

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 13

1444 هـ . 2023 م

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

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث
بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
46-11	م. خالد الهزاز د. ياسر عملة د. نبيل دحدوح	مراقبة جسم المريض لاسلكيا باستخدام بروتوكولات Zigbee
64-47	م. علي سعيد د. سليمان علي د. علي هترة	تحسين خواص الفولاذ SUP3 من خلال التغيير في درجة حرارة الإرجاع للمعالجة الحرارية
102-65	م. علي الحسن د. ماهر عباس د. وسيم رمضان	إدارة موارد الشبكة من خلال دراسة توزيع البيانات والتنقيب بحركة بيانات المستخدم
134-103	م. ونام معلا د. محمد غانم	تطوير نموذج رياضي للتنقيب بقوة الجر والقوة الرأسية على محراث تحت التربة المزود بأجنحة
154-135	م. زينه يوسف د. شحادة موسى	اقتراح خوارزمية البرج الأفضل في تقنية الوصول الى الشبكات المتعددة "MNA"

مراقبة جسم المريض لاسلكيا باستخدام بروتوكولات Zigbee

طالب الدكتوراه: المهندس خالد الهزاز

كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية - جامعة البعث

باشراف : د. ياسر عملة + د. نبيل دحدوح

المخلص

تم في هذا البحث دراسة نقل إشارات و قياسات الحساسات الألكترونية المتصلة مع جسم المريض، و إيصالها لاسلكيا إلى المراكز الطبية التي تتابع حالة المريض الصحية ، كما تم تصميم وتنفيذ دائرة الكترونية يمكنها قراءة جميع أنواع الحساسات التمثيلية و الرقمية و نقل القراءات لاسلكيا إلى شبكات الرعاية الصحية التي تعتمد تعتمد بروتوكولات Zigbee.

الكلمات المفتاحية:

Zigbee ، الحساسات الألكترونية ، حرارة ، ضغط .

Wireless patient body monitoring using Zigbee protocols

Abstract

In this research, , we studied the transmission of signals and measurements of electronic sensors connected with the patient's body, An electronic circuit has been designed and implemented. that can read all types of analog and digital sensors , and transmit readings wirelessly to health care networks, that adopt Zigbee protocols.

Key words:

Zigbee, Electronic Sensors, Temperature, Pressure

الدراسة العامة والمرجعية

1-1 هدف البحث :

دراسة وصل الحساسات الإلكترونية مع جسم الإنسان ، و وضع البرامج اللازمة لحل معادلات قراءة الحساسات، و ارسال القراءات لاسلكيا إلى المراكز الطبية التي تتابع حالة المريض عن بعد.

2-1 مقدمة :

تتطلب مراقبة المرضى كبار السن و ذوي الأمراض المزمنة متابعة دائمة و إجراء تحاليل و قياسات دورية، كما أن بعض الحالات تتطلب إقامة في المشفى بسبب الحاجة لأجهزة مراقبة دائمة ، و هذا ما يقيد حركة المرضى ، و يتطلب عددا كبيرا من العاملين في المجال الطبي، و تكلفة عالية لمتابعة الحالات المختلفة، لأن أجهزة القياس و التحاليل التقليدية القديمة تتطلب كادرا طبيا متخصصاً و لا يمكن نقلها و استخدامها خارج الأماكن المخصصة لها ضمن المراكز الطبية.

3-1 الدراسة العامة والمرجعية

دخلت الحساسات الالكترونية المصنعة من مركبات أنصاف النواقل، و من مركبات مختلفة أخرى، لتحل محل أجهزة القياس و طرق القياس القديمة .

و قد تم اجراء عدد كبير من الدراسات لاستخدام هذه الحساسات لمراقبة جسم الانسان حيث أجريت دراسات لوضع الحساسات الالكترونية داخل الأثاث و الكراسي و المفروشات التي يستخدمها المريض [4] . تتطلب هذه الطريقة حركات و أوضاع جلوس محددة لكي تتم عملية المراقبة و القياس و هذا يصعب تنفيذه عمليا.

كما أجريت دراسات لاستخدام الحساسات ذات التغذية اللاسلكية حيث تم وضع الحساسات بملامسة جسم المريض و أجهزة نقل التغذية اللاسلكية و البيانات في نفس الغرفة . هذه الطريقة لا تتطلب بطاريات يحملها المريض معه و لكن تؤمن مراقبة المريض ضمن الغرفة فقط و لمسافات لا تتعدى ثلاثة أمتار عن الأجهزة الثابتة الموضوعه في الغرفة [17]. هذه الطريقة تخلص المريض من وزن البطاريات و إعادة شحنها و لكنها تستخدم حساسات كبيرة الحجم لاحتوائها على نظام استقبال التغذية لاسلكيا و ارسال البيانات لاسلكيا أيضا.

كما أجريت عدة دراسات لاستخدام بروتوكولات الاتصال قصيرة المدى لإتاحة مجال حركة أكبر للمريض يصل الى مئات الأمتار، و ركزت بض هذه الدراسات على بروتوكول الاتصال ZIGBEE [18] كونه يناسب طريقة المراقبة و المتابعة المطلوبة [18]. استخدمت بعض الدراسات وحدات اتصال ZIGBEE لكل حساس، و هذا ما تطلب وحدات تغذية كبيرة و عدد من وحدات الاتصال ZIGBEE لكل مريض.

سوف نقوم في هذه الدراسة بالاستفادة من محاسن الدراسات السابقة و حل مشاكل الطرق المتبعة سابقا عن طريق استخدام حساسات صغيرة الحجم والوزن . ذات طاقة منخفضة جدا ، و وصل جميع الحساسات إلى وحدة ارسال ZIGBEE واحدة لكل مريض ، باستخدام معالج تحكم و برنامج ينفذ مهام القراءة و الارسال.

1-4 المقادير الفيزيائية في جسم الإنسان القابلة للقياس إلكترونياً

يحتوي جسم الإنسان على عدد من المقادير الفيزيائية التي يمكن قياسها باستخدام الحساسات الإلكترونية وأهمها: حرارة الجسم، وضغط الدم، وسكر الدم، ونسبة الهيموغلوبين في الدم، وإشارات النشاط العضلي، وإشارات القلب الحيوية، وغيرها.

1-5 تطور الحساسات الإلكترونية

لقد أدى تطور صناعة العناصر الإلكترونية، ومنها الحساسات الإلكترونية الطبية، إلى إنتاج حساسات إلكترونية صغيرة من حيث الحجم والوزن، ولا تتطلب طاقة كبيرة لتشغيلها. وبعد تطور صناعة الحساسات وتصغير حجمها أصبح سلك التوصيل هو العائق فنياً، والمكلف مادياً في عملية توصيل هذه الحساسات إلى أجهزة المراقبة المتصلة معها. لذلك، بدأت بعض الشركات لاعتماد الطرق الرقمية واللاسلكية لوصل الحساسات مع الأجهزة المرفقة معها، وهذا ما أدى إلى ظهور أجهزة العناية والمراقبة الصحية اللاسلكية.

استخدام بروتوكول الاتصالات ZIGBEE

تعتبر العناية والمراقبة الصحية اللاسلكية أفضل من السلكية لأنها تتيح للمريض التحرك ضمن الغرفة بحرية دون الخوف من عطل أو فصل الأسلاك عن الأجهزة المرفقة معها. لذلك، بدأت الشركات والمراكز البحثية بالتفكير والعمل على تطوير هذه التقنية، لكي تتجاوز عملية المراقبة حدود الغرفة والمشفى، بحيث يمكن للمريض التحرك ضمن المدينة وحتى خارجها بحرية، مع بقاءه ضمن المراقبة والمتابعة الطبية من قبل المشافي أو المراكز المتخصصة. وذلك، باستخدام طرق الاتصال اللاسلكية المحمولة، التي يمكنها تأمين نقل إشارات وقياسات الحساسات الملامسة لجسم المريض، وإيصالها لاسلكياً إلى المراكز الطبية التي تتابع حالة المريض [4].

تستخدم تجهيزات الاتصالات المحمولة يدوياً بروتوكولات الاتصالات قصيرة

المدى مثل:

Bluetooth , ZigBee , IEEE 802.11 Wireless Local Area Network
[Wi Fi]

2-1 ميزات بروتوكول الاتصالات ZIGBEE

يعتبر بروتوكول ZigBee هو البروتوكول المفضل في الاتصالات القصيرة المدى لمراقبة المرضى للأسباب التالية [3]:

أ- المحاسن :

- مسافة اتصال جيدة، حتى 100 متر، وهذه أهم ميزة مطلوبة.
- يخدم أكبر عدد من خلايا الاتصال يصل حتى 255 في القاعدة الواحدة، وهي ميزة هامة جداً.
- طاقة منخفضة جداً، وهي ميزة هامة ومرغوبة فنياً وصحياً

ب- المساوئ :

إن معدل نقل البيانات منخفض، ولكنه كاف لنقل بيانات القياسات المطلوبة للمراقبة الصحية، لأن معدل القياسات منخفض نسبياً ولا يتطلب معدل نقل عالٍ للبيانات.

2-2 لمحة عامة وتاريخية عن بروتوكول الاتصالات ZigBee

إن ZigBee هو بروتوكول شبكي مبني على المعيار IEEE 802.15.4، وإن هذا البروتوكول قد أحدث تحولاً جذرياً في ميدان الصناعة وأتمتة المنازل. وهو يساعد في بناء شبكة الحساسات اللاسلكية كما يستخدم اليوم في أتمتة المنازل الذكية [1].

ويتميز هذا البروتوكول بكونه يستهلك قدرًا قليلاً من الطاقة، حيث إن البطارية تكفي لزمن طويل قد يصل أحياناً لسنتين. ويتميز أيضاً بمعدل نقل منخفض للبيانات من 50 كيلو بت/ث إلى 250 كيلو بت/ث وهذا كافٍ لنقل قيم الحساسات ونقل الأوامر إلى الأجهزة الأخرى. ويتمتع بمستوى جيد من الأمن، فضلاً عن إمكانية ربط عدد غير محدود من العقد في الشبكة. كما ويتميز ZigBee بأنه يستغرق وقتاً قليلاً جداً لبدء العمل، مما يجعله حلاً مناسباً لأنظمة التحكم في الصناعة، فهو يستهلك قدرًا قليلاً من الطاقة. ولا يحتاج لوقت كبير لبدء التشغيل، مما يساعد على إرسال عدة رسائل لمركز التحكم بخصوص القراءات المختلفة مع سرعة في إرسال البيانات.

تدعم طبقة شبكة اتصال ZigBee كلاً من الشبكات النجمية والشجرية، والشبكات العامة والمباشرة. ويجب أن يكون لكل شبكة جهاز منسق واحد، مكلف بإنشائها، والسيطرة على معالمها وإدارتها. وضمن الشبكات النجمية، يجب أن يكون المنسق هو العقدة المركزية. تسمح كلا من الطريقة الشجرية وطريقه النجمة باستخدام الموجهات ZigBee لتوسيع الاتصالات على مستوى الشبكة.

تبنى شبكة ZigBee على الطبقة المادية من الشبكة، فيكون التحكم في الوصول إلى الوسائط المعرفة في معيار IEEE standard 802.15.4 منخفضة المعدل. وتشمل المواصفات أربعة مكونات رئيسية إضافية: (1) طبقة الشبكة، (2) طبقة التطبيقات، (3) كائنات جهاز زيجبي (زدوس ZDOs) هي المسؤولة عن بعض المهام، بما في ذلك تتبع أدوار الجهاز، وإدارة الطلبات للانضمام إلى شبكة، وكذلك اكتشاف الجهاز والأمن، (4) كائنات التطبيق: (المعرفة من قبل الشركة المصنعة) التي تساعد على ادارة الشبكة [9].

2-3 مجالات انتشار واستخدام البروتوكول ZigBee

لقد أصبح البروتوكول ZigBee هو المفضل في المجالات التالية: أتمتة المنزل، الطاقة الذكية، خدمات الاتصالات، الرعاية الصحية، التحكم عن بعد، أتمتة المباني التجارية، بوابات الدخول، مجال الطاقة الخضراء وأتمتة المنازل.

2-4 أنواع الأجهزة وبنية شبكة ZigBee

تتألف شبكة ZigBee من ثلاثة أنواع من الأجهزة:

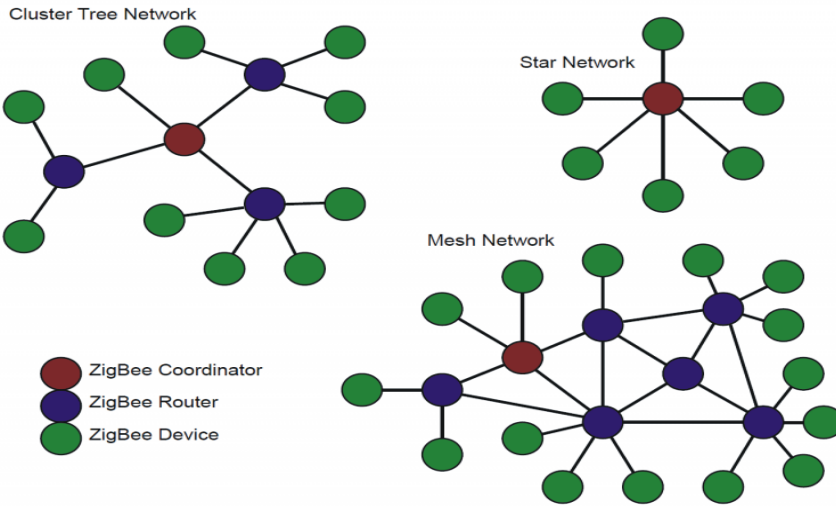
- (1) المنسق (ZigBee Coordinator (ZC): الجهاز المنسق، ويشكل جذر شجرة الشبكة و و وصلة الجسر إلى الشبكات أخرى. يجب أن يكون هنالك منسق واحد ZigBee في كل شبكة، لأنه هو الجهاز الذي بدأ الشبكة في الأصل. ولذلك، فإنه يخزن المعلومات حول الشبكة، بما في ذلك العمل كمركز الثقة ومستودع لمفاتيح الأمن في الشبكة.
- (2) الموجه (راوتر) (ZigBee Router (ZR): يعمل على تشغيل وظيفة التطبيق الأساسية، ويمكن لتطبيق الموجه أن يمرر البيانات عبره بين الأجهزة الأخرى.

3) الطرفيات (ZigBee end (ZED) وهي تحتوي على وظائف كافية للتحدث إلى العقدة الرئيسية (إما المنسق أو الموجه)؛ ولا يمكنه ترحيل البيانات بين الأجهزة الأخرى. هذه العلاقة تسمح للعقدة لتكون نائمة لفترة طويلة من الوقت مما يعطي عمراً طويلاً للبطارية. إن ZED يتطلب أقل قدر من الذاكرة. وبالتالي، يمكن أن يكون أقل تكلفة من ZC أو ZR [3].

2-5 شروط الاستخدام في شبكة ZigBee :

إن شروط الاستخدام هي: 1. لا يمكن تشغيل وحدة ZigBee إلا كواحدة من أنواع الأجهزة الثلاثة المذكورة أعلاه. 2. لا يمكن أن تحتوي الشبكة على أكثر من منسق ZC واحد فقط. 3. يمكن أن تحتوي الشبكة على أكثر من موجه Router.

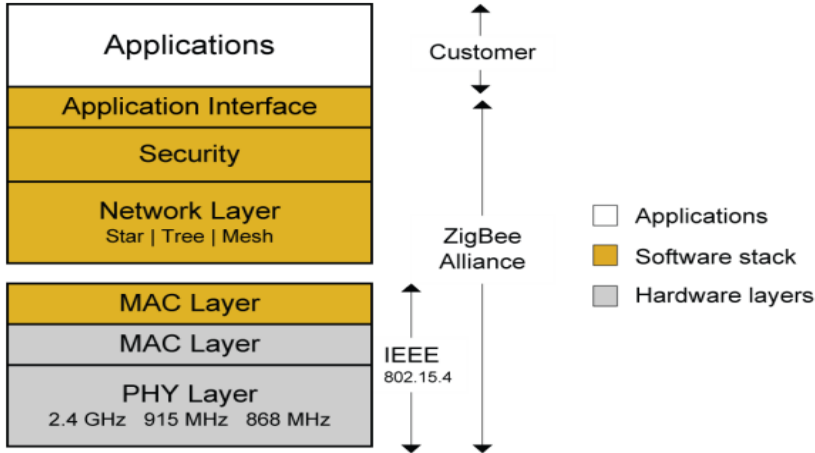
يبين الشكل (1) بنية شبكات Zigbee. حيث يظهر فيه ثلاث أنواع من الشبكات هي شبكات الشجرية العنقودية Cluster Tree Network والشبكة النجمية Star Network والشبكات الحلقية Mesh Network. كما يظهر ثلاثة استخدامات لـ Zigbee، كمنسق Coordinator باللون الأحمر، وكموجه Router باللون الأزرق، وكجهاز Device باللون الأخضر.



الشكل (1): بنية شبكات ZigBee.

6-2 طبقات بروتوكول ZigBee :

يبين الشكل (2) طبقات بروتوكول ZigBee.



الشكل (2): طبقات بروتوكول ZigBee.

وهذه الطبقات هي:

1. طبقة التطبيقات APPLICATION LAYER: وهي الطبقة التي يتعامل فيها المستخدم مع واجهات البرامج المستخدمة للعمل.
2. طبقة تنسيق التطبيقات INTERFACE LAYER: وفيها يتم تهيئة ومعالجة البيانات المعدة للإرسال وإعادة تنسيق البيانات المستقبلية عن طريق الشبكة.
3. طبقة الحماية والأمان SECURITY LAYER: يتم فيها إعداد تشفير البيانات المرسلة وفك تشفير البيانات المستقبلية.
4. طبقة الشبكة NETWORK LAYER: يتم فيها تحديد نوع العمل وبنية الشبكة المطلوبة. ومصدر البيانات الواردة وتحديد وجهة البيانات المرسلة؛ (IP ADDRESS).
5. طبقة توصيل البيانات 1 MAC LAYER: يتم فيها وضع عنوان الجهاز المرسل لتحديد هويته.

6. طبقة توصيل البيانات MAC LAYER 2: يتم فيها تنسيق تدفق البيانات المرسل إلى الطبقة الفيزيائية لمنع التعارض في الارسال مع باقي الأجهزة الأعضاء في الشبكة. [11]

تعتبر الطبقة MAC في البروتوكول ZigBee طبقة متعددة الوصول فهي تسمح لعدد من المستخدمين، كما ذكرنا، يصل حتى 255 مستخدم من التواصل عبرها اعتماداً على بيانات الطبقة الفيزيائية (المادية) PHYSICAL LAYER. كما تشمل طبقة MAC على آلية تشكيل الشبكة والانضمام إليها. حيث إن الطبقة الفيزيائية هي الطبقة المسؤولة عن تحويل البيانات إلى نبضات كهربائية يتم ارسالها عبر الهوائي في الجو المحيط، واستقبال الإشارات الكهربائية الواردة من الهوائي.

7-2 أمن البيانات في Zigbee

يستخدم Zigbee مفاتيح حجمها 128 بت لتشفير البيانات. ويمكن ربط أحد المفاتيح إما بشبكة يمكن استخدامها بواسطة كل من طبقات Zigbee وطبقة MAC الفرعية، أو إلى رابط الاتصال قبل الاتفاق والنقل. ويستند إنشاء مفاتيح روابط الاتصال إلى مفتاح رئيسي يتحكم في المراسلات الرئيسية للروابط. لذلك، يجب على الأقل الحصول على المفتاح الرئيسي الأولي من خلال وسيلة آمنة (النقل أو ما قبل التثبيت)، حيث يعتمد أمن الشبكة بأكملها على ذلك. تكون الروابط والمفاتيح الرئيسية مرئية فقط لطبقة التطبيق. وتستخدم الخدمات المختلفة أشكال مختلفة في اتجاه واحد لمفتاح الرابط لتجنب تسرب البيانات والمخاطر الأمنية، إن توزيع المفاتيح هو واحد من أهم الوظائف الأمنية للشبكة. وتستخدم التطبيقات النموذجية التي لا تحتاج إلى احتياجات أمنية خاصة مفتاح الشبكة الذي يوفره مركز الثقة (من خلال القناة غير الآمنة في البداية) وهكذا، يحتفظ مركز الثقة بكل من مفتاح الشبكة ويوفر الأمن من نقطة إلى نقطة. حيث إن أجهزة الشبكة سوف تقبل فقط الاتصالات التي تنشأ باستخدام المفتاح المقدم من

مركز الثقة، باستثناء المفتاح الرئيسي الأولي. وتتوزع بنية الأمن بين طبقات الشبكة على النحو التالي:

1. تكون طبقة MAC الفرعية قادرة على تأمين اتصالات موثوقة لقفزة واحدة فقط، وكقاعدة عامة، يتم تحديد مستوى الأمان الذي يجب استخدامه من قبل الطبقات العليا.

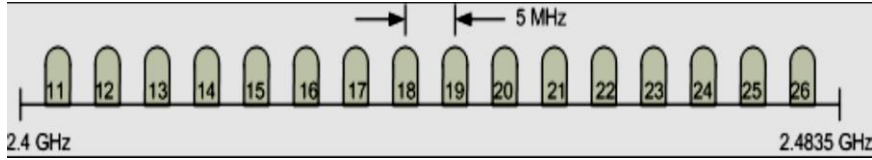
2. تقوم الطبقة الثالثة NETWORK بإدارة التوجيه ROUTING ومعالجة الرسائل المستلمة، والقدرة على تقديم طلبات البث. وتستخدم الرزمة الصادرة FRAME مفتاح الرابط LINK key المناسب وفقاً للتوجيه إذا كان متوفراً، وإلا، سيتم استخدام مفتاح الشبكة لحماية رزم البيانات القادمة من الأجهزة الخارجية.

3. تقدم طبقة التطبيقات APPLICATION خدمة إنشاء ونقل المفتاح لكل من Zigbee end والتطبيقات.

8-2 ترددات الإرسال في تجهيزات ZigBee

يقدم المعيار ZigBee ثلاثة خيارات للاتصال حسب التردد:

عند التردد 2.4 GHz يكون توزيع الأفضية كما في الشكل (3).



الشكل (3): قنوات الاتصال في ZigBee.

يستخدم ZigBee قنوات الاتصال للنطاق الترددي 2.4 GHz وحتى 2.405 GHz. حيث يعطى نطاق الإرسال في ZigBee بالعلاقة التالية:

$$R = 10^{\left[\frac{P_0 - F_m - P_r - 10 \times n \times \log_{10}(f) + 30 \times n - 32.44}{10 \times n} \right]} \quad \text{العلاقة (1)}$$

حيث P_0 هي استطاعة المرسل (يتضمن ربح الهوائي)، و F_m هي مجال الخفوت مقدرا بال dB، و P_r هي حساسية المستقبل، و n هو ضياع مسار قناة الاتصال، و f هو تردد الإشارة المرسلة.

2-9 دراسة بنية شبكة الرعاية الطبية باستخدام شبكة ZigBee

عند دراسة نموذج لشبكة الرعاية الصحية باستخدام تجهيزات و ZigBee، نجد أن هذه الشبكة تتمتع بمزايا خاصة تفرضها قيود بروتوكول هذه الشبكة وهي: 1. طاقة ارسال واستقبال منخفضة جداً، 2. تدفق بيانات منخفض 250 كيلو بت/ثانية، 3. عرض حزمة ارسال 2 ميغا هرتز، 4. عدد أقنية 16 قناة اتصال، 5. عدد مستخدمين 255 في العقدة الواحدة، 6. عدد العقد يصل حتى 65000 عقدة، 7. يمكن للجهاز المفرد الانضمام للشبكة، أو العمل كموجه للعقدة، أو مدير لاتصالات العقدة، وهي تشكل مزايا جيدة، 8. زمن بدء العمل والإقلاع 15 ميلي ثانية [3].

2-9-1 متطلبات شبكة الحساسات اللاسلكية

لبناء شبكات الحساسات اللاسلكية يجب تحديد ما يلي:

- **مدى الحركة:** تحديد طاقة الارسال وزيادة حساسية المرسل. لذلك، تم اختيار المعيار ZigBee. (المسافة تتراوح بين 10 - 100 - 300 متر في ZigBee)
- **الحساسات المناسبة:** استخدام حساسات صغيرة الحجم وتستهلك أقل قدر ممكن من الطاقة. يعمل الباحثون في مجال الفيزياء والشركات المصنعة لتطويرها.
- **معالجات التحكم المناسبة:** استخدام معالجات تحكم ذات سرعة عمل مناسبة بحيث توازن بين سرعة العمل وحجم الذاكرة واستهلاك الطاقة.

- **معدل تدفق البيانات المناسب:** تحديد الحد الأدنى لمعدل أخذ العينات من كل نوع من الحساسات بما يتناسب مع حجم بيانات الحساس ومعدل تغيرات المقدار الفيزيائي الذي يقيسه الحساس؛ أي ضغط البيانات إلى الحد الأدنى المقبول.

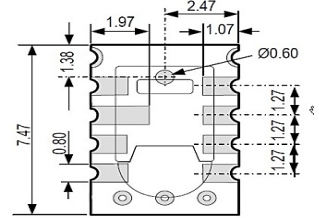
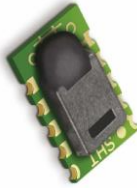
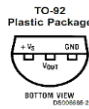
2-9-2 الحساسات الإلكترونية المناسبة لجسم الإنسان [2]

2-9-2-1 حساسات الحرارة

- **حساسات حرارة على شكل دائرة متكاملة** تحول درجات الحرارة إلى إشارة كهربائية، أشهرها حساس الحرارة SHT75 / SHT11، والحساس LM34 - LM35، **الشكل (4).**
- **2. حساسات حرارة على شكل مقاومة أومية (NTC-PTC- Thermistor)** وهي مقاومات مصنعة من خلنط معدنية مختلفة تتغير مقاومتها مع تغيرات درجة الحرارة، ولكنها غير خطية، ولها معادلة رياضية تحدد قيمة المقاومة عند كل درجة حرارة لها الشكل:

$$R = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \quad (2) \text{ العلاقة}$$

حيث R هي قيمة المقاومة المقاسة، و R_0 هي قيمة المقاومة عند درجة الحرارة T_0 ، و T هي درجة الحرارة في أثناء عملية القياس، و T_0 هي درجة الحرارة التي قيست عندها R_0 ، و β هو ثابت يتعلق بنوع الحساس. يبين **الشكل (5)** حساسات بمقاومات حرارية.

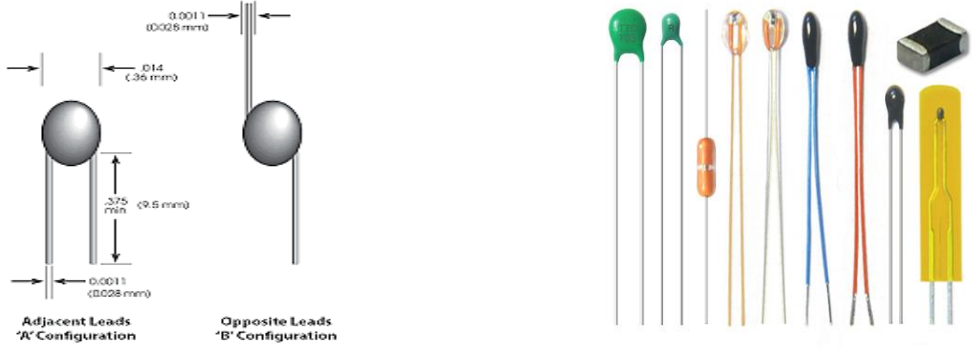


حساس الحرارة

LM34 - LM35

الشكل (4): حساس الحرارة SHT75 / SHT11

(الأبعاد بالمليمتر).



الشكل (5): حساسات الحرارة نوع NTC-PTC– Thermistor

رغم أن تغيرات هذا النوع من المقاومات غير خطية مع تغيرات درجة الحرارة، إلا أنها الأوسع انتشاراً والأكثر استخداماً للأسباب التالية: 1. تغيراتها كبيرة بالمقارنة مع أنواع الحساسات الأخرى مما يعطي دقة عالية في القياس، 2. ذات استهلاك منخفض للطاقة، 3. ذات استجابة فورية للقياس عند تطبيق التغذية.

2-2-9-2 حساسات ضغط الدم: وهي شرائح إلكترونية من أنصاف النواقل تعطي إشارة متناسبة مع الضغط المطبق عليها، وبذلك يمكنها قياس ضغط الدم الأعلى والأدنى عند وصلها مع معالج مناسب يحوي برنامج يستطيع معالجة واستخلاص نتيجة القياس. يبين **الشكل (6)** حساسات ضغط دم



الشكل (6): حساسات قياس ضغط الدم أبعادها $2 \times 2 \text{ mm}$

2-9-2-3 حساس قياس نسبة الهيموغلوبين في الدم وقياس نسبة

الأكسجين في الدم: pulse oximeter وهو عبارة عن مرسل أشعة حمراء وتحت حمراء من جهة ومستقبل من جهة أخرى ويستخدم كما يلي: يوضع الجهاز عادة حول أحد أصابع اليد. ومن أحد الجوانب يبث الجهاز إضاءة حمراء وأشعة تحت الحمراء ويوجد في الجانب الآخر مستقبل ضوئي. يقيس هذا المستقبل كمية الضوء الممتص. ومن المعروف أن الخواص الفيزيائية للهيموغلوبين المتأكسد تختلف عن تلك لغير المتأكسد بحيث أن الهيموغلوبين المتأكسد يمتص الأشعة تحت الحمراء أكثر من غير المتأكسد. بينما الهيموغلوبين غير المتأكسد يمتص الضوء الأحمر أكثر ويسمح للأشعة تحت الحمراء بالنفوذ. وهكذا يقوم الجهاز بقياس كمية الضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء ويحلل كمية الأكسجين في الدم. وتعتبر هذه الأجهزة دقيقة حيث أن نسبة الخطأ، إذا كانت نسبة التأكسد 100% - 70 في الدم، تساوي $\pm 2\%$.

2-9-2-4 حساسات (مجسات) إشارات النشاط العضلي وإشارات القلب الحيوية:

وهي عبارة عن إلكترونيات ناقلة، تثبت على الجلد بمساعدة مادة ناقلة لالتقاط إشارات السبالة العصبية المرسله من الدماغ إلى القلب والعضلات. إن قيمة هذه الإشارات تكون صغيرة عادة. لذلك، توصل هذه النواقل إلى دارات تكبير ومرشحات تردد منفض لتحسين الإشارات الملتقطة ومتابعة العمل عليها [2].

2-9-2-5 متممات وصل وقراءة الحساسات :

تتطلب الحساسات الإلكترونية أجهزة متممة لعملها لمعرفة قيمة المقدار الفيزيائي الذي تم قياسه وهي: 1. وحدات تغذية، 2. دارات تعديل وحساب لبيان القيمة المقاسة بالوحدات المعتمدة محلياً أو عالمياً، 3. وحدات إظهار لبيان القيمة النهائية المستخلصة من إشارة الحساس، 4. دارات حفظ القياسات لاستعادتها عند اللزوم.

تتطلب مكونات الحساسات لأسلاك توصيل فيما بينها لنقل التغذية، والإشارات والقيم المقاسة بينها، وهذا يمكن تحقيقه باستخدام وحدات تغذية على شكل بطاريات قابلة

لإعادة الشحن وتجهيزات خفيفة الوزن وسهلة التركيب والتثبيت، يمكن للمريض حملها بشكل دائم.

2-9-3 معالجات التحكم المناسبة

تتطلب قراءة الحساسات الإلكترونية تنفيذ بعض عمليات المعالجة على القراءات التي يقوم بها الحساس، وتصحيح هذه القراءات ان كانت غير خطية، وتطبيق المعادلات الرياضية اللازمة لإظهار القيم المقاسة، وتقديمها بشكل واضح، ومتوافق مع مختلف أنواع أجهزة القياس الأخرى القديمة أو الحديثة.

ولإنجاز هذه العمليات والحسابات يمكن استخدام معالجات التحكم (المتحكمات الصغيرة MICROCONTROLLERS)، التي تنجز جميع عمليات المعالجة المطلوبة، كما أنها تستطيع اظهار وارسال القيم المقاسة إلى شبكات الاتصال اللاسلكية[4].

عند دراسة المعالجات المقترحة والمفاضلة بينها وجدنا أن المعالجين ATMega328BP، و ATMega1284P من شركة ATMEL، هما الأنسب حيث تتوفر فيهما المواصفات المطلوبة و هي: 1. مبدل تمثيلي بدقة 10 bit، 2. سرعة معالجة عالية 20 MIPS، 3. استهلاك منخفض للطاقة في نمط العمل ونمط الخمول، 4. عدد المخارج مناسب لتوصيل الحساسات وشاشات الإظهار المختلفة.

2-9-3-1 معالجة إشارات الحساسات ذات المخارج التماثلية:

تتطلب معالجة الإشارات التمثيلية وجود مبدل تمثيلي رقمي، وهو متوفر في المعالجين ATMega328P و ATMega1284P. يبين الجدول (1) مواصفات كل منها.

الجدول (1): مقارنة بين المعالين ATMEGA328P و ATMEGA1284P.

ATMEGA1284P	ATMEGA328P	المواصفة/المعالج
32 I/O , 40 I/O	23 I/O , 32 I/O	عدد الأقطاب
8	6 / 8	عدد أقطاب المبدل ADC
10 bit	10 bit	الدقة resolution
0 - AVCC	0 - AVCC	جهد المدخل
±2 LSB	±2 LSB	دقة التبدل
±0.5 LSB	±0.5 LSB	الخطية
1.1V ,2.56V, AVCC	1.1V, AVCC	الجهد المرجعي Vref
15 kSPS	15 kSPS	السرعة القصوى
2,4,8,16,32,64,128	2,4,8,16,32,64,128	تردد عمل المبدل/CLK
1 ×, 10 × or 200 ×	1 ×	عامل الربح

تصميم دائرة القراءة :

تعطى علاقة التبدل للمبدل ADC بالعلاقة [12]:

$$\text{ADC(digital)} = V_{in} * (1024/V_{ref}) \quad (3) \text{ العلاقة}$$

حيث (digital) ADC هو ناتج التبدل بالنظام الثنائي بطول 10 bit ، و V_{in} هو جهد الدخل المطلوب تبديله، و V_{ref} هو الجهد المرجعي الداخلي للمبدل، و 1024 هو ثابت التبدل و هو يساوي دقة المبدل بطول 10 bit ($2^{10} = 1024$).

إن معالجة إشارة الحساس LM34, LM35 تكون بدقة 0.1 درجة. ويعطى خرج الحساس بالعلاقة:

$$V_{out} = 10 \frac{mV}{F}, \quad V_{out} = 10 \frac{mV}{C} \quad (4) \text{ العلاقة}$$

وعند القراءة بدقة 0.1 F, 0.1 C, 1bit درجة، يكون:

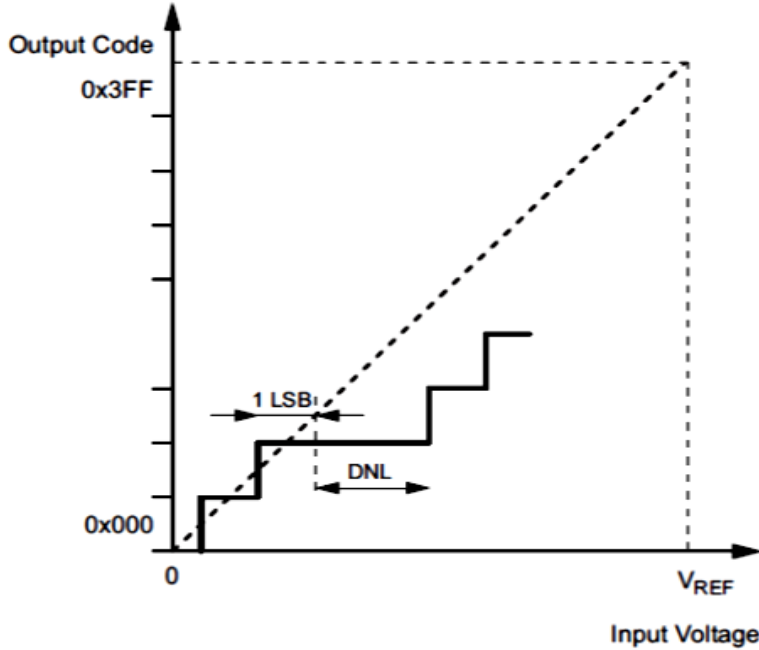
$$V_{out} = \frac{1 mV}{0.1 F}, \quad V_{out} = \frac{1 mV}{0.1 C} \quad (5) \text{ العلاقة}$$

$$ADC(\text{digit}) = 1 mV V * (1024/V_{ref}) \quad (6) \text{ العلاقة}$$

$$ADC(\text{digit}, 1 mV) = \frac{1024}{V_{ref}}, \quad V_{ref} = 1.1V \quad (7) \text{ العلاقة}$$

$$ADC(\text{digit}) = 0.93091 (\text{digit}/mV) \quad (8) \text{ العلاقة}$$

يبين الشكل (7) منحنى التبدل للمعالج ATmega328



الشكل (7): منحنى التبدل الخاص بالمبدل ADC للمعالج ATmega328. [12]

من منحنى التبدل الخاص بالمبدل ضمن المعالج ATmega328، نجد أن أكبر قيمة للخطأ تكون $\pm 0.5 \text{ LSB}$. وبالتالي، تكون القيمة العظمى لخطأ قراءة الحرارة:

$$e = 0.5 * 1 \text{ digit} ; 1 \text{ digit} = 1 \text{ bit } 0.1 (C), (F)$$

ويكون الخطأ المطلق الأعظمي للمبدل:

$$Er = 0.5 * 0.1 = 0.05 (C), (F) \quad (9) \text{ العلاقة}$$

وهي قيمة صغيرة جداً يمكن إهمالها عند قياس أو مراقبة حرارة جسم الإنسان.

2-3-9-2 معالجة إشارة المقاومة من نوع Thermistor لقياس حرارة

الجسم [14]

تم اختيار مقاومة للدراسة لها الثوابت التالية:

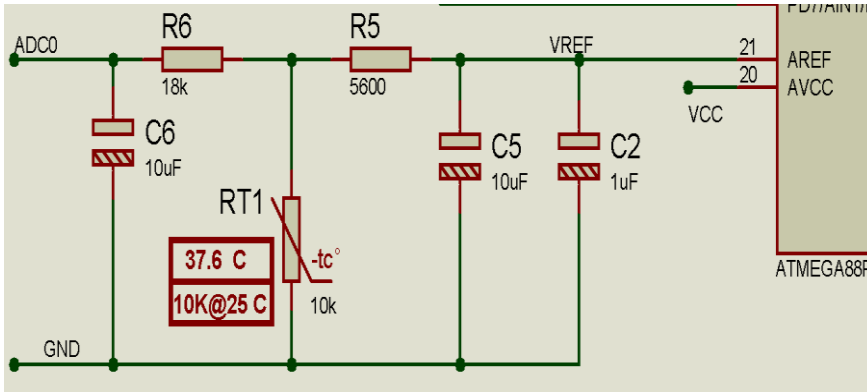
$$R_0 = 10 \text{ k}\Omega, T_0 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}, \beta = 3380,$$

ويحل المعادلة $R_t = R_0 e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$ ضمن المجال 32 - 45 درجة مئوية.

وتبسيط المعادلة نحصل على علاقة الحرارة مع المقاومة:

$$T = -28.79 * \ln(R_t) + 289.54 \quad (10) \text{ العلاقة}$$

من الشكل (8) في دائرة القياس :



الشكل (8) دائرة قياس الحرارة باستخدام مقاومة NTC و الجهد المرجعي للمعالج

تحسب Rt من العلاقة:

$$Rt = V_{Rt} / I_{Rt} \quad (11) \text{ العلاقة}$$

$$I_{Rt} = (V_{ref} - V_{Rt}) / R_5$$

$$Rt = \frac{V_{Rt} * R_5}{(V_{ref} - V_{Rt})} \quad (12) \text{ العلاقة}$$

و تحسب V_{Rt} بعد قياس جهد المبدل $ADC(0)$ من العلاقة :

$$V_{Rt} = V_{ref} * (ADC(0) / ADC) \quad (13) \text{ العلاقة}$$

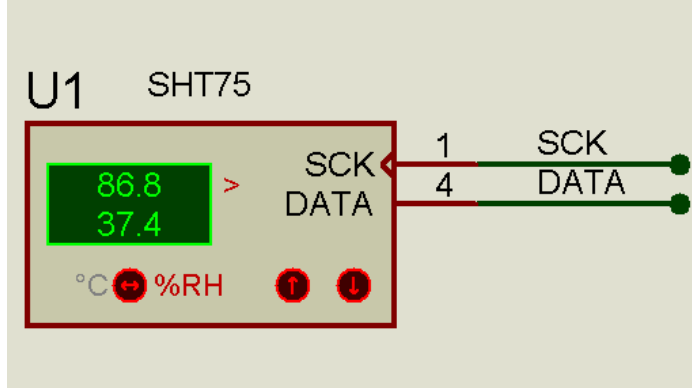
حيث ADC دقة المبدل بطول 10 bit، $(2^{10} = 1024)$ ، و V_{ref} الجهد المرجعي لدارة التبديل. و بالتبديل في العلاقة () نحصل على قيمة المقاومة Rt عند درجة الحرارة t ، و بتعويض قيمة Rt في العلاقة () نحصل على درجة الحرارة المطلوبة.

2-9-3-3 معالجة إشارات الحساسات ذات المخارج الرقمية [5]:

في هذا التصميم تمت معالجة وقراءة إشارات الحساسات التي تعطي خرجاً رقمياً

وهي:

- حساس الحرارة والرطوبة SHT11 أو SHT75.
- حساس الحرارة LM75.
- حساس قياس نسبة الهيموغلوبين في الدم وقياس سكر الدم.
- حساس ضغط الدم وحساس ضغط العين.



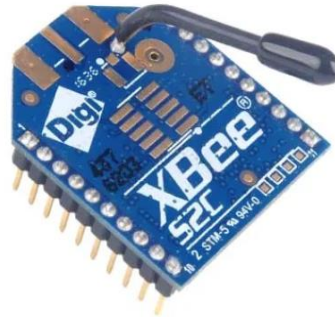
الشكل (9) حساس الحرارة و الرطوبة الرقمي SHT75

تتصل الحساسات الرقمية مع المعالج بطريقة النقل الرقمي التسلسلي ، حيث تستخدم خط لإخراج القراءات DATA و خط لنبضات التزامن SCK كما في الشكل و هي تعطي قراءة جاهزة لا تحتاج معالجة، و في حال وجود معالجة أو تحويل لواحدات القراءة فإن ذلك يتم وفق معادلة معطاة من قبل الشركة الصانعة للحساس.

4-9-2 تجهيزات ZigBee المستخدمة ومواصفاتها [14]

إن الوحدة ZigBee المستخدمة هي XBee S2C Module، وهي مبنية في

الشكل (10)



الشكل (10): وحدة ZigBee المستخدمة؛ XBee S2C Module.

لها المواصفات التالية :

XBee/XBee-PRO S2C 802.15.4 RF Module
XBee-PRO

Operating frequency ISM 2.4 GHz

Supported channels 11 – 26

Operating temperature -40 to 85 °C (industrial)

Antenna options TH: PCB antenna, U.FL connector, RPSMA connector, or integrated wire or SMT: RF pad, PCB antenna, or U.FL connector

- مسافة الاتصال 1200 متر في المناطق المغلقة، وحتى 12 كم في المناطق المفتوحة.
- المجال الترددي 2.4 – 2.5 غيغا هرتز.
- عدد الأقنية 16 قناة.
- التغذية 3.3 فولط، 45 ملي أمبير.
- معدل نقل البيانات 256kbs at UART و 5Mbs by SPI

يبين الشكل (11) توزيع وتسمية الأطراف الخارجية للوحدة ZigBee.



الشكل (11): توزيع وتسمية الأطراف الخارجية للوحدة ZigBee.

يبين الجدولين (2) (a) (b) توزيع وتسمية الأطراف الخارجية للوحدة ZigBee.

لجدول (2) (a) توزيع وتسمية الأطراف الخارجية للوحدة ZigBee.

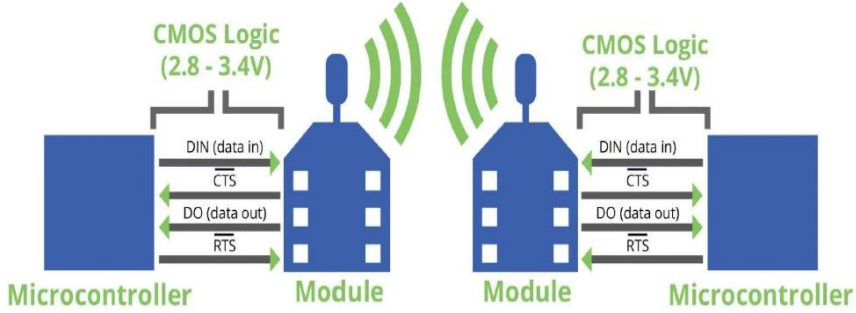
PINS	DETAIL	
1	VCC	قطب التغذية الموجبة
2	DOUT/DIO13	مخرج الاتصالات التسلسلية أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
3	DIN/CONFIG/DIO14	مدخل الاتصالات التسلسلية RS232 أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة أو قطب تهيئة الإعدادات
4	DIO12/SPI_MISO	قطب الاتصالات التسلسلية SPI_MISO أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
5	RESET	لإعادة اقلاع الجهاز
6	RSS/PWM0/DIO10	يستخدم لاختيار الاتصالات التسلسلية أو مخرج تعديل عرض النبضة أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
7	PWM1/DIO11	مخرج تعديل عرض النبضة أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
8	RESERVED	غير مستخدم
9	DTR/SLEEP_RQ/DIO8	مدخل الاتصالات التسلسلية RS232 أو لطلب الانتقال إلى وضع الجهاز في حالة خمول أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
10	GND	قطب التغذية السالبة

مراقبة جسم المريض لاسلكيا باستخدام بروتوكولات
Zigbee

الجدول (2) (b) توزيع وتسمية الأطراف الخارجية للوحدة ZigBee.

PINS	DETAILS	
11	DIO4/SPI_MOSI	قطب الاتصالات التسلسلية SPI_MISO أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
12	CTS/DIO7	مدخل الاتصالات التسلسلية RS232 أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
13	ON_SLEEP/DIO9	لفحص حالة خمول أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
14	VREF	الجهد المرجعي لدارة المبدل التمثيلي الرقمي ADC
15	ASC/DIO5	مؤشر انتقال الجهاز إلى حالة خمول أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة
16	RTS/DIO6	قطب الاتصالات التسلسلية RTS_RS232 أو قطب متعدد الاستخدامات
17	AD3/DIO3/SPI_SSEL	قطب الاتصالات التسلسلية SPI_MISO أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة أو مدخل 3 للمبدل ADC
18	AD2/DIO2/SPI_CLK	قطب الاتصالات التسلسلية SPI_CLK أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة أو مدخل 2 للمبدل ADC
19	AD1/DIO1/SPI_ATTN	قطب الاتصالات التسلسلية SPI_ATTN أو قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة أو مدخل 1 للمبدل ADC .
20	AD0/DIO0/CMSN BTN	قطب متعدد الاستخدامات قابل للبرمجة أو مدخل 1 للمبدل ADC .

يبين الشكل (13) مخطط مبسط لوصل الوحدة ZigBee مع معالج التحكم وبناء شبكة اتصال بسيطة.



الشكل (13): مخطط مبسط لوصل الوحدة ZigBee مع معالج التحكم وبناء شبكة اتصال بسيطة.

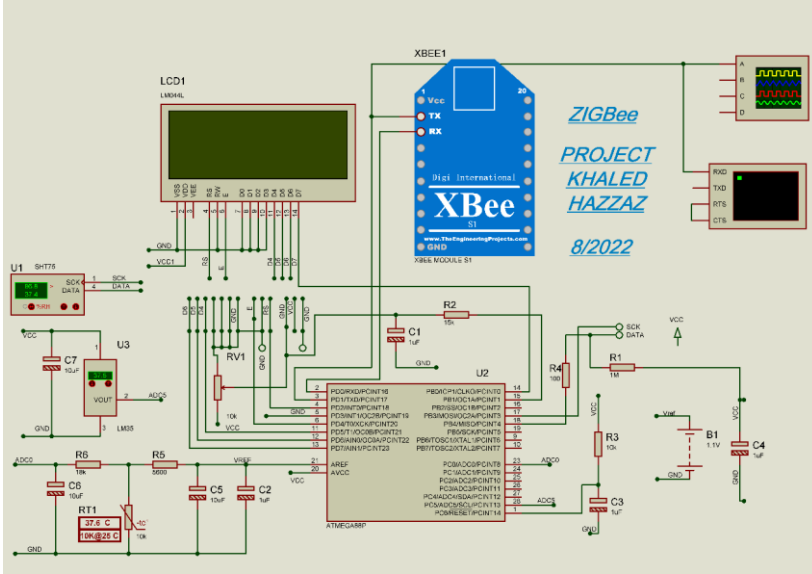
تصميم وتنفيذ شبكة الرعاية الطبية باستخدام شبكة ZigBee

3-1 تصميم طرفية الاتصال في شبكة ZigBee

تم تصميم وتنفيذ دارة إلكترونية متعددة المداخل حيث تحوي مدخل لقراءة الحساسات الرقمية بطريقة خط المعلومات DATA و خط نبضات التزامن SCK و بذلك يمكن قراءة حساس الحرارة والرطوبة الرقمي SHT11 أو SHT75، و حساس قياس نسبة الهيموغلوبين في الدم وقياس نسبة الأكسجين في الدم : pulse oximeter ، و حساسات النشاط العضلي و حساسات إشارات القلب الحيوية الرقمية ، كما تحوي الدارة مدخلا خاصا لقراءة الحساسات من نوع THERMISTOR ، و مدخلا خاصا لوصل الحساسات التمثيلية مثل حساس الحرارة LM35 باستخدام المعالج ATMEGA328P وشاشة اظهار رقمية لبيان القيم المقاسة. كما تم وضع البرامج

مراقبة جسم المريض لاسلكيا باستخدام بروتوكولات Zigbee

اللازمة لقراءة ومعالجة إشارة جميع الحساسات السابقة يبين الشكل (14) تصميم الدارة النظرية المستخدمة.



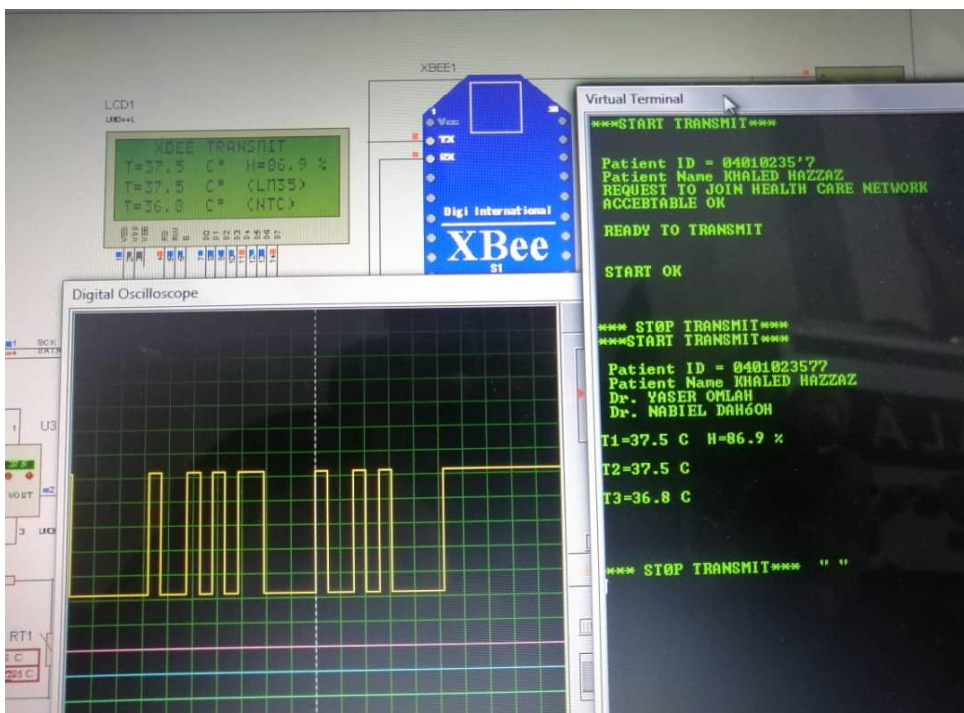
الشكل (14): دارة القراءة و الإرسال مع وحدة المرسل ZIGBEE

2-3 برمجة الدارة الإلكترونية

تم وضع برنامج تشغيل اللوحة مع برنامج الإرسال لوحدة XBEE على عدة مراحل تمت في كل مرحلة معالجة نوع من أنواع الحساسات الرقمية و التمثيلية الخطية و الحساسات ذات المعادلة المركبة من الدرجة n مثل المنحنيات الأسية و اللغاريتمية (حساسات NTC).

تم دمج البرامج في برنامج واحد قادر على معالجة جميع أنواع الحساسات السابقة مع إضافة برنامج الإرسال و برنامج مرشح رقمي لأخذ تكامل القراءات لعدة عينات سابقة لحذف الضجيج الذي تلتقطه الدارة من محيط المريض.

يبين الشكل (15) محاكاة البرنامج و الدارة على برنامج بروتينوس.



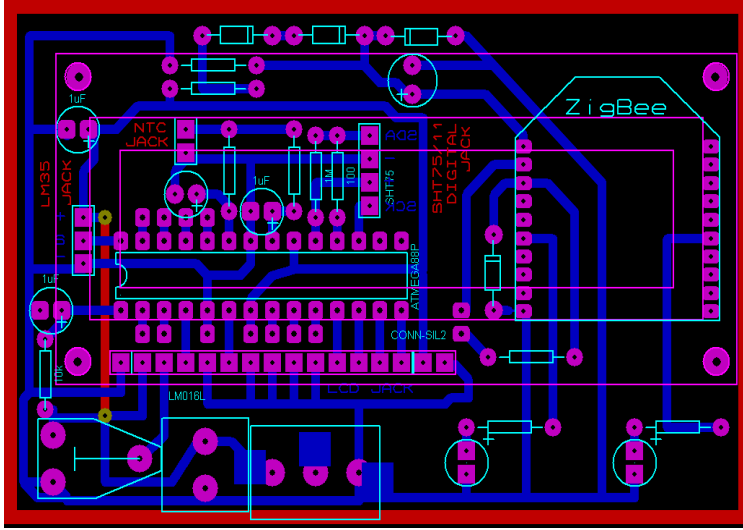
الشكل (15) محاكاة الدارة النظرية المستخدمة على برنامج بروتينوس.

3-3 تنفيذ اللوحة المطبوعة

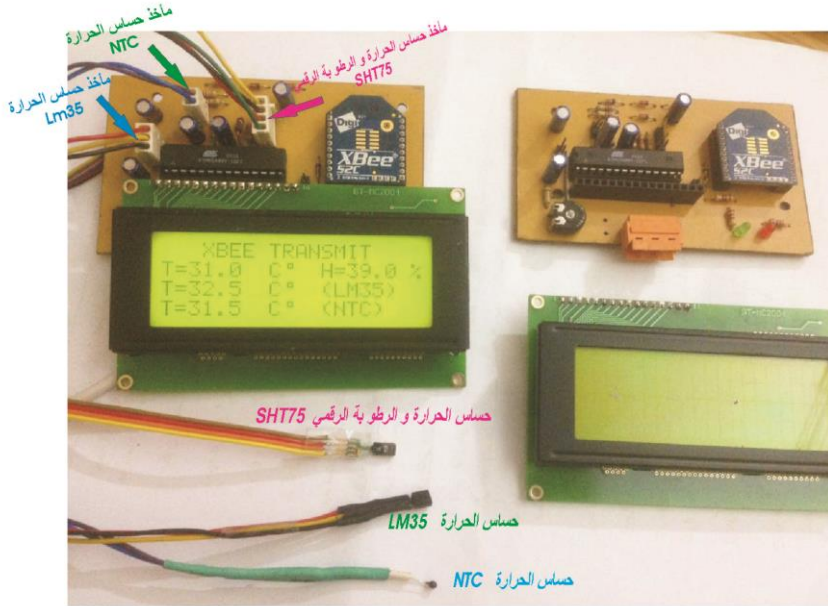
تم تصميم و تنفيذ لوحة إلكترونية مطبوعة للدارة النظرية السابقة) باستخدام برنامج اللوحات المطبوعة في برنامج بروتينوس (. و تم تجميع الدارة و اختبارها بنجاح.

مراقبة جسم المريض لاسلكيا باستخدام بروتوكولات
ZigBee

وبين الشكل (16) تصميم الدارة العملية المستخدمة (اللوحة المطبوعة)



الشكل (16): اللوحة المطبوعة لدارة قراءة الحساسات مع لوحة ZigBee.



الشكل (17): اللوحة المنفذة عمليا لدارة قراءة الحساسات مع المرسل ZigBee.

تم تصميم الدارة النظرية و العملية بحيث يمكنها العمل باستخدام مجموعة من معالجات شركة ATMEL و أهمها : ATMEGA 48,ATMEGA 88, ATMEGA 168,ATMEGA328 و هي متوافقة في البنية و تختلف في حجم ذاكرة البرنامج .

كما تم وضع التصميم بحيث تقبل اللوحة توصيل مختلف أنواع الحساسات التي درست في هذا البحث و هي :

- **الحساسات الرقمية** : تعطي البيانات رقميا مثل الحساس SHT11 وSHT75 الذي حرارة و رطوبة الجسم ، و حساس قياس نسبة الهيموغلوبين في الدم وقياس نسبة الأكسجين في الدم pulse oximeter ، و حساسات النشاط العضلي و حساسات إشارات القلب الحيوية الرقمية التي تعطي البيانات رقميا وفق بروتوكول اتصال خاص بالحساس، تم كتابة برنامج لقراءة الحساس رقميا وفق شرح البروتوكول المتوفر على موقع الشركة الصانعة للحساس [14].
- **الحساسات التمثيلية الخطية** : مثل LM34 , LM35 تعطي خرج تمثيلي خطي متناسب مع درجة الحرارة وفق معادلة قراءة خطية بسيطة ، تم كتابة برنامج لقراءة الحساس و حساب درجة الحرارة الموافقة لقراءة مخرج الحساس.
- **الحساسات ذات المقاومة من نوع (THERMISTOR) NTC**: لوغاريتمية أو أسية أو علاقة رياضية مركبة. حيث تتم قراءة قيمة المقاومة ثم حل المعادلة الرياضية لمعرفة درجة الحرارة المتوافقة مع قيمة المقاومة، تم كتابة برنامج لقراءة المقاومة و حساب درجة الحرارة الموافقة للقراءة.

كما تم تصميم الدارة بحيث يمكنها التواصل مع شاشات الاظهار الرقمية السطرية بجميع القياسات، و قد استخدمت الشاشة ذات الأبعاد الرقمية LM2004 و هي مؤلفة

من أربعة أسطر يحوي كل سطر 20 حرفا يمكنها اظهار الأرقام أو الأحرف اللاتينية بجميع أشكالها.

يمكن للدارة العمل على بطاريات محمولة عادية أو قابلة للشحن ضمن مجال الجهد من 3.3 – 5.5 VDC ، دون أن يتأثر عمل الدارة .

تؤمن الدارة تغذية لوحدة الارسال مقدارها 3.3VDC بشكل ثابت ضمن مجال التغذية الوارد إلى اللوحة.

تؤمن الدارة جهد مرجعي ثابت مقداره 1.1 VDC لكل من دارات التبديل الرقمي التمثيلي داخل المعالج و المقاومة (**THERMISTOR**) NTC الخارجية المستخدمة لقياس الحرارة.

تم تركيب القطع الإلكترونية واختبار وتجريب الدارات بنجاح، كما تم وضع البرامج اللازمة لقراءة كل نوع من الحساسات المذكورة سابقاً، كما تم وضع برنامج مرشح رقمي (DIGITAL FILTER) لترشيح التشويش الناتج عن حركة الاسلاك المتصلة مع المريض و التجهيزات الكهربائية القريبة منه.

كما تم وضع برنامج لتنسيق القراءات المعدة للارسال عبر وحدة XBEE كما يلي :

إضافة رقم تعريف المريض Patient ID

إضافة اسم المريض Patient Name

إضافة اسم الطبيب المشرف DR.

إضافة قراءات جميع الحساسات المقدمة من المعالج و البرنامج الرئيسي و تقديم البيانات وفق التنسيق السابق إلى وحدة الارسال XBEE ، التي ترسل هذه البيانات عبر

مكونات شبكة ZIGBEE حسب بنية الشبكة ' حتى وصول البيانات إلى هدفها النهائي و هو جهاز الحاسب في المركز الطبي المختص أو عند الطبيب المشرف.

3-4 برمجة وتهيئة الوحدة ZIGBEE للوصل والتخاطب مع المعالج [15] ATMEGA88P

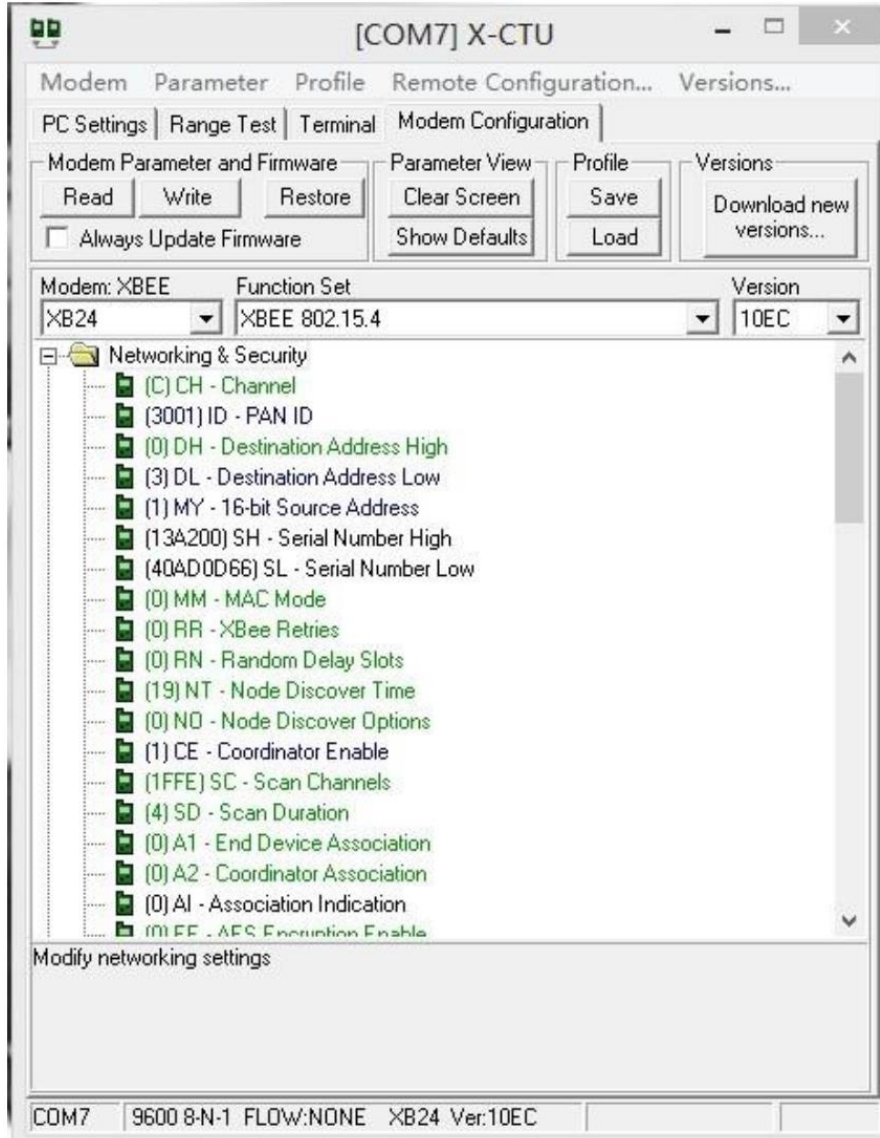
تم وضع الاعدادات الأولية لوحدة الاتصال باستخدام برنامج X-CTU المقدم من الشركة الصانعة لوحدة XBEE2 S2C:

يتم أولاً وضع الاعدادات العامة لكل وحدة اتصال وهي:

- رقم وحدة الاتصال ID،
- الرقم التسلسلي للوحدة،
- عنوان قائد الشبكة،
- طريقة ونوع عمل الوحدة،
- 5. في حال العمل كموجه للشبكة يتم وضع CE=0.

يبين الشكل (18) واجهة برنامج X-CTU المقدم من الشركة الصانعة لوحدة XBEE2 S2C.

مراقبة جسم المريض لاسلكيا باستخدام بروتوكولات
Zigbee



الشكل (18): واجهة برنامج X-CTU المقدم من الشركة الصانعة لوحدة XBEE2
.S2C

النتائج و التوصيات

1-4 النتائج العملية

تم اجراء تجارب و اختبارات عملية لدارة القياس و دارة الارسال و كانت النتائج كما يلي:

الجدول (3) النتائج المقاسة عمليا

<ul style="list-style-type: none"> • متطابقة مع الدراسة النظرية و مع قياسات الأجهزة المخبرية. 	دقة القياسات	A
<p>1100 متر في الهواء الطلق. 500-900 متر بين المنزل و الشارع المقابل 300 - 700 متر بين منزلين بنفس المنطقة حيث اختلفت المسافة حسب نوع البناء و مكان الجلوس داخل المنزل</p>	المسافة الفعالة	B

الجدول (4) النتائج المقاسة عمليا

عمر البطارية (مشحونة جيدا). Save mode (0.75uA) عمل دائم (يوم)	عمر البطارية (مشحونة جيدا). active mode(0.2mA) عمل دائم (يوم)	معدل ارسال القياسات (2000 bit)
5 أيام	4 أيام	6 / (1 min)
30 يوم	7 أيام	1 / (1 min)
145 يوم	9 أيام	1 / (5 min)

المناقشة :

(1) الاستنتاجات:

- دقة القياسات جيدة و مناسبة و القراءات لم تتأثر بالضجيج المجاور للتجهيزات
- المسافة وصلت حتى 1100 متر في الهواء الطلق، و تناقصت داخل الأبنية بسبب وجود الخرسانة المسلحة بالحديد و انعكاسات الإشارة على الجدران المجاورة للمريض، وهذا ما يفسر اختلاف المسافة حسب البناء و مكان جلوس المريض داخل البناء.
- إن زيادة معدل ارسال عينات القياس يخفض عمر البطارية.
- إن استهلاك معالج التحكم هو العامل المؤثر الأهم في عمر البطارية عندما ينخفض معدل ارسال عينات القياس.

(2) التوصيات :

- تشغيل المعالج في نمط الطاقة المنخفضة و اختيار تردد عمل أقل ما يمكن لخفض استهلاك المعالج.
- اختيار زمن تبديل سريع للمبدل ADC لخفض استهلاك المعالج.
- اختيار معدل ارسال العينات المناسب، لضمان مراقبة جيدة للمريض ،حسب حالته الصحية، لزيادة عمر البطارية.
- تطوير البرنامج ليصبح قادرا على اتخاذ القرار بتغيير معدل ارسال القياسات حسب نوع القياس و حسب حالة المريض الصحية.
- تطوير النظام ليصبح قادرا على إعطاء تنبيه صوتي عند الوصول إلى مسافة الارسال و الاستقبال الحرجة، و ذلك حسب المكان و حسب خفوت الإشارة اللاسلكية.

المراجع العلمية

REFERANCES

- 1) **Problem Solving for Wireless Sensor Networks**
Ana-Belén García-Hernando ،José-Fernán Martínez-Ortega ،Juan-Manuel López-Navarro ،Aggeliki Prayati ،Luis Redondo-López
2019 - ISBN : 978-1-84800-202-9
- 2) **Wireless medical sensor network with ZigBee**
Christian Hofmann. Christian Weigand
- 3) **ZigBee Network Protocols and Applications**
Chongqang Wang ،Tao Jiang ،Qian Zhang
2014 - ISBN : 978-1-4398-1602-8
- 4) **Wearable/Personal Monitoring Devices Present to Future**
Gaetano D. Garqiulo ،Ganesh R. Naik
2022 – ISBN : 978-981-16-5323-0
- 5) **Datasheet_SHT7x_V5_C1.pdf .**
SENSIRION. COMPANY.December 2011
- 6) **Industrial Wireless Sensor Networks: Applications, Protocols, and Standards**
V. Çağrı Günçör ،Gerhard P. Hancke
2013 - ISBN : 978-1-4665-0052-5 (E_BOOK)
- 7) **Remote Wireless Health Care Monitoring System Using ZIGBEE**
P.Murali Krishna (M.Tech) Dr.K.Padma Priya,M.tech.Ph.D
Jnt University,Anantapur Jnt University,Anantapur Andhra Pradesh,India Andhra Pradesh,India
- 8) **Energy saving and link efficiency in wireless communication of body area networks**
Al-Obaidi, M. A. D. (2021). (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Altınbaş Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- 9) **Performance Evaluation of Zigbee Protocol for Habitat Monitoring**
Swati V. Sankpal D. Y. Patil College of Eng., Kolhapur Shivaji University Kolhapur ,Dr. Vishram Bapat, Shivaji University, Kolhapur - 2010

- 10) **Sensor Technologies-healthcare-wellness-and-environmental-applications**
Michael J McGrath , Clíodhna Ní Scanail
Intel Labs Europe, November 2014
- 11) **Wireless Protocols for Internet of Things Part II_
ZigBee**
Raj Jain - Washington University in Saint Louis-
Saint Louis, MO 63130
- 12) **Understanding-ADC-Parameters_AVR127_Application
ATMEL COMPANY - Note-05/2016**
- 13) **Thermostat with Touch and Wireless Connectivity
Hardware User's Guide**
MICROCHIP / ATMEL TECHNOLOGY 2014
- 14) **Datasheet_SHT7x_V5_C1.pdf . SENSIRION.
COMPANY.December 2011**
- 15) **XBee S2C Module Complete Guide**
Microcontrollerslab - 2021
- 16) **DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A WIRELESS ZIGBEE
MESH NETWORK**
Chenxi Ouyang. UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES.
2014
- 17) **Wireless battery-free body sensor networks using near-
field-enabled clothing**
Rongzhou Lin, Han-Joon Kim, Sippanat
Achavananthadith, Selman A. Kurt, Shawn C. C.
Tan, Haicheng Yao, Benjamin C. K. Tee, Jason K. W.
Lee & John S. Ho - 2020
- 18) **Remote Wireless Health Care Monitoring System Using
ZIGBEE**
P.Murali Krishna (M.Tech) Dr.K.Padma Priya,M.tech.Ph.D
Jnt University,Anantapur Jnt University,Anantapur
Andhra Pradesh,

تحسين خواص الفولاذ SUP3 من خلال التخمير في

درجة حرارة الإرجاع للمعالجة الحرارية

م. علي احمد سعيد¹ د.م. سليمان علي² د.م. علي هترة³

الملخص

تم دراسة تأثير درجة حرارة الإرجاع على الخواص الميكانيكية للفولاذ الكربوني من النوع SUP3، حيث أُجريت عملية التقسية أولاً على الفولاذ من أجل الوصول إلى بنية مارتنسيتية ومن ثم أُتبع بعملية إرجاع (عملية مراجعة) عند درجات حرارة مختلفة وذلك من أجل دراسة التغيرات التي تحصل على خصائص المادة والناجمة عن درجات حرارة الإرجاع المختلفة، وقد تم اختيار 3 درجات حرارة لإرجاع العينات المقساء، عند درجة حرارة منخفضة نسبياً، وأخرى متوسطة، وأخيراً عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً بالنسبة للفولاذ الكربوني المدروس. ولتقييم خصائص العينات المعالجة حرارياً تم إجراء اختبار الشد من أجل الحصول على مقاومة الشد ومقاومة الخضوع للمادة، كما تم إجراء اختبار تعب عند مستوى إجهاد اختياري محدد، وتم كذلك إجراء اختبار القساوة وفق مقياس روكويل وأخذ رقم روكويل لقساوة العينات. وقد أظهرت النتائج أن هناك اختلاف ملحوظ في خواص المادة عند تطبيق درجات الإرجاع المختلفة كما تبين بأن العينة التي تم إرجاعها عند الدرجة 400⁰ قد امتلكت أفضل الخواص الميكانيكية.

الكلمات المفتاحية: معالجة حرارية، إرجاع، SUP3، سقاية، فولاذ كربوني.

¹ طالب دكتوراه في قسم هندسة التصميم والإنتاج، جامعة تشرين، Email: ali.saeed.hamak@gmail.com

² أستاذ مساعد في قسم هندسة التصميم والإنتاج، جامعة تشرين، Email: suleimanali72@gmail.com

³ أستاذ مساعد في قسم هندسة التصميم والإنتاج، جامعة تشرين.

Improving the properties of SUP3 Steel by changing the tempering temperature

Ali Saed¹ Suleiman Ali² Ali Hatra³

Abstract

The effect of tempering temperature in heat treatment on the mechanical properties of SUP3 steel was studied. The heat treatment was done first by quenching the specimens in oil in order to get a martensite microstructure, afterwards different tempering temperatures were used to evaluate the difference of properties achieved by changing the tempering temperature. three different tempering temperatures were used and mechanical tests were conducted to evaluate the resulting properties, specifically a tensile test, a fatigue test and a hardness test according to Rockwell hardness. Results showed that there is a noticeable difference in mechanical properties of the material when tempering in different temperatures, and the specimen that was tempered at 400⁰ possessed the best mechanical properties.

Key words: Heat Treatment, Tempering, SUP3, Quenching, Carbon Steel.

¹ Ph.D. Candidate, Dep. Design and Production Engineering, Tishreen University.

² Assistant Prof., Dep. Design and Production Engineering, Tishreen University.

³ Assistant Prof., Dep. Design and Production Engineering, Tishreen University.

1- مقدمة

عملية الإرجاع أو المراجعة

تتضمن المعالجة الحرارية إجراء عمليات تسخين وإبقاء وتبريد بمعدلات محددة من أجل التغيير في خواص المعدن وإكسابه خصائص معينة، ولعل أكثر طرق المعالجة الحرارية استخداماً هي عمليتي التقسية والإرجاع واللذان تهدفان إلى إعطاء المعدن زيادة محددة ومدروسة في بعض الخصائص الميكانيكية مثل مقاومة الشد، إجهاد الخضوع، القساوة، المتانة، مقاومة الصدم ومقاومة الاهتراء وغيرها، حيث أن المعالجة الحرارية قد تزيد من مقاومة الشد من 1000 MPa حتى قيم عالية تبلغ 2000 MPa وذلك تبعاً لمحتوى الكربون ودرجة حرارة الإرجاع (1).

إن عملية الإرجاع التقليدية هي عملية تطبق على الفولاذ المقسى ذو البنية المارتنسيكية من أجل تفكيك الكربون الفائض في المحلول الصلب وتشكيل رواسب من السمنتيت أو الكرييدات، هذه العملية تقلل من قساوة المادة وتزيد من متانتها ولكن على حساب القساوة وتكون البنية الناتجة عبارة عن مارتنسيك مرجع tempered martensite. لا يقتصر الأمر على عملية إرجاع المارتنسيك، وإنما يمكن أن تتم عملية الإرجاع من درجة حرارة الأوستنيت وهذا ما يطلق عليه اسم الإرجاع الأوستنيتي Austempering، حيث قام الباحثون بزيادة مقاومة الشد والاستطالة لفولاذ النوابض باستخدام هذه العملية بحيث وصلت قيم مقاومة الشد إلى 2144 MPa من خلال التوصل إلى بنية مجهرية تحوي البينيت، المارتنسيك والأوستنيت المتبقي (2).

تختلف عملية الإرجاع عن عملية التخمير في طريقة المعالجة وفي الهدف من العمليتين، حيث أن عملية التخمير تستهدف إعطاء أكبر مطيلية ممكنة للمعدن من أجل عمليات التشكيل أو التشغيل اللاحقة عن طريق تخفيض قساوته بشكل كبير، بينما عملية الإرجاع تستهدف إعطاء توازن في الخصائص الميكانيكية بما يضمن عمل القطع بشكل مناسب بحيث يعطي هذا التوازن مقاومة شد وقساوة مرتفعة نسبياً مع متانة جيدة تمنع حدوث الفشل القصف والسريع للقطع. يقوم الباحثون بدراسة تأثير درجة حرارة الإرجاع على

البنية المجهرية والخواص بشكل مستمر على أنواع مختلفة من الفولاذ مثل الفولاذ ذو البنية البنيتية (3) (4)، فولاذ العمل على الساخن H13 (5) ، الفولاذ 25CrMo4 (6) وحتى الفولاذ منخفض الكربون المتعرض لعملية الكربنة (7)، كما تظهر الدراسات أيضاً التوجه نحو دراسة تأثير درجة حرارة الإرجاع على مقاومة التعب للمواد (8)، حيث يجمع الباحثون على أهمية دراسة تأثير درجة حرارة الإرجاع في تحسين خصائص المواد بشكل عام.

تأثير الطبقة المنزوع عنها الكربون (ظاهرة نزع الكربون Decarburization)

تحدث عملية نزع الكربون عندما يتم تسخين المعدن لدرجة حرارة عالية حيث يتفاعل الكربون الموجود في السبيكة مع الغازات الحاوية على الأوكسجين أو الهيدروجين المحيطة به، وينتج عن هذا إزالة للكربيدات القاسية عن سطح السبيكة مما يؤدي إلى طراوة سطحية فيها.

في هذا البحث تم تدارك التأثير السلبي للطبقة المنزوع عنها الكربون من خلال إعطاء العينات علاوة تشغيل كافية بمقدار 0.5mm قبل إجراء المعالجة الحرارية حيث تم التشغيل إلى الأبعاد النهائية بعد الانتهاء من عمليات المعالجة الحرارية باستخدام مخرطة CNC بدقة عالية.

2- هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة تأثير درجة حرارة الإرجاع على الخواص الميكانيكية للفولاذ SUP3 بعد إجراء عملية التقسية، مع تحديد درجة حرارة الإرجاع التي تعطي أفضل الخصائص الممكنة للمادة.

3- طرائق البحث ومواده

3-1- الفولاذ من النوع SUP3

يتمتع هذا الفولاذ بنسبة كربون عالية نسبياً (تصل حتى 0.90%) وهو فولاذ كربوني يستخدم في صناعة النوابض والحبال الفولاذية والتطبيقات التي تتطلب مقاومة شد عالية، ويتميز بقابليته للتقسية للوصول إلى قساوة عالية حتى 60 روكويل، كما أنه لا يحوي عناصر سبائكية بنسب مرتفعة وهو رخيص الثمن نسبياً ومتوفر في الأسواق بشكل كبير.

جدول (1) التركيب الكيميائي للفولاذ SUP3

Fe	C	Si	Mn	Cr	P
Bal.	0.75-0.90%	0.15-0.35%	0.30-0.80%	-	Max 0.035%

هذا الفولاذ يتوافق مع أنواع فولاذ أخرى تبعاً للتصنيفات العالمية:

- حسب التصنيف AISI: الفولاذ 1095.

- حسب التصنيف DIN: Ck85.

3-2- اختبار التحليل الطيفي للفولاذ

تم استخدام جهاز Oxford FOUNDRY-MASTER Xpert من شركة Oxford Instruments الألمانية لإجراء اختبار التحليل الطيفي على الفولاذ من أجل التأكد من التركيب الكيميائي، حيث أن هذا الجهاز يعتمد طريقة التحليل الطيفي بالانبعاث.



الشكل (1) جهاز التحليل الطيفي Foundry Master Xpert

3-3- عملية التقسية والإرجاع

3-3-1- عملية التقسية:

تتم عملية التقسية من خلال تبريد القطع من درجة حرارة الأستنة (درجة الحرارة التي تكون فيها بنية الفولاذ من الأوستنيت) وذلك بمعدل كاف من أجل التحول إلى البنية المارتنسييتية القاسية، حيث أنه يجب أن يكون معدل التبريد سريعاً بما فيه الكفاية لتجنب التحول إلى بنية البنيت أو البرليت. توصي الجمعية الأميركية للمعادن ASM (9) بإجراء عملية الأستنة للفولاذ عالي الكربون 1095 أو SUP3 عند درجة حرارة حوالي 800° . ستم معايرة الفرن عند الدرجة 810° عند إجراء عملية الأستنة لعينات البحث حيث أن الزيادة الطفيفة ستضمن وصول كامل البنية إلى الأوستنيت مع الأخذ بعين الاعتبار عدم زيادة درجة الحرارة بشكل كبير حيث أن الزيادة المفرطة في درجة حرارة الأستنة تؤدي إلى تضخم حبيبات الأوستنيت والحصول على بنية ذات حبيبات أكبر وهذا يؤدي إلى انخفاض في الخصائص الميكانيكية مقارنة بالبنية الناعمة.

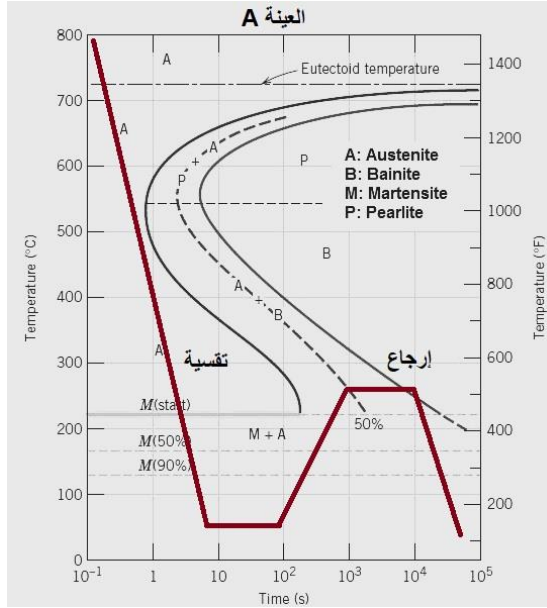
3-3-2- عملية الإرجاع:

إن البنية المارتنسيكية الناتجة عن عملية التقسية هي بنية قصفة لا تصلح للتطبيقات العملية وبالتالي من الضروري إجراء عملية إرجاع (أو مراجعة) تضمن تفكك حبيبات المارتنسيك الناتجة بشكل جزئي إلى فريت وسمنتيت أي السماح للكربون بالخروج على شكل كربيدات، ينتج عن هذه العملية زيادة في متانة القطعة على حساب مقدار معين من القساوة والقصفة، حيث أن الغاية الأساسية هي في الحصول على توازن مناسب من متانة القطعة وقساوتها وقدرتها على تحمل الإجهادات المتنوعة، وينتج عن عملية الإرجاع بنية مارتنسيكية مرجعة للفولاذ.

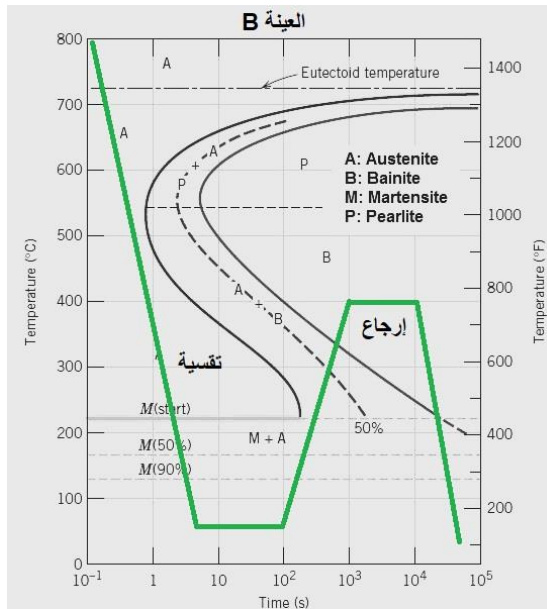
يتم إرجاع معظم أنواع الفولاذ عند درجة حرارة ما بين 205^0 - 595^0 وهو مجال كبير من درجات الحرارة يحمل معه تغيرات كثيرة في الخصائص الميكانيكية، ولذلك في هذا البحث سيتم دراسة تأثير درجة حرارة الإرجاع على معالجة الفولاذ SUP3 حيث تم اختيار 3 درجات مختلفة من درجات حرارة الإرجاع، أولاً سيتم الإرجاع عند درجة حرارة منخفضة 250^0 ، ومن ثم سيتم الإرجاع عند درجة حرارة متوسطة 400^0 ، وأخيراً سيتم عملية الإرجاع عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً 480^0 ، حيث سيتم إبقاء العينات لمدة ساعة عند درجات حرارة الإرجاع هذه ومن ثم ستخرج القطع وتبرد في الهواء.

توضح الأشكال الآتية مخططات المعالجة الحرارية المتبعة في البحث، حيث أن المنحنيات الأساسية الظاهرة في الأشكال هي لفولاذ بمحتوى يونكتونيدي (10) (قريب من محتوى التركيب الكيميائي للفولاذ المدروس).

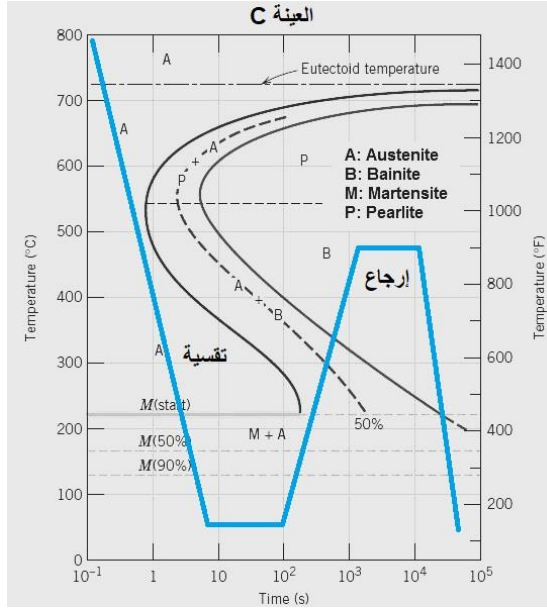
تحسين خواص الفولاذ SUP3 من خلال التغيير في درجة حرارة الإرجاع للمعالجة الحرارية



الشكل (2) مخطط توضيحي يظهر منحنى برنامج المعالجة الحرارية للعينة A التي تم إرجاعها عند الدرجة 250°



الشكل (3) مخطط توضيحي يظهر منحنى برنامج المعالجة الحرارية للعينة B التي تم إرجاعها عند الدرجة 400°



الشكل (4) مخطط توضيحي يظهر منحنى برنامج المعالجة الحرارية للعينة C التي تم إرجاعها عند الدرجة 480°

جدول (2) توصيف برامج المعالجة الحرارية المنفذة

رمز العينة	المنهجية	العملية
A	إرجاع 250° → زيت بحرارة الغرفة → 810° (ساعة)	عملية التقسية متبوعة بعملية الإرجاع عند درجة الحرارة 250°
B	إرجاع 400° → زيت بحرارة الغرفة → 810° (ساعة)	عملية التقسية متبوعة بعملية الإرجاع عند درجة الحرارة 400°
C	إرجاع 480° → زيت بحرارة الغرفة → 810° (ساعة)	عملية التقسية متبوعة بعملية الإرجاع عند درجة الحرارة 480°

تحسين خواص الفولاذ SUP3 من خلال التغيير في درجة حرارة الإرجاع للمعالجة الحرارية

تم استخدام أفران صندوقية من شركة CARBOLITE وشركة Linn مزودة بحساسات حرارية لإجراء عمليات المعالجة الحرارية.



الشكل (5) الفرن الصندوقي من شركة Carbolite



الشكل (6) الفرن الصندوقي من شركة Linn

3-4- اختبار القساوة

يتم إجراء اختبار القساوة من أجل تحديد مقاومة المواد للخدش والاهتراء. تم استخدام جهاز قياس روكويل من الطراز RHT-9000ED من شركة Metrology التايوانية لقياس قساوة العينات حيث يقوم هذا الجهاز بتسليط حمولة على العينة ويقوم بإعطاء رقم روكويل لقساوة العينة بشكل تلقائي بناءً على الأثر الناتج عن الحمولة.

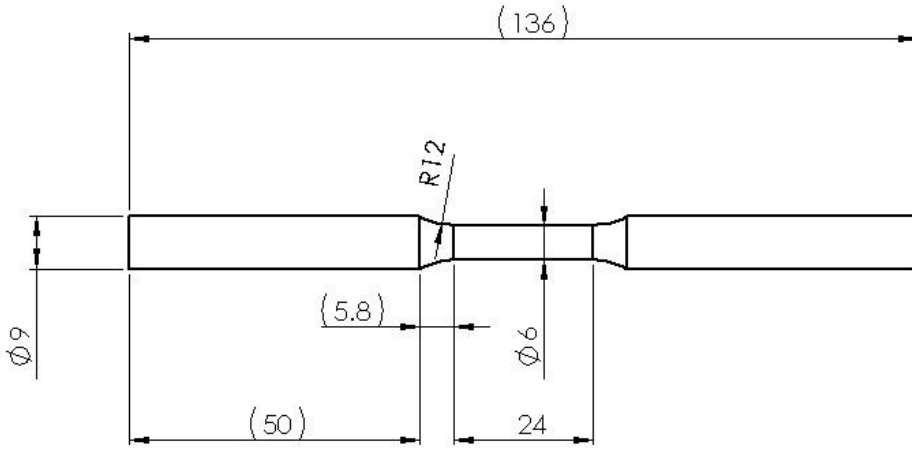
- الحمولة المطبقة في الاختبار: 1471 [N]
- شكل أداة الأثر: 1.588 diameter ball indenter
- أبعاد العينات المستخدمة: Ø 9x10 mm



الشكل (7) جهاز اختبار روكويل RHT-9000ED من شركة Metrology التايوانية

3-5- اختبار الشد

يتم إجراء اختبار الشد من أجل الحصول على الخصائص الميكانيكية للمواد وبشكل أساسي مقاومة الشد العظمى للمادة ومقاومة الخضوع، تم استخدام الجهاز ذو الطراز IBMU4 من شركة IBERTEST الإسبانية لإجراء اختبارات الشد على العينات المختلفة، حيث تم تجهيز العينات وفق تصنيف ASTM E8.



الشكل (8) أبعاد عينة الشد حسب تصنيف ASTM E8، الأبعاد بالـ mm



الشكل (9) جهاز اختبار الشد من شركة IBERTEST

3-6- اختبار التعب

تم استخدام آلة اختبار التعب على الانحناء الدوّارة SM1090 من شركة TecQuipment الإنجليزية لإجراء الاختبار. هذه الآلة توصل على الحاسوب ومزودة بتطبيق يعطي البيانات الخاصة بالاختبار (الحمولة المطبقة بالاختبار-إجهاد الانحناء

الأعظمي المطبق على العينة-عدد الدورات)، تم تحضير العينات وفق تصنيف ASTM E606 وتم تطبيق إجهاد انحناء أعظمي حوالي 300 MPa في الاختبارات.



الشكل (10) آلة اختبار التعب SM1090 من شركة TecQuipment الإنجليزية

4- النتائج والمناقشة

4-1- نتائج التحليل الطيفي للعينات

أظهرت نتائج التحليل الطيفي تطابق التركيب الكيميائي للعينات المدروسة مع الفولاذ SUP3/1095.

جدول (3) نتائج التحليل الطيفي لمادة الفولاذ المدروس

Fe	C	Si	Mn	Cr	P	S
98%	0.90%	0.208%	0.391%	0.129%	<0.003%	<0.003%

4-2- نتائج اختبار القساوة

يبين الجدول الآتي نتائج اختبارات القساوة بعد إجراء 3 قراءات لكل عينة وأخذ المتوسط الحسابي بشكل تلقائي من قبل جهاز روكويل.

جدول (4) نتائج اختبار القساوة على العينات

رمز العينة	وصف	القساوة HRC
A	سقاية بالزيت وإرجاع عند 250 ⁰	54
B	سقاية بالزيت وإرجاع عند 400 ⁰	52.5
C	سقاية بالزيت وإرجاع عند 480 ⁰	42

من الواضح بأن تخفيض درجة حرارة الإرجاع أدى إلى زيادة في قساوة المعدن، إلا أن الاختلاف ما بين العينتين A و B لم يكن بالشكل الكبير. إن القساوة الناتجة في العينة C تصلح لعمل النوابض بمختلف تطبيقاتها حيث أن القساوة المقترحة عموماً لعمل النابض تتراوح ما بين HB 352-444 (HRC 38-47) في الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال (11).

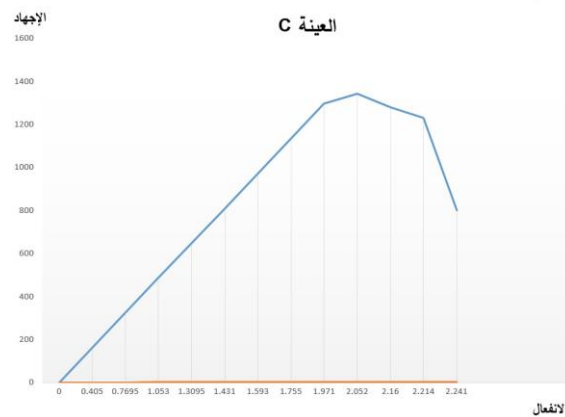
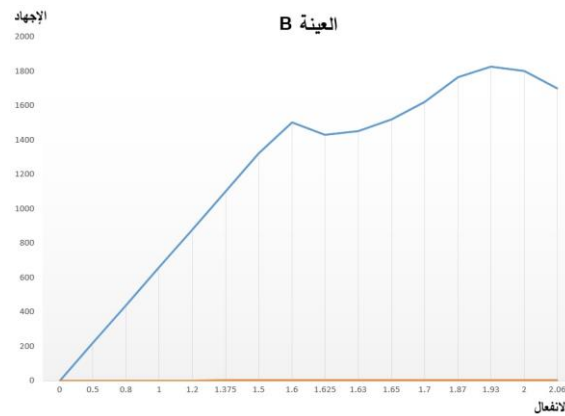
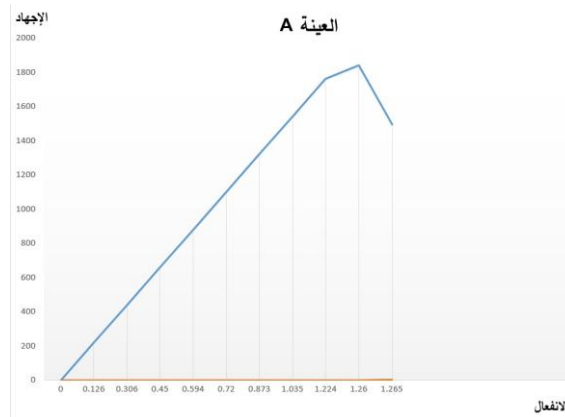
4-3- نتائج اختبار الشد

يظهر الجدول الآتي نتائج اختبار الشد على العينات:

جدول (5) نتائج اختبار الشد

العينة	مقاومة الشد [MPa]	[MPa] R _{p0.2}
A	1840	1530
B	1827	1511
C	1342	1050

- يمكن الملاحظة بأن الزيادة في درجة حرارة الإرجاع أدت إلى تخفيض في مقاومة الشد للعينات المختلفة.
- هناك تقارب ما بين خصائص العينة المعالجة التي تم إرجاعها عند الدرجة 400⁰ والعينة التي تم إرجاعها عند الدرجة 250⁰.
- الفولاذ المدروس لا يمتلك مطيلية عالية وهو أمر متوقع نظراً لامتلاكه نسبة كربون عالية ووصوله إلى مقاومة شد مرتفعة.



الشكل (11) مخططات الشد للعينات المدروسة، العينة A: سقاية وإرجاع عند 250° ، العينة B: سقاية وإرجاع عند 400° ، العينة C: سقاية وإرجاع عند 480°

4-4- نتائج اختبار التعب

يظهر الجدول الآتي نتائج اختبار التعب على العينات بعد تعريضها لإجهاد دوري متناوب بمقدار 300 MPa وبتردد 10 Hz:

جدول (6) نتائج اختبار التعب

العينة	إجهاد الانحناء الأعظمي [MPa]	عدد الدورات حتى الكسر
A	308	92,815
B	309	155,014
C	303	69,242

هناك اختلاف ملحوظ في نتائج مقاومة العينات لحالة التعب، حيث أن العينة التي تمت معالجتها عند الدرجة 250^0 كانت بخصائص تعب أفضل من العينة التي تم معالجتها عند الدرجة 480^0 ، ولكن العينة التي تم إرجاعها عند درجة حرارة متوسطة 400^0 امتلكت أفضل مقاومة للتعب وبفارق كبير عن بقية العينات، يمكن تفسير هذا الأمر بأن درجة حرارة الإرجاع المستخدمة لهذه العينة من الفولاذ المدروس أعطت توازن مناسب من المتانة ومقاومة الشد والقساوة، حيث أنه بزيادة المتانة ازدادت مقاومة العينة لحالة الكسر القصف التي تنتج عن الشقوق الميكروية الناشئة في حالة التعب، وأدى ذلك بنهاية الأمر إلى زيادة مقاومة المادة لفشل التعب.

5- الاستنتاجات

تم في هذا البحث دراسة تأثير التغيير في درجة حرارة الإرجاع للفولاذ SUP3 على الخواص الميكانيكية، ويمكن صياغة الاستنتاجات الآتية بناءً على نتائج التجارب في البحث:

- ❖ إن التغيير في درجة حرارة الإرجاع يؤدي إلى تغيير ملحوظ في الخصائص الميكانيكية وبشكل خاص مقاومة الشد، القساوة ومقاومة التعب للمادة.
- ❖ وُجد بأن الإرجاع عند درجة الحرارة 400^0 لمدة ساعة أعطى خصائص جيدة للفولاذ المدروس حيث كانت مقاومة الشد ثاني أكبر مقاومة شد بين العينات المدروسة وبفارق ضئيل، ومن ناحية القساوة تم الوصول إلى قساوة عالية نسبياً، وكانت مقاومة التعب الأفضل من بين درجات حرارة الإرجاع الأخرى.
- ❖ إن الفارق في الخصائص الميكانيكية للعينات وبشكل خاص مقاومة التعب يعطي فكرة عن أهمية التعديل في بارامترات المعالجة الحرارية من أجل محاولة تحسين الفولاذ بشكل دائم والتوصل إلى مواد بخصائص محسنة وذلك اعتماداً على المعالجات الحرارية والتغييرات في البنية المجهرية.

6- قائمة المراجع References

1. Baron C, Werner H, Springer H, 2021- **On the effect of carbon content and tempering on mechanical properties and stiffness of martensitic Fe-18.8Cr-1.8B-xC high modulus steels.** Mater Sci Eng A, 809, February, 141000
2. Liu C, Chen Y, Zhang C, Chen D, Cui G. 2021- **Enhanced strength and plasticity in a novel 55Si2MnMoV spring steel via austempering.** Mater Sci Eng A, 825, March, 141887
3. Wang X, Liu C, Qin Y, Li Y, Yang Z, Long X, et al. 2022- **Effect of tempering temperature on microstructure and mechanical properties of nanostructured bainitic steel.** Mater Sci Eng A, 823, 142357
4. Wang X, Zhang X, Fang Q, Ma H, Zhang R, Liu F, et al. 2022- **Effect of tempering on stability of retained austenite and tensile properties of nanostructured bainitic steel.** Mater Sci Eng A, 856, 143958
5. Dhokey NB, Maske SS, Ghosh P. 2021- **Effect of tempering and cryogenic treatment on wear and mechanical properties of hot work tool steel (h13).** Mater Today Proceedings, 43, 3006-3013
6. Yao Z, Hao J, Dai W, Li C, Zhang H, Zhang Y. 2022- **Effects of quenching medium and tempering temperature on microstructures, mechanical properties, and fatigue behavior of EA4T steel.** Int Journal of Fatigue, 165, 107179
7. Shi L, Cui X, Li J, Jin G, Liu E, Tian H. 2022- **Role of multiple mid-temperature tempering on mechanical properties and wear behavior of carburized steel under complex service conditions.** Surface and Coatings Technology, 449, 128932
8. Yang G, Xia SL, Zhang FC, Branco R, Long XY, Li YG, et al. 2021- **Effect of tempering temperature on monotonic and low-cycle fatigue properties of a new low-carbon martensitic steel.** Materials Science and Engineering A, 826, August, 141939
9. Dossett JL, Boyer HE. 2006- **Practical Heat Treating.** ASM International, 296
10. Callister WD, Rethwisch DG. 2018- **Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition.** Wiley, 992.
11. Yamada Y, Kuwabara T. 2007- **Materials for Springs.** Springer, 377.

إدارة موارد الشبكة من خلال دراسة توزيع البيانات

والتنبؤ بحركة بيانات المستخدم

طالب الماجستير: م. علي اسد عباس الحسن

كلية الهندسة المعلوماتية-جامعة البعث

المشرف المشارك: د. وسيم رمضان

المشرف: د. ماهر عباس

ملخص البحث

ينتج عن التطور التكنولوجي المتسارع زيادة في عدد الأجهزة التي تعتمد على الشبكات لإنجاز مهامها، بالمقابل يحتاج هذا التزايد إلى بيئة قادرة على مواكبة أي تغيير ضمن الشبكة، سواء في حجم البيانات، أو سرعتها أو الخدمات المطلوبة، بطريقة تضمن استغلال الموارد المتاحة بشكل مثالي وجعلها أكثر ديناميكية بما يتناسب مع أفضل جودة خدمات مقدمة.

يعد التنبؤ بما سيحصل على الشبكة أمراً فعالاً لاتخاذ الإجراءات المناسبة بشكل استباقي، والشبكات التي تتمكن من رسم سيناريو لما يمكن حدوثه ضمن الشبكة بشكل مسبق ستكون قادرة على التعامل مع أي حدث غير طبيعي يمكن وقوعه، وبالتالي ستحافظ على جودة الخدمات التي تقدمها من أي تدهور مفاجئ.

تم في هذا البحث الاعتماد على خوارزمية Long short-term memory (LSTM) للنتبؤ بكمية البيانات عبر الشبكة من ثم تم بناء نموذج إدارة استباقي بناء على توقعات خوارزمية LSTM، والذي يقوم بدراسة توزيع البيانات المتنبئ بها، واعتماداً على هذا التوزيع يتم تحديد عتبات تعبر عن الحد الفاصل بين حركة البيانات الطبيعية والبيانات غير الطبيعية. يقوم النموذج بتحقيق آلية مرنة لزيادة أو إنقاص عدد المحطات القاعدية، تبعاً لسيناريو مرسوم مسبقاً بناء على التنبؤ بحركة البيانات ضمن الشبكة بشكل استباقي، وإظهار أهمية هذه العملية في الحفاظ على جودة الخدمات المقدمة.

الكلمات المفتاحية: حركة المرور، التنبؤ، الإدارة الاستباقية، التعلم الآلي، توزيع البيانات.

Manage Network Resources by Studying Data Distribution and Forecasting User Traffic

Abstract

The rapid technological development results in an increase in the number of devices that rely on networks to accomplish their tasks. On the other hand, this increase requires an environment that is able to keep up with any change within the network, whether in data volume, speed or required services, in a way that ensures optimal exploitation of the available resources and makes them more efficient. All of that while ensuring best quality of provided services.

It is essential to predict what will happen to the network is an effective matter to respond appropriately proactively. Networks that know well what can happen within the network in advance will be able to deal with any abnormal event that may occur. It will maintain the quality of the provided services from any sudden deterioration.

This research uses LSTM algorithm to predict network traffic, and then a proactive management model is built based on the predictions of the LSTM algorithm, which studies the predicted data distribution. Based on this distribution, thresholds are determined that express the boundary between normal and abnormal data traffic.

The model achieves a flexible mechanism for increasing or decreasing the number of base stations, according to a previously drawn scenario based on predicting the traffic of data within the network proactively, and demonstrating the importance of this process in maintaining the quality of provided services.

Keywords: Data traffic, prediction and proactive management, machine learning, distributed data.

1- مقدمة

تعد إدارة الشبكة حجر الزاوية في تكنولوجيا المعلومات التي تساعد على ضمان عمل المؤسسات بكفاءة وفعالية. من أولويات إدارة الشبكة تقديم مجموعة من الخدمات بطريقة موفرة للطاقة وللتكلفة، وإدارة فعالة لآليات رصد ومراقبة وتنسيق الأنشطة المنفذة في الشبكة.

تعتبر هذه الأولويات مهمة صعبة مع التطور الذي يشهده العالم بسبب الزيادة الكبيرة في عدد الاجهزة المتصلة بالشبكة واختلاف نوع هذه الأجهزة، وطبيعة البيانات المنقولة عبرها. فبحسب تقرير نشرته Cisco في عام 2020، سيبليغ اجمالي عدد مستخدمي الانترنت حول العالم 5.3 مليار بحلول عام 2023 وهذا يعتبر ارتفاعاً كبيراً مقارنة مع عام 2018 حيث كان اجمالي عدد المستخدمين 3.9 مليار. وسيكون عدد الأجهزة المتصلة بالشبكة حول العالم 29.3 مليار جهاز بحلول عام 2023 ارتفاعاً عن عام 2018 حيث كان 18.4 جهاز، وسينمو العدد الإجمالي لمشاركي الهاتف المحمول من 5.1 مليار في 2018 إلى 5.7 مليار بحلول عام 2023 [12].

أصبحت إدارة الشبكة في السنوات الأخيرة عملية آلية إلى حد كبير، وبدأت في دمج التقنيات المتقدمة المتمثلة بالذكاء الاصطناعي (Artificial intelligence) AI والتعلم الآلي (Machine Learning) ML، والتي تعمل على توسيع نطاق العمل من خلال مراقبة عدد أكبر من الأجهزة ونشاطها والتحكم به، دون الحاجة إلى مزيد من اليد العاملة أو إلى مزيد من ساعات العمل.

لتوضيح الحاجة التجارية إلى استراتيجية مدروسة جيداً لإدارة الشبكة يجب أن تحسب تكنولوجيا المعلومات تكلفة تعطل أو توقف الشبكة لمدة زمنية معينة. حيث أن

تعطل الشبكة يؤثر على الإيرادات، وإنتاجية العاملين، مما يسبب أضراراً مالية كبيرة وتكاليف تشغيل عامة لا يستهان بها.

مع التطور المتزايد والمتسارع للتكنولوجيا ومع ازدياد أعداد الأجهزة التي تستخدم الشبكة باختلاف تطبيقاتها وبياناتها، فإن نهج التصميم القديم الذي يتم فيه توفير الموارد والتحكم في العمليات على أساس السيناريوهات التفاعلية يحل محله التحليل التنبؤي لحركة مرور الشبكة وإدارة موارد الشبكة الاستباقية.

والواقع أنه في الشبكات التي لديها موارد لاسلكية محدودة ومكلفة بدرجة عالية يمكن أن يسهم التنبؤ الدقيق بوصول حركة مرور المستخدمين إسهاماً كبيراً في تحسين استخدام الموارد. ونتيجة لذلك تزايد الاهتمام في السنوات الأخيرة بالاستفادة من أدوات تعلم الآلة في تحليل حركة المرور التي يتم جمعها في منطقة خدمة معينة لتحسين تشغيل الشبكة.

يهدف التنبؤ بحركة البيانات في تحقيق العديد من وظائف الإدارة للشبكة وذلك بشكل استباقي. حيث يتم المحافظة على جودة الخدمات المقدمة عند المستوى المرغوب فيه، وتحسين الأداء العام للشبكة، وتوفير تحكم أكثر كفاءة في استخدام الموارد، وتوفير وصف لسلوك الشبكة. يسمح ما سبق بإنشاء ملف تعريف للشبكة يكون صحيح احصائياً، وتقليل العمل الإداري في اصلاح الاخطاء التي قد تضر بأداء الشبكة، وتوفير امكانية البحث المسبق عن متغيرات الانظمة قبل حدوث تدهور في خدمة تطبيقات الإدارة.

1-1- مشكلة الدراسة

مهما بلغت الزيادة في تجهيزات الشبكات على أرض الواقع والتي تعتبر مكلفة جداً، فإن مشكلة التنازع على الموارد، وعدم توفيرها بشكل كافي والإدارة الجيدة لها تبقى قائمة. يؤثر هذا سلباً على جودة الخدمة المقدمة من قبل الشركات ويؤدي إلى إمكانية التخلي

عنها في حال وجد البديل الأفضل. بالتأكيد هذا البديل يجب أن يكون قادر على معرفة المشاكل المحتملة ويعمل على إيجاد الحلول لها. لازالت الحلول غير قادرة حالياً على تحقيق أفضل شكل ممكن لإدارة موارد الشبكة.

1-2- هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص أفضل الحلول الممكنة لتحسين إدارة الموارد للشبكة بشكل استباقي. يتم تحقيق هذا الهدف من خلال تطبيق خوارزمية للتنبؤ بحركة بيانات المستخدمين، تعتمد هذه الخوارزمية على التعلم الآلي للوصول إلى أفضل نتيجة تتنبؤ ممكنة. من خلال ذلك يمكن تحديد الخيار الأفضل لإدارة الشبكة سواء من خلال زيادة في التجهيزات في بعض الأماكن أو تطبيق آلية مناسبة وعادلة في توزيع الموارد بشكل استباقي مما يعطي القوة والاستعداد لمواجهة أي حدث سيقع مستقبلاً في الشبكة.

2- مواد وطرائق البحث

2-1- البيانات البحثية

تمّ الاعتماد على مجموعة بيانات (Dataset) متعددة المصادر أصدرتها Telecom Italia في عام 2015 [3]. تم إنشاء المجموعة لأهداف تتعلق بتحديات البيانات الضخمة لمشاريع شبكات الهاتف المحمول والتطبيقات الاجتماعية. تتضمن البيانات الكاملة المقدمة سجلات لأنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية والطقس والأخبار والشبكات الاجتماعية والكهرباء من مدينة Milan ومقاطعة Trentino خلال شهري تشرين الثاني وكانون الأول من عام 2013. تم التركيز في هذا البحث على البيانات الخاصة بأنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية فقط من مجموعة البيانات. يتم توفير سجلات تفاصيل المكالمات (CDRs) بواسطة مختبر Semantics and Knowledge Innovation Lab (SKIL) التابع لشركة Telecom Italia.

تم تغيير قيم CDRs بواسطة Telecom Italia بعامل غير معروف لأسباب تتعلق بالخصوصية، لذلك لا تتوافق قيم النشاط، على سبيل المثال، مع العدد الفعلي للمكالمات التي تم إجراؤها أو تلقيها. ولكن يمكن دراسة تأثير الخوارزميات على هذه البيانات.

2-2- الحزم والمكتبات المستخدمة Used Packages and Libraries

لغة Python هي لغة برمجة عالية المستوى، تحتوي على العديد من المكتبات المتكاملة والمساعدة، بما في ذلك المكتبات الخاصة بالتعلم الآلي، تم اختيار هذه اللغة لتكون اللغة المستخدمة في الدراسة ومن المكتبات التي تم استخدامها: Pandas و NumPy و TensorFlow و Keras و Matplotlib و Scikit-learn و Seaborn و cProfile و Fitter.

2-3- مقاييس الأداء Performance Metrics

من الناحية المثالية، يراد الوصول إلى قيم للتنبؤ تساوي القيم الفعلية. كلما كانت قيم التنبؤ أبعد عن القيم الفعلية، كان التنبؤ أسوأ. هناك العديد من مقاييس الأداء التي يمكن استخدامها لتقييم جودة نماذج الانحدار. تعتمد هذه المقاييس على القيم المتبقية (الأخطاء) Residuals والتي تمثل الفرق بين القيم الفعلية وقيمة التنبؤ الجدول 1-2 .

الجدول 1-2 مثال يوضح مفهوم القيم المتبقية (الأخطاء)

$X = \{x_1, \dots, x_m\}$	نسخة من قيم مجموعة الميزات المستخدمة للتنبؤ (عددها m)
$Y = \{y_1, \dots, y_n\}$	مجموعة قيم التابع لكل ملاحظة من الملاحظات عند كل مجموعة قيم للميزات (عددها n)
$O = \{o_1, \dots, o_n\}$	مجموعة قيم التنبؤ لكل ملاحظة من الملاحظات عند كل مجموعة قيم للميزات
$E = Y - O$ $= \{e_1, \dots, e_n\}$	البواقي (أو الخطأ) ويمثل الفرق بين القيم الفعلية والقيم الحقيقية

2-3-1- الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ التربيعي Root Mean Squared Error (RMSE)

مقياس شائع لتقييم أداء نماذج التعلم الآلي للانحدار. هو الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ التربيعي بين القيم المتوقعة والفعلية. غالبًا ما يستخدم لتوفير مقياس مرتبط بالوحدة التي يتم قياسها. على سبيل المثال، فإن استخدام RMSE في حال التنبؤ بعدد الحزم من شأنه أن يعطي الخطأ من حيث عدد الحزم مما يساعد المستخدمين على فهم الخطأ بشكل أفضل. ترتبط RMSE بالهدف الذي تتوقعه، لذلك يجب تقييم القيمة الدقيقة لكل مشروع حسب سياق العمل ولا يمكن مقارنتها عبر المجالات. وهو مقياس يتراوح من الصفر إلى ما لا نهاية، حيث كلما كانت النتيجة أقرب إلى الصفر كان أداء النموذج أفضل. لذلك يجب أن تكون قيمة RMSE منخفضة قدر الإمكان. وتعطى بالعلاقة (3) [11]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (1)$$

2-3-2 متوسط نسبة الخطأ المطلق Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

هو مقياس خطأ يستخدم لقياس أداء نماذج التعلم الآلي للانحدار، شائع للاستخدام بين علماء البيانات لأنه يعرض الخطأ كنسبة مئوية (متوسط جميع أخطاء النسبة المئوية المطلقة بين القيم المتوقعة والفعلية)، مما يجعل من السهل على المستخدمين النهائيين فهم دقة النموذج. كلما انخفضت النسبة المئوية زادت دقة النموذج.

لحساب هذا المقياس، يجب أخذ القيمة المطلقة للخطأ على القيمة الفعلية. هذا يعني أنه إذا كان هناك قيم فعلية تساوي الصفر أو قريبة من الصفر، فستكون قيمة MAPE

خطأ نتيجة القسمة على صفر، أو ستكون كبيرة للغاية. لذلك، يُنصح بعدم استخدام MAPE عندما تكون هناك قيم فعلية قريبة من الصفر.

وتعطى بالعلاقة (4) [11]:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{y_i} \right| \quad (2)$$

2-3-3- وسيط نسبة الخطأ المطلق (MDAPE)

هو مقياس خطأ يستخدم لقياس أداء نماذج التعلم الآلي للانحدار، يحسب الوسيط لجميع أخطاء النسبة المئوية المطلقة المحسوبة بين التنبؤات والقيم الفعلية المقابلة لها. يتم إرجاع القيمة الناتجة كنسبة مئوية مما يسهل على المستخدمين النهائيين فهمها، وهو أقل حساسية للقيم المتطرفة مثل MAPE و RMSE نظرًا لكونه يحسب الوسيط.

ويعطى بالعلاقة (5) [11]:

$$MDAPE = \text{median} \left\{ \left| \frac{e_1}{y_1} \right|, \dots, \left| \frac{e_n}{y_n} \right| \right\} \quad (3)$$

3- الدراسات المرجعية

لتحقيق إدارة استباقية لموارد الشبكة يجب علينا الحصول على معلومات دقيقة حول حجم البيانات التي ستكون ضمن الشبكة في ذلك الوقت. للحصول على هذه المعلومات لا بد من التنبؤ بها وذلك عن طريق إيجاد طرق معينة قادرة على دراسة البيانات الحالية الموجودة واستخلاص بيانات المستقبل منها.

في الماضي كان البحث السائد يتتبع بحركة المرور للبيانات باستخدام النماذج الإحصائية أو التعلم المعتمد على القرار. لكن في السنوات الأخيرة ازداد الاهتمام بالتعلم

الآلي كبدل قوي عن النماذج السابقة، بالاعتماد على الشبكات العصبونية المتكررة Recurrent neural network (RNN) والتي لعبت دوراً كبيراً في تطور الدراسات وتحسين العمل.

قامت أغلب الدراسات بمعالجة مشكلة التنبؤ من خلال تحويل حركة البيانات إلى سلاسل زمنية ضمن فواصل زمنية معينة، واستخدام خوارزميات التعلم الآلي وإثبات كفاءته. لعل النموذج الأكثر شيوعاً في التنبؤ بالسلاسل الزمنية هو Long short-term memory (LSTM). إذ لم تخل الدراسات من وجود مقارنة لهذا النموذج مع بقية النماذج المتبعة وتحديد الأداء الأفضل لكل منها.

لم تهمل بعض الدراسات العامل المكاني والذي يلعب دوراً كبيراً في دقة التنبؤ وتحسينها. أجريت العديد من الأبحاث مع مقارنات مع الدراسات التي لم تتطرق لجانب البعد المكاني في إدارة الموارد.

في دراسة أجريت في عام 2019 [User Traffic Prediction for Proactive Resource Management: Learning-Powered Approaches, Amin Azari, Panagiotis Papapetrou, Stojan Denic, and Gunnar Peters] حول توقع حركة المرور في شبكة خلوية للإدارة الاستباقية للموارد، تحدثت عن أساليب التنبؤ بحركة المرور الخلوية والتي تستخدم إما طرق تعلم إحصائية أو طرق تستند إلى القواعد أو طرق تعلم الآلة العميقة [2]. تم بحث تأثير البارامترات المختلفة على دقة التنبؤ، مثل طول التنبؤ ومجموعة الميزات المستخدمة ودقة البيانات.

تمت صياغة مشكله تحليل حركة المرور كمشكله تنبؤ بالسلاسل الزمنية، وإنشاء مجموعة بيانات خاصة بهذه الدراسة، واختيار مجموعه من الميزات استنادا إلى إحصاءات حركة المرور.

تمت مقارنه أداء التنبؤ بالتعلم العميق مع التنبؤ بالإحصائي من حيث طول التوقعات المستقبلية، ودراسة تأثير اضافة ميزات متعددة أو تغيير كمية الملاحظات السابقة التي يتم الاعتماد عليها.

لبيان وتقديم الفائدة من إدارة الموارد الراديوية المدركة لحركه المرور، تمت دراسة حالة معينة والبحث في الكيفية التي يمكن بها تخفيض التأخير الحاصل في الاتصالات من خلال التنبؤ بوصول الاندفاعات.

يتم عرض النتائج التجريبية في ثلاث فئات

1. توقع عدد حزم الوصول في الفترات الزمنية المستقبلية.
2. توقع حدوث انفجار في الفواصل الزمنية المستقبلية.
3. تصنيف التطبيقات التي تقوم بإنشاء حركة المرور.

أظهر التعلم العميق تفوقا ملحوظ على التعلم الإحصائي والتعلم المستند الى القواعد وبشكل خاص مع ازدياد طول التوقع المستقبلي، وعند اضافة ميزات أكثر إلى التنبؤ بالتعلم العميق فإن ذلك يحسن من أداء التوقع، وبالنسبة لتصنيف التطبيقات فإن التعلم العميق أيضا يتفوق على التعلم المستند إلى القرار، لكن كلما كان هناك إمكانية للوصول إلى عدد أكبر من الميزات فإن الأداء بالنسبة للتعلم المستند إلى القرار سيتحسن.

وفي دراسة أخرى [Mobile Traffic Prediction from Raw Data Using LSTM Networks, Hoang Duy Trinh, Lorenza Giupponi, Paolo Dini]

تمت على حركة المرور المتنقلة لمحطة (LTE) Long-Term Evolution الأساسية، من خلال تصميم نظام للتنبؤ بحركة المرور باستخدام الشبكات العصبونية المنكررة

Recurrent neural network (RNN)، يشتمل على وحدات ذاكرة طويلة المدى
[7] Long short-term memory (LSTM).

تم تقييم الاخطاء في التنبؤ بخطوة واحدة والتنبؤات طويلة المدى للمنهجية المقترحة مع الأخذ في الاعتبار الأرقام المختلفة لمدة القيم المرصودة، والتي تحدد طول ذاكرة شبكة LSTM ومقدار المعلومات التي يجب تخزينها من اجل التنبؤ الدقيق لحركة المرور.

كما تم العمل على البيانات الأولية التي تم جمعها خلال مدة شهر كامل من خلال مراقبة عدة محطات استقبال وارسال في شبكة LTE موجودة في مدينة برشلونة في اسبانيا. يعد هذا أمر بالغ الأهمية من حيث سرعة التنبؤ والذي يمكن القيام به مع القليل جدا من المعالجة المسبقة للبيانات مع عدد محدود من الملاحظات.

أظهرت النتائج أن LSTM قادر على إعطاء توقع لفترات زمنية طويلة في المستقبل كلما كان هناك عدد أكبر من الملاحظات السابقة، لكن عند حد معين ستخف دقة التنبؤ في LSTM وذلك يعود للسلوك المتذبذب لحركة المرور.

وفي دراسة اجريت عام 2017 [A study of deep learning networks on mobile traffic forecasting, Chih-Wei Huang, Chiu-Ti Chiang, and Qiuhui Liy] [5]، تم تقديم بنية Multitask Learning (MTL) باستخدام نماذج التعلم العميق للتنبؤ بحركة المرور للبيانات عبر الأجهزة المحمولة

- Recurrent Neural Network (RNN).
- Three-Dimensional Convolutional Neural Network (3D CNN).

• Combination of CNN and RNN (CNN-RNN)

تكشف التجارب أن CNN و RNN يمكن أن يستخلاصا ميزات حركة المرور الجغرافية والزمانية على التوالي. ويتم استخدام مجموعة بيانات متعددة المصادر أصدرتها Telecom Italia في عام 2015، والتي تركز على سجلات الاتصالات السلكية واللاسلكية في مدينة Milan. يتم تدريب المهام التي تنتبأ بأحمال حركة المرور القصوى والمتوسط والحد الأدنى في الفترة التالية بشكل مشترك.

يتم دراسة الميزات المكانية المتمثلة باستخدام الإنترنت عبر الهاتف المحمول من خلال نموذج 3D CNN، والتي لها تأثير على دقة التنبؤ، كما أن نموذج CNN-RNN يعتمد على دراسة الميزات المكانية والزمانية مجتمعة مما يعطي نموذج موثوق به. ولإظهار المزايا مقارنة بالطرق التقليدية تتم مقارنة أساليب التعلم العميق مع نموذج تنبؤ إحصائي (Autoregressive integrated moving average (ARIMA) وأيضا مع شبكة عصبونية غير عميقة (Neural Network (NN). كما أن MTL تتفوق على تدريب المهام الفردية (Single task Learning (STL بنسبة دقة تصل إلى 7٪ تقريبا.

بحثا عن إدارة شبكة تكون فيها جدولة استخدام الموارد أكثر ديناميكية عند ازدياد الحمل لحركة مرور البيانات أو عند انخفاضها، بعيدا عن حلول الإدارة المستندة إلى عتبة أو حد معين قام مجموعة من الباحثين [1] باقتراح أساليب واستراتيجيات استباقية مختلفة لتغيير حجم النطاق الترددي بشكل أكثر ديناميكية ، تستند هذه التقنيات إلى تعلم الآلة والشبكات العصبونية وهي تتكيف مع شبكات الهاتف المحمول.

من خلال هذه الدراسة يمكن السماح بتقليل زمن التأخير الحاصل عند تخديم عقدة معينة في الشبكة، أو استغلال عدد أكبر من موارد الشبكة لتقديم خدمة ذات جودة

أفضل، أو تحرير بعض الموارد عند الانتهاء من استخدامها لجعلها متاحة لعقد أخرى ضمن الشبكة.

تحتوي مجموعة البيانات المستخدمة على بيانات حركة مرور حقيقية لشبكة هواتف محمولة تم جمعها بواسطة Telecom Italia Big Data Challenge، وباستخدام نموذجين للشبكات العصبونية وهما Deep Neural Network (DNN) و Recurrent Neural Network (RNN) متمثلة ب LSTM، بالإضافة إلى نموذج يستند إلى عتبة، تم إجراء مقارنة لأداء الشبكة تبين فيه أن LSTM يعطي دقة أفضل من DNN بنسبة 10%، كما أن النموذجين السابقين يعطيان أداء أفضل من النموذج المستند إلى العتبة.

للتحقق من إمكانية الاستفادة من أدوات التعلم الآلي، قامت [13] بإجراء تنبؤ على مجموعة بيانات تم التقاطها باستخدام برنامج Wireshark، تهدف هذه الدراسة إلى التنبؤ بوقت حدوث ارتفاع مفاجئ في تدفق حركة المرور في لحظة معينة من الزمن أم لا، والتنبؤ بكثافة وصول الحزم في لحظة معينة من الزمن، من خلال مقارنة أكثر من نموذج يعتمد على الفترة الزمنية المراد حساب كثافة الحزم فيها.

تم تحويل البيانات التي تم الحصول عليها باستخدام برنامج Wireshark إلى التنسيق الصحيح المطلوب، وتجميعها بناء على أكثر من فاصل زمني معين لتحديد فيما إذا كانت حركة المرور ستشهد ارتفاعات مفاجئة في شدتها ومدى شدة هذه الارتفاعات. تم تطوير شبكة شاملة من الخلايا العصبونية باستخدام نموذج الذاكرة طويلة المدى (LSTM).

تم اختيار نماذج مختلفة ل LSTM تعتمد على بارامترات مختلفة للنماذج، من أجل المقارنة بين الطرق المختلفة للتنبؤ ومعرفة الحالات التي يكون فيها النموذج متوافق مع البيانات الموجودة، حيث أثبتت LSTM القدرة على التنبؤ بفعالية.

في [6] تم اقتراح نماذج تعلم آلية تستكشف بشكل مشترك العلاقات المكانية والزمانية لحركة البيانات، واستناداً إلى LSTM تم تطوير نهج تعليمي متعدد المهام يمكنه التعامل مع العديد من مهام التنبؤ في نفس الوقت للاستفادة من المنافع المتبادلة

تم تقييم الاساليب عبر مجموعة بيانات حركة مرور خلوية حقيقية تم جمعها من مدينة كبيرة في آسيا، تغطي البيانات المستخدمة في هذا العمل أحجام المرور ل 16 محطة قاعدة مختلفة خلال فترة 15 يوماً في عام 2013. توجد هذه المجموعة المكونة من 16 محطة قاعدية على طول بعض الشوارع الرئيسية وبالتالي يتم تقديم مستوى عالٍ من الارتباطات المكانية.

باستخدام خوارزمية LSTM تم محاكاة العديد من بنيات التحكم المكاني والزمني للتنبؤ بحركة المرور. وتم وصف كيفية دمج التعلم المكاني والزمني في إطار عملي موحد متعدد المهام

أظهرت النتائج تقييماً تفصيلياً لنماذج التعلم المختلفة، تبين أن الارتباط المكاني بين المحطات الأساسية يمكن أن يوفر معلومات قيمة لتحسين دقة التنبؤ. بالإضافة إلى ذلك، تبين أن القواسم المشتركة والاختلافات عبر المحطات الأساسية المختلفة يمكن استغلالها بشكل أفضل من خلال أطر التعلم متعددة المهام.

ضمن سياق العمل على الاستفادة من التبعية المكانية والزمانية المكثفة بين أبراج الخلايا البعيدة، قامت [9] بتحليل حركة المرور الخلوية إلى حركة مرور داخل الخلية

وبين الخلايا، لتوصيف التبعية المكانية بين أبراج الخلايا، مع توضيح ضرورة وفوائد مراعاة التبعية المكانية في تنبؤ حركة البيانات الخلوية.

تم تقديم نموذج قائم على الشبكة العصبونية العميقة يعتمد على نموذج Graph Neural Network (GNN)، للتنبؤ بحركة البيانات الخلوية ضمن مجموعة البيانات الخاصة المأخوذة من شركة اتصالات خلوية كبرى في مدينة كبيرة في الصين. تمت مقارنة اداء نموذج GNN المقترح هنا مع النماذج التالية:

❖ Naive Bayes

❖ Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)

❖ Long-Short Term Memory (LSTM)

أثبت النموذج المقترح أهمية التبعية المكانية في تحسين دقة التنبؤ وتفوقه على النماذج السابقة عند وجود تنقل كبير ضمن الشبكة، كما تم التحقق من تأثير حجم حركة البيانات الخلوية التي تلعب دورا في إمكانية تنفيذ الحجز المسبق للموارد.

بحث [14] في NeuTM وهو إطار عمل لتنبؤ مصفوفة حركة مرور الشبكة Traffic Matrix (TM) استنادا إلى الشبكات العصبونية المتكررة للذاكرة طويلة المدى (LSTM (RNNs). معظم الأبحاث التي تستخدم الشبكات العصبونية للتنبؤ بحركة مرور الشبكة تهدف إلى التنبؤ بقيمة حركة المرور الإجمالية، في هذا العمل الهدف هو توقع مصفوفة المرور وهي مهمة أكثر صعوبة بكثير.

تم تقديم إطار عمل قائم على LSTM للتنبؤ بمصفوفة الحركة على نطاق واسع، كما تم تنفيذ إطار العمل الخاص هنا ونشره على شبكة معرفة بالبرمجيات Software-Defined Networking (SDN) وتدريبها على بيانات العالم الحقيقي باستخدام

مجموعة بيانات G' EANT، وهي منظمة تعمل مع أعضائها لمزيد من البحث والشبكات التعليمية في أوروبا والعالم. أظهرت النتائج أن LSTM تتفوق على الأساليب الخطية التقليدية.

نلاحظ مما سبق أن عملية التنبؤ بحركة المرور هي عملية تعتمد على العديد من العوامل كحجم البيانات، المدة الزمنية التي تم التقاط البيانات فيها، طول الفترة المستقبلية التي سيتم التنبؤ بها وطول الفترة السابقة التي سيتم الاعتماد عليها للتنبؤ. كل هذه العوامل ستساهم إما في تحسين دقة التنبؤ أو العكس.

بعض الدراسات السابقة لم تقم باستخدام قاعدة بيانات حقيقية مما يقلل من جودة البحث، وبعضها الآخر استخدم بيانات تم التقاطها لفترة قصيرة لا تكفي لإعطاء قرار نهائي دقيق، وبالنسبة للخوارزميات المتبعة فهي قابلة لإعادة الاستخدام واستغلالها بشكل أفضل من خلال تجربة كافة البارامترات والتحليلات الممكنة، كما أن الأبحاث دائماً ما تركز على التنبؤ الجيد وتحسين دقته، لكن يمكننا القول أن الإدارة الجيدة والنهج الصحيح بالنسبة لإدارة موارد الشبكات يلعب دوراً مهماً جداً في تحسين الخدمات المقدمة إلى جانب التنبؤ الدقيق.

في نهاية المطاف يمكننا القول إنه من أجل إدارة استباقية ناجحة وفعالة لموارد الشبكة يجب علينا إيجاد خوارزمية فعالة، أو الاستفادة من أكثر من خوارزمية على مراحل متعددة لتحقيق تنبؤ دقيق، ثم إيجاد الحلول الصحيحة والفعالة لإدارة الموارد في الأوقات التي نجد فيها إمكانية لحدوث تنازع عليها أو نقص فيها، مما يعني تنبؤ دقيق مع إدارة استباقية مبتكرة يعطينا شبكة مستعدة لكل ما قد يحدث.

4- المفاهيم الأساسية للبحث

4-1- الإدارة الاستباقية

يهدف المفهوم الجديد لإدارة الشبكة الاستباقية إلى تحديد مسبق للمشكلات في الأداء التي ستظهر لاحقاً، فضلاً عن توفير الدعم لإجراءات صنع القرار في المستقبل.

من خلال التخطيط الاستباقي هناك قدرة على فحص جميع أجزاء العمل وإنشاء استراتيجيات إدارة الموارد والتنظيم لإصلاح أي اختناقات قبل حدوث أي خلل. سيساعد ذلك على تحقيق الاستقرار والموثوقية للشبكة.

من فوائد الإدارة الاستباقية للشبكة [10]:

- الزيادة في الأمان
- الكشف عن المشاكل في الوقت المناسب
- الردود الآلية
- لا مزيد من الأعطال المكلفة
- تحسين الإنتاجية
- إدارة الشبكات المتنامية

4-2- شبكات (LSTM) Long Short-Term Memory

هي نوع من شبكات RNN التي تستخدم وحدات خاصة بالإضافة إلى الوحدات القياسية، تتضمن وحدات LSTM "خلية ذاكرة" memory cell يمكنها الاحتفاظ بالمعلومات في الذاكرة لفترات طويلة من الزمن، تُستخدم مجموعة من البوابات للتحكم في وقت دخول المعلومات إلى الذاكرة ووقت إخراجها ووقت نسيانها.

هناك ثلاثة أنواع من البوابات، بوابة الإدخال وبوابة الإخراج وبوابة النسيان، تحدد بوابة الإدخال عدد المعلومات من العينة الأخيرة التي سيتم الاحتفاظ بها في الذاكرة، تنظم بوابة الإخراج كمية البيانات التي يتم تمريرها إلى الطبقة التالية، وبوابة النسيان تتحكم في نسيان الذاكرة المخزنة، تتيح لهم هذه البنية تعلم التبعيات طويلة المدى [4].

5- النموذج والاختبارات والنتائج

كما تم ذكره سابقاً فقد تم تجميع البيانات الموصفة في الفقرة 4-1 على مدار 61 يوم كاملين. تم جمع معلومات كل يوم على حدة وتسجيلها ضمن ملفات بصيغة txt تحتوي على المعلومات المذكورة.

سيتم العمل وفق الآلية الموضحة في الجدول 5-1:

الجدول 5-1 آلية العمل المتبعة

المعالجة المسبقة للبيانات	<ul style="list-style-type: none"> • قراءة الملفات وتحديد عناوين الأعمدة واختيار الفاصل الزمني • اختيار المنطقة ذات حركة المرور الأعلى لدراستها
دراسة الثبات والاتجاه والموسمية	<ul style="list-style-type: none"> • Dickey-Fuller test statistic • استخدام الرسم البياني لتحديد الاتجاه والموسمية
إعداد بيانات قنبلة للتنبؤ باستخدام LSTM	<ul style="list-style-type: none"> • تقسيم البيانات الى المجال (0 - 1) • تقسيم البيانات الى 80% بيانات تدريب و 20% بيانات اختبار • اعادة هيكلة بيانات الإدخال الى الشكل المناسب لنموذج التنبؤ
التنبؤ باستخدام LSTM	<ul style="list-style-type: none"> • تحديد بارامترات النموذج • اجراء الاختبارات لكافة الاحتمالات • حساب مقاييس الخطأ لمعرفة النموذج الأكثر دقة • رسم يوضح البيانات الأصلية وبيانات التدريب والاختبار
دراسة توزيع البيانات	<ul style="list-style-type: none"> • اختبار كولموغوروف - سميرونوف (Kolmogorov-Smirnov Tests) • تحديد التوزيع هل هو طبيعي أم لا • تحديد القيم المتطرفة ومجالات القيم الطبيعية
الإدارة الاستباقية للموارد	<ul style="list-style-type: none"> • حسب نتائج الخطوات السابقة • اتخاذ القرار بناء على مجالات القيم

5-1- المعالجة المسبقة للبيانات

يتم إجراء المعالجة المسبقة للبيانات وفق الخطوات التالية:

- أولاً: قراءة الملفات ووضع عناوين مناسبة للأعمدة. تعديل صيغة التاريخ الى صيغة مناسبة للعمل. تحديد فاصل زمني للقيم قدره (60 دقيقة). وتجميع البيانات ضمن هذه الفواصل لكل معرف square id ضمن الشبكة. ثم يتم حفظ التعديلات ضمن ملفات بصيغة (Comma-separated values) csv لسهولة العمل والتطبيق.
- ثانياً: تجميع معلومات ال 61 يوم ضمن إطار بيانات يحتوي على كل ال CDRs*K المسجلة ضمن فاصل زمني قدره ساعة لكل square id . وتعيين نقطة بداية للقراءة بحيث تصبح القراءة الأولى بدءاً من الساعة 12.00 صباحاً من يوم 2013-11-01 وتخزين المعلومات ضمن ملف جديد بصيغة CSV.
- ثالثاً: إنشاء index يعبر عن توقيت قياس حركة المرور، على اعتبار أن وقت البداية هو أول ساعة تم تسجيل البيانات فيها. ثم ترتيب البيانات تصاعدياً تبعاً لل index الشكل 1-5.

hour	datetime	squareid	CDRs*K
0	2013-11-01 00:00:00	1	67.419996
0	2013-11-01 00:00:00	2	67.782483
0	2013-11-01 00:00:00	3	68.168337
0	2013-11-01 00:00:00	4	66.370045
0	2013-11-01 00:00:00	5	60.400473
...
1454	2013-12-31 14:00:00	9996	292.206178
1454	2013-12-31 14:00:00	9997	327.172434
1454	2013-12-31 14:00:00	9998	320.596798
1454	2013-12-31 14:00:00	9999	187.571311
1454	2013-12-31 14:00:00	10000	133.308221

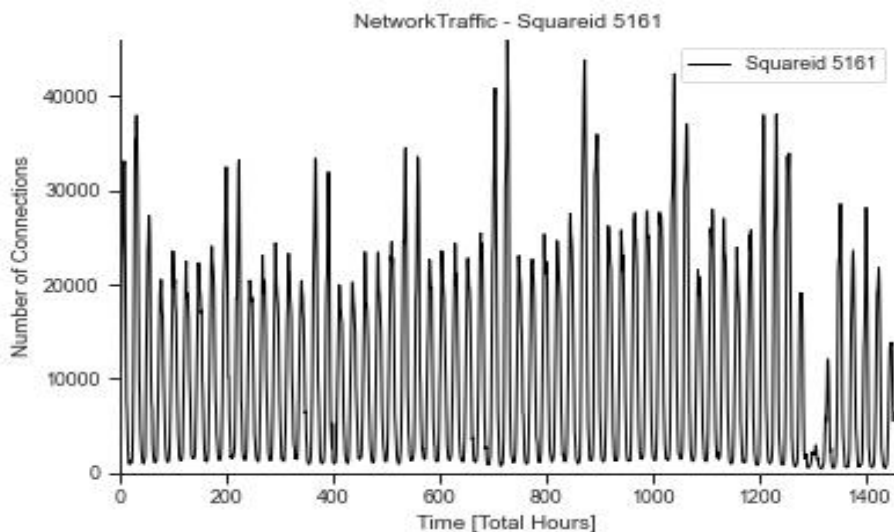
الشكل 1-5 مجموعة البيانات لكل square id مع index

سيتم إجراء التنقّب على square id الأعلى حركة مرور، على اعتبار أن ازدياد حركة المرور هو الذي سيؤثر على الشبكة وموارد الشبكة الشكل 2-5.

hour	datetime	squareid	CDRs*K
727	2013-12-01 07:00:00	5161	45986.687206
872	2013-12-07 08:00:00	5161	43843.884364
871	2013-12-07 07:00:00	5161	42733.849670
728	2013-12-01 08:00:00	5161	42681.184707
1040	2013-12-14 08:00:00	5161	42378.912783
704	2013-11-30 08:00:00	5161	40860.148056
1039	2013-12-14 07:00:00	5161	40079.173597
870	2013-12-07 06:00:00	5161	40011.189118
703	2013-11-30 07:00:00	5161	39597.772969
726	2013-12-01 06:00:00	5161	38822.773100

الشكل 2-5 أعلى عشر قراءات لحركة البيانات مع square id لها

تبين أن أعلى 70 قراءة لحركة البيانات هي ضمن square id = 5161 (تقع بالقرب من منطقة Duomo والتي تعد مركز مدينة ميلان وأهم مناطق الجذب السياحي) وبالتالي هذه المنطقة سيتم اعتمادها كحالة لدراستها الشكل 3-5.



الشكل 3-5 رسم بياني لسجلات تفاصيل المكالمات خلال 61 يوم

5-2- دراسة الثبات والاتجاه والموسمية

يمكن تحديد ثبات السلاسل الزمنية باستخدام أحد الاختبارات الإحصائية التي تسمى Dickey-Fuller test statistic [8]. يعتمد هذا الاختبار على فرضية Null، التي تقول إن السلسلة الزمنية ليست ثابتة. تتكون نتائج الاختبار من Test statistic وبعض القيم الحرجة للفواصل الزمنية المختلفة Critical Value. إذا كان Test statistic أقل من Critical Value ترفض الفرضية الصفرية ويمكن القول إن السلسلة الزمنية ثابتة. من خلال تطبيق الاختبار على البيانات السابقة يتبين أن قيمة Test statistic أقل من القيم الحرجة، كما أن قيمة ال P-value أقل من 0.05 بالتالي ترفض النظرية الصفرية وتعتبر السلسلة الزمنية ثابتة الشكل 4-5.

```
Results of Dickey-Fuller Test:
Test Statistic           -4.553459
p-value                  0.000157
#Lags Used               24.000000
Number of Observations Used 1430.000000
Critical Value (1%)     -3.434931
Critical Value (5%)     -2.863563
Critical Value (10%)    -2.567847
dtype: float64
```

الشكل 4-5 نتائج اختبار Dickey-Fuller

بمجرد تحديد أن السلسلة الزمنية ثابتة يمكن التحقق من الاتجاه والموسمية، من الشكل أعلاه يمكن أن نرى الطبيعة الدورية للسلسلة الزمنية مع إجمالي عدد $CDRs * K$ ، ويمكن أن نرى الموسمية اليومية (بدون اتجاه محدد) والتي تتوافق في كل فترة 24 ساعة في نشاط حركة المرور على الإنترنت.

3-5 - اعداد بيانات قابلة للتنبؤ باستخدام LSTM:

بالنظر إلى أن كل ملاحظة مفصولة بنفس الفترة الزمنية لساعة واحدة، لذلك عند القيام بتحميل مجموعة البيانات يمكن استبعاد العمود الأول. يمكن صياغة المشكلة على أنها مشكلة انحدار، أي بالنظر إلى نشاط حركة المرور خلال الساعات الماضية، ما هو نشاط حركة المرور في الساعات المقبلة؟

تعتبر LSTM حساسة لمجال قياس بيانات الإدخال، خاصة عند استخدام وظائف sigmoid أو tanh. قد يكون من الممارسات الجيدة إعادة تسوية البيانات إلى نطاق من 0 إلى 1. يمكن تسوية مجموعة البيانات بسهولة باستخدام MinMaxScaler من مكتبة scikit-Learn.

بعد نمذجة البيانات وتقدير مهارة النموذج على مجموعة بيانات التدريب، يجب الحصول على فكرة عن مهارة النموذج على بيانات جديدة غير مرئية. بالنسبة إلى مشكلة التصنيف أو الانحدار العادية، يمكن القيام بذلك باستخدام التحقق المتقاطع .cross validation

مع بيانات السلاسل الزمنية فإن تسلسل القيم مهم، هناك طريقة بسيطة يمكن استخدامها وهي تقسيم مجموعة البيانات المرتبة إلى مجموعات بيانات التدريب والاختبار. يحسب الكود فهرس نقطة الانقسام ويفصل البيانات في مجموعات بيانات التدريب تحوي 80% من الملاحظات التي يمكن استخدامها لتدريب النموذج، وترك الملاحظات المتبقية لاختبار النموذج.

يمكن الآن تحديد تابع لإنشاء مجموعة بيانات جديدة كما هو موصوف أعلاه، يأخذ التابع وسيطين: مجموعة البيانات وهي عبارة عن مصفوفة NumPy المراد تحويلها إلى مجموعة بيانات، و look_back وهو عدد الخطوات الزمنية السابقة لاستخدامها كمتغيرات إدخال للتنبؤ بالفترة الزمنية التالية. سيؤدي هذا الإعداد الافتراضي إلى إنشاء مجموعة بيانات حيث X هو نشاط حركة المرور في وقت معين (t) و Y هو نشاط حركة المرور في الساعة التالية (t + 1). يستخدم هذا التابع لإعداد بيانات التدريب والاختبار.

تتوقع شبكة LSTM أن يتم تزويد بيانات الإدخال (X) بهيكل مصفوفة محدد في شكل [عينات، خطوات زمنية، ميزات]. البيانات الحالية تكون بالشكل [عينات، ميزات]، لذلك يجب تأطير المشكلة كخطوة زمنية واحدة لكل عينة باستخدام .numpy.reshape()

5-4- التنبؤ باستخدام LSTM

تحتوي الشبكة على طبقة مرئية بمدخل واحد، وطبقة مخفية بها 4 كتل LSTM أو خلايا عصبية، وطبقة إخراج تقوم بعمل تنبؤ بقيمة واحدة. يتم استخدام وظيفة التنشيط السيني الافتراضية default sigmoid activation function لكتل LSTM. تم تدريب الشبكة على عدة نماذج تعتمد على تغيير عدد التكرارات epoch بالإضافة الى عدد الملاحظات السابقة look_back ويتم استخدام حجم دفعة batch size واحدة.

بمجرد أن يصبح النموذج مناسباً، يمكن تقدير أداء النموذج على مجموعة بيانات الاختبار والتدريب. سيعطي هذا نقطة مقارنة للنماذج الجديدة.

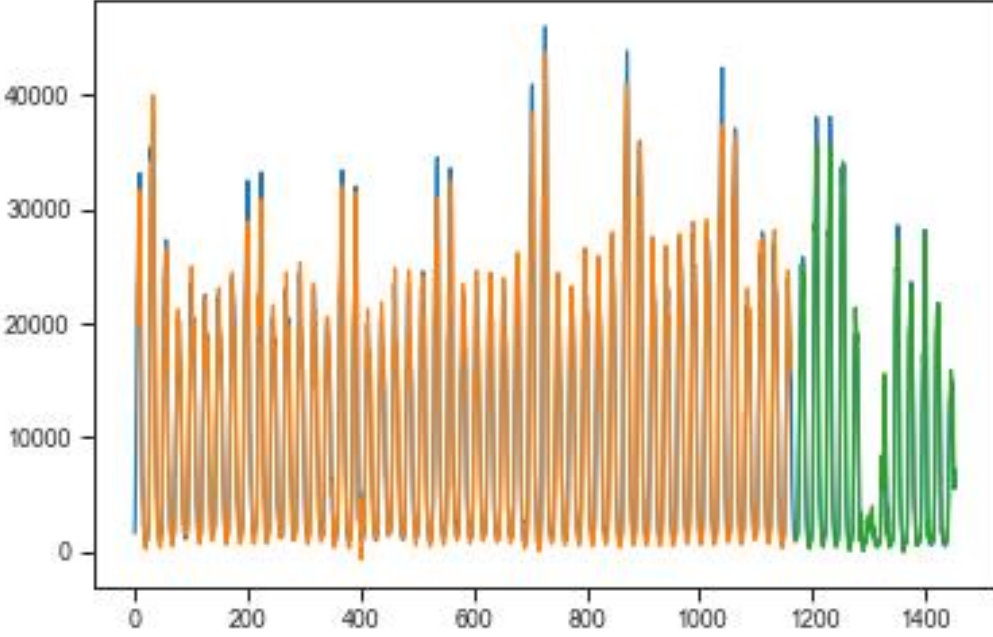
نظراً للكيفية التي تم بها إعداد مجموعة البيانات، يجب تحويل التنبؤات بحيث تتم محاذاتها على المحور x-axis مع مجموعة البيانات الأصلية. بمجرد التحضير، يتم رسم البيانات، مع إظهار مجموعة البيانات الأصلية، والتنبؤات الخاصة بمجموعة بيانات التدريب، والتنبؤات على مجموعة بيانات الاختبار غير المرئية.

من خلال تجربة النماذج المختلفة لشبكة LSTM على البيانات المتاحة، والخذ بعين الاعتبار مقاييس الأداء المذكورة سابقاً، نحصل على الجدول التالي الذي يبين نتائج النموذج مع تحديد مقاييس الخطأ في كل حالة منجزة الجدول 5-2.

الجدول 5-2 نتائج النموذج المختار مع تحديد مقاييس الخطأ في كل حالة منجزة

Look	Epochs	RMSE	MAPE	MDAPE
1	100	2070.52	28.62	20.03
	200	1854.28	46.2	22.91
	300	3087.61	36.74	20.18
2	100	1940.8	69.59	32
	200	1639.46	26.4	16.47
	300	1954.85	60.53	17.92
3	100	1555.69	35.58	17.09
	200	1503.83	27.12	16.34
	300	1584.55	29.71	18.85
4	100	1534.58	25.18	17.18
	200	1940.26	66.68	25.19
	300	2120.72	82.57	29.7
5	100	1607.22	32.88	19.34
	200	1624.74	48.47	24.95
	300	1349.51	24.38	14.67
6	100	1512.79	24.14	13.96
	200	1411.81	26.69	15.01
	300	1401.08	26.56	16.13
7	100	1633.18	42.11	18.47
	200	1626.53	50.77	21.84
	300	1631.3	45.07	23.73

مما سبق يتبين أنه عند اختيار $look_back=5$ مع $epoch=300$ نحصل على أفضل نموذج من بين النماذج المقترحة حيث ينتج أقل نسبة خطأ بالتنبؤات، بالتالي سيتم اعتماد هذه النموذج كنموذج نهائي للعمل الشكل 5-5.



الشكل 5-5 رسم بياني لمجموعة البيانات كاملة ونتائج التدريب والاختبار

أصبح لدينا نموذج شبكة LSTM مناسب يمكننا من التنبؤ بحجم ال CDRs*K خلال الساعات المقبلة، ولكي نحقق الاستفادة المرجوة من هذا التنبؤ بما يخدم الإدارة الاستباقية لموارد الشبكة لا بد من دراسة أكثر شمولاً لتوزيع البيانات.

5-5- دراسة توزيع البيانات

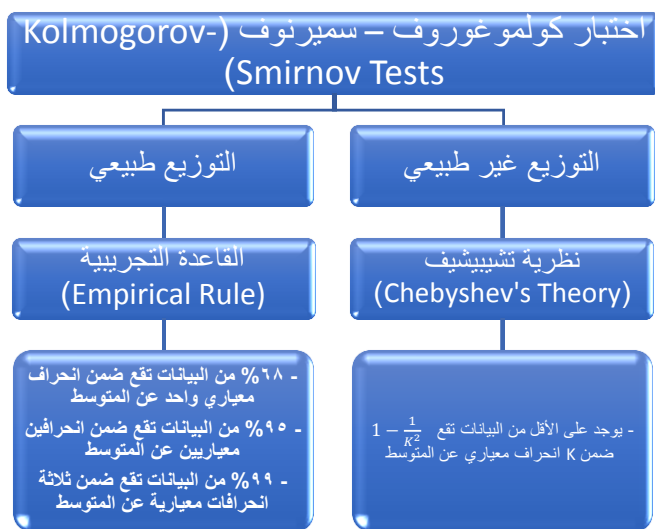
كل مجموعة بيانات تحوي على نسبة من البيانات تعتبر قيمها ضمن الحدود الطبيعية والمألوفة فيما تعتبر قيم النسبة المتبقية من البيانات شاذة أو متطرفة. إن فهم طبيعة البيانات ونوع التوزيع لها سواء كان يتبع للتوزيع الطبيعي أو غيره يسهل عملية معرفة القيم الطبيعية والقيم المتطرفة.

بناء على ما ذكر فان معرفة التوزيع الخاص بمجموعة البيانات المتنبئ بها سيمكننا من تحديد القيم المتطرفة (تعني هذه القيم أن حجم البيانات سيؤثر على موارد الشبكة اما

باستهلاك متزايد لها أو استخدام موارد لا حاجة لها ضمن فترات معينة)، بالتالي يمكن اتخاذ الإجراءات المناسبة مسبقاً لمنع حدوث ازدحام ضمن الشبكة والحفاظ على جودة الخدمة أو توفير استهلاك الموارد والطاقة لحين زيادة الطلب على الموارد.

تختلف طرق حساب القيم المتطرفة عندما يكون توزيع البيانات طبيعي أو غير طبيعي، لذلك سيتم استخدام أحد أكثر الاختبارات شهرة وفعالية لمعرفة فيما إذا كانت البيانات ذات توزيع طبيعي أم لا.

5-5-1- الآلية المستخدمة لدراسة توزيع البيانات



الشكل 5-6 آلية دراسة توزيع البيانات

5-5-2- اختبار كولموغوروف - سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov Tests)

يستخدم لتحديد ما إذا كانت العينة تأتي من مجموعة بيانات ذات توزيع محدد، على سبيل المثال يمكن معرفة فيما إذا كانت مجموعة البيانات المتوفرة تتبع للتوزيع الطبيعي

أم لا. الفرضية الصفرية تقول ان توزيع البيانات يتبع للتوزيع المحدد، بينما الفرضية الأخرى تقول إن عينة واحدة على الأقل لا تتبع للتوزيع المحدد.

في حالة دراسة التوزيع الطبيعي، إذا كانت البيانات المرصودة تتبع التوزيع الطبيعي تماماً فستكون قيمة KS statistic هي صفر، تُستخدم القيمة P لتحديد ما إذا كان الفرق كبيراً بما يكفي لرفض الفرضية الصفرية:

- إذا كانت قيمة P أكبر من 0.05 فإننا نفترض التوزيع الطبيعي.
- إذا كانت قيمة P أصغر من 0.05 فإننا لا نفترض التوزيع الطبيعي.

نقترح دراسة توزيع البيانات لمجموعة البيانات المتبقي بها، يستخدم تابع describe () لحساب بعض البيانات الإحصائية (عدد البيانات، المتوسط، الانحراف المعياري، الربيعات، أصغر قيمة للبيانات وأكبر قيمة للبيانات)، ليساعدنا في عمليات الاختبار التي سنجرها الجدول 3-5.

الجدول 3-5 البيانات الإحصائية لمجموعة البيانات

count	285.000000
mean	8561.221789
std	9725.557751
min	-111.773254
25%	1038.189200
50%	3359.877400
75%	15552.928000
max	35583.117000

يتم تطبيق اختبار كولموغوروف - سميرونوف على مجموعة البيانات المقترحة لمعرفة إذا كان التوزيع طبيعي أم لا الشكل 5-7.

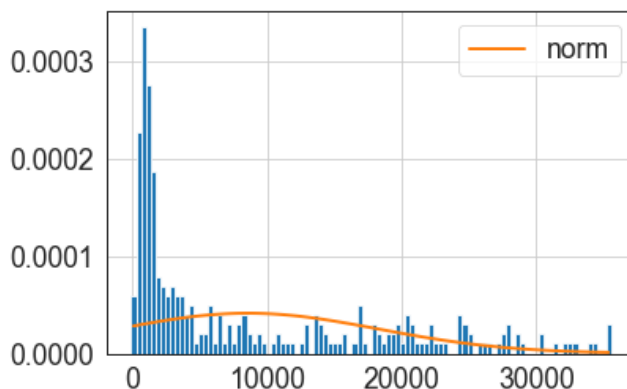
```
from scipy.stats import kstest, norm
ks_statistic, p_value = kstest(my_data, 'norm')
print("ks_statistic= ",ks_statistic)
print("p_value= ", p_value)
```

✓ 0.5s

```
ks_statistic= 1.0
p_value= 0.0
```

الشكل 5-7 نتائج اختبار كولموغوروف - سميرنوف

من خلال النتائج السابقة نلاحظ أن قيمة الاختبار هي 1 مما يعني أن التوزيع بعيد كل البعد عن التوزيع الطبيعي، من خلال الرسم البياني الشكل 5-8 يتضح لدينا بعد توزيع بياناتنا عن التوزيع الطبيعي.



الشكل 5-8 رسم بياني لتوزيع البيانات مقارنة مع التوزيع الطبيعي

بعد معرفة نوع التوزيع للبيانات يتم تطبيق القاعدة التجريبية Empirical Rule أو نظرية تشيبيشيف Chebyshev's Theory لتحديد الحدود الدنيا والعظمى للمجال الذي تقع ضمنه معظم العينات. إن القاعدة التجريبية هي طريقة معلميها، تستخدم مع التوزيع

الطبيعي للبيانات، بينما نظرية تشيبيشيف هي طريقة غير معملية، وتُطبَّق من أجل مجموعة واسعة من التوزيعات، وبما أن البيانات لدينا ليست ذات توزيع طبيعي هذا يعني أنه سنستخدم نظرية تشيبيشيف.

5-5-3- نظرية تشيبيشيف (Chebyshev's Theory)

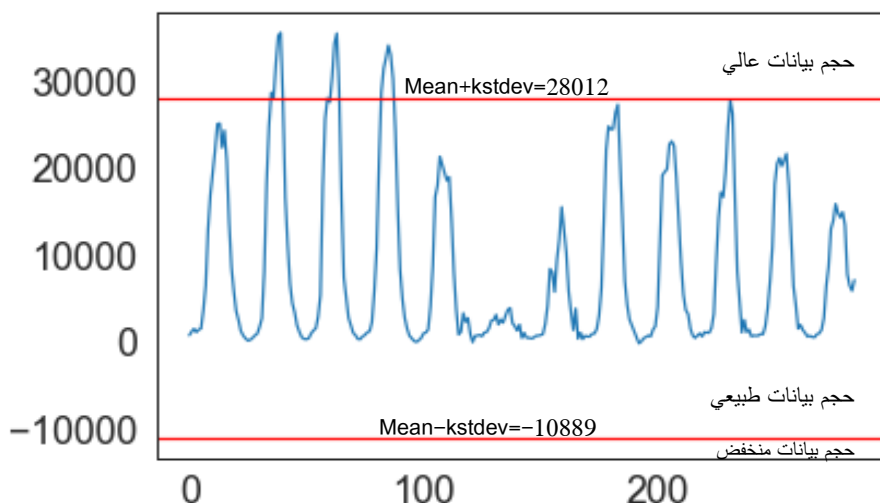
بفرض أن البيانات لا تتبع للتوزيع الطبيعي، والمتوسط والانحراف المعياري لمجموعة البيانات معلوم، ويجب معرفة نسبة البيانات التي تقع ضمن انحرافين معياريين أو أكثر عن المتوسط، سيتم استخدام هذه النظرية.

تنص النظرية على أنه على الأقل يوجد $1 - \frac{1}{K^2}$ من العينات سوف تقع ضمن K انحراف معياري عن المتوسط، وبناء على هذه النظرية يمكن تحديد القيم المتطرفة التي تملك قيم خارجة عن القيم الطبيعية لمجموعة البيانات، عندما تكون $K=2$ فهذا يعني أنه على الأقل 75% من البيانات تقع ضمن 2 انحراف معياري أقل من المتوسط و2 انحراف معياري أكبر من المتوسط.

يوجد على الأقل $1 - \frac{1}{K^2}$ من البيانات تقع ضمن K انحراف معياري عن المتوسط،

لنستطيع فهم ما يمكن للخوارزمية تحقيقه يمكننا رسم مجموعة البيانات مع وضع

مجال يحدد القيم المتطرفة والقيم الطبيعية على اعتبار $k=2$ كما في الشكل 5-9.



الشكل 5-9 رسم بياني للقيم الطبيعية والمتطرفة بناء على نظرية تشيبيشيف

بناء على فهم مجموعة البيانات، يمكن تقسيم البيانات الى ثلاثة أقسام وهي (حجم بيانات عالي، حجم بيانات طبيعي، حجم بيانات منخفض)، وبكل تأكيد لا يوجد لدينا ضمن بياناتنا قيم سالبة على اعتبار انه لا يوجد حجم بيانات سالب لذلك نعتبر قيمة الصفر هي الحد الأدنى الذي تعتبر البيانات فوقه هي قيم طبيعية.

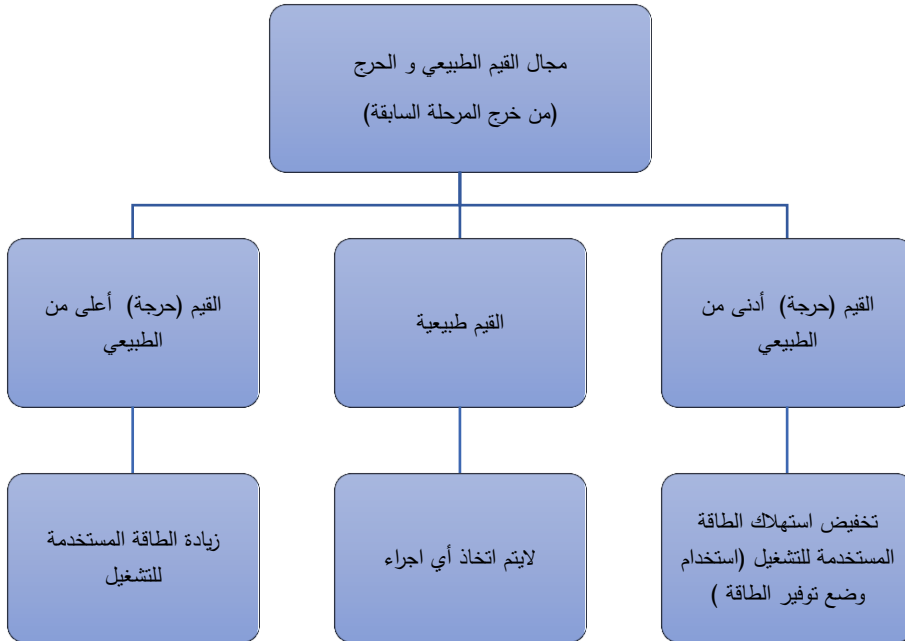
5-6 - الإدارة الاستباقية للموارد

تعد الإدارة الاستباقية للموارد الخطوة الأخيرة في الألية المستخدمة والمشروحة في الجدول 5-1 سيكون اتخاذ القرار الصحيح بشأن إدارة الموارد للشبكة متناسب مع حجم البيانات المتوقع، طالما كان حجم البيانات المتوقع ضمن القيم الطبيعية التي تم تعيينها سابقا لن يتم اتخاذ أي اجراء يذكر، ولكن في الفاصل الزمني الذي يشير فيه حجم البيانات المتوقع الى قيمة ضمن فئة الحجم العالي للبيانات عندها يجب معرفة موارد الشبكة المادية أو البرمجية التي ستم زيادتها، من أجل ضمان جودة بيانات عالية وعدم حصول أي تأخير في الخدمات، وبالمقابل أيضا ضمن فئة حجم البيانات المنخفض،

يمكن تخفيض الموارد أو إجراء خطط معينة لتوفير الطاقة والاستهلاك الغير مرغوب به للموارد.

5-6-1- مقترح الإدارة الاستباقية للطاقة

سنتعامل مع سيناريو إدارة الطاقة ونوضح ذلك من خلال المخطط التالي الشكل 10-5 لإدارة الموارد المقترح.



الشكل 10-5 مخطط مقترح لإدارة الموارد

كما ذكرنا سابقا، يتم تقسيم مدينة ميلان الى 10000 منطقة، لكل منطقة معرف فريد لها Square id ويتم تخديمها من قبل عدة محطات قاعدية. في المقترح لدينا نعتبر انه يتم توفير الخدمات اللازمة لكل square id من قبل محطة قاعدية وفق المعادلة (6):

$$T = N + H - L \quad (4)$$

حيث ان

N: عدد المحطات القاعدية قيد التشغيل ضمن square id

H: عدد المحطات القاعدية التي يجب إدخالها الى الخدمة ضمن square id

L: عدد المحطات القاعدية التي يجب إخراجها من الخدمة ضمن square id

هذه القيم يتم تحديدها بشكل مسبق من قبل وحدة إدارة مركزية خاصة بتنظيم عدد المحطات القاعدية ضمن كل square id، وذلك بناء على عمليات التنبؤ ودراسة توزيع البيانات التي تجري ضمنها.

خلال الوضع الطبيعي لحركة البيانات تكون كل من $H=0$ و $L=0$ كون لا حاجة لاتخاذ أي اجراء، وفي حال كان هناك حركة بيانات ذات قيم حرجة أعلى من الحد الطبيعي تكون $L=0$ وقيمة H تتناسب مع حجم الزيادة في حركة البيانات، وفي حال كان هناك حركة بيانات ذات قيم حرجة أدنى من الطبيعي تكون $H=0$ وقيمة L تتناسب مع حجم النقص في حركة البيانات.

5-6-2- تطبيق إدارة الطاقة على مجموعة البيانات

الدراسة السابقة تمت على square id=5161 وسنجري تطبيق مقترحنا على المنطقة المدروسة نفسها، كل محطة قاعدية ضمن هذه المنطقة يتوجب عليها تقديم معلومات حول حركة البيانات عبرها، والتي نعبر عنها في دراستنا ب $CDR * K$ وذلك الى وحدة الإدارة المركزية، بعد تجميع المعلومات من قبل وحدة الإدارة المركزية سنقوم الوحدة بما يلي:

- التنبؤ بحركة البيانات للأيام القادمة
- دراسة توزيع البيانات
- تحديد القيم الحرجة
- تحديد الأوقات التي سيكون فيها حجم البيانات ذو قيمة حرجة

بناء على الخطوات المذكورة أعلاه والنتائج التي حصلنا عليها، ستلاحظ وحدة الإدارة المركزية وجود قيم حرجة ذات حجم أعلى من الطبيعي خلال ال 48 ساعة القادمة، وسيستمر هذا الارتفاع لمدة 72 ساعة، بعدها ستعود حركة البيانات الى وضعها الطبيعي الشكل 5-9.

سترسل وحدة الإدارة المركزية سيناريو التشغيل التلقائي للأيام القادمة على شكل ساعات منفصلة الى كل المحطات القاعدية ضمن $square\ id = 5161$ ، والذي يحتوي على T عدد المحطات التي سيتم تشغيلها مع اعتبار $L=0$ لأنه يوجد ارتفاع في حجم البيانات عن القيم الطبيعية وليس انخفاض ضمن المدة المدروسة.

بهذه الطريقة بعد مرور 48 ساعة من لحظة التنبؤ، سيتم زيادة عدد المحطات القاعدية بمقدار H بشكل تلقائي، مما يؤدي الى تجنب حدوث ازدحام على الموارد ضمن المنطقة، ومنع تدهور الخدمات الناجم عن الازدحام، وبعد انقضاء 72 ساعة أخرى سيتم العودة الى العمل بالشكل الطبيعي لعدد المحطات القاعدية بناء على قرار وحدة الإدارة المركزية وتعود $H=0$ الى حين الدراسة التالية لحالة الشبكة.

6- الخاتمة

في هذا العمل، تم التطرق الى إمكانية إجراء استباقية لموارد الشبكة بناء على التنبؤ بحرك البيانات للشبكة، للقيام بذلك تم تطبيق نظام إدارة مركزي مسؤول عن اتخاذ القرار حول عدد المحطات القاعدية التي سيتم تشغيلها ضمن كل منطقة من مناطق المدينة.

تقوم جميع المحطات القاعدية بإرسال بيانات حركة المرور الى الوحدة المركزية، التي تقوم بدورها بالتنبؤ بحركة البيانات القادمة بناء على البيانات الحالية من خلال تطبيق خوارزمية LSTM، ودراسة التوزيع للبيانات المنتبئ بها من خلال تطبيق اختبار كولموغوروف – سميرنوف، ومن ثم تحديد الساعات التي تكون فيها حركة البيانات ذات قيمة حرجة خارجة عن الوضع الطبيعي، من خلال استخدام نظرية تشيبيشيف (Chebyshev's Theory)

يقوم النظام باتخاذ القرار حول عدد المحطات التي سيتم تشغيلها لكل منطقة، ليُرسل هذا القرار الى جميع المحطات القاعدية ضمن سيناريو تشغيل تلقائي يتحكم بالمحطات التي سيتم تشغيلها أو إيقافها والساعات المحددة لذلك.

-7 المراجع

1. ALAWE, I., Y. HADJADJ-AOUL, A. KSENTINI, P. BERTIN, C. VIHO, and D. DARCHE 2018- **Smart Scaling of the 5G Core Network: An RNN-Based Approach**. 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 1-6.
2. AZARI, A., P. PAPAPETROU, S. DENIC, and G. PETERS 2019- **User Traffic Prediction for Proactive Resource Management: Learning-Powered Approaches**. 2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 1-6.
3. BARLACCHI, G., M. DE NADAI, R. LARCHER, A. CASELLA, C. CHITIC, G. TORRISI, F. ANTONELLI, A. VESPIGNANI, A. PENTLAND, and B. LEPRI 2015- **A multi-source dataset of urban life in the city of Milan and the Province of Trentino**. Scientific Data, Vol. 2, N. 1, 150055.
4. BROWNLEE, J. 2018- **A Gentle Introduction to LSTM Autoencoders**. MachineLearningMastery.com.
<https://machinelearningmastery.com/lstm-autoencoders/>.
5. HUANG, C.-W., C.-T. CHIANG, and Q. LI 2017- **A study of deep learning networks on mobile traffic forecasting**. 2017 IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), 1-6.

6. QIU, C., Y. ZHANG, Z. FENG, P. ZHANG, and S. CUI 2018– **Spatio–Temporal Wireless Traffic Prediction With Recurrent Neural Network**. IEEE Wireless Communications Letters, Vol. 7, N. 4, 554–557.
7. TRINH, H.D., L. GIUPPONI, and P. DINI 2018– **Mobile Traffic Prediction from Raw Data Using LSTM Networks**. 2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 1827–1832.
8. VERMA, Y. 2021– **Complete Guide To Dickey–Fuller Test In Time–Series Analysis**. Analytics India Magazine.
<https://analyticsindiamag.com/complete-guide-to-dickey-fuller-test-in-time-series-analysis/>.
9. WANG, X., Z. ZHOU, Z. YANG, Y. LIU, and C. PENG 2017– **Spatio–temporal analysis and prediction of cellular traffic in metropolis**. 2017 IEEE 25th International Conference on Network Protocols (ICNP), 1–10.
10. 2021– **8 Benefits Of Proactive Network Monitoring**.
<https://codecondo.com/8-benefits-of-proactive-network-monitoring/>.
11. 2022– **Understanding metric values**. Stephen Allwright.
<https://stephenallwright.com/metric-values/>.

12. Cisco Annual Internet Report – Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper – Cisco.

<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>.

13. [2110.03781] 5G Traffic Prediction with Time Series Analysis. <https://arxiv.org/abs/2110.03781>.

14. NeuTM: A neural network-based framework for traffic matrix prediction in SDN | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8406199>.

تطوير نموذج رياضي للتنبؤ بقوة الجر والقوة الرأسية على محراث تحت التربة المزود بأجنحة

*أ.د. محمد عبود غانم *م. ونام كامل معلا

الملخص

يعد المحراث تحت التربة أكثر أنواع المحارث تطلباً للقدرة نظراً لعمله على أعماق كبيرة قياساً بباقي أنواع المحارث، ولنجاح التصميم وإمكانية تطويره مستقبلاً لابد من تحديد القوى المؤثرة على المحراث بشكل صحيح.

تم في هذا البحث تحديد القوى المؤثرة بالاعتماد على الأسلوب التحليلي إذ تم تطوير نموذج رياضي استناداً إلى نموذج (Ahmadi, 2016) الذي اقتصر بحثه على حساب القوة الأفقية فقط (قوة الجر) معتمداً قوانين الميكانيك الكلاسيكية في حساباته وتطبيقاتها على التربة، كما أن النموذج فرض قيمة زاوية انهيار التربة بدلالة زاوية احتكاك التربة الداخلية فقط، في حين اعتمدنا في دراستنا على الفرضيات العامة لانهيار التربة أمام أدوات الحراثة الرفيعة، وتطبيقها على شكل الانهيار المقترح للتربة أمام المحراث تحت التربة المزود بأجنحة مما يمكن من حساب زاوية الانهيار ونصف قطر الانهيار لكل حالة وبناء عليهما حساب القوى المؤثرة عند الزاوية الموافقة لانهيار بحيث تكون النتائج أقرب للواقع.

من خلال مقارنة النتائج التي يعطيها النموذج المطور مع المعادلة العامة للجمعية الأمريكية الزراعية والنتائج الحقلية من دراسات مرجعية أثبت النموذج صحته وقدرته على التنبؤ بالقوى الرأسية وقوى الجر على محراث تحت التربة المزود بأجنحة في أنواع مختلفة من الترب الزراعية وعند ظروف عمل متنوعة.

الكلمات المفتاحية: محراث تحت التربة - الأسلوب التحليلي - زاوية الانهيار -

الفرضيات العامة في انهيار التربة.

أستاذ- قسم هندسة المكننة الزراعية- كلية الهندسة التقنية- جامعة طرطوس*
طالبة دكتوراه- قسم هندسة المكننة الزراعية- كلية الهندسة التقنية- جامعة طرطوس**

Development of a mathematical model to predict the draft and vertical forces of a winged subsoiler

*Prof. Mohamed A.Ghanem

**Eng. Weam K. Malla

Abstract:

The subsoiler plow is the most required energy tool comparing with the other plows due to its working deeper. Defining the draft and vertical forces is the most important key for successful design and for the future development.

Depending on the analytical method, we developed this model to predict the draft and vertical forces based on Ahmadi model (2016), whose model limited only for predicting the force in the horizontal direction (draft force) using classical mechanical rules, besides that, the failure angle is considered as a function of the internal friction angle only.

Our research based on the general soil failure hypostasis to define the angle and the radius of the failure which allow to perfectly calculate the forces on the plow for each situation.

Comparing the results from the developed model with the American Society Agricultural Engineering ASAE equation and with the measured forces from literature studies. It is clear that the model can be applied to predict the vertical and draft force for a winged subsoiler in different soil type successfully.

Keywords: winged subsoiler, analytical method, angle of soil failure, general hypostasis of soil failure.

*Professor- Agricultural Mechanization Department- Faculty of Technical Engineering .

**Student Doctoral Degree- Agricultural Mechanization Department- Faculty of Technical Engineering.

المقدمة والدراسة المرجعية:

يعرف انضغاط الترب الزراعية على أنه الزيادة في الكثافة الظاهرية المترافقة مع انخفاض حجم المسام بسبب إعادة ترتيب حبيبات التربة لتصبح أقرب إلى بعضها البعض نتيجة تطبيق قوى ميكانيكية (SSSA, 1996)، وتعد عملية انضغاط الترب الزراعية عملية معقدة جداً من حيث الأسباب المؤدية لحدوثها، وعلى الرغم من عدم إمكانية حصر الأسباب بطريقة شاملة (عوامل طبيعية مرتبطة بالمناخ، وبفعل الآلات، إضافة إلى حركة الإنسان والحيوان) إلا أن حركة الآلات الزراعية وعمليات الحراثة المتكررة من أهم الأسباب المرتبطة بهذه المشكلة (Raper, 2005)، إذ ينتج عن مرور الآلات وعمليات الحراثة زيادة الكثافة الظاهرية ومقاومة التربة للاختراق وما يتبعه من انخفاض المحتوى المائي والمسامية ونفاذية الهواء (Hamlett et al, 1990; Adawi et al, 1996; Nawaz et al, 2013) والذي يؤثر بدوره على إنتاجية المحاصيل. ففي دراسة لتأثير الزيادة في الكثافة الظاهرية على إنتاجية الذرة وجد أن الإنتاجية انخفضت (25%) عند زيادة الكثافة الظاهرية من 1.71g/cm^3 إلى 1.76g/cm^3 في الترب الطينية (Gaultney et al, 1982)، وفي دراسة على تأثير انضغاط التربة عند مستويات مختلفة من الرطوبة على إنتاجية الشوندر السكري في منطقة الغاب لوحظ أن الانخفاض الأكبر في الإنتاجية كان عند معاملة ضغط $(257.44)\text{Kpa}$ ورطوبة (21.80%) إذ انخفضت الإنتاجية بمقدار (17.52%) (إبراهيم وآخرون، 2015) وفي دراسة عن تأثير نظام الحراثة على إنتاجية القمح البعل انخفضت إنتاجية القمح البعل (10%) عند اتباع طريقة الحراثة المطرحة على عمق 10cm و 20cm لموسمين متتاليين بسبب تشكل طبقة صماء طينية صلدة أسفل منطقة الحراثة (منطقة انتشار المجموع الجذري) (إبراهيم وميهوب، 2001)، وفي دراسة أجريت في محطة بحوث دبا - محافظة اللاذقية على تربة طينية لومية حيث عرضت التربة لثلاثة مستويات من

الضغط ثم تمت الحراثة بشكل متجانس على عمق 20cm) وبقيت الطبقات التحتية منضغطة بدرجات مختلفة ثم أجري التفكيك الميكانيكي بوساطة مفك ميكانيكي للطبقات التحتية بين البحث أثر تطبيق الضغط في رفع الكثافة الظاهرية للتربة وأن استخدام المفك أدى لاحقاً إلى انخفاض قيمها بمقدار $(0.17)g/cm^3$ عند معاملة الضغط $(307.4)KPa$ وكذلك زاد حجم المسامية بمقدار (6.44%) وهنا تبرز أهمية المفك في تحسين بناء التربة (اسكيف، جينا وآخرون، 2021). مما سبق يتبين مدى خطورة مشكلة الطبقة الصماء والأثر السيء على بناء التربة والإنتاجية عالمياً ومحلياً وهنا تبرز أهمية تصميم محراث تحت التربة بشكل جيد للقضاء على هذه المشكلة وحيث أن الخطوة الأولى في نجاح التصميم هي تحديد القوى المؤثرة بشكل صحيح.

اتبعت أساليب عديدة لتحديد القوى المؤثرة على أدوات الحراثة منها أولاً الأسلوب التحليلي والذي يعتمد على فرض شكل معين لانهييار التربة أمام المحراث بناء على الملاحظات التجريبية، ومن ثم تطبيق معادلات التوازن على كتلة التربة وأداة الحراثة، ويعد من أول الأساليب المتبعة في هذا المجال يكمن الاختلاف في الطريقة التي يتبعها كل باحث في تبسيط شكل الانهييار وحسابات زوايا الانهييار والأبعاد لاحقاً (Mckyes and Ali, 1977; Godwin and Spoor, 1977; Grisso et al, 1980; Godwin and O'Dogherty, 2007)، وثانياً الأسلوب العددي (طريقة العناصر المنتهية وطريقة العناصر المنفصلة)، يحتاج إلى معرفة عميقة في الرياضيات والبرمجة إضافة إلى اعتماد شكل الانهييار على أسلوب التفاعل الذي يتبعه الباحث في وصف طريقة التأثير المتبادل بين أداة الحراثة والتربة (Moazen & Nemeny, 1999) وثالثاً الأسلوب التجريبي الذي يعتمد على إجراء التجربة وتكرارها عدة مرات لإيجاد علاقة بين عوامل نظام الحراثة، وما يعيب هذا الأسلوب الوقت اللازم لإجراء التجربة والتكلفة المادية وأن النتائج تبقى مرتبطة بشروط إجراء التجربة عامة (Desbiolles et al, 1997).

وباتباع الأسلوب التحليلي كان هناك عدة محاولات لإيجاد نموذج خاص بانهييار التربة أمام المحراث تحت التربة، من أوائل النماذج النموذج الرياضي الذي اقترحه Balaton في عام 1989 انطلق في حساب قوة الجر اللازمة لعمل المحراث من حساب قوى المقاومة التي يتعرض لها المحراث أثناء عمله في التربة، وقسمت هذه القوى إلى قوى مقاومة تتعرض لها القصبية وقوى تتعرض لها القدم، وقام بتقسيم قوى المقاومة التي تتعرض لها قدم المحراث إلى قوتين إحداها على القدم والأخرى على الأجنحة وعلى الرغم من التوافق الجيد بين القيم المحسوبة في هذا النموذج والقيم التجريبية فيما يخص قوة الجر، إلا أن اعتماده على المقاومة النوعية للتربة الناتجة عن تشوه التربة وضغط التربة الجانبي يحد من استخدامه، إضافة إلى أن قيم القوى الرأسية التي يعطيها النموذج تعد كبيرة مقارنةً بالقيم المقابلة المقاسة حقلياً للعديد من الدراسات التجريبية . وقام Kasisira عام 2004 بتطوير نموذج رياضي لمحراث تحت التربة المكون من قصبية رئيسة مائلة عن الأفق وتعمل على عمق 60cm)، وقصبية مساعدة أمام القصبية الرئيسية وتعمل على عمق أقل من الأخرى، حيث وضع شكلاً لانهييار التربة معتمداً على التجريب الحقلية للمحراث في التربة، ثم اعتمد الشكل الناتج أساساً في حسابات القوى المؤثرة، وبناء عليه تم تحديد المسافة المثلى بين القصبيتين ربطاً مع عمق العمل والمحققة لأقل قوة جر مطلوبة، وبالتالي أقل قدرة لازمة لعمل المحراث، اعتمد الباحث في حسابات القوى على القصبية المساعدة على نموذج (Swick and Perumpral, 1988) وعلى الشكل التجريبي للانهيار في حسابات القوى على القصبية الرئيسية ولكن يبقى النموذج المطور خاص ببيئة العمل التي تمت فيها التجربة من جهة، وبالأبعاد الهندسية للمحراث من جهة أخرى، ولا يمكن استخدامه بشكل عام. وفي عام 2011 وضع Aday نموذجاً لمحراث تحت التربة مزود بقصبتين مائلتين بزواوية (75°) عن الأفق، اعتمد الباحث في نمودجه على قياس زوايا الانهييار الأمامية والجانبية من

التجربة الحقلية في تربة طينية واستخدامها كمدخلات في نموذج الرياضي، مما يحد من استخدام النموذج بشكل عام ويجعله خاص بشروط التجربة الحقلية فقط. ولاحقاً قام Ahmadi عام 2016 بوضع نموذج لحساب القوى على محراث تحت التربة بناءً على الأسلوب التحليلي، وقد انطلق في حساباته من تقسيم القوى المؤثرة على محراث تحت التربة إلى ثلاثة قوى (قوى الشد اللازمة للقطع، قوى العطالة، وقوى الاحتكاك)، وقسم قوى الاحتكاك إلى قوى الاحتكاك على القصبية وقوى الاحتكاك على القدم، ومن أهم المآخذ على النموذج هي فرض زاوية الانهيار كقيمة تابعة لزاوية الاحتكاك الداخلي، إضافة إلى أن النموذج أهمل المركبات الشاقولية للقوى المؤثرة على كتلة التربة المنهارة وبالتالي لم يتطرق إلى حساب القوة الرأسية.

أهمية البحث، وأهدافه:

اعتمدت النماذج التي وضعت سابقاً لحساب القوى المؤثرة على محراث تحت التربة على فرضيات خاصة (تجريبية) ولترب زراعية محددة، وكما اقتصر بعضها الآخر على حساب قوى الجر فقط دون أخذ المركبات الشاقولية للقوى المؤثرة بعين الاعتبار، مما حد من استخدامها، وبذلك هدف البحث إلى إيجاد نموذج رياضي بسيط لمحراث تحت التربة المزود بأجنحة يتلافى عيوب النماذج السابقة ويمكن استخدامه في مختلف أنواع الترب الزراعية وبكفاءة مقبولة، يمكن من حساب قوة الجر والقوة الرأسية بشكل صحيح، اعتماداً على الفرضيات العامة في انهيار التربة (من خلال حساب زاوية الانهيار التي يصنعها مستوى الانهيار مع الأفق؛ وذلك عند أصغر قيمة للقوة الكلية بالإضافة إلى حساب نصف قطر الانهيار)، والتحقق من صحة النموذج المقترح بمقارنة النتائج التي يعطيها النموذج مع قيم القوى المقاسة حقلياً من دراسات سابقة وعند شروط عمل مختلفة، لما

لتحديد القوى بشكل صحيح من أهمية في نجاح تصميم المحراث وإمكانية تطويره مستقبلاً.

مواد البحث، وطرائقه:

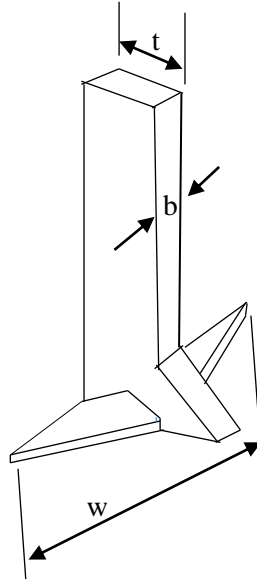
النموذج الرياضي المطور:

تم فرض شكل الانهيار بناء على نموذج (Ahmadi, 2016) حيث أن شكل انهيار التربة أمام المحراث ينتج من دوران مثلث قائم حول محور دوران رأسي وهمي يبعد عن أحد أضلاعه بمسافة افتراضية وقدرها نصف المسافة بين طرفي الجناحين ($r=w/2$) (الشكل 1-a) & (الشكل 1-b) ، وهذا الافتراض متوافق مع الشكل التجريبي للانهيار في العديد من الدراسات الحقلية على هذا النوع من المحارث من جهة (Ahmadi, 2016; Aday, 2011; Jiang et al, 2020; Balaton, 1989) وكذلك كون المحراث المزود بأجنحة يقلل العمق الحرج مما يمكن من التعامل مع المحراث كأدوات الحراثة الرفيعة من وجهة نظر الأسلوب التحليلي من جهة أخرى (Godwin and O'Dogherty, 2007).

يكمن الفرق بين النموذج المطور والنموذج قبل التطوير (Ahmadi, 2016)، أنه في النموذج الحالي فرضنا القوى المؤثرة على كتلة التربة بناء على الفرضيات العامة في انهيار التربة أمام أدوات الحراثة الرفيعة وبذلك تم أخذ المركبات الشاقولية للقوى المؤثرة، وبالتالي معادلات التوازن للقوى في جملة إحداثية (x,y) لحساب القوة الرأسية على المحراث وقوة الجر، في حين أن النموذج قبل التطوير أهمل المركبات الشاقولية للقوى المؤثرة ولم يتطرق إلى حساب القوة الرأسية على المحراث. والفرق الثاني يكمن في فرضية زاوية انهيار التربة: حيث أن النموذج قبل التطوير فرض زاوية انهيار التربة أمام المحراث (β) كقيمة تابعة لزاوية الاحتكاك الداخلية فقط، حيث اعتمد الباحث العلاقة

التالية: $\beta = 45 - \frac{\varphi}{2}$ ؛ إذ إن: (φ) : زاوية الاحتكاك الداخلية للتربة. في حين اعتمدنا في حساب (β) على نظرية ضغوط التربة المنفعلة؛ إذ يحدث الانهيار في التربة وفق المستوي الذي تكون فيه القوة الكلية أصغر ما يمكن، أي أن (β) يجب أن تؤدي للحصول على أصغر قيمة للقوة الكلية (P) وذلك وفق العلاقة: $(\text{Terzaghi}, \frac{\partial P}{\partial \beta} = 0)$

1943; Zhang and Kushwaha, 1995)



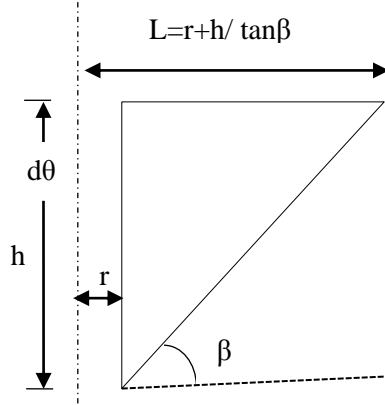
(a)

مخطط يبين الشكل العام للمحراث المزود بأجنحة

w: عرض السلاح مع الأجنحة [cm]

b: عرض القصبية [cm]

t: سماكة القصبية [cm]



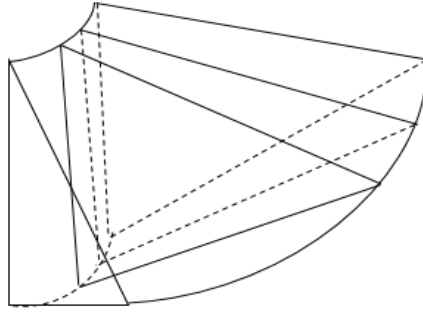
(b)

المثلث القائم المولد لشكل الانهيار حول محور دوران وهمي.

h : عمق الحرائة [cm]

β : زاوية الانهيار [°].

L : نصف قطر الانهيار [cm].



(c)

تمثيل تصوري ثلاثي الأبعاد لانهيار التربة أمام المحراث

$d\theta$: المقطع العنصري.

الشكل (1): (a) الشكل العام للمحراث وأبعاده. (b) المثلث المولد لشكل الانهيار في

التربة. (c) الشكل الافتراضي لانهيار التربة.

نفترض مقطع عنصري من كتلة التربة المنهارة على زاوية عنصرية $(d\theta)$ وبأخذ معادلات توازن القوى على هذا المقطع ثم بإجراء التكامل على كامل الزاوية (θ) نحصل على علاقة القوة الكلية $(P_1=P)$ (الشكل 1-c)، فرضنا القوى المؤثرة على المقطع العنصري بناءً على الفرضيات العامة في انهيار التربة أمام أدوات الحراثة الرفيعة كما يلي (Mckyes and Ali, 1977; Swick and Perumpral, 1988) (الشكل 2):

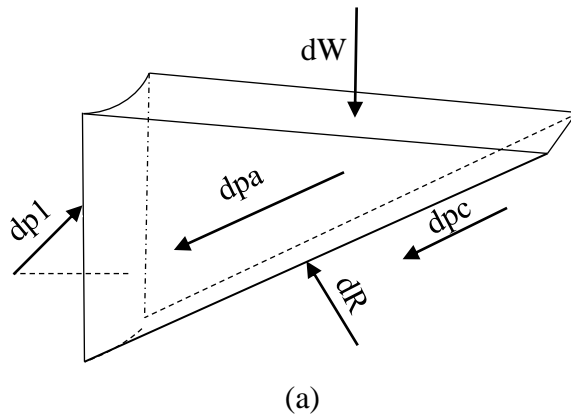
dP_1 : القوة اللازمة لقطع وتحريك شريحة التربة العنصرية $(d\theta)$ ، وتميل عن الناظم على القسبة بمقدار زاوية الاحتكاك الخارجية (δ) .

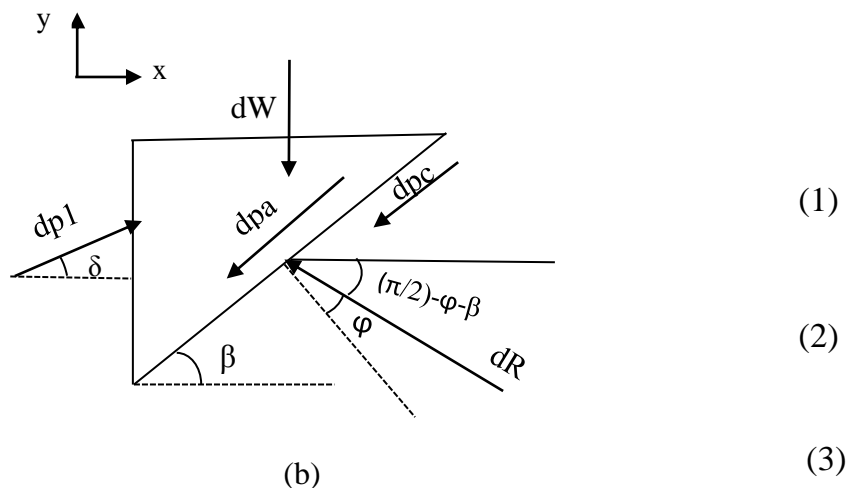
dR : قوة رد الفعل عند مستوى الانهيار على الشريحة العنصرية $(d\theta)$ ، وتميل عن الناظم على مستوى الانهيار بزاوية الاحتكاك الداخلية (φ) .

dPc : قوة التماسك بين حبيبات التربة عند مستوى الانهيار، وتميل بزاوية الانهيار (β) عن الأفق.

dW : وزن شريحة التربة العنصرية تحسب بدلالة الحجم العنصري (dV) .

dPa : قوة العطالة موازية لمستويات القص في التربة وتميل عن الأفق بزاوية الانهيار (β) .





الشكل (2): (a) شكل ثلاثي الأبعاد لانتهيار التربة أمام المحراث (b) مسقط جانبي لمقطع التربة

(2D) في المستوي (x,y)

$$dP_1 = \frac{dW + dP_c(\sin\beta + \cos\beta \cot(\varphi + \beta)) + dP_a(\sin\beta + \cos\beta \cot(\varphi + \beta))}{\cos\delta \cot(\varphi + \beta) + \sin\delta} \quad (4)$$

وبعد أن تم إهمال قوى الالتصاق، وبأخذ معادلات التوازن للقوى المؤثرة وفق المحورين (x) و (y) على مقطع التربة العنصري يكون:

$$\sum f_x = 0 \Rightarrow$$

$$dP_1 \cos\delta - dR \sin(\varphi + \beta) - dP_c \cos\beta - dP_a \cos\beta = 0$$

$$\sum f_y = 0 \Rightarrow$$

$$dP_1 \sin\delta - dW - dP_c \sin\beta + dR \cos(\varphi + \beta) - dP_a \sin\beta = 0$$

ومن المعادلة (1):

$$dR = \frac{dP_1 \cos \delta - dP_c \cos \beta - dP_a \cos \beta}{\sin(\varphi + \beta)}$$

بتعويض قيمة المعادلة (3) في المعادلة (2) وبعد التبسيط ينتج :

حيث القوى (dW) (dPc) (dPa) على المقطع العنصري تحسب وفقاً لشكل الانهيار كما يلي:

(dW) وزن المقطع العنصري للتربة، ويحسب بالعلاقة (5) التالية:

$$dW = \rho g dV$$

إذ إن (ρ) : الكثافة الظاهرية للتربة $[g/cm^3]$ ، (g) : تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي $[9.81m/sec^2]$ ، (dV) : حجم المقطع العنصري، ويحسب وفقاً للشكل (3)، كما يلي: إن انهيار التربة أمام المحراث ينقسم إلى انهيار رئيسي وانهيارين جانبيين، ووفقاً لنماذج أدوات الحراثة الرفيعة يمثل (dV_1) الانهيار الرئيسي و (dV_2) و (dV_3) تمثل الانهيارات الجانبية، مع ملاحظة أن $dV_3 = dV_2$ ، فيكون $(dV = dV_1 + 2dV_2)$ ، وبذلك يحسب (dV) من العلاقة (6) التالية:

$$dV = dV_1 + dV_2 + dV_3 = dV_1 + 2dV_2 \quad (5)$$

وبالنسبة لحجم الانهيار الرئيسي يمكن حسابه من قانون حجم الموشور العنصري الذي ارتفاعه $(rd\theta)$ ومساحة قاعدته هي مساحة مثلث يعطى بالعلاقة: $A = \frac{h}{2}(L - r)$ فيكون حجم الموشور $dV_1 = \frac{rh}{2}(L - r)d\theta$ ، وبالنسبة للانهيارات الجانبية فإن حجم الانهيارات الجانبية يمثل حجم جزء من مخروط ينتج عن دوران المثلث المولد للحجم الذي مساحته (s) تعطى بالعلاقة: $s = \frac{1}{2}h(L - r)$ على كامل محيط الجزء الدائري المحدد للانهيارات الجانبية: $(Ld\theta - rd\theta)$ ، باعتبار أن طول

(6)

قوس الدائرة المحدد بالزاوية ($d\theta$) يعطى بالعلاقة : طول قوس الدائرة = نصف قطر الدائرة \times زاوية القوس بالراديان. وبالتالي:

$$dV_2 + dV_3 = 2dV_2 = \frac{1}{3}(Ld\theta - rd\theta)s$$

$$= \frac{1}{3}(Ld\theta - rd\theta) \left(\frac{1}{2}h(L - r) \right) = \frac{1}{6}h(L - r)^2 d\theta$$

ويتعويض العلاقات السابقة في العلاقة (6) يكون:

$$dV = \frac{rh}{2}(L - r)d\theta + \frac{1}{6}(L - r)^2hd = \frac{(L + 2r)(L - r)hd\theta}{6}$$

ويتعويض العلاقة (7) في العلاقة (5) يكون:

$$dW = \rho g \frac{(L + 2r)(L - r)hd\theta}{6}$$

إذ إن نصف قطر الانهيار (L) يعطى بالعلاقة (9) التالية:

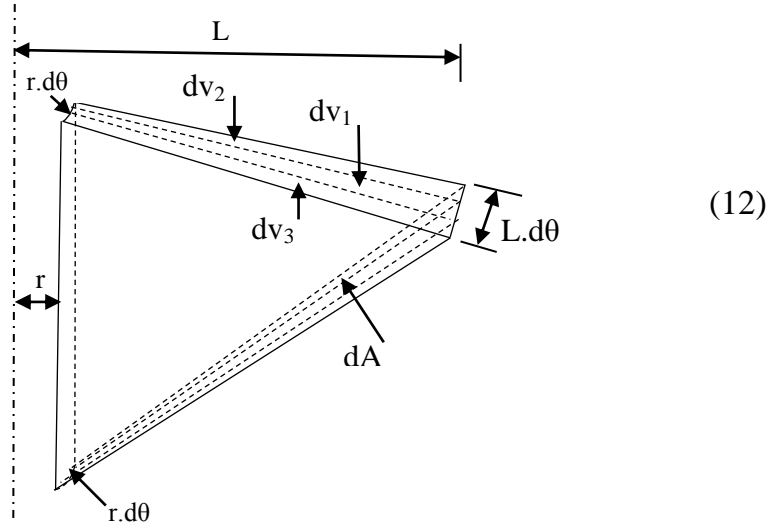
$$L = r + \frac{h}{\tan\beta} \quad (7)$$

إن القوة العنصرية الناتجة عن تماسك حبيبات التربة عند سطح الانهيار الداخلي (dP_c) تساوي إلى معامل التماسك (c) مضروباً بمساحة سطح التماسك (dA)، أي أن:

$$dP_c = cdA = c \frac{(L + r)hd\theta}{2\sin\beta} \quad (8)$$

إذ إن (dA): مساحة سطح التماسك وهو عبارة عن شبه منحرف قاعدته ($Ld\theta$) وارتفاعه (rc) وارتفاعه ($h/\sin\beta$) (الشكل 3).

(10)



الشكل (3): تصور ثلاثي الأبعاد لحساب الحجم الناتج عن الانهيار الرئيسي والانهيارين الجانبيين على المقطع العنصري ($d\theta$) ومساحة سطح التماسك (dA)

كما أنه خلال فاصل زمني عنصري (dt) يتم قطع وتحريك شريحة تربة جديدة كتلتها (m)، فإذا افترض حجم مرجعي (dV_r) أمام المحراث يمثل حجم محدد لكتلة التربة التي يفترض أن يقطعها المحراث، فتكون القوة المطبقة لتحريك كتلة التربة المقطعة (dPa) مساوية لمقدار التغير في كمية حركة الكتلة بالنسبة للحجم المرجعي المفترض بناء على نظرية كمية الحركة -الدفع في الأنظمة ذات الكتل المتغيرة (Beer et al, 2009)، بتطبيق النظرية بين لحظتين زمنيتين لحظة بدء القطع لشريحة جديدة ($t=0$) حيث السرعة معدومة (سكون) ولحظة التحريك ($t=t_1$) عندما قيمة السرعة (v) وذلك وفق العلاقات التالية:

$$dPa = \frac{dm}{dt} u$$

(11) كتلة (m) سرعة (u)، حيث (u): سرعة كتلة التربة بالنسبة للسطح السفلي

للحجم المرجعي وتعطى بدلالة مسافة إزاحة التربة بالعلاقة (12) وفق الشكل (4-b)

$$u = \frac{\frac{dh}{dt}}{\sin\beta}$$

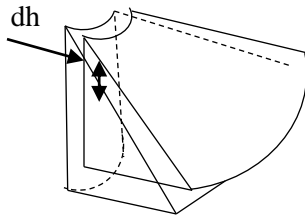
وحيث أن التغير في كتلة التربة ينتج عن التغير في حجم التربة المقتطعة بالنسبة إلى الحجم المرجعي المفترض وبدوره التغير في الحجم يساوي حاصل ضرب المساحة المقتطعة (dA_t) في مقدار إزاحة التربة خلال فاصل زمني (dt) (الشكل 4-a) يكون:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{dV_r}{dt} \rho = \rho \frac{dh}{dt} dA_t$$

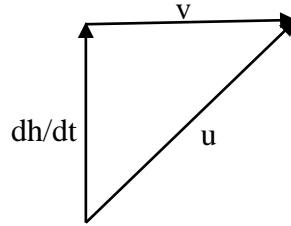
وبتعويض العلاقات (12) و(13) في العلاقة (11):

$$dP_a = \frac{\rho dA_t}{\sin\beta} * \frac{dh^2}{dt^2} \quad (13)$$

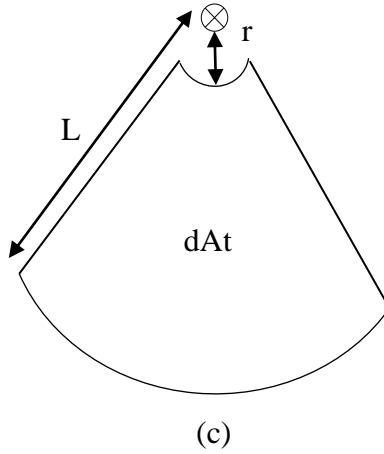
(14)



(a)



(b)



الشكل (4): (a) تصور ثلاثي الأبعاد للحجم المرجعي ومسافة الإزاحة للتربة المقتطعة
(b) علاقة السرعة الخطية مع مسافة الإزاحة (c) مساحة المقطع العلوي للتربة

ومن الشكل (4-b) يلاحظ أن: $dh/dt = v \cdot \tan \beta$ ، وبتعويض القيمة السابقة في المعادلة (14) يكون:

$$dPa = \frac{\rho dA_t}{\sin \beta} v^2 \tan^2 \beta \quad (15)$$

حيث (dAt) تمثل مساحة السطح العلوي لكتلة التربة المقتطعة عند مستوى السطح (الشكل 4-c)، وتحسب المساحة المحددة (dAt) كما يأتي:

أولاً مساحة المقطع الدائري المحدد بالزاوية (dθ) وبنصف القطر (L) باعتبار (dθ) بالراديان: $dA_L = \frac{1}{2} L^2 d\theta$

ثانياً مساحة مقطع الدائرة المحدد بنصف القطر (r) وبالزاوية (dθ)، وتعطى بالعلاقة:

$$dA_r = \frac{1}{2} r^2 d\theta \quad ، \text{ فيكون:}$$

$$dA_t = (L^2 - r^2) \frac{d\theta}{2} \quad (16)$$

وبتعويض العلاقة (16) في العلاقة (15) يكون:

$$dP_a = \rho v^2 \frac{\tan\beta}{\cos\beta} (L^2 - r^2) \frac{d\theta}{2} \quad (17)$$

وبتعويض العلاقات السابقة (8) و(10) و (17) في المعادلة (4) ينتج:

$$dP_1 = \frac{1}{6} \rho g (L + 2r)(L - r) h d\theta + \frac{c(L + r) h d\theta}{2 \sin\beta} (\sin\beta + \cos\beta \cot(\varphi + \beta)) \frac{1}{\cos\delta \cot(\varphi + \beta) + \sin\delta} + \frac{\rho v^2 \left(\frac{\tan\beta}{\cos\beta} \right) (L^2 - r^2) \frac{d\theta}{2} (\sin\beta + \cos\beta \cot(\varphi + \beta))}{\cos\delta \cot(\varphi + \beta) + \sin\delta} \quad (18)$$

وبالتالي يمكن كتابة العلاقة السابقة بالشكل:

$$dP_1 = Const * d\theta$$

وبإسقاط القوة العنصرية (dP_1) على مستو مواز لمسار الحركة نحصل على :

$$dP_1 = Const * \cos\theta * d\theta$$

وبإجراء التكامل على كامل زاوية الانهيار الجانبية من $(-\beta)$ إلى (β) باعتبار زاوية الانهيار الجانبية تحسب بنفس طريقة زاوية الانهيار الأمامية وتفترض مساوية لها يكون:

$$P_1 = \int_{-\beta}^{\beta} dP_1 = \int_{-\beta}^{\beta} Const * \cos\theta * d\theta = Const * [\sin\beta - \sin(-\beta)] = 2 * Const * \sin\beta$$

$$P_1 = \frac{1}{3} \rho g (L + 2r)(L - r) h \sin\beta + \frac{c(L + r) h (\sin\beta + \cos\beta \cot(\varphi + \beta))}{\cos\delta \cot(\varphi + \beta) + \sin\delta} + \frac{\rho v^2 (L^2 - r^2) \tan^2\beta (\sin\beta + \cos\beta \cot(\varphi + \beta))}{\cos\delta \cot(\varphi + \beta) + \sin\delta} \quad (19)$$

حيث يتم حساب قيمة زاوية الانهيار (β) وفق القيمة التي تجعل القوة (P_1) أصغر ما يمكن بالاعتماد على نظرية ضغوط التربة المنفعلة، أي وفق العلاقة التالية: $\frac{\partial P_1}{\partial \beta} = 0$ وحيث أن العلاقة السابقة معقدة نوعاً ما، تم كتابة برنامج حاسوبي باستخدام برنامج الماتلاب (Mathworks Matlab 2016) لحساب قيمة الزاوية (β) المحددة لمستوى الانهيار والتي تكون عندها قيمة القوة (P_1) أصغر ما يمكن.

تكتب المعادلة (19) وفق المعادلة العامة لحركة التربة (Reece, 1965) بالشكل:

$$P_1 = P_\gamma + P_c + P_a$$

$$P_1 = (\rho g h^2 N_\gamma + c h N_c + \rho v^2 h N_a) w \quad (20)$$

حيث N_γ, N_c, N_a عوامل لا بعدية تحسب بعد مقارنة العلاقة (19) والعلاقة العامة (20) فتكون قيمة العوامل اللابعدية وفق العلاقات (21) (22) (23) على الترتيب:

$$N_\gamma = \frac{\left(\frac{1}{2} + \frac{h}{3w \tan \beta}\right) \cos \beta}{\cos \delta \cot(\varphi + \beta) + \sin \delta} \quad (21)$$

$$N_c = \frac{\left(1 + \frac{h}{w \tan \beta}\right) (\sin \beta + \cos \beta \cot(\varphi + \beta))}{\cos \delta \cot(\varphi + \beta) + \sin \delta} \quad (22)$$

$$N_a = \frac{\left(\frac{h}{w} + \tan \beta\right) (\sin \beta + \cos \beta \cot(\varphi + \beta))}{\cos \delta \cot(\varphi + \beta) + \sin \delta} \quad (23)$$

وبأخذ قوى الاحتكاك على جانبي القصبه (P_f) باعتبار ثخانة القصبه (t)، حيث قيم قوى الاحتكاك كبيرة قياساً بالقوة الكلية ولا يمكن إهمالها. وقد أشار Balaton في أبحاثه إلى أن الاحتكاك على جانبي القصبه يشكل (40%) من القوة الكلية على القصبه في محراث تحت التربة ونصح بأن تكون السماكة متناقصة من الأعلى إلى الأسفل (Balaton, 1989).

تحسب قوى الاحتكاك على جانبي القصبه من حاصل ضرب القوة الضاغطة للتربة بمعامل الاحتكاك، وحيث أن القوة تساوي حاصل ضرب الإجهاد الأفقي بمساحة الاحتكاك على جانبي القصبه وعلى كامل العمق (z)، كما إن الإجهاد الأفقي (σ_h) يحسب بدوره بدلالة الإجهاد الرأسي للتربة ($\sigma_v = \rho g z$) من خلال معامل (K_p) والذي يعطى بالعلاقة (26) (Coduto, 2001) فيكون:

$$P_f = \int_0^z \tan \delta * \sigma_h * t * dz \quad (24)$$

$$\sigma_h = (k_p) \rho g z + 2c \sqrt{(k_p)} \quad (25)$$

$$k_p = \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \delta \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) * \sin(\varphi)}{\cos \delta}} \right)^2} \quad (26)$$

إذ إن:

σ_h : الإجهاد الأفقي في التربة [KN/m^2] كتابع للعمق.

$\tan \delta$: معامل الاحتكاك بين معدن المحراث والتربة باعتبار (δ): زاوية الاحتكاك الخارجية.

t: سماكة القصبه [m].

K_p : معامل لا بعدي يربط قيمة إجهاد التربة الأفقي والإجهاد الرأسي.

c: معامل التماسك.

وبتطبيق معادلات التوازن للقوى المؤثرة على أداة الحراثة تحسب القوة الأفقية- قوة الجر

(P_H) والقوة الشاقولية (P_V) وفق العلاقتين (27) و (28):

$$P_H = P_1 * \cos \delta + 2 * P_f \quad (27)$$

$$P_V = P_1 * \sin \delta \quad (28)$$

التحقق من النموذج:

لقد تم كتابة العلاقات السابقة في برنامج الماتلاب من أجل التحقق من صحة النموذج المطور مما يمكن من مقارنة النتائج التي يعطيها النموذج مع قيم القوى المقاسة تجريبياً عند مجموعة من المدخلات الحقلية للعديد من الدراسات ولأنواع مختلفة من الترب الزراعية، وقد أثبت النموذج المطور صحته في تقدير قيم القوى الأفقية والرأسية على محراث تحت التربة المزود بأجنحة وفي ظروف عمل مختلفة.

مقارنة القيم التي يعطيها النموذج مع قيم القوى المقاسة حقلياً في تجارب (Owen G.T, 1989) في تربة طينية لومية:

لقد تم القيام بالعديد من التجارب لقياس القوى الرأسية وقوى الجر في تربة طينية لومية وعند ظروف عمل مختلفة (أعماق حراثة مختلفة وعرضين مختلفين للسلاح مع الأجنحة)، لدراسة مدى تأثير العوامل المذكورة على قيمة قوة الجر والقوة الرأسية كما يوضح الجدول (1)، تمت مقارنة النتائج التي يعطيها النموذج المطور مع قيم القوى المقاسة عند كل قيمة لمدخلات نظام الحراثة.

الجدول (1): صفات التربة وأبعاد المحراث وشروط العمل للدراسة الحقلية

صفات التربة				شروط العمل وأبعاد المحراث			
الكثافة الظاهرية ρ [g/cm ³]	معامل التماسك C [KPa]	زاوية الاحتكاك الخارجية δ [°]	زاوية الاحتكاك الداخلية φ [°]	سماكة القصبية t [cm]	السرعة v [m/sec]	عرض السلاح مع الأجنحة w [cm]	
1.67	30.4	18.8	41.8	15	0.4	20	26

الجدول (2): مقارنة القيم المحسوبة مع القيم المقاسة حقلياً عندما ($w=20\text{cm}$)

d [cm]	PH-M [KN]	PH-C [KN]	PV-M [KN]	PV-C [KN]
15	3.5	6.08	1.1	0.871
24	8.8	11.43	2.0	1.8
28	12.8	14.21	2.6	2.4
36	18.8	20.55	3.6	3.8
37	20.3	21.14	3.8	4.03
38	21.6	22.29	4.1	4.23
39	23.8	23.19	4.1	4.4
45	28.8	28.93	4.3	5.7
Dev%	-	16.78	-	11.65

الجدول (3): مقارنة القيم المحسوبة مع القيم المقاسة حقلياً عندما ($w=26\text{cm}$)

d [cm]	PH-M [KN]	PH-C [KN]	PV-M [KN]	PV-C [KN]
14	3.4	5.87	1	0.884
25	11.7	12.70	2.5	2.32
27	10.5	14.15	1.6	2.5
32	16.7	18.06	2.7	3.39
36	20.6	21.48	3.9	4.16
42	23.2	27.12	4.3	5.4
43	25.2	28.11	3.6	5.7
47	29	32.28	4.9	6.69
Dev%	-	21.01	-	28.51

(PH-M): قوى الجر المقاسة، (PH-C): قوى الجر المحسوبة من النموذج المطور،

(PV-M): القوى الرأسية المقاسة، (PV-C): القوى الرأسية المحسوبة من النموذج

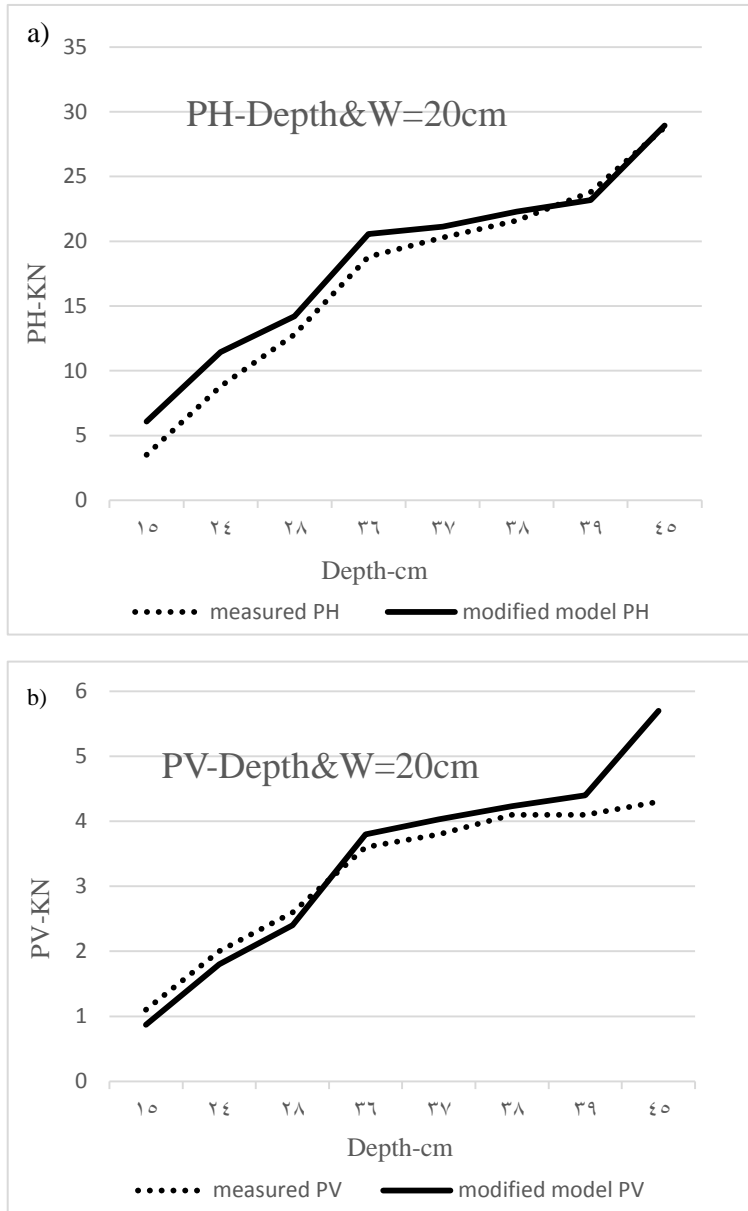
المطور.

الجدول (4): متوسط نسبة الانحراف من الجدولين (2&3)

Average Dev %	P _{H-C}	P _{V-C}
	18%	20.08%

يتضح من الجدولين (2&3) مدى التقارب بين قيم قوى الجبر التي يعطيها النموذج المطور والقوى المقاسة حقلياً وذلك عند أعماق حراثة مختلفة، تم حساب النسبة المئوية لانحراف القيم المحسوبة من النموذج المطور عن القيم المقاسة حقلياً (Dev%) وفق العلاقة: (Dev%) = ((القيم المقاسة تجريبياً - القيم المحسوبة وفق النموذج) / القيم المقاسة تجريبياً) × 100% (Onwualu and Watts, 1998)، بالنسبة لقوى الجبر كانت قيمة متوسط نسبة الانحراف لقوى الجبر المحسوبة عن القيم المقاسة حقلياً من الجدول (4) (18%)، أما متوسط نسبة الانحراف للقوى الرأسية المحسوبة عن القيم المقاسة كانت (20.08%)، وتعد زيادة القيم المحسوبة للقوى بزيادة العمق منطقية؛ إذ أنه بزيادة العمق يزداد حجم التربة المقتطعة وباعتبار الحجم يدخل بشكل أساسي في علاقة قوة القطع (P₁) وبالتالي تزداد قوة الجبر اللازمة وهذا يتفق مع ما وجده الباحث عملياً؛ إذ أنه بزيادة العمق زادت القوة، ويوضح الشكل (5) أن النموذج المطور يعكس كيفية تأثير زيادة العمق على مقدار تغير القوى بشكل واضح ومماثل لتغير القيم المقاسة حقلياً. أيضاً يتضح من الجدولين السابقين (2&3) أنه عندما عمق الحراثة (d=36)cm وبالنسبة للمحراث عند عرضين مختلفين للسلاح المزود بأجنحة وجد الباحث أنه عندما (w=20)cm كانت قيمة قوة الجبر المقاسة (18.8)KN بينما عندما (w=26)cm كانت قيمة قوة الجبر عملياً (20.6)KN وسجل النموذج المطور عندما (w=20)cm قيمة لقوة الجبر (20.55)KN بينما عندما (w=26)cm كانت قيمة قوة الجبر المحسوبة (21.48)KN وهذا أيضاً منطقي إذ أنه بزيادة عرض السلاح ستزداد مساحة التربة المعاملة وبالتالي حجم التربة المقتطعة وبالتالي وزن التربة وهذا بدوره يتطلب قوة جبر أكبر عند زيادة العرض عند نفس العمق، وهذا يؤكد أن النموذج المطور يعكس تأثير تغير عرض السلاح المزود بأجنحة على تغير قوة الجبر بشكل مماثل للقياس الحقلية

أيضاً ومن الواضح أن تغير العمق أكثر تأثيراً من عرض السلاح على مقدار تغير قوة الجر وبشكل مماثل أيضا يظهر تأثير هذه العوامل على القوة الرأسية.



الشكل (5): (a) مقارنة قوة الجر المحسوبة من النموذج المطور والقوة المقاسة حقلياً (b) مقارنة القوة الرأسية من النموذج المطور مع القيم المقاسة حقلياً

مقارنة القيم التي يعطيها النموذج المطور مع قيم القوى المقاسة حقلياً في تجارب (Owen, 1988) في تربة رملية لومية:

تم استكمال التجارب الحقلية على المحراث السابق في تربة رملية لومية عند سرعات عمل مختلفة، وقد استخدم جهاز (sheargraph) في تحديد مقاومة التربة للقص (قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلية) (Owen,1987) تم أخذ القيم العظمى المقاسة واعتمادها كمدخلات في البرنامج المطور (Kirby and Ayers, 1993).

حيث أن صفات التربة وأبعاد المحراث تعطى كما في الجدول (5)

الجدول (5): صفات التربة وأبعاد المحراث وشروط العمل للدراسة الحقلية

صفات التربة				أبعاد المحراث وشروط العمل		
الكثافة الظاهرية ρ [g/cm ³]	معامل التماسك C [KPa]	زاوية الاحتكاك الخارجية δ [°]	زاوية الاحتكاك الداخلية ϕ [°]	عمق الحراثة d [cm]	سماكة القصب t [cm]	عرض السلاح مع الأجنحة w [cm]
1.87	5.9	20.1	42.3	45	15	26

الجدول (6): مقارنة القيم المحسوبة مع القيم المقاسة حقلياً عند سرعات عمل مختلفة

v [m/sec]	PH-M [KN]	PH-C [KN]	PV-M [KN]	PV-C [KN]
0.2	15.8	11.56	-1	1.78
0.8	16	11.80	0.4	2.01
1.2	16.5	12.06	1.06	2.13
1.6	17	13.30	0.8	2.39
2	17.3	13.84	1.5	2.59

يتضح من الجدول السابق (6) تقارباً مقبولاً بين قيم القوى المقاسة حقيلاً والمحسوبة من النموذج المطور عند سرعات عمل مختلفة مما يؤكد إمكانية استخدام النموذج في تقدير القوى على المحرث في الترب الرملية بدرجة مقبولة. بالإضافة إلى أن الباحث سجل عملياً تغيراً طفيفاً في قيمة قوة الجر على كامل مجال تغير السرعة في الحقل؛ بزيادة السرعة عملياً من (0.2)m/sec إلى (2)m/sec كان مقدار التغير في القوة (1.8)KN بشكل تقريبي أي ما يعادل (10%) تقريباً على كامل مجال تغير السرعة، وبدوره النموذج المطور يعكس تأثيراً مماثلاً لتغير السرعة على قيم قوى الجر المحسوبة مقارنة بالقيم المسجلة عملياً.

مقارنة القوى المحسوبة من النموذج المطور مع قيم القوى في أبحاث (Mouazen A.M, Nemenyi M, 1999) في تربة رملية لومية :

استخدم الباحثان طريقة العناصر المنتهية (Finite Element Method) لحساب قوة الجر والقوة الرأسية على محرث تحت التربة العادي (w=6cm, t=20cm) في تربة رملية لومية مضغوطة حيث تم تحديد الصفات الميكانيكية للتربة مخبرياً (الجدول 7) بلغت قيمة القوة الأفقية المحسوبة (P_H=11.9KN) والقوة الرأسية (P_V=1.7KN). وفي دراسة لاحقة قام الباحثون بالتحقق من القيم المحسوبة مخبرياً وعند قيمة قليلة للسرعة (v=0.165m/sec) باعتبار الموديل الحاسوبي لتمثيل التربة-المحرث لم يأخذ التأثير الديناميكي للسرعة بعين الاعتبار (Mouazen et al, 1999). وباستخدام البيانات السابقة كمدخلات في نموذجنا المطور وعند عمق (d=37cm) كانت قيمة قوة الجر للمحرث (P_H=10.3KN) وقيمة القوة الرأسية (P_V=1.49KN) وتعد القيم المحسوبة بالنموذج المطور قريبة من القيم السابقة مما يؤكد صحة النموذج المطور في حساب القوى في الترب الرملية عامة ومع المحارث العادية عند عملها فوق العمق الحرج.

الجدول (7): الصفات الميكانيكية للتربة

صفات التربة			
ρ [g/cm ³]	φ [°]	C[KPa]	δ [°]
1.5	31.8	15.5	23

مقارنة قوة الجر المحسوبة من النموذج المطور مع المعادلة العامة للجمعية الأمريكية الزراعية (ASAE):

تعتبر المعادلة العامة للجمعية الأمريكية الزراعية المعادلة الأشمل في حساب قوى الجر لأدوات الحراثة بشكل عام إذ تأتي أهميتها من إمكانية استخدامها مع مختلف أنواع الترب الزراعية تعطى المعادلة العامة بالعلاقة (ASAE. (2000) standards D497.4): (29)

$$D = fi[A + B(s) + C(s^2)]WT \quad (\pm 50\%) \quad (29)$$

إذ إن: (f_i): معامل لابعدي يتعلق بالتربة ($f_1=1$): للترب الناعمة، ($f_2=0.7$): للترب المتوسطة القوام، ($f_3=0.45$): للترب الخشنة.

(A, B, C): عوامل محددة مرجعية تتعلق بالآلة.

(s): السرعة [Km/hr].

(W): عدد وحدات العمل في الآلة (عدد الأسلحة).

(T): عمق العمل [cm].

تمت مقارنة قيم قوى الجر المحسوبة من النموذج المطور (P_H) مع القيم المقابلة المحسوبة وفقاً للمعادلة العامة للجمعية الأمريكية الزراعية (D_{US}) لأنواع مختلفة من الترب المضغوطة والتي أخذت قيمها من دراسات مرجعية وذلك من أجل محراث أحادي السلاح بالأبعاد التالية: (عرض السلاح مع الأجنحة ($w=30$ cm) وسماكة القصبه ($t=6$ cm)) المعتمد في بحث (Ahmadi, 2016) مع أخذ قيم العوامل الخاصة بالآلة

في المعادلة (29) للمحراث المزود بأجنحة السابق كالتالي: (A=294, B=0, C=2.4). وعند شروط العمل التالية: (السرعة (s=3.6Km/hr) وعمق الحراثة ((T=40cm).

الجدول (8): مقارنة القيم التي يعطيها النموذج المطور مع نتائج الـ (ASAE)

القوى المحسوبة		المرجع	الصفات الميكانيكية للتربة				نوع التربة
D _{US} [KN]	P _H [KN]		δ[°]	C [KPa]	φ[°]	ρ [g/cm ³]	
13	20	Owen,1989	18	30.4	41.8	1.67	تربة ناعمة
	19.4	Mollazade et al, 2010	27	33.5	37.3	1.2	
9.1	7.4	Aday, 2005	18	12	32	1.3	تربة متوسطة القوام
	8.9	Ahmadi, 2016	18	15	30	1.5	
	8.1	Meselhy, 2020	8.5	14.6	17.31	1.5	
5.1	6.1	Jafari et al, 2016	36.1	2.2	36	1.85	تربة خشنة
	6.2	Owen, 1988	20.1	5.9	42.3	1.87	
	4.1	Dula et al, 2021	10	5.2	22	1.74	

(D_{US}): قوى الجر المحسوبة وفقاً للمعادلة العامة (P_H): قوى الجر المحسوبة وفقاً للنموذج المطور.

وفقاً لنتائج الجدول السابق ومدى التقارب بين القيمتين المحسوبتين يعد النموذج المطور مقبولاً في حساب قوى الجر منفردة بناء على المعادلة العامة للجمعية الأمريكية الزراعية.

الاستنتاجات :

- تطوير نموذج لحساب قوى الجر والقوى الرأسية على محراث تحت التربة المزود بأجنحة.
- يعد النموذج المطور شاملاً للبارامترات المتغيرة والمؤثرة على القوة بشكل عام (الصفات المتعلقة بالتربة: الكثافة، التماسك، زاوية الاحتكاك الداخلية وزاوية الاحتكاك الخارجية، البارامترات الهندسية للمحراث: عرض السلاح مع الأجنحة وسماكة القصبية، بالإضافة إلى شروط العمل من عمق وسرعة) رغم بساطة تصميمه.
- توافق النتائج التي يعطيها النموذج المطور مع القيم المقاسة حقلياً لتجارب الباحثين التي تم دراستها.
- يمكن استخدام النموذج لحساب القوى على المحراث العادي عند عمله فوق العمق الحرج.
- يوصى باستخدام النموذج المطور بوثوقية لحساب قوة الجر والقوة الرأسية لمحراث تحت التربة المزود بأجنحة.

المراجع العلمية:

(1)-إبراهيم جهاد، جدواي سمير، يوسف ديمة، 2015- تأثير انضغاط التربة عند مستويات مختلفة من الرطوبة في بعض الخواص الفيزيائية للتربة وفي إنتاج الشوندر في منطقة الغاب. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية 261-277 (37).

(2)-إبراهيم جهاد، ميهوب علي، 2001- دراسات تغيرات بعض الخصائص الفيزيائية للتربة عند اتباع الحراثة المطرحة على أعماق مختلفة ونظام اللاحراثة وأثرهما على إنتاجية القمح البعل لموسمين متتالين. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. 39-25 (23).

(3)-اسكيف جينا، إبراهيم جهاد، زينة ربيع، حبيب نبيل، 2021- أثر التفكيك الميكانيكي لطبقة التربة التحتية المنضغطة في بعض خصائصها الفيزيائية والهيدروديناميكية تحت مستويات مختلفة من الضغط. المجلة السورية للبحوث الزراعية 195-209 (8).

(4)-Aday SH, 2011- Prediction of the draft force and Energy utilization efficiency of longitudinally arranged double tine subsoiler.17th international conference of the ISFTVS USA Blackbury.pp:80-100

(5)-Ahmadi I, 2016-Effect of soil, machine , working state parameters on the required draft force of a subsoiler using a theoretical draft calculating model, CSIRO

(6)-Aday SH, 2005-The field performance of lateral inclined mole plough. International conference of the ISTVS Hayama Japan. September 25 - 29.

(7)-Aladawi S, and Reeder R C, 1996-Compaction and subsoiling effects on corn and soybean yield and soil physical property.(39)pp:1641-1649

(8)-ASAE. (2000) **standards D497.4. Agricultural machinery management data** (American society of Agricultural Engineers publication : saint Joseph MI)

(9)-Balaton J, 1989- **Dimensioning and draft force requirement for subsoiler**H.Budapest.pp:161-170.

(10)-Beer fp Johnston E.R, Mazurek D.F, Cornwell P.J, Eisenberg E.R, 2009-**Vector mechanic of Engineers.** McGraw-Hill NEW York YK

(11)-CODUTO D.P, 2001-**Foundation design principles and practices.** (Prentice Hall Chicago, IL)

(12)-Desbiolles et al, 1997- **A novel approach to prediction of tillage tool draught using standard tine.** Journal of agricultural Engineering research.295-309

(13)-Dula M.W, Anawute D.A, 2021-**Design of subsoiler deep tillage operation of compacted soil due to heavy duty agricultural machinery traffic on the field.** Middel east journal of applied science and Technology.4(1).pp(30-50)

(14)-Gaultney et al, 1982- **Effect of subsoil compaction on corn yields.** Trans ASAE.(3) pp:563

(15)-Godwin R.J, Spoor G, 1977-**Soil failure with narrow tines.**J.Agric.Engng.(22) pp 213-288.

(16)-Grisso et al, 1980-**A soil tool interaction model for narrow tillage tool.** Transaction ASAE.

(17)-Godwin R.J, O'Dogherty M.J, 2007-**Integrated soil tillage forces prediction models.** Journal of Terramechanics (44) pp:3-14.elsevier.

(18)-Hamlett J.M, Melvin S.W, and Horton R, 1990-**Traffic and soil amendment effects on infiltration** . Trans ASAE (33).pp:6-281.

(19)-Jafari R, Tavakolihashjin, 2016- **Performance evaluation of modified bentleg plow using finite element approach.** Iran Agricultural Rrsearch 35(1) pp:36-72.

(20)-Jiang X, Tong J, yuanhai Ma, Jiyu s, 2020-**Development and verification of a mathematical model for the specific resistance of a curved subsoiler.** Biosystem Engineering.pp:107-119

(21)-Kasisira L.L, 2004-**Force modelling and energy optimization of subsoiler in tandem.**Phd thesis .university of Pretoria

(22)- Kirby J M and Ayers, 1993- **Cohron sheargraph data: interpretation using critical state soil mechanics.** Soil tillage research pp:211-225

(23)-Mckyes E and Ali O.S, 1977- **The cutting of soil by narrow blades.** Journal of Terramechanics (14) pp:43-58.

(24)- Mouazen A.M and Nemenyi M, 1999-**Tillage tool design by FEM: part 1 finite element modelling of soil plastic behavior.**J.Agric.Engng Res.pp:37-51.

(25)-Mouazen A .M, Nemenyi M, Schwanghart H, and Rempfer M, 1999- **Tillage Tool Design by the Finite Element Method: part 2. Experimental Validation of the finite element Results with soil bin test.** J.Agric.Engng Res. pp:53-58.

(26)-Meselhy A.A, 2020-**Effect of depth division and vibration on subsoiler performance.** Plant Archives 20(2) pp:3548-3567.

(27)-Mollazadi K, Jafari A, Ebrahim E, 2010- **Application of Dynamical analysis to choose best subsoiler's shape using Ansys.** New York science Journal. 3(3). pp:93-100.

(28)-Nawaz et al, 2013-**Soil compaction and modelling .**Agron-sustain.(33)pp:291-309.

- (29)-Owen G.T, 1989-**Force-depth relationship in a pedogenetically compacted clay loam soil.** American society of agricultural Engineering.5(2).pp:185-191.
- (30)- Onwualu, A.P, Watts K.S, 1998-**Draught and vertical forces obtained from dynamic soil cutting by plane tillage tool.** Soil&tillage research .(48) pp: 239-253
- (31)- Owen G.T, 1987-**soil disturbance associated with deep subsoiling in compact soil,** Canadian Agricultural Engineering, pp:33-37.
- (32)- Owen G .T, 1988- **Subsoiling forces and tool speed in compact soils.** Canadian Agricultural Engineering.pp:15-20.
- (33)-Raper R. L, et al, 2005- **Agricultural traffic impact on soil,** Journal of terramechanics.(42).pp:259-280.
- (34)-Reece , 1965- **The fundamental equation of earth moving mechanics. Symposium on Earth moving Machinery, Institute of Mechanical Engineers** 179. Part 3f. London
- (35)- Swick W.C and Perumpral, J.V, 1988- **A model for predicting soil tool interaction,** Journal of Terramechanics. (25):pp:43-56.
- (36)-SSSA 1996- **Glossary of soil science terms [Report]**- Madison: soil science society of America
- (37)-TERZAGHI K, 1943- **Theoretical soil Mechanics,** John Wiely and Sons , Inc. NewYork. London. pp:100-118.
- (38)- Zhang J and Kushwaha R.L, 1995-**A modified model to predict soil cutting resistance.** Soil and tillage Research.(34) pp:157-168.

اقتراح خوارزمية البرج الأفضل في تقنية الوصول الى الشبكات المتعددة "MNA"

طالبة الماجستير: زينه يوسف كلية الهك - جامعة البعث

اشراف الدكتور: شحادة الموسى

الملخص

الوصول متعدد الشبكات (MNA) مخطط بديل حيث يمكن الجهاز المحمول من استخدام البنية التحتية التي يمتلكها أي من مشغلي الشبكات المتعددة في أي وقت وفي أي مكان. وبالتالي فإن الوصول متعدد الشبكات (MNA) يحسن سعة الشبكة الخلوية بشكل كبير. تُعد فكرة الوصول المتعدد إلى الشبكات المزودة للخدمات اللاسلكية Multi-Access network واختصارًا (MAN) من أهم الأفكار المطروحة على صعيد تقديم الخدمات للمستخدمين بالجودة المطلوبة، إذ يمكن للمستخدمين بطريقة أو بأخرى وفقاً لفكرة الوصول المتعدد إلى الشبكات أن يختاروا الشبكة الأفضل من الشبكات التي تغطي المنطقة بناءً على جودة الخدمة التي يطلبها المستخدم. وبالطبع فإن اختيار الشبكة يجري ألياً من قبل أجهزة المستخدمين ويتطلب الكثير من التعاون والاتفاق بين مزودي الخدمة. في هذه البحث، يدرس المخطط البديل إمكانية زيادة سعة الشبكة الخلوية من خلال اقتراح خوارزمية اختيار الشبكة "خوارزمية البرج الأفضل".

الكلمات المفتاحية: الشبكة الخلوية، الوصول متعدد الشبكات، مشغل شبكة الهاتف المحمول الأساسي، مشغل شبكة افتراضية متنقلة متعددة المشغلين، خوارزمية اختيار الشبكة.

Suggesting the best tower algorithm in multi-network access technology

Abstract

Multi-Network Access (MNA) is an alternative scheme whereby a mobile device can use the infrastructure of any of the multiple network operators anytime, anywhere. Thus Multi-Network Access (MNA) greatly improves cellular network capacity.

The idea of Multi-Access network for wireless services (MAN) is one of the most important ideas proposed in terms of providing services to users with the required quality, as users can, in one way or another, according to the idea of multiple access to networks, choose the best network from the networks that cover the area Based on the quality of service requested by the user. Of course, network selection is done automatically by users' devices and requires a lot of cooperation and agreement between service providers.

In this paper, an alternative scheme studies the possibility of increasing the capacity of the cellular network by proposing the network selection algorithm "Best Tower Algorithm".

Keywords: Cellular network, Multi-network access (MNA), mobile network operator, multi-operator mobile virtual network operator, selection algorithm.

1- المقدمة

يضم الجيل القادم من الشبكات اللاسلكية (NGWN) Next Generation Wireless Networks كما تُسمى الشبكات ما بعد الجيل الثالث 3G والجيل الرابع 4G العديد من الأجهزة الخلوية واللاسلكية والتقنيات التكميلية التي ستتعايش في بيئة اتصالات غير متجانسة وستستخدم نواة لعناوين IP مشتركة، كي تصبح قادرة على تقديم مجموعة متنوعة من خدمات الوسائط المتعددة ذات معدل البيانات العالي إلى المستخدمين النهائيين. إذ لا توجد تقنية وصول واحدة يمكن أن توفر تغطية في كل مكان وجودة خدمة عالية باستمرار. وبالتالي يتعين على الأجهزة الخلوية متعددة الأوضاع أن تنتقل بين مزودي الخدمة للحفاظ على الشبكة الاتصال بما يرضي المستخدم. وطالما أن شبكات الوصول اللاسلكي غير متجانسة عادةً من حيث قوة الإشارة والتغطية ومعدل البيانات ومعدل الخسارة. لذلك، تم تصميم كل منهم عملياً لدعم مجموعة مختلفة من الخدمات وأجهزة محددة.

وإذا أردنا التكلم بشكل أوسع عن فوائد الوصول المتعدد من الشبكات فلا بد من عرض مبدأ المساومة بين فائدة المستخدم وفائدة الشركات المزودة للخدمة فلا بد من الوصول على حالة توازن جيدة للطرفين ومن نواح عدة أهمها:

- التقنيات التي توفرها الشركات التي تغطي شبكاتها المنطقة المدروسة.
- الحزم الطيفية المستخدمة لتبادل البيانات.
- الكثافة السكانية في المنطقة.
- التوزيع المفترض لأبراج التغطية.
- جودة الخدمة بما يحقق فائدة مشتركة للعميل والمزود.
- انتظام الخدمة المقدمة في مختلف الأوقات.
- الكلفة المادية والمنفعة الاقتصادية من التشغيل المشترك.

بناءً على حسابات كهذه، يبدو الأمر على بساطته من ناحية الفكرة أكثر تعقيداً عند التطبيق العملي. فمعظم الشركات لا تطور خدماتها أو استراتيجياتها في تنفيذ مشاريعها بشكل عشوائي بل محسوب بدقة من الناحية التنافسية بشقيها (الجودة - الكلفة) ومن

ناحية البنية التحتية الموجودة في المنطقة المستهدفة. وبناءً على ذلك فان انخراط مزودو الخدمة في عملية تشاركية تسمح للمستخدم بالتنقل السلس بين خدماتها بما يحقق أفضل تجربة له أمر يعتمد بشدة على مبدأ التوازن.

وبعيداً عن الناحية الاقتصادية وناحية التجربة المميزة للمستخدم، لابد من الإشارة إلى الناحية التقنية بشقي العتاد والبرمجيات. فمن ناحية مزودي الخدمة:

- هل تضم أبراج التغطية تجهيزات مناسبة؟
- هل يمكن أن تدعم التقنيات والتجهيزات الفصل والوصل المتكرر للمستخدم؟
- هل يتم تحديد خدمات معينة لكل مزود؟
- هل ستستخدم المزودات تقنيات لتزويد المستخدم بإشارات خدمة مخصصة؟
- هل تتوافق الحزم الطيفية التي تستخدمها المزودات لإيصال خدمة محددة؟
- هل سيتطلب الأمر بين مزودات الخدمة التعاون في موضوع المصادقة على الاتصال مع المستخدمين الذين يدخلون الشبكة بعنوان IP ديناميكي؟

ومن ناحية المستخدم:

- هل تدعم الأجهزة المحمولة هذه العملية؟
- هل يدعم نظام التشغيل المعتمد هذه العملية؟
- هل ستستخدم برمجيات لدعم الموضوع بالاستفادة من إشارة الخدمة؟
- هل ينبغي استخدام عنوان IP ثابت؟
- هل ينبغي استخدام بطاقة SIM واحدة أم أكثر؟
- ما هي الخوارزميات المطبقة لانتخاب الاتصال الأفضل، وهل سيكون الأمر معيارياً تنفذه أنظمة التشغيل أم حراً باستخدام برمجيات.

سنقتصر في دراستنا على ناحية واحدة هي الخوارزمية التي يتبعها الجهاز المحمول الذي سيرتبط بالشبكة في اختيار الشبكة الأفضل بما يتلاءم مع بروفایل الخدمة المطلوبة.

2- أهمية البحث وأهدافه

يخدم الهاتف الخليوي من مشغل شبكة محمول أساسي واحد Mobile Network (MNO) طالما كان متاحاً، ويخدم من مشغل شبكة (MNO) آخر فقط

عندما يكون المشغل الأساسي غير متاح ويوجد اتفاقية للتجوال بين المشغلين. بمعنى آخر يبقى المشترك MNO A يخدم من قبل محطة القاعدة الأساسية (BS) حتى لو كان هناك محطة قاعدة (BS) لمشغل آخر MNO B أقرب منها، في هذه الحالة هناك فرص ضائعة في الموارد الطيفية باستخدام مخطط الوصول الى شبكة واحدة لأن معدل البيانات القابل للتحقيق للمستخدم يعتمد بشكل كبير على نسبة الإشارة الى التداخل بالإضافة للضجيج (SINR) Signal to Interference Noise Ratio والتي تتخفض بسرعة مع انتقال المشترك بعيداً عن جهاز الارسال.

3- مواد وطرائق البحث

بناء نماذج محاكاة لمنطقة ريفية في برنامج ال MATLAB من خلال اقتراح خوارزمية اختيار شبكة "خوارزمية اختيار البرج الأفضل " .

3-1 خوارزميات اختيار الشبكة:

تشير خوارزمية اختيار MNO إلى العملية التي يختار من خلالها المستخدم أي محطة BS يجب إرفاقها في أي وقت وأي مكان. غالباً يحدث الاستخدام الأكثر فعالية لموارد الطيف عندما تتصل تجهيزات المستخدم بالمحطة التي توفر أعلى معدل SINR (عادةً الأقرب)، ولكن ليس بالضرورة أن يكون أفضل استراتيجية لمستخدم واحد. في سناريو آخر قد توفر أقرب محطة BS للمستخدم انتاجية أقل من محطة BS التي تكون بعيدة ولكنها تكون أقل ازدحاماً، وفي هذه الحالة قد ترتبط وحدة UE بالمحطة البعيدة.

4- الخوارزمية المقترحة

سنركز في هذه الخوارزمية على مؤشرين هما:

- 1- قوة الإشارة المستقبلية التي يمكن لأي هاتف حسابها وفق خوارزمياته الموجودة مسبقاً ويمكن الوصول إليها برمجياً بكل بساطة. ولا بد من الإشارة إلى أن هذا المؤشر سيُعبّر عنه بشكل مختلف وفقاً لجيل الشبكة المستخدمة.

2- زمن الاستجابة لعملية التحقق من الخدمة (Ping) والتي يقوم بها جهاز المستخدم بشكل مستمر. أي الاستفادة من عملية موجودة أصلاً لمنع هدر موارد إضافية من ناحية ولسرعة اتخاذ القرار من ناحية أخرى.

4-1 قوة الإشارة المستقبلية

تُفضّل بعض التقنيات التي تقيس قوة الإشارة المستخدمة من جيل إلى آخر وسنستعرضها بشكل سريع:

1- RSSI (مؤشر قوة الإشارة المستقبلية) received signal strength

indicator: وهو مؤشر تقني على مقدار الإشارة الخام (بغض النظر عن محتواها وجودتها) التي يتلقاها جهاز الاستقبال، قياسها سهل لكنها تقيس الإشارة الكلية بما فيها الضوضاء. لذلك أكثر ما تستخدم لمراقبة قوة الإشارة في الجيل الأول (غير موجود تقريباً) والجيل الثاني مع أنها تُحسب دائماً أيّاً كان جيل الجهاز المستخدم. يوضح الجدول (1) مجالات قيم RSSI

الجدول (1): مجالات الجودة لمؤشر RSSI

الوصف	القوة	القيمة dBm
إشارة قوية جداً مع معدل تراسل ممتاز	ممتازة	أكبر من -70
إشارة قوية مع معدل تراسل جيد	جيدة	من -70 إلى -85
إشارة مقبولة ويمكن استخدامها غالباً لكنها قد تعاني انقطاعات	مقبولة	من -80 إلى -100
إشارة ضعيفة أو غير موجودة وعلى الأغلب سينقطع الاتصال	ضعيفة	أصغر من -100

Ec/Io -2 : يشير إلى نسبة الإشارة إلى التداخل وتقيس ببساطة جودة الإشارة كنفويض لقوة الإشارة الخام. يُستخدم هذا المؤشر للإشارة إلى قوة الإشارة مع جودتها في تجهيزات الجيل الثالث غالبًا. يوضح الجدول (2) مجالات قيم Ec/Io

الجدول (2): مجالات الجودة لمؤشر EC/IO

الوصف	القوة	القيمة dBm
إشارة قوية جدًا مع معدل تراسل ممتاز	ممتازة	من 0 إلى -6
إشارة قوية مع معدل تراسل جيد	جيدة	من -7 إلى -10
إشارة مقبولة ويمكن استخدامها غالبًا لكنها قد تعاني انقطاعات	مقبولة	من -11 إلى -14
إشارة ضعيفة أو غير موجودة وعلى الأغلب سينقطع الاتصال	ضعيفة	أصغر من -14

3- RSRQ (Reference Signal Received Quality) : ويمثل جودة الإشارة المستقبلية المرجعي ويأخذ في عين الاعتبار كل من RSSI و قوة الإشارة المستقبلية المرجعي (Reference Signal Received Power RSRP) وفقاً للعلاقة:

$$RSRQ = \frac{N \times RSRP}{RSSI} \quad \text{Eq1(1)}$$

حيث تمثل N عدد الكتل الفيزيائية لمورد Physical Resource Block وتتعلق بتردد الشبكة العاملة (فهي 100 مثلاً عند 20 ميغا هرتز)


يعطي هذا المؤشر قيم مفيدة جداً لقوة الإشارة في حال كان من الصعب الحصول على RSSI بدقة جيدة. وتستخدم بالتحديد في شبكات الجيل الرابع. يوضح الجدول (3) مجالات RSRQ

الجدول (3) : مجالات الجودة لمؤشر RSRQ

الوصف	القوة	القيمة dBm
إشارة قوية جداً مع معدل تراسل ممتاز	ممتازة	أكبر من -10
إشارة قوية مع معدل تراسل جيد	جيدة	من -1 إلى -15
إشارة مقبولة ويمكن استخدامها غالباً لكنها قد تعاني انقطاعات	مقبولة	من -15 إلى -20
إشارة ضعيفة أو غير موجودة وعلى الأغلب سينقطع الاتصال	ضعيفة	أصغر من -20

يوضح الشكل (1) لقطة لشاشة هاتف محمول من الجيل الرابع وتبدو فيها جميع القيم السابقة محسوبة تلقائياً:

Mobile Information

Mobile 	
Data connection state	Disconnected
IMEI	861107030078134
IMSI	246012101922858
ICCID	89370010100019228581
Sim card state	Ready
Signal strength	-59 dBm RSSI
Cell ID	46479903
RSRP	-86 dBm
RSRQ	-7 dB
SINR	18.5 dB

الشكل (1) : القيم المحسوبة لمؤشرات قوة الإشارة المستقبلية.

4-2 عملية التحقق من وجود الخدمة (ping)

وهي إشارة يرسلها الجهاز على برج التغطية لتحديث وضعه والتحقق من حالة الاتصال أو الخدمة المطلوبة. يعتمد عدد مرات التحقق على الاستخدامات، فقد يتحقق الجهاز من الحالة عن الاقتراب من برج جديد أو عندما تتغير حالة الاتصال أو عندما يريد تأسيس اتصال جديد كما هي الحالة عند إجراء اتصال هاتفي. إن لم يُستخدم الجهاز فلن تتجاوز عدد مرات التحقق مرتين أو ثلاث يومًا وفي شروط استقرار الخدمة. يمكن أن تتم عملية التحقق آليًا نظرًا لتغير الظروف والاستخدامات أو قد تكون قسرية Forced أي يطلبها برنامج معين لأغراض مختلفة. تتطلب الاستجابة زمنًا معياريًا لا يتجاوز أجزاء من الملي ثانية أو قد يطول أكثر كدليل على مشغولية الشبكة، وهذا بالتحديد المعيار الذي سنتبعه في تحديد المشغولية.

4-3 عمل الخوارزمية:

تعتمد الخوارزمية على:

1- الجيل المستخدم للجهاز وبرج التغطية.

2- قوة الإشارة وفقًا للأجيال:

1- RSSI للجيلين الأول و الثاني

2- EC/IO للجيل الثالث

3- RSRQ للجيل الرابع

3- مشغولية الجهاز وفقاً للزمن الكامل لعملية التحقق من الخدمة.

مخطط العمل:

- يتحقق الجهاز من وضع جميع الأبراج ضمن المنطقة وبحسب مؤشرات قوة الإشارة لكل منها ويكون ما يسمى بروفایل الجهاز وبروفایل الشبكة.
- يضم بروفایل الشبكة:
- جيل التجهيزات التي يدعمها كل برج.
- قوة الإشارة مقاسة بما يتوفر (RSSI, RSRQ, EC/IO).
- زمن الاستجابة لطلب التحقق.
- يضم بروفایل الجهاز:
- جيل الجهاز أو الخدمة المتعلقة بجيل محدد.
- بروفایل الاستخدام (لا عمليات - اتصال - حزم بيانات - دفع بيانات مستمر).

- النمط المكاني: ثبات أو تنقل

- يبقى الجهاز متصلاً بالبرج الأقرب (الأقوى إشارة) في حالة الراحة.
- في حال تأسيس اتصال لغاية محددة يتم التحقق من الأبراج لتقدير الوضع ثم الاتصال بالبرج الأنسب وفق المعايير التالية:
- الخدمة المطلوبة اتصال هاتفي سيبقى الاتصال مع البرج الحالي إن دعم الاتصال وإلا لن تكون الخدمة ممكنة
- الخدمة المطلوبة اتصال وفق حزم بيانات تُستخدم المعادلة التالية

للقرار:

$$f(S, G, t) = S \times G \times t \dots\dots(2)$$

S: معامل قوة الإشارة (من الأسوأ 1 إلى الأعلى 4)

G: معامل تفضيل الجيل (من الجيل 1 إلى الرابع 4)

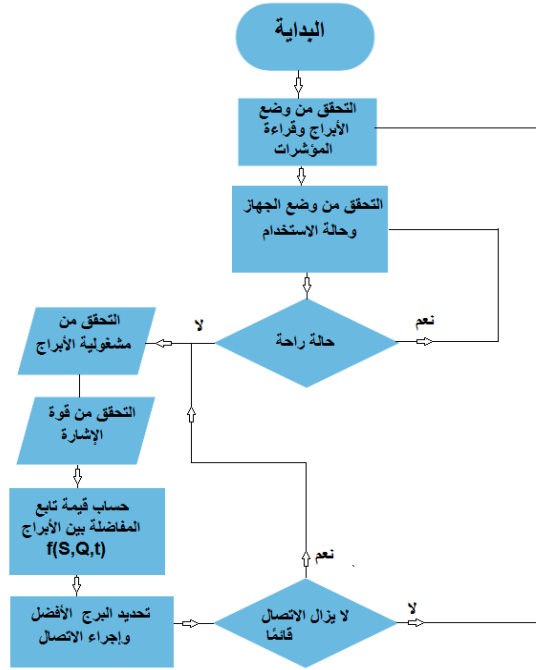
t: معامل زمن المشغولية (من الأسوأ 1 إلى الأفضل 4)

• الخدمة المطلوبة اتصال لتأمين دفق بيانات مستمر حيوي

(تنزيل ملفات مثلاً):

$$f(S, G, t) = Se^{G \times t} \dots (3)$$

- يعتمد الموضوع في حالة نقل حزم بيانات غير مستمرة كالمحادثات أو تصفح الإنترنت على توازن أهمية قوة الإشارة مع اختيار البرج ذو الجيل المناسب والمشغولية المقبولة وبالتالي يمكن التعبير عن ذلك رياضياً بعملية تناسب طردي مباشر عن طريق جداء العوامل كما هو حال المعادلة (2).
- في حال عرض تدفق مباشر ومستمر لبيانات وبجودة عالية بمعنى أن انقطاعها لسبب أو لآخر ستؤدي إلى إخفاق العملية كعملية تنزيل الملفات أو متابعة فيديو مباشر، سيكون التناسب طردي مع جيل البرج الذي ستصل به الجهاز بالتوازي مع مشغوليته مع تناسب طردي بدرجة أقل مع قوة الإشارة المستقبلية. وطالما أننا نريد أن تتأثر عملية انتقاء البرج الأفضل بشدة مع المشغولية القليلة وجيل البرج استخدم التابع الأسّي الطبيعي لتمثيل العملية وهو أسلوب رياضي متبع في معظم الحالات المماثلة.



الشكل (2): خوارزمية اختيار البرج الأفضل.

5- المحاكاة والنتائج

5-1 طريقة العمل

يبدأ البرنامج بطلب اختيار سيناريو المحاكاة، فإما أن يكون ألياً كلياً إذ يضبط البرنامج عشوائياً عدد الأبراج في المنطقة ومواصفاتها والخدمات التي تقدمها كما يحدد عشوائياً وضع المستخدم من ناحية الخدمات التي يطلبها ومن ناحية موقعه بالنسبة إلى الشبكات المحيطة. بالإمكان كذلك ضبط جميع القيم يدوياً لاستعراض حالة محددة أيضاً.

```

Command Window
>> main
-----Multi Access Network Selection Algorithm-----
> Chose 1 for Automated simulation or 2 for show cases: 1
fx > Chose the number of iterations in the simulation: 100|
    
```

الشكل (3) لقطة شاشة لنقطة البداية في برنامج المحاكاة

يحدد المستخدم طريقة إعداد المحاكاة يدويًا أو آليًا ثم يختار عدد مرات تكرار سيناريو المحاكاة أي عدد المرات التي يُفترض أن تتغير فيها ظروف المحاكاة. إن كان الإعداد يدويًا، سيتطلب ذلك إدخال جميع القيم لكل شبكة وكذلك القيم المتعلقة بالمستخدم.

```
Command Window
-----Multi Access Network Selection Algorithm-----
> Chose 1 for Automated simulation or 2 for show cases: 2
> Chose the number of iterations in the simulation: 20
Enter the number of nearby networks: 5
>> Building networks
  >>> Building Network num:1
    >>>> Generation Value(1-4): 4
    >>>> RSSI Value(1-4): 3
    >>>> RSRQ Value(1-4): 3
    >>>> EC/IO Value(1-4): 2
    >>>> PingTime Value(1-4): 1
    >>>> Tower X coordinate: 3
    >>>> Tower Y coordinate: 100
    >>>> Tower Z coordinate: 1000
  >>> Building Network num:2
    >>>> Generation Value(1-4): 2
    >>>> RSSI Value(1-4): 23
    >>>> RSRQ Value(1-4): 4
    >>>> EC/IO Value(1-4): 2
    >>>> PingTime Value(1-4): 2
    >>>> Tower X coordinate: 122
    >>>> Tower Y coordinate: 342
    >>>> Tower Z coordinate: 123
```

الشكل (4) لقطة شاشة لخطوات الإعداد اليدوي للمحاكاة

ينفذ البرنامج خطوات المحاكاة ليعرض:

- فيديو يعرض مباشرة التغيرات في حالة الاتصال
- مخطط بياني لتأثير إنتاجية الأنواع المختلفة للاتصالات التي تجري نظرًا للتنقل بين مزودات الخدمة
- قيم رقمية للمستخدم والبرج المتصل به.

2-5 دراسة الحالات ومناقشتها

القدرة المستقبلية عند المسافة المرجعية d_0 من المحطة القاعدة هي p_t . تُحسب القدرة المستقبلية p_r عند المسافة d بواسطة المعادلة التالية ، حيث α هي الأس خسارة المسار. نموذجنا لا يأخذ الخفوت بعين الاعتبار.

$$P_r(d) = P_t \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-\alpha}$$

.....4

كل MNO لديها 48 محطة BS موضوعة على شبكة سداسية في منطقة 10 كم × 12 كم تقريباً تلتف حول الحواف. المسافة من BS إلى حافة الخلية (قمة سداسية) هي 1 كم. ولكل محطة قاعدة $B = 10$ MHz من طيف الوصلة الهابطة المتاحة. الطاقة المستقبلية p_t عند d_0 تساوي 1M هي 10 W . إن الاختيار الأسى لخسارة المسار 3.5 = α يمثل كلا من آثار الفوضى والخفوت طويل الأمد ؛ من غير المحتمل أن يؤثر الخفوت قصير المدى بشكل كبير على متوسط معدلات البيانات طويلة المدى التي نقدمها هنا. قدرة الضجيج أكثر من 10 MHz 10^{-13} واط ، أو -170 dB/Hz

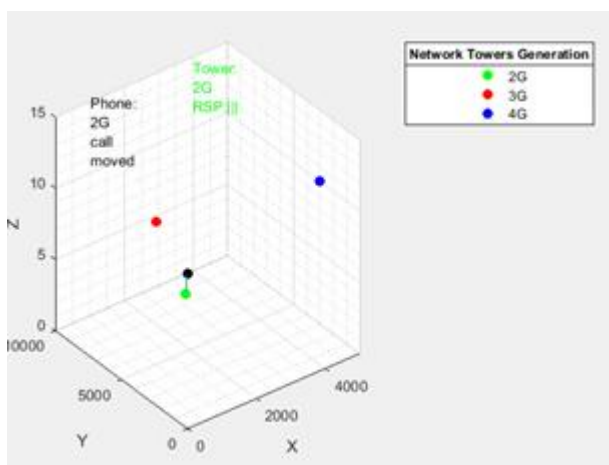
حالة الدراسة:

نفترض وجود جهاز يدعم شبكات حتى الجيل الرابع دون تقييد الاتصال بجيل معين وفي المنطقة ثلاثة أنواع من أبراج تغطية نعرض خصائصها في الجدول (4):

الجدول (4) خصائص أبراج التغطية:

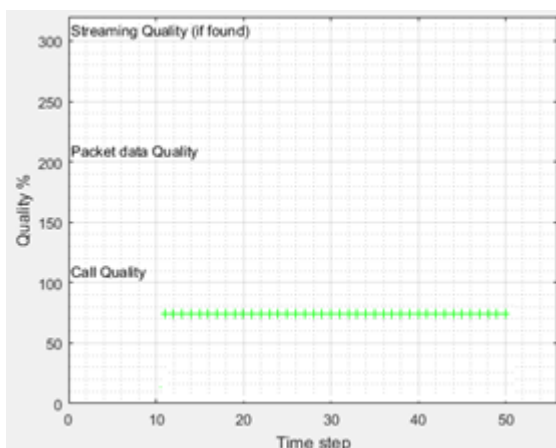
المشغولية 1 to 4	EC/IO 1 to 4	RSRQ 1 to 4	RSSI 1 to 4	Generation	البرج
3	/	/	3	2G	1
2	3	/	3	3G	2
3	/	3	3	4G	3
النمط	الخدمة المطلوبة		الجيل المفعّل	الجهاز	
متحرك	اتصال هاتفي		حتى الجيل 4	هاتف ذكي	

أعطت المحاكاة النتيجة التالية:



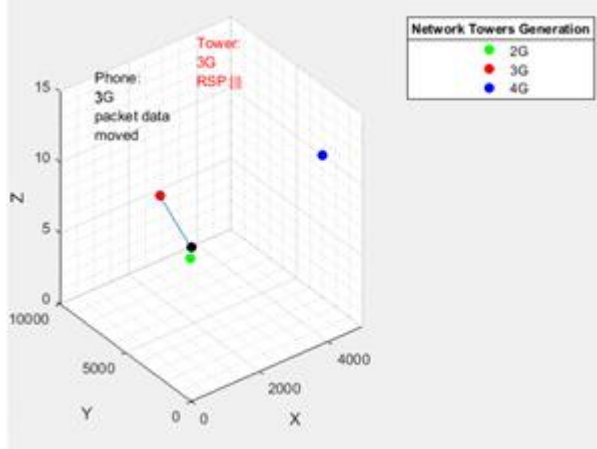
الشكل(5): نتيجة اختيار البرج بعد محاكاة عند إجراء اتصال هاتفي

يوضح الشكل بعد المحاكاة أن البرج الأفضل للاتصال به خلال الاتصال الهاتفي هو البرج الأول الذي يدعم الجيل الثاني



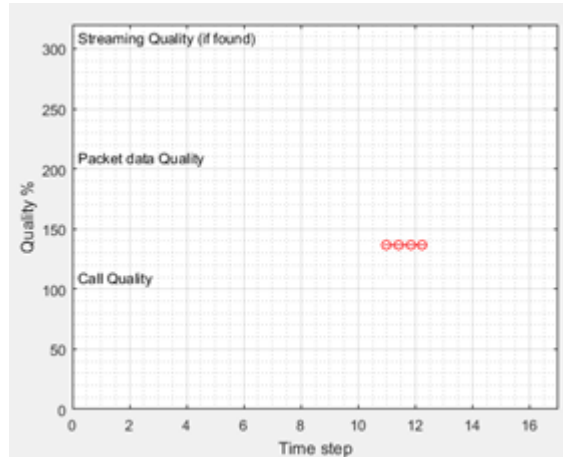
الشكل(6): جودة الإشارة بعد المحاكاة عند إجراء اتصال هاتفي

إشارة جيدة ومشغولية جيدة وجودة اتصال 75% كحد أدنى، وطبعًا زادت استغلال المستخدم لسعة الحزمة المتاحة.
أبقينا في سيناريو آخر على الوضع ذاته بالنسبة للأبراج والهاتف لكننا غيرنا الخدمة إلى تراسل حزم بيانات فكانت النتائج:



الشكل (7): نتيجة اختيار البرج بعد المحاكاة عند تغيير الخدمة الى تراسل حزم بيانات

نلاحظ أن المحاكاة نقلت الاتصال إلى البرج الثاني الذي يدعم خدمة الجيل الثالث تلقائيًا ولم تنتقل إلى برج الجيل الرابع الذي قد يرفض الخدمة



الشكل(8): جودة الإشارة بعد المحاكاة عند تغيير الخدمة الى تراسل بيانات

مع نلاحظ أن جودة الاتصال تبدأ من /40% فقط مع ذلك بقيت الحزمة المتاحة للمستخدم عالية فوق /80% من السعة المخصصة له.

6- مناقشة النتائج

بالاطلاع على حالة الدراسة وما فيها من تغيرات والنتائج التي اعطتها المحاكاة يمكن استخلاص ما يلي:

1. سرعة اختيار البرج لعدم الحاجة إلى حسابات معقدة نظراً لاستخدام قيم يحسبها نظام التشغيل تلقائياً.
2. استقرار الجودة أثناء الاتصال عموماً بحيث تعطي قيمة قليلة او شبه معدومة التفاوت أثناء تقدم الاتصال بغض النظر عن قيمة الجودة بحد ذاتها
3. تعطي المحاكاة نتيجة دقيقة تماماً في سيناريوهي الاتصال الهاتفي وحزم البيانات بمعنى أن اختيار البرج في /90% من الحالات منطقي وصحيح.
4. قد تتوقف الخوارزمية عن العمل وبالتالي الجهاز في حال عدم توفر برج ملائم للخدمة المطلوبة دون إعلامك بذلك والسبب في ذلك أنها ستبقي الجهاز متصلاً بأخر برج متاح.

7-الاستنتاجات والتوصيات

1-7 الاستنتاجات

إن زيادة سعة الشبكة الخلوية هي نتيجة منطقية لتطبيق الخوارزمية السابقة بناء على المعطيات التالية:

- اتصال الجهاز بالشبكة ذات المشغولية الأقل وبالتالي الاستفادة من كامل الحزمة المخصصة له لتراسل البيانات

- تخفيف الضغط عن الشبكة المزدحمة إذ لا يمكن ان يتصل الجهاز بشبكة مشغوليتها عالية بوجود شبكة مناسبة ذات مشغولية أقل وبالتالي سيستفيد من ذلك بقية المتصلين بالشبكات وبالتالي ستزيد سعة الشبكة الخلوية من وجهة نظر العميل إذ لا يمكن زيادتها فيزيائياً كون الأمر مرتبط بالتجهيزات.
 - الاتصال بالأبراج وفقاً للجيل الذي يدعم الخدمة المطلوبة وبالتالي لا حاجة لشغل حزمة تراسل مع برج يدعم جيل معين إن كان برج من جيل أقل يدعمها ومشغوليته أقل.
- وتوضح جميع المخططات البيانية في الحالة السابقة تحسن جودة الاتصال عند استخدام هذه الخوارزمية وتحسن جودة الاتصال نتيجة مباشرة لزيادة سعة الشبكة.

7-2 التوصيات

ينبغي التركيز على النقاط التالية في أية أعمال مستقبلية:

1. تقييم الخوارزمية وتطويرها لتدعم مبدأ التوقع المبكر لمشغولية برج مما يرفع من جودة الاتصال ويقلل الانقطاع المفاجئ للخدمة.
2. إدخال مؤثرات جديدة في تحديد تابع المقارنة بين الأبراج مثل معاملات ثابتية الإشارة signal consistency.
3. دراسة تطوير الخوارزمية للنظر في إيجاد حالة توازن بين رضا المستخدم وأرباح مزودي الخدمة.

المراجع References

- [1] Y.Wang, R.Djapic, A. Bergstrom et al., “Performance of WLAN RSS-based SON for LTE/WLAN access network selection,” in Proceedings of the 12th International Symposium on Wireless Communications Systems (ISWCS), pp. 460–464, IEEE, Piscataway, NJ, USA, August 2014.
- [2] A. Habbal, S. I. Goudar, and S. Hassan, “Context-aware radio access technology selection in 5G ultra dense networks,” IEEE Access, vol. 5, pp. 6636–6648, 2017.
- [3] M. Lahby, A. Attioui, and A. Sekkaki, “An improved policy for network selection decision based on enhanced-topsis and utility function,” in Proceedings of the 12th IEEE International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC pp. 2175–2180, Piscataway, NJ, USA, June 2017.
- [4] L.-R. Tang, W.-M. Li, J. Sheng, and B. Fan, “A chaos genetic algorithm based access selection in heterogeneous wireless networks,” Tien Tzu Hsueh Pao/Acta Electronica Sinica, vol. 42, no. 8, pp. 1564–1570, 2014.
- [5] N. Blefari-Melazzi, D. Di Sorte, M. Femminella, and G. Reali, “Expanding Cellular Network Capacity with Multi-Network Access Computer Networks, vol. 51, no. 10, pp. 2645–2676, 2007.
- [6] “Network handover in Google Fi | Nicholas Armstrong.” [Online].

Available:<https://nicholasarmstrong.com/2015/08/network-handover-google-fi/>. [Accessed: 16-Dec-2019].

[7] E. Obayiuwana and O. E. Falowo, "Network selection in heterogeneous wireless networks using multi-criteria decisionmaking algorithms: a review," *Wireless Networks*, vol. 23, no. 8, pp. 2617–2649, 2015.

[8]A. Habbal, S. I. Goudar, and S. Hassan, "Context-aware radio access technology selection in 5G ultra dense networks," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 6636–6648, 2019.

[9] C. Zhixiong, C. Juanping, Y. Jinsha, X. Nan, H. Dongscheng." Network Access Selection Algorithm Based on Balanced Profits between Users and Network", *Hindawi Wireless Communications and Mobile Computing*, Volume 2020, Article ID 6981657, <https://doi.org/10.1155/2020/6981657>, 2 May 2020.