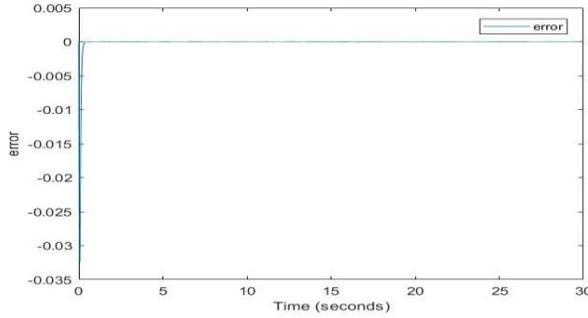


الشكل (17): إشارة التحكم بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية الأساسية

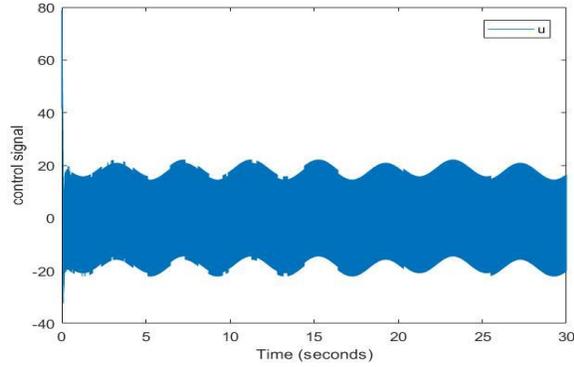
من الشكل (15) نجد أن إضافة طبقة الحدود لم يؤثر على التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة ولكن كان لهذه الإضافة تأثير على قيمة الخطأ كما هو موضح في الشكل (16) أما بالنسبة لإشارة التحكم لم تتأثر كما هو موضح بالشكل (17).
تكون نتائج الخوارزمية المطورة بعد تضمين طبقة الحدود كما هو موضح بالتالي:



الشكل (18): التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية المطورة



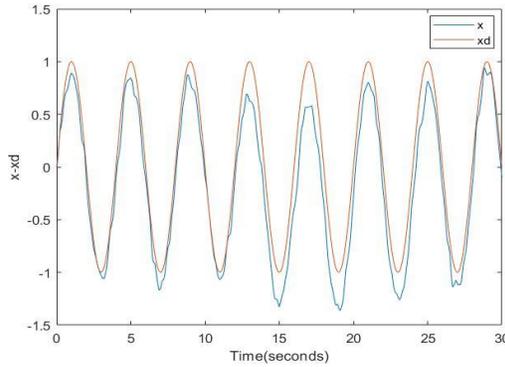
الشكل (19): إشارة الخطأ بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية المطورة



الشكل (20): إشارة التحكم بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية المطورة

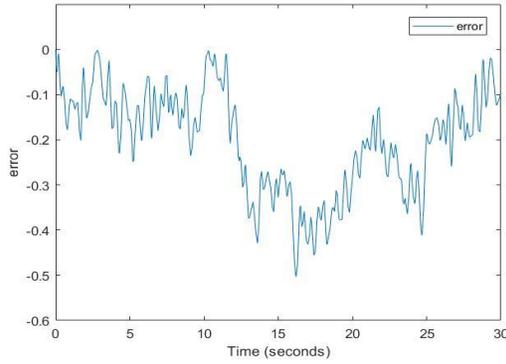
نلاحظ أن التعديل الذي نفذ لم يؤثر على التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة كما هو مبين بالشكل (18) وإنما هذا التعديل ساعد على تقليل الخطأ والقضاء على اهتزازات إشارة التحكم وذلك موضح في الشكلين (19) و(20).

عند تطبيق الضجيج على النظام تصبح نتائج الخوارزمية الأساسية كما يلي:

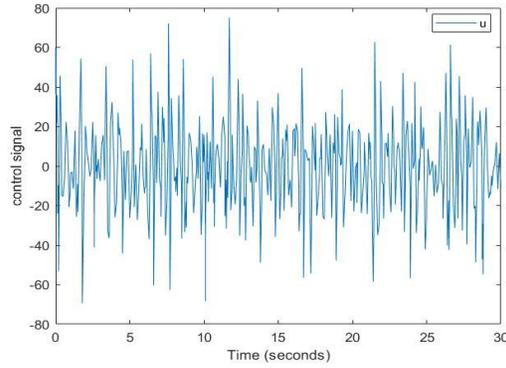


الشكل (21): التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة بعد تضمين طبقة الحدود

في الخوارزمية الأساسية بوجود الضجيج

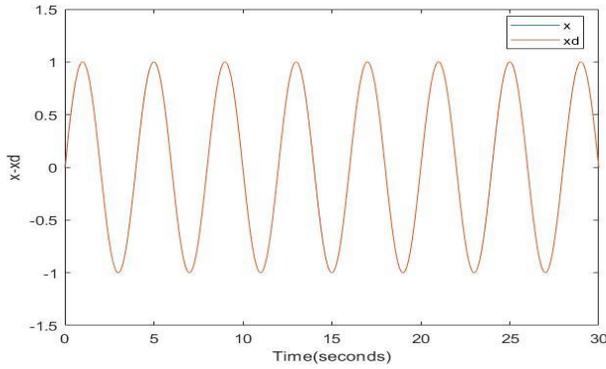


الشكل (22): إشارة الخطأ بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية الأساسية بوجود الضجيج

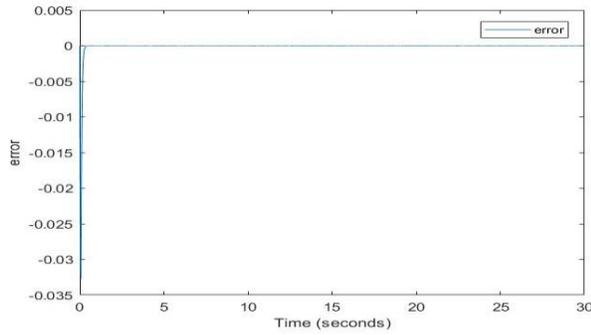


الشكل (23): إشارة التحكم بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية الأساسية بوجود ضجيج

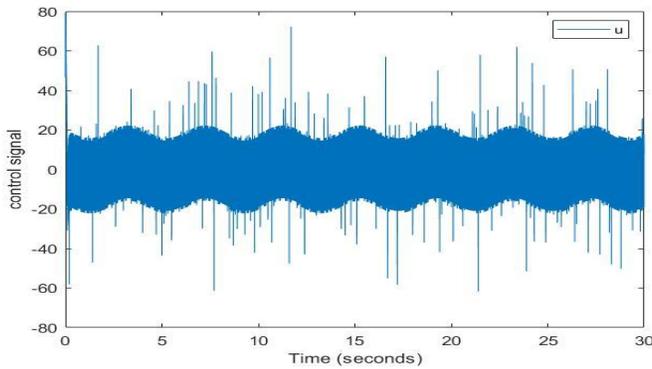
نلاحظ أن إضافة طبقة الحدود إلى الخوارزمية الأساسية لم يعطي فائدة. أما بالنسبة للخوارزمية المطورة تكون النتائج في حالة وجود الضجيج على الشكل التالي:



الشكل (24): التطابق بين الإشارة الفعلية والإشارة المرغوبة بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية المطورة بوجود الضجيج



الشكل (25): إشارة الخطأ بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية المطورة بوجود الضجيج



الشكل (26): إشارة التحكم بعد تضمين طبقة الحدود في الخوارزمية المطورة بوجود الضجيج

من الشكل (26) نلاحظ أن إضافة طبقة الحدود قللت من اهتزازات إشارة التحكم وقللت مطالها وذلك في حالة تعرض النظام للضجيج.

لدراسة أثر إضافة طبقة الحدود على قيم الخطأ نعرض الجدول التالي:

الخوارزمية المعدلة			الخوارزمية الأساسية			
المتوسط	قيمة الكبرى	قيمة صغرى	المتوسط	قيمة الكبرى	قيمة صغرى	
-8.5318 *10 ⁻⁵	7.739 *10 ⁻⁶	-0.0324	-9.3503 *10 ⁻⁴	0.0104	-0.0511	دون ضجيج
-8.8711 *10 ⁻⁵	9.7359 *10 ⁻⁶	-0.0325	-1.6413 *10 ⁻⁴	0.0092	-0.0510	طاقة الضجيج=0.1
-1.192 *10 ⁻⁴	1.3354 *10 ⁻⁵	-0.0327	-0.0114	0.2039	-0.1587	طاقة الضجيج=5
-1.4131 *10 ⁻⁴	1.5883 *10 ⁻⁵	-0.0327	-0.0506	0	-0.2953	طاقة الضجيج=10
-3.4735 *10 ⁻⁵	1.1878 *10 ⁻⁵	-0.0327	-0.1644	0	-0.5036	طاقة الضجيج=20

الجدول (2): مقارنة بين الخوارزمية الأساسية والخوارزمية المطورة بعد تضمين طبقة الحدود

نلاحظ من القيم السابقة أن إضافة طبقة الحدود ساعدت أيضاً في تقليل قيمة الخطأ في كلتا الخوارزميتين ولكن في الخوارزمية المطورة يكون الخطأ أقل بكثير من الخوارزمية الأساسية.

10- الاستنتاجات:

نستنتج مما سبق أن خوارزمية التحكم الانزلاقي ذو النموذج الحر المطورة تقدم بنية تحكمية أكثر متانة وذلك لقدرتها على التعامل مع الضجيج حيث أظهرت نتائج المحاكاة قدرة هذه البنية على إعطاء الاستجابة المطلوبة بقيمة خطأ صغير جداً ولكن مع وجود تذبذبات في إشارة التحكم حيث تم تقليل هذه المشكلة عن طريق إدخال طبقة الحدود إلى علاقة المتحكم حيث نتج عن هذه الإضافة القضاء على التذبذبات في حالة عدم وجود ضجيج و تقليلها عند تعرض النظام للضجيج .

11- التوصيات:

1. دراسة إمكانية استخدام قانون التحكم الذي تم استنتاجه من أجل التحكم بالأنظمة اللاخطية.
2. إجراء تعديل على علاقة النموذج الحر بحيث يصبح ربح المتحكم لا يساوي الواحد ودراسة تأثير قيمة الريح على أداء المتحكم.
3. تعديل الخوارزمية السابقة بحيث يمكننا استخدامها للتحكم بالأنظمة متعددة المداخل ومتعددة المخارج.

المراجع :

- [1] LIU. J, and WENG. X, 2011– Advanced Sliding Mode Control for Mechanical Systems. Springer, Beijing, pp. 356.
- [2] LAGHROUCHE. S, PLESTAN. F, and GLUMINEAU. A, 2003– Higher Order Sliding Mode Control Based On Optimal Linear Quadratic Control, European control conference(ECC), pp. 910–915.
- [3] CUNHA. J, LIU. H, COSTA. R, and LIZARRALDE. F, 2003– Output–feedback Model–Reference Sliding Mode Control of Uncertain Multivariable Systems. Automatic Control, IEEE Transactions, vol. 48, no. 12, pp. 2245–2250.
- [4] YU. H, and ÖZGÜNER. Ü, 2006– Adaptive Seeking Sliding Mode Control. proceedings of the 2006 American Control Conference, pp. 4694–4699.
- [5] LEE. S, and CHUNG. C, 2003– Sliding Mode Control Design Using Fast Output Sampling. 42nd IEEE International Conference on Decision and Control, vol. 4, pp. 3543–3548.
- [6] FERRARA. A, and RUBAGOTTI. M, 2008– A Sub–Optimal Second Order Sliding Mode Controller for Systems with Saturating Actuators. IEEE Transactions on Automatic Control, **54(5)**, pp. 1082–1087.
- [7] KAI. Z, XINGCHENG. W, and YI. J, 2014– New Sliding

Surface Design for a Class of Nonlinear Sliding Mode Control Systems. proceedings of the 33rd Chinese control conference, pp. 104–108.

[8] CRASSIDIS. A, and MIZOV. A, 2015– A Model–Free Control Algorithm Derived Using the Sliding Mode Control Method. proceedings of the 2nd International Conference of Control, Dynamic Systems, and Robotics, NO. 166, PP. 1–9.

[9] REIS. R, 2016– A New Model–Free Sliding Mode Control Method with Estimation of Control Input Error. Thesis. Rochester Institute of Technology. Accessed from <https://scholarworks.rit.edu/theses/9013>.

[10] TIN. F, 2017– A Model–Free Control System Based on the Sliding Mode Control Method with Applications to Multi–Input–Multi–Output Systems. Thesis. Rochester Institute of Technology. Accessed from <https://scholarworks.rit.edu/theses/9458> .

[11] SCHULKEN. E, and CRASSIDIS. A, 2018– Model–free Sliding Mode Control Algorithms Including Application to a Real–Word Quadrotor. proceedings of the 5th International Conference of Control, Dynamic Systems, and Robotics, NO. 112, pp. 1–9.

[12] SREERAJ. A, 2019– A Model–Free Control Algorithm Based on the Sliding Mode Control Method with Applications to

Unmanned Aircraft Systems. Thesis. Rochester Institute of Technology. Accessed from

<https://scholarworks.rit.edu/theses/10043>.

[13] KARAM. E, TASHAN. T, and MOHSIN. E, 2019– Design of Model–Free Sliding Mode Controller based on BBO Algorithm for Heart Rate Pacemaker. ReserachGate, vo. 11, pp. 31–37.

[14] CRASSIDIS. A, and MIZOV. A, 2015– A Model–Free Control Algorithm Derived Using the Sliding Model Control Method.

Thesis. Rochester Institute of Technology. Accessed from

<https://scholarworks.rit.edu/theses/8666>.

المراجع العربية:

[15] DIAB, J 2010–Electronic automatic control\3\, Publications of Al–Baath University, pp. 596.

تحليل الثغرات الأمنية في بروتوكول الدخول الموحد Open ID Connect من خلال تطبيق هجمات MIX-UP

م. ابراهيم الأحمد* ، د. محمد أيمن نعال** ، د. محمود شعاع***

الملخص

تعمل أنظمة تسجيل الدخول الموحد (SSO) على تبسيط إجراءات تسجيل الدخول باستخدام مزود الهوية (IDP)، لكن هذه الأنظمة المستخدمة على نطاق واسع توفر خصوصية قليلة للمستخدم ونتيجة لذلك يمكن لمزود الهوية مثل (google أو Facebook) معرفة الكثير عن سلوك المستخدم على الويب. من الواضح أن هذا الأمر غير مرغوب فيه لأسباب تتعلق بالخصوصية ولا سيما للمستخدمين المهتمين بالخصوصية والذين يرغبون في تقليل المعلومات المتعلقة بسلوك الوصول إلى الويب والتي يكشفونها لمنظمات الطرف الثالث.

تم في هذا البحث إجراء دراسة عملية واسعة النطاق لبروتوكول الدخول الموحد OpenID Connect من خلال تحليل مراحل عمل البروتوكول بالإضافة لذكر العيوب والثغرات الأمنية الخاصة به. كما تم تقديم تحليلاً منهجياً لخصوصية وصول المستخدم لأنظمة تسجيل الدخول الموحد ووصف مدى سهولة الوصول إلى معلومات المستخدم. تم تطبيق هجوم Mix-up على البروتوكول من خلال استخدام local API مبني على ASP.net وتم من خلاله الحصول على رموز ID token والتي تمكن المهاجم من بناء Access token الذي يتيح إمكانية الوصول لموارد المستخدم . تم أيضاً تحليل كفاءة الهجوم على منصات online من خلال تحديد عدد الرموز التي تم الوصول إليها عند تطبيق الهجوم .

كلمات مفتاحية: الدخول الموحد، مزود الهوية، مزود الخدمة، OpenID Connect.

*طالب دراسات عليا (دكتوراه)، قسم هندسة الحواسيب، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب

**أستاذ مساعد في قسم هندسة الحواسيب، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية ، جامعة حلب

***مدرس في قسم هندسة الحواسيب، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية ، جامعة حلب

Analysis of security gaps on Single Sign-On Protocol “Open ID Connect” by MIX-UP Attacks

Ibrahim ALAHMAD*, Mouhamad Ayman NAAL **, Mahmoud SHAAR **

Abstract

Single Sign-On (SSO) systems simplify the logging in process with an identity provider (IDP). However, these widely used systems provide privacy to users and as a result, an identity provider (such as google or Facebook) can learn a lot about users behavior on the web. This is clearly not desirable for privacy reasons, particularly for privacy-conscious users who want to reduce the information about web access behavior they disclose to third-party organizations.

In this paper, a large-scale practical study of the single sign-on protocol "OpenID Connect" was carried out by analyzing the workflow of the protocol, in addition to mentioning its security flaws and vulnerabilities. A systematic analysis of user access privacy to single sign-on systems was also presented and a description of the ease of accessing user information. A Mix-up attack was applied using a local API based on ASP.net, through which ID token were obtained, which enables the attacker to build an Access token that allows access to user resources. The efficiency of the attack on online platforms was also analyzed by determining the number of tokens that were accessed when the attack was applied.

Key Words: Single Sign-On, Identity Provider, Service Provider, OpenID Connect.

*PhdStudent, Dept.of Computer Engineering, Faculty of Electrical and Electron Engineering, University of Aleppo

** Dept. of Computer Engineering, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo

1- مقدمة

يعتبر الدخول الموحد (SSO) مفهوماً للتفويض على مصادقة المستخدمين على مزود الخدمة (SP) من خلال طرف ثالث يدعى مزود الهوية (IDP) [1]. يعتبر بروتوكول OpenID Connect أحدث نسخة من بروتوكولات الدخول الموحد، تم إصدار هذا البروتوكول في عام 2014 وقد دعمته الكثير من الشركات الكبيرة مثل Amazon, Google, PayPal, Microsoft [2].

2- أهمية البحث وهدفه

يهدف هذا البحث إلى تقديم دراسة تحليلية شاملة ومفصلة لبروتوكول الدخول الموحد OpenID Connect ولمراحل عمله بالتفصيل، وتحليل تطبيق هجوم MIX up على البروتوكول وفق سيناريوهين الأول على API local تم استخدام بيئة ASP MVC في انشائه والثاني سرقة الرموز من منصات تستخدم البروتوكول online ، النتائج التي تم الحصول عليها تمثل مقدار الوصول إلى رموز ID token الخاصة بالمستخدم والتي تدخل في بناء Access token للوصول لبيانات المستخدم .

3 - بروتوكول OpenID Connect

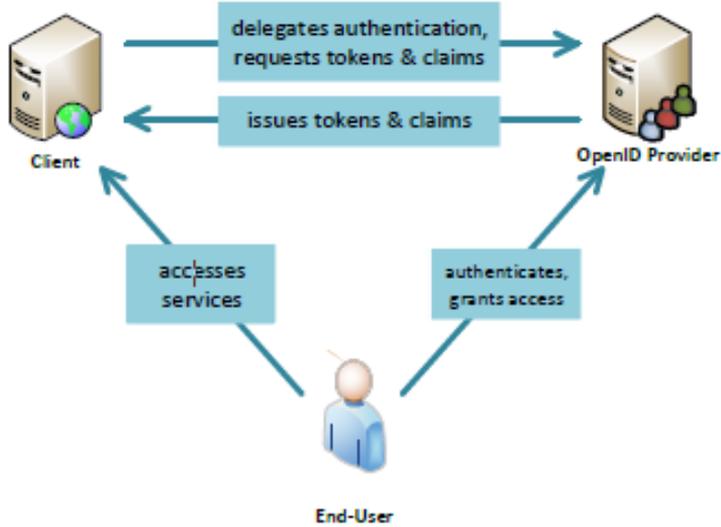
سنتناول في هذه الفقرة وصفاً عاماً لبروتوكول OI DC ثم المراحل التفصيلية لعمله ثم توصيفاً لنقاط الضعف والنقاط الحرجة في هذا البروتوكول.

3-1 الوصف العام لبروتوكول OpenID Connect

يسمح بروتوكول OpenID Connect بمصادقة المستخدمين على مزودات الخدمة باستخدام الحسابات الموجودة عند مزود الهوية. صمم OI DC بالاعتماد على بروتوكول OAuth لتمكين مصادقة المستخدمين كما تضمن ميزة جديدة فيه وهي مرحلة التسجيل الديناميكي والاكتشاف وتحقيق الثقة بشكل أوتوماتيكي بين مزود الخدمة (SP) ومزود الهوية (Idp) [3].

تحليل الثغرات الأمنية في بروتوكول الدخول الموحد Open ID Connect من خلال تطبيق هجمات MIX-UP

هناك ثلاثة أطراف مختلفة ضمن بروتوكول OIDC. العلاقة بين هذه الأطراف موضحة في الشكل (1).



الشكل (1) العلاقة بين الأطراف الثلاثة في بروتوكول OIDC

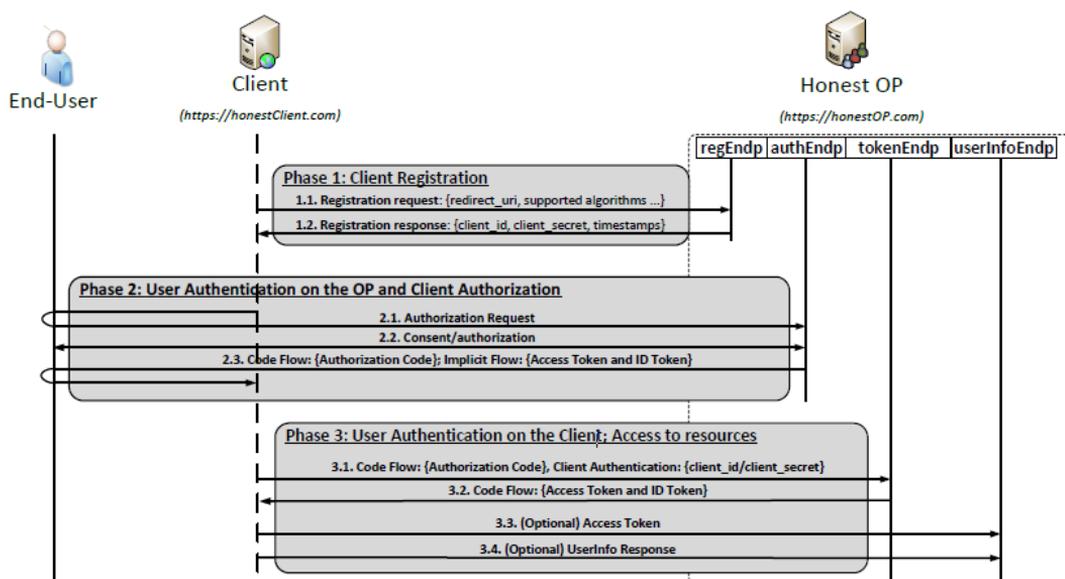
يتولى كل طرف من هذه الأطراف دوراً مختلفاً كالتالي:

- المستخدم النهائي (End-User): يريد الوصول إلى خدمات العميل (مزود الخدمة) وبالتالي يحتاج لإثبات هويته للعميل. كما أنه لديه إمكانية لتفويض العميل للوصول إلى مجموعة محددة من موارده المخزنة في مزود الهوية (OP).
- العميل (Client): تطبيق يوفر خدمات معينة تتطلب المصادقة على هوية المستخدم النهائي. عملية المصادقة يتم توكيلها إلى مزود الهوية (OP).
- مزود الهوية (OpenID Provider): يعالج المصادقة على هوية المستخدم النهائي وإصدار رمز المصادقة الذي يحتوي على مجموعة محددة من المطالبات

التي تثبت هوية المستخدم النهائي. بالإضافة إلى أنه يمكنه إصدار رمز ترخيص من أجل السماح للعميل للوصول إلى موارد المستخدم النهائي.

2-3 مراحل عمل بروتوكول OpenID Connect

تمر عملية تنفيذ بروتوكول OIDC بثلاثة مراحل، وهي مرحلة التسجيل الديناميكي والاكتشاف، مرحلة المصادقة على هوية المستخدم عند مزود الهوية، ومرحلة المصادقة على الرموز وقد تم توضيح هذه المراحل في الشكل (2) [3].



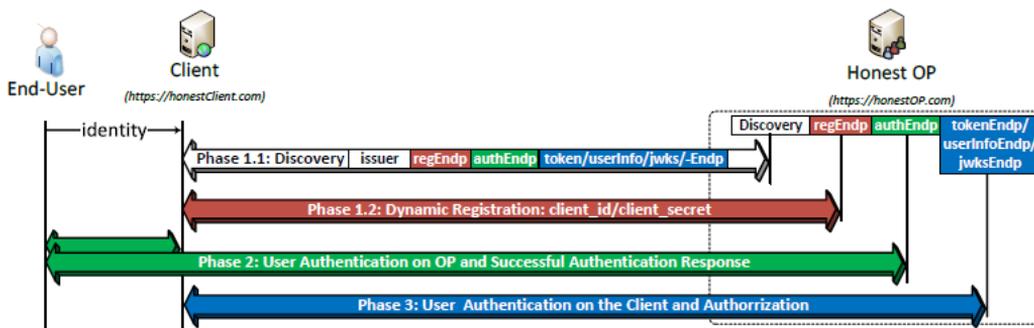
الشكل (2) مراحل التنفيذ في بروتوكول OpenIDConnect

1-2-3 المرحلة الأولى: مرحلة التسجيل (Client Registration):

يوضح الشكل (3) مرحلة التسجيل الأولى بدقة أكثر [3]:

في البداية يقدم المستخدم هويته مثلا (alice@honestOP.com) الى العميل للحصول على الخدمات. من اجل المصادقة على المستخدم العميل يحتاج لاكتشاف مزود الهوية (OP) الذي يتحكم بهوية المستخدم alias.

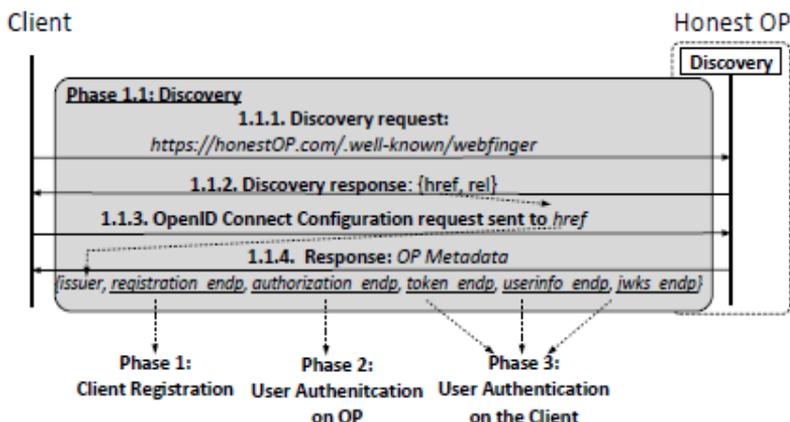
تحليل الثغرات الأمنية في بروتوكول الدخول الموحد Open ID Connect من خلال تطبيق هجمات MIX-UP



الشكل (3) مرحلة التسجيل في OpenIDConnect

تقسم المرحلة الاولى لخطوتين:

- الخطوة الأولى (الاكتشاف): يرسل العميل طلبا إلى نقطة نهاية الاكتشاف (Discovery endpoint) ويسترجع معلومات (OP's configuration) تتضمن مواقع نقط النهاية. يبين الشكل (4) تفاصيل مرحلة الاكتشاف تظهر فيها البيانات (metadata) التي يتلقاها العميل ومدى تأثيرها على مراحل البروتوكول. نلاحظ ان هذه البيانات تحتوي جميع المعلومات المتعلقة بالبروتوكول: (نقاط النهاية_ خوارزميات توقيع وتشفير الرسائل- المفاتيح العامة للبروتوكول).



الشكل (4) لمحة تفصيلية عن مرحلة الاكتشاف في OIDC

▪ الخطوة الثانية (التسجيل الديناميكي): العميل يسجل تلقائياً في مزود الهوية (OP) حيث يرسل عنوانه الخاص مثلاً (<http://client.com>) إلى عنوان نقطة نهاية التسجيل فيقوم OP بالاستجابة وإرسال الزوج (client_id/ client_secret) وهي رموز سرية بين العميل ومزود الهوية (OP) تمثل أوراق اعتماد العميل.

3-2-2 المرحلة الثانية: المصادقة على المستخدم عند مزود الهوية (User Authentication on the OP)

يقوم العميل بتوجيه المستخدم غير المصادق عليه إلى نقطة نهاية التفويض (Authorization Endpoint) (يتم توجيه المستخدم إلى عنوان مسجل عليه مسبقاً هوية العميل). تتم مصادقة المستخدم النهائي على OP باستخدام أوراق اعتماده. يقوم OP بإرسال كود تفويض (Authorization code) يتضمن (Access token, ID token) وهذا الكود وسيط بين العميل والمستخدم يستطيع من خلاله العميل الوصول لموارد محددة للمستخدم والتأكد من هوية المستخدم النهائي.

3-2-3 المرحلة الثالثة: مرحلة المصادقة على الرموز (User Authentication on the OP – ID and Access Token)

بعد أن يستقبل العميل الكود (code) في نهاية المرحلة الثانية يرسله إلى نقطة نهاية الرموز ويرسل أوراق اعتماده من المرحلة الأولى (client_id and client_secret) ثم يستجيب مزود الهوية ويرسل له الرمز (Access token, ID token) ثم يقوم العميل بالتحقق من الرموز ويقوم بالمصادقة النهائية للمستخدم.

3-3 محتويات ID Token

يعتبر id token رمزاً سرياً يحوي معلومات (claims) عن هوية المستخدم النهائي وبنية بياناته JSON Web Token (JWT). يبين الشكل (5) مثالا عن id token . [4][5]

```
Header: { "alg": "HS256" }
Body:   {
  "iss": "http://openidConnectProvider.com/",
  "sub": "user1",
  "exp": 1444148908,
  "iat": 1444148308,
  "nonce": "40c6b33b9a2e",
  "aud": "http://client.com/",
}
Signature: AF45JF93LKD76D...
```

الشكل (5) مثال عن id token

نلاحظ أن id token يتألف من ثلاثة أجزاء:

أولاً: الرأس: يحوي معلومات تتضمن خوارزمية التشفير المستخدمة.

ثانياً: الجسم: يحتوي المعلومات المحتاجة للمصادقة على المستخدم النهائي وتتضمن:

- هوية المستخدم النهائي: وتتألف من جزئين:
 - Issuer (iss): لمعرفة مزود الهوية.
 - Subject (sub): لمعرفة هوية المستخدم.وكلاهما يستخدمان لتحديد هوية المستخدم النهائي.
- الطابع الزمني (iat) timestamp وفترة الصلاحية expired (exp) يعرفان الفترة الزمنية لإنتاج وانتهاء الرمز.
- Nonce: سلسلة عشوائية ترسل من العميل خلال طلب المصادقة تستخدم لتخفيف الهجمات.
- Audience (aud): لتحديد العملاء الذين ينتمي رمز الهوية لهم.

ثالثاً: التوقيع: يزود بموثوقية id token.

3-4 نقاط الضعف في بروتوكول OpenID Connect

الجديد في بروتوكول OIDC هو مرحلة التسجيل الديناميكي والاكتشاف وهي لم تكن موجودة في البروتوكولات السابقة وقد شكلت نقطة ضعف أساسية في هذا البروتوكول حيث استطاع المهاجمون التدخل في المعلومات (عناوين نقط النهاية) المرسله إلى العميل أثناء مرحلة الاستكشاف واستبدالها بعناوين خاصة بالمهاجمين فتصبح عملية تبادل المعلومات بين العميل والمهاجم خلال مراحل عمل البروتوكول [6]، كما أن بناء بروتوكول OIDC من عدة طبقات سمح بتدخل المهاجمين بين أية مرحلتين من المراحل الثلاثة [7].

سنتناول بالتفصيل الدراسات السابقة التي استفادت من نقاط الضعف في تطوير هجمات جديدة على هذا البروتوكول وأدوات لتحليل واختبار مدى سريته.

4- الدراسات السابقة

اهتمت العديد من الدراسات السابقة حول بروتوكولات الدخول الموحد باختبار وتحليل وتحديد الثغرات الأمنية فيها. نستعرض فيما يأتي أهم هذه الدراسات. قام الباحثون في [1] بتقديم أداة لاختبار الهجمات على بروتوكول الدخول OIDC واختبار الهجمات المطورة (هجمات نقط النهاية الخبيثة) التي يتم فيها اكتشاف مزود الهوية في مرحلة الاكتشاف وهذا ساعد في فهم أفضل لتدفق الرسائل ضمن البروتوكول. كما قام الباحثون في [3] بإجراء تحليل معمق للسمة الجديدة في بروتوكول OIDC وهي مرحلة التسجيل الديناميكي والاكتشاف وقدموا نوعاً جديداً من الهجمات (Malicious Endpoints) ينتمي إلى صنف الهجمات من الدرجة الثانية حيث تقوم الهجمة على مرحلتين. يستغل هذا الهجوم المعلومات المتبادلة بين أطراف البروتوكول بين المراحل الثلاثة. وقد تمكنوا من كسر خصوصية المستخدم وتوضيح عيوب المزايا الجديدة وبالتالي لا يمكن ضمان أمن البروتوكول بالشكل الحالي حيث يسعى المهاجم في هذه الهجمات

(Malicious Endpoints Attacks) لسرقة الوثائق بين العميل (Client) ومزود الهوية (OP) كما يسعى لسرقة رمز التفويض (token_access) الذي يسمح بالوصول لموارد المستخدم.

كذلك قام الباحثون في [4] بتحليل الهجمات المعروفة على بروتوكول OIDC وتصنيف هذه الهجمات إلى صنفين أساسيين هما:

هجمات المرحلة الواحدة: هي الهجمات التي تطبق على إحدى مراحل عمل البروتوكول. هجمات المرحلتين: هي الهجمات التي تعتمد على أكثر من مرحلة من مراحل البروتوكول أثناء الهجوم.

وقد قدم الباحثون أداة لتحسين سرية البروتوكول وتحديد الثغرات الأمنية ضمنه. يوضح ها البحث أن بناء بروتوكول OIDC من عدة طبقات يسمح بتدخل المهاجمين بين أية مرحلتين من المراحل الثلاثة مما يتيح المجال لدراسة أعمق لهذه المراحل وإمكانية اختراقها.

وقام الباحثون في [6] بإجراء تحليل سري ومعمق لبروتوكول الدخول الموحد OpenID Connect وتم بناء نموذج مطور من OpenID Connect حيث تم توظيف الخصائص السرية للبروتوكول لتجنب الهجمات المكتشفة سابقا والهجمات الجديدة.

وفي [7] تمت دراسة الخصائص الأمنية لبروتوكول googleOIDC وتم فحصه على مجموعة من العملاء وتم تطبيق صنف من الهجمات يمكن من خلالها الحصول على رموز المستخدم ومن ثم استخدامها لانتحال شخصية المستخدم للوصول إلى العملاء كما قدموا مجموعة من النصائح المستقبلية التي يجب أخذها في الأنظمة المستقبلية بالنسبة لكل من مزود الخدمة "RP" ومزود الهوية OP.

5- الثغرات الأمنية في OIDC

1- التصيد (Phishing) : هناك نوعان من هذا النمط من الهجمات:

1. صفحة OP المخادعة : يمكن لمزود الخدمة المخادع RP إعادة توجيه المستخدم إلى صفحة OP المخادعة حيث يتم خداع المستخدم لإدخال بيانات اعتماد OP الخاصة به [4].
2. انتحال العالم (Realm Spoofing): يمكن لـ RP صياغة طلب مصادقة مع openid.realm مضبوط على مجال موثوق به والإشارة إلى الرجوع إلى الصفحة الخاصة به بدون التحقق من معلوماته. سيؤكد OP الخاص بالمستخدم للمستخدم أنه يسجل الدخول إلى المجال الموثوق به ، بينما في الواقع يتم إعادة توجيههم مرة أخرى إلى RP.

2. الهجمات المتعلقة بالجلسة (Session Related Attacks): يسهل OpenID

للمستخدم الحصول على العديد من جلسات المصادقة النشطة وهذا يوفر المزيد من الفرص للوصول لموقع ضار لاستغلال نقاط الضعف في OP و RPs أخرى نظراً لأن المستخدم لديه بالفعل جلسة مصادقة [8]. بعض المشكلات المحددة المذكورة أدناه:

مبادلة الجلسة: لا يقترح البروتوكول آلية لربط جلسة OpenID بمتصفح المستخدم، مما يسمح لمهاجم الويب بإجبار متصفح المستخدم على تهيئة جلسة مصادق عليها كمهاجم. وبالتالي يمكن للمهاجم بدء الجلسة في RP، والمصادقة في OP وخداع الضحية للوصول إلى RP (على الرغم من تسجيل المستخدم للدخول كمهاجم). لن يدرك المستخدم أنه قام بتسجيل الدخول باعتباره المهاجم وقد يكشف عن معلومات حساسة في RP.

CSRF Cross-site request forgery: بمجرد أن يقوم المستخدم بتسجيل

الدخول ، قد يتمكن المهاجمون من تنفيذ سلسلة من هجمات CSRF (طلب تزوير عبر المواقع) ضد OP أو مواقع RP الأخرى حيث تم تسجيل دخول المستخدم.

CSS Cross-site Scripting : بمجرد أن يقوم المستخدم بتسجيل الدخول ، قد

يتمكن المهاجمون من تنفيذ سلسلة من هجمات XSS (البرمجة النصية عبر المواقع) ضد OP أو مواقع RP الأخرى حيث تم تسجيل دخول المستخدم.

خصوصية البيانات: يعرف مزود الخدمة OpenID الخاص بك كل موقع تقوم بتسجيل الدخول إليه باستخدام بيانات اعتمادك .لا توجد طريقة في البروتوكول (على عكس بطاقات المعلومات) لإخفاء هذه المعلومات من IdP نظراً لأن OP أصبح مكاناً مركزياً لجميع أنشطة تسجيل الدخول عبر جميع المواقع، يمكن لـ OP الخبيث تتبع نشاط المستخدم بسهولة على الإنترنت.

3.المخاطر المركزية: يعتبر حساب IdP الخاص بالمستخدم أكثر قيمة للقراصنة. حيث يقومون بالاختراق مرة واحدة ولديهم إمكانية الوصول إلى مواقع متعددة . كلما نجح موفر الهوية أكثر، زاد ربح القراصنة. لا يقدم العديد من موفري الهوية اليوم مصادقة متصاعدة و / أو مستويات مصادقة (والتي يمكن أن تختلف حسب سياق المعاملة) .ومن ثم فإما أن تكون التجربة مبالغاً في التعامل مع المعاملات عديمة القيمة أو أقل أماناً للمعاملات ذات القيمة.

4. أمن الخلفية الضعيفة: توفر العديد من المواقع أساليب مصادقة قوية للمستخدمين لتسجيل الدخول؛ مع السماح باسترداد حساب البريد الإلكتروني. يجب أن يكون استرداد الحساب الذي يعتمد فقط على الوصول إلى البريد الإلكتروني غير مقبول لأي OP .

5. علاقة مشتركة في المعرف: إذا كان المستخدمون يستخدمون نفس معرف OpenID في مواقع RP المختلفة، فيمكن لمواقع RP أن تتجمع معًا وترتبط معلومات أو نشاط المستخدم معًا. إذا كان لدى المستخدم عمليات تسجيل دخول مستقلة في مواقع RP المختلفة، فهذا غير ممكن أو على الأقل يصعب تحقيقه.

6. سلاسل المعرف المشتركة: هناك العديد من المشكلات المتعلقة بإدخال المستخدم معرف OpenID الخاص به، يعد إدخال سلسلة المعرف تحديًا لقابلية الاستخدام للمستخدمين. يصبح الأمر أكثر صعوبة نظرًا لأنه لا تستخدم جميع عمليات التشغيل نفس الأسلوب (على سبيل المثال، user.op.com أو op.com/user أو أيًا كان.com/openid/user) يسمح إدخال المستخدم لنفس المعرف في أماكن متعددة بعلاقة مشتركة بين RPs.

6- تطبيق هجوم Mix-up باستخدام ASP.net

6-1 افتراضات الهجوم

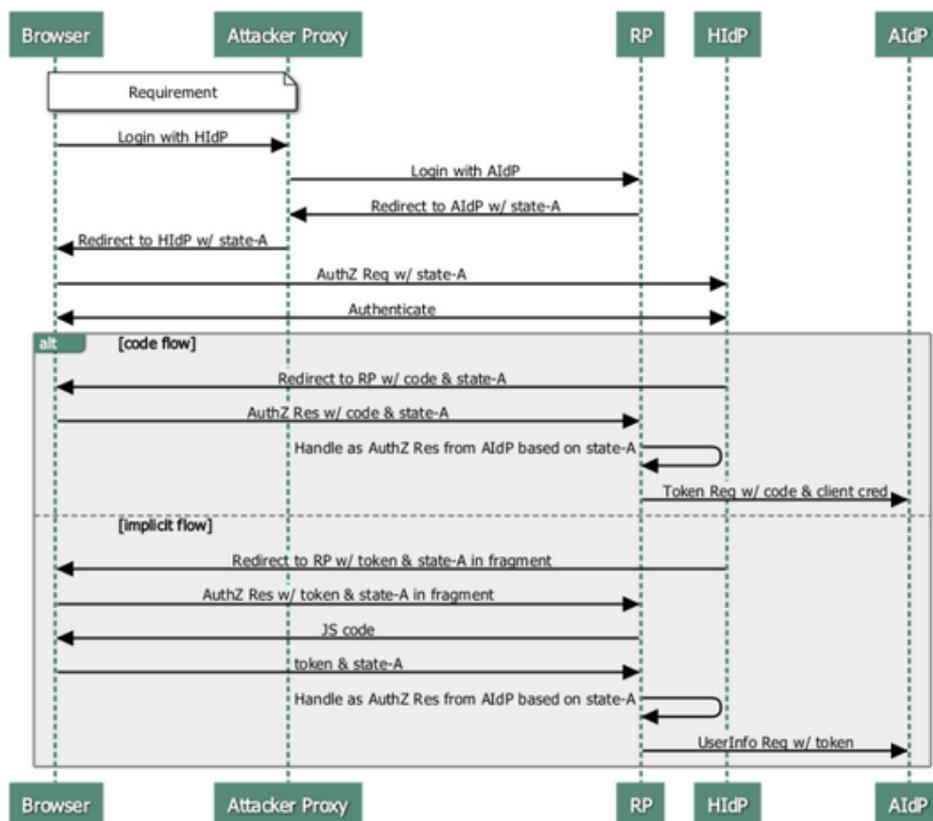
- ✓ يتصل RP بأكثر من مزود هوية OAuth (IdPs) أحدهما تحت سيطرة المهاجم. (على سبيل المثال ، تم تشغيل IdP بواسطة المهاجم نفسه).
- ✓ يستخدم RP نفس redirect_uri للعديد من مزودي الهوية ويستخدم قيمة "الحالة" لتحديد مزود الهوية الذي يأتي الرد منه.
- ✓ ملاحظة: إذا لم يكن التحقق من redirect_uri في IdP مطابقًا تمامًا لقيمة مسجلة مسبقًا ، فقد يتم تخفيف هذا الافتراض.
- ✓ يُطلق على IdP الخاضع لسيطرة المهاجم اسم AldP (Attacker IdP) ويسمى IdP غير الضار HIdP (Honest IdP).

2-6 مراحل الهجوم

✓ المرحلة 1: يحصل المهاجم على رمز الضحية من HIdP.

يبين الشكل (6) خطوات هذه المرحلة [9] وهي كالتالي:

1. ينقر المستخدم النهائي على زر "تسجيل الدخول باستخدام HIdP" من أي صفحة من صفحات مزود الخدمة RP.
2. المهاجم يتصل مع RP ويرسل طلب "تسجيل الدخول باستخدام AldP" إلى RP. بعد ذلك ، يتلقى استجابة إعادة التوجيه عند نقطة نهاية التفويض لـ AldP.
3. يقوم المهاجم بإرجاع استجابة إعادة التوجيه إلى المتصفح بحيث يتم نقلها إلى نقطة نهاية التحويل الخاصة بـ HIdP. ومع ذلك أثناء العملية ، تستخدم قيمة الحالة المرتبطة بطلب التفويض لـ AldP الذي تلقاه في الخطوة 2.
4. ينقر المستخدم النهائي على "موافقة" في HIdP.
5. يُعيد HIdP المستخدم النهائي إلى redirect_uri الخاص بـ RP مع الحالة، مع الرمز المرتبط به.
6. يقوم RP عند تلقي الرمز المميز بتقييم قيمة الحالة وتحديد أن استجابة التفويض من AldP.
7. يرسل RP الكود والرموز المميزة إلى نقطة نهاية الرمز المميز لـ AldP ونقاط نهاية API بحيث يتم تسليم الرموز المميز لـ HIdP إلى المهاجم.

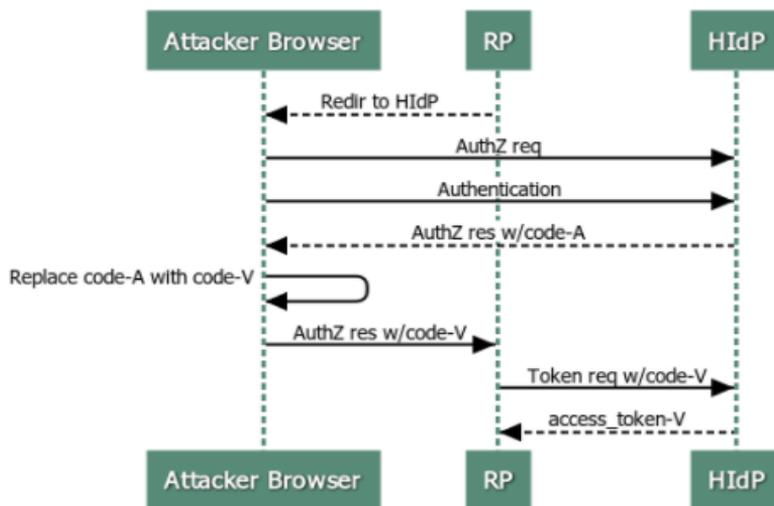


الشكل (6) خطوات هجوم ال MIX-UP

✓ المرحلة 2: استخدام رمز الضحية V code .

هنا يتصرف RP كما لو أنه يقدم خدمات للضحية بينما في الحقيقة المستخدم هو المهاجم. إذا أظهر RP البيانات ، يمكن للمهاجم رؤيتها. إذا كان رمز الوصول يسمح لـ RP بتعديل المورد ، فيمكن للمهاجم تعديل مورد الضحية ويوضح الشكل (7) هذه المرحلة.

تحليل الثغرات الأمنية في بروتوكول الدخول الموحد Open ID Connect من خلال تطبيق هجمات MIX-UP

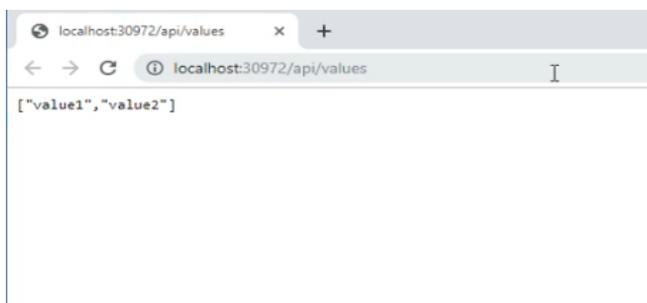


الشكل (7) استخدام كود الضحية من قبل المهاجم

3-6 تنفيذ الهجوم على API

- ✓ عند نجاح الهجوم سنحصل على المعلومات بصيغة JSON.
- ✓ عند تطبيق الهجوم سيتم الحصول على قيم المستخدم والتي تكون محمية قبل الهجوم.

يوضح الشكل (8) القيم التي تم الحصول عليها الخاصة بالمستخدم حيث تمر تخزين قيم المستخدم في سلسلتين مشفرتين الأولى هي 1 value والثانية هي value2 أي أن قيم بيانات المستخدم مخزنة في متحولين ضمن API بالتالي سيتم بناء token المستخدم من متحولين



الشكل (8) قيم رموز المستخدم المحمية قبل الهجوم

6-4 تطبيق الهجوم على المواقع online

يقوم الهجوم المطبق بسرقة مجموعة من الرموز الخاصة بحساب المستخدم وهي على النحو الآتي في الجدول (1):

الرمز	تنسيق البيانات	المعنى
Alg	String	تشير إلى الخوارزمية التي تم استخدامها لتوقيع الرمز المميز.
Kid	String	لتعيين بصمة المفتاح العام الذي يمكن استخدامه للتحقق من صحة توقيع هذا الرمز المميز.
Iss	سلسلة URI المصدر	تعرف المصدر أو خادم التحويل الذي ينشئ الرمز المميز ويُرجعه.
Idp	"سلسلة"، عادة ما تكون URI STS	تسجيل موثر الهوية الذي قام بمصادقة موضوع الرمز المميز
Sub	String	هذه القيمة غير قابلة للتغيير ولا يمكن إعادة تعيينها أو إعادة استخدامها. الرمز معرف ثنائي - وهو فريد من نوعه لمعرفة تطبيق معين. إذا قام مستخدم واحد بتسجيل الدخول إلى تطبيقين مختلفين باستخدام معرفين مختلفين للعملاء، سيتلقى هذان التطبيقان قيمتين مختلفتين لمطالبة الموضوع. قد يكون هذا أو لا يكون مرغوباً فيه اعتماداً على متطلبات الخصوصية لديك وهيكلتها.
Hasgroups	Bool	إذا كان موجوداً، فإنه يكون دائماً true، مشيراً إلى أن المستخدم موجود في مجموعة واحدة على الأقل. ويُستخدم بدلاً من مطالبة المجموعات لـ JWTs في تدفقات المنح الضمنية إذا كانت مطالبة المجموعات الكاملة ستوسع جزء URI إلى ما بعد حدود طول عنوان URL (6 مجموعات أو أكثر حالياً).
Exp	string	يشير إلى زمن انتهاء الجلسة مع مزود الهوية
Website	string	يشير إلى نوع مزود الهوية
Aud	string	اسم الموقع الذي يتم استخدامه فيه البروتوكول

الجدول (1) الرموز الخاصة برمز المستخدم id token

تستخدم هذه الرموز في التعامل مع مزود خدمة البروتوكول وسرقة هذه الرموز يتيح للمهاجم إمكانية الوصول لبيانات الضحية . ولكن بشرط إتاحة إمكانية إعادة التوجيه من قبل مزود الخدمة لحساب المستخدم وهذا ما يسمى بهجوم إعادة التوجيه.

بتطبيق الهجوم على حساب gmail حصلنا على الرموز التالية:

```
D:\project\project3\open id connect\ConsoleApp1\ConsoleApp1\bin\Debug\ConsoleApp1.exe
Sub: 2022-11-12-15
aud: 12/11/2022 17:33:17
code:
Alg AEC = AakniGP1NkqEIV63JlFuEG05rppTxp0vuFD86wnP818N6Pfgic_vaaWdnA
Website: .google.com
Path: /
Hasgroups: True
exp: False
Comment:
Iss:
Kid: AEC=AakniGP1NkqEIV63JlFuEG05rppTxp0vuFD86wnP818N6Pfgic_vaaWdnA
Idp: AEC
Sub: AakniGP1NkqEIV63JlFuEG05rppTxp0vuFD86wnP818N6Pfgic_vaaWdnA
aud: 12/11/2022 17:33:17
code:
Alg NID = 511=jX91E6kXQuAnxCr0EhNxfj61F72C8VPix8L7lMA3RcRfcE4mM1cx0UP2HmoIF9miEN5BIqGfZiBk2b23uQSRr-1aGIZux1A34Z1deHFh6azKdYzIWiGDP08PQQ0jRaJ2XiyavAyS0r8aWwIPcOVz336ct_s5m3EmME-mOPc450
Website: .google.com
Path: /
Hasgroups: False
exp: False
Comment:
Iss:
Kid: NID=511=jX91E6kXQuAnxCr0EhNxfj61F72C8VPix8L7lMA3RcRfcE4mM1cx0UP2HmoIF9miEN5BIqGfZiBk2b23uQSRr-1aGIZux1A34Z1deHFh6azKdYzIWiGDP08PQQ0jRaJ2XiyavAyS0r8aWwIPcOVz336ct_s5m3EmME-mOPc450
Idp: NID
Sub: 511=jX91E6kXQuAnxCr0EhNxfj61F72C8VPix8L7lMA3RcRfcE4mM1cx0UP2HmoIF9miEN5BIqGfZiBk2b23uQSRr-1aGIZux1A34Z1deHFh6azKdYzIWiGDP08PQQ0jRaJ2XiyavAyS0r8aWwIPcOVz336ct_s5m3EmME-mOPc450
aud: 12/11/2022 17:33:17
```

الشكل (11) رموز المستخدم بعد تطبيق هجوم MIX-Up على منصة gmail

يبين الشكل السابق الرموز التي حصلنا عليها ومن خلال الشكل نلاحظ ان الهجوم قد نجح وحصلنا على معظم الرموز التي تحدثنا عنها سابقاً ولكن الهجوم لم يصل لرموز مثل الوصول لرموز Idp, EXP وبالتالي نقص في المعلومات الخاصة بالاختراق.

تحليل الثغرات الأمنية في بروتوكول الدخول الموحد Open ID Connect من خلال تطبيق هجمات MIX-UP

سنناقش في الجدول التالي الهجوم على أكثر من منصة تستخدم البروتوكول وسنقارن بين المنصات وسنذكر معيار هام وهو إعادة التوجيه إلى صفحة الضحية التي تم الحصول على رموزها حيث إعادة التوجيه تعني إمكانية فتح حساب المستخدم والتحكم الكامل فيه عن طريق تطبيق إعادة التوجيه من قبل مزود الخدمة ، لذلك تعتمد الشركات الكبيرة مثل google ، Microsoft إلى حماية مستخدميها من إعادة التوجيه لمنع الوصول للحسابات.

بتطبيق الهجوم على المنصات الموجودة في الجدول التالي (2) سنعتبر عن نجاح الهجوم بعدد الرموز التي وصلنا لها حيث لدينا تسع رموز الوصول لها يعني تحقق الهجوم بنسبة 100 % مع ذكر إمكانية إعادة التوجيه.

المنصة	نسبة الوصول للرموز	إعادة التوجيه من قبل مزود الخدمة
Gmail	7/9=77.7%	غير ممكنة
Facebook	5/9=55.5%	غير ممكنة
Yahoo	8/9=88.8%	ممكنة
Hotmail	9/9=100%	ممكنة
Outlook	4/9=0.44%	غير ممكنة

الجدول (2) نسب تحقق هجوم MIX-UP على المنصات الشهيرة

نلاحظ من الجدول السابق ان الهجوم قد نجح من اجل جميع المنصات الشهيرة وبنسب جيدة ، يكمن الاختلاف في نسب تحقق الهجوم لأسباب تتعلق بطبيعة استجابة مزود الهوية للهجوم حيث يوجد مزودات تتيح إمكانية حقن الأكواد ضمنها اثناء الجلسة في حين لا تتيح سيرفرات أخرى هذه الامكانية ، تتغير أيضاً النتائج المتعلقة بعدد الرموز التي تم الوصول إليها تبعاً لنوع اصدار البروتوكول المستخدم ضمن المنصة .

7- الاستنتاجات:

تم في هذا البحث تقديم عرض لآلية عمل بروتوكول OpenID وطريقة تبادل المعلومات باستخدامه كما تم تقديم عرضاً لأهم الثغرات الأمنية وآليه تنفيذ الهجمات وتم تحديد أهم العيوب في تصميم البروتوكول ، تم تنفيذ هجوم MIXup على البروتوكول وسرقة token المستخدم وبالتالي الوصول لبيانات المستخدم في حالة الهجوم Offline باستخدام بيئة ASP MVC . تم تطبيق الهجوم على حسابات تم انشاءها على منصات شهيرة وكانت نتائج الهجوم محققة بقيم مختلفة تتعلق بطبيعة الجلسة المنشأة من قبل مزود الهوية ، قامت اغلب المنصات الشهيرة بحماية الحسابات ضمنها من هجوم إعادة التوجيه عن طريق إضافة قيم ضمن الجلسة يتم انشائها من قبل المتصفح (بصمة التوجيه لمنع الوصول للحساب عن طريق أساليب إعادة التوجيه البرمجية ، وإضافة حماية تتعلق بالتأكد من قبل المستخدم برقم هاتف او بريد الكتروني بديل ولكن تتيح الرموز التي تم الوصول إليها إمكانية انشاء هجوم إعادة توجيه عن طريق خداع الضحية وبأسلوب صفحة زائفة ليتم تأكيد الحساب عليها والحصول على معلومات إعادة التوجيه عبر جلسة المستخدم وهذا ما سيتم انشاءه مستقبلاً.

المراجع

[1] Mainka,C, Mladenov,V, Schwenk,J, 2016. **On the security of modern Single Sign-On Protocols – Second-Order Vulnerabilities in OpenID Connect.**

[2] Mainka,C, Mladenov,V, Schwenk,J, Wich,T, 2017 . **SoK: Single Sign-On Security – An Evaluation of OpenID Connect,** IEEE European Symposium on Security and Privacy (*EuroS&P*), pp. 251-266.

[3] Mainka,C, Mladenov,V, Schwenk,J, 2016. **Do not trust me: Using malicious IdPs for analyzing and attacking Single Sign-On.** IEEE European Symposium on Security and Privacy (*EuroS&P*), pp. 321-336 .

[4] Jorge,N, Marta,B , 2019. **Understanding and mitigating OpenID Connect threats. computers & security,** Journal of Computers & Security, VOL.84. 1 – 16.

[5] Wanpeng Li, Chris Mitche, 2020 – **User Access Privacy in OAuth 2.0 and OpenID Connect,** IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (*EuroS&PW*), pp. 664-6732.

[6] Fett,D, Küsters,R, Schmitz,G , 2017. **The Web SSO Standard OpenIDConnect: In-Depth Formal Security Analysis and**

Security Guidelines.IEEE 30th Computer Security Foundations Symposium (*CSF*), pp. 189-202.

[7] Li,W, Mitchell,C 2016, **Analysing the Security of Google's implementation of OpenIDConnect**. International Conference on Detection of Intrusions and Malware, and Vulnerability Assessment.

[8] Mladenov,V, Mainka,C ,2017. **OpenID Connect Security Considerations**.

[9] Sakimura, N. IdP,2016 **Mix-up Attack on OAuth**,"
<https://nat.sakimura.org/2016/01/15/idp-mix-up-attack-on-oauth-rfc6749/>".

تقييم أداء ومقارنة دارتي التكييف التجفيفي

الهجين احادي المرحلة وثنائي المرحلة

م. محمد الأحمد * أ.د. وجيه ناعمة **

ملخص

ثمة دراسات كثيرة سابقة لتطوير أنظمة التكييف التبخيرية التجفيفية وجعلها مناسبة لأغلب التطبيقات التجارية والصناعية والمنزلية، وذلك للاستفادة من ميزات هذه الأنظمة غير المنتشرة بسبب انخفاض معامل الكفاءة، واهم الدراسات السابقة هي أنظمة التكييف الهجينة التي لاقت استحسان كبيراً بسبب ارتفاع معامل الكفاءة وانخفاض الاستهلاك الطاقوي، ويُعدّ هذا البحث استكمالاً لهذه الدراسات. حيث تم في هذا البحث دراسة دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية ودارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية، وتبين كفاءة دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية عند الظروف المناخية للمدن الساحلية حيث إنّه وبالمقارنة مع دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية ينخفض الحمل التبريدي على مبخر المضخة الحرارية لدارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية من 23.747 kW إلى 20.409 kW أي بمقدار 14%. ويرتفع معامل الكفاءة لدارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية من 0.851 إلى 1.695. وينخفض الاستهلاك الطاقوي الكلي لدارة التكييف التجفيفية الثنائية الهجينة من 21.798 kW إلى 10.947 kW أي بمقدار 49.7%.

الكلمات المفتاحية: التبريد التجفيفي الهجين، المضخة الحرارية، التجفيف ثنائي

المرحلة، معامل الكفاءة EER.

* طالب ماجستير في كلية الهندسة الميكانيكية- جامعة دمشق.

** أستاذ في كلية الهندسة الميكانيكية- جامعة دمشق.

Evaluation of performance and comparison of one-stage and two-stage hybrid desiccant cooling cycles

ABSTRACT

There are many previous types of research to develop the evaporative desiccant cooling systems and making them suitable for the majority of the commercial, industrial and residential applications in order to take advantage of these uncommon systems due to the low efficiency, and one of the most important previous types of research is the hybrid desiccant cooling cycle that have met big acceptance due to the high efficiency and the low energy consumption. This research is a continuation of these types of research. This research has studied one-stage desiccant cooling cycle and two-stage desiccant cooling cycle. The efficiency of the two-stage desiccant cooling cycle in the climatic conditions of coastal cities, as compared to the one-stage desiccant cooling cycle: The cooling load of the heat pump evaporator decreased from 23.747 kW to 20.409 kW by 14%. The energy efficiency ratio increased from 0.851 to 1.695. Electricity consumption decreased from 21.798 kW to 10.947 kW by 49.7%.

Keywords: Hybrid Desiccant Cooling, Heat Pump, Two-Stage Desiccant, Energy Efficiency Ratio (EER).

1- مقدّمة

إنَّ استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض التكييف المنزلي أو التجاري في المكاتب والدوائر الرسمية يقدر ب 55% (المركز الوطني لبحوث الطاقة) من إنتاج الطاقة الكهربائية الكلي، ولغرض توفير الطاقة الكهربائية يتّجه الباحثون نحو تطوير أنظمة التكييف، ومنها أنظمة التكييف التجفيفية التبخيرية ولكن انخفاض معامل أدائها وعدم إمكانية استخدامها لبعض الأماكن (الطبية ومراكز البيانات ...) أدّى إلى ضعف انتشار هذه الأنظمة، ولتلافي عيوب الدارات التجفيفية التبخيرية أُستبدل المبرد التبخيري بوشية تبريد المضخة الحرارية التقليدية وظهر ما يعرف بنظام التكييف الهجين، ومن أهم ميزاته:

- تنوع مصادر الطاقة اللازمة لتشغيل دارة التبريد (طاقة شمسية، حرارة ضائعة... إلخ).
- القدرة على إعطاء هواء جديد بنسبة 100%.
- القدرة على تحقيق الراحة الحرارية بسبب إمكانية التحكم المنفصل بالرطوبة ودرجة الحرارة.
- توفير باستهلاك الطاقة مقارنة مع عمل دارة التكييف الانضغاطية.

هدف البحث

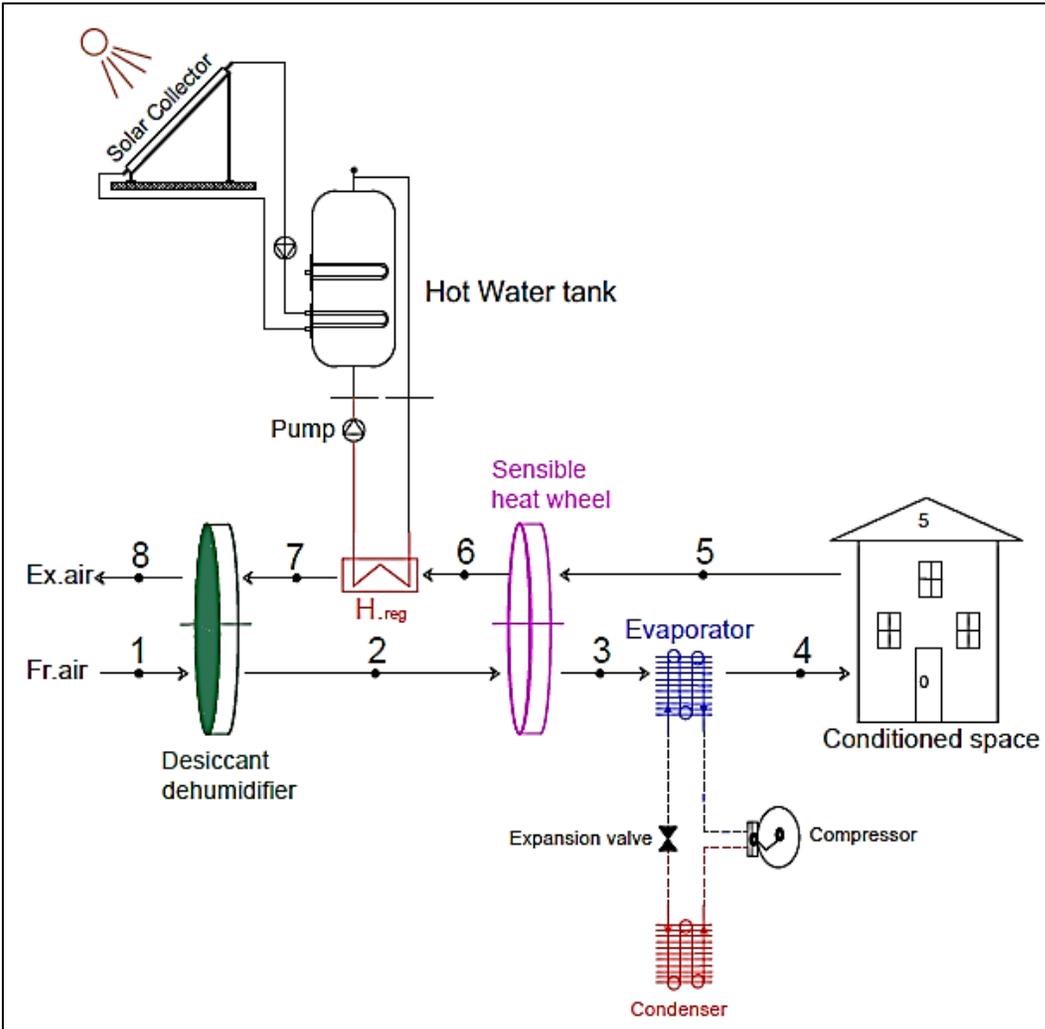
- تقييم أداء دارات التكييف التجفيفية الهجينة وفق للشروط المناخية للمدن الساحلية السورية.
- تخفيض درجة حرارة هواء إعادة تنشيط المُجفّفات الدوارة.
- استخدام الطاقة الشمسية كمصدر حراري لإعادة تنشيط المُجفّفات الدوارة.
- تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض التكييف.
- رفع معامل كفاءة دارات التكييف التجفيفية الهجينة.
- مقارنة أداء دارة التكييف التجفيفية الهجينة الاحادية مع دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية.

أهمية البحث

- . تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية.
- . تقليل الحمل التبريدي على وشيعة التبريد للمضخة الحرارية.
- . تقليل درجات الحرارة المطلوبة لإعادة تنشيط المُجفّفات عن طريق تجفيف الهواء على مرحلتين.

2- شرح دارات التكييف المدروسة

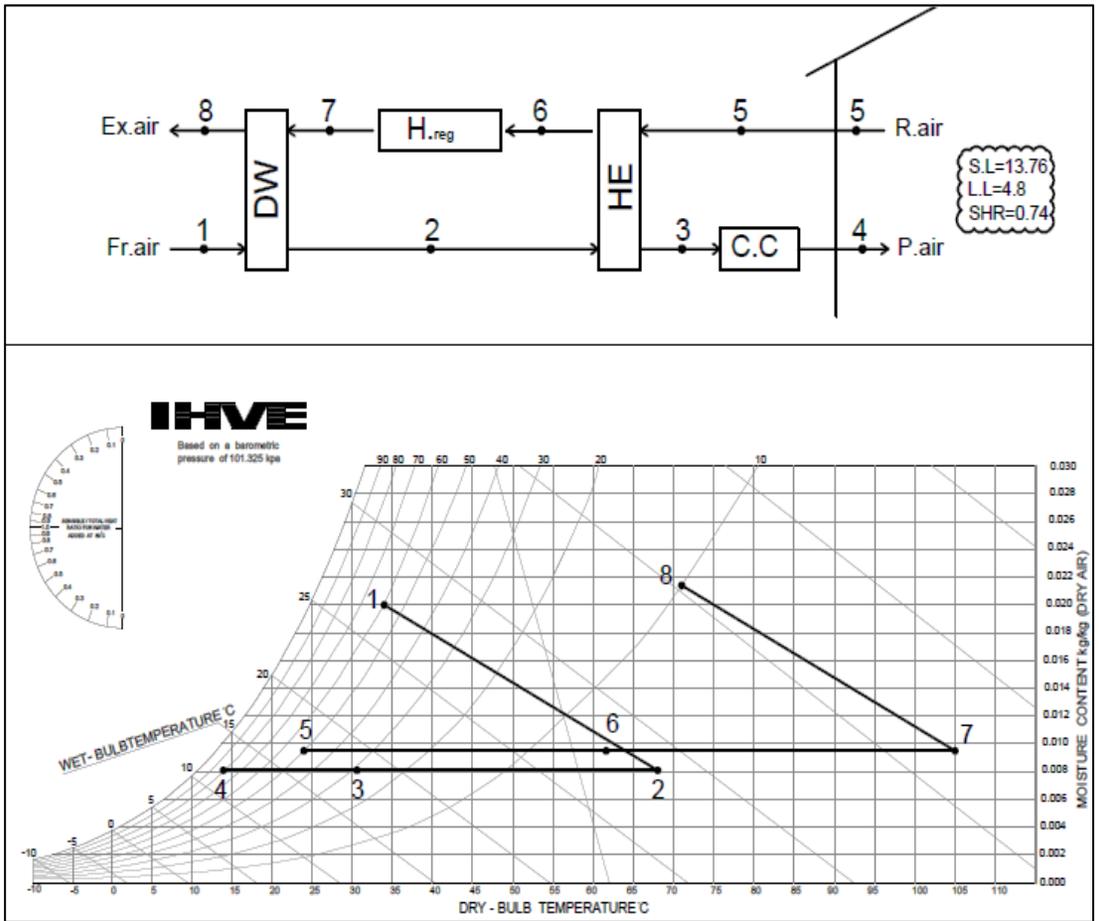
2-1- دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية



الشكل (1) دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية.

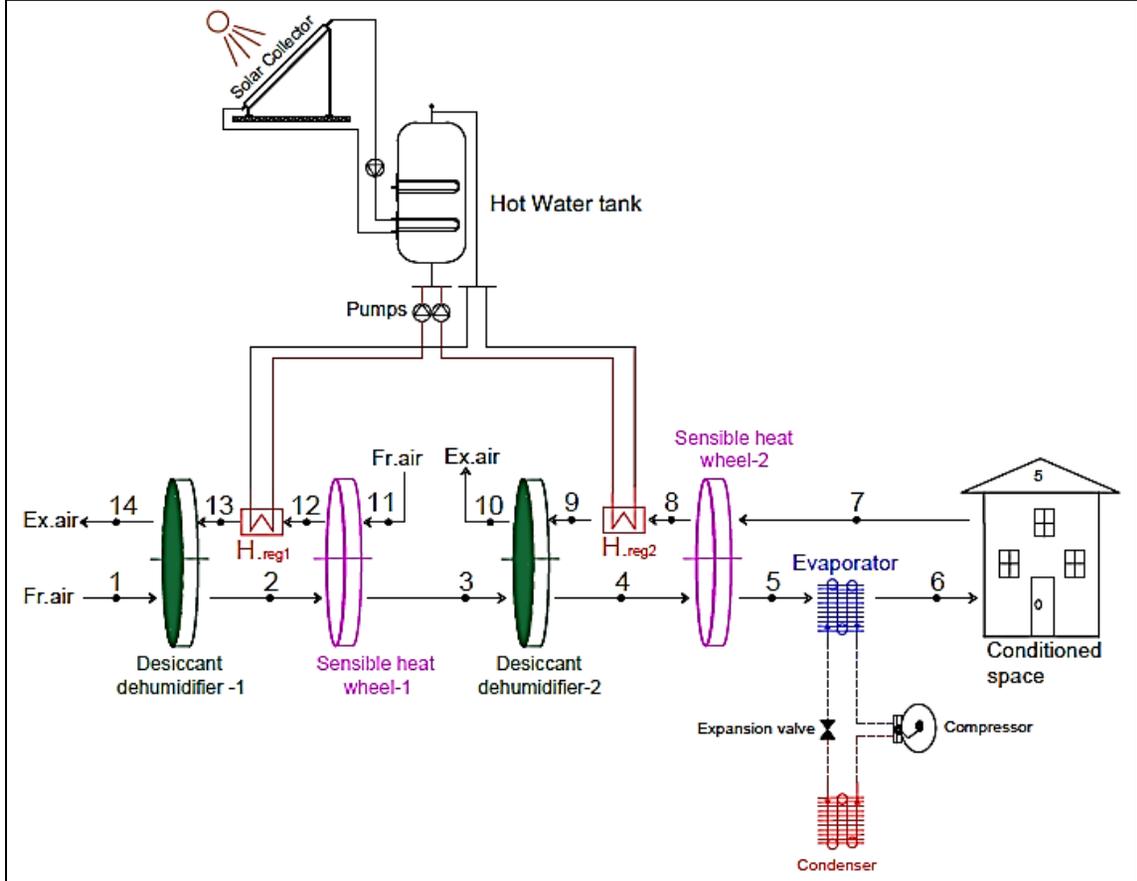
يُوضَّحُ الشكل (1) دورة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية، حيث يدخل الهواء الجديد (1) إلى المُجفِّف الدوار لتتمَّ عملية نزع الرطوبة من الهواء وانتقالها إلى المواد المُجفِّفة الصلبة بسبب فرق ضغط البخار الجزئي بين الهواء الخارجي وسطح المواد المُجفِّفة ليخرج الهواء من المُجفِّف عند النقطة (2)، وتكون العملية (1-2) هي عملية تجفيف مع تسخين، ثمَّ يدخل الهواء إلى المبادل الحراري الدوار ليتمَّ الاستفادة من هواء الطرد الداخل إلى الطرف الآخر للمبادل الحراري، ومن ثمَّ تخفيض درجة حرارة الهواء الخارج من المبادل الحراري عند النقطة (3)، وتكون العملية (2-3) هي عملية تبريد محسوس، ثمَّ يدخل الهواء عند النقطة (3) إلى مبخر المضخة الحرارية ليتمَّ تخفيض درجة حرارته، ليخرج الهواء من المبخر عند النقطة (4)، وتكون العملية (3-4) هي عملية تبريد محسوس، وبعدها يكون الهواء جاهز لإرساله للفراغ المراد تكييفه، أمَّا هواء الطرد فيُسحبُ عند النقطة (5) إلى المبادل الحراري الدوار وذلك للاستفادة من حرارته المنخفضة لتبريد هواء العملية الخارج من المُجفِّف، وتكون العملية (5-6) هي عملية تسخين محسوس، ثمَّ يدخل الهواء إلى وشيعة التسخين الإضافية ليُسَخَّنَ لدرجة حرارة إعادة التنشيط المطلوبة، وتكون العملية (6-7) هي عملية تسخين محسوس، ثمَّ يدخل الهواء الساخن إلى المُجفِّف الدوار ليقوم بسحب الرطوبة من المواد المُجفِّفة بسبب فرق الضغط الجزئي لبخار الماء بين الهواء الساخن وسطح المواد المُجفِّفة الصلبة، ثمَّ يطرد الهواء المحمل بالرطوبة إلى الخارج عند النقطة (8)، كما هو واضح بالشكل (2).

تقييم أداء ومقارنة دارتي التكييف التجفيفي الهجين احادي المرحلة وثاني المرحلة



الشكل (2) تمثيل دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية على المخطط السايكومتری.

2-2- دائرة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية

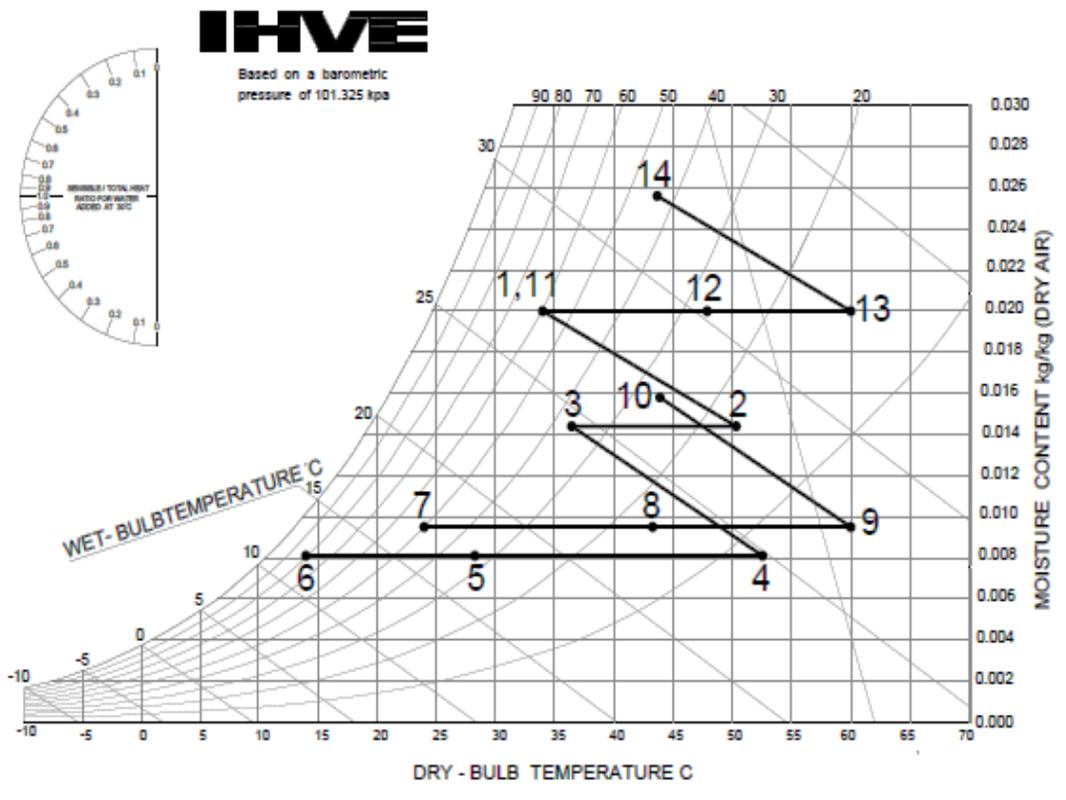
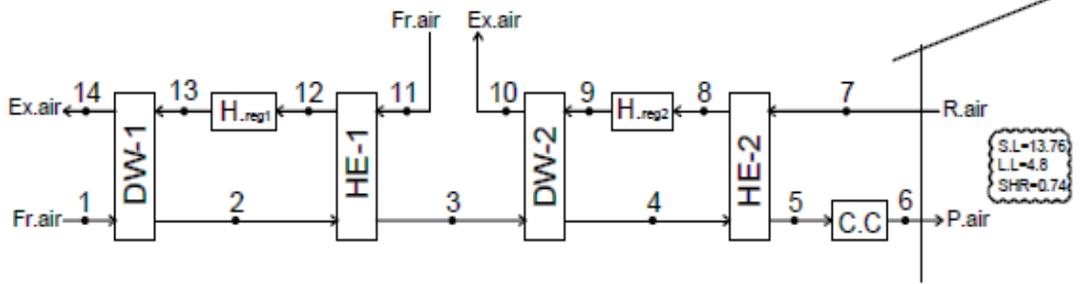


الشكل (3) دائرة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية.

يُوضَّحُ الشكل (3) دائرة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية، حيث يدخل الهواء الجديد (1) إلى المُجفِّف الأول لتتمَّ عملية نزع الرطوبة من الهواء وانتقالها إلى المواد المُجفِّفة الصلبة بسبب فرق ضغط البخار الجزئي بين الهواء الخارجي وسطح المواد المُجفِّفة ليخرج الهواء من المُجفِّف عند النقطة (2)، وتكون العملية (1-2) هي عملية

تجفيف مع تسخين، ثمَّ يدخل الهواء إلى المبادل الحراري الدوار الأول ليتمَّ الاستفادة من الهواء الخارجي الداخل إلى الطرف الآخر للمبادل الحراري، ومن ثمَّ تخفيض درجة حرارة الهواء الخارج من المبادل الحراري عند النقطة (3)، وتكون العملية (2-3) هي عملية تبريد محسوس، ثمَّ يدخل الهواء عند النقطة (3) إلى المُجفِّف الدوار الثاني لتتمَّ عملية نزع الرطوبة من الهواء وانتقالها إلى المواد المُجفَّفة الصلبة بسبب فرق ضغط البخار الجزئي بين الهواء وسطح المواد المُجفَّفة ليخرج الهواء من المُجفِّف عند النقطة (4)، وتكون العملية (3-4) هي عملية تجفيف مع تسخين، ثمَّ يدخل الهواء إلى المبادل الحراري الدوار الثاني ليتمَّ الاستفادة من هواء الطرد الداخل إلى الطرف الآخر للمبادل الحراري، ومن ثمَّ تخفيض درجة حرارة الهواء الخارج من المبادل الحراري عند النقطة (5)، وتكون العملية (4-5) هي عملية تبريد محسوس، ثمَّ يدخل الهواء عند النقطة (5) إلى مبخر المضخة الحرارية ليخفضَّ درجة حرارته، ليخرج الهواء من المبخر عند النقطة (6)، وتكون العملية (5-6) هي عملية تبريد محسوس، وبعدها يكون الهواء جاهزاً لإرساله للفرغ المراد تكييفه، أمَّا هواء الطرد فيسحب عند النقطة (7) إلى المبادل الحراري الدوار الثاني وذلك للاستفادة من حرارته المنخفضة لتبريد هواء العملية الخارج من المُجفِّف الثاني، وتكون العملية (7-8) هي عملية تسخين محسوس، ثمَّ يدخل الهواء إلى

وشيعة التسخين الأولى لِيُسَخَّنَ لدرجة حرارة إعادة التنشيط المطلوبة، وتكون العملية (8-9) هي عملية تسخين محسوس، ثمَّ يدخل الهواء الساخن إلى المُجَفِّف الدوار ليقوم بسحب الرطوبة من المواد المُجَفِّة بسبب فرق الضغط الجزئي لبخار الماء بين الهواء الساخن وسطح المواد المُجَفِّة الصلبة، ثمَّ يُطرد الهواء المحمل بالرطوبة إلى الخارج عند النقطة (10)، أمَّا الهواء اللازم لإعادة تنشيط المُجَفِّف الأول فيتمَّ ادخال الهواء الخارجي عند النقطة (11) إلى المبادل الحراري الدوار الأول وذلك للاستفادة من حرارته المنخفضة لتبريد الهواء الخارج من المُجَفِّف الأول، وتكون العملية (11-12) هي عملية تسخين محسوس، ثمَّ يدخل الهواء إلى وشيعة التسخين الثانية لِيُسَخَّنَ لدرجة حرارة إعادة التنشيط المطلوبة، وتكون العملية (12-13) هي عملية تسخين محسوس، ثمَّ يدخل الهواء الساخن إلى المُجَفِّف الدوار ليقوم بسحب الرطوبة من المواد المُجَفِّة بسبب فرق الضغط الجزئي لبخار الماء بين الهواء الساخن وسطح المواد المُجَفِّة الصلبة، ثمَّ يطرد الهواء المحمل بالرطوبة إلى الخارج عند النقطة (14)، كما هو موضح في الشكل (4).



الشكل (4) تمثيل دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية على المخطط السايكومتري.

3 الموديل الرياضي لعناصر دارات التكييف التجفيفية الهجينة

3-1 المسترجع الحراري الدوار

يُعَبَّرُ عن فَعَالِيَّةِ المبادل بالعلاقة التالية [1]:

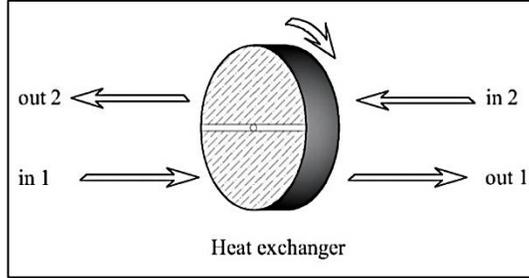
$$\varepsilon = \frac{t_{in1} - t_{out1}}{t_{in1} - t_{in2}} \quad (1)$$

ومن علاقة التوازن الطاقى:

$$m_1(h_{in1} - h_{out1}) = m_2(h_{out2} - h_{in2}) \quad (2)$$

ومن علاقة حفظ الكتلة:

$$w_{in1} = w_{out1} \quad (4) \quad w_{in2} = w_{out2} \quad (3)$$



الشكل (5) المبادل الحراري الدوار.

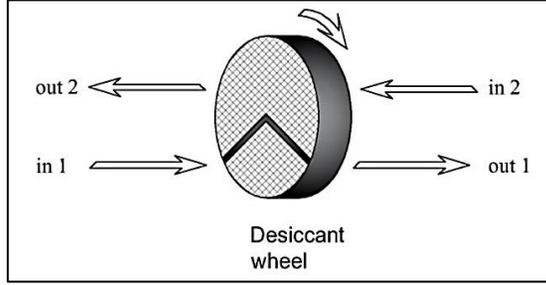
3-2 عجلة المُجَفِّفِ الدوار

وللتعبير عن أداء العجلة الدوارة يتم كتابة توابع الكمون لهذه العجلة ويُعَبَّرُ عنها

بالعلاقات التالية [1]:

$$F_{1,i} = \frac{-2865}{(t_i + 273.15)^{1.49}} + 4.344 \left(\frac{w_i}{1000} \right)^{0.8624} \quad (5)$$

$$F_{2,i} = \frac{(t_i + 273.15)^{1.49}}{6360} - 1.127 \left(\frac{w_i}{1000} \right)^{0.07969} \quad (6)$$

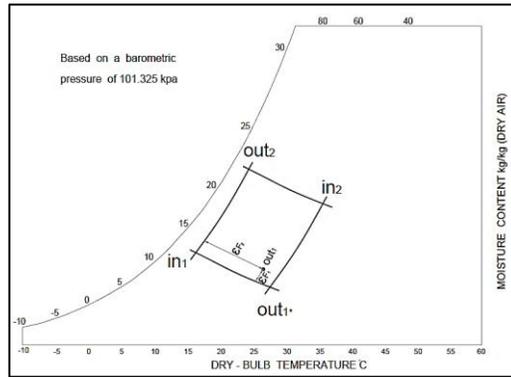


الشكل (6) عجلة المُجَفِّف الدوار المختار.

تُعَبَّرُ معاملات الفعَّالِيَّة عن درجة اقتراب العملية من خط الانتالبي وخط إزالة الرطوبة على الترتيب، وبالتالي تقترب المُجَفِّفات من الحالة المثالية عند اقتراب ϵ_{F1} من الصفر و اقتراب ϵ_{F2} من الواحد كما هو موضح بالشكل (8).

$$\epsilon_{F1} = \frac{F_{1,out1} - F_{1,in1}}{F_{1,in2} - F_{1,in1}} \quad (7)$$

$$\epsilon_{F2} = \frac{F_{2,out1} - F_{2,in1}}{F_{2,in2} - F_{2,in1}} \quad (8)$$



الشكل (7) العلاقة بين خطوط الكمون ومعاملات الفعَّالِيَّة.

ومن علاقات التوازن الطاقى:

$$t_{out1} - t_{in1} = t_{in2} - t_{out2} \quad (9)$$

$$W_{in1} - W_{out1} = W_{out2} - W_{in2} \quad (10)$$

3-3 المضخة الحرارية

تُعطى معامل أداء المضخة الحرارية بالعلاقة الآتية [2] :

$$\mathcal{E}_{ev} = \eta * COP_{carnot} \quad (11)$$

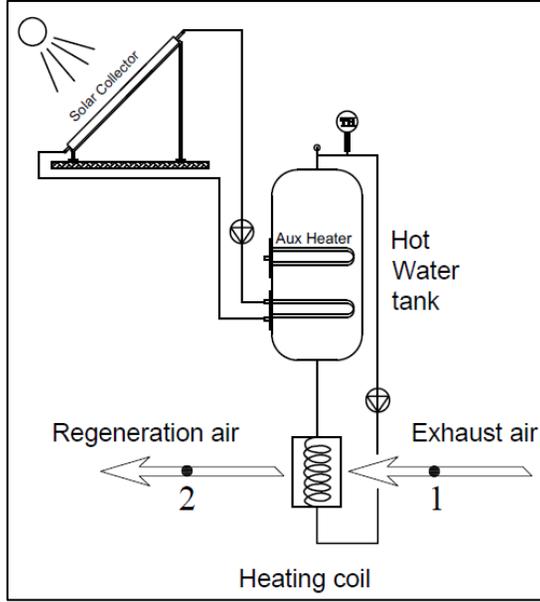
$$COP_{carnot} = \frac{T_0}{T_1 - T_0} \quad (12)$$

حيث T_0 : درجة حرارة المنبع الحراري و T_1 : درجة حرارة المصرف الحراري.

ويعبّر عن عمل الضاغط بالعلاقة التالية:

$$W_c = \frac{Q_{cc}}{\mathcal{E}_{ev}} \quad (13)$$

4-3 وشيعة التسخين



الشكل (8) وشيعة التسخين وملحقاتها.

الحرارة المطلوبة لإعادة تنشيط المُجَفِّف:

$$Q_{reg} = m_p (h_2 - h_1) \quad (14)$$

الطاقة الإضافية المطلوبة لإعادة تنشيط المُجَفِّف:

$$Q_{Aux} = Q_{reg} - Q_{solar} \quad (15)$$

نسبة مساهمة الطاقة الشمسية:

$$SF = \frac{Q_{solar}}{Q_{reg}} \quad (16)$$

يُعبَّرُ عن مردود المجمع الشمسي بالعلاقة التالية [14]:

$$\eta = \frac{Q_{solar}}{A I_T} = \frac{m C_p (t_o - t_i)}{A I_T} \quad (17)$$

4 مؤشرات أداء أنظمة التكييف

1-4 معامل الكفاءة (EER)

يُعدُّ من أكثر المعاملات استخداماً في تقييم أداء أنظمة التكييف، ويُعبَّرُ عنه بالعلاقة

التالية [3]:

$$EER = \frac{Q_{RP}}{W_C + Q_{Aux} + E_{FAN} + E_{pump} + E_{h.ex} + E_{Des}} \quad (18)$$

2-4 معامل الأداء الحراري (\mathcal{E}_{th})

يُعدُّ من أكثر المعاملات استخداماً في أنظمة التكييف، ويُعبَّرُ عن معامل الأداء الحراري

بالعلاقة التالية [3]:

$$\mathcal{E}_{th} = \frac{Q_{RP}}{Q_{reg} + W_C} \quad (19)$$

3-4 استهلاك الطاقة الكهربائي الكلي (E)

يحسب استهلاك الطاقة الكهربائي لكامل أجزاء الدارة:

$$E = E_{FAN} + E_{pump} + E_{h.ex} + E_{Des} + W_C + E_{Aux} \quad (20)$$

5 وصف البناء المدروس

هو عبارة عن مخبر جرثومي مساحته m^2 90 وارتفاعه 4.5 m ويسعة 12 شخصاً.

- ✓ الشروط الداخلية المطلوبة صيفاً للمكان: درجة الحرارة الجافة $^{\circ}C$ 24، والرطوبة النسبية 50% [4].
- ✓ الشروط الخارجية لمدينة اللاذقية صيفاً: درجة الحرارة الجافة $^{\circ}C$ 34، والرطوبة النسبية 60%.
- ✓ حمل المكان المحسوس 13.76kW.
- ✓ حمل المكان الكامن 4.8kW.
- ✓ تدفق الهواء الجديد المطلوب m^3/h 4050.
- ✓ تتم معالجة الحمل الحراري عن طريق وحدة معالجة هواء بنسبة 100% هواء جديد (Fresh air).
- ✓ يتم طرد الهواء الراجع بالكامل إلى خارج المبنى.
- ✓ عدد ساعات العمل اليومية 8 ساعات، من الساعة 9 صباحاً وحتى الساعة 5 مساءً.

6 البارامترات المستخدمة في البحث

بعد الدراسة التحليلية لعناصر نظام التكييف المقترح، وتحديد الشروط المطلوبة لهواء التكييف ودراسة الاحمال الحرارية وكميات التهوية المطلوبة للمكان المدروس وفقاً لمعيار آشرابي، وذلك وفقاً للظروف المناخية لمدينة اللاذقية تم اختيار العناصر التالية لنظام التكييف:

بارامترات المبادل الحراري المحسوس الدوار

0.8	القطر الخارجي للمبادل (m)
0.3	عرض المبادل (m)
الألمنيوم	المادة الفعّالة
85	معامل الفعّاليّة (%)
0.175	استهلاك الطاقة الكهربائي (kW)

بارامترات المُجفّف الدوار المدروس

0.8	القطر الخارجي للمُجفّف الدوار (m)
0.3	عرض المُجفّف الدوار (m)
Silica Gel	المادة المُجفّفة الصلبة
0.05, 0.95	معامل الفعّاليّة
0.175	استهلاك الطاقة الكهربائي (kW)

بارامترات المضخة الحرارية

9	درجة حرارة المنبع الحراري ($^{\circ}C$)
50	درجة حرارة المصرف الحراري ($^{\circ}C$)
85	معامل نقل الطاقة (%)
2.9	معامل أداء المضخة الحرارية

بارامترات هواء التغذية والطرء

4050	تدفق هواء التغذية المطلوب (m^3/h)
4050	تدفق هواء الطرد المطلوب (m^3/h)
300	انخفاض الضغط في توربين الهواء (Pa)
85	المردود الكهربائي لتوربين الهواء (%)
0.3	الاستهلاك الكهربائي لتوربين الهواء (kW)
0.74	نسبة الحرارة المحسوسة SHR
24	درجة الحرارة الداخلية المطلوبة ($^{\circ}C$)
50	نسبة الرطوبة الداخلية المطلوبة (%)

بارامترات وشيعة التسخين وملحقاتها

1.026	(kJ/kg. K)	السعة الحرارية النوعية للهواء
4.18	(kJ/kg. K)	السعة الحرارية النوعية للماء
0.8	(ماء - هواء)	مردود المبادل الحراري
0.75		مردود المجمع الشمسي
6590	(W.h/m ² . day)	معدل الإشعاع الشمسي الكلي على سطح أفقي
0.2	(kW)	استهلاك الطاقة الكهربائي للمضخة

7 الدراسة التحليلية لدارات التكييف

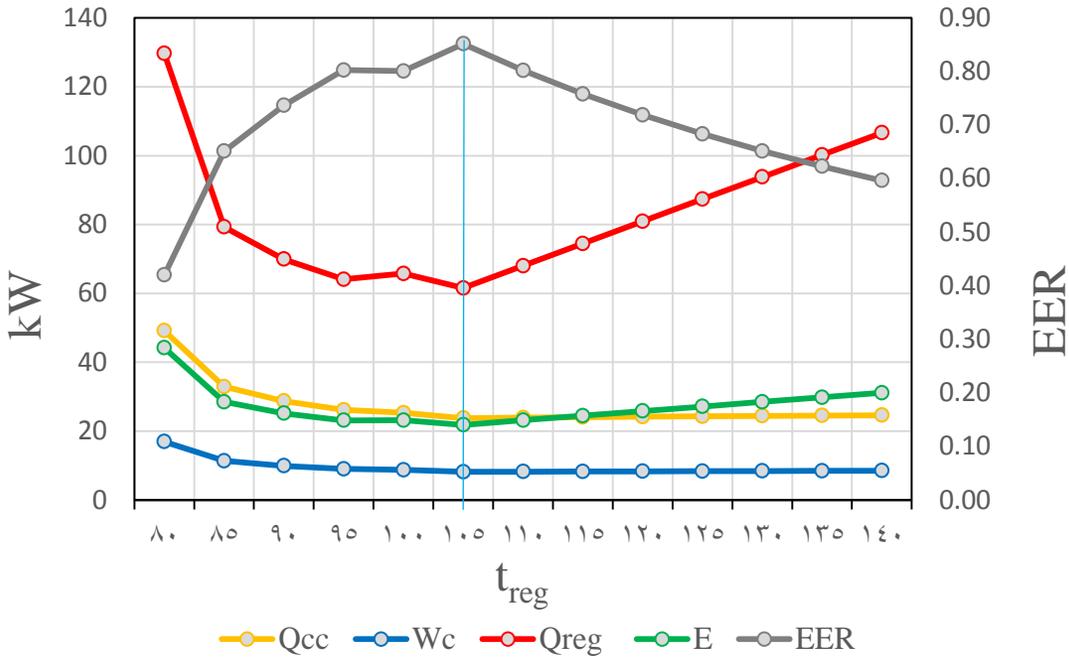
1-7 دائرة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية

لتحديد بارامترات ومؤشرات دائرة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية، يجب تحديد درجة الحرارة المناسبة لهواء إعادة تنشيط المُجفِّفات، لذلك دُرِس تأثير تغير درجة حرارة إعادة التنشيط في بارامترات دائرة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية تحليلاً عند ثبات الظروف المناخية الخارجية. يُوضَّح الجدول (1) نتائج الدراسة التحليلية لمؤشرات دائرة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية عند تغير درجة حرارة إعادة التنشيط من (80-140) درجة مئوية.

الجدول (1) تأثير تغير درجة حرارة إعادة التنشيط في بارامترات دورة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية.

$t_{reg}(^{\circ}C)$	Q_{rp} (kW)	Q_{cc} (kW)	W_c (kW)	Q_{reg} (kW)	E (kW)	ϵ_{th}	EER	$t_s(^{\circ}C)$
80	18.56	49.16	16.95	129.67	44.19	0.13	0.42	21.24
85	18.56	32.90	11.34	79.31	28.5	0.20	0.65	19.01
90	18.56	28.75	9.91	69.90	25.2	0.23	0.74	17.58
95	18.56	26.16	9.02	64.06	23.13	0.25	0.80	16.15
100	18.56	25.32	8.73	65.75	23.18	0.25	0.80	15.44
105	18.56	23.75	8.19	61.55	21.79	0.27	0.85	13.95
110	18.56	23.90	8.24	68.02	23.15	0.24	0.80	13.95
115	18.56	24.04	8.29	74.47	24.48	0.22	0.76	13.95
120	18.56	24.18	8.34	80.93	25.82	0.21	0.72	13.95
125	18.56	24.31	8.38	87.37	27.16	0.19	0.68	13.95
130	18.56	24.43	8.42	93.81	28.49	0.18	0.65	13.95
135	18.56	24.53	8.46	100.22	29.8	0.17	0.62	13.95
140	18.56	24.63	8.49	106.64	31.12	0.16	0.60	13.95

ويتمثل أهم المؤشرات على المنحنيات البيانية المبينة بالشكل (9):



الشكل (9) العلاقة بين درجة حرارة إعادة التنشيط t_{reg} ومعامل الكفاءة EER ، والاستهلاك الطاقى اللازم E ، والطاقة اللازمة لإعادة التنشيط Q_{reg} ، وعمل ضاغط المضخة الحرارية W_c ، والحمل التبريدي على مبخر المضخة الحرارية Q_{cc} ، لدارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية.

ومنه تكون درجة حرارة إعادة التنشيط المثالية هي $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ويوضَّح الجدول (2) بارامترات دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية عند درجة حرارة إعادة التنشيط المثالية.

تقييم أداء ومقارنة دارتي التكييف التجفيفي الهجين احادي المرحلة وثاني المرحلة

الجدول (2) بارامترات دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية عند درجة حرارة إعادة التنشيط 105 C° .

\mathcal{E}_{F1}	\mathcal{E}_{F2}	\mathcal{E}	\mathcal{E}_{ev}
0.05	0.95	0.85	2.9
m_p (kg/s)	EER	Q_{rp} (kW)	Q_{cc} (kW)
1.394	0.851	18.56	23.747
Q_{reg} (kW)	Q_{aux} (kW)	W_c (kW)	E (kW)
61.55	12.31	8.189	21.798

ويصعب تحقيق درجة حرارة إعادة التنشيط المطلوبة ($105\text{ }^\circ\text{C}$) بالاعتماد على الطاقة الشمسية فقط، ومن ثم تكون استطاعة وشيعة التسخين الكهربائية ضمن الخزان الحراري مرتفعة، وهذا سبب ارتفاع الاستهلاك الطاقوي اللازم، ومن ثم نلاحظ عدم كفاءة دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية في مثل هذه الظروف المناخية لذلك نقترح دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية، التي تتميز بانخفاض درجة حرارة إعادة التنشيط اللازمة لعمل دارة التكييف، ومن ثم انخفاض الاستهلاك الطاقوي المطلوب.

2-7 دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية

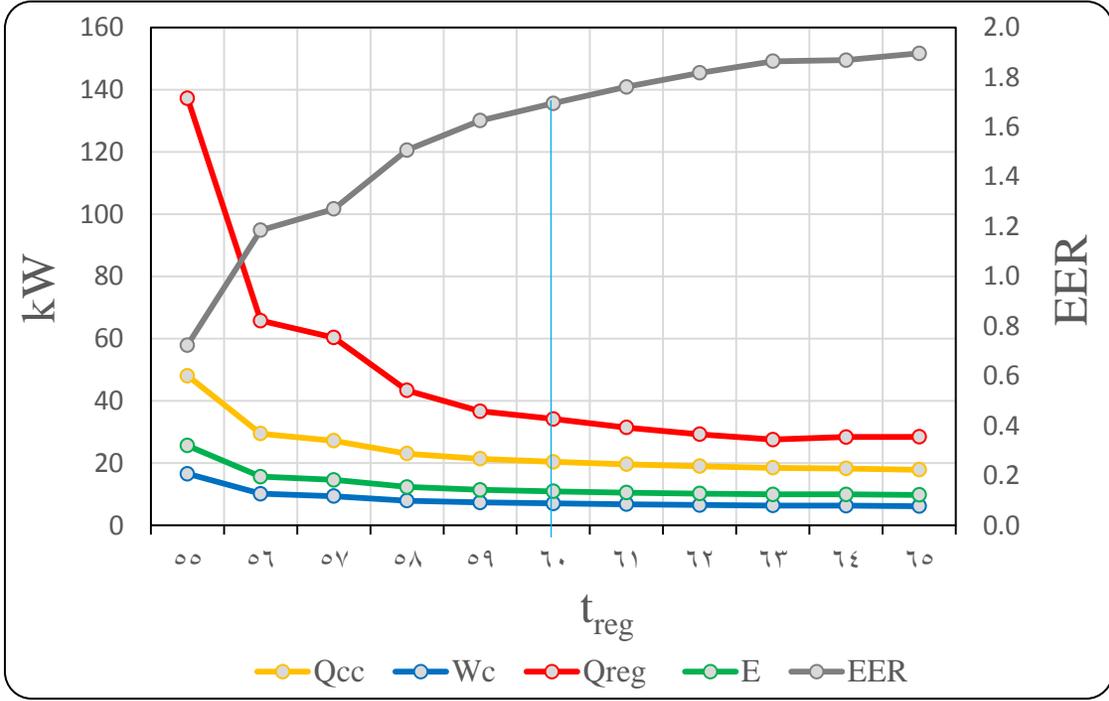
لتحديد بارامترات ومؤشرات دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية، يجب تحديد درجة الحرارة المناسبة لهواء إعادة تنشيط المُجفّفات، لذلك دُرِسَ تأثير تغير درجة حرارة إعادة التنشيط في بارامترات دارة التكييف التجفيفية الثنائية الهجينة تحليلاً عند ثبات الظروف المناخية الخارجية.

يُوضَّحُ الجدول (3) نتائج الدراسة التحليلية لمؤشرات دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية عند تغير درجة حرارة إعادة التنشيط من (55-65) درجة مئوية.

الجدول (3) تأثير تغير درجة حرارة إعادة التنشيط في بارامترات دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية.

$t_{reg}(^{\circ}C)$	Q_{rp} (kW)	Q_{cc} (kW)	W_c (kW)	Q_{reg} (kW)	E (kW)	ϵ_{th}	EER	$t_s(^{\circ}C)$
55	18.56	48.07	16.58	137.2	25.64	0.121	0.724	21.86
56	18.56	29.48	10.16	65.79	15.65	0.244	1.186	19.72
57	18.56	27.21	9.38	60.37	14.60	0.266	1.271	19.01
58	18.56	23.04	7.95	43.38	12.31	0.362	1.507	16.87
59	18.56	21.40	7.38	36.67	11.41	0.421	1.626	15.04
60	18.56	20.41	7.04	34.19	10.95	0.450	1.695	14.01
61	18.56	19.62	6.77	31.43	10.54	0.486	1.761	12.58
62	18.56	18.99	6.55	29.27	10.21	0.518	1.817	11.16
63	18.56	18.49	6.38	27.57	9.95	0.547	1.864	9.74
64	18.56	18.30	6.31	28.38	9.93	0.535	1.869	9.50
65	18.56	17.89	6.17	28.44	9.79	0.536	1.896	9.20

ويتمثل أهم المؤشرات على المنحنيات البيانية المبينة بالشكل (10):



الشكل (10) العلاقة بين درجة حرارة إعادة التنشيط t_{reg} ومعامل الكفاءة EER ، والاستهلاك الطاقي اللازم E ، والطاقة اللازمة لإعادة التنشيط Q_{reg} ، وعمل ضاغط المضخة الحرارية W_c ، والحمل التبريدي على مبخر المضخة الحرارية Q_{cc} ، لدارة التكييف التجفيفي الهجينة الثنائية.

ومنه تكون درجة حرارة إعادة التنشيط المثالية هي $60\text{ }^\circ\text{C}$ ويوضح الجدول (4) بارامترات دارة التكييف التجفيفي الهجينة الثنائية عند درجة حرارة إعادة التنشيط المثالية.

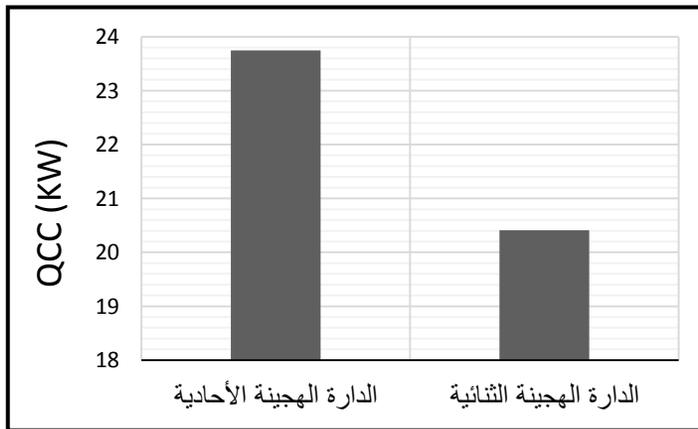
الجدول (4) بارامترات دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية عند درجة حرارة إعادة التنشيط 60°C .

ε_{F1}	ε_{F2}	ε	ε_{ev}
0.05	0.95	0.85	2.9
m_p (kg/s)	EER	Q_{rp} (kW)	Q_{cc} (kW)
1.401	1.695	18.56	20.409
Q_{reg} (kW)	Q_{aux} (kW)	W_c (kW)	E (kW)
43.19	1.71	7.038	10.947

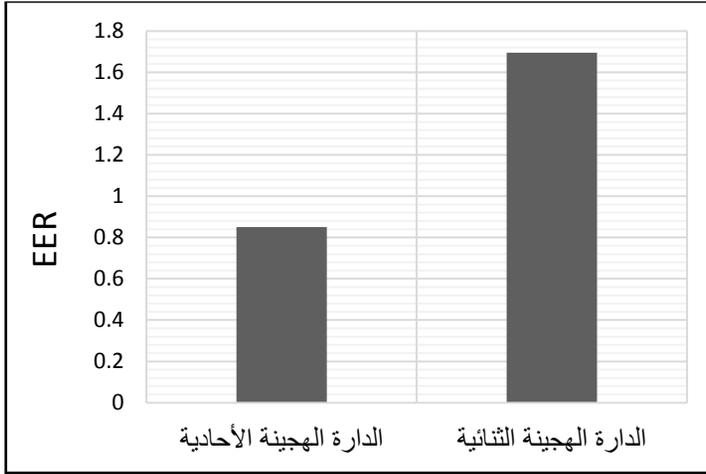
ويمكن تحقيق درجة حرارة إعادة التنشيط المطلوبة (60°C) بالاعتماد على الطاقة الشمسية فقط، ومن ثم تكون استطاعة وشيعة التسخين الكهربائية ضمن الخزان الحراري منخفضة، وهذا سبب انخفاض الاستهلاك الطاقوي، ومن ثم نلاحظ كفاءة دارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية في مثل هذه الظروف المناخية.

8- المقارنة

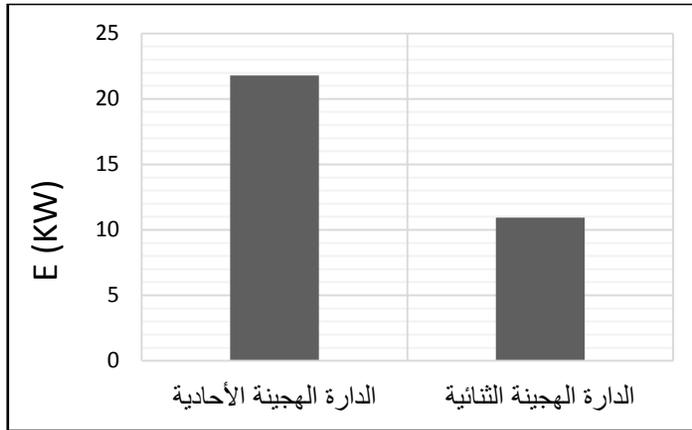
مقارنة نتائج الدراسة التحليلية لدارات التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية والثنائية



الشكل (11) مقارنة استطاعة مبخر المضخة الحرارية لدارات التكييف.



الشكل (12) مقارنة معامل الكفاءة EER لدارات التكييف.



الشكل (13) مقارنة الاستهلاك الطاقى لدارات التكييف.

9-النتائج

- 1- ينخفض الحمل التبريدي على مبخر المضخة الحرارية لدارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية من 23.747 kW إلى 20.409 kW أي بمقدار 14% مقارنة مع دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية.
- 2- يرتفع معامل الكفاءة لدارة التكييف التجفيفية الهجينة الثنائية من 0.851 إلى 1.695 مقارنة مع دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية.
- 3- ينخفض الاستهلاك الطاقى الكلي لدارة التكييف التجفيفية الثنائية الهجينة من 21.798 kW إلى 10.947 kW أي بمقدار 49.7% مقارنة مع دارة التكييف التجفيفية الهجينة الأحادية.
- 4- عدم كفاءة دارات التكييف التجفيفية الأحادية الهجينة عند الظروف المناخية للمدن الساحلية، بالرغم من انخفاض الحمل التبريدي على مبخر المضخة الحرارية، إلا أنه يرتفع الاستهلاك الطاقى بشكل كبير نظراً لارتفاع درجة حرارة إعادة التشييط، وبالتالي ينخفض معامل كفاءة هذه الدارات.
- 5- كفاءة دارات التكييف التجفيفية الثنائية الهجينة عند الظروف المناخية للمدن الساحلية.
- 6- درجة حرارة إعادة التشييط المناسبة لعمل دارات التكييف التجفيفية الثنائية الهجينة عند الظروف المناخية للمدن الساحلية السورية هي 60 C° .

المراجع

- [1] Tavakol, Behbahaninia, 2018, “Presentation of two new two-stage desiccant cooling cycles based on heat recovery and evaluation of performance based on energy and exergy analysis”. Building Engineering.
- [2] American Society of Heating ‘Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2012. “ASHRAE handbook Fundamentals”.
- [3] Ge, Dai, Wang, 2014, “Review on solar powered rotary desiccant wheel cooling system”. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- [4] American Society of Heating ‘Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017, “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”. ASHRAE Standard 170.
- [5] A. Grzebielec, A.Rusowicz, A,Ruciński, 2014, “Analysis of the performance of the rotary heat exchanger in the real ventilation systems” . Energy for Buildings.

تأثير نسبة أوكسيد التيتانيوم في الطلاء على

قساوة صفائح الألمنيوم 7075 الملحومة بطريقة

ATIG

طالبة الدكتوراه: ولاء الحسين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة البعث

اشرف الدكتور: عباد كاسوحة كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة البعث

اشرف الدكتور: أحمد رصيص مدير مركز تقانات اللحام-المعهد العالي للعلوم

التطبيقية والتكنولوجيا

ملخص البحث

يعتبر اللحام الطريقة الأكثر استخداماً في عمليات ربط الهياكل والمنشآت المعدنية ويمكن استخدامه في كافة التطبيقات. وللحصول على مفاصل ملحومة بجودة عالية وتكلفة قليلة للمعدات يستخدم لحام القوسي الغازي GTAW .

يُعاب على هذه الطريقة ضعف إنتاجيتها بسبب قدرة التغلغل المحدودة للسماكات الأكثر من 3mm وبمسار لحام واحد، وصعوبة لحام بعض السبائك.

لتجاوز هذه المصاعب، تم التوجه لتحسين إنتاجية هذه الطريقة باستخدام بعض التعديلات في مصدر الطاقة أو معدن الملء أو آلية التغذية... الخ، وبدء البحث لتحسين التغلغل للسماكات الكبيرة من خلال استخدام مادة منشطة Flux مع لحام القوسي الغازي TIG .

يدرس هذا البحث اثر نسبة أوكسيد التيتانيوم كمادة منشطة Flux على عمق التغلغل والبنية المجهرية والقساوة لوصلة لحام الالمنيوم AA7075

كلمات مفتاحية: سبيكة AA7075، لحام القوسي الغازي باستخدام مادة منشطة، منطقة

للحام، منطقة التأثر الحراري، البنية المجهرية، القساوة.

Effect of titanium oxide percentage in the coating on Hardness of 7075 aluminum alloy welded by ATIG method

Abstract:

Welding is the most widely used method for connecting metal structures and can be used in all applications. In order to obtain welded joints with high quality and low cost of equipment, GTAW gas arc welding is used. This method is criticized for its poor productivity due to the limited penetration ability for thicknesses more than 3 mm with one welding path, and the difficulty of welding some alloys.

To overcome these difficulties, it was directed to improve the productivity of this method by using some modifications in the energy source, the filling metal, or the feeding mechanism...etc., so start research to improve the penetration of large thicknesses through the use of Flux activator with gas arc welding (TIG).

This research studies the effect of the percentage of titanium oxide as a flux activate on the penetration depth, microstructure and hardness of AA7075 aluminum weld joint.

Keywords: Alloy AA7075, Activated Flux Tungsten Inert Gas (A-TIG) ,fusion zone, heat affected zone, microstructure, hardness

مقدمة:

استخدمت طريقة اللحام باستخدام مادة منشطة A-TIG لأول مرة في معهد بانتون للحام الكهربائي في اوكرانيا في منتصف الستينات، حيث يتم استخدام طلاء من مادة مساعدة للصح Flux على سطح المفصل المراد لحامه قبل اجراء اللحام. ويتكون هذا ال Flux من أكاسيد وهاليدات على شكل مسحوق ناعم يتحول من بودرة الى عجينة (Slurry) عن طريق اضافة مذيب عضوي مناسب.

درس كل من **Anming Hu ،Lingyue Zhang**، لحام صفائح سميكة فولاذ عالي المنغنيز سماكة 8 mm باستخدام Flux من Fe_2O_3 المنشط المجهري ومقارنتها مع صفائح ملحومة باسلاك نانوية من Fe_2O_3 وبينت التجارب أنه مع استخدام الاسلاك النانوية كان التغلغل أكبر مايمكن بمسار واحد وعند عدم استخدام Flux كان التغلغل اقل من 4mm بمسار واحد ومع نفس المتغيرات [20]

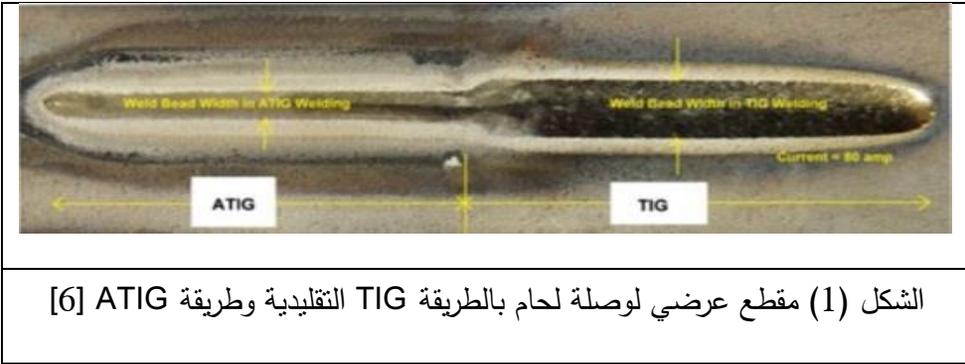
درس كل من **Purvesh Nanavati ،Vishvesh Badheka ،Chintan Patel**، استخدام تدفق نشط (Flux) من TiO_2 مع ZnO وذلك لصفائح فولاذ P91 سماكة 8mm وقورنت العينات الملحومة بكلا نوعي التدفق المستخدم مع استخدام ثلاث طرق لطلاء الصفائح الملحومة طريقة طلاء يكون فيها على جانبي خط اللحام (FB) وطريقة تحت خط اللحام (ATIG) وطريقة طلاء على جانبي خط اللحام وتحت (FZ) وأظهرت النتائج أن التغلغل الكامل يكون بعمق D_p حوالي 6mm وذلك باستخدام طريقة طلاء FZ وباستخدام Flux(ZnO, TiO_2) ويكون بطريقة ATIG مساوياً 4mm بينما يكون التغلغل اقل عند استخدام طريقة FB حوالي 3mm ومساوياً لقيمة التغلغل عند عدم استخدام تدفق نشط [23].

تأثير نسبة أكسيد التيتانيوم في الطلاء على قساوة صفائح الألمنيوم 7075 الملحومة بطريقة ATIG

درس كل من D S Kartsev و E A Zernin مراجعة لاستخدام الجسيمات النانوية في اللحام TIG لسبائك مختلفة بدءا بصفائح الفولاذ وانتهاء بالالمنيوم ووجدوا:

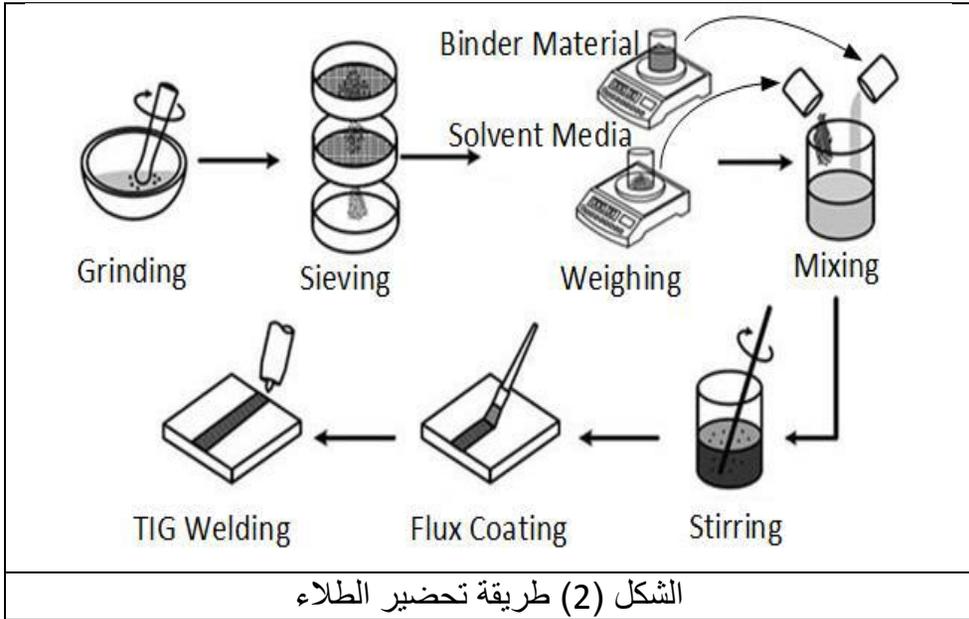
بإضافة الجسيمات النانوية لحوض اللحام ينتج: تحسين الطبقة السطحية من المعدن وتحسين خصائص الوصلة مثل متانة وقساوة معدن اللحام وتنعيم الحبيبات في منطقة التأثير الحراري و تحسين خصائص القوس و تحسين شكل درزة اللحام وبالتالي زيادة كفاءة اللحام[24].

وبالتالي نجد أنّ هذه الطريقة تقلل من الزمن اللازم لتحضير الأخدود وتزيد من تغلغل اللحام وبالتالي تمكن من استخدام سرعات لحام مرتفعة [6]. يبين الشكل (1) مقطع عرضي لوصلة لحام بالطريقة TIG التقليدية وطريقة ATIG وذلك باستخدام نفس متغيرات اللحام [23]



خطوات تحضير الطلاء:

تخلط الأكاسيد مع مادة رابطة (سيليكات الصوديوم) وظيفتها تثبيت طبقة Flux على قطعة العمل ومذيب (اسيتون أو كاربينول أو ايتانول أو ميتانول) حيث يحول Flux لطبقة معجون تطبق إما بالرش أو الفرشاة وذلك حسب شكل قطعة العمل ويبين الشكل (2) طريقة تحضير لطلاء [25]



الشكل (2) طريقة تحضير الطلاء

هدف البحث:

تحسين الخصائص الميكانيكية (القساوة) لصفائح الألمنيوم AA7075 باستخدام طريقة A-TIG بإضافة أكسيد التيتانيوم

منهجية البحث:

1. دراسة لحام سبائك الألمنيوم 7075 باستخدام لحام القوسي التتغستين ب مواد نشطة (A-TIG) وذلك باستخدام طلاء من أكسيد التيتانيوم بحجم حبيبي $50\mu\text{m}$ ومذيب الاسيتون
2. دراسة اثر نسبة اوكسيد التيتانيوم كمادة مساعدة للصر عند اللحام بطريقة A-TIG على الخصائص الميكانيكية (القساوة) والبنية المجهرية للوصلات سبائك الألمنيوم 7075.
3. معرفة امكانية تخفيض شدة تيار اللحام عند لحام صفائح مطلية بطلاء اوكسيد التيتانيوم مع الحفاظ على نفس الخصائص المراد الحصول عليها.

مواد وطرق البحث:

صفائح من الألمنيوم 7075 بسماكة 5mm تم التأكد من التركيب الكيميائي لها في جهاز التحليل الطيفي (OES) ومسحوق اوكسيد التيتانيوم بحجم حبيبي $50\mu\text{m}$ ومذيب الاسيتون.

يبين الجدول (1) التركيب الكيميائي للصفائح:

الجدول (1) نتائج التحليل الطيفي للمعدن الأساس

Ti%	Fe%	Si%	Cr%	Mn%	Zn%	Cu%	Mg%	Al%	
<0.2	<0.5	<0.4	0.18-0.28	<0.3	5.1-6.1	1.2-2	2.1-2.9	Bal	ASTM AA7075
0.04	0.2	0.1	0.12	0.03	6.4	2.3	2.6	-	نتائج التحليل

وبيين الجدول (2) الخصائص الميكانيكية لهذه الصفائح بعد اجراء اختبار القساوة فيكرز واختبار الشد لها

150HV	القساوة فيكرز
450MPa	مقاومة الشد العظمى
477-635C°	درجة الانصهار
الجدول (2) الخصائص الميكانيكية لسبيكة AA7075	

تم خلط الطلاء باستخدام خلاط كهربائي، عدد دوراته 200rpm وذلك بخلط نسبة اوكسيد التيتانيوم المطلوبة % (5,10,20) مع اضافة الاسيتون بالتدرج للوصول الى النسبة المطلوبة.

وبيين الشكل(3) الخلاط الكهربائي المستخدم لخلط الطلاء.

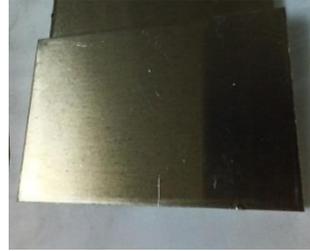
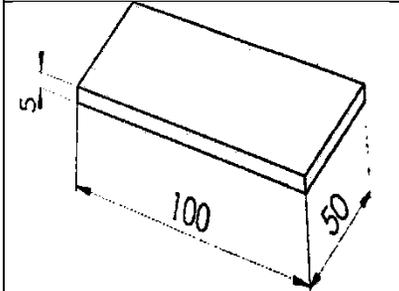


تحضير الصفائح للحام:

تم الحصول على مواد خام أبعادها (500×500×5 mm) من سبيكة الألمنيوم AA7075 وقصت الصفائح على آلة القص اليدوي الموجودة في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا للحصول على الأبعاد المطلوبة للعينات وبيين الشكل(4) المقص اليدوي المستخدم والشكل(5) أبعاد العينات التي تم الحصول عليها.



الشكل (4) المقص اليدوي المستخدم في عملية التشغيل



الشكل(5) أبعاد العينات بعد عملية التشغيل بـmm

عملية تنظيف العينات وطلاءها:

تم تنظيف الصفائح باستخدام قرص الشحذ وتنظيفها بالاسيتون لازالة كافة الاكاسيد عن السطح ثم طليت الصفائح على جانبي خط اللحام قبل عملية اللحام وتسمى هذه الطريقة Face bound وهذه الطريقة موصى بها عند لحام صفائح الألمنيوم بطريقة (ATIG-FB)[18].
ويبين الشكل(6) العينة المطلية باستخدام طلاء أوكسيد التيتانيوم.



آلة اللحام المستخدمة ESAB Origo TIG 3000i:

تستخدم هذه الآلة في العديد من القطاعات الصناعية وتعطي نتائج ممتازة في لحام الكثير من الخلائط المعدنية. تستخدم في عملها إما تيار مستمر أو تيار متناوب وتحقق في كلا الحالتين قوس كهربائي مستقر.



بالاعتماد على المرجع [4] نجد أنّ شدة التيار اللازمة عند لحام السماكة 5mm هي 250A ولكن باستخدام الطلاء نحتاج لتقليل شدة التيار لذا تم تجريب شدة التيار الأقل عند ثلاث قيم (160A,180A,200A) ووجد أن شدة التيار المناسبة مع وجود طلاء هي 200A. ويبين الجدول (3) بارامترات آلة اللحام.

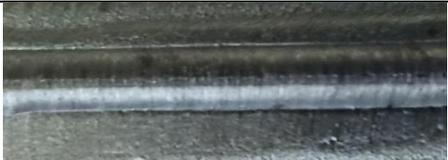
200A	التيار
6 HZ	التردد
60	عدد النبضات بالوقت (Puls on Time)
17 l/min	تدفق الغاز
جدول (3) بارامترات آلة اللحام عند لحام صفائح الألمنيوم 7075 [9]	

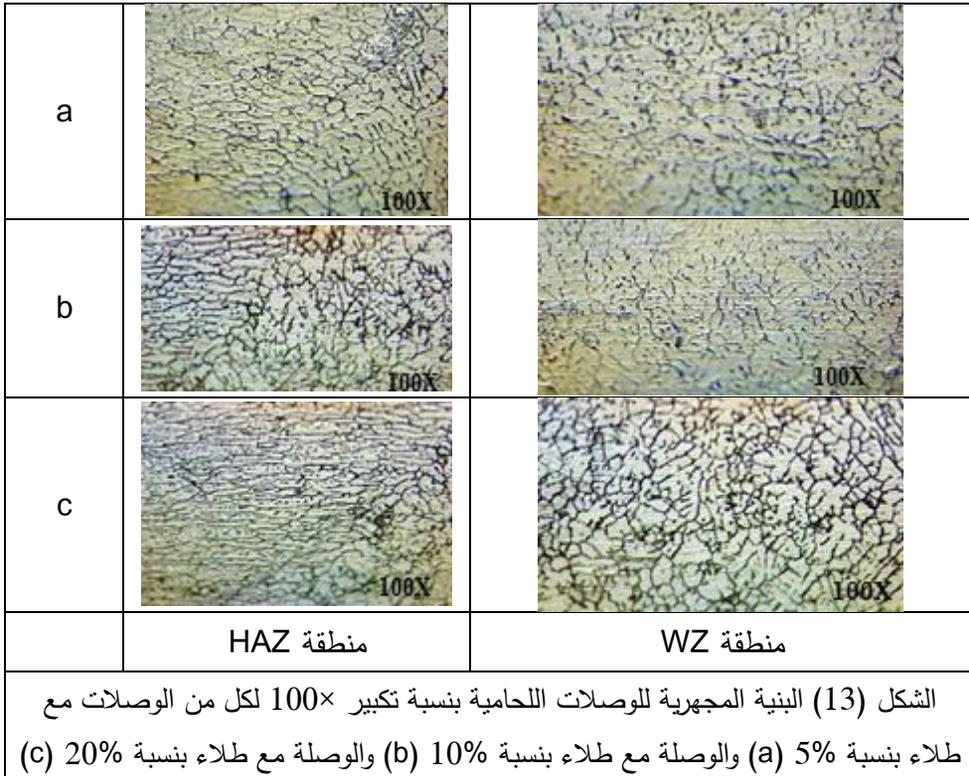
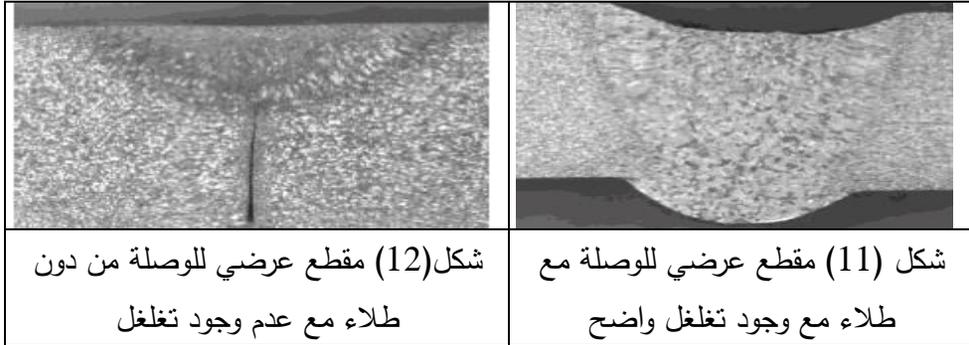
الاختبارات والنتائج:

مقارنة شكل درزة اللحام التي تم الحصول عليها:

بعد لحام 9 عينات بالمتغيرات السابقة بطريقة الـTIG وبمعدن ملء ER4043 وبيثلاث نسب طلاء من أوكسيد التيتانيوم (5%,10%,20%) تبين أن الوصلة خالية من التشققات وعمق الجذر بعد القياس 3mm بينما من دون استخدام الطلاء فإن الصفائح تشققت ولم يتم التغلغل بشكل كافي ويبين الشكل (8,9,10) ذلك.

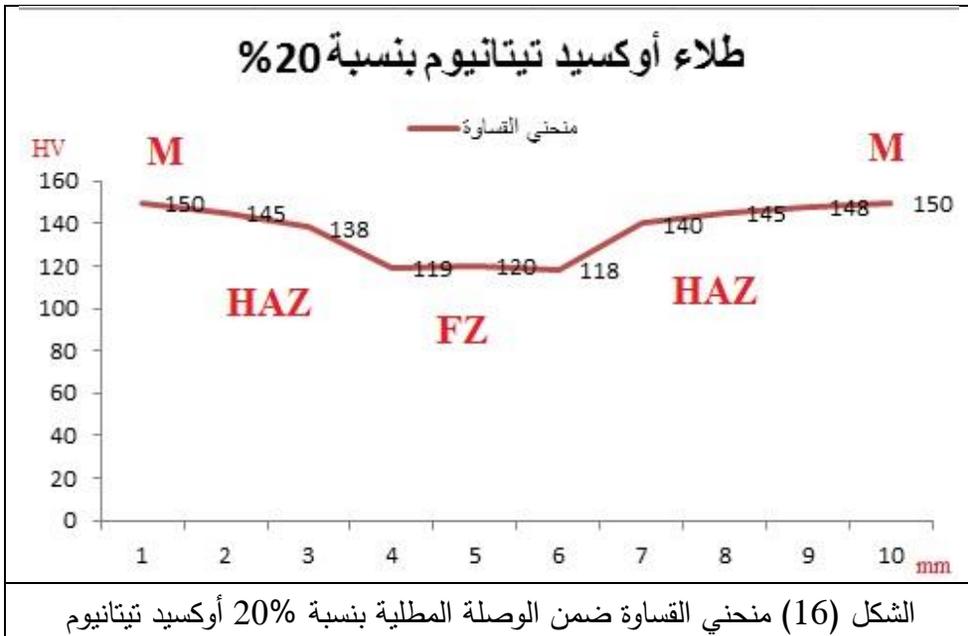
شكل سطح الدرزة	شكل جذر الدرزة
	
شكل (8) شكل الوصلة اللحامية مع طلاء بنسبة 5% من أوكسيد التيتانيوم	

	
شكل (9) شكل الوصلة اللحامية مع طلاء بنسبة 10% أوكسيد تيتانيوم	



نلاحظ من صور البنية المجهرية أن البنية في منطقة اللحام ناعمة وفي منطقة التأثير الحراري دندريتيية ناعمة مع توزيع حبيبات بشكل مكثف ضمن منطقة التأثير الحراري ودخولها بشكل مبعثر ضمن منطقة اللحام وهذه الحبيبات هي أكسيد التيتانيوم الذي أدى بدوره لتتعيم هذه البنية وزيادة القساوة وخاصة ضمن منطقة التأثير الحراري.





الاستنتاجات والتوصيات:

- يمكن باستخدام هذه الطريقة الحصول على وصلات لحامية خالية من التشققات وذلك بسبب حبيبات الاكسيد التي تقيد نمو الطور عند اللحام وتقلل من المناطق التي يحدث فيها انفصال النحاس ضمن البنية.
- أكدت النتائج أنّ استخدام طريقة A-TIG تقلّل عرض الدرزة اللحامية وتزيد من عمق التغلغل.
- بدلاً من اللحام المتعدد المسارات يمكن أن يكون اللحام أحادي المسار كافياً، وهذا يؤدي الى توفير في غاز الوقاية
- لا توجد حاجة لاستهلاك الوقت لتشكيل الاخدود وبالتالي توفير في الجهد المبذول.
- يمكن استخدام سرعات لحام اكبر باستخدام المواد المنشطة Flux.
- تكون قساوة المنطقة الملحومة أعلى بالمقارنة مع طريقة TIG التقليدية، نتيجة انخفاض حجم الحبيبات وتشكل كبريد Al_4C_3 الذي يؤثر على سرعة التبريد. تعمل الجسيمات المضافة كعائق لنمو الحبيبات وتتوضع على سطح الطور المتشكل وتحد من نموه، مما يتيح التتوي المستمر في فترة التبريد بأكملها، وبالتالي تحقيق بنية مجهرية دقيقة جداً [27].
- باستخدام هذه الطريقة من الممكن تخفيض شدة التيار اللازمة للحام السماكة المطلوبة بنسبة 25% من شدة التيار المطلوبة.

التوصيات:

1. تعزيز استخدام هذه الطريقة في طرق لحام مختلفة كاللحام الاحتكاكي ولحام .MIG
2. يمكن استخدام طلاء أكسيد التيتانيوم بنسبة 20% وذلك للحصول على قساوة تقارب قساوة المعدن الأساس مع عدم الحاجة لزيادة هذه النسبة في الطلاء وبالتالي عدم الحاجة لزيادة تكاليف الطلاء.
3. دراسة تأثير سماكة الطلاء على الخصائص الميكانيكية للوصلات الملحومة بطريقة A-TIG

المراجع

- 1) Madhusudhan Reddy, Effect of Postweld Aging Treatment on Fatigue Behavior of Pulsed Current Welded AAA7075 Aluminum Alloy Joints, 2008, Journal of Materials Engineering and Performance
- 2) V. Balasubramanian & V. Ravisankar & G. Madhusudhan Reddy, Effect of pulsed current welding on mechanical properties of high strength aluminum alloy,2008, Springer-Verlag London Limited 2006
- 3) Sivashanmugam M. , Manoharan N, INVESTIGATION OF MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF GTAW AND GMAW JOINTS OF AAA7075 ALUMINUM ALLOY, 2009, Department of Mechanical Engineering, St. Joseph College of Engineering, Chennai, India
- 4) Tony Anderson, CEng, FWeldI, CWEng, Welding Aluminum-Questions and Answers,2010, AWS Product Development Committee.
- 5) BALASUBRAMANIAN.K, Studies on the effect of vibration on hot cracking and Grain size in AAA7075 Aluminum alloy Welding, 2011, Department of Metallurgical Engineering, PSG College of Technology
- 6) G. Rückert^{1,a}, N. Perry^{2,b}, S. Sire^{3,c}, and S. Marya⁴, Enhanced Weld Penetrations In GTA Welding with Activating Fluxes Case studies: Plain Carbon & Stainless Steels, Titanium and Aluminum,2014, Materials Science Forum Vols 783-786.
- 7) U.K.Ghodwade ¹, S.S.Patil ² , Dr. C.L.Gogte³, Experimental study of MIG welding and solid state welding for age hardenable AA 7075 aluminium

- alloy,2015, IPASJ International Journal of Mechanical Engineering.
- 8) G. Arun kumar¹ , M.Harsha², A. Balaram Naik³,
EXPERIMENTAL ANALYSIS OF
MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL
PROPERTIES OF MIG WELDED AA 7075-T6 OF
10MM THICKNESS, 2016, Jawaharlal Nehru
Technological University, College of Engineering,
Kukatpally, Hyderabad 500085, India
 - 9) Damjan Klobčar, TUNGSTEN INERT GAS (TIG)
WELDING OF ALUMINUM ALLOY EN AW-
AlZn5.5MgCu,2016, ISSN 0543-5846, METABK 55(4)
737-740
 - 10)M. N. M. Salleh, M. Ishak, The effect of ER4043 and
ER5356 filler metal on welded Al 7075 by metal inert
gas welding, 2016, Faculty of Mechanical
Engineering, Universiti Malaysia Pahang, Malaysia
 - 11)Ildiko PETER*¹ , Mario ROSSO , STUDY OF 7075
ALUMINIUM ALLOY JOINTS, 2017, Department of
Applied Science and Technology, Politecnico di Torino
 - 12)Harmish Bhatt, Study of Effect of Process Parameters of
Welding during TIG welding of AA 7075 and its
optimization, 2018, Department of Mechanical
Engineering
 - 13)Bekir cevik, Gas tungsten arc welding of aluminum
alloy: Microstructure properties, impact strength, and
weld defects,2018, Materias Reseach Express
 - 14)J.XU, Y.Kang, M.O Tang & Z. Zhang, Effect of Al-5Ti-
1B-1Re on the Microstructure and Hot Cracking of as
cast Al-Zn-Mg-Cu Alloy,2014, Journal of Materials
Engineering and Performance.

- 15) M.N Nagaaravindaraj and J.Ragavan, Influence of Process Parameter on AA7075 in TIG welding, 2015, International Journal of Advanced Research in Technology
- 16) K.S.Pujaria, D.V.Patilb Gurunath.Mewundic, Selection of GTAW process parameter and optimizing the weld pool geometry for AA 7075-T6 Aluminium alloy, 2018, science direct ,Materials Today: Proceedings
- 17) Bekir Çevik, Gas tungsten arc welding of 7075 aluminum alloy: microstructure properties, impact strength, and weld defects, 2018, Materials Research Express
- 18) Sebastian Balos and Ivan Zabunov, Metal oxide Nanoparticle-based coating as a catalyzer for A-TIG welding critical Raw Material perspective, 2019, MDPI.
- 19) Daniel Oropezaa, Douglas C. Hofmanna, Welding and Additive Manufacturing with Nanoparticle-Enhanced Aluminum 7075 Wire, 2020, NASA Author Manuscript
- 20) Cyril Vimalraj, Paul Kah, Belinga Mvola and Jukka Martikainen, EFFECT OF NANOMATERIAL ADDITION USING GMAW AND GTAW PROCESSES, 2016, Rev. Adv. Mater. Sci
- 21) Dr. Liji Thomas, MD ,How Can Titanium Carbide Infusion Improve Welding Within Aluminum?, 2020, <https://www.azonano.com/article>
- 22) Lingyue Zhang, Anming Hu, Fe₂O₃ Nanowire Flux Enabling Tungsten Inert Gas Welding of High-Manganese Steel Thick Plates with Improved Mechanical Properties, 2021 Appl. Sci. 2021, 11, 5052.
- 23) Purvesh Nanavati ,Vishvesh Badheka, A Study on the Comparison Between Activated TIG Variants on Weld Bead Profile of P91

Steel,2021,<https://www.researchgate.net/publication/349723943>.

- 24)D S Kartseva, E A Zerninb, Use of Refractory Nanoparticles as a Component of Welding Materials in Welding and Surfacing With Coated Electrodes and Flux Cored Wires,2021, Materials Science and Engineering.
- 25)Deekshant Varshney, Kaushal Kumar, Effects of Activating Flux on Aluminum 6061 Using TIG Welding (GTAW),2021, AIP Conference Proceedings 2341.
- 26)Dmitry Kurushkin, Igor Mushnikov, Composition of organosilicate coating high temperature breakdown products and their distribution in the weld,2022, Materials 2022, 15, 699.
- 27)Wenan Zhong1*, Dongjiu Zhang1, Yuchao Wang1, Analysis of engineering application requirements of nano coating materials,2022, Journal of Physics: Conference Series

تحسين أداء نظام 16-QAM الضوئي المترابط باستخدام خوارزمية البحث الأعمى للطور HBPS

م. رغد الألفي⁽¹⁾ أ.د. عبد الكريم السالم⁽²⁾

ملخص:

تستخدم تقنيات التعديل والكشف المترابط المتقدمة لفعاليتها ومقدرتها الكبيرة في تحسين أداء الشبكات والأنظمة الضوئية عموماً وتعد أشكال التعديل M-ary Quadrature Amplitude Modulation QAM الأكثر ملاءمة للإرسال الضوئي عالي السرعة بسبب كفاءتها الطيفية العالية. مع أنه بزيادة رتبة التعديل تصبح إشارات M-QAM أكثر حساسية لضجيج الطور، مما يستدعي استخدام خوارزمية مناسبة لاستعادة طور الحامل في وحدة معالجة الإشارة الرقمية تتمتع بدقة كافية لتنفيذ أشكال التعديل ذات المراتب العالية. تم في هذا البحث، دراسة نظام 16-QAM ضوئي مترابط، حيث يتم توليد إشارة 16-QAM من خلال جمع إشارتي Quadrature Phase Shift Keying QPSK في المجال الضوئي. ومن ناحية أخرى، تم دراسة خوارزمية محسنة للبحث الأعمى Hierarchical Blind Phase Search HBPS وهي خوارزمية ذات مرحلتين لتصحيح ضجيج الطور الناتج عن إزاحة الطور غير الكاملة في المرسل عند تركيب إشارة 16-QAM. وقد بينت المحاكاة باستخدام برنامجي Optisystem.19 و Matlab أن هذه الخوارزمية فعالة في استعادة طور الحامل وتعويض ضجيج الطور من أجل نظام 16-QAM الضوئي المترابط المدروس.

الكلمات المفتاحية:

نظام اتصال ضوئي مترابط؛ معالجة الإشارة الرقمية؛ M-QAM ؛ الضجيج طوري؛ استعادة طور الحامل، خوارزمية البحث الأعمى للطور.

- (1) طالبة دراسات عليا-قسم هندسة الاتصالات-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة البعث.
- (2) أستاذ في قسم الهندسة الالكترونية والاتصالات-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة البعث.

Improving Coherent Optical 16-QAM by using Blind Phase Search Algorithm

Eng. Raghad Al.alfi ⁽¹⁾

Prof. Abdulkarim Assalem ⁽²⁾

Abstract:

Advanced Modulation and Coherent Detection are key technologies to meet the bandwidth requirements of optical fiber networks. M-ary Quadrature Amplitude Modulation (QAM) formats are promising for high-speed optical transmission due to their high spectral efficiencies. However, with the increase of modulation order, M-QAM signals becomes more susceptible to phase noise. Therefore, carrier phase recovery algorithm with high precision is needed for successful implementation of these high-order modulation systems. This research includes a study of coherent 16-QAM optical system, 16-QAM signal could be generated by adding two QPSK signals in optical domain. On the other hand, an improved blind phase search algorithm HBPS, which is a two-stage algorithm, was studied to perform the carrier phase recovery for the 16-QAM signals and correct the phase noise caused by imperfect phase offset in the transmitter. Results using Optisystem.19 and Matlab software showed that this algorithm is suitable in carrier phase recovery and could effectively correct the phase noise in the studied coherent 16-QAM optical system.

Keywords:

Coherent optical communication system, M-QAM, Phase noise, Carrier Phase Recovery, HBPS.

(1) Doctora Student – Communications Engineering Dept. Faculty of Mech. and Elec. Eng-AlBaath Univ.

(2) Prof. in Electronics and Communications Engineering Dept. Faculty of Mech. and Elec. Eng-AlBaath Univ

1- مقدمة:

تتزايد حركة مرور البيانات traffic على الإنترنت بسبب ظهور تطبيقات ذات معدل بيانات مرتفع بما في ذلك التلفزيون عالي الدقة ثلاثي الأبعاد، ومؤتمرات الفيديو، والحوسبة السحابية والبيانات الضخمة [1]. بالتالي هنالك حاجة ماسة إلى أنظمة تدعم معدل البيانات المرتفع ومن أجل تلبية هذه المتطلبات تم التوجه إلى استخدام الأنظمة الضوئية المترابطة التي تستخدم أشكال تعديل ذات مرتبة تعديل عالية مثل 16-QAM و 64-QAM التي تساعد في زيادة الكفاءة الطيفية وبالتالي السعة مقارنة بالأنظمة التي تستخدم تعديل QPSK. ولكن مع زيادة رتبة التعديل تصبح هذه الأنظمة أكثر حساسية لتأثيرات الضجيج، مما يحتم استخدام وحدة معالجة الإشارة الرقمية DSP في المستقبل التي تقوم بدور أساسي وضروري، حيث تساعد في التعويض عن الآثار الخطية وغير الخطية التي تحدث أثناء توليد الإشارة أو إرسالها أو اكتشافها. ويعد ضجيج الطور من أهم الآثار التي تعيق الاستعادة السليمة للبيانات المستقبلية والتي يجب معالجتها والتعويض عنها في وحدة معالجة الإشارة الرقمية المستخدمة في طرف الاستقبال [5].

إضافة إلى ذلك، يتطلب توليد إشارات تعديل ذات ترتيب عال، وجود دقة عالية في المبدل الرقمي/التشابهي Digital Analog Converter DAC. يتمثل أحد الحلول الفعالة للتحرر من متطلبات الدقة ل DAC في جهاز الإرسال، في توليد إشارة QAM ذات الرتبة العالية في المجال الضوئي. قدم Naji Albakay في الدراسة [1] تصميمًا لمرسال QAM للشبكات الضوئية عالية السرعة. حيث يطبق في جهاز الإرسال مُعدلات QPSK للتخلص من الحاجة إلى المكبرات والمبدلات الرقمية التشابهية DACs. كما اقترح Guo-Wei Lu وزملائه في الدراسة [2] معالجة موجات الحامل الفرعية الضوئية، حيث تم دمج موجات الحامل الفرعية في إشارة QPSK ثنائي الحزمة بشكل

مترابط لتوليد إشارة 16-QAM.

وبما أن هذه الطرق لتوليد الإشارة غالباً ما تتسبب في دوران أو انزياح طور متناظر يشوه الإشارة، هذا الأمر يجعل من استعادة طور الحامل وتعويض ضجيج الطور في وحدة معالجة الإشارة الرقمية أمراً ضرورياً وأساسياً. في الدراسة [6]، قدم Hyeon Yeong Choi وزملائه طريقة طي الطور المقاد بالقرار Phase-Folded Decision-Directed (PF-DD) للتخفيف من إزاحة الطور، ومع ذلك فإن طريقة PF-DD قد تتسبب في أخطاء إضافية في الرموز. وفي الدراسة [3] قدم Hong-Bo Zhang وزملائه خوارزمية محسنة للبحث الأعمى للطور BPS، تسمى Hierarchical Blind Phase Search HBPS، لتصحيح ضجيج الطور عندما يتم توليد إشارة SSB Nyquist 16-QAM باستخدام موجات الحامل الفرعية الضوئية.

2- هدف البحث:

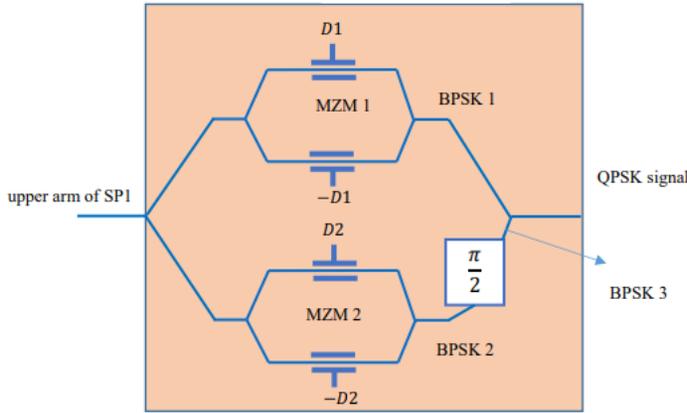
يهدف البحث إلى تحسين استعادة طور الحامل وتقليل ضجيج الطور في نظام 16-QAM الضوئي المترابط، حيث يتم توليد إشارة 16-QAM في المرسل عن طريق جمع إشارتي QPSK في المجال الضوئي لتخفيف متطلبات DAC. وإجراء محاكاة للنظام المدروس لاختبار أداء خوارزمية تصحيح الطور المقدمة.

3- مواد وطرق البحث:

يعتمد البحث على دراسة المرسل لنظام 16-QAM الضوئي المترابط، وكذلك دراسة خوارزمية استعادة طور الحامل لتصحيح الطور في وحدة معالجة الإشارة الرقمية في المستقبل، باستخدام برنامج OptiSystem وبرنامج Matlab.

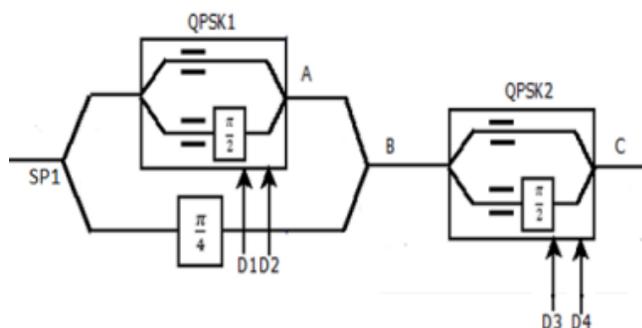
3.1- توليد إشارة 16-QAM المركبة:

يتألف معدل QPSK من معدلين Mach-Zehnder كما هو مبين في الشكل (1)، حيث يتم تعديل البيانات بواسطة MZM1 لنحصل على إشارة BPSK1، ونحصل على إشارة BPSK2 بواسطة MZM2 ثم يتم إزاحة الطور لـ BPSK2 بمقدار $2/\pi$ لتوليد إشارة BPSK3، ليتم الجمع بين BPSK1 و BPSK3 بشكل تداخلي لتوليد إشارة QPSK.



الشكل (2): معدل QPSK [1].

ويوضح الشكل (2) المخطط الصندوقي لمرسل 16-QAM الذي يستخدم معدلين QPSK. يلاحظ من الشكل أنه يتم تقسيم تدفق بيانات الدخل إلى أربع تدفقات من D1 إلى D4. يتم تعديل البيانات D1 و D2 بواسطة QPSK1، بينما يتم تعديل البيانات D3 و D4 بواسطة QPSK2 [1,2].

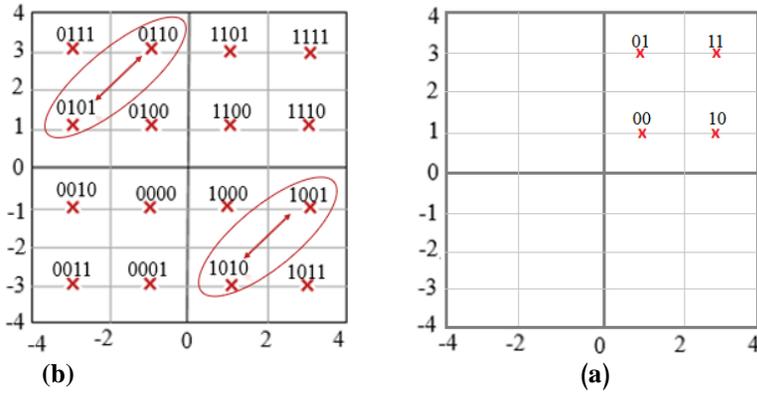


الشكل (2): المخطط الصندوقي لمرسل 16-QAM [1].

من ناحية أخرى، يتم إزاحة الإشارة في الجزء السفلي من الذراع SP1 في الشكل (2) بمقدار $\pi / 4$ ويتم دمجها مع إشارة QPSK عند النقطة A، لينتج عندها إشارة 4-QAM مزاحة وذلك في الربع الأول من مخطط التوضع كما هو موضح في الشكل (3-3) a، ويقوم مُعدّل QPSK الثاني بتعيين إزاحة النقاط في مخطط التوضع إلى الأرباع الأخرى وذلك بناءً على قيم D3 و D4، فعلى سبيل المثال من أجل D3 و D4 مساوية لـ 00 فإن نقاط مخطط التوضع للإشارة ستكون في الربع الثالث، كما هو مبين في الجدول (1)، مما يؤدي إلى توليد إشارة 16-QAM الموضحة في الشكل (3-b).

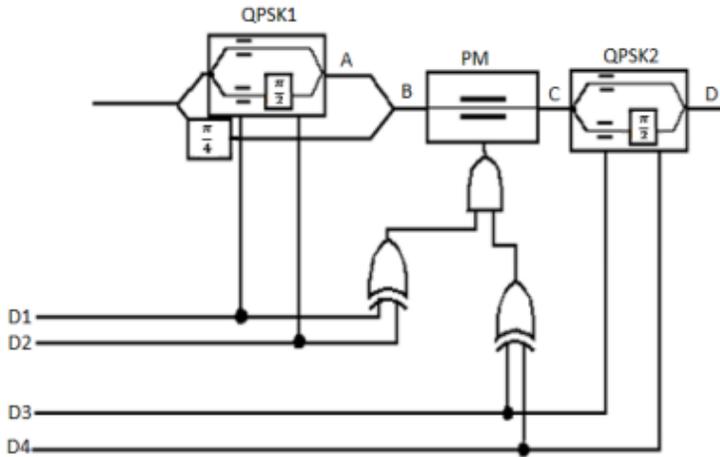
الجدول (1): قيم D3 و D4 المقابلة لإزاحة نقاط مخطط التوضع [1].

D4 D3	الإزاحة المقابلة لنقاط إشارة 4-QAM
00	الربع الثالث
01	الربع الثاني
10	الربع الرابع
11	الربع الأول



الشكل (3): (a) إشارة 4-QAM المزاحة إلى الربع الأول (b) إشارة 16-QAM [1].

ومن أجل ضمان معدلات منخفضة لخطأ البت في المستقبل، من المهم أن يتم ترميز البت في جهاز الإرسال بحيث تختلف جميع الرموز المتجاورة في بت واحد فقط، وهو ما يُعرف بترميز غراي Gray Coding. ونلاحظ أن الرموز في مخطط التوضع الناتج لإشارة 16-QAM في الشكل (3-b) ليست كذلك، حيث يجب تبديل الرموز 0110 و 0101 بالإضافة إلى 1001 و 1010 من أجل الحصول على رموز مرمزة بترميز غراي ويمكن تحقيق ذلك باستخدام معدلات الطور الضوئية ويوضح الشكل (4) المخطط الصندوقي لمرسل 16-QAM الذي يستخدم مُعدّلين QPSK ومعدّل طور PM واحد.



الشكل (4): المخطط الصندوقي لمرسل 16-QAM مع معدّل طور PM [1].

تحسين أداء نظام 16-QAM الضوئي المترابط باستخدام خوارزمية البحث الأعمى للطور HBPS

يتم تقسيم بيانات الدخل إلى أربع تدفقات D1، D2، D3 و D4 وتعتمد إزاحة الطور في المعدل الطوري PM على هذه البيانات كما هو موضح في الجدول (2). إذا كانت D1 و D2 متماثلتان (00 أو 11) أو D3 و D4 متماثلتان، فإن المعدل الطوري الضوئي PM سيكون له إزاحة طورية صفرية. وإذا لم تكن D1 و D2 متطابقة (01 أو 10) ولم تكن D3-D4 متماثلة أيضًا، فإن PM يقوم بتدوير الرموز بمقدار 180 درجة. ثم يقوم QPSK2 بعد ذلك بتدوير مخطط التوضع الذي تمت إزاحته حسب ما سبق إلى الأرباع الأربعة بناءً على D3 و D4، مما ينتج عنه إشارة 16-QAM ذات رموز مرمزة بترميز غراي.

الجدول (2): قيم زاوية إزاحة معدل الطور PM.

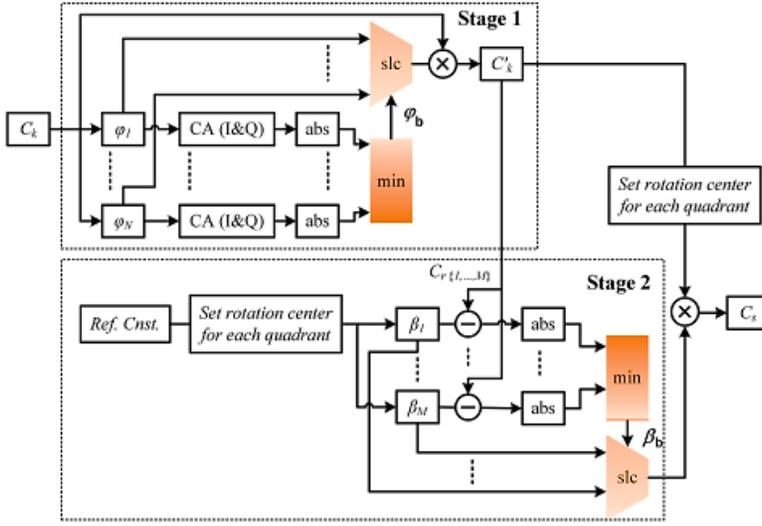
D1 D2 D3 D4	PM rotation angle
0000	0
0001	0
0010	0
0011	0
0100	0
0101	180
0110	180
0111	0
1000	0
1001	180
1010	180
1011	0
1100	0
1101	0
1110	0
1111	0

3.2- استعادة طور الحامل وضجيج الطور:

مع تطور وحدة معالجة الإشارة الرقمية DSP في أنظمة الاتصالات الضوئية المترابطة أصبح بالإمكان الاستفادة من أشكال التعديل عالية الرتبة ويتمتع تعديل 16-QAM بكفاءة طيفية عالية ومناسبة لأنظمة الاتصال عالية السرعة، ولكن يؤثر ضجيج الطور الناتج عن الناقل والليزر على أداء هذه الأنظمة بشكل كبير لذلك يعد استرداد طور الحامل Carrier Phase Recovery CPR من أهم المراحل في وحدة معالجة الإشارة في أنظمة الاتصالات المترابطة الضوئية. وتوجد العديد من خوارزميات استعادة طور الحامل لتعويض ضجيج الطور في أجهزة الاستقبال الرقمية المترابطة. [3]

في أنظمة الاتصال الضوئية QPSK يتم عادة استخدام خوارزمية فيتيربي-فيتيربي لاستعادة طور الحامل، بينما في أنظمة الاتصال الضوئية QAM تعد خوارزمية البحث الأعمى للطور Blind Phase Search BPS من الخوارزميات الشائعة لاستعادة طور الحامل.

نقدم في هذه الدراسة خوارزمية البحث الأعمى الهرمية HBPS وهي خوارزمية ذات مرحلتين لاستعادة طور الحامل وتصحيح ضجيج الطور لإشارات 16-QAM، تعتمد الخوارزمية وجود مرحلتين للاستعادة وذلك لأنه تم توليد إشارة 16-QAM من مرحلتين QPSK. ويوضح الشكل (5) المخطط الصندوقي لخوارزمية HPPS.



الشكل (5): المخطط الصندوقي لخوارزمية HBPS. [3]

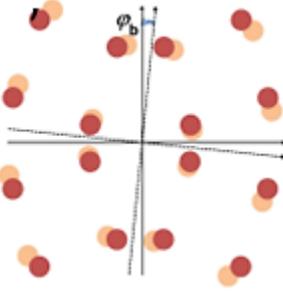
يتم في المرحلة الأولى من هذه الخوارزمية الاعتماد على خوارزمية BPS الأساسية، حيث من أجل الرمز k المستقبل يتم تصحيح مخطط التوضع الفراغي C_k إلى مخطط توضع وسيط C'_k وذلك بعد تقدير الإزاحة الكلية φ_b . في بداية هذه المرحلة يتم تدوير كل رمز مدخل بعدد N من زوايا الطور التجريبية $\{\varphi_1, \dots, \varphi_N\}$ الممتدة حتى زاوية $\pi/2$ ، وتحسب من العلاقة (1). [4,5,11].

$$\varphi_b = \frac{b}{N} * \frac{\pi}{2} \quad ; b = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

بعد ذلك يتم في وحدة CA جمع نقاط مخطط التوضع معاً بالاعتماد على تناظر إشارة QAM المربعة ويتم إعطاء الحسابات التفصيلية بواسطة المعادلة (2). [5,12]

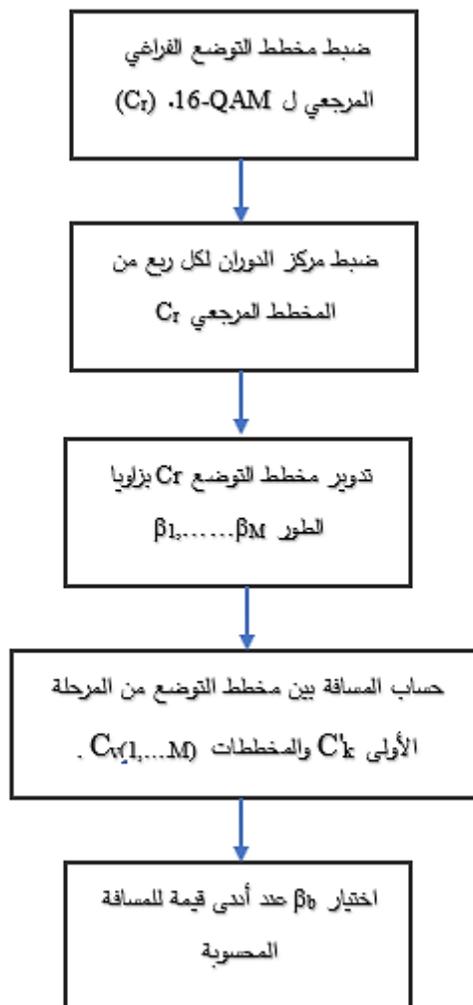
$$\begin{cases} I(k, b, i) = abs(I(k, b, i - 1)) - \frac{D}{2^{i-1}} \\ Q(k, b, i) = abs(Q(k, b, i - 1)) - \frac{D}{2^{i-1}} \end{cases} \quad , i=1, \dots, n \quad (2)$$

حيث $I(k,b,0)$ و $Q(k,b,0)$ القسم الحقيقي والقسم التخيلي للرمز على التوالي، $I(k,b,n)$ و $Q(k,b,n)$ الخرج لوحدة CA، و D هي المسافة المركزية لمخطط التوضع في ربع واحد. ثم تحدد إزاحة الطور الكلية φ_b من خلال اختيار الانزياح الذي عنده تكون القيمة المطلقة عند الحد الأدنى. وبسبب التناظر في مخطط التوضع الفراغي فإنه يطبق على كل QPSK فرعي في كل ربع نفس مقدار الانزياح، ولكن باتجاه دوران مختلف. كما هو موضح في الشكل (6).



الشكل (6): زاوية إزاحة الطور φ_b في المرحلة الأولى.

في المرحلة الثانية يتم العمل وفق المخطط الموضح في الشكل (7)، يتم أولاً إعداد مخطط التوضع الفراغي المثالي لـ 16-QAM كمرجع وذلك من أجل تصحيح إضافي للانزياح والدوران في كل QPSK فرعي. وبعد تطبيق انزياح طور على كل QPSK فرعي بنفس المقدار، يتم الحصول على مخطط توضع فراغي مرجعي مُزاح لـ 16-QAM.

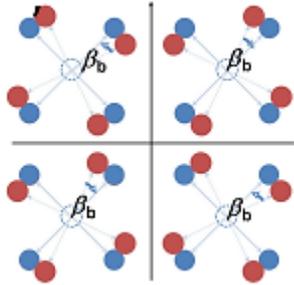


الشكل (7): المخطط التدفقي للمرحلة الثانية من خوارزمية HBPS.

يتم الحصول على مجموعة من مخططات التوضع الفراغي التي تم إزاحتها $C_{T\{1,...,M\}}$ لـ 16QAM وذلك من خلال زوايا دوران الطور $\{\beta_1, \dots, \beta_M\}$. ثم يتم بعد ذلك حساب المسافات الإقليدية بين الرموز في مخطط التوضع الفراغي الوسيط C'_k الذي تم الحصول عليه في المرحلة الأولى وبين الرموز المقابلة لها الموجودة في مخططات التوضع الفراغي $C_{T\{1,...,M\}}$ [3].

$$|d_{k,m}|^2 = |C'_k - C_{r,m}|^2, m = 1, \dots, M \quad (3)$$

ليتم بعدها اختيار زاوية إزاحة الطور β_b والتي من أجلها تكون المسافة الإقليدية في الحد الأدنى. أخيرًا، يتم تدوير كل QPSK فرعي في مخطط التوضع الوسيط C'_k بواسطة إزاحة الطور β_b التي تم تخمينها كما هو موضح في الشكل (8) للحصول على مخطط التوضع الفراغي المصحح (C_s).

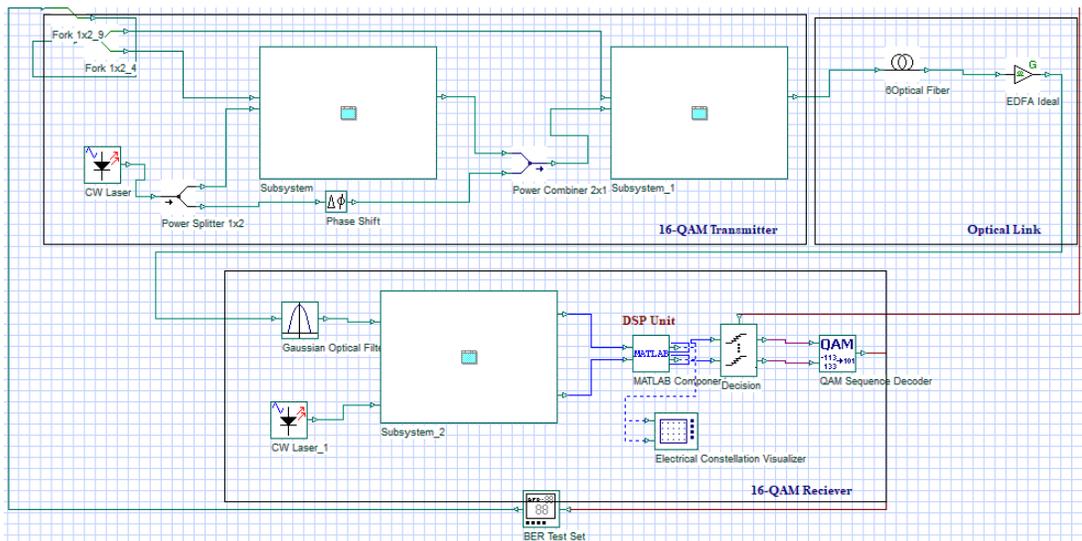


الشكل (8): زاوية إزاحة الطور β_b في المرحلة الثانية.

4- المحاكاة:

تم نمذجة نظام الاتصال وتحليل أدائه باستخدام برمجية OptiSystem وبرنامج Matlab حيث يبين الشكل (9) المخطط العام للنموذج المدروس والذي يمثل نظام اتصالات ضوئي مترابط يستخدم لإرسال معدلات سرعتها 56Gb/s، باستخدام تعديل 16-QAM المتولد عن طريق تراكب إشارتي QPSK. يلاحظ من الشكل (9) أن الأجزاء الرئيسية لنظام الاتصال المدروس هي المرسل، الليف الضوئي أحادي النمط، المستقبل المترابط، وحدة معالجة الإشارة الرقمية (التي تم تصميمها بواسطة برنامج Matlab) وفاك التعديل والكاشف. [1,3]

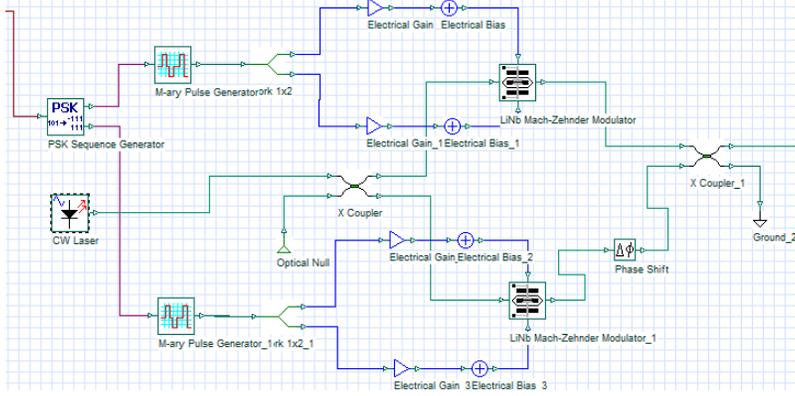
تحسين أداء نظام 16-QAM الضوئي المترابط باستخدام خوارزمية البحث الأعمى للطور HBPS



الشكل (9): المخطط العام لنظام 16-QAM الضوئي المترابط.

4.1- المرسل:

يلاحظ من الشكل (9) أنه تم إنشاء إشارة 16QAM باستخدام معدلين QPSK. حيث يتكون كل معدل من مولد سلسلة PSK لتوليد سلسلتي رمز M-ary متوازيتين من الإشارات الثنائية اعتماداً على تعديل إزاحة الطور PSK باستخدام 2 bit لتمثيل كل رمز. بعد ذلك، تمر الإشارات من خلال مولد نبضي M-ary لتوليد نبضات متعددة المستويات وفقاً لمصفوفة إشارة الدخل M-ary، ثم يتم تعديل كل إشارة من قبل معدل Mach-Zehnder وتجمع الإشارتين معاً لتشكيل إشارة QPSK كما هو موضح في الشكل (10).



الشكل (10): معدل QPSK.

وبين الجدول (3) أهم بارامترات المنبع الليزري المستخدم في المحاكاة حيث تم اختيار طول موجة الحامل 1550 nm بما يتوافق مع أقل تخامد للانتشار ضمن الليف مقارنة مع بقية الأطوال الموجية، وكذلك تم تحديد قيمة الطاقة 10 dBm وتم اختيار العرض الطيفي للمنبع 0.1 MHz.

الجدول (3): بارامترات المنبع الليزري.

المحدد	القيمة
تردد الحامل	193.1 THz
الطاقة	10 dBm
عرض الخط	0.1 MHz
سرعة النقل	56 GB/s

4-2 قناة الاتصال الضوئية:

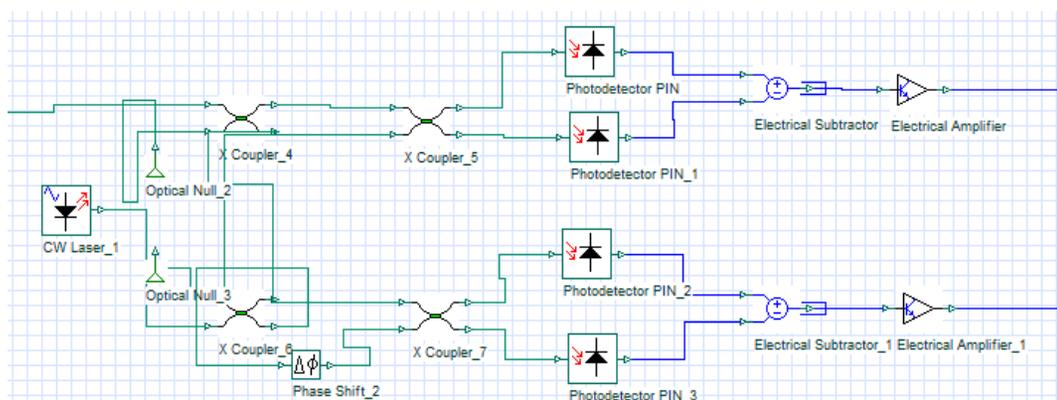
يتم إرسال الإشارة في ليف ضوئي أحادي النمط SMF يمثل قناة الاتصال، يوضح الجدول (4) أهم بارامترات المحاكاة لقناة الألياف الضوئية.

الجدول (4): بارامترات الليف الضوئي.

المحدد	القيمة
ثابت التخماد	0.2 dB/km
معامل التشتت اللوني	16.75 ps/(nm.km)
معامل الانحدار	0.075 ps/(km.nm ²)
معامل تشتت نمط الاستقطاب	0.004 ps/√km

3-4 المستقبل المترابط:

يتضمن المستقبل الضوئي المترابط منبع ليزري CW، ويتم فك تعديل الإشارة المستقبلية باستخدام مستقبل 16-QAM الموضح في الشكل (11).

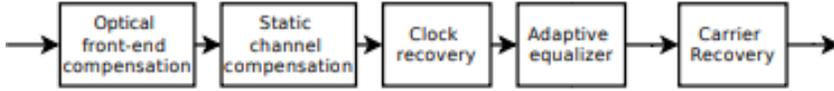


الشكل (11): مستقبل 16_QAM الضوئي المترابط.

4-4 معالجة الإشارة الرقمية:

بعد عملية الكشف المترابط تتم معالجة الإشارة المستقبلية من خلال وحدة معالجة الإشارة DSP وبين الشكل (12) المخطط الصندوقي لوحدة معالجة الإشارة الرقمية الأساسية في المستقبل الضوئي المترابط. تتكون DSP من عدة أنظمة ووحدات فرعية

من أجل تعويض الآثار غير الخطية في المجال الرقمي مثل التشتت اللوني وتشتت نمط الاستقطاب وضجيج الطور مما يساهم في تقليل معدل خطأ البت وموثوقية أفضل في نقل البيانات.



الشكل (12): المخطط الصندوقي لوحدة DSP الأساسية في المستقبل الضوئي. [4]

من الناحية النظرية، يجب أن تكون الإشارات المستقبلية متعامدة. ولكن عملياً قد لا تكون هذه الإشارات متعامدة مع بعضها بسبب بعض الانزياح الذي يمكن أن يكون ناتج عن خلل في المُعدِّلات أو PDs. لذلك من أجل استعادة الإشارة بشكل صحيح، يجب تطبيق تعويض عدم التوازن I / Q أولاً على الإشارات الرقمية ويمكن تنفيذ هذه العملية باستخدام خوارزمية Gram-Schmidt Orthogonalization Process (GSOP)، وتعد خوارزمية GSOP طريقة فعالة لتحويل عينات البيانات غير المتوازنة أو غير المتعامدة إلى عينات بيانات متوازنة ومتعامدة. [10]

بدوره يعتبر التشتت اللوني Chromatic Dispersion أحد العوامل الأساسية التي تسبب تراجع أداء نظام الاتصالات الضوئية لذلك يتم في وحدة معالجة الإشارة DSP تعويض التشتت اللوني CD compensation. وبما أنه يمكن تمثيل استجابة القناة للألياف المزودة بالتشتت اللوني كدالة خطية، يمكن تحقيق تعويض التشتت اللوني في المجال الترددي بناءً على تابع النقل أو في المجال الزمني باستخدام مرشح استجابة نبضية محدودة FIR. [10]

يتم بعد ذلك في وحدة معالجة الإشارة الرقمية تخمين مقدار الانزياح الزمني وتصحيحه clock recovery الناتج عن إزاحة الزمن التي قد تسببها المبدلات التشابهيّة الرقمية وذلك باستخدام خوارزميات استعادة الزمن مثل خوارزمية square-timing وخوارزمية Gardner-timing وهي مستخدمة بشكل واسع في الأنظمة المترابطة الرقمية. المرحلة التالية في وحدة DSP هي تعويض تشتت نمط الاستقطاب PMD، ويتم فيها استخدام معادلات الفراشة التكيفية الأربعة إضافة إلى خوارزمية المعامل الثابت لإزالة الاستقطاب وتعويض PMD. [10]

أخيراً يتم في وحدة معالجة الإشارة الرقمية استعادة الموجة الحاملة من خلال مرحلتين وهما تعويض انزياح التردد ثم استعادة طور الحامل. وتم تطبيق خوارزمية البحث الأعمى HBSP لاستعادة طور الحامل وتعويض ضجيج الطور. [4,5,9]

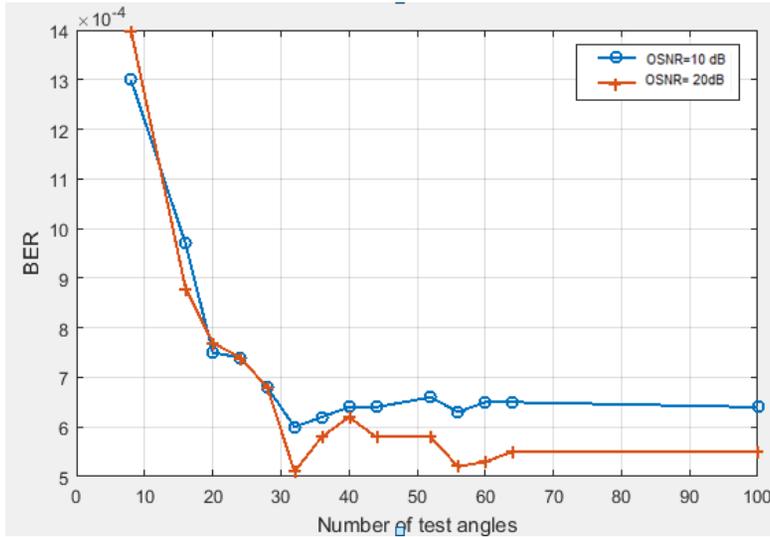
تم استخدام وحدة معالجة الإشارة الرقمية الموجودة في برنامج Optisystem باستثناء عملية Carrier Recovery. وتم استخدام برنامج Matlab لنمذجة خوارزمية HBSP، ومن ثم ربط وحدة Matlab component مع برنامج Optisystem من أجل تنفيذ عملية المحاكاة للنظام الضوئي المقترح في هذا البحث.

5- النتائج والمناقشة:

تم في هذا البحث محاكاة نظام الاتصال الضوئي المترابط 16-QAM المتولد بواسطة إشارتي QPSK، إضافة إلى خوارزمية HBPS لاستعادة طور الحامل وتم دراسة أداء النظام من خلال معدل خطأ البت BER ومخطط التوضع الفراغي للإشارة المستقبلية. حيث تم إعداد المحاكاة لنموذج النظام المبين في الشكل (9) من أجل القيم المفروضة في نموذج المحاكاة.

بداية تم دراسة أداء الخوارزمية من أجل عدة زوايا اختبار الطور لاختيار القيمة المناسبة لهذه الخوارزمية، ويوضح الشكل (13) معدل خطأ البت عند قيم مختلفة لعدد زوايا الاختبار في حالتين لقيم نسبة الإشارة الضوئية للضجيج OSNR.

يلاحظ من الشكل (13) أن معدل خطأ البت BER يتناقص بشكل واضح مع ازدياد عدد زوايا الاختبار حتى القيمة 32 حيث يصبح بعدها أداء BER متقارب مع زيادة عدد زوايا الاختبار. لذلك يمكن اعتبار العدد 32 بأنه العدد المناسب لزوايا الاختبار في خوارزمية HBPS في نظام 16-QAM المدروس.

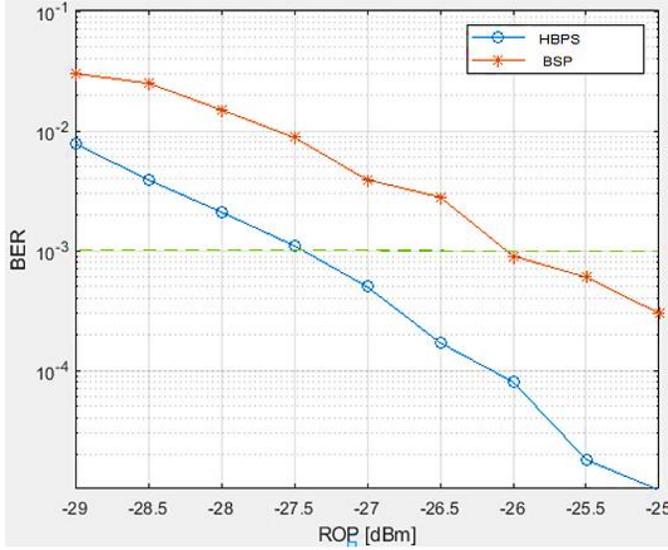


الشكل (13): معدل BER عند قيم مختلفة لعدد زوايا الاختبار.

كما تم أيضاً تقييم أداء خوارزمية HBPS من خلال مقارنتها مع خوارزمية BSP الأساسية من أجل قيم مختلفة لطاقة الإشارة الضوئية المستقبلية Received Optical Power ROP، حيث تم وضع محمد ضوئي متغير Variable Optical Attenuator VOA قبل المستقبل لضبط قيم الطاقة المستقبلية، ويظهر الشكل (14) معدل خطأ البت المقاس مع استطاعة الإشارة الضوئية المستقبلية من أجل خوارزمية

BSP الأساسية وخوارزمية HBPS.

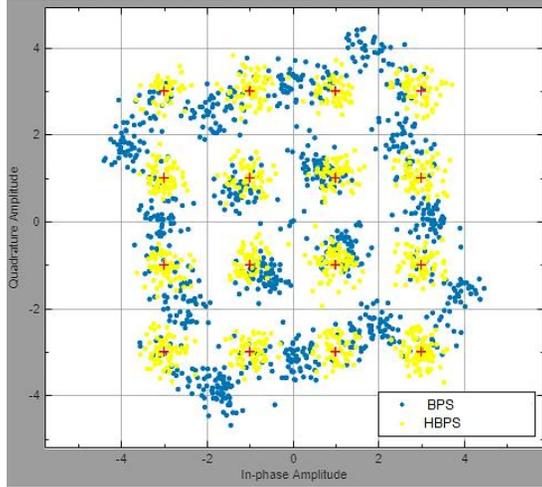
يلاحظ من الشكل (14) لخوارزمية HBPS تظهر أداء أفضل مقارنة مع خوارزمية BSP الأساسية بالتالي تعد هذه الخوارزمية فعالة في تصحيح إزاحة الطور وتعويض ضجيج الطور في الإشارة المستقبلية وضمان المسافة المتساوية بين الرموز في مخطط التوضع الفراغي من أجل نظام 16-QAM المدروس.



الشكل (14): معدل BER من أجل قيم مختلفة لـ ROP.

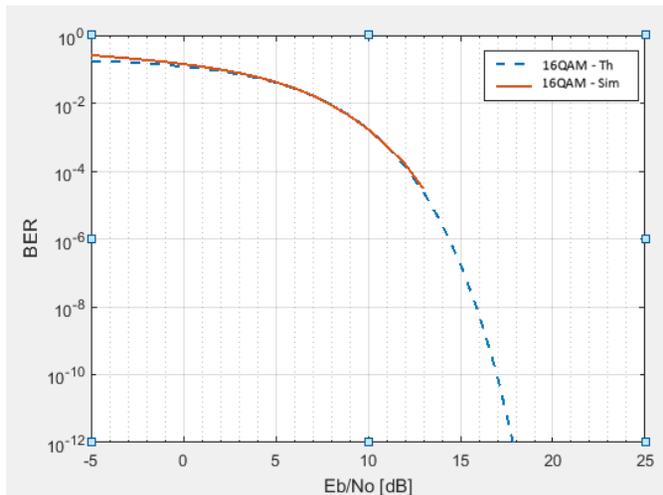
وبين الشكل (15) مقارنة بين مخططي التوضع الفراغي لإشارة 16-QAM عنما تكون استطاعة الإشارة الضوئية المستقبلية مساوية لـ -27dB من أجل خوارزمية BPS وخوارزمية HBPS. حيث يلاحظ من المخطط انزياح موضع نقاط المخطط عند تطبيق خوارزمية BPS (النقاط الموضحة باللون الأزرق في الشكل (15)) عن القيم المرجعية لمخطط التوضع لنظام 16-QAM (المبينة بالإشارة + في الشكل (15)). بينما نلاحظ أن الخوارزمية الهرمية HBPS استطاعت تصحيح انزياح الطور للإشارة حيث أن نقاط مخطط التوضع للإشارة المستقبلية (النقاط الموضحة باللون الأصفر في الشكل (15))

تتركز حول القيم المرجعية لإشارة 16-QAM، مما يعكس قدرتها على استعادة طور الحامل بشكل فعال وبالتالي استعادة أفضل للبيانات المرسله.



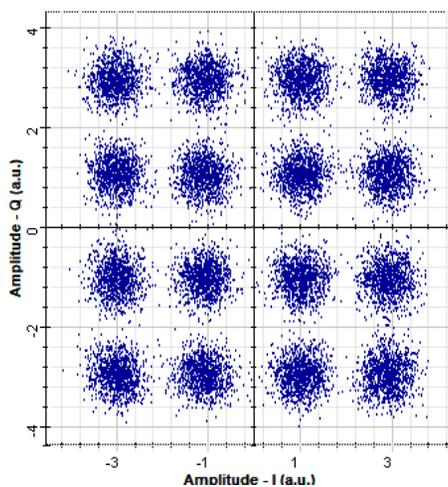
الشكل (15): مخطط التوضع الفراغي.

من ناحية أخرى، تم دراسة أداء معدل خطأ البت لنظام 16-QAM بتطبيق خوارزمية HBPS من أجل قيم مختلفة ل E_b/N_0 ، ويبين الشكل (16) معدل خطأ البت للتصميم المقترح مقارنة مع الأداء النظري لنظام 16-QAM، حيث يلاحظ أن النظام المدروس حقق معدل خطأ مشابه للقيم النظرية لنظام 16-QAM الضوئي المترابط.



الشكل (16): معدل BER لنظام 16QAM المدروس .

ومن أجل $E_b/N_0=12\text{dB}$ ، يوضح الشكل (17) مخطط التوضع الفراغي للنظام ونلاحظ من الشكل تركيز توزيع النقاط وبالتالي تصحيح ضجيج الطور بشكل فعال وجودة عالية للإشارة.



الشكل (17): مخطط التوضع الفراغي من أجل $E_b/N_0=12\text{dB}$.

كما يبين الجدول (5) مقارنة بين نتائج البحث المدروس ونتائج بعض الدراسات السابقة.

حيث يُلاحظ أن استخدام خوارزمية HBPS مع نظام 16-QAM المتولد من جمع إشارتي QPSK المدروس في هذا البحث قدمت أداءً متساوياً تقريباً مع الدراسة [2] التي تم فيها دراسة أداء خوارزمية HBPS مع نظام 16-QAM المتولد عن طريق دمج موجات الحامل الفرعية. حيث من أجل قيمة استطاعة الإشارة الضوئية المستقبلية مساوية لـ -26dB كان معدل خطأ البت من مرتبة 10^{-4} . وبمقارنة البحث المدروس مع الدراسة [1] نلاحظ أنه تم الحصول على تحسن في أداء النظام من خلال تطبيق خوارزمية HBPS، حيث من أجل $E_b/N_0=10\text{dB}$ كانت قيمة معدل خطأ البت من مرتبة 10^{-4} ، بينما في الدراسة [1] كانت من مرتبة 10^{-3} .

الجدول (5): مقارنة نتائج الدراسة مع نتائج الدراسات السابقة.

BER	ROP	سرعة النقل	البحث
10^{-4}	-26 dB	12.5 Gb/s	[2]
10^{-4}	-26 dB	56 Gb/s	البحث المقترح
BER	E_b/N_0	سرعة النقل	البحث
10^{-3}	12 dB	50 Gbaud	[1]
10^{-4}	12 dB	56 Gb/s	البحث المقترح

الاستنتاجات:

تم في هذا البحث دراسة أداء لنظام 16-QAM المولد من جمع إشارتي QPSK حيث يمكن من خلال هذا التصميم أن نخفف بشكل فعال متطلبات الدقة الخاصة بـ DACs، مما يوفر نهجاً فعالاً من حيث التعقيد في توليد إشارات QAM ذات الترتيب الأعلى.

إضافة إلى ذلك، للتعويض عن التشوهات الطورية المحتملة تم دراسة خوارزمية HBPS لاستعادة طور الحامل وتصحيح ضجيج الطور، مما يضمن أقل معدل خطأ ممكن في البت أثناء استعادة البيانات. حيث تمت محاكاة نموذج التصميم وخوارزمية HBSP باستخدام برنامج OptiSystem.19 و MatlabR2022.

تم في البداية تحديد القيمة المناسبة لعدد زوايا طور الاختبار في خوارزمية HBPS ذات المرحلتين، فمن أجل نظام 16-QAM يمكن اعتبار أن العدد المناسب لزوايا الاختبار في الخوارزمية المدروسة هو 32 زاوية اختبار.

أيضاً، تم مقارنة خوارزمية HBPS مع خوارزمية BSP الأصلية من خلال معدل خطأ البت ويُلاحظ أن خوارزمية HBPS قدمت أداء BER أفضل. فمن أجل استطاعة الإشارة الضوئية المستقبلية مساوية لـ -26dB تم الحصول على تحسن في قيمة BER من مرتبة 10^{-1} مقارنة مع خوارزمية BPS.

إضافة إلى ذلك، بمقارنة مخططي التوضع الفراغي للإشارة بتطبيق خوارزمية BPS وخوارزمية HBPS، وُجد أنه في حالة تطبيق خوارزمية HBPS كانت نقاط مخطط التوضع الفراغي متمركزة بشكل أكثر تركيزاً حول القيم النظرية لإشارة 16-QAM، بالتالي استطاعت الخوارزمية تقديم تصحيح فعال لضجيج الطور واستعادة طور الحامل بجودة وموثوقية عالية. من ناحية أخرى، تم دراسة أداء النظام من أجل قيم مختلفة لـ E_b/N_0 ومن خلال معدل خطأ البت تمت ملاحظة أن النظام قدم أداء مشابه للقيم النظرية لنظام 16-QAM الضوئي المترابط.

المراجع:

- [1] Naji Albakay, 2018- **Design And Analysis Of Binary Driven Coherent M-Ary Qam Transmitter For Next Generation Optical Networks**. University of Nebraska-Lincoln.PhD.
- [2] Guo-Wei Lu, Hong-Bo Zhang, Zhe Li, 2020- **Coherent Self-superposition aided SSB Nyquist 16QAM Synthesis from Twin-SSB Nyquist QPSK with Reduced DAC Resolution Requirement**. IEEE Xplore.
- [3] Hong-Bo Zhang, Guo-Wei Lu, Qian-Wu Zhang, 2022- **Carrier Phase Recovery for Synthesized 16-QAM Signals with Hierarchical Blind Phase Search Algorithm**. Photon Ics & Electromagnetics Research Symposium.
- [4] Erik Börjesson,2018- **Implementation of Blind Carrier Phase Recovery for Coherent Fiber-Optical Receivers**. University of Gothenburg. Master's Thesis,Sweden.
- [5] Darli Augusto de Arruda Mello, Fabio Aparecido Barbosa, 2021- **Digital Coherent Optical Systems**. Springer, Switzerland,229p.
- [6] Hyeon Yeong Choi, Takehiro Tsuritani, Hidenori Takahashi, Wei-Ren Peng, and Itsuro, 2012- Generation and Detection Of 240-Gb/S PDM64QAM Using Optical Binary Synthesizing Approach And Phase-Folded Decision-Directed Equalization. **Optics Express OSA**, Vol. 20, No. 25.
- [7] Jiaoyang Liu, 2019-Research on Carrier Recovery Algorithm in Coherent Optical Communication System. **IOP Conf. Series, Earth and Environmental Science** 310, 042008.
- [8] Vinay K. Ingle John G. Proakis, 2012 **-Digital Signal Processing Using MATLAB**. Northeastern University, Cengage Learning, USA, 652p.

- [9] Rongqing Hui, 2020- **Introduction to Fiber-Optic Communications**. Elsevier Inc, 635p.
- [10] Jianjun Yu, Xinying Li and Junwen Zhang, 2022.- **Digital Signal Processing for Optical Coherent Long-Haul Transmission System**. World Scientific.
- [11] Qiang Liu, Wei Ji, Pengcheng Liu, Qiang Li, Chenglin Bai, Hengying Xu, Yanjun Zhu, 2022- **Blind Phase Search Algorithm Based on Threshold Simplification**. Springer.
- [12] Xian Zhou, Kangping Zhong, Yuliang Gao, Chao Lu, Alan Pak Tao Lau, and Keping Long, 2014- **Modulation-format-independent blind phase search algorithm for coherent optical square M-QAM system**. Optical Society of America, Vol. 22, No. 20.

التقيب في الموسوعات الالكترونية لاستخراج الروابط بين العوامل والأمراض بهدف تضمينها في نظام مساعد في اتخاذ قرار الرعاية الصحية

الباحث: م. يزن ابراهيم

كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس

ملخص

عقدة البيانات هي عملية وضع البيانات في مجموعات متماثلة. خوارزمية العقدة تقسم مجموعة من البيانات إلى عدة مجموعات. حيث أن التشابه بين النقاط ضمن مجموعة معينة أكبر من التشابه بين نقطتين ضمن مجموعتين مختلفتين. فكرة تجميع البيانات هي فكرة بسيطة في طبيعتها وهي قريبة جداً من الإنسان في طريقة تفكيره حيث أننا كلما تعاملنا مع كمية كبيرة من البيانات نميل إلى تلخيص الكم الهائل من البيانات إلى عدد قليل من المجموعات أو الفئات، وذلك من أجل تسهيل عملية التحليل. خوارزميات التجميع تستخدم على نطاق واسع ليس فقط لتنظيم وتصنيف البيانات وإنما هي مفيدة لضغط البيانات وبناء نموذج ترتيب البيانات. حيث أنه إذا كان بإمكاننا أن نجد مجموعات من البيانات، فإنه بالإمكان بناء نموذج للمشكلة على أساس تلك المجموعات. أقدم في بحثي هذا طريقة لتحسين خوارزمية kmeans واستخدامها في نظام طبي مساعد في اتخاذ قرار الرعاية الصحية . [1]

كلمات مفتاحية: طرق التكتل - اكتشاف عقدة عشوائية - سمات- الترابط المتوسط -
البيانات الثنائية - المركز - العنقود - العقدة - الترابط الكامل - العقدة الضبابية -
التقيب على البيانات.

Exploring electronic encyclopedias to extract links between factors and diseases in order to include them in an aid system in health care decision-making

abstract

Data clustering is the process of putting data into similar groups. Clustering algorithm divides a set of data into several groups. The similarity between points within a particular group is greater than the similarity between two points within two different groups. The idea of collecting data is a simple idea in nature and is very close to the human way of thinking, as whenever we deal with a large amount of data, we tend to summarize the huge amount of data into a few groups or categories, in order to facilitate the analysis process. Clustering algorithms are widely used not only to organize and classify data but are also useful for data compression and data ordering model building. Where that if we could find sets of data, it was possible to build a model of the problem on the basis of those sets. In my research, I present a method to improve the kmeans algorithm and use it in a medical system as an aid in healthcare decision making.

Key words:

Clustering Methods- Random Cluster Detection- Attributes- Intermediate Correlation- Binary Data- Center- Cluster- Clustering- Full Correlation- Fuzzy Clustering - Data Mining.

مقدمة :

يعد التنقيب عن البيانات عملية متطورة تقوم باشتقاق البيانات المطلوبة والفعالة والشاملة من كم هائل من البيانات طبقاً لأهداف مسبقة، ويعد البعض التنقيب عن البيانات مصطلحاً شائعاً في مجال اكتشاف المعرفة، حيث يضع البعض التنقيب عن البيانات كخطوات أساسية في عملية اكتشاف المعرفة. فيمكن القول إن التنقيب عن البيانات هي اكتشاف المعرفة من البيانات هي عملية تحليل البيانات من منظورات مختلفة واستخلاص علاقات بينها وتلخيصها إلى معلومات مفيدة ، تهتم المكتبات الأكاديمية بنظم إدارة المكتبات، والكثير من المعلومات الخاصة بالكتب والمواد المكتبية الأخرى التي يهتم بها القراء ويتم تسجيل كل هذه المعلومات، ونرى الاهتمام الكامل بالتفاصيل، لما يعود من ذلك من معرفة غنية ومفيدة وراء هذا المعلومات، والتي هي ذات قيمة كبيرة لصنع القرار في المكتبات الجامعية.

ومع ذلك في الوقت الحاضر تفتقر معظم المكتبات إلى تكامل البيانات وتحليلها والتي لا تتعدى أكثر من تعميم وكشف ضمني الارتباط في البيانات الإحصائية، مما يجعل من النقاط معلومات القراء تنحصر في مستويات بسيطة. نحاول هنا البحث في الإمكانيات التي تتيحها عملية التنقيب البيانات وكيف يمكنها تحسين مستوى الخدمة في المكتبات الجامعية .

مشكلة البحث :

1. لم تعد خوارزمية k means خوارزمية كافية لجمع البيانات .
2. تحديد مفهوم الخوارزميات والهدف من عمل كل خوارزمية وتحديد فوائدها .
3. معرفة مزايا خوارزميات العنقدة ونقاط الضعف والقوة بها .

أهداف البحث :

1. تحسين خوارزمية ال k means
2. معرفة آلية عمل كل من خوارزميتي التجميع k means - k means++
3. شرح تفصيلي بالرسم البياني لكل آلية تحليل صورية .
4. تحديد api وربطه مع مواقع عامة لسهولة الحصول على عينات متشابهة .
5. عرض واجهة لكل عينة تحديد شرح لكل (عينة) مرض معين على منصات عمل مشهوره كالويكيبيديا.

دراسات سابقة :

درست الكثير من الأبحاث تطوير خوارزمية k- means وحل مشاكلها ، وقدم حوالى 20 طريقة لتحديد المراكز الابتدائية المناسبة لخوارزمية k-means لتكون دخل لخوارزمية ال k-means بدلا من تحديدها من قبل المستخدم ، وبالاعتماد على تحديد عدد العناقيد من قبل المستخدم ، وتوصل الباحث لتحسين أداء الخوارزمية ال means k- إلا انه لم يتمكن من حل مشكلة عدد العناقيد المناسب

قدم 21 أيضا طريقة مختلفة لتحديد المراكز الابتدائية وذلك بتحليل البيانات المهمة لتحديد المراكز المناسبة ، الا ان الخوارزمية تصبح ذات تعقيد كبير عند استخدام عدد كبير من البيانات

من الطرق المستخدمة سابقا كانت الطريقة التي قدمتها الدكتورة ريم المأمون في دراستها لتحسين بعض خوارزميات عنقدة البيانات سنة 2017 :

تحديد العدد المناسب من العناقيد لمجموعه من البيانات وكذلك تحديد المراكز الابتدائية للعناقيد بشكل ألي دون تدخل من قبل المستخدم حيث تعمل هه الخوارزمية مع m من النقاط . حيث تقوم بتجميع هذه النقاط في عدة عناقيد واذا اردنا استخدامها مع k

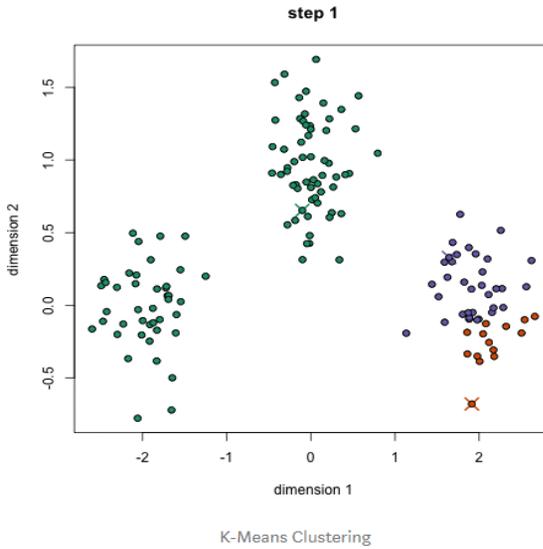
means نحسب مراكز النقاط الموجودة في هذه العناقيد على حدى لتكون المراكز الابتدائية لخوارزمية k-means ويمثل العدد المناسب من العناقيد للخوارزمية .
قدم 22 طريقة لتحسين k means حيث قلل عدد التكرارات وزادت دقة العقدة إلا انه اعتمد على ادخال عدد العناقيد من قبل المستخدم . [2]

اولا: خوارزمية k-means:

هي خوارزمية لجمع عدد من البيانات استنادا إلى خصائص وسمات هذه البيانات وتتم عملية التجميع من خلال تقليل المسافات بين البيانات ومركز التجمع وتتم هذه الخوارزمية من خلال الخطوات التالية:

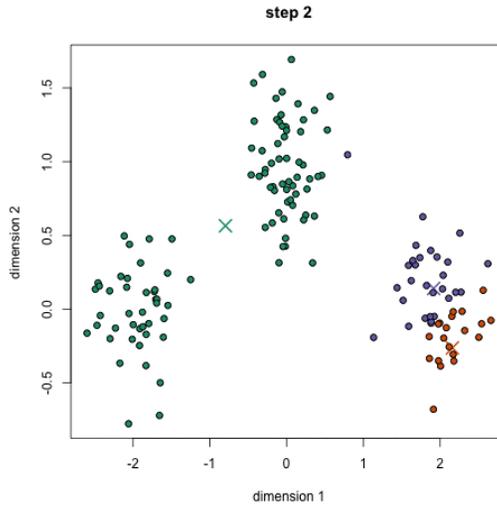
1. حساب إحداثيات مراكز التجمع .
2. حساب المسافات بين البيانات ومركز التجمع.
3. تجميع البيانات وتنظيمها في مجموعات بناء على أقل مسافة بين المركز ونقاط البيانات.
4. إعادة تنفيذ الخطوات حتى الوصول إلى حالة الثبات.

K-Means هي على الأرجح خوارزمية المجموعات الأكثر شهرة. يتم تدريسها في الكثير من فصول العلوم التمهيديّة في علم البيانات والتعلم الآلي. من السهل الفهم والتطبيق في الكود! تحقق من الرسم أدناه للحصول على التوضيح.

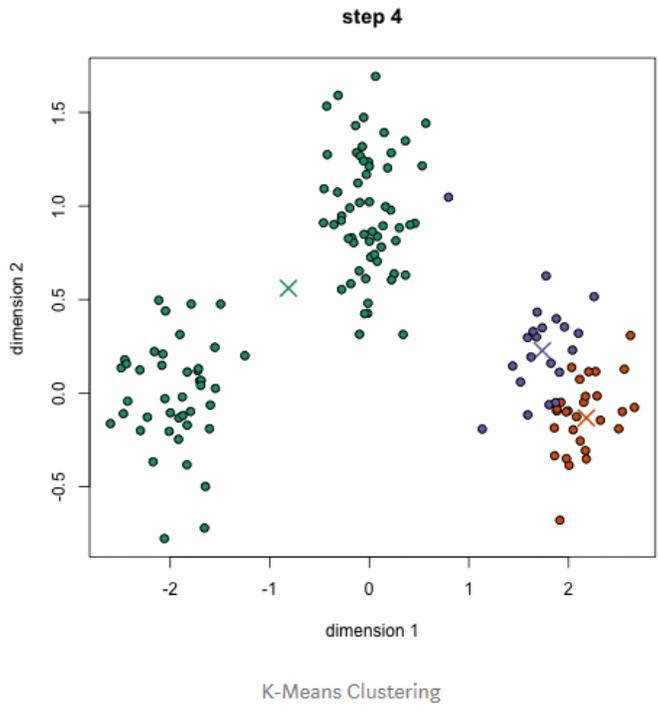
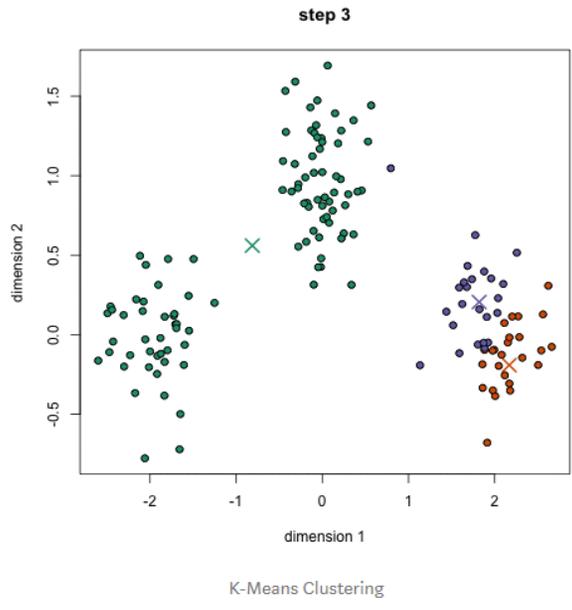


الشكل (1) اختيار عشوائي لمراكز التجميع

1. للبدء ، نختار أولاً عدداً من الفئات / المجموعات/ لاستخدامها وتهيئة نقاط المركز الخاصة بها بشكل عشوائي. لمعرفة عدد الفئات التي يجب استخدامها ، ومحاولة تحديد أي مجموعات مميزة. نقاط الوسط عبارة عن متجهات بنفس طول كل متجه نقطة بيانات وهي "X" في الرسم أعلاه.
2. يتم تصنيف كل نقطة بيانات عن طريق حساب المسافة بين تلك النقطة وكل مركز مجموعة ، ثم تصنيف النقطة لتكون في المجموعة التي يكون مركزها أقرب إليها.
3. بناءً على هذه النقاط المصنفة ، نعيد حساب مركز المجموعة من خلال أخذ متوسط كل المتجهات في المجموعة.
4. كرر هذه الخطوات لعدد محدد من التكرارات أو حتى لا تتغير مراكز المجموعة كثيراً بين التكرارات. يمكنك أيضاً اختيار التهيئة العشوائية لمراكز المجموعة عدة مرات ، ثم تحديد المدى الذي يبدو أنه يوفر أفضل النتائج.



الشكل (2) حساب مراكز إحدائيات التجميع الجديدة



الشكل (3) إعادة حساب إحداثيات مراكز التجميع حتى الوصول إلى حالة الاستقرار

تتمتع K-Means بميزة أنها سريعة للغاية ، حيث أن كل ما نفعله فعلاً هو حساب المسافات بين النقاط ومراكز المجموعة ؛ عدد قليل جداً من الحسابات! وبالتالي فإنه يحتوي على تعقيد خطي $O(n)$.

من ناحية أخرى ، لدى K-Means بعض العيوب. أولاً ، يجب عليك تحديد عدد المجموعات / الفئات الموجودة. هذه ليست دائماً جيدة من خلال خوارزمية التجميع التي نرغب في تحديدها بالنسبة لنا لأن الهدف منها هو اكتساب بعض من البيانات. يبدأ K-mean أيضاً باختيار عشوائي لمراكز الكتلة وبالتالي قد يؤدي إلى نتائج تجميع مختلفة على مجموعات مختلفة من الخوارزمية. وبالتالي ، قد لا تكون النتائج قابلة للتكرار وتفقد إلى الاتساق. أساليب الكتلة الأخرى أكثر اتساقاً.

K-Medians هي خوارزمية أخرى متعلقة بالتجميع مرتبطة بـ K-Means ، باستثناء بدلاً من إعادة حساب نقاط مركز المجموعة باستخدام المتوسط الذي نستخدم فيه متجه الوسط في المجموعة. هذه الطريقة أقل حساسية للقيم المتطرفة (بسبب استخدام الوسيط) ولكنها أبطأ بكثير بالنسبة لمجموعات البيانات الأكبر نظراً لأن الفرز مطلوب في كل تكرار عند حساب ناقل الوسيط. [3]

ثانياً : تحسين خوارزمية K-means :

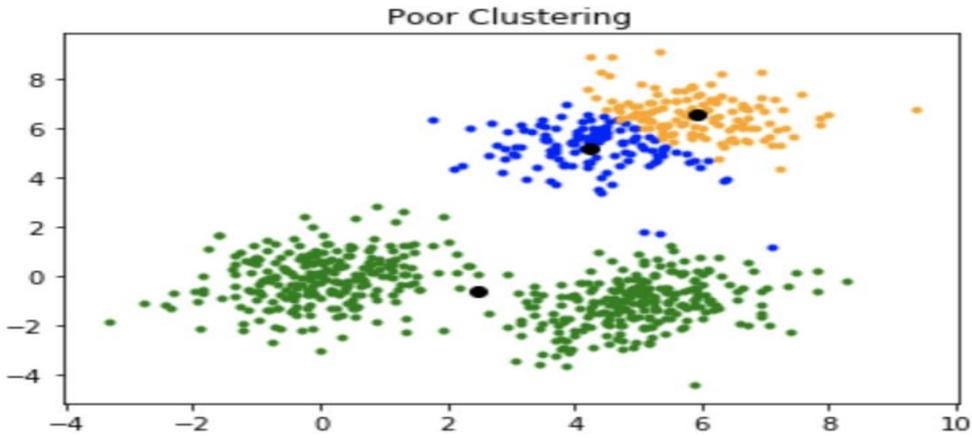
يعني خوارزمية ++ k-means

عيب خوارزمية K - القياسية:

أحد عيوب خوارزمية الوسائل K هو أنها حساسة لتهيئة النقط الوسطى أو النقاط المتوسطة. لذلك ، إذا تمت تهيئة النقطة الوسطى لتكون نقطة "بعيده" ، فقد ينتهي بها الأمر فقط بدون أي نقاط مرتبطة بها وفي الوقت نفسه ، قد ينتهي الأمر بأكثر من

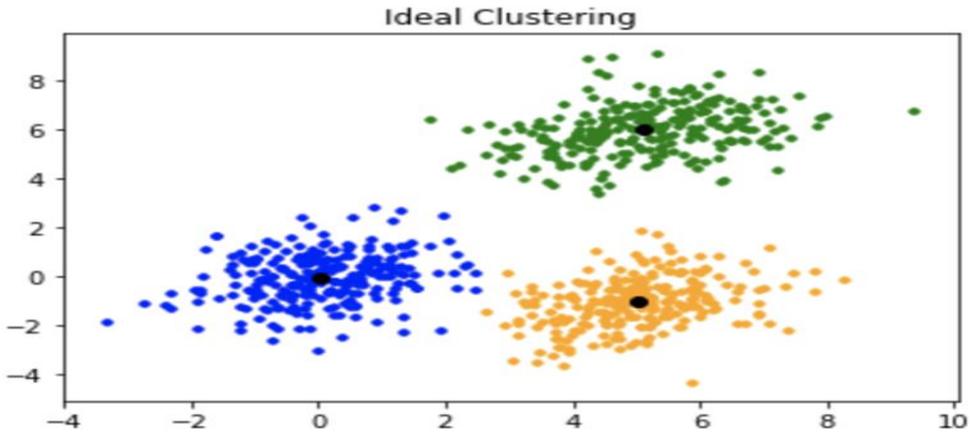
مجموعات واحدة مرتبطة بنقطة مركزية واحدة. وبالمثل ، يمكن تهيئة أكثر من واحد من النقط الوسطى في نفس المجموعة مما يؤدي إلى ضعف التجميع. على سبيل المثال ، ضع في اعتبارك الصور الموضحة أدناه.

أدى التهيئة الضعيفة للأجهزة النقطية الوسطى إلى تجمعات فقيرة [4][5][6][7]



الشكل (4) حالة الفشل لخوارزمية k means

هذه هي الطريقة التي يجب أن تكون بها المجموعات:



الشكل (5) الحالة المثالية التي يجب أن تصل إليها الخوارزمية

:K-means++

للتغلب على العيب المذكور أعلاه نستخدم K-means++ تضمن هذه الخوارزمية تهيئة أكثر ذكاءً للأجهزة النقطية الوسطى وتحسن جودة المجموعات. بصرف النظر عن التهيئة ، فإن بقية الخوارزمية هي نفسها خوارزمية K-means القياسية. هذا يعني أن k-means++ هو خوارزمية K-means القياسية إلى جانب تهيئة أكثر ذكاءً من النقط الوسطى.

الخطوات المعنية هي:

- اختيار عشوائي أول centroid من نقاط البيانات.
- لكل نقطة بيانات حساب المسافة الخاصة بها من الأقرب ، الذي تم اختياره سابقاً النقطة الوسطى.
- حدد centroid التالي من نقاط البيانات بحيث يكون احتمال اختيار نقطة ما ك centroid متناسباً بشكل مباشر مع المسافة بين أقرب نقطة مركزية تم اختيارها سابقاً. (على سبيل المثال ، من المرجح أن يتم تحديد النقطة التي لها مسافة قصوى من أقرب نقطة مركزية أقرب إلى نقطة مركزية)

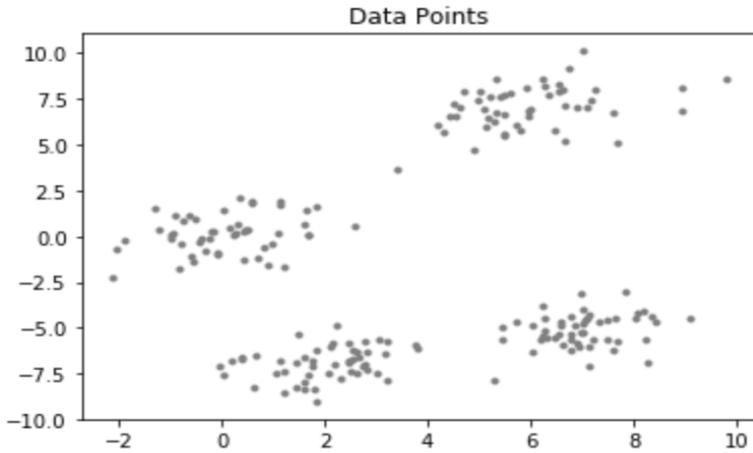
كرر الخطوتين 2 و 3 حتى تم اختبار العينات النقطية k

باتباع الإجراء المذكور أعلاه للتهيئة ، نلتقط النقط الوسطى التي هي بعيدة عن بعضها البعض. وهذا يزيد من فرص التقاط النقط الوسطى التي تكمن في مجموعات مختلفة في البداية. وأيضاً ، نظرًا لأن النقاط الوسطى يتم انتقاؤها من نقاط البيانات ، فإن كل نقطة مركزية لديها بعض نقاط البيانات المرتبطة بها في النهاية. [8][9][10][11] .

التنفيذ:

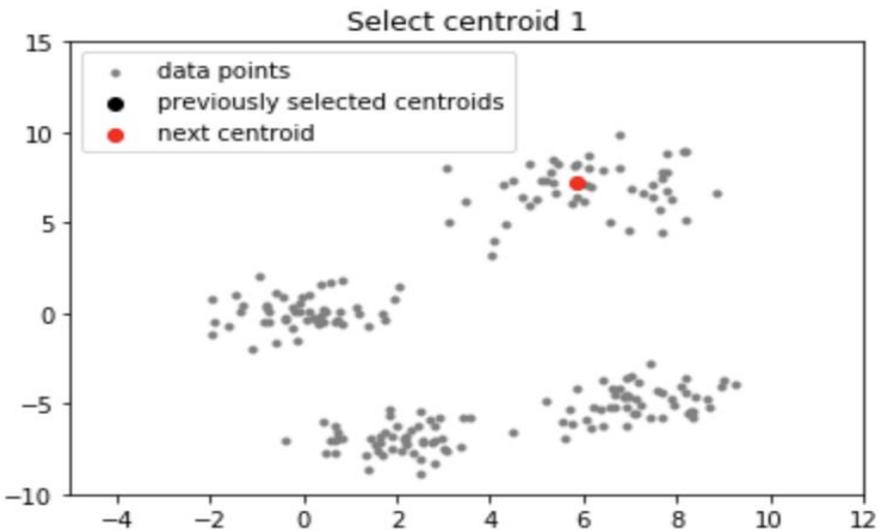
خذ بعين الاعتبار مجموعة بيانات لها التوزيع التالي: الشكل (6) مجموعة البيانات قبل

تطبيق الخوارزمية

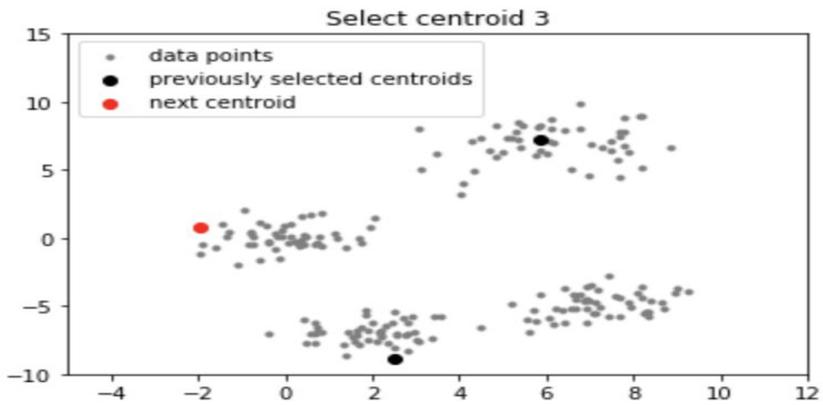
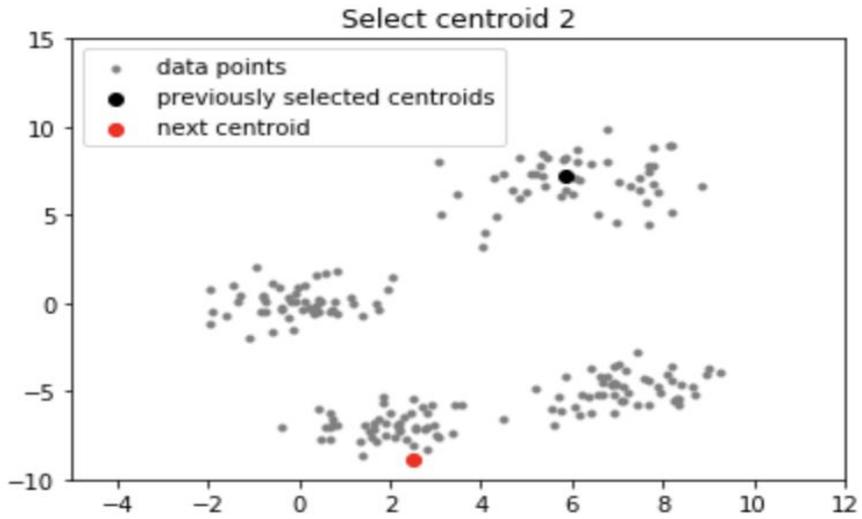


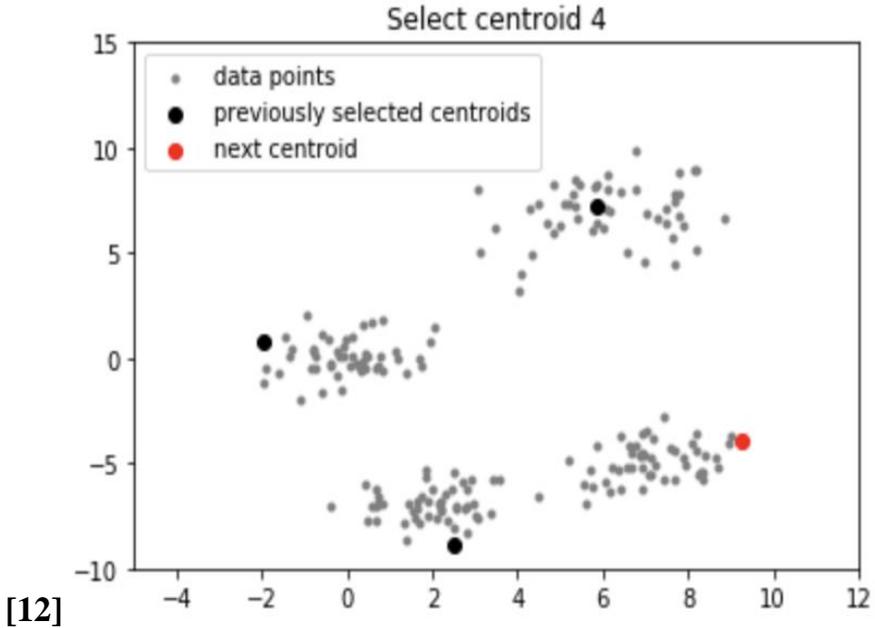
Output:

الشكل (7) الاختيار العشوائي لأول مركز تجميع



التنقيب في الموسوعات الالكترونية لاستخراج الروابط بين العوامل والأمراض بهدف تضمينها في نظام مساعد في اتخاذ قرار الرعاية الصحية





[12]

الشكل (8) إيجاد مراكز التجميع الأخرى اعتماداً على المسافة الأبعد عن مركز التجميع السابق [13][14].

الأمراض المستخدمة كعينات ضمن العمل :

مرض السرطان : هو احد الأسباب الرئيسية للوفاة في العالم الغربي.
 أعراض السرطان : تعب - ارتفاع درجة الحرارة - ظهور كتل أو تضخم كتل تحت الجلد - تغيرات في وزن الجسم - تغيرات على سطح الجلد مثل ظهور اللون الأصفر - تغيرات في أنماط عمل الأمعاء - سعال مستمر - صعوبة في البلع [1]api
 مرض الايدز:

يسلب فيروس الايدز الجسم قدرته على محاربة ومقاومة الفيروسات، الجراثيم والفطريات من خلال إصابته للجهاز المناعي، فيجعل الجسم عرضة للإصابة بأمراض مختلفة والالتهابات

أعراض مرض الايدز:

ارتفاع درجة حرارة الجسم - انتفاخ في منطقة الغدد - الطفح الجلدي - ارتفاع الوزن
- التهابات الأذنين - التهاب الرئتين [2]api
مرض البهاق :

هو مرض مكتسب عَرَضُه الوحيد ، هو بقع فاتحة اللون على الجلد. إن نسبة انتشار المرض هي 1% بين مجموع السكان في جميع انحاء العالم.

أعراض مرض البهاق :

يظهر بقع فاتحة في حجرة العين -يظهر بقع فاتحة في الركبة - يظهر البقع في الوجه وأماكن احتكاك - هالة حول شامة وتزايد مع الوقت. [1]api

أعراض مرض انفلونزا الطيور :

درجة حرارة عالية - آلام شديدة بالجسم- صداع في الراس -عدم الاتزان- سعال مستمر -وصعوبة بالتنفس -التقيؤ المستمر [5]api

الربو :

مرض مزمن يصيب الممرات الهوائية للرئتين ، وينتج عن التهاب وضيق الممرات التنفسية ، مما يمنع تدفق الهواء إلى الشعب الهوائية ،مما يؤدي إلى نوبات متكررة من ضيق بالتنفس.

أعراض مرض الربو :

ضيق تنفس - آلام بالجسم والصدر - سعال متكرر -ارتفاع في درجة الحرارة [3]api
السكري :

أعراض مرض السكري

• الجوع الشديد - الشعور بالعطش -التبول المتكرر - عدم الوضوح بالرؤية -فقدان الوزن -التوتر والعصبية

Api[4]

روابط الدخول الى العينات للapi :

- 1- <http://diseasesuniversity.000webhostapp.com/types/type.php?type=1>
- 2- <http://diseasesuniversity.000webhostapp.com/types/type.php?type=2>
- 3- <http://diseasesuniversity.000webhostapp.com/types/type.php?type=3>
- 4- <http://diseasesuniversity.000webhostapp.com/types/type.php?type=4>
- 5- <http://diseasesuniversity.000webhostapp.com/types/type.php?type=5>

رابط الاستضافة :

<http://universitydiseases.000webhostapp.com/>

الموقع :

<http://universitydiseases.000webhostapp.com/types/type.php?type=5>

استنتاجات وتوصيات:

تتنوع خوارزميات العقدة التي يمكن استخدامها لغرض تجميع البيانات ولكن تبقى هناك خوارزميات أفضل في العمل .

على الرغم من أن التهيئة في خوارزمية ++ k-means أعلى من الناحية الحسابية من خوارزمية k-means القياسية ، حيث تتطلب عمليات حسابية أكثر من أجل تحديد مراكز المجموعات ، مما يزيد من تعقيد فإن وقت التشغيل للتقارب إلى الأمثل يتم تقليده بشكل كبير بالنسبة لخوارزمية ++ k-means ، وهذا لأن النقط الوسطى التي تم اختيارها في البداية من المحتمل أن تقع في مجموعات مختلفة بالفعل .

وبعد التوصل إلى النتائج السابقة في هذا البحث ينصح عند الحاجة للعمل على خوارزمية تجميع باستخدام خوارزمية ++ k means والتي تعطي نتائج أكثر جودة وأقرب إلى الحالة المثالية وفي وقت أقل .

المراجع References

1. Jiawei Han , Micheline Kamber , “data mining : concept and techniques” , (2000), ,intelligent data base system research lab., school of computer science , simon fraser university , Canada.
- 2.M. Halkidi, Y. Batistakis, M. Vazirgiannis , (2001),”Clustering algorithms and validity measures” , Department of Informatics , Athens University of Economics & Business.
- 3.Kin C. Y . S. Coker B. thesis , Electrical Engineering cedyue @ Stanford.edu,computer 2017
4. محمد حجوز - تحليل وتصميم الخوارزميات - جامعة البعث - 2014
5. ^ Ostrovsky, R.; Rabani, Y.; Schulman, L. J.; Swamy, C. (2006). "The Effectiveness of Lloyd-Type Methods for the k-Means Problem". Proceedings of the 47th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS'06). IEEE. pp. 165–174.
6. ^ Kanungo, T.; Mount, D.; Netanyahu, N.; Piatko, C.; Silverman, R.; Wu, A. (2004), "A Local Search Approximation Algorithm for k-Means Clustering" (PDF), Computational Geometry: Theory and Applications, 28 (2–3): 89–112, doi:10.1016/j.comgeo.2004.03.003, archived from the original (PDF) on 2006-02-09.
7. Jason Brownlee (20/8/2020), "10 Clustering Algorithms With Python", machine learning mastery, Retrieved 17/12/2021.
8. إيهاب الديباجة- اساسيات الخوارزميات- جامعة تشرين - 2015

9. نبيل السعدي ،وسيم حجازي - خوارزميات التشفير - جامعة دمشق - 2018.
10. Yager, R., & Filev, D. (1994). Approximate Clustering Via the Mountain Method. *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern*, vol. 24, no. 8, pp.1279–1284.
11. Arthur, D.; Vassilvitskii, S. (2007). "k-means++: the advantages of careful seeding" (PDF). *Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*. Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, PA, USA. pp. 1027–1035.
12. Arthur, D.; Vassilvitskii, S. (2006). "How slow is the k-means method?". *Proceedings of the twenty-second annual symposium on Computational geometry*. ACM New York, NY, USA. pp. 144–153.
13. Nielsen, Frank; Nock, Richard (2013), Total Jensen divergences: Definition, Properties and k-Means++ Clustering, arXiv:1309.7109, Bibcode:2013arXiv1309.7109N
14. CHIRAG GOYAL (21/5/2021), "Complete Guide to Expectation-Maximization Algorithm", analytics vidhya, Retrieved 17/12/2021.

