

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية  
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 8

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 ( كتابة مختزلة ) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.  
مثال على ذلك:

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

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

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

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (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
48-11	م. روى الراعي د. أليدا اسبر	استخدام الطرق الاحصائية في تنظيف سجلات الأحداث
80-49	م. طريف الكلزلي د. محسن عبود د. ماهر عباس	Contiki تحقيق موازنة الحمل لشبكات انترنت الأشياء ضمن نظام تشغيل
98-81	م. عادل عبد الرحمن د. عدنان عمران د. فادي علي	دراسة رقمية لتحسين أداء المجمعات الشمسية المسطحة باستخدام الزعانف والحواجز واختبارها تجريبياً
114-99	د. عدنان أحمد ابراهيم محمود لبنى حايك ميس ابراهيم	المقارنة بين جودة السطوح الناتجة عن تخريم صفائح فولاذية ST37-2 مع صفائح النحاس الأحمر والألمنيوم وStainless Steel ونمذجة النتائج باستخدام Matlab



136-115	م. علي وهبي د. عبد الكريم السالم	تحليل أداء تقنيتي الوصول المتعدد المتعامد OMA وغير المتعامد NOMA في ظروف قناة رايلي
158-137	م. نور سليمان د. لبنى علي	استخدام العميل البرمجي المتنقل لتقليل التأخير الزمني في عقد شبكات Ad-hoc



# استخدام الطرق الاحصائية في تنظيف سجلات الأحداث

طالبة الدكتوراه: م. رؤى الراعي كلية الهندسة المعلوماتية-جامعة البعث

اشراف الدكتور: أليدا اسبر

## الملخص:

في عالم اليوم الرقمي المتغير باستمرار ، تم تصميم جميع أنظمة الحوسبة تقريبًا لتسجيل المعلومات حول حالة التشغيل وتغييرات البيئة وتعديلات التكوين والأخطاء في سجل أحداث من نوع ما [مثل سجل النظام أو سجل التطبيق]. لهذا السبب ، أصبحت سجلات الأحداث مصدرًا مهمًا للمعلومات حول الحالة الصحية أو التشغيلية للبنية التحتية للحوسبة ويعتمد عليها محلو النظام والشبكات والأمن كمصدر رئيسي للمعلومات أثناء فترات التوقف أو الحوادث الأمنية ومع ذلك ، فقد استمر حجم سجلات الأحداث في النمو مع الحجم المتزايد باستمرار للحوسبة والبنية التحتية للاتصالات اليوم. مما جعل مهمة مراجعة وتدقيق هذه السجلات من أجل الحصول على سجلات أحداث نظيفة وسليمة وخالية من الأخطاء أمرًا بالغ الأهمية.

لذلك تسلط هذه المقالة الضوء على مفهوم سجلات الأحداث وتوضيح أهمية ومجالات استخدام هذه السجلات ثم نتطرق الى ذكر مجموعة من أشهر الطرق الاحصائية المستخدمة في كشف الشذوذ في سجلات الأحداث ونقوم بتطبيق هذه الطرق على مجموعتين من السجلات الواقعية وفي الختام مقارنة النتائج التي تم التوصل اليها.

**الكلمات المفتاحية:** سجلات الأحداث ، الطرق الاحصائية ،كشف الشذوذ، تنظيف السجلات

# Using Statistical Methods to Clean Event Logs

Eng. Rowa AL-Rae

Dr. Aleda Esber

## Abstract

In today's ever changing digital world, virtually all computing systems are designed to log information about their operational status, environment changes, configuration modifications and errors into an event log of some sort [e.g. syslog or an application log]. For this reason event logs have become an important source of information about the health or operational status of a computing infrastructure and is relied on by system, network and security analysts as a major source of information during downtime or security incidents. However the size of event logs have continued to grow with the ever-increasing size of today's computing and communication infrastructure. This made the task of reviewing and auditing these logs in order to obtain clean, sound and error-free event logs very important. Therefore, this article sheds light on the concept of event logs and clarifies the importance and areas of use of these logs, and then we mention a group of the most famous statistical methods used in detecting anomalies in the event logs and we apply these methods to two sets of realistic logs and in conclusion we compare the results that have been reached.

**Keywords:** event logs, statistical methods, anomalies detecting, logs cleaning

## 1. هدف البحث:

نههدف في هذا البحث الى تناول أحد أهم جوانب التنقيب عن العمليات process mining وهو اكتشاف العمليات process discovery الذي يقوم باستخراج العملية من سجل الأحداث الذي يعتبر النواة الأساسية في عملية التنقيب. نسعى في هذا البحث الى تحسين جودة النماذج المستخرجة من سجلات الأحداث من خلال استخدام مجموعة من الطرق الاحصائية ودراسة اثرها على عملية التنقيب من خلال استخدام مجموعة من المقاييس التي تتناول دقة النماذج المستخرجة ودرجة تعقيدها. يعتبر هذا البحث خطوة أولية دامة لتحسين آليات الكشف عن الشذوذ في سجلات الأحداث.

## 2. مقدمة:

2.1 تعريف الحدث: في مصطلحات الحوسبة ، الحدث event هو أي إجراء أو حدث مهم يتعرف عليه نظام برمجي. يمكن أن ينشأ هذا الحدث من أنظمة التشغيل ، والشبكات ، والخوادم ، والجدران النارية ، وبرامج مكافحة الفيروسات ، واستعلامات قواعد البيانات ، والبنية التحتية للأجهزة والعمليات التجارية، وما إلى ذلك. وعادة ما يتم تسجيل الحدث في ملف خاص يسمى سجل الأحداث Event-Log [1]

2.2 تعريف سجل الأحداث: يمكن تعريفه بأنه مجموعة من سجلات الأحداث المسجلة ذات الطابع الزمني التي يتم إنتاجها من خلال تنفيذ عملية تجارية [2]. يتكون سجل الأحداث من مجموعة من المسارات traces ، يتكون كل مسار بحد ذاته من تسلسل الأحداث المتعلقة بحالة معينة case. [3]

### استخدام الطرق الإحصائية في تنظيف سجلات الأحداث

Case ID	Task Name	Event Type	Originator	Timestamp	Extra Data
1	File Fine	Completed	Anne	20-07-2004 14:00:00	...
2	File Fine	Completed	Anne	20-07-2004 15:00:00	...
1	Send Bill	Completed	system	20-07-2004 15:05:00	...
2	Send Bill	Completed	system	20-07-2004 15:07:00	...
3	File Fine	Completed	Anne	21-07-2004 10:00:00	...
3	Send Bill	Completed	system	21-07-2004 14:00:00	...
4	File Fine	Completed	Anne	22-07-2004 11:00:00	...
4	Send Bill	Completed	system	22-07-2004 11:10:00	...
1	Process Payment	Completed	system	24-07-2004 15:05:00	...
1	Close Case	Completed	system	24-07-2004 15:06:00	...
2	Send Reminder	Completed	Mary	20-08-2004 10:00:00	...
3	Send Reminder	Completed	John	21-08-2004 10:00:00	...
2	Process Payment	Completed	system	22-08-2004 09:05:00	...
2	Close case	Completed	system	22-08-2004 09:06:00	...
4	Send Reminder	Completed	John	22-08-2004 15:10:00	...
4	Send Reminder	Completed	Mary	22-08-2004 17:10:00	...
4	Process Payment	Completed	system	29-08-2004 14:01:00	...
4	Close Case	Completed	system	29-08-2004 17:30:00	...
3	Send Reminder	Completed	John	21-09-2004 10:00:00	...
3	Send Reminder	Completed	John	21-10-2004 10:00:00	...
3	Process Payment	Completed	system	25-10-2004 14:00:00	...
3	Close Case	Completed	system	25-10-2004 14:01:00	...

### 3. مجالات استخدام سجلات الأحداث

تحتفظ أنظمة المعلومات الحديثة بمسارات تفصيلية للعمليات التجارية التي تدعمها ، بما في ذلك سجلات أحداث تنفيذ العملية الرئيسية ، مثل إنشاء حالة أو تنفيذ مهمة ضمن حالة جارية. حيث يتضمن السجل كما هو موضح في الصورة السابقة مجموعة من المعلومات الهامة:

1. تاريخ ووقت الحدث
2. الوصف الفعلي للحدث
3. التطبيق او العملية المعنية
4. معرف الحدث
5. المعلومات الاخرى ذات الصلة مثل عناوين IP أو اسماء المستخدمين

من مجالات استخدام سجلات الاحداث نذكر:

1. تعد سجلات الأحداث ضرورية لتحليل السبب الجذري للمشكلات والحوادث سواء كانت تلك المشكلات ناتجة عن أخطاء في الأجهزة أو أخطاء نظام التشغيل أو انتهاكات الأمان أو فشل التطبيق أو تدهور الأداء. الطريقة الأكثر فاعلية لفرق العمليات والمهندسين لتتبع السبب الجذري للمشكلة هي من خلال متابعة الأحداث في ملفات السجل التي سبقت الحادث المعني. يمكن أن يتضمن استكشاف الأخطاء وإصلاحها أيضًا ربط سجلات الأحداث المتعددة وتحليلها فمن خلال تجميع البيانات وربطها من سجلات الأحداث عبر المكونات المختلفة ، يمكن للمصلح استكشاف الأخطاء وإصلاحها وإنشاء صورة كاملة لهذا النظام. تعتمد إدارة السجل الحديثة على استيعاب سجلات أحداث متعددة للكشف عن الاتجاهات والشذوذ والأنماط. أصبح هذا الأسلوب ضروريًا للأنظمة الموزعة المعقدة ، حيث لا يمكن دائمًا اكتشاف مشكلة من خلال تحليل سجل واحد. يُعد هذا النوع من التجميع والتحليل المتعمق عنصرًا حاسمًا في إمكانية ملاحظة النظام ، وهو القدرة على قياس الحالة الداخلية الحالية للنظام من البيانات التي ينشئها - بما في ذلك سجلات الأحداث. [1]

2. يتم الاعتماد على سجلات تنفيذ مفصلة للعمليات التجارية التي تدعمها الانظمة لاكتشاف نماذج محاكاة للعمليات و التي تعتبر تقنية متعددة الاستخدامات لتقدير أداء العملية في ظل سيناريوهات متعددة. وهذا بدوره يسمح للمحللين بمقارنة الخيارات البديلة لتحسين هذه العمليات business process. [4]

3. ايضا تعتبر سجلات الأحداث النواة الأساسية في مجال Business Process Mining الذي سنتحدث عنه بالتفصيل في الفقرة التالية:

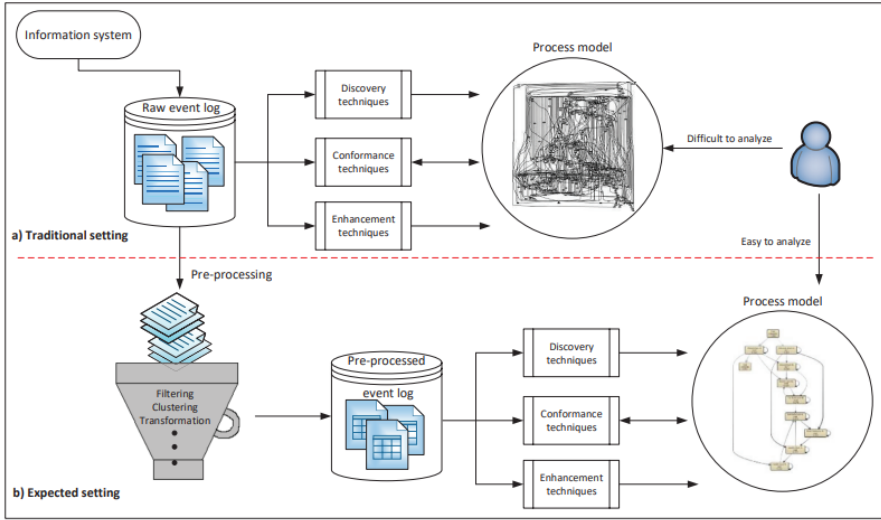
#### 4.التنقيب في العمليات التجارية Business Process Mining

أصبح التنقيب في العمليات التجارية مجالاً مهماً بشكل متزايد لفهم المنظور السلوكي لأي منظمة معينة. في مشروع تنقيب العمليات ، يتم تكليف خبراء العمليات باكتشاف أو تحسين العمليات التجارية التشغيلية. يفعلون ذلك من خلال تحليل سجلات الأحداث ، وهي نقطة البداية لأي عملية تنقيب[5]

تسمح عملية التنقيب للمؤسسات بالحصول على نماذج العمليات التجارية الفعلية من سجلات الأحداث (الاكتشاف discovery ) ، وبمقارنة سجل الأحداث أو نموذج العملية الناتج في مهمة الاكتشاف بالنموذج المرجعي الحالي لنفس العملية (المطابقة) conformance ، وباكتشاف المشكلات في العملية المنفذة (التحسين) enhancement[2] يمكن استخراج أكثر من مجرد بيانات أداء من سجلات الأحداث من أجل استخدامها لاكتشاف المعرفة من مناظير متعددة. حيث قد يركز التنقيب على استخراج معلومات أكثر كالعلاقات السببية بين الأنشطة أو معلومات حول المورد و يمكن استخدام هذه المعلومات لاشتقاق المعرفة حول منظور المنظمة على سبيل المثال ، الأدوار والمجموعات ، وهياكل التعاون ، وكفاءة التعاون ، وما إلى ذلك. قد يسجل السجل أيضاً "تدفق البيانات" ، على سبيل المثال ، أي متغيرات العملية التي يتم تحديثها في حدث معين وما هي قيمها .يمكن استخدام هذه البيانات لاشتقاق المعرفة حول منظور المعلومات وبالمثل ، يمكن زيادة السجل بمعلومات حول التطبيقات المستخدمة لاشتقاق المعرفة حول منظور التطبيق .[6] واحدة من أكثر عمليات التنقيب في العمليات التي تم التحقيق فيها على نطاق واسع هي عملية الاكتشاف الآلي



( automated process discovery. ) تأخذ طريقة اكتشاف العملية المؤتمتة كإدخال سجل الأحداث ، وتنتج كمخرجات نموذج العملية الذي يلتقط علاقات تدفق التحكم بين المهام التي تمت ملاحظتها أو تضمينها بواسطة سجل الأحداث [3] بالنظر إلى أن سجل الأحداث هو المدخل الرئيسي لتقنيات اكتشاف العمليات ، فإن جودة هذه المعلومات لها تأثير كبير على النموذج الناتج. يمكن أن يؤدي سجل الأحداث ذي الجودة المنخفضة (القيم المفقودة أو الخاطئة أو الضجيج ، التكرارات ، إلخ) إلى نموذج معقد وغير منظم (نوع السباغيتي) spaghetti-type ، ويصعب تفسيره كما هو موضح في الشكل التالي



نظرة عامة على العملية التقليدية والمتوقعة لتطبيق تقنيات استخراج البيانات باستخدام سجل الأحداث الخام وسجل الأحداث المُعالج مسبقاً ، على التوالي

أو قد يؤدي الى نموذج لا يعكس السلوك الحقيقي للعملية التجارية. لذلك ، تعتبر المعالجة المسبقة لبيانات سجل الأحداث مهمة يمكن أن تحسن بشكل كبير من أداء

عملية التنقيب [2] لذلك سنركز في هذا البحث على العمل على تحسين جودة سجلين من سجلات الاحداث الحقيقية باستخدام مجموعة من اشهر الطرق الاحصائية

## 5. البيانات المستخدمة:

تم الحصول على سجلات الاحداث الحقيقية من 4TU.ResearchData هو مستودع بيانات دولي لهندسة العلوم والتصميم. يقدم خدمات إدارة مجموعة البيانات البحثية ، والمشاركة ، والوصول طويل الأجل ، وخدمات الحفظ لأي شخص في أي مكان. تم نشر هذا الأرشيف في عام 2010 ومنذ ذلك الحين تمت إدارته كخدمة للباحثين (من الجامعات حول العالم) لإيداع بياناتهم ومشاركتها ، وللباحثين الآخرين لتنزيل البيانات واستخدامها في أبحاثهم [7] .

5.1 مجموعة البيانات الأولى تدعى VINST cases open problems التي تم تجميعها من شركة Volvo IT Belgium يحتوي السجل على أحداث من نظام إدارة الحوادث والمشكلات يسمى VINST.

يتألف هذا السجل من 2352 حدث ومن الحقول attributes التالية:

1	Problem Number	Problem Latest Impa	Problem Change Date+Time	Problem SI	Problem Sub Status	Problem Invol	Problem Ir	Problem Involved Owner	ST	Product	Country	Problem Ir	Problem Involved Action	Owner	First Name
2	147898401	Medium	2006-11-07T10:00:36+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
3	147898401	Medium	2006-11-07T13:05:44+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
4	147898401	Medium	2009-12-02T14:24:32+01:00	Accepted	Wait	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
5	147898401	Medium	2011-09-03T06:09:09+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
6	165554831	Medium	2007-03-20T09:06:25+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
7	165554831	Medium	2009-12-02T14:24:31+01:00	Accepted	Wait	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
8	165554831	Medium	2011-09-03T06:10:53+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
9	172473423	Low	2007-05-10T15:21:54+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
10	172473423	Low	2009-12-02T14:24:32+01:00	Accepted	Wait	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
11	172473423	Low	2011-09-03T06:10:59+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		
12	182640781	Medium	2007-07-25T13:21:05+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	G167 2nd		PROD681	se	Sweden	Niklas		
13	182640781	Medium	2009-12-02T14:24:32+01:00	Accepted	Wait	Org line A2	A2_2	G167 2nd		PROD681	se	Sweden	Niklas		
14	182640781	Medium	2010-08-25T10:13:01+01:00	Queued	Awaiting Assignment	Org line A2	A2_2	G167 2nd		PROD681	se	Sweden	Niklas		
15	182640781	Medium	2011-09-03T08:24:13+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD681	se	Sweden	Niklas		
16	182640781	Medium	2011-11-14T16:10:25+01:00	Accepted	Assigned	Org line A2	A2_2	G167 2nd		PROD681	se	Sweden	Niklas		
17	182640781	Medium	2012-01-03T11:30:35+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	G167 2nd		PROD681	se	Sweden	Niklas		
18	182640781	Medium	2012-01-03T11:31:53+01:00	Completed	Closed	Org line A2	A2_2	G167 2nd		PROD681	se	Sweden	Niklas		
19	230541365	High	2008-05-07T17:58:51+01:00	Accepted	In Progress	Org line A2	A2_2	M1 2nd		PROD753	cn	Sweden	Tomas		

Problem number : رقم معرف للمشكلة او الحادث

Problem change Date + time لحظة تغير الوضع او الحالة

Problem Status الحالات المتاحة: Queued, accepted, completed,

closed

Assigned, awaiting assignment, الحالات المتاحة: problem sub-status

cancelled, closed, in progress, wait, unmatched

5.2 مجموعة البيانات الثانية المستخدمة Help Desk هي عبارة عن سجل احداث

يتعلق بعملية إدارة التذاكر لمكتب المساعدة لشركة برمجيات إيطالية. يتألف هذا السجل

من 21348 حدث و 4580 حالة cases و 14 نشاط ومن مجموعة من الحقول

attributes نذكر منها التالي

## استخدام الطرق الإحصائية في تنظيف سجلات الأحداث

Case ID معرف للحالة

Activity: اسم النشاط

Complete Timestamp: الطابع الزمني للحدث

customer: اسم الزبون

product: اسم المنتج

support\_section: اسم قسم الدعم

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Case ID	Activity	Resource	Complete	Variant	Variant inc	Variant	seriousnes	customer	product	responsibl	seriousnes	service_le	service_ty	support_sc	workgro
2	Case 1	Assign seri	Value 1	50:17.0	Variant 12	12	Variant 12	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1
3	Case 1	Take in ch	Value 1	51:01.0	Variant 12	12	Variant 12	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1
4	Case 1	Take in ch	Value 2	02:56.0	Variant 12	12	Variant 12	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
5	Case 1	Resolve tic	Value 1	54:26.0	Variant 12	12	Variant 12	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
6	Case 1	Closed	Value 3	54:39.0	Variant 12	12	Variant 12	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
7	Case 2	Assign seri	Value 4	55:38.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1	Value 1
8	Case 2	Take in ch	Value 4	55:53.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
9	Case 2	Resolve tic	Value 4	15:52.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
10	Case 2	Closed	Value 5	00:28.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
11	Case 3	Assign seri	Value 6	14:06.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 3	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
12	Case 3	Take in ch	Value 7	16:11.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 3	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
13	Case 3	Resolve tic	Value 7	21:17.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 3	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
14	Case 3	Closed	Value 5	20:18.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 3	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
15	Case 4	Assign seri	Value 8	31:53.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 4	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
16	Case 4	Take in ch	Value 2	01:07.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 4	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
17	Case 4	Resolve tic	Value 2	08:19.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 4	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
18	Case 4	Closed	Value 5	40:42.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 4	Value 3	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
19	Case 5	Assign seri	Value 9	08:32.0	Variant 9	9	Variant 9	Value 1	Value 5	Value 3	Value 1	Value 2	Value 3	Value 1	Value 1	Value 1
20	Case 5	Take in ch	Value 10	45:33.0	Variant 9	9	Variant 9	Value 1	Value 5	Value 3	Value 1	Value 2	Value 3	Value 1	Value 1	Value 1
21	Case 5	Resolve tic	Value 10	47:22.0	Variant 9	9	Variant 9	Value 1	Value 5	Value 3	Value 1	Value 2	Value 3	Value 1	Value 1	Value 1
22	Case 5	Take in ch	Value 10	15:02.0	Variant 9	9	Variant 9	Value 1	Value 5	Value 3	Value 1	Value 2	Value 3	Value 1	Value 1	Value 1
23	Case 5	Resolve tic	Value 10	07:28.0	Variant 9	9	Variant 9	Value 1	Value 5	Value 3	Value 1	Value 2	Value 3	Value 1	Value 1	Value 1
24	Case 5	Closed	Value 5	10:28.0	Variant 9	9	Variant 9	Value 1	Value 5	Value 3	Value 1	Value 2	Value 3	Value 1	Value 1	Value 1
25	Case 6	Assign seri	Value 2	13:58.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 6	Value 2	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
26	Case 6	Take in ch	Value 2	58:55.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 6	Value 2	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
27	Case 6	Resolve tic	Value 2	54:46.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 6	Value 2	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
28	Case 6	Closed	Value 5	20:56.0	Variant 1	1	Variant 1	Value 1	Value 6	Value 2	Value 1	Value 1	Value 2	Value 1	Value 1	Value 1
29	Case 7	Assign seri	Value 1	47:35.0	Variant 23	23	Variant 23	Value 1	Value 7	Value 1	Value 1	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 2
30	Case 7	Assign seri	Value 1	48:53.0	Variant 23	23	Variant 23	Value 1	Value 7	Value 1	Value 1	Value 1	Value 2	Value 2	Value 1	Value 2

## 6. الطرق الإحصائية

سنتعرف في الفقرة التالية على الطرق الإحصائية التي سنستخدمها في تنظيف السجلات:

**6.1 Z-Score** أبسط مقياس إحصائي مفيد للكشف عن الشذوذ. على الرغم من تطوير نموذج Z-Score منذ زمن يستمر استخدامه في جميع أنحاء العالم كأداة رئيسية أو داعمة للتنبؤ والتحليل في مجال البحث والممارسة [8] في التوزيع الإحصائي ، تخبرنا Z-Score بمدى بُعد نقطة بيانات معينة عن باقي النقاط حيث أن Z-Score هي الدرجة التي تقيس عدد الانحرافات المعيارية التي تكون نقطة البيانات فيها بعيدة عن المتوسط . يتم حساب Z-score من أجل أي نقطة بيانات كالتالي:

$$Z\text{-score} = \frac{x - \text{mean}}{\text{Standard Deviation}}$$

فمن أجل كل نقطة يتم تقسيم الفرق بين القيمة والمتوسط الحسابي على الانحراف المعياري للتوزيع . يتم اعتبار قيم البيانات التي تحتوي على درجة Z أكبر من عتبة معينة ، على سبيل المثال ، من ثلاثة ، على أنها قيم متطرفة [9]. مع ملاحظة أن z-score تعتبر طريقة فعالة عندما تكون البيانات ذات توزيع طبيعي [10]

**6.2 TUKEY'S METHOD [BOXPLOT]** هي أداة رسومية للـ IQR (Inter Quartile Range). معروفة لعرض معلومات حول البيانات أحادية المتغير المستمرة ، مثل الوسيط والربيع الأدنى والربيع الأعلى و الحد الأعلى والحد الأدنى لمجموعة البيانات .وهي تعتبر كطريقة مقاومة للقيم المتطرفة لأنها تستخدم الرباعيات. قواعد الطريقة هي كما يلي :

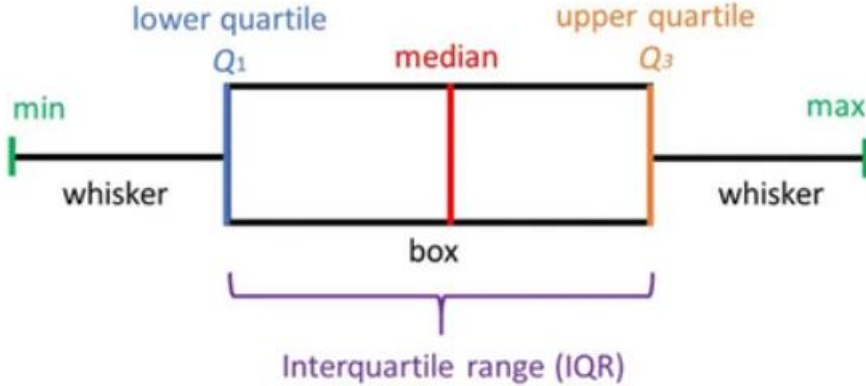
1- إن IQR (المدى الربيعي) هو المسافة بين الربع الادنى (25 بالمئة) (Q1) والربع الاعلى (75) (Q3).  
(بالمئة)

2- يوجد الحد الادنى على

مسافة IQR 1.5 أقل من Q1 واعلى من  $Q3 + 1.5IQR$ :  $[Q1 - 1.5IQR, Q3 + 1.5IQR]$

3- يقع الحد الاعلى الخارجي على مسافة  $3IQR$  أقل من Q1 و اعلى من Q3  
 $[Q1 - 3IQR, Q3 + 3IQR]$ .

4- القيمة الواقعة بين الحد الأدنى والحد الأعلى من المحتمل أن تكون شاذة. القيم الواقعة خارج الحد الأعلى تعتبر شاذة. [12]



يمكن استخدام هذه الطريقة على البيانات الغير متجانسة asymmetric data لأنها لا تقدم افتراضات توزيعية ولا تعتمد على متوسط أو انحراف معياري. ومع ذلك ، فإن العيب العملي لطريقة Boxplot هو أن IQR ليس مقاومًا للقيم الشاذة مثل MAD في معرف Hampel. حيث ينهار عند مستوى تلوث يزيد عن 25% [11]

6.3 [MAD median absolute deviation]: يعد مقياس للانتشار في البيانات [12] تم (إعادة) اكتشاف الانحراف المعياري المطلق (MAD) ونشره من قبل Hampel (1974) الذي ينسب الفكرة إلى Carl Friedrich Gauss (1777–1855) [13] حيث تعرف هذه الطريقة بالشكل التالي:

$$MAD = 1.4826 \times \text{median}(|x_{ij} - \text{median}(x)|),$$

حيث تشير X الى جميع القيم الموجودة في العينة و تشير X<sub>ij</sub> الى احدى هذه القيم و يستخدم الثابت 1.4826 لجعل MAD مشابهة ل SD(standard deviation) عندما يكون توزيع البيانات طبيعي [14].

median الوسيط هو مخمن قوي للقيمة التي تقع بالضبط في مركز البيانات بعد أن يتم ترتيب البيانات. على سبيل المثال اذا كان لدينا X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ..., X<sub>n</sub> عينة عشوائية مرتبة فان الوسيط يحسب كالتالي [12]:

$$\text{Median, } \tilde{x} = x_m \quad \text{when } n \text{ is odd}$$

$$\tilde{x} = (x_m + x_{m+1})/2 \quad \text{when } n \text{ is even, where } m = \text{round up}(n/2)$$

يعتبر الوسيط مثل الوسط (المتوسط الحسابي)، مقياس للميل المركزي ولكنه يوفر ميزة كونه غير حساس للغاية لوجود القيم المتطرفة. أحد مؤشرات عدم الحساسية هذه هو نقطة انهيار المقياس (breakdown point). تم تقديم فكرة نقطة الانهيار بواسطة Hodges (1967–1968) و Hampel (1971). لتحديد مدى قوة المقياس [12] حيث تعرف نقطة الانهيار على أنها جزء من القيم المتطرفة المطلوبة في البيانات لجعل المقياس غير موثوق به [15] كما تعرف بانها هي النسبة العظمى من الملاحظات التي يمكن أن تكون ملوثة دون إجبار المقياس على أن ينتج عنه قيمة خاطئة (لانهائية أو

لاغية (null) على سبيل المثال ، عندما يكون لملاحظة واحدة قيمة لا نهائية ، فإن متوسط جميع الملاحظات يصبح لانهائياً ؛ ومن ثم فإن نقطة انهيار المتوسط هي 0 . على النقيض من ذلك ، تظل القيمة المتوسطة دون تغيير. يصبح الوسيط عتبياً فقط عندما يكون أكثر من 50% من الملاحظات غير محدودة .مع نقطة انهيار 0.5 ، فإن الوسيط هو مقدر الموقع الذي يحتوي على أعلى نقطة انهيار.يمكن قول الشيء نفسه تماما عن MAD(نقطة انهيار تقارب 50% [12] ) يضاف اليه أن MAD لا علاقة له بحجم العينة [13] مما جعله مقياس أكثر قوة بالنسبة للقيم الشاذة ،ولا يتطلب استخدام جداول احصائية شاملة [16] ومن المتوقع أن تحصل الأساليب القائمة على MAD على عدد أقل من السلبيات الكاذبة.[14]إنه على سبيل المثال أقوى من المدى الربيعي IQRوالذي يحتوي على نقطة انهيار بنسبة 25 % فقط [13]

يتم تحدد القيم الشاذة بانها جميع القيم التي تقع خارج المجال التالي[13]

$$M - 3 * MAD < x_i < M + 3 * MAD$$

6.4 طريقة Hampel تعتبر طريقة معرف Hampel أحد أكثر طرق تحديد القيم الشاذة فعالية وقوة والتي تم تطبيقها في مجالات علمية مختلفة وحقت نتائج جيدة. قام Davies و Gather بتحسين الطريقة باستخدام النوافذ المتحركة من أجل عملية التحديد. تم تطبيق فلتر Hampel في معالجة الصور تحت اسم فلتر القرار decision filter [17] كما تم استخدامه للتخلص من القيم الشاذة في التخطيط الكهربائي الناشئ عن ومضات العين حيث يزيل فلتر Hampel القيم المتطرفة دون تشويه تسلسل البيانات الأصلي(بيانات التخطيط من العضلة المستهدفة) ويحسن جودة الإشارة كما لوحظ في تحليل التردد الزمني. تم استخدام فلتر Hampel ايضا في تحليل الكلام والصوت



والصورة [18]. تم استخدام فلتر هامبل في تطوير خوارزميات قوية لتحديد برامتر الموقع اعتمادا على النطاق/ المجال [19]

تستخدم طريقة Hampel أو معرف Hampel الانحراف المعياري المطلق MAD و الوسيط كمقدّر قوي لموقع وانتشار القيم المتطرفة ، أي باستخدام قيمة الوسيط لتقدير موضع البيانات و باستخدام MAD لتقدير الانحراف المعياري ل البيانات ، وبالتالي تحديد القيم المتطرفة بشكل فعال.[20] تعرف هذه الطريقة القيم الشاذة من اجل سلسلة بيانات  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  بانها نقاط البيانات التي يكون فرقها بالقيمة المطلقة عن الوسيط اكبر من عتبة محددة مسبقا كما هو معرف كالتالي:

$$|x_j - x^*| > tS \quad j = 1 \text{ to } N$$

حيث أن  $x^*$  تشير الى قيمة الوسيط median و S يقصد بها الانحراف المعياري المطلق MAD و t هي العتبة [21] طور بيرسون فلتر Hampel(Hampel filter) لنمذجة وتعريف العملية باستخدام MAD لتحديد القيم المتطرفة و ذلك عن طريق تطبيق معرف Hampel على نافذة البيانات المتحركة. المتمركزة في نقطة البيانات ؛إذا تم الكشف عن القيم المتطرفة في النافذة يتم استبدالها بالقيمة الوسيطة median للبيانات الموجودة في النافذة . يعتبر فلتر Hampel أحد أكثر محددات القيم الشاذة قوة وكفاءة حيث أنه يعمل بشكل مستقل عن افتراض نوع التوزيع وقادر على اكتشاف القيم المتطرفة المتعددة دون نموذج أو افتراضات عملية ويعتمد على أدوات إحصائية قوية مقاومة للقيم الشاذة [22] ومع ذلك ، على الرغم من فعاليته في ازالة القيم الشاذة بشكل تلقائي فإن أحد العوائق هو شرط الاختيار اليدوي لمعاملات/برامترات الخوارزمية [18] حيث يحتوي الفلتر على معلمتين قابلتين للضبط ، طول النافذة المتحركة L والعتبة t ، والتي تم تحسينها لتلائم التطبيق المعين. يمكن ملاحظة أن قيمة t تتحكم في سلوك الفلتر .مع زيادة t ،

يتم الإعلان عن عدد أقل من نقاط البيانات على أنها قيم متطرفة أي يقل احتمال تعديل قيم البيانات الأصلية ، وفي الحد الأقصى ، لا يغير هذا الفلتر تسلسل البيانات الأصلي على الإطلاق ، في حين يؤدي الانخفاض في  $t$  إلى زيادة عدد القيم المتطرفة .في أقصى الحدود ، عندما يميل  $t$  نحو 0 ، يتقارب الفلتر إلى فلتر الوسيط median filter الذي يتم فيه استبدال جميع نقاط البيانات بالقيمة الوسيطة لنافذة البيانات .من الناحية العملية ، يمكن تثبيت قيمة  $t$  عند 5 نسبيًا عندما  $N > 10$  [21] و [23]

يعد تحديد طول النافذة  $L$  أمرًا بالغ الأهمية لتشغيل فلتر Hampel وتعتمد بشدة على التطبيق [24] من المهم جدًا تحديد طول نافذة Hampel المناسب حيث .يجب أن يكون طول النافذة طويلًا بما يكفي لالتقاط القيم الشاذة .إذا كان طول النافذة صغيرًا جدًا ، فهناك احتمال كبير بأن القيم المتطرفة لن يتم اكتشافها وسيتم استبدالها بالقيمة الوسيطة Median للعينات المجاورة [18]

## Density-Based Spatial Clustering of Applications with DBSCAN6.5

### Noise التجميع المكاني القائم على الكثافة للتطبيقات ذات الضجيج

هي خوارزمية تجميع مكاني تعتمد على الكثافة يمكنها تحديد القيم الشاذة (النقاط الغير طبيعية) في سلسلة البيانات والتي لا تناسب أي مجموعة من المجموعات التي تم تشكيلها. تتطلب هذه الخوارزمية معلمتين /برامترين محددتين من قبل المستخدم ،وهما عتبة المسافة  $\epsilon$ (epsilon) بالإضافة الى الحد الأدنى لعدد النقاط  $\minpts$  داخل المجموعة لتسميتها كمجموعة. بالنسبة لنقطة معينة تسمى النقاط الموجودة في مسافة  $\epsilon$  جيران تلك النقطة. اذا كان عدد النقاط المجاورة للنقطة أكبر من  $\minpts$  فان هذه المجموعة من النقاط تسمى مجموعة cluster. يقوم DBSCAN بتسمية نقاط البيانات كنقاط أساسية core points ونقاط حدودية border points ونقاط شاذة outlier points . النقاط الأساسية هي تلك التي تحتوي على عدد  $\minpts$  على الأقل من

النقاط في مسافة eps . يمكن تعريف النقاط الحدودية على أنها نقاط ليست نقاط أساسية ، ولكنها جيران للنقاط الأساسية. النقاط الشاذة هي تلك التي ليست نقاطاً أساسية ولا نقاطاً حدودية . ال pseudo code لخوارزمية DBSCAN موضح كالتالي [25]:

**Inputs:**

D: the dataset

Eps: the neighborhood distance

Minpts: the minimum number of points

**Output:**

Discovered outliers and clusters

**Variables:**

m, n: row and column values of D matrix, respectively

Dist: distance vector

indices: indices that distance of points is lower than Eps

class\_no: indicates the clusters – default 1

**Algorithm:**

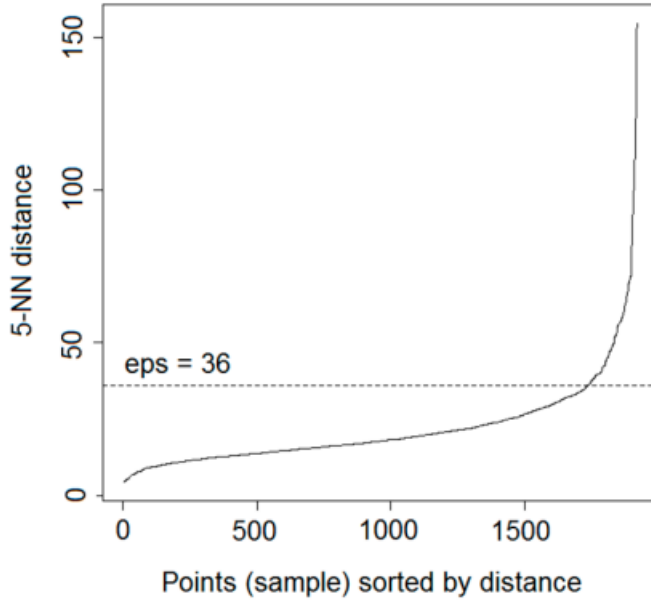
```

1. import the data-set into D
2. for i = 1 to m //row counter
3.   Dist = distance(i, D)
4.   neighbors= find(Dist =< Eps)
5.   neighbor_count = count(neighbors)
6.   core_neig=check_core_neighbor (neighbors)
7.   if (neighbor_count >=minpts)
8.     class(i) = class_no //clustered point
9.     while(more points near i)
10.      class(point) = class_no
11.    end while
12.    class_no += 1
13.   else if(neighbor_count<minpts & core_neig==True)
14.     class(i) = 0 //border point
15.   else if (neighbor_count<minpts)
16.     class(i) = -1 //outlier point
17.   end if
18. end for
19. return class

```

الهدف من خوارزمية DBSCAN هو اكتشاف النقاط غير الطبيعية (الشاذة) التي لا تتناسب مع أي من المجموعات. في الخوارزمية ، بين الخطوتين 2 و 18 ، توجد حلقة for تعمل لعدد النقاط الموجودة في مجموعة البيانات. في الخطوة 2 ، يعين DBSCAN  $[i]$  كنقطة مركزية. في الخطوة 3 ، تُحسب المسافات بين النقطة المركزية  $[i]$  والنقاط المتبقية ، ثم في الخطوة 4 ، تُقبل النقاط التي تكون مسافات أقل من أو تساوي  $\epsilon$  ، كجيران لنقطة المركز. في الخطوة 5 ، يتم حساب عدد جيران النقطة المركزية. تتحقق الخطوة 6 من الخوارزمية من وجود أي نقطة أساسية في قائمة الجيران التي حصلنا عليها. في الخطوة 7 ، تتحقق الخوارزمية من عدد نقاط الجيران لاختبار ما إذا كان أكبر من أو يساوي  $\text{minpts}$ . إذا كان الأمر كذلك ، يتم تحديد نقطة المركز كنقطة أساسية. بين الخطوتين 8 و 12 ، يتم تخصيص رقم فئة فريد للنقطة الأساسية  $[i]$  وجيرانها. إذا لم تكن نقطة المركز نقطة أساسية (لان عدد الجيران أقل من  $\text{minpts}$ ) ولكنها قريبة من نقطة أساسية ، يتم تعريفها كنقطة حدودية في الخطوتين 13 و 14. إذا لم تكن نقطة المركز نقطة أساسية ولا نقطة حدودية ، فيتم تصنيفها على أنها شاذة. أخيرًا ، في الخطوة 19 ، تُخرج الخوارزمية النتائج [25]

كما اظهرت التجارب مع زيادة قيمة معلمة  $\epsilon$  ، يتناقص عدد الحالات الشاذة التي اكتشفتها الخوارزمية [25]. لإيجاد القيمة الامثلية ل  $\epsilon$  نتبع ما يلي: أولاً ، نحسب متوسط مسافات كل نقطة لأقرب جيرانها  $k$  حيث تشير قيمة  $k$  إلى  $\text{MinPts}$  ويتم تحديدها من قبل المستخدم. أخيرًا ، يتم رسم هذه المسافات  $k$  بترتيب تصاعدي ويسمى الرسم البياني المرتب بـ  $k\text{-dist}$ . الهدف هو حساب "Knee" التي تتوافق مع معلمة  $\epsilon$ . تشير "Knee" إلى العتبة حيث يظهر تغيير حاد في منحنى المسافة  $k$ . [26] المخطط التالي يوضح كمثال كيفية تحديد قيمة  $\epsilon$  حيث  $k=5$  [26]



النقاط الشاذة ليست فقط نقاطاً متطرفة ولكنها أيضاً بيانات لا تحدث بشكل متكرر. تكتشف خوارزمية DBSCAN هذه الأنواع من الحالات الشاذة بالإضافة إلى القيم المنخفضة والعالية للغاية [25]

من التجارب يمكن ملاحظة زيادة في عدد النقاط الشاذة مع زيادة عدد  $\text{minpts}$ . يحدث هذا لأن DBSCAN يعين نقطة إلى مجموعة cluster فقط إذا كان هناك عدد  $\text{minpts}$  على الأقل من نقاط الجوار في مسافة  $\text{eps}$ . عندما تكون  $\text{minpts}$  أعلى ، تكون فرصة وجود نقطة مجاورة ضمن مسافة  $\text{eps}$  أقل. تنص DBSCAN على أنه وفقاً للتجارب ، لا تختلف الرسوم البيانية  $k - \text{dist}$  لـ  $k > 4$  اختلافاً كبيراً عن الرسم البياني  $4 - \text{dist}$  ، علاوة على ذلك ، فهي بحاجة إلى مزيد من الحسابات. لذلك ، فإن المعلمة  $\text{MinPts}$  يتم تعيينها على 4 لجميع مجموعات البيانات (للبيانات ثنائية الأبعاد). [27]

تم استخدام خوارزمية DBSCAN في مجالات متعددة نذكر منها: الكشف عن الانحراف عن مسار المشاة حيث يعد الكشف عن الانحراف عن مسار المشاة ذا أهمية كبيرة في مجال المراقبة بالفيديو والسلامة العامة. ومع ذلك ، نظرًا لأنماط السلوك المختلفة للمشاة ومشاهد الفيديو المعقدة ، غالبًا ما تكون المسارات التي تم الحصول عليها بواسطة خوارزمية التتبع في الوقت الفعلي معقدة ومرفقة ببيانات مفقودة. في هذا البحث ، تم اقتراح خوارزمية الكشف عن المسار الشاذ بناءً على DBSCAN لاكتشاف القيم المتطرفة من مسارات التتبع في الوقت الحقيقي [28] في الشبكات الاجتماعية استخدم Eibarawy et al طريقة DBSCAN للتخلص من القيم المتطرفة مما أدى إلى نتيجة تجميع دقيقة تساعد في قضية تحديد المجتمع في مجال تحليل الشبكة الاجتماعية. كما اقترح Alfian et al نظام مراقبة في الوقت الفعلي يعتمد على مستشعرات الهاتف الذكي للأغذية القابلة للتلف. نظرًا لظهور القيم المتطرفة في بيانات المستشعر بسبب أوجه القصور في أجهزة الاستشعار ومواطن الخلل في اتصالات الشبكة ، استخدم Alfian DBSCAN لكشف البيانات الشاذة وتوصيفها بشكل فعال على أنها معزولة عن بيانات المستشعر العادي.. كما استخدم Abid et al طريقة DBSCAN لكشف الشذوذ في بيانات المستشعر في شبكات الاستشعار اللاسلكية [26] استخدمت الأبحاث الحديثة DBSCAN لرسم خرائط للمناطق المعرضة للحرائق في الغابات يتم استخدام خوارزمية تجميع DBSCAN لتحديد بيانات الطقس الشاذة من البيانات العادية من خلال النظر في متغيرات الطقس المتعددة. أظهرت النتيجة التجريبية أن DBSCAN قادر على تحديد نقاط البيانات الغريبة التي تتحرف عن توزيع البيانات "العادي". ونتيجة لذلك ، يتسم الطقس الشاذ برطوبة عالية ودرجة حرارة منخفضة. أن DBSCAN يوفر جودة تجميع أفضل من طرق التجميع PAM و CLARA للبيانات الضخمة في الزراعة [29]. تم الاستفادة من DBSCAN ، باعتبارها خوارزمية تجميع تعتمد على

الكثافة ، لتحديد الرحلات الجوية الشاذة .تعد الخوارزمية هي الأنسب لهذا التمرين لأنها لا تتطلب من المستخدمين تحديد عدد المجموعات المراد استخدامها بشكل تعسفي ، وهي مناسبة لتحديد القيم المتطرفة [30]

## 7. التطبيق العملي

### 7.1 مراحل التطبيق العملي : يتضمن التطبيق العملي مرحلتين:

1- سنقوم بتنظيف سجلات الاحداث الموجودة في قاعدتي البيانات السابقتين باستخدام الطرق الاحصائية الخمسة التي ذكرناها في الفقرة السابقة. سنستخدم python 3.10 64 bit لتحقيق الطرق الاحصائية السابقة باستخدام المكتبات pandas, numpy, scipy, seaborn, matplotlib, sklearn وغيرها من المكتبات المساعدة وذلك على جهاز بنظام windows 10 pro ذو معالج Intel(core i5) و ذاكرة RAM(8 GB)

2- لاختبار نتائج عملية التنظيف سنستخدم برنامج ProM باصدار 6.9 : ProM [31]هو اختصار ل Process Mining Framework هي منصة مفتوحة المصدر للمستخدمين و المطورين لخوارزميات التنقيب عن العمليات سهلة الاستخدام و قابلة للتوسيع بسهولة .تقدم هذه المنصة مجموعة متنوعة من المكونات الاضافية التي تمكنا من تطبيق احدث التطورات في أبحاث التنقيب على بياناتنا الخاصة وليس فقط في مجال التنقيب بل أبعد من ذلك مثل اجراء التحقق من العملية Process Verficiation و التحويل بين رموز النمذجة المختلفة (BPMN, وشبكات بتري....)وحساب المقاييس المختلفة .تتمحور منصة ProM حول ثلاثة مفاهيم أساسية :

- Data Object الموجودة في علامة التبويب workspace

• Plug-ins المكونات الاضافية التي يمكن الوصول اليها من علامة

التبويب Actions

• Visualizers الموجودة في علامة تبويب Views

جميع هذه المكونات الثلاث يتم تنظيمها في حزم package يمكن تثبيتها بواسطة

package manager. الشكل التالي يوضح واجهة الاداة المستخدمة



يعد اكتشاف العملية واحدة من أكثر مهام Process Mining تحديا حيث تقوم خوارزمية اكتشاف العملية بالبدا بسجل الأحداث وتمثيل السلوك الذي شوهد في سجل الأحداث للوصول الى العملية المكتشفة أي أن الدخل لهذه الأداة هي مجموعة البيانات (سجل الأحداث) الناتجة عن تطبيق الطريقة الاحصائية والخرج هو العملية المكتشفة



7.2 معايير الجودة: لتقييم جودة النموذج يتم تعريف 4 معايير معظمها يعتمد على التحليل لتتبع السجل في النموذج وهذه المعايير هي:

1- الملائمة Fitness : يشير معيار التقييم هذا إلى مقدار السلوك المسجل في سجل الاحداث الذي تم التقاطه بواسطة نموذج العملية والذي يمكن إعادة تشغيله بواسطة نموذج العملية [32] يجب أن يسمح النموذج المكتشف ذو الملاءمة الجيدة بإعادة عرض (معظم) السلوك الذي يظهر في سجل الأحداث [33] فيمكن أن نحدد من خلال الملائمة الى أي مدى يمكن أن ترتبط مسارات traces السجل بمسارات التنفيذ الصالحة المحددة بواسطة نموذج العملية [34]

2- البساطة Simplicity: لكي يكون نموذج العملية مفيداً ، يجب تفسيره وفهمه من قبل مجموعة متنوعة من الأشخاص من خلفيات مختلفة .لتسهيل ذلك ، يجب أن يكون النموذج المكتشف بسيطاً قدر الإمكان .على سبيل المثال ، غالباً ما توجد عدة طرق نحوية للتعبير عن نفس السلوك ، وقد يكون هناك تمثيلات مفضلة وأخرى أقل ملاءمة.فيما يتعلق بمعيار الجودة هذا ، فإن أبسط نموذج يمكنه شرح السلوك الوارد في السجل هو أفضل نموذج [33]

3- الدقة Precision: لا تكفي الملائمة والبساطة للحكم على جودة نموذج العملية المكتشف. للوفاء بمعيار الدقة ، يجب أن يفي النموذج بخاصية دقة معينة تركز على تجنب النماذج العامة بشكل مفرط حيث يجب ألا يسمح النموذج المكتشف بسلوك مختلف تماماً عما شوهد في سجل الأحداث. [33]

4- التعميم Generalization : على عكس الدقة يركز هذا المعيار على تجنب النماذج شديدة الدقة نظراً لأنه من غير المحتمل تسجيل كل السلوك في السجل

فيجب أن يكون النموذج المستخرج من السجل عام بما يكفي لأن يتضمن السلوك الغير مسجل في السجل [33]

7.3 المقاييس: من الممكن لتقييم العملية المكتشفة من سجل الأحداث مقارنة النموذج المكتشف مع سجل الأحداث مما يؤدي الى التحقق من المطابقة Conformance Checking وذلك من خلال مجموعة من المقاييس (مثل الدقة precision و التعقيد complexity) للتأكد من جودة العملية المكتشفة و فعالية الطريقة الاحصائية المستخدمة [33]. من هذه المقاييس نذكر:

1. الدقة Precision يتحقق مقياس الدقة مما إذا كانت الأنشطة الممكنة في النموذج تتوافق فعلياً مع عمليات التنفيذ المرصودة في السجل. [33]
2. Extended Cyclomatic Metric: يعتبر هذا المقياس امتداد لمقياس McCabe's Cyclomatic metric الذي كان يهدف للكشف عن الأجزاء المعقدة من التعليمات البرمجية. يقيس Extended Cyclomatic Metric النموذج اعتماداً على عناصر الرسم البياني مثل عدد الحواف وعدد العقد.... كلما زادت قيمة المقياس زاد تعقيد النموذج لأنه يعرض سلوك محتمل أكثر. يحسب هذا المقياس من العلاقة التالية:

$$ECyM(M_m) = |E| - |V| + p$$

حيث أن E تشير الى عدد الحواف في النموذج و V تشير الى عدد الرؤوس في النموذج و P عدد المكونات المتصلة في النموذج [33] يحاول مقياس ECyM بوضوح قياس جانب واحد وهو ما مدى تعقيد السلوك الذي يظهره هذا النموذج؟ ولا يأخذ بعين الاعتبار التفاعل بين العناصر (أي لا يأخذ بعين الاعتبار تعقيد النموذج نفسه) [35]

3. Structuredness Metric مقياس الهيكلية: يأخذ هذا المقياس في الاعتبار قيود المقياسين Extended (ECyM) Cyclomatic Metric و Extended Cardoso Metric (ECaM). (ECaM) Extended Cardoso Metric. يركز فقط على بناء النموذج Syntax ويتجاهل تعقيد السلوك. بينما يركز ECyM على السلوك ويتجاهل تعقيد النموذج. تحدد Structuredness Metric سبعة أنواع مختلفة من المكونات في النموذج (على سبيل المثال ، التسلسل ، الاختيار ، الحلقة (while) )... وتعيين وزن لكل منهم وفقاً لتعقيدهم. الفكرة الرئيسية هي تحديد وجود هذه الأنواع من المكونات في النموذج وتقليلها حتى يصبح النموذج بسيط على سبيل المثال ، يحوي انتقال واحد. تشير القيمة العالية إلى أن النموذج يحتوي على مكونات معقدة ، وبالتالي فإن النموذج نفسه أكثر تعقيداً [33].

4. ECaM Extended Cardoso Metric هو توسيع لمقياس metric Cardoso الذي يحسب الانقسامات المختلفة XOR و OR ، و AND في النموذج ويمنح كل منها عقوبة معينة. هذا المقياس يعاقب كل مكان  $p$  بعدد المجموعات الفرعية للأماكن التي يمكن الوصول إليها من ذلك المكان. كلما زادت القيمة ، زاد تعقيد النموذج ، لأنه يحتوي على المزيد من الانقسامات. [33]

5. Fitness: تم استخدام هذا المقياس ، لأول مرة للتحقق من التوافق بين سجل الأحداث والنموذج المقابل له conformance checking. يقيس هذا المقياس ملاءمة النموذج من خلال إعادة تشغيل كل نوع من المسارات traces (أي نحسب الملائمة لكل مسار في السجل ثم نأخذ متوسطها) [32].. مع تقدم إعادة التشغيل Replay ، تحسب عدد الرموز tokens المميزة التي يجب إضافتها بشكل مصطنع لأن الانتقال الذي ينتمي إلى الحدث المسجل لم يتم

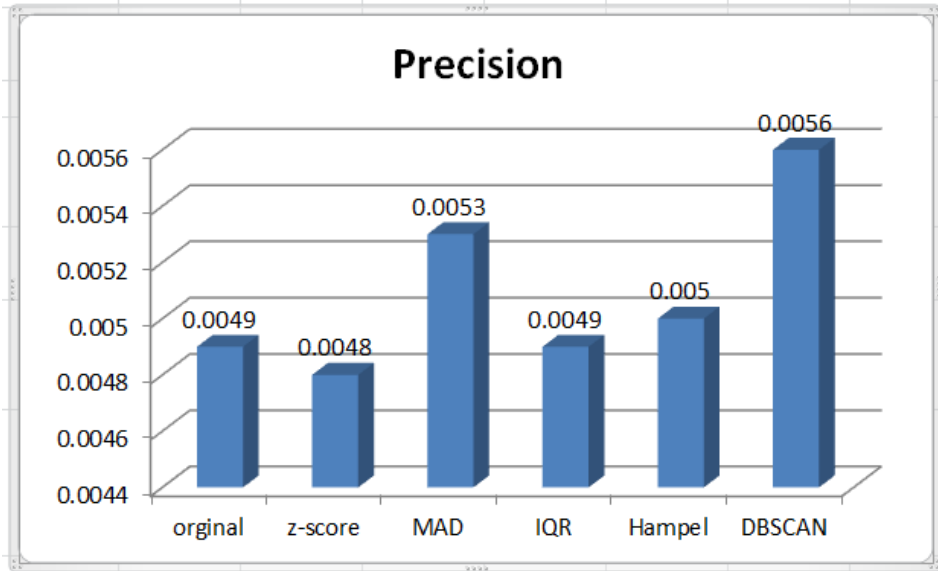
تمكينه. وبالتالي لا يمكن إطلاقه بنجاح ، بالإضافة إلى عدد الرموز المميزة المتبقية. يُرجع هذا المقياس قيمة بين 0 و 1. تشير القيمة المرتفعة إلى أنه يجب إضافة عدد قليل من الرموز بشكل مصطنع وأن هناك عددًا قليلاً من الرموز المميزة المتبقية بعد إعادة التشغيل ، مما يعني أن النموذج مناسب بشكل جيد فيما يتعلق بالنموذج.[33]

6. مقياس الكثافة density metric: لنموذج عملية process model هو النسبة المئوية لتدفقات التسلسل (الاقواس A) sequence flow الموجودة في النموذج مقارنة بالعدد الأعظمي النظري لتدفقات التسلسل لنفس عدد العقد N. يعتبر هذا المقياس أحد مقاييس التعقيد فالقيمة الصغيرة للمقياس تشير إلى أن العملية أكثر تسلسلاً (أقل تعقيداً)[32] حيث يعطى بالقانون التالي[36]:

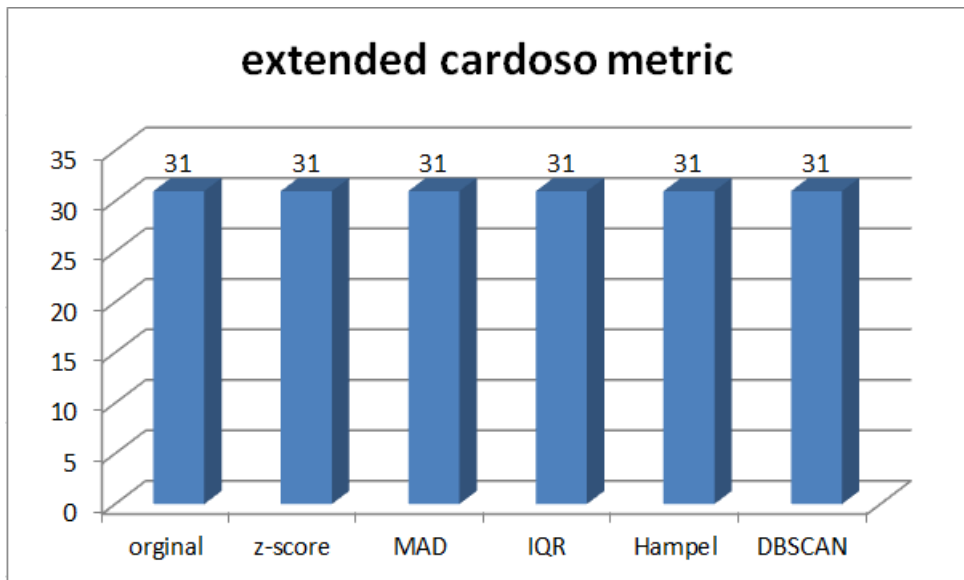
$$\Delta(G) = \frac{|A|}{|N| \cdot (|N| - 1)}$$

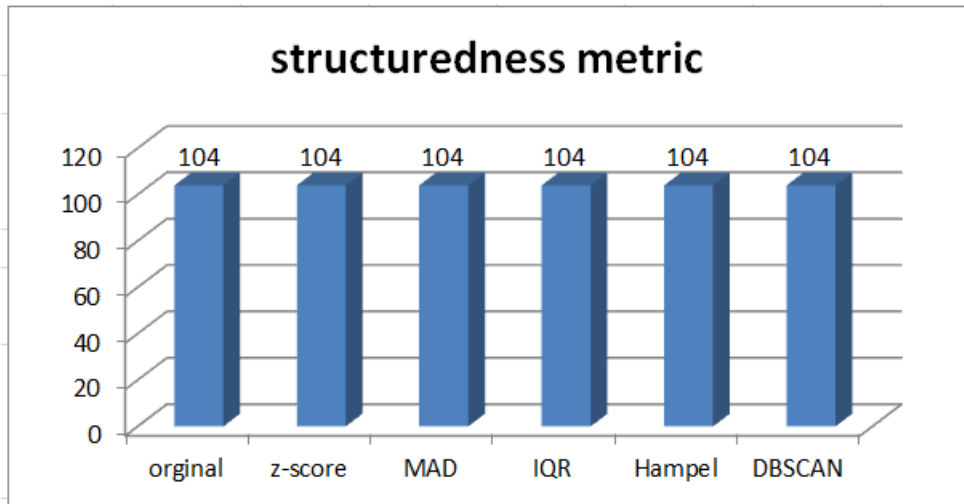
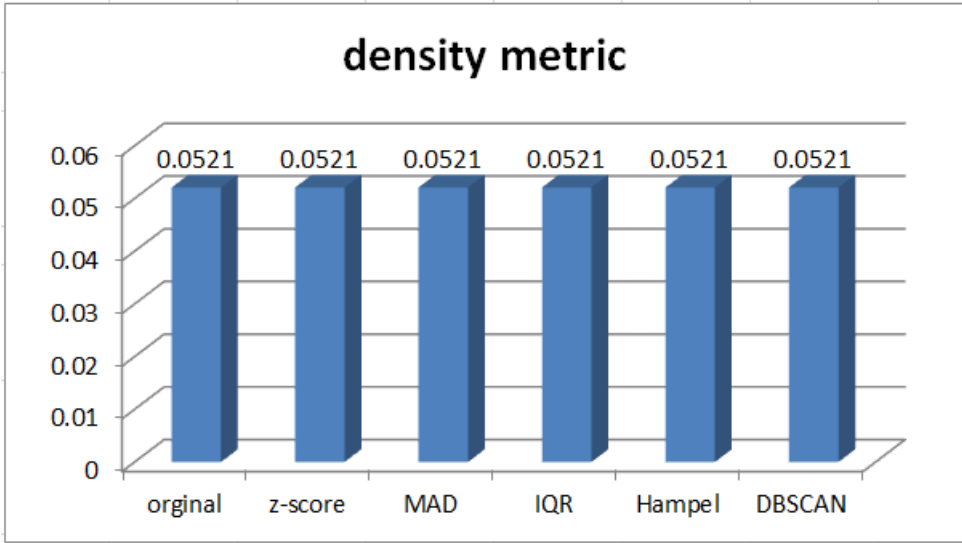
7.4 النتائج: نتائج التجارب على مجموعة البيانات الأولى:

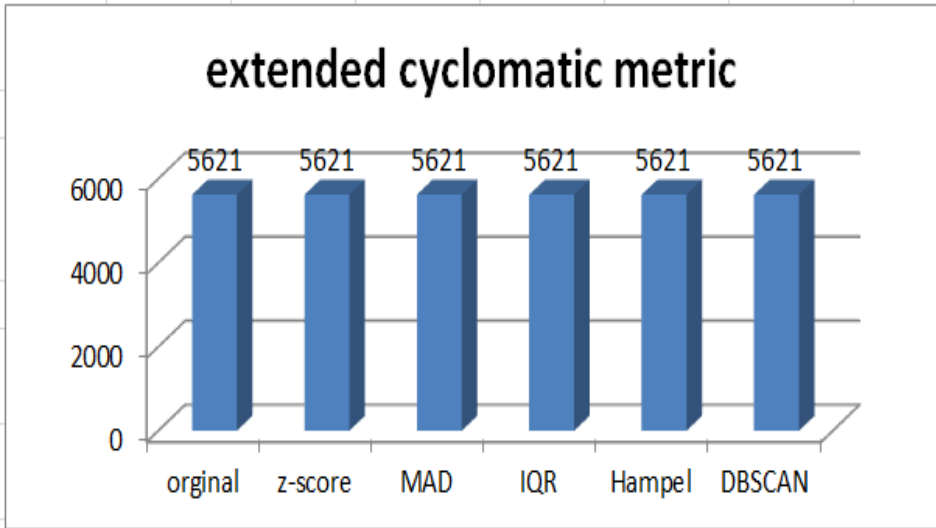
الدقة:



التعقيد:

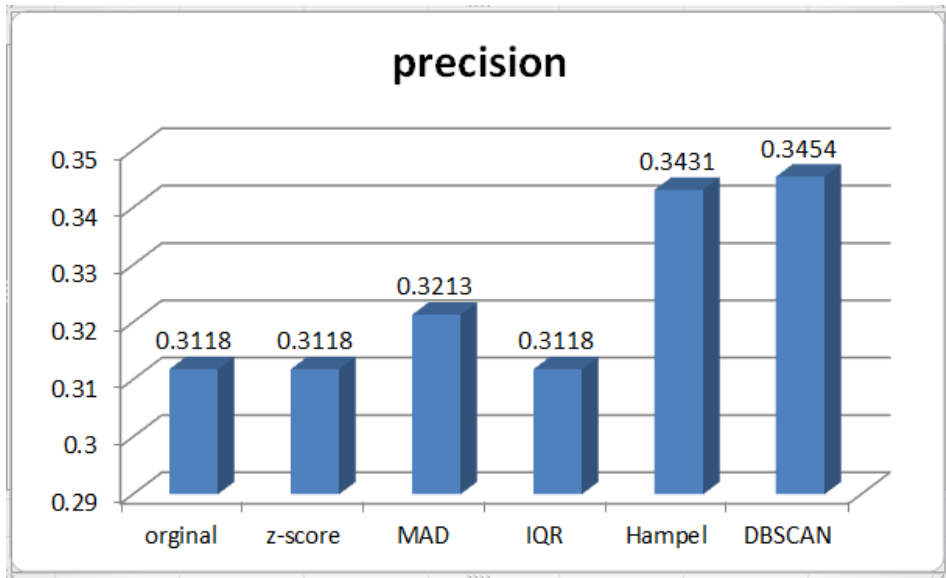


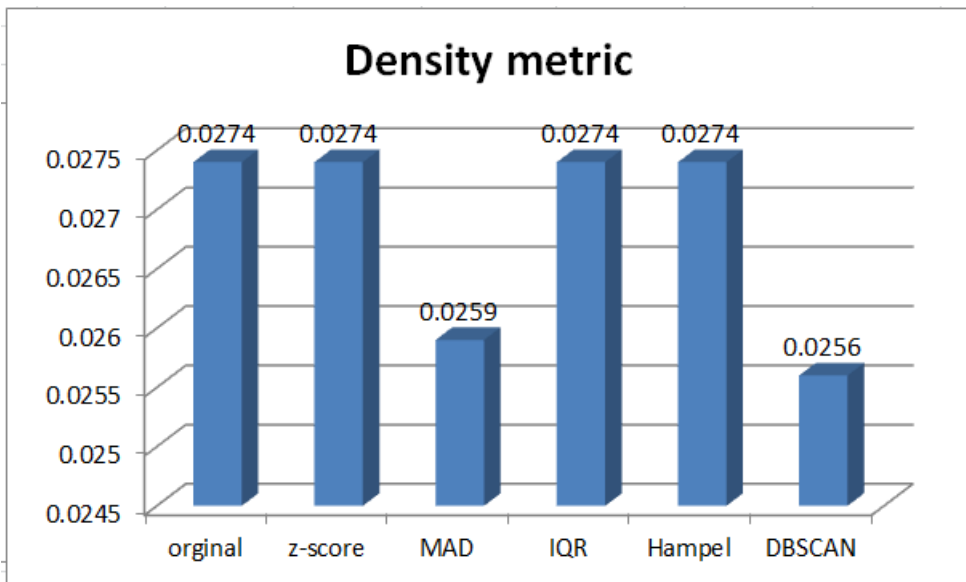
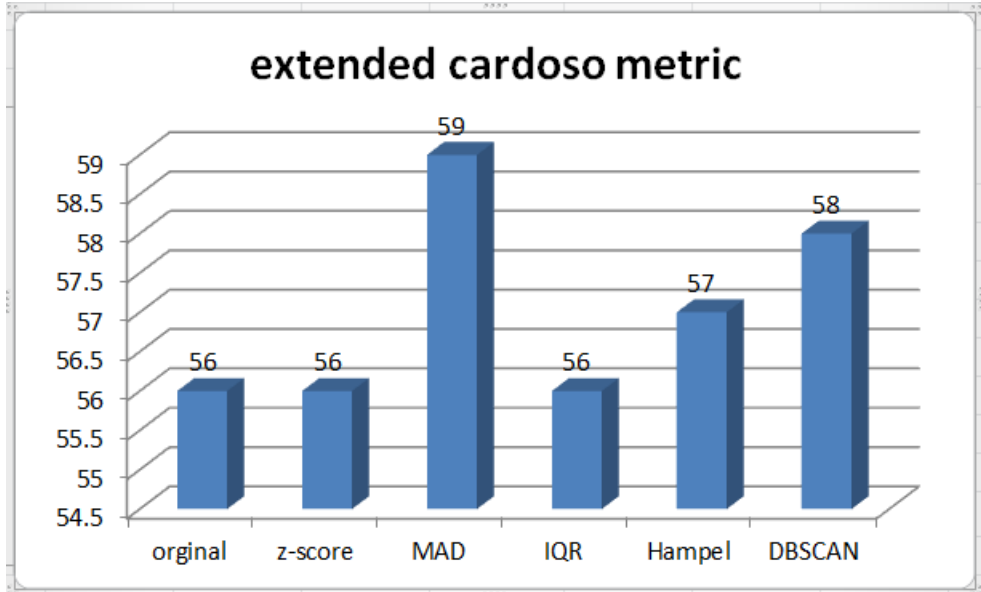




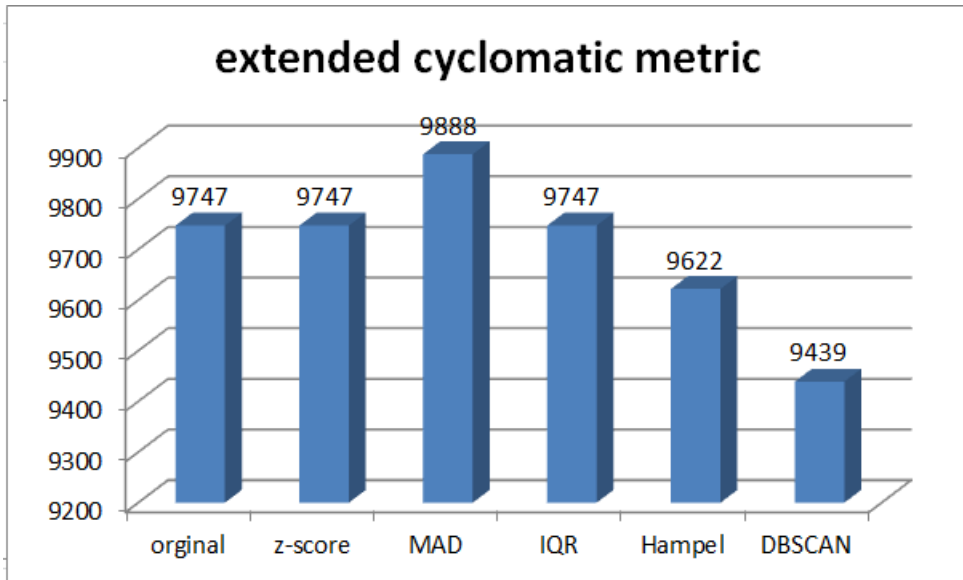
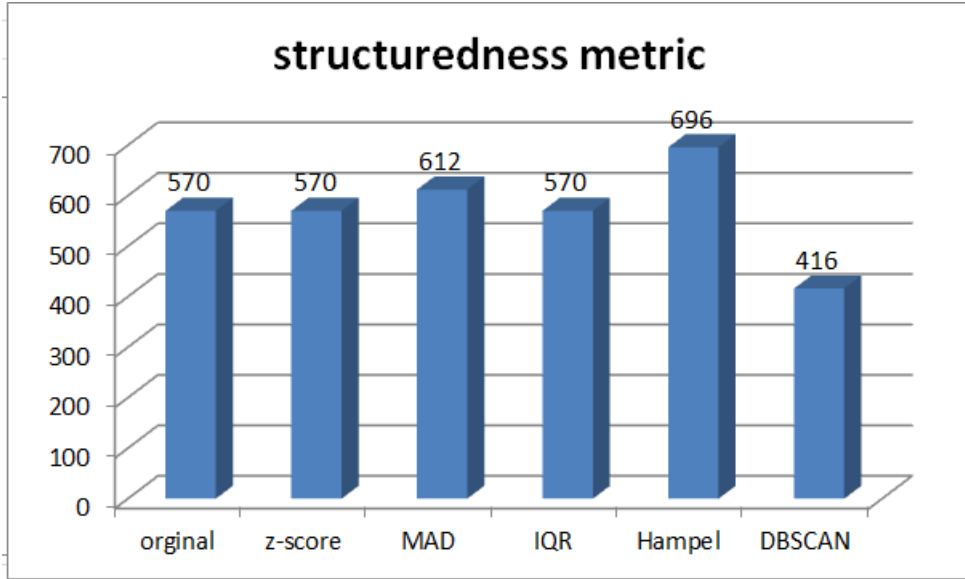
نتائج التجارب على مجموعة البيانات الثانية:

الدقة:









## 8- النتائج:

نلاحظ في مجموعة البيانات الأولى أن DBSCAN قدمت أفضل أداء حيث أن نموذج العملية المستخرج من قاعدة البيانات الناتجة عن تطبيق DBSCAN للتخلص من القيم الشاذة حقق أعلى دقة 0.0056 (يعود ذلك الى قدرة خوارزمية DBSCAN التي تعتبر خوارزمية تجميعية تعتمد على الكثافة على اكتشاف القيم الشاذة ليس فقط المتطرفة ذات القيم المنخفضة والعالية بل حتى البيانات التي لا تحدث بشكل متكرر, كما ان برامتراتها لا تعتمد بشدة على التطبيق كما هو الحال في hampel فمثلا لا تتطلب من المستخدمين تحديد عدد المجموعات المراد استخدامها بشكل تعسفي) تليها طريقة MAD ثم hampel. بينما قدمت zscore أسوأ نموذج مستخرج بدقة 0.0048.

أما بالنسبة لتعقيد النماذج المستخرجة فلقد كان لجميع الطرق الاحصائية المستخدمة الأداء نفسه حيث تطابقت درجة تعقيد النماذج المستخرجة من قاعدة البيانات قبل و بعد تطبيق الطرق الخمسة بقيمة 31 لمقياس extended Cardoso metric. وبقيمة 0.0521 لمقياس density metric. أما مقياس structuredness metric فبلغت قيمته 104. وبلغت قيمة مقياس extended cyclomatic metric 5621 بينما بلغت قيمة fitness لكل النماذج المستخرجة (1)

كما نلاحظ في مجموعة البيانات الثانية أيضا تفوق DBSCAN على باقي الطرق المستخدمة حيث أن نموذج العملية المستخرج من قاعدة البيانات الناتجة عن تطبيق DBSCAN كان لها أعلى دقة بمقدار 0.3454 يليها النموذج المستخرج من تطبيق hampel على قاعدة البيانات بمقدار 0.3431 ثم تلتها MAD بمقدار 0.3213. بينما فشلت z-score و IQR في اكتشاف القيم الشاذة من قاعدة البيانات المستخدمة في الدراسة.

بالنسبة لتعقيد النماذج فكان لمقياس Density أقل قيمة (أفضل قيمة) عند استخدام DBSCAN بمقدار 0.0256 يليها MAD بقيمة 0.0259 بينما تساوت باقي الطرق في قيمة هذا المقياس بمقدار 0.0274. أما مقياس extended Cardoso metric فكان له أسوأ قيمة عند استخدام MAD بمقدار 59 تليها DBSCAN (58) ثم hamper بمقدار 57. كانت لطريقة hamper أسوأ أداء من حيث structuredness metric بقيمة 696 تليها MAD 612 بينما قدمت DBSCAN أفضل قيمة لهذا المقياس بمقدار 416. في مقياس extended cyclomatic metric كان ل DBSCAN أفضل أداء بدرجة تعقيد أقل بلغت قيمتها 9439 تليها hamper 9622 وكان ل MAD أسوأ أداء بمقدار 9888. بينما بلغت قيمة fitness لكل النماذج المستخرجة (1). نلاحظ أن الحصول على ملائمة كاملة (fitness=1) لا يعني بالضرورة المطابقة conformance الكاملة مما يؤكد أنه من السهل انشاء نماذج قادرة على تحليل أي سجل أحداث (ملائمتها تساوي 1) الا انها لا تقدم معلومات مفيدة [34]

وهكذا نلاحظ فائدة استخدام الطرق الاحصائية في التخلص من القيم الشاذة كمرحلة ابتدائية قبل البدء بالتقيب في سجلات الأحداث وذلك من خلال تطبيق مجموعة من الطرق الاحصائية وهي DBSCAN و MAD و Z-score و IQR و Hampel. على مجموعتين من سجلات الأحداث المختلفة في الحجم وعدد المسارات ثم التقيب في هذه السجلات لاكتشاف العمليات. لاحظنا تحسن دقة النماذج المستخرجة وخاصة عند استخدام طريقة DBSCAN والحصول على افضل ملائمة fitness. كما نلاحظ أن هذه الطريقة (DBSCAN) قدمت درجة تعقيد مقبولة بالمقارنة مع باقي الطرق في ثلاث مقاييس للتعقيد وهي Density و structuredness metric و extended cyclomatic metric .

من الممكن القيام بمزيد من التجارب على سجلات أحداث أخرى و استخدام طرق احصائية أخرى للتخلص من القيم الشاذة في هذه السجلات ودراسة فعاليتها .ومن الممكن استخدام مقاييس أخرى للتأكد من جودة النماذج التي توصلنا اليها. كما يمكن دمج هذه الطرق الاحصائية مع تقنيات أخرى للتخلص من القيم الشاذة.

9-المراجع:

1. <https://www.crowdstrike.com/cybersecurity-101/observability/event-log/>
2. Marin-Castro, Heidy M., and Edgar Tello-Leal. "Event log preprocessing for process mining: a review." Applied Sciences 11.22 (2021): 10556.
3. Augusto, Adriano, et al. "Automated discovery of process models from event logs: review and benchmark." IEEE transactions on knowledge and data engineering 31.4 (2018): 686-705.
4. Manuel Camargo ,Marlon Dumasa, Oscar González Rojas "Automated discovery of business process simulation models from event logs"(2020)  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923620300397>
5. Dorina Bano ,Mathias Weska "Discovering Data Models from Event Logs"(2020)  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-62522-1\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-62522-1_5)
6. Van der Aalst, Wil MP, and Anton JMM Weijters. "Process mining: a research agenda." Computers in industry 53.3(2004): 231-244.
7. <https://data.4tu.nl/portal>
8. Altman, Edward I., et al. "Financial distress prediction in an international context: A review and empirical analysis of Altman's Z-score model." Journal of International Financial Management & Accounting 28.2 (2017): 131-171.
9. Ilyas, Ihab F., and Xu Chu. Data cleaning. Morgan & Claypool, 2019.
10. Zhang, Zhihui, Ying Cheng, and Nian Cai Liu. "Comparison of the effect of mean-based method and z-score for field normalization of citations at the level of Web of Science subject categories." Scientometrics 101.3 (2014): 1679-1693.

11. Zhao, Ye, et al. "Outlier detection rules for fault detection in solar photovoltaic arrays." 2013 twenty-eighth annual IEEE applied power electronics conference and exposition (APEC). IEEE, 2013.
12. Seo, Songwon. A review and comparison of methods for detecting outliers in univariate data sets. Diss. University of Pittsburgh, 2006.
13. Leys, Christophe, et al. "Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median." *Journal of experimental social psychology* 49.4 (2013): 764-766.
14. Chung, Namjin, et al. "Median absolute deviation to improve hit selection for genome-scale RNAi screens." *Journal of biomolecular screening* 13.2 (2008): 149-158.
15. Hoo, K. A., et al. "A method of robust multivariate outlier replacement." *Computers & chemical engineering* 26.1 (2002): 17-39.
16. Malinowski, Edmund R. "Determination of rank by median absolute deviation (DRMAD): a simple method for determining the number of principal factors responsible for a data matrix." *Journal of Chemometrics: A Journal of the Chemometrics Society* 23.1 (2009): 1-6.
17. Pearson, Ronald K. "Outliers in process modeling and identification." *IEEE Transactions on control systems technology* 10.1 (2002): 55-63
18. Bhowmik, Susmit, et al. "Outlier removal in facial surface electromyography through Hampel filtering technique." 2017 IEEE Life Sciences Conference (LSC). IEEE, 2017.
19. Park, Chee-Hyun, and Joon-Hyuk Chang. "WLS localization using skipped filter, Hampel filter, bootstrapping and Gaussian mixture EM in LOS/NLOS conditions." *IEEE Access* 7 (2019): 35919-35928.

20. Yao, Zhibin, et al. "Using hampel identifier to eliminate profile-isolated outliers in laser vision measurement." *Journal of Sensors* 2019 (2019).
21. Allen, David P. "A frequency domain Hampel filter for blind rejection of sinusoidal interference from electromyograms." *Journal of neuroscience methods* 177.2 (2009): 303-310.
22. Batista Júnior, Aguinaldo Bezerra, and Paulo Sérgio da Motta Pires. "An approach to outlier detection and smoothing applied to a trajectography radar data." *Journal of Aerospace Technology and Management* 6 (2014): 237-248.
23. Allen, David P., et al. "Suppression of deep brain stimulation artifacts from the electroencephalogram by frequency-domain Hampel filtering." *Clinical Neurophysiology* 121.8 (2010): 1227-1232.
24. Pearson, Ronald K. "Outliers in process modeling and identification." *IEEE Transactions on control systems technology* 10.1 (2002): 55-63.
25. Çelik, Mete, Filiz Dadaşer-Çelik, and Ahmet Şakir Dokuz. "Anomaly detection in temperature data using DBSCAN algorithm." 2011 international symposium on innovations in intelligent systems and applications. IEEE, 2011.
26. Ijaz, Muhammad Fazal, et al. "Hybrid prediction model for type 2 diabetes and hypertension using DBSCAN-based outlier detection, synthetic minority over sampling technique (SMOTE), and random forest." *Applied Sciences* 8.8 (2018): 1325.
27. Akbari, Zohreh, and Rainer Unland. "Automated determination of the input parameter of DBSCAN based on outlier detection." *Ifip international conference on artificial intelligence applications and innovations*. Springer, Cham, 2016.
28. Dai, Wenhan, et al. "Trajectory outlier detection based on dbscan and velocity entropy." 2020 International

- Conferences on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData) and IEEE Congress on Cybermatics (Cybermatics). IEEE, 2020.
29. Wibisono, S., et al. "Multivariate weather anomaly detection using DBSCAN clustering algorithm." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1869. No. 1. IOP Publishing, 2021.
  30. Sheridan, Kevin, et al. "An application of dbscan clustering for flight anomaly detection during the approach phase." AIAA Scitech 2020 Forum. (2020).
  31. <https://www.promtools.org/doku.php?id=prom69>
  32. Leemans, Sander, and Henrik Leopold, eds. Process Mining Workshops: ICPM 2020 International Workshops, Padua, Italy, October 5–8, 2020, Revised Selected Papers. Vol. 406. Springer Nature, (2021).
  33. Blum, Fabian Rojas. "Metrics in process discovery." Tech. Rep. Technical Report TR/DCC-2015-6, Computer Science Dept., University of Chile (2015).
  34. Rozinat, Anne, and Wil MP Van der Aalst. "Conformance checking of processes based on monitoring real behavior." Information Systems 33.1 (2008): 64-95.
  35. Lassen, Kristian Bisgaard, and Wil MP van der Aalst. "Complexity metrics for workflow nets." Information and Software Technology 51.3 (2009): 610-626.
  36. Corti, Carlo. "BPMETRICS: a software system for the evaluation of some metrics for business process." (2012).



## تحقيق موازنة الحمل لشبكات انترنت الأشياء

### ضمن نظام تشغيل Contiki

م. طريف شكري الكلزلي (\*), د. محسن عبود<sup>(1)</sup>, د. ماهر عباس<sup>(2)</sup>

#### ملخص

شبكات الحساسات اللاسلكية أو انترنت الأشياء (IoT) تتألف من مجموعة من العقد محدودة الموارد و صغيرة الحجم تقوم بجمع المعلومات ضمن مساحة جغرافية معينة وترسلها إلى العقد الوسيطة التي بدورها توصل هذه المعلومات للعقدة الهدف سالكة مسار متعدد القفزات، وتحديد هذا المسار الذي تسلكه المعلومات يتم عن طريق بروتوكول توجيه الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي فقدان للرمز ( Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks ) RPL. تحقيق موازنة الحمل ضمن بروتوكول RPL للعقد الأبناء ينتج عنه موازنة استهلاك الطاقة في عقد الآباء وبالتالي إطالة عمر العقدة لأن حياة البطارية هي التي تحدد عملياً حياة العقدة والتي بدورها تحدد حياة شبكة الحساسات برمتها. في هذه الدراسة تم تحقيق موازنة الحمل عن طريق إضافة تابع وظيفي جديد باسم NCOF (Nodes Count Objective Function). بالإضافة إلى تقديم نتائج توضح موازنة استهلاك الطاقة واستخدام إشارات الراديو بين العقد الآباء وباستخدام NCOF ومقارنته مع التابعين الوظيفيين OF0 و MRHOF المقدمين أساساً في RPL.

الكلمات المفتاحية: موازنة الحمل، انترنت الأشياء، الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي ضياع، التابع الوظيفية، بروتوكول RPL.

## Achieving load balancing of IoT networks within the Contiki operating system

### Abstract

Wireless sensor networks or the Internet of Things (IOT) consist of a group of nodes with limited resources and these nodes are small in size and collect information within a specific geographical area and send it to the intermediate nodes, which in turn deliver this information to the target node through a multi-hop path, and determining this path that the information takes is via Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks (RPL). Achieving load balancing within the RPL protocol for the child node results in balancing the energy consumption in the parent node and thus extending the life of the node because the battery life is what practically determines the life of the node, which in turn determines the life of the entire sensor network. In this study, load balancing was achieved by adding a new function called NCOF (Nodes Count Objective Function). In addition to presenting results showing the balance of power and radio consumption between parent nodes using NCOF and comparing it with the OF0 and MRHOF functional functions originally provided in RPL.

**Keywords:** Load balancing, Internet Of Things (IOT), Low Power and Lossy Networks(LLNs), Objective Functions(OF), RPL.

## 1. مقدمة

شهد العقد الماضي التطور السريع لشبكات الحساسات اللاسلكية (WSN)، فقد ساهم بشكل كبير في مجالات التطبيقات المختلفة مثل المراقبة الصحية، والرصد البيئي والمدن الذكية. إن تطوير تطبيقات شبكات الحساسات اللاسلكية لا يزال يمثل تحدياً كبيراً نظراً لطبيعة الموارد المحدودة التي تواجهها أجهزة شبكات الحساسات اللاسلكية وبيئة العمل التفاعلية، ويجب أن تستفيد أنظمة تشغيل شبكة الحساسات من الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة، في حين يضعف تكيف نظام التشغيل مع البيئات التشغيلية ذات الطبيعة المتغيرة [1].

وفي مجال الاستخدام الأمثل لهذه الموارد المحدودة قام فريق عمل Internet Engineering Task Force (IETF) بتطوير بروتوكول توجيه للشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي فقداناً - Routing Protocol for low-power and Lossy networks (RPL) [2].

وفي هذه الدراسة تم تحقيق موازنة الحمل لبروتوكول RPL عن طريق إضافة تابع وظيفي (NCOF) والذي يعتمد على معامليين الأول هو عدد أبناء الأب والثاني عدد جيران الأب وتم إضافتهما للتابع الوظيفي الصفري OF0 المقدم في بروتوكول RPL والذي يعتمد بشكل أساسي على اختيار الأب الأقرب للعقدة الهدف.

ينقسم العمل في هذه الدراسة إلى عشرة أجزاء، الجزء الثاني يتحدث عن هدف البحث، الجزء الثالث يتحدث عن مواد وطرائق البحث والجزء الرابع يتحدث بشكل مفصل عن الشبكات المنخفضة الطاقة ذات الضياع و بروتوكول RPL وفي الجزء الخامس تم سرد بعض الأعمال السابقة والجزء السادس يتحدث عن نظام تشغيل Contiki والجزء السابع يتحدث عن آلية عمل الخوارزمية المقدمة والجزء الثامن يتحدث عن مقارنة التابع

الوظيفي المقدم مع OF0 و MRHOF والجزء التاسع عن النتائج ومناقشتها والجزء العاشر يتحدث عن الاستنتاجات والتوصيات.

## 2. الهدف من البحث

المشكلة الأساسية في بروتوكول RPL هي عدم موازنة الحمل بين العقد في شبكة الحساسات اللاسلكية وبالتالي استنزاف الطاقة لعقدة أب على حساب عقد أخرى مما يؤدي إلى خروج عقدة عن العمل وبالتالي إلى حالة عدم استقرار كبير عند انتقال العقد لأب

بالإضافة لذلك ماينتج من عبء على العقدة الأب وإعادة ارسال نتيجة الاختناق وبالتالي فإن الهدف الاساسي هو تحقيق موازنة للحمل بين الآباء ضمن بروتوكول

RPL من خلال تقديم تابع وظيفي جديد NCOF وضمه إلى نظام تشغيل Contiki كما يهدف البحث إلى تنفيذ مقارنة بين التوابع الوظيفية لبروتوكول RPL مع NCOF من حيث استهلاك الطاقة و إشارات الراديو باستخدام نظام تشغيل Contiki[3] على منصة Tmote Sky/TelosB[4]، نظراً لأنها تمثل منصة مشتركة لأجهزة شبكات الحساسات اللاسلكية التقليدية المحدودة الموارد ويتم نشرها على نطاق واسع جداً.

## 3. مواد وطرائق البحث

تم استخدام حاسوب شخصي بنظام تشغيل Ubuntu وتم التحميل عليه نظام تشغيل Contiki بالإضافة إلى تنصيب المحاكي Cooja.

#### 4. الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي ضياع LLNs

تتكون شبكات LLNs من عقد مفيدة من حيث الذاكرة والطاقة وموارد المعالجة. كما أن الاتصال هو أيضا قيد آخر في مثل هذه الشبكات. وتتمثل خصائص الاتصال النموذجية لشبكات LLN في عرض حزمة الاتصال المحدودة ومعدل البيانات ، ومحدودية أحجام الحزم ، والخسائر العالية للحزم، بالإضافة إلى طبولوجيا الشبكة الديناميكية [5]. يُقترح استخدام شبكات LLN في مجالات تطبيقات مختلفة مثل المنازل والمباني الذكية والمصانع الذكية والمدن الذكية والحلول العسكرية الذكية، والتي يمكن أن يكون لها قيود ومتطلبات مختلفة من حيث استخدام الطاقة والنفقات العامة والاعتمادية والأداء [6 و 7].

تم تقديم نموذج لشبكة LLN حيث تتصل العقد محدودة الموارد في الشبكة بالإنترنت من خلال Router Border LLN (RBL) ، والذي لا يشترك في نفس قيود الموارد [8]. بينما يمكن لكل العقد في هذه الشبكات الاتصال ببعضها البعض، ويكون تدفق حركة البيانات عموماً من عقد الاستشعار باتجاه عقدة Router Border (BR)، كما هو الحال في تطبيقات جمع البيانات النموذجية، من أجل ضمان الاستخدام الأمثل والفعال لشبكات LLN في إنترنت الأشياء، تم اقتراح العديد من التقنيات والمعايير وتطويرها من قبل كل من هيئات التقييس والباحثين. على سبيل المثال لا الحصر:

- TiSCH IETF مهمته معالجة المشكلات في طبقة MAC [9].
- IEEE.802.15.4 مهمته معالجة المشكلات التي تتعلق بطبقة MAC والطبقة الفيزيائية لمكدس البروتوكول [10].
- 6LoWPAN هو معيار مشهور مهمته تحقيق التكيف بين معيار IEEE.802.15.4 وبروتوكولات الطبقة العليا مثل RPL [11].

#### 1.4 التوجيه في الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي ضياح LLNs

يجب أولاً مراعاة خصائص LLNs المختلفة أثناء تصميم بروتوكول توجيه مناسب لهذه الشبكات. حيث يجب أن تكون بروتوكولات التوجيه لشبكات LLN قادرة على تلبية الخصائص المتعددة لمناطق التطبيق المختلفة. علاوة على ذلك ، ونظراً لأن العقد في LLNs مقيدة بالموارد بشكل عام بطبيعتها ، فإن هذا يخلق قيوداً عديدة على تطوير بروتوكول توجيه فعال. وتعد الطاقة واحدة من أندر الموارد للعقد [12] وبالتالي لا ينبغي أن تستهلك طاقة العقدة عن طريق التوجيه المتكرر لرسائل التحكم.

- ❖ تدعم شبكات LLN أنواعاً مختلفة من أنماط الاتصال. والتطبيق الأكثر استخداماً هو
- ❖ تدفق البيانات من عدة نقاط إلى نقطة MP2P حيث تكون مهمة العقدة جمع البيانات وإرسالها إلى عقدة RBL .
- ❖ ويمكن أن يكون الاتصال بشكل هابط أي من RBL إلى عقد الاستشعار، أي تدفق البيانات من نقطة إلى عدة نقاط P2MP.
- ❖ حركة المرور من نقطة إلى نقطة P2P توفر اتصالاً مباشراً بين عقد أجهزة الاستشعار .

ولكن المتطلبات المختلفة والاحتياجات الأمنية والتنقل تخلق حاجة لأنماط مختلفة من الاتصال في LLNs وهذا يضيف مستوى من التعقيد وعبء زائد عند تصميم بروتوكولات توجيه فعالة لهذه الشبكات [13].

كما أنه يوجد عادةً ثلاثة نماذج لتبادل البيانات في التطبيقات المستندة إلى أجهزة استشعار LLN هي:

- ❖ المستندة إلى الحدث: في النماذج المستندة إلى الأحداث، تبلغ عقد الاستشعار عن النتائج التي توصلت إليها عندما تكتشف أي تغيير ملحوظ في منطقة مسؤوليتها.

❖ المستندة إلى الوقت: في النماذج المستندة إلى الوقت، ترسل عقد الاستشعار النتائج التي توصلت إليها خلال فترات منتظمة أو في وقت محدد.

❖ القائمة على الاستعلام: في النماذج المستندة إلى الاستعلام، يتم الإبلاغ عن نتائج عقد الاستشعار عندما تتلقى العقد استعلاماً محدداً [14].

ومع ذلك ، يمكن دمج نماذج تبادل البيانات هذه مع بعضها مما ينتج عنه نماذج هجينة. لذلك ، يرتبط نموذج تبادل البيانات المختار ارتباطاً وثيقاً باستهلاك الطاقة للعقد، وبالتالي يمكن أن يؤثر استقرار مسارات التوجيه في الشبكة على تكرار تحديثات المسار. ونظراً لحدوث الضياع في شبكات LLN ، فلا يمكن ضمان وصول تحديثات المسار إلى العقد الوجهة.

#### 2.4 بروتوكول التوجيه للشبكات منخفضة الطاقة والفقدان RPL

بتكليف من IETF ، قامت مجموعة ROLL بنشر RFC الخاص بال RPL عام 2012 [2] والذي يوضح بالتفصيل المكونات الرئيسية في RPL والتي تتكون من مقاييس التوجيه والتوابع الوظيفية

بروتوكول RPL هو بروتوكول توجيهي تفاعلي مقاد بالمسافة تم تطويره من قبل IETF لحل مشاكل الشبكات المنخفضة الطاقة ذات الضياع LLN وهو مصمم بشكل أساسي للشبكات الثابتة ويعمل بمفهوم البيان الموجه Destination Oriented Cyclic Graph (DODAG) وهو بيان لايحوي حلقات وضمن أي شبكة يسمى جذر البيان (DODAG)

ويعتمد RPL بشكل أساسي على حركة مرور من نمط MP2P من خلال اكتشاف المسارات الصاعدة (من عقد الاستشعار نحو جذر DODAG) ومع ذلك، فهو يدعم أيضاً حركة مرور P2P و P2MP من خلال إنشاء طرق هابطة (من الجذر نحو عقد الاستشعار).

ويحتوي البروتوكول على أربعة أنواع رئيسة من الرسائل لإنشاء طوبولوجيا الشبكة واكتشاف المسارات وتم تعريف هذه الرسائل ضمن بروتوكول ICMPv6، وهي:

1. DIS (DODAG Information Solicitation)

2. DIO (DODAG Information Object)

3. DAO (Destination Advertisement Object)

4. DAO-ACK (Destination Advertising Acknowledgement)

بداية ينقل جذر DODAG رسائل DIO لإنشاء مسارات في اتجاه تصاعدي (من الأبناء إلى الجذر). بعد ذلك ، ترسل العقد التابعة لرسائل DAO أحادية الإرسال إلى جذر DODAG لبناء المسار العكسي.

يتم إرسال رسائل DIS عندما تنضم عقدة جديدة إلى الشبكة. حيث تطلب العقدة معلومات الشكل العام للطوبولوجيا من جيرانها للانضمام إلى DODAG وعادةً ما تكون رسائل DIO عبارة عن رسائل بث يتم إرسالها من الجذر إلى العقد الجيران بناءً على مؤقت. ومع ذلك ، يمكن أيضاً إرسالها عند الطلب عند استلام رسالة DIS .

في رسالة DIO ، تعلن العقدة عن رتبتهما والتابع الوظيفي المراد استخدامه، حيث تمثل الرتبة بُعد العقدة عن العقدة الجذرية وبحسب التابع الوظيفي رتبة العقدة بناءً على مقاييس التوجيه وأهداف التحسين حيث تزداد قيمة الرتبة في الاتجاه الهابط لـ DODAG وتنخفض في الاتجاه الصاعد، وحقبة كون رتبة العقدة الأب يجب أن تكون أقل من العقد الفرعية هي التي تمنع حدوث حلقات في الشبكة.

عندما تتلقى العقدة رسالة DIO ، فإنها تقوم بتحديث مجموعة الآباء المرشحين الخاصة بها وتختار أب بناءً على قيمة الرتبة للعقد في هذه المجموعة. ثم يتم حساب قيمة الرتبة للعقدة الجديدة المنضمة. وأخيراً ، تقوم العقدة بإعادة توجيه رسالة DIO إلى العقد المجاورة لها. نتيجة لذلك، تقوم كل عقدة في الشبكة بإنشاء مساراتها الصاعدة باستخدام



رسائل DIO. تمكن رسائل DAO العقدة من نقل معلومات الهدف الخاصة بها إلى أعلى، مما يسمح ببناء المسار الهابط بين جذر DODAG والعقد المرتبطة [5] يتم إرسال هذه الرسائل بواسطة كل عقدة في DODAG باستثناء الجذر من أجل إنشاء جداول التوجيه ، وتبليغ عن هذه العناوين لأبائهم.

ولصيانة المسارات المتجهة إلى الأسفل في RPL تم تحديد وضعين منفصلين هما: وضع التخزين و وضع عدم التخزين.

في وضع التخزين ، عندما تتلقى العقدة الأصلية رسالة DAO من جيرانها، تحفظ العقدة بادئة الوجهة وعنوان مرسل الرسالة كالخطوة التالية (next-hop) في جدول التوجيه الخاص بها ، ثم تعيد توجيهها لاحقاً إلى الأصل المحدد.

أما في وضع عدم التخزين ، تقوم العقدة مرة أخرى بنقل رسالة DAO المستلمة إلى الأصل المحدد لها؛ ولا يتم تخزين أية معلومات توجيه أخرى.

رسائل ACK-DAO هي رسائل اختيارية أحادية الإرسال يتم إرسالها عند الطلب إلى المرسل لتأكيد تسليم رسالة DAO [5]. بينما يتم استخدام رسائل DIO و DAO لاكتشاف المسارات الصاعدة والهابطة ، على التوالي، ويوفر RPL أيضاً اتصال P2P بالطريقة التالية. أولاً ، ترسل العقد رسائلها إلى الجذر في الاتجاه الصاعد ، ثم تعيد العقدة الجذر توجيه هذه الرسائل إلى العقدة الوجهة في الاتجاه الهابط. إذا كانت العقدة الوسيطة تعرف مساراً إلى الوجهة، فيمكن لهذه العقدة أيضاً إعادة توجيه الحزم إلى الوجهة عن طريق منع الحزم من الانتقال دون داعٍ حتى عقدة الجذر .

على غرار تجزئة IP ، يقوم RPL أيضاً بتجزئة رسائله إلى حزم أصغر. نظراً لأنه يمكن تحميل هذه الرسائل بالعديد من المعلومات الاختيارية ، فإن التجزئة تميل إلى تقسيم الرسالة إلى عدة حزم. وفقدان حزمة واحدة مجزأة يعني فقدان الرسالة بأكملها ، مما يؤدي إلى زيادة تكلفة إعادة الإرسال والزيادة المصاحبة لذلك في استهلاك الطاقة.

أما عن التوابع الوظيفية فقد تم اقتراح تابعين وظيفيين لبروتوكول RPL هما OF0[15] وMRHOF[16]

يعمل OF0 عن طريق تحديد العقدة الأقرب إلى جذر DODAG واعتبارها الوالد المفضل مع تجاهل موازنة الحمل تماماً. بالإضافة إلى ذلك ، يتم اختيار أحد الوالدين كبديل في حالة فقدان الاتصال مع الوالد المفضل.

في حين تم تصميم MRHOF لتجنب التغييرات المستمرة في الآباء المفضلين ، مما يقلل من استقرار الشبكة. حيث يعمل MRHOF عن طريق حساب تكلفة المسار من خلال المرور بين العقد الجيران والتي تشكل مساراً بين عقد الأصل والوجهة. بعد ذلك، يتم تحديد الأب المفضل والذي يكون له أقل تكلفة المسار.

## 5. دراسة مرجعية

قدم الباحثون في [17] تابع وظيفي جديد Load Balanced Objective Function (LB-OF) والذي يعتمد على عدد الأبناء لكل أب دون الأخذ بعين الاعتبار رتبة العقدة وبالتالي سيتم دائماً اختيار الأب الذي يملك عدد أبناء أقل دون النظر لبعد العقدة الأب عن العقدة الهدف وتم تحقيق ذلك من خلال توسعة رسالة DIO لتحتوي على عنوان الأب وذلك لزيادة عدد أبنائه من خلال فحص ومطابقة عنوان العقدة مع عنوان الأب عند استلام رسالة DIO ولكن الدراسة لم تشر إلى كيفية انقاص عدد الأبناء عند انتقالهم من أب لآخر ولم تشر إلى الآثار المترتبة عن توسعة الرسالة بمقدار 16 بايت لاحتواء عنوان الأب.

في حين قدم الباحثون في [18] خوارزمية لموازنة الحمل في بروتوكول RPL والتي تعتمد على دمج معاملان الأول هو ETX والثاني هو عدد الأبناء والأحفاد لكل أب أي أن الخوارزمية تأخذ بعين الاعتبار عدد الأبناء لكل أب وذلك لأكثر من قفزة وتم

تضمن عدد الأبناء في رسالة DAO المرسله من الابن للأب وذلك لإعلام الأب بعدد أبناء الابن وتتم عملية اختيار الاب الأفضل بالمفاضلة بين هذين المعاملين وأشارت الدراسة إلى أنه تتم زيادة عدد الأبناء لدى الآباء عند تأكيد عملية الانضمام من خلال رسالة DAO-ACK ويتم الإنقاص من خلال تعريف مؤقت زمني اذا لم تقم العقد الأبناء بإرسال أية بيانات إلى العقدة الأب قبل انتهاء زمن المؤقت فإنه سيتم انقاص عدد الأبناء لهذه العقدة الأب واعتبار العقدة الابن اما منتقلة إلى أب آخر أو أنها قد خرجت من الشبكة وأوضحت الدراسة بأنها أجرت تقيماً تحليلياً على سيناريو معين. وأظهرت النتائج أن الخوارزمية المقدمة قامت بموازنة الحمل في هذه الشبكات دون ذكر النتائج.

في [19] تم إدخال تحسين على RPL ، وهو موازنة حمل الطاقة حيث يركز (ELB(Energy Load Balance) على موازنة استخدام الطاقة وزيادة عمر العقد، من خلال ادخال وظيفة وآلية موضوعية جديدة لموازنة الحمل. لحساب الرتبة، يأخذ التابع الوظيفي في الاعتبار عدد القفزات ومستوى الطاقة للمسار إلى العقدة الهدف والذي هو مجموع الطاقة المتبقية للعقد على ذلك المسار. ويعمل مخطط موازنة الحمل في مرحلة اختيار الإباء ، مع قيام الوالدين المفضلين بالتناوب بين أفضل أب وثاني أفضل أب ممكن.

في [20] تم اقتراح طريقة تستند إلى دورة عمل الراديو (RDC(Radio Duty Cycle) لتقدير استهلاك الطاقة ولتوفير موازنة حمل أفضل من حيث الطاقة. حيث تم تقديم معامل جديد يسمى تقدير الطاقة (EE(Estimate Energy) والذي يحسب كنسبة من وقت وحدة المعالجة المركزية ( الفترة التي تكون فيها العقدة مستيقظة) إلى وقت الراديو (الفترة التي ترسل فيها العقدة) وأشار المؤلفون إلى أن معامل التوجيه هذا يؤدي إلى

توزيع أفضل للطاقة وموثوقية أعلى وتوازن أحمال محسن. ومع ذلك ، كان التحسن المطلوب من حيث استهلاك الطاقة محدوداً

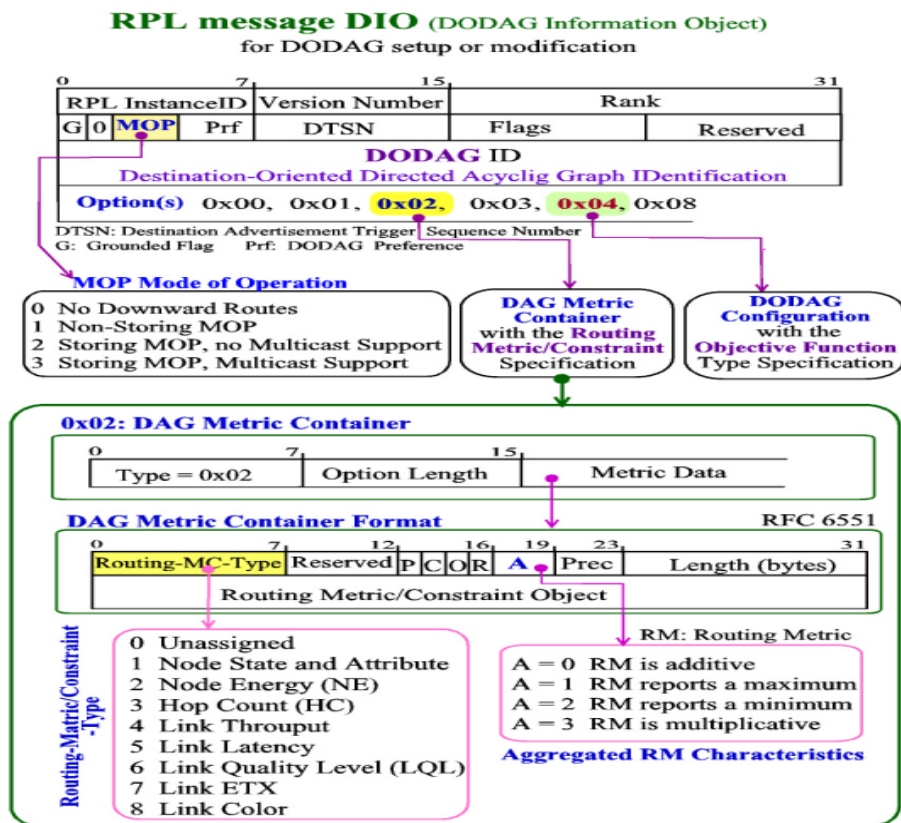
## 6. نظام التشغيل [3] Contiki

سيتم مقارنة التابعين الوظيفيين OF0 و MRHOF لبروتوكول التوجيه RPL مع التابع الوظيفي المقدم NCOF باستخدام نظام التشغيل Contiki والذي هو نظام تشغيل مفتوح المصدر وخفيف الحجم ومكتوب بلغة C. تم تصميم نظام تشغيل Contiki في الأساس للاستخدام في تطبيقات شبكات الحساسات اللاسلكية التي تتطلب دعماً للتواصل المعتمد على بروتوكول IP، ويؤمن خاصية الانتزاع للمهام المتعددة. يقدم Contiki دعم واسع النطاق لمنصات الأجهزة منها Tmote Sky. الاعدادات تستهلك 2 كيلوبايت من ذاكرة الوصول العشوائية و 40 كيلوبايت من ذاكرة القراءة فقط. يتضمن التثبيت الكامل لنظام التشغيل وظائف مثل: متصفح ويب، مخدم ويب شخصي، واجهة المستخدم الرسومية (GUI)، دعم لبروتوكول IPV6، ونواة متعددة المهام بالإضافة إلى شاشة توقف.

## 7. آلية عمل الخوارزمية المقدمة:

في الدراسة المقدمة تم العمل بوضع التخزين لبروتوكول RPL وتم حساب عدد الأبناء لكل أب من خلال المرور على جدول التوجيه للاب والذي يحتوي على كيفية الوصول للأبناء وابناء الأبناء ولكن اعتمدنا في الدراسة على عدد الأبناء المباشرين للأب (One-Hop) وذلك من خلال تساوي عنوان العقدة مع Next-hop في جدول التوجيه. أي الوصول للعقدة 5 عن طريق 5 هذا ابن مباشر أما الوصول للعقدة 6 عن طريق 5 ليس ابن مباشر وإنما حفيد.

- حيث تم اعتبار عدد الأبناء ك metric container باسم Child Count(CC)
- وتم اعتبار عدد الجيران ك metric container باسم Neighbor Count(NC) والذي يتم حسابه من جدول الآباء المرشحين للعقدة (جدول الجيران).
- يتم ارسال CC و NC في رسائل DIO ضمن حقل Options البايت 30 و 31 على الترتيب الموجهة من الأب للابن ويوضح الشكل [1] شكل رسالة DIO



الشكل [1] شكل حزمة RPL DIO [21]

أي تم الاعتماد على ثلاثة معاملات:

- Rank بعد العقدة الأب عن العقدة الهدف
- CC عدد العقد الأبناء للعقدة الأب
- NC عدد العقد الجيران للعقدة الأب

وفيما يلي آلية العمل البرمجية للخوارزمية المقدمة:

```
-----  
input: Received DIO from CandidateParent [Rank,ChildCount]  
-----  
1 begin  
2 For P in Candidate Parent List Do  
3   bestParent(Pi,Pj)  
4   begin  
5     IF Pi(Rank) greater than Pj(Rank) Then  
6       Return best Parent ← Pj;  
7     ElseIf Pi(Rank) equal Pj(Rank) Then  
8       IF Pi(ChildCount) greater than Pj(ChildCount) Then  
9         Return bestParent ← Pj;  
10      ElseIf Pi(ChildCount) lower than Pj(ChildCount) Then  
11        Return bestParent ← Pi;  
12      ElseIf Pi(NeighborCount) great than Pj(NeighborCount) Then  
14        Return bestParent ← Pj;  
15      Else  
16        Return bestParent ← Pi;  
17      EndIf  
18    Else  
19      Return best Parent ← Pi;  
20    EndIf  
21  End  
22  Pi ← best Parent  
23  Pj ← next Parent in List  
24 EndFor  
25 If myParent not equal Null And bestParent not equal myParent Then  
26   Send the updated DIO;  
27   Send No Path DAO to OldParent  
28 Else  
29   Send the updated DIO;  
30 EndIf  
31 End
```

### 1.7 مشكلة الانتقال:

في حال أن العقدة الابن وجدت أب أفضل من الأب المختار له سابقاً فعندما تقوم العقدة الابن بالانضمام للأب الأفضل الجديد فإن هذه العقدة الأب ستقوم بزيادة عدد أبنائها لأنه سيتم إضافة الابن لجدول توجيهه وعند ارسال التحديثات سيتم حساب CC جديد وهنا يجب اخبار الأب القديم لحذف عنوان الابن الذي انتقل ويتم ذلك من خلال ارسال رسالة DAO ، أي أنه سيتم ارسال DAO للأب الجديد كطلب انضمام وارسال DAO للأب القديم كطلب حذف

### 2.7 حالة عدم استقرار الشبكة:

بفرض أن عقدة ابن تريد الانضمام للشبكة وكان ضمن مجالها أكثر من عقد أب ولكل أب  $n$  عقدة ابن و  $m$  عقدة جار عندها سيتم اختيار أب بشكل اعتباطي لهذه العقدة الابن أي سيصبح لدى أحد هذه الآباء  $n+1$  عقدة ابن في حين أن العقد الآباء البقية لديها  $n$  عقدة ابن وعند اعادة المقارنة الدورية بين الآباء ستجد هذه العقدة الابن أنه يوجد أب لديه عدد أبناء أقل ( $n$ ) من الأب المختار لها ( $n+1$ ) عندها ستنتقل للاب ذو  $n$  عقدة ويصبح لديه  $n+1$  عقدة ابن أما الأب القديم سيصبح لديه  $n$  عقدة ابن وعند المقارنة الدورية التالية ستنتقل هذه العقدة وهكذا، لذلك تم تعديل الخوارزمية لمعالجة هذه المشكلة وجعل الشبكة مستقرة وذلك من خلال عدم الانتقال بين الآباء في حال كان الفارق بمقدار واحد بين العقد الأبناء ويصبح الشكل العام للخوارزمية كما يلي:

```
-----  
input: Received DIO from CandidateParent [Rank,ChildCount]  
-----  
1 begin  
2 For P in Candidate Parent List Do  
3     bestParent(Pi,Pj)  
4     begin  
5         IF Pi(Rank) greater than Pj(Rank) Then  
6             Return best Parent ← Pj;  
7         ElseIf Pi(Rank) equal Pj(Rank) Then  
8             IF Pi(ChildCount) - Pj(ChildCount) equal |1| Then  
9                 myParent = getMyParent();  
10                IF Pi equal myParent  
11                    Return bestParent ← Pi;  
12                ElseIf Pj equal myParent  
13                    Return best Parent ← Pj;  
14                ElseIf Pi(ChildCount) greater than Pj(ChildCount)  
15                    Return bestParent ← Pj;  
16                Else  
17                    Return bestParent ← Pi;  
18                EndIf  
19            ElseIF Pi(ChildCount) greater than Pj(ChildCount) Then  
20                Return best Parent ← Pj;  
21            Else  
22                Return best Parent ← Pi;  
23            EndIf  
24        Else  
25            Return best Parent ← Pi;  
26        End  
27        Pi ← best Parent  
28        Pj ← next Parent in List  
29 EndFor  
30 If myParent not equal Null And bestParent not equal myParent Then  
31     Send the updated DIO;  
32     Send No Path DAO to OldParent  
33 Else  
34     Send the updated DIO;  
35 EndIf  
26 End
```

### 3.7 الوضع التفاضلي للتابع الوظيفي NCOF

إن الخوارزمية المقدمة تعمل بوضع آخر وهو الوضع التفاضلي حيث يسمح باختيار أب أبعد عن العقدة الهدف بشرط

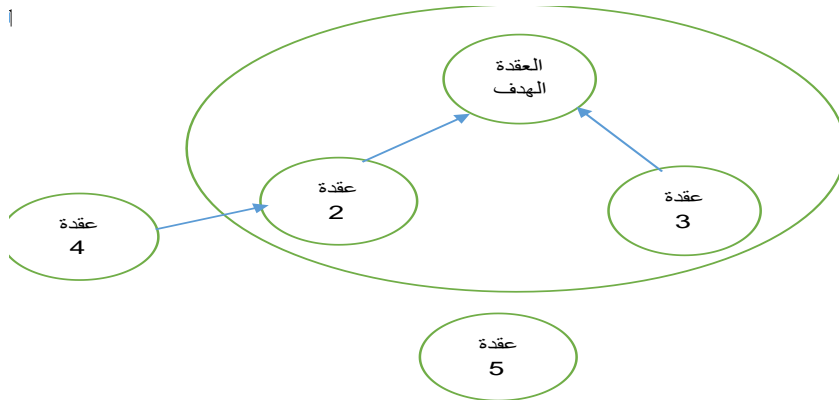
1. أن يكون عدد أبناء الأب الأقرب للعقدة الهدف أكبر من  $n$  عقدة ابن.
2. ان لا يتجاوز البعد بين الآباء المرشحة بأكثر من مقدار قفزين عن العقدة الهدف.



## عندها تصبح الخوارزمية بالشكل

```
-----  
input: Received DIO from CandidateParent [Rank,ChildCount]  
-----  
1 begin  
2 For P in Candidate Parent List Do  
3   bestParent(Pi,Pj)  
4   begin  
5     IF Pi(Rank) greater than Pj(Rank) Then  
6       IF (Pi(Rank) - Pj(Rank)==2) And (Pj(ChildCount) > Pi(ChildCount)+N) Then  
7         Return best Parent ← Pi;  
8       Else  
9         Return best Parent ← Pj;  
10      End  
11      -----  
12      -----  
13      Else  
14        IF (Pj(Rank) - Pi(Rank)==2) And (Pi(ChildCount) > Pj(ChildCount)+N) Then  
15          Return best Parent ← Pj;  
16        Else  
17          Return best Parent ← Pi;  
18        End  
19      End  
20      Pi ← best Parent  
21      Pj ← next Parent in List  
22    EndFor  
23    If myParent not equal Null And bestParent not equal myParent Then  
24      Send the updated DIO;  
25      Send No Path DAO to OldParent  
26    Else  
27      Send the updated DIO;  
28    EndIf  
29  End
```

### 4.7 مثال توضيحي عن طريقة عمل التابع NCOF



شكل [2] يوضح مثال لطبولوجيا تعمل باستخدام NCOF

لدينا حسب الشكل [2] العقدة 2 و 3 هما عقد أبناء للعقدة الهدف

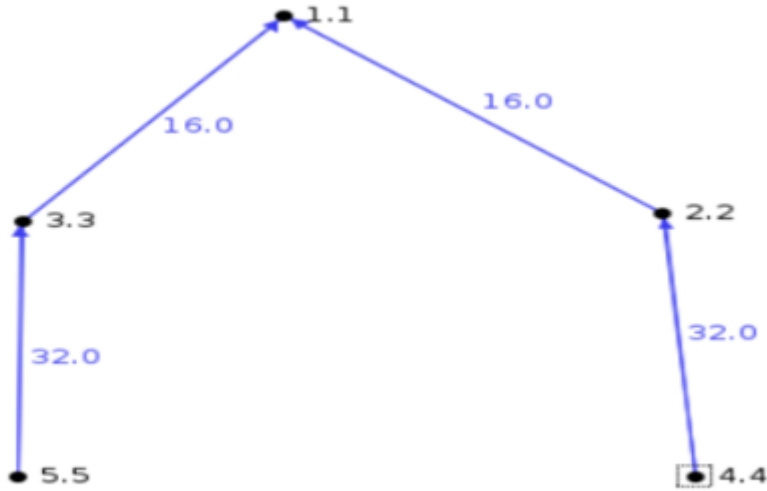
العقدة 4 ضمن مجال العقدة 2 وليست ضمن مجال العقدة الهدف وبالتالي ستكون عقدة ابن للعقدة 2 لتتمكن من الوصول للعقدة الهدف

العقدة 5 ضمن مجال العقدة 2 و 3 وليست ضمن مجال العقدة الهدف وبالتالي ستختار اب لها إما أن يكون العقدة 2 أو 3

العقدة 3 لها Rank = 512 , CC=0 و NC=2

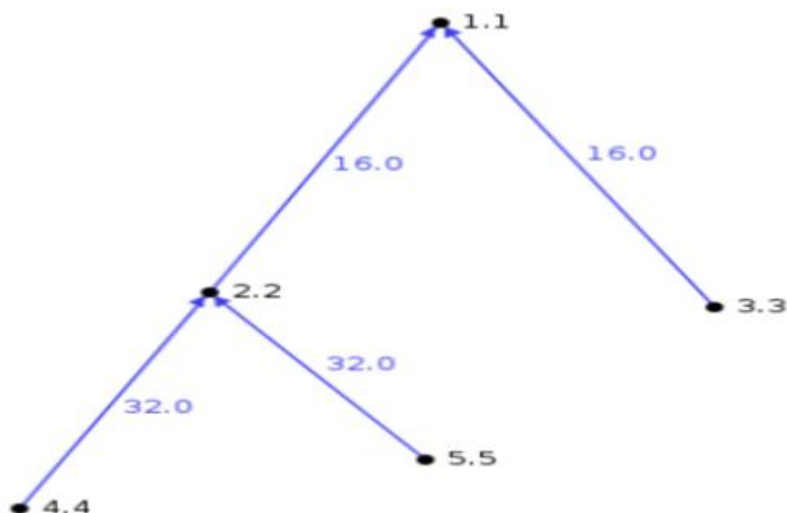
العقدة 2 لها Rank = 512 , CC=1 و NC=3

بما أن قيمة الrank متساوية سيتم المقارنة على أساس معامل عدد الأبناء أي أن العقدة رقم 5 ستختار العقدة رقم 3 كأب لها كما هو موضح بالشكل [3]



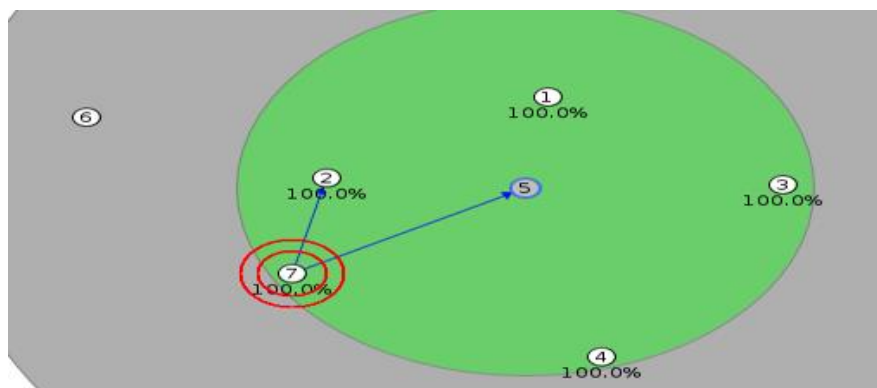
شكل [3] يوضح تموضع العقد في الشبكة باستخدام RPL-NCOF

في حين لو تم استخدام بروتوكول التوجيه باستخدام التابع الوظيفي الصفري OF0 ستكون الطبولوجيا كما في الشكل [4] ويمكن بشكل اعتباطي أن تظهر كما في الشكل [3] السابق.

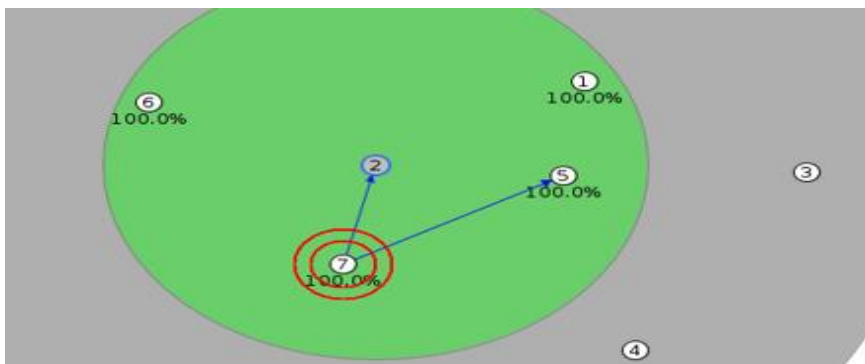


شكل [4] يوضح تموضع العقد في الشبكة باستخدام RPL-OF0

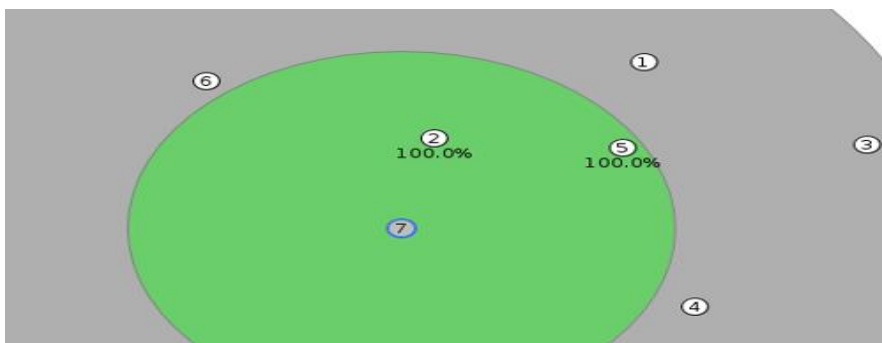
مثال يوضح استخدام معامل الجيران



شكل [7] يوضح عدد العقد ضمن مجال العقدة رقم 5



شكل [8] يوضح عدد العقد ضمن مجال العقدة رقم 2



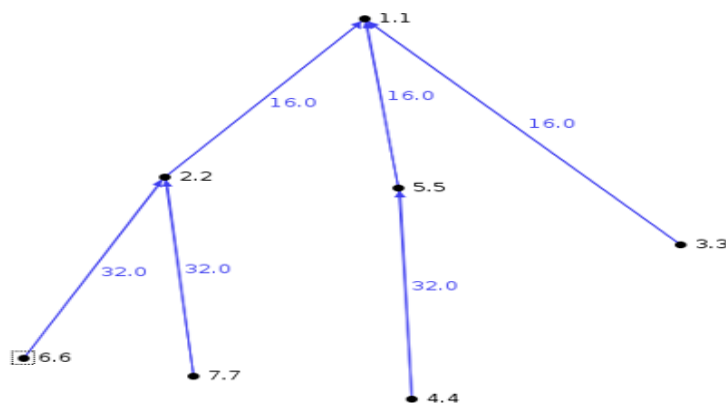
شكل [9] يوضح مجال العقدة رقم 7

لدينا حسب الشكل [7] العقدة رقم 1 هي عقدة جذر، والعقد 2 و 3 و 5 عقد أبناء للعقدة الجذر، والعقدة رقم 6 عقدة ابن للعقدة رقم 2، والعقدة رقم 4 عقدة ابن للعقدة رقم 5. تم اضافة العقدة رقم 7 والتي هي ضمن مجال الأب رقم 2 والأب رقم 5 كما هو موضح في الشكل [9]

لدينا العقدة 5 والعقدة 2 لهما نفس الرتبة 512 ونفس عدد الأبناء (ابن واحد) ولكن العقدة 5 لديها 5 جيران بما في ذلك الأبناء والجذر (شكل[7])، في حين أن العقدة رقم 2

لديها 4 جيران (شكل [8]) بما في ذلك الأبناء والجيران، لذلك فإن العقدة رقم 4 ستختار الأب رقم 2

ويصبح شكل الطبولوجيا كما في الشكل [10]

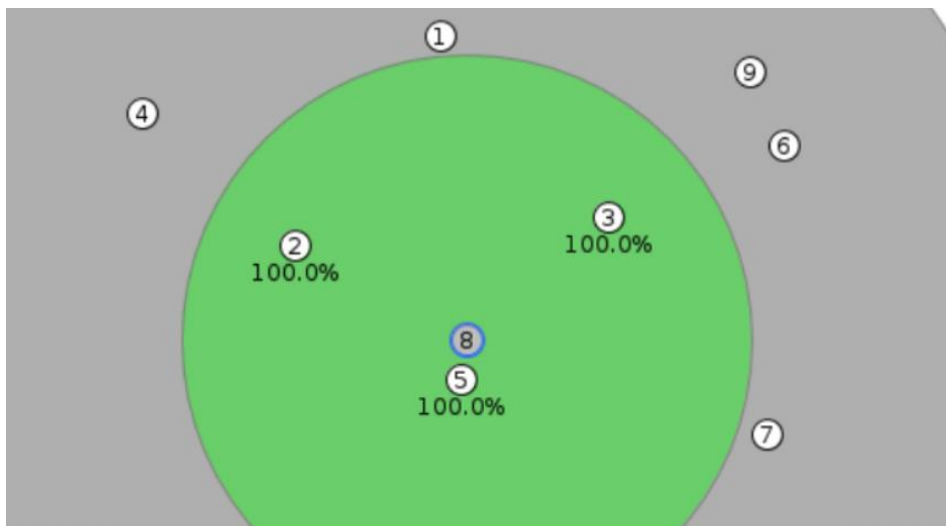


شكل [10] يوضح تموضع العقد للشبكة باستخدام معامل الجيران

## 8. مقارنة التابع الوظيفي NCOF مع OF0 و MRHOF

يوضح الشكل [11] الشكل العام للشبكة التي سيتم مقارنة التتابع الوظيفية على أساسها من حيث استهلاك الطاقة والراديو وتم تنفيذ المحاكاة لمدة عشرين دقيقة تم على عقد من

نوع TelosB



شكل [11] يوضح الشكل العام للشبكة المدروسة

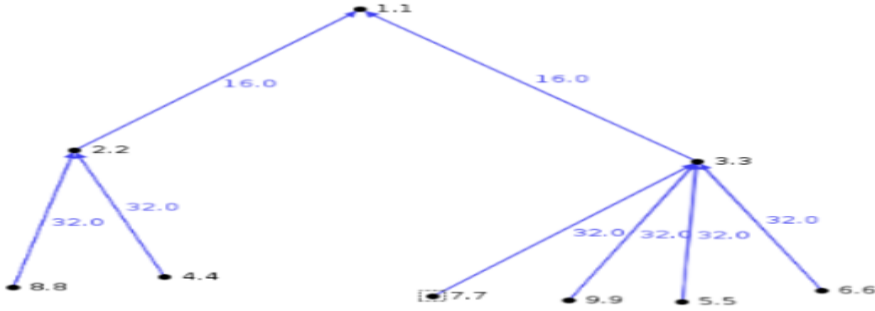
حيث لدينا حسب الشكل [11] العقدة رقم 1 عقدة جذر، والعقدتان 2 و 3 أبناء للعقدة الجذر وأبناء لباقي العقد، والعقدة 4 ضمن مجال العقدة رقم 2 وليست ضمن مجال الجذر فبالناتالي ستختار العقدة رقم 2 كعقدة أب.

العقد 6 و 7 و 9 ضمن مجال العقدة رقم 3 وليست ضمن مجال الجذر فبالناتالي ستختار العقد العقدة رقم 3 كعقدة أب.

العقدتان 5 و 8 ضمن مجال العقدة رقم 2 و 3 وليستا ضمن مجال الجذر

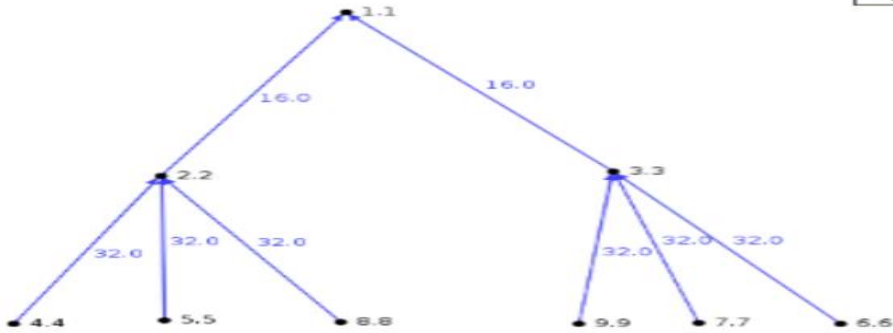
عند استخدام OF0 و MHROF ستختار العقدة رقم 5 العقدة 3 كأب لها في حين ستختار العقدة رقم 8 العقدة 2 كأب وهنا لا يوجد موازنة للحمل حيث أصبح عدد أبناء العقدة 2 هو 2 أما عدد أبناء العقدة 3 هو 4 كما هو واضح في الشكل [12].

ملاحظة: يمكن أن تظهر نتائج مختلفة عند إعادة المحاكاة ولكن لا يوجد ضمان لموازنة الحمل حيث ستقوم العقدتان 5 و 8 باختيار أي أب على اعتبار أن لهما نفس البعد عن العقدة الجذر



شكل [12] يوضح تموضع العقد باستخدام التابعين *MRHOF* و *OFO*

أما عند استخدام *NCOF* ستختار العقدتان 5 و 8 العقدة رقم 2 كأب مما يضمن موازنة الحمل ثلاثة أبناء لكل أب منهما كما هو واضح في الشكل [13].




شكل [13] يوضح تموضع العقد باستخدام التابع الوظيفي *NCOF*

## 1.8 الخصائص الأساسية لمنصة TelosB

تحتوي منصة TelosB على حساس للحرارة وحساس للرطوبة وحساس للضوء، بالإضافة إلى ذلك تحتوي على رقاقة راديو 802.15.4 CC2420 للتواصل مع العقد المجاورة.

يوضح الجدول (1) الخصائص الأساسية لمنصة TelosB حيث أنه يوفر متحكماً بـ 16 بت وساعة 8 ميغاهرتز ويعمل على مصدر طاقة 3 فولط، ويحتوي على قدر محدود من الذاكرة. يتم استخدام مصطلح Tmote Sky أو TelosB للإشارة إلى نفس النظام الأساسي للأجهزة، حيث يستخدم نظام تشغيل Contiki مصطلح Tmote Sky، بينما يستخدم نظام تشغيل TinyOS و Lorien مصطلح TelosB وفي الواقع الأنظمة الأساسية للأجهزة متطابقة [4].

جدول (1) الخصائص الأساسية لمنصة TelosB [5]

	48 كيلو بايت	ذاكرة برامج وميضية
	1024 كيلو بايت	ذاكرة قياسات وميضية
	16 كيلو بايت	ذاكرة قراءة فقط قابلة للبرمجة والمحو
	250 كيلو بايت	معدل البيانات
	2.4 غيغا هرتز	موجة التردد
	بطاريتان من نوع AA	بطارية
	2.7 إلى 3.3 فولت	الطاقة الكهربائية الخارجية
	6 x 31 x 65	الحجم
	23 غرام بدون بطاريات	الوزن



## 9. النتائج ومناقشتها

تعرض الجداول (2) و(3) و(4) نتائج استهلاك الطاقة للعقد الآباء (العقدة 2 والعقدة 3) عند استخدام بروتوكول التوجيه RPL باستخدام التابع الوظيفي OF0 و MRHOF و NCOF على التوالي

الجدول (2) استهلاك الطاقة للعقد الآباء باستخدام RPL-OF0

OF0	CPU Power	LPM Power	Listen Power	Transmit Power	Total Power
node-2	0.331	0.153	0.435	0.038	0.957
node-3	0.368	0.152	0.481	0.036	1.037

الجدول (3) استهلاك الطاقة للعقد الآباء باستخدام RPL-MRHOF

MRHOF	CPU Power	LPM Power	Listen Power	Transmit Power	Total Power
node-2	0.347	0.153	0.459	0.072	1.031
node-3	0.4	0.151	0.541	0.217	1.309

الجدول (4) استهلاك الطاقة للعقد الآباء باستخدام RPL-NCOF

NCOF	CPU Power	LPM Power	Listen Power	Transmit Power	Total Power
node-2	0.353	0.153	0.472	0.061	1.039
node-3	0.372	0.152	0.482	0.05	1.056

في حين تعرض الجداول (5) و(6) و(7) نتائج استخدام الراديو للعقد الآباء (العقدة 2 والعقدة 3) عند استخدام بروتوكول التوجيه RPL باستخدام التابع الوظيفي OF0 و MRHOF و NCOF على التوالي

الجدول (5) استخدام الراديو للعقد الآباء باستخدام RPL-OF0

	Listen Duty Cycle	Transmit Duty Cycle
node-2	0.726	0.072
node-3	0.802	0.068

الجدول (6) استخدام الراديو للعقد الآباء باستخدام RPL-MRHOF

	Listen Duty Cycle	Transmit Duty Cycle
node-2	0.756	0.136
node-3	0.901	0.409

الجدول (7) استخدام الراديو للعقد الآباء باستخدام RPL-NCOF

	Listen Duty Cycle	Transmit Duty Cycle
node-2	0.786	0.115
node-3	0.804	0.094

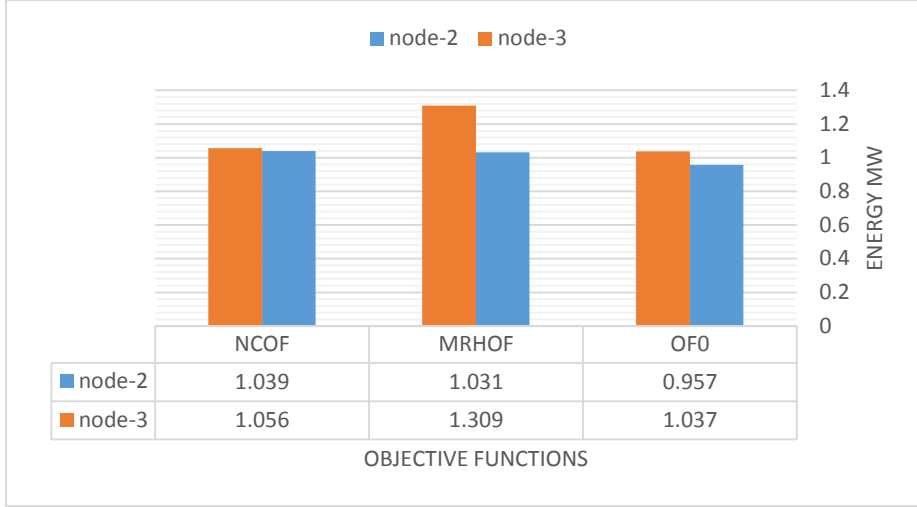
يوضح الشكل [14] و [15] مقارنة للتوابع الوظيفية لبروتوكول RPL مع التابع الوظيفي الجديد NCOF من حيث استهلاك الطاقة واستخدام الراديو على الترتيب للعقد الآباء حيث يلاحظ موازنة استهلاك الطاقة واستخدام الراديو للعقدتين 2 و 3 عند استخدام التابع

الوظيفي NCOF في حين يزداد استهلاك الطاقة والراديو في العقدة رقم 3 عن العقدة رقم 2 وذلك لأن العقدة رقم 3 تملك 4 أبناء في حين أن العقدة رقم 2 تملك ابنين فقط الأمر الذي يؤدي لعدم موازنة استهلاك الطاقة ونفاد البطارية العقدة رقم 3 بشكل أسرع وخرجها عن العمل وحدوث حالة عدم استقرار في الشبكة بسبب انتقال الأبناء الوسيطة في حين يوضح الشكل [16] مقارنة للتابع الوظيفية لبروتوكول RPL مع التابع الوظيفي الجديد NCOF من حيث استهلاك الطاقة و استخدام الراديو على الترتيب وذلك لجميع عقد الشبكة

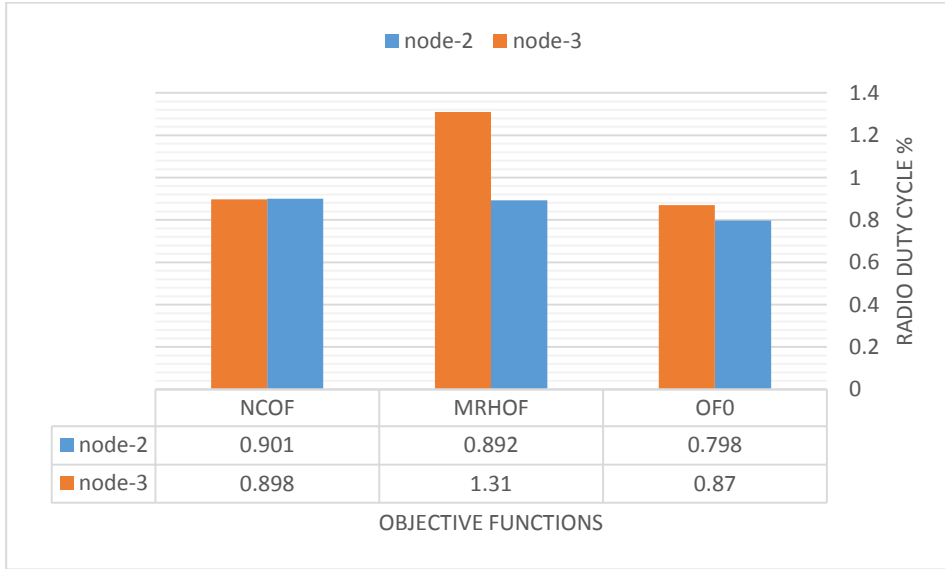
حيث يلاحظ تقارب استهلاك الطاقة واستخدام الراديو بين التابعين OF0 و NCOF في حين يزداد عند استخدام التابع الوظيفي MRHOF مع العلم أن التابع الوظيفي المقدم يقوم بإرسال بايتان إضافيان كما هو الحال في MRHOF في حين لا يتم إرسال سوا رتبة العقدة عند استخدام التابع OF0 وذلك ضمن رسائل التوجيه

لذلك يمكن في بعض الحالات أن ينخفض استهلاك الطاقة عند استخدام OF0 عن NCOF بسبب زيادة حجم الباكيئات المرسلة في NCOF ولكن الهدف الأساسي للتابع المقدم هو موازنة الحمل وبالتالي موازنة استهلاك الطاقة والراديو بين العقد الآباء الأمر الذي يضمن عدم استنزاف طاقة عقدة دون أخرى إن أمكن وليس تقليل استهلاك الطاقة بين العقد

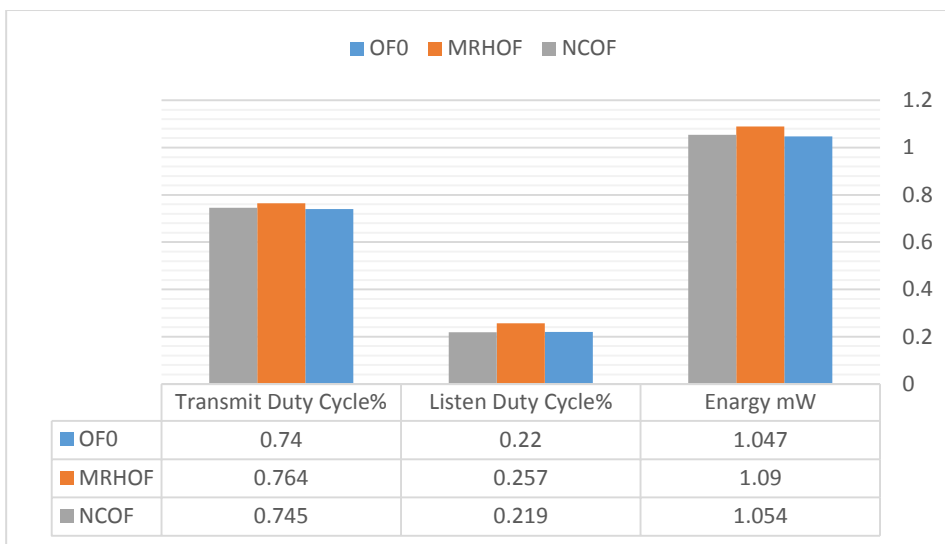
## تحقيق موازنة الحمل لشبكات انترنت الأشياء ضمن نظام تشغيل Contiki



الشكل [14] مقارنة التوابع الوظيفية للعقدتين 2 و 3 من حيث استهلاك الطاقة مقدراً بـ mW



الشكل [15] مقارنة التوابع الوظيفية للعقدتين 2 و 3 من حيث استخدام الراديو مقدراً بـ %



الشكل [16] مقارنة التوابع الوظيفية لجميع العقد من حيث استهلاك الطاقة واستخدام الراديو

## 10. الاستنتاجات والتوصيات

تعتبر موازنة الحمل مشكلة أساسية في بروتوكول RPL، ولكن لم تتم معالجتها بشكل صحيح عند تصميم التوابع الوظيفية الحالية في شبكات LLNs.

وبالتالي، فإننا نقترح تابع وظيفي جديد لموازنة الحمل لبروتوكول RPL وذلك لتحقيق توزيع أفضل لعبء العمل بين جميع العقد في LLNs. وتظهر نتائج المحاكاة أن التابع المقدم حقق الهدف بشكل أفضل من MRHOF و OF0 من حيث موازنة استهلاك للطاقة واستخدام الراديو ضمن العقد الآباء، وموازنة وعدد الأبناء لكل عقدة ولم يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة بالنسبة لعقد الشبكة كما هو الحال في MRHOF. وسيعالج العمل المستقبلي محاولة انقاص استهلاك الطاقة بشكل عام للعقد من خلال ادراج معاملات أخرى لتلبية متطلبات التطبيق. وتقديم طريقة للمفاضلة بين المعاملات المختلفة باستخدام المنطق الضبابي أو خوارزميات التعلم العميق.

## 11. المراجع

- [1] A. Musaddiq, Y. B. Zikria, O. Hahm, H. Yu, A. K. Bashir and S. W. Kim, "A Survey on Resource Management in IoT Operating Systems," in IEEE Access, vol. 6, pp. 8459–8482, 2018.
- [2] T. Winter, P. Thubert, A. Brandt, J. Hui, R. Kelsey, P. Levis, K. Pister, R. Struik, J. Vasseur, R. Alexander, RFC 6550: RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks, IETF request for comments, 2012
- [3] A. Dunkels, B. Gronvall, and T. Voigt, "Contiki—a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors," in Proceedings of the IEEE International Conference on Local Computer Networks(LCN), Tampa,FL,USA, 2004, pp. 455–462.
- [4] "Tmote sky datasheet," Moteiv Corporation. [Online]. Available: [http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/projects/shimmer/reference\\_s/tmote-sky-datasheet.pdf](http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/projects/shimmer/reference_s/tmote-sky-datasheet.pdf)
- [5] I.E.T.F. (IETF), RFC 6550, RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks, 2012, (Visited December 2019) [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc6550>
- [6] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, Wireless sensor networks: a survey, Comput. Netw. 38 (4) (2002) 393–422.
- [7] P. Levis, N. Patel, D. Culler, S. Shenker, Trickle: A self-regulating algorithm for code propagation and maintenance in wireless sensor networks, in: Proc. of the 1st USENIX/ACM

- Symp. on Networked Systems Design and Implementation, vol. 25, pp. 37–52
- [8] J.A. Gutierrez, M. Naeve, E. Callaway, M. Bourgeois, V. Mitter, B. Heile, IEEE 802.15. 4: a developing standard for low-power low-cost wireless personal area networks, IEEE Netw. 15 (5) (2001) 12–19.
- [9] D. Dujovne, T. Watteyne, X. Vilajosana, P. Thubert, 6TiSCH: deterministic IPenabled industrial internet (of things), IEEE Commun. Mag. 52 (12) (2014) 36–41.
- [10] A.F. Molisch, K. Balakrishnan, C.-C. Chong, S. Emami, A. Fort, J. Karedal, J. Kunisch, H. Schantz, U. Schuster, K. Siwiak, IEEE 802.15. 4a channel model-final report, IEEE P802 15 (04) (2004) 0662.
- [11] G. Mulligan, The 6LoWPAN architecture, in: Proceedings of the 4th Workshop on Embedded Networked Sensors, ACM, 2007, pp. 78–82.
- [12] Q. Tang, L. Yang, G.B. Giannakis, T. Qin, Battery power efficiency of PPM and FSK in wireless sensor networks, IEEE Trans. Wireless Commun. 6 (4) (2007) 1308–1319.
- [13] A. Brandt, J. Buron, G. Porcu, T. Italia, Home automation routing requirements in low-power and lossy networks, RFC 5826, 2010.
- [14] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, Wireless sensor networks: a survey, Comput. Netw. 38 (4) (2002) 393–422.

- [15] P. Thubert, Objective function zero for the routing protocol for low-power and lossy networks (RPL), 2012.
- [16] P. Levis, O. Gnawali, The minimum rank with hysteresis objective function, 2012.
- [17] M. Qasem, A. Al-Dubai, I. Romdhani, B. Ghaleb, W. Gharibi, A new efficient objective function for routing in internet of things paradigm, in: 2016 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking, CSCN, IEEE, 2016
- [18] ] Sanou, Doda & Yélémou, Tiguiane & Tall, Hamadoun & Boulou, Mahamadi. (2021). Taking into Account Children Accurate Weights during Parent Selection Process in RPL to Extend WSN Lifetime.
- [19] Q. Le, T. Ngo-Quynh, T. Magedanz, RPL-based multipath routing protocols for internet of things on wireless sensor networks, in: 2014 International Conference on Advanced Technologies for Communications, ATC 2014, IEEE, 2014, pp. 424-429.
- [20] M. Banh, N. Nguyen, K.-H. Phung, L. Nguyen, N.H. Thanh, K. Steenhaut, Energy balancing RPL-based routing for Internet of Things, in: 2016 IEEE Sixth International Conference on Communications and Electronics, ICCE, IEEE, 2016, pp. 125-130
- [21] Badach, Anatol. (2018). RPL messages and their structure



## دراسة رقمية لتحسين أداء المجمعات الشمسية المسطحة باستخدام الزعانف والحواجز واختبارها تجريبياً

الدكتور عدنان عمران \* الدكتور فادي علي \*\* المهندس عادل عبد الرحمن \*\*\*

### الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تصميم مجمع شمسي مصنّع محلياً يعمل بالماء واختباره تجريبياً باستخدام أسلوب ديناميك الموائع الحسابي CFD بحيث يحقق توزيع مناسب لوسيط نقل الحرارة ضمن المجمع بما يؤدي إلى تسخين الماء في ظروف الجو الطبيعي وعند مستويات الإشعاع الشمسي في منطقة الساحل السوري.

تم تقسيم المجال المدروس في الدراسة الرقمية إلى قسمين: المائع (الماء) والهيكال الصلب للمجمع (مادة الألمنيوم). بينت الدراسة الرقمية أن تصميم المجمع على شكل صندوق مسطح مزود بشفرات (زعانف وحواجز) مدمجة مع السطح الماص يساهم بشكل كبير في تعزيز انتقال الحرارة من السطح الماص إلى وسيط نقل الحرارة من خلال زيادة سطح التبادل الحراري واضطراب الجريان، حيث بلغ أفضل مردود % 59.6 للمجمعات المعززة بزعانف طولية وعرضية، في حين كان أقل مردود % 37.55 للتصاميم الأخرى. من جهة ثانية كان لزيادة معدل تدفق المائع أثراً كبيراً على انخفاض درجات الحرارة وتوزيعها ضمن المجمع، حيث بلغت درجة حرارة خروج المائع حوالي 320K وذلك عند تدفق 700ml/min، في حين كانت حرارة خروج المائع حوالي 328K عند تدفق 300ml/min.

الكلمات المفتاحية: انتقال الحرارة، CFD، المجمعات الشمسية المسطحة، الزعانف.

\* أستاذ في قسم تقانات الطاقات المتجددة، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس،

سوريا، [adnanomran1958@gmail.com](mailto:adnanomran1958@gmail.com).

\*\* مدرس، قسم تقانات الطاقات المتجددة، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس، سوريا،

[FadiEskanderAli@gmail.com](mailto:FadiEskanderAli@gmail.com).

\*\*\* طالب دراسات عليا (دكتوراه)، قسم تقانات الطاقات المتجددة، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس،

طرطوس، سوريا، [adelyones74@gmail.com](mailto:adelyones74@gmail.com).

## Numerical study to improve performance of flat plate solar collectors by using fins and baffles and testing experimentally

\* Dr. Adnan Omran

\*\*Dr. Fadi Ali

\*\*\*Eng. Adel Abd Alrahman

### ABSTRACT

this study aims by using computational fluid dynamic CFD technique to design water-hand-made solar collector and testing it in experimental way, where achieve appropriate distribution of heat transfer medium within the collector to perform water heating at solar radiation levels in the Syrian coast. In the numerical study, the studied domain was divided into two parts: the fluid (water) and the solid structure of the collector (aluminum). The numerical study showed that the design of the collector in the form of a flat box with blades (fins and baffles) integrated with the absorbing surface contributes significantly to enhancing the heat transfer from the absorbing surface to the heat transfer medium by increasing the heat exchange surface and turbulence of flow. where the higher efficiency for the collector with transverse and longitudinal fins reached 59.6%, while the efficiency was 37.55% for The other designs. on the other hand, the increase of flow rate of water has significant influence on the distribution and decrease of heat within the collector. where the heat of outlet water reached about 320K at 700ml/min of flow, while reached 328K at 300ml/min.

Keywords: heat transfer, CFD, flat plate solar collectors, fins.

\* Professor, Department of renewable energy, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Tartous, Syria, [adnanomran1958@gmail.com](mailto:adnanomran1958@gmail.com).

\*\* Professor, Department of renewable energy, Faculty of Technical engineering Tartous University, Tartous, Syria, [FadiEskanderAli@gmail.com](mailto:FadiEskanderAli@gmail.com).

\*\*\* PhD Student, Department of renewable energy, Faculty of Technical Engineering Tartous University, Tartous, Syria, [adelvones74@gmail.com](mailto:adelvones74@gmail.com)

## مقدمة:

إن الفائدة الأعظم للطاقت المتجددة بشكل عام وللطاقة الشمسية بشكل خاص مقارنة بالطاقت الأخرى هي نظافة هذه الطاقة واستدامتها (Sustainability). يتم في الواقع، استهلاك نسبة عالية من الطاقة لتسخين المياه في المنازل وفي التطبيقات الصناعية والخدمية. يتم استخدام حوالي 18% من الطاقة المنزلية لتسخين المياه. لذلك، يمثل التحول إلى سخان المياه الشمسي (solar water heater (SWH)) حلاً عملياً لتقليل استهلاك الطاقة المخصصة لتسخين المياه [1].

توجد مجموعة متنوعة من التصاميم والأشكال لمجمعات تسخين المياه بالطاقة الشمسية. بشكل عام، يعتبر نظام سخان المياه الشمسي (SWH) أداة لاستثمار الطاقة الحرارية لأشعة الشمس.

أبرزت العديد من الأبحاث طرقاً مختلفة لتحسين معامل انتقال الحرارة والكفاءة الحرارية في مجمعات تسخين المياه بالطاقة الشمسية. تعمل عناصر مختلفة مثل الزعانف أو الحواجز على تحسين نقل الحرارة ولكن تؤدي هذه العناصر أيضاً إلى زيادة الاحتكاك ومقاومة تدفق السوائل المرتبط بانخفاض الضغط في المجمع. بمعنى آخر، ترتبط عناصر الزعانف والحواجز بتشكيل التدفق العكسي في المجمعات. [2,3].

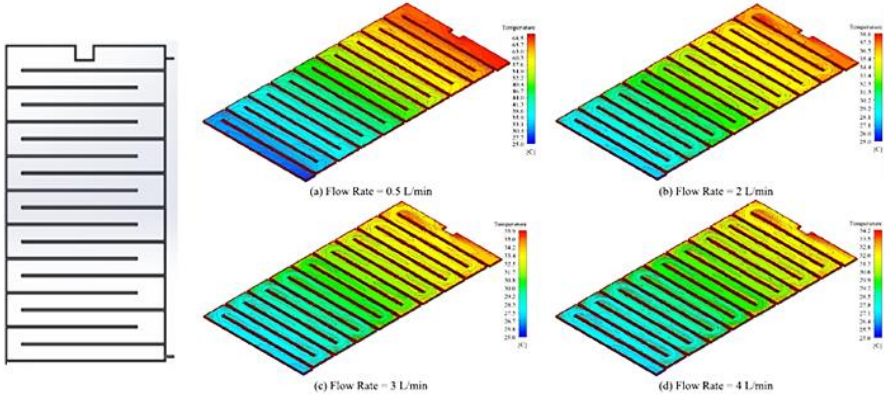
تم اختبار وتقييم أداء وتصميم أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية بعمق ومراجعتها من قبل العديد من الباحثين [4,5,6].

قام AFSHARI وآخرون [7] بتصميم ثلاثة مجمعات شمسية لتسخين الهواء لها نفس المساحة ولكن تختلف بتصميم الشفرات الداخلية (النوع الأول يحتوي حواجز عرضية مثقبة بثقوب دائرية، النوع الثاني يحتوي حواجز عرضية مثقبة بثقوب مستطيلة والنوع الثالث يحتوي على زعانف طولية) وتم تحليل أدائها الحراري رقمياً. أشارت نتائج المحاكاة إلى أن تعديل الزعانف في المجمع الشمسي كان له تأثير أفضل على تحسين درجة الحرارة على مخرج المجمع الشمسي. بالإضافة إلى ذلك، لا يوجد فرق كبير بين الحواجز المثقبة بثقوب دائرية أو مستطيلة.

Kim Yu-Jin وآخرون [8] قاموا بدراسة رقمية من خلال دراسة تأثير أطوال الحاجز وميلانه على درجة حرارة الهواء عند المخرج، ونقل الحرارة الكلي وهبوط الضغط داخل المجمع. وجدوا أن درجات حرارة المخرج وانتقال الحرارة يزدادان مع طول الحاجز، ويزداد انخفاض الضغط بسرعة مع طول الحاجز. يساعد ميلان الحاجز على خلط أفضل لتدفق التيار الرئيسي ويعزز معدل نقل الحرارة.

قام Tamneh وآخرون [9] بإجراء تحليل تجريبي لسخان المياه الشمسي باستخدام الحواجز مع الصفيحة الماصة المسطحة. اجريت التجارب بمعدلات تدفق مياه مختلفة داخل المجمع. أظهرت النتائج التجريبية أن درجة حرارة الماء تكون أعلى في حالة سخان الماء الشمسي مع حواجز (زعانف).

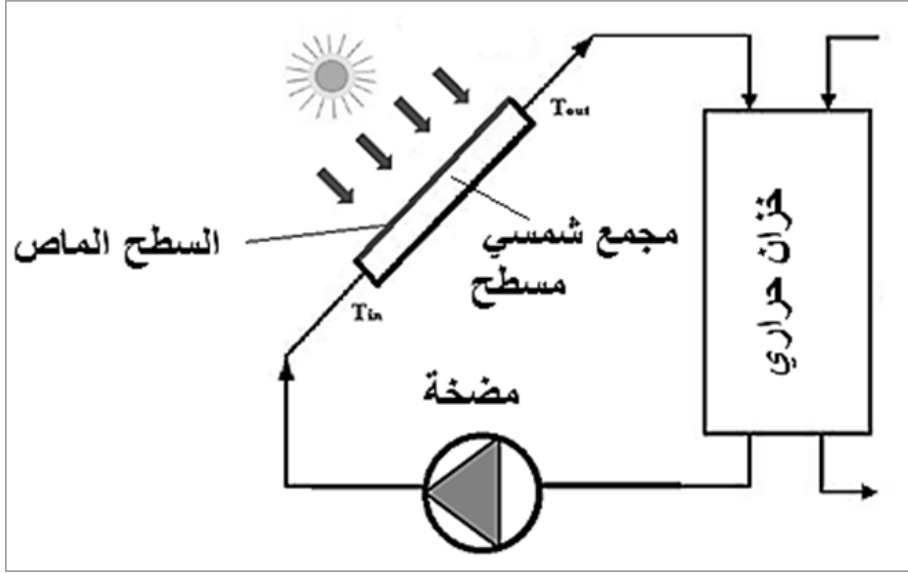
Gomaa وآخرون [10] قاموا باختبار مجمع شمسي على شكل صندوق مزود بزعانف عرضية على حد تعبيرهم (cross-fined channel box) ويستخدم الماء كوسيط عامل كما هو موضح في الشكل (1). تم تقييم أداء المجمع رقمياً وأظهرت النتائج تأثيراً كبيراً لمعدل تدفق المياه وشدة الإشعاع على أداء النظام. تمت المحاكات باستخدام نموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام حزمة ANSYS.



الشكل (1) محاكاة رقمية لتدفق الماء في المجمع الشمسي الحراري المصمم على شكل صندوق مزود بزعانف عرضية [10]

يتم في هذه الدراسة اعتماد نظام نمذجي لمجمع تسخين المياه بالطاقة الشمسية المائل ذو سطح ماص مسطح. يتم إنشاء المجمع كصندوق من الألمنيوم مزود بحواجز داخلية

مدمجة ومخصص لتجميع الطاقة الشمسية الحرارية باستخدام الماء كمائع لنقل الحرارة. الشكل (2) يظهر الرسم التخطيطي لنظام تسخين المياه الشمسي النموذجي.



الشكل (1) نظام نمونجي لمجمع تسخين المياه بالطاقة الشمسية

$$\eta_{ther} = \frac{\dot{m}C(T_{out}-T_{in})}{GA} \quad \text{الكفاءة الحرارية للمجمع يتم تقديمها بالمعادلة التالية:}$$

حيث  $\dot{m}$  و  $C$ ، على التوالي، معدل تدفق الكتلة والسعة الحرارية النوعية للسائل ،  $A$  مساحة المجمع،  $T_{in}$ ،  $T_{out}$  درجات حرارة السائل عند المدخل والمخرج،  $G$  الإشعاع الشمسي الساقط بشكل طبيعي على السطح.

### أهمية البحث وأهدافه:

إن استخدام أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية له أهمية بالغة في تغطية متطلبات الطاقة الحرارية وتخفيض استهلاك الكهرباء وخصوصاً في التطبيقات السكنية. كما أن إمكانية الاستفادة من المواد المتوفرة في السوق المحلية في تصنيع مجمعات تسخين المياه بالطاقة الشمسية تعمل بكفاءة حرارية مناسبة في ظروف مستويات الإشعاع الشمسي في منطقة الساحل السوري، يمثل أهمية اقتصادية.

يهدف البحث إلى تحسين أداء وكفاءة المجمعات الشمسية المسطحة الحرارية من خلال الخطوات التالية:

- دراسة رقمية لتحسين أداء المجمعات الشمسية المسطحة الحرارية من خلال محاكاة توزيع الحرارة وتدفق المائع في المجمع الصندوقي وتقييم دور الشفرات المدمجة في الحصول على شروط مثالية للجريان وانتقال الحرارة.
- مقارنة تأثير الشفرات (الزعانف والحواجز) على المردود الحراري للمجمع.
- اختبار تجريبي لتقييم أداء التصميم المقترح.

### الطريقة والمواد المستخدمة في البحث:

#### المحاكاة الرقمية:

تم الاعتماد على التقنية الرقمية لديناميك الموائع الحسابي (CFD) في تصميم واختبار النموذج الذي يحاكي المجمع الحراري الشمسي. المحاكاة الرقمية في هذا البحث تعتبر أسلوب مهم جداً للتنبؤ بالسلوك الديناميكي والحراري لوسيط نقل الحرارة ضمن المجمع ودراسة شكل وتصميم وتوضع الشفرات داخل المبادل الحراري على عملية التدفق.

#### المعادلات الحاكمة للنموذج:

تعتمد المحاكاة الرقمية على حل المعادلات التالية:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad \text{معادلة الاستمرارية (تمثل الشروط الحدية):}$$

معادلة Navier Stokes (تمثل الحل):

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\nabla p + \rho \vec{g} + \mu \nabla^2 \vec{V}$$

Total derivative      Pressure gradient      Body force term      Diffusion Term

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial x_i} = 0 \quad \text{مصونية الكتلة:}$$

$$\frac{\partial \rho v_i}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_j v_i)}{\partial x_j} = \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} - \frac{\partial p}{\partial x_j} \quad \text{مصونية كمية الحركة:}$$

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_j E)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( K \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\tau_{ij} v_i) \quad \text{مصونية الطاقة:}$$

تعتبر الدراسة الرقمية والمحاكاة خطوة سابقة لدراسة تطبيقية تعتمد على تصميم المجمع الذي يحقق التدفق الأفضل والمتجانس. يمثل التصميم الذي يحتوي على الشفرات العرضية والطولية (الذي سوف نعتمده في الدراسة العملية) هو التصميم الأفضل لسهولة تصنيعه كما أنه يحقق توزيع متجانس للمائع ضمن المجمع.

#### أبعاد النموذج وعملية التشبيك (Mesh):

أولاً ننوه الى أن الشفرات التي تتوضع بشكل موازي للجريان يمكن أن نسميها بالزعانف، بينما الشفرات التي تتوضع بشكل متعامد مع الجريان نسميها بالحواجز. من ناحية أخرى، تصميم هذا المجمع يسمى بالمجمع الصندوقي المسطح وهو تصميم مشابه للمجمع الصندوقي المبين سابقاً بالشكل (1). المجمع الصندوقي المسطح يختلف من حيث التصميم عن المجمعات الشمسية المسطحة ذات الأنابيب. من الجدير بالذكر أنه تم اعتماد منهج الحسابات والمقارنة الرقمية الحاسوبية لتحسين تصميم المجمع الشمسي المسطح لأن اعتماد المنهج التجريبي يحتاج لتكلفة عالية ووقت طويل وجهد كبير.

أبعاد نموذج المجمع الحراري وطريقة توضع الشفرات (زعانف وحواجز) مبينة بالشكل (3). مساحة سطح المجمع  $940 \times 450 \text{mm}^2$  وارتفاعه  $64 \text{mm}$ . سماكة جدران المجمع والشفرات  $2 \text{mm}$ . تتوضع الشفرات بشكل طولي وعرضي بالنسبة للجريان وتحتوي الحواجز العرضية على ثقب بقطر  $7 \text{mm}$ . الغرض من الثقب هو توفير جريان الماء من خلال الحواجز مما يساهم في زيادة انتقال الحرارة وتقليل مقاومة الجريان ضمن المجمع. تم استخدام الحزمة البرمجية Ansys 15 من أجل المحاكاة الرقمية للجريان







الشكل (4) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي

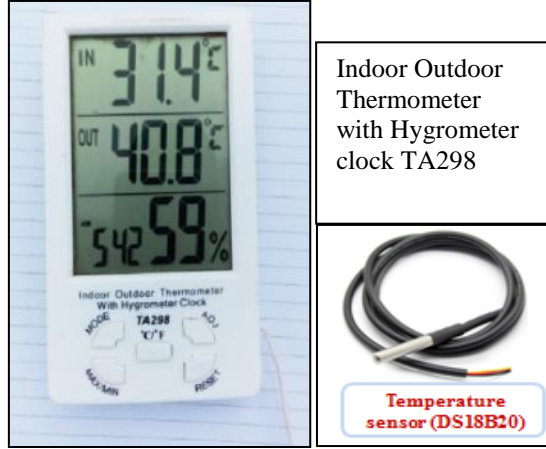
المواد العازلة المستخدمة في عزل أنابيب التوصيل وعزل المجمع الشمسي وهي عبارة عن ألواح من الفلين المضغوط وأنابيب الفلين. تستخدم في عزل الخطوط الباردة والساخنة ويمكن أن تستخدم لحرارة حتى 380K كما تستخدم في عزل الجدران الداخلية للمجمع الشمسي على شكل ألواح مسطحة تقص حسب الطلب. يضم الصندوق الخارجي المجمع الشمسي الحراري ومدخل الماء البارد ومخرج الماء الساخن مصنوع من التوتياء بسماكة 1.5mm، يتم استخدام الفلين الصناعي لعزل المجمع بشكل جيد من الداخل لمنع الضياعات الحرارية، الشكل (5).



الشكل (5) عزل المجمع باستخدام الفلين الصناعي

حساس قياس درجة حرارة الماء، حيث يركب الحساس الأول عند مدخل المجمع الشمسي (خط الماء البارد) والحساس الثاني عند مخرج المجمع الشمسي (خط الماء الساخن)

ومزود بمجس. ويمكن للحساس أن يقيس درجة حرارة الجو الخارجي والرطوبة، الشكل (6).



الشكل (6) حساس قياس درجة حرارة الماء

توضع الشفرات (زعانف وحواجز) داخل المجمع الحراري بهدف توزيع الماء بشكل متجانس لامتصاص أكبر كمية من الحرارة. كما يركب المجمع الحراري بعد التجميع ضمن الصندوق الخارجي المعزول، الشكل (7).



الشكل (7) توزع الشفرات (زعانف وحواجز) على السطح الداخلي للماص

تجميع النموذج التجريبي النهائي مبين بالشكل (8)، حيث تم طلاء السطح الماص للمجمع الشمسي باللون الأسود لزيادة فعالية امتصاص الحرارة. النموذج تم تركيبه على سطح أحد الأبنية (كلية العلوم) مدينة طرطوس، وكانت فترة التجارب خلال صيف 2021.



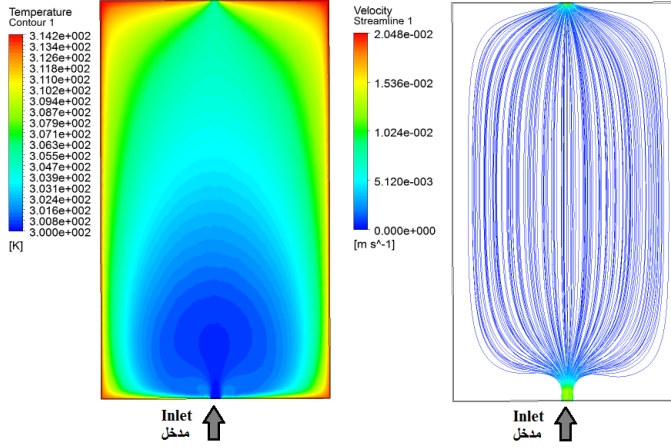
بالشكل (8) تجميع النموذج التجريبي

### النتائج والمناقشة:

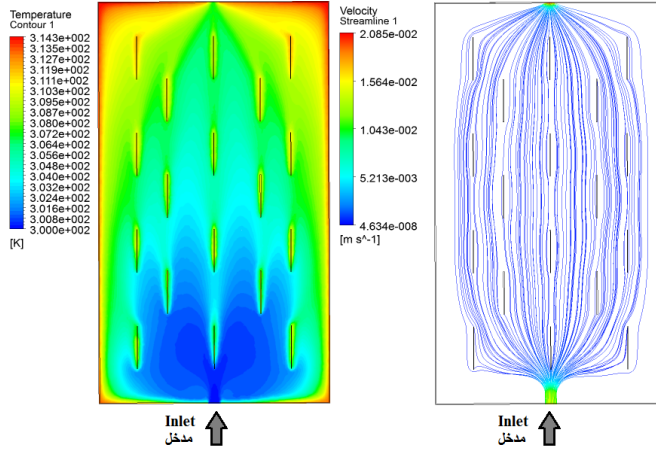
مقارنة تأثير الشفرات (الزعانف والحواجز) على التدفق وتغير درجة الحرارة في المجمع: تم دراسة أربع نماذج لتوضع الشفرات (زعانف وحواجز) في المجمع الصندوقي المسطح للمقارنة:

- 1- مجمع بدون شفرات (بدون زعانف وبدون حواجز).
  - 2- مجمع مع شفرات موازية للجريان (زعانف).
  - 3- مجمع مع شفرات متعامدة مع الجريان (حواجز).
  - 4- مجمع مع شفرات موازية للجريان (زعانف) وشفرات متعامدة مع الجريان (حواجز).
- في جميع الحالات عدد الشفرات متساوي (18 شفرة سواء كانت زعانف أو حواجز). الأشكال (9) و(10) و(11) و(12) توضح توزيع الجريان ودرجات الحرارة في المجمع

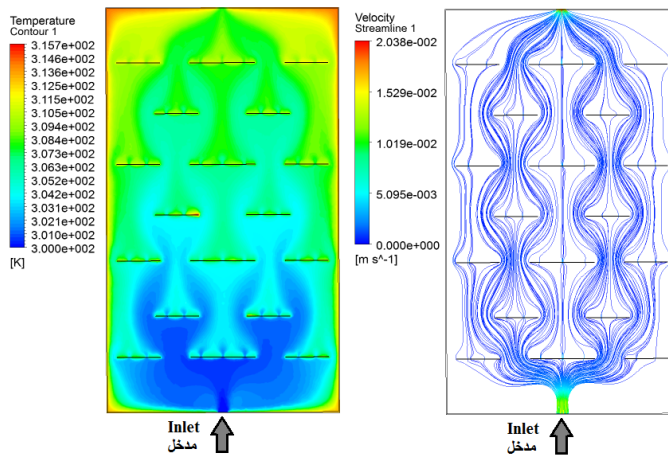
من أجل نفس الشروط الحدية (درجة حرارة دخول الماء 300K وشدة الاشعاع الشمسي  $950\text{w/m}^2$  وسرعة دخول الماء 15mm/s وأبعاد المجمع نفسها لجميع الحالات).



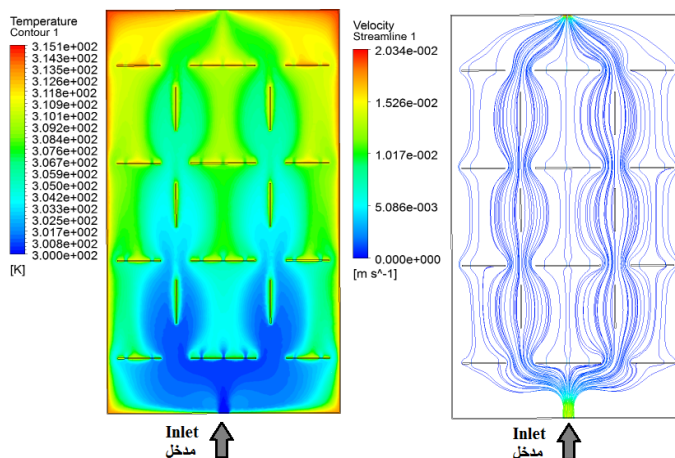
الشكل (9) توزيع الجريان ودرجة الحرارة في مجمع صندوقي مسطح بدون شفرات (بدون زعانف وبدون حواجز)



الشكل (10) توزيع الجريان ودرجة الحرارة في مجمع صندوقي مسطح مع شفرات موازية للجريان (زعانف)



الشكل (11) توزيع الجريان ودرجة الحرارة في مجمع صندوقي مسطح مع شفرات متعامدة مع الجريان (حواجز)

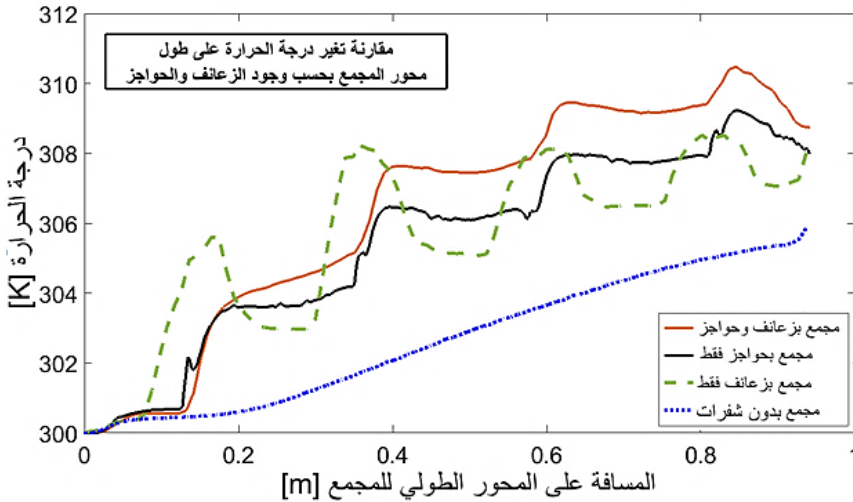


الشكل (12) توزيع الجريان ودرجة الحرارة في مجمع صندوقي مسطح مع شفرات موازية للجريان (زعانف)

وشفرات متعامدة مع الجريان (حواجز)

بالنسبة لجريان المائع، نلاحظ من الشكل (10) أن الشفرات الموازية للجريان (زعانف) لا تسبب اضطراب ملحوظ بخطوط الجريان الرئيسية في المجمع. بعبارة أخرى، توزيع الجريان للمجمع مع شفرات موازية للجريان يكاد يكون مطابق لتوزيع الجريان للمجمع بدون شفرات (بدون زعانف وبدون حواجز)، انظر الشكلين (9) و(10). عند وضع شفرات متعامدة مع الجريان (حواجز) في المجمع يحدث اضطراب ملحوظ بخطوط

الجريان كما هو مبين بالشكل (11). نلاحظ من الشكل (13) أن وجود الزعانف الطولية يوفر قفزة في درجة الحرارة في المجمع في المناطق القريبة من الزعنفة مما يدل على فعالية الزعانف في نقل الحرارة للمائع، انظر للقمم بالخط باللون الأخضر المتقطع في الشكل (13). رغم ذلك، نلاحظ أن المجمع الذي يحتوي فقط على حواجز عرضية ترتفع فيه الحرارة بشكل نسبي أفضل من المجمع المزود بزعانف طولية فقط ويعود ذلك الى دور الحواجز في فرض اضطراب بالجريان وبالتالي زيادة فعالية التبادل الحراري. من الجدير بالذكر أن الحواجز تسبب أيضاً هبوط أكبر بالضغط بالمقارنة مع الزعانف وبالتالي زيادة الاستهلاك اللازم لتدوير المضخة. للاستفادة من فعالية الزعانف في التبادل الحراري ومن فعالية الحواجز في فرض اضطراب بالجريان دون المبالغة في زيادة هبوط الضغط بالمجمع تم اعتماد نموذج يحتوي على كلا النوعين من الشفرات (زعانف وحواجز). يوضح المخطط شكل (13) أن النموذج الذي يحتوي على شفرات موازية للجريان (زعانف) وشفرات متعامدة مع الجريان (حواجز)، كما في الشكل (12) ترتفع فيه درجة الحرارة بمعدل أعلى بالمقارنة مع بقية النماذج كذلك درجة حرارة الخروج في هذا النموذج أعلى بالمقارنة مع بقية النماذج.



الشكل (13) مقارنة درجة الحرارة على طول محور المجمع بحسب توضع الشفرات (زعانف وحواجز)

### مقارنة المردود الحراري:

يتم حساب المردود الحراري لكل نموذج وفق مجموعة المعادلات التالية:

$$\eta = Q_u / A \times G = \dot{m} \times C_p \times (T_{out} - T_{in}) / A \times G$$

$$\dot{m} = \rho \times V \times A_{inlet} = 0.0076 \text{ kg / s}$$

$$C_p = 4184 \text{ J/kgK}$$

$$A \times G = 0.94 \times 0.55 \times 950 = 491.15 \text{ W}$$

يتم اعتبار قيم التدفق والسعة الحرارية للماء وشدة الاشعاع الشمسي ثابتة بالنسبة لجميع النماذج السابقة. المردود الحراري يتم حسابه بدون أخذ الضياعات الحرارية بعين الاعتبار لذلك قيمه مرتفعة نسبياً كما هو موضح بالجدول التالي:

الجدول (1) المردود الحراري للنماذج المدروسة

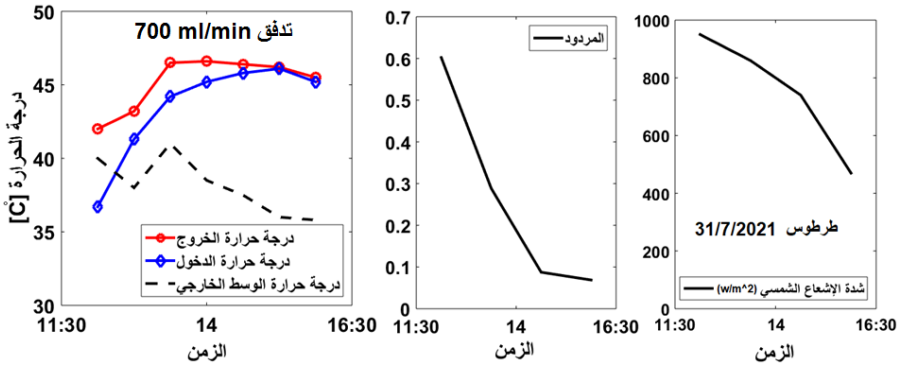
المردود $\eta$ [%]	$T_{out}$ [K]	$T_{in}$ [K]	النموذج التصميمي
37.55%	305.8	300	مجمع بدون شفرات (بدون زعانف وبدون حواجز)
51.79%	308	300	مجمع مع شفرات موازية للجريان (زعانف)
53.74%	308.3	300	مجمع مع شفرات متعامدة مع الجريان (حواجز)
59.6%	309.2	300	مجمع مع شفرات موازية للجريان (زعانف) وشفرات متعامدة مع الجريان (حواجز)

نلاحظ أن المجمع مع شفرات موازية للجريان (زعانف) وشفرات متعامدة مع الجريان (حواجز) يحقق أعلى مردود حراري بفضل الاستفادة من فعالية الزعانف في التبادل الحراري ومن فعالية الحواجز في فرض اضطراب بالجريان لذلك سيتم اعتماد هذا النموذج للتصنيع والاختبار التجريبي.

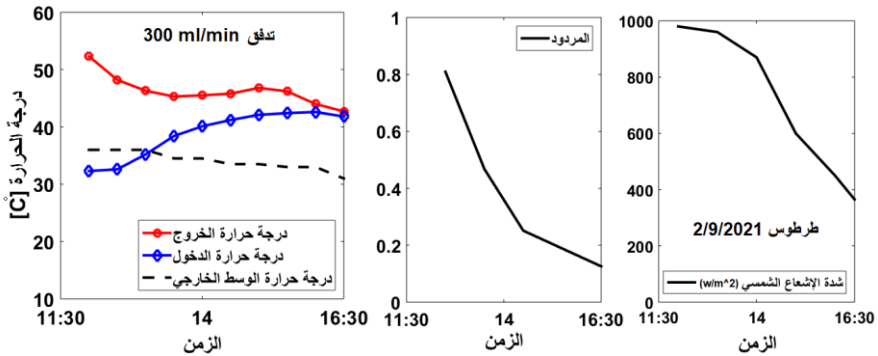
## النتائج التجريبية

### اختبار أداء المجمع عند تدفقات مختلفة:

تم اختيار تجربتين من ضمن مجموعة واسعة من التجارب بتاريخ 31/7/2021 وتاريخ 2/9/2021 على سطح كلية العلوم في مدينة طرطوس، وتم تسجيل درجة حرارة الوسط الخارجي  $T_{amp}$ . تبين التجارب أن التصميم المقترح للمجمع المزود بشفرات عرضية وطوليه مدمجة مع السطح الماص يحقق أداء مناسب في رفع درجة حرارة الماء عند تدفقات مختلفة بالمقارنة مع درجة حرارة الوسط الخارجي. نلاحظ من خلال التجارب العملية أن درجة حرارة الدخول  $T_{in}$  والخروج  $T_{out}$  تزداد مع مرور الوقت خلال النهار من أجل تدفق 700ml/min وتدفق 300ml/min (تم اعتماد قيمتين مختلفتين لملاحظة تأثير التدفقات المنخفضة والتدفقات المرتفعة على درجة الحرارة)، كما في الشكلين (14) و (15). يحصل هبوط واضح بالمرود مع انخفاض شدة الإشعاع الشمسي وتصبح درجة حرارة ماء الدخول للمجمع مساوية تقريباً لدرجة حرارة الخروج.



الشكل (14) أداء المجمع عند تدفق 700 ml/min



الشكل (15) أداء المجمع عند تدفق 300 ml/min



## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

- هذا البحث يسلط الضوء على العديد من النقاط، يمكن تلخيص أهمها بما يلي:
- ✓ تصميم المجمع الشمسي الذي يستخدم الماء كوسيط لنقل الحرارة على شكل صندوق مسطح مزود بشفرات (زعانف وحواجز) عرضية وطولية يساهم بشكل كبير في انتقال الحرارة من السطح الماص الى السائل من خلال زيادة سطح التبادل الحراري.
  - ✓ استخدام صفائح الألمنيوم في تصنيع المجمع الشمسي كان له دوراً كبيراً في عملية انتقال الحرارة، وقد يكون استخدام صفائح النحاس أفضل ولكن قد تكون التكاليف أكبر.
  - ✓ الحواجز العرضية تساهم بزيادة الاضطراب في الجريان وزيادة زمن بقاء الماء ضمن المجمع وبالتالي زيادة درجة حرارته.
  - ✓ يمكن تحسين المردود الحراري للمجمعات الشمسية المسطحة عند استخدام الزعانف الطولية لزيادة سطح التبادل الحراري والحواجز العرضية لزيادة اضطراب الجريان.
  - ✓ القياس التجريبي يبين أن التصميم المقترح له أداء حراري جيد ويؤدي لرفع درجة حرارة الماء بشكل ملحوظ بالمقارنة مع درجة حرارة الوسط الخارجي.

### التوصيات:

- ✓ يوصى باستخدام المجمعات الشمسية المسطحة ذات الشفرات (زعانف وحواجز) من صفائح الألمنيوم والتي يمكن تصنيعها محلياً ومن المواد المتوفرة في السوق المحلية بسبب فعاليتها الجيدة كما أن كلفة التصنيع مقبولة.
- ✓ يوصى باستخدام هذا النوع من الأنظمة في المنازل السكنية بسبب كلفته البسيطة والمردود الجيد حيث يؤمن متطلبات الماء الساخن بشكلٍ كافٍ.
- ✓ يوصى بالتحكم بسرعة المضخة للحصول على سرعة التدفق المناسبة والتي تؤمن درجة حرارة الماء الساخن بما يلبي الحاجة المطلوبة.
- ✓ نوصي بإجراء المزيد من التجارب لتطوير هذا النوع من الأنظمة حيث من الممكن أن يكون نظاماً تجارياً ويلبي متطلبات الماء الساخن.

## References:

- [1] AGUILAR, C. D, DAVID, L. R 2005- Domestic water heating and water heater energy consumption in Canada, Canadian Building Energy End-Use Data and Analysis Centre, 805-813.
- [2] BOJIC, M. S, KALOGIROU, K 2002- Simulation of a solar domestic water heating system using a time marching model, Renewable energy, 441-452.
- [3] MICHAELIDES, I.M 2011- An experimental investigation of the performance boundaries of a solar water heating system, Experimental Thermal and Fluid Science, 1002-1009.
- [4] KISHOR, N. et al. 2010- Fuzzy model representation of thermo-siphon solar water heating system, Solar Energy, 948-955.
- [5] JAISANKAR, S. et al. 2011- A comprehensive review on solar water heaters, Renewable and sustainable energy reviews, 3045-3050.
- [6] GUNASEKARAN, N. et al. 2021- Investigation on ETC solar water heater using twisted tape inserts, Materials Today Proceedings, 845-875.
- [7] AFSHARI, F. et al. 2019- CFD analysis on fin and baffle configurations in solar Air collector, Energy and Environmental Studies for the Near Future, 79-87.
- [8] KIM, R. Yu-Jin, et al. 2020- Validation and Numerical Sensitivity Study of Air Baffle Photovoltaic-Thermal Module, Energies, 190-197.
- [9] TAAMNEH, N. YAZAN, G. et al. 2018- Experimental analysis of inclined solar water heater with baffles, Chemical Engineering Transactions, 1339-1344.
- [10] GOMMA MR, AHMED M, Rezk H. 2022 - Temperature distribution modeling of PV and cooling water PV/T collectors through thin and thick cooling cross-fined channel box. Energy Reports. Apr 1;8:1144-53.

## المقارنة بين جودة السطوح الناتجة عن تخريم صفائح فولاذية ST37-2 مع صفائح النحاس الأحمر والألمنيوم وStainless Steel ونمذجة النتائج باستخدام Matlab

\* \* ابراهيم سليمان محمود

\* د. عدنان علي أحمد

\*\*\* ميس ابراهيم

\*\*\* لبنى نديم حايك

### الملخص

تعتبر عملية التخريم (التنقيب) من العمليات ذات الانتشار الواسع في مجال الصناعة حيث يتألف قالب التنقيب من سنبك (punch)، وقالب (Die)، بالإضافة إلى تطبيق قوة ضغط على السنبك بهدف الحصول على الثقوب المطلوبة وبالتالي الحصول على صفائح مخرمة تستخدم في العديد من المجالات.

تعتبر كل من الخواص الميكانيكية للصفحة وأبعاد آلية التخريم ونوعها من العوامل مؤثرة على جودة سطوح التنقيب. يعتبر ارتفاع النتوء (burr)، وطول منطقة القص (share zone) من أهم المعايير في تقييم جودة السطوح، ولتحقيق ذلك تم في هذه الدراسة التركيز على عامل الخلوص بين السنبك والقالب، وذلك باستخدام صفائح من النحاس الأحمر والألمنيوم وStainless Steel 304 وإجراء المقارنة بينها من حيث قيمة الخلوص الأمثل للتخريم بعد إجراء عملية التخريم باستخدام خلوصات (5-10-15-20-25)% من سماكة الصفائح. بينت النتائج أن الخلوص الأمثل كان 5% للألمنيوم و10% للنحاس الأحمر و20% لستانليس ستيل حيث بينت النتائج أن قيمة الخلوص الأمثل يزداد مع زيادة صلادة معدن التخريم.

**كلمات مفتاحية:** السنبك-القالب-التخريم-الاقتطاع-الخلوص-النتوء.

\*مدرس في كلية الهندسة التقنية- جامعة طرطوس

\*\*ماجستير علم المواد وهندستها- جامعة طرطوس

\*\*\*ماجستير في المكننة الزراعية-كلية الهندسة التقنية-جامعة طرطوس

\*\*\*\*ماجستير في الأتمتة الصناعية-كلية الهندسة التقنية-جامعة طرطوس

## Comparison of surface quality produced by piercing ST37-2 steel plates with copper, aluminum and stainless steel plates.

\* Adnan Ali Ahmad      \*\*Ibrahim Soliman Mahmoud      \*\*\* Lubna Nadem Hayek

### Abstract

Piercing process is one of the widely spread processes in the industry, where the punching die consists of a punch and a die and applying a pressure force on the punch in order to obtain the required holes and thus obtain Pierced sheets used in many fields. The mechanical properties of the sheet, the dimensions of the punching mechanism and the type of punching machine are all factors influencing the quality of the punching surfaces. The height of the burr and the length of the shear zone are among the most important criteria in evaluating the quality of surfaces. To achieve this, the focus in this study was on the clearance factor between the punch and the die using red copper, aluminum and 304 Stainless Steel plates, and a comparison was made between them in terms of value. The optimum puncture clearance after the perforation process was carried out using clearances (5-10-15-20-25%) of plate thickness. It was found that the optimum clearance was shown as 5% for aluminum, 10% for red copper, and 20% for stainless steel. The results showed that the optimum clearance value increases with the increase of the hardness of the perforating metal.

Keywords :

burr- blanking- clearance- die- piercing- Punch

---

\*Instructor in the Department of Agricultural Mechanization, College of Technical Engineering.

\*\*Master Of Materials Science and Engineering- Tartous University.

\*\*\* Master OF Agricultural Mechanization - College of Technical Engineering- Tartous University.

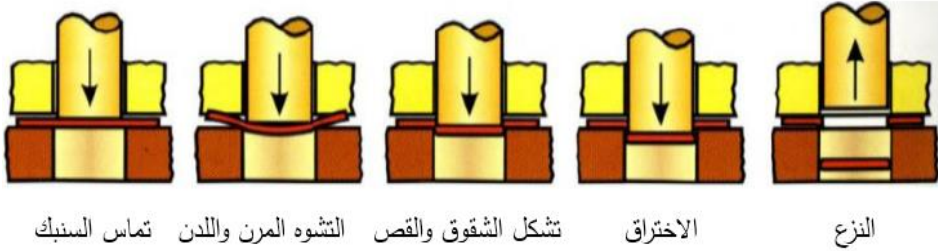
## 1-المقدمة

تعتبر عملية تشغيل المعادن مثل التخريم والاقطاع من العمليات الهامة جداً في مجال الصناعة، نظراً للاستخدام الكبير لها سواء في مجال صناعة السيارات أو في مجال صناعة الغرابيل.

تتكون هذه العملية من سلسلة من الأطوار وهي

1. تماس السنك (contact of the punch)
2. التشوه المرن واللدن (Elastic and plastic deformation)
3. تشكل الشقوق والقص (Shearing and crack formation)
4. الاختراق (Break through)
5. النزع (Stripping). [2].

يبين الشكل (1) مراحل عملية التخريم

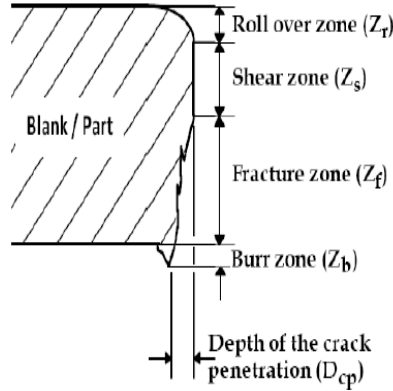


الشكل (1) مراحل عملية التخريم.

يمكن أن نميز على سطح القص المناطق التالية:

- 1- منطقة الاستدارة (Rollover Zone): تحدث نتيجة التشوه اللدن للمادة.
- 2- منطقة القص (Shear Zone): تكون ناعمة ولماعة وتتشكل خلال قص المادة.
- 3- منطقة الكسر أو التمزق (Fracture/Rupture Zone): تكون خشنة وتتشكل بعد تشقق المادة.

- 4- منطقة النتوء (Burr Zone): تتشكل نتيجة التشوه اللدن.
- 5- عمق شق الاختراق (Depth of crack penetration (DCP)): تعتمد زاوية منطقة الكسر بشكل رئيس على الخلوص [2].
- 6- يبين الشكل (2) أقسام الحافة المقطوعة

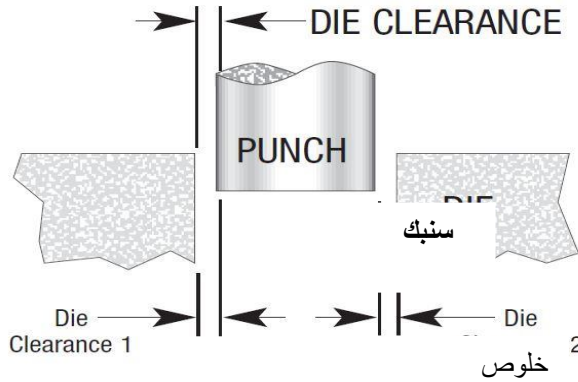


الشكل (2) أقسام الحافة المقطوعة

يتعلق معدل الاختلاف بين هذه المناطق بعدة عوامل مثل: الخلوص، نصف قطر زاوية السنبك، خصائص المعدن المراد تخريمه، ونظراً للاستخدام الكبير للغرايبيل في المجالات الصناعية والزراعية والصناعات الغذائية وغيرها من المجالات الأخرى، تم التركيز في هذه الدراسة على الحصول على الخلوص الأمثل بشكل عملي تجريبي بغية تحسين جودة عمليات التخريم لكل النحاس الأحمر، و AISI304 Stainless Steel، ومعدن الألمنيوم ومقارنته بالخلوص الأمثل للفولاذ الطري ST37-2 [1].

تعتمد جودة المنتج على مقدار ارتفاع النتوء، وعلى طول منطقة القص بحيث يكون ارتفاع النتوء أقل ما يمكن وطول منطقة القص أكبر ما يمكن، بحيث يجب وجود خلوص

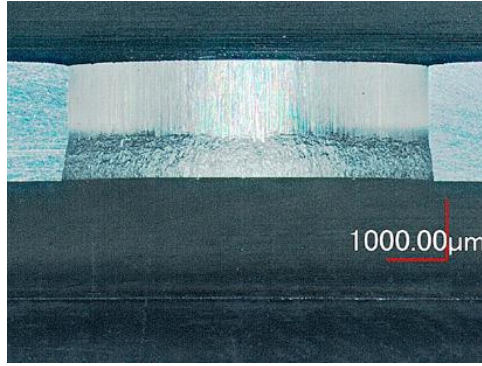
بين السنك والقالب (كما في الشكل (3)) للحصول على عملية التخريم، وهذا الخلوص له دور هام في عملية التخريم، و تحديد ارتفاع النتوء، وطول منطقة القص لذلك كان لابد من اختيار هذا الخلوص بشكل دقيق ومثالي، و قيمة هذا الخلوص المثالي تتفاوت اعتماداً على سماكة الصفيحة، وخواصها الميكانيكية وعوامل أخرى، لأنه في حال كان هذا الخلوص أقل من المثالي يؤدي إلى تدفق وسحب قليل للمعدن في فجوة القالب، ويسبب الالتصاق بين المعدن والسنك والقالب، وهذا يسبب زيادة الاحتكاك، ويسهم في زيادة الحمل اللازم للتخريم، و زيادة تشكل النتوءات عن طريق تشكل الشقوق الثانوية، وزيادة تركيز الاجهادات في القالب مما يؤدي إلى إنقاص عمره. أما الخلوص الزائد يسبب حدوث قدر زائد من التشوه اللدن، وعند حدوث التشقق النهائي لا يلتقي الشقان الناتجان فيأخر الانفعال، ويتكون النتوء ويبرز لخارج الحافة المقطوعة، فتتكون حافة حادة تعمل على تركيز الاجهادات وتكون سبباً لحدوث الفشل أو التكسر أثناء عمليات التشكيل اللاحقة[1].



الشكل (3) الخلوص بين السنك والقالب

أثناء عمل أدوات التخريم يزداد الخلوص نتيجةً لاهتراء الأسطح الجانبية للسنك والقالب، وإذا أخذ هذا بعين الاعتبار، يجب أن تصنع أدوات التخريم بخلوص أصغر من الخلوص المثالي يدعى بالخلوص العادي ويسمح هذا الإجراء بزيادة عمر آلية التخريم حيث تكون

ظروف التخريم قريبة من المثالية حيث يعطي الخلوص العادي سطح تخريم أقل نعومة، ويتطلب كذلك قوة تخريم أكبر بعض الشيء. الثقب الناتج لا يملك شكلاً اسطوانياً على الارتفاع، ولكنه يبدأ بالتوسع اعتباراً من نقطة محددة باتجاه الداخل كما في الشكل (4)، يعتبر قطر هذا الثقب هو القطر الصغير، وبالتالي قطر الثقب عند المنطقة التي تشكلت في مرحلة الخضوع، وإذا أهمل الارتداد المرن للمعدن بعد إخراج السنك، يمكن اعتبار قطر الثقب يساوي قطر السنك، بينما قطر القالب يجب أن يكون أكبر من قطر السنك بمقدار الخلوص المطلوب عند التخريم [1].



الشكل (4) يظهر اختلاف قطر الثقب من الجهتين.

من ناحية ثانية ينقص ميل السطح الجانبي للمقصوصات ويبدو هذا بشكل واضح عند إنتاج المقصوصات السمكة، حيث ميل السطوح الجانبية للمقصوصات يؤدي إلى اختلاف أبعادها من الجهتين، ويمثل الخلوص (Clearance) الذي يعتبر من أهم البارامترات المؤثرة على جودة التخريم وقوى القص، إلا انه لا يوجد أي علاقة عامة ثابتة تعطي قيمة لخلوص التخريم، بحيث لا تحتاج سطوح التخريم ذات الجودة العالية إلى عمليات تشغيل لاحقة لمكلفة اقتصادياً. يظهر الشكل (5) عينتين تم إجراء عملية تخريم عليهما إحداها جيدة والأخرى سيئة [1].





B

A

الشكل (5) مقارنة بين منتجين جيد (B) وغير جيد (A).

تتضمن الدراسات المرجعية عدداً كبيراً من العلاقات التجريبية، والتي تربط بين السماكة ومتانة القص أو متانة الشد لنوع محدد من الصفائح، والتي تبين أنها لا تصلح لغيرها من الصفائح ذات الخواص المختلفة وذات التركيب الكيميائي المختلف. للحكم على جودة سطوح التخريم أو الاقتطاع تم التركيز في الدراسات المرجعية على مجموعة من المعايير القابلة للقياس مثل ارتفاع النتوء في السطح المعاكس للصفحة المقصوفة على حواف الثقب، وطول منطقة القص. يبين الشكل (5) مقارنة بين المنتجين (A) و (B).

تضمنت المراجع العلمية الكثير من الجداول والعلاقات، التي تساهم في تحديد الخلوص. يوضح الجدول (1) كيفية تحديد الخلوص اعتماداً على سماكة الصفائح، وعلى نوع الصفحة المعدنية، سواء كانت فولاذية (منخفضة أو متوسطة الكربون)، أو الفولاذ المقسى، أو من النحاس وسبائكه، يبين الجدول وجود علاقة طردية خطية بين الخلوص والسماكة لأي نوع من الصفائح المعدنية

الجدول (1) قيم الخلوص لبعض أنواع الصفائح المعدنية تبعاً للسماعة [2]

سماعة المعدن (mm)					المادة
7 إلى 5.1	5 إلى 3.1	3 إلى 2.1	2 إلى 1	<1.0	
9	8	7	6	5	فولاذ منخفض الكربون
9	8	7	6	5	نحاس
10	9	8	7	6	فولاذ متوسط الكربون
10	9	8	7	6	نحاس قاسي
12	10	9	8	7	فولاذ قاسي

كما يبين الجدول (2) مجموعة من الدراسات المرجعية التي قام بها الباحثين على صفائح فولاذية كربونية بهدف الوصول إلى الخلوص الأمثل كنسبة مئوية من السماعة ونلاحظ من خلال هذا الجدول تفاوت القيم الأمثل للخلوص (2-25) % حسب كل باحث الأمر الذي جعل من الصعوبة الاعتماد على قيمة محددة لهذا الخلوص مما يستدعي عملية البحث في هذا الخصوص.

الجدول (2) القيم المثلى للخلوص كنسبة مئوية من السماعة

نوع المعدن	السماعة (mm)	قيمة الخلوص (%) من (السماعة)	الاسناد المرجعي
فولاذ منخفض الكربون	4-3-2-1 5	$C=(14+(S-1))$	[1]
الفولاذ الطري	2	%(10-2)	[3]
فولاذ منخفض الكربون	8	10%	[4]
صفائح فولاذية قوية جداً	1.6	%(20-5)	[5]
النحاس الصلب الطري	1	5%	[6]
ستانلس ستيل	1	%(12-11)	[7]

## 2-مبررات البحث وأهدافه

نظراً لإقبال البلد إلى مرحلة إعادة الإعمار، والحاجة الماسة لإعادة تأهيل الكثير من المعامل التي دمرت خلال الحرب، وصعوبة الحصول على الغرابيل التي تدخل في صناعة الإسمنت والبلوك وكسارات الحجر التي لها دور كبير في عملية تعبيد الطرق، بالإضافة إلى استخدام الغرابيل في المجال الزراعي من خلال الدراسات التي تؤمن مختلف أنواع الحبوب (قمح \_ شعير فول \_ بازلاء \_ حمص .....)، وكذلك استخدام الغرابيل في المطاحن، لإنتاج الطحين الصالح للاستخدام البشري، أو لإنتاج المواد العلفية المستخدمة للاستخدام الحيواني. لذلك كان الهدف هذه الدراسة إيجاد الخلوص الأمثل للحصول على سطح مخرم جيد لمعدن النحاس الأحمر والألمنيوم و AISI 304 ومقارنته بالخلوص الأمثل للفولاذ ST37-2 اعتماداً نتائج الدراسة [1].

## 3- مواد وطرق البحث

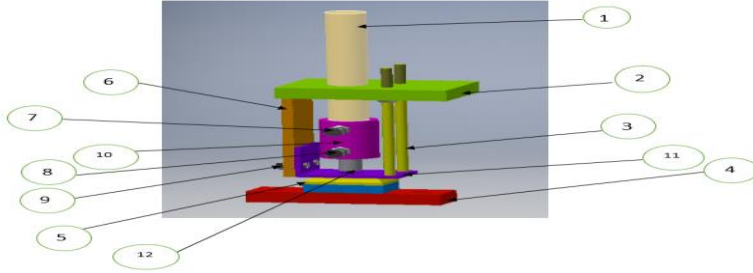
تم استخدام صفائح من النحاس

الأحمر (85%نحاس+5%قصدير+5%رصاص+5%زنك) و صفائح من الألمنيوم و صفائح و AISI Stainless Steel 304 مبينة خصائصها بالجدول (3).

الجدول (3) بعض الخصائص الميكانيكية للمعادن المدروسة [1]

المعدن	إجهاد الشد (Mpa)	قوة الخضوع (Mpa)	الاستطالة %
فولاذ منخفض الكربون	362.1	267	17.3
النحاس الأحمر	200	69	14
الألمنيوم	90	35	22
ستانلس ستيل	586	241	70

تمت تجربة التخريم بواسطة آلة التخريم (المكبس الآلي) وتم تصنيع قالب الثقب محلياً من أجل البحث. حيث تم اختيار الرأس بشكل مسطح للآلة لسهولة تصنيعه وعمله وتختلف آلة التخريم عن المثقب الآلي بطريقة العمل حيث تعمل الآلة بالضغط أما المثقب يعمل بشكل دائري. يبين الشكل (6) آلة التخريم.



الشكل (6) آلة التخريم

تتكون آلة التخريم من الأجزاء الآتية:

- 1 محور شاقولي يتلقى الضغط الذي يطبقه على السنك من عمود مرفق.
- 2 صفيحة معدنية يثبت عليها (6 و3).
- 3 محوران قابلان لتغير طولهما بواسطة صامولة وجزء ملولب. الهدف من هذين المحورين المساعدة في تثبيت النازع عند خروج السنك من الصفيحة.
- 4 القالب يحوي ثقبين للتثبيت مع حامل القالب مصنوعة من حديد الزهر.
- 5 القسم الفعال من القالب والمعالج حرارياً.
- 6 حامل النازع ويحوي مجريين يتمّ من خلالهما ضبط المسافة بين القالب والنازع. ويتمّ تثبيت النازع عليها بواسطة البراغي (9).

تم إجراء تجربة التخريم على صفائح بسماكة 1mm (1) بقطر تخريم 20mm (20) للسنك ذو الرأس المسطح ( تم اختيار هذا القطر وسطياً لأن أقصى قطر للتخريم يمكن أن

تتجزه الآلة هو (40mm) والمصنوع من الفولاذ عالي الكربون وأيضاً وقع الاختيار على الشكل الاسطواني للثقوب تلبية لمتطلبات سوق العمل وتم تحديد مجال خلوص (-20 10-15) % من السماكة. تم قياس ارتفاع النتوء باستخدام الميكرومتر كما هو مبين في الشكل (7).



الشكل (7) طريقة قياس ارتفاع النتوء

تم الاستعانة ببرنامج الماتلاب لرسم المخططات التي تربط الخلوص بارتفاع النتوء، والخلوص بارتفاع منطقة القص.

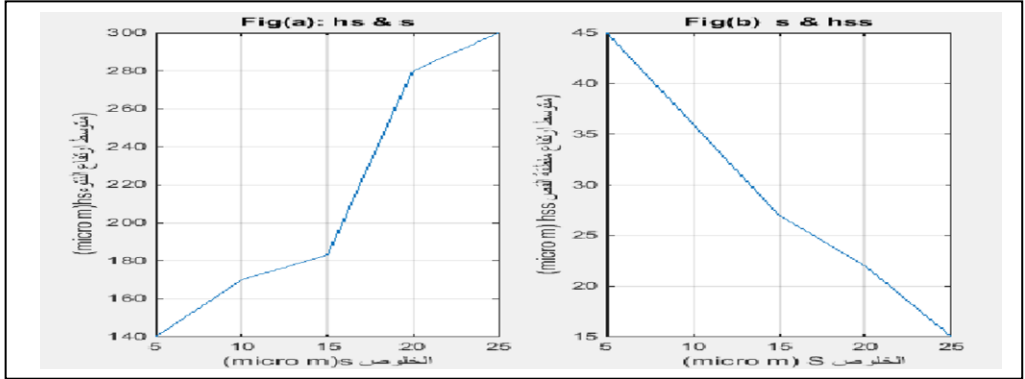
#### 4- النتائج والمناقشة

بعد إجراء عملية التخريم التجريبية للصفائح تم قياس ارتفاع و ثلاث تكرارات بأماكن مختلفة من الحافة المقطوعة، باستخدام الميكرومتر، وكانت النتائج كما يلي:

#### 4-1 تخريم الستنالييس ستيل

من الشكل (8)، يبين المخطط (a) علاقة الخلوص بارتفاع النتوء حيث نلاحظ زيادة ارتفاع النتوء مع ازدياد قيمة الخلوص، إلا أنّ المراقبة الدقيقة للحافة المقطوعة تبين تشكل منطقتي قص عند قيم خلوص أقل من (20%) كما هو مبين بالشكل (9)، وبالتالي نجد الخلوص المثالي هو (20%) من السماكة.

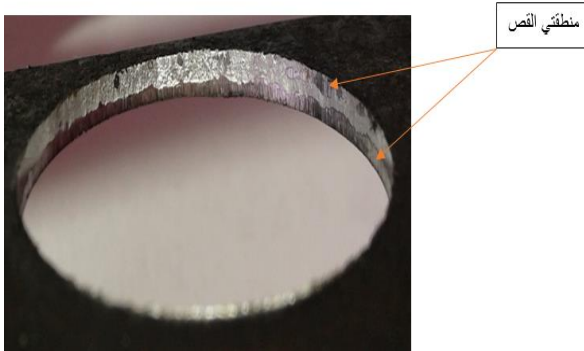
المقارنة بين جودة السطوح الناتجة عن تخريم صفائح فولاذية ST37-2 مع صفائح النحاس الأحمر والألمنيوم  
Stainless Steel ونمذجة النتائج باستخدام Matlab



الشكل(8): (a) يمثل العلاقة بين الخلوص ومتوسط ارتفاع النتوء؛ (b): العلاقة بين الخلوص ومتوسط ارتفاع منطقة القص.

لذلك كان لابد عند اختيار طريقة العمل تثمين المشغولة بحيث تكون الخلوص لا يتجاوز (20%) من سماكة المشغولة ويتوفير كمية المعدن والحصول على دقة عالية ومتانة جيدة.

أيضاً، من الشكل(8)، يبين المخطط (b) تناقص ارتفاع منطقة القص بازدياد قيمة الخلوص وبالمقارنة بين قيمة الخلوص الذي يحقق أقل ارتفاع نتوء دون تشكل شقوق ثانوية وبين قيمة الخلوص الذي يحقق أكبر ارتفاع لمنطقة القص نجد ان القيمة (20%) من السماكة هي القيمة المطلوبة، وهذا ما يؤكد صحة النتائج.



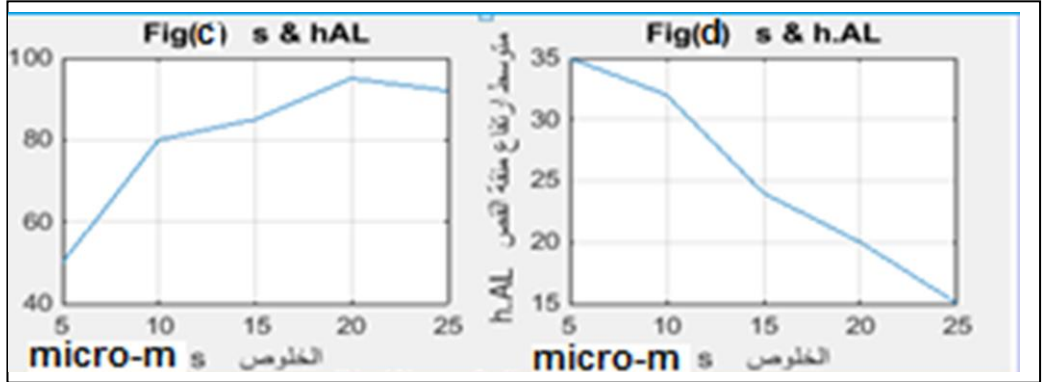
الشكل (9) منطقتي القص الناتجة عن الخلوص الأقل من المثالي.

#### 4-2 تخريم الألمنيوم

يبين الشكل (9) علاقة الخلوص بارتفاع النتوء (c)، حيث يلاحظ زيادة ارتفاع النتوء مع ازدياد قيمة الخلوص إلا أنّ المراقبة الدقيقة للحافة المقطوعة تبين تشكل منطقتي قصّ عند قيم خلوص أقل من (5%) من السماكة.

أما المخطط (f)، يبين تناقص ارتفاع منطقة القص بازدياد قيمة الخلوص، وبالمقارنة تبين أن قيمة الخلوص الذي يحقق أقل ارتفاع نتوء دون تشكل شقوق ثانوية والذي يحقق أكبر ارتفاع لمنطقة القص هو القيمة (5%) من السماكة.

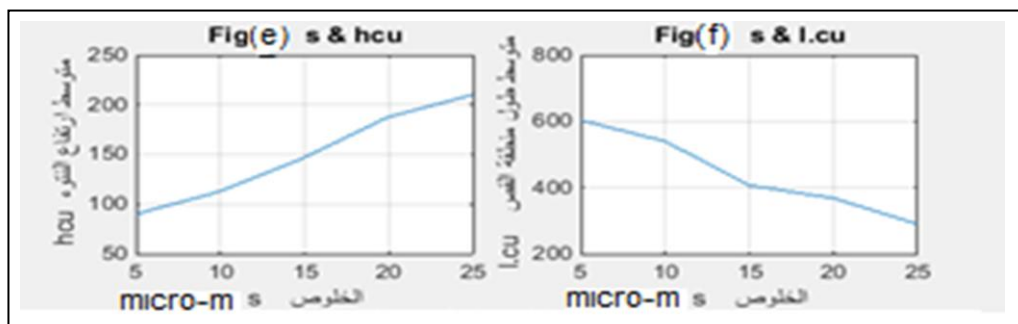
استنادا الى ذلك، نلاحظ تطابق النتائج في الحالتين مما يدل على الحصول على نتائج مقبولة وقابلة للتطبيق العملي والانتاجي، مع توفير معدن المشغولات بالإضافة للمتانة العالية.



الشكل(10): (c) يمثل العلاقة بين الخلوص ومتوسط ارتفاع النتوء؛ (d): العلاقة بين الخلوص ومتوسط ارتفاع منطقة القص.

#### 3-4 تخريم النحاس

يبين الشكل (10) علاقة الخلوص بارتفاع النتوء (e) حيث نلاحظ زيادة ارتفاع النتوء مع ازدياد قيمة الخلوص إلا أنّ المراقبة الدقيقة للحافة المقطوعة تبين تشكل منطقتي قص عند قيم خلوص أقل من 10% من السماكة. يبين المخطط (f) تناقص ارتفاع منطقة القص بازدياد قيمة الخلوص وبالمقارنة تبين أن قيمة الخلوص الذي يحقق أقل ارتفاع نتوء دون تشكل شقوق ثانوية أكبر ارتفاع لمنطقة القص هو 10% من السماكة.



الشكل(11): (e) يمثل العلاقة بين الخلوص ومتوسط ارتفاع النتوء؛ (f): العلاقة بين الخلوص ومتوسط ارتفاع منطقة القص



## 5- الاستنتاجات والتوصيات

### 5-1 الاستنتاجات

1. الخلوص الأمثل لتخريم صفائح النحاس 10% من السماكة و5% للألمنيوم و20% AISI 304 بالمقارنة مع الخلوص الأمثل 14% لصفحة ST37-2
2. الخلوص للمعادن الطرية أقل من الخلوص للمعادن القاسية لأن عملية التخريم تتوافق مع ظاهرة التصلد الانفعالي بالقرب من سطح التخريم وبالتالي زيادة قساوة هذه المنطقة وانخفاض حد الخضوع مقارنة مع بقية المناطق الأمر الذي يتطلب خلوص أكبر ويتوافق ذلك مع نتائج الدراسة [1].

### 5-2 التوصيات

1. دراسة العوامل الأخرى التي تؤثر على جودة السطوح الناتجة عن عملية التخريم مثل الشكل الهندسي للسنبك.
2. دراسة عامل الاهتراء في السنبك وقالب التخريم وتأثيره على تغير الخلوص وبالتالي جودة عملية التخريم.
3. اختيار سرعة مناسبة لعملية التخريم تجمع بين ارتفاع نتوء قليل ومعدل اهتراء قليل.

## 6-المراجع

### 1-6 المراجع العربية

1. علي؛ سليمان; هتزه؛ علي ; محمود؛ إبراهيم 2019 علاقة الخلوص بالسماكة وتأثيره على جودة تخريم صفائح فولاذية منخفضة الكربون (St37-2)،مجلة جامعة طرطوس ،المجلد الثالث. العدد السادس.

### 2-6 المراجع الأجنبية

2. T, AMOL 2013 An Overview of Factors Affecting In Blanking Processes, **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, Vol. 3. Issue 3.
3. J, SOARES 2013 Study of the punch–die clearance influence on the sheared edge quality of thick sheets, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Vol. 65.451–457
- 4.Q, LE 2014 Analysis of sheared edge formability of aluminum, **Journal of Materials Processing Technology**, Vol . 214– 876–891.
5. T, YASUTOMI 2017 Blanking Method with Aid of Scrap to Reduce Tensile Residual Stress on Sheared Edge, **Journal of Physics**, Series 896.
6. D, KULKARNI, 2015 Clearance Optimization of Blanking Process ,**International Journal of Scientific & Engineering Research**, Vol. 6. ISSN 2229–5518
- 7.,T, QUAZI 2012 An Overview of Clearance Optimization in Sheet Metal Blank in Process ,**International Journal of Modern Engineering Research**, Vol.2. Issue6.4547–4558.

## تحليل أداء تقنيتي الوصول المتعدد المتعامد

### OMA وغير المتعامد NOMA في ظروف قناة رايلي

الباحث: م. علي رياض وهبي - طالب دكتوراه - اختصاص هندسة اتصالات - جامعة البعث - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات.  
الدكتور المشرف: د.م عبد الكريم السالم - أستاذ - جامعة البعث - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات.

#### المخلص:

إن زيادة الطلب من قبل مستخدمي الاتصالات النقالة (أشخاص وأجهزة) للحصول على معدلات بيانات أعلى وخدمات وسائط متعددة عالية الدقة مع الحاجة الى عرض مجال أكبر بالإضافة إلى زيادة حركة البيانات المتعلقة بالانترنت الأشياء وما تستدعيه هذه المتطلبات من توفير في الاستطاعة حوّل اتجاه الاتصالات اللاسلكية المستقبلية الى مفهوم استثمار الموارد بناء على الخدمة المطلوبة. بالرغم من تقديم تقنيات الوصول المتعامدة (OMA) Orthogonal Multiple Access العديد من الإيجابيات في شبكات الاتصال فإنها لن تستطيع مواجهة كثافة الاتصالات الهائلة تحت شروط متطلبات جودة الخدمة المتنوعة للمستخدمين. لذلك، تم اقتراح استخدام تقنية الوصول المتعدد غير المتعامد Non Orthogonal Multiple Access (NOMA) التي تعتمد على تخصيص الاستطاعة بالاعتماد على المسافة بين المستخدمين ومحطة القاعدة. تم في هذه البحث مقارنة أداء تقنيتي NOMA و OMA لثلاثة مستخدمين من ناحية معدل خطأ البت BER والسعة Capacity كما تم دراسة أداء تقنية NOMA في ظروف مثالية وغير مثالية لخوارزمية إلغاء التداخل المتتابع Successive Interference Cancellation SIC.

**الكلمات المفتاحية:** الوصول المتعدد غير المتعامد، الجيل الخامس، إلغاء التداخل المتتابع، تخصيص الاستطاعة، الوصول المتعدد المتعامد.

***Performance analysis of OMA and Non-orthogonal OMA technologies under Rayleigh channel conditions.***

**Abstract:**

The increasing demand by mobile communication users (people and devices) for higher data rates and high-resolution multimedia services with the need for greater bandwidth, in addition to the traffic related to the Internet of Things, and what these requirements call for in terms of power savings, has transformed the direction of future wireless communications into an exploiting concept. Resources based on the requested service.

Although OMA offers many advantages in communication networks, it will not be able to face the massive traffic density under the conditions of various QoS requirements of users.

Therefore, it is proposed to use NOMA technology depending on principle the allocation of power depending on the distance between the users and the base station.

In this article, the performance of NOMA and OMA technologies was analyzed and compared for three users in terms of BER and capacity. The performance of NOMA technology under ideal and non-ideal conditions for SIC algorithm was studied.

**Keywords:** NOMA, 5G, SIC, Power Allocation, OMA.

## المقدمة Introduction:

يأتي كل جيل من الشبكات الخلوية بمعايير وتقنيات وميزات جديدة تميزها عن سابقتها وتماشياً مع ذلك، من المتوقع أن تدعم الأنظمة الخلوية من الجيل الخامس 5G وما بعده العديد من الخدمات المتقدمة بما في ذلك تطبيقات الوسائط المتعددة - التطبيقات المستندة إلى إنترنت الأشياء (IoT)، والمركبات الذكية (V2X).

تقود حالات الاستخدام المبتكرة هذه النمو الهائل لحركة الاتصالات النقالة، والذي بدوره يؤدي إلى استنفاد الطيف الراديوي كواحد من أهم التحديات التي تواجه شبكات الجيل الخامس وما بعدها.

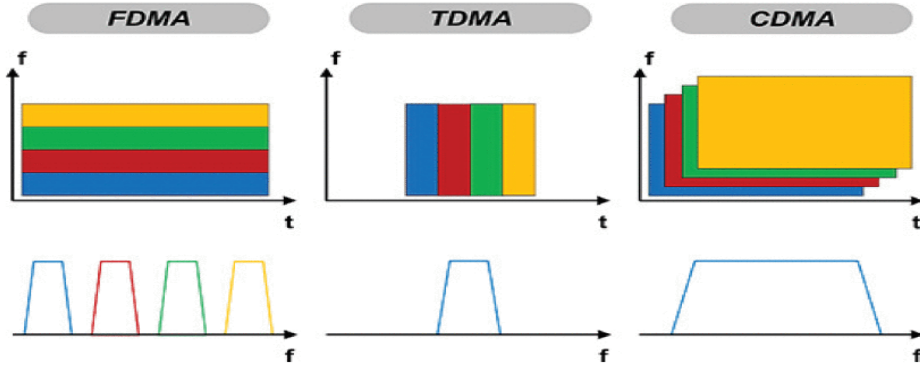
يعتبر الوصول المتعدد أو النفاذ المتعدد، وهو أحد المسائل الأساسية في أنظمة الاتصالات اللاسلكية، له تأثير كبير على استخدام الطيف المتاح وإنتاجية نظام الاتصال والتأخير.

في سياق الاتصالات النقالة، يشير النفاذ المتعدد إلى تقنية يشترك من خلالها مستخدمون متعددون في مورد راديوي لإنشاء الاتصال مع محطة قاعدة (BS) وتتضمن بعض تقنيات الوصول المتعدد كما هو موضح في الشكل (1) والمستخدم على مجال واسع في الأجيال السابقة من الشبكات الخلوية [1] ما يلي:

- 1- Time Division Multiple Access (TDMA) النفاذ المتعدد بتقسيم الوقت.
- 2- Frequency Division Multiple Access (FDMA) النفاذ المتعدد بتقسيم التردد.
- 3- Code Division Multiple Access (CDMA) النفاذ المتعدد بتقسيم الرموز.
- 4- Orthogonal frequency Division Multiple Access (OFDMA) النفاذ المتعدد بتقسيم التردد المتعامد.

تسمح تقنيات الوصول التقليدية OMA لعدة مستخدمين لاستخدام الموارد بشكل متعامد ومشاركة موارد نظام الاتصال في وقت واحد من خلال تقسيم الوقت أو التردد أو الرمز وبالتالي، يوجد تداخل اسمي بين الكتل المجاورة ما يؤدي إلى زيادة التعقيد في جهاز الاستقبال لكشف الإشارات.

تعتمد تقنية TDMA على تخصيص شق زمني (Time Slot) لكل مجرى بيانات والذي بدوره يتم تخصيصه الى مستخدم متصل في الوسط المشترك بينما تقوم تقنية FDMA على تقسيم المجال الترددي إلى مجالات ترددية صغيرة وكل مجال ترددي (channel) يتم تخصيصه لمستخدم واحد وبين هذه المجالات الترددية يوجد مجال حماية (Guard band) لمنع التداخل بين المجالات المتجاورة وقد تم اعتمادها في الجيل الثاني. تم في الجيل الثالث توظيف تقنية CDMA والتي سمحت لكافة المشتركين للدخول الى الوسط المشترك بنفس الوقت وبتردد مشترك ولكن لكل مشترك رمز خاص به بينما في الجيل الرابع تم استخدام تقنية التجميع بالتقسيم الترددي المتعامد أو كما تسمى بتقنية تعديل الحوامل المتعامدة OFDM والتي تقوم على مبدأ تقسيم عرض المجال واسع broadband الى مجموعة من القنوات الفرعية المتعامدة ذات عرض المجال الضيق Narrowband، بحيث تحمل كل قناة فرعية مجرى معطيات عند معدل نقل منخفض ويكون حاصل جمعها معدل النقل العالي المنشود [2].



الشكل (1): الاختلاف بين تقنيات CDMA، FDMA، TDMA [2]

ومع ذلك، نظرًا لأن عدد الموارد المتعامدة محدود، لا يمكن لأنظمة OMA أن تخدم عددًا كبيرًا من المستخدمين وفقًا لمتطلبات الجيل الخامس 5G، لذلك اقترح الباحثون استخدام تقنية وصول جديدة "NOMA" لتعزيز فعالية نظام الاتصال والتي تقوم على عكس OMA بتخصيص قناة ترددية واحدة لمستخدمين متعددين في نفس الوقت داخل نفس الخلية حيث قدم هذا عددًا من المزايا، بما في ذلك تحسين الكفاءة الطيفية

(SE) وإنتاجية أعلى عند حافة الخلية وزمن انتقال منخفض للإرسال (لا يلزم طلب جدولة من المستخدمين إلى المحطة القاعدية).

### 1- الهدف من البحث:

يهدف البحث إلى تحليل أداء تقنية الوصول المتعدد غير المتعامد NOMA ومقارنة أدائها مع تقنية الوصول المتعامد OMA وذلك لثلاثة مستخدمين يتوزعون على مسافات مختلفة بالنسبة للمحطة القاعدية.

### 2- مواد وطرق البحث:

تم استخدام برنامج MATLAB 2022 للمحاكاة من خلال نمذجة العلاقات الرياضية التي توصف التقنيتين NOMA, OMA عن طريق جمع الإشارات لثلاثة مستخدمين "الترميز التراكمي Superposition Coding" لتقنية NOMA وفك الإشارات بالتسلسل "فك مباشر لإشارة المستخدم البعيد ثم فك إشارة المستخدم الأوسط عن طريق إلغاء التداخل المتتابع لإشارة المستخدم البعيد ثم فك إشارة المستخدم الأقرب عن طريق إلغاء التداخل المتتابع لإشارة المستخدم البعيد والأوسط مقارنة مع فك إشارة المستخدمين في تقنية OMA كلاً على حدا دون استخدام الترميز التراكمي.

### 3- شبكات الجيل الخامس 5G:

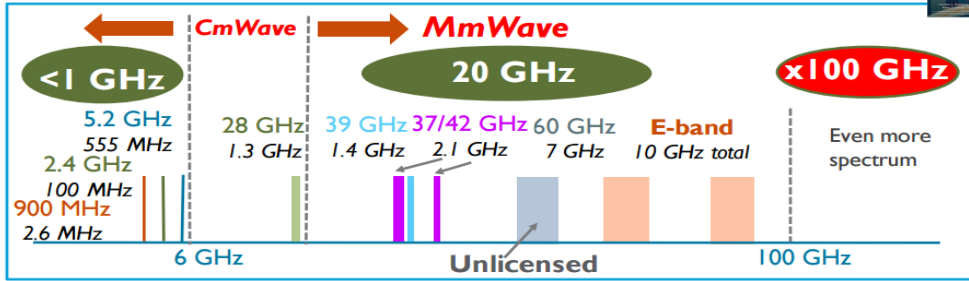
في إطار الثورة الصناعية الرابعة المعتمدة على انترنت الأشياء والذكاء الصناعي فإن شبكات الجيل الخامس 5G تدعم عددًا لا يحصى من الخدمات الجديدة القائمة على إنترنت الأشياء (IoT) وعلى اتصالات مركبة إلى مركبة (V2V) وهي نوع من أنواع الاتصال جهاز إلى جهاز (D2D) والقيادة الذاتية والمدن الذكية والجراحة عن بعد [3]. الخدمات الجديدة التي تقدمها 5G مدعومة بتقنيات جديدة مثل الموجات الملمترية mm Waves بالإضافة إلى اتصالات الميكروويف التقليدية، وتقنية الهوائيات المتعددة الكثيفة Massive MIMO والخلايا الصغيرة Small Cell وتوجيه الحزم Beamforming بالإضافة إلى ازدواج الإرسال والاستقبال على نفس المجال الترددي Single Frequency Full Duplex.

### 3-1 تقنيات الجيل الخامس:

#### 3-1-1 الأمواج الملمترية (Millimeter Waves):

أدى الازدحام الكبير في شبكات الاتصال العائد لتزايد عدد المستخدمين Users والأجهزة Devices الى استهلاك بيانات أكثر على نفس عرض المجال المتاح Bandwidth والذي أدى الى تخصيص مجال ترددي صغير نسبيا لكل مستخدم نتج عنه خدمة بطيئة وانقطاعات متكررة لا تتوافق مع متطلبات جودة الخدمة المطلوبة. بسبب هذه المشكلة تم اقتراح استخدام مجال ترددي جديد [4] لم يتم استخدامه في شبكة الاتصالات الخليوية من قبل يشمل مجال الترددات العالية جدا EHF والذي يتراوح بين (30-300)GHz و أطواله الموجية بين (1-10)mm كما هو موضح في الشكل (2). بالرغم من إيجابيات استخدام الأمواج الملمترية المتمثلة في عرض المجال الكبير والانتشار وفق خطوط مستقيمة مع عرض حزمة إشعاع ضيقة "2 درجة" والتي تقلل نسبة تداخل الإشارات بشكل كبير، فإنها تعاني من سيئة رئيسية وهي الامتصاص والتخامد بواسطة المطر وغازات الغلاف الجوي وعدم قدرتها على اختراق الجدران والتي تم حلها عن طريق توظيف ما يسمى بالخلايا الصغيرة [4].

#### Millimeter wave spectrum for 5G



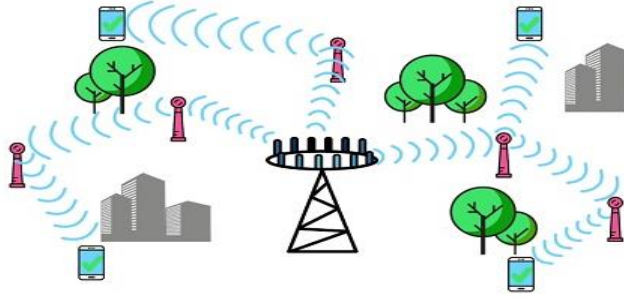
الشكل (2): طيف الأمواج الملمترية Millimeter Waves [5]

#### 3-1-2 الخلايا الصغيرة (Small cells):

وهي عبارة عن محطات قاعدية صغيرة الحجم تتطلب استطاعة منخفضة لتشغيلها [4] يتم توزيعها في أرجاء المنطقة المراد تخدمها لتوفير التغطية كما هو موضح في



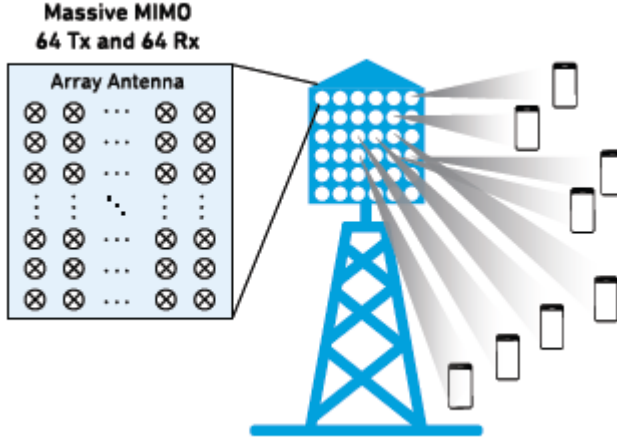
الشكل (3)، ويمكن لمشغلي الشبكات الخلوية تركيب آلاف المحطات لتشكيل شبكة كثيفة تعمل كمكررات Rely لمنع إسقاط الاتصال. لحسن الحظ وبسبب استخدام الأمواج الملمتزية فإن الهوائيات المستخدمة صغيرة جداً مقارنةً مع مثيلاتها من الأجيال السابقة والذي سيمكّن من نشر هذه الهوائيات في إشارات المرور وتركيبها على زوايا الأبنية وهذا سيقود الى أداء أفضل لشبكة الاتصال.



الشكل (3): الخلايا الصغيرة Small Cell [4]

### 3-1-3 الهوائيات الكثيفة (Massive MIMO):

تعالج شبكات الجيل الرابع 4G الحركة الخلوية عن طريق استخدام بضعة هوائيات في الإرسال والاستقبال (MIMO) Multiple Input Multiple Output، بينما ستستخدم شبكات الجيل الخامس 5G مئات الهوائيات [4] والتي يمكن وضعها في مصفوفة واحدة بسبب حجمها الصغير كما هو موضح في الشكل (4) وهذا يمكن من إرسال واستقبال الإشارات من وإلى مستخدمين أكثر في نفس اللحظة بدوره يؤدي الى زيادة السعة والحركة Traffic وتحسين الفعالية الطيفية Spectral Efficiency. يكمن التحدي الرئيسي في استخدام الهوائيات الكثيفة أن إرسال واستقبال الإشارات بهذا الكم الكبير سيؤدي إلى زيادة التداخل بينها والذي سيتم الحد منه عن طريق استخدام تقنية "توجيه الحزمة Beamforming".



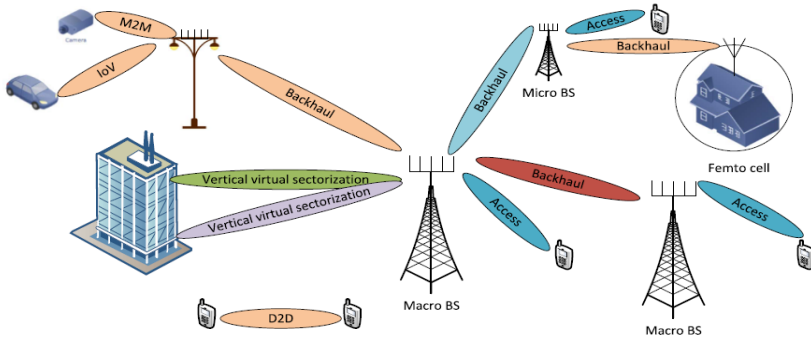
الشكل (4): الهوائيات الكثيفة Massive MIMO [6]

### 3-1-4 تشكيل الحزمة (Beamforming):

عبارة عن تقنية لتوجيه وتركيز الإشارات باتجاه المستقبل بدلاً من انتشارها في جميع الاتجاهات [4] والذي يؤمن سرعة اتصال أكبر "اتجاه مباشر" وأكثر موثوقية.

إن التكامل بين تقنيتي (Beamforming) و (Massive MIMO) سيساعد في استخدام الطيف بشكل فعال أكثر عن طريق توظيف خوارزميات معالجة إشارة تقوم برسم أفضل مسار إرسال إلى كل مستخدم والذي يقلل نسبة التداخل بشكل كبير مع زيادة عدد الإشارات المرسل من قبل الهوائيات.

تساعد هذه التقنية في تركيز حزمة الإشعاع باتجاه طرفية المستخدم والذي يقود الى زيادة الربح وتقوية الإشارة لدى المستخدم المطلوب، وبالتكامل مع استخدام الأمواج الملمترية (Millimeter Waves) ذات الحزمة الضيقة جداً سنحصل على زيادة في استطاعة الإشارة المستقبلية وتقليل كبير للتداخل بين المستخدمين كما هو موضح في الشكل (5).



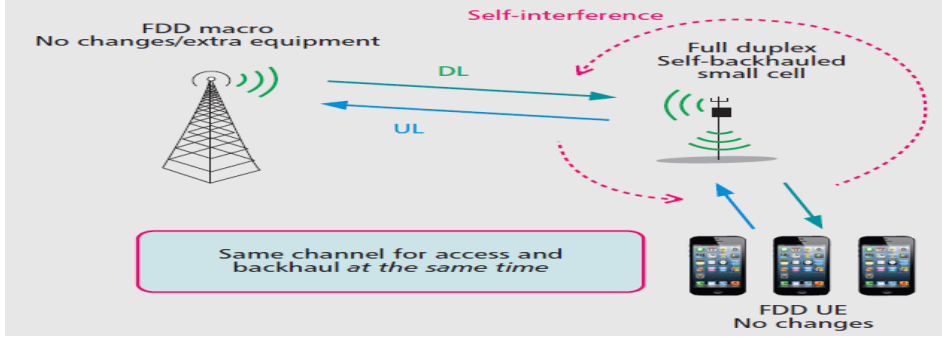
الشكل (5): توجيه الحزمة (Beamforming) [7]

### 3-1-5 ازدواج الإرسال والاستقبال على نفس التردد Single Frequency Full Duplex (Duplex):

إن المحطات القاعدية الحالية (Base Station) والهواتف النقالة (Mobile) تعتمد على مرسلات ومستقبلات راديوية تقوم بإرسال واستقبال الإشارات على ترددات مختلفة.

مع استخدام شبكات الجيل الخامس 5G سنتمكن من إرسال واستقبال المعلومات في نفس التردد [4] والذي أُطلق عليه (Single Frequency Full Duplex) حيث ستزداد السعة (Capacity) بشكل كبير.

أحد المشكلات الأساسية هي التداخل الذاتي (Self-Interference) أو ما يصطلح عليه بالصدى حيث يبث المرسل الإشارة التي تكون قريبة من هوائي الجهاز الراديوي وتكون استطاعتها أكبر بكثير من أي بقية الإشارات ويتم العمل حالياً لحل هذه المشكلة عن طريق خوارزميات خاصة لإلغاء الصدى كما هو موضح في الشكل (6).



الشكل (6): الإرسال المزدوج على نفس التردد Full Duplex [8]

#### 4- تقنيات الوصول المتعددة (Multiple Access):

#### 4-1 تقنية الوصول المتعدد غير المتعامد (NOMA):

يكن مبدأ NOMA في تخصيص معاملات استطاعة مختلفة في كل من أنظمة الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة تبعاً لاختلاف مكان استخدام إلغاء التداخل المتتابع SIC حيث يتم الاحتفاظ بعملية SIC في جانب جهاز الاستقبال في نظام NOMA للوصلة الهابطة بينما يقوم نظام NOMA للوصلة الصاعدة بتنفيذ SIC في جهاز الإرسال الخاص به.

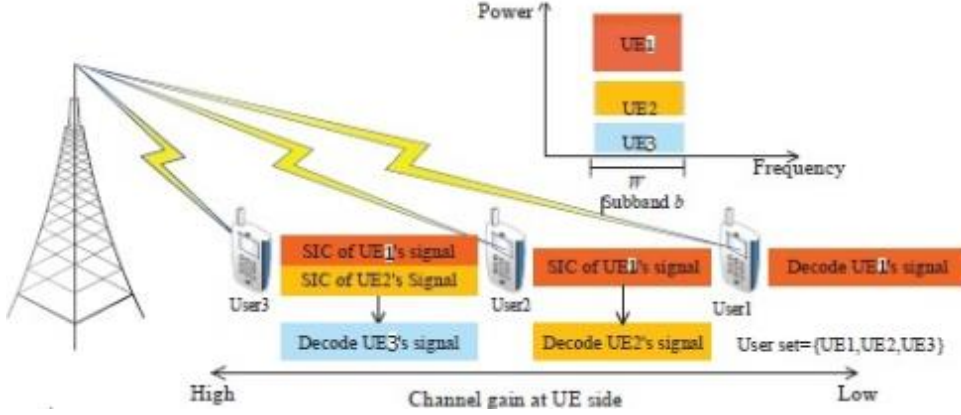
#### 4-1-1 تقنية NOMA في الوصلة الهابطة:

يبين الشكل (7) تقنية NOMA في الوصلة الهابطة، بافتراض 3 مستخدمين وقناة فرعية واحدة حيث أن  $h_3 > h_2 > h_1$  مما يعني أن  $UE_1$  هو المستخدم الأضعف و  $UE_3$  هو المستخدم القوي.

يتم فك ترميز إشارة المستخدم الأبعد  $UE_1$  مباشرة دون الحاجة لاستخدام SIC حيث يتم تخصيصه بالمقدار الأكبر من الاستطاعة، بينما يتم تطبيق الغاء التداخل المتتابع SIC بواسطة  $UE_2$  الذي يخصص له مستوى متوسط من الاستطاعة لفك ترميز إشارة  $UE_1$  ثم يتم الغاؤها للحصول على البيانات الخاصة بإشارته.

للحصول على البيانات الخاصة بإشارة المستخدم الثالث  $UE_3$  يتم بداية طرح إشارة المستخدم الأول  $UE_1$  عن طريق تطبيق SIC ثم يعاد تشكيل الإشارتين المتبقيتين لـ

$UE_2, UE_3$  ويعاد تطبيق SIC لطرح إشارة المستخدم الثاني والحصول على بيانات إشارة المستخدم الثالث  $UE_3$  [9].



الشكل (7): تقنية NOMA لثلاثة مستخدمين [10]

بفرض أن  $x_3, x_2, x_1$  هي الإشارات المرسله من محطة القاعدة الى المستخدمين [11] والتي تقوم بجمع الإشارات في إشارة واحدة  $x$  عن طريق الترميز التراكمي SC وفق العلاقة الرياضية التالية:

$$x = \sqrt{P\alpha_1}x_1 + \sqrt{P\alpha_2}x_2 + \sqrt{P\alpha_3}x_3 \quad (1)$$

حيث أن  $P$  هي الاستطاعة الكلية و  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  عبارة عن مقدار لتخصيص جزء من الاستطاعة الكلية لكل مستخدم بناء على المسافة و  $x_1, x_2, x_3$  هي إشارة بيانات كل مستخدم كلا على حدى.

وتكون الإشارة المستقبلية عند كل مستخدم:

$$y_i = h_i x + n_i \quad ; \quad i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

حيث أن  $h_i$  هو ربح القناة بين كل مستخدم والمحطة القاعدة.  $n_i$  الضجيج في كل قناة.

يقوم المستخدم الأبعد  $UE_1$  بفك الإشارة المستقبلية مباشرة والتعامل مع إشارتي المستخدمين  $UE_2, UE_3$  كإشارات تداخل وفق العلاقة الرياضية التالية:

$$\begin{aligned} y_1 &= h_1x + n_1 \\ y_1 &= h_1(\sqrt{P\alpha_1}x_1 + \sqrt{P\alpha_2}x_2 + \sqrt{P\alpha_3}x_3) + n_1 \\ y_1 &= \sqrt{P\alpha_1}x_1h_1 + \sqrt{P\alpha_2}x_2h_1 + \sqrt{P\alpha_3}x_3h_1 + n_1 \end{aligned} \quad (3)$$

وتكون نسبة الإشارة الى الضجيج والتداخل لدى المستخدم الأول  $UE_1$ :

$$SINR_1 = \frac{|h_1|^2 P \alpha_1}{|h_1|^2 P \alpha_2 + |h_1|^2 P \alpha_3 + \sigma^2} \quad (4)$$

حيث أن  $\sigma^2$  تمثل تفاوت الضجيج.

معدل النقل لدى المستخدم الأول  $UE_1$ :

$$R_{noma1} = B \log_2(1 + SINR_1) \quad (5)$$

يقوم المستخدم الأوسط  $UE_2$  بالتعامل مع الإشارة المستقبلية بطريقة مختلفة عن المستخدم الأبعد بسبب الحاجة الى ازالة بيانات المشترك الأول  $UE_1$  للحصول على بياناته وفق التالي:

$$\begin{aligned} y_2 &= h_2x + n_2 \\ y_2 &= h_2(\sqrt{P\alpha_1}x_1 + \sqrt{P\alpha_2}x_2 + \sqrt{P\alpha_3}x_3) + n_2 \\ y_2 &= \sqrt{P\alpha_1}x_1h_2 + \sqrt{P\alpha_2}x_2h_2 + \sqrt{P\alpha_3}x_3h_2 + n_2 \end{aligned} \quad (6)$$

يقوم المستخدم  $UE_2$  بتطبيق SIC لإزالة بيانات إشارة المستخدم الأول  $UE_1$  واستخراج بيانات الإشارة الخاصة به فتكون نسبة الإشارة الى الضجيج والتداخل لدى المستخدم الثاني:

$$SINR_2 = \frac{|h_2|^2 P \alpha_2}{|h_2|^2 P \alpha_3 + \sigma^2} \quad (7)$$

ويكون معدل النقل لدى المستخدم الثاني  $UE_2$ :

$$R_{noma2} = B \log_2(1 + SINR_2) \quad (8)$$

عمل المستخدم الأقرب  $UE_3$  والذي تم تخصيصه بأقل قيمة للاستطاعة أكثر تعقيدا فهو بحاجة الى إزالة بيانات إشارتي المستخدمين الأول والثاني  $UE_1$  ,  $UE_2$  للحصول على بياناته وفق التالي:

$$\begin{aligned} y_3 &= h_3 x + n_3 \\ y_3 &= h_3 (\sqrt{P\alpha_1}x_1 + \sqrt{P\alpha_2}x_2 + \sqrt{P\alpha_3}x_3) + n_3 \\ y_1 &= \sqrt{P\alpha_1}x_1 h_3 + \sqrt{P\alpha_2}x_2 h_3 + \sqrt{P\alpha_3}x_3 h_3 + n_3 \end{aligned} \quad (9)$$

يقوم المستخدم  $UE_3$  بتطبيق SIC لإزالة بيانات إشارة المستخدم الأول و الثاني  $UE_1$ ,  $UE_2$  واستخراج بيانات الإشارة الخاصة به فتكون نسبة الإشارة الى الضجيج والتداخل لدى المستخدم الثالث:

$$SINR_3 = \frac{|h_3|^2 P\alpha_3}{\sigma^2} \quad (10)$$

ويكون معدل النقل لدى المستخدم الثالث  $UE_3$ :

$$R_{noma3} = B \log_2(1 + SINR_3) \quad (11)$$

فتكون السعة الكلية هي حاصل جمع المعدلات الثلاثة:

$$R_{noma} = R_{noma1} + R_{noma2} + R_{noma3} \quad (12)$$

بالنسبة لتقنية OMA فإن معدل النقل لكل مستخدم يُعطى بالعلاقة التالية:

$$\begin{aligned} Roma_1 &= \frac{B}{3} \log_2 \left( 1 + \frac{|h_1|^2 P\alpha_1}{\sigma^2} \right) \\ Roma_2 &= \frac{B}{3} \log_2 \left( 1 + \frac{|h_2|^2 P\alpha_2}{\sigma^2} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

$$Roma_3 = \frac{B}{3} \log_2 \left( 1 + \frac{|h_3|^2 P\alpha_3}{\sigma^2} \right)$$

فتكون السعة الكلية هي حاصل جمع المعدلات الثلاثة:

$$R_{oma} = Roma_1 + Roma_2 + Roma_3 \quad (14)$$

يبين الجدول (2) الإيجابيات والسلبيات لكلا التقنيتين NOMA, OMA [12]:

الجدول(2): مقارنة بين NOMA و OMA

التقنية	الإيجابيات	السلبيات
NOMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- كثافة اتصال وفعالية طيفية أعلى</li> <li>- مساواة بين المستخدمين</li> <li>- تأخير أقل</li> <li>- دعم متطلبات مختلفة لجودة الخدمة QoS</li> <li>- سعة كلية أكبر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- حساسية أعلى لظروف القنوات</li> <li>- تعقيد أكبر لأجهزة الاستقبال</li> </ul>
OMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- كشف استقبال أبسط</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- فعالية طيفية أقل</li> <li>- عدد أقل من المستخدمين</li> <li>- عدم المساواة بين المستخدمين</li> <li>- سعة كلية أقل</li> <li>- تأخير أكبر</li> </ul>

#### 5- الجزء العملي:

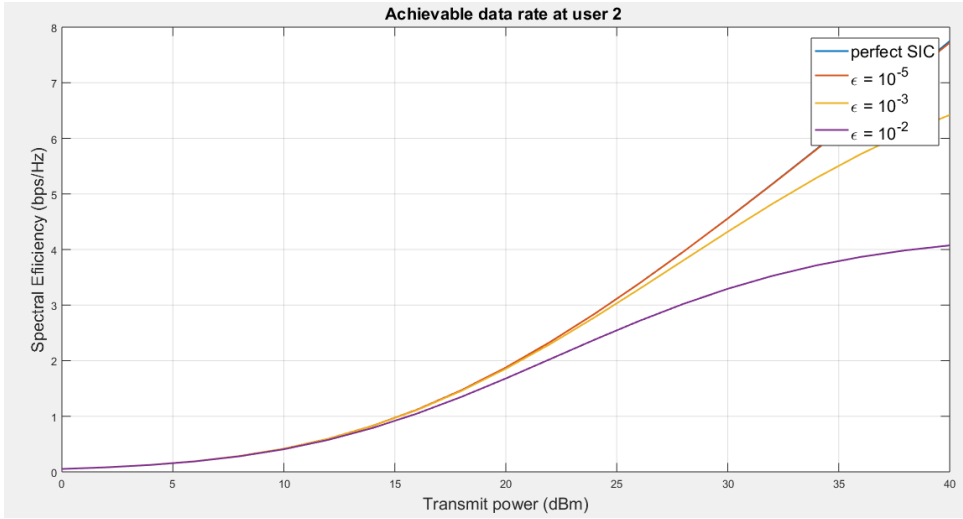
تم محاكاة تقنيتي NOMA, OMA باستخدام برنامج MATLAB 2022 وفق المحددات المبينة في الجدول (1):

الجدول (1): محددات المحاكاة

المحدد	القيمة
استطاعة الإرسال Pt	40 dBm
عرض المجال	1 MHz
استطاعة الضجيج	-114 dBm
معاملات تخصيص الاستطاعة	$\alpha_1 = 0.8, \alpha_2 = 0.15, \alpha_3 = 0.05$
المسافة بين المستخدمين والمحطة القاعدية	$d_1 = 1700 m, d_2 = 1000 m, d_3 = 300 m$
التعديل	QPSK
نموذج القناة	Rayleigh
التسوية	One tap equalizer

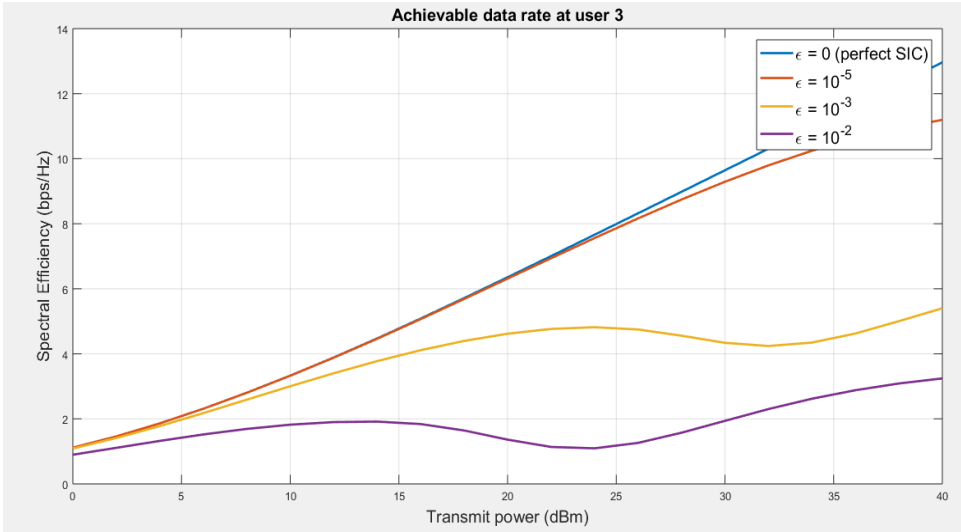


يبين الشكل (8) دراسة أداء تقنية NOMA من أجل مستخدمين اثنين  $UE_1, UE_2$  في حالتي Perfect SIC, Imperfect SIC حيث يتبين أن الفعالية الطيفية تقل مع ازدياد الخطأ في SIC.



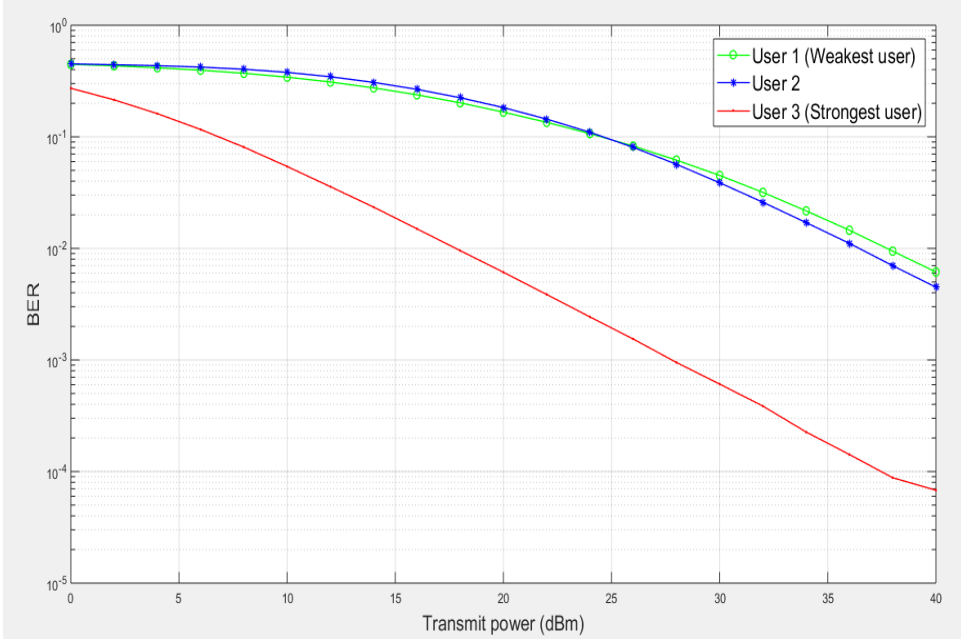
الشكل (8): الفعالية الطيفية SE لمستخدمين اثنين في شروط Perfect SIC, Imperfect SIC

يبين الشكل (9) دراسة أداء تقنية NOMA من أجل ثلاثة مستخدمين  $UE_1, UE_2, UE_3$  في حالتي Perfect SIC, Imperfect SIC حيث يتبين أن الفعالية الطيفية تقل مع ازدياد الخطأ في SIC لكن مع إمكانية تخديم للمستخدمين جميعهم والذي يمكن استثماره في تقديم الخدمة بناء على المتطلبات "الموارد المتاحة".



الشكل (9):الفعالية الطيفية SE لثلاثة مستخدمين في شروط Perfect SIC،Imperfect SIC

تم مقارنة أداء المستخدمين  $UE_1$ ,  $UE_2$ ,  $UE_3$  من ناحية معدل خطأ البت حيث يبين الشكل (10) أن المستخدم  $UE_3$  يتمتع بأقل قيمة لـ BER رغم التعقيد في فك البيانات الخاصة به والتي تستدعي إلغاء إشارتي كل من المستخدمين  $UE_1$ ,  $UE_2$ .

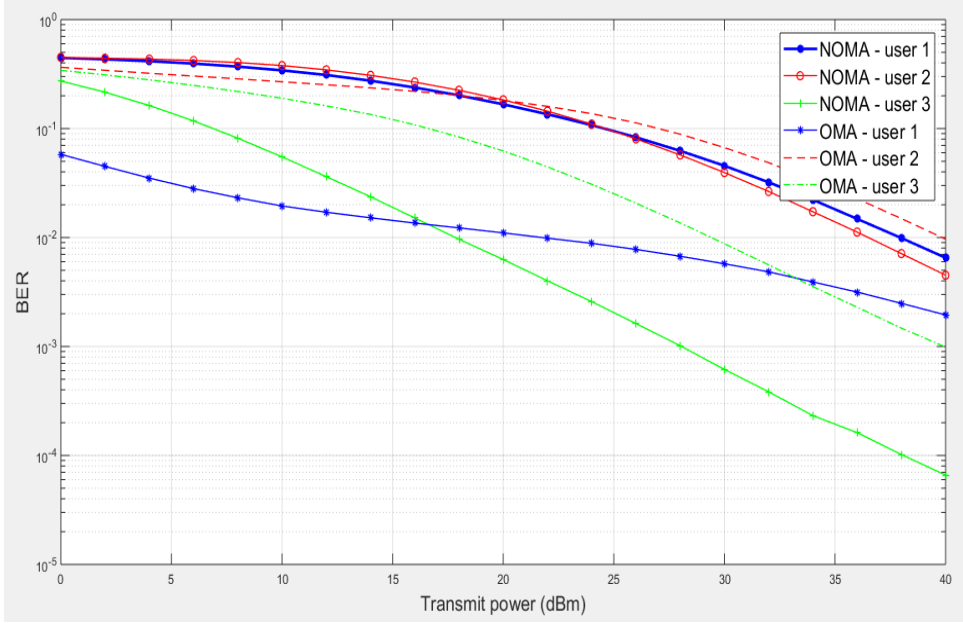


الشكل (10): معدل خطأ البت BER لثلاثة مستخدمين  $UE_1$ ,  $UE_2$ ,  $UE_3$  في تقنية NOMA

تم مقارنة أداء تقنيتي NOMA,OMA لثلاثة مستخدمين  $UE_1$ ,  $UE_2$ ,  $UE_3$  من ناحية معدل خطأ البت حيث يتبين من الشكل (11) أن المستخدم  $UE_3$  في تقنية NOMA يتمتع بأفضل نتيجة قياسا للمستخدمين جميعهم ومقارنة أيضا بالمستخدم الثالث في تقنية .OMA

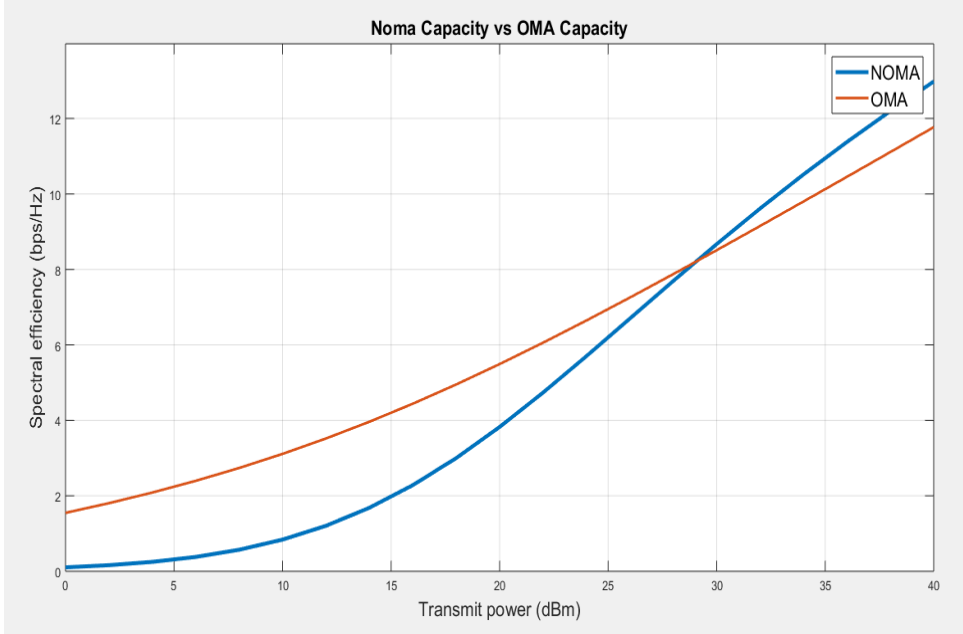
كما يلاحظ أيضاً تحسن أداء المستخدم الثاني  $UE_2$  في تقنية NOMA بالنسبة للمستخدم لتقنية .OMA

بالنسبة للمستخدم البعيد  $UE_1$  فإن معدل خطأ البت BER في تقنية OMA أفضل من تقنية NOMA ويعود السبب الى استخدام تسوية بسيطة في المستقبل كي لا تتم زيادة تعقيد الاستقبال.



الشكل (11): معدل خطأ البت BER لثلاثة مستخدمين  $UE_1, UE_2, UE_3$  لتقنيتي NOMA, OMA

تم مقارنة السعة Capacity بين تقنيتي NOMA, OMA حيث يتبين من الشكل (12) أن أداء تقنية NOMA أفضل من OMA مع تحسن استطاعة الإرسال والتي تقود الى تخديم كافة المستخدمين بالشكل الأمثل.



الشكل (12): مقارنة السعة بين NOMA و OMA

#### 5- النتائج (Results):

تم تحليل أداء تقنية NOMA من ناحية الفعالية الطيفية SE ومعدل خطأ البت BER لثلاثة مستخدمين ومقارنته مع تقنية OMA، حيث تبين أن تقنية NOMA تقدم أداء أفضل لنظام الاتصال وتستطيع تخديم مستخدمين أكثر بفعالية أكبر رغم تعقيد فك الإشارات المستقبلية.

بينت النتائج تفوق أداء تقنية NOMA على تقنية OMA من حيث معدل خطأ البت بمقدار  $10^{-4}$  عند استطاعة ارسال 40dBm والفعالية الطيفية بمقدار 2bps/hz تقريبا كما وضحت سماحيته اتجاه زيادة خطأ SIC والذي يمكن التغلب عليه عن طريق التسوية المتكيفة Adaptive Equalization التي سيتم العمل عليها لاحقا.

يتبين أيضا تلبية NOMA لمتطلب هام من متطلبات الجيل الخامس وهو كثافة الاتصال حيث أنه مع زيادة عدد المستخدمين تتحسن الفعالية الطيفية وبالتالي تتحسن السعة Capacity الخاصة بنظام الاتصال.

**6- المراجع References:**

- [1]- ISLAM.S . ZENG .M . DOBRE .O . KWAK.K,  
R2019- **Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA): How It Meets 5G and Beyond**, 38p.
- [2]- SHAH .A . QASIM .A . KARABULUT .M . I  
ILHAN .H . ISLAM. B, R2021- Survey and  
Performance Evaluation of Multiple Access  
Schemes for Next-Generation Wireless  
Communication Systems, **IEEE Access** ,Vol. 9,  
pp. 113428-113442.
- [3]- SILVA .M . GUERREIRO .J, R2020, **On the 5G  
and Beyond**, 12p.
- [4]- CLARK . K . NORDRUM . A, R2017-  
Everything You Need to Know About 5G, **IEEE  
Spectrum**.
- [5]- PAI . D, R2017- A Survey on Millimeter  
Wave Mobile Communications for 5G Cellular  
Networks, **International Journal of Innovative  
Research in Electrical, Electronics,  
Instrumentation and Control Engineering**, Vol.  
5, pp. 278-284.
- [6]- SCHNAUFER . D . PETERSON . B, R2018-  
**Realizing 5G Sub-6-GHz Massive MIMO Using  
GaN, Microwaves & RF**, 5p.
- [7]- AHMED . I . KHAMMARI . H . MUSA . A .  
KIM . K . POORTER . E . MOERMAN . I,  
R2018- A Survey on Hybrid Beamforming  
Techniques in 5G: Architecture and System

Model Perspectives, **IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS**, Vol. 20, pp. 3060-3097.

[8]- HONG . S . BRAND . J . CHOI . J . JAIN . M .MEHLMAN . J . KATTI .S . LEVIS .P, R2014- Applications of Self-Interference Cancellation in 5G and Beyond, **IEEE Communications Magazine**, pp. 114-121.

[9]- ISLAM .S . ZENG .M . DOBRE .O . KWAK .k, R2016- **Power-Domain Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) in 5G Systems: Potentials and Challenges**, 41p.

[10]- LONG .H . MEI . J . ZHENG .K, R2016- **Joint user pairing and power allocation for downlink non-orthogonal multipleaccess systems**, 7p.

[11]- ALGHASMARI .W. NASSEF.L, R2020- Power Allocation Evaluation for Downlink Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA), **IJACSA**, Vol. 11, pp. 126-132.

[12]- WEI .Z . YUAN .J . NG .D . ELKASHLAN .M . DING .Z, R2016- **A Survey of Downlink Non-orthogonal Multiple Access for 5G Wireless Communication Networks**, 17p.





# استخدام العميل البرمجي المتنقل لتقليل التأخير

## الزماني في عقد شبكات Ad-hoc

د. م. لبنى علي

أستاذ مساعد - قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات

كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس

الباحثة: م. نور سليمان قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات

كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس

### الملخص:

نالت شبكات الحساسات اللاسلكية دوراً هاماً في كافة مجالات الحياة نظراً لتكلفتها المنخفضة التي تمكن أغلب الباحثين من استخدامها في دراساتهم وأبحاثهم، ولسهولة توزيعها في منطقة. لذلك انصبَّ اهتمام الباحثين على محاولة حل المشاكل والعقبات التي تعيق استخدام تلك الشبكات وأهمها موضوع خفض استهلاك طاقة عقد الحساسات اللاسلكية وتقليل زمن جمع البيانات. لذلك فقد تم استخدام طريقة قائد عنقود متحرك واحد إذ تقوم بتقسيم الشبكة إلى عدد من العناقيد كما في بروتوكول (LEACH) ولكن تختلف عنه بأن قائد العنقود متحرك بينما كان قائد العنقود في بروتوكول LEACH ثابتاً في مكانه [1]. قدمت هذه الدراسة تخفيضاً ملحوظاً في أداء عقد الحساسات اللاسلكية، ولكن عندما تكون الشبكة كثيفة العقد فمن المحتمل أن تنفذ طاقة قائد العنقود المتحرك قبل انتهاء الجولة المحددة له، لذلك استخدم البحث [2] قائدي عنقود متحركين ضمن العنقود يقومان بجمع البيانات التي استشعرتها

عقد الحساسات إذ يتحركان ضمن العقود باتجاهين مختلفين لجمع البيانات من كافة العقد ضمن العقود وذلك لتقليل التأخير الزمني الناتج عن مرور قائد عقود واحد على كافة العقد ضمن الشبكة، كما تم تخفيض التعقيد البرمجي للآلية المستخدمة في ذلك البحث لتقليل التأخير الناتج عن تنفيذ الكود البرمجي للآلية التفرعية. ونظراً لأهمية شبكات الحساسات اللاسلكية وخاصة في تطبيقات الزمن الحقيقي سنقوم في هذا البحث بمحاولة تخفيض التأخير الزمني إلى أكبر قدر ممكن باستخدام العميل المتنقل الذي ينتقل لتجميع المعلومات من العقد الواقعة ضمن منطقة التغطية لنقطة الوصول، إن تقنية العميل البرمجي المتحرك ظهرت حديثاً و تم استخدامها بعدة مجالات وهي تقنية جديدة تتميز بقدرة هذا العميل على التنقل من مضيف إلى آخر ضمن الشبكة .

**الكلمات المفتاحية:** بروتوكولات العقدة، شبكات الحساسات اللاسلكية، شبكات Ad-hoc، الوكيل المتنقل.

## Using a mobile programing agent to reduce the delay in ad-hoc networks

### Abstract:

Wireless sensor networks have played an important role in all areas of life due to their low cost that most researchers have been able to use in their studies and research, and the ease of distribution in an area.

Therefore, the researchers focused on trying to solve the problems and obstacles that hinder the use of these networks, the most important of which is the issue of reducing the power consumption of wireless sensor nodes and reducing the time of data collection.

Therefore, the single mobile group leader method was used, because it divides the network into a number of groups as in the LEACH protocol, but differs from it in that the group leader is mobile while the group leader in the LEACH protocol is fixed in mode [1].

This study presented a significant decrease in the performance of wireless sensor nodes, but when the network is dense with nodes, it is likely that the moving group leader will run out of energy before the end of his scheduled tour. So that, the research [2] used two moving cluster leaders inside the cluster collecting sensor data by Sensing nodes as they move within the cluster in two different

directions to collect data from all nodes within the cluster to reduce the time delay caused by the passage of one cluster leader nodes for all nodes within the network.

Due to the importance of wireless sensor networks, especially in real-time applications, in this paper we will try to minimize the time delay by using the mobile client that moves to collect information from nodes within the coverage area of the access point. Mobile client software technology has recently emerged and has been used in several fields, and it is a new technology characterized by the ability of this client to move from one host to another within the network.

**Key words:** Clustering protocols, wireless sensor networks, ad-hoc networks, and mobile agent.

## 1- المقدمة:

تعتبر شبكات Ad-Hoc من أكثر الشبكات انتشارًا في جميع المجالات، خاصة في الأماكن التي انهارت فيها البنية التحتية، إما بسبب الحروب أو الزلازل أو الفيضانات أو غيرها من الكوارث. علاوة على ذلك، فإن هذا النوع من الشبكات مناسب في الأماكن التي لا يمكن الوصول إليها من قبل البشر، مثل أعماق البحر وداخل جسم الإنسان. يتم تشكيل الشبكات المخصصة دون الحاجة إلى بنية تحتية أو تنظيم مسبق. لأن كلمة Ad-Hoc تعني أن الأجهزة يمكنها إنشاء اتصال في أي وقت وفي أي مكان دون الحاجة إلى بنية تحتية مركزية [2] بالإضافة إلى تكلفتها المنخفضة مما يجعلها سهلة الانتشار والاستخدام. تصنف أنواع الشبكات المخصصة إلى [2] [3] :

- Mobile Adhoc Network (MANET)
- Vehicle Adhoc Network (VANET)
- Wireless Sensor Network (WSN)
- Wireless Mesh Network (WMN)

يهتم هذا البحث بشبكة المستشعرات اللاسلكية (WSN) وهي النوع الثالث من شبكات Ad-Hoc حيث تم تنفيذ قيادة الكتلة المتوازية لتقليل استهلاك طاقة العقد. تعاني شبكات الاستشعار اللاسلكية من نفاد نقاط استشعار الفعل في وقت قصير ، مما يؤدي في بعض الحالات إلى موت شبكة المستشعرات. لذلك ، تركز معظم الأبحاث في مجال WSN على حل هذه المشكلة. ركزت الدراسات السابقة على موضوع تقليل طاقة أجهزة الاستشعار اللاسلكية وتنقسم إلى ثلاثة أنواع:

- Table-driven protocols
- On demand-driven protocols
- Hybrid protocols

يعمل البروتوكول الأول السابق على النحو التالي: تحتفظ كل عقدة بجدول (يسمى جدول توجيه العقدة) يحتوي على جميع العقد في الشبكة والمسارات التي تربط كل عقدة ببقية

العقد الأخرى. إن تشكيل جداول التوجيه في كل عقدة يستنزف طاقتها، لذا فإن هذا البروتوكول مناسب فقط للشبكات الصغيرة ذات كثافة العقدة المنخفضة. بينما في النوع الثاني، ترسل كل عقدة رسالة تطلب مسارًا إلى العقدة الهدف عندما تحتاج إلى ذلك. لذلك، هذا النوع من البروتوكول غير مناسب للشبكات الديناميكية العالية لأنه في الشبكات الديناميكية العالية تتغير طوبولوجيا الشبكة باستمرار، مع كل تغيير، سترسل العقد طلب مسار وبالتالي سيكون زمن التأخير أكبر. أما النوع الثالث فهو يجمع بين النوعين السابقين ولم يقدم تحسنًا ملحوظًا في مجال تقليل التأخير الزمني [3] [4] [5]. لذلك، أثبتت الدراسات اللاحقة أن استخدام بروتوكولات العقدة أفضل من البروتوكولات المصنفة سابقًا، لأن تقسيم الشبكة إلى مجموعات يسهل التعامل مع الشبكة والتحكم فيها بغض النظر عن كثافتها [1] [6].

وبالتالي، في البحث السابق [1] تمت مناقشة التأخير الزمني، لتحقيق هذا الهدف تم استخدام قائد عنقود متنقل واحد لجمع البيانات من مجموعات الشبكة. تم تحديد عدد العناقيد من قبل مصمم الشبكة مثل آلية بروتوكول LEACH، لكنها تختلف عن LEACH في أن قائد المجموعة كان متحركًا بينما أنه كان ثابتًا في آلية بروتوكول [6] LEACH. حققت الدراسة المذكورة أعلاه [1] تقدمًا كبيرًا فيما يتعلق بالتأخير الزمني لجمع البيانات من عقد الحساسات اللاسلكية مقارنةً بروتوكول LEACH. لكن، عندما تكون الشبكة كثيفة (عدد كبير من العقد وحجم الكتلة كبير)، فمن الممكن أن تنفذ قوة زعيم الكتلة المتحركة قبل نهاية الجولة المحددة بسبب التأخير الزمني، وقبل إكمال جمع البيانات من جميع العقد داخل الكتلة. كذلك تمت مناقشة تقليل التأخير الزمني من خلال تقليل التعقيد الزمني للبرنامج [2] وحقق هذا البحث نتائج متقدمة بالمقارنة مع الدراسة التي تم التنويه عنها سابقاً [1].

يقترح هذا البحث تحسين إضافي على الآليات السابقة أيضاً وذلك باستخدام تقنية العميل البرمجي المتنقل وهو عبارة عن برنامج ينتقل بين العقد الواقعة ضمن منطقة التغطية لنقطة الوصول.

يعمل العميل البرمجي على جمع البيانات من العقد تسلسلياً وذلك بهدف تقليل زمن جمع المعلومات من العقد وبالتالي المحافظة على مدة حياتها لأطول فترة ممكنة.

فكرة العمل المقترحة تقوم على تقسيم الشبكة إلى قسمين القسم الأول يحتوي العقد الواقعة ضمن منطقة التغطية لنقطة الوصول والقسم الثاني هو العقد غير الواقعة ضمن منطقة التغطية لنقطة الوصول والتي يتم تقسيمها إلى عناقيد باستخدام معالجة تفرعية لحل مشكلة كثافة الشبكة إذ سيتم انتخاب قائدي عنقود يتحركان في مسارين مختلفين ضمن العنقود في كل جولة وذلك لتغطية المنطقة التي يشغلها العنقود بالكامل بهدف تقليل زمن جمع المعلومات في شبكة الحساسات اللاسلكية إلى أطول فترة ممكنة وبالتالي الحفاظ على طاقة قائدي العنقود.

## 2- أهمية البحث وأهدافه:

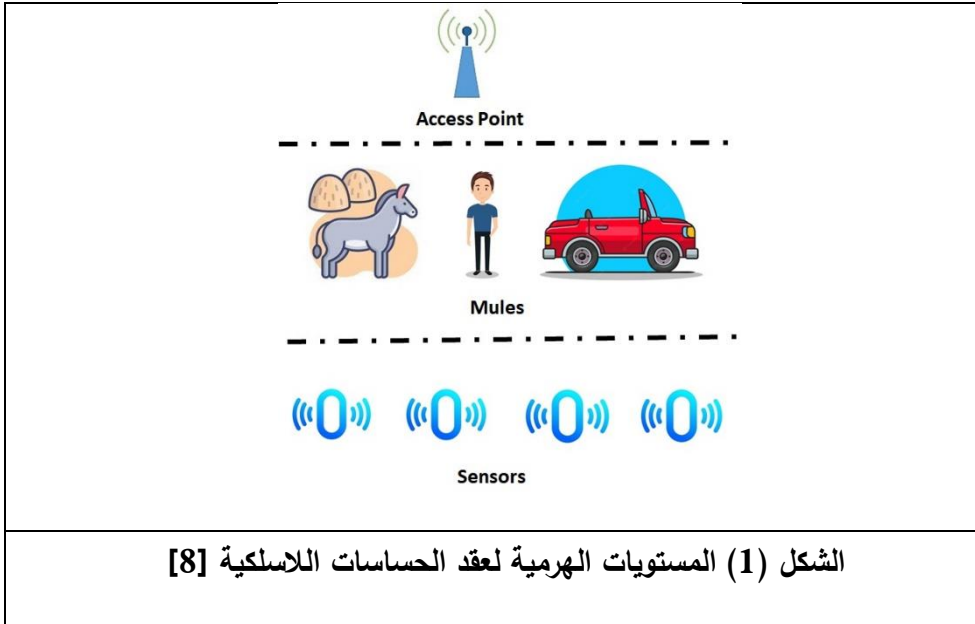
يهدف هذا المقال إلى تقليص المشاكل التي تعاني منها تلك الشبكات ألا و هي زمن التأخير بجمع البيانات بالشبكة إلى أكبر قدر ممكن و ذلك للاستفادة منها في كافة التطبيقات نظراً لأهمية شبكات الحساسات اللاسلكية على كافة الأصعدة [8,9,10,11] ، ولأن أغلب التطبيقات هي تطبيقات زمن حقيقي إذ تتطلب التنفيذ بشكل آني، و بسبب التأخير الزمني في هذه التطبيقات إلى فشل في الأداء و عدم دقة في المعايير [12,13] فإنّ هذا البحث يهدف إلى حل ذلك العائق الذي يعترض أغلب مستخدمي شبكات الحساسات اللاسلكية للتمكن من استخدامها الفعال في كافة المجالات و ذلك باستخدام العميل البرمجي المتحرك.

بدأت فكرة العميل المتحرك في أواخر التسعينات لتصبح أساساً في تطوير العديد من التطبيقات في العصر الراهن لما تتمتع به من مزايا مثيرة نذكر منها : تخفيض الحمل على الشبكة، التغلب على مشكلة التأخير في الشبكة، العمل بشكل مستقر وغير متزامن، التكيف الديناميكي .....

العميل المتحرك هو عبارة عن برمجيات خاصة تتميز بقدرتها على التنقل بين مضيفات الشبكة حاملة معها المعطيات والكود اللازم لإنجاز الوظيفة الموكلة إليها و في حال انقطاع الاتصال بين مخدم إدارة الشبكة والشبكة الفرعية فإنه يتم تخزين كل البيانات المتعلقة بالعميل المتنقل بشكل مؤقت بالعقدة الحالية التي وصل إليها العميل حتى عودة الاتصال مرة أخرى وعندها تتم متابعة العمل حتى انتهاء المهمة الموكلة للعميل المتنقل وعودته مع البيانات المخزنة فيه إلى مخدم الإدارة [13].

### 3- طرائق البحث ومواده:

يمكن تصنيف التسلسل الهرمي لعقد شبكات الحساسات اللاسلكية إلى ثلاثة أنواع حسب مستوى التصنيف . أنواع هذه العقد هي نقطة الوصول والبغال وأجهزة الاستشعار كما هو موضح في الشكل التالي [8].

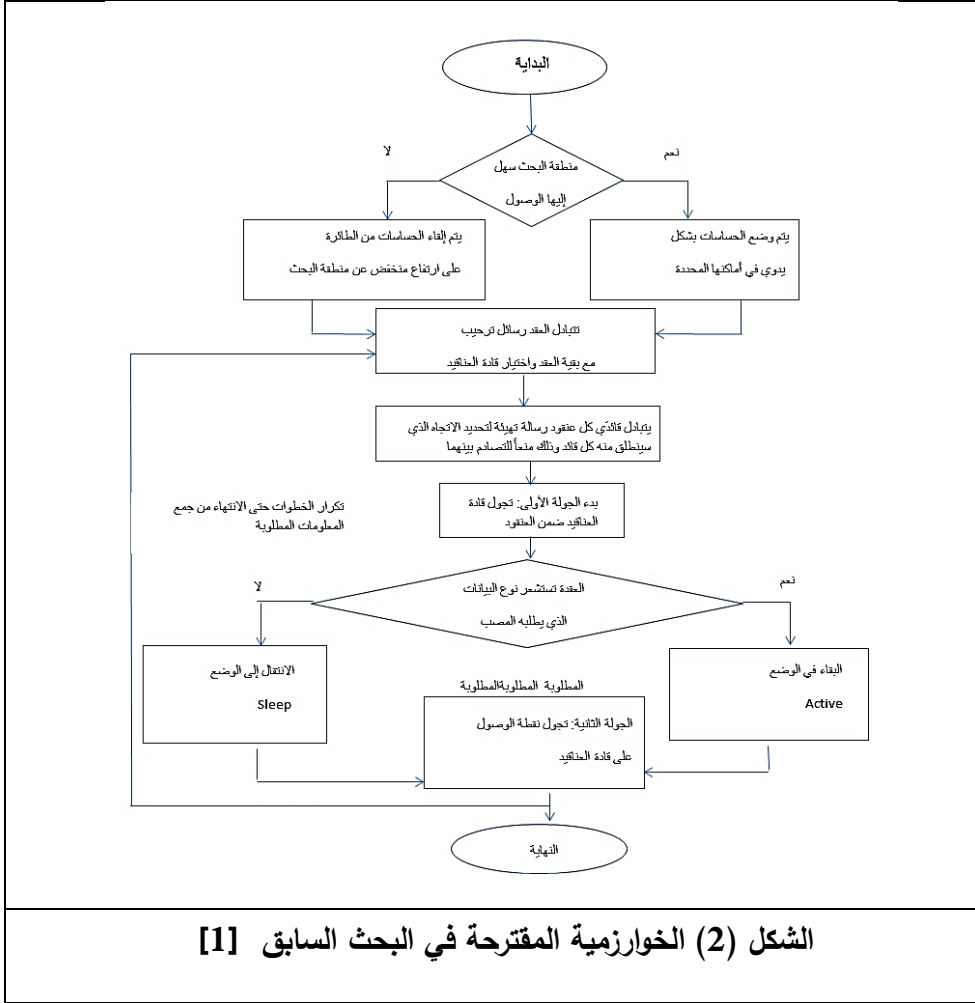




توجد نقاط الوصول في أعلى مستوى هرمي، وتتمتع بأعلى مستوى طاقة بين جميع العقد. تتجول نقطة الوصول في الشبكة وتتصفح جميع قادة المجموعات لجمع البيانات. في نهاية كل جولة، سيتم جمع جميع المعلومات حول الشبكة. تقع العقد المتحركة التي تسمى بالعادة البغال في المستوى الهرمي الثاني بعد نقطة الوصول وتلعب دور قادة العناقيد، وتتمتع البغال عمومًا بطاقة أقل من طاقة نقطة الوصول المتحركة وأعلى من طاقة بقية العقد الشبكية. في كل جولة، يمر البغل عبر جميع العقد داخل العنقود لجمع البيانات التي جمعتها تلك العقد [8].

أدنى مستوى هرمي هو عقد الحساسات اللاسلكية التي تستشعر البيانات أثناء الجولات. يتم استخدام معرف لكل عقدة يمثل نوع البيانات التي تجمعها، عندما تكون هناك حاجة إلى بيانات محددة، يتحرك قائد المجموعة نحو العقد التي تبحث عن نوع البيانات المطلوبة .

في دراسة سابقة، اقترحنا خوارزمية عمل معدلة من خوارزمية LEACH. حيث تم الاعتماد على جعل قائد العنقود متنقلًا بدلاً من أن يكون ثابتاً وتم اختيار العقدة ذات أعلى طاقة لتلعب دور القائد [1]. تم العمل وفق الخوارزمية الموضحة في شكل (2). لقد حققت هذه الطريقة تقدماً ملحوظاً فيما يتعلق بتحسين التأخير الزمني لعملية جمع البيانات من عقد الحساسات في الشبكة. ومع ذلك، وجدنا أن هذه الطريقة محدودة الاستخدام في حالة الشبكات ذات العقد عالية الكثافة.

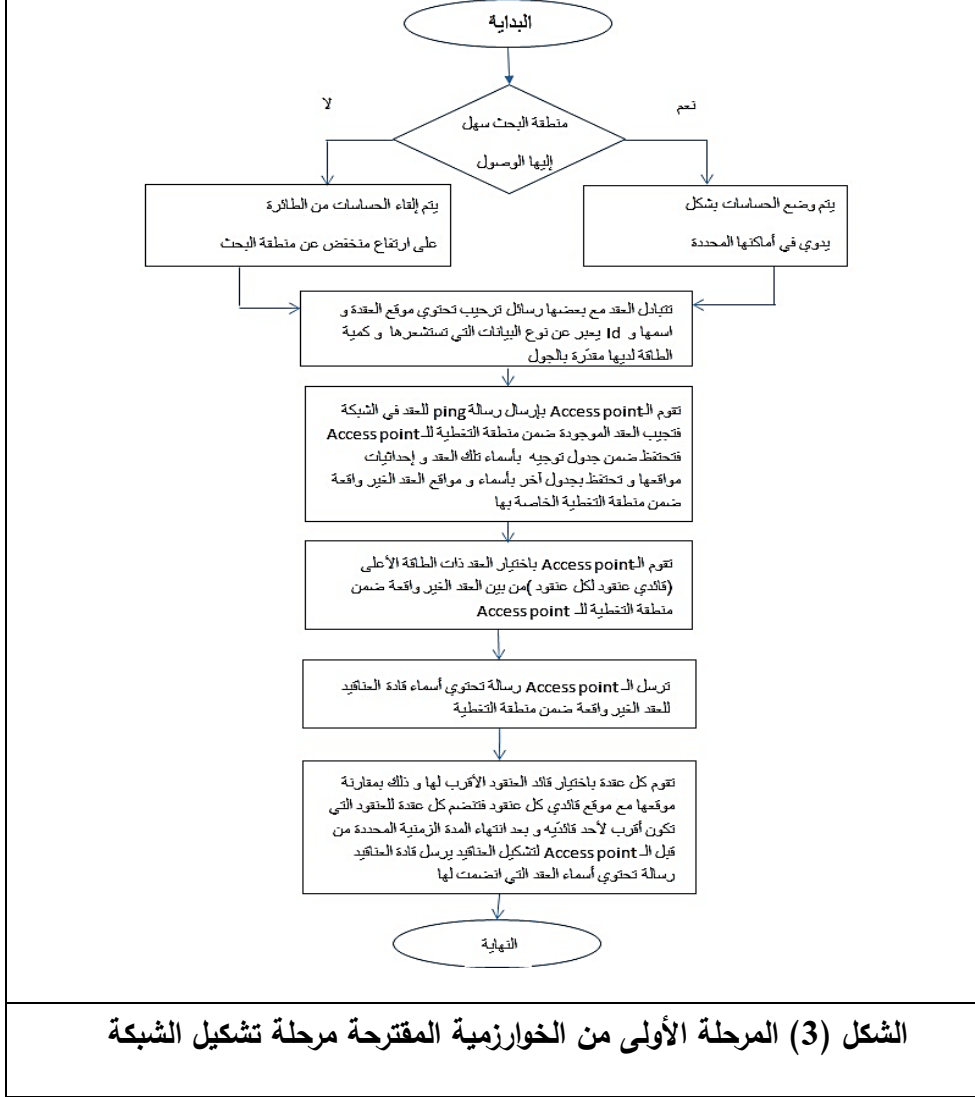


الشكل (2) الخوارزمية المقترحة في البحث السابق [1]

لقد دفعتنا المشكلة المذكورة إلى العمل على تطوير هذا البحث من أجل الوصول إلى نتائج أفضل بمشكلة التأخير الزمني. أصبحت الخوارزمية المقترحة كما هو موضح في الشكل (3).

## الآلية المقترحة في هذا البحث:

## • المرحلة الأولى: تشكيل الشبكة

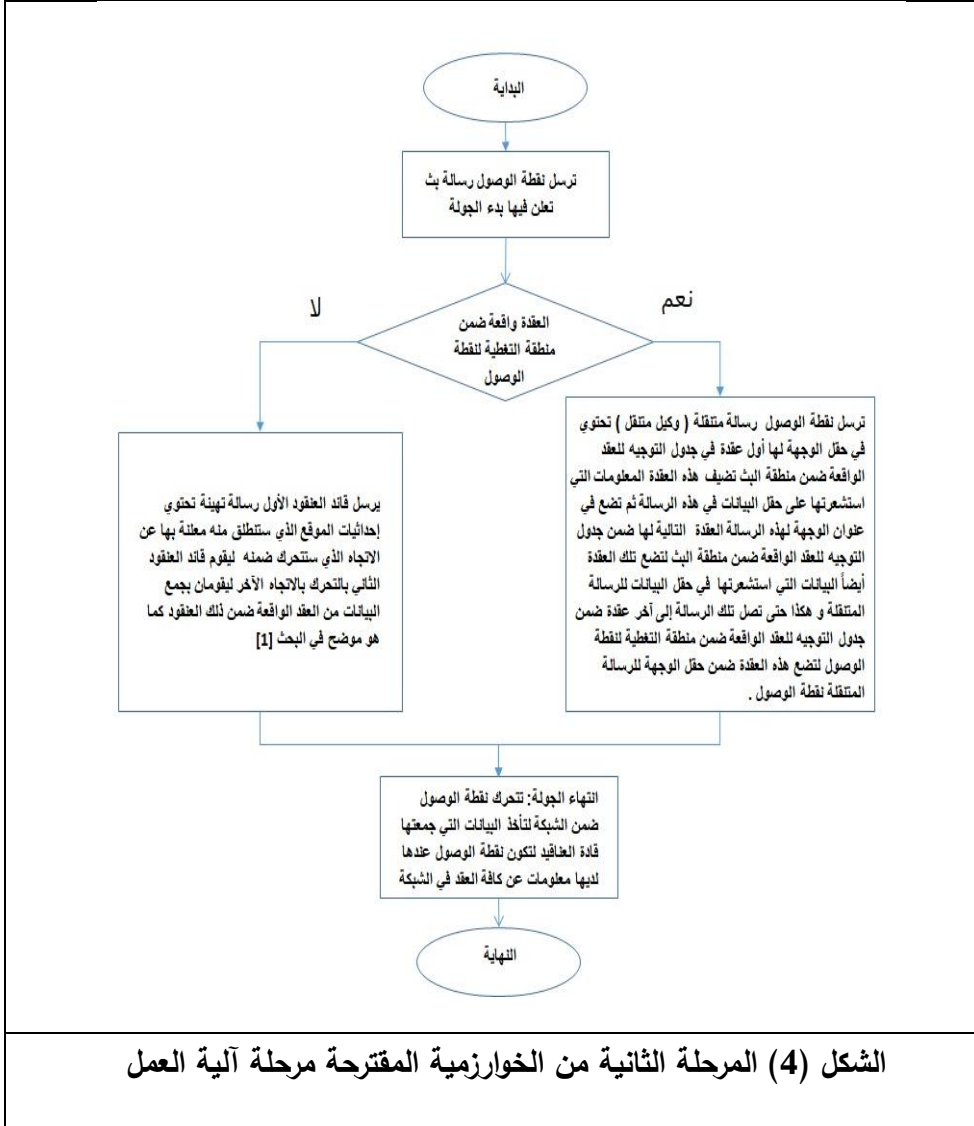


يوضح الشكل السابق المرحلة الأولى من آلية العمل المقترحة في هذا البحث ،حيث يتم تقسيم الشبكة إلى قسمين ، يضم القسم الأول عقد الحساسات اللاسلكية الواقعة ضمن

منطقة التغطية لنقطة الوصول و هي العقد التي تصلها رسالة ال ping التي أرسلتها نقطة الوصول فترسل هذه العقد رسالة تأكيد وصول فتقوم نقطة الوصول بتشكيل جدول للعقد الواقعة ضمن منطقة التغطية الخاصة بها ، يحوي هذا الجدول أسماء تلك العقد و مواقعها و نوع البيانات التي تستشعرها ، و يضم القسم الثاني بقية العقد التي لا تقع ضمن منطقة التغطية الوصول إذ يتم تقسيم هذه العقد إلى عناقيد، ويتم اختيار قائدي عنقود متحركين لكل عنقود ، يقومان بالتجول ضمن العنقود لجمع البيانات التي استشعرتها عقد الحساسات اللاسلكية ، إذ يتحرك هذين القائدين باتجاهين مختلفين لجمع البيانات من عقد الحساسات ضمن العنقود قبل انتهاء الجولة.

• المرحلة الثانية: آلية العمل:

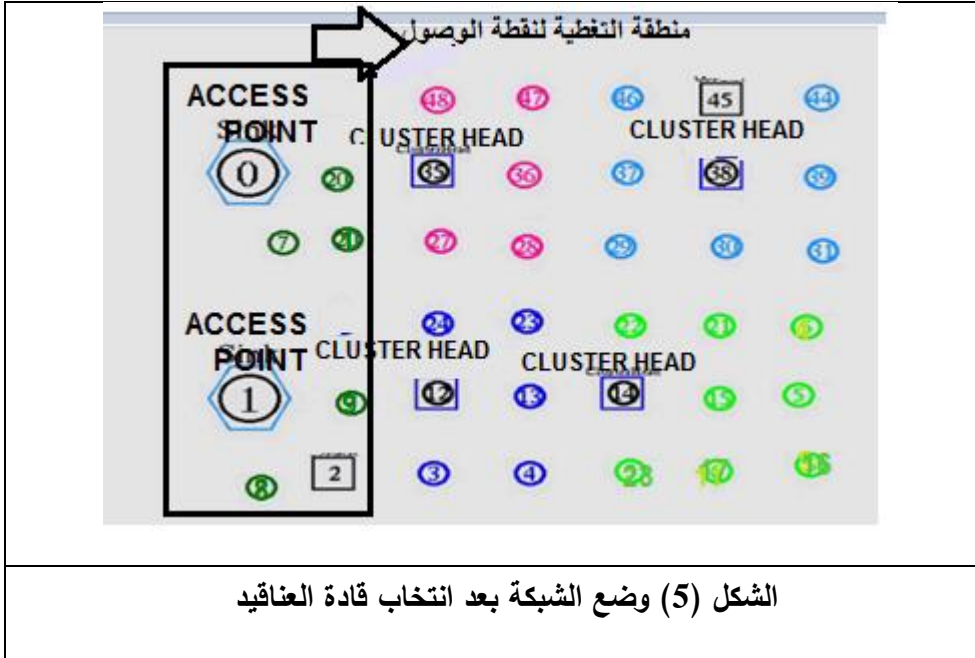
يوضح الشكل التالي آلية العمل المقترحة في هذا البحث بعد تشكيل الشبكة، إذ ترسل نقطة الوصول رسالة بث معلنة فيها بدء الجولة ، و بعد ذلك تقوم نقطة الوصول بإرسال عميل برمجي متنقل ( كيان برمجي متنقل ) للعقد الواقعة ضمن منطقة التغطية لها، إذ ترسل هذا الوكيل لأول عقدة تقع ضمن الجدول الخاص بالعقد الواقعة ضمن منطقة التغطية ليقوم بأخذ البيانات التي استشعرتها تلك العقدة و يكون عنوان الوجهة لهذا الوكيل هو العقدة التالية في الجدول السابق فيقوم بأخذ البيانات التي استشعرتها هذه العقدة و يضيفها إلى حقل البيانات لديه و يكون عنوان الوجهة له العقدة التالية لتلك العقدة و هكذا حتى يصل إلى آخر عقدة ضمن هذا الجدول فيضيف البيانات التي استشعرتها تلك العقدة إلى حقل البيانات لديه و تكون الوجهة لهذا العميل عندئذ هي نقطة الوصول التي تستقبل العميل البرمجي وتأخذ البيانات الموجودة في حقل البيانات لديه ( و هي البيانات التي استشعرتها جميع العقد الواقعة ضمن منطقة التغطية). بينما تقوم قادة العناقيد بالتنقل ضمن العنقود لجمع البيانات التي استشعرتها العقد الموجودة ضمن العنقود لتقوم نقطة الوصول عند انتهاء الجولة بالتنقل ضمن الشبكة للمرور على قادة العناقيد التي جمعتها قادة العناقيد.



#### 4- تصميم الشبكة والنتائج:

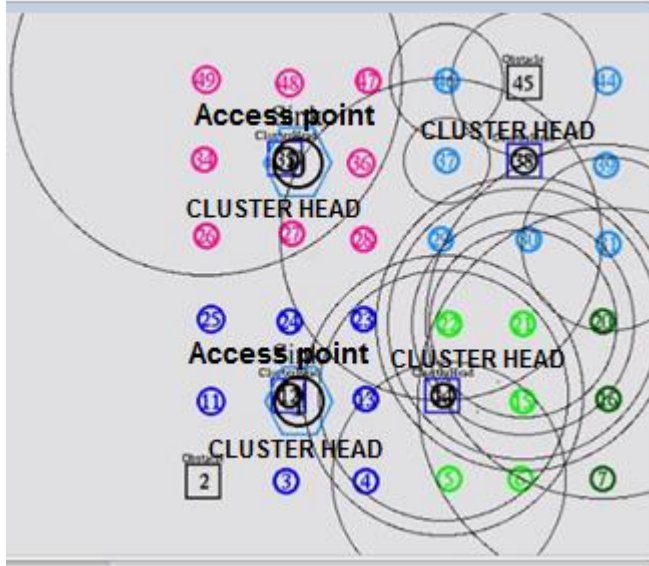
يوضح الشكل التالي تصميم الشبكة المدروسة تتكون الشبكة المدروسة من مجموعتين، كل مجموعة تضم 18 عقدة حساسة ونقطة وصول. تم وضع عقد الاستشعار في منطقة البحث، وقد تم تحديد إحداثيات الموقع لكل عقدة مستشعر مسبقاً بواسطة مصمم الشبكة. بعد وضع العقد في منطقة البحث إذ يتم تحديد إحداثيات موقع كل عقدة

حساس مسبقاً من قبل مصمّم الشبكة ويتم وضعها بشكل يدوي في تلك الأماكن وفي حال كانت المنطقة خطيرة أو يصعب الوصول إليها من قبل الإنسان فيتم رمي الحساسات من الطائرة في الأماكن المحدّدة إذ يتم رميها عن ارتفاع منخفض للمحافظة عليها من التحطّم.



الشكل (5) وضع الشبكة بعد انتخاب قادة العناقيد

يوضح الشكل (5) تشكيل العناقيد إذ يتم اختيار عدد العناقيد بشكل مسبق من قبل مصمّم الشبكة (عدد العناقيد 4 في هذا البحث) كما يوضح العقد الواقعة ضمن منطقة التغطية وهي منطقة العميل البرمجي الذي سيقوم بجمع البيانات منها.



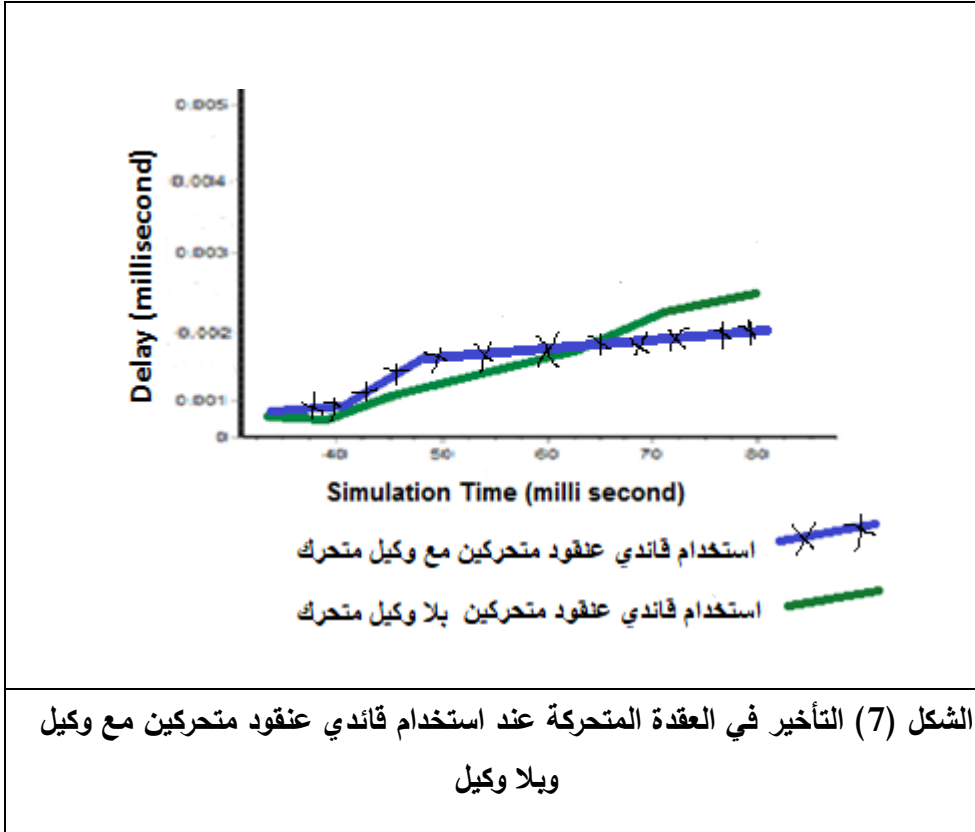
الشكل (6) حركة نقطة الوصول في الشبكة بعد انتهاء الجولة الأولى

الشكل (6) تحرك نقطة الوصول ضمن الشبكة بعد انتهاء الجولة لجمع البيانات من قادة العناقيد وذلك بعد أن قامت قادة العناقيد بالتجول ضمن عنقوده لجمع البيانات من الحساسات ضمن الجولة.

من أجل اختبار الخوارزمية المقترحة، اخترنا NS2 كمحاكي للشبكة، والذي يستخدم لمحاكاة عدد كبير من الشبكات السلكية واللاسلكية، وهو يدعم العديد من بروتوكولات الشبكة. في البداية الأمر، تم تصميم هذا البرنامج ليعمل على نظام التشغيل Linux باستخدام واجهة terminal، وبعد ذلك أصبح البرنامج يدعم العمل على نظام التشغيل windows xp من خلال برنامج Cygwin، وهو واجهة تشبه terminal ولكنها مكتوبة باستخدام تعليمات DOS. استخدمنا أيضاً XGRAPH وهو برنامج يمكنه عرض نتائج البحث في شكل رسوم بيانية.

### دراسة التأخير الزمني (delay):

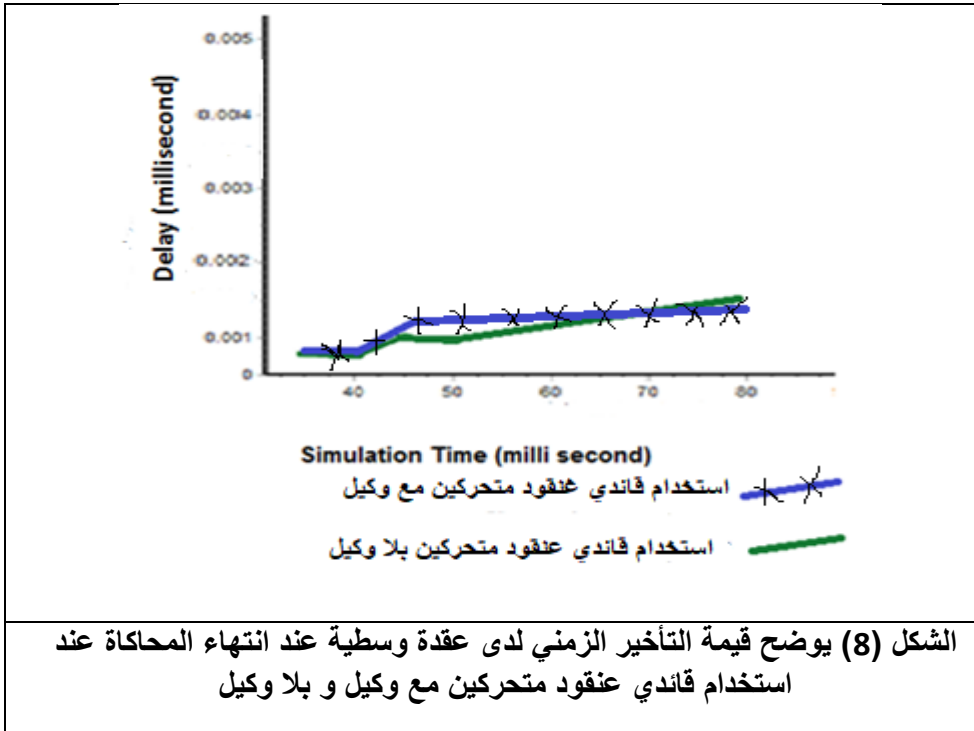
التأخير هو الفرق بين زمن إرسال رسالة طلب المعلومة من قِبَل المرسل و زمن إرسال تلك المعلومة من قِبَل المستقبل. و كلما قلَّ التأخير تكون استجابة الشبكة أعلى نظراً لأن شبكات الحساسات اللاسلكية تستخدم في التطبيقات التي تتطلب استجابة أنية فيتم نقل البيانات في الزمن الحقيقي فكلما زاد التأخير تنخفض فعالية الشبكة في الرصد.



يوضح الشكل السابق قيمة التأخير الزمني لدى العقدة المتحركة عند انتهاء المحاكاة فهي تساوي 0.002 ms عند تطبيق الآلية المقترحة في هذا البحث و هي استخدام قاندي عنقود متحركين لدى كل عنقود مع وكيل متحرك و هي أقل من قيمة التأخير

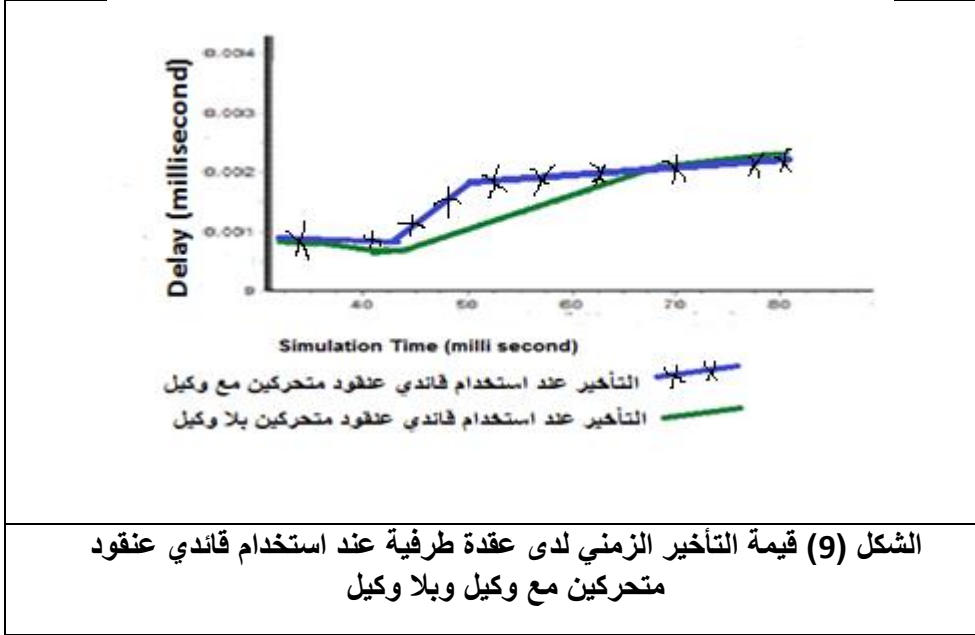


الزمني الناتج عن استخدام قائدي عنقود متحركين بلا وكيل و تساوي  $0.0028$  ms و هذا منطقي نظراً لأن استخدام الوكيل المتنقل يقسم عملية جمع البيانات ضمن العنقود إلى قسمين قسم يرسل البيانات عبر الوكيل المتنقل و لا يخضع لعملية الانتخاب إذ يقوم بإضافة البيانات التي استشعرها مباشرة إلى الوكيل المتنقل و القسم الثاني عبارة عن عنقودين يضمن العقد الأقرب لقادة تلك العناقيد ليخفف التأخير الناتج عن مرور قادة العناقيد إلى العقد البعيدة عنها ففي هذه الحالة سيقبل التأخير الناتج عن مرور قادة العناقيد نظراً لأن قسم من العقد يقع ضمن منطقة البث لنقطة الوصول فيقل عدد العقد ضمن العناقيد.



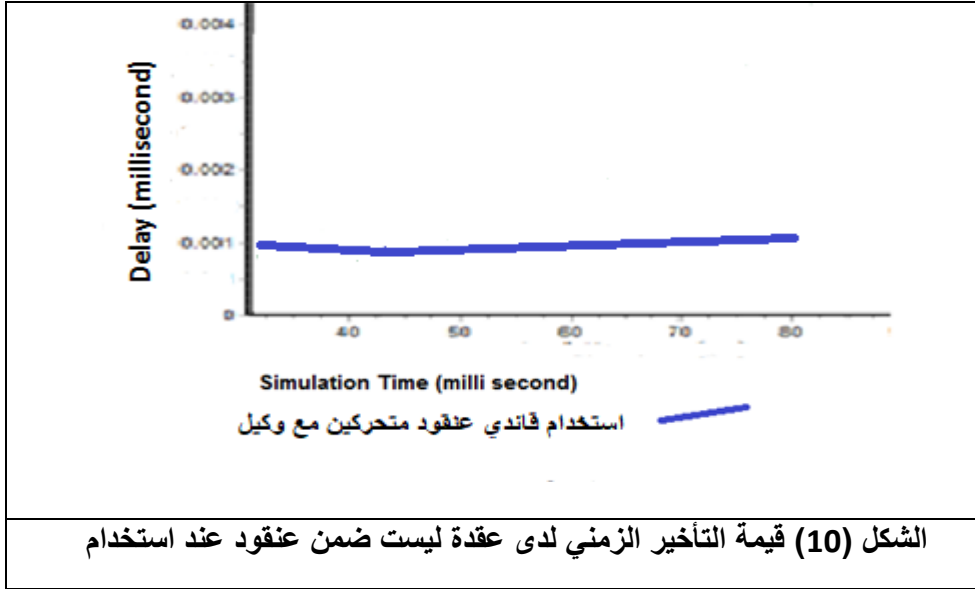
قيمة التأخير الزمني لدى العقدة الوسطية عند انتهاء المحاكاة عند استخدام قائدي عنقود متحركين مع وكيل و تساوي  $0.0016$  ms و هي أقل من قيمة التأخير الزمني عند انتهاء المحاكاة عند استخدام قائدي عنقود متحركين بلا وكيل و تساوي  $0.0018$ ms

و هذا منطقي و محتمل لأن عند استخدام قائدي عنقود متحركين يكون احتمال مرور أحد قائدي العنقود المتحركين على العقدة أسرع و أكبر مما يخفف زمن الانتظار لدى العقدة الوسطية كما أن وجود قسم من العقد ضمن منطقة التغطية لنقطة الوصول يجعل عدد العقد ضمن العناقيد أقل مما يخفف زمن الانتظار لقائد العنقود ليصل إليها.



يوضح الشكل السابق قيمة التأخير الزمني عند انتهاء المحاكاة لدى عقدة طرفية عند استخدام قائدي عنقود متحركين مع وكيل و يساوي  $0.0024 \text{ ms}$  و عند استخدام قائدي عنقود متحركين بلا وكيل متحرك واحد  $=0.0025 \text{ ms}$  و نلاحظ أن الآلية المقترحة في البحث و هي استخدام قائدي عنقود متحركين مع وكيل خفضت من قيمة التأخير الزمني لدى العقدة الوسطية عند انتهاء المحاكاة أكثر من استخدام قائدي عنقود متحركين بلا وكيل و هذا منطقي لأن احتمال وصول أحد قادة العناقيد إلى العقدة الطرفية أكبر من وصول قائد عنقود واحد و نلاحظ أن قيمة التأخير لدى العقدة

الطرفية أكبر مما هي عليه لدى العقدة المتحركة و الوسطية نظراً لزيادة الزمن المنتظر لوصول قائد العنقود إليها.



يوضح الشكل السابق قيمة التأخير الزمني لدى العقدة الواقعة ضمن منطقة التغطية لنقطة الوصول وتساوي 0.0014 ms وهي أقل من قيمة التأخير لدى باقي العقد الموجودة ضمن العناقيد نظراً لأنها تقوم بإضافة البيانات بشكل مباشر إلى الوكيل المتنقل ولا تخضع لعمليات الانتخاب و مقارنة الموقع بالنسبة لقادة العناقيد مما يخفف من قيمة التأخير الزمني لديها.

## 5-الاستنتاجات و التوصيات:

تعد مسألة تقليل التأخير الزمني لعقد الحساسات اللاسلكية من الموضوعات المهمة التي يتناولها الباحثون لما له من أثر مباشر على عمر شبكة الحساسات اللاسلكية، حيث أن إطالة عمر الشبكة يتيح استخدام تلك الشبكات في جميع المجالات والاستفادة من مزاياها بشكل أكبر.

تناول هذا البحث مسألة تقليل التأخير الزمني للعقد باستخدام تقنية العميل البرمجي المتحرك.

أظهرت نتائج البحث أن الآلية المقترحة استطاعت تحقيق تقدم ملحوظ في موضوع التأخير الزمني وكذلك فإنه من المؤكد أن هذه الطريقة ستعكس إيجاباً على استهلاك الطاقة حيث أنه في دراسة سابقة تم استخدام قائدي عنقود أي أننا قمنا بتوظيف عقدتين بالشبكة بدلاً من عقدة واحدة، بهذه الحالة نحن أمام انتقاد وهو أن تشغيل عقدتين بمهمة قائد عنقود ممكن أن يستنفذ طاقة عقدتين معاً. لذا فإننا قمنا من خلال هذه الدراسة بمحاولة الاستفادة من آلية عمل الميل البرمجي المطبقة على شبكات الانترنت وتطبيقها بمجال شبكات الحساسات اللاسلكية ad-hoc .

ممكن أن تعاني تجربتنا من مشكلة الأمن للبيانات المرسله عن طريق شبكة الانترنت لذا فإننا سنوجه بحثنا التالي بهذا المنحى وسنقوم بعرض بحثنا فور توفره.

## 6-المراجع

- [1] Ali, Dergham, and Nour Souliman. "Proposing a technique to routing data between wireless sensor nodes for increasing the life time of Wireless Sensor Networks ." Journal of Tartous univervdity 5.2 (2021).
- [2] Ali, Hajrulla, and Nour Souliman. "Reducing the Wireless Sensor Networks' Delay by Reducing Program's Complexity and by Using Parallel Processing Mechanism ." European Modern Studies Journal 6.4 (2022).
- [3] Devarajan, K., and V. Padmathilagam. "An enhanced cluster gateway switch routing protocol (ECGSR) for congestion control using AODV algorithm in MANET." International Journal of Computer Applications 123.3 (2015).
- [4] Mamoun, Mamoun. "Important characteristic of differences between DSR and AODV routing protocol." MCN 2007 Conference, November. Vol. 50. 2007.
- [5] Heinzelman, Wendi Rabiner, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan. "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks." Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on system sciences. IEEE, 2000.
- [6] Purohit, Rakhi, and Bright Keswani. "Node mobility impact on Zone routing protocol." International Journal of Computer Applications 975 (2015): 8887.
- [7] Gumaste, S. V., M. U. Kharat, and Thakare VM. "Performance analysis of DSR protocol." International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER), ISSN (Online) (2013): 2347-3878.
- [8] Kumar, M. Ravi, N. Geethanjali, and N. Ramesh Babu. "Energy Aware DSDV and FSR Routing Protocols in Mobile Ad Hoc

Networks." International Journal Of Computer Trends And Technology 4.4 (2013).

[9]Al-Rahayfeh, Amer A., Muder M. Almi'ani, and Abdelshakour A. Abuzneid. "Parameterized Affect of Transmission-Range on Lost of Network Connectivity (LNC) of Wireless Sensor Networks." (2010).

[10] Jain, Sushant, et al. "Exploiting mobility for energy efficient data collection in wireless sensor networks." Mobile networks and Applications 11.3 (2006): 327-339.

[11]Lindsey, Stephanie, and Cauligi S. Raghavendra. "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems." Proceedings, IEEE aerospace conference. Vol. 3. IEEE, 2002.

[12]Abuhelaleh, Mohammed A., Thabet M. Mismar, and A. A. Abuzneid. "Armor-LEACH-energy efficient, secure wireless networks communication." 2008 Proceedings of 17th international conference on computer communications and networks. IEEE, 2008.

[13] Ali, Loubna, Hervé Mathieu, and Frédérique Biennier. "Monitoring and Managing a Distributed Networks using Mobile Agents." 2006 2nd International Conference on Information & Communication Technologies. Vol. 2. IEEE, 2006.