

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية  
والكهربائية و المعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 3

1444 هـ - 2023 م

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

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث  
بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

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

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

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

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

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
32-11	م. أحمد قاسم د. هيثم وردة	تحديد قطر قنوات دائرة التبريد في قوالب حقن الألمنيوم
76-33	د. بسيم عمران	دراسة وتصميم خوارزمية اعتماداً على قياسات سوية الطاقة في شبكات الحساسات اللاسلكية مع وجود عوائق
106-77	تركان حمزه د. حاتم محمودي د. أيمن يوسف	زيادة الميزة التنافسية في المنشآت الصناعية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (المؤسسة العامة للتبغ)
138-107	م. حلا المقدسي د. أليدا اسبر	استخدام المرشح الغاوسي لتقليل نسبة الخطأ في نماذج التنبؤ في السلاسل الزمنية
172-139	د. رضوان دند د. طلال العاتك رنيم سينو	تحسين أداء اتصالات D2D في شبكات LTE المعتمدة على الشبكات المعرفة برمجياً







## تحديد قطر قنوات دارة التبريد

### في قوالب حقن الألمنيوم

طالب الدراسات العليا: م. أحمد قاسم د. م. هيثم وردة

قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة البعث

#### 1. ملخص البحث:

من أجل الحصول على منتجات ألمنيوم مسكوبة بالضغط العالي ذات عيوب أقل، وتكاليف منخفضة، وعمر أطول للقالب وإنتاجية أعلى، من الضروري تصميم دارات التبريد وفقاً لأسس علمية مع الأخذ بعين الاعتبار العديد من العوامل التصميمية والحرارية التي تحدد القطر المناسب لقنوات التبريد من الناحيتين التصميمية والحرارية. في هذا البحث، تم استخدام علاقات رياضية من أجل التوصل إلى مقارنة منطقية حول كيفية حساب قطر قناة التبريد اعتماداً على كتلة المنتج وأبعاده. كما تم تحويل العلاقات إلى مخططات باستخدام برنامج الماتلاب *Matlab R2012b* تمكن المصمم من الحصول على النتائج بأقل وقت ممكن دون أن يضطر للدخول في العلاقات الحرارية والتصميمية المعقدة.

بينت المخططات أنه كلما زادت سرعة مرور الماء في دارة التبريد يمكن استخدام قطر أصغر لقناة التبريد، وكلما ازداد قطر قناة التبريد ينخفض الزمن اللازم لتبريد القالب أما عن كتلة المنتج فكلما زادت فإنها تحتاج إلى قطر أكبر لقنوات دارة التبريد، ويمكن الحصول على القيم العددية للقطر تبعاً لكتلة المنتج من خلال المخططات التي تم الحصول عليها.

**كلمات مفتاحية:** السكب بالضغط العالي، القوالب بالحقن، دارات التبريد، كمية الحرارة،

## *Determining cooling channels diameter in the injection molding dies of aluminum melt*

### *1. Abstract*

*In order to obtain sound HPDC castings with less defects, low cost, and long mold life with high productivity, it's important to design cooling circuits according to scientific bases taking into account a lot of thermal and design factors that determine the suitable diameter of cooling channels according to the thermal and design considerations.*

*In this research, mathematical relations were used to achieve a reasonable approach about how to calculate cooling channels diameter depending up on the product's mass and its dimensions. The relations were converted into plots using Matlab R2012b program which enable the designer to achieve the results in no time without passing through the complex thermal and design relations. The plots showed that increasing the water velocity in the cooling channel allows using less cooling channel diameter. As well as, increasing the cooling channels diameter reduces the cooling time needed for the mold to be cooled down. However, when the product's mass is high, it needs the cooling channel diameter to be increased. As the numerical value of cooling channel diameter can be obtained according to the product's mass using the obtained plots.*

**Key words:** *High pressure die casting (HPDC) , Injection molding, Cooling circuits , the amount of heat, mold cavity.*

## 2. مقدمة:

تعتمد عملية حقن الألمنيوم في القوالب المعدنية (عملية السكب بالضغط) على حقن المعدن المصهور ضمن قالب معدني يحتوي على فجوة (طبعة) لها شكل المنتج النهائي مع مجموعة مجاري لدخول المعدن المصهور إلى داخل هذه الفجوة (الطبعة) ومغذيات لتعويض انكماش المعدن، وتصنف هذه العملية ضمن عمليات السكب الدقيق فهي تعطي منتجات دقيقة الأبعاد ذات أسطح ناعمة وفي بعض الأحيان لا تحتاج إلى عمليات تشغيل لاحقة، لكنها لا تخلو من بعض العيوب التي يجب تفاديها.

لذا ظهرت الحاجة إلى استخدام دارات التبريد لتفادي بعض العيوب كمسامية التقلص وتحسين الإنتاجية حيث يتم توزيع دارات التبريد ضمن القالب بحيث يحدث تجانس حراري وخاصة في أجزاء القالب الملامسة للقطعة. ومن الضروري حساب قطر قنوات التبريد بشكل دقيق حتى تتمكن من مجانسة الحرارة وتبريد القالب خلال زمن قصير لتحقيق الإنتاجية العالية.

### أهمية البحث:

إن تصميم دارات التبريد في قوالب حقن الألمنيوم بالضغط العالي قضية جوهرية ويجب حسابها بشكل دقيق لعدة أسباب:

- من الناحية الاقتصادية من الضروري إنقاص زمن دورة الحقن مما يؤدي إلى إنتاجية أعلى.
- من ناحية التشوهات والعيوب فإن تبريد المنتج بشكل غير منتظم يؤدي إلى حدوث عيوب التقلص كالتشققات ومسامية التقلص، بالإضافة إلى أن التبريد غير المنتظم يؤثر سلباً على عمر القالب.

تلك الأسباب كافية للتفكير بشكل جدي بأفضل طريقة علمية لحساب كفاءة ومكان توضع قنوات التبريد في القالب وكيفية حساب قطر قناة التبريد وبعد قناة التبريد عن سطح فجوة القالب.

أوجد بعض الباحثين علاقات تصميمية وعلاقات حرارية، ولكن هذه العلاقات معقدة وصعبة الاستخدام في الحياة العملية، ولذلك كان أكثر المصممين يعتمدون على علاقات تجريبية غير دقيقة بما فيه الكفاية.

#### الدراسات المرجعية:

أجرى الباحث *S. Tariq* [1] وآخرون بحثاً حول تخفيض عيوب المسبوكات في عملية السكب بالضغط العالي باستخدام طريقة (*Taguchi*). أحد أسباب العيوب هو طول زمن التبريد الذي يؤثر على عامل الاستجابة (كثافة القطعة المسبوكة). لقد بين الباحثون من خلال البحث أنه كلما قل زمن التبريد تتخفض المسامية في المنتج المصنع من الألمنيوم.

كما قام الباحثان *R. Chavan* و *P. Kulkarni* [2] ببحث حول تصميم القالب والاختيار الأمثل لموضع قنوات التبريد من أجل آلة سكب بالضغط ذات حجرة باردة. وتم إجراء نمذجة لتصميم موضع دارات التبريد من أجل سبيكة الألمنيوم *ADC12* المسبوكة بآلة حقن بالضغط العالي ذات حجرة باردة. بينت النتائج تأثير موضع قنوات التبريد على الإجهادات المتولدة في القالب. أثبت هذا البحث أن المسافة بين فجوة القالب وقنوات التبريد لا تساوي دائماً ضعف قطر قناة التبريد وهذا يتناقض مع قاعدة الإبهام التي تنص على أن ( البعد بين قناة التبريد و سطح فجوة القالب يساوي ضعف قطر قناة التبريد).

أجرى الباحث *D. Maticuva* وآخرون [3] بحثاً حول العوامل الحرارية للسكب بالضغط وأثرها على عمر الخدمة للقالب وجودة المسبوكات. حيث وجدوا أنه على الرغم من أن المسبوكات لها التركيب الكيميائي نفسه، فإن البنية الناتجة تتأثر كثيراً بسرعة التبريد. حيث أن فرط التبريد يسبب تصلباً سريعاً في المعدن تحت الضغط نظراً للتبادل الحراري الشديد بين المصهور والقالب، مما يحاكي تطور مناطق ذات بلورات حبيبية ناعمة في المسبوكة عند سطح القالب، وتتدرج النعومة باتجاه مركز المسبوكة.

كما درس الباحثان *Krishna Patel* و *Chinmay Desai* [4] تأثير التدفق الكتلي المناسب لماء التبريد ومواد القالب وهندسة القالب على التوزيع الحراري في قالب حقن الألمنيوم، وتبين أنه عند زيادة التدفق الكتلي للماء تنقص درجة حرارة ماء الخرج ولكن درجة حرارة القالب لا تصل للحالة المستقرة لأن درجة الحرارة المطلوبة لدورة الحقن التالية هي حوالي  $(400-500)K$ ، كما أن زيادة سرعة الماء تنقص درجة الحرارة الكلية لقالب الحقن. بينت الدراسة أيضاً أن معدن القالب *H13* يعطي إنتاجية أعلى من بقية أنواع *OHNS (Oil Hardening Non-Deforming Tool Steel)* فولاذ العدة المقسى بالزيت المقاوم للتشوه وذلك لأن زمن تبريد *H13* أقل.

مما سبق نستنتج أن العلاقة التي تربط بين كتلة المنتج وقطر قناة التبريد غير مدروسة وبناء على ذلك تم تحديد هدف البحث وهو:

### 3. هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحديد العلاقة التي تربط بين قطر قناة التبريد وكتلة المنتج في قوالب حقن الألمنيوم.

#### 4. مواد وطرق البحث :

تم اختيار الماء كوسيط تبريد، حيث أن الإيثيلين غليكول *Ethylene glycol* والزيت ليست شائعة الاستخدام نظراً لاعتبارات بيئية واقتصادية [5].  
تم اختيار سبيكة الألمنيوم AA 413.0 للمنتج نظراً لخواص الملاء والجريان العالية لهذه السبيكة واستخدامها بشكل واسع في المجال الصناعي في عمليات حقن الألمنيوم. ويبين الجدول (1) التركيب الكيميائي لهذه السبيكة [6].

#### الجدول (1)

#### التركيب الكيميائي لسبيكة الألمنيوم AA 413.0

العنصر الكيميائي	<i>Cu</i>	<i>Mg</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>
% نسبة الكتلة	$\leq 1.0$	$\leq 2$	$\leq 0.35$	11-13	$\leq 2.0$	$\leq 0.5$
العنصر الكيميائي	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>	عناصر أخرى	<i>Al</i>		
% نسبة الكتلة	$\leq 0.5$	$\leq 0.15$	$\leq 0.25$	<i>Remainder</i>		

معدن القالب من الفولاذ الخلائطي *H13* المستخدم بشكل واسع في الصناعة والذي يتمتع بمواصفات حرارية - ميكانيكية عالية وزمن تبريد منخفض مقارنة مع بقية أنواع الفولاذ الحراري الأخرى *OHNS* [4].

التركيب الكيميائي للفولاذ *AISI H13* موضح في الجدول (2) [7].

#### الجدول (2)

#### التركيب الكيميائي للمعدن *AISI H13*

العنصر	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Si</i>	<i>V</i>	<i>C</i>
% الكتلة	4.75-5.5	1.1-1.75	0.8-1.2	0.8-1.2	0.32-0.45
العنصر	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>
% الكتلة	$\leq 0.3$	$\leq 0.25$	0.2-0.5	$\leq 0.03$	$\leq 0.03$



### متغيرات البحث:

لتحقيق هدف البحث تم اختيار ثلاثة متغيرات:

- قطر قناة التبريد ( $d$ ) .
- النسبة ( $\lambda$ ) بين مساحة سطح المنتج الملامس لأنثى القالب ومساحة سطح المنتج الملامس لذكر القالب.
- كتلة المنتج ( $m$ ) .

### الدراسة الرياضية:

للحصول على العلاقة الرياضية بين كتلة المنتج وقطر قناة التبريد في قوالب حقن الألمنيوم تم القيام بالدراسة التحليلية التالية:

إن العلاقة الحرارية التي تتضمن كميات الحرارة الداخلة إلى القالب والخارجة منه [3] هي:

$$Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4 = Q_1 \quad \dots (1)$$

حيث أن:

- $Q_1$  : كمية الحرارة اللازمة للتسخين المسبق للقالب ( $J$ ) .
  - $Q_2$  : كمية الحرارة الداخلة مع المسبوكة إلى القالب ( $J$ ) .
  - $Q_3$  : كمية الحرارة المنقولة من المسبوكة إلى جدران القالب ( $J$ ) .
  - $Q_4$  : كمية الحرارة المتبقية في المنتج والتي تخرج معه أثناء اللفظ ( $J$ ) .
- من العلاقة ( $I$ ) يمكن استنتاج العلاقة التالية :

$$Q_3 = Q_2 - Q_4 \quad \dots (2)$$

ولكن كمية الحرارة  $Q_2$  تحسب من العلاقة التالية [3]:

$$Q_2 = m_k [c_L(T_1 - T_s) + l + c_s(T_s - 20)] \quad \dots (3)$$

$m_k$  : هي كتلة المسبوكة بالإضافة مع كتلة مجاري التغذية (حيث تعتبر كتلة مجاري التغذية 0.6 من كتلة المنتج [3]).

$c_L$  : الحرارة النوعية للمعدن المصهور ( $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ).

$T_1$  : درجة حرارة المعدن السائل ( $C^o$ ).

$T_s$  : درجة حرارة التصلب ( $C^o$ ).

$l$  : الحرارة الكامنة للانصهار للمعدن المسبوك ( $J.kg^{-1}$ ).

$c_s$  : الحرارة النوعية لمعدن المسبوكة في الحالة الصلبة ( $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ).

وتحدد كمية الحرارة المتبقية في المنتج والتي تخرج معه أثناء اللفظ بالعلاقة [3]:

$$Q_4 = m_k \cdot c_s \cdot (T_2 - 20) \dots (4)$$

$T_2$  : درجة حرارة المنتج لحظة لفظه من القالب.

بتعويض (3) و(4) في (2) نجد :

$$Q_3 = m_k [c_L(T_1 - T_s) + l + c_s(T_s - 20)] - m_k \cdot c_s \cdot (T_2 - 20)$$

بإخراج  $m_k$  عاملاً مشتركاً تصبح علاقة  $Q_3$  بالشكل التالي:

$$Q_3 = m_k \cdot (c_L(T_1 - T_s) + l + c_s(T_s - 20) - c_s \cdot (T_2 - 20))$$

$$Q_3 = m_k \cdot (c_L(T_1 - T_s) + l + c_s \cdot T_s - 20 \cdot c_s - c_s \cdot T_2 + 20 \cdot c_s)$$

$$Q_3 = m_k \cdot (c_L(T_1 - T_s) + l + c_s \cdot T_s - c_s \cdot T_2)$$

$$Q_3 = m_k \cdot (c_L(T_1 - T_s) + l + c_s \cdot (T_s - T_2)) \dots (5)$$

وعلى اعتبار أن كمية الحرارة التي يمتصها ماء التبريد ( $Q_w$ ) تساوي كمية الطاقة

الحرارية المنتقلة من المنتج إلى جسم القالب، يمكن أن نكتب:

$$Q_w = Q_3$$

يمكن حساب كمية الحرارة التي يمتصها الماء  $Q_w$  بالعلاقة [8] :

$$Q_w = M_w \cdot C_w \cdot \Delta T_w \quad \dots (6)$$

حيث :

.  $Q_w$  : كمية الحرارة التي يمتصها ماء التبريد من جسم القالب ( $J$ ) .

.  $M_w$  : كتلة الماء اللازم لسحب الحرارة من جسم القالب ( $kg$ ) .

.  $C_w$  : الحرارة النوعية للماء ( $J/kg \cdot C^\circ$ ) .

.  $\Delta T$  : الفرق بين درجتي حرارة دخول وخروج الماء بالقالب ( $C^\circ$ ) .

بالمساواة بين (5) و (6) نجد:

$$M_w \cdot C_w \cdot \Delta T_w = m_k \cdot (c_L(T_1 - T_s) + l + c_s \cdot (T_s - T_2)) \quad \dots (7)$$

ولكن علاقة الكتلة بالحجم :

$$M_w = \rho_w \cdot V_w \quad \dots (8)$$

.  $\rho_w$  : كثافة الماء وتساوي  $1000 (kg/m^3)$  .

.  $V_w$  : حجم الماء اللازم للتبريد ( $m^3$ ) .

من ناحية أخرى فإن:

$$G = v \cdot A = \frac{V_w}{t} \quad \dots (9)$$

حيث :

.  $G$  : التدفق الحجمي للماء ( $cm^3/sec$ ) .

.  $v$  : سرعة ماء التبريد ( $cm/sec$ ) .

.  $A$  : مساحة مقطع مجرى التبريد ( $cm^2$ ) .

.  $V_w$  : حجم الماء اللازم للتبريد ( $cm^3$ ) .

.  $t$  : زمن التبريد ( $sec$ ) .

وبما أن قناة التبريد المختارة ذات مقطع دائري فإن مساحة المقطع تساوي:

$$A = \frac{\pi.d^2}{4} \dots (10)$$

بتعويض (9) في (10) نجد :

$$V_w = v.A.t = \frac{\pi.d^2}{4}.v.t \dots (11)$$

وبتعويض (11) في (8) مع تحويل  $\rho_w$  إلى وحدة  $kg/cm^3$  (حيث تصبح قيمتها  $10^{-3}$   $kg/cm^3$ ) :

$$M_w = \frac{\pi.d^2}{4000}.v.t \dots (12)$$

بتعويض (12) في (7) نجد :

$$Q_3 = \frac{\pi.d^2}{4000}.v.t.C_w.\Delta T_w = m_k [c_L (T_1 - T_s) + l + c_s (T_s - T_2)] \dots (13)$$

$$d^2.\pi.v.t.C_w.\Delta T_w = 4000[c_L (T_1 - T_s) + l + c_s (T_s - T_2)].m_k$$

$$d^2.\pi.v.t.C_w.\Delta T_w = 4000[c_L (T_1 - T_s) + l + c_s (T_s - T_2)].(1.6 m)$$

$$d^2.\pi.v.t.C_w.\Delta T_w = 6400[c_L (T_1 - T_s) + l + c_s (T_s - T_2)].m \dots (14)$$

بعد ترتيب وتهذيب العلاقة (14) نحصل على العلاقة التي تربط نصف قطر قناة التبريد مع كتلة المنتج، والتي هي:

$$d = \sqrt{\frac{6400.[c_L (T_1 - T_s) + l + c_s (T_s - T_2)]}{\pi.v.t.C_w.\Delta T_w}}.\sqrt{m} \dots (15)$$

العلاقة (15) هي الشكل العام للعلاقة بين كتلة المنتج وقطر قناة التبريد لكن في الواقع كمية الحرارة الداخلة إلى القالب تتوزع بين ذكر وأنثى القالب وهذا التوزيع ليس عشوائياً بل يمكن حسابه وفقاً لعلاقات تحليلية رياضية كما يلي:

تُحسب كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل الحراري إلى القالب بالعلاقة [3] :

$$Q_3 = \alpha \cdot A_{od1} \cdot (T_1 - T_f) \cdot t_1 \quad \dots (16)$$

حيث:

$\alpha$  : عامل انتقال الحرارة ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ) .

$T_1$  : درجة حرارة المعدن السائل ( $C^0$ ) .

$T_f$  : درجة حرارة القالب ( $C^0$ ) .

$t_1$  : زمن التبريد ( $s$ ) .

$A_{od1}$  : مساحة السطح الخارجي للمنتج ( $m^2$ ) .

وبالتالي فإن توزع الحرارة بين ذكر وأنثى القالب يمكن حسابه من خلال النسبة بين كمية

الحرارة المنتقلة إلى أنثى القالب  $Q_{3f}$  وكمية الحرارة المنتقلة إلى ذكر القالب  $Q_{3m}$

كالتالي:

$$\frac{Q_{3f}}{Q_{3m}} = \frac{\alpha_f \cdot A_{od1f} \cdot (T_{1f} - T_{ff}) \cdot t_{1f}}{\alpha_m \cdot A_{od1m} \cdot (T_{1m} - T_{fm}) \cdot t_{1m}}$$

لكن بما أن ذكر وأنثى القالب مصنوعين من المعدن نفسه (*AISI H13*)، وبالتالي فإن

عامل انتقال الحرارة متساوٍ بينهما، وكذلك الأمر بالنسبة لدرجات الحرارة وزمن التبريد.

وبالتالي يمكن اختزال العلاقة إلى الشكل التالي:

$$\dots (17) \quad \frac{Q_{3f}}{Q_{3m}} = \frac{A_{od1f}}{A_{od1m}}$$

حيث :

$Q_{3f}$  : كمية الحرارة المنتقلة إلى أنثى القالب .

$Q_{3m}$  : كمية الحرارة المنتقلة إلى ذكر القالب .

$F_{odlf}$  : مساحة سطح المنتج الملامس لأنثى القالب .

$F_{odlm}$  : مساحة سطح المنتج الملامس لذكر القالب .

نعطي رمزاً افتراضياً للنسبة  $\frac{A_{odlf}}{A_{odlm}}$  :

$$\lambda = \frac{A_{odlf}}{A_{odlm}}$$

لكن :

$$Q_3 = Q_{3f} + Q_{3m} \dots (18)$$

من العلاقة (17) نجد :

$$Q_{3f} = \frac{F_{odlf}}{F_{odlm}} \cdot Q_{3m} = \lambda \cdot Q_{3m} \dots (19)$$

بتعويض (19) في (18) نجد :

$$Q_3 = \lambda \cdot Q_{3m} + Q_{3m}$$

$$Q_3 = (1 + \lambda) \cdot Q_{3m}$$

$$Q_{3m} = \frac{1}{(1 + \lambda)} \cdot Q_3 \dots (20)$$

$$Q_{3f} = \frac{\lambda}{(1 + \lambda)} \cdot Q_3 \dots (21)$$

من خلال كميتي الحرارة ( $Q_{3m}$  و  $Q_{3f}$ ) نحسب كميتي الحرارة المنتقلة من المنتج إلى جدران أنثى وذكر القالب على الترتيب وعلى أساسها يتم حساب أقطار قنوات التبريد اللازمة لتبريد كل من أنثى وذكر القالب .

من العلاقة (13) وبما أن :

$$\frac{\pi.d^2}{4000}.v.t.C_w.\Delta T_w = Q_3$$

من أجل تبريد ذكر القالب فإن قطر قناة التبريد للذكر يمكن حسابه كالتالي:

$$\frac{\pi.d_m^2}{4000}.v.t.C_w.\Delta T_w = Q_{3m}$$

نعوض في العلاقة (20) :

$$\frac{\pi.d_m^2}{4000}.v.t.C_w.\Delta T_w = \frac{1}{(1+\lambda)}.Q_3$$

$$\frac{\pi.d_m^2}{4000}.v.t.C_w.\Delta T_w = \frac{1}{(1+\lambda)}.m_k [c_L (T_1 - T_s) + 1 + c_s (T_s - T_2)]$$

$$d_m^2 = \frac{4000}{(1+\lambda).\pi.v.t.C_w.\Delta T_w} . [c_L (T_1 - T_s) + 1 + c_s (T_s - T_2)].(1.6m)$$

$$d_m^2 = \frac{6400}{(1+\lambda).\pi.v.t.C_w.\Delta T_w} . [c_L (T_1 - T_s) + 1 + c_s (T_s - T_2)].(m)$$

$$d_m = \sqrt{\frac{6400}{(1+\lambda).\pi.v.t.C_w.\Delta T_w} . [c_L (T_1 - T_s) + 1 + c_s (T_s - T_2)].\sqrt{m}}$$

..... (22)

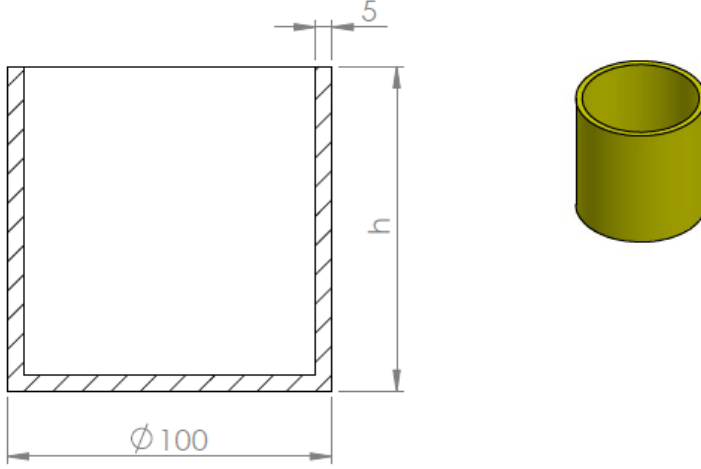
وبنفس الطريقة يتم حساب قطر قناة التبريد في أنثى القالب من العلاقة:

$$d_f = \sqrt{\frac{6400.\lambda}{(1+\lambda).\pi.v.t.C_w.\Delta T_w} . [c_L (T_1 - T_s) + 1 + c_s (T_s - T_2)].\sqrt{m}}$$

.... (23)

إن قيمة  $\lambda$  تتراوح بين (0.8-1.3) غالباً كون عملية حقن الألمنيوم في القوالب المعدنية تستخدم من أجل منتجات ذات سماكات جدران رقيقة لا تتعدى (5 mm) ، وبالتالي الفرق بين مساحة سطح المنتج الملامس لأنثى القالب ومساحة سطح المنتج الملامس

لذكر القالب ليس كبيراً، ويوضح الشكل (1) مع الجدول (3) النسبة  $\lambda$  من أجل منتج بشكل اسطواني بنتثبيت قطره وتغيير ارتفاعه:



الشكل رقم (1) - حساب النسبة  $\lambda$  لمنتج اسطواني مفرغ من الداخل

### الجدول (3)

حساب النسبة  $\lambda$  للمنتج المبين بالشكل رقم (1)

$h$	$A_{fodl} (mm)$	$A_{m odl} (mm)$	$\lambda$
10	10995.57	9267.7	1.186
100	39269.91	34714.6	1.131
200	70685.83	62988.93	1.122

وفي حال وجود أعصاب في ذكر القالب تصبح النسبة  $\lambda$  أصغر من الواحد ولكن لا تتخفف عن (0.8).

وعلى الرغم من أن النسبة  $\lambda$  لمعظم المنتجات تقع ضمن المجال (0.8-1.3)، يمكن استخدام العلاقات الحسابية مباشرة في حال كانت النسبة  $\lambda$  خارج المجال. أما عن قيم الثوابت المستخدمة في العلاقاتين (22)، (23) فهي كالتالي:

- الحرارة النوعية للماء :  $(C_w = 4186 J/kg.C)$  [ 8 ]

- الحرارة النوعية للمعدن المصهور AA 413.0 :  $(c_l = 897J/kg.C)$  [6]

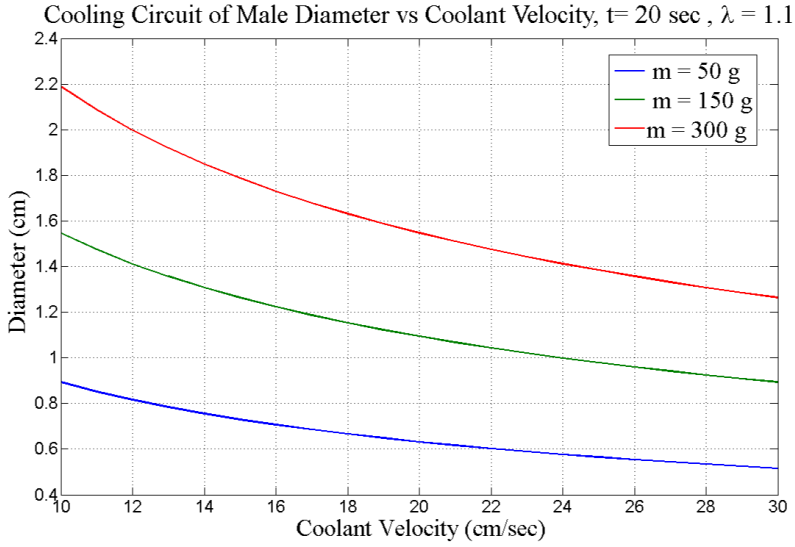


- الحرارة الكامنة للانصهار للمعدن AA 413.0 :  $(l = 389000 J/kg)$  [6]
- الحرارة النوعية للمعدن AA 413.0 في الحالة الصلبة :  $(c_s = 963 J/kg.C)$  [6].
- تم اعتبار درجة حرارة دخول الماء إلى دارة التبريد :  $(T_{win} = 20 C^o)$  ودرجة حرارة خروج الماء من دارة التبريد  $(T_{wout} = 80 C^o)$  وبالتالي الفرق  $(\Delta T_w = 60 C^o)$ .
- درجة حرارة المعدن السائل :  $(T_l = 660 C^o)$  [3].
- درجة حرارة التصلب  $(T_s = 580 C^o)$  [3].
- درجة حرارة المنتج لحظة لفظه من القالب  $(T_2 = 200 C^o)$  [4].

تم إدخال العلاقتين (22) ، (23) على برنامج *Matlab R2012b* للحصول على منحنيات تمثل العلاقة بين:

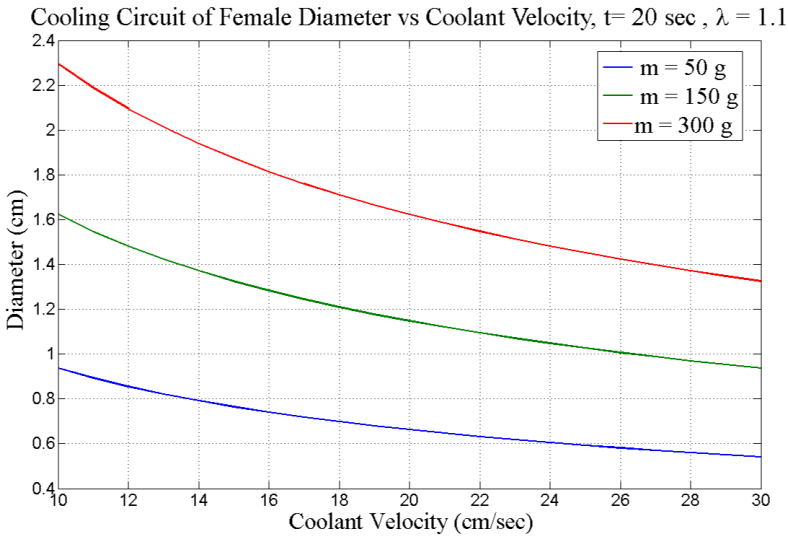
- 1- قطر قناة التبريد والسرعة الوسطية لمرور الماء في دارة التبريد مع تغير زمن التبريد.
- 2- قطر قناة التبريد وزمن التبريد مع تغير سرعة مرور الماء في دارة التبريد.
- 3- قطر قناة التبريد وكتلة المنتج بتغير النسبة  $\lambda$ .

يبين الشكل (2) العلاقة التي تربط بين قطر قناة تبريد ذكر القالب وسرعة مرور الماء في دارة التبريد وذلك عند : قيمة ثابتة للنسبة  $\lambda$  ( $\lambda = 1.1$ ) ، ثلاثة قيم ثابتة للكتلة  $(m_1=50 g, m_2=150 g, m_3=300 g)$ ، قيمة ثابتة لزمن التبريد  $(t=20 sec)$ .



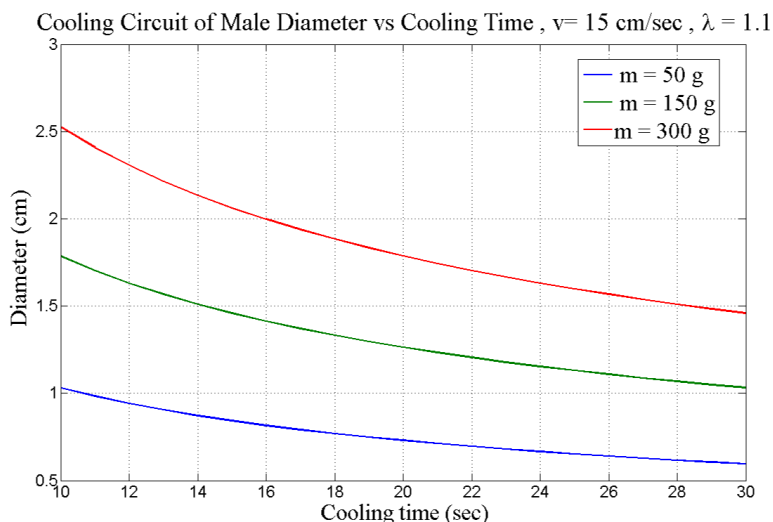
الشكل رقم (2) - علاقة قطر قناة تبريد ذكر القالب بسرعة مرور الماء في دارة التبريد

يبين الشكل (3) العلاقة التي تربط بين قطر قناة تبريد أنثى القالب وسرعة مرور الماء في دارة التبريد وذلك عند : قيمة ثابتة للنسبة  $\lambda$  ( $\lambda = 1.1$ ) ، ثلاثة قيم ثابتة للكتلة ( $m_1=50 \text{ g}$ ,  $m_2=150 \text{ g}$ ,  $m_3=300 \text{ g}$ )، قيمة ثابتة لزمن التبريد ( $t=20 \text{ sec}$ ) .



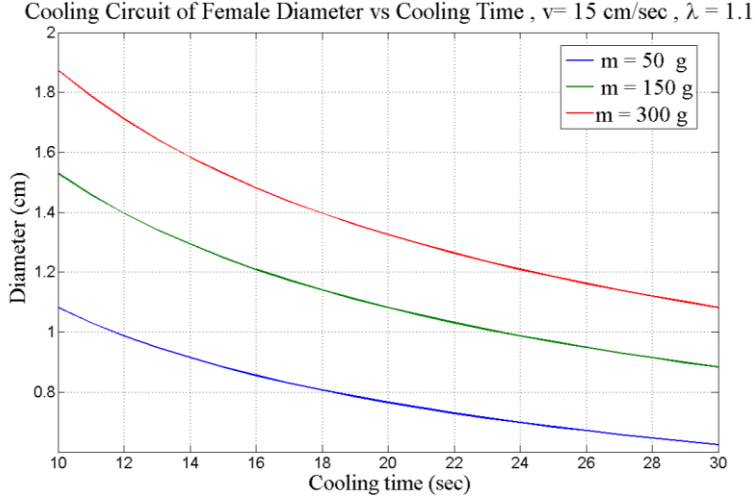
الشكل رقم (3) - علاقة قطر قناة تبريد أنثى القالب بسرعة مرور الماء في دارة التبريد

يبين الشكل (4) العلاقة التي تربط بين قطر قناة تبريد ذكر القالب وزمن التبريد، وذلك عند : قيمة ثابتة للنسبة  $\lambda$  ( $\lambda = 1.1$ )، ثلاثة قيم ثابتة للكتلة ( $m_1=50$  g,  $m_2=150$  g,  $m_3=300$  g) ، قيمة ثابتة للسرعة ( $v=15$  cm/sec) .



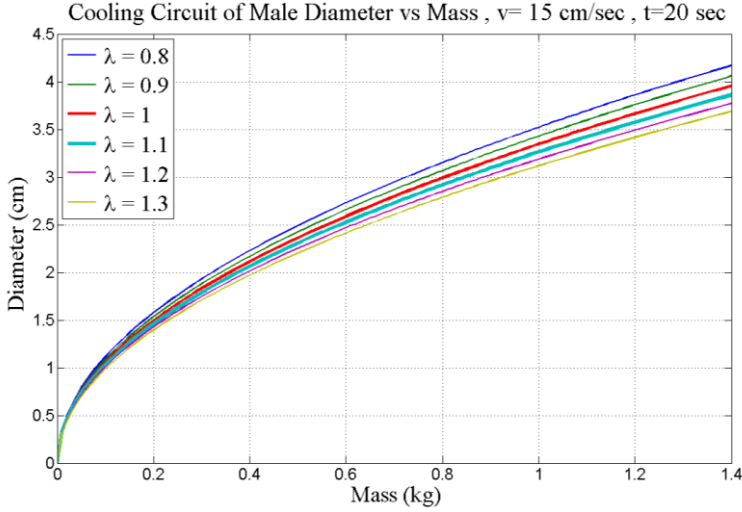
الشكل رقم (4) - علاقة قطر قناة تبريد ذكر القالب بزمن التبريد

يبين الشكل (5) العلاقة التي تربط بين قطر قناة تبريد أنثى القالب وزمن التبريد، وذلك عند : قيمة ثابتة للنسبة  $\lambda$  ( $\lambda = 1.1$ ) ، ثلاثة قيم ثابتة للكتلة ( $m_1=50$  g,  $m_2=150$  g,  $m_3=300$  g) ، قيمة ثابتة للسرعة ( $v=15$  cm/sec) .



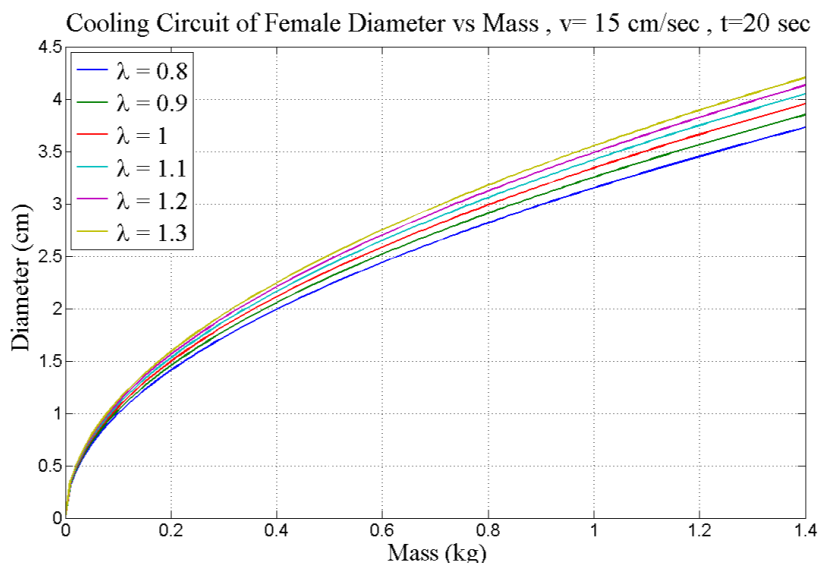
الشكل رقم (5) - علاقة قطر قناة تبريد أنثى القالب بزمن التبريد

يبين الشكل (6) العلاقة التي تربط بين قطر قناة تبريد ذكر القالب وكتلة المنتج، عند: قيم ثابتة للنسبة  $\lambda$  (  $\lambda_1=0.8$ ,  $\lambda_2=0.9$ ,  $\lambda_3=1$ ,  $\lambda_4=1.1$ ,  $\lambda_5=1.2$ ,  $\lambda_5=1.3$  ) ، قيمة ثابتة لزمن التبريد ( $t=20 \text{ sec}$ ) و قيمة ثابتة للسرعة ( $v=15 \text{ cm/sec}$ ).



الشكل رقم (6) - علاقة قطر قناة تبريد ذكر القالب بكتلة المنتج

يبين الشكل (7) العلاقة التي تربط بين قطر قناة تبريد أنثى القالب وكتلة المنتج، عند: قيم ثابتة للنسبة  $\lambda$  (  $\lambda_1=0.8, \lambda_2=0.9, \lambda_3=1, \lambda_4=1.1, \lambda_5=1.2, \lambda_6=1.3$  ) ، قيمة ثابتة لزمن التبريد ( $t=20 \text{ sec}$ ) و قيمة ثابتة للسرعة ( $v=15 \text{ cm/sec}$ ).



الشكل رقم (7) - علاقة قطر قناة تبريد أنثى القالب بكتلة المنتج

## 5. النتائج والمناقشة:

يتضح من الشكلين (2,3) أن منحنى العلاقة بين قطر قناة التبريد وسرعة مرور الماء في دارة التبريد هي عبارة عن قطع مكافئ تقعره نحو الأعلى فمن أجل الكتلة الصغيرة للمنتج تكون الفروقات في قطر دارة التبريد تبعاً للسرعة صغيرة وتزداد بزيادة الكتلة، ومن الواضح أن قطر دارة التبريد يتأثر بشكل كبير بسرعة مرور الماء في دارة التبريد. كذلك الأمر بالنسبة لزمن التبريد فكلما كبر قطر قناة التبريد نقص الزمن اللازم لتبريد المنتج مما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وتحسين جودة المنتج - الشكلين (4,5)، وكلما ازدادت كتلة المنتج ينزاح المنحنى إلى الأعلى وبالتالي يتطلب ذلك أقطاراً أكبر أو زيادة سرعة مرور الماء في الدارة.

أما بالنسبة للشكلين (6,7) فهما يمثلان العلاقة بين قطر دارة التبريد وكتلة المنتج اعتماداً على النسبة  $\lambda$  بين مساحة سطح المنتج الملامس لأنتى القالب ومساحة سطح المنتج الملامس لذكر القالب. إن منحنى العلاقة هو عبارة عن قطع مكافئ أيضاً يمر بمبدأ الإحداثيات وتقعره نحو الأسفل فمن أجل المنتجات ذات الكتلة الصغيرة يتغير القطر بشكل كبير بتغير الكتلة حتى النقطة التي تكون عندها كتلة المنتج حوالي (600 gr) وقطر قناة التبريد (6 mm) عندها ينقص الانحناء في الخط البياني لتصبح العلاقة شبه خطية.

لدى حساب قطر قناة التبريد، يمكن أن تعطي النتائج قطراً كبيراً لقناة التبريد لا يمكن تنفيذه عملياً في القالب ولذلك يمكن حل هذه المشكلة من خلال استخدام دارات تبريد متعددة موزعة بين ذكر وأنتى القالب تبعاً للنسبة  $\lambda$ . وبهذه الطريقة يتم الحصول على تبريد أكثر انتظاماً وتجانساً في جميع أجزاء المنتج.

المخططات التي تم الحصول عليها من برنامج *Matlab* تعطي قطر قناة التبريد بشكل مباشر في كل من ذكر وأنتى القالب مما يسمح بتصميم عملي وسهل. يجب توزيع قنوات التبريد بحيث تحقق توزيعاً منتظماً للتبريد في المنتج. وأيضاً يجب أخذ عناصر القالب الأخرى كاللواظ والمحاور الدليلية وبراعي التثبيت وغيرها بعين الاعتبار عند توزيع قنوات التبريد في جسم القالب.

### التوصيات:

- تطبيق الدراسة واستخدام المخططات التي تم الحصول عليها في المجال الصناعي وذلك من أجل الحصول على إنتاجية أعلى وجودة منتجات أفضل.
- أجري هذا البحث من أجل طرق التشغيل التقليدية، وهناك الكثير من المعلومات بحاجة إلى دراسة في مجال التبريد التوافقي الذي يحقق أكبر تجانس حراري من خلال سير قنوات التبريد بشكل موازٍ تماماً لسطح المنتج مهما كان شكل المنتج معقداً ولا يمكن تصنيع قنوات التبريد هذه إلا من خلال التصنيع بإضافة المعدن.

## 6. المراجع

- 1- Tariq S, 2021 - Minimizing the casting defects in high-pressure die casting using Taguchi analysis, **Scientia Iranica**, Vol (1) , 53-69.
- 2- Chavan R, 2019 - Die design and optimization of cooling channel position for cold chamber high pressure die casting machine, **Material science and engineering** ,Vol 810, 1-19.
- 3- Matisková D, 2013 - Minimizing Thermal Factors of Die Casting and Their Impact on the Service Life of Moulds and the Quality of Castings, **Acta Polytechnica Hungarica**, Vol (10) , 65-78.
- 4- Patel K, 2019- Effects of Water Mass Flow Rate, Die materials and Die Geometry on Thermal Profile of Pressure Die Casting Die, **IJRTE**, Vol (7) , 528-534.
- 5- Kazmer D, 2005- **Injection Mold Design Engineering**. Hanser Garner Publications, Inc, 6915Valley Avenue, Cincinnati, Ohio 45244-3029,USA, 423p.
- 6- Nunes R, 1990- **ASM Handbook** (Properties and Selection: Non-ferrous Alloys and Special Purpose Materials). Asm International, 10th edition, Russell Township, Geauga County, Ohio, United States, 3470p.
- 7- Bringas J, 2004- **Handbook of Comparative World Steel Standards ASTM DS67B**. Library of Congress Cataloging-in-publication Data, 3rd edition, West Conshohocken, Pa, Philadelphia, USA, 663p.
- 8- CENGEL Y, 2002- **Heat Transfer a Practical Approach**. Mcgraw-Hill (Tx), 2nd edition, Reno, Nevada, USA, 896 p.



# دراسة وتصميم خوارزمية اعتماداً على قياسات سوية الطاقة في شبكات الحساسات اللاسلكية مع

## وجود عوائق

الدكتور المهندس: بسيم عمران

أستاذ مساعد في قسم هندسة التحكم الآلي والحواسيب

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة البعث

### ملخص :

يتم نشر عقد المستشعرات اللاسلكية عشوائياً بشكل عام في البيئات المعادية والقياسية التي يتعذر الوصول إليها. لهذا السبب من المفترض أن تعمل عقد الحساسات على مدى فترات زمنية طويلة دون تدخل بشري من أجل إطالة عمر الشبكة ما أمكن، وكذلك فإنه لا يمكن إستعادة العقد أو تغيير مواضعها بعد نشرها، ولكن من خلال التغيير في سوية طاقة الإرسال وإعادة نشر عقد جديد فوق النشر السابق فإن أداء الشبكة يتحسن ونضمن منه عدم خسارة العقد المنشورة، وكذلك فإننا نضمن عمل الشبكة ككل.

من خلال استخدام خوارزمية "سوية طاقة الإرسال المتكيفة حسب النشر العشوائي للعقد"، فإنه يتم تحديد السويات الطاقية نسبة للنشر العشوائي وتحديد المسارات المحتملة في الشبكة وذلك للوصول لترابط عالي بين العقد لتحقيق أقل عدد من العقد المنشورة عند أدنى سويات للطاقة للعقد، حيث تعمل الخوارزمية على تشكيل روابط الإتصال في البيئة المتغيرة والتي تحوي عوائق وتحسن من ترابط العقد وجودته بين العقد.

بينت نتائج الدراسة أن الخوارزمية المفروضة فعالة ، ونركز في هذا البحث على مقارنة فعالية الخوارزمية بين البيئة المثالية والبيئة التي تحوي عوائق ونسبة التحسين في جودة الاتصال بين العقد ومستوى التخفيض في استهلاك الطاقة للشبكة. حيث بينت النتائج تحقيق أقل عدد من العقد المنشورة عند أدنى مستوى لطاقة الإرسال وتحقيق ترابط عالي بين العقد في كلا الحالتين. بلغت نسبة التحسين في إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار في الحالة المثلى 49% وبوجود عوائق 19%.

**الكلمات المفتاحية:** شبكات الحساسات اللاسلكية-التحكم في طاقة الإرسال-  
التحكم في طاقة الإرسال بشكل تكيفي-النشر العشوائي.

# Study and design of an algorithm based on energy level measurements in wireless sensor networks with obstacles

Dr . BASSIM OUMRAN

Assistant Professor in the Department of Automation and Computer Engineering

Faculty of Mechanical and Electrical Engineering

## Abstract :

Wireless sensor nodes are generally randomly deployed in hostile, harsh and inaccessible environments. For this reason, the sensor nodes are supposed to operate over long periods of time without human intervention in order to extend the life of the network as much as possible, and also, it is not possible to restore the nodes or change their positions after their deployment, but by changing the transmitting power level and redeploying a new nodes above the deployment The previous network performance improves and we guarantee that the published nodes are not lost, and we also guarantee the operation of the network as a whole.

Through the use of the “adaptive transmission power level according to random deployment of nodes” algorithm, the power levels are determined in proportion to the random deployment and the identification of possible paths in the network in order to reach high interconnection between nodes to achieve the least number of published nodes at the lowest power levels for the nodes, where the algorithm works on Forming communication links in the changing environment,

which contains obstacles and improves the interdependence and quality of the nodes between the nodes.

The results of the study showed that the imposed algorithm is effective, and we focus in this research on comparing the effectiveness of the algorithm between the ideal environment and the environment that contains obstacles, the percentage of improvement in the quality of communication between nodes and the level of reduction in the energy consumption of the network. The results showed achieving the least number of published nodes at the lowest transmission power level and achieving high interconnection between nodes in both cases. The improvement rate in the total energy consumption amounted to 49% in the optimum case and 19% in the presence of obstacles.

**Keywords:** WSN – TPC – ATPC - Random deployment.

## 1- مُقدِّمة

بفرض لدينا مساحة عمل أو منطقة مستهدفة Target Area (تسمى أيضا في بعض المراجع FoI: Field of Intrest أو RoI: Region of Intrest) يراد نشر مجموعة من الحساسات عليها، لتكن محددة الأبعاد ذات مساحة D وهي عبارة عن مربع ثنائي البعد، وبحيث تعتبر بيئة صعبة الوصول من قبل الإنسان لذا لا نستطيع الاعتماد على التوزع المحدد للحساسات أو على توزيع الحساسات وفق مخطط مسبق، وبسبب كون البيئة خطيرة، فإن خيار النشر العشوائي للعقد ضمن بيئة العمل هو الخيار المتاح.

تجمع عقد الحساسات المعلومات وتعيد توجيهها نحو عقدة البالوعة Sink عبر الاتصال اللاسلكي. عادة تكون العقد محدودة الموارد من حيث الطاقة والقدرة الحسابية وسعة التخزين ونطاق الاتصال. إن عقد WSN:Wireless Sensor Network تعمل بالبطارية وقد لا يكون استبدال البطارية ممكناً بسبب التضاريس القاسية والظروف البيئية القاسية<sup>[17]</sup>، لكن عقدة Sink بعكس ذلك غالباً.

إن هدف الخوارزمية المفروضة هو العمل على تأمين الإتصال الكامل بين العقد بعد النشر العشوائي، ويتم ذلك من خلال التغيير في سويات طاقة الإرسال للحساسات وإعادة نشر عقد جديدة فوق النشر الأولي، رغم تزايد التكلفة بزيادة النشر للعقد إلا أنه يتم السعي للتوصل لاتصال كامل قدر الإمكان بأقل عدد من العقد الجديدة لتحقيق الهدف المطلوب، وذلك بأن تعمل الشبكة باتصال كامل ما أمكن حتى لو زادت التكلفة ولم يصل زمن التشغيل للشبكة إلى الزمن المراد من الشبكة، لأنه لا يمكن خسارة العقد المنشورة في النشر الأولي.

يتم تحقيق تغطية واتصال أفضل من خلال نشر أقل عدد عقد حساسات إضافية، للحصول على الدرجة المطلوبة من الاتصال والتغطية، مع مراعاة الحفاظ على استهلاك طاقة بالحد الأدنى [37].

قد يكون تحديد مجموعة من العقد في المستوى أو تغطية المنطقة التي تم إنشاؤها بهذه الطريقة أمراً مهماً للعديد من التطبيقات. قد نحتاج إلى إنشاء حدود لأغراض مختلفة: التعرف على المنطقة الخاضعة للمراقبة في منطقة عسكرية، لتقييد منطقة مصابة في المجال الطبي، تحديد منطقة حريق، إلخ. [9].

هناك طرق مختلفة لإسناد شكل إلى مجموعة معينة من النقاط. قد يكون مفهوم الحدود ذا أهمية خاصة، وهو مفهوم لم تتم دراسته على نطاق واسع حتى الآن في نظرية الرسم البياني. في حالة شبكات الاستشعار اللاسلكية WSN، فإن الهيكل العام للرسم البياني غير معروف، لأنه غالباً ما يتم نشر العقد بشكل عشوائي. أحد المشاكل الهامة في هذا المجال هي البحث عن العقد الحدودية [10].

في النشر العشوائي، يكون تجنب الثقوب (منطقة لا توجد بها نقطة داخل نطاق الاستشعار من العقد) أمراً صعباً للغاية [36]. لذا يجب تطوير تقنيات لكشف العقد الحدودية للشبكة ككل أو للعقد على حدود الفجوات داخل الشبكة. قد يؤدي التلغ المادي و/أو استنفاد طاقة العقدة إلى فتحات تغطية في شبكات WSN [39].

## 2- مشكلة البحث

تنتج المشكلة الأساسية كون البيئة التي نشرت فيها العقد غير قابلة للاسترجاع وغير قابلة لتغيير موضعها لتحسين التوضع وتأمين الإتصال، لذا يجب البحث عن آلية لعمل هذه الشبكة وعدم خسارة العقد المنشورة. وإطالة عمر الشبكة ككل لأطول فترة ممكنة.

## 2- الهدف من البحث

يهدف البحث الى دراسة عمل الشبكة وفق النشر العشوائي بأقل سوية طاقة للإرسال، وبحيث تتكيف طاقة الإرسال مع التغيرات التي تطرأ على الشبكة، وتؤمن الاتصال في النشر العشوائي من خلال التغيير في طاقة الإرسال. وفي النتيجة الوصول للموازنة بين عدد العقد المنشورة و الكلفة الكلية للشبكة و سوية الطاقة للعقد وذلك في البيئة المثالية والبيئة التي تحتوي عوائق.

## 3-أهمية البحث

تتمثل أهمية البحث في تأمين الاتصال بين العقد بأقل سوية للطاقة وأفضل جودة اتصال بين العقد في حال البيئة الصعبة أو التي تحوي عوائق.

## 4- مواد البحث وطرائقه

اختبرت الخوارزمية موضوع البحث على مسائل اختبارية متعددة عشوائية حيث تم نشر عقد بأعداد مختلفة عشوائياً ضمن منطقة الاهتمام ROI التي يراد مراقبتها من قبل الحساسات وتم تطبيق الخوارزمية المفروضة وذلك باستخدام الدراسة النظرية للعديد من عمليات النشر العشوائية وتم ذلك باستخدام برنامج GeoGebra وأعيدت الدراسة بالمحاكاة لمجموعة من النشورات العشوائية للعقد باستخدام التطبيق المختص في مجال شبكات الحساسات اللاسلكية CupCarbon 5.0<sup>[16]</sup>. وتتمثل بقية الفقرات في توضيح النشر العشوائي، وتقديم دراسات مرجعية، ومن ثم توصيف للخوارزمية و مناقشة النتائج.

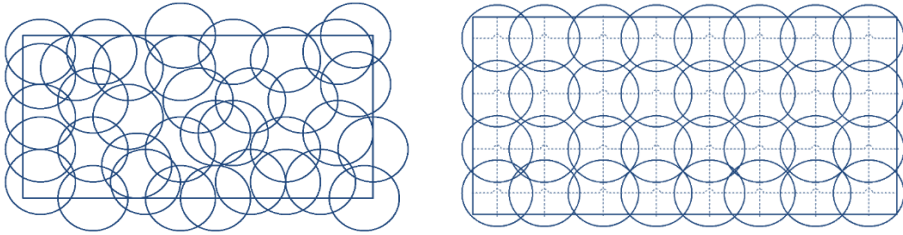
## 5-النشر العشوائي والمحدد لشبكات الحساسات اللاسلكية

في النشر العشوائي، تنتشر الحساسات فوق منطقة المراقبة لاستشعار منطقة الاهتمام المستهدفة. يكون النشر العشوائي ممكناً عندما لا يكون التدخل البشري

ممكناً بسهولة وعندما تكون المعلومات حول المنطقة غير معروفة سابقاً مثل حرائق الغابات، ومناطق الكوارث، وتلوث الهواء [4]، وساحات القتال... الخ. عندما تتم تغطية المنطقة المستهدفة بالمستشعرات بشكل مكثف، تصبح مشكلات مثل إدارة الاتصال واكتشاف الأعطال أكثر تعقيداً [46]. يتم تحقيق الاتصال الكامل Full Connectivity إذا كان كل زوج من عقد الحساسات يتواصل ويتبادل معلوماته بشكل ثنائي الاتجاه. يتم تحقيق هذا الشرط في WSN لنقل البيانات بشكل موثوق من خلال العقد مباشرة أو بواسطة العقد الأخرى [5].

يتم التعامل مع النشر المحدد للحساسات في البيئة الآمنة أو الودية Friendly Environments [7]. يمكن نشر عقد أجهزة الحساسات المحددة في حالة منطقة استشعار محدودة وأمنة. يتم تخفيض التكلفة بشكل كبير لأن نشر العقد يتم يدوياً ويستخدم عدد أقل من عقد الاستشعار [25][29][45].

يشير الشكل (1) إلى التوزيع المحدد والنشر العشوائي للعقد في WSN .



الشكل (1) التوزيع المحدد في WSN و النشر العشوائي في WSN

## 6-دراسات مرجعية

في الاتصالات اللاسلكية، تعد طاقة الإرسال عاملاً رئيسياً لاستهلاك الطاقة. تعمل منهجية التحكم في طاقة الإرسال TPC على تقليل قدرة الإرسال إلى أدنى حد ممكن بالحفاظ على جودة الاتصال [21][22]. درس المرجع [23] التحكم بطاقة



الإرسال وتأثيره على معدل نقل البيانات وهو عامل رئيسي يؤثر على استهلاك الطاقة، أظهرت النتائج التجريبية أن استهلاك الطاقة للعقدة باستخدام الخوارزمية انخفض بنسبة 38.46-54.44% مقارنة بمجموعة التحكم، وفي حالة استخدام بطارية AAA بسعة 1200 مللي أمبير ساعي يمكن أن تعمل العقدة 4.2 سنوات تقريباً باستخدام خوارزمية التحكم الهجين المقترحة. اقترح المرجع [43] خوارزمية للتحكم في قدرة الإرسال الموفرة للطاقة ETPC والتي تستند إلى تقدير القناة اللاسلكية وهذه الخوارزمية الموفرة للطاقة لمعالجة إشارة مخطط كهربية القلب التي يمكن ارتداؤها في تطبيقات الرعاية الصحية في كل مكان، تكشف النتائج التجريبية أن الرقابة المطورة المدروسة تجمع بيانات ECG في الزمن الحقيقي بكفاءة ، وأن خوارزمية ETPC المقترحة تحقق توفيراً أعلى للطاقة بنسبة 35.5% مع نسبة خسارة رزمة أكبر قليلاً PLR مقارنة ب TPC التقليدية. كذلك قدم المرجع [24] التحكم في طاقة الإرسال متعدد القنوات التكيفي للأجهزة الصناعية اللاسلكية، يتضح أن الخوارزمية المقترحة تتكيف مع الاختلافات في جودة الارتباط، وهي مستقلة عن الأجهزة وعملية. بينما ركز المرجع [47] بشكل أساسي على خوارزمية تخصيص القنوات المشتركة والتحكم في الطاقة، ثبت أن القيمة المثلى العشوائية لتخصيص القنوات المشتركة تقارب بشكل شبه مؤكد القيمة المثلى. وتم ذلك من خلال مثال رقمي يوضح كفاءة الطريقة المقترحة. بينما ركز المرجع [22] على تخصيص الموارد لتخصيص الفجوة الزمنية المشتركة وتخصيص القنوات والتحكم في الطاقة لشبكات شبكات استشعار لاسلكية متعددة القنوات MRMC WSN، والذي اعتمد على خوارزمية PSO متعددة الأهداف وحسنها للوصول للحل الأمثل، تظهر نتائج المحاكاة أن الخوارزمية المقترحة تؤدي أداءً أفضل بشكل ملحوظ من

حيث تحقيق التوازن بين اثنين من العناصر المرغوبة (كفاءة الطاقة وسعة الشبكة) متعددة الأداء. قام المرجع [21] بتقديم خوارزمية جينية فعالة للتحكم في طاقة الإرسال على نطاق واسع للشبكات اللاسلكية الكثيفة والقوية في البيئات الصناعية القاسية، تم تصميم خوارزمية جينية فعالة GA، تسمى GATPC لحل نموذج TPC في IWLANS، تم إجراء تحليل الحساسية للكشف عن التداخل الناتج ومعدل كفاءة GATPC كتابع بنسبة مئوية للتغطية المستهدفة المتغيرة بالإضافة إلى عدد العوائق الموجودة واتجاه توضعها، تم إثبات جودة الحل الخاص بـ GATPC من حيث إجراء تغطية تكيفية فعالة وتقليل التداخل حتى في حالة وجود عوائق معدنية، تم قياس أداء التسريع الخاص بـ GATPC بحيث يصل إلى 37 مرة مقارنة بـ serial GATPC، تم توضيح فعالية GATPC وقابليتها للتوسع بشكل أكبر من خلال المقارنة مع خوارزميات أخرى. قدم المرجع [42] مقارنة بين خوارزمية التحكم في معدل نقل الفيديو وخوارزميات التحكم في قدرة الإرسال، حيث قام بتثبيت طاقة الإرسال ودرس التغيير بمعدل نقل البيانات الفيديوية وكذلك بتثبيت معدل نقل البيانات والتغيير في سوية طاقة الإرسال، حيث صنف الخوارزميات المقترحة ضمن هذا المجال على أنها موفرة للطاقة وتطيل بعمر المدخرات وذلك للتطبيقات الطبية في شبكات مستشعرات الجسم اللاسلكية Wireless Body Sensor Networks. عرض الباحث في المرجع [12] نظام التحكم في الطاقة ذاتي التعلم لشبكة WSN. وناقش المرجع [8] تقنية إدارة الطاقة الديناميكية لتعزيز كفاءة الطاقة، تظهر نتائج المحاكاة أن النظام يتقارب إلى حالة التوازن حيث ترسل كل عقدة بأدنى قدرة إرسال مع مراعاة قيود نسبة استقبال الرزم العالية، وبالتالي يستفيد النظام من انخفاض استهلاك الطاقة وتأخير الحزم.

درس المرجع [33] إستراتيجية التحكم في قدرة الإرسال لشبكات الاستشعار اللاسلكية تحت الماء، بينت الفكرة المقترحة أنها أفضل في الإنتاجية وعمر الشبكة والطاقة المتبقية. أخذ البيئة المعقدة تحت الماء والمخاوف الاقتصادية في الاعتبار.. قام المرجع [32] بتقديم تقنية جديدة للتحكم في طاقة الإرسال مع مراعاة بيئة الخبو الراديوية الواقعية، تعتمد التقنية المقترحة على مرشح كالمان الذي يقدر بشكل متكرر ويتنبأ بقيم مؤشر قوة إشارة الراديو المستقبلية RSSI، كما قدم مقارنة بين تقنيات التحكم في طاقة الإرسال التكميلية، تم تقديم نتائج التحليل والمحاكاة النظرية التي توضح الأداء الأفضل للمنهجية المقترحة مقارنة باستراتيجيات التحكم في القدرة الحالية في بيئة انتشار الخبو المتغير بمرور الوقت. يوجد العديد من الأبحاث درست التغيير في طاقة الإرسال وفق متطلبات الشبكة وغير تكيفية [27][15][48][38][18]. كذلك يوجد أبحاث درست التغيير في سوية الطاقة بشكل تكيفي، قدم المرجع [28] منهجية ATPC: Adaptev Transmasion Power Control التحكم في قدرة الإرسال التكيفي للعثور على مستوى الطاقة الأكثر ملاءمة للعقد، تظهر النتائج من تجارب العالم الحقيقي (1) مع الضبط الزوجي للعقد، فإن ATPC تحقق المزيد من توفير الطاقة مع إمكانية ضبط أكثر دقة، و (2) مع التحكم عبر الإنترنت ، تكون ATPC قوية حتى مع التغيرات البيئية بمرور الوقت. قدم المرجع [31] خوارزمية تكيفية AODTPC من أجل لضبط مستويات قدرة الإرسال لعقدة مستشعر من خلال دمج التغييرات الواقعية لبيئة الانتشار الراديوي من خلال استخدام مرشح كالمان، تظهر نتائج المحاكاة أن AODTPC تعمل بشكل أفضل من حيث كفاءة الطاقة وتزيد من عمر العقدة مقارنة من الخوارزميات السابقة. قدم المرجع في [3] دمجاً بين تقنية التوجيه

APCEER والتحكم بطاقة الإرسال، من أجل تقليل التداخل بين نطاقات الإرسال للعقد، تظهر المحاكاة والنتائج التجريبية أن المخطط المقترح يتفوق على استراتيجيات التوجيه الحالية المدركة للطاقة غير المزودة بآلية للتحكم في الطاقة. وبالتالي يستخدم البروتوكول المقترح في التطبيقات المدنية لشبكات الاستشعار اللاسلكية التي تحتاج إلى استخدام فائق لكفاءة الطاقة من خلال العقد المقيدة للطاقة التي تعمل في ظروف الخبو القاسية. قام المؤلفون في المرجع [40] بتقديم تقنية للتحكم بطاقة الإرسال باستخدام الشبكات العصبونية ANN والتحكم الضبابي FLC، تظهر الخوارزمية تحسناً ملحوظاً في الأداء عند مقارنتها بمعيار بروتوكول التحكم بالوصول للوسط التقليدي IEEE 802.15.4. قام الباحث في المرجع [13] بالبحث في إمكانية تطبيق التحكم في طاقة الإرسال للتخفيف من التداخل في شبكات الحساسات اللاسلكية، وخلصت الدراسة أن زيادة طاقة الإرسال في ظل ظروف معينة لا تؤدي بالضرورة إلى أداء أفضل. في الواقع، من خلال خفض طاقة الإرسال، من الممكن الوصول إلى مستوى متوسط يزيد من أداء الشبكة الإجمالي. حسن الباحث في المرجع [26] التنبؤ بطاقة الإرسال التكيفية من حيث الدقة وفعالية الطاقة وسهولة الإعداد، وضحت الدراسة العيب الرئيسي في TPC الحالي الذي يتخذ نهجاً تفاعلياً لضبط مستوى الطاقة لعقد الإرسال، وللتغلب على عيوب reactive TPC تم اقتراح proactive TPC المشابهة لـ AODTPC.

## 7- منهجية وآلية العمل

7.1. توصيف "خوارزمية سوية طاقة الارسال المتكيفة حسب النشر العشوائي للعقد"

## \*مرحلة النشر والتهيئة (الإعداد):

حيث يتم نشر عدد من العقد ضمن بيئة العمل أو المنطقة المستهدفة، وبحيث تكون طاقة الارسال الأولية محددة حسب متطلبات التشغيل، بعد عملية النشر تقوم العقد بمعرفة الجوار من خلال زيادة طاقة الارسال وبحيث تسجل كل عقدة التغيرات في الجوار عند كل طاقة ارسال، وتستمر بالزيادة إلى الطاقة القصوى، كما تسجل العقدة عند كل مستوي للطاقة متوسط تباعد عقد الجوار عنها، عند الوصول للطاقة القصوى تقوم كل عقدة باعلام جوارها عن القيم التي حصلت عليها. من ثم تدخل في حلقة انتظار لقدم رسالة من البالوعة من أجل أن ترسل جداولها الخاصة وذلك من أجل الخطوات التالية للخوارزمية.

في هذه المرحلة يجب الاهتمام بطاقة العقدة التي يتم الكشف عندها على أكبر عدد من الجوار، والتي قد لا تكون هي الطاقة الأفضل لعمل الشبكة، وذلك حسب متطلبات العمر الزمني لهذه الشبكة. ويمكن اعتبار أن الطاقة الأفضل للعقدة هي الطاقة التي تحقق موازنة ما بين تأمين الأتصال وتغطية المنطقة المراد العمل فيها وتقليل استهلاك الطاقة لأخفض حد من أجل إطالة عمر الشبكة، حيث أن زيادة الطاقة وإطالة عمر الشبكة يعتبران بارمتران متضاربان، من المستحسن تحديد الحد الأدنى لمستوى طاقة الإرسال الذي يحقق موثوقية الاتصال المطلوبة من أجل توفير الطاقة وزيادة عمر النظام [2]. كذلك يؤدي نقل حزم البيانات ذات المستوى العالي من الطاقة HIGH Power Level إلى تبديد البطارية والتداخل

مع العقد المجاورة، وبالتالي يتطلب الإرسال بأدنى مستوى ممكن من قدرة الإرسال التي تضمن نجاح استقبال الحزمة في الوجهة [35]. إن النشر الأولي للحساسات في منطقة ما قد يكون مناسباً لتغطية المنطقة المدروسة بنسبة ما أو قد تتم الحاجة إلى نشر عدد إضافي من العقد لكي تعمل بشكل أفضل مقارنة مع استهلاك الطاقة. إن عدد العقد الكلية اللازم نشرها في منطقة ما يجب أن يكون أقل ما يمكن وبحيث يحقق توصيل ثنائي الاتصال بين العقد (أي تبقى الشبكة الكلية ضمن حدود الكلفة الموضوعة للمسألة).

تقوم الخوارزمية بدراسة وضع شبكة الحساسات المنشورة عشوائياً بشكل أولي في عقدة البالوعة، وينتج عن هذه الدراسة قيمة تعبر عن صلاحية الشبكة المنشورة عشوائياً للعمل مقارنة مع الشبكة ذات التوزيع المحدد لنفس المنطقة، بحث تقرر الخوارزمية في هذه المرحلة الحاجة لنشر عقد إضافية أو لا، وتحديد أماكن توضعها والتي يمكن نشرها بطرق مختلفة مثل (طائرات الدرونز)

[11][34][15][19][36][41][20][30][44]

تقوم الخوارزمية المقترحة بالتعرف على جميع العقد وتصنيفها في الشبكة حسب أهميتها. وتكون العقدة المرتبطة بأكبر عدد من العقد بالنسبة لعقد الجوار هي الأكثر أهمية. تحدد كذلك الخوارزمية العقدة المركزية للنشر العشوائي والتي تمثل نهاية دورات نشر العقد في الخوارزمية، أي عندما تصبح العقدة الأكثر أهمية هي العقدة المركزية فإن الخوارزمية تنتهي من عمليات النشر الإضافية.

عندما يتم إضافة عقد جديدة على النشر الأولي تقوم الخوارزمية بتفحص الشبكة من جديد وتعطي نتيجة لذلك، إما إمكانية عمل الشبكة بحالتها الراهنة أو تتطلب إضافة عقد أخرى جديدة.

توضع عقدة البالوعة في محيط الشبكة بحيث تقوم بالتراسل مع جميع العقد المنشورة. تقوم البالوعة وفق الخوارزمية بتحديد طاقة الإرسال التي ستعمل عندها كل عقدة بحيث تحقق أفضل تغطية مع أدنى طاقة للعقدة نفسها وتحقق أفضل اتصال ثنائي الإتجاه بينها وبين العقد المجاورة.

#### \*مرحلة التشغيل:

بعد تطبيق الخوارزمية المفروضة وارسال قيم السويات الطاقية التي ستضبط عليها العقد من البالوعة، فإن الخوارزمية في عقدة البالوعة تقوم بإعطاء أمر التشغيل للشبكة وتحصيل البيانات منها.

في حال حدوث خلل ما في عمل عقدة ما نتيجة لتغير موضعها مثلا أو نتيجة لحدوث عطب فيها أو فقدتها أحد من جوارها. فإن خروج أحد العقد عن العمل ستفقد هذه العقدة الاتصال مع عقد الجوار وفي هذه الحالة ستقوم هذه العقدة بعملية علاج ذاتية من خلال زيادة استطاعة البث لها تدريجياً إلى أن تتمكن من الاتصال الثنائي مع جميع عقد الجوار السابقة وإذا لم يتحقق شرط الاتصال الثنائي تزيد طاقة الإرسال لها إلى 100%، وفي هذه الحالة إذا تحقق شرط الاتصال الثنائي أو لم يتحقق فإن العقدة تقوم بإرسال معلوماتها الجديدة إلى البالوعة والتي بدورها تقوم بتقييم وضع الشبكة من جديد وإعطاء بارمترات التشغيل الجديدة لهذه العقدة وللعقد المجاورة المتأثرة، أما إذا لم يتحقق الاتصال بين هذه العقدة والجوار فإن عقد الجوار ستقوم بإعلام البالوعة بفقدان أحد عقد الجوار والتي بدورها تقوم بإعادة تقييم الشبكة من جديد.

في النتيجة ستعمل العقد بطاقات إرسال مختلفة وبالتالي يمكن أن تخرج العقد التي تعمل بطاقات إرسال أكبر من غيرها بفترة زمنية أقل، وفي هذه الحالة



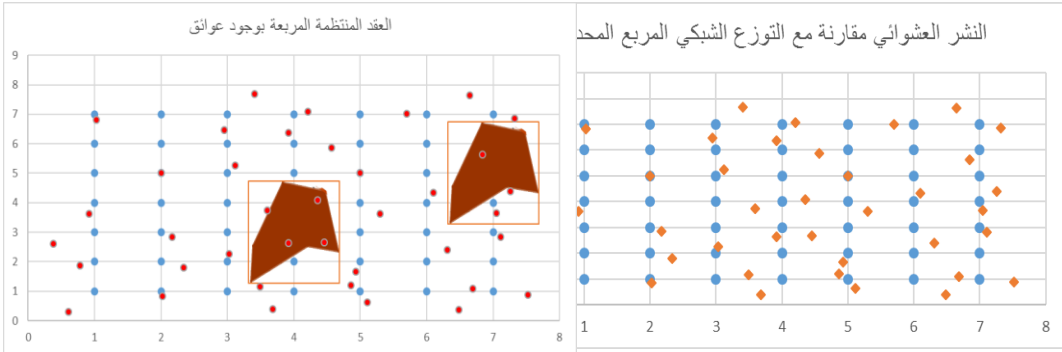






تستخدم مواقع العقد المحددة وفق التوزيع المحدد الأولي لمقارنة العقد الموزعة عشوائياً ومدى اقترابها من التوزيع المحدد. ومن خلال المقارنة في كل مرحلة فإن الخوارزمية تختار عدد العقد في النشر التالي، وذلك إن حددت الخوارزمية الحاجة لنشر إضافي.

ولجعل النشر العشوائي يقترب من الحالة الأسوأ من أجل دراسته، نبقى 39 عقدة عشوائية في المنطقة المستهدفة، يوضح الشكل (5) التوزيع المحدد الرباعي والعقد المنشورة عشوائياً، والشكل (6) التوزيع المحدد الرباعي والعقد المنشورة عشوائياً بوجود عوائق.

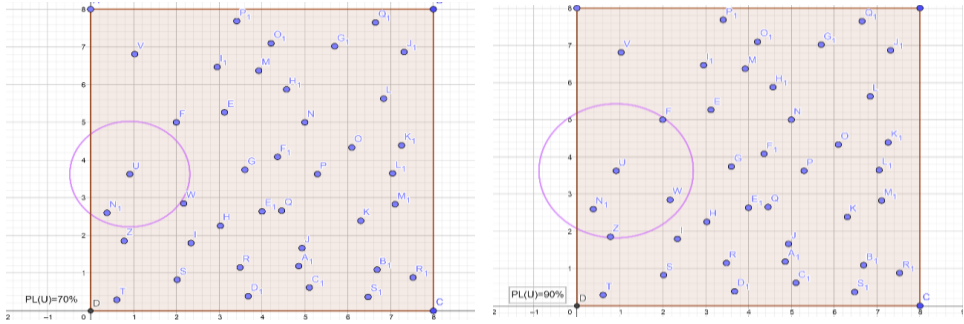


الشكل (6) النشر العشوائي مقارنة مع التوزيع الشبكي الرباعي المحدد في المرحلة الأولى بوجود عوائق

الشكل (5) النشر العشوائي مقارنة مع التوزيع الشبكي المربع المحدد في المرحلة الأولى

تبدأ كل عقدة عشوائية بفحص جوارها بالنسبة للمنطقة المستهدفة، حيث تقوم كل عقدة بإنشاء جدول خاص بها يحتوي على التغير في سوية طاقة البث وعدد الجوار عند كل سوية طاقة، ومسافات عقد الجوار المكتشفة ومواقعها ومتوسط أبعاد جوارها.

تنشأ كل عقدة جدول خاص بها من خلال التغيير في سوية طاقة الإرسال، نبين الفكرة من خلال العقدة U الموضحة بالشكل (7) وجدول سويات الطاقة المرتبطة بها وفق الجدول (1).



الشكل (7) التغيير في سوية طاقة الإرسال بالنسبة للعقدة U عند طاقة 70% و 90% بعدم وجود عوائق

الجدول (1) جدول العقدة U بعد النشر الأولي للعقد في المنطقة المستهدفة

Node U it1					
PL%	الدرجة	العقد المرتبطة	أبعاد العقد	متوسط أبعاد العقد	إحداثيات الجوار
%60	1	N1	1.16	1.16	(0.38,2.6)
%70	1	N1	1.16	1.16	(0.38,2.6)
%80	2	N1 , W	1.16, 1.48	1.32	(0.38,2.6), (2.17,2.85)
%90	4	N1,W, F,Z	1.16,1.48,1.75,1.78	1.542	..
%100	4	N1,W, F,Z	1.16,1.48,1.75,1.78	1.542	..

من أجل دراسة العقد واتصالها مع الجوار عند سويات الطاقة المختلفة تنشأ الخوارزمية جداول السويات الطاقية، حيث يتضمن كل جدول العقد وجوارها المتصل عند هذه السوية، تبدأ الخوارزمية من الجدول ذو السوية الطاقية الأدنى وفقاً للعقد، وهنا السوية الطاقية الأدنى هي 30% من طاقة الإرسال. وتهدف هذه العملية إلى تحديد سويات الطاقة للعقد بحيث تعمل عند أدنى طاقة تحقق الإتصال للوصول لترباط كامل.

من أجل تحديد السويات الطاقية التي ستعمل عليها العقد نتبع المعادلة  $PL\%$  المستنتجة، من أجل تحديد الإتصالات والسويات الطاقية، وحيث تحدد السوية الطاقية عند الرقم المكافئ من ظهورات جوار العقدة:

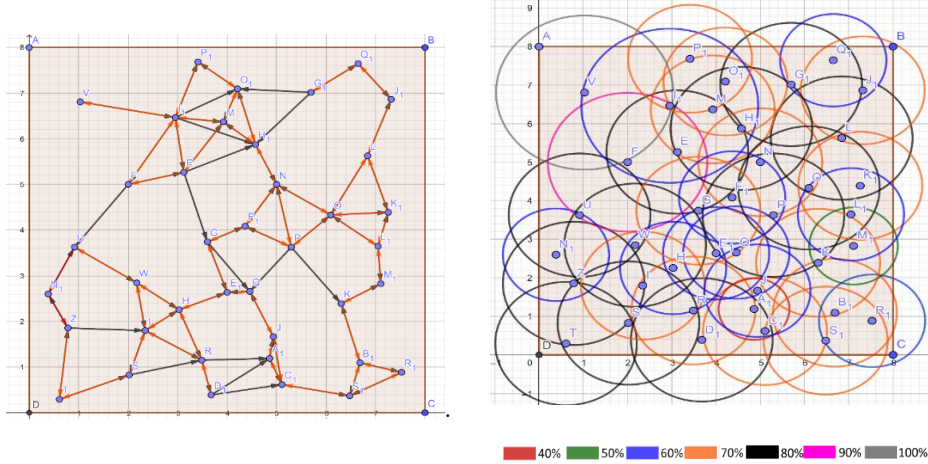
$$PL\% \text{ for } (Node_j) = ATPLRD(Int(Median(neighborhood \text{ of } [Node_j(MIN\_PL\% \rightarrow Node_j(MAX\_PL\%)]))) : neighborhood \text{ of } Node_i \neq 0 \dots (4)$$

ATPLRD: تمثل النتيجة التي تحدد السوية الطاقية للعقدة. Median: الوسط لظهورات الجوار للعقدة عند السويات الطاقية بشرط أن لا تساوي الصفر. INT: العدد الصحيح لقيمة المتوسط الناتج. MIN\_PL%: السوية الطاقية الأدنى التي تعطي ظهور للجوار. MAX\_PL%: السوية الطاقية الأعلى للعقدة.

الجدول (2) جدول ظهور الجوار للعقد العشوائية عند سويات الطاقة المختلفة في الدورة الأولى

رقم العقدة	تسمية العقدة	عدد الظهور عند 30%	عدد الظهور عند 40%	عدد الظهور عند 50%	عدد الظهور عند 60%	عدد الظهور عند 70%	عدد الظهور عند 80%	عدد الظهور عند 90%	عدد الظهور عند 100%	Median	الخوارزمية ATPLRD
1	T	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2
2	Z	0	0	1	1	1	3	6	6	2	3
3	N1	0	0	1	2	2	2	2	3	2	2
4	U	0	0	0	1	1	2	4	4	2	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	V	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
12	II	0	0	1	1	4	4	6	7	4	7
13	F	0	0	0	1	1	1	3	3	1	3
14	P	0	0	0	2	4	5	8	10	5	5
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
38	M1	0	0	2	2	2	3	4	7	2.5	2
39	J	1	1	1	3	4	6	7	10	3.5	3

ويبين الشكل (8) السوية الطاقية لكل عقدة بعد تحديدها من قبل عقدة البالوعة ومخطط الاتصالات للعقد.



الشكل (8) السويات الطاقية للعقد في النشر الأول بعد تحديدها من قبل البالوعة، مخطط الاتصالات النهائي للعقد العشوائية في الدورة الأولى للخوارزمية

من خلال الشكل (8) يتبين تحقق ترابط كامل بين عقد الشبكة. ولكن يوجد مسارات أحادية الإتجاه، لذا ننظر في الدورات اللاحقة للخوارزمية للتقليل منها ما أمكن، للوصول لمخطط بياني موجه ثنائي الاتجاه. نحسب عدد المسارات الكلي وفق المعادلة المستنتجة Total Path التالية:

$$Total Paths = \sum_{j=1}^{n_i} ATPLRD(Node_j) = \sum_{j=1}^{n_i} (Int(Median(nighborhood\ of\ [Node_j(MIN\_PL\%)\ \dots\ Node_j(MAX\_PL\%)])])) \dots (5)$$

ATPLRD: الخوارزمية المفروضة حيث تقوم بالنظر للوسط وتتعامل معه كما ذكرنا سابقاً.

Median: تمثل الوسط لظهورات العقدة عند السويات الطاقية.  $Node_j$ : العقدة الذي ينظر بظهوراتها بالنسبة للعقد الأخرى.  $n_i$ : جميع العقد المنشورة عشوائياً في الدورة الحالية للخوارزمية.

ينتج: عدد المسارات الكلي = 119، الأحادية = 15 = النسبة 12.605%، الثنائية = 52 = النسبة 87.394%.

وتحسب المسارات الأحادية والثنائية كنسبة مئوية من المسارات الكلية وفق التالي للمسارات الأحادية لكل عقدة و  $SC(total)$  للمسارات الأحادية الكلية و DC للمسارات الثنائية التي تم استنتاجها أيضاً، حيث في الدورات اللاحقة للخوارزمية وعند زيادة عدد العقد فإن عدد المسارات يزداد بين العقد، لذا نعتمد على المقارنة كنسبة مئوية.

$$\begin{aligned} \text{neighbour of neighbour; node } (x) \in \text{node}(x): [j:1 \rightarrow ATPLRD(\text{node}(x))] &\Rightarrow SC(x) \\ &= ATPLRD(\text{node}(x)) - 1 \dots (6) \end{aligned}$$

وتحسب عدد الروابط الفردية الكلية من خلال العلاقة:

$$SC(total) = \sum_{i=1}^n SC(i)$$

بعد تحديد عدد الروابط الأحادية لكل عقدة فإننا نجمع هذه القيم للحصول على الاتصالات أحادية الاتجاه، وبما أنه تم حساب عدد الروابط الكلية فإننا نستطيع حساب الاتصالات ثنائية الاتجاه من خلال:

$$DC(total) = (Total Paths - \sum_{i=1}^n SC(i))/2$$

n: عدد العقد الكلية للنشر العشوائي. DC: عدد الروابط الثنائية الكلية SC: الروابط الفردية لكل عقدة.

نحسب في كل مرحلة متوسط إستهلاك الطاقة للعقد بعد تحديدها من قبل عقدة البالوعة وفق العلاقة Avg:

$$Avg_{it1}(E) = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = 71.282\%$$

أما بالنسبة لنفس التوزيع بوجود عوائق فإننا نكتب جدول سويات الطاقة للعقد مع جوارها في الجدول (3).

الجدول (3): جدول ظهور جوار العقد العشوائية عند سويات الطاقة المختلفة في الدورة الأولى للخوارزمية بوجود عوائق

رتبة العقدة	اسم العقدة	الظهور عند %30	الظهور عند %40	الظهور عند %50	الظهور عند %60	الظهور عند %70	الظهور عند %80	الظهور عند %90	الظهور عند %100	Median	ATPLRD
1	T	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2
2	Z	0	0	1	1	1	3	6	6	2	3
3	N 1	0	0	1	2	2	2	2	3	2	2
4	U	0	0	0	1	1	2	4	4	2	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	V	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
12	II	0	0	1	1	4	4	5	6	4	6
13	F	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2
14	P	0	0	0	2	3	4	5	7	4	4
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
38	M 1	0	0	2	2	2	3	4	7	2. 5	2
39	J	1	1	1	3	4	6	7	10	3. 5	3

من خلال ماتم توضيحية سابقاً حول تحديد السوية الطاقية للعقد فإن الخوارزمية تحدد سويات القدرة لكل عقدة بحيث تؤمن اتصال بين عقد الشبكة بشكل كافي لتبادل الرسائل، يبين الشكل (9) سويات القدرة لكل عقدة بعد تحديدها من قبل عقدة تجميع البيانات عند وجود عوائق. كما يبين الشكل (10) مخطط المسارات أو الاتصالات الموجه بين العقد في الدورة الأولى للنشر.

نحسب عدد المسارات والروابط: عدد المسارات الكلي = 112، عدد الاتصالات بين العقد = 63.





والمقارنة مع توزيع محدد (الرابعي). يقارن موقع كل عقدة عشوائية مع كل مواقع العقد المنتظمة من خلال معادلة المسافة بين نقطتين، المعادلة التالية:

$$d(n_j)_{m(i)} = \sqrt{(x_{node_n} - x_{node_{m(i)}})^2 + (y_{node_n} - y_{node_{m(i)}})^2}$$

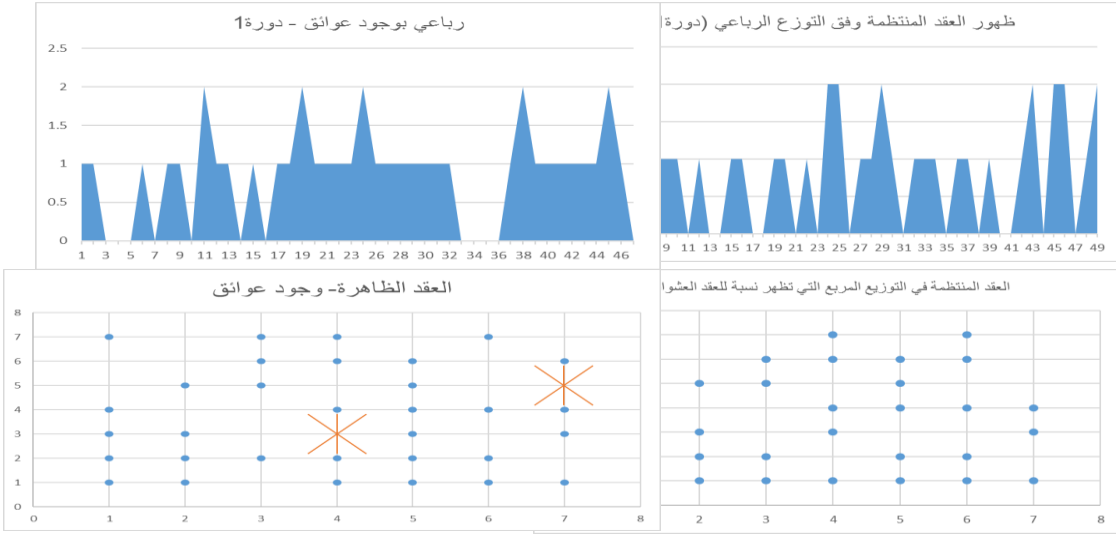
$i = 1, 2, \dots, m$  و  $m$  عدد العقد في التوزيع المنتظم

$j = 1, 2, \dots, n$  و  $n$  هي العقدة من التوزيع العشوائي التي تختبر مع عقد التوزيعات المنتظمة.

تنتج مجموعة من القيم لكل عقدة عشوائية ناتجة عن مقارنة موضع العقدة العشوائية مع مواضع العقد المنتظمة والتي عددها  $m$ ، نوجد أصغر قيمة بين القيم الناتجة والتي تمثل اقتراب العقدة العشوائية عن اقرب عقدة من التوزيع المنتظم والتي تمثل نسبة انحراف هذه النقطة العشوائية عن التوزيع المنتظم أو ما نعتبره نسبة الخطأ للعقدة العشوائية أو انزياحها عن التوزيع المنتظم (خطأ الانزياح Displacement Error أو خطأ التطابق Match error للعقدة العشوائية) وفق المعادلة التالية:

$$D\_Error(n_j) = \text{Min}(d(n_j)_{m(1)}, d(n_j)_{m(2)}, \dots, d(n_j)_{m(m)})$$

بعد حساب انزياح العقدة العشوائية عن كل العقد المنتظمة فإن أصغر قيمة من انحرافات العقدة يشير لأحد العقد في التوزيع المنتظم. تحدد العقدة المحددة التي تقابل هذا الانزياح بالنسبة لكل عقدة من النشر العشوائي. في نهاية العملية يتم تحديد العقد المحددة الظاهرة من خلال التوزيع العشوائي، يبين الشكل (11) كثافة الظهور للعقد المنتظمة وفق التوزيع المحدد الرباعي وكثافة الظهور للعقد المنتظمة وفق التوزيع المنتظم الرباعي بوجود عوائق.



الشكل (11) كثافة الظهور للعقد المحددة بعد النشر العشوائي للتوزيع الرباعي، والرباعي بوجود عوائق.

من الشكل (11) يتبين المناطق الأقل تغطية والتي تستهدف في دورات النشر التالي للخوازمية.

بعد إيجاد حالات الظهور للعقد العشوائية بالنسبة للعقدة المنتظمة المربعة والسداسية فإنه يمكن حساب نسبة التطابق Match ratio من نسبة الظهور للعقد العشوائية من العلاقة التالية المستنتجة:

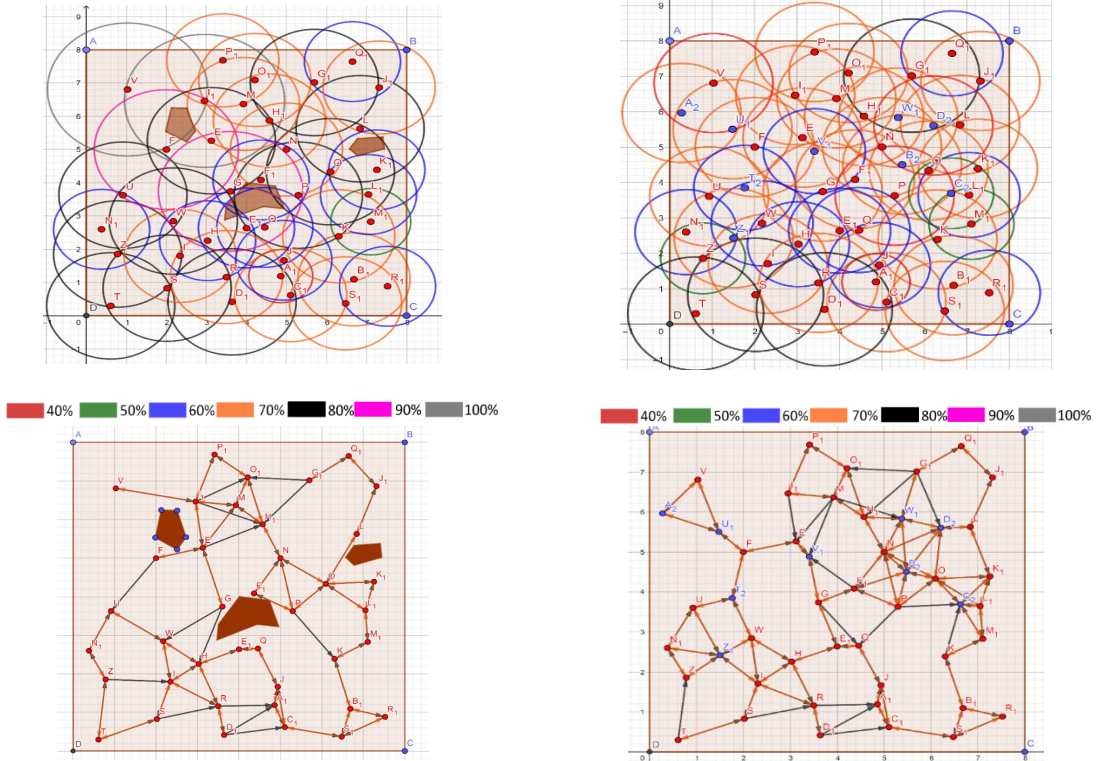
$$\text{Match ratio} = (\text{Appeared regular nodes} * 100) / (\text{Total Number of regular nodes})$$

نحسب نسبة التطابق لكلا الحالتين في الجدول (4).

الجدول (4) نسبة التطابق للعقد العشوائية مع التوزيع المنتظم الرباعي في الدورة الأولى للخوازمية وفق كلا التوزيع بدون وجود عوائق وبوجود عوائق.

عدد العقد المنتظمة أو المحددة	العدد الظاهر للعقد في الدورة الأولى للخوازمية	نسبة التطابق في الدورة الأولى للخوازمية	العدد الظاهر ونسبة التطابق في الدورة الثانية للخوازمية	...	العدد الظاهر ونسبة التطابق في الدورة n للخوازمية
Lattice=49	31	63.265306%	..	...	..
Lattice&Obstacle=49	32	68.085%	..	...	..

ننشر عقد إضافية فوق النشر الأولي لتحسين جودة النشر في كلا الحالتين ونحسب سويات الطاقة لكل عقدة ومنه يظهر الشكل (12) سويات الطاقة مع مخطط الاتصال بين العقد في الدورة الثانية.



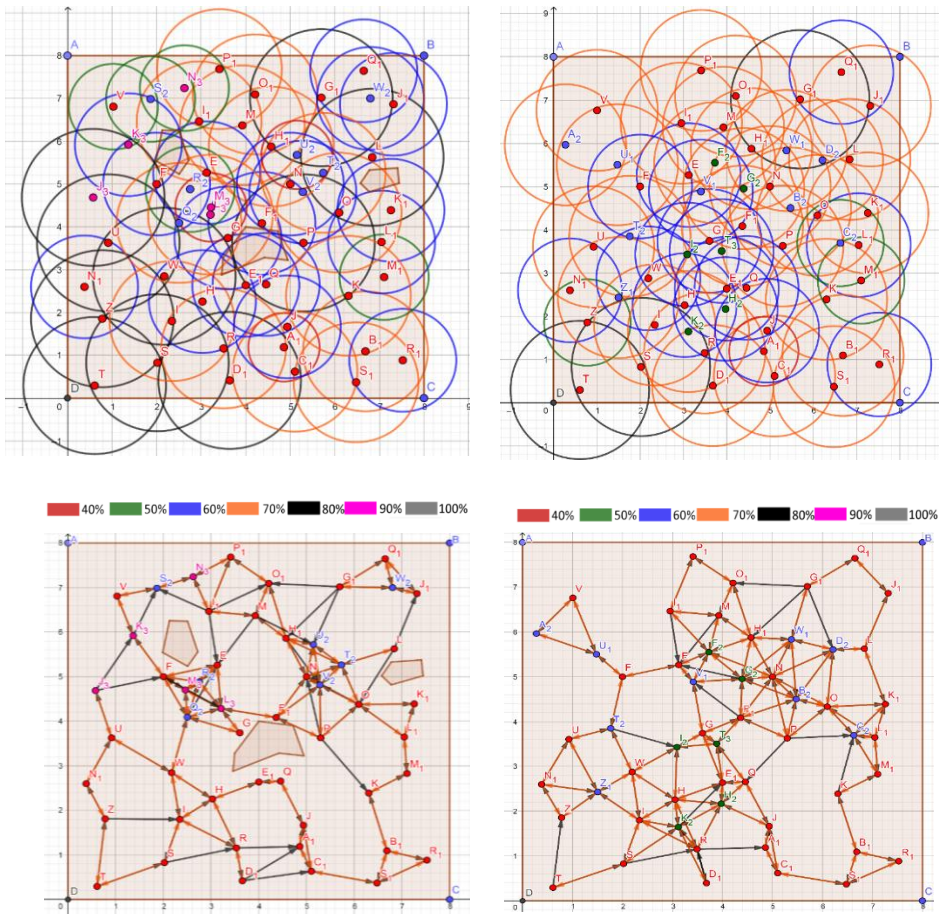
الشكل (12) السويات الطاقةية للعقد والاتصالات المشكلة بين العقد وفق التوزيع الرباعي من اليمين، ووفق التوزيع الرباعي مع عوائق من اليسار في الدورة الثانية للنشر

نعيد الحسابات لعدد المسارات ومتوسط استهلاك الطاقة والعقدة الأكثر أهمية،  
الجدول (5).

الجدول (5) المسارات ومتوسط استهلاك الطاقة والعقدة الأكثر أهمية نسبة للحالتين في النشر الثاني

مقارنة النشر العشوائي وفق التوزيع الرباعي (دورة 2)	مقارنة النشر العشوائي وفق التوزيع الرباعي (دورة 2)	
عدد المسارات الكلي = 153 عدد المسارات الأحادية = 25 = النسبة %16.33 عدد المسارات الثنائية = 98 = النسبة %83.660	عدد المسارات الكلي = 167 عدد المسارات الأحادية = 17 = النسبة %10.179 عدد المسارات الثنائية = 75 = النسبة %89.820	المسارات
$Avg_{it2\_Obs}(E) = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N} = 66.986\%$	$Avg_{it2\_Obs}(E) = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = 66.4583\%$	متوسط استهلاك الطاقة
O	P	العقدة الأكثر أهمية

بعد نشر عقد عشوائيا في الدورة الثالثة للخوارزمية وبتطبيق نفس الخطوات السابقة فإن سويات الطاقة ومخطط الاتصالات يتم تحديدها في الشكل (13).



الشكل (13) السويات الطاقة ومخطط الاتصالات للعقد في المرحلة الثالثة للخوارزمية - التوزيع الرباعي من دون عوائق من اليمين و بعوائق من اليسار



نحسب عدد المسارات و متوسط استهلاك الطاقة و العقدة الأكثر أهمية، الجدول (6) في الدورة الثالثة.

الجدول (6) المسارات و متوسط استهلاك الطاقة و العقدة الأكثر أهمية نسبة للتوزع الرباعي في النشر الثالث

مقارنة النشر العشوائي وفق التوزع الرباعي (دورة 3)	مقارنة النشر العشوائي وفق التوزع الرباعي (دورة 3)	
عدد المسارات الكلي = 184 عدد المسارات الأحادية = 24 = النسبة %13.04 عدد المسارات الثنائية = 80 = النسبة %86.95	عدد المسارات الكلي = 231 عدد المسارات الأحادية = 15 = النسبة 6.493% عدد المسارات الثنائية = 108 = النسبة 93.506%	<b>المسارات</b>
$Avg_{it3\_obs}(E) = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N} = 62.549\%$	$Avg_{it3(lattice)}(E) = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N} = 65.9259\%$	متوسط استهلاك الطاقة
F1	F1	<b>العقدة الأكثر أهمية</b>

في الدورة الثالثة فإن العقدة الأكثر أهمية [2] تطابقت مع العقدة المركزية ومنه تتوقف الخوارزمية عن النشر في كلا الحالتين.

## 8- النتائج والمناقشة

ترتبط نهاية الخوارزمية بأربع متغيرات ( نسبة التطابق وعدد العقد العشوائية المنشورة نسبة للعدد الكلي المتاح ونسبة الترابط ثنائية الاتجاه و عدد الجوار)، حيث نسبة التطابق كلما كانت مرتفعة كلما كانت أفضل ولكن عند أدنى عدد يمكن تحقيقه من العقد، وذلك للوصول لترابط ثنائي الاتجاه ما أمكن و بجوار لا يقل عن عقدتين لكل عقدة. إن المتغيرات الأربعة المذكورة ضرورية ولكن غير كافية كونها تتغير مع دورات الخوارزمية ولا يمكن اعتمادها لتحديد نهاية الخوارزمية بشكل نهائي، ولا يمكن أن تحقق الحالة المحددة للتوزع أو الحالة المثلى لتوزع العقد كون النشر عشوائي.

هذه المتغيرات الأربع تحدد من مواصفات النشر العشوائي للمسألة المدروسة، ولكنها ضرورية وغير كافية، من خلال تصميم الخوارزمية حدد شرط لنهاية الخوارزمية، وهو تطابق العقدة الأكثر أهمية مع العقدة المركزية للعقد المنشورة، أي أن تصبح العقدة الأكثر أهمية هي العقدة المركزية.

إن تطبيق الخوارزمية على المسألة المدروسة أعطى نتيجة للتطابق بعدم وجود عوائق وبوجودها و لعدد العقد الذي تم استخدامه لإتمام دورات الخوارزمية، يبين الجدول (7) نسبة التطابق وعدد العقد المستخدمة في كل دورات الخوارزمية حسب نوع التوزع الرباعي المحدد (عدم وجود عوائق - وجود عوائق).



الجدول (7) نسبة التطابق للعقد العشوائية وعدد العقد المستخدمة في الدورة الثالثة للخوارزمية نسبة للحالتين.

عدد العقد المنتظمة أو المحددة	عدد العقد العشوائية في النشر الأول	العدد الظاهر للعقد الدورة الأولى	نسبة التطابق الدورة الأولى للخوارزمية للعقد العشوائية =39	عدد العقد العشوائية في النشر الثاني	العدد الظاهر للعقد الدورة الثانية	نسبة التطابق الدورة الثانية للخوارزمية	عدد العقد العشوائية في النشر الثالث	العدد الظاهر للعقد الدورة الثالثة	نسبة التطابق الدورة الثالثة للخوارزمية
رباعي = 49	39	31	63.26530%	48	36	73.46938%	54	40	81.6326%
رباعي = 49 مع عوائق	39	32	68.085%	46	36	76.595%	51	39	82.978%

من خلال دراسة الجدول (7) تبين أن مقارنة النشر العشوائي مع التوزيع الرباعي بوجود عوائق يقترب من من التوزيع الرباعي بعدم وجود عوائق، أي الوصول لنهاية الخوارزمية عند نفس عدد دورات النشر الإضافي بأعداد غير متطابقة للعقد في مراحل النشر الكلية، ولكن باختلاف في نسبة التطابق بين العقد، وهذا يعود لشكل العوائق وتأثيرها وكذلك على توزيع العقد نسبة لها.

إن زيادة عدد العقد ودورات الخوارزمية أوصل النشر لمستوى أعلى من التطابق ولكن ذلك على حساب التكلفة وعدد العقد الكلية، حيث زادت التكلفة وزادت نسبة التطابق. وفي النهاية فإن نوع التطبيق ومتطلباته هي التي تحكم على جودة النشر.

ليس من المنطقي الإستمرار بزيادة النشر الذي يحسن نسبة التطابق نظرياً، إلا أنه بعد تحقق شرط توقف الخوارزمية فإن أي زيادة على عدد العقد المنشورة لن يكون تأثيره ملحوظ، وكلما زدنا دورات النشر فإن الكلفة ستزداد من دون جدوى. لذا كان

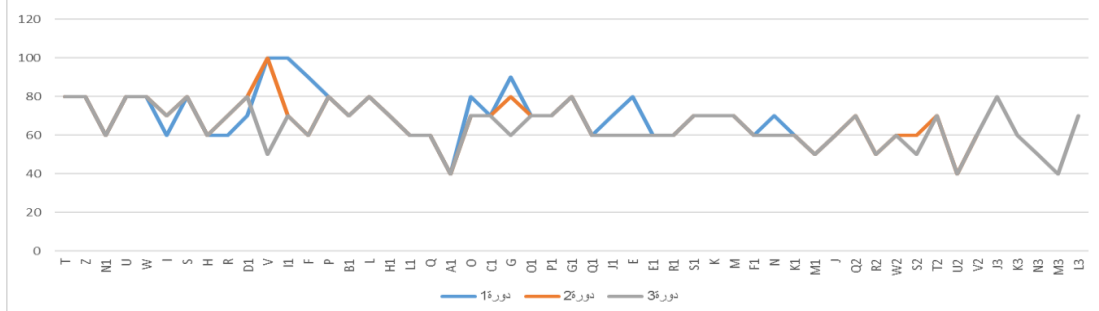
الهدف منذ البداية الوصول لموازنة بين عدد العقد المنشورة وبين سوية طاقة الإرسال التي ستخصص لكل عقدة. إن النتائج النهائية للمسألة المدرسة عند النشر العشوائي ومقارنتها في حالة التوزع الرباعي بعدم وجود عوائق وبوجودها لنفس المنطقة المستهدفة، مبينة في الجدول (8) و(9).

الجدول (8) النتائج النهائية عند مقارنة النشر العشوائي مع التوزع الرباعي بوجود عوائق

النشر العشوائي عند اعتماد التوزع الرباعي بوجود عوائق	
عدد دورات الخوارزمية	3
عدد العقد المستخدمة من العقد الكلي	51 عقدة فعالة و 10 عقد معطلة من 75 عقدة
نسبة العقد العشوائية للعقد المحددة	1.040 من العقد المحددة
عدد المسارات الكلي (الروابط الثنائية والفردية)	الكلي:184، الثنائية:80، الفردية:24، النسبة 86.956% ثنائي و 13.043% فردي
نسبة التطابق العقد العشوائية مع العقد المنتظمة	82.978%
متوسط طاقة البث نسبة للتوزع المنتظم	62.54%
متوسط طاقة البث في بداية الخوارزمية	71.538%
نسبة التحسين لعدد العقد في استهلاك الطاقة	19.56%

إن مخطط استهلاك الطاقة للعقد وفق النشر العشوائي خلال المراحل الثلاث حسب التوزع الرباعي بوجود عوائق موضح بالشكل (14) والذي يبين الانخفاض في طاقة البث لمجموعة من العقد، والذي يوضح التحسين الذي أنتجته الخوارزمية على بعض العقد في النشر العشوائي.

مقارنة طاقة البث للعقد خلال دورات الخوارزمية الثلاث بوجود عوائق



الشكل (14) مخطط استهلاك الطاقة للعقد خلال دورات الخوارزمية عند اعتماد التوزيع المحدد الرباعي مع وجود عوائق

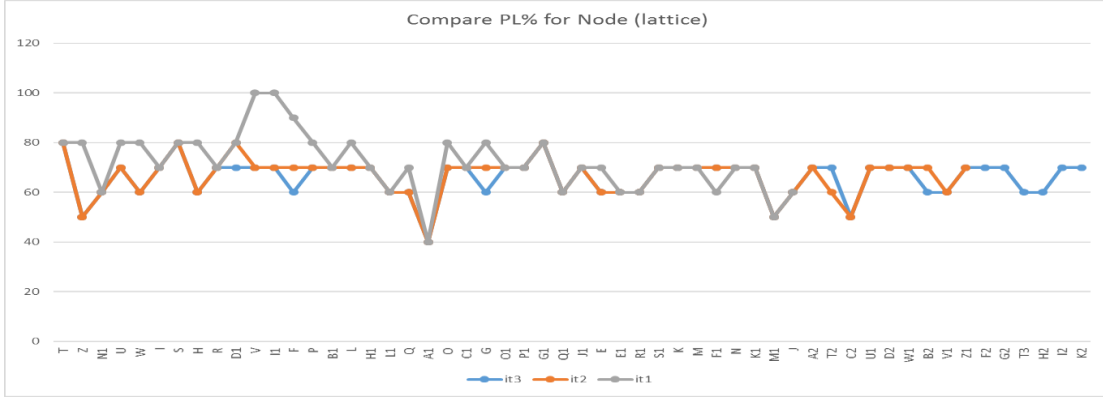
الجدول (9) النتائج النهائية عند مقارنة النشر العشوائي مع التوزيع المحدد الرباعي بعدم وجود عوائق

النشر العشوائي عند اعتماد التوزيع المنتظم الرباعي	
عدد دورات الخوارزمية	3
عدد العقد المستخدمة من العقد الكلي	54 فعالة و 10 عقد معطلة من 75 عقدة
نسبة العقد العشوائية للعقد المحددة	1.102 من العقد المحددة
عدد المسارات الكلي (الروابط الثنائية والفرديية)	الكلي: 230، الثنائية: 108، الفرديية: 15، النسبة 93.506% ثنائي و 6.493% فردي
نسبة التطابق العقد العشوائية مع العقد المنتظمة	81.6326%
متوسط طاقة البث في نهاية الخوارزمية	65.9259%
متوسط طاقة البث في بداية الخوارزمية	71.282%
نسبة التحسين لعدد العقد في استهلاك الطاقة	31.25%

إن مخطط استهلاك الطاقة للعقد وفق النشر العشوائي بمراحله الثلاث حسب التوزيع الرباعي والذي يبين الانخفاض في طاقة البث لمجموعة من العقد، والذي

يوضح التحسين الذي أنتجته الخوارزمية على العقد في النشر العشوائي مبينة في

الشكل (15).



الشكل (15) مخطط استهلاك الطاقة للعقد خلال دورات الخوارزمية عند اعتماد التوزيع المحدد الرباعي

من خلال الجدول (9) يتبين أن النشر العشوائي والذي تمت مقارنته مع التوزيع المحدد الرباعي وصل إلى نهاية عملية النشر، خلال عمليتي نشر إضافيتين فوق النشر الأولي، هنا عدد العقد المستخدمة 54 عقدة منشورة عشوائياً ضمن المنطقة المستهدفة، إن متوسط إستهلاك الطاقة في أول عملية نشر كان 71.282% وفي نهاية الخوارزمية أصبح 65.9259% وهي نسبة ليست أفضل مما كانت عليه مقارنة بالتوزيع الرباعي بوجود عوائق، نلاحظ أنه زادت الكلفة هنا لنشر عدد عقد إضافية، أي أن الخوارزمية غيرت في السويات الطاقية للإرسال حسب العقد المنشورة عشوائياً ومنه تم الوصول لتحسين مقداره 31.25% بالنسبة للشبكة أي تم تقليل طاقة البث لعقد من الشبكة بهذه النسبة وهي نسبة أفضل عما كانت عليه بوجود عوائق، حيث نلاحظ أن سلوك الخوارزمية بوجود عوائق أدى لتحسين مقداره 19.56% وهو أقل ولكن بالمقابل أدى للوصول لترابط عالي بين العقد واستخدم عدد أقل من العقد المنشورة وأعطى نتيجة أفضل في متوسط طاقة البث وهذا يتبع

للعشوائية للعقد المنشورة ومنه نستنتج ان الخوارزمية تحاول التكيف بربط العقد مع بعضها لتحسين الحالة المنشورة بوجود عوائق أو عدم وجودها، الشكل (15) يبين العقد التي تم تخفيض طاقة البث لها خلال الدورات الثلاث للنشر بعدم وجود عوائق. وبالمجمل من خلال تقليل متوسط طاقة البث للعقد فإننا نحسن متوسط عمر الشبكة، نلاحظ أننا إذا استمرينا بنشر عقد جديدة أي زيادة الكلفة فإن مقدار التحسين سيزداد، ولكن لن تستمر الزيادة إلى اللانهاية، حيث الهدف الوصول للموازنة بين الكلفة ووعمر الشبكة.

نلاحظ أن نسبة العقد العشوائية للعقد المحددة أعطى القيمة 1.102 في نهاية الخوارزمية وهي أكبر عما عليه بوجود عوائق وهي 1.040، وهذا مؤشر على أن عدد العقد العشوائية التي تعمل في المنطقة المستهدفة حققت الاتصال بين العقد وانتقلت لمرحلة العمل بزيادة مقدارها 0.102، عادة من الطبيعي أن تكون هذه النسبة أكبر من الواحد ولكن كلما صغرت كلما قلت التكلفة للشبكة، وتعود الزيادة فوق قيمة الواحد لعشوائية العقد المنشورة في المنطقة المستهدفة.

على الرغم من زيادة التكلفة نتيجة لنشر عقد إضافية بمرحلتين فوق النشر الأولي، إلا أن نسبة التطابق بين النشر العشوائي والتوزع المحدد حققت نسبة 82.978% بوجود عوائق وهو نسبة أفضل مما كانت عليه في المقارنة مع التوزع الرباعي بعدم وجود عوائق 81.6326%، وحيث بقينا ضمن حدود التكلفة الموضوعه للمسألة أو عدد العقد الكلي المتاح للمسألة.

إن أحد أهداف الخوارزمية المقترحة هو الوصول لترباط ثنائي بين العقد بأكبر نسبة ممكنة عند أقل عدد من العقد وعند مستوى طاقة للعقد أقل ما يمكن، حيث إن الروابط الثنائية بين العقد حققت نسبة 93.506% وهي نسبة مرتفعة مقارنة

بالتوزع الرباعي بوجود عوائق والتي هي 86.956% ويرجع ذلك لعدد العقد الأكبر ولعدم وجود عوائق.

إن القيم نسبية في كلا التوزيعين وهذه النسب توضح لنا احتمالية عمل الشبكة، ولكن بالنتيجة إن التطبيق المراد من الشبكة وكيفية سلوكها هو الذي يحدد أي من المقارنات أفضل.

## 9- الخلاصة

مما سبق تبين أن هذا البحث قد أعطى النتائج التالية:

- 1- تمكنت الخوارزمية من تحديد السويات الطاقية للإرسال للعقد بشكل فعال في كل دورات الخوارزمية عند أدنى مستوى لطاقة الإرسال.
- 2- استخدام مفهوم التغيير في طاقة الإرسال الذي يتكيف حسب النشر العشوائي مهم من حيث تخفيض متوسط طاقة الإرسال للشبكة ككل.
- 3- استطاعت الخوارزمية معالجة مشكلة النشر في البيئة القاسية من حيث تحسين النشر لكي لا نخسر العقد المنشورة، وذلك من خلال التغيير في سويات طاقة الإرسال ونشر عقد إضافية.
- 4- حققت الخوارزمية نسبة ترابط ثنائي الاتجاه عالية بين العقد.
- 5- أبدت الخوارزمية سلوك جيد في البيئة المثالية بدون وجود عوائق تؤثر على انتشار الإشارة للمرسلات، وحيث أعيدت الدراسة بوجود عوائق وأعطت نتائج جيدة وبعضها أفضل بوجود عوائق [1].

## المراجع

### أولاً- المراجع بالعربية

- [1] م.رستناوي.محمد، د.عمران.بسيم، (2021). تحديد العقد الحدودية واتصالها معاً في النشر العشوائي في شبكات الحساسات اللاسلكية، مجلة جامعة البعث، سلسلة العلوم التطبيقية والهندسية والطبية، سوريا، المجلد 43.
- [2] م.رستناوي.محمد، د.عمران.بسيم، (2021). تحديد العقدة الأكثر أهمية والأقل أهمية في النشر العشوائي لشبكات الحساسات اللاسلكية، مجلة جامعة البعث، سلسلة العلوم التطبيقية والهندسية والطبية، سوريا، المجلد 43.

## ثانياً- المراجع بالإنجليزية

- [3] Ahmed, G., & Khan, N. M. (2016). Adaptive Power-Control Based Energy-Efficient Routing in Wireless Sensor Networks. *Wireless Personal Communications*, 94(3).
- [4] Akbar, N. K., Isa, F. N. M. M., Abidin, H. Z., & Yassin, A. I. (2017). Comparison study on mobile sensor node redeployment algorithms. 2017 IEEE 13th Malaysia International Conference on Communications (MICC). Published.
- [5] Al-Karaki, J. N., & Gawanmeh, A. (2017). The Optimal Deployment, Coverage, and Connectivity Problems in Wireless Sensor Networks: Revisited. IEEE Access.
- [6] Al-Turjman, F. M., Hassanein, H. S., & Ibnkahla, M. (2013). Quantifying connectivity in wireless sensor networks with grid-based deployments. *Journal of Network and Computer Applications*, 36(1), 368–377.
- [7] Amutha, J., Sharma, S., & Nagar, J. (2019). WSN Strategies Based on Sensors, Deployment, Sensing Models, Coverage and Energy Efficiency: Review, Approaches and Open Issues. *Wireless Personal Communications*, 111(2), 1089–1115.
- [8] Barceló, M., Correa, A., Vicario, J., & Morell, A. (2014). Joint routing, channel allocation and power control for real-life wireless sensor networks. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 26(5), 945–956.
- [9] Bounceur, A., Bezoui, M., & Euler, R. (2018). *Boundaries and Hulls of Euclidean Graphs: From Theory to Practice* (1st ed.). Chapman and Hall/CRC.
- [10] Bounceur, A., Bezoui, M., Hammoudeh, M., Lagadec, L., & Euler, R. (2019). Finding the polygon hull of a network without conditions on the starting vertex. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, e3696.
- [11] Cao, H., Liu, Y., Yue, X., & Zhu, W. (2017). Cloud-Assisted UAV Data Collection for Multiple Emerging Events in Distributed WSNs. *Sensors*, 17(8), 1818.
- [12] Chincoli, M., & Liotta, A. (2018). Self-Learning Power Control in Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 18(2), 375.



- [13] Chincoli, M., Syed, A. A., Exarchakos, G., & Liotta, A. (2016). Power Control in Wireless Sensor Networks with Variable Interference. *Mobile Information Systems*.
- [14] Corke, P., Hrabar, S., Peterson, R., Rus, D., Saripalli, S., & Sukhatme, G. (2006). Deployment and Connectivity Repair of a Sensor Net with a Flying Robot. *Springer Tracts in Advanced Robotics*, 333–343.
- [15] Correia, L. H., Macedo, D. F., dos Santos, A. L., Loureiro, A. A., & Nogueira, J. M. S. (2007). Transmission power control techniques for wireless sensor networks. *Computer Networks*, 51(17), 4765–4779.
- [16] CupCarbon Manual
- [17] din, M. S. U., Rehman, M. A. U., Ullah, R., Park, C. W., & Kim, B. S. (2020). Towards Network Lifetime Enhancement of Resource Constrained IoT Devices in Heterogeneous Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 20(15), 4156.
- [18] Dongjin Son, Krishnamachari, B., & Heidemann, J. (2004). Experimental study of the effects of transmission power control and blacklisting in wireless sensor networks. 2004 First Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2004. IEEE SECON 2004. Published.
- [19] Erdelj, M., Król, M., & Natalizio, E. (2017). Wireless Sensor Networks and Multi-UAV systems for natural disaster management. *Computer Networks*, 124, 72–86.
- [20] Gong, J., Chang, T. H., Shen, C., & Chen, X. (2018). Flight Time Minimization of UAV for Data Collection Over Wireless Sensor Networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 36(9), 1942–1954.
- [21] Gong, X., Plets, D., Tanghe, E., De Pessemer, T., Martens, L., & Joseph, W. (2018). An efficient genetic algorithm for large-scale transmit power control of dense and robust wireless networks in harsh industrial environments. *Applied Soft Computing*.
- [22] Hao, X., Yao, N., Wang, L., & Wang, J. (2020). Joint resource allocation algorithm based on multi-objective optimization for wireless sensor networks. *Applied Soft Computing*, 94, 106470.

- [23] Hung, C. W., Zhang, H. J., Hsu, W. T., & Zhuang, Y. D. (2020). A Low-Power WSN Protocol with ADR and TP Hybrid Control. *Sensors*, 20(20), 5767.
- [24] Ikram, W., Petersen, S., Orten, P., & Thornhill, N. F. (2014). Adaptive Multi-Channel Transmission Power Control for Industrial Wireless Instrumentation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 978–990.
- [25] Jiang, Y., Xiao, S., Liu, J., Chen, B., Zhang, B., Zhao, H., & Jiang, Z. (2018). A Deterministic Sensor Deployment Method for Target Coverage. *Journal of Sensors*, 1–14.
- [26] kotian, R., Exarchakos, G., & Liotta, A. (2014). Assessment of Proactive Transmission Power Control for Wireless Sensor Networks. *Proceedings of the 9th International Conference on Body Area Networks*. Published.
- [27] Kubisch, M., Karl, H., Wolisz, A., Zhong, L., & Rabaey, J. (2003). Distributed algorithms for transmission power control in wireless sensor networks. *2003 IEEE Wireless Communications and Networking, 2003. WCNC 2003*. Published.
- [28] Lin, S., Miao, F., Zhang, J., Zhou, G., Gu, L., He, T., Stankovic, J. A., Son, S., & Pappas, G. J. (2016). ATPC. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 12(1), 1–31.
- [29] Liu, L., Xia, F., Wang, Z., Chen, J., & Sun, Y. (2005). Deployment Issues in Wireless Sensor Networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 239–248.
- [30] Martínez-de Dios, J., de San Bernabé, A., Viguria, A., Torres-González, A., & Ollero, A. (2017). Combining Unmanned Aerial Systems and Sensor Networks for Earth Observation. *Remote Sensing*, 9(4), 336.
- [31] Masood, M. M. Y., Ahmed, G., & Khan, N. M. (2012). A Kalman filter based adaptive on demand transmission power control (AODTPC) algorithm for wireless sensor networks. *2012 International Conference on Emerging Technologies*. Published.
- [32] Mirza, M. Y. M., Ahmed, G., & Khan, N. M. (2017). Model-Based Adaptive Transmission Power Control (MATPoC) for Wireless Sensor Networks in Fading Environment. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 26(09), 1750143.

- [33] Mohsan, S. A. H., Amjad, H., Mazinani, A., Adil, S., Ali, M., Islam, A., Mahmood, A., & Soban, A. (2020). Investigating Transmission Power Control Strategy for Underwater Wireless Sensor Networks. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(8).
- [34] Nekrasov, M., Allen, R., Artamonova, I., & Belding, E. (2019). Optimizing 802.15.4 Outdoor IoT Sensor Networks for Aerial Data Collection. *Sensors*, 19(16).
- [35] Panichpapiboon, S., Ferrari, G., & Tonguz, O. (2006). Optimal Transmit Power in Wireless Sensor Networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 5(10).
- [36] Patra, S., & Sau, B. (2016). Detecting Hole Boundary Nodes in WSN under Distributed Environment. 2016 IEEE 6th International Conference on Advanced Computing (IACC). Published.
- [37] Priyadarshi, R., Gupta, B., & Anurag, A. (2020). Deployment techniques in wireless sensor networks: a survey, classification, challenges, and future research issues. *The Journal of Supercomputing*, 76(9), 7333–7373.
- [38] Quevedo, D. E., & Ahlen, A. (2008). A predictive power control scheme for energy efficient state estimation via wireless sensor networks. 2008 47th IEEE Conference on Decision and Control. Published.
- [39] Rafiei, A., Abolhasan, M., Franklin, D., & Safaei, F. (2011). Boundary node selection algorithms in WSNs. 2011 IEEE 36th Conference on Local Computer Networks. Published.
- [40] Sabitha, R., Bhuma, K. T., & Thyagarajan, T. (2015). Design and Analysis of Fuzzy Logic and Neural Network Based Transmission Power Control Techniques for Energy Efficient Wireless Sensor Networks. *Advances in Intelligent Systems and Computing*.
- [41] Sharma, V., You, I., & Kumar, R. (2016). Energy Efficient Data Dissemination in Multi-UAV Coordinated Wireless Sensor Networks. *Mobile Information Systems*.
- [42] Sodhro, A. H., Chen, L., Sekhari, A., Ouzrout, Y., & Wu, W. (2018). Energy efficiency comparison between data rate control and transmission power control algorithms for wireless body sensor

networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 14(1), 155014771775003.

[43] Sodhro, A., Sangaiah, A., Sodhro, G., Lohano, S., & Pirbhulal, S. (2018). An Energy-Efficient Algorithm for Wearable Electrocardiogram Signal Processing in Ubiquitous Healthcare Applications. *Sensors*, 18(3), 923.

[44] Thuy T. Truong, Kenneth N. Brown, Cormac J. Sreenan. (2016). Demo Deploying a drone to restore connectivity in a WSN. *EWSN '16: Proceedings of the 2016 International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks*, Feb 2016.

[45] Vergin Raja Sarobin M., & Ganesan R. (2018). Deterministic node deployment for connected target coverage problem in heterogeneous wireless sensor networks for monitoring wind farm. In S. SenGupta, A. Zobaa, K. Sherpa, A. Bhoi (Eds.) *Advances in smart grid and renewable energy. Lecture notes in electrical engineering* (pp. 683–694). Singapore: Springer.

[46] Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. *Computer Networks*, 52(12), 2292–2330.

[47] Zhang, L., & Sun, J. (2017). Channel allocation and power control scheme over interference channels with QoS constraints. *2017 13th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA)*. Published.

[48] Zurita Ares, B., Park, P. G., Fischione, C., Speranzon, A., & Johansson, K. H. (2007). On power control for wireless sensor networks: System model, middleware component and experimental evaluation. *2007 European Control Conference (ECC)*. Published.

# زيادة الميزة التنافسية في المنشآت الصناعية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (المؤسسة العامة للتبغ)

الطالبة: ترکان حمزه - كلية الهمك - جامعة تشرين

الدكتور المشرف: حاتم محمودي - المشرف المشارك: د. أيمن يوسف

## ملخص

يهدف البحث إلى زيادة الميزة التنافسية في المؤسسة العامة للتبغ من خلال اتباع استراتيجيات تنافسية معينة تميز منتجاتها عن منافسيها والتفوق عليهم وتسويقها بأقل التكاليف وبالتالي تحقيق أرباح عالية للمنشآت، حيث تم استخدام الشبكات العصبية لبناء نموذج تنبؤي رياضي بالاعتماد على برنامج MatLab للتنبؤ بالأعطال والانحراف المعياري الحقيقي لمنتجات الآلة القديمة رقم 2، ولتقييم أداء النموذج والمقارنة فيما بينها تم الاعتماد على قيم متوسط مربعات الأخطاء mse وقيم معامل الارتباط R خلال الفترة بين (2020-2021)، وأثبتت النتائج قدرة عالية للتنبؤ بالأعطال مبكراً وبالتالي تقليل هدر الوقت للكشف عن العطل وتخفيض قيمة الانحراف المعياري للمنتجات وبالتالي تصنيع منتجات بجودة عالية وفريدة من نوعها وتميزها عن المؤسسات المنافسة.

**الكلمات المفتاحية:** الشبكات العصبية الصناعية، إدارة التكاليف، تحسين جودة المنتجات، الميزة التنافسية، الذكاء الصناعي.

# Increasing the competitive advantage in industrial facilities using artificial neural networks (a case study of the General Tobacco Corporation)

## Abstract

The research aims to increase the competitive advantage in the general tobacco corporation by following certain competitive strategies that distinguish its products from its competitors and outperform them and market them at the lowest costs and thus achieve high profits for the establishments, where neural networks were used to build a mathematical predictive model based on the MATLAB to predict faults and the real standard deviation of machine products. In order to evaluate the model and compare between them, it was relied on values of mse and R during the period between 2020-2021. The results proved a high ability to predict malfunctions early, thus reducing the waste of time to detect malfunctions and reducing the value of the standard deviation of products and thus manufacturing high quality and unique products that distinguish them from competing institute.

**Key words:** Artificial Neural Network, cost management, Improve product quality, competitive advantage, Artificial intelligence.

## مقدمة:

إن تزايد البيئة التنافسية التي واكبت ظهور بيئة التصنيع الحديثة، ساعدت في حدوث نقلة نوعية في التعامل مع أساليب واستراتيجيات تنافسية معينة، حيث أصبحت التنافسية في وقتنا المعاصر أمر لا مفر منه، وأرغمت المنافسة العالمية الدول والمؤسسات العامة والخاصة إلى الاهتمام بتحقيق الميزة التنافسية لها، وإعادة التفكير في استراتيجياتها في الإنتاج وكيفية استثمارها لمواردها المختلفة من أجل تحقيق أهدافها بجودة وتميز وتكلفة منخفضة وتقييم موقعها بين المنافسين وذلك بغية تحقيق تميز مستمر في مركزها التنافسي على المؤسسات الأخرى، خاصة في ظل التحديات القوية التي تفرضها ظروف المنافسة القوية بين مختلف المنشآت والتي تحاول كل منها تقديم المنتجات بأكمل صورة بحيث يكون المنتج بجودة عالية ويتم إنتاجه بأقل تكلفة ممكنة وبأقل زمن ممكن ويحقق رضا المستهلك.

وتعرف **الميزة التنافسية** بأنها قدرة التميز على المنافسين في الجودة أو السعر أو توقيت التسليم أو خدمات ما قبل أو بعد البيع أو في الابتكار أو القدرة على التغيير السريع الفاعل وأيضاً القدرة على بناء علاقة جيدة مؤثرة للعملاء تهيء وتزيد رضاهم وتحقق ولاءهم ويتطلب الأمر تميز نظام المؤسسة ككل، ويتمحور التنافسية للشركات حول قدرتها على تلبية رغبات المستهلكين المختلفة وذلك بتوفير سلع أو خدمات ذات نوعية جيدة تستطيع من خلالها النفاذ إلى الأسواق الدولية، وهناك ثلاثة استراتيجيات للميزة التنافسية هي: ميزة التكلفة الأقل، ميزة تميز المنتج، وميزة اختصار الوقت.

ومع تطور أنشطة المنشآت ظهرت تقنية حديثة للتنبؤ تمثلت في نماذج الشبكات العصبونية بأنواعها المختلفة، وهي أكثر الطرق انتشاراً من قبل الباحثين لما تتصف بها من مزايا عديدة تؤدي في النهاية إلى الحصول على نظام نمذجة وتنبؤ موثوق فيه.

## هدف البحث:

هدف البحث هو زيادة الميزة التنافسية للمؤسسة العامة للتبغ باستخدام خوارزميات من خلال بناء نموذج شبكة عصبية للتنبؤ بأعطال الآلات شهرياً بشكل يومي لمدة 17 شهراً

باستخدام نموذج قائم على شبكات التغذية الأمامية مع خوارزمية الانتشار العكسي لتقليل هدر الوقت في الكشف عن الأعطال وبالتالي وضع الآلات في الخدمة بأقل زمن ممكن والتنبؤ بالانحراف المعياري المثالي للمنتجات لتحسين جودة المنتجات وتقديمها في الوقت المناسب وبأقل زمن ممكن وبتكلفة منخفضة لتحقيق أرباح عالية.

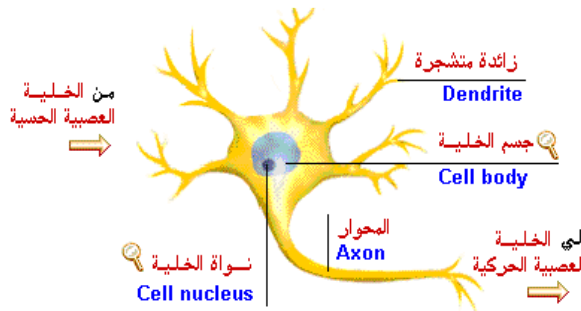
## طرائق البحث ومواده:

### 1. برنامج الماتلاب MATLAB:

يعتبر الماتلاب MATLAB أحد أهم البرامج التي تنتج بيئة برمجية عالية المستوى بالإضافة لبيئة محاكاة للأنظمة الهندسية المختلفة، وقد تم مؤخراً تطوير كمية كبيرة من الأدوات في هذا البرنامج، ويعتبر هذا البرنامج أيضاً أحد أهم المقومات الأساسية للدراسة الأكاديمية والبحث العلمي، وقد تم اعتماده ليدرس كمادة أساسية لبناء التفكير البرمجي السليم للمهندس في كثير من الجامعات.

### 2. تقنية الشبكات العصبية الصناعية Artificial Neural Networks:

وتعرف الشبكة العصبية الصناعية بأنها نظام لمعالجة البيانات بشكل يحاكي ويشابه الطريقة التي تقوم بها الشبكات العصبية الطبيعية. ومن المعروف أن النظام العصبي البشري للمعالجة يقوم أساساً على الخلايا العصبية في المخ . كما في الشكل (1):

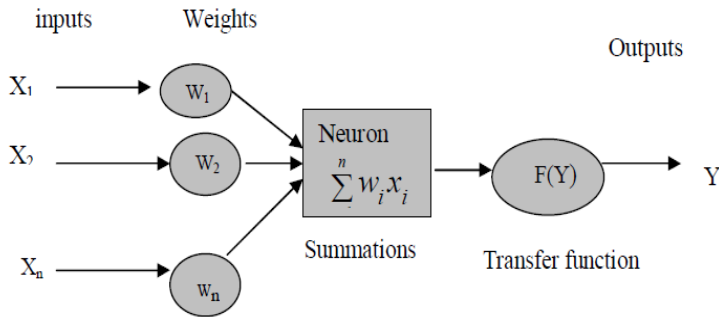


الشكل (1) خلية عصبية طبيعية

إن الشبكة العصبية الصناعية هي تقنيات حسابية مصممة لمحاكاة المعلومات بطريقة تشبه عمل الدماغ البشري، وذلك عن طريق معالجة ضخمة موزعة على التوازي، ومكونة من وحدات معالجة بسيطة، هذه الوحدات ماهي الا عناصر حسابية تسمى عصبونات



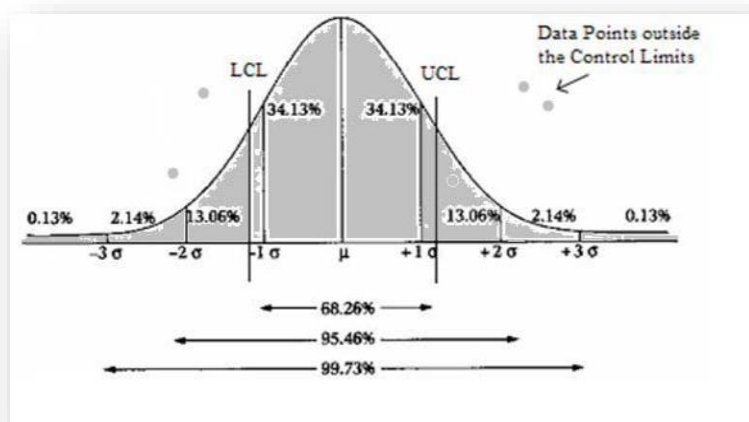
أو عقد Nodes والتي لها خاصية عصبية من حيث أنها تقوم بتخزين المعرفة العلمية والمعلومات التجريبية لتجعلها متاحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط الأوزان. وتتألف الشبكة العصبونية بشكل رئيسي من ثلاثة عناصر رئيسية: المدخلات Input والمخرجات Output والعصبونات Neuron، وتعتبر العصبونات وحدة المعالجة الأساسية في الشبكة حيث تشكل كل عدة عصبونات مجتمعة مع بعضها بنية تسمى الطبقة، ويشكل اتصال العصبونات في هذه الطبقات مع بعضها البعض ومع الدخل لتعطي الخرج ما يسمى بنية الشبكة، وهناك شبكات عصبية وحيدة الطبقة وشبكات عصبية متعددة الطبقات. ويوضح الشكل (2) البنية العامة للشبكة.



الشكل (2) البنية العامة للشبكة العصبونية

### 3. الانحراف المعياري Standard Deviation:

يعرف من الوجة الإحصائية بستة سيكما ( $6\sigma$ ) وهو رمز يوناني يدل على الانحراف المعياري لقياس الإختلاف أو الانحراف عن المتوسط الحسابي باستخدام منحنى التوزيع الطبيعي والذي يسمح فقط بعدد من الأخطاء لايزيد عن 3.4 وحدات من المليون، أي أن نسبة كفاءة وفاعلية العمليات هي 99.999 بالمئة، حيث تعبر قيمة سيكما عن مدى الجودة في أداء العمليات، وهذا المقياس الإحصائي مرتبط بقدرة العمليات على تقليل العيوب في الوحدات المنتجة، ويبين الشكل(3) منحنى التوزيع الطبيعي:



الشكل (3) ستة سيجما وتدرجاتها على منحنى التوزيع الطبيعي

ونظراً لأهمية إتباع الأساليب العلمية الحديثة في الميزة التنافسية للحفاظ على استمرارية العمل كأحد التطورات الهامة في مفاهيم الإدارة الحديثة التي تدرك تماماً أن نجاح المؤسسات الإنتاجية مرهون بتحقيق أهدافها من تطوير وتحسين الإنتاج، ونظراً للحاجة المستمرة للأساليب العلمية الحديثة أدت إلى سعي حثيث ودراسات مكثفة للعمل على اقتراح منهجيات جديدة وحلول علمية وكلفة اقتصادية مناسبة، حيث قام به العالم [1] Denis Borg بتطوير أداة تحليل تعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية لاكتشاف مشاكل قياس المستوى مع رادارات انتشار الموجة، وتزايد اتجاه استخدام هذا النوع من الرادار بسبب سهولة تركيبه على قمة الخزانات وللحفاظ على معدل منخفض مقارنة بتقنيات الأخرى، وتم تدريب الشبكة العصبية على البيانات الواردة من برنامج Radar Master، وبعد استخدام شبكة عصبية واستخدام 10 و 20 و 50 عصبونات وباستخدام السعة والمسافة والوقت كمدخلات لتحسين مستوى موثوقية القياس، كان أداء الشبكة 94.4 إلى 100% في الكشف عن بعض التطبيقات الصعبة الرئيسية لاستخدام الرادار. وفي دراسة قام بها العالم Bin Zhao [2] ببناء نموذج لتقييم مخاطر الصيانة لوحدة المصفاة عن طريق بناء شبكة عصبية وتدريبها ومحاكاتها من خلال تحليل بيانات الاستبيان. وتم التوصل إلى نموذج ذو دقة عالية لتقييم المخاطر، ويتم التحكم بمخاطر المصفاة بناء على DSCNN IFA و CNN-FA و DSCNN-IFA.

كما قام العالم Yarens J.Cruz [3] بتطبيق خوارزمية تطويرية لتصنيف صور اللحم الصناعي للكشف عن عدم محاذاة الصفائح المعدنية التي سيتم ربطها من خلال عملية اللحام بالقوس المغمور من خلال إجراء عملية بحث فعالة باستخدام خمس شبكات عصبية ملتفة للحصول على الهدف المطلوب، وأظهرت النتائج تفوق الخوارزمية المستخدمة في الأداء على سبع استراتيجيات أخرى تم أخذها بعين الاعتبار عند المقارنة مع الحفاظ على تكلفة حسابية مناسبة.

وتظهر الدراسة التي العالم BO LI [4] بدراسة منهجية قائمة على الشبكات العصبية لتحسين دقة تحديد مواقع الروبوتات من خلال النمذجة للتنبؤ بأخطاء الروبوت في تحديد النقاط المستهدفة في مساحة عمل الروبوت، حيث يتم استخدام الروبوتات الصناعية بشكل متزايد في صناعة السيارات والطائرات والآلات والكهرباء والالكترون والبلاستيك والاذغية نظراً لكفاءته ومرونته العالية، وتبين النتائج التجريبية وبعد تنفيذ سلسلة من التجارب للروبوت الصناعي KUKA KR 500\_3 للتحقق من صحة الطريقة المقترحة أن أخطاء تحديد الموقع انخفضت من 1.529mm إلى 0.344mm وهذا يعني زيادة دقة الروبوت للتنبؤ بالموقع بنسبة %87.6.

وتبين الدراسة التي قام بها العالم Lemuel clark p. Velasco [5] بتحليل أداء نماذج الشبكة العصبية الاصطناعية للتنبؤ بالحمل الكهربائي في المستقبل، وتم إجراء هذه الدراسة من خلال إعداد البيانات التي حولت سجلات الحمل الكهربائي لمنطقة جغرافية معينة تخدمها إحدى مرافق الطاقة إلى أشكال مناسبة أدت إلى مجموعة بيانات مقسمة وممثلة وموحدة لعمليات تدريب واختبار الشبكات العصبية، وبعد تقييم حوالي 36 نموذجاً من نماذج الشبكات العصبية التي تحتوي على 9 عصبونات إدخال وخرج واحد من الخلايا العصبية، تم التوصل إلى أن نماذج الشبكات العصبية أظهرت تنبؤاً جيداً من حيث نسبة الخطأ المطلق مع خوارزمية الانتشار الخلفي، وتمكنت الشبكات العصبية من التنبؤ الدقيق للنتائج التي يمكن لشركات الطاقة استخدامها بشكل فعال للإدارة المثلى للموارد.

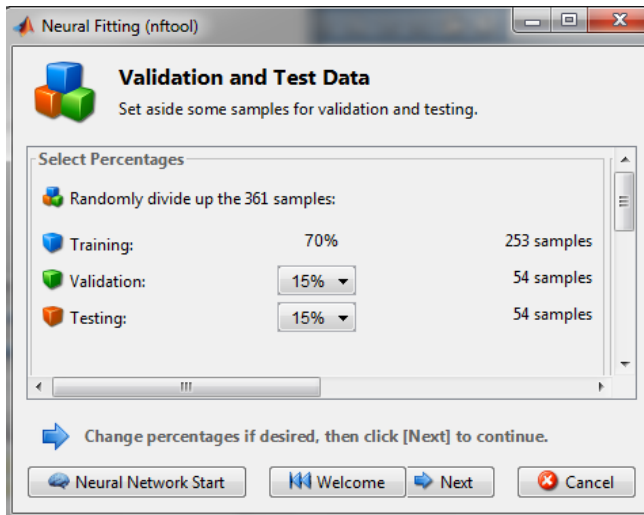
## النتائج ومناقشتها:

تعتبر المؤسسة العامة للتبغ إحدى المؤسسات النموذجية المهمة اقتصادياً، وهي مؤسسة متعددة الأنشطة تقوم بتصنيع كافة أنواع المنتجات التبغية المطلوبة في الأسواق المحلية ومنها السجائر الطويلة القديمة بالمواصفات القياسية ويجب أن تكون السجائر ذات قطر 8-8.05 mm وذات وزن 1.19-1.30 g.

وتحتوي المؤسسة على 6 آلات قديمة لإنتاج السجائر القديمة، وللتنبؤ بأعطال الآلات القديمة تم اختيار آلة قديمة رقم 2 للتنبؤ بأعطالها مع إجراء احصائيات لكمية الإنتاج، وللتنبؤ بالانحراف المعياري المثالي تم أخذ قراءات السجائر لخمسين عينة شهرياً للبارامترات (الوزن - القطر).

### ✘ بناء النموذج التنبؤي لأعطال الآلة رقم 2:

وللتنبؤ بأعطال الآلة رقم 2 تم استخدام بيانات 361 يوماً والتي تم تقسيمها في ثلاث مجموعات (253 يوماً لتدريب الشبكة و54 يوماً للتحقق من نتائجها، و54 يوماً لاختبارها). كما هو موضح في الشكل (4).



الشكل (4) واجهة تقسيم البيانات

فقد تم ترميز الأعطال التي تؤثر على الوزن والقطر ضمن برنامج Excel كما هو موضح في الجدول (1)، وتم تقريغ بيانات كميات الإنتاج في الورديات الصباحية

والمسائية والليلية وأعطال الآلة رقم 2 لمدة 17 شهراً وتحديد شعاعي الدخل والخرج مع طبقة خفية واحدة بين طبقتي الدخل والخرج كالتالي:

✓ شعاع الدخل : إنشاء مصفوفة شعاع الدخل من أجل كمية الإنتاج في الورديات الصباحية والمسائية والليلية لأسبوعين لأيام العمل فقط مع أخذ العطل بعين الاعتبار .

✓ شعاع الخرج: تم إنشاء مصفوفة شعاع الخرج من أجل 40 أعطال ويعبر الرقم 1 أن العطل مفعل والرقم 0 أن العطل غير مفعل وهكذا بقية الشهور . كما هو مبين في الجدول (2).

الجدول (1) ترميز الأعطال

رقم العطل	اسم العطل	رقم العطل	اسم العطل
1	محاصرة التبغ تحت التماسح	21	معايرة طنابير الفلتر
2	عيار دخول السيارة	22	معايرة الفارزة
3	تقطيع ورق ابيض	23	محاصرة على القرنية
4	تقليش حبل السيارة	24	تبديل قشاط دوران فرشاة الفارزة
5	تبديل فحماص محرك الشفط	25	معايرة القرنية
6	تبديل قشاط بكرة جر القشاط البطيء	26	تبديل الشوكة الطويلة
7	عطل في القشاط البطيء	27	معايرة صحن الفارزة
8	تبديل فرشاة الفارزة	28	عطل في قشاطات وحدة القطع
9	تبديل قشاط الفارزة	29	فك علبة السرعة
10	عطل في الفارزة	30	محاصرة على القشاط الراجع
11	محاصرة على طنبور سكين القص	31	تبديل محور القشاط السريع
12	تبديل قميص الفلتر	32	تبديل قشاط دوران السريع
13	تبديل قشاط فرشاة الفارزة	33	محاصرة على طنابير الفلتر
14	تبديل علبة سرعة محرك القشاط الطويل	34	تبديل مسنن الفارزة
15	تبديل سكين قص الورق الابيض	35	محاصرة على طنابير الفلتر
16	تبديل القرنية	36	محاصرة على طنبور المكواة
17	عطل في محور التعشيق	37	تبديل جرن الغراء
18	تبديل محور الفارزة	38	تبديل سكاكين قص الفلتر
19	تبديل الفارزة	39	محاصرة على القشاط السريع
20	عطل في علبة السرعة للفارزة	40	تهريب الفلتر

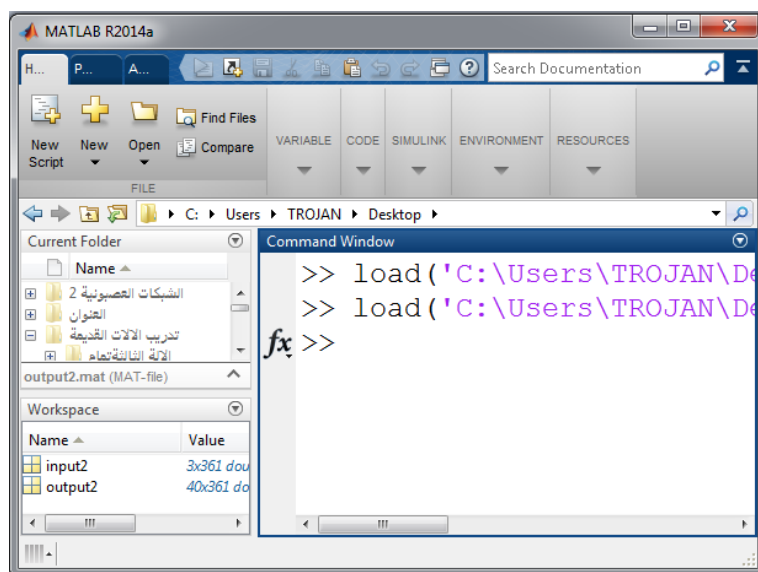
زيادة الميزة التنافسية في المنشآت الصناعية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (المؤسسة العامة للتبغ)

الجدول (2) شعاعي الدخل والخرج لثلاثة 2

شعاع الدخل											
15	13	11	10	9	8	5	4	3	2	1	الإنتاج/الأيام بالشهر
120	140	105	100	100	85	0	0	0	0	0	الصباحي
150	150	150	135	145	160	105	90	160	110	90	المسائي
75	95	100	85	40	90	0	0	0	0	0	الليلي
شعاع الخرج											رقم العطل
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	2
0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	30

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40

ونقوم بإدخال أشعة الدخل input والخرج الهدف output لثلاثة رقم 2 إلى الماتلاب كمصفوفات. كما هو مبين في الشكل (5).



الشكل (5) واجهة الماتلاب وأشعة الدخل والخرج في Workspace

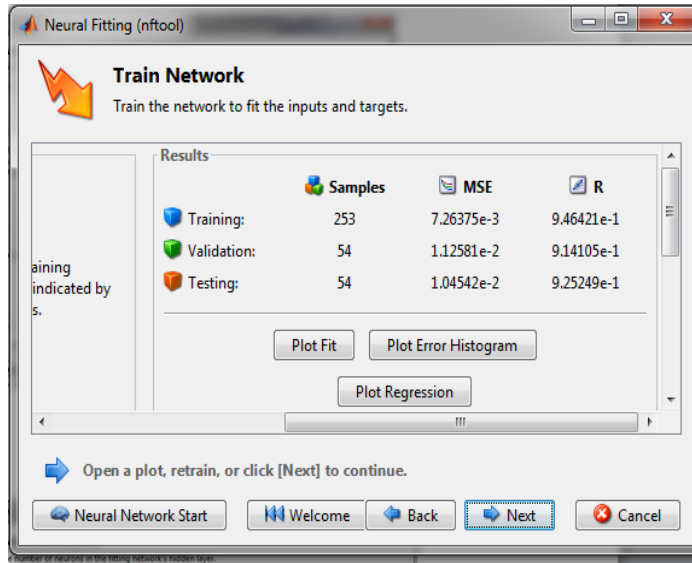
وبعد إجراء عدد كبير جداً من التجارب على شبكات عصبونية ذات التغذية الأمامية من خلال التغيير في عدد العصبونات في الطبقة الخفية وتوابع التنقيح المستخدمة، تم الاعتماد على نموذج الشبكات العصبية واجهة (nntool) و خوارزمية Levenberg- LM (Murquardt) ومن خلال مقارنة متوسط مربعات الأخطاء MSE ومعامل الارتباط R لكل نموذج، تم الاعتماد على النتائج الموضحة في الجدول (3).



الجدول (3) نتائج تدريب الشبكة في الماتلاب بعد عدد من تكرارات التدريب

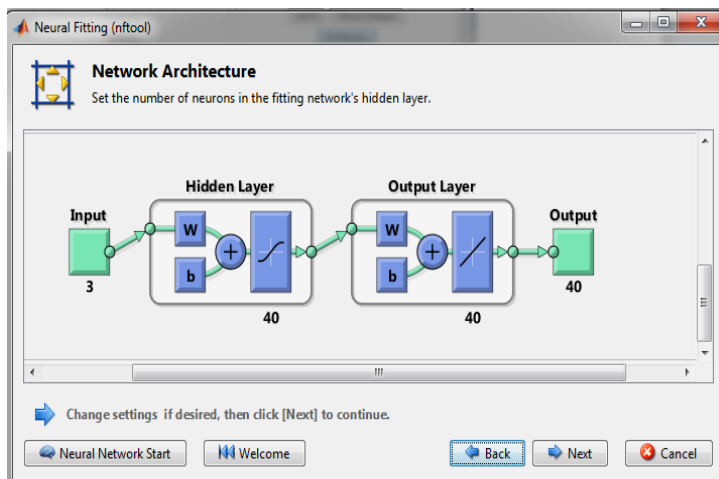
عدد العصبونات في الطبقة الخفية-Tan-pur	Mse للتدريب	Mse للفحص	Mse للاختبار	R للتدريب	R للفحص	R للاختبار	R الكلية
2	0.009278	0.01265	0.007618	0.9313	0.9056	0.9429	0.9291
3	0.009527	0.00966	0.009189	0.9295	0.9240	0.9349	0.9294
4	0.01050	0.007357	0.007255	0.92149	0.946	0.9476	0.9291
5	0.01011	0.01039	0.005307	0.92566	0.9188	0.9623	0.9301
6	0.009495	0.01178	0.009495	0.92888	0.9142	0.9190	0.9251
7	0.008988	0.01291	0.012806	0.93288	0.9028	0.9193	0.9262
8	0.008883	0.00967	0.01066	0.93452	0.9269	0.9200	0.9312
9	0.008543	0.01264	0.009485	0.9372	0.9068	0.9266	0.9310
10	0.009540	0.009361	0.01151	0.92933	0.9302	0.9143	0.9272
11	0.007845	0.01081	0.01354	0.94219	0.9191	0.8988	0.9322
12	0.01047	0.006436	0.007382	0.9221	0.9530	0.9447	0.9301
13	0.009029	0.00737	0.01169	0.94029	0.9141	0.924	0.9340
14	0.00854	0.01066	0.00966	0.93649	0.9208	0.9283	0.9328
15	0.008249	0.01004	0.01361	0.93927	0.9257	0.8965	0.9308
16	0.009142	0.01221	0.008925	0.93131	0.9105	0.9346	0.9286
17	0.008575	0.009511	0.008229	0.93643	0.9302	0.9391	0.9359
<b>18</b>	<b>0.008470</b>	<b>0.01231</b>	<b>0.008465</b>	<b>0.93782</b>	<b>0.9055</b>	<b>0.9370</b>	<b>0.9329</b>
19	0.009014	0.01058	0.01005	0.93285	0.9219	0.9266	0.9302
20	0.008349	0.01432	0.01123	0.93835	0.8943	0.9161	0.9283
21	0.007994	0.01226	0.009188	0.9414	0.9104	0.9317	0.9352
22	0.00804	0.01563	0.007824	0.9411	0.883	0.9400	0.9322
23	0.009305	0.01028	0.01003	0.9302	0.927	0.9253	0.9206
24	0.008605	0.008160	0.01027	0.9364	0.938	0.9235	0.9349
25	0.008020	0.01003	0.001239	0.9404	0.9292	0.9057	0.9335
26	0.008347	0.01082	0.007315	0.9386	0.9167	0.9470	0.9367
27	0.008262	0.01025	0.010147	0.9387	0.9253	0.9247	0.9346
28	0.008214	0.01162	0.01035	0.9391	0.9100	0.9271	0.9329
29	0.008599	0.01008	0.01161	0.9362	0.9237	0.9152	0.9312
30	0.007603	0.01181	0.01413	0.9436	0.9135	0.8945	0.9316
31	0.007928	0.01052	0.01069	0.9412	0.9215	0.9220	0.9354
32	0.008199	0.01328	0.008122	0.9392	0.9018	0.948	0.9336
33	0.007852	0.009587	0.01258	0.9423	0.9284	0.9055	0.9347
34	0.009024	0.009405	0.009768	0.9328	0.9313	0.9273	0.9318
35	0.008482	0.01169	0.01091	0.9377	0.9116	0.9195	0.9310
36	0.008219	0.011255	0.01002	0.9389	0.9170	0.926	0.9337
37	0.008584	0.008693	0.01127	0.9366	0.9368	0.9135	0.9332
38	0.008160	0.010793	0.00915	0.9389	0.9236	0.9325	0.9356
39	0.007722	0.013100	0.01188	0.9434	0.9055	0.9088	0.9323
<b>40</b>	<b>0.007263</b>	<b>0.011258</b>	<b>0.0104</b>	<b>0.9464</b>	<b>0.9141</b>	<b>0.9252</b>	<b>0.9383</b>

نلاحظ أن الشبكة العصبونية الصناعية التي تحتوي على عدد عصبونات (3-40-40) هي الأفضل مع الاعتماد على تابع التنشيط purelin في طبقة الخرج والتابع logsig في الطبقة الخفية وتابع التدريب Trainlm، حيث كانت قيم متوسط مربعات الأخطاء Mean Of squared Error تساوي خلال فترة التدريب 0.0072637 وتساوي خلال فترة التحقق 0.011258 وتساوي خلال فترة الاختبار 0.0104542 وهي قيم قريبة من الصفر، بالإضافة إلى ذلك فقد أعطت الشبكة قيمة عالية لمعامل الارتباط حيث كانت مراحل التدريب والتحقق والاختبار على الترتيب (0.92525,0.91411,0.94642) وقد بلغت القيمة الكلية 0.93836 وهي قيمة قريبة جداً من الواحد، وبالتالي الشبكة المصممة مثالية، وتحقق الاستجابة للأعطال الناجمة عن الآلة رقم 2 بدقة عالية، كما هو موضح في الشكل(6):



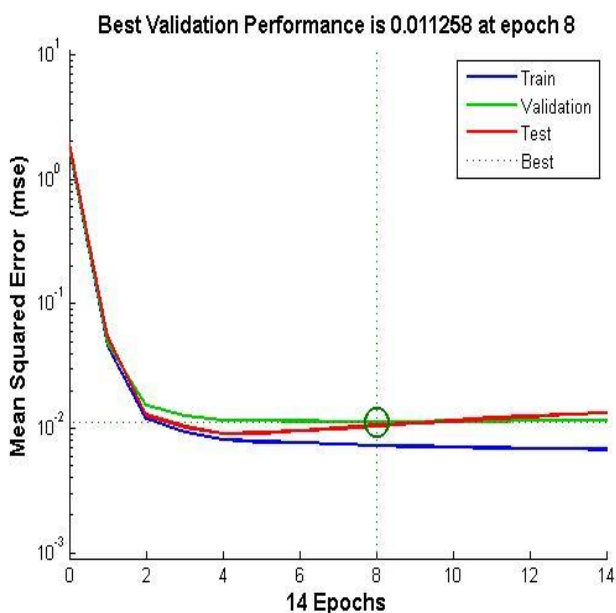
الشكل (6) نتائج الشبكة المثالية للآلة 2

وبيين الشكل (7) هيكلية الشبكة العصبية المتألية للآلة 2:



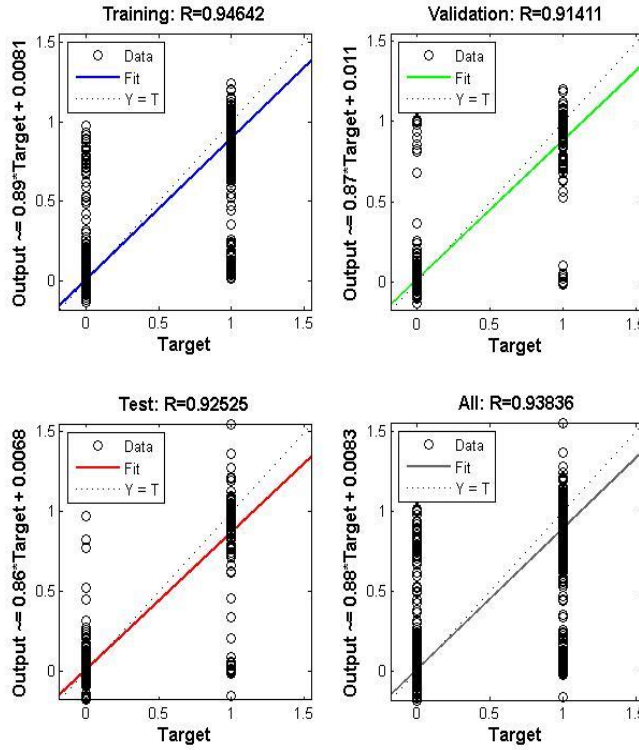
الشكل (7) هيكلية الشبكة العصبية المتألية للآلة 2

وقيمة متوسط مربعات الأخطاء mse للشبكة المتألية للآلة 2 موضحة في الشكل (8):



الشكل (8) قيمة MSE مربعات الأخطاء للآلة 2

ويوضح الشكل (9) قيم معامل الارتباط للتدريب والتحقق والاختبار:



الشكل (9) معامل الارتباط R لآلة 2

### ✘ بناء النموذج التنبؤي لقراءات السجائر:

تم تفرغ بيانات قراءات السجائر للبارامترات (الوزن - القطر) لمدة 17 شهراً ضمن بيئة برمجية في برنامج Microsoft Excel والتي تم تقسيمها في ثلاث مجموعات (11 شهراً لتدريب الشبكة و 3 شهور للتحقق من نتائجها، و 3 شهور لاختبارها)، وتم اعتماد هيكلية لشبكة عصبية مع دخل واحد (الانحراف المعياري للسجائر) وخرج واحد (الانحراف المعياري الحقيقي) مع طبقة خفية واحدة فقط بين طبقتي الدخل والخرج. ويبين الجدول (4) قيم قراءات السجائر للشهر السادس من عام 2021 و القيم المثالية للبارامترات والقيم باللون الأسود العريض خارج مجال الموصفة القياسية وهكذا بقية الشهور.

جدول(4) قراءات السجائر الطويلة القديمة للشهر السادس من عام 2021

القطر المثالي mm	القطر mm	الوزن المثالي g	الوزن g	رقم العينة
8.05	<b>8.08</b>	1.19	<b>1.16</b>	1
8	<b>7.88</b>	1.19	<b>1.16</b>	2
8	8	1.19	<b>1.17</b>	3
8	8	1.19	1.19	4
8.05	<b>8.11</b>	1.25	1.25	5
8.05	<b>8.1</b>	1.19	<b>1.13</b>	6
8.05	<b>8.08</b>	1.19	<b>1.11</b>	7
8.05	<b>8.07</b>	1.19	<b>1.14</b>	8
8.05	<b>8.1</b>	1.2	1.24	9
8.04	8.04	1.19	<b>1.16</b>	10
8.05	8.05	1.19	<b>1.14</b>	11
8.05	<b>8.1</b>	1.19	<b>1.15</b>	12
8.05	<b>8.08</b>	1.25	1.25	13
8.05	<b>8.09</b>	1.19	<b>1.13</b>	14
8.05	<b>8.08</b>	1.19	<b>1.13</b>	15
8.05	<b>8.13</b>	1.19	<b>1.17</b>	16
8.05	<b>8.13</b>	1.24	1.24	17
8	<b>7.99</b>	1.23	1.23	18
8.01	8.01	1.19	<b>1.15</b>	19
8.05	8.05	1.23	1.23	20
8.04	8.04	1.19	<b>1.13</b>	21
8.05	<b>8.14</b>	1.25	1.25	22
8.05	<b>8.11</b>	1.21	1.21	23
8.05	<b>8.11</b>	1.19	1.19	24
8.05	8.05	1.19	<b>1.15</b>	25
8.05	<b>8.06</b>	1.19	<b>1.17</b>	26
8.05	<b>8.09</b>	1.25	1.25	27
8.03	8.03	1.19	<b>1.11</b>	28
8.03	8.03	1.19	<b>1.13</b>	29
8.05	<b>8.07</b>	1.19	<b>1.15</b>	30
8.03	8.03	1.19	1.19	31
8.05	<b>8.08</b>	1.19	<b>1.15</b>	32

زيادة الميزة التنافسية في المنشآت الصناعية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (المؤسسة العامة للتبغ)

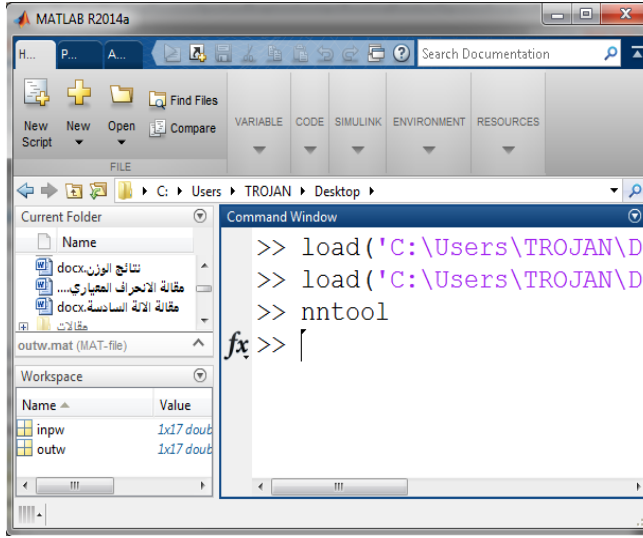
8.05	<b>8.1</b>	1.19	<b>1.15</b>	33
8.05	<b>8.12</b>	1.23	1.23	34
8.05	<b>8.07</b>	1.19	<b>1.09</b>	35
8.05	8.05	1.19	<b>1.09</b>	36
8.05	<b>8.08</b>	1.19	1.19	37
8.05	<b>8.08</b>	1.19	<b>1.16</b>	38
8.05	<b>8.1</b>	1.19	<b>1.17</b>	39
8.05	<b>8.06</b>	1.19	<b>1.11</b>	40
8.05	<b>8.12</b>	1.21	1.21	41
8.05	<b>8.8</b>	1.19	<b>1.13</b>	42
8.05	<b>8.05</b>	1.19	<b>1.1</b>	43
8.05	<b>8.1</b>	1.2	1.2	44
8.03	8.03	1.19	1	45
8.05	8.06	1.19	1.05	46
8.05	8.08	1.19	1.06	47
8.05	8.1	1.19	1.04	48
8.05	8.08	1.24	1.24	49
8.05	8.05	1.19	<b>1.17</b>	50
<b>0.01281</b>	<b>0.0421</b>	<b>0.020863</b>	<b>0.05834</b>	الانحراف المعياري

ويتم تحديد شعاعي الدخل والخرج للقراءات ولمدة 17 شهر كما هو موضح في  
الجدول(5):

جدول(5) شعاعي الدخل والخرج لوزن وقطر السجانر

الانحراف المثالي للقطر (خرج)	الانحراف المعياري للقطر (دخل)	الانحراف المثالي للوزن (خرج)	الانحراف المعياري للوزن (دخل)	الشهور	
0.0014	0.024	0.0189	0.0218	الشهر 8	2020
0.0107	0.0589	0.0171	0.0307	الشهر 9	
0.0083	0.0449	0.0101	0.033	الشهر 10	
0.025	0.1165	0.002	0.0447	الشهر 11	
0.0123	0.036	0.0388	0.0427	الشهر 12	
0.0173	0.0173	0.0352	0.0394	الشهر 1	2021
0.0149	0.0357	0.0402	0.542	الشهر 2	
0.0247	0.086	0.0207	0.0453	الشهر 3	
0.0071	0.0532	0.0463	0.0793	الشهر 4	
0.0103	0.0537	0.0187	0.0628	الشهر 5	
0.0128	0.0421	0.0209	0.0583	الشهر 6	
0.0244	0.262	0.012	0.0608	الشهر 7	
0.0174	0.0589	0.0294	0.0534	الشهر 8	
0.0205	0.0738	0.0321	0.0652	الشهر 9	
0.0232	0.0793	0.0287	0.0715	الشهر 10	
0.0221	0.0764	0.0427	0.0792	الشهر 11	
0.0239	0.2251	0.009	0.0754	الشهر 12	

نقوم بإدخال أشعة الدخل input والخرج الهدف output للوزن والقطر إلى الماتلاب كمصفوفات. كما هو مبين في الشكل (10):



الشكل (10) شعاعي الدخل والخرج في workspace

ويعد إجراء عدد كبير جداً من التجارب على شبكات عصبونية ذات التغذية الأمامية من خلال التغيير في عدد العصبونات في الطبقة الخفية وتوابع التفعيل المستخدمة لبارامتر وزن السجارة، تم الاعتماد على النتائج الموضحة في الجدول (6).

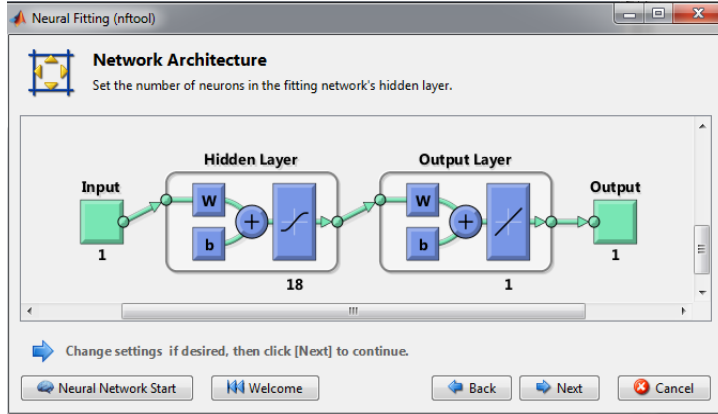
جدول (6) نتائج تدريب الشبكة لبارامتر وزن السجارة

عدد العصبونات في الطبقة الخفية Tan-pur-trainlm	Mse للتدريب	Mse للفحص	Mse للاختبار	R للتدريب	R للفحص	R للاختبار	R الكلي
2	0.000071	0.000073	0.00025	0.6314	0.919	0.068	0.60177
3	0.000054	0.000013	0.00066	0.724	0.883	0.0201	0.43569
4	0.000058	0.000043	0.00031	0.688	0.890	0.4622	0.60957
5	0.000181	0.000018	0.00020	0.348	0.7796	0.287	0.30476
6	0.000123	0.000168	0.00010	0.581	0.5090	0.999	0.58211
7	0	0.000038	0.00029	1	0.7874	0.679	0.83114
8	0.000152	0.000083	0.00004	0.331	0.9889	0.974	0.51903
9	0.000036	0.000036	0.00005	0.898	0.9747	0.888	0.88419
10	0.000001	0.000096	0.00021	0.999	0.8558	0.949	0.85042
11	0	0.000009	0.00035	0.999	0.9986	0.4153	0.85277
12	0	0.000159	0.00002	0.999	0.8225	0.916	0.89356
13	0.0000387	0.0001478	0.00006	0.878	0.807	0.946	0.82582



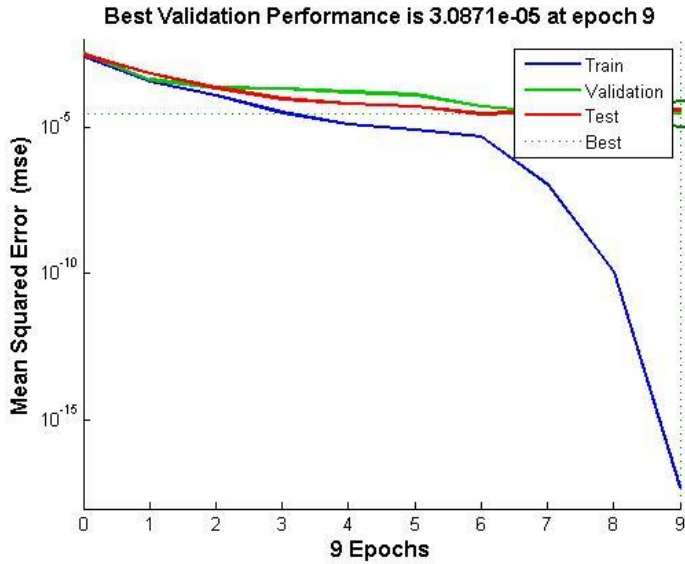
14	0.0000005	0.00006	0.00007	0.998	0.769	0.933	0.92019
15	0.0000012	0.000011	0.00005	0.996	0.968	0.8712	0.95927
16	0.0000001	0.000103	0.00030	0.999	0.834	0.8105	0.80438
17	0.000032	0.000046	0.000120	0.9021	0.659	0.8688	0.84674
<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0.000008</b>	<b>0.00031</b>	<b>1</b>	<b>0.975</b>	<b>0.950</b>	<b>0.96409</b>
19	0.00000001	0.000193	0.00005	1	0.999	0.838	0.85737
20	0.00000597	0.000017	0.00018	0.982	0.993	0.145	0.86959
21	0.00001754	0.000069	0.00021	0.940	0.937	0.226	0.80534
22	0.00000009	0.000261	0.00006	1	0.993	0.9697	0.92942
23	0	0.000336	0.00002	1	0.992	0.954	0.85398
24	0.0000079	0.000128	0.00010	0.982	0.820	0.598	0.88741
25	0	0.000050	0.00023	1	0.982	0.151	0.84786
26	0.00000522	0.000017	0.00032	0.991	0.836	0.533	0.84607
27	0	0.000188	0.00016	1	0.938	0.567	0.82457
28	0.0000352	0.000108	0.00005	0.903	0.863	0.999	0.82632
29	0.0000073	0.000104	0.00001	0.974	0.438	0.968	0.9148
30	0	0.000040	0.00011	1	0.965	0.907	0.92726
31	0.0000605	0.000055	0.00003	0.818	0.992	0.990	0.83164
32	0.0000250	0.000129	0.00001	0.928	0.571	0.997	0.86333
33	0	0.000453	0.00017	1	0.586	0.819	0.80146
34	0.0000183	0.000028	0.00015	0.954	0.995	0.939	0.87622
35	0.0000098	0.000145	0.00007	0.963	0.829	0.712	0.86945
36	0.0000011	0.000174	0.00031	0.997	0.739	0.991	0.82862
37	0.0000917	0.000015	0.00039	0.642	0.977	0.998	0.75605
38	0.0000015	0.00003	0.00045	0.996	0.849	0.481	0.76825
39	0.000031	0.000011	0.00042	0.904	0.980	0.991	0.74784
40	0	0.00005	0.00016	0.999	0.895	0.494	0.87768

نلاحظ أن الشبكة العصبونية الصناعية التي تحتوي على عدد عصبونات (1-18-1) هي الأفضل لبارامتر وزن السجارة مع الاعتماد على تابع التنشيط purelin في طبقة الخرج والتابع tansig في الطبقة الخفية وتابع التدريب Trainlm، حيث كانت الأخطاء mse تساوي خلال فترة التدريب **0.000000002532** وتساوي خلال فترة التحقق **0.00000806427** وتساوي خلال فترة الاختبار **0.000319639** وهي قيم قريبة من الصفر، وقد أعطت الشبكة قيمة عالية لمعامل الارتباط حيث كانت مراحل التدريب والتحقق والاختبار على الترتيب (**1, 0.97547, 0.95009**) وقد بلغت القيمة الكلية **0.96409** وهي قيمة قريبة جداً من الواحد، وبالتالي الشبكة المصممة مثالية، وتحقق الاستجابة للأنحراف الحقيقي للسجائر بدقة عالية، كما في الشكل(11):



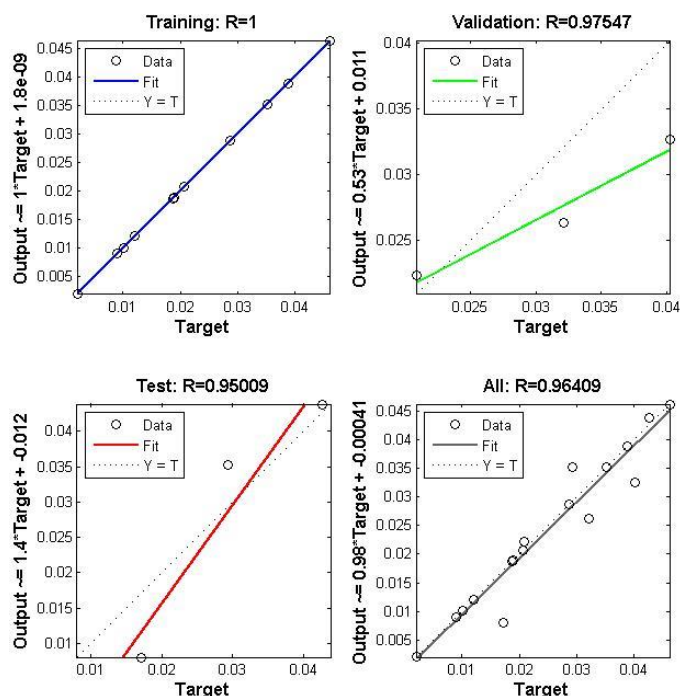
الشكل (11) هيكلية الشبكة العصبية المثالية لوزن السجارة

وقيمة متوسط مربعات الأخطاء mse للشبكة المثالية موضحة في الشكل (12):



الشكل (12) قيمة MSE مربعات الأخطاء لوزن السجارة

ويوضح الشكل (13) قيم معامل الارتباط للتدريب والتحقق والاختبار:



الشكل (13) معامل الارتباط R لبارامتر وزن السيارة

وتم الاعتماد على النتائج الموضحة في الجدول (7) لبارامتر قطر السيارة:

الجدول (7) نتائج التدريب لبارامتر قطر السيارة

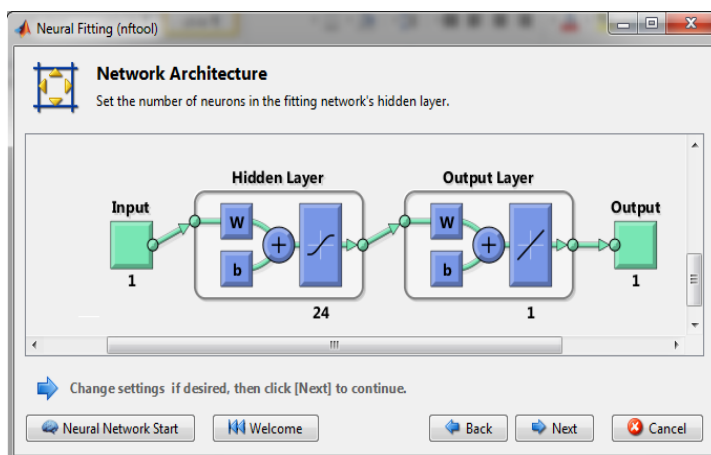
Tan-pur-trainIm-nnstart	Mse للتدريب	Mse للتحقق	Mse للاختبار	R للتدريب	R للتحقق	R للاختبار	R الكلي
2	0.000013	0.00000022	0.0000237	0.867	0.999	0.973	0.86284
3	0.000018	0.00000067	0.0000786	0.784	0.998	0.997	0.80607
4	0.000007	0.00000078	0.0000526	0.913	0.847	0.764	0.84461
5	0.000019	0.00000042	0.0000124	0.817	0.979	0.950	0.82792
6	0.000016	0.0000173	0.0000233	0.799	0.998	0.866	0.80134
7	0.000018	0.0000014	0.0000171	0.797	0.997	0.913	0.84397
8	0.000013	0.0000684	0.0001391	0.833	0.856	0.893	0.79164
9	0.0000083	0.0000366	0.0000352	0.921	0.999	0.999	0.8461

زيادة الميزة التنافسية في المنشآت الصناعية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (المؤسسة العامة للتبغ)

10	0.0000011	0.000016	0.0001077	0.984	0.930	0.922	0.8068
11	0.000011	0.0000001	0.0000442	0.910	0.99	0.694	0.87619
12	0.000006	0.000013	0.0000116	0.924	0.925	0.999	0.92148
13	0.000012	0.000001	0.0000175	0.887	0.998	0.884	0.88025
14	0.000003	0.000020	0.0000196	0.976	0.902	0.901	0.91325
15	0.000015	0.0000030	0.0000027	0.818	0.999	0.930	0.8418
16	0.0000002	0.000026	0.0000435	0.997	0.662	0.407	0.86495
17	0.000012	0.000026	0.0000262	0.868	0.987	0.945	0.8353
18	0.0000004	0.0000044	0.0000143	0.996	0.926	0.842	0.9653
19	0.0000013	0.0000133	0.0000156	0.991	0.991	0.767	0.94119
20	0.0000007	0.000020	0.0000783	0.990	0.828	0.610	0.81603
21	0.0000022	0.000016	0.000040	0.979	0.784	0.995	0.92277
22	0.0000020	0.0000063	0.000029	0.999	0.991	0.962	0.95042
23	0.0000003	0.000020	0.0000063	0.997	0.917	1	0.95531
<b>24</b>	<b>0.0000752</b>	<b>0.000004</b>	<b>0.000006</b>	<b>1</b>	<b>0.945</b>	<b>0.941</b>	<b>0.96521</b>
25	0.0000021	0.000006	0.0000601	0.980	0.992	0.482	0.87311
26	0.0000056	0.000007	0.0000009	0.951	0.898	0.998	0.94586
27	0.0000155	0.000047	0.000004	0.812	0.989	0.980	0.8219
28	0	0.000005	0.000017	1	0.912	0.643	0.96741
29	0.0000023	0.000006	0.0000341	0.956	0.999	0.996	0.92645
30	0.0000006	0.000014	0.000042	0.993	0.850	0.650	0.89467
31	0.000011	0.000006	0.0000056	0.883	0.996	0.611	0.904428
32	0.000002	0.000005	0.0000370	0.977	0.945	0.684	0.91346
33	0.0000018	0.000004	0.000008	0.983	0.956	0.923	0.96589
34	0.000028	0.000004	0.000096	0.812	0.958	0.967	0.82661
35	0.0000004	0.00001	0.000007	0.996	0.943	0.710	0.95926
36	0.0000019	0.000142	0.0000108	0.980	0.999	0.979	0.86549
37	0.0000002	0.000022	0.000008	0.997	0.998	0.564	0.87005
38	0.0000018	0.000003	0.000033	0.983	0.989	0.783	0.92556
39	0.0000017	0.000007	0.000013	0.983	0.980	0.742	0.95045
40	0.00000003	0.0000127	0.000066	1	0.867	0.998	0.85434

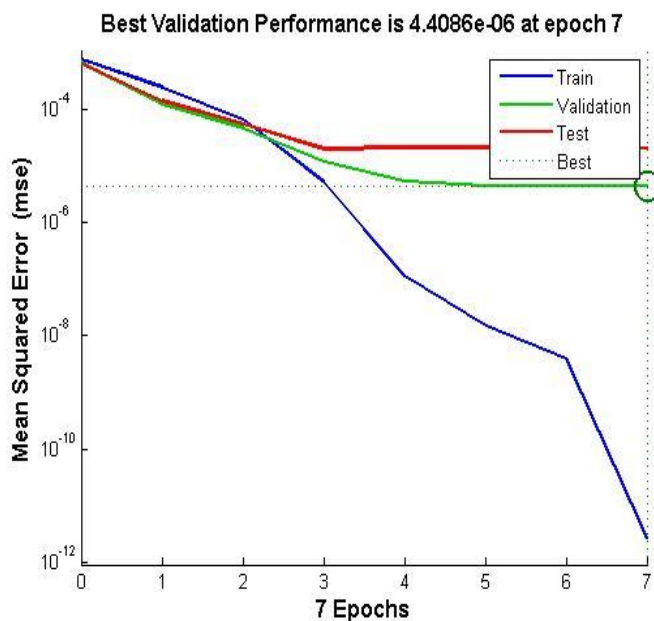
نلاحظ أن الشبكة العصبونية الصناعية التي تحتوي على عدد عصبونات (1-24-1) هي الأفضل لبارامتر قطر السجارة، حيث كانت الأخطاء mse تساوي خلال فترة التدريب **0.0000752** وتساوي خلال فترة التحقق **0.000004** وتساوي خلال فترة الاختبار **0.000006** وهي قيم قريبة من الصفر، وقد أعطت الشبكة قيمة عالية لمعامل الارتباط حيث كانت مراحل التدريب والتحقق والاختبار على الترتيب (1, **0.945**, **0.941**) وقد بلغت القيمة الكلية **0.96521** وهي قيمة قريبة جداً من الواحد، وبالتالي الشبكة المصممة

مثالية، وتحقق الاستجابة للانحراف الحقيقي للسجائر بدقة عالية ويبين الشكل (14) هيكلية الشبكة العصبية المثالية لقطر السجارة:



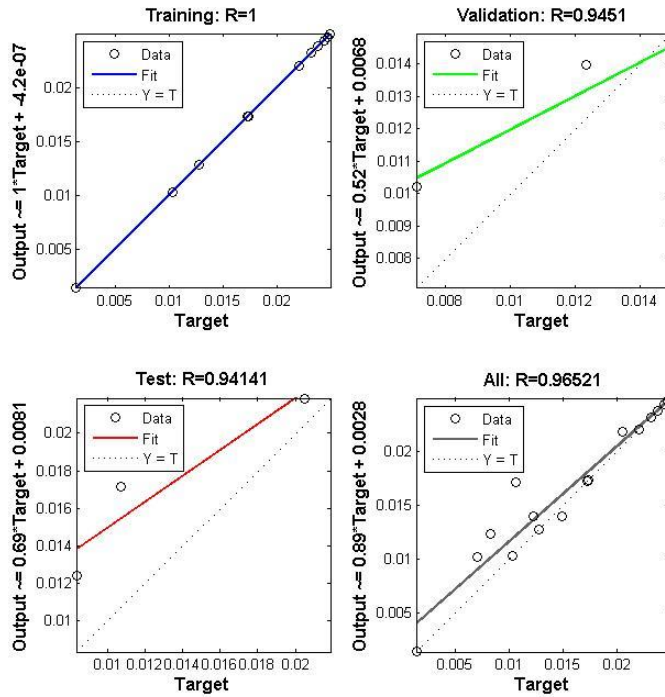
الشكل (14) هيكلية الشبكة العصبية المثالية لقطر السجارة

وقيمة متوسط مربعات الأخطاء mse للشبكة المثالية موضحة في الشكل (15):



الشكل (15) قيمة MSE مربعات الأخطاء لقطر السجارة

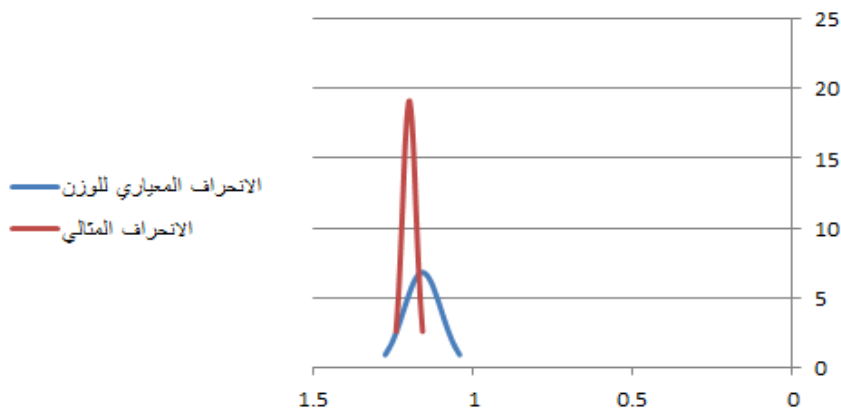
ويوضح الشكل (16) قيم معامل الارتباط للتدريب والتحقق والاختبار:



الشكل (16) معامل الارتباط R لبارامتر قطر السجارة

ويوضح الشكل (17) منحنيات التوزيع الطبيعي لقراءات وزن السجارة بين الانحراف المعياري للوزن والانحراف المعياري المنتبأ فيه أو الانحراف المعياري المثالي، حيث أن المتوسط الحسابي لقراءات خمسين عينة هو 1.16 والانحراف المعياري هو 0.058345 بينما المتوسط الحسابي المثالي هو 1.2012 والانحراف الناتج عن الشبكة هو 0.020863:

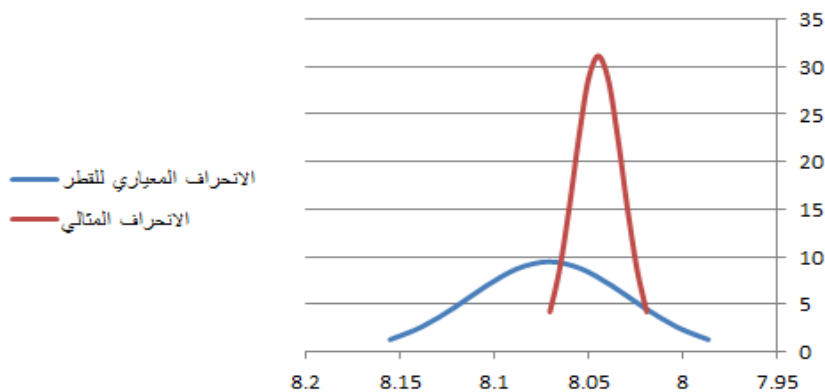
### الشهر السادس ٢٠٢١



الشكل (17) الفرق بين قيم الانحراف المعياري والمنتبأ فيه للوزن

ويوضح الشكل (18) منحنيات التوزيع الطبيعي لقراءات قطر السجارة بين الانحراف المعياري للقطر والانحراف المعياري المنتبأ فيه علماً بأن المتوسط الحسابي للقراءات قطر السجارة هو 8.071 والانحراف المعياري هو 0.0421 بينما المتوسط الحسابي المثالي هو 8.045 والانحراف الناتج عن الشبكة هو 0.012817:

### الشهر السادس ٢٠٢١



الشكل (18) الفرق بين قيم الانحراف المعياري والمنتبأ فيه للقطر

نلاحظ من الشكلين (17) و(18) أن قيمة الانحراف المعياري الناتج عن الشبكة العصبية هو أقل من قيمة الانحراف المعياري لقراءات السجائر وبالتالي تخفيض العيوب في المنتجات وجعلها ضمن المواصفات القياسية وبالتالي زيادة جودة السجائر .

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

1. استخدام الشبكات العصبية الصناعية في عملية التنبؤ بالأعطال والانحراف المعياري الحقيقي لبارامترات السجائر يمكن أن يخفض من فترة صيانة الآلات وبالتالي تصنيع منتجات بجودة عالية بأقل تكلفة ممكنة وبأقل زمن ممكن.
2. أثبتت الشبكة العصبية الصناعية ذات الهيكلية (40-40-3) للآلة القديمة رقم 2 بمتوسط مربعات أخطاء mse منخفضة وقريبة من الصفر، وبمعامل ارتباط عالي بين القيم الحقيقية والقيم الناتجة عن الشبكة قدرتها على التنبؤ بأعطال الآلة 2 في المؤسسة العامة للتبغ وبالتالي تخفيض زمن الكشف عن العطل ووضع الآلة في الخدمة بأقل زمن ممكن.
3. أثبتت الشبكة العصبية الصناعية ذات الهيكلية (1-18-1) لبارامتر وزن السيارة والهيكلية (1-24-1) لبارامتر قطر السيارة بمتوسط مربعات أخطاء mse منخفضة وقريبة من الصفر، وبمعامل ارتباط عالي بين القيم الحقيقية والقيم الناتجة عن الشبكة قدرتها على التنبؤ بالانحراف المعياري المثالي، حيث تم تخفيض قيمة الانحراف لوزن السيارة من 0.058345 إلى القيمة 0.020863 وتخفيض الانحراف المعياري لقطر السيارة من 0.0421 إلى 0.012817 وبالتالي زيادة جودة منتجات السجائر بجعل البارامترات ضمن المواصفات القياسية المتبعة في المؤسسة العامة للتبغ.



## التوصيات:

1. تطبيق نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية لزيادة الميزة التنافسية في المنشآت الصناعية، وتطبيقها على الآلات بإدخال بيانات الأعطال في الوردية الصباحية بشكل منفصل عن باقي الورديات ولأعوام أكثر للحصول على نتائج أكثر دقة.
2. ضرورة استخدام برامج وتطبيقات الذكاء الصناعي في مجال الصناعة، لما يعود بنتائج دقيقة تحاكي واقع المنشآت الصناعية من أجل التحسين المستمر للحصول على منتجات ذات جودة العالية تميزها عن المؤسسات المنافسة وتلبي حاجات المستهلك.
3. دراسة تأثير بارامترات أخرى لزيادة الميزة التنافسية مثل صناعة أصابع الفلتروصناعة الورق الأبيض للسجائر وكيفية تخزين التبغ وبارامترات أخرى تساعد في الحصول على نتائج أدق.
4. تكثيف البرامج والدورات التدريبية لكوادر الشركة على استراتيجيات الميزة التنافسية (ميزة التكلفة الأقل، ميزة اختصار الوقت، ميزة تميز المنتج) واستغلال الكفاءات والمهارات والتقنيات التكنولوجية لتحقيق أرباح عالية.

## المراجع:

1. BORG, D; PINTO, F; SUETAKE, M. *Neutral networks as a diagnosing tool for industrial level measurement through non-contacting radar type and support to the decision for its better application.* Brazil, 49-30, 2016, 349-354.
2. ZHAO, B; CHEN, H; XU, L. *Risk assessment of unit maintenance based on fuzzy second generation curvelet neural network.* 59, 2020,1823-1831.
3. CRUZ, Y; RIVAS, M; QUIZ, R. *Ensemble of convolution neural networks based on an evolutionary algorithm applied to an industrial welding process.* Spain, Universidad de Matanzas, 133, 2021, 1-9.
4. LI, B; TIAN, W; ZHANG, C; HUA, F. *Positioning error compensation of an industrial robot using neural networks and experimental study.* China, Nanjing University, 35(2), 2022, 346-360.
5. VELASCO, L; ARNEJO, K; MACARAT, J. *Performance analysis of artificial neural network models for hour-ahead electric load forecasting .* 197, 2022, 16-24.
6. NGUYEN, N; ZHOU, J; KANG, J. *A calibration method for enhancing robot accuracy though integration of an extended kalman filter algorithm and an artificial neural network.* Neurocomputingm, 151, 2015, 996-1005.
7. BARYRO, E; LECHUGA, L. *Geometric techniques for robotics and HMI: interpolation and haptics in conformal geometrics algebra and control using quarter-nion spike neural networks.* 104, 2018, 72-84.
8. BIAGETTI, L; KOCHAR, A; CRISTALLI, C. *Cognitive grasping system: A grasping solution for industrial robotics manipulation using convolutional neural network.* Italy, 51, 2020, 32-37.
9. ALBLAWI, A. *Fault diagnosis of an industrial gas turbine based on the thermodynamic model coupled with a multi feedforwarded artificial neural networks.* Saudi arabia, 6, 2020, 1083-1096.
10. OKOJI, A; ANOZIE,A. OMOLEYE,J; *Evaluating the thermodynamic efficiency of the cement grate clinker cooler process using artificial neural networks and ANFIS.* Nigeria, 13, 2022, 1-10.

## استخدام المرشح الغاوصي لتقليل نسبة الخطأ في

### نماذج التنبؤ في السلاسل الزمنية

طالبة الماجستير: م. حلا مطانس المقدسي

كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

إشراف الدكتورة: أليدا اسبر

#### ملخص البحث:

تعتبر السلاسل الزمنية أداة تخطيط مهمة في جميع المجالات العملية، حيث تطورت كثيراً وأصبح بالإمكان استخدامها لغرض التنبؤ في المستقبل والطلب على خدمة أو سلعة ما من قبل كبرى الشركات أو المؤسسات العالمية لانجاز عمليات التخطيط الخاصة بها. تتضمن السلاسل الزمنية ضوضاء، فمن المفيد تقليل الضوضاء لتقليل نسبة الخطأ والحصول على نماذج أكثر دقة.

في هذا البحث، تم استخدام المرشح الغاوصي لتتبع السلسلة الزمنية (تقليل الضوضاء)، ثم استخدم نموذج Arima مع السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوصي، حيث أظهرت المقارنة بين نموذج (non gaussian-ARIMA) ونموذج (gaussian -ARIMA) انخفاض ملحوظ في نسبة الخطأ مع السلاسل المطبق عليها المرشح الغاوصي.

بعد ذلك تمت المقارنة مع بعض النماذج المستخدمة لتقليل نسبة الخطأ وتحسين دقة التنبؤ في أبحاث سابقة مثل التحويل المويجي.

لتقييم دقة النموذج وكذلك المقارنة بين النماذج المختلفة تم استخدام معيار Root Mean Squared Error (rmse). أظهرت نتائج المقارنة بعد تطبيق (المرشح الغاوصي ، التحويل المويجي) على مجموعة البيانات ذاتها تحسن كبير في التنبؤ ولكن نسبة الخطأ اقل عند استخدام مرشح غاوص مقارنة بأنواع الفلاتر الأخرى.

**الكلمات المفتاحية:** السلاسل الزمنية ، التنبؤ ، المرشح الغاوصي ، نموذج ARIMA ، التحويل المويجي.

## Using a Gaussian filter to reduce the error rate in time-series forecast models

### Abstract:

Time series is an important planning tool in all practical fields, as it has developed a lot and can be used for the purpose of forecasting the future and the demand for a service or commodity by major international companies or institutions to complete their own planning processes.

Time series may include noise, it is useful to reduce noise to reduce error rate and obtain more accurate models.

In this paper, a gaussian filter was used to smooth the time series "reduce noise", then the Arima model was used with the series Gaussian filter applied to. The comparison between "non-gaussian-ARIMA" model and "gaussian-ARIMA" model showed a significant decrease in the error rate with the series to which the Gaussian filter was applied. After that, it was compared with some models used to reduce the error rate and improve the prediction accuracy in previous research, such as (wavelet transformation). To evaluate the accuracy of the model as well as to compare the different models, a Root Mean Squared Error "rmse" was used. The results of the comparison after applying (the wavelet transformation, gaussian filter) to the same data set showed a significant improvement in prediction but a lower error rate when using the Gaussian filter compared to other types of filters.

**keywords:** Time series, forecasting, Gaussian filter, ARIMA models, wavelet transformation.

## 1. المقدمة :

يعد التنبؤ أحد أهم القضايا التي تدخل في العديد من التطبيقات في الحياة العملية، الى جانب كونه عاملاً هاماً وضرورياً لبناء الخطط المستقبلية واتخاذ القرار للشركات في جميع القطاعات، فمن أجل إتخاذ القرار السليم في المستقبل لا بد من تحليل متغيرات الماضي والحاضر ، بناءً على افتراض أن الاتجاهات المستقبلية ستشبه الاتجاهات السابقة.

بمعنى آخر، التنبؤ هو محاولة لتقدير حالة السوق المستهدف خلال فترة زمنية محددة، وبناء توقع مدروس لما سيحدث في المستقبل بناءً على البيانات التاريخية. ويكثر استخدام أدوات التنبؤ في بيانات السلاسل الزمنية وذلك لأن معظم هذه البيانات تم تجميعها لظواهر خلال فترات زمنية في الماضي.

يتضمن التنبؤ استخدام نماذج مناسبة للبيانات التي تم جمعها عبر الزمن للتنبؤ بالقيم المستقبلية تدعى "نماذج التنبؤ بالسلاسل الزمنية time series forecasting models"، والذي يوفر نهجاً يعتمد على البيانات للتخطيط الفعال. يتم تطوير تنبؤات السلاسل الزمنية بناءً على تحليل السلاسل الزمنية، والتي تشمل على طرق لتحليل بيانات السلاسل الزمنية لاستخراج إحصاءات ذات مغزى وخصائص أخرى للبيانات. الهدف من توقع السلاسل الزمنية هو التنبؤ بقيمة أو تصنيف مستقبلي في نقطة زمنية معينة.

نظراً لأهمية التنبؤ يوجد تحسن مستمر في نماذج التنبؤ الزمنية، حيث يقوم نموذج التنبؤ بتحليل سلوك البيانات والعثور على النمط في البيانات واستخدام هذا النمط للتنبؤ، هناك العديد من نماذج التنبؤ التي تتراوح من النماذج الأساسية مثل نماذج التنبؤ البسيطة "simple forecasting" (average , Naïve ,seasonal Naïve ..) التي تكون بمثابة معايير بدلاً من كونها طريقة الاختيار. أي أن أي طرق تنبؤ نظورها ستم

مقارنتها بهذه الطرق البسيطة للتأكد من أن الطريقة الجديدة أفضل من هذه البدائل البسيطة. إذا لم يكن الأمر كذلك، فإن الطريقة الجديدة لا تستحق الدراسة. و أيضا نماذج التتبع الأسي "exponential smoothing" ( , Holt's linear trend ) و Holt-Winters' seasonal....) التي تم تطويرها لتلتقط الاتجاه والموسمية، حيث تعتمد مبدأ تتبع البيانات من خلال حساب المتوسط لكل مجموعة بيانات مع إعطاء اوزان مختلفة. و إلى النماذج الأكثر تقدماً مثل نماذج "box-jenkins" ( ARIMA SARIMA)، التي تلتقط الاتجاه والموسمية ، بالإضافة إلى ( XSARIMA ) التي يمكنها التعامل مع عوامل إضافية خارجية. تحلل هذه النماذج البيانات التاريخية من أجل تقديم تقديرات للمستقبل.

## 2. هدف البحث :

السلاسل الزمنية ليست دائما سلاسل حتمية. في الواقع، تعتبر في معظم الأحيان سلسلة عشوائية ثابتة. حيث تتمثل إحدى طرق تصميم سلسلة زمنية في اعتبارها دالة حتمية بالإضافة إلى ضوضاء بيضاء أو ملونة عشوائية. عندما يتم تقليل عنصر الضوضاء في سلسلة زمنية بعناية من خلال عملية تسمى تقليل الضوضاء، يمكن الحصول على نموذج أفضل لتلك السلسلة.

الهدف الأساسي لهذه الورقة هو تقليل الضوضاء الموجودة في السلاسل الزمنية باستخدام الفلاتر، بالإضافة إلى تقديم نموذج زمني يستخدم خوارزميات السلاسل الزمنية مع الفلاتر للتنبؤ حيث يعطي نسبة خطأ أقل ما يمكن. علاوة على ذلك، تحاول الدراسة إظهار المزايا في النمذجة والتنبؤ عندما يتم تقليل الضجيج في السلاسل الزمنية باستخدام المرشح الغاوسي. حيث ينتج عن تقليل الضوضاء باستخدام المرشح الغاوسي سلسلة أكثر سلاسة مع الحفاظ على البنية الدقيقة لتلك السلسلة، ثم استخدام نموذج Arima مع السلسلة الزمنية المطبق عليها الفلتر الغاوسي. قارنا أداء النموذج المقترح "gaussian-ARIMA" للتنبؤ مع أداء النموذج بدون الفلتر "non gaussian-ARIMA".

"ARIMA، ثبت أنه مفيد جداً لنمذجة السلاسل والتنبؤ بأفضل دقة ممكنة مقارنة مع أنواع الفلاتر الأخرى المستخدمة لتقليل الضجيج.

### 3. تنظيم البحث:

يتم تنظيم هذه الورقة البحثية على النحو التالي:  
القسم الرابع يعرض بعض الدراسات المرجعية . في القسم الخامس يتم إعطاء المفهوم الرياضي لنموذج ARIMA ، بالإضافة الى تقليل الضوضاء باستخدام "المرشح الغاوسي"، و مجموعة البيانات التي يتم استخدامها لإظهار فوائد استخدام "المرشح الغاوسي" في تحليل السلاسل الزمنية . يعرض القسم السادس الجانب العملي لتطبيق نموذج arima مع كل من المرشح الغاوسي والتحويل المويجي. القسم السابع يقدم النتائج لكل من نموذج "gaussian-arima" ونموذج "non gaussian-arima" بالإضافة الى مقارنة انواع التحويلات الأخرى ومناقشة النتائج. القسم 8 يختتم هذه الورقة. يعرض القسم 9 المراجع المستخدمة في هذه الورقة.

### 4. دراسات مرجعية :

اتفقت معظم الأبحاث التي تستخدم خوارزميات التنبؤ في السلاسل الزمنية على اثبات أن النماذج التي تم تطويرها أفضل من النماذج السابقة، بالإضافة الى كونها محسنة لما تم تطويره من خوارزميات.

قدم الباحثون في [1] دراسة تهدف الى تصميم نموذج أكثر دقة مقارنة بالنماذج البسيطة المستخدمة حتى عام 2013 ، تهدف الدراسة للتنبؤ بأعداد ركاب النقل بالاعتماد على نماذج ARIMA حيث كان لها تأثير ايجابي على زيادة دقة التنبؤ مقارنة بالنماذج البسيطة السابقة.

بينما ركزت بعضت الابحاث على امكانية اختيار النموذج الأنسب مع الأخذ بالاعتبار مكونات السلسلة الزمنية، حيث طور الباحثون في [2] نموذج تنبؤ بالاعتماد على Box-Jenkins، اعتمدوا نموذج SARIMA للتنبؤ بعدد المسافرين على شبكة السكك الحديدية

باعتبار ان السلسلة الزمنية لحركة الركاب لها نمط موسمي قوي مع اتجاه غير ثابت، ونظرا لوجود قيم متطرفة فان نسبة الخطأ تقارب 59 وهي كبيرة نوعا ما.

اقترح الباحثون في [5] نموذج تنبؤ شامل يعتمد على تحليل السلاسل الزمنية للتنبؤ بتدفق ركاب السكك الحديدية ولحل المشكلات التي لا يمكن حلها بالطرق التقليدية في سياق البيانات الضخمة، حيث اعتمد "average" weighted moving كنموذج للتنبؤ. حتى الوقت الحالي، فان تحسين دقة التنبؤ من خلال تقليل نسبة الخطأ موضوع بحثي شائع الأهمية، قدم الباحثون في [6] نموذج تنبؤ هجين قائم على تحليل السلاسل الزمنية بالاعتماد على التحلل الموسمي والاتجاهي (loess(STL) لتحليل تدفق ركاب السكك الحديدية ثم استخدام الانتروبي التقريبية (APEN) لتحديد إمكانية التنبؤ بكل مكون، حيث أظهرت " APEN " قيمة أصغر للاتجاه لذلك تم تطوير "holt-winter" للتنبؤ بالمكونات الموسمية والاتجاه، وتم اقتراح شبكات الذاكرة طويلة المدى " LSTM " للتنبؤ بالمتبقي مع إمكانية التنبؤ المنخفضة، ثم تم الجمع بين هذه النماذج للتنبؤ بتدفق الركاب على المدى القصير.

كما اعتمد الباحثون في [3] Kalman Filter للتنبؤ بحركة ركاب السكك الحديدية بهدف تقليل نسبة الخطأ مقارنة بنموذج SARIMA التقليدي، بالإضافة الى زمن معالجة اسرع من زمن المعالجة في نموذج SARIMA.

بينما اعتمد الباحثون في [4] " Wavelet transformation " في تحليل السلاسل الزمنية، وفي تقليل الضجيج في السلاسل الزمنية بشكل خاص، مع الاخذ بالاعتبار بأنه يمكن الحصول على المزيد من المعلومات عند تحليل سلسلة زمنية الى عدة سلاسل ذات دقة مختلفة باستخدام " wavelet transform " وتقليل نسبة الخطأ مقارنة مع نموذج .ARIMA



## 5. أدوات البحث والبيانات:

### 5-1. نموذج ARIMA:

قدم الباحثون في [13] الانحدار التلقائي المتكامل للمتوسط المتحرك "ARIMA" وهو أحد النماذج الخطية الشائعة في التنبؤ بالسلاسل الزمنية خلال العقود الثلاثة الماضية. حسب الدراسة [12] تعتمد نماذج ARIMA على نموذج الانحدار التلقائي "AR" ونموذج المتوسط المتحرك "MA" والجمع بين نماذج AR و MA ونماذج ARMA . يشتمل نموذج AR على شروط متأخرة في السلاسل الزمنية نفسها، ويتضمن نموذج MA شروطاً متأخرة على الضوضاء أو المخلفات. أوضحت الدراسة [18] الشرط الأول لنمذجة ARIMA هو أن تكون بيانات السلاسل الزمنية التي سيتم نمذجتها إما ثابتة أو يمكن تحويلها إلى ثابتة. لذلك، فإن الحرف "I" (متكامل) يعني أنه يتم تطبيق فرق الترتيب الأول من أجل تثبيت سلسلة زمنية معينة. يتطلب الاختلاف من الدرجة الأولى أن هناك حاجة للبحث بين الملاحظات في عينتين متتاليتين.

يستخدم نموذج ARIMA في حالة وجود سلسلة زمنية ذات اتجاهات. في نموذج الانحدار التلقائي المتكامل للمتوسط المتحرك "ARIMA"، يُفترض أن تكون القيمة المستقبلية للمتغير دالة خطية للعديد من الملاحظات السابقة والأخطاء العشوائية. أي أن العملية الأساسية التي تولد السلسلة الزمنية تملك الشكل:

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

حيث  $y_t$  و  $\varepsilon_t$  هي القيمة الفعلية والخطأ العشوائي في الفترة الزمنية  $t$ ، على التوالي؛  $\phi_i$  ( $i=1; 2; \dots; p$ ) و  $\theta_j$  ( $j=0; 1; 2; \dots; q$ ) هي بارامترات النموذج.

$\rho$  و  $q$  هي أعداد صحيحة وغالبًا ما يشار إليها ببارامترات النموذج. من المفترض أن يتم توزيع الأخطاء العشوائية،  $\varepsilon_t$ ، بشكل مستقل ومتماثل بمتوسط صفر وتباين ثابت  $\sigma^2$ .

حسب الدراسة [18] والدراسة [11] تتضمن طريقة Box-Jenkins في جوهرها ثلاث خطوات لملاءمة نموذج ARIMA. وهي التحديد والتقدير والتحقق من النموذج. تعتمد الخطوة الأولى بشكل عام على تحليل وظيفة الارتباط التلقائي "ACF" و الارتباط التلقائي الجزئي "PACF". الخرج من الخطوة الأولى "التحديد" هو تحديد بنية نموذج  $(p, d, q)$  مناسب. يجب أن تكون بنية النموذج المحدد في الخطوة السابقة مناسبة للسلسلة الزمنية ومعاييرها المراد تقديرها.

هذا هو جوهر الخطوة الثانية ويتم ذلك باستخدام مجموع المربعات الشرطي أو طريقة الاحتمال الأقصى. يتم إجراء التحقق من صحة النموذج المحدد من خلال "the diagnostic checking" عن طريق تحليل الثباتية، والعكس بالإضافة إلى وجود التكرار في معلمات النموذج. إذا فشل النموذج المحدد في diagnostic checking (السلسلة غير ثابتة)، فمن الضروري تكرار الإجراء بالكامل مرة أخرى. حتى العثور على نموذج مناسب، يمكن استخدامه لغرض التنبؤ.

اختيار بارامترات النموذج موجودة في خطوة تحديد النموذج. في الحقيقة أن هذه الخطوة تستند أساسًا إلى تفسيرات رسومية لتقديرات ACF / PACF. لتحسين تحديد الترتيبات النهائية لعمليات ARMA، هناك الكثير من معايير اختيار النموذج المقترحة حسب الدراسة [9].

المعايير الأكثر استخدامًا هي معايير المعلومات مثل Akaike Information Criterion و  $(AIC)$  و Bayesian Information Criterion  $(BIC)$  و Normalized BIC. تم تصميم معايير المعلومات هذه للتعامل مع ملاءمة النماذج غير الخطية ولحساب عدد المعلمات في النموذج أيضًا. وهي تتكون من متوسط الخطأ التربيعي "MSE" والاحتمال لعدد المعلمات التي يتم تقديرها حسب الدراسة [7]:

$$AIC = T \ln (MSE) + 2k ; \quad (2)$$

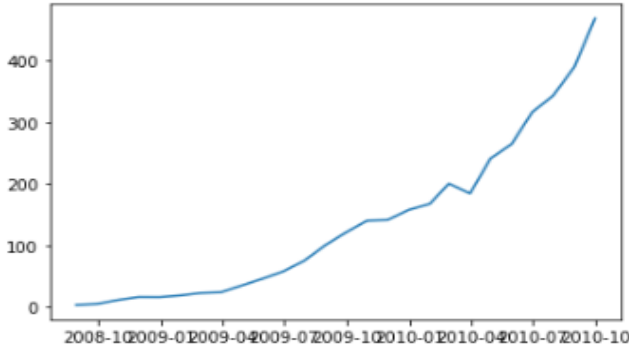
$$BIC = T \ln (\text{MSE}) + k \ln (T) \quad (3)$$

$$\text{Normalized BIC} = \ln (\text{MSE}) + k \frac{\ln(T)}{T} \quad (4)$$

حيث:  $T$  هو عدد المشاهدات،  $k$  هو عدد المعلمات في النموذج  $k = p + q + 1$ . غالبًا ما يتضمن الإجراء الشائع تقدير النموذج الأكبر الذي يُفترض أنه يلتقط ديناميكيات سلسلة زمنية بشكل صحيح ثم تقليل حجمها (إزالة التأخيرات) حتى يتم الوصول إلى الحد الأدنى لقيمة  $AIC$  أو  $BIC$  أو  $\text{Normalized BIC}$ .

## 5-2. التنعيم الغوسي:

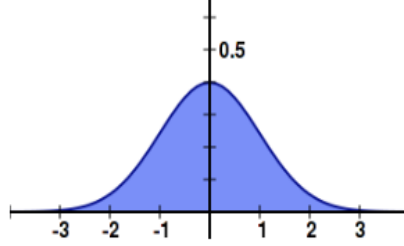
قدم *Suraj Regmi* التنعيم الغاوسي في بيانات السلاسل الزمنية. بيانات السلاسل الزمنية، كما يشير اسمها، هي البيانات المفهرسة بالوقت. يتم جمع نقاط البيانات في طوابق زمنية مختلفة. عادة، سيكون لدينا متغيرات زمنية مثل الساعة أو اليوم أو السنة في المحور  $X$  والبيانات التي نجعلها في المحور  $Y$ . البيانات المرصودة هي نقاط البيانات التي نلاحظها. هم نتيجة لتوليد البيانات. من ناحية أخرى، البيانات الحقيقية هي الحقيقة، القيمة الحقيقية لما يحدث في العالم. في الشكل 1، نلاحظ ارتفاع وانخفاض مفاجئ يدعى ضوضاء (ضجيج). لذلك، أثناء العمل مع هذه البيانات، من المفيد تقليل الضوضاء. تسمى عملية تقليل الضوضاء الناتجة عن بيانات السلاسل الزمنية هذه عن طريق حساب متوسط نقاط البيانات مع جيرانها "التجانس". سنقوم بتطبيق نواة غاوص بشكل أكثر سلاسة لتنفيذ عملية التنعيم أو تقليل الضوضاء.



الشكل 1. سلسلة زمنية لمجموعة بيانات خطوط حديدية شهرية تحوي ضجيج (ارتفاعات وانخفاضات مفاجئة).

### 5-2-1. نواة غاوص

تحدد النواة شكل التابع المستخدم لأخذ متوسط النقاط المجاورة. نواة غاوص لها شكل منحنى غاوص. منحنى غاوص في الشكل التالي:



الشكل 2. منحنى غاوص

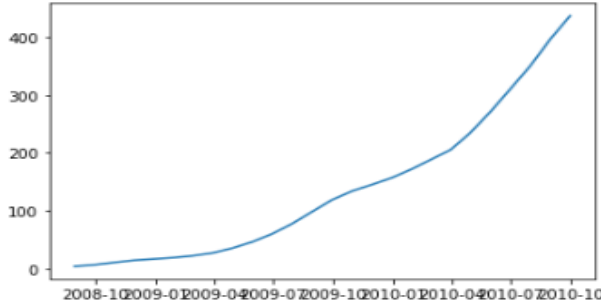
كما هو موضح في الشكل 2، سيتم اعطاء وزن اعلى للنقاط القريبة (حول 0 في المنحنى أعلاه) وسيتم اعطاء وزن اقل للنقاط الأبعد.

$$k(x^*, x_i) = \exp\left(-\frac{(x^* - x_i)^2}{2b^2}\right); \quad (5)$$

حيث يحدد  $b$  عرض النواة.

### 5-2-2. عملية التنعيم (smoothing):

للقيام بعملية التنعيم، نتابع البيانات نقطة تلو الأخرى. لكل نقطة، نحسب قيم تابع kernel ونحسب المتوسط المرجح لنقاط البيانات الموزونة بقيم دالة kernel.



الشكل 3. السلسلة الزمنية لمجموعة بيانات الخطوط الحديدية الشهرية بعد ازالة الضجيج.

في الشكل 3 نلاحظ اختفاء الارتفاعات والانخفاضات في السلسلة الزمنية نوعا ما بعد ازالة الضوضاء منها من خلال تطبيق المرشح الغاوسي، لذلك ، حققنا ما أردنا القيام به باستخدام نواة غاوص بشكل أكثر سلاسة.

### 5-3. التحويل المويجي wavelet transform

كما ذكر سابقا، عندما يتم تقليل الضوضاء في سلسلة زمنية، يمكن الحصول على نموذج افضل لتلك السلسلة.

بالإضافة لاستخدام المرشح الغاوسي لتقليل الضوضاء يمكن تطبيق تحويلات رياضية مثل تحويل فورييه و التحويل المويجي في تقليل الضجيج أيضا. يستخدم التحويل المويجي المنفصل "DWT" لتحليل السلاسل المنفصلة. تُستخدم مرشحات بترددات قطع مختلفة لتفكيك وتحليل الإشارة بمقاييس مختلفة. يتم تغيير دقة تردد الإشارة من خلال عمليات التصفية.

يمكن إجراء عملية DWT عن طريق تمرير السلسلة عبر مرشحات تمرير منخفض رقمي نصف نطاق ومرشحات عالية. وبذلك ، تتضاعف دقة التردد لأن نصف النطاق الأصلي فقط موجود في السلاسل المرشحة. بعد تمرير السلسلة عبر المرشحات، يمكن

التخلص من نصف العينات وفقاً لمعيار Nyquist (أي نصف العينات زائدة عن الحاجة). لذلك، بعد أخذ عينات جزئية بمقدار اثنين فرضاً، يتم تقليل دقة الوقت بمقدار النصف. يمكن تكرار الإجراء أعلاه لمزيد من التحلل. تتوافق المعاملات الموجية مع التفاصيل، عندما تكون التفاصيل صغيرة، يمكن اعتبارها ضوضاء وبالتالي يتم حذفها دون المساس بالتفاصيل الدقيقة للسلسلة الأصلية. بعبارة أخرى، بدون الخوض في المتغيرات الرياضية الرسمية، يقوم التحويل الموجي بتحويل ضغط معظم طاقة السلسلة الأصلية إلى عدد صغير من معاملات الموجة الكبيرة. وهكذا، فإن المعاملات الموجية القليلة التي تمثل السلسلة الأصلية تلتصق فوق الضوضاء. لذلك، فإن العتبة لها تأثير أنها تقتل الضوضاء بينما لا تقتل السلسلة. هذا هو جمال التحويل الموجي. ومن ثم، فإن الفكرة وراء تقليل الضوضاء الموجي "wavelet denoising" هي تحديد معاملات الموجات عند كل مستوى متعدد الحلول لتنظيف التفاصيل غير المهمة التي تعتبر ضوضاء.

النموذج الأساسي للسلسلة التي تحوي ضجيج هو في الأساس الشكل التالي:

$$S_t = f_t + e_t \quad (6)$$

حيث  $e_t$  هي عملية توزيع طبيعية متعددة المتغيرات بمتوسط صفري و مصفوفة تباين  $\Gamma_t$ .

الهدف من تقليل الضوضاء هو قمع جزء الضوضاء من السلسلة  $S_t$  واستعادة  $f_t$ .

التحويل الموجي له خاصية "عدم الارتباط". نظراً لأن التحويل من السلسلة الأصلية إلى معاملات الموجات على أي مستوى هو في الأساس مرشح تمرير النطاق (band-pass filter)، فسيكون هناك ارتباط ضئيل أو معدوم بين معاملات الموجات على مستويات مختلفة. ومن ثم، لكل مستوى  $\lambda$  سيكون لدينا عتبة  $\lambda$  تم النظر في ثلاث تقنيات عتبة هنا، وهي:

1- عتبة عالمية:

يتم إعطاء العتبة بالصيغة التالية:

$$\lambda_j = \sigma_j \sqrt{\frac{2 \log n}{n}} \quad (7)$$

حيث  $\sigma_j$  هو تقدير للتغير في معاملات الموجات للمستوى  $j$  ، و  $n$  هو عدد معاملات الموجات في هذا المستوى.

2- عتبة SURE :

تم اختيار العتبة بناء على (the Stein's Unbiased Risk Estimate (SURE).

3- عتبة Minimax:

تم العثور على العتبة باستخدام مبدأ Minimax. يتم اختيار هذه العتبة الثابتة لتحقيق أداء Minimax لمتوسط الخطأ التريبيعي مقابل إجراء مثالي. يستخدم مبدأ [Minimax] في الإحصاء من أجل تصميم المقدرات (estimator). نظرًا لأنه يمكن استيعاب إشارة تقليل الضوضاء لمقدر دالة الانحدار غير المعروفة، فإن مقدر Minimax هو الخيار الذي يحقق الحد الأدنى من متوسط الخطأ التريبيعي الأقصى الذي تم الحصول عليه لأسوأ دالة في مجموعة معينة. بعد تقدير عتبة المستوى  $j$  ، تكون معاملات الموجة لهذا المستوى إما صلبة أو ناعمة. العتبة الصارمة "Hard thresholding" هي سياسة الاحتفاظ أو القتل. بمعنى أنه إذا كان معامل الموجة أقل من الحد الأدنى، فسيتم ضبطه على الصفر، وإلا فإنه يظل دون تغيير. من ناحية أخرى، تقلص العتبة الناعمة "soft thresholding" جميع المعاملات غير الصفريّة نحو الصفر، مما يعطي سلسلة قليلة الضوضاء بشكل سلس. معاملات الموجات هي عتبة ناعمة ب:

$$d_{j,k}^{\text{soft}} = \begin{cases} \text{sgn}(d_{j,k})(|d_{j,k}| - \lambda_j) & \text{if } d_{j,k} \geq \lambda_j \\ 0 & \text{if } d_{j,k} < \lambda_j \end{cases} \quad (8)$$

حيث  $d_{j,k}$  هو معامل الموجة  $k$  في المستوى  $j$  ، و  $\lambda_j$  هي بداية هذا المستوى. وقد تبين أن العتبة الناعمة تفوقت على العتبة الصلبة للنمذجة والتنبؤ في الكثير من الأبحاث. لذلك، نحن هنا فقط نعتبر العتبة الناعمة.

#### 5-4. مجموعة البيانات :

في هذه الورقة ،نستخدم مجموعة بيانات الخطوط الحديدية كمثال تجريبي بناء على البيانات المكونة من أعداد ركاب السكك الحديدية الشهرية من 2008/8 إلى 2010/10 كما موضح في الشكل 1.

أيضا تم الاستعانة بمجموعة بيانات أسعار الأسهم التاريخية من 2017/6/5 وحتى 2022/6/2 (آخر 5 سنوات) لجميع الشركات الموجودة حاليًا في مؤشر S&P 500 للتحقق من صحة النتائج.

في القسم 6 سوف نقدم كيفية تحسين المرشح الغاوسي لأداء نماذج ARIMA.

#### 6. استخدام نموذج ARIMA مع المرشح الغاوسي والتحويل المويجي على مجموعة بيانات الخطوط الحديدية:

##### 6-1. نموذج ARIMA مع المرشح الغاوسي:

قبل ملائمة نموذج ARIMA، أولاً، يتم فحص السلسلة الزمنية لمعرفة اذا كانت ثابتة، ومعالجة عدم استقرارها في حالة عدم الثباتية .

ثانياً، يتم تجربة العديد من النماذج المختلفة واختيار النموذج الأكثر ملاءمة بناءً على أدنى AIC. حيث يتم تحديد معاملات نموذج  $ARIMA(p, q)$ ، بناءً على ACF و PACF.

أخيراً، التحقق من قدرة النموذج الذي تم اختياره على عمل تنبؤات على مجموعة الاختبار. ثم يتم تنفيذ خطوة الاختبار و تقييم أداء النموذج باستخدام Root Mean Squared Error (rmse).

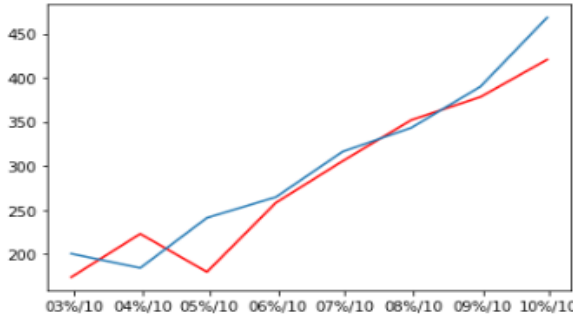
في هذه الورقة، لم نعتد استخدام Arima بالطريقة السابقة فقط، حيث تم تقسيم البيانات إلى مجموعات فرعية تدريبية (70%) واختبار (30%).

كما توفر مكتبة Pmdarima طريقة جاهزة لاختيار وضبط  $(p, d, q)$  معاملات ARIMA، حيث تعطي أفضل المعلمات التي يمكن أن تقلل من معدل الخطأ، وهي



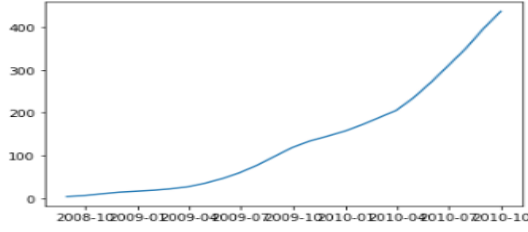
طريقة `auto_arima()`. لذلك تم استخدام `auto_arima()` لاختيار معاملات نموذج ARIMA، حيث تم اختيار `ARIMA (1,2,0)`، بناءً على نتيجة طريقة `auto_arima()` بالنسبة لمجموعة بيانات الخطوط الحديدية الشهرية (في الشكل 1).  
 ثم تم إنشاء توقع دوري عن طريق اختبار قيمة واحدة من مجموعة الاختبار (`test`)، ثم إضافة قيمة الاختبار هذه إلى مجموعة تدريب (`train`) نموذج ARIMA، متبوعاً باختبار القيمة التالية في المجموعة (`test set`)، وأخيراً يتم حساب نسبة الخطأ `root mean squared error (rmse=32)`.

يستخدم هذا النموذج للتنبؤ في مختلف الاتجاهات ويمكنه اختبار مجموعة متنوعة من التغييرات الموسمية، والقيم المتزايدة بمرور الوقت، والتفاوتات الحادة.

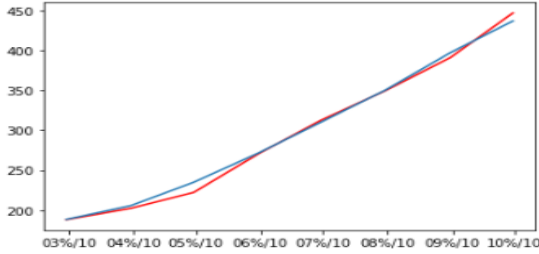


الشكل 4. يوضح التنبؤات بقيم الاختبار الفعلية (الحمراء) الناتجة عن ملائمة نموذج ARIMA، وبيانات الاختبار الأصلية (باللون الأزرق) لمجموعة بيانات الخطوط الحديدية الشهرية حيث  $rmse = 32$ .

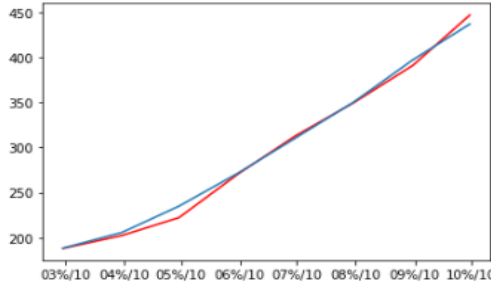
بعد تطبيق المرشح الغاوسي على البيانات الأصلية، نلاحظ أن البيانات أصبحت أكثر سلاسة مع المرشح الغاوسي كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل 5. بيانات السلاسل الزمنية الشهرية مع مرشح غاوسي.



الشكل 6. يوضح القيم المتوقعة من نموذج ARIMA على مجموعة البيانات التي تم تعميمها (اللون الأزرق) والقيم الفعلية للسلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي (اللون الأحمر)، حيث  $rmse = 6$ .



الشكل 7. يوضح تنبؤات نموذج ARIMA من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوسي مع  $rmse = 13$ .

نلاحظ، تطبيق المرشح الغاوصي على مجموعة البيانات ادى الى تحسين دقة النموذج بشكل واضح.

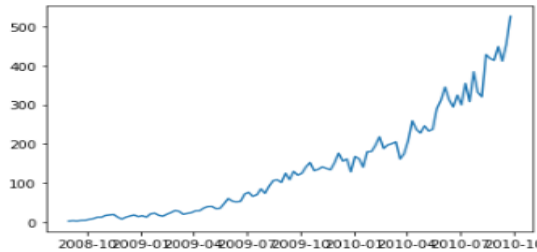
الجدول 1. يلخص مقارنة بين قيم RMSE لمجموعة البيانات الشهرية:

RMSE =32	مجموعة التنبؤات مع قيم الاختبار الفعلية (قبل تطبيق المرشح الغاوصي)
RMSE=13	يعرض التنبؤات من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوصي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوصي

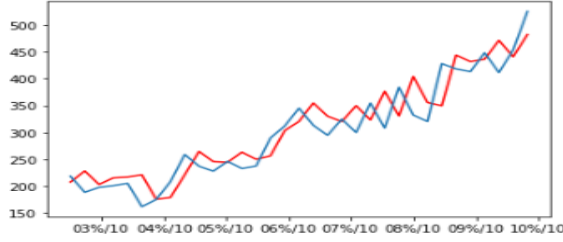
من الجدول 1. يظهر ان نسبة rmse مع البيانات المطبق عليها المرشح الغاوصي أقل من البيانات غير المطبق عليها المرشح الغاوصي، وبالتالي فان تطبيق المرشح الغاوصي يحسن من دقة النموذج ARIMA بشكل واضح.

فيما يلي سنقوم بإعادة تجميع البيانات الى بيانات اسبوعية ومن ثم يومية مع تحديد المعلمات بشكل عشوائي لإثبات أن التنبؤات التي تمت تصفيتها من قبل المرشح الغاوصي تقلل RMSE بما يقارب اكثر من 50%.

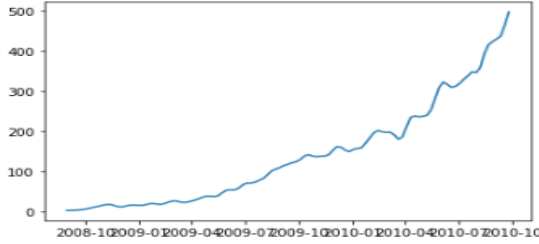
اولا، سيتم اعادة تعيين مجموعة البيانات الى بيانات اسبوعية لاعداد ركاب السكك الحديدية كما هو مبين فيمايلي :



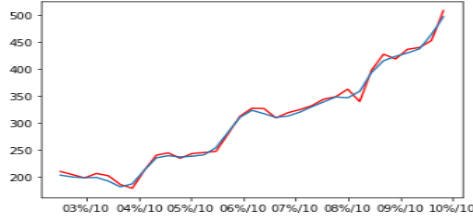
الشكل 8-1. يظهر سلسلة زمنية غير غاوصية لتدفقات ركاب السكك الحديدية الأسبوعية



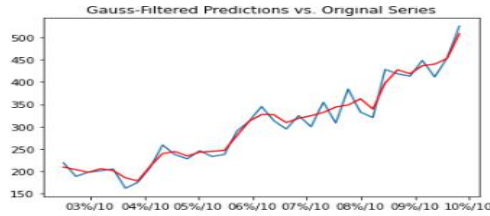
الشكل 8-2. يظهر مجموعة التنبؤات من نموذج ARIMA مع قيم الاختبار الفعلية



الشكل 8-3. يظهر بيانات السلاسل الزمنية الأسبوعية مع المرشح الغاوسي



الشكل 8-4. يظهر القيم المتوقعة (التنبؤات) والفعلية للسلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي

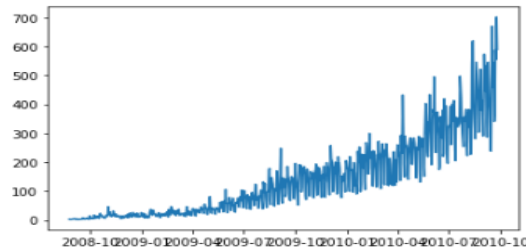


الشكل 8-5. يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوسي

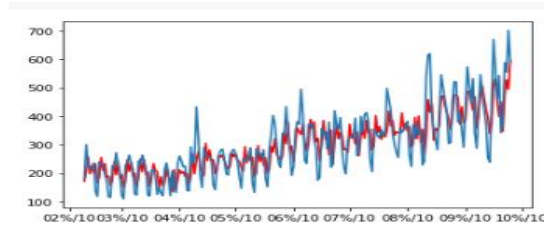
الجدول 2. يلخص مقارنة بين قيم RMSE لمجموعة البيانات الاسبوعية مع وبدون المرشح الغاوصي :

ARIMA(2,1,1)		
Rmse=37	مجموعة التنبؤات من نموذج ARIMA مع قيم الاختبار الفعلية	الشكل 2-8
Rmse=7	القيم المتوقعة (التنبؤات) والفعلية للسلسلة المطبق عليها المرشح الغاوصي	الشكل 4-8
Rmse=17	يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوصي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوصي	الشكل 5-8

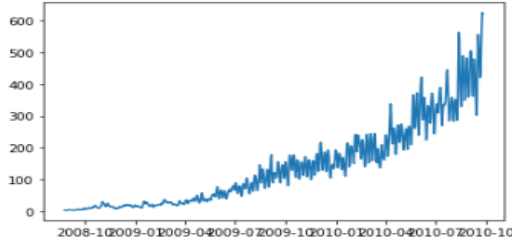
فيما يلي سنعرض مجموعة البيانات اليومية لأعداد ركاب الخطوط الحديدية :



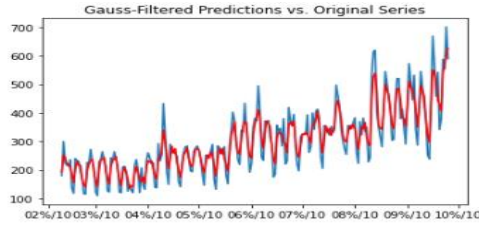
الشكل 9-1. يظهر سلسلة زمنية غير غاوصية لتدفقات ركاب السكك الحديدية اليومية



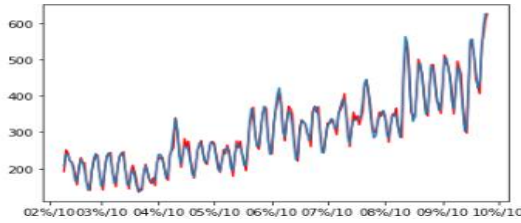
الشكل 9-2. يظهر مجموعة التنبؤات مع قيم الاختبار الفعلية



الشكل 9-3. يظهر بيانات السلاسل الزمنية اليومية مع المرشح الغاوسي



الشكل 9-4. يظهر القيم المتوقعة والفعالية للسلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي



الشكل 9-5. يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوسي

الجدول 3. يظهر مقارنة بين قيم RMSE لمجموعة البيانات اليومية مع وبدون المرشح الغاوصي :

ARIMA(4,1,1)		
Rmse=66	مجموعة التنبؤات مع قيم الاختبار الفعلية	الشكل 2-9
Rmse=13	القيم المتوقعة والفعلية للسلسلة المطبق عليها المرشح الغاوصي	الشكل 4-9
Rmse=38	يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوصي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوصي	الشكل 5-9

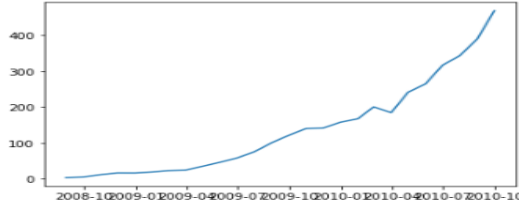
نستنتج من الجداول 1 و 2 و 3 ما يلي:

- أدى تطبيق المرشح الغاوصي على مجموعة بيانات السكك الحديدية (الشهرية ، الاسبوعية ، اليومية) أخطاء أقل في كل حالة (عند استخدام طريقة `auto_arima()` وعند تحديد المعلمات بشكل عشوائي) ، حتى عند مقارنة نتائج النموذج بالبيانات الأصلية دون المرشح الغاوصي.
- بشكل عام ، خفضت التنبؤات التي تمت تصفيتها من قبل المرشح الغاوصي نسبة RMSE بما يقارب 50٪.

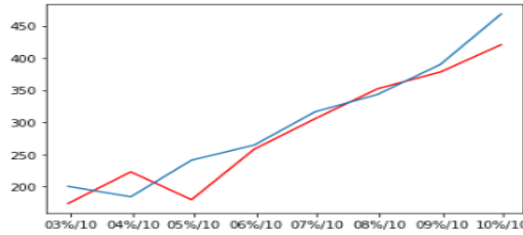
## 6-2. نموذج ARIMA مع التحويل المويجي:

معظم الابحاث تستخدم التحويل المويجي مع نماذج السلاسل الزمنية لتحسين دقة التنبؤ وتقليل نسبة الخطأ، ولايوجد مقياس محدد لاختيار العائلة المويجية المناسبة، حيث يعتمد التحويل المويجي على البيانات في اختيار العائلة.

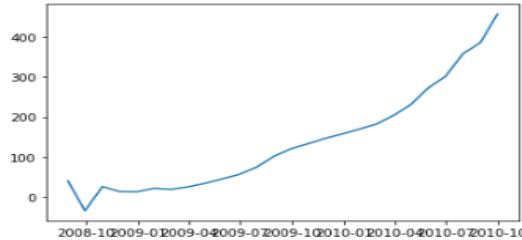
بعد العديد من التجارب العملية مع العديد من العائلات الموجية لاختيار العائلة الموجية المناسبة لمجموعة بيانات السكك الحديدية الشهرية، وجد ان "rbio3.5" من المستوى الأول تتفوق في الأداء على مجموعة العائلات الأخرى من حيث تقليل نسبة الضوضاء بالنسبة لمجموعة البيانات الشهرية.



الشكل 10-1. يظهر سلسلة زمنية لتدفقات ركاب السكك الحديدية الشهرية

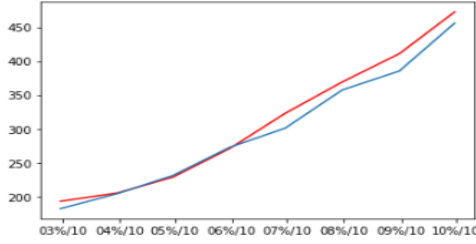


الشكل 10-2. يظهر مجموعة التنبؤات مع قيم الاختبار الفعلية

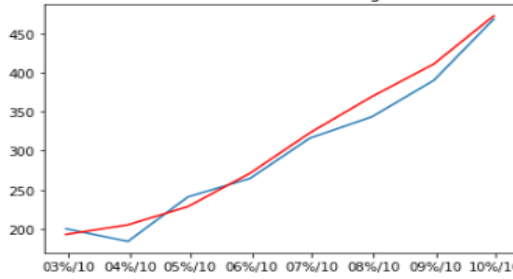


الشكل 10-3. يظهر بيانات السلاسل الزمنية الشهرية مع التحويل الموجي





الشكل 10-4. يظهر القيم المتوقعة والفعلية للسلسلة المطبق عليها التحويل المويجي



الشكل 10-5. يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها التحويل المويجي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون التحويل المويجي

الجدول 4. يظهر مقارنة بين نتائج التنبؤ مع وبدون التحويل المويجي على البيانات الشهرية مع اختيار نفس المعلمات التي تم اختيارها مع المرشح الغاوسي باستخدام الطريقة ( ) auto\_arima.

ARIMA(1,2,0)		
Rmse=32	مجموعة التنبؤات مع قيم الاختبار الفعلية	الشكل 10-2
Rmse=14	القيم المتوقعة والفعلية للسلسلة المطبق عليها التحويل المويجي	الشكل 10-4
Rmse=15	يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها التحويل المويجي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون التحويل المويجي	الشكل 10-5

## 7. مقارنة نتائج تطبيق نموذج ARIMA مع كل من المرشح الغاوسي و التحويل المويجي على مجموعة بيانات الخطوط الحديدية:

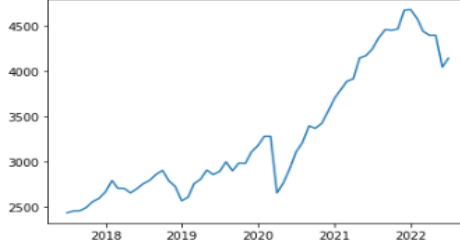
- اثبتت النتائج في الجدول السابق ان تطبيق التحويل المويجي على مجموعة البيانات الزمنية يقلل من نسبة الخطأ بشكل واضح، وعليه فان استخدام التحويل المويجي مع نماذج السلاسل الزمنية يحسن من دقة النموذج.

الجدول 5. يقدم مقارنة لنتائج استخدام المرشحات مع نماذج السلاسل الزمنية على مجموعة بيانات السكك الحديدية الشهرية.

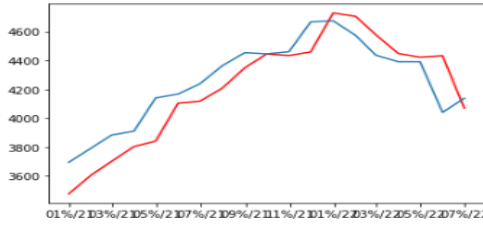
ARIMA(1,2,0)	RMSE=32
Gaussian + ARIMA(1,2,0)	RMSE=13
Wavelet + ARIMA(1,2,0)	RMSE=15

- من الجدول السابق نلاحظ ان استخدام المرشحات مع نماذج السلاسل الزمنية يقلل نسبة الخطأ بشكل كبير، لكن مما سبق نستنتج افضلية استخدام المرشح الغاوسي مقارنة ب التحويل المويجي حيث نسبة RMSE مع المرشح الغاوسي اقل من التحويل المويجي، يعود السبب في ذلك الى ان المرشح الغاوسي يقلل الضجيج عن طريق حساب متوسط العينة مع جيرانها وهو اكثر منطقية، بينما التحويل المويجي يستبدل القيم بالصفير، بالإضافة لكونه يعتمد على نوع البيانات الزمنية بشكل خاص وصعوبة اختيار العائلة المناسبة مع المستوى المناسب (تعتمد على التجربة).
- يمكن تجربة مستويات مختلفة من الدقة مع التحويل المويجي المنفصل (DWT) بحيث نحصل على نسبة rmse صغيرة جدا عند مقارنة القيم المطبق عليها التحويل المويجي مع التنبؤات، ولكنها كبيرة عند مقارنة التنبؤات بالقيم الفعلية ويعود ذلك لحذف الكثير من التفاصيل المهمة عند زيادة مستوى الدقة.

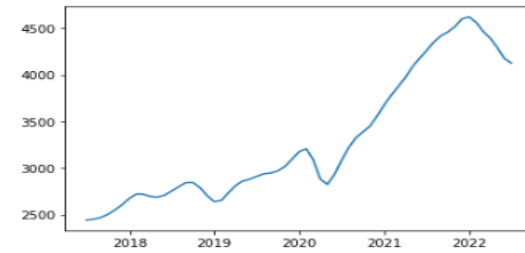
- فيما يلي سنتأكد من أهمية استخدام المرشح الغاوسي في تقليل نسبة الخطأ من خلال تطبيقه على مجموعة بيانات زمنية مختلفة لها اتجاه موسمية:



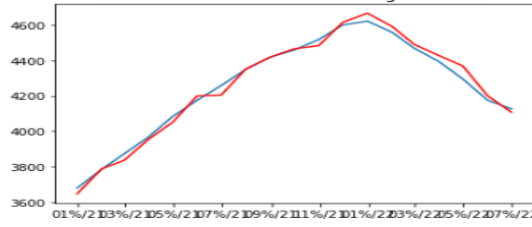
الشكل 1-11. سلسلة زمنية لأسعار الأسهم التاريخية S&P 500 تحوي ضجيج (ارتفاعات وانخفاضات مفاجئة).



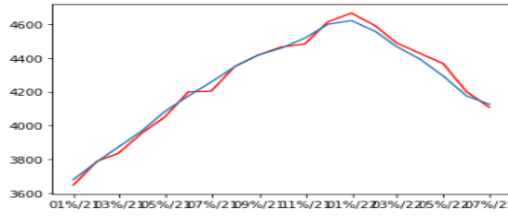
الشكل 2-11. يظهر مجموعة التنبؤات مع قيم الاختبار الفعلية



الشكل 3-11. يظهر بيانات السلاسل الزمنية الشهرية مع المرشح الغاوسي



الشكل 11-4. يظهر القيم المتوقعة والفعلية للسلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي



الشكل 11-5. يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوسي

الجدول 6. يظهر مقارنة بين نتائج التنبؤ مع وبدون عامل التصفية الغاوسي على البيانات الشهرية علما انه تم اختيار معاملات النموذج بشكل عشوائي.

ARIMA(2,1,1)		
Rmse=165	مجموعة التنبؤات مع قيم الاختبار الفعلية	الشكل 2-11
Rmse=32	القيم المتوقعة والفعلية للسلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي	الشكل 4-11
Rmse=32	يوضح التنبؤات من السلسلة المطبق عليها المرشح الغاوسي مقابل القيم الفعلية من السلسلة الأصلية بدون المرشح الغاوسي	الشكل 5-11

من الجدول السابق نستنتج انه تم تقليل نسبة الخطأ بشكل كبير مما يؤكد اهمية استخدام Gaussian filter في تقليل الخطأ مع نماذج السلاسل الزمنية حتى عندما يتم اختيار البارامترات بشكل عشوائي.

#### 8. الاستنتاجات والتوصيات:

في هذه الورقة، استخدمنا مجموعة بيانات تدفقات ركاب السكك الحديدية للتنبؤ بتدفقات ركاب السكك الحديدية الشهرية.

تم اقتراح نموذج ARIMA لنمذجة تدفق ركاب السكك الحديدية، يلتقط الاتجاه والموسمية ويستخدم طريقة auto\_arima() لاختيار افضل البارامترات لنموذج ARIMA.

نسبة الخطأ RMSE في نموذج ARIMA المقترح كبيرة نوعا ما حتى مع افضل البارامترات، لذلك كان لا بد من العمل على امكانية تقليل نسبة الخطأ الى اقل حد ممكن.

استخدمت بعض الابحاث السابقة التحويل المويجي مع نماذج السلاسل الزمنية لتقليل نسبة الخطأ وذلك من خلال تقليل الضجيج الموجود في البيانات. لحسن الحظ، اثبت

المرشح اهميته عند تطبيقه على مجموعة البيانات التي تم استخدامها في هذا البحث حيث اعطى نسبة خطأ اقل، يعود ذلك لوجود احدى العائلات المويجية تطابق تقريبا

مجموعة بيانات السكك الحديدية التي نتعامل معها، ولكن بشكل عام لايعتبر التحويل المويجي الاختيار الامثل لتقليل نسبة الخطأ، فهو يعاني من صعوبات في تحديد مستوى

الدقة الافضل والعائلة المويجية المناسبة والتي تعتمد على نوع البيانات التي يتم التعامل معها (يمكن ان يعطي نسبة خطأ كبيرة عند وجود مجموعة بيانات زمنية لاتطابق أي

عائلة من العائلات المويجية).

لذلك كان لا بد من دراسة طرق اخرى للتحويل تحقق مكاسب اكثر.

تم اقتراح المرشح الغاوصي لتقليل الضجيج في السلسلة الزمنية وبالتالي تقليل نسبة الخطأ.

اعطى المرشح الغاوصي نتائج افضل من التحويل المويجي عند استخدامه مع قاعدة بيانات السكك الحديدية، اضافة الى سهولة استخدامه مع انواع البيانات الزمنية المختلفة وبأقل نسبة خطأ ممكنة عكس التحويل المويجي.

مما سبق نستنتج اهمية استخدام المرشح الغاوصي مع السلاسل الزمنية بهدف الحصول على نماذج اكثر دقة.

سيكون من المثير للاهتمام دراسة طرق أخرى للتحويل أو التصفية لتحديد ما إذا كان يمكن تحقيق مكاسب أخرى.

9. مراجع:

1. CYPRICH ,O., KONEČNÝ ,V., KILIANOVÁ ,K. 2013–Short-Term Passenger Demand Forecasting Using Univariate Time Series Theory. **Traffic&Transportation**, Vol. 25, 2013, No. 6, 533–541
2. MILENKOVIC , M., ŠVADLENKA , L., MELICHAR , V., BOJOVIC , N., AVRAMOVIC, Z.2016 – SARIMA modelling approach for railway passenger flow forecasting, **Transport**, Vol 33 Issue 5: 1113–1120.
3. MILENKOVIC , M., BOJOVIC , N., MACURA ,D. 2013–Kalman filtering applied to forecasting the demand for railway passengers services ,**ICTS**.
4. ARUMAIH, R., AL-FAWZAN , M. 2002– Time Series Forecasting Using Wavelet Denoising an Application to Saudi Stock Index, **Journal of King Saud University – Engineering Sciences**.
5. Xu, X., Dou, Y., Zhou, Z., Liao, T., Lu, Y., Tan, Y.2018 – Railway Passenger Flow Forecasting Based on Time Series Analysis with Big Data, **The 30th Chinese Control and Decision Conference(CCDC)**,3584–3590.
6. ZHAO, Y., MA, Z., YANG, Y., JIANG, W., JIANG, X. 2020 – Short –Term Passenger Flow Prediction With Decomposition in

Urban Railway Systems, **IEEE ACCESS** ,VOL 8 ,107876–107886 .

7. YAFFEE, R. A., MCGEE, M. 2000 –**An Introduction to Time Series Analysis and Forecasting: with Applications of SAS and SPSS**, Academic\_Press, 528 p.

8. MILENKOVIC , M., BOJOVIC , N., GLISOVIC, N., et al., , 2014–**Comparison of Sarima–Ann and Sarima–Kalman Methods for Railway Passenger Flow Forecasting**, Proceedings of the Second International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, J. Pombo, (Editor), Civil–Comp Press, Stirlingshire, Scotland.

9. DE GOOIJER, J. G., ABRAHAM, B., GOULD, A., ROBINSON, L. 1985– Methods for determining the order of an autoregressivemoving average process: a survey, **International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique** 53(3): 301–329.

10. PRISTA, N., DIAWARA, N., COSTA, M. J., JONES, C. 2011– Use of SARIMA models to assess data–poor fisheries: a case study with a sciaenid fishery off Portugal, **Fishery Bulletin** 109(2): 170–185.



11. Box, G. E. P., JENKINS, G. M., REINSEL, G. C. 2013–  
**Time Series Analysis: Forecasting and Control**. John Wiley & Sons, Inc. 755 p.
12. SUHARTONO. 2011– Time series forecasting by using seasonal autoregressive integrated moving average: subset, multiplicative or additive model, **Journal of Mathematics and Statistics** 7(1): 20–27.
13. ZHANG,G.P. 2003– Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model , **Neurocomputing** , 50 (2003) 159 –175.
14. PRAKAULYA,V., SHARMA,R., SINGH,U. 2017–**Railway Passenger Forecasting Using Time Series Decomposition Model** , Proceedings of the International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology ICECA.
15. ZHU, R., ZHOU, H. 2020 – **Railway Passenger Flow Forecast Based on Hybrid PVAR–NN Model**, Proceedings of the 2020 IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Engineering,
16. REGMI, S. 2021– **Gaussian Smoothing in Time Series Data**, towardsdatascience

17. HARVEY, A. C.,1990 Forecasting, structural time series models and the Kalman filter, **Cambridge University Press**, 1031–1033.
  
18. OVIC, N ., . MILENKOVIC , M., BOJOVIC , N., VADLENKA, L ., AVRAMOVIC, Z. 2015– A hybrid model for forecasting the volume of passenger flows on Serbian railways, **Springer**.
  
19. WANG, Y. H., JIN, J., Li, M. 2013– Forecasting the Section Passenger Flow of the Subway Based on Exponential Smoothing, **Applied Mechanics & Materials**, No.409–410, 1315–1319.
  
20. GLISOVIC, N., MILENKOVIC , M., BOJOVIC , N., et al. 2014 –Comparison of ga-ann and traditional boxjenkins methods for railway passenger flow forecasting, **EEEE Helors**.
  
21. CYRIL ,A., H. MULANGI ,R ., GEORGE, V. 2018 –**Modelling and Forecasting Bus Passenger Demand using Time Series Method**, Proceedings of the 2018 7th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions).
  
22. GARGARI, N,S., AKBARli,H., PANAHI, R. 2019 – Forecasting Short-term Container Vessel Traffic Volume Using Hybrid ARIMA–NN Model, **International Journal Of Coastal & Offshore Engineering** , IJCOE Vol.3/ No. 3/Autumn 2019 (47–52)

## تحسين أداء اتصالات D2D في شبكات LTE المعتمدة على الشبكات المعرفة برمجيا"

أ.د. رضوان دنده\* د. طلال العاكي\*\* رنيم سينو\*\*\*

### ملخص البحث:

رافق تطور الشبكات الخلوية والنمو الهائل في استخدام الهواتف الذكية وتطبيقاتها، زيادة في الطلب على خدمات ذات جودة عالية، مما دفع مشغلو شبكات الهاتف المحمول إلى إيجاد تقنيات جديدة بهدف زيادة سعة النظام اللاسلكي وتأمين زمن استجابة منخفض، فتم إيجاد تقنية الاتصال من جهاز إلى جهاز (D2D) Device to Device ضمن شبكات التطوير بعيد المدى (LTE) Long Term Evolution، والتي تمكّن الأجهزة المحمولة من الاتصال مباشرة دون مشاركة المحطة الأساسية، إلا أن إدخال الاتصال المباشر يؤدي إلى العديد من المشكلات أهمها هي إدارة التسليم، وهنا تأتي أهمية دراسة الشبكات المعرفة برمجيا" (SDN) Software Defined Networks والتي أصبحت ضرورة ملحة لمعالجة التحديات التي تواجه شبكات LTE التقليدية، وقمنا بتقديم خوارزمية محسنة لعملية التسليم لاتصالات D2D في بيئة شبكات SDN-Based LTE، حيث تمت مقارنة الخوارزمية المحسنة مع خوارزميات التسليم التقليدية المستخدمة في شبكات LTE من خلال عدة عوامل: إنتاجية الشبكة والتأخير، متوسط عدد عمليات التسليم ومعدل فقدان الحزم، وبينت نتائج المحاكاة التي تم تنفيذها في هذا البحث من خلال عدة سيناريوهات أن الخوارزمية المحسنة تعطي نتائج أفضل من خوارزميات التسليم التقليدية وتحسن من أداء الشبكة.

**الكلمات المفتاحية:** شبكات LTE، شبكات SDN، اتصالات D2D، متوسط عدد عمليات التسليم، معدل فقدان الحزم.

\*أستاذ-قسم النظم والشبكات الحاسوبية-كلية الهندسة المعلوماتية-جامعة تشرين-اللاذقية-سوريا.

\*\*مدرس- قسم النظم والشبكات الحاسوبية-كلية الهندسة المعلوماتية-جامعة تشرين-اللاذقية-سوريا.

\*\*\*طالبة دكتوراه-قسم النظم والشبكات الحاسوبية-كلية الهندسة المعلوماتية-جامعة تشرين-اللاذقية-سوريا.

# Improvement of the performance of D2D communications in SDN based LTE networks

\*Prof.Dr.Radwan Dandeh \*\*Dr.Talal Al Aateky \*\*\*Raneem Seno

## Abstract:

The development of cellular networks and the explosive growth in the use of smart phones and their applications were accompanied by an increase in demand for high quality services, this prompted mobile network operators to find new technologies in order to increase the capacity of the wireless system and ensure low response time. Device to Device (D2D) technology was found within Long Term Evolution (LTE) networks, which enables mobile devices to connect directly without sharing the base station, but the introduction of direct communication leads to many problems the most important of which is the handover management, Here comes the importance of studying Software Defined Networks (SDN), which has become an urgent necessity to process the challenges facing traditional LTE networks, so we have provided an improved algorithm for the handover process for D2D communications in the SDN-Based LTE networks environment, where the improved algorithm was compared with the traditional handover algorithms used in LTE networks through several factors: network throughput and delay, average number of handovers and packet loss rate, and the simulation results implemented in this research through several scenarios showed that the improved algorithm gives better results than traditional handover algorithms and improves network performance.

**Keywords:** LTE, SDN, D2D communications, average number of handovers, packet loss ratio.

\*Professor, Department of Computer Networks & Systems, Faculty of Informatics Engineering Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Doctor, Department of Computer Networks & Systems, Faculty of Informatics Engineering Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\*PhD Student, Department of Computer Networks & Systems, Faculty of Informatics Engineering Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## 1- مقدّمة:

مع التطور السريع للتكنولوجيا وازدياد حركة الإنترنت بسبب التطبيقات المتنوعة ومتطلبات البيانات المتزايدة، أصبح هناك اهتمام كبير من قبل مشغلي الاتصالات النقالة لتحسين عمليات التسليم من جهاز إلى جهاز D2D، والتي تعد أحد أهم التحديات الرئيسية في إدارة الشبكات الخلوية عامة وشبكات LTE خاصة، ودفع التقدير الكبير الذي حظيت به الشبكات المعرفة برمجياً "SDN" في السنوات الأخيرة الباحثين ومشغلي شبكات الهاتف المحمول، للبحث في إمكانية التصميم المبتكر الذي يدمج هذه التقنية في الشبكة الخلوية، بهدف التغلب على القيود التي تفرضها شبكات المحمول المنتشرة حالياً، مما يسهّل نشر التطبيقات والخدمات وجعلها أكثر قابلية للتكيف والتكوين، بسبب ميزتها الأساسية المتمثلة في فصل مستوى البيانات عن مستوى التحكم، ويعدّ المتحكم أحد أهم مكوناتها ومن خلاله يمكن تحسين شبكات SDN-based LTE وتطويرها بشكل أسهل بكثير من شبكات LTE التقليدية، وتعد الدراسات المرجعية المتعلقة باتصالات D2D ضمن بيئة شبكات SDN-Based LTE من الأبحاث المهمة والحديثة، والتي نالت اهتماماً كبيراً نظراً لتطبيقاتها المتعددة وتطورها المتسارع، وتكمن أهمية الاعتماد على شبكات SDN كونها تساعد في تقليل حمل الإشارات، وتوفير وقت استرداد أسرع وتحسين استخدام روابط الشبكة الأساسية مقارنةً بشبكات LTE التقليدية، لكنها تواجه عدة تحديات حيث يعد التنقل وإدارة التسليم لاتصالات D2D مشكلة رئيسية في شبكات LTE التي تقدم تقنيات وصول مختلفة، لذلك نسعى إلى زيادة الإنتاجية وتقليل التأخير من خلال تقديم خوارزمية تسليم محسّنة، وتطبيقها في وحدة التحكم SDN controller الذي يمتلك رؤية عامة وشاملة، ويكون مسؤول عن إدارة جميع مكونات الشبكة المدروسة.

## 2- أهمية البحث وأهدافه:

تتمتع شبكات LTE بقدرتها على التعامل مع أحمال المستخدمين الهائلة وتوفير معدل بيانات عال وعرض حزمة كبير، وتتفوق على شبكات الاتصالات السابقة، ولكنها تعاني من بعض المشاكل مثل المعدات غير المرنة والمكلفة، وبروتوكولات مستوى التحكم المعقدة، ودمج مستويات التحكم والبيانات في الأجهزة والمعدات، وبالتالي هناك حاجة

ملحة للتغيير من خلال اعتماد الشبكات المعرفة برمجياً" في شبكات LTE، حيث أصبحت تطبيقات SDN مجال واسع للاهتمام من قبل الباحثين والمطورين وفقاً لمؤسسة الشبكات المفتوحة المصدر (ONF) Open Networking Foundation، كما يسرّع استخدام شبكات SDN من نشر الابتكارات ويقلل من تكاليف التشغيل من خلال واجهات قابلة للبرمجة عن طريق استخدام بروتوكول OpenFlow في وحدة التحكم، ونظراً لهذه الفوائد العديدة أدرك مشغلو شبكات الهاتف المحمول مؤخراً أن SDN هي حل واعد لشبكاتهم الخلوية الحالية من أجل التعامل مع التحديات التي يواجهونها، إلا أن هناك تأخير إضافي في المتحكم في معالجة التدفقات وتوليد القواعد الخاصة بعمليات التسليم لمستخدمي D2D مما ينعكس على أداء الشبكة، لذلك نهتم بدراسة خوارزميات التسليم التقليدية في شبكات SDN-Based LTE، ونسعى من خلال هذا البحث إلى تحسين خوارزمية التسليم لضمان تحسين أداء اتصالات D2D، وزيادة الانتاجية وتخفيض التأخير من خلال مراعاة عدة عوامل في الخوارزمية المحسنة، واعتماد ثلاث عتبات لعامل قوة الإشارة المستلمة RSS بغية تخفيض عدد عمليات التسليم قدر الإمكان لرفع كفاءة الشبكة.

### 3- الدراسات السابقة:

يركز العمل المقترح في [1] على بنية SDN قادرة على توفير إدارة موثوقة للتنقل وآلية تسليم D2D، وأظهرت نتائج المحاكاة أن تسليم D2D المدمج في SDN آلية مناسبة عند مقارنته بشبكة LTE من حيث زمن انتقال التسليم وتأخير نقل البيانات. قام الباحثون في هذه الدراسة [2] بدمج المنطق الضبابي في SDN للمساعدة في اكتشاف D2D، تُظهر نتائج الأداء باستخدام المحاكاة NS-3 أن مخطط التسليم Fuzzy MADM المستند إلى SDN يقلل من عمليات التسليم غير الضرورية، ويتم زيادة الإنتاجية مع زيادة عدد المستخدمين، بينما اقترح الباحثون في [3] خوارزمية تسليم فعالة لاتصالات D2D والتي تتضمن استخدام عدد من المتغيرات المشار إليها باسم هامش التسليم (HOM)، توقيت بدء التشغيل (TTT) و عتبة LTE، بينما في [4] عمل الباحثون على توسيع وحدة LTE الخاصة ب NS-3، وفقاً لمتطلبات

المواصفات الفنية لمشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP)، تم وصف تطويرهم بـ D2dSim بهدف تحقيق شبكة LTE التي تستخدم ميزة D2D، وقام العاملون في هذا البحث [5] بإجراء Handover (HO) بناءً على (RSS) Received Signal Strength قوة الإشارة المستلمة للخلايا المصدر والخلايا المستهدفة وعتبة محددة مسبقاً، أما في [6] تم أخذ سرعة المستخدم ونوع الخدمة وجودة الخدمة لتنفيذ عملية التسليم، أما في هذه الدراسة قام الباحثون [7] بإنشاء إطار عمل لإدارة التسليم في الشبكات المعرفة برمجياً "SDN يسمى HuMOR، والذي يمكنه إنشاء والتحقق من صحة وتقييم خوارزميات التسليم لضمان الحفاظ على جودة الخدمة.

بينما قدم الباحثون في هذه الدراسة [8] خوارزمية لتحسين التسليم في شبكة LTE femtocell، أظهرت النتائج أن الخوارزمية المقترحة تفوقت على الخوارزمية الحالية، أما العاملون في هذا البحث [9] اقترحوا قراراً جديداً للتسليم العمودي في الشبكات الخلوية باستخدام نموذج الشبكات المعرفة برمجياً، وبالتالي يمكن اتخاذ قرار Handover (HO) في وحدة تحكم SDN، أما في [10] تم استخدام SDN في قرار التسليم الأفقي بناءً على RSS لتحسين زمن انتقال Handover لتقليل عدد عمليات التسليم وتحسين الإنتاجية الإجمالية، بينما في [11] اقترح الباحثون حلاً مركزياً قائماً على SDN لإدارة التسليم في شبكة LTE، يعزز أداء الشبكة من حيث تقليل التأخير وزيادة معدل نقل البيانات.

جميع الدراسات السابقة تؤكد أن إدارة التسليم من أجل تأمين اتصال سلس من بين التحديات الدائمة لشبكات LTE، وتعمل الطبيعة المركزية لـ SDN على تحسين خوارزميات قرار التسليم، في هذا البحث قمنا بتحسين أداء الشبكة فيما يتعلق بعدد عمليات التسليم من خلال تطبيق خوارزمية تسليم محسنة في بنية SDN-Based LTE باستخدام المحاكى NS3 [12]، هو محاكي مفتوح المصدر لمحاكاة الأحداث المتقطعة، ويستخدم متحركاً يسمى NetAnim يستند إلى مجموعة أدوات Qt4 GUI [13].

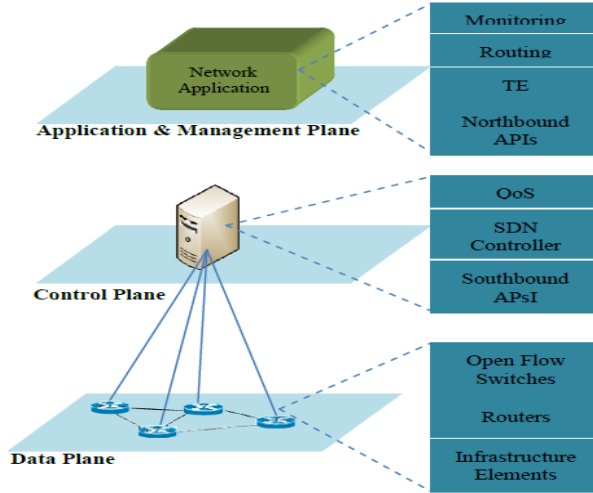
#### 4-طرائق البحث ومواده:

يتطرق هذا البحث إلى تحسين عملية التسليم لاتصالات D2D في شبكات SDN- LTE Baesd، لتحقيق اتصالات ذات جودة عالية للمستخدمين وتحسين أداء الشبكة، كما تطرق البحث إلى التعرف على بنية الشبكات المعرفة برمجيا "SDN، والتعريف بالمتحكم وأهمية بروتوكول OpenFlow مع الحاجة لتطبيق SDN في بيئة الشبكات الخلوية وخاصة شبكات LTE، مع ذكر ميزات وفوائد اتصالات D2D والتحديات التي تواجهها عملية التسليم بين المحطات القاعدية، والحديث عن أهم خوارزميات التسليم المستخدمة في شبكات SDN-Based LTE، والتعريف ببروتوكول اكتشاف خدمة D2Dالتفاعلي والاستباقي بغية الحصول على الحالة المثالية لعتبة التسليم Handoff threshold، وأخيرا تم اقتراح خوارزمية تسليم جديدة محسنة ومقارنتها مع الخوارزميات التقليدية المستخدمة سابقا"، وتم التطرق إلى السيناريوهات التي أجريناها والنتائج التي حصلنا عليها بعملية المحاكاة، وتوضيح التحسين الذي حققته الخوارزمية المقترحة على أداء الشبكة المدروسة وتفوقها على خوارزميات التسليم التقليدية .

#### 4-1- بنية الشبكات المعرفة برمجيا "SDN (Software Defined Networks):

الشبكات المعرفة برمجيا "SDN هي واحدة من التقنيات المهمة التي يمكن استغلالها في هندسة الشبكات، يتم فيها فصل وظائف التحكم عن وظائف نقل البيانات، مما يعطي ديناميكية للشبكة وتجعلها أكثر فاعلية وتحسن من أداء الشبكة، كما تجذب شبكات SDN اهتمام الكثير من الباحثين نظرا" للمرونة التي توفرها في عملية إدارة وتطوير الشبكات، من خلال فصل ارتباط التطوير بالبنية التحتية، وتم تقسيم البنية المعمارية، كما هو موضح في الشكل (1) إلى ثلاث طبقات[14]:





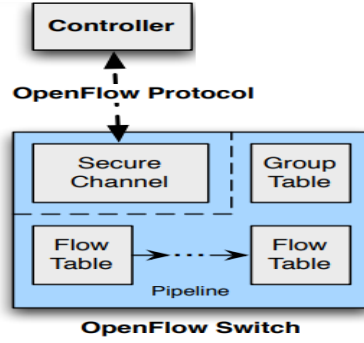
الشكل (1) البنية المعمارية للشبكات المعرفة برمجيا " SDN Architecture .

1. طبقة التطبيقات (Application Layer) : تتكون من مجموعة من التطبيقات التي يتفاعل معها المستخدمون.

2. طبقة التحكم (Control Layer): وتحتوي على المتحكم SDN Contoller الذي يكون المسؤول عن قرارات التوجيه والإدارة والتحكم بكامل وظائف الشبكة.

3. طبقة المعطيات (Data Layer): وتتكون من أجهزة الشبكة ومجموعة من المبدلات تتلقى الأوامر من طبقة التحكم وتتصل معها عن طريق البروتوكول OpenFlow، وهو بروتوكول خاص بتقنية SDN ينظم التواصل بين المتحكم والبنية التحتية، ويبين الشكل (2) بنية مبدل SDN الموافقة لبروتوكول OpenFlow 1.3 الذي سنعتمد عليه في هذا

البحث والمعلن عنه من قبل مؤسسة ONF [15] .



الشكل (2) بنية مبدل OpenFlow

##### 5- مميزات الشبكات المعرفة برمجيا:

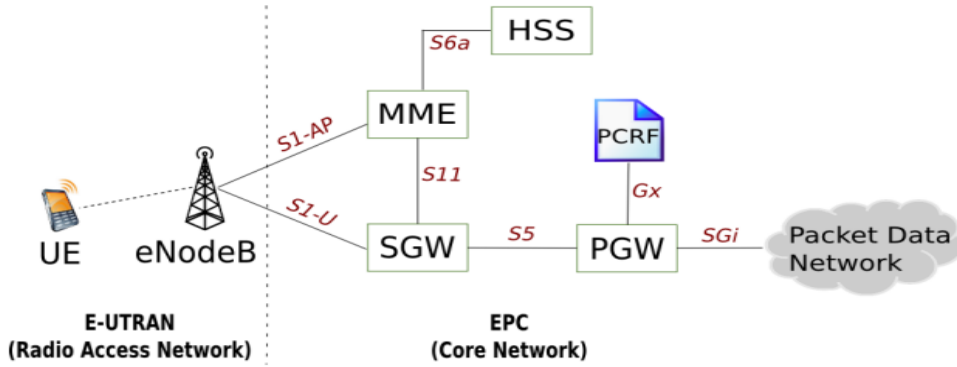
جذبت الشبكات المعرفة برمجيا اهتمام الكثير من الباحثين كونها تساعد في حل العديد من المشاكل التي تعاني منها شبكات LTE التقليدية، وتعمل على تسهيل عملية الإدارة والتحكم بكامل الشبكة [16]، ويعتبر المتحكم العقل المدبر للشبكة حيث يقوم بمراقبة الشبكة وإنتاج القواعد الأمنية المناسبة لكل حالة من حالات الشبكة، لكي يرسلها إلى المبدلات التي تقوم بتخزينها ضمن جداول التدفق الخاصة بها، وبناء على الاستعلامات التي يطلبها من المبدلات يقوم بتعديل قواعد التوجيه أو يغير جداول التدفق ومن هذه المميزات :

- ❖ برمجة الشبكة (programming the network): تتمتع SDN بالمرونة الكافية في عملية إدارة الشبكة حيث تسمح بتوسيعها وتعديلها، عن طريق إعطاء المتحكم الصلاحية في أن يقوم ببرمجة القواعد [17].
- ❖ فصل طبقة المعطيات عن طبقة التحكم: تسمح هذه الميزة بإضافة بروتوكولات وأفكار جديدة، كما تسهل من عملية إدارة الأخطاء المركزية من قبل المتحكم.
- ❖ شفافية شبكات SDN: يتم إضافة التطبيقات للشبكة خلال ساعات وليس خلال أيام كما في الشبكات التقليدية، وهذا مايسهل كتابة البرامج والتطبيقات ونشرها.
- ❖ انخفاض كلفة التشغيل : بسبب أن عمليات التحديث تتم بشكل أوتوماتيكي .

❖ الافتراضية Virtualization : تساعد في إدارة مراكز البيانات عن طريق تغليف عناوين جدول التوجيه إلى الوسط، وإخفائها عن البنية التحتية لكي تسمح للبيانات في الطبقة الثانية أن تعمل على الطبقة الثالثة.

#### 6- دور الشبكات المعرفة برمجيا " SDN في شبكات التطوير بعيد المدى LTE:

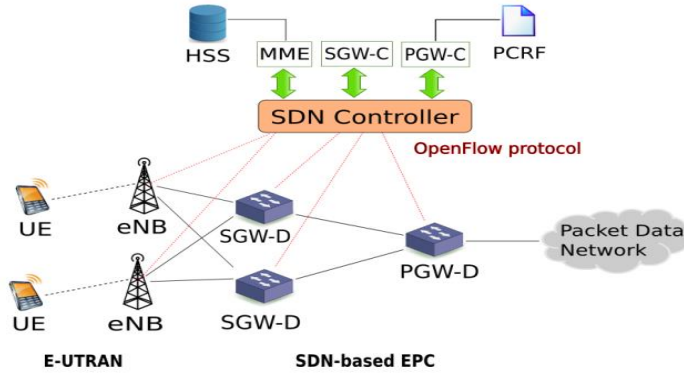
شهدت الشبكات الخلوية المتنقلة زيادة مفاجئة في عدد مستخدمي الهاتف المحمول وحركة المرور بسبب تزايد طلبات المستخدمين، والانتشار الكبير للأجهزة الحديثة مثل الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية، ويجد مشغلو شبكات الهواتف المحمولة صعوبة في توسيع نطاق شبكات الراديو والشبكات الأساسية الخاصة بهم، مما جعلهم يبحثون عن بدائل جديدة للتغلب على هذا التحدي، كما أن شراء أجهزة الشبكة وترقيتها باهظ التكلفة، ويصعب تكيفها وبرمجتها للخدمات الجديدة، في هذا الصدد يعتبر SDN بمثابة اتجاه رئيسي في تطور الشبكات الخلوية، وفي الواقع إن إدخال مفهوم SDN في شبكات الهاتف المحمول وخاصة في شبكات LTE جذب اهتمام مجتمع البحث في السنوات الماضية [18]، وحفزت هذه الاتجاهات مؤخرًا العديد من الجهود لإعادة تصميم مختلف مكونات شبكات الهاتف المحمول، بما في ذلك LTE Evolved Packet Core (EPC) كما يبين الشكل (3) البنية التقليدية لشبكات LTE .



الشكل (3) بنية LTE التقليدية.

ونبين أهم المشاكل والتحديات في شبكات LTE التقليدية التي دفعت الباحثين والمطورين لإيجاد حلول جديدة لمواجهة هذه التحديات ونذكر منها:

- التكلفة Cost : تعتبر مكونات EPC أجهزة مملوكة مع عدد من الوظائف المعقدة الموضوعة في صندوق واحد، وهذا ما يجعلها مكلفة في الحصول عليها وصيانتها وترقيتها مع زيادة طلبات المرور [18].
  - المرونة Flexibility : تحتوي معظم مكونات EPC على كل من منطق مستوى التحكم والبيانات المبرمج في الأجهزة، و أي تعديلات في الوظيفة لإضافة خدمات جديدة تتطلب استبدال الجهاز بأكمله.
  - قابلية التوسع Scalability: عادةً ما يتم تغيير مقاييس الأجهزة بشكل عمودي، أي أنه يجب استبدال الجهاز بالكامل بآخر أكثر قوة من أجل التعامل مع حمولة أعلى، ومع ذلك يفضل مشغلو الاتصالات البنى التي تتوسع أفقيًا، من أجل توسيع نطاق الشبكة بشكل مرن استجابةً للحمل.
  - النفقات العامة لإرسال الإشارات Signaling overheads : تتضمن البنية الحالية الكثير من إشارات التحكم بين مكونات EPC، مما يؤدي إلى تكبد مبالغ كبيرة من النفقات العامة من حيث عرض النطاق الترددي ووقت المعالجة.
- نظرًا لهذه التحديات والمشاكل وكما وجدنا في الدراسات المرجعية أيضا" هناك حاجة فورية لإعادة تصميم شبكة LTE الأساسية، لجعلها أكثر قابلية للتطوير وأكثر مرونة وفعالية من حيث التكلفة، يؤدي تطبيق مبدأ SDN كما هو موضح في الشكل (4) إلى تبسيط عقد الشبكة الأساسية إلى عناصر توجيهه، وتصدير وظائف مستوى التحكم إلى عقدة تحكم SDN مركزية.



الشكل (4) بنية LTE المعتمدة على الشبكات المعرفة برمجيا " SDN .

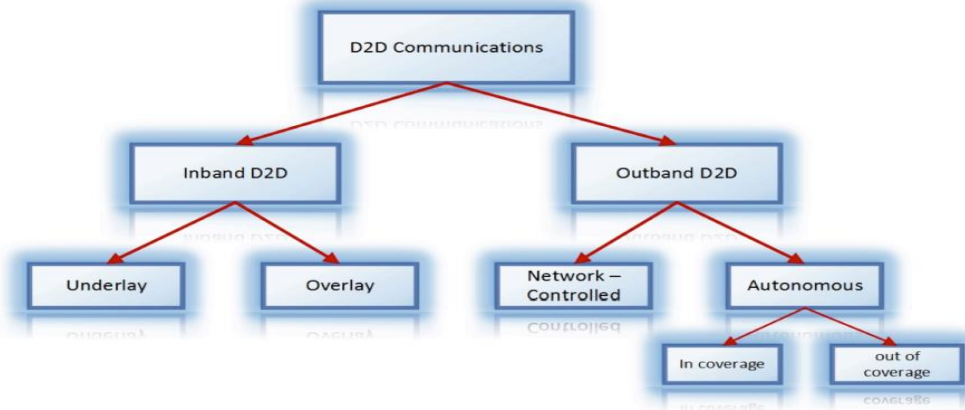
#### 7- تقنية الاتصال من جهاز إلى جهاز D2D في شبكات SDN-Based LTE :

يعد الاتصال من جهاز إلى جهاز D2D أحد التقنيات الثورية في شبكات LTE، يتمثل أحد أهدافها الرئيسية في توفير تنقل سلس يلبي متطلبات جودة الخدمة، يمكن للأجهزة في الشبكات الخلوية التقليدية الاتصال بالمحطة الأساسية فقط عبر مسارات الإرسال، وفشلت في تلبية الطلب المتزايد باستمرار على الخدمات الاجتماعية، التجارية، والتطبيقات القائمة على التقارب Proximity service، وبالتالي تم طرح تقنية D2D في شبكات LTE لأول مرة في الإصدار 12 من مشروع شراكة الجيل الثالث 3GPP، ومنحت مجال واسع للتحسين في أداء شبكات LTE الخلوية، عن طريق تمكين الاكتشاف الفعال والتواصل بين الأجهزة القريبة من بعضها البعض عبر مسار بيانات مباشر دون تدخل المحطة القاعدية المتطورة (eNB) evolved Node B، كما يمكن استخدام تقنيات لاسلكية مختلفة قصيرة المدى مثل Bluetooth و Wi-Fi Direct و LTE Direct لتمكين اتصال D2D، وتتعامل D2D مع مجتمعات السلامة العامة لذلك تعتبر ميزة جديدة واعدة، ويمكن لاتصالات D2D ذات قفزة واحد أو متعددة القفزات تحميل حركة المرور الخلوية خارج المحطة الأساسية، وتعد زيادة الكفاءة الطيفية والإنتاجية المحسنة وما إلى ذلك من السمات الرئيسية لاتصالات D2D مقارنةً بالاتصالات الخلوية التقليدية، لذلك نعتد في هذا البحث على الشبكات المعرفة برمجيا" كونها قادرة على إدارة اتصالات D2D، وبدونها يتعين على شبكات LTE أن تمر عبر

عمليات معمارية عديدة بدلاً من سلسلة من التحديثات التقنية، ونقدم خوارزمية محسنة لإدارة التسليم بين مستخدمي D2D، وتعزز أداء التسليم مقارنة بإدارة التسليم في شبكات LTE التقليدية.

### 7-1- تصنيف اتصالات D2D ضمن شبكات SDN-Based LTE :

يمكن تصنيف اتصالات D2D إلى فئتين [23] وهما النطاق الداخلي Inband D2D والنطاق الخارجي Outband D2D كما يبينه الشكل (5):



الشكل (5) تصنيف اتصالات D2D

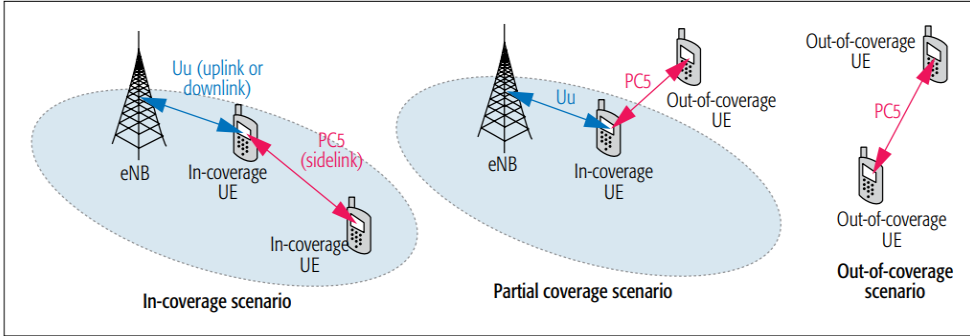
- اتصال Inband D2D : تستخدم الاتصالات الخلوية واتصالات D2D نفس الطيف المرخص للمشغل الخليوي، يمكن تقسيم الطيف إما إلى أجزاء غير متداخلة من D2D والاتصالات الخلوية (Overlay) أو قد لا يتم تقسيمها على الإطلاق (Underlay).

1. اتصالات Underlay D2D : في اتصالات D2D الأساسية، تشترك وصلات D2D والوصلات الخلوية في نفس الموارد الخلوية.

2. اتصالات Overlay D2D : تُعطى وصلات D2D موارد لاسلكية مخصصة من الطيف الخليوي، والعييب الرئيسي لاتصالات النطاق D2D الداخلي هو التداخل الناجم عن وصلات D2D مع الشبكة الخلوية.

- اتصال outband D2D :يستخدم اتصال D2D هذا طيفاً غير مرخص، يمكن أيضاً تقسيم الاتصالات النطاق الخارجي إلى فئتين: اتصالات D2D الخاضعة للتحكم و اتصالات D2D المستقلة.

1. في اتصال D2D الخاضعة للتحكم : يتم منح التحكم للشبكة الخلوية، وتساعد المحطة القاعدية eNB في إدارة الموارد الراديوية وإنشاء اتصالات D2D .
2. في اتصال D2D المستقل : تجري الاتصالات بصورة مستقلة عن المحطة القاعدية eNB، كونها لاتملك صلاحية التحكم باتصالات D2D، ويمكن استخدامها في حال فشل الشبكة أو عندما لا تكون هناك تغطية [19] كما في الشكل(6)، حيث يوجد ثلاثة سيناريوهات مدعومة من قبل الإصدار 12.



الشكل (6) سيناريوهات D2D الثلاثة: 1.ضمن التغطية ، 2. التغطية الجزئية و 3. خارج التغطية.

## 7-2- شبكات D2D ذات القفزة الواحدة و متعددة القفزات :

اتصال D2D ذو القفزة الواحدة يربط جهاز الإرسال (مستخدم d2d) بجهاز الاستقبال (مستخدم d2d آخر) بشكل مباشر إذا كانا متقاربين كل منهما للآخر دون المرور عبر المحطة القاعدية، أما في شبكة D2D متعددة القفزات تعمل تجهيزات المستخدم الوسيطة كمرحلات أيضاً بين محطة قاعدية وتجهيز مستخدم، أو بين اثنين من تجهيزات المستخدم حيث يتم نشر المرحلات ثنائية الاتجاه لمساعدة مستخدمي D2D التي تعاني إما من ضعف جودة الارتباط المباشر أو تتطلب توسيع نطاق الاتصال، وجميع هذه السيناريوهات تتم بواسطة البروتوكول التفاعلي والاستباقي، ولذلك لا بد لنا في هذا البحث من التطرق إلى دراسة بروتوكولات التوجيه واكتشاف الخدمة، وتكمن الفكرة الرئيسية

لبروتوكول اكتشاف الخدمة التفاعلي (reactive protocol) هي أن طلب اكتشاف خدمة التقارب (ProSe) proximity service يبدأ بواسطة تجهيزات المستخدم UEs التي تعترّم إنشاء اتصال D2D مع تجهيزات المستخدم الأخرى، وتدعى أيضاً "تقنية اكتشاف خدمة السحب (PULL)، بينما يبدأ البروتوكول الاستياقي (proactive protocol) بواسطة eNB المخدّمة لجميع المستخدمين UEs ضمن مجال تغطيتها قبل ظهور أي طلبات D2D منها، لذلك تدعى أيضاً "تقنية اكتشاف خدمة الدفع (PUSH)، وهنا ترسل eNB رسالة بث عام بشكل دوري إلى جميع تجهيزات المستخدم لاكتشاف خدمات D2D، ولكن فقط تجهيزات المستخدم المهتمة هي التي ترد على الإعلان.

### 7-3- البروتوكول التفاعلي لاكتشاف الخدمة:

باستخدام البروتوكول التفاعلي، تبدأ تجهيزات المستخدم إجراء اكتشاف الخدمة عند الطلب، عندما تنوي إنشاء اتصال D2D مع تجهيزات المستخدم الأخرى في قائمة جهات الاتصال الخاصة بها، ومع ذلك قبل البدء في اكتشاف الأجهزة المجاورة، تحتاج تجهيزات المستخدم إلى الاتصال بالمحطة القاعدية eNB كونها الوحيدة التي لديها نظرة عامة على تجهيزات المستخدم الأخرى [22]، لذلك يتم تنسيق عملية الاكتشاف بواسطة eNB، تستخدم اتصالات من جهاز إلى جهاز D2D بروتوكولات التوجيه اللاسلكية بالإضافة إلى بعض البروتوكولات المطورة [20]، ومن البروتوكولات التي تنتمي لهذا النوع بروتوكول التوجيه (AODV) Ad hoc On-Demand Distance Vector بروتوكول شعاع المسافة عند الطلب الذي سنعتمد عليه في هذا البحث كونه مدعوم من قبل المحاكى NS3، تم تقديم هذا البروتوكول من قبل RFC 3561 ويتكيف مع تغييرات الوصلات، حيث أنه في حال اكتشاف فشل الوصلة يتم إرسال رسائل الإعلام بالفشل إلى العقد المتأثرة فقط [21]، ويتم إيجاد مسار للعقدة الوجهة المطلوبة فقط حين طلب العقدة المصدر لذلك، مما يعطي الشبكة مرونة لكي تتلاءم مع انضمام عقد للشبكة وخروج عقد منها.



#### 7-4- البروتوكول الاستباقي لاكتشاف الخدمة:

باستخدام البروتوكول الاستباقي، جميع المستخدمين UEs الموثوقين يتم إخطارهم من قبل eNodeB بشأن توفر خدمات ProSe من خلال رسالة بث متعدد يتم إرسالها بشكل دوري، بمجرد إرسال UE لحركة مرور D2D فإنه يرد على هذا الإعلان، ويبلغ eNodeB بشأن طلب اكتشاف ProSe الخاص بها [22]، ومن البروتوكولات التي تنتمي لهذا النوع بروتوكول التوجيه الاستباقي [17] Optimized Link (OLSR) State Routing بروتوكول حالة الارتباط المحسن الذي سننمذ عليه كمثل في هذا البحث أيضا" كونه مدعوم من قبل المحاكى NS3، وهو بروتوكول توجيه نقطة إلى نقطة يعتمد على خوارزمية حالة الوصلة التقليدية Link State، فهو بذلك يحافظ على الارتباط في الشبكة من خلال التبادل الدوري للرسائل حول حالة الارتباط بين العقد التي تحوي معلومات عن طبولوجيا الشبكة، ومن الجدير بالذكر أن بروتوكولات التوجيه هي أحد المكونات الأساسية لأي شبكة لاسلكية متعددة القفزات على سبيل المثال شبكة D2D، لذلك فإن أداء أي بروتوكول من بروتوكولات الاستباقية أو التفاعلية أمر بالغ الأهمية لوظائف الشبكة بشكل عام.

#### 8- عمليات التسليم في شبكات LTE المعتمدة على الشبكات المعرفة برمجيا":

تعد إدارة التنقل وتسليم الاتصال من بين التحديات التي تواجه شبكات LTE، وفتحت الشبكات المعرفة برمجيا" SDN آفاقاً كبيرة لما تتمتع به من المرونة والديناميكية، لذلك اعتمدنا في هذا البحث على دراسة خوارزميات التسليم ضمن بيئة SDN-Based LTE التي تتم بناء على تقارير من قبل المستخدم، تتضمن معلومات القياس ترسل للمحطة القاعدة عن طريق رسائل التحكم في الموارد الراديوية Radio Resource Control (RRC) تتضمن تقرير القياس عن SINR يبين مدى تأثير الإشارة المستقبلية بالتداخل والضجيج، وتقارير عن RSRP يبين طاقة الإشارة المرجعية المستقبلية من الخلية الخادمة، بينما RSRQ يبين جودة الإشارة المرجعية المستقبلية، ومن ضمن معلومات القياس أيضا" الأحداث المسؤولة عن إرسال التقارير، أي أن القياسات في NS3 هي عبارة عن أحداث مما يعني أنه لا يمكن استخدام تقرير UE RSRP أو RSRQ إلا إذا

تم تشغيل أحد الأحداث الخمسة المبينة بالجدول (1)، مع العلم أن شبكات LTE تدعم نوعين من التسليم: التسليم المعتمد على الواجهة X2 والتسليم المعتمد على الواجهة S1، ويكون التسليم المعتمد على X2 هو أقل عمليات التسليم تعقيداً، ويتم التفاوض على التسليم مباشرة بين اثنين من eNodeBs، أما في حالة عدم وجود واجهة X2 بين العقد سيتم استخدام التسليم المعتمد على S1 مع تبادل الإشارات بين eNodeBs

الجدول (1) قائمة الأحداث في NS3 المسؤولة عن إرسال التقارير [24]

الحدث	الوصف
A1	جودة الإشارة للخلية الخادمة أعلى من عتبة محددة
A2	جودة الإشارة للخلية الخادمة أقل من عتبة محددة
A3	جودة الإشارة للخلية المجاورة أعلى من جودة الإشارة للخلية الخادمة بمقدار ازاحة offset dB
A4	جودة الإشارة للخلية المجاورة أعلى من عتبة محددة
A5	جودة الإشارة للخلية الخادمة أقل من عتبة محددة وجودة الإشارة للخلية المجاورة أعلى من عتبة محددة

### 9- خوارزميات التسليم التقليدية في شبكات SDN-Based LTE:

تلعب خوارزميات التسليم في أداء شبكات SDN-Based LTE دوراً أساسياً، وهي تعد من عمليات إدارة الحركة التي أصبحت حديث اهتمام الباحثين في السنوات الماضية، بسبب زيادة عدد مستخدمي الهواتف المحمولة وزيادة عدد عمليات التسليم، والذي بدوره ينعكس على الكم الهائل من البيانات التي يتم التعامل معها ومعالجتها من قبل المتحكم، مع العلم أن اختيار خوارزمية تسليم مناسبة لظروف وطبولوجيا الشبكة ينعكس إيجابياً على تحسين أدائها، وذلك من خلال تقليل عدد عمليات التسليم في الشبكة وتقليل التأخير، وفيما يلي نذكر أهم خوارزميات التسليم التقليدية المستخدمة من قبل الباحثين والمدعومة من قبل المحاكى NS-3 [25]:

❖ خوارزمية التسليم RSRP A3: يتم تشغيل الحدث A3 عندما تصبح قيمة RSRP لأحد الجيران eNB أعلى من قيمة eNB المخدومة، تتحقق الخوارزمية مما إذا كان RSRP المجاور أعلى من الخلية الخادمة بقيمة تسمى "التباطؤ"

حتى فترة زمنية معينة تسمى وقت التشغيل (TTT)[25] ، إذا ظهرت كلتا الحالتين فسيتم التسليم.

❖ خوارزمية التسليم RSRQ A2-A4: يتم تشغيل الحدث عندما تنخفض قيمة RSRQ للخلية الخادمة إلى ما دون حد معين، ثم تتحقق الخوارزمية من قيم RSRQ للخلايا المجاورة، إذا كانت للخلية المجاورة قيمة أكبر من الخلية المخدومة بحد أدنى عندها فقط يتم تشغيل التسليم .

## 10- النتائج والمناقشة:

تم اقتراح خوارزمية جديدة محسنة للتسليم في شبكات SDN-Based LTE وتمت مقارنة هذه الخوارزمية المحسنة مع خوارزميات التسليم التقليدية المستخدمة من قبل الباحثين، والمدعومة من قبل محاكي الشبكة NS3 وفقاً لعدة عوامل وهي : إنتاجية الشبكة والتأخير ومعدل فقدان الحزم ومتوسط عدد عمليات التسليم، ومن خلال تنفيذ المحاكاة أظهرت النتائج أن الخوارزمية المحسنة المقترحة في هذا البحث تفوقت في الأداء من ناحية العوامل المدروسة على خوارزميات التسليم التقليدية.

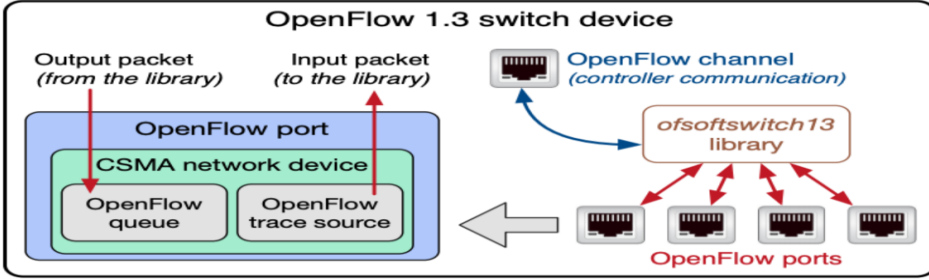
## 10-1 السيناريو المقترح :

قمنا بمقارنة خوارزمية التسليم المحسنة المقترحة في هذا البحث مع خوارزميتي التسليم التقليدية وهما خوارزمية RSRP وخوارزمية RSRQ، وفقاً لعدة عوامل ضمن بيئة شبكة SDN-Based LTE ، وتتألف طبولوجيتها من متحكم SDN controller واحد و ثلاثة مبدلات S1 و S2 و S3 وستة من eNodeBs ، لكل خلية فقط eNodeB واحدة وعدد المستخدمين يبلغ 90 مستخدم d2d، والأداة التي قمنا باختبار التجارب عليها تمتلك معالج 1.99 GHz Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @ 1.80GHz ، وذاكرة بسعة 8GB DDR3، بنظام تشغيل windows 10 مع أداة افتراضية على برنامج VMware Workstation Pro ، تم عليها تنصيب نظام تشغيل Linux 20.04-64bit ، تمت عمليات المقارنة بين الخوارزمية المحسنة والخوارزميات التقليدية باستخدام المحاكي الشبكي NS-3.29 على الأداة الافتراضية، ويمكن تحميله من خلال

الرابط التالي: <https://www.nsnam.org/releases/ns-3-29/download> وإضافة أكواد D2D المتوفرة على الـ github لدعم تقنية الـ d2d كما يمكن تحميل برنامج NS-3 بما فيه أكواد D2D module من خلال الرابط التالي : <https://github.com/zengluyang/ns3-d2d>، و NS3 هو اختصار لـ Network Simulator 3 وهو برنامج مفتوح المصدر بترخيص من GNU GPLV2، وتعتمد عليه أغلب الأبحاث في دراسة وتحليل وتحسين أداء الشبكات، ويستخدم لغة البرمجة C++ مع الربط بلغة بايثون لإنشاء البرامج لمجموعة من النماذج التي يدعمها NS3، مثل النموذج اللاسلكي ونماذج البروتوكولات الاستباقية والتفاعلية (AODV,OLSR)، الذي تمت إضافتها في هذا البحث للمحاكاة، مع إضافة أيضاً نموذج LENA-LTE module الموجود بشكل أساسي في المحاكى، لا يحتوي NS-3 بشكل أساسي على أي أداة داخلية للرسوم المتحركة، لذلك يتم استخدام وحدات الأدوات الخارجية، وهنا يتم استخدام (NetAnim(Network Animation)، ويقوم بتسجيل حالة كل عقدة بشكل افتراضي لكل 250 ملي ثانية، يتضمن ملفات الرأس والبيان لتشغيل البيانات وتصحيحها تلقائياً في ملف XML، بمجرد إنشاء ملف XML بنهاية كود المحاكاة، لتشغيله يتم تنفيذ الأمر ./NetAnim. على الـ terminal، ومن أجل محاكاة D2D يجب إضافة الوحدة module D2D من خلال الرابط التالي:

<https://github.com/makhtardiouf/d2d> ومن أجل محاكاة شبكات SDN يجب إضافة الوحدة OpenFlow1.3 module و OFSwitch13 التي تعزز المحاكى ns-3 بقدرات OpenFlow1.3 يتم تحميلها من خلال الرابط التالي:

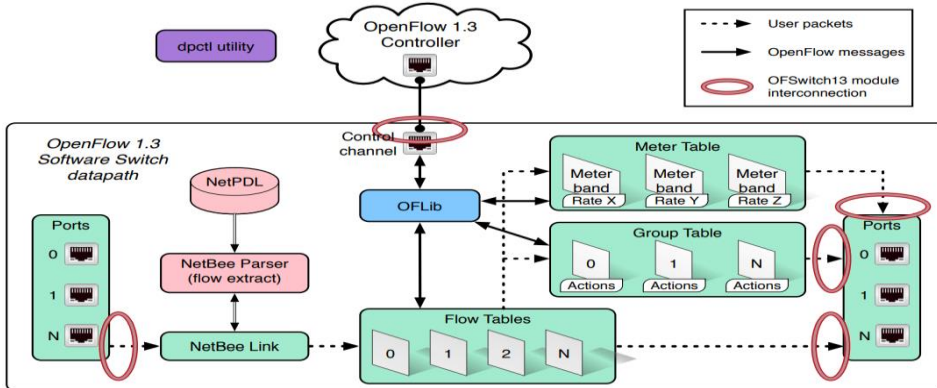
<https://github.com/ljerezchaves/ofswitch13> وتسمح لمستخدمي ns-3 بمحاكاة الشبكات المعرفة برمجياً، وتدعم وحدة تحكم SDN internal/external [26]، ويبين الشكل (7) البنية الداخلية لـ OFSwitch13 .



الشكل (7) البنية الداخلية لـ OFSwitch13Device [26]

ومن الشكل نجد أن:

- OpenFlow 1.3 switch network device : يستخدم لربط عقد الـ ns3 باستخدام أجهزة وقنوات شبكة ns3 الحالية.
- OpenFlow 1.3 controller interface : تزود الوظائف الأساسية لتطبيق وحدة التحكم.
- OpenFlow channel : إنها الواجهة التي تربط كل switch بوحدة تحكم OpenFlow.
- ofsoftswitch13 library : توفر تنفيذ مسار البيانات بما في ذلك منافذ الإدخال والإخراج، وخطوط جدول التدفق لمطابقة الحزم، وجدول المجموعة والعداد كما يبينه الشكل (8)، كما توفر مكتبة OFLib التي تُستخدم لتحويل الرسائل الداخلية من وإلى تنسيق OpenFlow 1.3 wire، والأداة المساعدة dpctl لتحويل الأوامر النصية إلى رسائل داخلية.



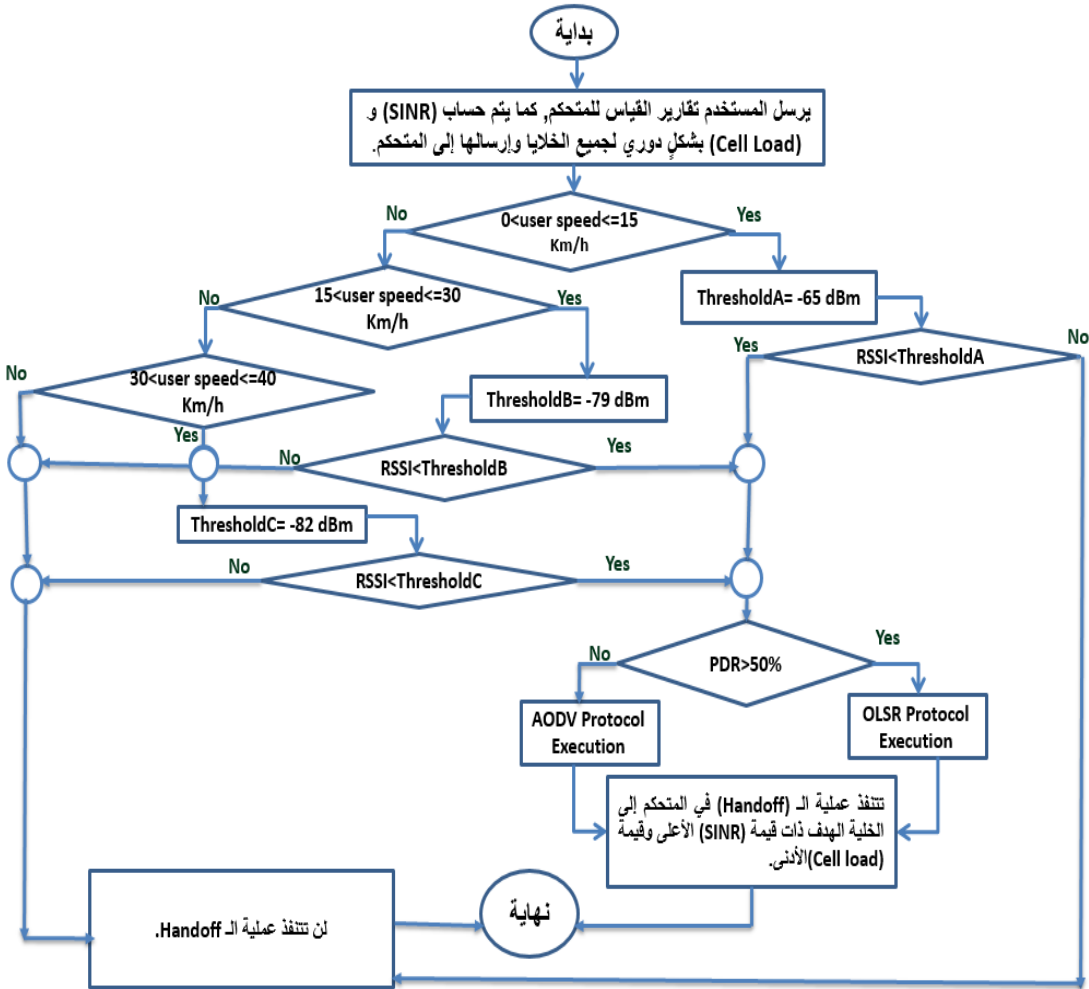
الشكل (8) بنية مكتبة ofsoftswitch13.

## 10-2 - خوارزمية التسليم المحسنة المقترحة في هذا البحث:

تم اقتراح خوارزمية تسليم محسنة في هذا البحث تعتمد على عدة عوامل مجتمعة لتحسين زمن الاستجابة وتخفيض التأخير، وتقليل عدد عمليات التسليم وبالتالي تحسين أداء شبكة SDN-Based LTE المدروسة، حيث تتخذ هذه الخوارزمية ثلاث عتبات لـ Received Signal Strength (RSS) قوة الإشارة المستقبلية اعتماداً على سرعة المستخدم ومن العوامل المستخدمة في الخوارزمية المقترحة بالإضافة إلى RSS هي: نسبة الإشارة إلى التداخل والضجيج SINR، ونسبة تسليم الحزمة packet delivery ratio (PDR)، وسرعة المستخدم، وتكون خطوات عمل الخوارزمية كالتالي :

في البداية يتم نشر الخوارزمية في المتحكم SDN Controller الذي يتلقى رسائل تقارير القياس من D2D User، ويتم حساب قيمة SINR، وقيمة cell load من أجل جميع الخلايا وهي عبارة عن النسبة المئوية لـ Physical Resource Block (PRBs) كتل الموارد المادية المستخدمة على PRBs الكلية، ويتم تخزين قيم كل من SINR و cell load في المتحكم على شكل مصفوفة عناصرها تبدأ من 0 إلى  $n-1$ ، حيث  $n$  هي عدد الخلايا في السيناريو المقترح ثم ننتقل لاختبار شرط سرعة المستخدم مع العلم أن سرعته تتراوح من 0 إلى 40 km/h وأنها ضمن كود المحاكاة نستخدم نموذج الحركة SteadyStateRandomWaypointMobilityModel، نتحقق فيما إذا كانت سرعة مستخدم d2d تتراوح من 0 إلى 15km/h، إذا كانت ضمن هذا المجال في هذه الحالة يتم اسناد القيمة -65dBm للعتبة thresholdA، وننتقل لاختبار شرط RSS إذا كانت قيمة RSS أصغر من قيمة العتبة thresholdA، عندها ننتقل لاختبار شرط PDR وهو إذا كانت النسبة المئوية لـ PDR أصغر أو تساوي 50% يتم اختيار بروتوكول D2D التفاعلي (AODV)، وتنفيذ عملية التسليم لإحدى الخلايا المجاورة وتتم عملية التسليم في المتحكم، مع اختيار أكبر قيمة لـ SINR وأصغر قيمة لـ cell load

(مع العلم أن مصفوفة SINR يتم فرز عناصرها وترتيبها ضمن المتحكم من القيم الأعلى للأدنى أما مصفوفة cell load يتم ترتيبها من القيم الأدنى للأعلى)، أما في حال كانت نسبة  $PDR > 50\%$  يتم عندها اختيار بروتوكول D2D الاستباقي (OLSR) وتنفيذ عملية التسليم كما في الخطوة السابقة، فإذا لم يتحقق شرط السرعة السابقة تنتقل لاختبار الشرط وهو إذا كانت تتراوح من 15 إلى 30km/h عندها يتم اسناد القيمة - 79dBm للعتبة thresholdB، ومنتقل لاختبار شرط RSS ونكرر نفس الخطوات السابقة، أما إذا كانت السرعة من 30 إلى 40km/h عندها يتم اسناد القيمة - 82dBm للعتبة thresholdC ومنتقل لاختبار شرط RSS، وفي حال كانت الشروط غير محققة لا يتم تنفيذ عملية التسليم، فلاحظنا أنه بوضع قيم للعتبات الثلاث واختبار شرط RSS اعتمادا على سرعة الطرفية، وتنفيذ التسليم اعتمادا على أكبر قيمة لـ SINR وأصغر قيمة لـ cell load، قد خفضت عدد عمليات التسليم وهذا ينعكس على تقليل التأخير وذلك باتخاذ قرار التسليم لإحدى الخلايا المجاورة بأقل وقت ويبين المخطط التدفقي الموضح بالشكل (9) خطوات عمل الخوارزمية المقترحة.



الشكل (9) المخطط التدفقي لخوارزمية التسليم المحسنة.

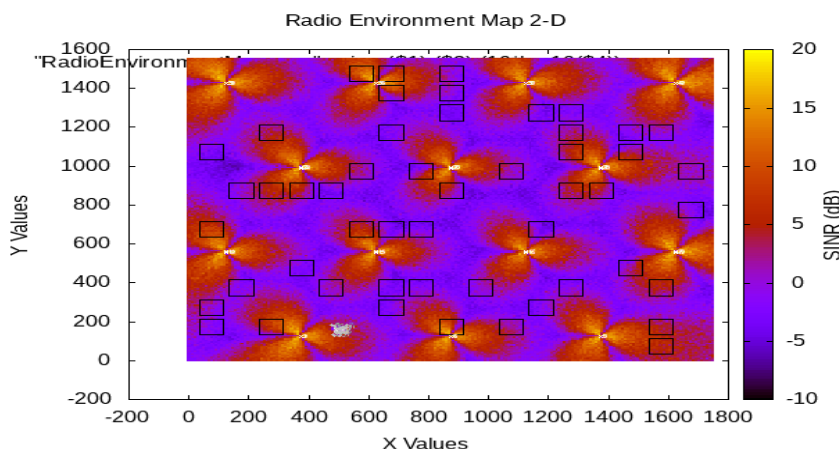
### 10-3- النتائج ومناقشتها:

تم دراسة معايير التقييم على الشبكة المدروسة المؤلفة من متحكم واحد SDN controller متصل مع ثلاثة مبدلات S1 و S2 و S3 والمبدلات تتصل مع 6 eNodeBs وعدد المستخدمين يبلغ 90 مستخدم d2d، حيث يلخص الجدول (2) البارامترات الأساسية لسيناريو المحاكاة مع تنفيذ كل محاكاة خمس مرات وأخذ متوسط النتائج، ويبين الشكل (10) نموذج المحاكاة المطبق باستخدام NS3 مع نسب الإشارة إلى التداخل والضجيج SINR:



الجدول (2) البارامترات الأساسية المحاكاة

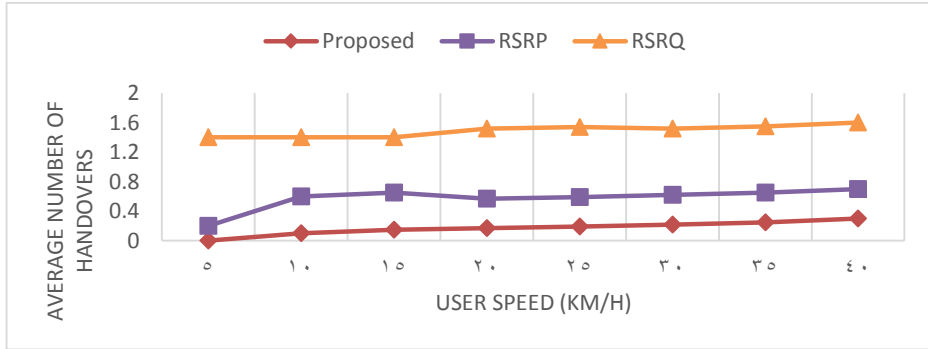
البارامتر	القيمة
عدد المتحكمات	متحكم واحد SDN controller
عدد المبدلات	ثلاثة مبدلات OFSwitch
عدد الـ eNodeBs ، طاقة ارسال الـ eNodeB	6 eNodeBs ، 25dBm
عدد الـ d2d users ، طاقة ارسال الـ d2d user	90 d2d users ، 5 dBm
عرض الحزمة للقناة Bandwidth	5MHz(25 RBs)
حجم الباكيث الأعظمي	1024 Bytes
المدة الزمنية الفاصلة بين الرزم	0.10s
المسافة الفاصلة بين eNodBs	500 m
المسافة الفاصلة بين d2d users	10m
نموذج الحركة لمستخدمي d2d	SteadyStateRandomWaypointMobilityModel
زمن المحاكاة	100 s



الشكل (10) سيناريو المحاكاة المطبق باستخدام NS-3.

10-3-1- السيناريو الأول: دراسة تأثير الخوارزميات المختلفة على متوسط عدد عمليات التسليم: يعرّف متوسط عدد عمليات التسليم لكل مستخدم d2d في الثانية بأنه إجمالي عدد عمليات التسليم الناجحة لمستخدمي d2d خلال الزمن الإجمالي للمحاكاة :

Average Number of Handovers=number of successful handovers/ N\*TT  
 حيث N : هي عدد مستخدمي d2d و TT:Total Time هي الزمن الإجمالي للمحاكاة، وبالنظر إلى الشكل الذي يمثل متوسط عدد عمليات التسليم في الثانية مع تزايد سرعة المستخدم بالنسبة للخوارزميات الثلاثة، وكلما قل عدد عمليات التسليم زادت إنتاجية الشبكة، وبملاحظة المنحنيات في الشكل (11) نجد أن متوسط عدد عمليات التسليم لكل مستخدم في الثانية مع زيادة سرعة المستخدم بالنسبة لخوارزمية RSRQ أعلى بكثير مقارنة بالخوارزميات الأخرى، بينما الخوارزمية المحسنة تقلل عدد عمليات التسليم بشكل كبير إلى 45% بالمقارنة مع خوارزمية RSRQ، وإلى 25% بالمقارنة مع خوارزمية RSRP، وبذلك نجد أنه مع زيادة سرعة المستخدم وفقاً للخوارزمية المحسنة ينخفض عدد عمليات التسليم في الثانية مما يرفع من كفاءة الشبكة بسبب تقليل حمل الإشارات المتبادلة بين المتحكم والعقد في الشبكة.



الشكل (11) متوسط عدد عمليات التسليم لكل مستخدم في الثانية مع زيادة سرعته.

### 10-3-2- السيناريو الثاني: دراسة تأثير الخوارزميات المختلفة على إنتاجية الشبكة:

نقوم بحساب الإنتاجية من أجل تقييم أداء الشبكة المدروسة وذلك بنقسم عدد الباكيئات التي تم استقبالها على إجمالي الزمن الكلي للمحاكاة:  $Throughput = RP / TT$  حيث :  
 RP(Received Packets in Bytes): عدد الباكيئات التي تم استقبالها مقدرة بالبايئات، و TT(Total Time for simulation) : الزمن الكلي للمحاكاة مقدر بالثواني ويحسب كالتالي (زمن استقبال آخر باكييت - زمن ارسال أول باكييت)، فكلما

زادت عدد الباكيئات التي تم استقبالها خلال زمن المحاكاة كلما زادت إنتاجية الشبكة، وبالتالي تحسن من أداء الشبكة المدروسة بشكل عام، ويعد هذا البارامتر مؤشرا "أساسيا" على أداء الشبكة وكلما زاد هذا البارامتر كان أداء الشبكة أفضل، وإن تطبيق خوارزمية التسليم المحسنة سوف يزيد من إنتاجية الشبكة، وفي هذا السيناريو تمت دراسة كل من الخوارزميات الثلاثة وهي خوارزمتي التسليم التقليدية في NS3 وهما : RSRP و RSRQ وخوارزمية التسليم المحسنة في هذا البحث في حال زيادة حجم الباكييت مع العلم أن الحجم الإجمالي للباكييت 1024 byte.



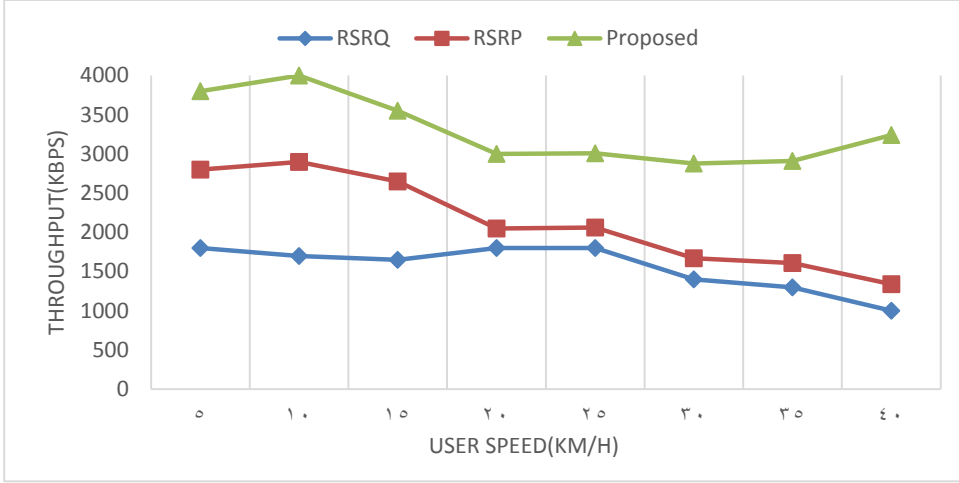
الشكل (12) إنتاجية الشبكة مع زيادة حجم الباكييت.

بالنظر إلى الشكل (12) نجد أن الخوارزميتين RSRP و RSRQ يؤثران في إنتاجية الشبكة مع تزايد حجم الباكيئات بنسبة 35% فقط ولكن الخوارزمية المحسنة في هذا البحث رفعت من إنتاجية الشبكة بشكل كبير بنسبة 90% بالمقارنة مع الخوارزميات التقليدية كما تمت دراسة إنتاجية الشبكة في حال ورود 1000,3000,5000 طلب وتقييم أداء كل من الخوارزميات الثلاثة.



الشكل (13) إنتاجية الشبكة في حال ورود 1000,3000,5000 طلب كل ثانية.

وبالنظر إلى الشكل (13) نجد أنه في حالة ورود 1000 طلب بالنسبة لخوارزميتي RSRQ و RSRP تعالج حوالي 24% تقريبا من الطلبات أما الخوارزمية المقترحة تعالج حوالي 95% من الطلبات، في حالة ورود 3000 طلب بالنسبة لخوارزميتي RSRQ و RSRP تعالج حوالي 20% من الطلبات أما الخوارزمية المقترحة تعالج حوالي 85% من الطلبات في حالة ورود 5000 طلب بالنسبة لخوارزميتي RSRQ و RSRP تعالج حوالي 15% من الطلبات أما الخوارزمية المقترحة تعالج حوالي 60% من الطلبات وبذلك نجد أنه مع زيادة عدد الطلبات ينخفض أداء خوارزميات التسليم التقليدية وتبقى الخوارزمية المقترحة متفوقة على الخوارزميات التقليدية رغم الانخفاض في الإنتاجية، كما تمت دراسة الخوارزميات الثلاثة وتقييم الأداء وحساب الإنتاجية في حال زيادة سرعة مستخدم d2d.



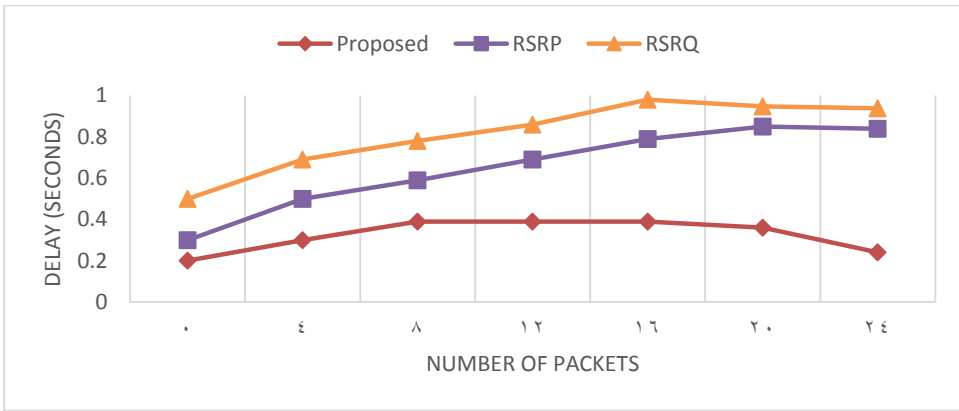
الشكل (14) إنتاجية الشبكة مع زيادة سرعة المستخدم.

نلاحظ من الشكل (14) الذي يمثل إنتاجية الشبكة مع تزايد سرعة المستخدم أن أداء خوارزميتنا التسليم التقليدية RSRQ و RSRP ينخفض مع زيادة سرعة المستخدم، بينما الخوارزمية المقترحة تبقى تعطي أداء أعلى بالمقارنة مع الخوارزميات التقليدية رغم تناقص الإنتاجية بسبب تناقص حمل الإشارات الناتج عن عمليات التسليم غير الضرورية.

### 10-3-3- دراسة تأثير الخوارزميات المختلفة على التأخير:

يعرّف التأخير بأنه الزمن الذي تستغرقه الباكيث للإرسال عبر الشبكة من المصدر الى الهدف، اذا كان زمن وصول الحزمة للشبكة هو PS(Packet Start) وزمن مغادرة الحزمة من الشبكة هو PA(Packet Arrival) عندئذ يعطى التأخير من طرف إلى طرف لـ N باكيث بالعلاقة التالية:  $Delay = (PA - PS) / N$  ، وكلما قل التأخير من طرف إلى طرف زادت كفاءة الشبكة، تمت دراسة الخوارزميات الثلاثة وتقييم الأداء، وبالنظر إلى الشكل (15) نجد أن خوارزميتنا التسليم التقليدية تسببان تأخير أعلى مع زيادة عدد الباكيثات المنقولة من طرف إلى طرف عبر الشبكة، على عكس الخوارزمية المحسنة التي تسبب تأخير أقل مع زيادة عدد الباكيثات مقارنة ببقية الخوارزميات، بسبب

تخفيض الوقت المستغرق في قياس قوة الإشارة ومعالجتها من قبل المتحكم، وتخفيض الوقت المستغرق لاتخاذ القرار بشأن بدء التسليم، وتمت دراسة هذا المحدد كون التأخير بسبب عمليات التسليم يمثل مسألة مثيرة للقلق في تصميم خوارزميات التسليم في أنظمة الاتصالات الخلوية المتنقلة، إذا لم يتم التسليم بسرعة فقد تتدهور جودة الخدمة (QoS) إلى ما دون المستوى المقبول، وإذا حدث التسليم بسرعة فقد يؤدي ذلك إلى عدم الاستقرار.

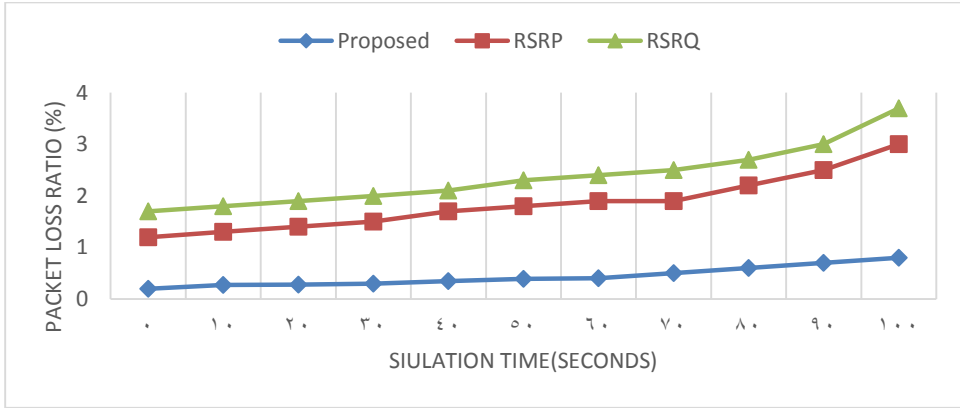


الشكل (15) التأخير في الشبكة مع زيادة عدد الباكيئات.

### 10-3-4- السيناريو الرابع: دراسة تأثير الخوارزميات المختلفة على معدل فقدان الحزم:

يعرّف هذا العامل بأنه النسبة المئوية لعدد الحزم المفقودة مقسوماً على إجمالي عدد الحزم يعطى بالعلاقة التالية:  $dl = \frac{ds}{dn} * 10$ ، حيث ds:dropped packets عدد الحزم المفقودة، و dn:total packets عدد الحزم الكلية، وكلما كان معدل فقدان الحزم أقل زادت فعالية الشبكة، ويعد تقليل هذا العامل أمراً بالغ الأهمية، حيث تعاني الشبكات الخلوية في ظروف معينة من فقدان الحزم التي قد تحدث أثناء نقل البيانات في الشبكة ناتجة عن عدة عوامل: أخطاء في القناة أو ازدحام في الشبكة أو انتهاك الموعد النهائي للتأخير، لذلك تمت دراسة خوارزميات الثلاثة وتقييم الأداء ودراسة هذا العامل، وبالنظر إلى الشكل (16) نجد أن خوارزميتنا التسليم التقليدية RSRP,RSRQ تسببان فقدان

للحزم يزداد على طول زمن المحاكاة، بينما الخوارزمية المحسنة تقلل بشكل كبير من معدل فقدان الحزم خلال زمن المحاكاة، حيث يتم تقليل تأخير التسليم ونسبة فقدان الحزم في الخوارزمية المحسنة، نظرًا لأن وحدة التحكم تقوم بتحديث جداول التوجيه بشكل ديناميكي في أجهزة التوجيه وبالتالي يقل الوقت الذي يقضيه في تبادل الرسائل بشكل كبير.



الشكل (16) معدل فقدان الحزم خلال زمن المحاكاة.

## 11- الاستنتاجات والتوصيات:

عانت شبكات LTE مؤخرًا من زيادة كبيرة في حجم حركة البيانات، وزيادة تكاليف إشارات التنقل المتعلقة بالمستخدمين الخليين عامة وبمستخدمي جهاز إلى جهاز d2d خاصة، لذلك أصبح هناك حاجة كبيرة وملحة لتحقيق التوافرية والاستجابة السريعة وتخفيض التأخير الحاصل، لذلك قمنا في هذا البحث بتوضيح الحاجة إلى الإعتماد على الشبكات المعرفة برمجياً "SDN"، وذكر الفوائد والميزات المتعددة من استبدال بنية LTE التقليدية ببنية SDN-based LTE، وتطرقنا أيضاً إلى التحديات التي تواجه هذه البنية أهمها عمليات التسليم لمستخدمي d2d، لذلك اهتم البحث بدراسة خوارزميات التسليم التقليدية المستخدمة سابقاً، واقترح خوارزمية تسليم محسنة من قبل هذا البحث، وقمنا بمقارنة هذه الخوارزمية مع خوارزميات التسليم التقليدية من خلال عدة عوامل: إنتاجية الشبكة والتأخير، متوسط عمليات التسليم ومعدل فقدان الحزم، وقد أثبتت النتائج من خلال عدة سيناريوهات أن الخوارزمية المحسنة تعطي نتائج أفضل تفوقت بها على

خوارزميات التسليم التقليدية، من خلال تحقيق الحد الأدنى من عمليات التسليم، وتحقيق أقصى قدر ممكن من الإنتاجية وأقل معدل لنسبة فقدان الحزم، فمن ناحية متوسط عدد عمليات التسليم قد خفضت الخوارزمية المحسنة عدد عمليات التسليم بشكل كبير إلى 45% بالمقارنة مع خوارزمية RSRQ و إلى 25% بالمقارنة مع خوارزمية RSRP، أما من ناحية إنتاجية الشبكة فمثلا في حالة ورود 5000 طلب بالنسبة لخوارزميتي RSRP و RSRQ تعالج حوالي 15% من الطلبات أما الخوارزمية المحسنة تعالج حوالي 60% من الطلبات، كما حققت أقل معدل لنسبة فقدان الحزم، وأخيرا لايمكننا أن نغفل عن ذكر أهمية خوارزميات تخصيص وإدارة الموارد الراديوية لاتصالات d2d، لما له من أهمية في تحسين أداء الشبكة وتعد عمليات التسليم أحد مهامها الأساسية بالإضافة إلى مهام الجدولة، وتساهم في زيادة إنتاجية الشبكة وهذا هو مجال بحثنا حاليا، كما نوصي بدراسة خوارزميات موازنة الحمل Mobility Load Balancing (MLB) بين عدة متحكمات عند تنفيذ عمليات التسليم.



## المراجع:

- [1] NAM, H., CALIN, D. and SCHULZRINNE, H., 2015- Intelligent content delivery over wireless via SDN. In *IEEE wireless communications and networking conference (WCNC)* (pp. 2185-2190).
- [2] SADIK, M., AKKARI, N. and ALDABBAGH, G., 2018-SDN-based handover scheme for multi-tier LTE/Femto and D2D networks. *Computer Networks*, 142, pp.142-153.
- [3] CHEN, H.Y., SHIH, M.J. and WEI, H.Y., 2015,-Handover mechanism for device-to-device communication. In *IEEE conference on standards for communications and networking (CSCN)* (pp. 72-77). IEEE.
- [4] DIOUF, E.M. and LEE, W., 2017- An Implementation of LTE Simulator Based on NS-3 for Evaluating D2D Performance. *IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, 100(10), pp.2216-2218.
- [5] Mach, P. and Becvar, Z., 2014 -Vertical Handover Decision in Heterogeneous Wireless Networks with Femtocells, *Elektronika ir Elektrotechnika*, 20(2), pp. 93-101. doi: 10.5755/j01.eee.20.2.3517.
- [6] DESWAL, S. and SINGHROVA, A., 2017- A Vertical Handover Algorithm in Integrated Macrocell Femtocell Networks. *International Journal of Electrical & Computer Engineering* (2088-8708), 7(1).
- [7] ZELJKOVIC, E., SLAMNIK-KRIJESTORAC, N., LATRE, S. and MARQUEZ-BARJA, J.M., 2019- ABRAHAM: machine learning backed proactive handover algorithm using SDN. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 16(4), pp.1522-1536.

- [8] OMITOLA, O.O. and SRIVASTAVA, V.M., 2020- An Improved Handover Algorithm for LTE-A Femtocell Network. *J. Commun.*, 15(7), pp.558-565.
- [9] RIZKALLAH , J. and AKKARI , N., 2018, - SDN-based vertical handover decision scheme for 5G networks. In *2018 IEEE Middle East and North Africa Communications Conference (MENACOMM)* (pp. 1-6). IEEE.
- [10] QIANG , L., Li, J., Ji, Y. and HUANG , C., 2016- A novel software-defined networking approach for vertical handoff in heterogeneous wireless networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 16(15), pp.2374-2389.
- [11] EMRAN , M. and UMAIR,, M., 2022-The Handover and Performance Analysis of LTE Network with Traditional and SDN Approaches. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022.
- [12] Design Documentation, <https://www.nsnam.org/docs/models/html /lte-design.html#design-documentation>.
- [13] NSNAM, Network Simulator NS3 (online). Available: <https://www.nsnam.org/docs/models/html/ltedesign.html>. Accessed June 01, 2017.
- [14] ASKAR , S., 2017-SDN-Based Load Balancing Scheme for Fat-Tree Data Center Networks. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 20(5), pp.1047-1056.
- [15] ONF, O., OPEN NETWORKING FOUNDATION ,2013, OpenFlow Switch Specification version 1.3.2 (wire protocol 0x04). Available on: <https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall13/cos597E/papers/openflow-spec-v1.3.2.pdf>.
- [16] KREUTZ , D., RAMOS, F.M., VERISSIMO, P.E., ROTHENBERG, C.E.,

- AZODOLMOLKY, S. and UHLIG, S., 2014. Software-defined networking: A comprehensive survey. *Proceedings of the IEEE*, 103(1), pp.14-76.
- [17] YEGANEH, S.H., TOOTOONCHAIN, A. and GANJALI, Y., 2013- On scalability of software-defined networking. *IEEE Communications Magazine*, 51(2), pp.136-141.
- [18] JAIN , A., SADAGOPAN, N.S., LOHANI, S.K. and VUTUKURU, M., 2016- A comparison of SDN and NFV for re-designing the LTE packet core. In *2016 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)* (pp. 74-80). IEEE.
- [19] LIEN , S. Y., CHIEN , C. C., LIU ,G. S. T., TSAI , H. L., LI , R., and WANG ,Y. J., 2016- Enhanced LTE device-to-device proximity services, *IEEE Communications Magazine*,54(12), pp.174-182.
- [20] BEN HALIMA , N. and BOUJEMAA , H., 2019- Routing Protocols for D2D Communications with Adaptive Transmit Power. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(8), pp.6841-6850.
- [21] SURADKAR , S.S. and SURVE , A.R., 2014- A protocol for reducing routing overhead in mobile ad hoc networks. *Int. J. Comput. Sci. Eng. Technol*, 5(02), pp.115-117.
- [22] AHISHAKIYE , F. and LI, F.Y., 2014- Service discovery protocols in D2D-enabled cellular networks: Reactive versus proactive. In *2014 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)* (pp. 833-838). IEEE.
- [23] SAFDAR , G.A., UR REHMAN, M., MUHAMMAD, M., IMRAN, M.A., and TAFAZOLLI, R., 2016- Interference mitigation in D2D communication underlying LTE-A network. *IEEE Access*, 4, pp.7967-7987.

- [24] HERMAN, B. and BALDO, N., 2014-Extensions to LTE mobility functions for ns-3. In *Proceedings of the 2014 Workshop on ns-3* (pp. 1-8).
- [25] HENDRAWAN, H., ZAIN, A.R. and LESTARI, S., 2019- Performance evaluation of a2-a4-rsrq and a3-rsrp handover algorithms in lte network. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 19(2), pp.64-74.
- [26] CHAVES, L.J., GARCIA, I.C. and MADEIRA, E.R.M., 2016- Ofswitch13: Enhancing ns-3 with openflow 1.3 support. In *Proceedings of the Workshop on ns-3* (pp. 33-40).