

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 23

1445 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

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 : 963 31 2138071 ++

. 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
48-11	م. هند سمعان د. وسيم جنيدي	معالجة الضجيج في مقياس البيانات الضخمة عن طريق تحسين خوارزمية أقرب جار
72-49	م. لبانة طحبوش	دراسة تأثير درجة حرارة مانع نقل الحرارة ومعامل الفقد الحراري على مردود مجمع شمسي من نوع قطع مكافئ
100-73	م. طريف الكلزلي د. محسن عبود د. ماهر عباس	تحسين زمن تبديل العقد في بروتوكول RPL ضمن نظام التشغيل Contiki
150-101	م. ليبيب حسن د. سامر ربيع د. فراس خليل	دراسة فعالية إعادة بناء الشبكة الكهربائية لتغذية المدينة

معالجة الضجيج في مقياس البيانات الضخمة عن

طريق تحسين خوارزمية أقرب جار

طالب الدراسات العليا: هند سمعان

علوم الويب – الجامعة الافتراضية السورية

الدكتور المشرف: وسيم جنيدي

ملخص

مع التطور التكنولوجي الكبير الذي نعيشه الآن ومع التزايد الكبير لمستخدمي الإنترنت ومستخدمي الهواتف المحمولة هناك نمو هائل للبيانات الضخمة التي تتولد كل ثانية من ملايين الرسائل التي ترسل وتستقبل عبر تطبيقات وسائل التواصل الاجتماعي وملايين الصور الملتقطة وساعات من مقاطع الفيديو التي يتم تحميلها كل دقيقة.

البيانات الضخمة لا تعني فقط أن مجموعات البيانات كبيرة جداً، بل هي مصطلح شامل للبيانات الكبيرة جداً في الحجم والمعقدة بطبيعتها.

نظراً لأهمية البيانات الضخمة ودورها الكبير في جميع مجالات الحياة بما في ذلك الشركات التي تستخدمها في أنظمتها لتحسين العمليات وتقديم الخدمات بشكل أفضل وإنشاء حملات تسويقية مخصصة واتخاذ الإجراءات التي تمكنها في النهاية من زيادة الإيرادات والأرباح، فالشركات التي تستخدمها بشكل فعال تمتلك ميزة تنافسية محتملة على تلك التي لا تستخدمها لأنها قادرة على اتخاذ قرارات عمل أسرع وأكثر فعالية. فقد أصبحت دراستها ودراسة الخوارزميات التي

تلائمها وطرق استخدامها وتحليلها الهام الأكبر لعلماء البيانات لكانها قد تعاني من بعض المشاكل من بينها الضجيج الذي يؤدي إلى تغيير جزئي أو كلي بالمعلومات.

قمنا في هذا البحث بمعالجة الضجيج في البيانات الضخمة عن طريق تحسين خوارزمية أقرب جار حيث حاولنا التتويج فاستخدمنا مجموعتي بيانات مختلفتي الحجم ومختلفتين في عدد الأسطر والأعمدة وكذلك مختلفتين في نوع الضجيج، واعتمدنا على أكثر من نمط للبيانات بحيث تتلاءم مع معظم قواعد البيانات للشركات. تمّ الكشف عن القيم المتطرفة ومن ثمّ استخدام أكثر من تقنيّة لاختيار الأنسب من بينها التي تعطينا الدقة الأفضل وزمن التنفيذ الأقل.

الكلمات المفتاحية: البيانات الضخمة، خوارزمية أقرب جار، لغة البرمجة بايثون، الضجيج، معالجة البيانات.

Handle noise in Big Data Scale by improving k-nearest neighbor algorithm

Abstract

With the great technological development that we are currently experiencing, and with the significant increase in Internet and mobile phone users, there is a huge growth in big data generated every second from millions of messages sent and received through social media applications, millions of captured images, and hours of video clips uploaded every minute. "Due to the importance of big data and its significant role in all areas of life, including companies that use it in their systems to improve operations, provide better services, create targeted marketing campaigns, and take actions that ultimately enable them to increase revenue and profits. Companies that effectively use big data have a potential competitive advantage over those that do not use it because they are able to make faster and more effective business decisions. Studying it, the algorithms that suit it, the methods of using and analyzing it, has become the biggest concern for data scientists, but it may suffer from some problems, including noise that leads to partial or complete changes in the information.

Therefore, in this research, we handle noise in big data by using the improvement of the nearest-neighbor algorithm. We tried to diversify by using two different databases of different sizes and different numbers of rows and columns, as well as two different types of noise. We relied on more than one type of data that fits most of the databases used by companies. The outliers were detected and then more than one technique was used to choose the most appropriate one that gives us the best accuracy and the shortest execution time.

Keywords: Big Data, K-Nearest Neighbors, Python, Smart Data, Noise, Data Processing.

1- مقدمة:

كان مفهوم البيانات الضخمة موجوداً منذ عقود حتى قبل أن يستخدم أي شخص مصطلحاً له. استخدمت الشركات جداول البيانات الأساسية، ونماذج الملاحظات، والرّسوم البيانية لتتبع رؤى عملائها واتجاهاتهم. الاختلاف الوحيد هو أننا نمتلك أخيراً الأدوات المناسبة للاستفادة من ميزات البيانات الضخمة. فالبيانات الضخمة هو مصطلح يصف جزءاً كبيراً من البيانات الأولية التي تمّ جمعها وتخزينها وتحليلها من قبل الشركات.

تاريخياً حوالي عام 2005، عندما بدأت وسائل التّواصل الاجتماعيّ في الازدياد، بدأ الناس يدركون مقدار البيانات التي ننتجها كل يوم، فيبلغ الإنتاج الحاليّ للبيانات 2.5 كوينتيليون بايت كل يوم.

إنّ المعلومات المتاحة عبر الإنترنت اليوم يمكن أن توفر للشركات رؤية مفيدة حول السوق والعملاء. في الماضي، كانت الشركات بحاجة إلى استخدام عمليات طويلة ومكلفة لفرز هذه المعلومات يدوياً. أمّا اليوم، فتسهّل أدوات تحليل البيانات والتّعلّم الآليّ الوصول إليها على الفور تقريباً. [12]

2- الهدف من البحث:

تعتبر البيانات الضخمة من أهمّ مجالات التّكنولوجيا المستقبلية، وتحظى بالاهتمام لأنّها تدخل في العديد من المجالات نظراً لما توفره من أهميّة كبيرة للشركات والمؤسسات. فكلّ شركة أو مؤسسة لديها الكثير من البيانات وهذه البيانات يجب أن تعطي نتيجة لمشكلة ما. وهذه النتيجة لها دور هامّ في اتّخاذ القرار من خلال التّحليل والتّنقيب في البيانات الضخمة. وعندما تقوم أي مؤسسة بعملية التّنقيب في البيانات فإنّها تواجه العديد من التّحديات والمشاكل والتي تشكل خطراً في عملية اتّخاذ القرار. وباختلاف المؤسسات أو الشركات أو مستخدمي البيانات الضخمة ستختلف أنواع البيانات وستختلف نسبة الضجيج الموجودة فيها لذلك في هذا البحث سنقوم بدراسة

مجموعات مختلفة من البيانات الضخمة تمتلك أنواع مختلفة من البيانات وهي ذات نسب ضجيج متفاوتة

وسنحاول حلّ مشكلة الضجيج التي تتعرض لها من خلال تحسين استخدام خوارزمية أقرب جارّ التي تعدّ نموذجاً أساسياً للكشف الفعلي عن البيانات غير الكاملة وتصحيحها، ومعالجة الضجيج في البيانات.

3- الدراسات السابقة:

ستناول مجموعة من الدراسات السابقة التي اهتمت بهذا المجال.

1. قدّم لونغو وغارسيا وآخرون في هذا البحث أول ترشيح للضجيج في مجال البيانات الضخمة حيث تشكّل التكرارات الكبيرة ومشكلات الأبعاد الكبيرة تحديات جديدة للخوارزميات الكلاسيكية المستخدمة للمعالجة المسبقة للضجيج. واقترح عدّة خوارزميات لترشيح الضجيج، وقد تمّ تنفيذها في إطار البيانات الضخمة. تعتمد هذه التقنيات على إنشاء مجموعة من المصنّفات التي يتمّ تنفيذها في خرائط مختلفة، ممّا يتيح التعامل مع مجموعة ضخمة من البيانات. تمّ تحليل مدى ملاءمة هذه التقنيات المقترحة باستخدام العديد من مجموعات البيانات، من أجل دراسة تحسين الدقة ووقت التشغيل ومعدّل تقليل البيانات. تمّت المقارنة بين عدد من الخوارزميات، واعتبر البحث أنّ خوارزمية أقرب جار تتطلّب وقت أكبر في الحساب، لكنّه لم يشر إلى أنّه يمكن تحسين هذه الخوارزمية لتستغرق وقت أقلّ. [1]

2. اقترح غارسيا وآخرون في هذا البحث مرشّح ضجيج وهو مرشّح التجميع (Ensemble) التكراري للبيانات الضخمة. تمّ استخدامه لإزالة الضجيج في تصنيف البيانات الضخمة باستخدام Apache Spark وهو عبارة نظام معالجة مفتوح المصدر يستخدم لمعالجة البيانات الضخمة. وتمّ تنفيذ المرشّح المقترح على ست مجموعات من البيانات الضخمة. تحتوي مجموعات البيانات المقترحة على كثافة عالية من نقاط البيانات والتي تشكّل تحدياً للخوارزميات

الكلاسيكية للمعالجة المسبقة للضجيج. ينظف مرشح الضجيج المقترح البيانات بطريقة تكرارية باستخدام استراتيجية تقسيم البيانات، وتم تنفيذه بأسلوب موزع باستخدام إطار عمل البيانات الضخمة Apache Spark. أظهرت النتائج التجريبية أن التقنية المقترحة قادرة على اكتشاف وإزالة حالات الضجيج من مجموعات البيانات الستة المختبرة. المرشح المقترح قادر على تقديم أداء أفضل من مرشح الضجيج الحالي للبيانات الضخمة لكل مجموعة بيانات تم اختبارها. [2]

3. اقترح اولها وآخرون في هذا البحث تقنية تستخدم العديد من الأنظمة في عقود (نظام موزع) تحتوي كل عقدة على العديد من النوى بداخلها. وقد استفاد من مزايا كل من تقنيتي التصنيف والتجميع لأنها تستخدم k-Means و k-NN معاً لمعالجة البيانات الضخمة. لقد تم تطبيق تقنية التجميع k-means على مجموعة من البيانات، ومجموعة البيانات هذه تم تقسيمها إلى أجزاء مساوية لعدد العقد. عدد العقد في الكتلة هو نفس عدد آلات المعالجة المتصلة في البيئة الموزعة. تعمل التقنية المقترحة بشكل أفضل وأكثر كفاءة في حالة البيانات الضخمة عالية الأبعاد وتتفوق بشكل خاص عندما تكون مجموعات البيانات تعاني من الضجيج بالنسبة للدقة ووقت التنفيذ. تم أخذ الوقت اللازم لإنشاء المجموعات لأن التجميع هو عملية تتم لمرة واحدة. تعمل هذه التقنية المقترحة بشكل أفضل في حالة القيم المتطرفة للبيانات كما تمت مناقشة أن جميع مجموعات البيانات تحتوي على 20% بيانات فيها ضجيج، أي القيم المتطرفة. لوحظ تمييز واضح بين k-NN التقليدي و k-nn العنقودي في مجموعات البيانات المذكورة باستثناء مجموعة واحدة حيث k-nn فيها أفضل. [3]

4- مواد وطرق البحث:

تمّ استخدام حاسوب بمواصفات core i7 و RAM:16GB و كرت شاشة RTX 3060 6G و نظام تشغيل Windows 10 . و تمّ التّحميل عليه Anaconda و Notebook Jupyter واستخدام لغة البرمجة Python .

5- البيانات الضّخمة:

البيانات موجودة دائماً، وهي ليست جديدة، ويوجد العديد من الأشكال التي يمكن أن تتخذها وهي أحرف، كلمات، نصّ، أرقام، صور، صوت أو فيديو. كان أول ظهور وثائقي للبيانات الضّخمة في ورقة بحثية في عام 1997 من قبل علماء ناسا تروي المشكلات التي تواجههم في تصوّر مجموعات البيانات الكبيرة، والتي كانت بمثابة تحدّ أسر جذّاب لعلماء البيانات. كانت مجموعات البيانات كبيرة بما يكفي، مما يفرض عبء كبير على موارد الذاكرة. هذه المشكلة تسمّى البيانات الضّخمة. تمّ طرح المفهوم الأوسع للبيانات الضّخمة لأول مرة من قبل شركة استشارية مشهورة: McKinsey. يمكن تصنيف دورة حياة معالجة البيانات الضّخمة إلى جمع، معالجة مسبقة، تخزين وإدارة خصوصية وأمان، تحليل، وتصور. لا تعني البيانات الضّخمة فقط أنّ مجموعات البيانات كبيرة جداً، بل هي مصطلح شامل للبيانات الكبيرة جداً في الحجم والمعقّدة بطبيعتها، (والتي قد تكون منظّمة (مهيكّلة) أو شبه منظّمة أو غير منظّمة) وتصل بسرعة عالية أيضاً. تمّ إنشاء 80 بالمائة من البيانات المتاحة اليوم في السّنوات القليلة الماضية.

كان علماء البيانات يكافحون دائماً من أجل إيجاد تقنيات عملية لتحليل البيانات الملتقطة. يجب إدارة البيانات بالسرعة والوقت المناسبين لاستخلاص رؤى قيمة منها. هذه البيانات معقّدة للغاية لدرجة أنّه أصبح من الصّعب معالجتها باستخدام أنظمة إدارة قواعد البيانات التقليديّة، ممّا أدّى إلى تصوّر عصر البيانات الضّخمة.

وقد اكتسبت البيانات الضّخمة اهتماماً كبيراً من الأوساط الأكاديميّة وصنّاع تكنولوجيا المعلومات. في العالم الرّقمي وعالم الحاسوب، يتمّ إنشاء المعلومات وجمعها بمعدّل

يتجاوز سرعة النطاق الحدودي. مع نقل المعلومات ومشاركتها بسرعة الضوء على الألياف البصرية والشبكات اللاسلكية، يزداد حجم البيانات وسرعة نمو السوق. لكن معدل النمو السريع لهذه البيانات الكبيرة يوّد العديد من التّحديات تتعلّق بسرعة النّقل وتنوع البيانات والأمان.

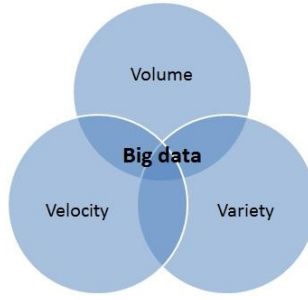
يتجاوز عدد سكان العالم الحالي 7.2 بليون، وأكثر من 5 بليون من هؤلاء الأشخاص متّصلون بالإنترنت. علاوة على ذلك، يستخدم 5 بليون فرد مختلف الأجهزة المحمولة تقريباً. نتيجة لهذه الثورة التكنولوجية، ينتج هؤلاء الملايين من الأشخاص كميات هائلة من البيانات من خلال الاستخدام المتزايد لهذه الأجهزة. على وجه الخصوص، تنتج أجهزة الاستشعار عن بعد باستمرار الكثير من البيانات غير المتجانسة التي تكون إما منظّمة أو شبه منظّمة أو غير منظّمة. تُعرف هذه البيانات باسم البيانات الضخمة. تُعرف البيانات الضخمة بأنها مجموعات من مجموعات البيانات التي يكون حجمها أو سرعتها أو تنوعها كبيراً جداً بحيث يصعب تخزين البيانات وإدارتها ومعالجتها وتحليلها باستخدام قواعد البيانات التقليدية وأدوات معالجة البيانات. [5]



الشكل 1: بعض مصادر البيانات الضخمة

1-5 خصائص البيانات الضخمة:

تمّ وصف البيانات الضخمة لأول مرة بواسطة Laney في عام 2001 على أنها تتمتع بالخصائص التالية، والمعروفة أيضاً باسم 3Vs.



الشكل 2: 3Vs

1. الحجم:

على الرغم من عدم وجود حدّ ثابت لحجم البيانات التي يجب اعتبارها بيانات ضخمة، إلا أنّه عادةً ما يتمّ استخدام مصطلح البيانات الضخمة للبيانات الضخمة التي يصعب تخزينها وإدارتها ومعالجتها باستخدام قواعد البيانات التقليدية وبنى معالجة البيانات.

2. السرعة:

تشير سرعة البيانات إلى مدى سرعة إنشاء البيانات. يمكن أن تصل البيانات التي تمّ إنشاؤها بواسطة مصادر معيّنة إلى سرعات عالية جداً، على سبيل المثال، بيانات الوسائط الاجتماعية أو بيانات أجهزة الاستشعار. يمكن أن يكون لبعض التطبيقات مواعيد نهائية صارمة لتحليل البيانات (مثل التداول أو اكتشاف الاحتيال عبر الإنترنت) ويجب تحليل البيانات في الوقت الفعليّ. الأدوات المتخصصة مطلوبة لاستيعاب هذه البيانات عالية السرعة في البنية التحتية للبيانات الضخمة وتحليل البيانات في الوقت الفعليّ.

3. التنوع:

التنوع يشير إلى أشكال البيانات المختلفة. تأتي البيانات الضخمة بأشكال مختلفة مثل المهيكلة (المنظمة) أو غير المهيكلة (غير المنظمة) أو شبه المهيكلة (شبه المنظمة)، بما في ذلك البيانات النصية والصورة والصوت والفيديو وبيانات المستشعر. يجب أن

تكون أنظمة البيانات الضخمة مرنة بما يكفي للتعامل مع مثل هذه المجموعة المتنوعة من البيانات.

وبناءً على الخصائص الثلاثة السابقة فقد عرّف غرانتر البيانات الضخمة بأنها معلومات تتميز بأنها ذات حجم كبير وسرعة عالية وتنسيقات متنوعة.

فيما بعد تمّ توسعة هذه الخصائص لتشمل مقياسين آخرين:

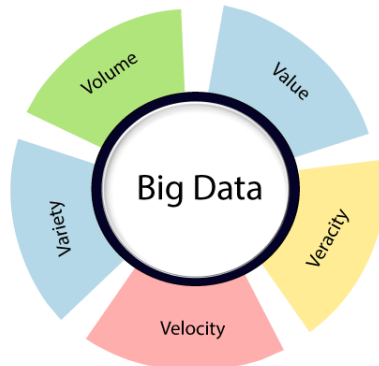
1. صحة البيانات:

تشير صحة البيانات إلى مدى دقة البيانات. لاستخراج قيمة من البيانات، يجب تنظيف البيانات لإزالة الضجيج. يمكن للتطبيقات التي تعتمد على البيانات الاستفادة من فوائد البيانات الضخمة فقط عندما تكون البيانات ذات مغزى ودقيقة. لذلك، يعدّ تنظيف البيانات أمراً مهماً بحيث يمكن تصفية البيانات غير الصحيحة والتأقصة.

2. القيمة:

تشير قيمة البيانات إلى فائدة البيانات للغرض المقصود. الهدف النهائي لأيّ نظام لتحليل البيانات الضخمة هو استخراج قيمة من البيانات. ترتبط قيمة البيانات أيضاً بصحة البيانات ودقتها. بالنسبة لبعض التطبيقات، تعتمد القيمة أيضاً على مدى السرعة التي نستطيع بها معالجة البيانات.

يمكن استخدام القيم الخمسة للبيانات الضخمة لتصنيف بيانات معينة على أنها بيانات ضخمة. [6]



الشكل 3: 5Vs

6- الضجيج:

يعدّ وجود الضجيج في البيانات مشكلة شائعة ينتج عنها العديد من النتائج السلبية في مشاكل التصنيف. الضجيج مشكلة لا يمكن تجنبها، والتي تؤثر على عمليات جمع البيانات وإعداد البيانات في تطبيقات التقيب عن البيانات، حيث تحدث الأخطاء بشكل شائع. ومن ثم، فإنّ المشكلات التي تحتوي على ضجيج هي مشكلات معقدة وغالباً ما يصعب تحقيق الحلول الدقيقة دون استخدام تقنيات متخصصة. إنّ بيانات العالم الحقيقي ليست مثالية أبداً" وغالباً ما تعاني من الفساد الذي قد يضرّ بتفسيرات البيانات والنماذج المبنية والقرارات المتخذة. في التصنيف (حيث أنّ التصنيف هو وظيفة استخراج البيانات التي تعين العناصر في مجموعة للفئات أو الفئات المستهدفة)، يمكن أن يؤثر الضجيج سلبيًا على أداء النظام من حيث دقة التصنيف وقت البناء وحجمه وقابلية تفسير المصنّف المبنى. قد يؤثر وجود الضجيج في البيانات على الخصائص الجوهرية لمشكلة التصنيف. قد يخلق الضجيج مجموعات صغيرة من مثيلات فئة معينة في أجزاء من مساحة المثلث المقابلة لفئة أخرى، أو تزييل المثيلات الموجودة في المناطق الرئيسية داخل فئة ملموسة أو تعطّل حدود الفئات وتزيد من التداخل فيما بينها. هذه التعديلات تفسد المعرفة التي يمكن استخلاصها من المشكلة وتفسد المصنّفات المبنية من تلك البيانات التي تحوي ضجيج فيما يتعلق بالمصنّفات الأصلية المبنية من البيانات النظيفة التي تمثل المعرفة الضمنية الأكثر دقة للمشكلة.

6-1 مصادر الضجيج:

للضجيج مصدرين رئيسيين، مثل:

- أ. الأخطاء الضمنية: والتي يتم إدخالها بواسطة أدوات القياس، مثل أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار.
- ب. الأخطاء العشوائية: التي تحدث عن طريق عمليات الدفّعات أو الخبراء عند جمع البيانات، كما هو الحال في عملية أتمّة المستندات.

6-2 أنواع بيانات الضجيج:

يحدّد عدد كبير من المكونات جودة مجموعة البيانات. تؤثر تسميات الفئة وقيم السمات بشكل مباشر على جودة مجموعة بيانات التصنيف. تشير جودة تسميات الفئة إلى ما إذا كان قد تمّ تعيين فئة كلّ مثال بشكل صحيح. على خلاف ذلك، تشير جودة السمات إلى قدرتها على توصيف الأمثلة بشكل صحيح لأغراض التصنيف. من الواضح أنّه إذا أثر الضجيج على قيم السمات، فإنّ هذه القدرة على التّوصيف وبالتالي جودة السمات تنخفض. بناءً على مصدريّ المعلومات هذين، يمكن تميّيز نوعين من الضجيج في مجموعة بيانات معينة هما ضجيج الفئة وضجيج السّمة.

6-2.1 ضجيج الفئة:

(يشار إليها أيضاً باسم ضجيج المصق) تحدث عندما يتمّ تصنيف أحد الأمثلة بشكل غير صحيح. يمكن أن يُعزى ضجيج الفئة إلى عدّة أسباب، مثل الذّاتية أثناء عمليّة وضع العلامات، أو أخطاء إدخال البيانات، أو عدم كفاية المعلومات المستخدمة لتسمية كلّ مثال.

يمكن تمييز نوعين من ضجيج الفئة:

أ. أمثلة متناقضة: هناك أمثلة مكرّرة في مجموعة البيانات لها تسميات فئات مختلفة.

ب. أمثلة أخطاء التصنيف: التي يتمّ تصنيفها باستخدام تسميات فئة مختلفة عن تسمياتها الحقيقيّة.

6-2.2 ضجيج السّمة:

يشير إلى الخطأ في قيم سمة واحدة أو أكثر. من أمثلة ضجيج السّمة: قيم السمات الخاطئة، وقيم السمات المفقودة أو غير المعروفة، والسمات غير المكتملة أو قيم "لا تهتم".

يشير ضجيج الفئة إلى سوء التصنيف، بينما يشير ضجيج السمة إلى قيم سمات خاطئة لأنها الأكثر شيوعاً في بيانات العالم الحقيقي.[4]

7- خوارزمية أقرب جار:

تعدّ خوارزمية أقرب جار واحدة من أقدم وأبسط وأدقّ الخوارزميات لتصنيف الأنماط ونماذج الانحدار. تمّ اقتراح KNN في عام 1951 من قبل Evelyn and Hodges، ثم تمّ تعديله بواسطة Hart and Cover، وتمّ تحديد خوارزمية KNN كواحدة من أفضل 10 طرق في استخراج البيانات. وبالتالي، تمّت دراسة KNN على مدى العقود القليلة الماضية وتمّ تطبيقها على نطاق واسع في العديد من المجالات. أهمّ مثال على استخدام هذه الخوارزمية هو نظام الاقتراحات والتوصية في المتاجر الإلكترونية. الآلية المعتمدة في هذا النظام هو عندما تطلب منتجاً لا يعرض لك فقط هذا المنتج بل يعرضه ويقترح أيضاً مجموعات المنتجات ذات الصلة والمتعلقة بالعنصر الذي تهتمّ بشرائه بالفعل. وهي مستخدمة في مواقع عالمية مثل أمازون ونيقفلكس. أكثر من 35% من إيرادات موقع أمازون تأتي من نظام الاقتراحات. ومن الأمثلة الأخرى على استخدام خوارزمية أقرب جار اكتشاف خطّ اليد، والتعرّف على الصّور والتعرّف على الفيديو، والحصول على القيم المفقودة والتعرّف على الأنماط.

يشمل المصنّف الأساسي لـ KNN على العديد من مشكلات تصنيف الأنماط مثل التعرّف على الأنماط وتصنيف النّصّ ونماذج التّرتيب والتعرّف على الكائنات وتطبيقات التعرّف على الأحداث. KNN هي خوارزمية غير معلّمة nonparametric. تعني اللامعلّمة إمّا عدم وجود بارامترات أو عدد ثابت من البارامترات بغض النّظر عن حجم البيانات. بدلاً من ذلك، يتمّ تحديد البارامترات حسب حجم مجموعة بيانات التّدريب، على الرّغم من عدم وجود افتراضات يلزم إجراؤها لتوزيع البيانات الأساسي. وبالتالي، يمكن أن يكون KNN هو الخيار الأفضل لأي دراسة تصنيف تتضمّن القليل من المعرفة المسبقة أو عدم وجودها على الإطلاق حول توزيع البيانات. بالإضافة إلى ذلك، تعدّ KNN واحدة من أكثر طرق التعلّم كسلاً. هذا يعني تخزين جميع بيانات التّدريب والانتظار حتّى يتمّ إنتاج بيانات الاختبار، دون

الحاجة إلى إنشاء نموذج تعليمي. على الرغم من خصائصها البطيئة، فمن المدهش أنّ KNN تستخدم على نطاق واسع لتصنيف البيانات الضخمة. هذا يرجع إلى الخصائص الجيدة الأخرى لـ KNN مثل البساطة وسهولة التنفيذ والدقة العالية، حيث يتم حل مشكلة السرعة عادةً باستخدام نوع من أساليب التقسيم.

8- التطبيق العملي:

إنّ هذا البحث سيكون استكمالاً لأبحاث سابقة متعلّقة بمعالجة الضجيج في البيانات الضخمة. وسيهدف إلى تطوير معالجة الضجيج وذلك بتحسين خوارزمية أقرب جار والتي اعتمدها البحث. إنّ التحسين شمل جانبيين هما دقة الخوارزمية وزمن التنفيذ.

تمّ استخدام مجموعتي بيانات (Datasets) للعمل عليهما الأولى تمّ تحميلها من موقع Kaggle وهي تحوي بيانات بها أخطاء والثانية تمّ تحميلها من موقع Kaggle ولكن تمّ التعديل عليها وهي تحوي قيم مفقودة والغرض من استخدام مجموعتي بيانات هو تنوع الضجيج، وتنوع البيانات الموجودة فيهما وهما من نوع CSV.

8-1 مجموعة البيانات الأولى:

تمّ استخدام ملف CSV وهو مجموعة بيانات تمّ تحميلها من موقع [kaggle](https://www.kaggle.com). تُظهر فيما إذا كانت الشخص معرّض لمرض قلب أو لا بناءً على عدّة عوامل. حيث تم إنشاء مجموعة البيانات هذه من خلال الجمع بين مجموعات البيانات المختلفة المتاحة بالفعل بشكل مستقل ولكن لم يتمّ دمجها من قبل. في مجموعة البيانات هذه، تم دمج 5 مجموعات بيانات للقلب في 11 سمة مشتركة مما يجعلها أكبر مجموعة بيانات لأمراض القلب متاحة حتّى الآن لأغراض البحث. مجموعات البيانات الخمس المستخدمة في تنظيمها هي: Cleveland وهي مشفى لأمراض القلب في أوهايو، مشافي في سويسرا وهنغاريا، مركز فيرجينيا Long Beach للرعاية الصحيّة -شؤون المحاربين القدامى، مجموعة بيانات (Statlog (Heart. فشل القلب هو حدث شائع

تسببه الأمراض القلبية الوعائية وتحتوي مجموعة البيانات هذه على 11 ميزة يمكن استخدامها للتنبؤ بأمراض القلب المحتملة.

- العمر Age: بمجال أعمار تتراوح من 28 - 77.
- الجنس Sex: ذكر - أنثى
- نوع ألم الصدر Chest Pain Type: ويحوي أربع أنواع:
 - Typical Angina(TA): الذبحة الصدرية النمطية
 - Atypical Angina(ATA): الذبحة الصدرية غير النمطية
 - Non-Anginal Pain(NAP): ألم غير الذبحة الصدرية
 - Asymptomatic (ASY): الذبحة الصدرية غير المصحوبة بأعراض.
- ضغط الدم أثناء الراحة (مم زئبقي) RestingBP: ويتراوح بين 0 و 200.
- الكوليسترول: كوليسترول الدم (ملم / ديسيلتر) Cholesterol: ويتراوح من 0 - 603
- سكر الدم (الصيامي) FastingBS: ولديه قيمتين:
 - 1 إذا كانت قيمته أكبر من 120 ملغ / ديسيلتر
 - 0 غير ذلك
- نتائج مخطّط كهربائية القلب في الراحة RestingECG: وتحتوي أربعة أنواع:
 - Normal(N): طبيعي.
 - ST: وجود شذوذ في موجة ST-T (انقلاب الموجة T و / أو ارتفاع ST أو انخفاض < 0.05.
 - Left Ventricular Hypertrophy (LVH): تضخم البطين الأيسر.

- MaxHR: أقصى معدل لضربات القلب تمّ تحقيقه وتتراوح قيمته من 60 – 202.
 - ExerciseAngina الدّبحة الصّدرية: الناتجة عن ممارسة الرياضة. ولها قيمتين:
 - Yes(Y): نعم
 - No(N): لا
 - Old peak: انخفاض ST التّاجم عن ممارسة الرياضة بالنسبة للراحة، وتتراوح قيمته من -2.6 إلى 6.2
 - ST_Slope: ميل مقطع الدّروة الظّاهر، ولها ثلاث قيم:
 - UP: أعلى
 - Flat: مستوي
 - Down: منخفض
 - Heart Disease: مرض قلبي وله قيمتين:
 - 0: طبيعيّ
 - 1: يوجد مرض قلبيّ
- بدايةً بعد تجميع البيانات يجب علينا تحضير البيانات:
- الخطوة الأولى لتحضير البيانات هي تنظيف البيانات سنقوم بالتأكد من وجود قيم مفقودة.
- في Pandas يتم تمثيل البيانات المفقودة بـ:
- None: None هو كائن Python الفردي الذي يستخدم غالباً للبيانات المفقودة في كود Python

- NaN: NaN اختصار لـ (Not a Number)، هي قيمة نقطة عائمة خاصة تتعرّف عليها جميع الأنظمة التي تستخدم معيار IEEE لتمثيل النقطة العائمة، تعامل Pandas مع None و NaN للإشارة إلى القيم المفقودة أو الفارغة وهما قابلتين للاستبدال.
- NA، أو أي إشارة أو كلمة أخرى تدلّ على وجود قيم مفقودة.

الخطوات المتبعة:

1. تمّ إضافة المكتبات اللازمة مثل: Scikit learn ، NumPy ، Panadas ، Processing ، Seaborn ، Time ، Matplotlib.
2. التأكد من وجود قيم مفقودة باستخدام التابع (`isnull()`). نلاحظ أنّه لا يوجد في هذه المجموعة.
3. نلاحظ أنّ العمودين RestingBP ، Cholesterol بهما قيمة الصفر وهذا غير ممكن فيجب استبدالها بقيمة المتوسط وذلك باستخدام التابع (`replace ()`).
4. استخدمنا التابع (`duplicated()`) للتأكد من وجود أسطر مكررة وفي حال وجودها يجب حذفها.
5. تمّ تحويل أنماط البيانات الموجودة في المجموعة إلى أنماط تحجز حجم أقلّ في الذاكرة وبالتالي تستهلك وقت أقلّ لمعالجتها حيث تمّ التحويل من float64 ، int64 ، object إلى float16 ، int16 ، category على التوالي.
6. بما أنّ معظم نماذج التعلّم الآلي لا تعمل مع البيانات الفئوية كما في هذا النموذج فيجب تحويلها إلى بيانات رقمية. لذلك يجب استبدالها باستخدام التابع (`map()`) بقيم الأعداد الصحيحة تبدأ من 0 ، 1 ، 2 ، ... حسب عدد القيم في كل عمود. وهذه الأعمدة هي: Sex ، ChestPainType ، RestingECG ، ST_Slope ، ExerciseAngina.
7. تمّ إسناد جميع الأعمدة ماعدا العمود heart disease إلى المتحول x والعمود heart disease إلى المتحول y باستخدام التابع (`iloc()`).

8. استخدمنا جميع الأعمدة الموجودة في ال dataset \leq features ما عدا عمود heart disease هو target. وقسمنا ال features إلى x_{train} و x_{test} وكذلك ال target إلى y_{train} و y_{test} وقمنا بتقسيم البيانات بنسبة 80% لبيانات التّدريب و20% لبيانات الاختبار باستخدام التابع (`train_test_split()`) وهي القيم الافتراضية للتّابع وله عامل آخر هو Random state والذي يعبر عن الحالة العشوائية النّواة في عملية توليد أرقام شبه عشوائية، مما يجعل النّتائج قابلة للتكرار عن طريق تقسيم العينات نفسها بالضبط أثناء التّشغيل في كلّ مرّة.

9. تطبيق خوارزمية k nearest neighbor باستخدام التّابع (`KNeighborsClassifier()`) والذي يأخذ القيم الافتراضية التالية كعوامل:

- `n_neighbors=5`: عدد الجيران الافتراضيّ 5.
- `weights='uniform'` حيث يكون وزن كلّ النّقاط متساوٍ.
- `algorithm='auto'` حيث يحاول تحديد الخوارزمية الأفضل من بين `'ball_tree', 'kd_tree', 'brute'` بالاعتماد على القيم الممرّرة عن طريق `.fit`.
- `metric='minkowski'` مقياس المسافة المستخدمة وبما أنّ $p=2$ فهذا يعني أنّ المسافة هي الإقليدية.

10. ثمّ قمنا بتطبيق خوارزمية knn وقياس الدقّة وطباعة ال classification report وزمن التّنفيد.

```

Accuracy: 0.6739130434782609
Precision: 0.6981132075471698
Recall: 0.7254901960784313
F1: 0.7115384615384615

              precision    recall  f1-score   support

0             0.64         0.61         0.62         82
1             0.70         0.73         0.71        102

 accuracy                   0.67         184
 macro avg                  0.67         184
 weighted avg               0.67         184

Total runtime of the program is 1.1720890998840332
    
```

الشكل 4: أداء خوارزمية أقرب جار

تحسين الخوارزمية:

1. في البداية قمنا بتعديل نسبة بيانات التدريب لتكون 70% ولتصبح نسبة بيانات الاختبار 30%.

2. ثم قمنا بالكشف عن القيم المتطرفة باستخدام تقنية IQR (Interquartile Range) والتي تقوم بتحديد القيم المتطرفة من خلال تحديد حدود لقيم العينة التي تمثل عامل k من معدل IQR أقل من النسبة المئوية الخامسة والعشرين أو أعلى من النسبة المئوية الخامسة والسبعين وقيمة العامل k تساوي 3 هي القيمة الأكثر استخداماً. ثم نحسب الفرق بين النسبتين وبعدها نقوم باستبدال القيم الأقل من 25% والأكثر من 75% بأقرب قيمة للقيمة المتطرفة. سنقوم بتطبيق هذه التقنية على الأعمدة التالية: RestingBP، Cholesterol، MaxHR، Oldpeak. ثم حساب عدد القيم المتطرفة لكل من هذه الأعمدة.

3. ثم استبدلنا تابع الـ map() بتابع الـ OneHotEncoder().

One hot encoding: هو تمثيل للمتغيرات الفئوية كمتجهات ثنائية. يتطلب هذا أولاً تعيين القيم الفئوية لقيم عدد صحيح. بعد ذلك، يتم تمثيل كل قيمة عدد صحيح

كمتجه ثنائيّ يمثل جميع القيم الصّفرية باستثناء فهرس العدد الصّحيح، والذي تمّ تميّزه بـ 1. يمكنه تحسين أداء النّمودج من خلال توفير مزيد من المعلومات للنّمودج حول المتغيّر الفئويّ ولهذا السّبب تم استخدامه. وتمّ استخدامه على الأعمدة التّالية: Sex ، ChestPainType ، RestingECG ، ExerciseAngina ، ST_Slope.

نلاحظ أنّ كلّ عمود تم تطبيق one hot encoding عليه تمّ تقسيمه إلى عمودين أو أكثر حسب عدد الفئات في العمود فأصبح لدينا افتراضياً 21 عمود. 4. تمّ استخدامنا MinMaxScaler() بعد تقسيم البيانات إلى بيانات تدريب وبيانات اختبار بواسطة التابع split().

MinMaxScaler: يستخدم الحدّ الأدنى والحدّ الأقصى للقيم للقياس وكلّ من الحدّ الأدنى والحدّ الأقصى حسّاسان للقيم المتطرفة. نتيجة لذلك، فإنّ طريقة MinMaxScaler حسّاسة أيضاً للقيم المتطرفة وإنّ الـ MinMaxScaler لا يغيّر توزيع البيانات.

يُستخدم إذا كانت خوارزميات التّعلّم الآليّ الأساسيّة التي تستخدمها لا تضع أيّ افتراضات حول توزيع البيانات على سبيل المثال، knn ، Neural Nets ...

5. الآن سنستخدم GridSearchCV والذي سيمكننا من معرفة أفضل أداء للخوارزمية حيث أنّه في أيّ مشروع لتعلّم الآلة تقريباً، نقوم بتدريب نماذج مختلفة على مجموعة البيانات واختيار النّمودج الذي يتمنّع بأفضل أداء.

أحد العوامل المهمّة في أداء هذه النّمادج هو بارامتراتنا الفائقة، بمجرد أن نضع القيم المناسبة لهذه المعلمات الفائقة، يمكن أن يتحسن أداء النّمودج بشكل ملحوظ. يمكننا

إيجاد القيم المثلى للمعلمات التَّشعبيَّة لنموذج باستخدام GridSearchCV . حيث أن GridSearchCV هي عملية تنفيذ ضبط hyper parameter من أجل تحديد القيم المثلى لنموذج معين. لا توجد طريقة لمعرفة أفضل القيم مسبقاً للمعلمات الفائقة بشكل مثالي، فنحن بحاجة إلى تجربة جميع القيم الممكنة لمعرفة القيم المثلى. قد يستغرق القيام بذلك يدويًا قدرًا كبيرًا من الوقت والموارد، وبالتالي نستخدم GridSearchCV لأتمتة ضبط المعلمات التَّشعبيَّة.

سنحدّد من أجل عدد الجيران مجال من 1 إلى 41 والمسافات هي إقليديَّة، hamming، manhattan، minkowski و p لها قيمتين 1 أو 2.

و weights كذلك لها قيمتين uniform أو distance وهي تعبر عما إذا كانت خوارزمية الجيران الأقرب موزونة أو لا، يستخدم الوزن لربط الوزن المخصّص للنقاط في الجوار. فإذا كانت قيمته "uniform" فهذا يعني أنّ جميع النقاط في كلّ حي يتمّ وزنها بالتساوي. أمّا إذا كانت قيمته "distance" فهذا يعني أنّ الجيران الأقرب لنقطة الاستعلام سيكون لهم تأثير أكبر من الجيران الأبعد.

• مسافة Minkowski:

مقياس مخصص للمساحات المتّجهة ذات القيمة الحقيقيَّة. لا يمكننا حساب مسافة Minkowski إلا في فضاء متّجه معياري، مما يعني أنّه في الفضاء حيث يمكن تمثيل المسافات كمتجه له طول ولا يمكن أن تكون الأطوال سالبة. وتعطى بالعلاقة الرياضية التّالية:

$$d = (\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p)^{1/p}$$

المعادلة 1: مسافة Minkowski

وهي الصيغة العامّة ويمكن معالجتها للحصول على مقاييس مسافة مختلفة فعندما:

p=1 فإننا نحصل على مسافة Manhattan.

p=2 فإننا نحصل على مسافة Euclidean.

• المسافة الإقليدية:

وهي المسافة الأكثر استخدامًا لأنها المقياس الافتراضي الذي تستخدمه مكتبة SKlearn في Python لـ K Nearest Neighbors إنه مقياس لمسافة الخط المستقيم الحقيقية بين نقطتين في الفضاء الإقليدي.

يمكن استخدامه عن طريق تعيين قيمة p تساوي 2 في مقياس مسافة Minkowski.

تعطى المسافة الإقليدية بالعلاقة التالية:

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - yi)^2}$$

المعادلة 2: المسافة الإقليدية

• مسافة Manhattan:

هذه هي أبسط طريقة أو تقنية لحساب المسافة بين نقطتين، وغالبًا ما تسمى مسافة Taxicab أو مسافة City Block، يمكننا بسهولة ربطها بحياتنا اليومية، إذا بدأنا من مكان ما ووصلنا إلى وجهة ما، فنقول مسافة Manhattan أن المسافة بين نقطة البداية ونقطة الوجهة. أكثر رياضية يمكننا القول إنها تحسب القيمة المطلقة بين نقطتين. نحسب المسافة تمامًا مثل المسار الأصلي حيث لم نأخذ أي مسار قطري أو أقصر. وتعطى العلاقة الرياضية بالشكل التالي:

$$d = \sum_{i=1}^n |xi - yi|$$

المعادلة 3: مسافة Manhattan

• مسافة Hamming:

تستخدم في الغالب لمعالجة النص أو وجود المتجه المنطقي. يعني المتجه المنطقي أن البيانات في شكل أرقام ثنائية 0 و 1. لذا، فإن مسافة Hamming تحسب المسافة بين متجهين ثنائيين، يشار إليهما أيضًا بالسلاسل الثنائية. نلاحظ الفرق بين زمن تنفيذ الخوارزمية بعد التحسين وزمن تنفيذ الخوارزمية قبل التحسين حيث كان 1.172 ليصبح 1.06 فنلاحظ تحسن في زمن التنفيذ عند استخدام الخوارزمية المحسنة.

معالجة الضجيج في مقياس البيانات الضخمة عن طريق تحسين خوارزمية أقرب جار

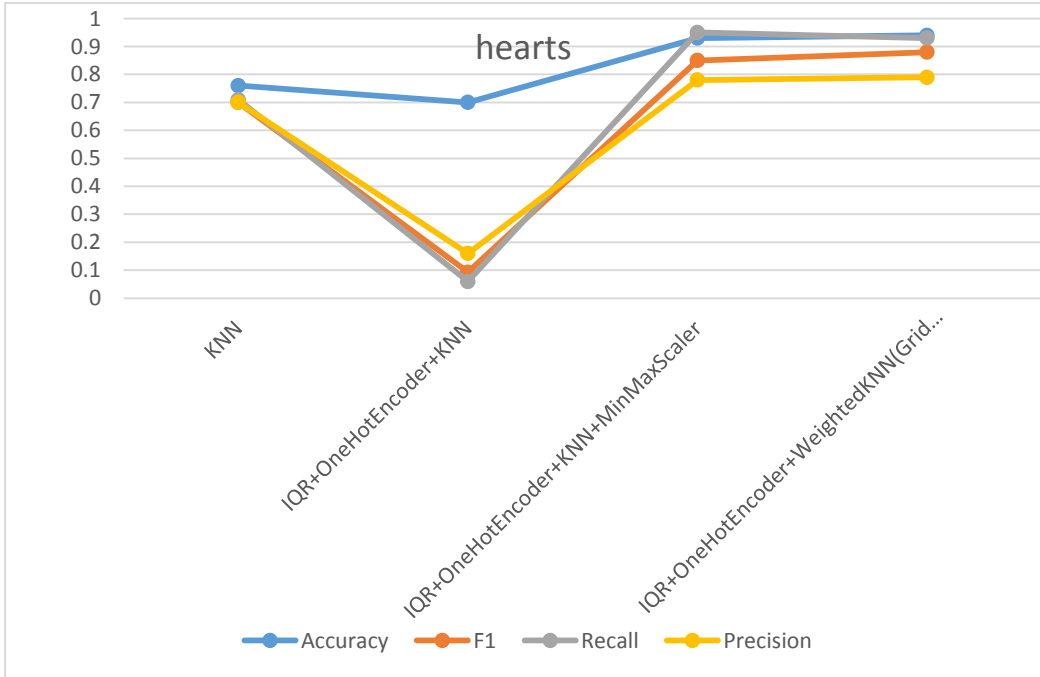
Accuracy: 0.9384057971014492
 Precision: 0.7894736842105263
 Recall: 0.9836065573770492
 F1: 0.8759124087591241

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	0.93	0.96	215
1	0.79	0.98	0.88	61
accuracy			0.94	276
macro avg	0.89	0.95	0.92	276
weighted avg	0.95	0.94	0.94	276

Total runtime of the program is 1.0579462051391602

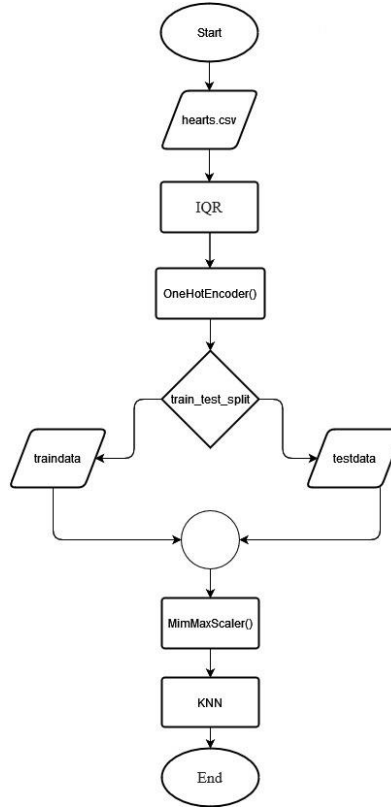
الشكل 5: أداء خوارزمية أقرب جار المعدلة

ويكون أداء الخوارزمية بالشكل التالي:



الشكل 6: مخطط يبين أداء خوارزمية أقرب جار

مخطط العمل:



الشكل 7: مخطط العمل

2-8 مجموعة البيانات الثانية:

تمّ تحميلها من موقع [Kaggle](https://www.kaggle.com) والتّعديل عليها. تتضمن مجموعة البيانات ملاحظات للمناخ في مختلف بلدان العالم لمدة 10 سنوات وكيف يختلف هطول الأمطار اعتماداً على التّغيّرات المناخيّة الأخرى. الهدف منها هو التنبؤ بهطول المطر غداً بناءً على عدّة عوامل. يحتوي الملف على 23 عمود كالتالي:

- Date التاريخ: تاريخ المراقبة.

- Location الموقع: عبارة عن 47 مدينة حول العالم.
- MinTemp: أدنى درجة حرارة في اليوم بالدرجة المئوية. وتتراوح قيمها من -8.5 لـ 33.9.
- MaxTemp: أعلى درجة حرارة في اليوم بالدرجة المئوية. وتتراوح قيمها من -4.8 لـ 48.1.
- Rainfall: هطول الأمطار وهو كمية الأمطار المسجلة لليوم بالمليمتري. وتتراوح القيم من 0 لـ 371.
- Evaporation: تبخر الماء بسبب الحرارة وتتراوح القيم من 0 إلى 127.
- Sunshine: عدد ساعات سطوع الشمس في النهار. وتتراوح من 0 إلى 14.5.
- WindGustDir: اتجاه أقوى عاصفة رياح خلال 24-ساعة حتى منتصف الليل. وقيمه هي الاتجاهات الأربعة شرق، غرب، جنوب، شمال والاتجاهات المشتقة منها.
- WindGustSpeed: السرعة (كم / ساعة) لأقوى هبة رياح خلال 24 ساعة حتى منتصف الليل.
- WinDir9am: اتجاه الرياح عند الساعة 9 صباحاً. وقيمه هي الاتجاهات الأربعة شرق، غرب، جنوب، شمال والاتجاهات المشتقة منها.
- WinDir3pm: اتجاه الرياح عند الساعة 3 مساءً. وقيمه هي الاتجاهات الأربعة شرق، غرب، جنوب، شمال والاتجاهات المشتقة منها.
- WindSpeed9am: متوسط سرعة الرياح (كم / ساعة) أكثر من 10 دقائق قبل الساعة 9 صباحاً. وتتراوح قيمته من 0 إلى 130.
- WindSpeed3pm: متوسط سرعة الرياح (كم / ساعة) أكثر من 10 دقائق قبل 3 مساءً. وتتراوح قيمته من 0 إلى 87.
- Humidity9am: الرطوبة (بالمائة) الساعة 9 صباحاً. وتتراوح قيمتها من 1 إلى 100.
- Humidity3pm: الرطوبة (بالمائة) عند الساعة 3 مساءً. وتتراوح قيمتها من 1 إلى 100.

- Pressure9am: انخفاض الضَّغط الجويّ (hpa) إلى متوسَّط مستوى سطح البحر عند السَّاعة 9 صباحاً. وتتراوح قيمته من 980.5 إلى 1041.
- Pressure3pm: انخفاض الضَّغط الجويّ (hpa) إلى متوسَّط مستوى سطح البحر عند 3 مساءً. وتتراوح قيمته من 977.1 إلى 1039.6.
- Cloud9am: جزء من السَّماء تحجبه الغيوم في السَّاعة 9 صباحاً. وتتراوح قيمته من 0 إلى 9.
- Cloud3pm: جزء من السَّماء تحجبه الغيوم في السَّاعة 3 مساءً. وتتراوح قيمته من 0 إلى 9.
- Temp9am: درجة الحرارة (درجة مئوية) عند السَّاعة 9 صباحاً. وتتراوح قيمتها من -7.2 إلى 40.2.
- Temp3pm: درجة الحرارة (درجة مئوية) عند السَّاعة 3 مساءً. وتتراوح قيمتها من -5.4 إلى 46.7.
- RainToday: قيمة منطقيّة 1 اذا كان هناك هطول للأمطار و 0 اذا لم يكن.
- RainTomorrow: قيمة منطقيّة 1 اذا كان هناك توقُّع بهطول المطر و 0 اذا لم يكن.

في البداية بما أنّ حجم مجموعة البيانات كبير جداً قمنا باستخدام chunks وهي تستخدم للمعالجة الموزَّعة وهي عبارة عن مجموعة من البيانات التي يتم إرسالها إلى معالج أو أحد أجزاء الكمبيوتر للمعالجة.

1. تمّ إضافة المكتبات الّلازمة مثل: Scikit learn، NumPy، Panadas،

Processing، Seaborn، Time، Matplotlib.

2. التأكّد من وجود قيم مفقودة باستخدام التابع isnull() والذي يعيد True في

حال وجود قيمة مفقودة. نلاحظ وجود قيم مفقودة ولذلك فإننا نستخدم التابع

isnull().sum() كمايلي:

```
df.isnull().sum()
Date          0
Location      0
MinTemp      1522
MaxTemp      1287
Rainfall     3303
Evaporation  62898
Sunshine     69685
WindGustDir  10285
WindGustSpeed 10216
WindDir9am   10582
WindDir3pm   4141
WindSpeed9am 1742
WindSpeed3pm 2952
Humidity9am  2682
Humidity3pm  4432
Pressure9am  15013
Pressure3pm  14966
Cloud9am     55975
Cloud3pm     59368
Temp9am      1797
Temp3pm      3553
RainToday    1504
RainTomorrow 3318
dtype: int64
```

الشكل 8: استخدام التابع `isnull().sum()` لمعرفة عدد القيم المفقودة في كل عمود

- نلاحظ أن عمودي الـ `Date` والـ `Location` هما الوحيدان اللذان لا يوجد بهما قيم مفقودة وبقيّة الأعمدة كلّها يوجد بها.
 - الأعمدة `RainTomorrow` ، `RainToday` ، `WindDir9am` ، `WindDir3pm` ، `WindGustDir` التي تحوي محارف سنستبدل القيم المفقودة بها بـ `mode()`.
 - أمّا الأعمدة `MinTemp` ، `MaxTemp` ، `Rainfall` ، `Evaporation` ، `Sunshine` ، `WindGustDir` ، `WindGustSpeed` ، `WindSpeed9am` ، `WindSpeed3pm` ، `Humidity9am` ، `Humidity3pm` ، `Pressure9am` ، `Pressure3pm` ، `Cloud9am` ، `Cloud3pm` ، `Temp9am` ، `Temp3pm` والتي تحوي أرقام سنستبدل القيم المفقودة بـ `mean()`.
3. استخدمنا التابع `duplicated()` للتأكد من وجود أسطر مكررة وفي حال وجودها يجب حذفها.

4. تم تحويل أنماط البيانات الموجودة في مجموعة البيانات إلى أنماط تحجز حجم أقل في الذاكرة وبالتالي تستهلك وقت أقل لمعالجتها حيث تم التحويل من float64، object، int64، float16، int16، category على التوالي.
5. تم حذف العمود Date باستخدام التابع drop().
6. تم ملاحظة أن البيانات غير متوازنة فتمت موازنتها باستخدام oversampling-smote.
7. تم سنستخدم التابع map() لتحويل الأعمدة التي تحوي محارف إلى أرقام.
8. تم إسناد جميع الأعمدة ماعدا العمود RainTomorrow إلى المتحول x والعمود RainTomorrow إلى المتحول y باستخدام التابع iloc().
9. استخدمنا جميع الأعمدة الموجودة في ال dataset ك features ماعدا عمود heart disease هو target. وقسمنا ال features إلى x_train و x_test وكذلك ال target إلى y_train و y_test وقمنا بتقسيم البيانات بنسبة 80% لبيانات التدريب و 20% لبيانات الاختبار باستخدام التابع train_test_split().
10. تطبيق خوارزمية k nearest neighbors باستخدام التابع classification_report().
11. تم قمنا بتطبيق خوارزمية knn وقياس الدقة وطباعة ال classification_report وزمن التنفيذ.

```
Resampled dataset shape Counter({2: 104343, 1: 104343})
Accuracy: 0.7415065408021467
Precision: 0.689743967039435
Recall: 0.8884150675195451
F1: 0.7765743751164862
      precision    recall  f1-score   support

     1         0.69      0.89      0.78      21105
     2         0.84      0.59      0.69      20633

 accuracy                   0.74      41738
 macro avg              0.76      0.74      0.73      41738
 weighted avg           0.76      0.74      0.74      41738
```

Total runtime of the program is 8.064795732498169

الشكل 9: أداء خوارزمية أقرب جار

تحسين الخوارزمية:

1. سنقوم بكشف القيم المتطرفة باستخدام Z-score سنستخدم تقنية Z-score والتي تسمى الدرجة المعيارية (وتسمى أيضاً الدرجة القياسية) وتعطينا فكرة عن مدى بُعد نقطة البيانات عن المتوسط.

تصف الدرجة Z موضع النتيجة الأولية من حيث المسافة التي تفصلها عن المتوسط عند قياسها بوحدات الانحراف المعياري. تكون درجة Z موجبة إذا كانت القيمة أعلى من المتوسط وسالبة إذا كانت أقل من المتوسط. تُعرف أيضاً باسم الدرجة القياسية لأنها تسمح بمقارنة الدرجات على أنواع مختلفة من المتغيرات من خلال توحيد التوزيع. التوزيع العادي القياسي (SND) هو توزيع ذو شكل طبيعي بمتوسط 0 وانحراف معياري (SD) بقيمة 1.

من المفيد توحيد القيم (الدرجات الأولية) للتوزيع العادي عن طريق تحويلها إلى درجات Z للأسباب التالية:

يسمح للباحثين بحساب احتمال حدوث درجة ضمن التوزيع الطبيعي القياسي. وتمكّننا من مقارنة درجتين من عينات مختلفة (والتي قد يكون لها متوسطات مختلفة وانحرافات).

نطبق Z-score على الأعمدة التالية:

Sunshine ، Evaporation ، Rainfall ، MaxTemp ، MinTemp ، WindGustSpeed ، Humidity3pm ، Humidity9am ، WindSpeed3pm ، WindSpeed9am ، Cloud3pm ، Cloud9am ، Pressure3pm ، Pressure9am ، Temp3pm ، Temp9am .

2. سنقوم بتطبيق OneHotEncoder بدل map() على الأعمدة WindGustDir،

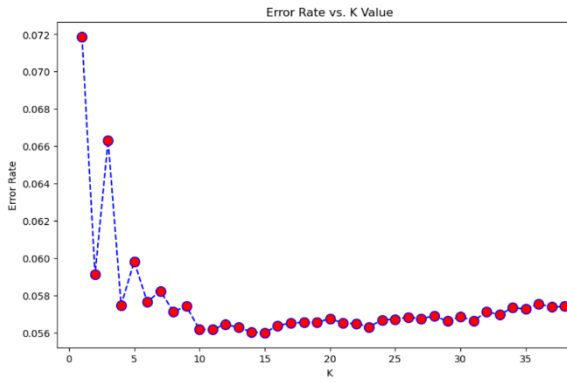
.RainTomorrow ، RainToday، WindDir3pm ، WindDir9am

3. ثمّ نستخدم MinMaxScaler().

4. الآن سنقوم بالمقارنة بين المسافات (Manhattan ،Minkowski ،Euclidean) ،
 ونوع الـ "weights" للخوارزمية عن طريق الرسم وثم سنقوم بتعويض القيمة التي
 أعطت أعلى قيمة ونعوضها في الخوارزمية الأساسية ونرى الدقة التي أعطتها.

المسافة الإقليدية

Uniform

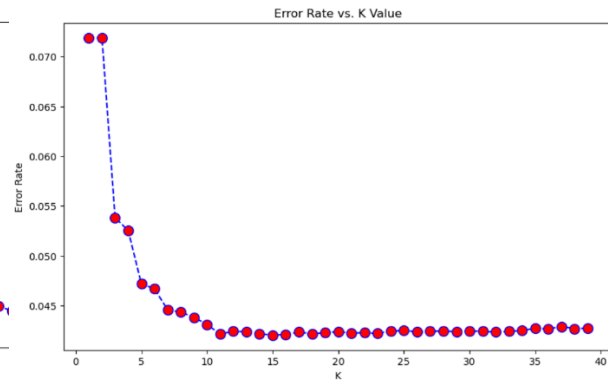


Resampled dataset shape Counter({0: 137178, 1: 137178})
 Accuracy: 0.9491612814519456
 Precision: 0.722007722007722
 Recall: 0.21884142773551785
 F1: 0.3358778625954198

	precision	recall	f1-score	support
0	0.95	0.99	0.97	27383
1	0.72	0.22	0.34	1709
accuracy			0.95	29092
macro avg	0.84	0.61	0.65	29092
weighted avg	0.94	0.95	0.94	29092

Total runtime of the program is 5.002238750457764

Distance



Resampled dataset shape Counter({0: 137178, 1: 137178})
 Accuracy: 0.9608827168981163
 Precision: 0.8636942675159236
 Recall: 0.39672322995904036
 F1: 0.5437048917401764

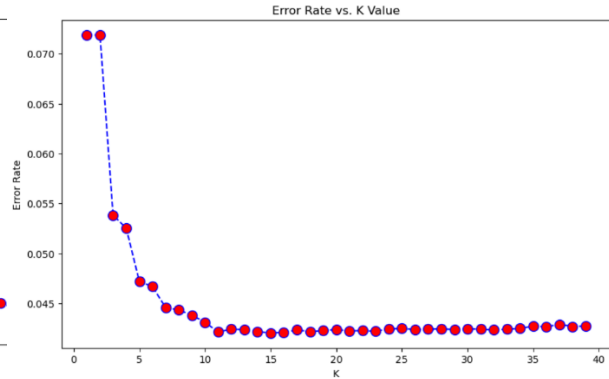
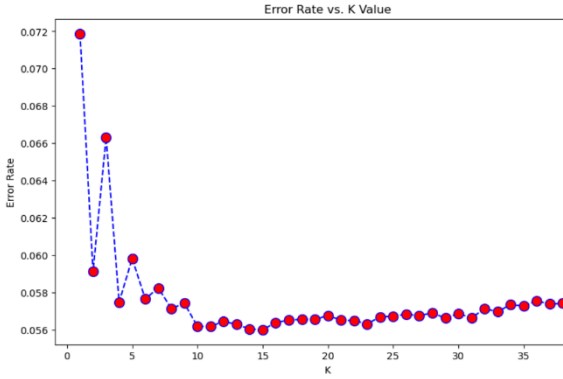
	precision	recall	f1-score	support
0	0.96	1.00	0.98	27383
1	0.86	0.40	0.54	1709
accuracy			0.96	29092
macro avg	0.91	0.70	0.76	29092
weighted avg	0.96	0.96	0.95	29092

Total runtime of the program is 4.536556243896484

مسافة Manhattan

Uniform

Distance



Resampled dataset shape Counter({0: 137178, 1: 137178})
 Accuracy: 0.9491612814519456
 Precision: 0.722007722007722
 Recall: 0.21884142773551785
 F1: 0.3358778625954198

	precision	recall	f1-score	support
0	0.95	0.99	0.97	27383
1	0.72	0.22	0.34	1709
accuracy			0.95	29092
macro avg	0.84	0.61	0.65	29092
weighted avg	0.94	0.95	0.94	29092

Total runtime of the program is 4.973653793334961

Resampled dataset shape Counter({0: 137178, 1: 137178})
 Accuracy: 0.9619483019386773
 Precision: 0.8679706601466992
 Recall: 0.4154476301930954
 F1: 0.5619311436485952

	precision	recall	f1-score	support
0	0.96	1.00	0.98	27383
1	0.87	0.42	0.56	1709
accuracy			0.96	29092
macro avg	0.92	0.71	0.77	29092
weighted avg	0.96	0.96	0.96	29092

Total runtime of the program is 8.624249696731567

نلاحظ أن المسافة الإقليدية بعدد جيران يساوي 15 و $weights = distance$ أعطت أعلى دقة للخوارزمية نضع هذه القيم في الكود الأصلي فتكون نتيجة التنفيذ كما يلي:

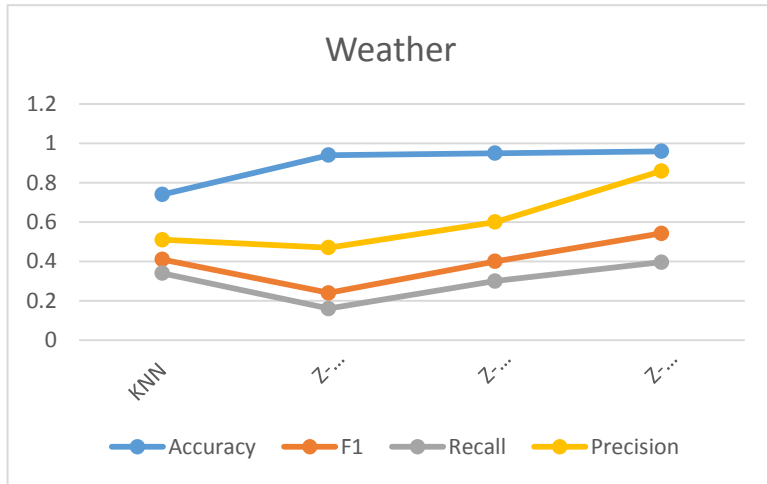
```
Resampled dataset shape Counter({0: 137178, 1: 137178})
Accuracy: 0.9608827168981163
Precision: 0.8636942675159236
Recall: 0.39672322995904036
F1: 0.5437048917401764
```

	precision	recall	f1-score	support
0	0.96	1.00	0.98	27383
1	0.86	0.40	0.54	1709
accuracy			0.96	29092
macro avg	0.91	0.70	0.76	29092
weighted avg	0.96	0.96	0.95	29092

Total runtime of the program is 4.536556243896484

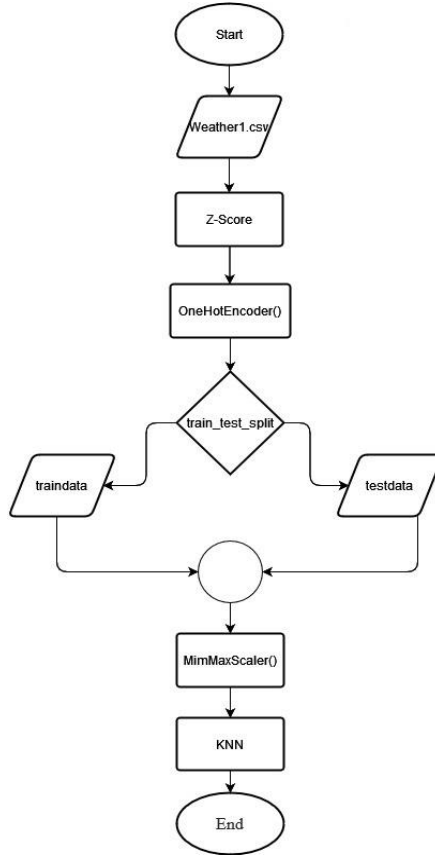
الشكل 10: أداء خوارزمية أقرب جار المحسنة

فلاحظ أن زمن تنفيذ الخوارزمية قد أصبح 4.53 بعد أن كان 8.06 وبالتالي تحسن زمن تنفيذ الخوارزمية. ويكون أداء الخوارزمية بالشكل التالي:



الشكل 11: مخطط يبين أداء الخوارزمية

مخطط العمل:



الشكل 12: مخطط العمل

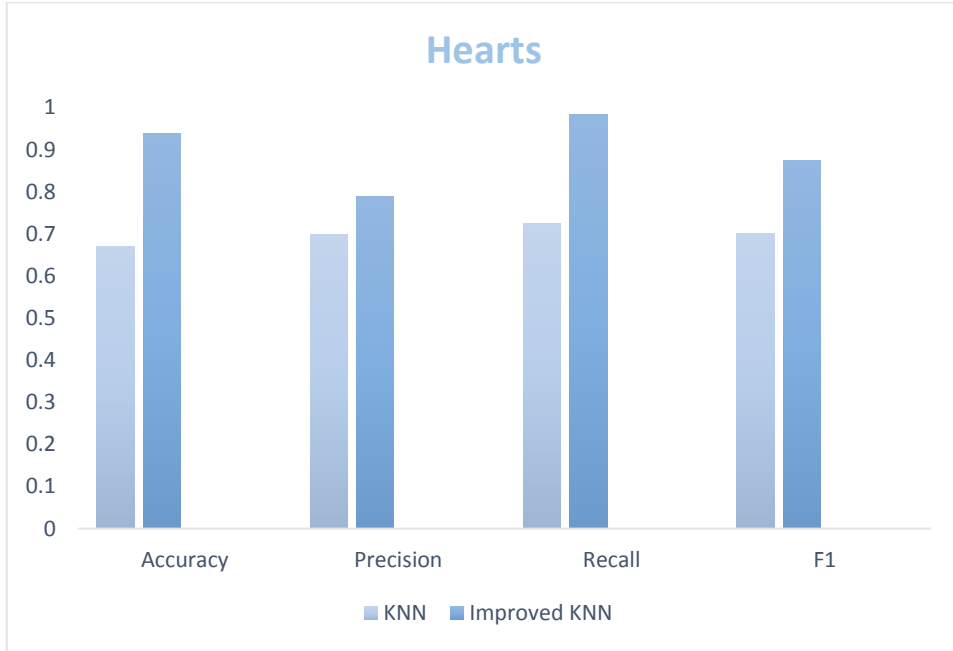
9- المناقشة والنتائج:

في هذا البحث قمنا بمعالجة الضجيج في مقياس البيانات الضخمة وذلك بتحسين خوارزمية أقرب جار. إنَّ تحسين الخوارزمية تضمن تحسين دقتها وتحسين الزمن المستغرق للتنفيذ. وقد تمَّ على مجموعتي بيانات مختلفتين في نوع البيانات والحجم. ويختلف نوع الضجيج فيهما حيث القاعدة الأولى تحوي على قيم خاطئة والقاعدة الثانية على قيم مفقودة. حيث نلاحظ أنَّه في المجموعة الأولى تحسنت الدقة من 0.67 إلى

0.94 و انخفض الزمن من 1.172 إلى 1.06 . وفي المجموعة الثانية تحسنت الدقة من 0.74 إلى 0.96 وانخفض الزمن من 8.06 إلى 4.53

• بالنسبة للقاعدة الأولى:

تحسنت الدقة كما يلي:

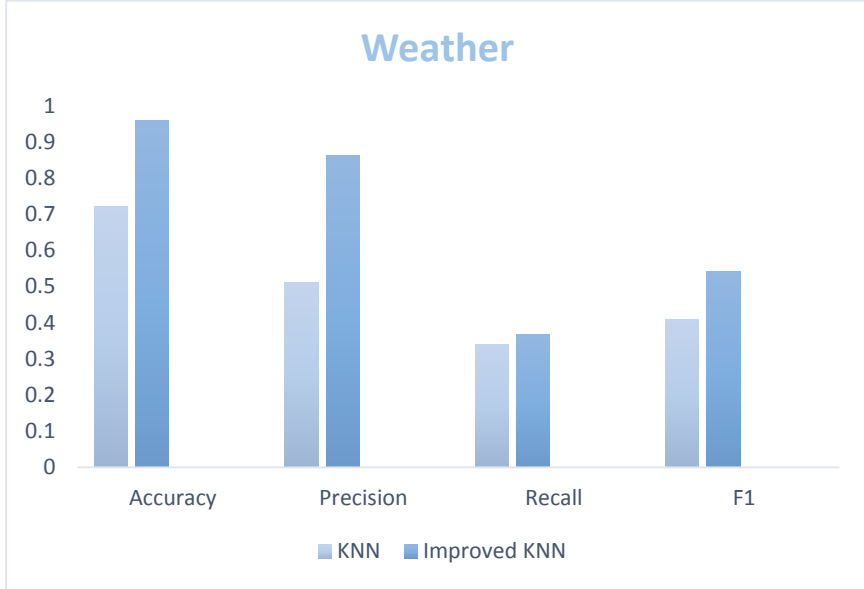


وتحسن زمن تنفيذ الخوارزمية كمايلي:

انخفض الزمن من 1.172 إلى 1.06 .

• بالنسبة للقاعدة الثانية:

تحسنت الدقة كمايلي:



وتحسن زمن تنفيذ الخوارزمية كمايلي:

انخفض الزمن من 8.06 إلى 4.53

المراجع:

1. García-Gil, D., Luengo, J., García, S. and Herrera, F., 2019. Enabling smart data: noise filtering in big data classification. *Information Sciences*, 479, pp.135-152.
2. García-Gil, D., Luque-Sánchez, F., Luengo, J., García, S. and Herrera, F., 2019. From big to smart data: Iterative ensemble filter for noise filtering in big data classification. *International Journal of Intelligent Systems*, 34(12), pp.3260-3274.
3. Ullah, R. and Emaduddin, S.M., 2020. ck-NN: A Clustered k-Nearest Neighbours Approach for Large-Scale Classification.
4. García, S., Luengo, J. and Herrera, F., 2015. *Data preprocessing in data mining*.
5. Balusamy-B, Abirami-N. R, Kadry-S and Gandomi., 2021: Big Data Concepts, Technology, and Architecture.
6. Bahga,A. and Madiseti,V., 2019.Big Data Analytics: A Hands-On Approach.
7. PANSEAR Arjun ,2021- Machine Learning and AI for Healthcare <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6537-6>.
8. Sedkaoui, S., 2018. *Data analytics and big data*. John Wiley & Sons.

9. Dulhare, U.N., Ahmad, K. and Ahmad, K.A.B. eds., 2020. *Machine learning and big data: concepts, algorithms, tools and applications*. John Wiley & sons.
10. Hariri, R.H., Fredericks, E.M. and Bowers, K.M., 2019. Uncertainty in big data analytics: survey, opportunities, and challenges. *Journal of Big Data*, 6(1), pp.1-16.
11. Pehcevski, J. ed., 2019. *Big data analytics: methods and applications*. Arcler Press.
12. Ohlhorst, F., 2013. *Big Data Analytics: Turning Big Data into Big Money*.

دراسة تأثير درجة حرارة مائع نقل الحرارة ومعامل

الفقد الحراري على مردود مجمع شمسي

من نوع قطع مكافئ.

الباحثة: م. لبانة طحبوش⁽¹⁾

الملخص

يتضمن هذا البحث دراسة أداء مجمع شمسي من نوع قطع مكافئ حيث تم تصنيع نموذج المجمع الشمسي بمساحة 1m^2 باستخدام الماء كوسيط ناقل للحرارة واختباره صيفاً وشتاءً خلال شهري (كانون الثاني، تموز) عام 2022 وفق الظروف المناخية لمدينة طرطوس لدراسة تأثير العوامل التالية (درجة حرارة دخول الماء إلى المجمع، معامل الفقد الحراري) على أدائه، وذلك بهدف تحديد درجة حرارة دخول الماء المثلى والتي تُحقق أعظم مردود، كما تم حساب قيم المردود النظرية ومقارنتها مع القيم التجريبية من أجل نفس الأشهر.

من خلال الدراسة تبين أن أعلى قيمة للمردود التجريبي تم الحصول عليها في شهر تموز حيث بلغت (44.73%) عند درجة حرارة دخول المائع (50°C)، وحيث بلغ الفقد الحراري قيمة مقدارها ($0.004^\circ\text{Cm}^2/\text{w}$)، بينما بلغ المردود النظري قيمة عظمى (58%) عند نفس درجة حرارة دخول المائع السابقة.

الكلمات مفتاحية: مجمع شمسي من نوع قطع مكافئ، وسيط ناقل، معامل الفقد الحراري، معامل امتصاص الطاقة.

(1) حاصلة على شهادة ماجستير، قسم هندسة تقانات الطاقات المتجددة، كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سورية.

Study the effect of heat transfer fluid temperature and heat loss coefficient on the efficiency of a solar parabolic trough collector.

Eng. Loubana Tahboush⁽¹⁾

Abstract

This research includes a study of the performance of a parabolic trough solar collector, where a 1m² solar collector model was manufactured using water as a heat transfer medium and tested in summer and winter during the months (January, July) of 2022 according to the climatic conditions of the city of Tartus ,to study the effect of the following factors (water entry temperature into the collector, loss coefficient thermal) on its performance, in order to determine the optimum water entry temperature that achieves the greatest efficiency, theoretical efficiency values were calculated and compared with experimental values, for the same months.

Through the study, it was found that the highest value of the experimental efficiency obtained in July was (44.73%) at the fluid entry temperature (50°C), where the heat loss reached a value of (0.004°Cm²/w), while the theoretical efficiency reached a value Maximum (58%) at the same previous fluid entry temperature.

Keywords: parabolic solar collector, transmission medium, heat loss coefficient, energy absorption coefficient.

⁽¹⁾ Holding a master's degree, Department of Renewable Energy Technologies Engineering, Faculty of Technical Engineering, Tartous University-Syria.

1- المقدمة:

تعتبر المجمعات الشمسية المكوّن الأساسي لأي نظام يعمل على استغلال الطاقة الشمسية، فهي الأداة التي تجمع الأشعة الواردة لتركزها على المستقبل (سطح الامتصاص) الذي يحوي على مائع متحرك (عادة ما يكون الماء أو الهواء أو الزيت) يعمل على نقل الطاقة الشمسية المجمعة إلى خزان لتخزين الطاقة الحرارية بحيث يمكن استخدامها فيما بعد في تطبيقات مختلفة. وللمجمعات الشمسية العديد من التصاميم ذات أشكال مختلفة قد تكون مستوية أو اسطوانية، ويمكن أن يكون لها مستقبلات مسطحة أو مقعرة [1] .

تقسم المجمعات الشمسية إلى ثلاثة أنواع المجمعات الشمسية المستوية، والمفرغة، والمركزة وبدورها تقسم المجمعات المركزة إلى مجمعات منخفضة التركيز، وعالية التركيز.

يعتبر المجمع الشمسي ذو القطع المكافئ ("Parabolic Trough Collector") PTC من أكثر المجمعات الشمسية استعمالاً بين المجمعات منخفضة التركيز بحيث يمكن من خلاله إنتاج الماء الساخن بدرجات حرارة معتبرة وكلفة منخفضة بحيث لا يمكن للمجمعات المستوية (الغير مركزة) أن تحقق تلك الدرجات، ولا سيما عند الحاجة إلى درجة حرارة ماء ساخن تصلح للاستخدام في كثير من التطبيقات الحرارية المنزلية أو الصناعية.

تعددت الكثير من الأبحاث العلمية التي هدفت لتحسين كفاءة المجمعات الشمسية القطعية المكافئة، فقد تم إجراء عدة تجارب ودراسات لتقييم كفاءة هذه المجمعات في ظروف تشغيل مختلفة، ففي نيجيريا [4] قام الباحث Sangotayo عام 2019 بتصميم مجمع شمسي من نوع قطع مكافئ بسطح عاكس من المرايا ذات انعكاسية 0.85، ومساحة $2.5m^2$ لدراسة تأثير التغير في الأطوال البؤرية على أداء المجمع بثلاثة أجهزة

دراسة تأثير درجة حرارة مانع نقل الحرارة ومعامل الفقد الحراري على مردود مجمع شمسي
من نوع قطع مكافئ

استقبال مختلفة، حيث تم استخدام أنابيب استقبال مصنوعة من ثلاث مواد مختلفة (النحاس والألمنيوم والفولاذ المقاوم للصدأ) وبأطوال مختلفة (27,30,35)Cm، وباستخدام الماء كوسيط ناقل للحرارة، استنتج الباحث أن النحاس يوصل الحرارة إلى وسيط العمل بشكل أفضل من مستقبليات الألمنيوم والفولاذ المقاوم للصدأ، وأعطى الطول البؤري 30cm أفضل النتائج مقارنة بالقيم الأخرى وتم الحصول على النتائج التجريبية التالية: درجة حرارة أعظمية عند مخرج المجمع 114.4°C ، وبلغت كمية الحرارة المفيدة المكتسبة [J] 147.8 وبلغت الكفاءة الحرارية 30.5%.

في العراق [5] قام الباحثان Ahmad H. Ahmad, Hussain S. Akbar عام 2021 بدراسة نظرية وتجريبية لمجمع شمسي من نوع قطع مكافئ بمساحة 0.586m^2 مع نظام تتبع شمسي، وذلك لتقييم كفاءته خلال فصلي الصيف والشتاء باستخدام الماء كوسيط ناقل للحرارة. المجمع المستخدم عبارة عن صفيحة معدنية من الحديد المغلفن مغطاة بقطع من المرايا ذات انعكاسية عالية، والمستقبل من الفولاذ المطلي باللون الأسود ويقطر خارجي [m] 0.0095 تم اختبار المجمع عند تدفقات كتلية مختلفة (0.00083, 0.0011, 0.00166)Kg/s ونسب تركيز مختلفة (10 و 14 و 22). وتم استنتاج أن أقصى قيمة للكفاءة التجريبية 42% في الصيف و29% في الشتاء والكفاءة النظرية تبدأ عند 30% وتزداد نسبياً مع زيادة التدفق الكتلي وتقل مع ازدياد نسبة التركيز حيث بلغت الكفاءة النظرية حداً الأعظمي 68% في الصيف و50% في الشتاء.

أيضاً في العراق [6] قام الباحث Saad T. Hamidi عام 2021 بدراسة هدفت لتحسين الأداء الحراري لمجمع شمسي ذو قطع مكافئ باستخدام الجسيمات النانوية كمواد ثانوية في الماء المقطر كسائل أساسي تم تصميم المجمع بمساحة كلية 1.755m^2 مع نظام تتبع الطاقة الشمسية بشكل آلي، وتم استخدام سطح عاكس من الستانلس ستيل بانعكاسية 0.93 ، المستقبل من النحاس قطره الخارجي [m] 0.058 بامتصاصية 0.9 ،

وقد أجرى الاختبارات التجريبية عند نسب مختلفة من السائل النانوي (ثاني أكسيد السيليكون SiO_2 في الماء) حيث كانت النسب (0.1% و 0.2% و 0.3%) من جسيمات SiO_2 في الماء المقطر وبمعدل تدفق كتلي متغير (150، 100 و 200 لتر / ساعة) على التوالي. استنتج الباحث أن السائل النانوي يزيد من الأداء الحراري للمجمع الشمسي فعند استخدام النسبة 0.3% من SiO_2 وبمعدل تدفق 200 لتر / ساعة ازداد عامل امتصاص الطاقة بنسبة 14.6% عما هو عليه عند استخدام الماء العادي فقط وتم الحصول لأعظم كفاءة 76.6% أما عند استخدام الماء فقط بلغت الكفاءة 65%.

2- هدف البحث:

تكمن أهمية البحث في استغلال الطاقة الناتجة عن الإشعاع الشمسي الجيد الذي تتمتع به سورية للحصول على الماء الساخن من أجل استخدامه لأغراض غير مركزية سواء المنزلية منها أو الصناعية مما يخفف من كلفة الفاتورة الاقتصادية على المستهلك ويخفف الضغط على الشبكة الكهربائية الوطنية.

كما يهدف البحث إلى الاختبار التجريبي لمجمع شمسي على شكل قطع مكافئ من أجل معرفة مدى تأثير كل من درجة حرارة دخول الوسيط العامل ومعامل الفقد الحراري على مردوده.

3- مواد وطرق البحث:

لتحقيق هدف البحث المذكور أعلاه تم اتباع المنهجية التالية:

- 1- تصميم وتنفيذ مجمع شمسي على شكل قطع مكافئ مع جميع أجزائه.
- 2- تجهيز منصة الاختبار اللازمة للحصول على الماء الساخن.

3- الاختبار العملي للمجمع خلال أشهر مختلفة من السنة وتسجيل القياسات
اللازمة لكل حالة.

4- مناقشة النتائج وتحليلها.

5- الوصول إلى مجموعة من الاستنتاجات المناسبة.

3-1 مكونات المجمع الشمسي ذو القطع المكافئ PTC [2]:

1-العاكس: يكون على شكل مرآة مصنوعة من مادة عاكسة من الزجاج الشفاف المطلي
بالفضة أو الألمنيوم المصقول، حيث يتجاوز معامل انعكاسها (88%) خاصة في مجال
الضوء المرئي، ويتم تثبيتها طولياً على شكل أسطواني بحيث يكون مقطعها العرضي قطع
مكافئ.

2- الأنبوب الماص: يقع في محور القطع المكافئ يسري بداخله المائع الناقل للحرارة،
ويصنع من النحاس أو الفولاذ المقاوم للصدأ، ويكون سطحه الخارجي مطلي بطبقة انتقائية
لتحسين خواصه الضوئية.

3- الغلاف الزجاجي: يحاط الأنبوب الماص بطرف زجاجي يحافظ على متانته تحت
درجات حرارة عالية، ويكون مفرغ من الهواء لحماية السطح الانتقائي للأنبوب الماص من
التدهور والتأكسد، كما يقلل من الضياع الحراري بالحمل والتوصيل.

4- المائع الناقل للحرارة: يدور مائع نقل الحرارة خلال أنابيب الامتصاص لتجميع
الطاقة الشمسية وتحويلها إلى بخار للمولد أو إلى نظام تخزين الحرارة.

5- هيكل التثبيت: يقوم بتثبيت السطح العاكس والأنبوب الماص ويجب أن تتوفر فيه
الصلابة والقوة لتحمل وزن المجمع، وتحمل الإجهادات الخارجية كالرياح والأمطار .

3-2 مبدأ عمل المجمع الشمسي PTC:

يعتمد مبدأ المجمع الشمسي على انعكاس الإشعاع الشمسي من السطح العاكس إلى خط التركيز المكافئ، حيث يتواجد العنصر الجامع للحرارة ويستقبل الغلاف الزجاجي الخارجي له حوالي 75 مرة كمية الإشعاع الطبيعي المباشر، وينتقل الإشعاع من خلال الغلاف الزجاجي ليصل إلى أنبوب الامتصاص. إن وجود الفراغ بين الغلاف الزجاجي وأنبوب الامتصاص يمنع فقدان الحرارة بالحمل من أنبوب الامتصاص إلى البيئة المحيطة، حيث ينقل أنبوب الامتصاص الطاقة الحرارية إلى سطحه الداخلي ويوفر مصدر الحرارة إلى المائع الناقل للحرارة (HTF) المتدفق داخل الأنبوب عن طريق الحمل الحراري والتوصيل والإشعاع.

3-3 منصة الاختبار والتجارب العملية:

1- مواصفات المجمع الشمسي المدروس:

يبين الجدول (1) المواصفات التصميمية للمجمع المنفذ على شكل قطع مكافئ:

الجدول (1) مواصفات المجمع الشمسي المنجز.

الاسم	الرمز	القيمة
طول المجمع الشمسي	L	1.25 [m]
عرض المجمع الشمسي	W	0.8 [m]
المحرق	F	0.2 [m]
ارتفاع السطح العاكس	H	0.25 [m]
مساحة فتحة المجمع	A_{ap}	1 [m ²]

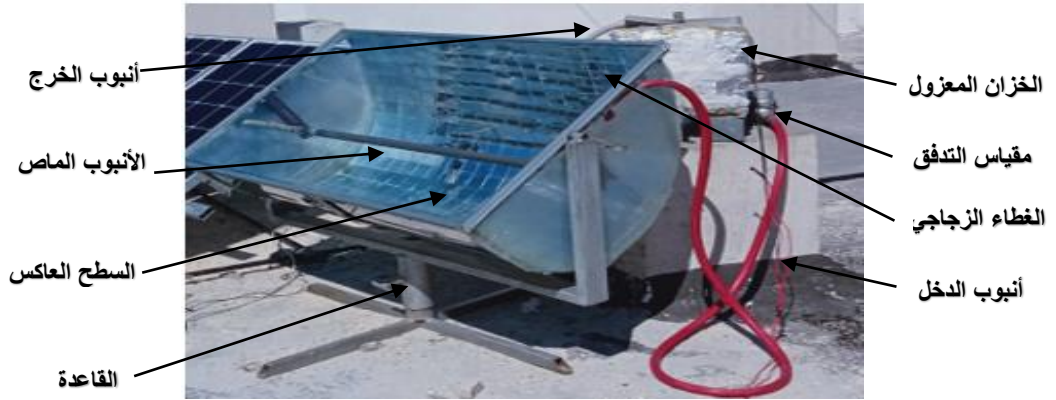
- 2- الأنبوب الماص: مصنوع من النحاس وقطره الخارجي (15.8 mm).
- 3- هيكل التثبيت والقاعدة: مصنوعة من الحديد وبمقاطع مربعة الشكل بأبعاد (3*4cm).
- 4- خزان الماء المعزول: مادة العزل هي الصوف الزجاجي بسعة (35L).
- 5- دعائم اللوح العاكس: مصنوعة من الستانلس ستيل.
- 6- اللوح الزجاجي: مصنوع من الزجاج بسماكة (3mm) أبعاده (125*80cm).
- 7- مضخة سحب الماء: تم استخدام مضخة باستطاعة (25w) مع ساقط مائي بارتفاع (2m).
- 8- مقياس التدفق: عبارة عن ساعة ماء نظامية بالإضافة إلى صمام للتحكم بالتدفق وحويلة زجاجية مدرجة حتى (2000 ml) من أجل المعايرة وضبط التدفق عند التدفق الكتلي ($m=0.03\text{kg/s}$).

يبين الجدول (2) مواصفات الأنبوب الماص النحاسي:

الجدول (2) مواصفات الأنبوب الماص.

الاسم	الرمز	القيمة
القطر الخارجي	$d_{r,ext}$	0.0158 [m]
القطر الداخلي	$d_{r,int}$	0.0135 [m]
مساحة المقطع الداخلي	$A_{r,int}$	0.00014 [m ²]
مساحة المقطع الخارجي	$A_{r,ext}$	0.062 [m ²]

يبين الشكل (1) المنصة العملية المستخدمة في إجراء التجارب:



الشكل (1) الدارة المستخدمة في إجراء التجارب.

3-4 الدراسة الحرارية لأداء مجمع شمسي PTC:

3-4-1 المردود النظري للمجمع الشمسي على شكل قطع مكافئ [1,5,6]:

من أجل حسابات المردود النظري تم اعتماد المجموعة التالية من الشروط الحدية:

- افتراض حالة الاستقرار أثناء الاختبار.
 - إهمال التغير في درجة حرارة السطح الخارجي للأنبوب الماص.
 - الجريان اضطرابي داخل الأنبوب الماص.
 - إهمال سمك الأسطح باعتبارها صغيرة جداً مقارنة بأبعاد النموذج المنفذ.
 - إهمال انتقال الحرارة بالتوصيل بالاتجاه الطولي للأنبوب الماص.
- وذلك وفقاً للعديد من الأبحاث التي تم فيها حساب المردود النظري للمجمعات المنفذة، ولكي تصبح مقارنة هذا المردود مع المردود التجريبي أقرب منها إلى المنهجية الصحيحة، تعطى قيمته وفق العلاقة التالية [5]:

دراسة تأثير درجة حرارة مانع نقل الحرارة ومعامل الفقد الحراري على مردود مجمع شمسي
من نوع قطع مكافئ

$$\eta_{th} = \frac{Q_{u,th}}{Q_{tot}} \quad (1)$$

حيث:

$Q_{u,th}$: الطاقة الحرارية النظرية المفيدة من المجمع [W].

Q_{tot} : الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على المجمع [W].

$$Q_{tot} = I_b \times A_{ap} \quad (2)$$

A_{ap} : مساحة فتحة المجمع [m^2], I_b : شدة الإشعاع الشمسي الساقط على المجمع [W/m^2]

• تعطى قيمة $Q_{u,th}$ بالعلاقة التالية [6]:

$$Q_{u,th} = F_R \times A_{ap} \left[S - \frac{A_{r,ext}}{A_{ap}} U_l (t_{f,i} - t_{amb}) \right] \quad (3)$$

F_R : معامل إزالة الحرارة، A_{ap} : مساحة فتحة المجمع [m^2].

S : شدة الإشعاع الشمسي الممتص من قبل الأنبوب الماص [W/m^2].

$A_{r,ext}$: مساحة السطح الخارجي للأنبوب الماص [m^2].

U_l : معامل انتقال الحرارة الكلي [$W/m^2 \cdot ^\circ C$].

$t_{f,i}$: درجة حرارة المائع عند مدخل الأنبوب الماص.

• الإشعاع الشمسي الممتص من قبل المستقبل ويعطى بالعلاقة التالية [7]:

$$S = I_b \times \eta_o \quad (4)$$

حيث أن η_o : الكفاءة البصرية للمجمع الشمسي وتُعطى بالعلاقة التالية [7]:

$$\eta_o = \rho \times \alpha \times \tau \times \gamma \quad (5)$$

ρ : انعكاسية السطح العاكس، α : امتصاصية الأنبوب الماص المصنوع من النحاس.

τ : نفاذية الأنبوب الماص، γ : معامل اعتراض الأشعة الشمسية .

• يعطى معامل انتقال الحرارة الكلي بالعلاقة التالية [8] :

$$U_l = h_a + h_r \quad (6)$$

h_a : معامل انتقال الحرارة بالحمل بين الأنبوب الماص والوسط المحيط بسبب الرياح.

h_r : معامل انتقال الحرارة بالإشعاع من الأنبوب الماص إلى الوسط المحيط.

• يعطى معامل انتقال الحرارة بالحمل h_a وفق العلاقة:

$$h_a = \frac{Nu_a \times \lambda_a}{d_{r,ext}} \quad (7)$$

Nu_a رقم نوسلت للهواء، و λ_a : الموصلية الحرارية للهواء [W/m°C] .

$d_{r,ext}$: القطر الخارجي للأنبوب الماص [m].

تؤخذ المواصفات الحرارية للهواء عند درجة حرارة وسطية بين سطح المستقبل ومتوسط درجة حرارة الوسط المحيط [8]:

$$t_m = \frac{t_{amb} + t_r}{2} \quad (8)$$

t_{amb} : متوسط درجة حرارة الوسط المحيط [°C].

عندما يكون الجريان مضطرب تعطى علاقة نوسلت بالشكل التالي [8]:

$$Nu_a = 0.3 \times Re_a^{0.6} \quad 1000 < Re_a < 50000 \quad (9)$$

حيث أن Re_a : رقم رينولدز للهواء ويعطى بالعلاقة التالية:

$$Re_a = \frac{V_a \times d_{r,ext}}{v_a} \quad (10)$$

V_a : سرعة الهواء [m/s] و v_a : اللزوجة التحريكية [m²/s].

- يعطى معامل انتقال الحرارة بالإشعاع h_r وفق العلاقة:

$$h_r = 4 \times \sigma \times \epsilon_r \times T_r^3 \quad (11)$$

σ : ثابت ستيفان بولتزمان [W/(m²*k⁴)]، و ϵ_r : انبعاثية المستقبل.

T_r : درجة حرارة السطح الخارجي للأنبوب الماص [K].

- يعطى معامل إزالة الحرارة بالعلاقة التالية [8,9]:

$$F_R = \frac{m \times C_p}{A_{r,int} \times U_l} \times \left[1 - \exp\left(\frac{-U_l \times A_{r,int} \times F'}{m \times C_p}\right) \right] \quad (12)$$

C_p : السعة الحرارية النوعية للمائع [J/kg°C].

m : التدفق الكتلي للماء [kg/S].

$A_{r,int}$: مساحة المقطع الداخلي للأنبوب الماص [m²].

F' : معامل كفاءة المجمع الشمسي ويعطى بالعلاقة التالية [9].

$$F' = \frac{\frac{1}{U_l}}{\frac{1}{U_l} + \frac{d_{r,ext}}{d_{r,int} \times h_f} + \frac{d_{r,ext}}{2 \times K_r} \ln\left(\frac{d_{r,ext}}{d_{r,int}}\right)} \quad (13)$$

K_r : الموصلية الحرارية للمستقبل المصنوع من النحاس [6].

$d_{r,int}$: القطر الداخلي للأنبوب الماص [m].

h_f : معامل انتقال الحرارة بالحمل بين المائع وجدار المستقبل $[W/m^2 \cdot ^\circ C]$.

$$h_f = \frac{Nu_w \times \lambda_w}{d_{r,int}} \quad (14)$$

Nu_w : رقم نوسلت للماء، λ_w : الموصلية الحرارية للمائع $[W/m^\circ C]$.

يتم اعتماد المواصفات الحرارية للمائع عند درجة الحرارة الوسطية بين المائع وسطح المستقبل بفرض درجة حرارة المائع $[^\circ C]$ 50 ولدينا درجة حرارة سطح المستقبل 60 $[^\circ C]$ ، وبالتالي تؤخذ المواصفات الحرارية للماء من جداول خاصة عند درجة الحرارة الوسطية $[^\circ C]$ 55.

تحسب قيمة نوسلت من العلاقة التالية [9]:

$$Nu_w = 0.023 \times (Re_w)^{0.8} \times (Pr_w)^{0.4} \quad Re_w > 2300 \quad (15)$$

Pr_w : رقم براندل ويؤخذ عند درجة حرارة وسطية للماء من جداول خاصة.

Re_w : رقم رينولدز للماء يعطى بالعلاقة التالية [9] :

$$Re_w = \frac{U_w \times d_{r,int}}{u_w} \quad (16)$$

u_w : اللزوجة التحريكية للماء $[m^2/s]$.

U_w : سرعة جريان الماء $[m/s]$ ، وتحسب من العلاقة التالية:

$$U_w = \frac{m}{\rho_w \times A_{r,int}} \quad (17)$$

$$A_{r,int} = \frac{\pi \times d_{r,int}^2}{4} \quad (18)$$

ρ_w : كثافة الماء $[kg/m^3]$.

دراسة تأثير درجة حرارة مانع نقل الحرارة ومعامل الفقد الحراري على مردود مجمع شمسي
من نوع قطع مكافئ

يبين الجدول (2) قيم البارامترات المستخدمة في حساب الكفاءة النظرية للمجمع المنجز.

الجدول (2) قيم البارامترات المستخدمة في حساب الكفاءة النظرية للمجمع المنجز.

البارامتر	القيمة	الوحدة	البارامتر	القيمة	الوحدة
ρ	0.95	-	σ	5.67×10^{-8}	$[W/(m^2k^4)]$
α	0.8	-	ϵ_r	0.8	-
τ	0.8	-	K_r	385	$[W/m \text{ } ^\circ C]$
γ	0.995	-	ρ_w	985.65	$[kg/m^3]$
t_r	60	$[^\circ C]$	λ_w	65.35×10^{-2}	$[W/ m \text{ } ^\circ C]$
t_{amb}	23.6	$[^\circ C]$	ν_a	0.00001713	$[W/m^2 \text{ } ^\circ C]$
t_m	41.8	$[^\circ C]$	Pr_w	3.26	-
V_a	2	$[m/S]$	C_p	4176	$[j/kg \text{ } ^\circ C]$
λ_a	0.027726	$[W/m \text{ } ^\circ C]$	ν_w	0.517×10^{-6}	$[m^2/S]$

بتعويض قيم البارامترات الواردة في الجدول (2) نحصل على النتائج النظرية الواردة في

الجدول (3).

الجدول (3): النتائج النظرية الحسابية للمجمع الشمسي المنجز.

البارامتر	القيمة	الوحدة	البارامتر	القيمة	الوحدة
h_a	48	$[W/m^2 \text{ } ^\circ C]$	Nu_w	40.24	-
h_r	6.7	$[W/m^2 \text{ } ^\circ C]$	h_f	1948	$[W/m^2 \text{ } ^\circ C]$
U_l	54.7	$[W/m^2 \text{ } ^\circ C]$	U_w	0.24	$[m/S]$
Re_a	1844.716	-	F'	0.968	-
Nu_a	27.3	-	F_R	0.969	-
Re_w	6267	-	η_o	0.6	-

بتعويض العلاقات (2) و(3) و(4) و (5) في العلاقة (1) تصبح علاقة الكفاءة الحرارية:

$$\eta_{th} = \frac{F_R \times \left[I_b \times \eta_o - \frac{A_{r,ext}}{A_{ap}} U_l (t_{f,i} - t_{amb}) \right]}{I_b} \quad (19)$$

تمثل النسبة $\frac{A_{ap}}{A_{r,ext}}$ التركيز الهندسي للمجمع الشمسي، ويرمز له بالرمز C وتمثل نسبة

مساحة فتحة المجمع إلى مساحة سطح المستقبل [9].

$$\eta_{th} = F_R \times \eta_o - \frac{F_R * U_l}{C} \times \left(\frac{t_{fi} - t_{amb}}{I_b} \right) \quad (20)$$

حيث أن F_R عامل امتصاص الطاقة، U_L/C عامل إزالة الحرارة [$w/m^2 \cdot ^\circ C$]

معامل الفقد الحراري [$^\circ C m^2/w$] ويمثل نسبة الفرق في درجة حرارة المائع إلى

شدة تدفق الإشعاع الشمسي [9]، ومن قيم البارامترات التالية: η_o ، U_L ، C ، F_R الواردة في

الجدولين (2) و(3) يكون للمجمع المتجز الخصائص التالية :

$F_R \eta_o = 0.58$ ، $F_R U_L/C = 2.8 w/m^2 \cdot ^\circ C$ فتصبح العلاقة النهائية للكفاءة النظرية:

$$\eta_{th} = 0.58 - 2.8 \left(\frac{t_{fi} - t_{amb}}{I_b} \right) \quad (21)$$

3-4-2 حساب المرودود التجريبي للمجمع الشمسي [9]:

$$\eta_{exp} = \frac{Q_{useful}}{Q_{tot}} \quad (22)$$

Q_{useful} : الطاقة الحرارية المفيدة الناتجة عن المجمع الشمسي، وتعطى بالعلاقة:

$$Q_{useful} = m \times C_p \times (t_{fo} - t_{fi}) \quad (23)$$

C_p : السعة الحرارية النوعية للماء.

t_{fo} : درجة حرارة خروج المائع [$^\circ C$].

t_{fi} : درجة حرارة دخول المائع [°C].

3-5 المقاييس المستخدمة وآلية العمل:

- مقياس الإشعاع الشمسي المستخدم من النوع (LP02-LI19) يعمل بجهد (3VDC) ويحتوي على ذاكرة تخزين داخلية.
 - حساس الحرارة: الحساس المستخدم من النوع (MPT-10) Digital Thermometer ومجال قياسه ($-50 \sim +110^{\circ}\text{C}$) تم استخدام حساسين للحرارة لقياس درجة حرارة الماء الداخل إلى المجمع والماء الخارج منه، وحساس آخر من نفس النوع السابق لقياس درجة حرارة الوسط المحيط.
- يبين الشكل (2) المقاييس المستخدمة عند اختبار المجمع.



الشكل (2) المقاييس المستخدمة.

3-6 آلية العمل والقياس:

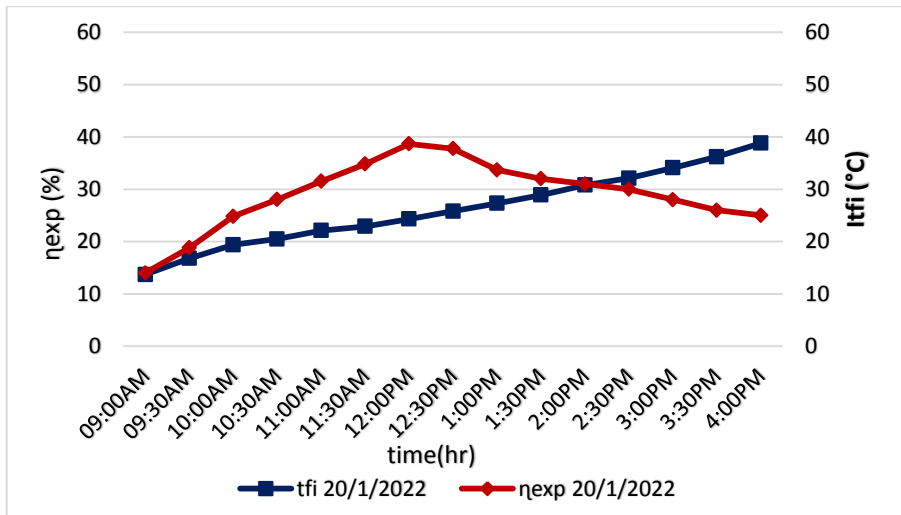
بعد تجميع أجزاء الدارة تم اختبار المجمع المُصمم خلال أشهر مختلفة من السنة (كانون

الثاني- تموز) ولأيام محددة من الشهر وذلك من الساعة 9 صباحاً حتى الساعة 4 بعد الظهر، وتم تسجيل البارامترات والمتغيرات المقاسة (درجة حرارة الماء عند مدخل الأنبوب الماص ودرجة حرارة الماء عند المخرج وشدة الإشعاع الشمسي الساقط، درجة حرارة الوسط المحيط) على فترات زمنية قدرها 30 دقيقة.

4 - النتائج والمناقشة:

4-1 دراسة تأثير تغير درجة حرارة دخول الماء على أداء المجمع صيفاً وشتاءً:

يبين الشكل (3) تغير المرود التجريبي للمجمع المنجز مع تغير درجة حرارة دخول الماء خلال ساعات الاختبار في شهر كانون الثاني.

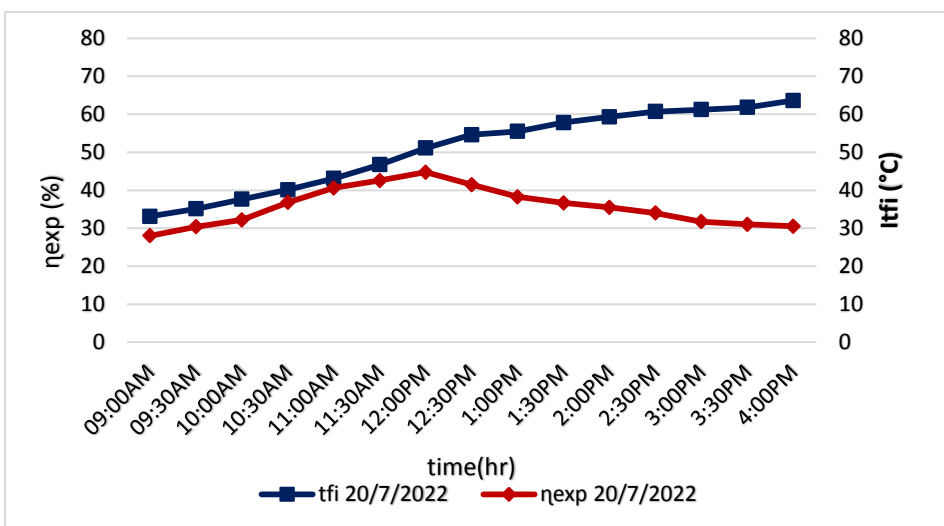


الشكل (3) تغير درجة حرارة الماء الداخل للمجمع والمرود التجريبي مع الزمن ليوم (20/1/2022).

دراسة تأثير درجة حرارة مانع نقل الحرارة ومعامل الفقد الحراري على مردود مجمع شمسي
من نوع قطع مكافئ

نلاحظ من الشكل ازدياد المردود التجريبي مع زيادة درجة حرارة دخول الماء حتى الدرجة 24°C ، حيث وصل المردود إلى أعظم قيمة له 38.67% ، وبعد هذه الدرجة فإن المردود ينخفض حتى 25% مع ازدياد درجة حرارة دخول الماء حتى 39°C .

ويبين الشكل (4) تغير درجة حرارة الماء الداخل للمجمع والمردود التجريبي خلال ساعات الاختبار في شهر تموز.



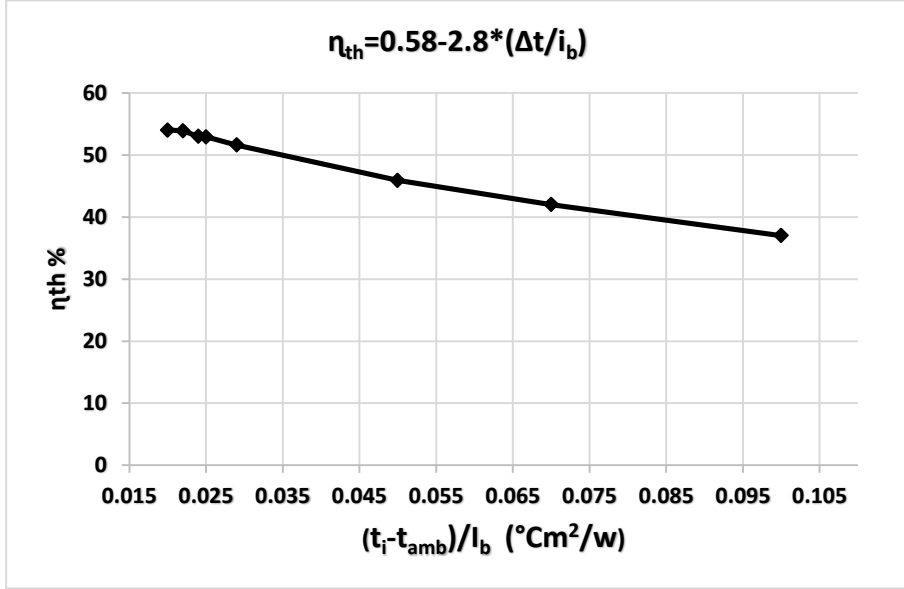
الشكل (4) تغير درجة حرارة الماء الداخل للمجمع والمردود التجريبي مع الزمن ليوم (20/7/2022).

نلاحظ من الشكل ازدياد المردود التجريبي مع زيادة درجة حرارة الدخول حتى الدرجة 50°C حيث وصل المردود إلى أعظم قيمة له 44.73% ، عند الساعة (12:00 Pm) وبعد هذه الدرجة يبدأ المردود بالانخفاض إلى أدنى قيمة 30.5% مع ازدياد درجة حرارة دخول الماء حتى الدرجة 63.5°C .

ويفسر تناقص قيمة المردود عند درجات الحرارة العالية لدخول الماء بسبب ازدياد درجة حرارة الأنابيب الماص النحاسي مع زيادة درجة حرارة الدخول، مما يزيد من المفاقد الحرارية بالحمل والإشعاع منه باتجاه الوسط المحيط.

2-4 دراسة تأثير معامل الفقد الحراري على أداء المجمع الشمسي المدروس:

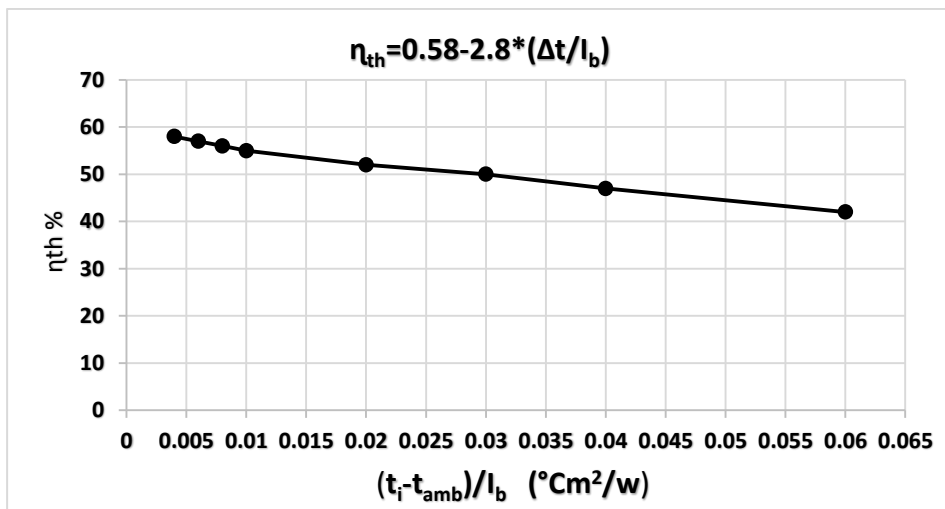
يبين الشكل (5) تغير الكفاءة الحرارية مع معامل الفقد الحراري للمجمع المدروس ليوم (20/1/2022).



الشكل (5) تغير الكفاءة الحرارية مع معامل الفقد الحراري ليوم (20/1/2022).

نلاحظ من الشكل (5) أن أعظم قيمة للكفاءة في شهر كانون الثاني 54% عندما كان معامل الفقد الحراري $0.02 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ ، وتستمر الكفاءة الحرارية في الانخفاض حتى 37% مع تزايد معامل الفقد الحراري حتى $0.1 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$

يبين الشكل (6) تغير الكفاءة الحرارية مع معامل الفقد الحراري ليوم (20/7/2022).



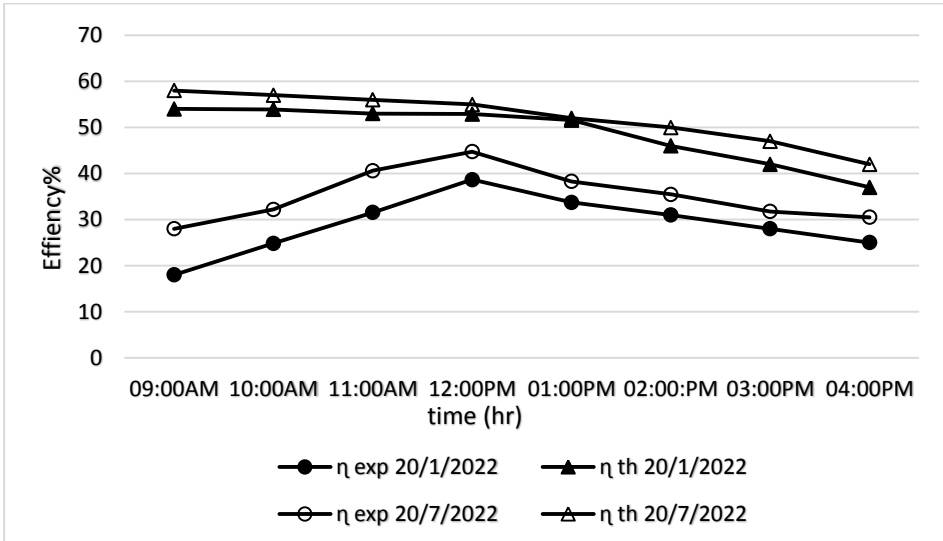
الشكل (6) تغير الكفاءة الحرارية مع معامل الفقد الحراري ليوم (20/7/2022).

وفي شهر تموز كانت أعظم قيمة للكفاءة الحرارية 58% عندما كان معامل الفقد الحراري m^2 $0.004^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ، وتستمر الكفاءة الحرارية في الانخفاض حتى 42% مع تزايد معامل الفقد الحراري حتى $0.06 m^2^{\circ}\text{C}/\text{W}$.

نلاحظ من الشكلين (5) و(6) انخفاض الكفاءة الحرارية بزيادة معامل الفقد الحراري وهذا ما توضحه العلاقة (21)، ونلاحظ أن الكفاءة الحرارية تتناسب بشكل عكسي مع المقدار $\Delta T/I_b$ ، حيث تتناقص الكفاءة الحرارية مع ازدياد المقدار $\Delta T/I_b$.

3-4 تغير المردود التجريبي والنظري للمجمع المنفذ مع الزمن:

يبين الشكل (7) مقارنة بين قيم كل من المردود الحراري التجريبي والنظري للمجمع المنفذ مع الزمن خلال يومي (20/1/2022 و20/7/2022).



الشكل (10) تغير المردود التجريبي والنظري للمجمع المنفذ مع الزمن ليومي (20/1/2022 و 20/7/2022).

نلاحظ من الشكل (10) وجود انحراف كبير ما بين النتائج النظرية والعملية وخصوصاً خلال فترة الصباح، حيث بلغت نسبة الانحراف عند الساعة التاسعة صباحاً في شهر تموز حوالي (30%) وفي شهر كانون الثاني حوالي (36%)، بينما بلغت نسبة الانحراف في شهر تموز عند الساعة الثانية عشر حوالي (10%)، وفي شهر كانون الثاني حوالي (14%). إن نسبة الفرق المذكورة أعلاه تعود إلى الافتراضات التي تم وضعها لتبسيط حل المعادلات التي تم استخدامها في الجانب النظري من البحث، بالإضافة إلى الضياعات الحرارية التي أهملنا جزء منها في الفرضيات التبسيطية السابقة.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

لقد بينت هذه الدراسة:

1- ازدياد المردود الحراري للمجمع المنفذ مع زيادة درجة حرارة دخول الماء، وذلك حتى قيمة معينة وبعد هذه القيمة فإن المردود ينخفض، وبالتالي يوجد قيمة مثلى لدرجة حرارة دخول الماء تحقق أفضل مردود عند كل شدة إشعاع شمسي، وبعدها ينخفض المردود مهما زادت درجة حرارة الدخول (تكون غير مجدية).

2- أعلى مردود عملي تم الحصول عليه في شهر تموز 44.73% عند درجة حرارة دخول الماء 50°C، وعند شدة إشعاع شمسي 950 w/m²، بينما كانت أدنى قيمة له (η_{exp}=30.5 %).

3- أعلى مردود عملي تم الحصول عليه في شهر كانون الثاني 38.67%، عند درجة حرارة دخول الماء 24°C، وعند شدة إشعاع شمسي 535 w/m²، بينما كانت أدنى قيمة له (η_{exp}=25 %).

4- ازدياد قيمة المردود التجريبي للمجمع المنفذ صيفاً بمقدار (5.5-10) % عن قيمته شتاءً نتيجة لزيادة شدة الإشعاع الشمسي، وبالتالي ازدياد الطاقة الحرارية المفيدة له.

6- بلغت قيم الخصائص التالية للمجمع المنجز: عامل امتصاص الطاقة FR = 0.58 و η_o

عامل إزالة الحرارة U_L/C = 2.8 w/m² °C

التوصيات:

1- دراسة أداء المجمع الشمسي عند استخدام أنبوب امتصاص محاط بظرف زجاجي ومفرغ من الهواء.

2- إجراء تجارب مماثلة على نفس المجمع باستخدام آلية تعقب شمسية.

3- إجراء تجارب مماثلة للمجمع باستخدام أنابيب امتصاص ذات أقطار مختلفة.

6-المراجع العلمية: .

- 1-Hussain S. Akbar, Ahmad H. Ahmad, (2017) "**Theoretical and Experimental Study for the Effect of Mass Flow Rate and concentration ratio of PTC Close Type Solar Collector in Kirkuk City** ", Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS) Vol. 12, Issue 1, January. ISSN 1992 – 0849.
- 2- Ali A. F. Al- Hamadani (2017) "**Assessment the efficiency for a parabolic trough solar collector with different horizontal axis by using tracking system**" Diyala Journal of Engineering Sciences, Vol. 10, 48-57.
- 3-Ibrahim Halil Yilmaz, (2018) "**Performance Testing of a parabolic trough collector array for a small – scale process heat application**" journal of thermal science and technology, Article ISSN 1300-3615, pages
- 4-Sangotayo,E.O.Waheed,M.A.Bolaji B.O. (2019) "**Thermal Evaluation of a Parabolic Trough Solar Concentrator Using Three Different Receivers**", Journal of Energy Technologies and Policy, Vol.9, No.5.
- 5- Ahmed Hasan Ahmed, Hussain S. Akbar, Ahmad S. Mohamad, (2021), "**Theoretical and Experimental Study of The Effect of Concentration Ratio on CTPTC Performance**" journal of renewable energy research article P-ISSN: 2788-9912 Vol. 1, No. 1
- 6- Saad T. Hamidi (2021) "**A Novel Application for Parabolic Trough Solar Collector Based on Helical Receiver Tube and Nano-Fluid with a Solar Tracking Mechanism**, Engineering and Technology Journal Vol. 38, No. 05, Pages 656-668

7-Khudir Zidane Zarrag, Fayadh M. Abed, Salim. Y. Kasim (2021) "**Experimental and Theoretical Study of Parabolic Trough Solar Collector Performance Without Automatic Tracking System**", Journal of University of Anbar for Pure Science (JUAPS) Vol,15, 37 – 48.

8- B. Roy, S. Shovan, R. D. Balmiki, S. Das, K.P. Katakya and A. Biswasa (2021) "**Parametric Study of Parabolic Trough Collector- a Case Study for the Climatic Conditions of Silchar, Assam, India**", ISESCO JOURNAL of Science and Technology Vol. 12 No 21.

9 - Ram lingam Venkatesaperumal, Kutbudeen Syed Jafar, (2022) "**Heat Transfer Studies on Solar Parabolic Trough Collector Using Corrugated Tube Receiver with Conical Strip Inserts**", Sustainability, Vol ,15, -378.

تحسين زمن تبديل العقد في بروتوكول RPL

ضمن نظام التشغيل Contiki

م. طريف شكري الكلزي^(*) ، د. محسن عبود⁽¹⁾ ، د. ماهر عباس⁽²⁾

كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة البعث

ملخص

تحديد المسار الذي تسلكه المعلومات بين العقد في شبكات الحساسات اللاسلكية يتم عن طريق بروتوكول توجيه الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي فقدان للرمز (RPL (Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks). وفي حال انتهاء عمر البطارية لعقدة أب فإن أبناء هذه العقدة سيقومون بتبادل رسائل توجيه لاختيار عقدة أب والمقارنة بين العقد لاختيار أب مفضل جديد وهذه العملية تستغرق فترة زمنية، لذلك تم العمل في هذه الدراسة على تقليل زمن التبديل للأب المفضل الجديد من خلال استخدام خوارزمية الأب الاحتياطي BP(Backup Parent) إلى جانب الأب المفضل لكل عقدة ضمن الشبكة.

في هذه الدراسة تم تقليل زمن التبديل لأب جديد بالإضافة إلى تقديم نتائج توضح معاملات الأداء واستهلاك الطاقة واستخدام إشارات الراديو بين العقد وذلك باستخدام طريقة Backup Parent ومقارنة النتائج مع الاستخدام الطبيعي لبروتوكول RPL مع OF0 بالإضافة لتقديم نتائج ومقارنة بين الارسل المتعدد من خلال الأب المفضل والأب الاحتياطي والارسل فقط من خلال الأب المفضل.

الكلمات المفتاحية: انترنت الأشياء، الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي ضياع، بروتوكول RPL، الأب المفضل، الأب الاحتياطي، نظام تشغيل Contiki.

*. طالب دكتوراه موفد في جامعة البعث - كلية الهندسة المعلوماتية

1. دكتور مدرس في جامعة البعث - كلية الهندسة المعلوماتية

2. أستاذ مساعد في جامعة البعث - كلية الهندسة المعلوماتية

Improved switching time of nodes in the RPL protocol within the Contiki OS

Abstract

Determining the path that information takes between nodes in wireless sensor networks is done by the Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks (RPL). In the event that the battery life of a parent node ends, the child of this node will exchange directive messages to choose a parent node and compare between nodes to choose a new preferred parent, and this process takes a period of time, so work has been done in this study to reduce the switching time for the new preferred parent through the use of the backup parent algorithm (BP) along with the preferred parent for each node in the network. In this study, the switching time for a new parent was reduced, in addition to providing results showing performance parameters, energy consumption, and the use of radio signals between nodes, using the Backup Parent method, and comparing the results with the normal use of the RPL protocol with OF0, in addition to providing results and a comparison between multiplexing through the preferred parent and the backup parent And mailing only through the preferred parent.

Keywords: Internet Of Things (IOT), Low Power and Lossy Networks(LLNs), RPL, Preferred Parent, Backup Parent, Contiki

1. مقدمة

من المتوقع أن يتجاوز عدد كائنات انترنت الأشياء المتصلة عدة مليارات من الأجهزة. وستكون هذه الأشياء موجودة في الحياة اليومية وفي المنازل والمدن وكذلك في المصانع الذكية التي ستحدث ثورة في تنظيم الصناعة. هذه الثورة في الواقع هي الثورة الصناعية الرابعة، والمعروفة أكثر باسم الصناعة 4.0 [1]. حيث يعتبر انترنت الأشياء (IoT) بمثابة عامل تمكين رئيسي لهذا التحول الكبير، وسوف يتيح انترنت الأشياء قدرات مراقبة وتنظيم ذاتي أكثر ذكاءً من الطرق التقليدية. ونتيجة لذلك، ستكون عملية الإنتاج أكثر كفاءة ومرونة مع منتجات ذات جودة أعلى. ولكن تبقى عقد الحساسات ذات موارد محدودة وفي مجال الاستخدام الأمثل لهذه الموارد المحدودة قام فريق عمل (IETF) Internet Engineering Task Force بتطوير بروتوكول توجيه للشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي فقداناً - Routing Protocol for low-power and Lossy networks (RPL) [2].

وفي هذه الدراسة تم انقاص الزمن الذي تحتاجه العقدة للتبديل عند فقدان الأب المفضل السابق إلى الأب المفضل الجديدة ضمن بروتوكول RPL عن طريق إضافة أب احتياطي لكل عقدة إلى جانب الأب المفضل والذي يتم الانتقال إليه عند فقدان الأب المفضل لأي سبب كان.

ينقسم العمل في هذه الدراسة إلى عشرة أجزاء، الجزء الثاني يتحدث عن هدف البحث، الجزء الثالث يتحدث عن مواد وطرائق البحث والجزء الرابع يتحدث بشكل مفصل عن بروتوكول RPL وفي الجزء الخامس تم سرد بعض الأعمال السابقة والجزء السادس يتحدث عن نظام تشغيل Contiki والجزء السابع يتحدث عن مؤقت DIO واسترجاع

الأب في بروتوكول RPL ويتحدث الجزء الثامن عن آلية عمل الخوارزمية المقدمة والجزء التاسع عن النتائج ومناقشتها والجزء العاشر يتحدث عن الاستنتاجات والتوصيات.

2. الهدف من البحث

المشكلة الأساسية في بروتوكول RPL هي زمن التبديل الكبير الذي تحتاج العقدة لاختيار أب مفضل جديد عند فقدان الأب المفضل الخاص بها وبالتالي خروج العقدة عن الشبكة بشكل مؤقت لما تحتاجه من زمن للانتقال لأب آخر يصلها للعقدة الهدف وعدم استقرار في الشبكة وما ينتج عن ذلك من عبء على العقدة لاعادة ارسال رسائل توجيه والمقارنة بين الأباء المرشحين لاختيار أب مفضل جديد. وبالتالي فإن الهدف الاساسي هو تقليل زمن التبديل إلى أقصى حد وذلك ضمن بروتوكول RPL من خلال تقديم طريقة الأب الاحتياطي (Backup Parent) وضمه

إلى نظام التشغيل Contiki

كما يهدف البحث إلى تنفيذ مقارنة بين الوضع الطبيعي لبروتوكول RPL وعند استخدام الأب الاحتياطي من حيث زمن الانتقال للأب المفضل الجديد واستهلاك الطاقة و إشارات الراديو باستخدام نظام تشغيل [3] Contiki على منصة Tmote Sky/TelosB[4]، نظراً لأنها تمثل منصة مشتركة لأجهزة شبكات الحساسات اللاسلكية التقليديّة المحدودة الموارد ويتم نشرها على نطاق واسع جداً.

3. مواد وطرائق البحث

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

4. بروتوكول التوجيه RPL للشبكات منخفضة الطاقة والتي تحتوي فقدان للرزق

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

بروتوكول RPL هو بروتوكول توجيه تفاعلي مقاد بالمسافة تم تطويره من قبل IETF لحل مشاكل الشبكات المنخفضة الطاقة ذات الضياع LLN وهو مصمم بشكل أساسي للشبكات الثابتة و تنظم RPL شبكتها المادية في شكل من أشكال الرسوم البيانية غير الحلقية الموجهة (Directed acyclic graph-DAG) حيث يكون لكل DAG عقدة جذر في وجهة واحدة ويشار إليه باسم DAG الوجهة (Destination Oriented Direction Acyclic Graph -DODAG) ويمثل DODAG الوجهة النهائية لحركة مرور البيانات داخل مجال الشبكة الذي يربط طبولوجيا الشبكة بنطاقات IPv6 الأخرى مثل الإنترنت [5] [6] ويشار إليه باسم (LBR) LLN Border Router ضمن شبكات LLNs.

يستخدم RPL مصطلح المسارات الصاعدة للإشارة إلى المسارات التي تنقل البيانات من العقد العادية إلى LBR (أي من عدة نقاط إلى نقطة واحدة) بينما تسمى المسارات التي تحمل البيانات من جذر DODAG إلى العقد الأخرى (أي من عقدة إلى عدة عقد) بالمسارات الهابطة.

لإنشاء المسارات الصاعدة، يجب على كل عقدة داخل الشبكة تحديد أحد جيرانها كأب مفضل (الخطوة التالية) باتجاه الجذر. وبالمثل، يجب على كل عقدة ترغب في المشاركة في التوجيه الهابط أن تعلن عن نفسها لأحد أبائها، ويفضل أن يكون الوالد المفضل.

يستخدم RPL مصطلح المثل للإشارة إلى DODAGs المتعددة التي تشترك في نفس سياسات وآليات التوجيه. قد تتواجد مثيلات RPL المتعددة بشكل متزامن ضمن

طبولوجيا معينة وقد تنضم العقدة إلى أكثر من مثيل واحد في وقت واحد. ومع ذلك، في كل حالة، يُسمح للعقدة بالارتباط بجذر (DODAG) واحد فقط [5].

لتبادل معلومات التوجيه اللازمة لإنشاء طبولوجيا الشبكة ومسارات التوجيه، يقدم RPL أربع رسائل تحكم من نوع ICMPv6 (باستثناء رسائل الأمان) كما هو مفصل أدناه.

(1) DIS (DODAG Information Solicitation) : يتم استخدام DIOs لحمل المعلومات التي تمكن العقدة من اكتشاف مثيل RPL، والانضمام إلى DODAG معين، وتحديد مجموعة من الآباء المرشحين، والحفاظ على DODAG [5].

(2) DIO (DODAG Information Object) : تسمح رسالة التحكم هذه للعقدة بنشر معلومات الوجهة الخاصة بها لأعلى على طول DODAG إلى جذر DODAG بحيث يمكن إنشاء المسارات المتجهة لأسفل من جذر DODAG إلى العقد المرتبطة بها [5].

(3) DAO (Destination Advertisement Object) : تُستخدم هذه الرسالة بواسطة عقدة RPL لطلب DIO من العقد المجاورة من أجل الانضمام إلى DODAG [5].

(4) DAO-ACK (Destination Advertising Acknowledgement) : قد يكون DAO-ACK أحادي الإرسال بواسطة مستلم DAO إلى مرسل DAO للإقرار باستلام DAO [5].

5. دراسة مرجعية

قام الباحثون في [7] بتحقيق (PRE (Packet Replication and Elimination) والذي يعتمد على التوجيه متعدد المسارات من خلال اختيار مسارات متعددة للعقدة مما يسمح بالارسال المتوازي وذلك من خلال تحديد أباء بدلاء مع الأب المفضل مما يحسن من موثوقية التسليم للحزم لضمان ارتفاع نسبة تسليم الحزم ولكن التوجيه متعدد المسارات يؤدي إلى ارسال عدد أكبر من نسخ الحزم الأمر الذي يؤدي بدوره إلى زيادة استهلاك الطاقة ولكنه بالمقابل يزيد من الوثوقية في تسليم البيانات وبالتالي تحسين في معدل تسليم البيانات وكذلك الإنتاجية.

في حين اقترح الباحثون في [8] استخدام عقدة شقيقة مثل الأب البديل لها نفس رتبة الأب المفضل يهدف هذا الاستخدام إلى زيادة موثوقية الاتصال باستخدام طريق بديل بالإضافة إلى المسار المفضل، ينتج عن هذا فرصة أكبر للحزمة للوصول إلى الوجهة. اعتماداً على الخوارزمية، سيتأثر عدد العقد التي ستعيد توجيه الحزمة، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة وزيادة عبء حركة المرور.

في [9]، اقترح المؤلفون بروتوكول موازنة حمل الطاقة ELB(Energy Load Balance)، وبروتوكول الإصلاح المحلي السريع FLR(Fast Local Repair protocol)، و مزيج من الاثنين (ELB-FLR) وتهدف هذه البروتوكولات إلى إدخال تحسين على بروتوكول RPL ويركز ELB على موازنة استخدام الطاقة وزيادة عمر العقد، من خلال ادخال وظيفة وآلية موضوعية جديدة لموازنة الحمل. ولحساب الرتبة، يأخذ التابع الوظيفي في الاعتبار عدد القفزات ومستوى الطاقة للمسار إلى العقدة الهدف والذي هو مجموع الطاقة المتبقية للعقد على ذلك المسار. ويعمل مخطط موازنة الحمل

في مرحلة اختيار الإباء ، حيث تكون العقدة ذات الرتبة الأقل هي الأب المفضل وباقي العقد بمثابة آباء بدلاء مع قيام الأباء بالتناوب بين أفضل أب وثاني أفضل أب ممكن.

أما في هذه الدراسة لم يتم ارسال نفس نسخة البيانات عن طريق أكثر من أب الأمر الذي يحسن من الوثوقية ومعدل تسليم البيانات على حساب زيادة كبيرة في استهلاك الطاقة وزيادة عبء المرور على الشبكة وإنما تعيين أب احتياطي للانتقال إليه بشكل أسرع عند فقدان الأب المفضل وإمكانية الإرسال المتناوب للبيانات بين الأب المفضل والاحتياطي الذي يحسن من معدل تسليم البيانات دون عبء على الشبكة وزيادة ملحوظة في استهلاك الطاقة

6. نظام التشغيل Contiki[3]

هو نظام تشغيل مفتوح المصدر وخفيف الحجم ومكتوب بلغة C. تم تصميم نظام تشغيل Contiki في الأساس للاستخدام في تطبيقات شبكات الحساسات اللاسلكية التي تتطلب دعماً للتواصل المعتمد على بروتوكول IP، ويؤمن خاصية الانتزاع للمهام المتعددة. يقدم Contiki دعم واسع النطاق لمنصات الأجهزة منها Tmote Sky. الإعدادات تستهلك 2 كيلوبايت من ذاكرة الوصول العشوائية و 40 كيلوبايت من ذاكرة القراءة فقط. يتضمن التثبيت الكامل لنظام التشغيل ووظائف مثل: متصفح ويب، مخدم ويب شخصي، واجهة المستخدم الرسومية (GUI)، دعم لبروتوكول IPv6، ونواة متعددة المهام بالإضافة إلى شاشة توقف.

7. مؤقت DIO واسترجاع الأب في بروتوكول RPL

للمحافظة على طبولوجيا الشبكة وتحديثها، يجب إنشاء رسائل التحكم بشكل متكرر، الأمر الذي يسبب في استهلاك قدر كبير من الطاقة.

ولاستخدام الموارد بكفاءة، لا يتم إنشاء رسائل التحكم إلا عند الضرورة. وذلك يتم عن طريق Trickle Timer Algorithm [10].

تستخدم خوارزمية المؤقت آلية للحفاظ على اتساق تكوين الحزم في الشبكة، بحيث لا يحتوي على أي بيانات زائدة أو قديمة، وبالتالي فإن المؤقت يقلل من معدل إرسال رسائل التحكم DIO بشكل أسي. ولكن في حالة وجود أي تضارب في الشبكة، تتم إعادة جدولة رسالة DIO التالية وإرسالها في آخر فترة زمنية.

تعتمد الخوارزمية على عدة وسطاء منها I_{min} و I_{max} حيث أن I_{min} يشير إلى الحد الزمني الأدنى الفاصل بين رسالتي DIO ويحسب كما هو مبين في المعادلة (1):

$$I_{min} = 2^{\text{DIO-MINIMUM-INTERVAL}} \quad (1)$$

في حين أن I_{max} يمثل أقصى فاصل زمني بين رسالتي DIO ويحسب كما هو مبين في المعادلة (2):

$$I_{max} = I_{min} \times 2^{\text{DIO-INTERVAL-DOUBLINGS}} \quad (2)$$

ويوصي RFC [11] بالقيم الافتراضية 12 و 8 لكل من MINIMUM-INTERVAL و INTERVAL-DOUBLINGS على الترتيب وبالتالي تصبح قيم I_{min} حسب العلاقة (1) و I_{max} حسب العلاقة (2) على الشكل التالي:

$$I_{min} = 2^{\text{min}} = 2^{12} \text{ ms} = 4096 \text{ ms} = 4 \text{ s}$$

$$I_{max} = I_{min} \times 2^{\text{doublings}} = 4096 \times 2^8 \text{ ms} = 1\,048\,576 \text{ ms} = 17.5 \text{ min}$$

وبالتالي تكون أصغر فترة زمنية بين رسالتي DIO هي 4 ثواني وأقصى فاصل زمني

ممکن هو 17.5 دقيقة [12]

وأشارت الدراسة [13] إلى أن متوسط زمن عدم قابلية الوصول للعقدة الأب خلال فترة اعادة البناء هي حوالي ثلاث دقائق ونصف

وأن الزمن اللازم لانتقال الابن من أب لأخر لا يعتمد على الزمن الفاصل بين رسالتي DIO ويكون متوسط زمن الانتقال موضح بالجدول (1) :

جدول (1) متوسط الزمن اللازم لانتقال الابن لأب آخر [13]

DIO Timer	Average ICMP Timeout
2^3	203s
2^5	215s
2^7	214s
2^9	214s
2^{12}	211s

كما بينت الدراسة [13] أن وقت إعادة انضمام العقد الاخوة للشجرة يقدر بـ 236 ثانية.

8. آلية عمل الخوارزمية المقدمة

في الدراسة المقدمة تم العمل بوضع التخزين لبروتوكول RPL حيث يقوم البروتوكول بإيجاد أفضل أب (PP (Preferred Parent) واعتباره الأب المفضل وقمنا بإيجاد ثاني أفضل أب واعتباره كأب احتياطي (BP (Backup Parent) وذلك وباستخدام التابع الوظيفي OF0 أي سيتم اختيار الأباء على أساس الأب ذو المرتبة (Rank) الأقل أي الاقرب للعقدة الجذر. فعند فقدان عقدة لأبيها المفضل بسبب نفاد طاقة بطاريته أو بسبب التنقل ستنتقل العقدة بشكل مباشر إلى الأب الاحتياطي الذي هو أساساً ثاني أفضل أب بالنسبة لهذه العقدة أي الذي سيتم اختياره كأب مفضل في حال عدم وجود الأب الاحتياطي ولكن بعد القيام بإعادة إجراء المقارنة بين الأباء المرشحين لاختيار الأب المفضل بشكل أكثر تخصيص تم ايجاد الأب الاحتياطي لكل عقدة ضمن الشبكة بشكل

استباقي قبل فقدان الأب المفضل والخروج من الشبكة بدلاً من إجراء المقارنة لتعيين أب مفضل جديد عند فقدان الأب المفضل وخروج العقدة من الشبكة وذلك دون التأثير على عمل بروتوكول RPL بشكل عام.

ويجد الإشارة إلى أنه بعد تعيين الأب الاحتياطي كأب مفضل لعقدة ما ضمن الشبكة وعودة الأب المفضل السابق للشبكة لن تعود العقدة للأب المفضل السابق إلى في حال كان ذو مرتبة أعلى تماماً من الأب المفضل الحالي (الاحتياطي سابقاً)

ويجدر الإشارة أيضاً إلى أنه تم التعديل على الكود المصدري الخاص ببروتوكول RPL ضمن نظام التشغيل Contiki وبشكل أكثر تخصيصاً تم التعديل على الملفات rpl.h و rpl_dag.c ضمن المجلد Contiki/core/net/rpl

ويوضح الشكل [1] آلية العمل البرمجية للخوارزمية المقدمة:

```
-----
Input : best_Parent [Preferred_Parent]
-----
```

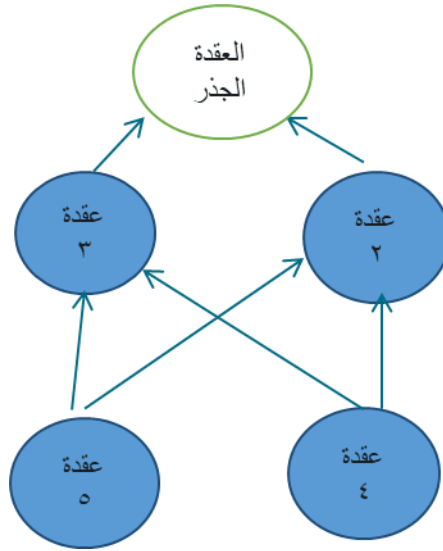
```

1 begin
2 For P in nbr_table Do
3 begin
4 WHILE P not equal NULL Do
5 IF Best_Parent equal NULL And P not equal Preferred_Parent Then
6 Best_Parent <-- P
7 Else
8 IF Best_Parent[Rank] < P[Rank] And P not equal Preferred_Parent Then
9 Backup_Parent <-- Best_Parent
10 Else
11 Backup_Parent <-- P
12 End
13 End
14 End
15 P <-- nbr_table_next
16 End
```

الشكل [1] يوضح الشكل العام لخوارزمية الأب الاحتياطي المقدمة

ولتحقيق موازنة أحمال ضمن بروتوكول RPL تم الاستفادة من الأب الاحتياطي من خلال ارسال المتبادل للبيانات بين الأب المفضل والأب الاحتياطي باستخدام خوارزمية الجدولة الدائرية ففي حال فقدان الأب المفضل سيتم فقد البيانات المرسله عن طريقه ووصول البيانات المرسله عن طريق الأب الاحتياطي وعند معرفة العقد بفقدان الأب المفضل سيتم ارسال فقط عن طريق الأب الاحتياطي وبعد تعيين الأب الاحتياطي كأب مفضل وإعادة تعيين أب احتياطي جديد يعود الارسال المتبادل للبيانات

مثال توضيحي عن طريقة عمل الدراسة المقدمة



شكل [2] يوضح مثال للطبولوجيا

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

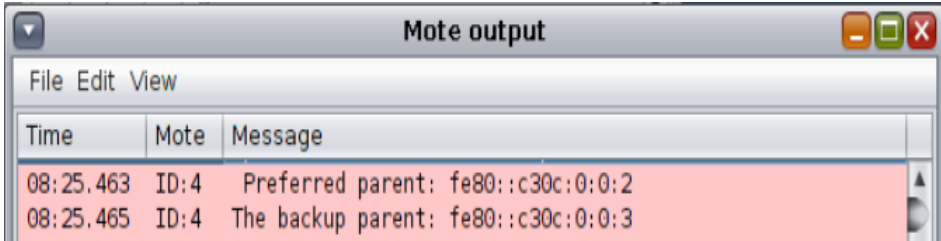
العقدة 4 ضمن مجال العقدة 2 و 3 و 5 وليست ضمن مجال العقدة الهدف وبالتالي ستختار أحد الأبوين ليكون أحدهما الأب المفضل والآخر الأب الاحتياطي لتتمكن من الوصول للعقدة الهدف.

العقدة 5 ضمن مجال العقدة 2 و 3 و 4 وليست ضمن مجال العقدة الهدف وبالتالي ستختار أحد الأبوين ليكون أحدهما الأب المفضل والآخر الأب الاحتياطي لتتمكن من الوصول للعقدة الهدف

العقدتان 2 و 3 لهما Rank = 512

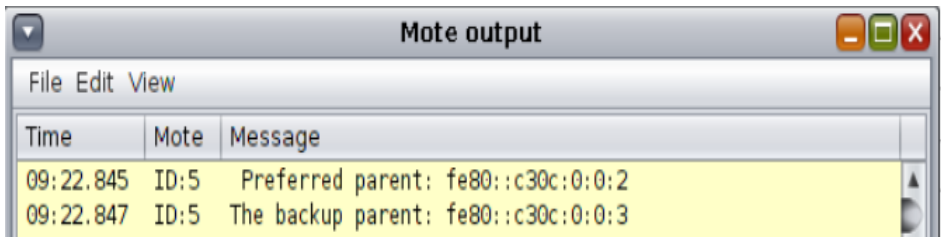
في حين أن العقدتان 3 و 4 لهما Rank = 768

في المثال السابق اختارت العقدة 4 العقدة رقم 2 كأب مفضل والعقدة رقم 3 كأب احتياطي كما هو واضح في الشكل [3]، كما اختارت العقدة 5 العقدة رقم 2 كأب مفضل والعقدة رقم 3 كأب احتياطي كما هو واضح في الشكل [4].



Time	Mote	Message
08:25.463	ID:4	Preferred parent: fe80::c30c:0:0:2
08:25.465	ID:4	The backup parent: fe80::c30c:0:0:3

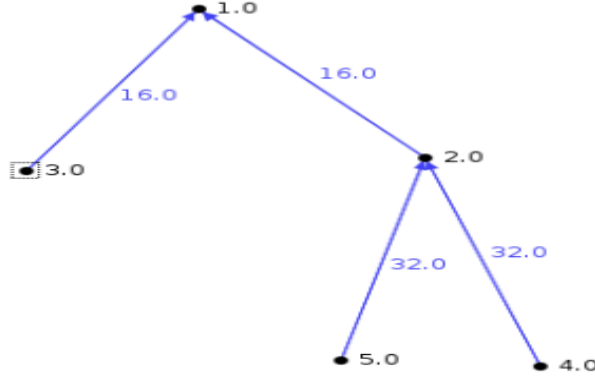
شكل [3] يوضح الأب المفضل والاحتياطي للعقدة 4



Time	Mote	Message
09:22.845	ID:5	Preferred parent: fe80::c30c:0:0:2
09:22.847	ID:5	The backup parent: fe80::c30c:0:0:3

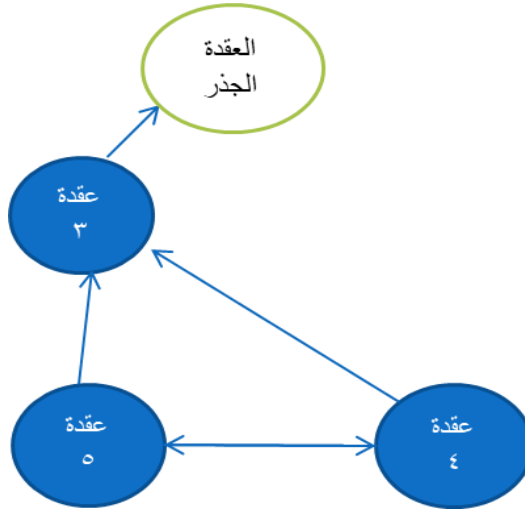
شكل [4] يوضح الأب المفضل والاحتياطي للعقدة 5

ويكون تموضع العقد ضمن طبولوجيا الشبكة كما في الشكل [5]



الشكل [5] يوضح تموضع العقد في الشبكة

الآن سنقوم بافتراض أن العقدة رقم 2 خرجت من الشبكة لاستنزاف كامل بطاقتها أو بسبب تنقلها أو لأي سبب آخر فيصبح شكل الطبولوجيا كما هو واضح في الشكل [6] عندها ستتحدث العقدتان 4 و 5 بأن أباهما المفضل (العقدة رقم 2) والذي يوصلهما للعقدة الهدف قد خرج من الشبكة وبالتالي يجب إيجاد أب مفضل آخر.

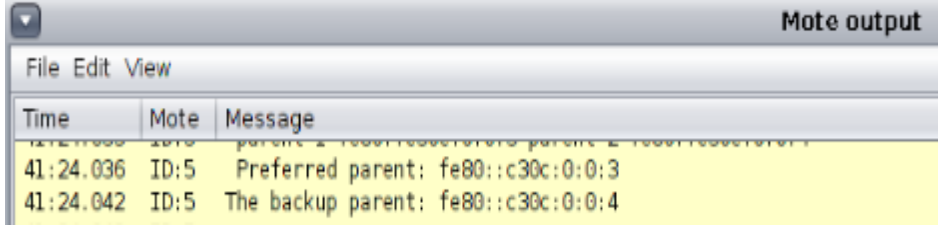


الشكل [6] يوضح الطبولوجيا بعد فقدان العقدة رقم 2

وبما أن لكل من العقدتين أب احتياطي وهو العقدة رقم 3 فسيتم تعيينه مباشرة كأب مفضل بدلاً من إعادة ارسال رسائل توجيهه وإعادة المقارنة لاختيار أب مفضل جديد يجد الإشارة إلى أنه بعد تعيين الأب الاحتياطي كأب مفضل ستختار العقدة رقم 4 العقدة رقم 5 كأب احتياطي لها كما يوضح الشكل [7] وستختار العقدة رقم 5 العقدة رقم 4 كأب احتياطي لها كما يوضح الشكل [8].

Mote output		
File Edit View		
Time	Mote	Message
42:50.432	ID:4	Preferred parent: fe80::c30c:0:0:3
42:50.432	ID:4	The backup parent: fe80::c30c:0:0:5

الشكل [7] يوضح الأب المفضل والاحتياطي للعقدة 4



الشكل [8] يوضح الأب المفضل والاحتياطي للعقدة 5

9. النتائج ومناقشتها

تم تنفيذ المثال الموضح بالشكل [2] ويعرض الجدولان (2) و(3) نتائج استهلاك الطاقة للعقدتين 4 و5 عند استخدام بروتوكول التوجيه RPL مع Backup Parent وبدونها على التوالي

الجدول (2) استهلاك الطاقة للعقد الأبناء باستخدام Backup Parent

	CPU Power	LPM Power	Listen Power	Transmit Power	Average Power
node-4	0.652	0.075	0.161	0.264	0.152
node-5	0.604	0.07	0.161	0.249	0.124

الجدول (3) استهلاك الطاقة للعقد الأبناء بدون استخدام Backup Parent

	CPU Power	LPM Power	Listen Power	Transmit Power	Average Power
node-4	0.652	0.075	0.161	0.264	0.152
node-5	0.604	0.07	0.161	0.249	0.124

في حين يعرض الجدولان (4) و(5) نتائج استخدام اشارات الراديو للعقدتين 4 و 5 عند استخدام بروتوكول التوجيه RPL باستخدام التابع الوظيفي OF0 باستخدام الطريقة Backup Parent وبدون استخدامها على التوالي

الجدول (4) استخدام الراديو للعقد الآباء باستخدام Backup Parent

	Listen Duty Cycle	Transmi Duty Cycle
node-4	0.439	0.415
node-5	0.286	0.233

الجدول (5) استخدام الراديو للعقد الآباء بدون استخدام Backup Parent

	Listen Duty Cycle	Transmi Duty Cycle
node-4	0.433	0.306
node-5	0.411	0.284

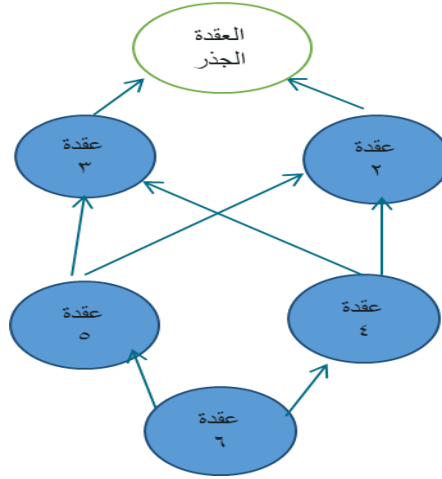
ويوضح الشكل [9] و[10] رقم آخر رسالة مستلمة عند العقدة الهدف قبل فقدان الأب المفضل ورقم أول رسالة مستلمة بعد تعيين أب مفضل جديد بدون استخدام الأب الاحتياطي ومع استخدامه على الترتيب وذلك للطبولوجيا الموضحة بالشكل [11]

```
ID:1 DATA recv from 6 'Hello 33'
ID:1 DATA recv from 6 'Hello 34'
ID:1 DATA recv from 6 'Hello 35'
ID:1 DATA recv from 6 'Hello 48'
ID:1 DATA recv from 6 'Hello 49'
```

الشكل [9] الرسائل المستلمة عند العقدة الهدف بدون استخدام الأب الاحتياطي

Mote	Message
ID:1	DATA rcv from 6 'Hello 33'
ID:1	DATA rcv from 6 'Hello 34'
ID:1	DATA rcv from 6 'Hello 35'
ID:1	DATA rcv from 6 'Hello 42'
ID:1	DATA rcv from 6 'Hello 43'

الشكل [10] الرسائل المستلمة عند العقدة الهدف باستخدام الأب الاحتياطي



الشكل [11] طبولوجيا من عقد 6

ففي حالة الوضع الافتراضي للبروتوكول تم فقد 12 رسالة وزمن ارسال الرسالة كل 15 ثانية أي تم الانقطاع 180 ثانية أما في حالة الأب الاحتياطي تم فقد 6 رسائل أي تم الانقطاع 90 ثانية

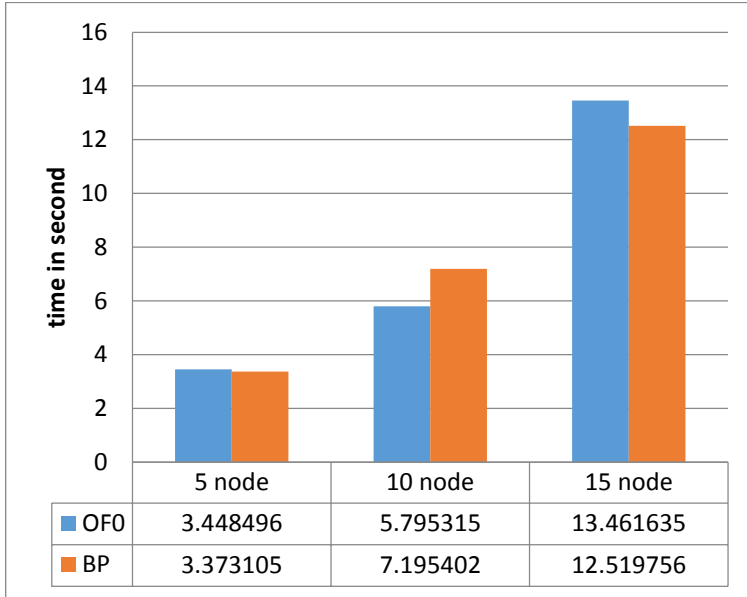
تم تنفيذ مقارنة لطبولوجيا شبكة من 5 عقد و 10 عقد و 15 عقدة لمدة أربعين دقيقة باستخدام الأب الاحتياطي والوضع الطبيعي لبروتوكول RPL باستخدام OF0 حيث تم افتراض فقد الأب المفضل لإحدى العقد في منتصف المحاكاة

يوضح الشكل [12] مقارنة زمن التقارب وهو الفرق الزمني بين أول رسالة تحكم DIO مستلمة عند العقدة الجذر وأخر رسالة انضمام لل DAG مستلمة عند العقدة الجذر

ويوضح الشكل [13] مقارنة إجمالي تأخير وصول البيانات ويوضح الشكل [14] مقارنة

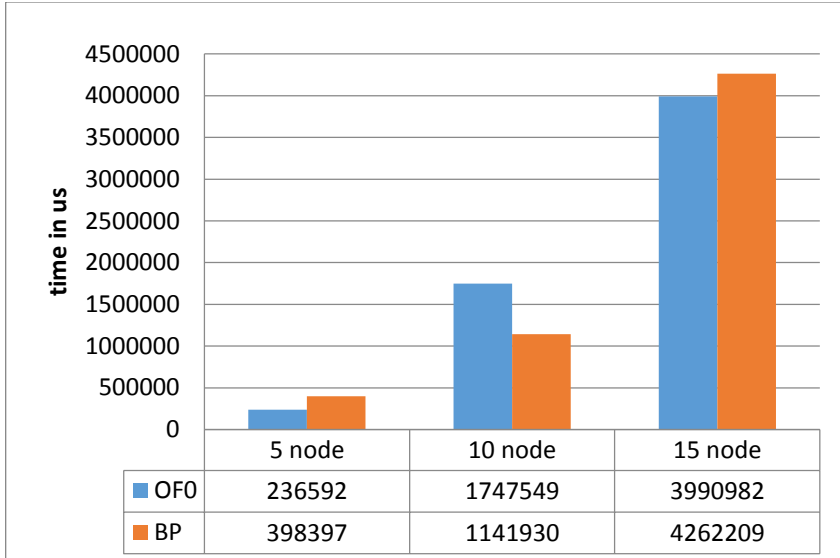
معدل تسليم الرزم ويوضح الشكل [15] مقارنة معدل استهلاك الطاقة في حين يوضح

الشكل [16] مقارنة مقدار الإنتاجية

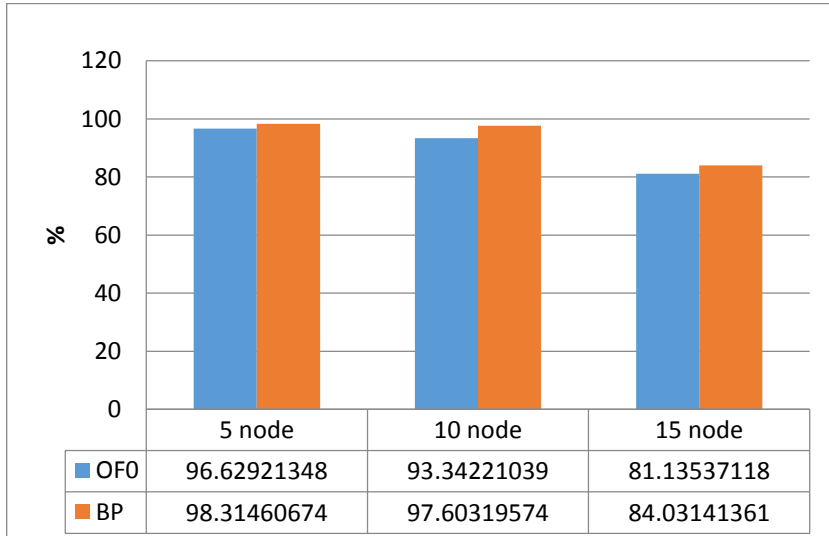


الشكل [12] يوضح مقارنة زمن التقارب

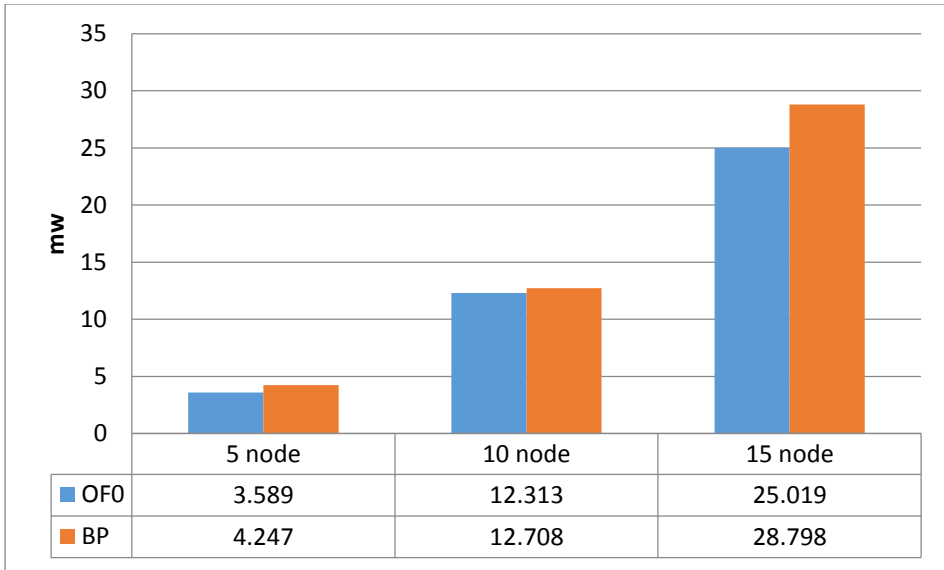
تحسين زمن تبديل العقد في بروتوكول RPL ضمن نظام التشغيل Contiki



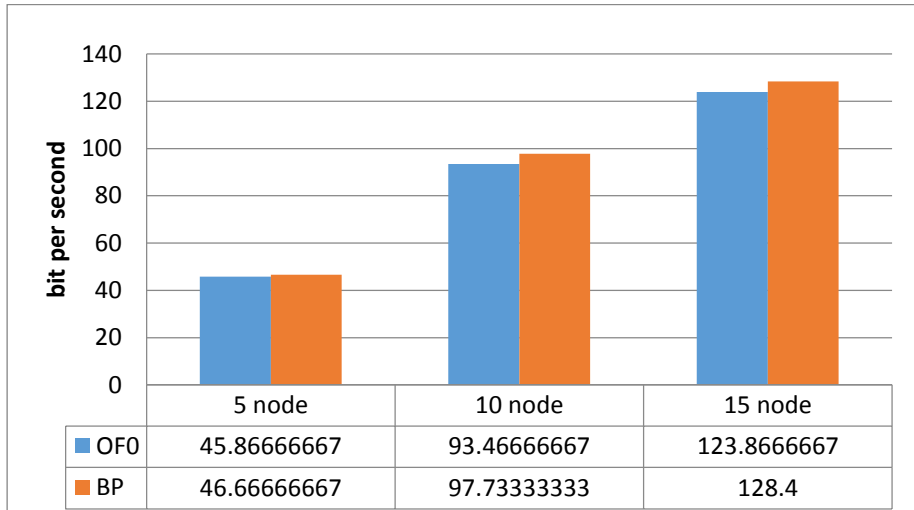
الشكل [13] يوضح مقارنة إجمالي تأخير وصول البيانات



الشكل [14] يوضح مقاومة معدل تسليم الرزم



الشكل [15] يوضح مقارنة معدل استهلاك الطاقة



الشكل [16] يوضح مقارنة الإنتاجية

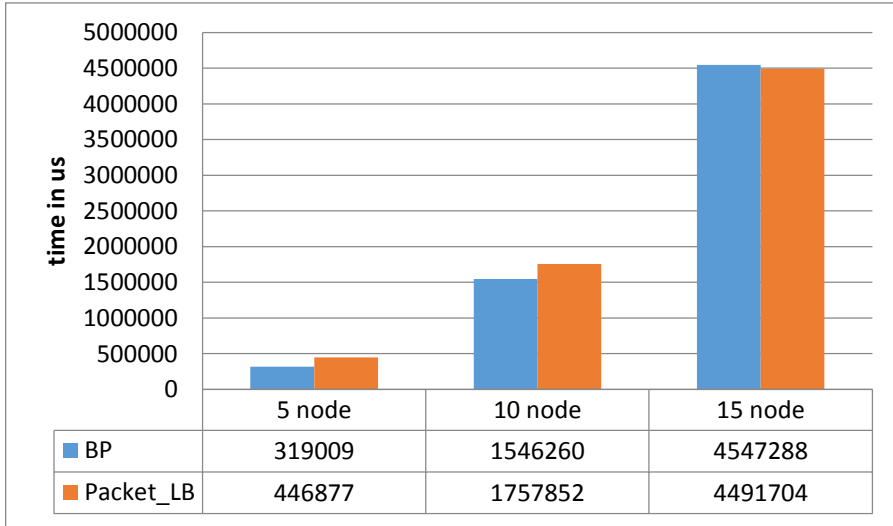
حيث لم يلاحظ أي تأثير يذكر على زمن التقارب وإجمالي تأخير وصول البيانات عند العقدة الهدف في حين أدت طريقة الأب الاحتياطي إلى زيادة معدل تسليم الرزم وبالتالي الإنتاجية بشكل أفضل نتيجة تقليل زمن انقطاع العقدة عن الشبكة ولكن استخدام الأب

تحسين زمن تبديل العقد في بروتوكول RPL ضمن نظام التشغيل Contiki

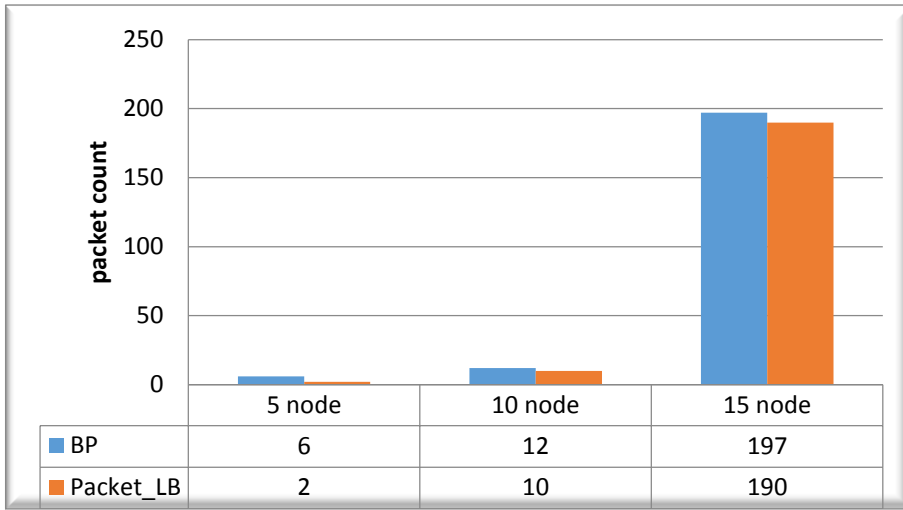
الاحتياطي أدى إلى زيادة قليلة في استهلاك الطاقة وتلاحظ في الشبكات التي تحتوي عدد عقد كبير ويعود ذلك نتيجة للمقارنة وإيجاد الأب الاحتياطي إلى جانب الأب المفضل الأمر الغير موجود في بروتوكول RPL

كما تم تنفيذ مقارنة أخرى لطبولوجيا شبكة من 5 عقد و 10 عقد و 15 عقدة لمدة أربعين دقيقة بالارسال فقط عن طريق الأب المفضل ووجود الأب الاحتياطي والارسال بين الأب المفضل والأب الاحتياطي حيث تم افتراض فقد الأب المفضل لإحدى العقد في منتصف المحاكاة

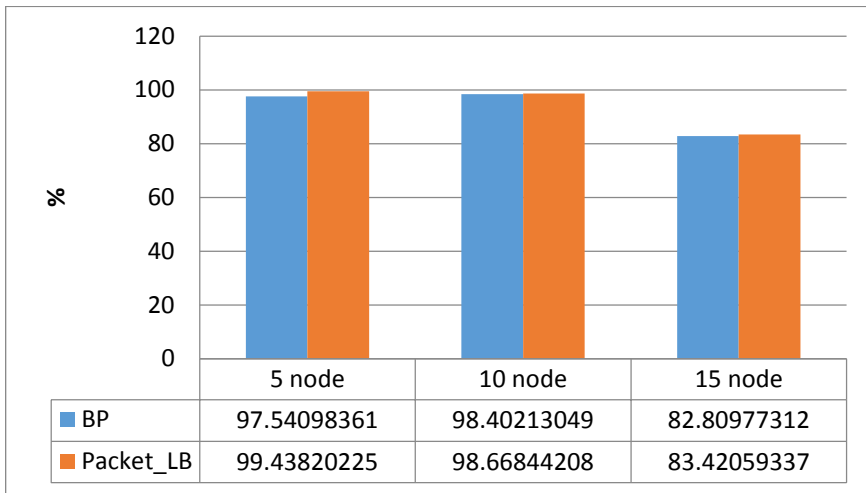
ويوضح الشكل [17] مقارنة إجمالي تأخير وصول البيانات ويوضح الشكل [18] مقارنة عدد الرسائل التي تم فقدانها ويوضح الشكل [19] مقارنة معدل تسليم الرزم في حين يوضح الشكل [20] مقارنة مقدار الإنتاجية



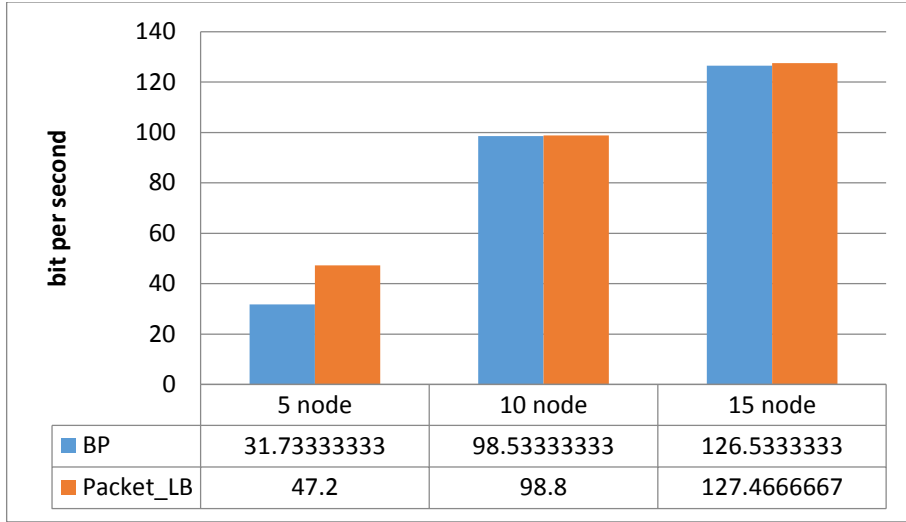
الشكل [17] إجمالي تأخير وصول البيانات



الشكل [18] إجمالي الرسائل المفقودة



الشكل [19] معدل تسليم الرزم



الشكل [20] الإنتاجية

حيث لوحظ انقاص عدد الرسالة المفقودة وبالتالي زيادة نسبة معدل تسليم الرزم والانتاجية عند تحقيق موازنة الأحمال بشكل أفضل بدونه وذلك يعود لاستكمال ارسال البيانات عن طريق الأب الاحتياطي عند فقدان الأب المفضل وذلك قبل تعيين الأب الاحتياطي كأب مفضل

10. الاستنتاجات والتوصيات

يعتبر فقدان العقد في شبكات الحساسات اللاسلكية أمر شائع الحدوث بسبب استنزاف طاقة البطارية وعندها ستضطر العقد للانتقال لأب آخر وهي مشكلة أساسية في بروتوكول RPL بسبب الزمن المستغرق للتبديل وما يترتب عنه من تبادل رسائل توجيه وخروج العقدة عن الشبكة بشكل مؤقت، والشيء الذي لم تتم معالجته بشكل صحيح عند تصميم البروتوكول وتخصيصه لشبكات LLNs.

وبالتالي ، فإننا نقترح خوارزمية الأب الاحتياطي ضمن RPL وذلك لتحقيق أقل زمن تبديل للأب المفضل الجديد. وتظهر نتائج المحاكاة أن الطريقة المقدمة حققت الهدف المطلوب باستخدام RPL مع التابع الوظيفي من حيث تقليل متوسط زمن الانتقال بشكل ملحوظ وتقليل استهلاك الطاقة واستخدام الراديو ضمن العقد الأبناء بنسبة ضئيلة.

وسيعالج العمل المستقبلي محاولة انقاص استهلاك الطاقة وإشارات الراديو بشكل عام للعقد من خلال ادراج معاملات أخرى لتلبية متطلبات التطبيق. وتقديم طريقة للمفاضلة بين المعاملات المختلفة باستخدام المنطق الضبابي أو خوارزميات التعلم العميق.

جدول الاختصارات

Internet Of Things	انترنت الأشياء
Internet Engineering Task Force(IETF)	فريق مهام هندسة الانترنت
Low-Power and Lossy Network (LLN)	الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي فقدان للرمز
Routing Protocol for Low Power and Lossy Networks(RPL)	بروتوكول توجيه الشبكات المنخفضة الطاقة والتي تحتوي فقدان للرمز
LLN Border Router (LBR)	موجه شبكات LLN
Objective Function zero(OF0)	التابع الوظيفي الصفري
Directed Acyclic Graph(DAG)	بيان موجه لا يحوي حلقات
Destination Oriented Direction Acyclic Graph(DODAG)	جذر DAG
DODAG Information Object(DIO)	كائن معلومات DODAG
Destination Advertisement Object(DAO)	كائن إعلان الوجهة
Destination Advertising Acknowledgement(DAO-ACK)	إقرار إعلان الوجهة
Packet Replication and Elimination(PRE)	النسخ المتماثل للرمز والحذف
Energy Load Balance(ELB)	بروتوكول موازنة حمل الطاقة
Fast Local Repair(FLR)	بروتوكول الإصلاح المحلي السريع
Preferred Parent(PP)	الأب المفضل
Backup Parent(BP)	الأب الاحتياطي

11. المراجع

- [1] H. Kagermann, W. Wahlster, and J. Helbig. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 working group. Technical report, Frankfurt, Germany, 2013.
- [2] T. Winter, P. Thubert, A. Brandt, J. Hui, R. Kelsey, P. Levis, K. Pister, R. Struik, J. Vasseur, R. Alexander, RFC 6550: RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks, IETF request for comments, 2012
- [3] A. Dunkels, B. Gronvall, and T. Voigt, "Contiki—a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors," in Proceedings of the IEEE International Conference on Local Computer Networks(LCN), Tamba,FL,USA, 2004.
- [4] "Tmote sky datasheet," Moteiv Corporation. [Online]. Available: <http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/projects/shimmer/references/tmote-sky-datasheet.pdf>
- [5] T. Winter, P. Thubert, A. Brandt, J. Hui, R. Kelsey, P. Levis, K. Pister, R. Struik, JP. Vasseur and R. Alexander, "RPL: IPv6 Routing Protocol for LowPower and Lossy Networks", RFC 6550, Mar. 2012.
- [6] O. Gaddour, A. Koubâa, "RPL in a nutshell: A survey", in Computer Networks, Vol. 56, no. 14, 2012.
- [7] M. Qasem, A. Al-Dubai, I. Romdhani, B. Ghaleb, W. Gharibi, A new efficient objective function for routing in internet of things

paradigm, in: 2016 IEEEConference on Standards for Communications and Networking, CSCN, IEEE,2016

[8] P. Levis, N. Patel, D. Culler, S. Shenker, Trickle: A self-regulating algorithm for code propagation and maintenance in wireless sensor networks, in: Proc. of the 1st USENIX/ACM Symp. on Networked Systems Design and Implementation, vol. 25

[9] Q. Le, T. Ngo-Quynh, T. Magedanz, RPL-based multipath routing protocols for internet of things on wireless sensor networks, in: 2014 International Conference on Advanced Technologies for Communications, ATC 2014, IEEE, 2014,

[10] Philip Levis, Thomas Clausen, Jonathan Hui, Omprakash Gnawali, and J Ko. 2011. The trickle algorithm. Internet Engineering Task Force, RFC6206 (2011).

[11] Tim Winter, Pascal Thubert, Anders Brandt, Jonathan W Hui, Richard Kelsey, Philip Levis, Kris Pister, Rene Struik, Jean-Philippe Vasseur, and Roger K Alexander. 2012. RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks. rfc 6550 (2012).

[12] Hazarika, Bishmita & Matam, Rakesh & Mukherjee, Mithun & Menon, Varun. (2020). DIO messages and trickle timer analysis of RPL routing protocol for UAV-assisted data collection in IoT

[13] Kevin Dominik Korte, Anuj Sehgal, Jürgen Schönwälder. A Study of the RPL Repair Process Using ContikiRPL. 6th International Conference on Autonomous Infrastructure (AIMS), Jun 2012, Luxembourg ,

دراسة فعالية إعادة بناء الشبكة الكهربائية لتغذية المدينة

طالب الدراسات العليا: لبيب حسن

كلية: الهمك - جامعة: البعث

الدكتور المشرف: سامر ربيع + د. فراس خليل

الملخص

بسبب تزايد الحملات الكهربائية والتطورات التي تطرأ عليها، تظهر ضرورة إعادة بناء شبكات تغذية المدن، وكأحد أهم الأساليب الفعالية لتطوير شبكات تغذية المدن القائمة ذات الجهد $6kV$ مثلا، يمكن استخدام ما يسمى بنظام الإدخال العميق والذي يملك عدة مزايا مقارنة مع زيادة مقاطع النواقل أو بناء خطوط نقل إضافية بنفس الجهد الاسمي.

تتلخص الأهمية العملية للبحث بالاستفادة من نتائجه عند دراسة احتمالات تطوير الشبكة الكهربائية المستخدمة لتغذية المدينة من أجل نفس الجهد الاسمي المستخدم أو من أجل جهود اسمية أعلى من الجهود المستخدمة وخاصة للجمهورية العربية السورية في مرحلة إعادة الأعمار. لحل المشكلة المطروحة في سياق البحث، تم استخدام منهجية الحسابات الفنية - الاقتصادية، وفق الطرق التالية: طريقة المربعات الأصغرية. تم إنشاء المجالات الاقتصادية للاستخدام الملائم والمنطقي للجهود الاسمية $6, 20, 66, 230kV$ والتي تميز شبكة التوزيع الكهربائية في الجمهورية العربية السورية. كما تم أخذ تكاليف المعدات الكهربائية في محطات التحويل الكهربائية بعين الاعتبار مما أدى إلى زيادة مقطع النواقل بمقدار $[4.04-6.11]$ مرة وبالتالي إنقاص ضياعات الطاقة الكهربائية عند نقلها وهذا ما يجب الانتباه إليه عند تصميم نظام النقل الكهربائي.

الكلمات المفتاحية: إعادة بناء الشبكة الكهربائية، نظام الإدخال العميق، طريقة المربعات الأصغرية، تطوير الشبكة الكهربائية، نمو أو تزايد الحملات الكهربائية.

Studying the effectiveness of rebuilding the electrical network to feed the city

Abstract

Due to the increasing electrical loads and the developments that occur in them, there is a need to rebuild cities' supply networks, and as one of the most effective methods for developing existing cities' feeding networks with a voltage of 6kV, for example, it is possible to use the so-called deep commitment system, which has several advantages compared to increasing the conductors' sections or building lines Extra transmission with the same nominal voltage. The practical importance of the research is to benefit from its results when studying the possibilities of developing the electrical network used to feed the city for the same nominal effort used or for a higher nominal effort than the used effort, especially for the Syrian Arab Republic in the stage of reconstruction. To solve the problem presented in the context of the research, the methodology of technical-economic calculations was used, according to the following methods: The method of least squares. The economic areas have been established for the appropriate and logical use of the nominal voltages 6, 20, 66, 230kV, which characterize the electrical distribution network in the Syrian Arab Republic. The costs of the electrical equipment in the electrical transmission stations were also taken into account, which led to an increase in the section of the conductors by [4.04-6.11] times, and thus a decrease in electrical energy losses when transported, and this is what must be paid attention to when designing the electric transmission system.

Key words: rebuilding of the electrical network, deep commitment system, method of least squares, development of the electrical network, growth or increase of electrical loads

1- مقدمة :

ان مفهوم خطوط التغذية في شبكة المدينة الكهربائية يعني الخطوط ذات الحدود 6-20kV والتي توصل بين مركز التغذية ومراكز التوزيع، تكون هذه الخطوط عادة عبارة عن كابلات كهربائية بمقاطع $185-240\text{mm}^2$ أو يمكن أن تكون أمراس هوائية وخاصة عند الجهود العالية. اعتمد الاتحاد السوفيتي السابق أثناء بناء شبكة تغذية المدينة بخطوط تغذية بجهود [6 – 10kV] حسب [1,2] أما في الدول الأخرى كألمانيا وفرنسا، فان خطوط التغذية تكون بجهود أسمية اعلى وخاصة الجهود [25 – 30 – 60kV].

بسبب تزايد الحمولات الكهربائية والتطورات التي تطرأ عليها، تظهر الضرورة لإعادة بناء شبكات تغذية المدن، وكأحد أهم الاساليب الفعالية لتطوير شبكات تغذية المدن القائمة ذات الجهد 6kV مثلا، يمكن استخدام ما يسمى بنظام الإدخال العميق والذي يملك عدة مزايا مقارنة مع زيادة مقاطع النواقل او بناء خطوط نقل اضافية بنفس الجهد الاسمي [3].

يُعد الإدخال العميق عبارة عن نظام تغذية كهربائية يؤمن إدخال الجهد الأعلى المناسب اقتصادياً (ويكون هذا الجهد أعلى من الجهد القائم والمستخدم) الى قضبان مركز التوزيع من مراكز التغذية المستخدم او من اي مراكز تغذية اخر [3,4].

ان استخدام نظام الإدخال العميق للجهد يؤدي الى ما يلي:

- إنقاص تيار القصر على قضبان مركز التوزيع (الحاصل عند استخدام محولات ذات استطاعة محددة)
- زيادة موثوقية التغذية الكهربائية

➤ تبسيط الحماية الكهربائية كنتيجة للاستغناء عن استخدام الحماية الموجهة للتيار الأعظمي.

➤ تحسين نظام الجهد على قضبان مراكز التوزيع بسبب تقرب أجهزة تنظيم الجهد الى مراكز الحمل [4]

ولكن في نفس الوقت، عند استخدام نظام الادخال العميق يزداد مستوى الضجيج بالقرب من مراكز التوزيع بسبب وجود محولات وارتفاع الجهد الأولي بالإضافة إلى عوامل أخرى (الصيانة، الإنشاء،...) من جهة أخرى فان تنفيذ نظام الادخال العميق باستخدام الخطوط الهوائية يلزمه تأمين مسار لممر هذه الخطوط في المدينة ولبناء محطات تحويل فرعية بالقرب من مراكز التوزيع يلزمه ايضا ان تتوفر مساحات جغرافية كافية لذلك. وبما انه لم تذكر اي اثباتات دقيقة لبارامترات نظام الادخال العميق في المراجع العلمية ما عدا بعض المعلومات العامة التي تشير الى امكانية إنفاص النفقات الاساسية ونفقات الاستثمار وقيم ضياعات الطاقة الكهربائية، سيتم في هذه الاطروحة وضع خوارزمية للاختيار المركب للبارامترات المنطقية لنظام الادخال العميق (الجهد الاسمي، مقاطع النواقل) بالاعتماد على النفقات المحولة لعمليات الاستبدال والتركيب وغيرها، وذلك باستخدام الطرق الرياضية المعروفة وخاصة طريقة المربعات الأصغرية.

في الوقت الحاضر بالنسبة لشبكات التوزيع الكهربائية في الجمهورية العربية السورية تُستخدم الجهود التالية 6,0.4kV, 20, 66, 230, 400. تُعتبر الشبكات ذات الجهود 20, 66kV هي الاطوال في الشبكة السورية [5]. ان اختيار القيمة المناسبة للجهد الاسمي لشبكة التوزيع الكهربائية، يتم وفقاً لمعايير اقتصادية فنية. وان أكثر هذه المعايير استخداماً لتحديد المستوى الامثل للجهد الاسمي هي طريقة النفقات المحولة. وبناء على هذا المعيار فقد قام معهد البحوث العلمية "اينيرغاسيت برايكيت" بتحديد انشاء مجالات

الاستخدام المنطقي للجهد الاسمي 20kV وأعلى من ذلك حسب الاستطاعه المنقولة ومسافة النقل. وبعد ذلك فقد تم وضع مثل هذه العلامات بالنسبة لشبكة المدينة الكهربائية المنفذة بالاعتماد على نقل الطاقة من خلال الكابلات. أما بالنسبة لشبكة التوزيع الكهربائية المعمول بها في الجمهورية العربية السورية حيث تُستخدم الجهود الاسمية المبينة أعلاه، وحيث تختلف اسعار المعدات الكهربائية، وضياعات الطاقة الكهربائية مقارنة مع الدول الأخرى. فان إيجاد مجالات الاستخدام المنطقي لهذا الجهد الاسمي او ذلك يثير الاهتمام الكبير ايضاً في إيجاد الحلول المناسبة للتغيرات التي يمكن أن تطرأ على الشبكة وتطورها. تُعطى المعادلات لتحديد قيم الجهد الاسمي لخطوط النقل الكهربائية بعلاقتها مع العوامل الفنية (طول الخط، الاستطاعة الكهربائية المنقولة) والتي تم الحصول عليها بناءً على تحديد العلاقة بين الجهد الاسمي وبارامترات نظام النقل الكهربائي. من المفيد والمهم مقارنة نتائج إيجاد الجهد الاسمي لشبكة التوزيع بناء على المعايير البيئية والمعايير الفنية والاقتصادية [6,7].

2- أهمية البحث:

في هذا المقال، سيتم التطرق إلى فعالية بناء نظام الادخال العميق بجهد 220-66kV بالمقارنة مع انشاء خطوط تغذية إضافية بجهد اسمي 20kV من أجل نفس مقاطع الناقل وذاك وفقاً لطريقة النفقات المحولة وأيضاً لطريقة المربعات الأصغرية. من الضروري تقييم فعالية إعادة بناء شبكة تغذية المدينة الكهربائية ذات الجهد 20kV والنتيجة عن ارتفاع الحمل وتغيراته بالاعتماد:

✓ على أسلوب التطوير واسع النطاق اي زيادة عدد خطوط الكابلات العاملة.

✓ على أسلوب التقريب الأعظمي للجهد الأعلى الأكثر ملائمة إلى مراكز الحمل.

أياً كان الأسلوب المعتمد لبناء الإدخالات العميقة يجب أن يؤمن بذات الوقت:

- نفقات محولة أصغرية.
- موثوقية عمل أعظمية للشبكة.
- القيمة الأعظمية لعدد مرات فصل تيارات القصر من قبل قواطع مراكز التغذية ومراكز التوزيع.
- مستوى ضجيج أصغري ناتج عن عمل المعدات الكهربائية.
- هبوط جهد أصغري في الشبكة.

لحل هذه المسألة، يلزم وضع مجالات تغير للعوامل النوعية المشار إليها أعلاه والكائنة في نظام الإدخال العميق، وقيم تقييم أهمية الأهداف المدروسة. يجب الحصول على الحل من أجل قيم مختلفة للعوامل المؤثرة وتبديلات متباينة لأهمية تحقيق الأهداف.

3- طريقة البحث وخطواته:

لحل المشكلة المطروحة في سياق البحث، تم استخدام منهجية الحسابات الفنية - الاقتصادية، وفق الطرق التالية: طريقة المربعات الأصغرية، طريقة النفقات المحولة. طريقة البحث تتمثل في دراسة مايلي:

- ✓ فعالية الاحتمالات الممكنة لإعادة بناء شبكة التغذية الكهربائية للمدينة والمشروطة بتغيرات وتقلبات وتطور حملها الكهربائي.
- ✓ إيجاد ورسم المجالات الاقتصادية لاختيار الجهد المنطقي لنظام الإدخال العميق لشبكة المدينة الكهربائية.
- ✓ وضع خوارزمية للاختبار المركب للجهد الاسمي ولمقاطع النواقل التي ستستخدم في نظام الإدخال العميق.

✓ تقييم فعالية الاحتمالات الممكنة لإعادة بناء شبكة التغذية الكهربائية للمدينة مع الأخذ بالاعتبارات العوامل الكمية والنوعية المؤثرة.

✓ تقييم فعالية استخدام نظام الإدخال العميق للتغذية الكهربائية للمؤسسات الصناعية عند هيكلية مختلفة لتعريف الطاقة الكهربائية المستهلكة.

وتم إجراء الأبحاث اللازمة على الحاسوب باستخدام برنامج MATLAB.

4- منهجية اختيار بارامترات شبكة التوزيع الكهربائية

4-1- خصائص الشبكات الكهربائية في الجمهورية العربية السورية.

ينقسم تاريخ الكهرباء في الجمهورية العربية السورية إلى أربع مراحل:

المرحلة الأولى: (1903-1956) تم في بدايتها إنشاء أول شركة مساهمة للجر والتوزيع

الكهربائي في دمشق، وفي الفترة (1922-1932) تم إنشاء شركات كهربائية في ست

محافظات، وفي عام 1951 تم تأميم شركات الكهرباء في كل من دمشق، حمص،

حماه، حلب. وفي بداية عام 1965 تأسست الشركة الوطنية لإنتاج وتوزيع الكهرباء في

سبع محافظات ووضعت تحت إشراف وزارة الأشغال العامة.

المرحلة الثانية: (1965-1974) في نهاية العام 1965 احدثت المؤسسة العامة

للكهرباء والحققت بها جميع الشركات الكهربائية. ثم الحققت هذه المؤسسة في العام 1966

بوزارة النفط .

المرحلة الثالثة: (1974-1994) وهي اهم محطة في تاريخ تطور الكهرباء في

الجمهورية العربية السورية، لقد احدثت عام 1974 وزارة الكهرباء وتم توزيع المناطق

الكهربائية على محافظات القطر. وتميزت هذه الفترة ببناء محطات توليد كهرومائية في

كل من سد الثورة والبعث، وإنشاء محطات توليد بخارية مختلفة مثل محطة محردة

وبانياس وغيرها، كما تم تحديث محطات أخرى.

المرحلة الرابعة: (2003-1994) تم في بدايتها إلغاء المؤسسة العامة للكهرباء وأحداث

بدلاً منها المؤسستين:

- المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية.
- المؤسسة العامة لتوزيع واستثمار الطاقة الكهربائية.

لقد واكبت هذه المرحلة تطورات كبيرة في المجالات الصناعية والاقتصادية والاجتماعية الأمر الذي ترافق مع زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية وبالتالي كان يلزم زيادة في إنتاج الطاقة الكهربائية. لذلك تم بناء محطات توليد كهروحرارية حديثة مثل محطات حلب، وجندر، والزارة ومحطة سد تشرين الكهرومائية إضافة الى توسع وتحديث محطات اخرى.

اما فيما يتعلق بالاستطاعة الاسمية المركبة في محطات التوليد الكهربائية في الجمهورية العربية السورية فقد بلغ عدد وحدات التوليد (مجموعات التوليد) العاملة في منظومة التوليد الكهربائية السورية (36) وحدة توليد بأنواعها المختلفة موزعة على محطات توليد الطاقة الكهربائية. بين الجدول (1-1) الاستطاعة الاسمية المركبة لوحدة التوليد وتوزيعها على محطات توليد الطاقة الكهربائية منذ عام 1956 وحتى عام 2010 .

[1,2]

من خلال مقارنة معطيات الجدول (1-1) مع معطيات الجدول (1-2)، نجد انه من الضروري جدا تركيب وحدات توليد اضافية في محطات التوليد القائمة، وخاصة في تلك المحطات القابلة للتوسع عن طريق إضافة وحدات توليد جديدة مثل محطة الزارة، ومحطة جندر، او انشاء محطات توليد جديدة (مثل محطة حلب دير علي، الرستين)، إضافة الى الربط الكهربائي مع الدول المجاورة. انظر الملحق رقم (1) الذي يتضمن التوزيع الجغرافي لمحطات التوليد الرئيسية في المنظومة الكهربائية السورية، ومعلومات عن المواقع الجغرافية لها وتكاليف إنشائها ومكوناتها ومواصفاتها.

نتيجة زيادة الطلب على الطاقة في عام 2002، فقد قفز إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية من 26712GWh عام 2011 إلى 28012GWh عام 2002. وهذا يعادل نسبة تطور قدرها %4.87، ووصل إجمالي الإنتاج عام 2010 إلى 43887GWh أي بمعدل نمو قدره %56.7 عن عام 2002 وهي نسبة كبيرة تدل على التطور لجميع قطاعات الاستهلاك في الجمهورية العربية السورية خلال تلك الفترة كما هو مبين في الجدول (1-3).

تم تغطية القسم الرئيسي من احتياجات الطلب على الطاقة الكهربائية من خلال محطات التوليد الكهروحرارية التابعة للمؤسسة العامة للتوليد، والتي ساهمت بنسبة تزيد عن %91.1 من إجمالي التوليد لعام 2002.

الجدول 1-1: الاستطاعات الأسمية المركبة لوحدات التوليد الكهربائية في سورية

تاريخ الدخول بالخدمة	نوع الوقود أو المسقط المائي	الاستطاعة الإجمالية [MW]	الاستطاعة الأسمية المركبة [MW]	نوع العنفة
				أولاً
العنفات البخارية				
المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة				
1979- 1988	نفط ثقيل وغاز	630	2 × 150 + 2 × 165	محطة مجردة
1982- 1987	نفط ثقيل	680	4 × 170	محطة بانياس
1969- 1981	نفط ثقيل	104	3 × 30 + 1 × 14	محطة قطيئة
1993- 1994	نفط ثقيل + غاز	400	2 × 200	محطة تشرين

دراسة فعالية إعادة بناء الشبكة الكهربائية لتغذية المدينة

1997	نفط ثقيل + غاز	1000	5 × 200	محطة حلب	
2000	نفط ثقيل + غاز	660	3 × 220	محطة الزارة	
قطاعات عامة أخرى					-2
19884	نفط ثقيل + غاز	64	2 × 32	مصفاة حمص	
1988	نفط ثقيل	48	4 × 12	مصفاة بانياس	
العنفات الغازية					ثانياً
المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية					
1988	مازوت	30	1 × 30	محطة محددة	
1988	مازوت	30	1 × 30	محطة بانياس	
1987	مازوت	30	1 × 30	محطة حلب	
-1988 1989	غاز	150	5 × 30	محطة السويدية	

كما يوضح الجدول (1-2) توزيع الاستطاعة المركبة لمحطات التوليد في المنظومة الكهربائية السورية حسب نوع وحدات التوليد المستخدمة فيها ونسبة مشاركة كل منها بالنسبة للاستطاعة المركبة الكلية [1,2].

الجدول 1-2: توزيع الاستطاعة لمحطات التوليد في المنظومة الكهربائية السورية

2000		2001		2002		2010		الاستطاعة المركبة [MW]
[MW]	%	[MW]	%	[MW]	%	[MW]	%	
3636	54.3	3636	53.4	3636	51.8			وحدات بخارية
1250	18.7	1250	18.4	1250	17.8			وحدات بخارية التابعة لمؤسسة التوليد
600	9	600	8.8	600	8.6			دارة مركبة
1213	18.1	1318	19.4	1528	21.8			عنفات مائية
6699	100	6804	100	7014	100			المجموع

كما يوضح الجدول (1-3) ميزات الطاقة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية

الجدول (1-3) ميزات الطاقة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية

2000	2001	2002	الطاقة الكهربائية GWh
25217	26712	28012	إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية
1151	1328	1376	الاستهلاك الذاتي في محطات التوليد
586	624	613	الاستهلاك الخاص في منشآت القطاع العام
1418	1387	803	التصدير
0	115	111	الاستيراد
22062	23488	25331	الطاقة المعدة للاستهلاك في القطر

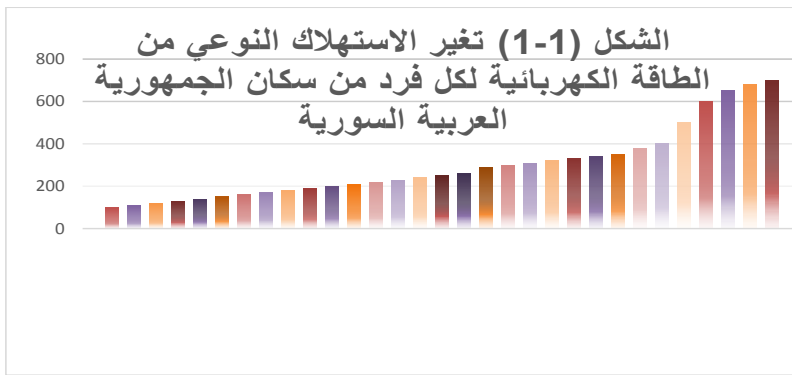
تشير الإحصائيات حسب وزارة الكهرباء إلى أن الطلب على الطاقة الكهربائية في تزايد متنامي موضح في الجدول (1-4) قبل الأزمة التي تعرضت لها حوامل الطاقة والتخريب الممنهج لها.

الجدول (1-4): الطلب المتوقع على الطاقة الكهربائية والاستطاعة حسب الخطط الخمسية

السنوات	2005	2010	2015	2020
الطاقة الكهربائية GWh	31769	43887	57749	72678
الاستطاعة الكهربائية MW	5496	7593	9842	12386

في عام 2010 تم إنتاج $32.5 \times 10^9 kWh$ من الطاقة الكهربائية بما فيها $6 \times 10^9 kWh$ من المحطات الكهرومائية اي بنسبة مشاركة قدرها 18.4% ومن المحطات الكهروحرارية تم إنتاج ما يعادل $26.5 \times 10^9 kWh$ بنسبة مشاركة قدرها 81.6% كما مبين في الجدول (1-1).

في حالة النمو الموحد للاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية لكل فرد من سكان الجمهورية العربية السورية خلال سنوات الفترة المدروسة والتي تم خلالها الحصول على المعلومات الاحصائية المذكورة فإن الرسم البياني للتغيرات في الاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية ستأخذ الشكل المبين في الشكل (1-1) وفقا للمعطيات المبينة في الجدول (1-5) ..



الشكل (1-1): تغير الاستهلاك النوعي من الطاقة الكهربائية

تبين العلاقة الرياضية (1-1) التي تربط بين الاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية لكل فرد من سكان الجمهورية العربية السورية ورقم السنة خلال الفترة المدروسة. حيث أن الشكل (1-1) يبين العلاقة التي تربط بين قيمة الاستهلاك النوعي من الطاقة الكهربائية لكل فرد W ورقم السنة T التي يمكن أن نكتب بمساعدة طريقة المربعات الأصغرية على شكل علاقة خطية أو غير خطية كما الآتي:

$$W = \alpha_0 + \alpha_1 T \quad (1-1)$$

$$W = A_0 + B_1 T^{\alpha_2} \quad (2-1)$$

α_0 , A_0 ثوابت

α_1 , B_1 عوامل تتعلق برقم السنة خلال الفترة المدروسة

α_2 عامل بدون ابعاد

الجدول (5-1) المؤشرات الأساسية لتطور قطاع الطاقة الكهربائية في الجمهورية العربية السورية

اسم المؤشر	سنوات الفترة المدروسة									
	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010
الاستطاعة المركبة في محطات التوليد	1167	1469	4357	3955	3944	3944	3944	5900	6300	11281,5
انتاج الطاقة الكهربائية kWh	2,639	5,473	7,591	10,386	12,256	13	13,5	25,1	32,5	39,6
معدل استهلاك الطاقة الكهربائية للفرد الواحد في الساعة kWh	102	186	228	279	322	336	341	523	648	754

الجدول (1-6) القيم النظرية والتجريبية للاستهلاك النوعي من الطاقة الكهربائية للفرد الواحد في الجمهورية العربية السورية

رقم السنة	$W_i[kWh]$	$W_x[kWh]$	$W_0[kWh]$
1	2	3	4
1	102	54,606	103,125
2	118,8	73,681	105,739
3	135,6	92,756	110,267
4	152,4	111,831	116,516
5	169,2	130,906	124,465
6	186	149,981	134,097
7	194,4	169,056	145,399
8	202,8	188,131	158,36
9	211,2	207,206	172,971
10	219,6	226,281	189,222
11	228	245,356	207,107
12	238,2	264,431	226,614
13	248,4	283,506	246,752
14	258,6	302,581	270,499
15	268,8	321,656	294,857
16	279	340,731	320,821

17	322	359,806	348,385
18	336	378,881	377,546
19	341	397,956	408,3
20	363,75	417,031	440,643
21	386,5	436,106	474,577
22	409,25	455,181	510,082
23	432	474,256	549,172
24	454,75	493,331	5858,837
25	477,5	512,406	626,076
26	500,25	531,481	667,886
27	523	550,556	711,263
28	648	569,631	756,206
29	683,333	588,706	802,711
30	718,666	607,781	850,777
31	754	626,856	900,401

قيم العوامل α_0 و α_1 يمكن تحديدها حسب العلاقتين (3-1)، (4-1) [18]

$$\alpha_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i - \bar{T} \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T}) W_i}{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})} \quad (3-1)$$

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T}) W_i}{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})} \quad (4-1)$$

T_i : رقم السنة (..... 3, 2, 1)

\bar{T} : القيمة الوسطية لأرقام السنة للفترة المدروسة

W_i : الاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية من قبل فرد من السكان في السنة الواحدة

n حجم العينة

بالتعويض القيم الواردة في الجدول (6-1) بالعلاقة (3-1)، والعلاقة (4-1) يتم

الحصول على:

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i - \bar{T} \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T}) W_i}{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})} \\ &= \frac{10563}{31} - 16 \frac{47307,653}{2480} = 35,531 \text{ [kwh]} \end{aligned}$$

$$\alpha_1 = \frac{47307,653}{2480} = 19,075 \text{ [kwh/year]}$$

بالتالي العلاقة بين W و T سُكِّتَب حسب معادلة الانحدار التالية:

$$W_x = 35,531 + 10,075 T \quad (5-1)$$

تم وضع القيم النظرية W_x والتي حصلنا عليها من أجل مجموعة من القيم الاحصائية

من العلاقة (5-1) في الجدول (6-1)

العلاقة (6-1) تبين الانحراف المعياري σ في تحديد قيمة W_x وفقاً للعلاقة (5-1)

يكون على النحو التالي:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{W_i - W_x}{W_i} \right)^2} \cdot 100\% \quad (6-1)$$

W_x : القيم النظرية التي تم الحصول بالاعتماد على العلاقة (5-1)

بتعويض المعطيات الواردة من الجدول (6-1) في العلاقة (6-1)، حيث يتم الحصول

على البارامتر عندها $\sigma_1 = 18,44\%$ سيكون الخطأ (Δ) في تحديد القيم النظرية:

$$\Delta = \frac{\sigma}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i} \quad (7-1)$$

عند تعويض قديم كل من σ ، n و W_i من الجدول (6-1) في العلاقة (7-1) سيكون

الخطأ بعد الحساب على الشكل التالي:

$$\Delta_1 = 0,054\%$$

قيم العوامل β_1, α_2 تُحدد كما في [8]

$$\log \beta_1 \cdot n + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \log T_i = \sum_{i=1}^n \log w_i \quad (8-1)$$

$$\log \beta_1 \cdot n - \alpha_2 \sum_{i=1}^n \log T_i = \sum_{i=1}^n \log w_i \cdot \log T_i \quad (9-1)$$

بالتبديل في العلاقتين (8-1)، (9-1) بالقيم المعطاة في الجدول (6-1) سنحصل على

$$\beta_1 = 0,963 \text{ kwh/year}$$

$$\alpha_2 = 1,957$$

وبالتالي العلاقة بين T و W ستكتب على النحو التالي:

$$w_0 = 102 + 0,963T^{1,957} \quad (10-1)$$

ان القيم النظرية w_0 التي تم الحصول عليها بالعلاقة (10-1) من أجل مجموعة من القيم الاحصائية المعطاة في الجدول (2-1). باستخدام معطيات الجدول (6-1) من أجل العلاقتين (6-1)، (7-1) سنحصل على

$$\alpha_2 = 20,812 \%$$

$$\Delta_2 = 0,061\%$$

إن تحديد تغير الاستهلاك النوعي من قبل كل فرد من سكان الجمهورية العربية السورية خلال الفترة المدروسة يتم وفقاً للعلاقات (5-1) و(10-1) بنسبة دقة مقبولة للحسابات العلمية.

4-2 اختيار الجهد الاسمي لخط نقل القدرة الكهربائية

تصمم مكونات المنظومة الكهربائية (المولدات، والمحولات، الكابلات،...) لتعمل عند جهد محدد لفترة زمنية بشكل طبيعي، بحيث يؤمن هذا الجهد عمل هذه التجهيزات طبقاً لمواصفاتها الفنية والاقتصادية الملائمة يسمى هذا الجهد بالجهد الاسمي. فعلى سبيل المثال تتعلق القدرة التمريضية لخط النقل بالجهد الاسمي اي الاستطاعة الحدية التي يمكن نقلها على هذا الخط من أجل مسافة معينة ومقطع نواقل معطى. من المعروف أيضاً أن هبوط الجهد على الخط يتناسب عكساً مع مستوى الجهد الاسمي، بينما ضياعات الاستطاعة تتناسب عكساً مع مربع الجهد

إن تحديد الجهد الاسمي الملائم لمكونات المنظومة الكهربائية يسمح باختيار نوع ومقاطع النواقل ضمن المسافة التي تؤمن سلامة العمل بأقل الضياعات الفنية والاقتصادية. [9,10].

هناك عدة علاقات تساعد بتحديد قيم الجهد الاسمي لخطوط النقل تبعاً للمؤشرات الفنية كطول خط النقل والاستطاعة المنقولة فيه. تحدد علاقة ستيل قيمة الجهد الاسمي كتابع لطول الخط. والاستطاعة المنقولة وفق الشكل التالي:

$$U = 4,34\sqrt{L + 0,016P} \quad kv \quad (11-1)$$

U: الجهد الاسمي [kV]

L: طول خط النقل [km]

P: الاستطاعة المنقولة [kW]

تُعتبر هذه العلاقة مناسبة لاختيار الجهد الاسمي من أجل أطوال خطوط نقل أقل من 250km واستطاعة منقولة لا تتجاوز 60MW أي أن هذا المجال لمسافة النقل والاستطاعة المنقولة يغطي جميع شبكات التوزيع الكهربائية. أما من أجل نقل استطاعة أكبر من 60MW ولمسافة تزيد عن 250Km، يتم استخدام علاقات أخرى [11,12,13].

اعتماداً على العلاقة (11-1) يمكن الحصول على النتائج المبينة في الجدول (7-1). وتظهر هذه النتائج كما في الشكل (2-1) انه لنقل استطاعة قيمتها حتى 1,5MW ولمسافة حتى 10km فالجهود الاسمية الملائمة هي (7-25,3)kV

ان العلاقات المعطاة والتي تأخذ بعين الاعتبار الخصائص الفنية فقط للنقل الكهربائي تسمح بتحديد قيمة تقريبية فقط للجهد الاسمي للخط، ولكن من أجل الاختيار المبرر لبارامترات الشبكة بما فيها جهدها الاسمي فمن الضرورة أيضاً إضافة إلى الخصائص الفنية الاخذ الجانب الاقتصادي بعين الاعتبار.

الجدول (7-1): نتائج الحسابات وفق العلاقة (11-1)

الاستطاعة المنقولة MW	قيم الجهد الاسمي U [kv] عند مسافة نقل [L km]			
	1	3	7	10
0,1	7	9,3	12,72	14,78
0,5	13,02	14,39	16,8	18,41
1	17,89	18,91	20,81	22,129
1,5	21,7	22,55	24,16	25,3

يبين الشكل (2-1) العلاقة بين مستوى الجهد والاستطاعة المنقولة لعدة أطوال من خطوط النقل، حيث يبين الشكل (2-1) أن العلاقة غير خطية بين الجهد الاسمي وقيمة الاستطاعة المنقولة



الشكل (2-1): علاقة مستوى الجهد الاسمي مع مسافة النقل

اعتماداً على العلاقة (11-1)، يمكن ملاحظة الآتي:

يجب اختيار بارامترات شبكة التوزيع الكهربائية (الجهد الاسمي ومقطع النواقل) بحيث تؤمن من جهة القدرة التمريية المطلوبة P وتؤمن ضياعات الجهد المسموح بها ΔU من جهة أخرى. إن القدرة التمريية للخط تكون محدودة باستمرارية التيار المسموح به I_d وفقاً شروط التحميل الحراري للنواقل، أي:

$$P_d = \sqrt{3}UI_d \cos \varphi \Rightarrow \sqrt{3}I_d = \frac{P_d}{U \cos \varphi} \quad (12-1)$$

:زاوية فرق الطور بين شعاعي الجهد والتيار

تُعطى ضياعات الجهد لخط النقل من أجل تيار I_d ، بالعلاقة [21-23]:

$$\Delta U = \sqrt{3}I_d \cdot Z \Rightarrow \sqrt{3} I_d = \frac{\Delta U}{Z} \quad (13-1)$$

الممانعة الكلية للخط $Z = (r_0 + jx_0) \cdot L$

(r_0, x_0) : المقاومة الأومية والمفاعلة التحريضية لواحدة الطول مقدرة بالكيلومتر 1km

من الخط [6]

من العلاقات (12-1) و(13-1) يمكن الحصول:

$$\frac{P_d}{U \cos \varphi} = \frac{\Delta U}{Z} \quad (14-1)$$

مع العلم أن

$$\Delta U = \alpha \cdot U \quad (15-1)$$

حيث: $\alpha < 1$ عامل يأخذ بعين الاعتبار نسبة ضياعات الجهد من القيمة الاسمية للجهد.

بتبديل قيمة ΔU المعطاة في العلاقة (15-1) بالعلاقة (14-1)، نحصل على العلاقة

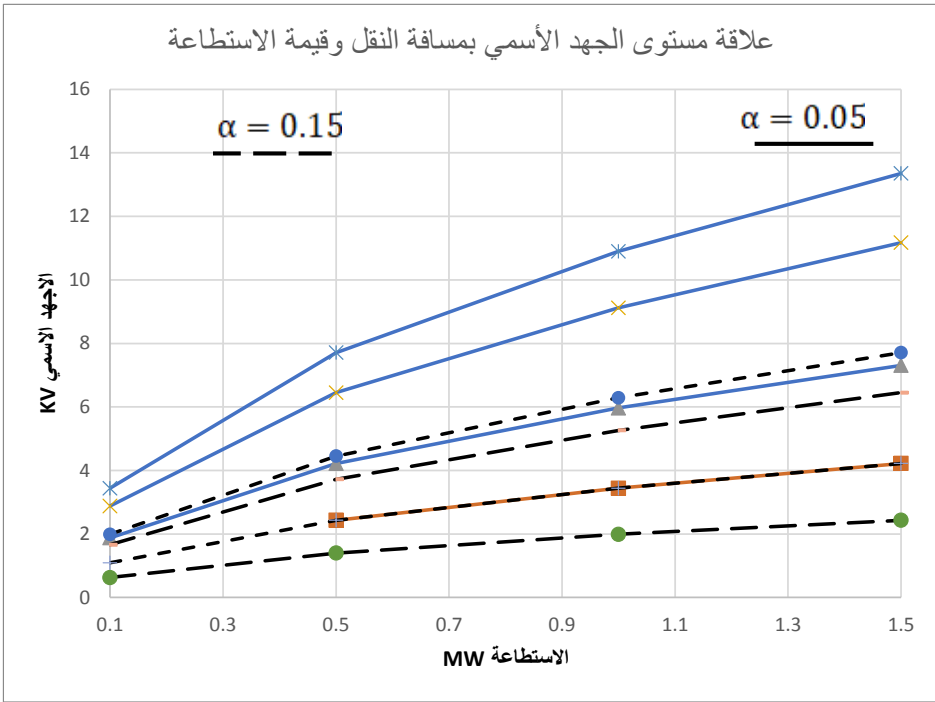
(16-1):

$$U = \sqrt{P_d \cdot L \frac{|(r_0 + jx_0)|}{\alpha \cos \varphi}} \quad (16-1)$$

من أجل نواقل ذات مقاطع $AC - 50mm^2, AC - 95mm^2$ والمستخدم في خطوط النقل الكهربائية الهوائية بجهود حتى 20KV فإن قيمة $(Z = (r_0 + jx_0))$ تتغير بشكل بسيط $(0.53 - 0.54)\Omega/Km$. بتطبيق العلاقة (1-16) من أجل تغير كل من الاستطاعة المنقولة P ومسافة النقل L والعامل α . من أجل عامل استطاعة قدره $\cos \varphi = 0,9$ ، نحصل على النتائج المبينة في الجدول (1-8)، والشكل (1-3).

الجدول (1-8): علاقة مستوى الجهد الاسمي بكل من الاستطاعة المنقولة ومسافة النقل

الاستطاعة المنقولة P_d [MW]	α	قيم الجهد الاسمي U_0 [kV] عند مسافة نقل L [km]			
		1	3	7	10
1	2	3	4	5	6
0.1	0,05	1,09	1,88	2,88	3,44
	0,15	0,63	1,09	1,66	1,99
0.5	0,05	2,43	4,22	6,45	7,71
	0,15	1,4	2,43	3,72	4,45
1.0	0,05	3,44	5,97	9,12	10,9
	0,15	1,99	3,44	5,26	6,29
1.5	0,05	4,22	7,31	11,17	13,35
	0,15	2,43	4,22	6,453	7,71



الشكل (3-1): علاقة مستوى الجهد تبعاً للاستطاعة المنقولة من أجل $\alpha =$

0.15 و 0.05

كما هو واضح في الجدول (8-1)، وفي الشكل (3-1) فإن نقل نفس الاستطاعات المبينة في الشكل (2-1) إلى نفس المسافات يمكن تنفيذه باستخدام جهود اسمية أقل بكثير عما هو موجود في الشكل (2-1). مثلاً، فإن نقل استطاعة حتى 1.5MW يمكن تحقيقه عند جهد اسمي أقل بـ(1.89-11.1) مرة من أجل $\alpha = 0.15$, $\alpha = 0.05$ مقارنة مع الجهد الاسمي الذي تم حسابه بالعلاقة (11-1). هذه المقارنة تبرر ضرورة التحقق من مستوى الجهد الاسمي المختار وفقاً لقيمة ضياعات الجهد. إيجاد نتائج مشابهة من أجل خطوط نقل كهربائية بالكابلات، مع العلم أن نتائج الحسابات بالعلاقة (16-1) أكدت ذلك.

سيتم تحديد مستوى الجهد الاسمي من شرط تحقيق القيمة المسموح بها لهبوط الجهد فقط، مع الأخذ بعين الاعتبار أن ضياعات الجهد المحددة كفرق جبري بين قيم الجهد

بين بداية ونهاية خط النقل تؤخذ مساوية للمركبة الحديدية لهبوط الجهد، وتحدد قيمتها من خلال العلاقة التالية [14,15]:

$$\Delta U = \frac{(P \cdot r_0 + Qx_0) \cdot L}{U} \quad (17-1)$$

$$\Delta U = \frac{P \cdot L \cdot (r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi)}{U}$$

Q: الاستطاعة الرديية المنقولة MVAr

باستبدال قيمة ΔU من العلاقة (15-1) في العلاقة (17-1)، نحصل على العلاقة (18-1) التالية:

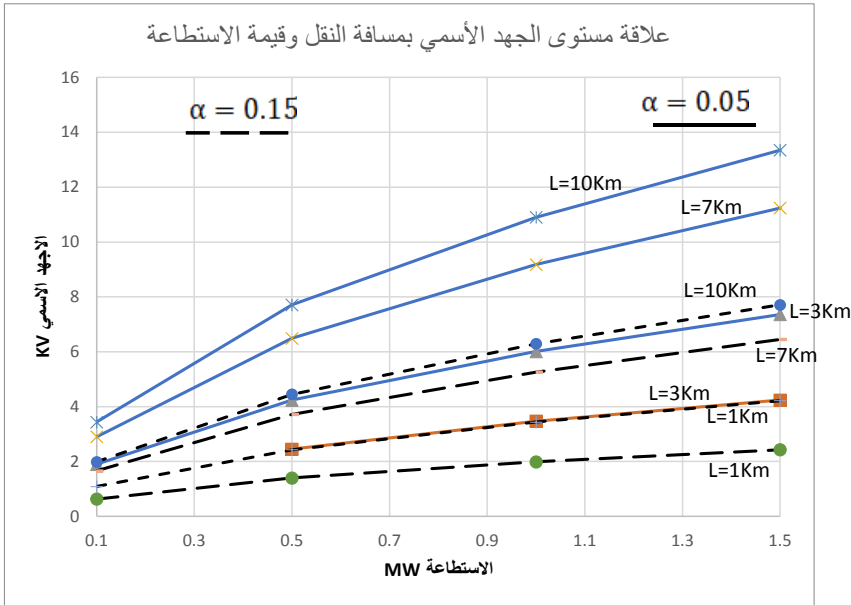
$$U = \sqrt{\frac{P \cdot L \cdot (r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi)}{\alpha}} \quad (18-1)$$

من خلال العلاقة (18-1) من أجل تغيير مسافة النقل والاستطاعة على خطوط النقل الهوائية ذات المقاطع 70mm^2 بشرط $(\alpha = 0.05, \alpha = 0.15)$ المبينة في الجدول (9-1) والموضحة في الشكل (4-1).

الجدول (9-1): علاقة مستوى الجهد الاسمي بكل من الاستطاعة المنقولة ومسافة

النقل

P_d [MW] الاستطاعة المنقولة	α	قيم الجهد الاسمي U_0 [kV] عند مسافة نقل L [km]			
		1	3	7	10
1	2	3	4	5	6
0.1	0,05	1,09	1,9	2,9	3,44
	0,15	0,63	1,09	1,67	2,0
0.5	0,05	2,45	4,24	6,49	7,75
	0,15	1,41	2,44	3,74	4,47
1.0	0,05	3,47	6,01	9,18	10,97
	0,15	2,0	3,46	5,29	6,32
1.5	0,05	4,24	7,36	11,24	13,43
	0,15	2,44	4,24	6,48	7,73



الشكل (4-1): علاقة الجهد الاسمي مع الاستطاعة المنقولة لخطوط مختلفة الطول

حسب العلاقة (18-1)

من الجدول (9-1)، والشكل (4-1)، يُلاحظ أن قيمة الجهد الاسمي التي تم الحصول عليها من العلاقتين (16-1)، و(18-1) لنقل استطاعة حتى 1.5MW ولمسافة حتى 10Km بواسطة خطوط النقل الكهربائية الهوائية والكابلات متساوية فيما بينها.

تم إعطاء العلاقات الخاصة بتقييم مستوى الجهد الأمثل لشبكة التوزيع الكهربائية والتي وضعت بالاعتبار كلفة كل من خط النقل الكهربائي ومعدات محطة التحويل الكهربائية النهائية [16]. لذلك فإن كلفة المنشآت الكهربائية المذكورة أعطيت كعلاقة خطية مع مقطع النواقل والجهد الاسمي لخط النقل المعبر.

القيمة المثلى لجهد شبكة التوزيع الكهربائية U_0 تُحدد وفقاً للنقاط التالية:

أولاً: دالة الهدف تتضمن فقط كلفة بناء خط النقل عندها تكون الكلفة الكلية لكل كيلو متر من خط النقل C_L مع الأخذ بالاعتبار كلفة ضياعات الحمل الكهربائية المعطاة بالعلاقة:

$$C_L = C_{L0} + C_{L1}U + C_{L2}F + \frac{K_0 I^2}{F} \quad (19-1)$$

حيث:

C_{L0} ثابت

C_{L1} و C_{L2} عوامل تُعبر عن كلفة خط النقل الكهربائي وتتعلق بالجهد ومقطع النواقل على التوالي:

U : جهد الخط (V)

I : التيار الكهربائي (A)

F : مقطع النواقل (mm^2)

يمكن حساب قيمة البارامتر K_0 انطلاقاً من العلاقة (20-1)

$$K_0 = 3\rho\tau\beta_0 \quad (20-1)$$

ρ المقاومة النوعية لنواقل مقطعه 1mm^2 وطوله 1km [$\Omega\text{mm}^2/\text{km}$]

τ زمن الضياعات [h]

β_0 ثمن الكwh من ضياعات الطاقة الكهربائية.

باعتبار أن خط النقل يجب أن يمتلك قدرة تمريرية محدودة للشروط التصميمية، وبناء على ذلك فيمكن وضع دالة لاغرانج كما يلي:

$$V = C_{L0} + C_{L1}U + C_{L2}F + \frac{K_0 I^2}{F} - \lambda(UI - P/\sqrt{3}) \quad (21-1)$$

λ عامل لاغرانج غير المحدد.

بمفاضلة العلاقة (21-1) بالنسبة للجهد ومقطع النواقل والتيار على التوالي ومساواة مشتقاتها الأولى مع الصفر نحصل على :

$$\begin{aligned} C_{L1} &= \lambda \cdot I_0 \\ C_{L2} &= K_0 \frac{I_0^2}{F_0^2} \\ \lambda \cdot U_0 &= \frac{2I_0 \cdot K_0}{F_0} \end{aligned} \quad (22-1)$$

I_0, F_0, U_0 : القيم المثلى للتيار ومقطع النواقل والجهد الاسمي.

من العلاقة (22-1) يمكن استنتاج أن:

$$\lambda = \frac{C_{L1}}{I_0}$$

$$\lambda = \frac{2K_0 I_0}{F_0} \quad \text{أو} \quad \lambda = \frac{2\sqrt{C_{L2} K_0}}{U_0}$$

بمساواة الطرف الايسر مع الطرف الايمن للعلاقات، يمكن تحديد قيمة U_0 على النحو الآتي:

$$U_0 = \frac{(2\sqrt{C_{L2} K_0})}{C_{L1}} I_0$$

بتعويض قيمة التيار المثلى I_0 من خلال العلاقة التالية: $I_0 = \frac{P}{\sqrt{3}U_0}$ ومنه تم الحصول على العلاقة (23-1) المبينة:

$$U_0 = \sqrt{\frac{(2P \cdot \sqrt{C_{L2} K_0})}{\sqrt{3} C_{L1}}} \quad (23-1)$$

من جهة أخرى، يمكن التعبير عن التيار كتابع للجهد في العلاقة (22-1) حيث تظهر المشتقات بشكل آخر على النحو الآتي:

$$\frac{C_{L1}}{I_0} = \frac{2I_0 \cdot K_0}{F_0 \cdot U_0}$$

ومنه:

$$U_0 = 2 \cdot F_0 \cdot \frac{C_{L2}}{C_{L1}} \quad (24-1)$$

يتضمن الجدول (10-1) نتائج للحسابات المنفذة وفق العلاقتين (23-1)، و(24-1) ولطول خط نقل مساوي لـ 10Km. بالاستعانة بالمعطيات المعطاة من المرجع [17] حيث تم اعتبار أن $C_{L1} = 0.2\$/(\text{Km})$ ، $C_{L2} = 75\$/(\text{Km})$ ، $K_0 = 200\$/(\text{Km})$ ومنه يتم وضع النتائج في الجدول (10-1).

الجدول (10-1): قيم الجهد الأمثل للشبكة تبعاً لمقطع الناقل والاستطاعة وفق العلاقاتين (23-1)، (24-1)

$F_0 [mm^2]$	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
$U_0 [kV]$ العلاقة (24-1)	18.75	26.25	37.5	52.5	71.25	90	112.5	138.75	180	225
$U_0 [kV]$ العلاقة (23-1)	22.2	31.8	45.2	63.4	86.1	109.08	136.37	168	218.4	272.18
$P [MW]$	0.7	1.43	2.4	5.7	10.5	16.8	26.3	40	67.3	105

من الجدول (10-1)، فإن مستويات الجهد الاسمي التي تم الحصول عليها باستخدام العلاقة (23-1) اعلى من قيم مستويات الجهد الاسمي التي تم الحصول عليها وفق العلاقة (24-1) تقريباً بحوالي 1.2 مرة، ان هذه النتيجة تم الحصول عليها من اجل الاستطاعات المنقولة التي تؤمن كثافة تيار في نواقل خط النقل مساوية للقيمة $1[A/mm^2]$ حيث يمكن أن تتطابق نتائج الحسابات بالعلاقاتين (23-1)، (24-1) بحيث تكون كثافة التيار في نواقل خط النقل مساوية لـ $0.68[A/mm^2]$ وهكذا فإن الدراسة حسب العلاقة (1-24) لتقييم مستوى الجهد الاسمي ستؤدي الى اخطاء كبيرة تقارب الـ 20%.

ثانياً: إذا تضمنت دالة الهدف كل من كلفة بناء خط النقل وكلفة المعدات الكهربائية في محطة التحويل فإن دالة لاغرانج سنكتب على النحو التالي:

$$V_1 = (LC_{L0} + C_{SS0}) + (LC_{L1} + C_{SS1})U + LC_{L2}F + L \frac{k_0 I^2}{F} + C_{SS2} \sqrt{3}UI + C_{SS3}I - \lambda(UI - P/\sqrt{3}) \quad (25-1)$$

حيث:

C_{SS0} ثابت

C_{SS1} , C_{SS2} , C_{SS3} عوامل تأخذ بالاعتبار كلفة المعدات الكهربائية لمحطة التحويل

والمعلقة بكل من الجهد والاستطاعة والتيار على التوالي.

بمفاضلة العلاقة (25-1) بالنسبة للجهد ومقطع النواقل والتيار على التوالي ومساواة

المشتقات الاولى مع الصفر سنحصل على:

$$\begin{aligned} (LC_{L1} + C_{SS1}) + C_{SS2}\sqrt{3}I_0 &= \lambda I_0 \\ LC_{L2} &= L \frac{k_0 I^2}{F^2} \\ L \frac{2k_0 I_0}{F_0} + C_{SS2}\sqrt{3}U_0 + C_{SS3} &= \lambda U_0 \end{aligned} \quad (26-1)$$

من العلاقة (26-1) نستنتج أن:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{(LC_{L1} + C_{SS1}) + C_{SS2}\sqrt{3}I_0}{I_0} \\ \lambda &= \frac{L \frac{2k_0 I_0}{F_0} + C_{SS2}\sqrt{3}U_0 + C_{SS3}}{U_0} \end{aligned}$$

بمساواة طرفي العلاقات (26-1) نحصل على:

$$U_0 = \frac{2L\sqrt{C_{L2}k_0} + C_{SS3}}{LC_{L2} + C_{SS1}} I_0 \quad [V] \quad (27-1)$$

باستبدال قيمة I_0 بقيمتها المساوية لـ $I_0 = \frac{P}{\sqrt{3}U_0}$ ليتم الحصول على العلاقة التالية

لتحديد القيمة المثلى للجهد:

$$U_0 = \sqrt{\frac{2L\sqrt{C_{L2}k_0} + C_{SS3}}{\sqrt{3}(LC_{L1} + C_{SS1})}} P \quad [V] \quad (28-1)$$

ان الطريقة الاكثر ملاءمة لحل المعادلات (26-1) كما هو الحال بالنسبة للعلاقات

(22-1) كالتالي:

$$\frac{L \frac{2k_0 I_0}{F_0} + C_{SS2}\sqrt{3}U_0 + C_{SS3}}{U_0} = \frac{(LC_{L1} + C_{SS1}) + C_{SS2}\sqrt{3}I_0}{I_0}$$

$$U_0 = \frac{I_0}{LC_{L1} + C_{SS1}} : \text{ومنه} \quad U_0 = \frac{(2Lk_0 I_0^2 / F_0) + C_{SS3} I_0}{LC_{L1} + C_{SS1}}$$

$$I_0 = F_0 \sqrt{\frac{C_{L2}}{K_0}} \quad \text{لو عوضنا هذه العلاقة بالقيمة}$$

$$U_0 = F_0 \frac{2LC_{L2} + C_{SS3}\sqrt{C_{L2}/K_0}}{LC_{L1} + C_{SS1}} \quad (29-1)$$

يتضمن الجدول (11-1) نتائج الحسابات المنفذة بالعلاقات (29-1) و (28-1) مستخدمين معطيات المرجع [17] من أجل مسافة نقل مساوية لـ 10km وأيضاً

$$C_{SS3} = 3000 \$, C_{SS1} = 16 \$$$

يوضح الجدول (11-1) أن مستويات الجهود التي يتم الحصول عليها من العلاقة (1-1) (28) أعلى من قيم الجهود المحسوبة من العلاقة (29-1) وذلك بحوالي 1,2 مرة أيضاً. هذه النتيجة تم الحصول عليها من أجل استطاعات منقولة بمقدارها تأمين كثافة تيار في نواقل خط النقل عند المستوى لـ $1[A/mm^2]$ سيتحقق تطابق نتائج الحسابات بالعلاقين (29-1) و (28-1) كما هو الأمر لنتائج الحسابات باستخدام العلاقات (1-24) و (1-23) عند مستوى كثافة تيار في نواقل خط النقل الكهربائي مساوية لـ $0.68[A/mm^2]$.

إن الأخذ بالاعتبار لكلفة المعدات الكهربائية لمحطة التحويل سيؤدي إلى إنقاص المستوى الأمثل للجهود الاسمي بحوالي 4 مرات. وهذا يدل على ضرورة إدخال ثمن (كلفة) المعدات الكهربائية لمحطة التحويل في دالة الهدف.

وهكذا يمكننا القول: انه عند استخدام الطريقة الفنية الاقتصادية لاختيار مستوى الجهد الاسمي لشبكة التوزيع الكهربائية من الضروري اعتبار كلفة معدات محطة التحويل الكهربائية. بالإضافة إلى ذلك وكما هو واضح من العلاقات التي يتم استنتاجها، فإن مستوى الجهد الاسمي يتعلق بمقطع النواقل، والتي يجب اختيارها بناءً على النماذج الأمثل. لذلك يبدو لنا أن بارامترات خط النقل الكهربائي وخاصة جهده ومقطعه يجب أن يتم اختيارها معاً، أي وفقاً للنموذج الأمثل المُعبر عنه بالعلاقين (23-1)، و (24-1). أو ذلك النموذج في حالة الاعتماد على العلاقتين (28-1)، و (29-1) حيث يجب

تأمين كثافة تيار أصغرية وبالتالي ضياعات طاقة كهربائية أصغرية عند نقل هذه الاستطاعة.

يبين الجدول (11-1) قيم الجهد الأمثل للشبكة وملائمتها مع مقطع النواقل والاستطاعة المنقولة.

الجدول (11-1) قيم الجهد الأمثل للشبكة وملائمتها مع مقطع النواقل والاستطاعة

المنقولة

$F_0[\text{mm}^2]$	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
U_0 [kv] الجهد المحدد بالعلاقة (1-29)	4,63	6,47	9,25	12,95	17,57	22,2	27,75	34,22	44,4	55,5
U_0 [kv] الجهد المحدد بالعلاقة (1-28)	5,6	7,85	11,22	15,11	21,32	26,94	33,67	41,53	53,88	67,35
P[MW]	0,18	0,353	0,72	1,413	2,6	4,152	6,488	9,868	16,61	25,95

5- تحديد المجالات الاقتصادية للاستخدام المنطقي للجهود -66-20-6-0.4
230-400kv في المنظومة الكهربائية للجمهورية العربية السورية.

يمكن تحديد المناطق الاقتصادية لاختيار الجهد الاسمي بالنسبة للشبكة السورية عند سويات جهد 6-10kv حيث سيكون هناك اختلاف كبير في قيم تكاليف إنشاء خطوط النقل بالجهود المدروسة المجاورة وتجهيزات محطات التحويل النهائية، بالإضافة إلى كلفة الكيلو واط الساعي الواحد من ضياعات الطاقة الكهربائية. ولهذه الاسباب يلزم التدقيق في ميزة العلاقة $P=f(L)$ علاقة الاستطاعة المنقولة كتابع لمسافة النقل والتي تم

الحصول عليها بناءً على تساوي النفقات المحوّلة من أجل الجهدين الاسميّين المجاورين التي تأخذ الشكل التالي:

$$P = \sqrt{\frac{P_L(k_{0(u)} - k_{0(u1)}) + P_{ss}(k_{s(u)} - k_{s(u1)})/L}{r_0 \tau \beta \left[\frac{1}{u^2} - \frac{1}{u_1^2} \right]}} \cdot 10^3 \cos \varphi \quad [k] \quad (1)$$

P_{ss}, P_L حصة الحسومات بالنسبة لخطوط النقل وتجهيزات محطة التحويل النهائية.

$k_{s(u)}, k_{s(u1)}$ كلفة تجهيزات محطة التحويل النهائية (الخلايا) للجهد $u, u1$

$u, u1$ الجهود الاسمية على التوالي 6/20kV, 20/66kV, 66/230kV

$k_{0(u)}, k_{0(u1)}$ كلفة الكيلو متر الواحد من خط النقل بجهد $u, u1$

β كلفة (ثمن) ضياعات الطاقة الكهربائية \$/Kwh

يبين الشكل (1-5) المجالات الاقتصادية للاستخدام المنطقي والملائم للجهود الاسمية 6/20kV, 20/66kV, 66/230kV التي تم الحصول عليها بالاعتماد على العلاقة (1-30) وهنا تم استخدام المعطيات التالية لشبكة التوزيع في الجمهورية العربية السورية المبينة:

$P_L = 0.183$	$\tau = 2644h$	$k_{0(u)} - k_{0(u1)} = 250 - 1250 \$$	
$P_{ss} = 0.214$	$\beta = 0.3 \$/kwh$	$\cos \varphi = 0,85$	$k_{s(u)} - k_{s(u1)} = 50\$$

يوضح الشكل (1-5) علاقة الاستطاعة المنقولة كتابع لمسافة النقل من أجل مقطع نواقل مختلفة (ألنيوم)، حيث تبين الجداول (1-12)، (1-13)، و(1-14) قيم الاستطاعة المنقولة كتابع لطول خط النقل من أجل مقاطع مختلفة. يُلاحظ من الشكل (1-5) انه لنقل استطاعة قيمتها حتى (160kW)، (160 – 340kW)، (360 – 480kW) وأكبر من (160kW) لمسافة حتى 10km تكون الجهود الملائمة الاقتصادية مساوية: (6, 20, 66, 230kV). وفي نفس الوقت لنقل الاستطاعات المذكورة أعلاه الى نفس المسافات المبينة في الشكل (1-2) فان الجهود الاسمية المحسوبة بعلاقة سنيل يجب ان تساوي على الترتيب:

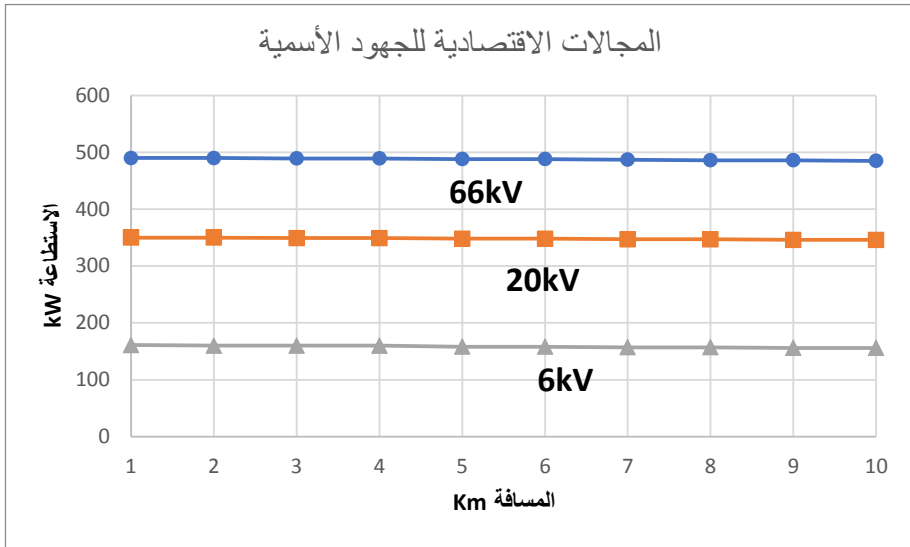
$L = 1Km$	$U = 9 - 16kV$	$L = 7Km$	$U = 13 - 18.2kV$
$L = 3Km$	$U = 11 - 17kV$	$L = 10Km$	$U = 17.8 - 22kV$

ان قيم الجهود الاسمية المبينة في (الشكل 1-2) والتي تم الحصول عليها بناء على اعتبارات فنية تزيد عن القيم الاقتصادية الملائمة عند نقل استطاعة حتى (160kW) بحوالي (2.7 – 4.5) مرة وتزيد عند القيم الاقتصادية الملائمة لنقل استطاعة (160 – 340kW) بمقدار (1.6 – 2.6) مرة، كما تزيد بحوالي (1.2 – 1.6) مرة عند نقل استطاعة مساوية (340 – 480kW)

نتيجة اختيار قيم الجهود الاسمية المبينة في الشكل (1-2) من اجل نقل استطاعة حتى 0.5MW تتوافق مع إنفاق مالي كبير لإنشاء الشبكة واستثمارها والتي تكون مرتفعة جداً بالنسبة للكلفة الاقتصادية وضيعات الطاقة الكهربائية. ولكن عند نقل استطاعة أكبر من 0.5MW، فإن الجهد الاسمي المحدد بعلاقة سنيل والمساوي لـ (17.8 – 22kV) يكون أصغر من قيمته المماثلة المبينة على الشكل (1-5) وخاصة لمستوى التوتر

66kV. في هذه الحالة، يتم عدم تحقيق القيمة المثلى بين النفقات الأساسية وتكلفة الضياعات في الطاقة الكهربائية بسبب الزيادة المستمرة في تكلفة الطاقة الكهربائية الضائعة [18]. فقد تم تحديد المجالات الاقتصادية للاستخدام المنطقي الملائم للجهود الأسمية 0.4-6-20-66-230-400kV والتي تُميز شبكة التوزيع الكهربائية في الجمهورية العربية السورية.

تبين أن الجهد الاسمي المحسوب وفق الاعتبارات الفنية باستخدام علاقة ستيل مبالغ فيه عند نقل استطاعة حتى 0.5MW وأقل من المطلوب عند نقل استطاعة أكبر من 0.5MW.



الشكل (5-1): حدود الجهود الاسمية وفق المجالات الاقتصادية

الجدول (1-12) علاقات الاستطاعة المنقولة بمسافة النقل عند الحدود 6kV

مقطع النواقل (mm ²)	$k_{0(u)}$ - $k_{0(u1)}$ [\$]	قيم الاستطاعة المنقولة P[kW] عند مسافة نقل L[km]				
		1	3	5	7	10
25	250	80,22	74,98	73,89	73,41	73,06
	1250	165,22	162,74	162,24	162	161,87
35	250	95,41	89,18	87,88	87,32	86,89
	1250	196,51	193,56	192,97	192,71	192,52
50	250	113,45	106,04	104,49	103,825	103,32
	1250	233,66	230,16	229,45	229,14	228,9
70	250	134,38	125,6	123,77	122,98	122,38
	1250	276,67	272,61	271,77	271,41	271,14
95	250	157,75	147,44	145,24	144,36	143,66
	1250	324,84	320,02	319,03	318,61	318,24
120	250	176,37	164,85	162,45	161,41	160,62
	1250	363,25	357,8	356,22	356,22	355,87
150	250	196,67	183,83	181,15	179,94	179,11
	5,0	405	398,99	397,76	397,23	396,84
185	1,0	218,06	203,82	200,85	199,56	198,59
	5,0	449,12	442,38	441,02	440,43	439,99
240	1,0	249,42	233,13	229,74	228,26	277,15
	5,0	513,71	506	504,4	503,78	503,27

الجدول (13-1) علاقات الاستطاعة المنقولة بمسافة النقل عند الجهود 6/20kV

مقطع الناقل (mm ²)	$k_{0(u)}$ - $k_{0(u1)}$ [\$]	قيم الاستطاعة المنقولة P[kW] عند مسافة نقل L[km]				
		1	3	5	7	10
25	250	173,69	162,34	159,98	158,95	185,18
	1250	357,73	352,36	351,81	350,81	350,46
35	250	205,56	192,13	189,33	188,12	187,21
	1250	423,37	417	189,33	415,18	414,77
50	250	245,6	229,13	226,23	224,78	223,69
	1250	505,8	448,28	496,79	496	495,56
70	250	290,74	271,75	267,33	256,77	264,78
	1250	598,8	589,4	588	587,2	585,6
95	250	341,5	319,23	314,58	312,57	311,05
	1250	703,44	692,33	690,75	689,8	689,14
120	250	381,85	356,91	351,71	394,46	347,76
	1250	786,46	774,65	772,27	771,24	770,48
150	250	425,82	398	392,2	389,7	387,8
	1250	877,01	863,85	861,19	860,08	859,2
185	250	472,12	441,29	434,85	432,07	429,47
	1250	972,379	957,78	954,84	953,56	952,62
240	250	540,03	504,03	497,39	494,2	491,8
	1250	1112,23	1095,53	1092,17	1090,71	1089,6

الجدول (1-14) علاقات الاستطاعة المنقولة بمسافة النقل عند الحدود 20/66kV

مقطع الناقل (mm ²)	$k_{0(u)}$ - $k_{0(u1)}$ [\$]	قيم الاستطاعة المنقولة P[ku] عند مسافة نقل L[km]				
		1	3	5	7	10
25	250	245,63	229,59	226,24	224,79	223,7
	1250	505,9	498,3	396,78	496,11	495,62
35	250	290,711	271,75	267,78	266,07	264,78
	1250	598,8	589,8	588	587,2	586,6
50	250	347,35	324,67	319,93	317,99	316,39
	1250	715,11	704,67	702,5	701,56	700,8
70	250	411,17	384,31	378,71	376,28	374,46
	1250	846,83	834,12	831,56	830,45	829,63
95	250	483.01	451.4	444.88	442.04	439,89
	1250	994.8	979.8	976.8	975.56	974,6
120	250	540	504.75	497.39	494.21	491,81
	1250	1112.23	1095.5	1092.17	1090.71	1089,63
150	250	602.2	562.87	554.6	551.11	548,211
	1250	1240.24	1221.67	1217.9	1216.29	1215,9
185	250	667.69	624.08	614.98	611.04	608,08
	1250	1375.16	1354.5	1350.35	1348.5	1347,2
240	250	763.7	713.84	703.43	698.43	695,53
	1250	1571.9	1549.3	1544.5	1542.5	1540,98

6- اختيار مقطع نواقل خط النقل الكهربائي

يجب اختيار مقطع نواقل الشبكة الكهربائية بحيث تتناسب مع النسبة المثلى بين النفقات الأساسية لبناء خطوط الشبكة الكهربائية والتي تزداد بزيادة مقطع النواقل وبين المصاريف المتعلقة بضيعات الطاقة الكهربائية والتي تتخفض مع زيادة المقطع. ان تحديد هذه النسبة المثلى يعد مسألة صعبة والتي تتلخص بإيجاد مقطع النواقل الملائم للنفقات المحولة المتغيرة باستمرار [19]. ان الحل الاسهل لهذه المسألة، يكمن في تحديد مقطع النواقل بناء على كثافة التيار الاقتصادية المذكورة في المراجع [20,21,22] وفقاً للنفقات المحولة الاصغرية عند قيم محددة للعوامل المؤثرة في ذلك، اي:

$$F = I_{max.l} / J_{ec} \quad (31-1)$$

$I_{max.l}$ التيار المحسوب في نظام الحمل الاعظمي والذي يمر في الخط (A)

J_{ec} : كثافة التيار الاقتصادية للظروف المعطاة لعمل الخط A / mm^2

والتي يتم ايجادها بعد مساواة المشتق الاول للنفقات المحولة مع الصفر، والمعبر عنها كتابع لمقطع النواقل. يُعبر عن العلاقة بين كلفة بناء الخط ومقطع النواقل بعلاقة خطية، بينما تكون ضياعات الطاقة الكهربائية متناسبة عكساً مع مقطع النواقل. ان المقطع الذي يمكن الحصول عليه بالعلاقة (31-1) يتم تقريبه الى المقطع النموذجي [18]. بعد اختيار المقطع بهذه الطريقة يجب التحقق منه حسب السعة الأمبيرية (التحميل الحراري) المسموح به، هبوط الجهد المسموح، الجهد الحرج لتشكيل الكورونا (لخطوط الـ 110kV وأعلى)، بالإضافة لتحقيق شرط المتانة الميكانيكية [22].

بالنسبة لخطوط النقل الكهربائية ذات الجهد حتى 110kV في حالة استخدام نواقل مختارة وفقاً لكثافة التيار الاقتصادية، أو وفقاً للمجالات الاقتصادية للاستطاعات، فإن ضياعات الطاقة بسبب ظاهرة الكورونا تكون ذات قيم صغيرة ولذلك تهمل هذه الضياعات عند اجراء الحسابات الاقتصادية الفنية [18].

اما بالنسبة لخطوط النقل الكهربائية ذات الجهود الأعلى 110kV فإن النواقل المختارة لها وفقاً للعوامل الاقتصادية الفنية تتميز بشدات حقل كهربائي تقترب من الشدة الابتدائية والتي عندها تظهر الكورونا ولذلك عند تصميم هكذا خطوط يجب الاخذ بعين الاعتبار ضياعات الطاقة على الكورونا [18].

اما فيما يتعلق بشروط المتانة الميكانيكية فإن قواعد التجهيزات الكهربائية تسمح باستخدام قيم أصغرية مسموح بها لمقاطع النواقل والتي يمكن استخدامها على خطوط النقل الكهربائية عند سوية الجهد الاسمي.

ان اختيار مقطع النواقل وفقاً لكثافة التيار الاقتصادية له عدة سلبيات منها [23]:

- ان مقطع النواقل المحدد وفقاً لكثافة التيار الاقتصادية غالباً ما يكون واقعاً بين قيمتين قياسيتين، لذلك سيكون اي من المقطعين المختارين للنواقل مترافقاً مع زيادة كلفة الاستطاعة المنقولة
 - عند إيجاد القيمة الاقتصادية لكثافة التيار، حيث أن علاقة كلفة الخط مع المقطع هي علاقة خطية مستخدمة لجميع سويات الجهد الاسمي متناسبة مع كافة أبراج نقل الطاقة الكهربائية.
 - التكاليف ضياعات القدرة الكهربائية في خطوط النقل الكهربائية اعتبرت متساوية لجميع مناطق المدروسة.
 - الفترة المعيارية لاسترداد النفقات الأساسية تتراوح من 5 إلى 8 سنوات.
 - لم يؤخذ بالاعتبار تأثير تغير الاستطاعة المنقولة عند تحديد قيم كثافات التيار الاقتصادية من لحظة دخول خط النقل مرحلة الاستثمار وحتى اللحظة التي يصبح فيها الحمل مساوياً لقيمه المحسوبة على عملية اختيار مقطع النواقل.
- بالإشارة إلى أنه تم الأخذ بعين الاعتبار بعض من هذه السلبيات عند اختيار مقطع النواقل، حيث تم اقتراح طريقة الفترات الاقتصادية للاستطاعات من أجل اختيار مقطع

لنواقل من مجموعة قيم قياسية منفصلة لهذه المقاطع. تم إنشاء علاقات النفقات المحولة للنقل الكهربائي مع قيمة الاستطاعة المنقولة من أجل مقاطع قياسية مختلفة. وكنتيجة لذلك تم معرفة الكلفة الاصغرية لنقل الطاقة الكهربائية من أجل استطاعة منقولة معروفة سلفا من اجل عدة مقاطع قياسية للنواقل. بالإضافة لذلك يمكن تحديد تيار الحمل المحسوب للخط مع الأخذ بالاعتبار نمو الاستهلاك الكهربائي كما يلي:

$$I_r = I_5 \alpha_i \alpha_T \quad (32-1)$$

I_5 تيار الخط في السنة الخامسة للاستثمار في نظام الاستثمار الطبيعي.
 α_T عامل يأخذ بالاعتبار عدد ساعات استخدام الحمل الاعظمي للخط T_{max} وعامل وقوعه في الحمل الاعظمي للنظام الكهربائي العام kV
 α_T يؤخذ في المجال [0.8 – 2.2] من اجل جهود تتراوح من 20kV وحتى 230kV والمجال [1 – 1.9] من أجل جهود من 230kV وحتى 400kV.

α_i عامل يأخذ بالاعتبار تغيرات الحمل خلال سنوات استثمار خط النقل (من اجل سويات جهد ضمن المجال [66 – 230kV] تؤخذ القيمة $\alpha_i = 1.05$ ، من اجل سويات جهد أعلى من [230kV] تؤخذ القيمة [0.6 – 1.65] $\alpha_i = [0.6]$.
 يمكن استكمال إيجاد قيمة كثافة التيار الاقتصادية المحددة وفقا للنفقات المحولة الاصغرية بقيمة كثافة التيار الملائمة والمحددة بشرط تحقيق اصغريه لنفقات الطاقة W_E المبينة في العلاقة (33-1) مع الأخذ بالاعتبار استهلاك الطاقة الكهربائية اللازم لإنتاج المواد المصنعة للنواقل. في هذه الحالة تأخذ نفقات الطاقة الدالة التالية:

$$W_E = w_0 F L d \frac{I^2 \rho \tau T_0}{1000 F} \quad (33-1)$$

w_0 : نفقات الطاقة النوعية اللازمة لإنتاج النواقل الكهربائية، تتراوح القيمة ($w_0=20-40$ kwh/kg)

d=2700 kg/m³ كثافة معدن الناقل

T₀: فترة خدمة خط النقل (سنة)

بمفاضلة العلاقة (33-1) بالنسبة لـ F وبتجاه المشتق، ستأخذ علاقة كثافة التيار حيث تكون نفقات الطاقة الكلية اصغريه وفق العلاقة (34-1) [24]:

$$J_{En} = \sqrt{\frac{10^3 w_0 d}{\rho \tau T_0}} \quad (34-1)$$

لكن علمياً يجب أن تحدد قيمة J_{En} كما يلي وفق العلاقة (35-1):

$$J_{En} = \sqrt{\frac{w_0 d}{\rho \tau T_0}} \quad (35-1)$$

إن الكثافة الطاقية للتيار تتعلق بشكل رئيسي في القيم الابتدائية المأخوذة للنفقات النوعية اللازمة لإنتاج النواقل (w₀) وتتعلق أيضاً بزمن ضياعات الطاقة (τ) خلال فترة الخدمة لخط النقل (T₀).

بالتعويض في العلاقة (34-1) بالقيم T₀, τ, ρ, d, w₀ ، نحصل على J_{En} = 11,046 A/mm² لمع الأخذ بعين الاعتبار ترتيبات العلاقة (34-1) والاستفادة من العلاقة (35-1) ستكون قيمة J_{En} مساوية لـ J_{En} = 0,35 A/mm² وهذا ما يتوافق مع المرجع [24].

ولكن كما هو وارد في [22]، فإن القيمة w₀ = 20 ÷ 40 kwh/kg المأخوذة من المرجع [24] تعد صغيرة ولا تؤخذ بالاعتبار نفقات الطاقة الكهربائية على إنتاج الألمنيوم واستخراج ومعالجة المواد الأولية لنفقات الطاقة لإنتاج الأبراج الكهربائية والعوازل والقواعد التي تتعلق جميعها بمقطع النواقل. في هذه الحالة فإن القيمة w₀ تكون مساوية لـ w₀ = 116 kWh/kg عندها ستكون قيمة J_{En} المحددة بالعلاقة (35-1) من

أجل القيام الابتدائية الأخرى نفسها مساوية $0,95A/mm^2$ وهي تقريبا نفس القيمة لو تم استخدام شرط كثافة التيار الاقتصادية.

أن السلبية الرئيسية لطريقة تحديد المقطع الاقتصادي للنواقل حسب العلاقة (31-1) لا تأخذ بالاعتبار تيار الحمل الاقتصادي الأمثل (I_{EOC}) والذي يتم تحديده عن طريق جعل النفقات المحولة النوعية أصغرية لكل امبير (kWh) يمر في خط النقل مع مقطع ناقل (Fc) وكذلك فان قيمة I_{EOC} يتم ايجادها بالعلاقة (36-1):

$$I_{EOC} = \sqrt{\frac{F_C K_{yc}}{B}} \quad (36-1)$$

$K_{yc} = P_{kc}$: النفقات السنوية

K_C النفقات الأساسية الزمنية اللازمة لبناء خط النقل.

ρ : العامل الإجمالي للحسومات السنوية من كلفة الخط

$$B = 3\rho_0 I \beta \quad (37-1)$$

يمكن ملاحظة التقاط الآتية:

➤ لإيجاد المقطع الملائم للنواقل لا يمكن استخدام قيمة التيار الاقتصادي الأمثل المعطى في العلاقة (36-1) والناتج وفقا للمعطيات الابتدائية نفسها كما هو الحال أيضا لكثافة التيار الاقتصادية بشكل منفصل وبدون تقييم أولي للمقطع الاقتصادي وفقا لكثافة التيار الاقتصادية. لذا يلزم معرفة قيمة تيار الحمل لأجل قيمة معروفة للجهد الاسمي لخط النقل

➤ ان عدم تحديد مستوى تكلفة الكيلو واط الساعي من ضياعات الطاقة الكهربائية، واختلاف قيمة التكلفة الكبير عن تلك القيمة التي عندها تم تحديد كثافة التيار

الاقتصادية لا تسمح بالحكم بدقة على إمكانية استخدام اسلوبين لحل نفس المشكلة.

➤ لا يلزم مسبقا التعبير عن النفقات الأساسية لبناء خط النقل كتابع لمقطع النواقل ولكن اختيار مقطع النواقل يمكن تنفيذه كعملية تكرارية. في الخطوة الأولى لهذه العملية يتم ايجاد المقطع الذي يتلاءم مع كثافة التيار الاقتصادية.

➤ يمكن تحديد النفقات المحولة لبناء خطوط النقل الكهربائية على سبيل المثال خط جهد 110kV والتي تم الحصول عليها باعتبار علاقة بناء الخط مع مقطع النواقل ومع الجهد الاسمي وايضا باعتبار كلفة معدات محطات التحويل الكهربائية كمايلي وفق الحالتين [1,2]:

الجدول (1-15) قيم مقاطع نواقل الخطوط وعلاقتها بالتيار الأمثل ومستوى الجهد الاسمي الأمثل (العلاقات الحسابية (1-40) و(1-41))

$I_0(A)$	50	100	150	200	250	300
$F_{0I}(mm^2)$ العلاقة (1-40)	81,64	163,3	244,9	326,59	408,24	489,89
$U_0 [KV]$	6	10	20	35	110	220
$F_{0U}(mm^2)$ العلاقة (1-41)	8	13,3	26,7	46,67	146,7	293,3

الجدول (16-1) قيم مقاطع نواقل الخطوط وعلاقتها بالتيار الأمثل ومستوى الجهد الاسمي الأمثل (العلاقات الحسابية (1-40) و(1-41))

الجهد الاسمي U_0 [KV]	قيم المقطع الأمثل للنواقل Fmm^2 من أجل مسافة نقل L[Km]			
	1	3	7	10
6	48.92	43.54	36.15	32.35
11	81.52	72.58	60.26	53.93
20	163.04	154.16	120.52	107.86
66	285.32	254.03	210.91	188.75
110	896.72	798.38	662.86	593.23

230	1793.44	1596.76	1325.72	1186.46
-----	---------	---------	---------	---------

من الجدولين (1-15) و(1-16) نلاحظ أن قيمة مقطع النواقل المحسوبة بالعلاقة (1-42) مع اعتبار كلفة معدات محطات التحويل الكهربائية تزيد عن القيم التي تم الحصول عليها بناءً على كلفة نقل الطاقة الكهربائية فقط عن الخط بحوالي [4.04-6.11] مرة. فعند الأخذ بعين الاعتبار كلفة معدات محطات التحويل الكهربائية يؤدي ذلك لزيادة مقطع النواقل بـ [4.04-6.11] مرة وبالتالي إنقاص ضياعات الطاقة الكهربائية وهذا ما يجب أخذه بعين الاهتمام عند تصميم نظام النقل. لذا من الضروري اختيار مقاطع نواقل ذات قيمة أعلى.

على سبيل المثال أن قيم مقاطع النواقل المختارة لخطوط نقل قدرة كهربائية بسوية جهد 20kV تزيد عن قيم المقاطع المحددة في [6] بمقدار [1.9-1.25] مرة، وبشكل مشابه من أجل سوية الجهد 66kV فإن الزيادة تكون بمقدار [2.24-3.73] مرة، أما لسوية الجهد 230kV فهي تشكل [2.37-3.58] مرة.

7- نتائج البحث:

1. عند اختيار مستوى الجهد الاسمي ومقطع نواقل شبكة التوزيع الكهربائية، من الضروري الأخذ بعين الاعتبار كلفة المعدات الكهربائية في محطات التحويل كما يجب اختيار بارامترات خط النقل الكهربائي وخاصة جهد الخط ومقطع النواقل معاً.
2. ان قيمة الجهد الاسمي المحسوبة بناءً على تأمين القدرة التمريية المطلوبة وضياح الجهد المسموح به عند نقل استطاعته حتى 1.5MW لمسافة حتى 10Km بواسطة خطوط النقل الكهربائية (الهوائية أو الكابلات) متساوية فيما بينها. ان قيم الجهد الاسمي المحسوبة لتأمين القدرة التمريية المطلوبة وضياح الجهد المسموح به أصغر بمقدار [1.11-1.89] مره مقارنة مع القيم الناتجة من علاقة ستيل.
3. تم انشاء المجالات الاقتصادية للاستخدام الملائم والمنطقي للجهود الاسمية 6, 20, 66, 230kV والتي تميز شبكة التوزيع الكهربائية في الجمهورية العربية السورية
4. ان قيم كثافة التيار التي تم الحصول عليها من أجل استهلاك الطاقة الاصغري عند نقلها مع الأخذ بالاعتبار استهلاك الطاقة لإنتاج مواد النواقل الابراج العوازل والقواعد تساوي تقريبا كثافات التيار الاقتصادية المستخدمة في الوقت الحالي.
5. إن أخذ تكاليف المعدات الكهربائية في محطات التحويل الكهربائية بعين الاعتبار يؤدي الى زيادة مقطع النواقل بمقدار [6.11-4.04] مرة وبالتالي إنقاص ضياحات الطاقة الكهربائية عند نقلها وهذا ما يجب الانتباه إليه عند تصميم نظام النقل الكهربائي.

8- المراجع العلمية

- [1] كتاب تصميم الشبكات الكهربائية - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - منشورات جامعة البعث - طبعة 2018 - تأليف أ.د. مسلم العبدالله - أ.د. أسامة خياط - د. فراس الخليل
- [2] كتاب اقتصاديات الشبكات الكهربائية - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - منشورات جامعة البعث - طبعة 2012 - تأليف أ.د. أسامة خياط - د. فراس الخليل
- [3] كازلوف ف. أ. التغذية الكهربائية للمدن - بطرسبورغ - 1986
- [4] كوزنيتسوف ف.س. التغذية الكهربائية والانارة الكهربائية للمدن - موسكو - 1989
- [5] دليل الاستهلاك الكهربائي في الصناعة / مينينا غ.ب ، كابيلا فيوف.ف - موسكو ، 1987
- [6] PAVELLA (M.), ERNST (D.) et RUIZ-VEGA (D.). - Transient stability of Power Systems. Kluwer (2000).
- [7] KUNDUR (P.). - Power System Stability and Control. MacGraw-Hill (1994).
- [8] IEEE/CIGRE. - Definition and classification of Power System Stability IEEE Trans. PAS - 19, n° 2,, mai 2004.
- [9] HUGOUD (Ph.). - Régulateurs primaires de tension des groupes de production. Journée d'études SEE du 29 nov. 1984.

- [10] Eto, J., W. Brumsickle, and D. Divan. 2003. Pilot Evaluation of Power Quality and Reliability Monitoring in California's Silicon Valley with the I-Grid System. Forthcoming.
- [11] Electrotek, Inc. 1996. An Assessment of Distribution System Power Quality; Volumes 1-3. EPRI TR-106294-V1-3. Palo Alto, CA.
- [12] EPRI. 2003. Power Quality and Energy Measurement System Independent Evaluation Center: Test Results of Five Power Quality Monitors. EPRI, Palo Alto, CA: 2003.
- [13] SEMI. 2000. Standard SEMI F47-0200, Specification for Semiconductor Processing Equipment Voltage Sag Immunity.
- [14] U.S. Department of Energy (DOE). 2002. National Transmission Grid Study. May. Washington, DC.
- [15] Duthaler, C., Emery, M., Andersson, G. et Kurziden, M. (2008) 'Analysis of the Use of PTDF in the UCTE Transmission Grid', PSC Conference.
- [16] Fradi, A., Brigone, S. et Wollenberg, B.F. (2001) 'Calculation of Energy Transaction Allocation Factors', IEEE Transactions on Power Systems, vol. 16, no. 2, Juin, pp. 266-272.

- [17] Gyugyi, L. (1991) 'A unified power flow control for flexible AC transmission systems', International conference on AC–DC power transmission, Londres, 323–331.
- [18] I.G. Damousis, A.G. Bakirtzis, P.S. Dokopoulos, A solution to the unit–commitment problem using integer–coded genetic algorithm, IEEE Trans. Power Syst. 19 (2004) 1165–1172.
- [19] C.C.A. Rajan, M.R. Mohan and K. Manivannan “Neural–based tabu search method for solving unit commitment problem” IEE Proceedings–Generation, transmission and Distribution, India, July 2003, pp.469–474.
- [20] C.P. Chang, C.W. Liu and C.C. Liu, Unit commitment by Lagrangian relaxation and genetic algorithms, IEEE Trans Power Syst 15 (2000) (2), pp. 707–714.
- [21] T. Senjyu, H. Yamashiro, K. Uezato, T. Funabashi, A unit commitment problem by using genetic algorithm based on unit characteristic classification, IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting 1 (2002) 58–63.
- [22] Y. G.Rebours, D. S.Kirschen, M. Trotignon and S. Rossignol, „A survey of Frequency and Voltage Control Ancillary Service–Part II: Technical Feature“, IEEE transaction on power system, Vol.22, N°1., February 2007.

[23] Winjnbergen, S.; de Haan, S.W.H.; Slootweg, J.G. "A System for Dispersed Generator Participation in Voltage Control and Primary Frequency Control of the grid", Power Electronics Specialists Conference, 2005. PESC '05. IEEE 36th, 2005 Page(s):2918 – 2924

[24] Kumar, A., Srivastava, S. et Singh, S. (2005) 'Congestion management in competitive power market : A bibliographical survey', Electric Power Systems Research, vol. 76, Septembre, pp. 153-164.

