

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية  
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 11

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. ناصر سعد الدين
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

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

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

ISSN: 1022-467X

قيمة العدد الواحد : 100 ل.س داخل القطر العربي السوري

25 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

قيمة الاشتراك السنوي : 1000 ل.س للعموم

500 ل.س لأعضاء الهيئة التدريسية والطلاب

250 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

توجه الطلبات الخاصة بالاشتراك في المجلة إلى العنوان المبين أعلاه.

يرسل المبلغ المطلوب من خارج القطر بالدولارات الأمريكية بموجب شيكات

باسم جامعة البعث.

تضاف نسبة 50% إذا كان الاشتراك أكثر من نسخة.

## 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.
- اذا كان الباحث طالب دراسات عليا:  
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
- اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:  
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
- اذا 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.
- اذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :  
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):  
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
- 2- هدف البحث
- 3- مواد وطرق البحث
- 4- النتائج ومناقشتها .
- 5- الاستنتاجات والتوصيات .
- 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات ( الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي ( كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
3. أهداف البحث و أسئلته.
4. فرضيات البحث و حدوده.
5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
7. منهج البحث و إجراءاته.
8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
9. نتائج البحث.
10. مقترحات البحث إن وجدت.
11. قائمة المصادر والمراجع.

7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

- أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
  - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
  - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
  - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.

- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

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

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
30-11	سامر ماميش د. هاني ضرغام د. سمر اختيار	دراسة غزارة قنديل البحر <i>Aequorea</i> في <i>forskalea Péron &amp; Lesueur, 1810</i> المياه الساحلية لمدينة اللاذقية
64-31	د. م. حسام شاهين م. معلا إبراهيم د. م. غسان حايك د. م. مضر صارم	تطوير مشاريع تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي المعلومات الجغرافية وتحديد المواقع العالمي
92-65	المهندس: محمد عمران	دراسة وتحليل أداء تقنية <i>WIMAX</i> في شبكات الجيل الرابع
128-93	د. توفيق المسعود د. محمد كمال قرفول عمار العيد	مقارنة تجريبية تحليلية لمخطط نافذة التشكيل لمنتج فولاذي كاسي بعملية السحب العميق

158-129	د. غيث ورقوزق د. عباس صندوق معنز دبلو	تصميم متحكم يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العائمة للتحكم بسرعة محرك تيار مستمر
---------	---	--





## دراسة غزارة قنديل البحر *Aequorea forskalea*

### Péron & Lesueur, 1810 في المياه الساحلية

#### لمدينة اللاذقية

سامر ماميش<sup>1</sup> و د. هاني ضرغام<sup>2</sup> و د. سمر اختيار<sup>2</sup>

#### ملخص البحث

تناولت الدراسة توزيع وغزارة قنديل البحر *Aequorea forskalea* Péron & Lesueur, 1810، وعلاقة الارتباط مع تغيرات بعض العوامل البيئية والحيوية الرئيسية مثل درجة الحرارة، والملوحة، والكتلة الحيوية للعوالق الحيوانية، وغزارتها الكلية، وغزارة مجدافيات الأرجل وبيض الأسماك، وذلك خلال مدة الدراسة والتي امتدت بين شهر آذار 2017 وكانون الأول 2018، في منطقتين ساحليتين جنوب وشمال مدينة اللاذقية، وتتصف كل منطقة بخصائص بيئية مختلفة عن المنطقة الأخرى. جرى مراقبة واعتيان النوع *A. forskalea* من الطبقة السطحية، بالجر الأفقي باستعمال شبكة عوالق من نمط WP3، يبلغ قطر ثقبها 1000 ميكرون. بينت النتائج أن أعلى غزارة للنوع *A. forskalea* في كلا منطقتي الدراسة، كانت في فصل الربيع، تلاها فصل الصيف ثم انخفضت بشكل كبير في فصل الخريف، واختفت أفراد هذا النوع كلياً في فصل الشتاء. تركزت معظم غزارة النوع *A. forskalea* في المسارات القريبة من الشاطئ، وانخفضت الغزارة مع الابتعاد باتجاه عرض البحر. كما بينت النتائج أن التأثير الأكثر وضوحاً في غزارة النوع *A. forskalea* في ساحل مدينة اللاذقية كان للعوامل الحية متمثلة بالكتلة الحيوية للعوالق الحيوانية وغزارتها الكلية، وغزارة مجدافيات الأرجل، وبيض الأسماك، يليها تأثير ضعيف للعوامل البيئية غير الحية كالملوحة ودرجة الحرارة.

**الكلمات المفتاحية:** *Aequorea forskalea*، قناديل البحر، هيدروميدوزا، الشاطئ السوري،

الحوض الشرقي للبحر المتوسط

<sup>1</sup> طالب دكتوراه - قسم البيولوجيا البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين اللاذقية - سورية.

<sup>2</sup> أستاذ مساعد - قسم البيولوجيا البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**Abundance study of jellyfish *Aequorea forskalea* Péron & Lesueur, 1810  
in the coastal water of the Lattakia city**

Samer Mamish<sup>1</sup> Dr. Hani Durgham<sup>2</sup> Dr. Samar Ikhtiyar<sup>2</sup>

**Abstract:**

This paper studied the distribution and abundance of jellyfish *Aequorea forskalea* Péron & Lesueur (1810), and its relation with changes in some major ecological and biological factors such as temperature, salinity, zooplankton biomass, zooplankton abundance, Copepoda abundance and fish egg, during the study period between March 2017 and December 2018, in two coastal areas located south and north of Lattakia coast, each area has different environmental characteristics than the other. *A. forskalea* sampling were carried out horizontally draught at the surface layer, using a WP3-type plankton net, with a diameter of 1000 microns.

The results showed that the highest abundances of *A. forskalea* species in both study areas were in spring, followed by summer and then decreased significantly in fall, and disappeared completely in winter. The highest *A. forskalea* species abundances were close to inshore and decreased toward open sea.

The results also showed that the most important effect on the *A. forskalea* abundance off the Lattakia coastal waters was due to the living factors represented by the zooplankton biomass, zooplankton abundance, Copepoda abundance and fish egg, followed by a weak effect of non-living environmental factors such as salinity and temperature.

**Keywords:** *Aequorea forskalea*, jellyfish, hydromedusa, Syrian coast, eastern Mediterranean basin

<sup>1</sup>Ph. D. Student – Marine Biology Department – High Institute of Marine Research – Tishreen University – Lattakia– Syria.

<sup>2</sup> Associated Professor – marine Biology Department – High Institute of Marine Research – Tishreen University – Lattakia– Syria.

## 1- مقدمة

تنتمي قناديل البحر إلى شعبة اللاسعات Cnidaria، وهي لافقاريات، تشكل جزءاً من العوالق الهلامية الضخمة، ويتكون الجسم في معظمه من الماء، وتوجد في البحار والمحيطات جميعها، ابتداءً من سطح الماء إلى الأعماق السحيقة. تلعب قناديل البحر دوراً هاماً في السلسلة الغذائية البحرية، فبالرغم من كون معظمها صغير الحجم وبسيط التركيب نسبياً، إلا أنها من المفترسات Predatores، حيث تتغذى على العوالق الحيوانية، والقشريات الصغيرة، وبيض الأسماك ويرقاتها، وكذلك الأسماك الصغيرة، كما تعد غذاءً للسلاحف البحرية، وبعض الأسماك، على حين تعد وجبة ثانوية للقشريات الكبيرة والسرطانات، وبعض الطيور البحرية [12, 7, 13].

أدت التأثيرات البشرية والتغيرات المناخية، والتدهور البيئي، إلى حدوث خلل وانزياح في الشبكة الغذائية البحرية، من الأسماك باتجاه قناديل البحر، وأدى الصيد الجائر إلى القضاء على كميات كبيرة من الأسماك، مسبباً زيادة العوالق الحيوانية، ويضاف إليه وصول بعض المغذيات مع الأنهار الساحلية بما تحمله من مياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي، وبسبب غياب الأعداء الطبيعيين، والأحياء المنافسة، ازداد تعداد قناديل البحر ازدياداً كبيراً، وخصوصاً في البحر المتوسط، وهذا يعد دليلاً على جسامه التأثيرات البشرية، والتغيرات المناخية والبيئية، التي أدت إلى تفاقم هذه الظاهرة [25, 30, 28].

ينتمي قنديل البحر *Aequorea forskalea* Péron & Lesueur, 1810 إلى شعبة اللاسعات Cnidaria، وصف الهيدريات Hydrozoa، ورتبة الميدوزات الرفيعة Leptomedusae، وهو من الأنواع عالمية الانتشار، حيث ينتشر في المياه الساحلية لمعظم البحار والمحيطات [4]. أطلق سابقاً على هذا النوع الذي يعيش في البحر المتوسط والمحيط الأطلسي اسم *Aequorea* Forskål, 1775، وأعطى أسماء أخرى في المحيطين الهندي والهادي، وفي عام 1953 تم اعتماد الاسم *A. forskalea* [29]، واعتمدت هذه التسمية في المنشورات العلمية الحديثة. جرى تسجيل هذا النوع للمرة الأولى في الساحل السوري في عام 2011 [20]، ومن ثم سُجل في خليج اسكندرون في عام 2012 [11].

يتعرض الساحل السوري منذ أواخر القرن الماضي حتى وقتنا الحاضر لهجمات من قناديل البحر التي تظهر بأعداد كبيرة جداً وتسبب كثيراً من الأضرار الاقتصادية والسياحية، هذا

ويلاحظ أن الدراسات التي تناولت قناديل البحر في الساحل السوري كانت قليلة، باستثناء بعض الدراسات على انتشار النوع *R. nomadica* [1, 3]، إضافة إلى تسجيل عدد من أنواع قناديل البحر الجديدة، والتي وصلت بمعظمها من موطنها الأصلي في المحيط الهندي والبحر الأحمر بالهجرة الليسبسيانية عبر قناة السويس [9, 20, 31, 19, 10, 21, 22].

## 2- هدف البحث:

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على مجموعة هامة من الأحياء البحرية التي لها تأثير كبير في مختلف القطاعات الاقتصادية والسياحية للقطر، بالإضافة لتأثيرها في النظام البيئي البحري عموماً.

يمكن تلخيص أهداف الدراسة بالآتي:

- دراسة توزع وغزارة قنديل البحر *Aequorea forskalea* Péron & Lesueur, 1810، بهدف إغناء قائمة التنوع الحيوي البحري في الساحل السوري.
- دراسة علاقة الارتباط بين غزارة النوع *A. forskalea*، وبعض العوامل البيئية (درجة الحرارة والملوحة)، والحيوية (الكتلة الحيوية للعوالق الحيوانية، وغزارتها الكلية، وغزارة مجدافيات الأرجل وبيض الأسماك)، وذلك لمعرفة درجة إسهامها في هذه الغزارة.

## 3- مواد وطرق البحث:

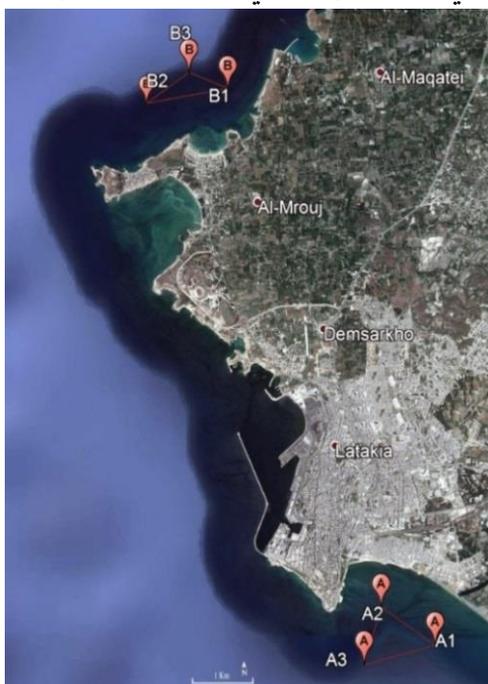
### مناطق الدراسة

جرت الدراسة في منطقتين تقعان جنوب وشمال ساحل اللاذقية الشكل (1)، وتتصف كل منطقة بخصائص بيئية مختلفة عن المنطقة الأخرى.

**المنطقة (A):** تقع جنوب مدينة اللاذقية، وتمتد بين مصب نهر الكبير الشمالي، ونهاية الكورنيش الجنوبي، وتعد منطقة مفتوحة على البحر مباشرة. تتأثر هذه المنطقة بعدد من مصادر التلوث، أهمها ما يحمله ماء النهر من ملوثات عضوية وصناعية وزراعية، ومياه الصرف الصحي شمال المصب، والمنشآت السياحية التي تلقي بنفاياتها السائلة والصلبة في منطقة الكورنيش الجنوبي. جرى اختيار ثلاثة مواقع على شكل مثلث، يبعد رأساه القريبان حوالي 1 كم عن الشاطئ وهي: A1 مقابل مصب نهر الكبير الشمالي، وA2 مقابل الكورنيش

الجنوبي، ويبعد الرأس البعيد A3 حوالي 2 كم عن الشاطئ في نهاية الكورنيش الجنوبي. يتراوح العمق في الموقعين A1 وA2 بين 7 و17 م بينما يصل إلى حوالي 25 م في الموقع A3. جرت المراقبة في 3 مسارات: المسار الأول ويمتد بين الموقعين A1 وA2، ويمتد المسار الثاني بين A2 وA3، في حين يمتد المسار الثالث بين A3 وA1.

**المنطقة (B):** تقع على بعد حوالي 10 كم شمال مدينة اللاذقية، وتمتد بين مرفأ ابن هاني، وغرب المعهد العالي للبحوث البحرية، وتعد منطقة مفتوحة على البحر مباشرة، وبعيدة عن المصادر المباشرة للتلوث، باستثناء بعض المنشآت السياحية، والتي تعمل في أشهر الصيف فقط، بالإضافة إلى مرفأ صغير للصيد والنزهة. جرى اختيار ثلاثة مواقع على شكل مثلث، يبعد رأساه القريبان حوالي 1 كم عن الشاطئ وهي: B1 مقابل مرفأ ابن هاني، وB2 غرب المعهد العالي للبحوث البحرية، ويبعد الرأس البعيد B3 حوالي 2 كم عن الشاطئ مقابل منتجع الشاطئ الأزرق. يتراوح العمق في الموقعين B1 وB2 بين 25 و30 م بينما يصل إلى حوالي 40 م في الموقع B3. جرت المراقبة في 3 مسارات: المسار الأول ويمتد بين الموقعين B1 وB2، ويمتد المسار الثاني بين B2 وB3، في حين يمتد المسار الثالث بين B3 وB1.



الشكل (1): خريطة توضح مواقع مراقبة غزارة النوع *A. forskalea* في ساحل اللاذقية

## العمل الحقلّي

جرى القيام بثلاثين جولة بحرية (خمسة عشر في كل منطقة)، بمعدل مرتين في كل فصل من فصول السنة خلال فترة الدراسة والتي امتدت بين شهر آذار 2017 وشهر كانون الأول 2018.

جرى دراسة غزارة النوع *A. forskalea* في المسارات الستة، باستعمال شبكة عوالمق من نمط WP3، يبلغ قطر فتحتها 113 سم، وطولها 3 م، وقطر ثقبها 1000 ميكرون، وثُبت في مركز فتحة الشبكة بقياس تدفق Flow meter لقياس حجم الماء الذي يرشح خلال الشبكة. تم الاعتيان من الطبقة السطحية على عمق متر واحد، بالجر الأفقي لخمس دقائق، جرى عد أفراد النوع *A. forskalea* التي تم اعتيانها في كل منطقة من مناطق الدراسة، وحسبت الغزارة (فرد/100م<sup>3</sup>) وذلك بتقسيم عدد الأفراد في كامل العينة على حجم الماء المرشح بالشبكة أثناء الاعتيان مضروبة بـ 100. نقلت العينات إلى مخبر العوالمق الحيوانية في المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين، وذلك لقياس قطر المظلة، والوزن الرطب لكل فرد. جرى اختيار أفراد صحيحة وسليمة، حفظ بعضها بالفورمول 4 % لإجراء الدراسة التصنيفية، في حين جرى حساب نسبة الماء في بعضها الآخر بعد تجفيفها بدرجة حرارة 105 م°. جرى دراسة غزارة العوالمق الحيوانية الكلية وغزارة مجدافيات الأرجل وبيض الأسماك في المسارات الستة، أثناء دراسة غزارة النوع *A. forskalea* باستعمال شبكة عوالمق من نمط WP2، يبلغ قطر فتحتها 56 سم، وطولها 176 سم، وقطر ثقبها 200 ميكرون، تم الاعتيان من الطبقة السطحية على عمق متر واحد، بالجر الأفقي لعشر دقائق، حسبت الغزارة (فرد/م<sup>3</sup>)، وتم نشر نتائج العوالمق الحيوانية كاملة [2]. كما جرى القياس المباشر لدرجة حرارة، وملوحة المياه السطحية في المواقع المدروسة، وباستعمال جهاز WTW 340i المزود بكابل ومسبار.

## 4- النتائج والمناقشة:

### درجة الحرارة والملوحة:

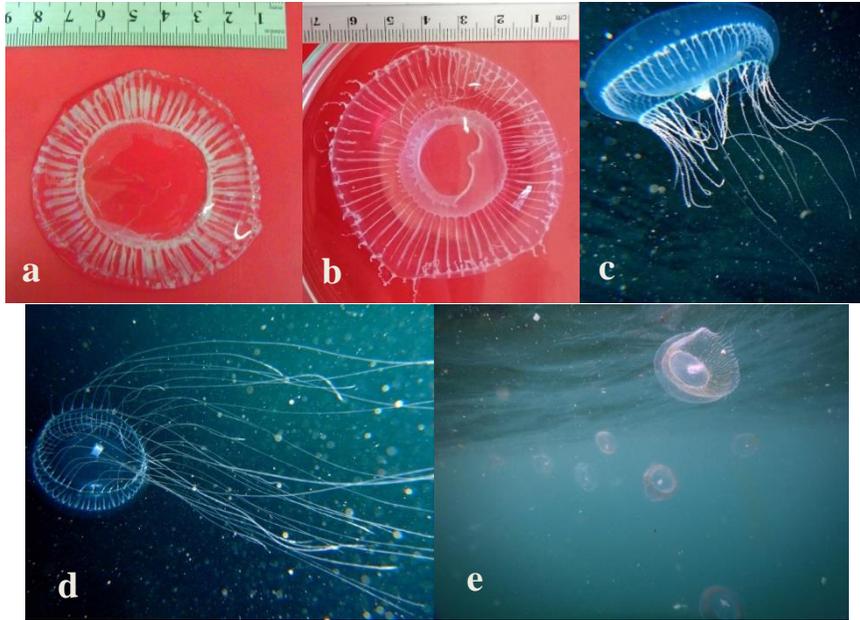
كانت قيم درجات الحرارة والملوحة للمياه السطحية متوافقة مع التغيرات الفصلية عموماً في المواقع القريبة والبعيدة من الساحل في منطقتي الدراسة، وكانت الفروقات قليلة جداً بين منطقتي الدراسة، ولم تتجاوز 0.3 م° لدرجة الحرارة و0.3 % للملوحة في بعض المواقع. تتراوح

متوسط درجة حرارة المياه السطحية في منطقتي الدراسة بين 17.4 و 30.8 م° في شهري كانون الثاني وآب على التوالي، بلغ متوسط درجة حرارة المياه السطحية في فصل الربيع والصيف والخريف والشتاء لعام 2017 القيم 19 و 29.9 و 27 و 17.9 م° على التوالي، وبلغ في العام 2018 القيم 19.9 و 30 و 26.3 و 17.7 على التوالي، في حين تتراوح متوسط ملوحة المياه السطحية بين 37.7 % شتاءً و 39.5 % صيفاً، بلغ متوسط ملوحة المياه السطحية في فصل الربيع والصيف والخريف والشتاء لعام 2017 القيم 37.9 و 39.2 و 38.6 و 37.9 % على التوالي، وبلغ متوسطها في العام 2018 القيم 38.1 و 39.2 و 38.4 و 37.8 % على التوالي [2]. يُذكر أن تغيرات درجة حرارة المياه السطحية وملوحاتها في منطقتي الدراسة مشابهة لتغيرات الفصلية في شرق البحر المتوسط، والتي تتراوح عادة بين 16 م° شتاءً، و 29.3 م° صيفاً لدرجة الحرارة، وبين 38.5 % شتاءً، و 39.3 % صيفاً للملوحة [17].

#### غزارة قنديل البحر *Aequorea forskalea* في ساحل مدينة اللاذقية:

جرى تسجيل تجمعات متفاوتة الغزارة من أفراد قنديل البحر *Aequorea forskalea* Péron & Lesueur, 1810 خلال مدة الدراسة والتي امتدت بين شهر آذار 2017 وكانون الأول 2018. يتميز هذا النوع بمظلته الهلامية الشفافة الكبيرة، قرصية الشكل، والتي يمكن أن يصل قطرها إلى 17.5 سم، وتتخذ في المركز لتشكل ما يشبه العدسة، وتقل ثخانتها تدريجياً باتجاه الحواف، لذلك يدعى هذا النوع بالكريستال الهلامي. تشكل المعدة نصف قطر المظلة، ولها شراع واسع، وفم دائري بسيط مع غياب للمضرب. القنوات الشعاعية بيضاء، وقد تبدو بلون أزرق، بسيطة وغير متفرعة، وتصل جميعها إلى حواف المظلة، يتراوح عددها بين 60 و 80 قناة. تمتد الغدد التتاسلية على طول القنوات الشعاعية تقريباً. يتدلى عديد من المجسات الناعمة الطويلة والمجوفة ابتداءً من حافة المظلة، وهي بعدد القنوات الشعاعية تقريباً، أو أقل [4, 16, 29]، (الشكل 2).

ظهر هذا النوع بغزارة متفاوتة في فصل الربيع والصيف والخريف، واختفى كلياً في فصل الشتاء، وذلك في كلا منطقتي الدراسة A و B. كانت الغزارة متقاربة جداً بين منطقتي الدراسة، مع زيادة طفيفة في المنطقة A مقارنة بالمنطقة B، في حين اختلفت الغزارة بشكل ملموس بين المسارات في كلا المنطقتين، مع زيادة واضحة للغزارة في المسارات القريبة من الشاطئ مقارنة بالمسارات البعيدة عن الشاطئ (الجدول 1).



الشكل (2): *A. forskalea* (a الوجه الظهري، b الوجه البطني)، في ساحل مدينة اللاذقية (c و d و e)

ظهر النوع *A. forskalea* في كلا منطقتي الدراسة A و B معاً ابتداءً من شهر نيسان، وبمتوسط غزارة كلي بلغ 16 و 11 فرداً/100م<sup>3</sup> على التوالي في العام 2017، في حين بلغت الغزارة 34 و 31 فرداً/100م<sup>3</sup> على التوالي في شهر نيسان من العام 2018، وبمتوسط غزارة كلي في كلا منطقتي الدراسة A و B معاً 14 و 33 فرداً/100م<sup>3</sup> في شهر نيسان لعامي 2017 و 2018 على التوالي. سُجلت أعلى غزارة في المسار القريب من الشاطئ في كلا منطقتي الدراسة، حيث بلغ متوسط غزارة أفراد النوع في المسار الأول للموقع A، 26 و 56 فرداً/100م<sup>3</sup>، و 21 و 64 فرداً/100م<sup>3</sup> للموقع B في شهر نيسان لعامي 2017 و 2018 على التوالي، في حين كانت أدنى غزارة في المسار البعيد عن الشاطئ، في كلا موقعي الدراسة، إذ بلغ متوسط غزارة أفراد المسار الثالث للموقع A، 5 و 9 فرداً/100م<sup>3</sup> في شهر نيسان لعامي 2017 و 2018 على التوالي، والقيم 0 و 4 فرداً/100م<sup>3</sup> للموقع B لعامي 2017 و 2018 على التوالي. هذا وأكدت مشاهداتنا أثناء الغطس هذه النتائج، حيث تركزت معظم غزارة النوع *A. forskalea* في الطبقة السطحية وفي المسارات القريبة من الشاطئ، وانخفضت الغزارة مع الابتعاد باتجاه عرض البحر. يمكن أن تعود زيادة الغزارة إلى ضحالة عمق الطبقة المائية، وإلى أنظمة التيارات وحركة الماء، إضافة إلى ارتفاع كمية المغذيات في المناطق الساحلية مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج الأولي للعوالق النباتية، وهذا ينعكس بدوره في زيادة الإنتاج

الثانوي المتمثل بارتفاع غزارة العوالق الحيوانية التي تشكل الغذاء الرئيس لهذا النوع من قناديل البحر [15, 17, 24].

الجدول 1 نتائج غزارة النوع *Aequorea forskalea* وقطر المظلة، والوزن الرطب في ساحل اللاذقية

وزن القنديل الرطب (غ)			قطر المظلة (سم)			الغزارة (فرد/100م <sup>3</sup> )			المسار	السنة	الشهر
AB	B	A	AB	B	A	AB	B	A			
21.02	21.46	20.59	6.2	6.3	6.1	24	21	26	1	2017	نيسان
20.56	19.29	21.83	6.1	5.7	6.5	15	13	17	2		
20.98	-	20.98	6.2	-	6.2	2	0	5	3		
21.98	21.86	22.10	6.7	6.7	6.7	60	64	56	1	2018	
19.04	18.20	19.88	5.8	5.6	6.0	32	26	38	2		
22.75	21.64	23.86	6.9	6.6	7.2	6	4	9	3		
15.50	15.75	15.25	4.7	4.7	4.7	15	13	17	1	2017	تموز
16.79	16.22	17.36	5.1	4.9	5.4	16	15	16	2		
14.28	-	14.28	4.4	-	4.4	2	0	4	3		
19.73	17.49	21.97	5.7	5.1	6.2	27	30	24	1	2017	آب
19.85	21.76	17.95	5.7	6.4	5.0	15	17	13	2		
18.73	21.42	16.05	5.4	6.3	4.5	6	4	9	3		
17.63	18.11	17.16	5.6	5.8	5.3	31	29	34	1	2018	
17.33	16.47	18.19	5.5	5.3	5.7	20	19	21	2		
20.69	19.05	22.34	6.5	6.1	7.0	6	4	9	3		
19.88	20.25	19.50	6.0	6.0	6.0	5	4	5	1	2017	أيلول
20.80	-	20.80	6.4	-	6.4	2	0	4	2		
-	-	-	-	-	-	0	0	0	3		
22.04	22.46	21.63	6.6	6.8	6.5	7	9	6	1	2018	
19.63	19.30	19.96	5.9	5.8	6.0	5	4	5	2		
-	-	-	-	-	-	0	0	0	3		
23.82	24.77	22.86	7.5	7.8	7.2	4	4	3	1	2017	تشرين 1
-	-	-	-	-	-	0	0	0	2		
-	-	-	-	-	-	0	0	0	3		
18.72	18.72	-	6.0	6.0	-	1	3	0	1	2018	
-	-	-	-	-	-	0	0	0	2		
-	-	-	-	-	-	0	0	0	3		

كانت غزارة النوع *A. forskalea* في شهر نيسان 2018 مرتفعة مقارنة بغزارته في الشهر نفسه من عام 2017، وكذلك مقارنة بأشهر الدراسة كافة، وشكل ما يمكن تسميته بالجائحة "Outbreak"، والتي تُسجل للمرة الأولى للنوع *A. forskalea* في الساحل السوري (الشكل 2.e). بلغ متوسط غزارة النوع *A. forskalea* في أشهر تموز وآب من عام 2017، 12 و 15 فرداً/100م<sup>3</sup> على التوالي للموقع A، و 9 و 17 فرداً/100م<sup>3</sup> على التوالي للموقع B، في حين بلغ متوسط الغزارة في شهر آب من عام 2018 وللموقعين A و B، 21 و 17 فرداً/100م<sup>3</sup> على التوالي، وبمتوسط غزارة كلي في كلا منطقتي الدراسة بلغ 14 و 19 فرداً/100م<sup>3</sup> وذلك في فصل الصيف لعامي 2017 و 2018 على التوالي. كما بلغ متوسط الغزارة في أشهر أيلول وتشرين الأول من عام 2017، 3 و 1 فرداً/100م<sup>3</sup> على التوالي للموقع A، و 1 و 4 فرداً/100م<sup>3</sup> على التوالي للموقع B، في حين بلغ متوسط الغزارة في الأشهر نفسها من عام 2018 فرداً واحداً/100م<sup>3</sup> في كل موقع، وبمتوسط غزارة كلي 2 فرداً/100م<sup>3</sup> في كلا منطقتي الدراسة AB وذلك في فصل الخريف في كلا عامي 2017 و 2018. بينت النتائج أن أعلى غزارة للنوع *A. forskalea* في كلا منطقتي الدراسة، كانت في فصل الربيع، تلاها فصل الصيف ثم انخفضت بشكل كبير في فصل الخريف، واختفت أفراد هذا النوع كلياً في فصل الشتاء (الجدول 2).

#### قطر المظلة والوزن الرطب لقنديل البحر *A. forskalea* في ساحل مدينة اللاذقية:

تراوح متوسط قطر المظلة لـ 140 فرداً من النوع *A. forskalea* تم احتياؤها في المواقع كافة بين 2.5 و 8.9 سم وبمتوسط عام بلغ 5.9 سم، علماً بأن متوسط قطر المظلة لمجموع الأفراد في الموقعين A و B معاً، في عامي 2017 و 2018، 6.2 و 6.4 سم على التوالي لأفراد الفترة الربيعية، و 5.3 و 5.8 سم على التوالي لأفراد الفترة الصيفية، في حين بلغ 6.6 و 6.2 سم على التوالي لأفراد الفترة الخريفية. كان متوسط الوزن الرطب لأفراد عام 2018 أعلى منه في عام 2017 وتراوح الوزن بين 8.1 و 29.5 غ، وبمتوسط عام 19.7 غ، علماً بأن متوسط الوزن الرطب لأفراد المنطقتين A و B في عامي 2017 و 2018 كان 20.90 و 21.15 غ على التوالي في أفراد الفترة الربيعية، و 18.0 و 17.94 غ على التوالي في أفراد الفترة الصيفية، و 21.64 و 20.76 غ على التوالي في أفراد الفترة الخريفية، كما تراوح متوسط نسبة الماء بين 94.1 و 94.8% وبمتوسط عام 94.5% (نسبة الماء هي 100 ناقص معامل التجفيف).

الجدول 2. المتوسط الفصلي لغزارة النوع *Aequrea forskalea* وبعض القيم الإحصائية

الفصل	السنة	الموقع	متوسط الغزارة فرد/100م <sup>3</sup>	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	أدنى غزارة فرد/100م <sup>3</sup>	أعلى غزارة فرد/100م <sup>3</sup>
الربيع	2017	A	16	4.6	4.9	5	26
		B	11	8.8	5.1	0	21
		AB	14	9	3.7	0	26
	2018	A	34	19.4	11.2	9	56
		B	31	24.8	14.3	4	64
		AB	33	22.3	9.1	4	64
الصيف	2017	A	14	6.3	2.6	4	24
		B	13	9.6	3.9	0	30
		AB	14	8.1	2.3	0	30
	2018	A	21	10.5	6	9	34
		B	17	10	5.8	4	29
		AB	19	10.4	4.3	4	34
الخريف	2017	A	2	2.1	0.8	0	5
		B	1	2	0.8	0	4
		AB	2	2.1	0.6	0	5
	2018	A	2	2.4	1	0	6
		B	3	3.1	1.3	0	9
		AB	2	2.8	0.8	0	9
السنوي	2017	A	9	8.4	2.2	0	26
		B	8	9.2	2.4	0	30
		AB	9	8.8	1.6	0	30
	2018	A	15	18	5.1	0	26
		B	13	18	5.2	0	64
		AB	14	17.9	3.7	0	64

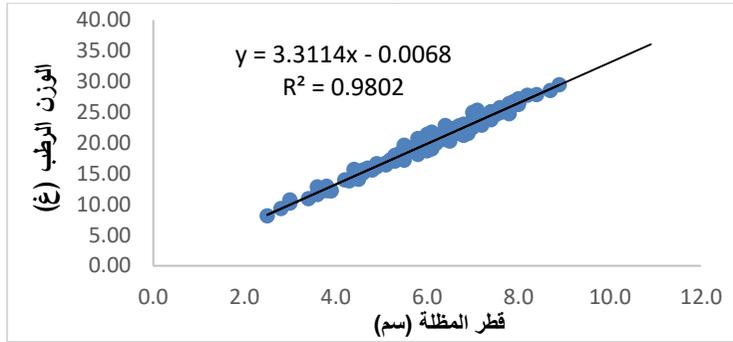
#### العلاقة بين قطر المظلة والوزن الرطب للنوع *A. forskalea*:

وجدت علاقة ارتباط إيجابية مرتفعة جداً بين متوسط قطر المظلة للنوع *A. forskalea* ومتوسط الوزن الرطب لكامل القنديل بلغت 0.98، ويوضح (الشكل 1) منحنى انتشار قيم قطر المظلة بالعلاقة مع الوزن الرطب، حيث يوضح المنحنى تصاعداً إيجابياً وشكلاً شبه مستقيم وهذا ما يؤكد منحنى التراجع الخطي للمتحولين السابقين والموضح بالمعادلة:

$$y = 3.3114x - 0.0068$$

حيث:  $y$ : الوزن الرطب للنوع *A. forskalea* و  $x$ : قطر القنديل.

يمكن بتطبيق هذه المعادلة التنبؤ بالوزن الرطب لهذا النوع وذلك من خلال معرفة قطر مظلته وبالعكس، ضمن مجال القيم المعتمدة في هذه الدراسة.



الشكل 3 منحنى انتشار قيم قطر المظلة بالعلاقة مع الوزن الرطب للنوع *A. forskalea*

تعد الدراسات العالمية حول غزارة وانتشار النوع *A. forskalea* قليلة وفي مناطق جغرافية متباينة، وربما يعود هذا إلى ضعف سميته وانعدام خطورته المباشرة على الانسان، بالإضافة إلى عدم اليقين في تصنيف النوع من قبل عدد كبير من الباحثين [23]. سُجلت غزارة مرتفعة تراوحت بين 31 و196 فرد/م<sup>3</sup> في الطبقة السطحية التي يقل عمقها عن 10 متر والقريبة من ساحل المحيط الأطلسي في ناميبيا، في حين انخفضت الغزارة بشكل كبير جداً وبلغت 0.09 فرد/م<sup>3</sup> بعيداً عن الساحل وعلى عمق 30 متر. تراوح قطر المظلة بين 1.5 و18 سم، وتراوح القطر في نحو 42% من الأفراد بين 7 و8 سم، وتراوح الوزن الرطب بين 10 و360 غ. ظهر هذا النوع في فصلي الصيف والشتاء، ولم يكن هناك أي فروقات محسوسة في الغزارة بين الفصلين [6]. سُجلت غزارة صيفية للنوع *A. forskalea* في ساحل كاليفورنيا على المحيط الهادئ، بلغت 3 و11.7 فرداً/م<sup>3</sup> في شهر حزيران من عامي 2000 و2002 على التوالي، في حين كانت غزارة شهر آب في كلا العامين 5 و1.9 فرداً/م<sup>3</sup> على التوالي، وبلغ متوسط قطر المظلة 7.6 و10.8 سم في شهري حزيران وآب على التوالي من العام 2002، ولم تسجل أي اختلافات مهمة في الغزارة بين الليل والنهار [32]. تراوح متوسط قطر مظلة الأفراد البالغة في البحر المتوسط بين 5 و10 سم، ووصل إلى أكثر من 17.5 سم [5]، وتراوحت الغزارة في خليج اسكندرون شمال الحوض الشرقي للبحر المتوسط بين 2 و5 فرداً/م<sup>2</sup> من شهر كانون الثاني وحتى أيلول من العام 2012، في المنطقة القريبة

من الساحل والتي لايتجاوز عمقها 40 متراً، كما وتراوح قطر المظلة للأفراد في المنطقة نفسها بين 4 و8.4 سم، أما عدد القنوات الشعاعية فتراوح بين 62 و66 قناة [11]. سجل النوع A. *forskalea* في الساحل السوري عام 2011، وكان عدد الأفراد قليلاً جداً، وتراوح متوسط قطر المظلة بين 6 و8 سم وبمتوسط قدره 6.8 سم في شهر نيسان، وبين 3.5 و7 سم وبمتوسط قدره 5.6 سم في شهر آب، وتراوح وزن القنديل الرطب بين 19.54 و22.96 غ وبمتوسط قدره 21.08 في شهر نيسان، وبين 8.38 و21.31 غ وبمتوسط قدره 17.07 غ في شهر آب [3].

#### العلاقة بين غزارة النوع A. *forskalea* وبعض العوامل الحيوية والبيئية في ساحل اللاذقية:

تبين من دراسة علاقة الارتباط بين غزارة النوع A. *forskalea* ودرجة الحرارة، والملوحة في منطقتي الدراسة، وجود علاقة ارتباط إيجابية ضعيفة جداً، بلغت 0.23 و0.30 لدرجة الحرارة، والملوحة على التوالي، وربما يفسر ذلك تواجد هذا النوع في أشهر أيلول وتشرين الأول، حيث درجة الحرارة في هذه الفترة منخفضة نسبياً، مما يدل على أن تأثير ارتفاع درجات حرارة وملوحة المياه السطحية في غزارة هيدروميدوزات هذا النوع هو في الحدود الدنيا، وربما تلعب درجة الحرارة ونسبة الملوحة دوراً في تنشيط حركة القناديل وصعودها إلى السطح [8, 14]، حيث بينت الملاحظة المباشرة على زيادة غزارة وانتشار النوع في الطبقة السطحية في فصلي الربيع والصيف، وهجرتها إلى الطبقات الأكثر عمقاً في فصل الخريف، كما تلعب درجة الحرارة ونسبة الملوحة دوراً هاماً في التأثير على حركة يرقة البلانويولا *Planula* واستقرارها، وكذلك في عملية التكاثر اللاجنسي [8, 34].

وجدت علاقة ارتباط إيجابية مرتفعة بين متوسط غزارة قنديل البحر A. *forskalea* في كلا منطقتي الدراسة وكل من الكتلة الحيوية للعوالق الحيوانية وغزارتها الكلية وغزارة مجدافيات الأرجل بلغت 0.67 و0.72 و0.70 على التوالي، وكانت علاقة الارتباط إيجابية مع غزارة بيض الأسماك بلغت 0.52 (الجدول 3).

ترافق ظهور هذا النوع مع القفزة الربيعية لغزارة العوالق الحيوانية الكلية وغزارة مجدافيات الأرجل وبيض الأسماك والتي بلغت 937 و719 و3.3 فرد/م<sup>3</sup> على التوالي في شهر نيسان 2017، في حين بلغت 1046 و754 و4 فرد/م<sup>3</sup> على التوالي في شهر نيسان 2018، وترافق ظهور النوع في الفترة الصيفية مع ارتفاع غزارة بيض الأسماك والتي وصل متوسطها إلى 4.4 بيضة/م<sup>3</sup> في كلا عامي 2017 و2018، كما ترافق ظهور هذا النوع مع القفزة الخريفية

لغزارة العوالق الحيوانية الكلية وغزارة مجدافيات الأرجل والتي بلغت 472 و 299 فرد/م<sup>3</sup> على التوالي وذلك في شهر تشرين الأول 2017، في حين بلغت 320 و 179 فرد/م<sup>3</sup> على التوالي في الشهر نفسه من عام 2018 [2].

الجدول 3 معاملات الارتباط بين متوسط غزارة النوع *A. forskalea* وبعض العوامل الحية والبيئية

الكتلة الحيوية الجافة	غزارة بيض الأسماك	غزارة مجدافيات الأرجل	غزارة العوالق الحيوانية	نسبة الملوحة	درجة الحرارة	غزارة <i>A. forskalea</i>	
						1	غزارة <i>A. forskalea</i>
					1	0.230	درجة الحرارة
				1	0.933	0.308	نسبة الملوحة
			1	-0.150	-0.136	0.720	غزارة العوالق الحيوانية
		1	0.994	-0.154	-0.162	0.709	غزارة مجدافيات الأرجل
	1	0.390	0.364	0.672	0.628	0.515	غزارة بيض الأسماك
1	0.262	0.975	0.977	-0.275	-0.264	0.674	الكتلة الحيوية الجافة

##### 5- الاستنتاجات والتوصيات:

أظهرت الدراسة أن الدور الأكبر، والتأثير الأكثر وضوحاً في غزارة النوع *A. forskalea* وفي منطقتي الدراسة كان للعوامل الحية متمثلة بالكتلة الحيوية للعوالق الحيوانية وغزارتها الكلية، وغزارة مجدافيات الأرجل، وبيض الأسماك، يليها تأثير ضعيف للعوامل البيئية غير الحية كالملوحة ودرجة الحرارة (الجدول 3).

يعد هذا النوع واحداً من أهم مستهلكات العوالق الحيوانية التي تُعد الغذاء الرئيس للأسماك، كما يستهلك بيض الأسماك، مما يؤدي إلى انخفاض المخزون السمكي عند ارتفاع غزارة هذا النوع، حيث يستهلك الفرد البالغ، والذي يبلغ قطر مظلته 7.3 سم ووزنه الرطب 31.5 غ، نحو 17 فرداً من العوالق الحيوانية يومياً [27]، هذا ويجدر بالذكر أن النوع *Aequorea Victoria*، القريب من النوع المدروس، استهلك 91 بيضة أسماك يومياً [26]. تتفق هذه النتيجة مع دراسات [33, 35] على أنواع أخرى من القناديل، حيث لوحظ ترافق ظهور قناديل البحر مع زيادة المخزون الكلي للعوالق الحيوانية.

يعود سبب الزيادة القليلة في غزارة النوع *A. forskalea* في المنطقة A مقارنة بالمنطقة B إلى تأثير المغذيات التي يحملها نهر الكبير الشمالي إلى المنطقة A، والتي تلعب دوراً واضحاً في إثراء الوسط وزيادة غزارة العوالق النباتية، وبالتالي في غزارة العوالق الحيوانية، والمعروفة بأنها الغذاء الرئيس لقناديل البحر، وهذا يعني سيطرة قناديل البحر على الشبكة الغذائية البحرية، بسبب غياب المنافسين والمفترسين من الأسماك والسلاحف البحرية، مما يعزز انتشارها وتكاثرها، نتيجة لهذا التغير الذي حدث في النظام البيئي البحري [28, 18, 24, 30, 25].

يمكن إيجاز أهم التوصيات في هذه الدراسة بالآتي:

- إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي، وعدم طرحها مباشرة في البحر دون معالجة.
- منع إحداث أي تغيرات طبوغرافية للسواحل، وذلك للحد من مناطق تثبت وحضانة بوليبيات قناديل البحر.
- إنشاء محميات بحرية طبيعية للمحافظة على التنوع الحيوي، وبخاصة الأسماك والسلاحف البحرية.
- التقيد بقوانين حماية المخزون السمكي، ومنع الصيد في أوقات التفريخ والإباضة، ومنع استعمال الديناميت.

## 6- المراجع:

### المراجع العربية:

- 1 ضرغام، هاني. 1998 -دراسة العوالق الحيوانية في المياه الشاطئية لمدينة بانياس، رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في البيئة المائية، جامعة تشرين، 180 ص.
- 2 ضرغام، هاني واختيار، سمر وماميش، سامر. 2019- دراسة التغيرات الزمنية والمكانية لغزارة العوالق الحيوانية وكتلتها الحيوية في المياه الساحلية لمدينة اللاذقية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (41) العدد (4): ص 111-129.
- 3 ماميش، سامر. 2013 -دراسة القناديل البحرية في المياه الشاطئية السورية ومحتواها من نزر العناصر الثقيلة والمشعة، رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في البيولوجية البحرية، قسم البيولوجية البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين، اللاذقية -سوريا، 145 ص.

### References in Arabic:

1. DURGHAM, H. 1998 – Study of zooplankton in coastal water of Banyas. **M.Sc. theses in Marine Biology, Tishreen University**, Lattakia– Syria. 181 p.
2. DURGHAM, H. IKHTIYAR, S. MAMISH, S. 2019 – Temporal and spatial changes study of zooplankton abundance and biomass in the coastal water of the Lattakia city. **Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies – Biological Sciences Series**, Vol. (41) No. (4): 111–129.
3. MAMISH, S. 2013 – Biodiversity Study of marine Jellyfish in the Syrian Coast and its contents of Trace Elements and Radionuclides, **M.Sc. thesis in Marine Biology. High Institute of Marine Research. Tishreen University**, Lattakia. 154 p.

### المراجع الأجنبية:

4. BOUILLON, J., MEDEL, M.D. PAGÈS, F., GILI, J.M., BOERO, F., GRAVILI, C. 2004 – Fauna of the Mediterranean Hydrozoa. **Scientia Marina**, 68(2): 1–454.
5. BROT, L., and PAULY, D. 2012 – Jellyfish populations in the Mediterranean Sea. **Acta Adriatica**, 53(2): 211–230.
6. BUECHER, E., SPARKS, C., BRIERLEY, A., BOYER, H., GIBBONS, M. 2001 – Biometry and size distribution of *Chrysaora hysoscella* (Cnidaria, Scyphozoa) and *Aequorea aequorea* (Cnidaria, Hydrozoa) off Namibia with some notes on their parasite *Hyperia medusarum*. **Journal of Plankton Research**. Vol. 23 No. 10: 1073–1080.
7. CARMAN, V.G., BOTTO, F., GAITÁN, E., ALBAREDA, D., CAMPAGNA, C. and MIANZAN, H. 2014 – A jellyfish diet for the herbivorous green turtle *Chelonia mydas* in the temperate SW Atlantic. **Marine biology**, 161.2: 339–349.
8. DONG, Z., WANG L., LIU Q., SUN T. 2018 – Effects of salinity and temperature on the recruitment of *Aurelia coerulea* planulae. **Marine Biology Research**, 14:5: 454–461.
9. DURGHAM, H. 2011 – First Records of *Phyllorhiza punctata* von Lendenfeld, 1884 (Cnidaria: Rhizostomeae) from the Mediterranean Coast of Syria. **Int. J Oceans Oceanography**, 5(2):15: 3–5.

10. DURGHAM, H., IKHTIYAR, S., IBRAHEEM, R. 2016 – First record of *Pelagia noctiluca* (Forsskal, 1775) on the coast of Syria. **Marine Biodiversity Records**, 9 (1), 39.
11. GÜRLEK, M., YAĞLIOĞLU, D., ERGÜDEN, D., TURAN, C. 2013 – A new jellyfish species in the Turkish coastal waters – *Aequorea forskalea* Péron & Lesueur, 1810 (Cnidaria: Hydrozoa). **J. Black Sea/Mediterranean Environment**, Vol. 19, No. 3: 380-384.
12. HAMILTON, G. 2016 – The secret lives of jellyfish: long regarded as minor players in ocean ecology, jellyfish are actually important parts of the marine food web. **Nature**, vol. 531, No. 7595: 432-435.
13. HARRISON, M.N. 1984 – Predation on jellyfish and their associates by seabirds. **Limnol. Oceanogr**, 29 (6): 1335-1337.
14. HIRST, A.G., LUCAS, C.H. 1998 – Salinity influences body weight quantification in the scyphomedusa *Aurelia aurita*: important implications for body weight determination in gelatinous zooplankton. **Marine Ecology Progress Series**, Vol. 165: 259-269.
15. KEHAYIAS, G. 2014 – Zooplankton–Species Diversity, Distribution and Seasonal Dynamics. **University of Western Greece, Agrinio, Greece. Nova Science Publishers**, Inc. New York. 252 p.
16. KRAMP, P.L. 1968 – The Hydromedusae of the Pacific and Indian Oceans. Sections II and III, A.F. **Host & Son, Copenhagen**: 200 p.
17. KURT, T.T., POLAT S. 2015 – Zooplankton abundance, biomass, and size structure in the coastal waters of the northeastern Mediterranean Sea. **Turkish Journal of Zoology**, 39: 378-387.
18. MACIAS, D., GARCIA-GORRIZ, E.; PIRODDI, C., STIPS, A. 2014 – Biogeochemical control of marine productivity in the Mediterranean Sea during the last 50 years. **Global Biogeochem Cycles**, 28: 897-907.
19. MAMISH, S., AL-MASRI, M.S., DURGHAM, H., 2015 – Radioactivity in three species of eastern Mediterranean jellyfish. **J. Environ Radioact**, 149: 1-7.

20. MAMISH, S., DURGHAM, H., AL-MASRI, M.S. 2012 – First record of *Aequorea globosa* Eschscholtz, 1829 (Cnidaria: Hydrozoa) in the coast of Syria. **Mediterr Mar Sci**, 13 (2): 259–261.
21. MAMISH, S., DURGHAM, H., AL-MASRI, M.S. 2016 – First record of the new alien sea jelly species *Marivagia stellata* Galil and Gershwin, 2010 off the Syrian coast. **Marine Biodiversity Records**, 9:23: 1–3.
22. MAMISH, S., DURGHAM, H., IKHTIYAR, S. 2019 – First record of *Porpita porpita* LINNAEUS, 1758 (Cnidaria, Hydrozoa) on the Syrian coast of the eastern Mediterranean Sea". **SSRG International Journal of Agriculture & Environmental Science (SSRG – IJAES)**, Vol. 6 Issue 2: 47–50.
23. ONMUŞ, O., BAKIR, K., KATAĞAN, T. 2016 – On the occurrence of a new *Aequorea* species on the Turkish Aegean coast. **J. Black Sea/Mediterranean Environment**, Vol. 22, No. 3: 295–299.
24. OUNISSI, M., LASKRI, H., KHÉLIFI-TOUHAMI, M. 2016 – Net-zooplankton abundance and biomass from Annaba Bay (SW Mediterranean Sea) under estuarine influences. **Mediterranean Marine Science**, 17(2): 519–532.
25. PITT, K.A., LUCAS, C.H., CONDON, R.H., DUARTE, C.M., STEWART-KOSTER, B. 2018 – Claims that anthropogenic stressors facilitate jellyfish blooms have been amplified beyond the available evidence: a systematic review. **Frontiers in Marine Science**, 5: 451 p.
26. PURCELL, J.E. 1991 – Predation by *Aequorea victoria* on other species of potentially competing pelagic hydrozoans. **Marine Ecology Progress Series**, 72: 255–260.
27. PURCELL, J.E. 2003 – Predation on zooplankton by large jellyfish, *Aurelia labiata*, *Cyanea capillata*, and *Aequorea aequorea*, in Prince William Sound, Alaska. **Marine Ecology Progress Series**, 246: 137–152.
28. PURCELL, J.E., UYE, S.I., LO, T., 2007 – Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. **Marine Ecology Progress Series**, 350: 153–174.
29. RUSSELL, F.S. 1963 – The medusae of the British Isles II. **Syndics of Cambridge University Press**, London: 81–186.

30. SCHMOKER, C., RUSSO, F., DRILLET, G., TROTTEY, A., MAHJOUR, M.S., HSIAO, S.H., CALBET, A. 2016 – Effects of eutrophication on the planktonic food web dynamics of marine coastal ecosystems: The case study of two tropical inlets. **Marine environmental research**, 119: 176–188.
31. SIOKOU, I., AYAS, A.S., SOUISSI, J.D., CHATTERJEE, T., et al. 2013 – Mediterranean marine science, new Mediterranean marine biodiversity records. **Medit Mar Sci**, 14(1): 238–249.
32. SUCHMAN, C.L., BRODEUR, R.D. 2005 – Abundance and distribution of large medusae in surface waters of the northern California Current. **Deep-Sea Research II**, 52: 51–72.
33. WANG, X., XU, Q., JIANG, M., LIU, P., WANG, Z. 2019 – Zooplankton distribution and influencing factors in the South Yellow Sea in spring. **Marine Pollution Bulletin**, 146: 145–154.
34. XING, Y., LIU, Q., ZHANG, M., ZHEN, Y., MI, T., YU, Z. 2019 – Effects of temperature and salinity on the asexual reproduction of *Aurelia coerulea* polyps. **Journal of Oceanology and Limnology**, 1–10.
35. YILMAZ, I.N. 2014 – Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. **Marine Ecology**, 1–16.



## تطوير مشاريع تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي المعلومات الجغرافية وتحديد المواقع العالمي

- م. معلا إبراهيم، قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهك - جامعة تشرين  
د. م. حسام شاهين، قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهك - جامعة تشرين  
د. م. غسان حايك، قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهك - جامعة تشرين  
د. م. مضر صارم، الهيئة العامة للاستشعار عن بعد - فرع المنطقة الساحلية

### ملخص

تعد مشاريع الطاقة الكهربائية، سواء المتعلقة منها ببناء محطات التوليد أو ببناء خطوط وشبكات النقل والتوزيع، بدءاً من مرحلة التخطيط والتصميم وانتهاءً بالإدارة والتشغيل، من أكثر مشاريع البنى التحتية صعوبة وتعقيداً. يعود هذا التعقيد للعديد من العوامل مثل العوامل البيئية المتعلقة بوجود الغابات والأنهار والتضاريس المتنوعة، إلخ، والعوامل المتعلقة بمناطق الانهيارات الأرضية والانحدارات ووجود السكك الحديدية، إلخ، والعوامل الاجتماعية - الاقتصادية كالمناطق الزراعية والسكنية والأماكن السياحية، وغيرها. وبما أن جميع هذه العوامل تعتمد بشكل أساسي على مجموعة من البيانات المكانية، فإن مشاريع الطاقة الكهربائية تُعد مشكلة معقدة ذات بعد مكاني.

إن تطبيق تقنيات جديدة ومتطورة مثل الاستشعار عن بعد (RS) ونظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وكذلك نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) يُمكننا من القيام بتحليلات معمقة لمشاريع وأنظمة الطاقة الكهربائية تساعد في تطوير تخطيطها وإدارتها بشكل أمثل. لقد جعلت إمكانيات معالجة المعطيات والنتائج جغرافياً في أنماط ونماذج مختلفة من نظام الـ (GIS) نظاماً مناسباً لتخطيط وتطوير مشاريع أنظمة الطاقة الكهربائية المعقدة.

توضّح هذه المقالة دور تقنيات الاستشعار عن بعد (من خلال الصور الفضائية) ونظامي الـ (GIS) والـ (GPS) في تطوير مشاريع أنظمة الطاقة الكهربائية في مجال التخطيط والتصميم (التوليد والنقل والتوزيع) وفي مجال الإدارة والتشغيل (التنبؤ بالحمولة الكهربائية، كيفية إدارة الكوارث وتحديد مواقع الأعطال، تقليل الضياعات في نظام الطاقة، تحليل نماذج الربحية، وإدارة مكونات نظام الطاقة). كما تبين المقالة أيضاً كيفية تصميم قواعد بيانات نظام الـ (GIS) لنظام طاقة كهربائي مع إظهار إمكانيات ربط المعلومات الوصفية والجغرافية والصورة الفضائية لهذا النظام. حيث تم شرح منهجية تطبيق هذه التقنيات المتطورة على شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية. أخيراً تبين هذه الدراسة نماذج من عمليات التحليل المكاني والاستعلام عن مكونات هذه الشبكة الكهربائية التي يمكن القيام بها على شرائح الـ GIS مما يساعد في إنجاز عدد كبير من المهام المتعلقة بإدارتها وبالتالي تسهيل عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بتشغيلها وصيانتها بشكل كبير.

#### الكلمات المفتاحية:

نظام الطاقة الكهربائية، تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية، الاستشعار عن بعد، نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).

## **Development of Planning and Management Projects of Electrical Power Systems Using Remote Sensing Technologies, GIS and GPS**

*Eng. Mulla Ibrahim, Department of Electrical Power Engineering, Tishreen University*

*Dr. Eng. Mudar Sarem, General Organization of remote sensing (GORS), Costal branch*

*Dr. Eng. Husam Shaheen, Department of Electrical Power Engineering, Tishreen University*

*Dr. Eng. Ghassan Hayek, Department of Electrical Power Engineering, Tishreen University*

### **Abstract:**

Electrical power projects, either related to establishing power plants or constructing transmission and distribution networks, starting from the planning and design stage and ending with the management and operation, are among the most difficult and complex infrastructure projects. This complexity is due to many factors such as environmental factors related to forests, rivers, different terrains, etc., factors related to areas of landslides, slopes, presence of railways, etc., and socio-economic factors such as agricultural and residential areas, tourist places, and others. Since all of these factors depend mainly on a set of spatial data, electrical power projects are a complex problem with a spatial dimension.

Applying new and advanced technologies such as remote sensing (RS) and geographic information system (GIS), as well as the global positioning system (GPS) enables us to perform in-depth analysis of the electrical power projects and systems that help in developing the planning and managing of these projects and systems in an optimal way. The possibilities of processing data and geographically analyzing results in different patterns and models have made GIS a suitable system for planning and developing complex electrical power system projects.

This article explains the role of remote sensing techniques (through satellite imagery) and the (GIS) and (GPS) systems in developing electric power systems projects in the field of planning and design (generation, transmission and distribution) and in the field of management and operation (electrical load forecasting, disaster management and determining fault locations, minimizing power system losses, analyzing profitability models, and managing power system assets).

The article also describes how to design the (GIS) databases for an electric power system and presents the capabilities of the designed system in linking geographical and attribute data with the satellite image of the power system. The methodology of applying these advanced technologies to the 66kV power transmission network in Latakia governorate was explained. Finally, this article shows examples of spatial analysis and query processes about the assets of this electrical network that can be performed on the GIS layers, which helps in accomplishing a large number of tasks related to its management and thus greatly facilitating the decision-making process related to its operation and maintenance.

**Key Words:** Electrical Power System, Electrical Power Management System Remote Sensing, Geographic Information System (GIS), and Global Positioning System (GPS).

## 1- مقدمة:

يتزايد الطلب على الطاقة الكهربائية بشكل مستمر مع التطور المتسارع للمجتمعات البشرية. ومن أجل مواجهة هذا الطلب فإن الأمر يتطلب بناء محطات توليد جديدة وبالتالي بناء خطوط وشبكات نقل طاقة جديدة أيضاً. كما هو معلوم، تقوم خطوط نقل الطاقة بنقل الطاقة من محطات التوليد إلى شبكات التوزيع التي تكمل عملية نقل الطاقة إلى المستهلكين.

تعجز الطرق التقليدية المتمثلة بالمخططات والخرائط الورقية وقواعد البيانات الورقية أو حتى الحاسوبية المتبعة حالياً في تخطيط وإدارة مشاريع الطاقة الكهربائية عن جمع وإدخال ومعالجة وتحليل وإظهار الكم الهائل من البيانات المتعلقة بهذه المشاريع وبالأخص تلك البيانات ذات البعد المكاني ضمن نظام عمل واحد. يضاف إلى ذلك الزمن الطويل والجهد الكبير المبذول في هذه الطرق التقليدية.

يُعد التعقيد الكبير في مشاريع تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية سبباً كافياً لتبني تقنيات حديثة مثل نظام المعلومات الجغرافية الـ (GIS) ونظام المواقع العالمي الـ (GPS) والاستشعار عن بعد لأنها تقدم حلاً مناسباً وفعالة لعملية تخطيط وإدارة هذه الأنظمة عن طريق تكاملها مع برمجيات أنظمة الطاقة في جميع مراحل التخطيط والتصميم والتحليل والتشغيل [1]. تبين الدراسة المرجعية التي قمنا بها وجود العديد من الأبحاث العلمية المنشورة في مجال تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية باستخدام تقنيات الـ (GIS) والـ (GPS) والصور الفضائية المأخوذة بتقنية الاستشعار عن بعد [2-4]. فقد استخدمت هذه التقنيات بشكل واسع في نمذجة أنظمة الطاقة الكهربائية [5-6]، أي بمعنى رسم خرائط تفاعلية لهذه الأنظمة وإنشاء واجهات رسومية للبيانات الكهربائية والجغرافية الخاصة بها وتوفير وتسهيل ربط هذه البيانات مع الموقع الجغرافي [7-9]. كما كملت هذه التقنيات بين خرائط الشبكات الكهربائية والخرائط الأرضية وذلك بهدف التخطيط الأمثل لأنظمة الطاقة وتحليل البيانات، وإدارة مكونات هذه الأنظمة، وتشكيل بيئة مساعدة لدراسات كهربائية متقدمة في هذه الأنظمة مثل سريان الاستطاعة [10-12]، والاستقرار العابر [13]، وضياعات الاستطاعة وهبوط الجهد في شبكات التوزيع [14]، وتحليل الدارة القصيرة والتنبؤ بالأحمال وتحديد مواقع الأعطال وغيرها [15].

كما تم ربط معلومات قواعد البيانات مثل أنظمة الفوترة، والحسابات المالية، وتحليل التوزيع، مع الموقع الجغرافي في التقارير النهائية لمؤسسات الكهرباء اعتماداً على هذه التقنيات [16].

إذ أنه بالإضافة إلى الاستعلامات العادية المتاحة لقاعدة البيانات، فإنه يمكن أن يتم تحليل البيانات من خلال معلومات مكانية متنوعة مثل المسافة والقرب والإرتفاع [17]. كما أنه بمساعدة برمجيات الـ (GIS) وقواعد بياناتها، تتم إدارة الشبكة الكهربائية بشكل فعال [18-19] ويمكن تحديث أية تغييرات في الشبكة الكهربائية بوقت أقل وبدقة أفضل بشكل دوري (منتظم زمنياً) [20]. يضاف إلى ذلك أن هذه البرمجيات، تؤمن مجالاً واسعاً من الحلول الشاملة لجميع المراحل التجارية في قطاع الطاقة الكهربائية [21-24].

كما تم تحديد مسارات خطوط الشبكات الكهربائية بالشكل الأمثل الذي يتميز بالمسافة الأقصر والكلفة الأقل باستخدام أنظمة الـ (GIS) [25]. واستخدمت هذا التقنيات أيضاً في تصميم نظام توزيع كابلات الطاقة الكهربائية (تحت الأرض) للمناطق السكنية. حيث قدمت هذه التقنيات وسيلة مؤتمتة لإيجاد المسارات الأمثل للكابلات الرئيسية في هذه الأنظمة. بالإضافة إلى ذلك أمنت هذه الوسيلة المؤتمتة عرض كامل الشبكة للفنيين مع إظهار مباشر وتقدير دقيق لتكاليف عملية التصميم [26].

وبهدف تحسين الرؤية الاقتصادية لقطاع الطاقة الكهربائية استخدمت أنظمة الـ (GIS) مدعومةً بالصورة الفضائية في تطوير آلية لزيادة امكانية التحكم بعمليات رسم خرائط شبكات النقل والتوزيع، وإدارة الأعمال وتجهيزات نظام الطاقة. كما هدفت هذه الآلية أيضاً إلى المساعدة في تقليل الضياعات وتحسين فعالية الطاقة من خلال تحسين برامج الصيانة والإصلاح وتحديث النظام [27-30].

بشكل عام فإنّ التطبيقات المختلفة لتقنيات الـ (RS) والـ (GIS) تحسّن وتطور الصورة الشاملة التي يظهر بها نظام الطاقة المستقبلي عن طريق ربط البيانات المكانية مع المواقع الجغرافية لمكونات هذا النظام (الشبكة الذكية) [31-32].

من خلال الدراسة المرجعية السابقة، يمكن أن نخلص إلى أنّ تقنيات الـ (RS) المعتمدة على معالجة الصور الفضائية بدقتها العالية في الوقت الراهن وبتكاملها مع أنظمة الـ (GIS) والـ (GPS) تعد إحدى أهم الأدوات لحل المشاكل ذات البعد المكاني المعقدة التي تتصف بها أنظمة الطاقة الكهربائية بسرعة وفعالية كبيرة. حيث بيّنت نتائج الأبحاث والدراسات السابقة أنّ هذه التقنيات تلعب دوراً هاماً في جميع مراحل التخطيط والتصميم، والتحليل، والإدارة والتشغيل لمشاريع وأنظمة الطاقة الكهربائية وخصوصاً الحديثة منها.

## 2- أهمية البحث وأهدافه:

بالرغم من الإمكانيات المميّزة والكبيرة لتقنيات الـ (RS) والـ (GIS) والـ (GPS) في حل المشاكل والصعوبات المتعلقة بالأعمال الهندسية من تكامل المعلومات لاختيار الموقع المناسب للمشروع ودراسات التربة ودراسات الموارد الطبيعية ودراسات البيئة والمناخ وغير ذلك، إلى بناء قواعد البيانات الكهريائية الشاملة والدقيقة والمحدثة وتكاملها مع البيانات الجغرافية للحصول على التخطيط والتصميم الأمثل وكذلك تحليل وإدارة وتشغيل أنظمة الطاقة الكهريائية، إلاّ أنّه لم يتم استثمار هذه التقنيات محلياً بعد في قطاع الطاقة الكهريائية. لذلك فإنّ هذا البحث يهدف إلى تبيان دور هذه التقنيات في تخطيط وتشغيل مشاريع وأنظمة الطاقة الكهريائية من خلال الاعتماد على دراسة وتحليل مخرجات مشروع تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية من أجل الإدارة الأمثل لشبكة نقل الطاقة الكهريائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية، الذي تم تنفيذه، من قبل فرع المنطقة الساحلية للهيئة العامة للاستشعار عن بعد وقسم هندسة الطاقة الكهريائية في جامعة تشرين. تكمن أهمية هذا البحث من أنّه يوضّح كيفية تطوير وتحسين مشاريع تخطيط وتشغيل وإدارة أنظمة الطاقة الكهريائية اعتماداً على خريطة رقمية تفاعلية تعتمد على قاعدة بيانات شاملة ودقيقة ومحدثة باستخدام تقنيات الـ (RS) والـ (GIS) والـ (GPS).

## 3- منهجية البحث المقترح:

تعتمد منهجية البحث المقترح على شرح وتوضيح:

- 1) دور تقنيات الاستشعار عن بعد في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهريائية.
- 2) دور نظام المعلومات الجغرافية في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهريائية.
- 3) دور نظام تحديد المواقع العالمي في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهريائية.
- 4) تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهريائية.
- 5) منهجية تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي الـ (GIS) والـ (GPS) في شبكة نقل الطاقة الكهريائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية

- (6) كيفية إنشاء الخارطة الرقمية لشبكة نقل الطاقة بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية.
- (7) عمليات التحليل المكاني والاستعلام التي يمكن إجراؤها على شبكة نقل الطاقة بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية باستخدام نظام الـ GIS.

#### 4- مواد وطرق والبحث:

### 1.4 دور تقنيات الاستشعار عن بعد في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة

#### الكهربائية:

يعرف الاستشعار عن بعد بأنه عملية جمع بيانات عن سطح الأرض عن طريق التقاط صور أقمار صناعية خاصة ثم تتم عملية تصحيح وتفسير هذه الصور لتصنيف كل المعالم الجغرافية الموجودة فيها. كما يعرف بأنه علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة عن طريق تسجيل الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة ومن ثم معالجتها وتحليلها بهدف الحصول على خصائص الأهداف المدروسة.

لقد ساعد الاستشعار عن بعد بجمع بيانات المناطق الخطرة أو المناطق المتعدّر الوصول إليها. كما أنه حلّ أيضاً محل طرق جمع البيانات المكلفة والبطيئة على الأرض. للحصول على خارطة على شاشة الحاسوب مثلاً، فإننا نحتاج إمّا إلى خارطة طرق، أو خارطة طبوغرافية، أو صورة جوية، أو صورة فضائية. إنّ الخرائط المرسومة يدوياً لمنطقة دراسة ذات مساحة جغرافية كبيرة تعجز عن توضيح تفاصيل هذه المنطقة من أبنية سكنية وطرق وتضاريس ومعالم طبيعية أخرى. في تلك الحالة أثبتت تقنية الاستشعار عن بعد من خلال الصورة الفضائية أنها مفيدة بطريقة فعالة، حيث أنها تقدّم حلاً أكثر فعالية، وأقلّ تطلباً للجهد البشري، وأقلّ زمناً للحصول على خارطة المنطقة المدروسة [33]. من أجل تأسيس الموقع الحقيقي للصورة الفضائية على الأرض ينبغي أن تكون الصورة مرجعة جغرافياً ويتطلب هذا الأمر دمج بيانات من مصادر متنوعة مع بعضها البعض ومن ثم استخدم هذه البيانات المدجة في تطبيق نظام الـ (GIS)، فإنّه يصبح من الضروري أن نمتلك نظام إرجاع موحد. وهذا يتم تنفيذه باستخدام تقنيات إرجاع جغرافية متنوعة. إنّ محدودية الصور الفضائية هي في دقتها الضئيلة. إذا كان هدف ما غير مرئي في الصور الفضائية، عندها يستطيع جهاز مستقبل الـ (GPS) أن يحدد موقعه بدقة. يمكن بشكل مباشر استيراد البيانات المجمعة من

جهاز مستقبل الـ (GPS) إلى الخارطة المرجعة جغرافياً. يستطيع جهاز مستقبل الـ (GPS) أن يحدد نقطة علام كما يستطيع أن يتتبع المسار أيضاً. وهكذا فإنه، على سبيل المثال، يمكن الحصول على مواقع جميع الأبراج وخطوط النقل الموجودة في أي نظام طاقة كهربائي بشكل فعال إما من خلال الصورة الفضائية (في حالة الهدف المرئي) أو باستخدام جهاز مستقبل الـ (GPS) كما (في حالة الهدف غير المرئي) كما يوضح الشكل (1).



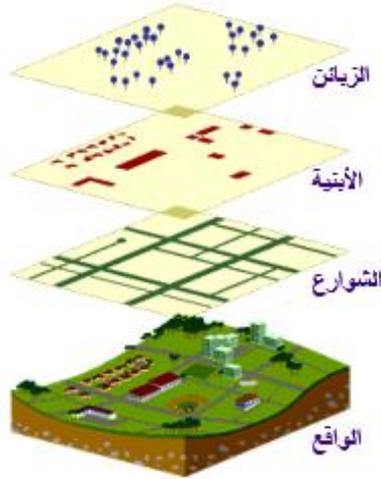
الشكل (1): صورة فضائية لمحافظة اللاذقية تتوضع عليها خطوط ومحطات شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV.

#### 2.4 دور نظام المعلومات الجغرافية الـ (GIS) في مشاريع تخطيط وتشغيل

##### أنظمة الطاقة الكهربائية:

يُعدّ نظام المعلومات الجغرافية الـ (GIS) اتجاهاً متنامياً في مجال تكنولوجيا المعلومات حيث يُقدّم حلولاً أفضل من أجل تمثيل البيانات الجغرافية. كما أنه يُعدّ نظام معلومات مؤتمت يملك القدرة على جمع، تخزين، استرجاع، تحليل وإظهار المعطيات على شكل خرائط. يجمع نظام

الـ GIS بين طبقات (شرائح) مختلفة من المعلومات عن مكان ما من أجل فهم وتحليل أفضل كما يظهر في الشكل (2).



الشكل (2): الطبقات (الشرائح) في نظام الـ GIS

تتضمن تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية العمليات المعتادة التي تتم على قواعد البيانات مثل الاستفسار والتحليل الإحصائي بالإضافة إلى التحليل الجغرافي المميز الذي توفره الخرائط. كما تمتاز نظم المعلومات الجغرافية بأنها تجمع بين عمليات الاستفسار والاستعلام الخاصة بقواعد البيانات وإمكانية المشاهدة والتحليل والمعالجة البصرية لبيانات جغرافية من خرائط وصور الأقمار الصناعية والصور الجوية. وهذه الميزة تميزها عن نظم المعلومات المعتادة وتجعلها مناسبة لكثير من التطبيقات العامة والخاصة لتفسير الأحداث وحساب المؤشرات ووضع الاستراتيجيات.

إن قوة نظام الـ GIS بالمقارنة مع الخرائط الورقية هي في قدرة هذا النظام على اختيار المعلومات التي نحتاجها بالاعتماد على تطبيق محدد. نستطيع أن نقسم قاعدة البيانات التي تعد أكثر المكونات أهمية في مؤسسة أو هيئة ما إلى نوعين رئيسيين من نماذج البيانات: 1- البيانات المكانية التي تصف موقع وشكل الملامح الجغرافية والعلاقات المكانية لهذه الملامح على الخارطة. 2- البيانات الوصفية المعروفة كمعلومات وصفية للملامح الموجودة على الخارطة.

#### 1.2.4 أهمية استخدام نظام الـ (GIS) في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

تعاني أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية، في بلدنا كما في أغلب بلدان العلم الثالث، من التحديث اليدوي غير الدقيق لبيانات هذه الأنظمة سواء فيما يتعلق ببيانات التخطيط أو بيانات التشغيل أو بيانات الصيانة وغيرها. حيث لا تزال تعتمد هذه الأنظمة إلى اليوم على التحديث اليدوي لهذه البيانات. يضاف إلى ذلك الضعف في مراقبة هذه الأنظمة ومنع الضياعات والتحديث اليدوي لسجلات المستهلكين، الخ.

لقد أدرك القائمون على أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية في العالم أهمية تكنولوجيا الـ GIS في رسم الخرائط الالكترونية التي توفر نموذجاً مرجعاً جغرافياً لبنية هذه الأنظمة. وبالتالي فإن هذا النموذج، المعتمد على نظام الـ GIS، يعدّ ضرورياً لتحديد توضع هذه الأنظمة وأمثلة عملها. إذ يقدم هذا النموذج معلومات مكانية تمثل مظاهر في العالم الحقيقي لهذه الأنظمة وذلك بصيغة خرائط رقمية وقواعد بيانات ذات إرجاع جغرافي. كما يسمح هذا النموذج أيضاً باستخدام طرق معالجة جديدة ويؤمن تمثيل عالي الدقة للمعلومات المعالجة وهو أداة فعّالة في يد صنّاع القرار في الحالات التي تكون فيها البيانات المتعلقة بالقرار تتضمن مكوناً مكانياً. حيث يساعد هذا النموذج مسؤولي المؤسسات والشركات الكهربائية على إظهار وتحليل وفهم البناء الهندسي في العالم الحقيقي وذلك لتحقيق إدارة أفضل لعمل هذه الأنظمة وحل المشاكل التي لا توفرها الخرائط المرسومة بالشكل التقليدي. كذلك يزود هذا النظام الفرق التي تقوم بتخطيط هذه الأنظمة بمشهد مركز عالي الدقة للمناطق التي يمكن أن تحصل فيها معدلات عالية لطلب على الطاقة وتفاصيل اتصال الحمولات في هذا المناطق.

يتطلب تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية توافر بيانات لشرائح الـ GIS التالية:

- بيانات لخارطة استخدام الأراضي وخارطة الغطاء النباتي (وهذه الخرائط مطلوبة للتحقق من أنّ أنظمة الطاقة الكهربائية قيد التنفيذ في المنطقة المحددة تحقق الشروط المطلوبة).
- بيانات GPS لتحديد مواقع الأبراج ومحطات التحويل.
- بيانات كهربائية للحمولات.
- بيانات خرائط الربط الكهربائي في هذه الأنظمة.

وبعد أن يتم بناء نموذج الـ GIS لهذه الأنظمة، فإنه يمكن إجراء عدد كبير من الدراسات والتحليلات وفقاً للمعطيات المتاحة مع السمات الجغرافية للمكان نذكر منها:

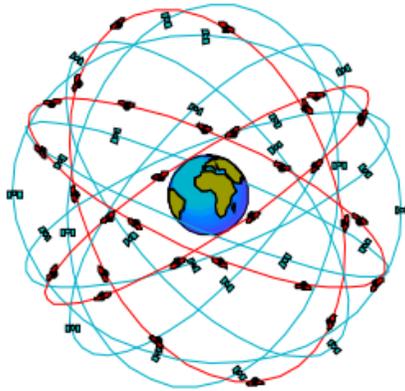
- تحديد المسار الأمثل للمغذيات.
- اقتراح عدد من التصاميم المختلفة للتوسع المستقبلي لهذه الأنظمة.
- الاختيار الأمثل للوصل الكهربائي.
- تحليل سريان الاستطاعه (الحمولة).
- إجراء دراسات مقارنة الكلفة بين التصاميم المختلفة.
- إدارة قاعدة البيانات، إلخ.

وفي النهاية يمكن تلخيص أهمية استخدام الـ GIS في أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية بالنقاط التالية:

- أداة إظهار: إذ يقدم نموذج الـ GIS طريقة فعالة لإظهار البيانات الكهربائية والجغرافية المتعلقة بهذه الأنظمة اعتماداً على خارطة أساس معروفة أو منطقة جغرافية.
- مرونة في التحليل: في نموذج الـ GIS، فإننا نستطيع بسهولة معالجة البيانات والحصول على تحليلات متعلقة بتخطيط وإدارة هذه الأنظمة مع نتائج فعالة مثل التخطيط أو التحديث لأنظمة موجودة أو أنظمة جديدة.
- التحديث: عندما يطرأ أي تغيير على بنية هذه الأنظمة، فإنه من السهل تحديث قواعد بيانات الـ GIS المتعلقة بها وبسرعة كبيرة.
- التعديل: يمكن تعديل الخرائط الرقمية المرسومة في بيئة الـ GIS بسهولة كبيرة عندما يتطلب الأمر ذلك.
- التخطيط: على سبيل المثال تخطيط الصيانات الدورية لهذه الأنظمة.
- الاستعلام: يُعدّ الاستعلام في أنظمة الـ GIS من أهم خصائص هذه الأنظمة وهو يتصف بالدقة والسهولة.
- المشاركة: تصبح مشاركة البيانات بين مستخدمين مختلفين (كمخططي المدن، مديري الإنشاءات، والمهندسين المدنيين) ممكنة وبسهولة.

### 3.4 دور نظام المواقع العالمي (GPS) في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

يُعدّ نظام الـ GPS أحد اللبنيات الأساسية التي تساعد على إنشاء نظام المعلومات الجغرافية (GIS). يعتمد هذا النظام على مجموعة مكونة من 24 قمراً صناعياً موضوعة في ستة مستويات مدارية مركزها الأرض مع أربعة أقمار صناعية احتياطية تدور حول الأرض على ارتفاع تقريبي (حوالي 11000 ميل) كما يظهر في الشكل (3). يستخدم نظام الـ GPS الأقمار الصناعية والحواسب من أجل تحديد موقع أي مكان على سطح الكرة الأرضية. ويتم تحديد الموقع الدقيق على جهاز الاستقبال لنظام الـ GPS استناداً على استقبال بيانات أربعة أقمار صناعية من منظومة هذا النظام. إنّ نظام الـ GPS له تطبيقات متعددة في مجالات الملاحة ومسح الأراضي والاستشعار عن بعد ورسم الخرائط وتحديد المواقع الهندسية (مثل الشوارع، الأبنية، خطوط الكهرباء، شبكات المياه، أنابيب النفط وغيرها).



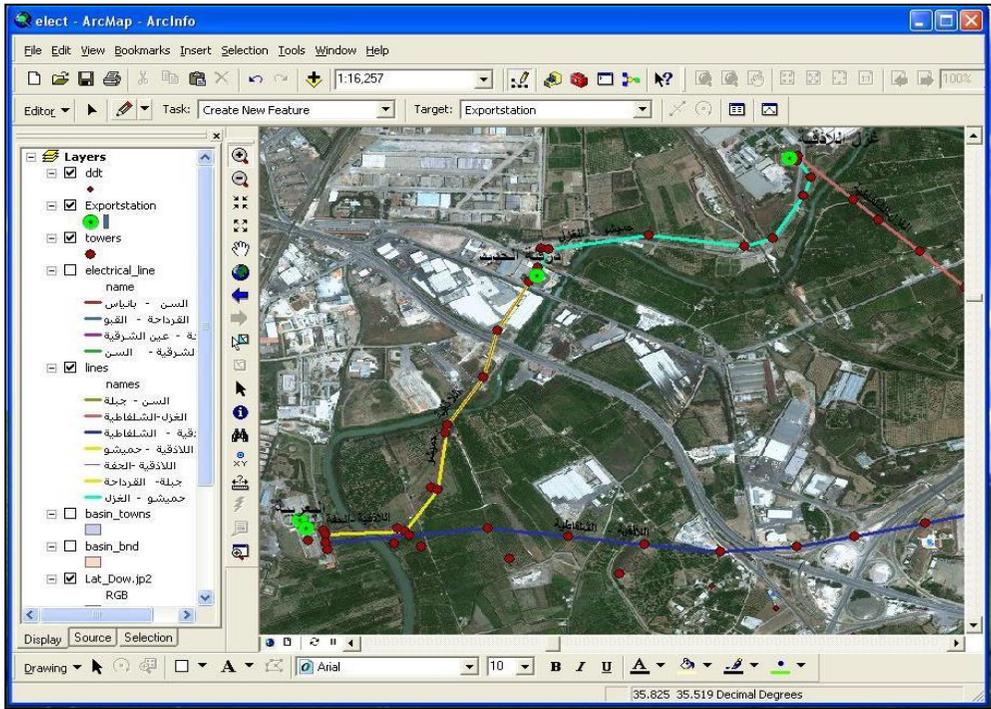
الشكل (3): تمثيل لدوران الأقمار الصناعية المستخدمة في نظام الـ (GPS)

### 1.3.4 استخدام نظام المواقع العالمي (GPS) في مشاريع تخطيط وتشغيل أنظمة الطاقة الكهربائية:

لتحديد مواقع محطات التحويل أو الأبراج (الأهداف)، على سبيل المثال، في أنظمة نقل توزيع الطاقة الكهربائية، فإنه يتم تحديد هذه المواقع بإحداثيات خطوط الطول والعرض التي تقيسها أجهزة الـ GPS والتي يمكن تصديرها مباشرة إلى شاشة الحاسوب. بمعنى أنه يتم استخدام

## تطوير مشاريع تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وتحديد المواقع العالمي

تقنية الـ GPS لتحديد المظاهر التي تكون غير متاحة أو ظاهرة في الصور الفضائية بسبب الدقة غير العالية لهذه الصور. يُعدّ نظام الـ GPS أداةً فعالةً جداً للحصول على معطيات نظام الـ GIS الجغرافية (المكانية). وهكذا فإنّه يساعد بشكل فعال في بناء قاعدة البيانات الدقيقة لنظام الـ GIS. على سبيل المثال، يُظهر الشكل (4) الخارطة الرقمية مع الصورة الفضائية بنظام الـ GIS لبعض أبراج خطوط شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية في سورية.



الشكل (4): صورة فضائية بنظام الـ GIS لبعض خطوط وأبراج شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية في سورية.

أما الجدول (1) فيُظهر البيانات التي تم جمعها لأبراج خط حميشو- الغزل، وهو أحد خطوط هذه الشبكة، مع إحداثياتها (خط الطول وخط العرض والارتفاع عن سطح البحر) بواسطة جهاز GPS من نوع GARMIN.

الجدول (1): البيانات التي تم جمعها لأبراج خط حميشو- الغزل مع احداثياتها (خط الطول، خط العرض، والارتفاع عن سطح البحر) بواسطة جهاز GPS من نوع GARMIN

ملاحظات	تاريخ اخذ الإحداثيات البرج	ارتفاع البرج عن سطح البحر	الإحداثيات		رقم البرج على جهاز GPS	كود البرج	موقع البرج	الرقم المتسلسل
			N	E				
برج الزاوية	11/11/2013	11m	35.52372	35.83495	1	E (SW)	ضمن حرم شركة حميشو	1
وطا البئيس (برج الزاوية)	11/11/2013	9m	35.52440	35.83534	2	E (SW)	ضمن كراج خاص	2
طريق سوق النهل	11/11/2013	7m	35.52495	35.83889	3	E (SY)	وطا البئيس	3
	11/11/2013	7m	35.52451	35.84230	4	E (SR)	وطا البئيس	4
برج الزاوية	11/11/2013	8m	35.52485	35.84329	5	E (SW)	وطا البئيس	5
	11/11/2013	8m	35.52645	35.84439	6	E (SR)	وطا البئيس	6
برج صدار (زاوية)	11/11/2013	9m	35.52717	35.84467	7	E (SR)	وطا البئيس	7
برج النهاية (يقع بين برجين المتقاطعية - غزل مقويين - غزل)	11/11/2013	9m	35.52786	35.84417	8	E (SX)	ضمن حرم المحطة للغزل	8

## 5- تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مشاريع الطاقة الكهربائية:

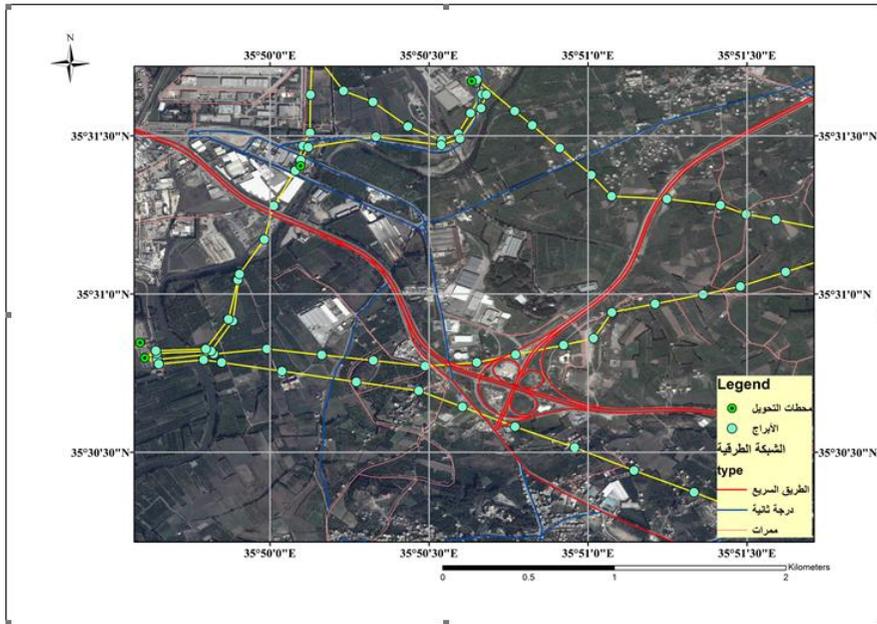
كما هو معلوم، فإن جميع مكونات أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية لها توضع جغرافي معين. تتوقف الاستفادة الكاملة من أي تطوير لهذه الأنظمة اعتماداً على معطيات البعد الجغرافي لمكوناتها. يمكن أن نقسم تطبيقات تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام الـ (GIS) في مشاريع الطاقة الكهربائية إلى قسمين أساسيين هما:

### 1.5. التطبيقات في مجال التخطيط والتصميم:

يفرض النمو السكاني الكبير وتزايد الطلب على الطاقة نتيجة تطور المجتمع إنشاء محطات توليد (تقليدية و/أو متجددة) وخطوط نقل ومراكز تحويل جديدة بشكل مستمر لتلبية هذه الاحتياجات. نستعرض هنا عدد من التطبيقات في مجالي التوليد والنقل والتوزيع:

## 1) التوليد:

إنّ اختيار المواقع الأفضل لإنشاء محطات التوليد التقليدية أو المتجددة هو أمر معقد ويتأثر بعدد كبير من العوامل البيئية والمناخية والجيولوجية واللوجستية. تلعب تقنيات الاستشعار عن بعد وأنظمة المعلومات الجغرافية دوراً هاماً في تحديد هذه المواقع وذلك من خلال تكاملها مع خوارزميات اتخاذ القرار متعددة المعايير. يقدّم نظام المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال قاعدة بياناته الهائلة والقابلة للتحديث بشكل مستمر كل ما يمكّن المستخدم من اختيار المعيار المناسب لتحديد المكان الأفضل لبناء محطات توليد الطاقة وبالأخص المتجددة منها. تشمل هذه المعايير اتجاه وسرعة الرياح، الارتفاع والانحدار، شبكات الطرق العادية والسكك الحديدية، المناطق الزراعية والغابات، المسيلات المائية (الأنهار والبحيرات) وغير ذلك. يظهر الشكل (5) جزء من شبكة الطرقات العامة في محافظة اللاذقية مع توضع بعض الأبراج وبعض محطات التحويل لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في تلك المنطقة باستخدام نظام الـ (GIS).



الشكل (5): جزء من شريحة شبكة الطرقات العامة في محافظة اللاذقية مع توضع بعض الأبراج وبعض محطات التحويل لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في تلك المنطقة (محطة تحويل اللاذقية - الشلفاطية)

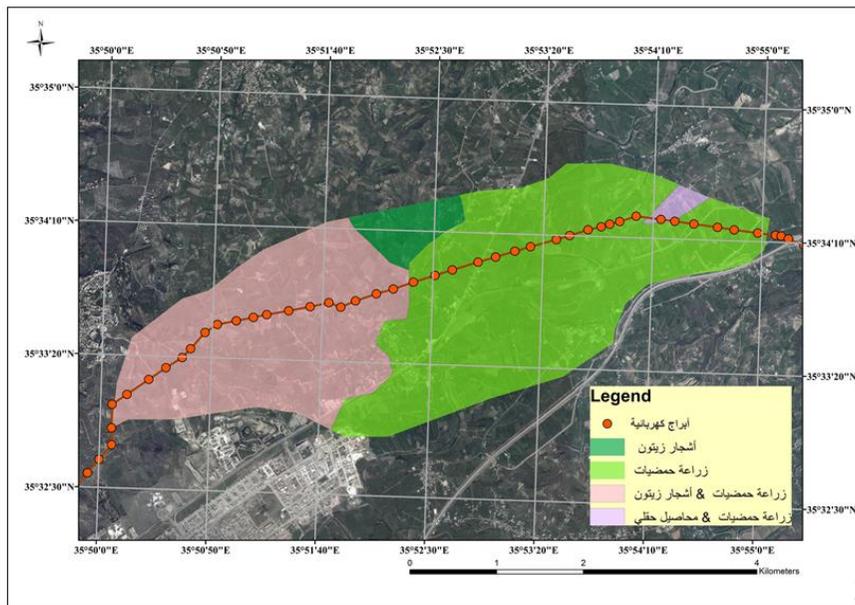
## (2) النقل والتوزيع:

كما هو معلوم، فإنّ تمديد خطوط نقل الطاقة الكهربائية مكلف جداً لذلك ليس من المناسب أبداً حصول أخطاء في اختيار مسار الخط (مواقع الأبراج) أو مواقع مراكز التحويل التابعة له. إنّ تحديد المسارات الأمثل لخطوط النقل والتوزيع أو تحديد المواقع الأمثل لمراكز التحويل المزمع إنشاؤها مستقبلاً هو أمر في غاية التعقيد. يظهر قلق المجتمع واضحاً يوماً بعد يوم بشأن قضايا الصحة وذلك بسبب الحقول الكهرومغناطيسية الناتجة عن خطوط نقل التوتر العالي على وجه الخصوص. بالإضافة إلى تأثير هذه المسارات والأماكن بعوامل بيئية، واقتصادية - اجتماعية، ومناخية وجيولوجية كثيرة. عند اختيار مسار خط النقل، فإن الخط المستقيم مع أقل الانحناءات يكون هو المفضل كونه يقدم أفضل الحلول الهندسية والاقتصادية. من أجل تحقيق هذا المسار فإن الخط يمكن أن يمر من خلال أماكن محددة والتي قد تكون مأهولة بالسكان أو مناطق تكون غير مناسبة لتركيب الأبراج. لذلك تستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام الـ GIS كأداة تقنية في تحديد المسارات والمواقع الأمثل بحيث يكون التأثير والتأثير البيئي بالحد الأدنى (على سبيل المثال، تقليل عدد الأشجار اللازم قطعها في المناطق الزراعية والغابات إلى الحد الأدنى). تطبق خوارزميات إيجاد المسار الأمثل (الموقع الأمثل) بالاعتماد على الميزات الكهربائية والاقتصادية بالإضافة إلى الخصائص المكانية إذ يساعد إظهار الشبكة الكهربائية على الخريطة في اتخاذ القرار المناسب. حيث توجد علاقة بين كل هدف مكاني وقواعد بياناته غير المكانية فمثلاً في نظام الطاقة الكهربائية يكون موقع البرج على الأرض هو المعطى المكاني وطول البرج هو المعطى غير المكاني (الوصفي). يقدم نظام المعلومات الجغرافية الوسيلة الأفضل لربط قواعد البيانات غير المكانية مع البيانات المكانية أو الملامح الجغرافية المتعلقة بها. يظهر الشكل (6) جزء من مسار خط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية اعتماداً على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية GIS باستخدام برنامج ArcGIS (التحليل ثلاثي الأبعاد). يلعب نوع التربة والتأثيرات البيئية أيضاً دوراً هاماً في تحديد موقع أبراج خطوط النقل. كما يؤثر أيضاً نوع ووجود الملامح الجغرافية المقابلة لمسار خط النقل المقترح، والمناطق ذات خطر الانهيار، ومناطق الزلازل ونوع الصخور والعوامل المناخية على قرار تحديد مسار خط النقل.



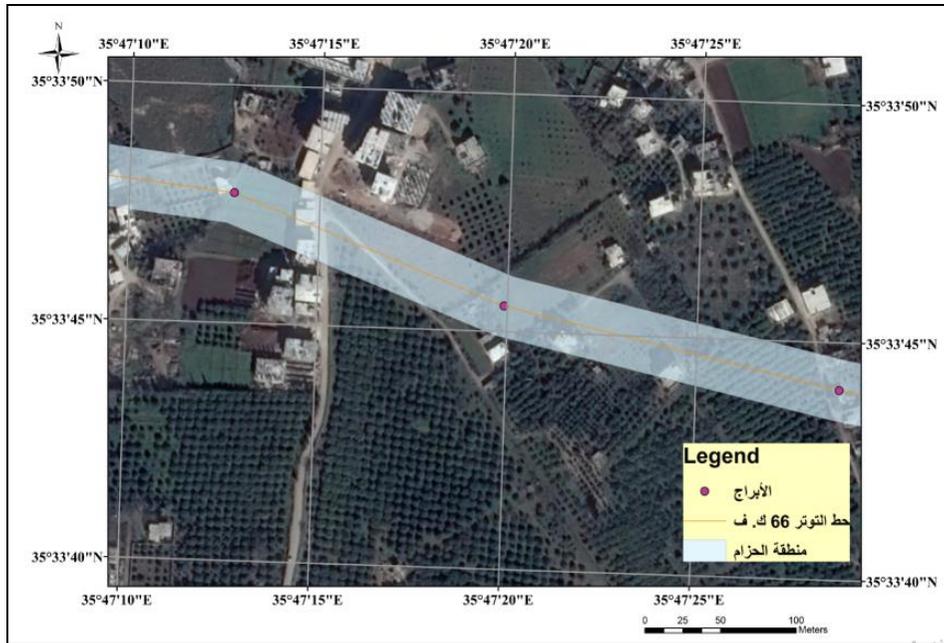
الشكل (6): جزء من مسار خط نقل طاقة كهربائية (التوتر 66kV) (خط اللاذقية - الحفة) اعتماداً على تكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظام ArcGIS (التحليق ثلاثي الأبعاد).

يُظهر الشكل (7) جزء من خارطة لنماذج الأراضي الزراعية والأشجار في منطقة (سقوبين - المدينة الرياضية) التي يمر فيها مسار خط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية اعتماداً على الصورة الفضائية للمنطقة ونظام المعلومات الجغرافية GIS.



الشكل (7): جزء من خريطة GIS تظهر نماذج استعمالات الأراضي والأشجار لمنطقة (سقوبين - المدينة الرياضية) يمر فيها مسار خط نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

إنّ مفهوم منطقة الحزام المأخوذة من المعلوماتية المكانية يمكن أن يساعد في تحديد المناطق الآمنة حول مسار خطوط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر العالي 230kV أو 66kV في المناطق السكنية، حيث يمكن أن يساعد ذلك على حماية القاطنين في تلك المناطق من تأثيرات الحقول الكهرومغناطيسية العالية. يُظهر الشكل (8) منطقة الحزام لجزء من مسار أحد خطوط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية (10 متر على يمين ويسار الخط).



الشكل (8): خريطة GIS تظهر جزء من مسار أحد خطوط نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV (سقوبين - المدينة الرياضية) في محافظة اللاذقية مع منطقة الحزام

## 2.5. التطبيقات في مجال الإدارة والتشغيل:

إنّ إمكانية ربط نظام الـ GIS مع أدوات تحليل نظام الطاقة الكهربائية تساعد في تقديم حلول تقنية لمشاكل أنظمة الطاقة من حماية وإصلاح وصيانة وغير ذلك. حيث يمكن أن تساعد أنظمة الـ GIS في توضيح عدة طبقات من المعطيات فوق المخطط أحادي الطور لنظام الطاقة. نستعرض هنا عدد من التطبيقات في مجال الإدارة والتشغيل منها:

## 1) التنبؤ بالحمولة (الاستطاعة) الكهربائية:

التنبؤ بالحمولة هو التنبؤ بكمية النمو المستقبلي للحمولة وتوقع مواضع زيادة هذه الحمولة. هذا التنبؤ هام جداً في عملية تخطيط أنظمة الطاقة حيث يعتمد العمل التخطيطي الكلي على هذا التنبؤ. لاستخدام تقنيات تنبؤ مكانية بالحمولة، فإن تقنية الصورة الفضائية ونظام الـ GIS تقدم منصة عمل ممتازة حيث يتم دمج معطيات نظام الطاقة مثلاً مع معطيات استخدامات الأراضي والمعطيات الأخرى. تتألف عملية التنبؤ بالحمولة من التنبؤ بالطاقة الكلية، والاحمال المصنفة، ومنحي الحمولة وتوزيع الحمولة. للتنبؤ باحتياجات وتوزيع الحمولة في نظام الطاقة، فإنه ينبغي تقسيم منطقة الاستهلاك إلى مناطق عديدة صغيرة مناسبة بالاعتماد على الموقع الجغرافي والذي يتضمن عدد النقاط المطلوبة التي تشير إلى الحمولات المختلفة للمستهلكين. حيث يتم جمع البيانات المكانية لكل قطاع والتنبؤ بنمو الحمولة المستقبلي لكل منطقة صغيرة. يمكن بعد ذلك أن يتم جمع المعلومات المكانية من خلال منصة العمل التي توفرها الصورة الفضائية ونظام الـ GIS. من أجل التنبؤ بنمو الحمولة لمنطقة جغرافية، فإنه يجب توافر معطيات مثل استعمالات الأراضي الحالية، والبنية التحتية للمواصلات والانحدارات الجبلية والمراكز السكانية وبالتالي موقع إضافة الحمولة الجديدة المتوقعة. وعندها يمكن التخطيط للنظام المستقبلي من خلال هذه التنبؤات بالحمولة.

## 2) إدارة الكوارث وتحديد مواقع الأعطال:

تمكّن تقنية الصورة الفضائية ونظام الـ GIS من فهم متكامل لنظام الطاقة الكهربائي وذلك عن طريق ربط البيانات المكانية لمكونات هذا النظام مع البيانات الوصفية (الكهربائية) في خرائط رقمية تفاعلية، وهذا ما يجعلها منصات ضرورية ومتخصصة لإظهار بيانات نظام الطاقة المرجعة جغرافياً في الزمن الحقيقي مثل التوتر والاستطاعة، إلخ. يتم تخزين معلومات نظام الـ GIS في شرائح خرائط جغرافية تجعل من السهل ربط شروط عمل أنظمة الطاقة مع المعلومات الأخرى مثل حالة الطقس، وشبكات الطرقات، إلخ. حيث تساعد بيانات الطقس في الزمن الحقيقي، المتكاملة مع نظام الـ GIS، في رفع سويات الحذر والحيطه لدى مشغلي نظام الطاقة. مثلاً، بمساعدة هكذا نظام، فإنّ تحديد حالة الطقس المتوقعة المتحركة باتجاه منطقة ما يمكن المشغلين من التحديد السريع لتجهيزات النظام التي قد تتعرض لمخاطر متزايدة مما قد يؤدي إلى خروجها عن العمل.

يمكن أن يتم ربط خرائط النمو السكاني في نظام الـ GIS مع معطيات حمولات الخطوط في الزمن الحقيقي لتحديد الخطوط التي تتعرض لمخاطر أعطال متزايدة إما بسبب الصواعق (البرق) أو بسبب الحمولة الزائدة. يمكن عندئذ أن تؤخذ هذه الخطوط بالحسبان كخطوط محتملة للانهايار أو الفشل في عملية تحليل الطوارئ ضمن نظام الطاقة. وبشكل معاكس، إذا أظهرت خرائط النمو السكاني في الـ GIS نمواً صغيراً فإن المشغل يمكن أن يضخ كمية أكبر من الطاقة في خط النقل ضمن قيود التوتر.

يمكن أن تستخدم سجلات الحمولة أو التوليد عند رسم خرائط التوتر لإظهار شروط تشغيل النظام ككل مثل المكونات المحملة تحميلاً زائداً مما يساعد المشغلين في تحديد نقاط الاضطراب في الشبكة من خلال نظرة سريعة إلى شاشة المراقبة في مركز التحكم. اعتماداً على التحديد السريع للمواقع، فإن تحليلات رقمية تفصيلية إضافية يمكن أن يتم إجراؤها من أجل بناء تصور أعمق للحلول الممكنة لحالة عمل الشبكة غير الطبيعية. في خارطة نظام الـ GIS يحدد اللون على الخارطة شدة أو خطورة التهديد في المناطق المحيطة بالموقع الجغرافي لمنطقة المشكلة. وحالماً يتم تحديد منطقة المشكلة على الخارطة، يستطيع المشغل أن يأخذ إجراءً وقائياً للتأكد من أنّ الحالة غير الطبيعية سوف لن تتطور إلى فشل كبير (عطل كبير) في النظام.

### 3) تقليل الضياعات في نظام الطاقة:

تتراوح ضياعات أنظمة النقل والتوزيع في البلدان النامية بين (40-35%). يمكن تقليل مثل هذه الضياعات وتحسين فعالية الطاقة عن طريق استخدام معطيات مكانية يتعامل معها نظام الـ GIS من خلال النقاط التالية:

- رسم خارطة توزع المستهلكين اعتماداً على خارطة الشبكة الكهربائية. إنّ الهدف من ذلك هو فهرسة كل المستهلكين وتصنيف كامل لقاعدة بياناتهم مع الأخذ بالحسبان عناوينهم الكهربائية لتسجيل المعطيات المكانية وغير المكانية حيث يعطى كل مستهلك عنوان مفرد يدعى رقم فهرس المستهلك.
- أخذ قياسات دقيقة للمستهلكين وربطها مع موقعهم المكاني أي بمعنى تركيب المقاييس في كل مراحل التحويل وفي جهة المستهلك أيضاً.
- أخذ قياسات للمغذيات ومحولات التوزيع حسب موقعها المكاني: تركيب مقاييس إلكترونية في جميع مخارج المغذيات ومحولات التوزيع.

- تسجيل قياسات الاستطاعة الفعلية لمقاييس المغذيات ومحولات التوزيع وكذلك عامل الاستطاعة ومعلومات الأحمال.
- أخذ قياسات الطاقة المستقبلية (المستلمة) في كل محطة فرعية وفي مخارج المغذيات والطاقة المفوترة (المدفوعة الثمن) وحساب ضياعات النقل والتوزيع في كل مغذي ومحولة.
- تحميل المعلومات إلى شبكة حاسوبية وبناء نظام إدارة معلومات فعّال (MIS) مرتبط بأنظمة الـ (GIS) من أجل اتخاذ القرار السريع وتحسين نظام التوزيع.

#### 4) تحليل نماذج الربحية (الربعية):

يُعدّ نظام القياسات والفوترة المصدر الرئيسي للعائدية (الربعية) في نظام الطاقة الكهربائي. يُساعد نظام الـ (GIS) المعتمد على الخرائط والصور الفضائية وخرائط جميع المستهلكين بمن فيهم الأفراد في تحديد نماذج الربعية وتغيراتها لنظام الطاقة على أساس موضعي محلي أو مناطقي. وهذا بدوره يمكن أن يستخدم بعد ذلك مع معلومات أخرى مثل مواقع أحياء محددة وأماكن الكثافة السكانية ونماذج اقتصادية أخرى لتحديد تغيّر أنظمة الربعية. عندما يتم تحديد هذه النماذج فإن الأولويات يمكن أن توضع لتحديد قضايا الاختلاس والتلاعب بالمقاييس. يمكن أن تُقدّم هذه المعلومات لعناصر الجباية الحقلية لقمع مثل هذه السلوكيات السلبية. بالإضافة إلى ذلك فإن التحليل الزمني التسلسلي لنماذج الربعية للمستهلكين يمكن أن يساعد في تحديد الانخفاض أو الازدياد المفاجئ لنماذج الحمل في منطقة محددة مما يؤدي إلى إعطاء إنذار للتحقيق فيما إذا كانت هذه التغيرات نتيجة تغيّر عناصر نظام الطاقة نفسه أو حالة بسيطة لشاغل جديد في ذلك العنوان.

#### 5) إدارة مكونات نظام الطاقة:

تتطلب أعمال إدارة مكونات نظام الطاقة الكهربائي توافر معلومات وبيانات من مصادر متعددة ضمن وخارج النظام. يمكن أن تشمل هذه المعلومات والبيانات حقوق التصرف بمكونات النظام ونقل أماكن توزيعها، وحق تمرير خطوط نقل الطاقة، وظروف الطقس، ومخططات الأرض ومعطيات البيئة. بالجمع بين المعرفة المتاحة عن موقع المكونات المحددة يمكن أن يساعد نظام الـ GIS في بناء آلية استجابة لحظية لتحديد أمور مثل الإصلاح، والاستبدال لهذه المكونات وهذا ما يؤمّن تغذية أكثر موثوقية.

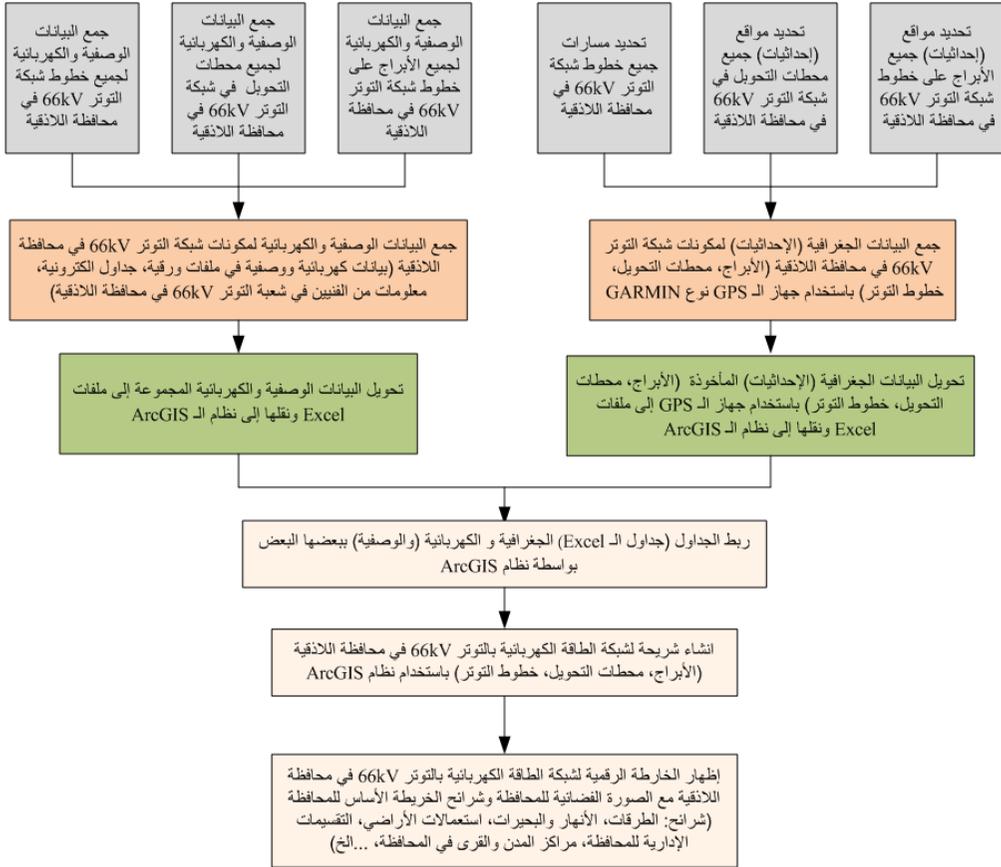
## 6- منهجية تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي الـ GIS والـ GPS في شبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية:

يتطلب التخطيط والتصميم الأمثل لمشاريع الطاقة الكهربائية مثل مشاريع بناء محطات التوليد أو مشاريع بناء شبكات النقل والتوزيع توافر كم هائل من البيانات الكهربائية والجغرافية المتعلقة بهذه المشاريع إذ تلعب قواعد البيانات الصحيحة دوراً هاماً في عملية التخطيط. يمكن أن تستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام الـ GIS لرسم الخارطة المكانية لكامل نظام الطاقة من التوليد إلى النقل والتوزيع وصولاً إلى أنظمة التوتر المنخفض ونقاط تزويد المستهلكين بالطاقة على صورة فضائية أو خارطة مساحية. حيث تكون شرائح المعلومات متضمنة في هذا التمثيل الخرائطي. يمكن أن تمثل الشريحة الأولى التوزيع المكاني لمكونات نظام الطاقة مثل محطات التوليد، أبراج وخطوط شبكات النقل والتوزيع، ومراكز التحويل. الخ. يمكن أن تستخدم الشريحة الثانية لإظهار الخارطة المكانية التي تحوي شرائح الطرقات، والعلامات الأرضية، والأبنية، والأنهار، وخطوط السكك الحديدية، الخ.

لبناء قاعدة بيانات بنظام الـ GIS لشبكة نقل طاقة كهربائية، فإن الأمر يتطلب بداية استخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS لأخذ إحداثيات جميع أبراج خطوط نقل الطاقة الكهربائية في هذه الشبكة وجميع مراكز التحويل فيها حيث يتم بعد ذلك إنشاء خارطة أساس رقمية دقيقة للشبكة. يسير المستقوصون على طول خطوط نقل الطاقة الكهربائية (باختلاف سويات التوتر فيها) ويلتقطون إحداثيات الموقع المكاني للأبراج (الأعمدة)، والمحولات، والمغذيات، والمحطات الفرعية، الخ. تجمع أيضاً في هذه المرحلة البيانات الوصفية للشبكة الكهربائية. بعدها يتم تصحيح للبيانات المكانية التي تم جمعها. يجب أن تُظهر الخارطة الرقمية الأساس العلامات الأرضية الهامة مثل الطرقات، والأنهار، الخ، والتي تكون ضرورية، على سبيل المثال، لتحديد أفضل توضع لمكونات الشبكة و/أو لتخطيط التوسع الجديد في الشبكة مستقبلاً، الخ. من أجل إظهار أفضل، فإن الخارطة الرقمية للشبكة يمكن أن يتم وضعها فوق الخارطة الرقمية الأساس وإضافة الصورة الفضائية أيضاً إليها.

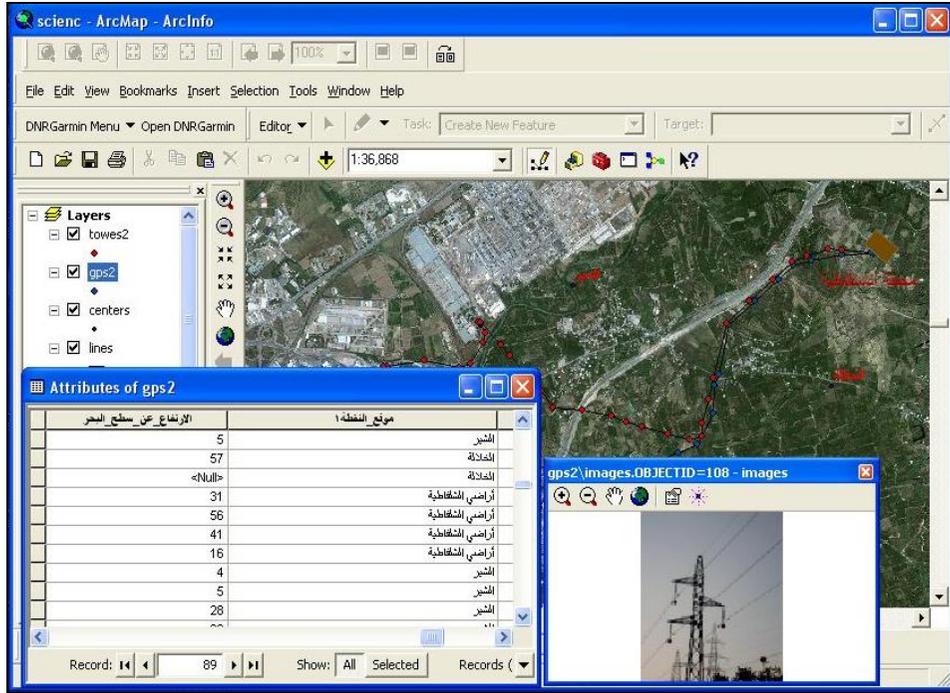
تضم الخارطة الرقمية مجموعة من شرائح البيانات الكهربائية والجغرافية التي يتم جمعها وإدخالها. ولتوضيح ما ذكرنا فإننا نوضح في الشكل (9) المخطط المنهجي الكلي لطريقة العمل التي تم اعتمادها من أجل بناء قاعدة بيانات بنظام المعلومات الجغرافية لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية وإنشاء الخارطة الرقمية لها.

## تطوير مشاريع تخطيط وإدارة أنظمة الطاقة الكهربائية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظامي المعلومات الجغرافية وتحديد المواقع العالمي



الشكل (9): المخطط المنهجي الكلي لطريقة العمل التي تم اعتمادها في انشاء الخارطة الرقمية بنظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS) لشبكة نقل الطاقة بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية

أخيراً يظهر الشكل (10) جزء من الخارطة الرقمية لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية مع الصورة الفضائية بين محطتي اللاذقية والشلفاوية. كما يظهر الشكل أيضاً صورة لأحد الأبراج التي تم الاستعلام عنها بواسطة نظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS) مع إظهار البيانات الجغرافية والوصفية (الكهربائية) عن هذا البرج.



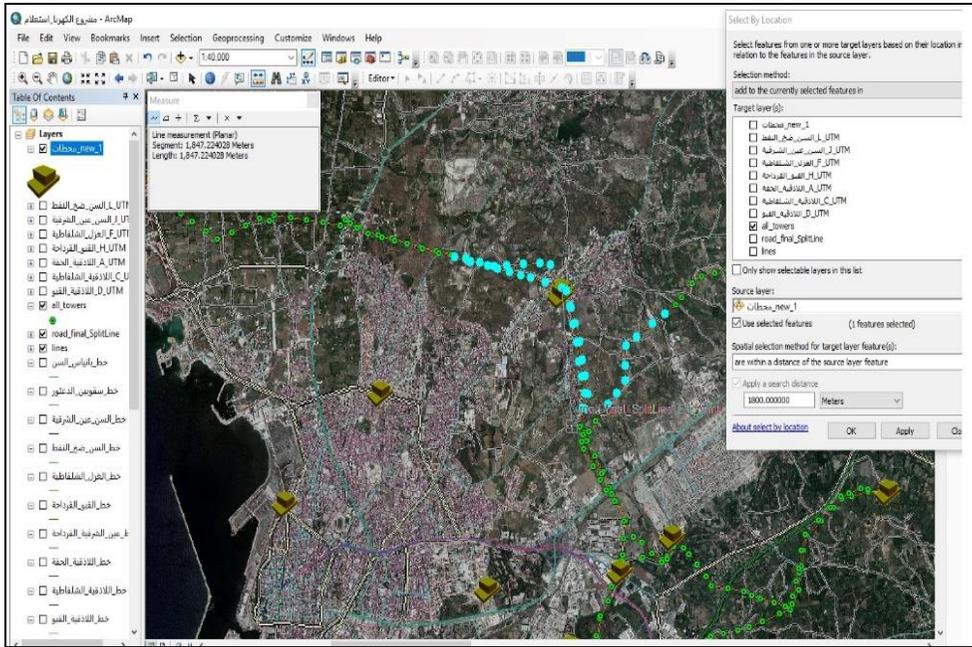
الشكل (10): جزء من الخارطة الرقمية لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية مع الصورة الفضائية بين محطتي اللاذقية والشفاطية

## 7. التحليل المكاني والاستعلام لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر (66kV) في محافظة اللاذقية:

إن استخدام برنامج التحليل المكاني لنظام المعلومات الجغرافية بعد بناء الخارطة الرقمية لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية على شكل شرائح GIS وربطها مع قواعد البيانات الجغرافية والكهربائية، يساعد في إنجاز عدد كبير من المهام المتعلقة بإدارة الشبكة وبالأخص عمليات الاستعلام عن مكونات الشبكة مما يسهل عملية اتخاذ القرار المتعلقة بتشغيل وصيانة الشبكة بشكل كبير. وسنستعرض فيما يلي عدد من الأمثلة عن عمليات الاستعلام التي يمكن إجراؤها على الشبكة باستخدام الخارطة الرقمية:

## 1) الاستعلام عن أماكن وجود محطات التحويل والأبراج المزدوجة الموجودة في منطقة محددة من محافظة اللاذقية:

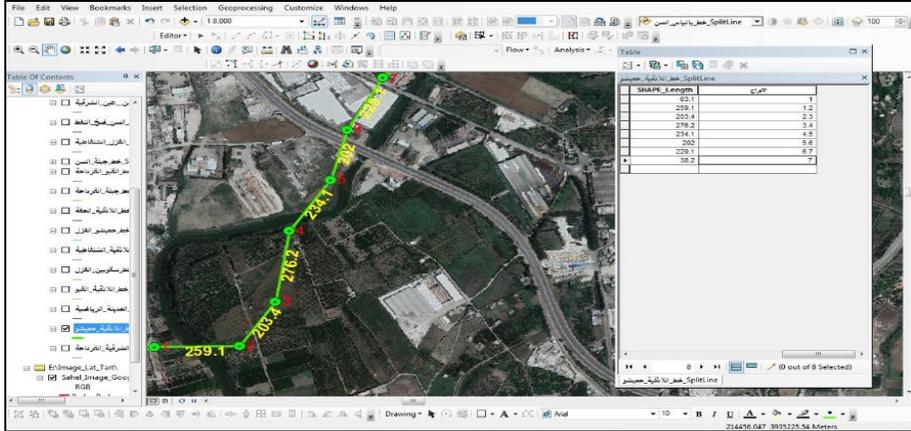
يُظهر الشكل (11) نتائج الاستعلام عن أماكن وجود محطات التحويل وأماكن توضع الأبراج المزدوجة (وفقاً للإحداثيات الجغرافية الحقيقية) في منطقة محددة من محافظة اللاذقية. حيث تظهر أماكن المحطات على الشكل باللون الزيتي في حين أنّ أماكن توضع أبراج النقل المزدوجة تظهر على الشكل باللون الفيروزي.



الشكل (11): جزء من شريحة GIS تُظهر الاستعلام عن أماكن توضع محطات التحويل والأبراج المزدوجة في منطقة محددة من محافظة اللاذقية

## 2) الاستعلام عن المسافات (مقاسة بالأمتر) بين الأبراج في خط نقل (اللاذقية – حميشو) الذي يعمل بالتوتر 66kV:

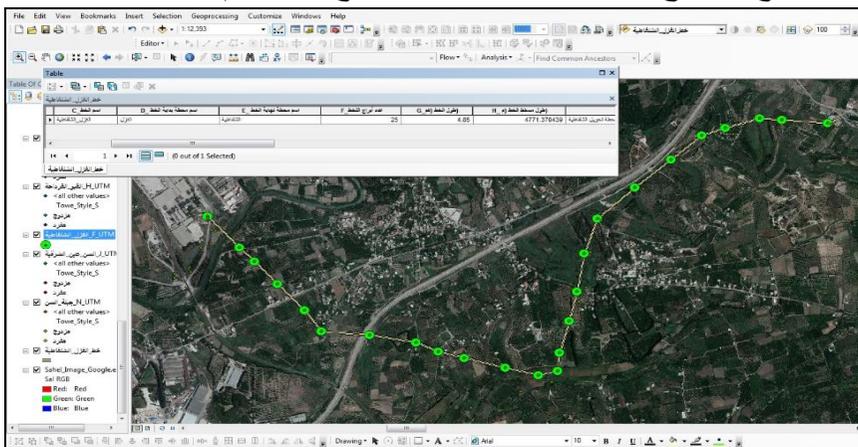
يُظهر الشكل (12) نتائج الاستعلام قياسات المسافات (بالأمتر) بين أبراج خط نقل (اللاذقية – حميشو) الذي يعمل بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية. تظهر قياسات المسافات بين الأبراج (بالأمتر) على الخط باللون الأصفر.



الشكل (12): جزء من شريحة GIS تُظهر الاستعلام عن قياسات المسافات (بالأمتار) بين أبراج خط نقل الطاقة (اللاذقية - حميشو) الذي يعمل بالتوتر 66kV

### 3) الاستعلام عن خط نقل الطاقة (الغزل - الشلفاطية) الذي يعمل بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية:

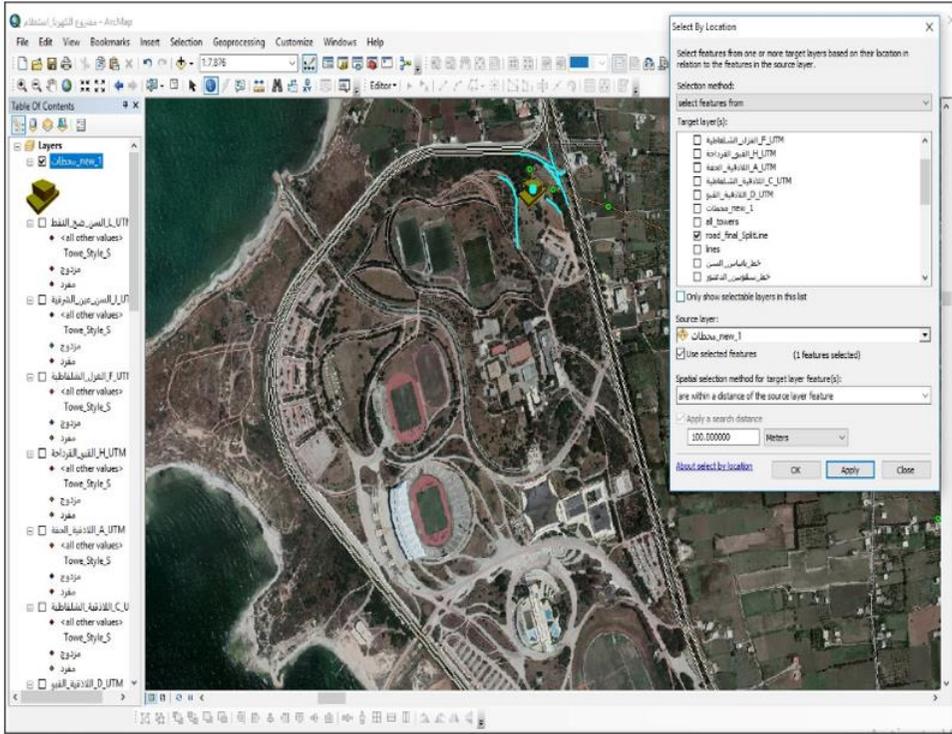
يُظهر الشكل (13) نتائج الاستعلام عن خط نقل الطاقة (الغزل - الشلفاطية) الذي يعمل بالتوتر 66kV. حيث يظهر على الشكل أماكن توضع أبراج الخط (وفقاً للإحداثيات الجغرافية الحقيقية) باللون الأخضر ومسار الخط واسمه واسم المحطة في بداية الخط (محطة تحويل غزل اللاذقية) واسم المحطة في نهاية الخط (محطة تحويل الشلفاطية). كما يظهر أيضاً عدد أبراج الخط البالغ 25 برج وطول الخط بالكيلومتر والبالغ 4.85 كم وطوله بالأمتار أيضاً.



الشكل (13): جزء من شريحة GIS تُظهر الاستعلام عن بيانات خط نقل الطاقة (الغزل - الشلفاطية) الذي يعمل بالتوتر 66kV في محافظة اللاذقية

#### 4) الاستعلام عن الطرقات التي تقع ضمن مسافة 100 متر من محطة تحويل المدينة الرياضية:

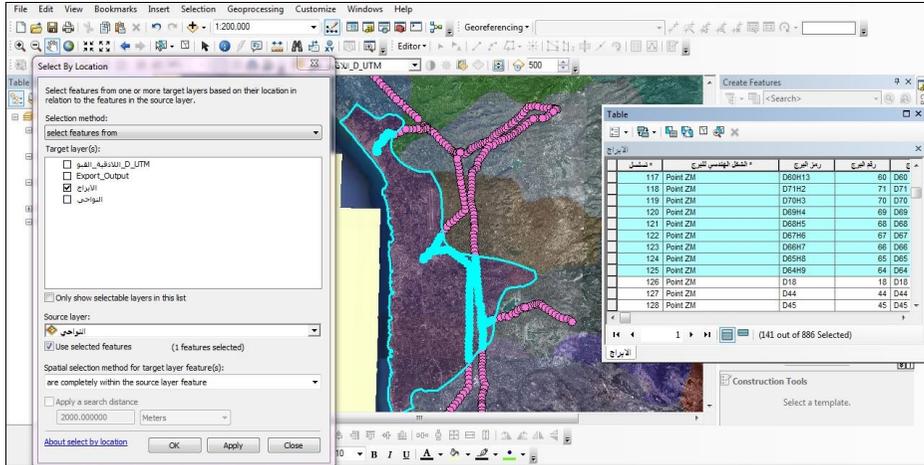
يُظهر الشكل (14) نتائج الاستعلام عن جميع الطرقات التي تقع ضمن مسافة 100 متر من محطة تحويل المدينة الرياضية. حيث يظهر على الشكل أجزاء من الطرقات التي تقع ضمن المسافة المحددة باللون الفيروزي وتظهر المحطة باللون الفوسفوري.



الشكل (14): جزء من شريحة GIS تظهر الاستعلام عن الطرقات التي تقع ضمن مسافة 100 متر من محطة تحويل المدينة الرياضية الموجودة ضمن شبكة نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

#### 5) الاستعلام عن الأبراج الموجودة في منطقة مركز مدينة جبلة:

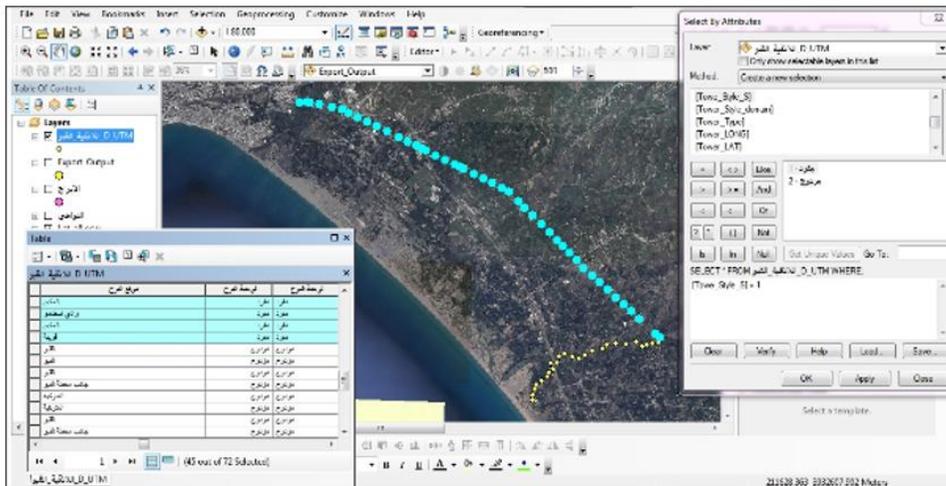
يُظهر الشكل (15) نتائج الاستعلام عن عدد وأماكن توضع جميع الأبراج الموجودة في منطقة مركز مدينة جبلة. حيث يبين هذا الاستعلام أن عدد الأبراج الموجودة في هذه المنطقة هو 141 برج من أصل مجموع أبراج الشبكة. وتظهر هذه الأبراج على الشكل باللون الفيروزي داخل منطقة مركز مدينة جبلة.



الشكل (15): جزء من شريحة GIS تظهر الاستعلام عن عدد وأماكن توّضع الأبراج الموجودة في منطقة مركز مدينة جبلة في شبكة نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

6) الاستعلام عن الأبراج المفردة فقط الموجودة على خط اللاذقية - القبو:

يُظهر الشكل (16) نتائج الاستعلام عن عدد الأبراج المفردة فقط الموجودة على خط اللاذقية - القبو لشبكة نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر في محافظة اللاذقية وأماكن توّضعها على الصورة الفضائية. حيث تظهر الأبراج المفردة باللون الفيروزي وعددها 45 من أصل 72 برج على الخط. أما بقية الأبراج (المزدوجة) فتظهر باللون الأصفر.



الشكل (16): جزء من شريحة GIS تظهر الاستعلام عن عدد وأماكن توّضع الأبراج المفردة فقط على خط اللاذقية - القبو في شبكة نقل الطاقة الكهربائية (بالتوتر 66kV)

## 8- الاستنتاجات والتوصيات:

- أظهرت هذه المقالة من خلال النتائج التي حصلنا عليها الاستنتاجات التالية:
- من الضروري جداً استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وأنظمة الـ GIS في مشاريع الطاقة الكهربائية بجميع مراحلها حيث لم يعد هناك مجال للشك في الإمكانيات الكبيرة التي تقدمها هذه التقنيات من حيث جمع وتخزين ومعالجة وإظهار كم هائل من البيانات اللازمة لتنفيذ مثل هذه المشاريع بالشكل الأمثل.
  - يمكن باستخدام نظام الـ GIS مراقبة الطلب المتزايد على الطاقة بسبب النمو السكاني وهذا ما يساعد في تحديد الاحتياجات المستقبلية لنظام الطاقة.
  - طالما أن التخطيط لإنشاء خطوط جديدة لنقل الطاقة والتوسع في نظام الطاقة وإدارة الكوارث فيه تتأثر بالظروف السكانية والبيئية، فإنّ نظام الـ GIS يلعب دوراً هاماً في دراسة وتحليل تلك العوامل وعندها يمكن اتخاذ القرار السليم اعتماداً على تلك الدراسات والتحليلات.
  - من الضروري ربط البيانات الجغرافية والكهربائية لنظام الطاقة مع بعضها البعض بواسطة نظام الـ GIS على شكل خارطة رقمية تفاعلية للحصول على رؤية أفضل لنظام الطاقة وإجراء جميع التحليلات اللازمة لإدارة هذا النظام بالشكل الأمثل.
- وبناءً على نتائج هذه المقالة يمكن أن نوصي بما يلي:
- تعميم هذا البحث بحيث يشمل شبكات نقل الطاقة الكهربائية بالتوتر العالي والمتوسط والمنخفض على كامل مساحة محافظة اللاذقية وعلى كامل مساحة الجمهورية العربية السورية أيضاً.
  - العمل على تبني مفهوم تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية بشكل علمي أكاديمي وبحثي وبشكل رسمي في مشاريع الطاقة الكهربائية.
  - وضع مفاهيم الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية موضع التطبيق العملي والاستفادة من الخبرات المحلية الموجودة في تصميم وتخطيط وإدارة نظام الطاقة الكهربائية.
  - إنشاء إدارات لنظام المعلومات الجغرافية في جميع دوائر وشركات نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية في سورية وتعيين مهندسين أو فنيين يملكون الكفاءة في استخدام وإدارة نظام المعلومات الجغرافية.

## 9- المراجع:

- [1] PAUL, A, LONGLEY, M, GOODCHILD, F, DAVID, JM., DAVID WR, 2015- Geographic Information Systems and science, John Wiley & Sons Ltd, 496p.
- [2] WIERNES, PE, BRACHT, N, MOSER, NA, BOHLEN, S, 2015 A novel geo-spatial clustering tool applied to power system strategic planning, 2015 Modern Electric Power Systems (MEPS), pp. 1-6.
- [3] JUE, H, 2017 Design and research of cross-regional large power grid GIS platform architecture, 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC), Chengdu, pp. 739-742.
- [4] KUIHUA, W, DONGLEI, S, XUELIANG, L, ZHONGFU, J, XINSHENG, N, JINHONG Y, 2017 Study of GIS-oriented graphical management system for power grid planning based on cloud service, IEEE 2nd International Conference on Cloud Computing and Big Data Analysis (ICCCBDA), Chengdu, pp. 504-508.
- [5] PHAYOMHOM, A, RUGTHAICHAROENCHEEP, N, CHAITUSANEY, S, 2015 GIS application to distribution substation planning in MEA's power system, 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Hua Hin, pp. 1-6.
- [6] SHU, J, WU, L, ZHANG, L, HAN, B, 2015 Spatial Power Network Expansion Planning Considering Generation Expansion, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 30, No. 4, 1815-1824
- [7] PHILIP, HS. 2005 Electrical Distribution Modeling, Blacksburg, Virginia, MS thesis.
- [8] LI, Y, ZHANG, H, ZHOU, G, LIU, G, FENG, Z, MENG, Q, 2017 Real-time synchronous data visualization for wide area power systems, IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), Beijing, pp. 1-6.
- [9] WU, L. LIN, Y. PANG, W. 2018 Distribution Network Topology Modelling and Automatic Mapping Based on CIM and GIS, IEEE 4th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC), Chongqing, China, pp. 1-5.
- [10] SURYAWATI, O, PENANG, S, SUYANTO, N, 2017 Online power flow management based on GIS for active distribution network management, International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS), Sanur, pp. 149-152.
- [11] KAIPPILLY, K, RADHAKRISHNAN, J. MOIRANGTHEM, S, PANDA, K. AND AMARATUNGA, G, 2018 GIS Integrated Automation of a Near Real-Time Power-Flow Service for Electrical Grids, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 54, No. 6, 5661-5670.

- [12] MOIRANGTHEM, J, KRISHNANAND, KR, PANDA, SK, AMARATUNGA, G, 2016 GIS integrated automation of a near real-time power-flow service for electrical grids, IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET), Hanoi, pp. 48-53.
- [13] RIHAN, M. KUMAR, V, 2016 GIS aided PMU placement for dynamic state measurement in power grid: A case study, International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), Noida, pp. 945-948.
- [14] BEYHAN, H, YALÇIN, M. KOCAMAZ, AF, 2019 Matching Voltage Drop and Power Losses with GIS In Middle Voltage Electric Distribution Network in Diyarbakır, International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP), Malatya, pp. 1-6.
- [15] ALBASRI, FA, ALZAKI, Z, ALNAINOON, E, ALAWI, H, AYYAD, R, 2019 A Fault Location System Using GIS and Smart Meters for the LV Distribution System, International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT), Sakhier, pp. 1-6.
- [16] RAGHAV, SP, JAYANT, KS, 2006 Electrical Network Mapping and Consumer Indexing Using GIS, Conference Proceedings of Map India.
- [17] QIAN, Z, HU, C, 2019 Optimal Path Selection for Fault Repair Based on Grid GIS Platform and Improved Fireworks Algorithm, 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), Chengdu, pp. 2452-2456.
- [18] WANG, C, WANG, QL, YUAN, L, WANG, S, TIAN L, LUO L, 2010 Applications of GIS to Power Distribution Dispatching and analysis of technical questions, China International Conference on Electricity Distribution.
- [19] Zaidi, FB, Islam, SN, Mahmud, MA, AM, To, 2017 Information management of a power distribution network in real time through GIS mapping, Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC), Melbourne, pp. 1-6.
- [20] DORJI, C, KHAWASH, S, LHAMO, C, DRUKCHEN, N, 2015 GIS Approach to Distribution Network of Phuentsholing Town, International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), Jabalpur, pp. 1515-1519.
- [21] LEITE, JB, MANTOVANI, JRS, DOKIC, T, YAN, Q, CHEN, P, KEZUNOVIC, M, 2019 Resiliency Assessment in Distribution Networks Using GIS-Based Predictive Risk Analytics, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 34, No. 6, 4249-4257.
- [22] Bhargava, P, Jain, A, Singh, S, Thakur, VK, 2015 GIS - SCADA: Integration and applications in Distribution network, International

- Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), Chennai, pp. 0354-0357.
- [23] MONIKA, D. SRINIVASAN, N, REINDL, T. "Demand side management in residential areas using geographical information system," 2017 IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), Beijing, 2017, pp. 1-6.
- [24] MONIKA, D. SRINIVASAN AND T. REINDL, 2015 GIS as a tool for enhancing the optimization of demand side management in residential microgrid, IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA), Bangkok, pp. 1-6.
- [25] Li, Y, et al, 2018 An efficient substation placement and sizing strategy based on GIS using semi-supervised learning, CSEE Journal of Power and Energy Systems, Vol. 4, No. 3, 371-379.
- [26] Wen, R, Wang, H, Wang, C, Xiang, Y. Zhou, C, 2015 A smart cable management system in support of the smart city, CIGRE Workshop, Helsinki, pp. 1-4.
- [27] REZAEI, N, NAYERIPOUR, M, ROOSTA, A, NIKNAM, T, 2009 Role of GIS in Distribution Power Systems, World Academy of Science, Engineering and Technology Vol.36, 902-906.
- [28] JAYANT, S, GIS application in Power Distribution Utility, UPCL, Dehradun, 1-2
- [29] SAHEED, O, SALAWUDEEN, UR. 2006 Electricity Distribution Engineering and GIS.
- [30] NAGARAJA, A, SEKHAR, KS, AMIT, J, 2008 Application of GIS and Spatial Informatics to Electric Power Systems, IIT Bombay, 254-259.
- [31] GNANASEKARAN, L, MONEMI, S, 2018 GIS Role in Smart Grid, IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech), Long Beach, CA, pp. 1-5.
- [32] CUSTODIO, G, TRINDADE, FL, PETROU, K, OCHOA, LF, 2019 An Advanced GIS-based Tool for the Analysis of Future Distribution Networks, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America), Gramado, pp. 1-6.
- [33] Tutorial, 2007 Fundamental of Remote Sensing, A Canada Centre for Remote Sensing Remote Sensing, 258p.



## دراسة وتحليل أداء تقنية WIMAX في شبكات الجيل الرابع

المهندس: محمد عمران

خريج ماجستير - كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات - جامعة طرطوس

### □ الملخص □

حققت خدمات النطاق العريض نجاحاً كبيراً في السنوات الأخيرة، وهو الأمر ذاته الذي حصل مع تقنيات الاتصالات اللاسلكية، وقد جاءت تقنية WiMAX كأحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات لتجمع بين إيجابيات كل من النطاق العريض والاتصال اللاسلكي لتشكل بذلك تقنية واعدة لحل الكثير من مشاكل محدودية نطاق التغطية، ومحدودية سرعة نقل البيانات والتكلفة الزائدة التي تعاني منها معظم التقنيات الحالية لتوفير مختلف خدمات النفاذ الى الانترنت.

تهدف هذه الدراسة الى التعريف بتقنية WiMAX، حيث تقدم شرحاً حول هذه التقنية وإيجابياتها واستخداماتها وتقرن بينها وبين تقنيات النطاق العريض المستخدم حالياً في العالم.

### الكلمات المفتاحية :

المحطة القاعدية، الانتشار، الإنتاجية، الحمل، التأخير الزمني، OPNET، WIMAX

# Studying and analyzing the performance of WIMAX technology in the fourth generation networks

Eng. Mohammad Omran

Master degree- Faculty of Information and Communication Technology Engineering- Tartous University .

## □ Abstract □

Broadband services have achieved great success in recent years, which is the same thing that happened with wireless communication technologies , and WiMAX technology came as one of the fourth generation technologies for communication that combines the advantages of both broadband and wireless connectivity to form a promising technology to solve many problems of limited coverage. The limited speed of data transfer and the increased cost that most current technologies suffer from to provide various Internet access services .

This study aims to introduce WiMAX technology, as it provides an explanation about this technology, its advantages and uses, and compares it with the broadband technologies currently used in the world .

**Key words** : Base Station, Propagation, Throughput, Load, Time-delay, OPNET, WIMAX

## 1- مقدمة:

تزداد الحاجة يوماً بعد يوم بشكل كبير ومتسارع إلى الحصول على البيانات والمعلومات وتبادلها في جميع القطاعات وعلى كافة المستويات بأفضل سرعة وجودة متاحيتين، مما أدى إلى زيادة الطلب على شبكات اتصالات متطورة وقادرة على مواكبة تلك الاحتياجات المتزايدة وتقديم الخدمات بسرعات عالية في جميع المناطق وعلى نطاق واسع.

يوجد في يومنا هذا عدة طرق للاتصال بشبكة الانترنت والحصول على الخدمة وتبادل البيانات حيث أنه في حالة النفاذ عريض النطاق broadband access يمكن الحصول على الخدمة بأكثر من طريقة بالاعتماد على دارات Subscriber Line (DSL) Digital او على تقنية الاتصالات اللاسلكية Wi-Fi، وهناك طريقة الاتصال باستخدام شبكات الاتصال الخليوية بتقنية 3G أو ما يسمى الجيل الثالث.

تقدم طريقة الاتصال عن طريق خدمات الجيل الثالث 3G عبر شبكات (GSM) Global System for Mobil Communications جودة اتصال جيدة ولكنها مكلفة ولا توفر الخدمة في كافة المناطق، أما خدمة الاتصال المعتدلة على استخدام الألياف الضوئية fiber-to-the-home (FTTH) فهي مكلفة جداً وتحتاج إلى بنية تحتية من الألياف الضوئية الواصلة حتى آخر نقطة ومن الصعوبة بمكان تقديم هذه الخدمة في المناطق البعيدة والصعبة جغرافياً.

لذلك في ضوء هذا القصور لبعض تلك التقنيات، فإن الحاجة باتت ماسة إلى وجود تقنية اتصال تجمع بين معظم إيجابيات الأنواع السابقة، بحيث تكون قادرة على توفير النفاذ عريض النطاق إلى الانترنت لاسلكياً بسرعات عالية ولمسافات بعيدة وبتكلفة مقبولة وهذا ما تعد بتوفيره تقنية WiMAX كإحدى تقنيات الجيل الرابع للاتصالات 4G وتعني التوافقية حول العالم من أجل النفاذ بالموجات الميكروية World Wide Interoperability for Microwave Access التي تعتبر من أحدث تقنيات الاتصالات اللاسلكية التي تعمل وفق المعيار القياسي العالمي IEEE 802.16 لتوصيل خدمات النطاق العريض حتى الميل الأخير وبسرعات عالية تصل إلى أكثر من 75 Mbit/s،

وذلك لمساحات واسعة قد تبلغ دائرة نصف قطرها 50 Km للخلية الواحدة في ظروف ملائمة [7].

• الدراسات المرجعية :

في العام 2013 قدم الباحثان Banerji S , Chowdhury R. وصفاً دقيقاً لاثنتين من أبرز شبكات الوصول اللاسلكي النامية ومناقشة كيفية تعاون هذه التقنيات معاً لتشكيل بدائل لتنفيذ خدمات النطاق العريض اللاسلكية للميل الأخير، تم النظر في التحليل الفني المقارن والمفصل بين الشبكات اللاسلكية 802.11 (Wi-Fi) و 802.16 (WiMAX) التي توفر حلاً بديلاً لمشكلة الوصول إلى المعلومات في المناطق البعيدة التي يتعذر الوصول إليها حيث لا تكون الشبكات السلكية فعالة من حيث التكلفة، لقد أثبت هذا العمل أن الهدف المعياري لشبكة WiMAX ليس استبدال تقنية Wi-Fi في تطبيقاته بل إكمال عملها من أجل تكوين شبكة ويب لاسلكية [1]. وفي العام 2019 اقترح الباحثان Ismael F. , Babiker S. تعديل مهلة إعادة المحاولة في طلب (ARQ) Automatic repeat request ، يهدف المخطط المقترح إلى تقليل تأخير استرداد الخطأ الناتج عن مهلة إعادة المحاولة الطويلة وتجنب إعادة الإرسال غير الضرورية ، تتم محاكاة أداء المخططات المقترحة باستخدام حركة مرور يولدها بروتوكول Transmission Control Protocol (TCP)، أظهرت النتائج أن أداء طبقة الوصلة وبروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) قد تحسن بشكل ملحوظ [2].

أما في العام 2015 طرح الباحثون Amirkhan F, Arafat O , Gregory M بنية الشبكة للتسليم الرأسي السلس بين التقييم طويل المدى Long-Term Evolution (LTE) وقابلية التشغيل البيئي للجوال في جميع أنحاء العالم للوصول إلى الموجات الميكروية (WiMAX)، تم اختبار نموذج الشبكة المقترح لهذه البنية بواسطة مصمم OPNET، تم النظر في سيناريوهين للتسليم (WiMAX إلى LTE و LTE إلى LTE) في هذا البحث تم فحص أداء التسليم من حيث بارامترين هما فقدان الحزمة والإنتاجية، لوحظ انخفاض في الإنتاجية مقابل زيادة في وقت تأخير التسليم، كما تم

الحصول على نتيجة معاكسة بين خسارة الحزمة و زمن تأخير التسليم، وقدم أيضًا بارامتر جديد في عقدة البوابة بين الشبكات مما قلل من فقدان الحزمة أثناء التسليم [3].

تتاولت الدراسات السابقة اختبار شبكات Wimax من ناحية الإنتاجية والتأخير بغض النظر عن نوع التطبيق المستخدم باعتماد سيناريوهات غير واقعية [8] ، لذلك تم التركيز في هذا البحث على اختبار عدد أكبر من محددات الأداء وجودة الخدمة QOS باستخدام تطبيقي HTTP و VOIP في شبكات ال WIMAX متوسطة وكبيرة الحجم [9]، ثم إجراء عملية مقارنة لبعض محددات الأداء وجودة الخدمة في الشبكة مثل الإنتاجية throughput التآخير الزمني transmission delay، والحمل load باستخدام تطبيق HTTP ، وذلك وفقاً لاختلاف عدد المحطات القاعدية ومحطات المشتركين في كل سيناريو.

## 2- هدف البحث وأهميته :

يهدف البحث إلى التعريف بتقنية WiMAX واستخداماتها المتنوعة، بالإضافة للإيجابيات التي يمكن أن تتحقق من خلال هذه التقنية ومن خلال الانتقال الى الجيل الرابع للاتصالات بهدف تحسين خدمات الانترنت وتبادل البيانات وتوفيرها في كافة المناطق.

يضاف لذلك توطين تقنية WiMAX في سوريا بحيث تقدم خدمات النفاذ عريض النطاق إلى الانترنت وتبادل البيانات بسرعات عالية وتكلفة مقبولة لتصبح متاحة للاستخدام في مختلف المناطق بحيث تغطي كامل الأراضي السورية.

## 3- طرائق البحث ومواده :

أنجز هذا البحث اعتماداً على دراسات و مراجع علمية حديثة وعديدة تختص في هذا المجال وقد أخذت نتائجها وتوصياتها بعين الاعتبار، وتم استخدام أحد الأدوات الهامة في مجال محاكاة الشبكات اللاسكية وهي برنامج OPNET Modeler v14.5

(Optimized Network Engineering Tool) الذي يعتبر من أقوى البرمجيات المستخدمة في نمذجة ومحاكاة السلوك العام الحقيقي للشبكات السلكية و اللاسلكية إضافة لوضع النماذج الرياضية وإجراء المحاكاة الحاسوبية واستخلاص النتائج ومناقشتها.

### 3-1 تعريف تقنية WIMAX:

يعود تاريخ WIMAX إلى سنوات عدة مضت، عندما بدأ التفكير في إيجاد بديل لتقنيات النفاذ عريض النطاق السلكية التقليدية، بحيث تكون هذه التقنية المطلوبة قادرة على توفير النفاذ إلى الإنترنت لاسلكياً بسرعات عالية، بالإضافة إلى توفير العديد من خدمات وتطبيقات النطاق العريض، ويمكن إنشاؤها بسهولة في المناطق الريفية والمناطق البعيدة والصعبة جغرافياً، حيث يصعب تأمين البنى التحتية التي تتطلبها الشبكات السلكية التقليدية في تلك المناطق وقد تكون غير مجدية اقتصادياً في كثير من الأحيان.

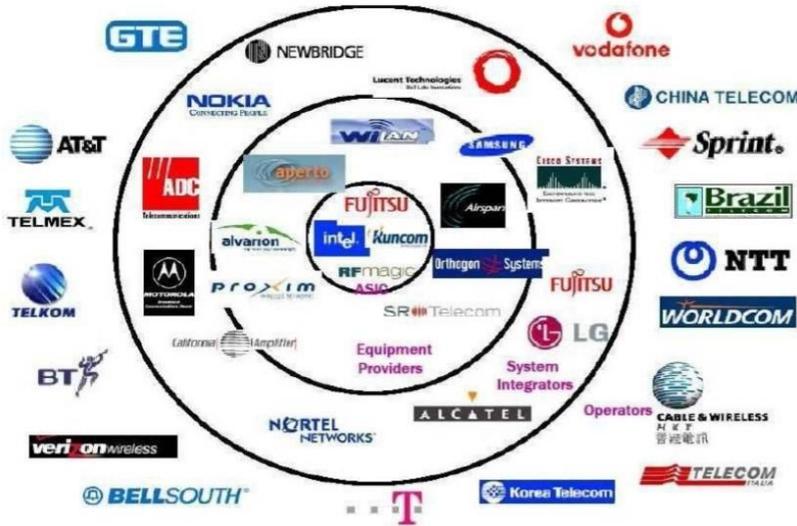
ومن هنا بدأ يظهر اسم جديد يطلق عليه WIMAX وهو الاسم التجاري للمعيار القياسي IEEE 802.16 الذي تم ابتكاره من قبل المنتدى WIMAX forum؛ حيث تم إنشاء هذا المنتدى في حزيران من عام 2001 كمنظمة غير ربحية تهدف إلى تعزيز التوافقية التشغيلية للمعيار القياسي IEEE 802.16، يضم هذا المنتدى مجموعة كبيرة من الشركات العالمية المصنعة والمطورة لمختلف تجهيزات وتقنيات الاتصالات، مثل شركة إنتل ، موتورولا، سامسونغ ، نوكيا ، هواوي ، وغيرها العديد من الشركات ومشغلي الشبكات الرائدة على مستوى العالم كما هو موضح بالشكل (1) .

ومصطلح WIMAX هو اختصار للتوافقية حول العالم من أجل النفاذ بالموجات الراديوية، حيث تستند هذه التقنيات إلى المعايير القياسية العالمية، وتحديدًا إلى المعيار القياسي IEEE 802.16 ويمكنها العمل على نوعي نطاق الترددات المرخصة وغير المرخصة.

تحدد معايير WIMAX القياسية نطاقات التردد للوصلات اللاسلكية بين المحطات اعتماداً على نوع الانتشار، حيث يستخدم النوع الأول تردداً عالياً ضمن النطاق الترددي

10 – 66 GHz وهو يتأثر بالعقبات المعترضة، لذلك فهو يحتاج خط نظر مباشر بدون عقبات بين المحطات للحصول على أفضل أداء يدعى هذا النمط بالانتشار بخط النظر LOS line-of-sight وهو مستخدم بشكل أساسي في الوصلات الثابتة بين المحطات القاعدية .

أما النوع الثاني من الانتشار فيسمى الانتشار بدون خط نظر Non-line-of-sight (NLOS)، وهو يستخدم تقنية متقدمة للتعديل للتعويض عن الخفوت في الإشارة المستقبلية نتيجة العوائق التي تعترضها والتي تمنع الانتشار بخط النظر LOS، يمكن أن يستخدم الانتشار بدون خط نظر NLOS في روابط ال WIMAX الثابتة في مجالات التردد الأقل من 11 GHz، والروابط المتحركة الأقل من 6 GHz؛ حيث يعتبر الاتصال دون خط نظر أكثر شيوعاً من الاتصال بوجود خط نظر وذلك بسبب تأثير النوع الأول بالعوائق التي يمكن أن تعترض الإشارة المرسله بين المحطات.



الشكل (1): أعضاء منتدى WIMAX

يبين منتدى WIMAX من خلال إحدى الإحصائيات التي أجريت من قبل شركة Informa Telecoms & Media أن تقنية WIMAX حققت انتشاراً واسعاً حول العالم حيث طبقت في 150 بلد من خلال 583 مشغل ومزود خدمة، كما هو مبين في الشكل



رقم (2) أدناه.

الشكل (2): انتشار شبكات WIMAX حول العالم.

يمكن أن تعتبر تقنية WIMAX بديلاً جيداً لبعض تقنيات النطاق العريض السلكية التقليدية مثل DSL، وتهدف إلى توفير خدمات النفاذ وتبادل البيانات لاسلكياً عبر مسافات بعيدة بطرق متعددة؛ حيث يمكن استقبال الإشارة من مسافات تصل إلى 50 Km اعتباراً من المحطة القاعدية في حالة خط نظر LOS، ولمسافة 8 Km من المحطة القاعدية في حالة الإرسال بدون خط نظر، وهذا بالطبع يعتمد على عدة عوامل مثل ارتفاع البرج، ربح الهوائيات المستخدمة، وطاقة الإرسال [4].

كما تتمتع أيضاً هذه التقنية بعدد من الموصفات والميزات التقنية التي تجعلها منافس قوي لغيرها من تقنيات النفاذ عريض النطاق، ومن هذه الميزات:

- الهيكلية المرنة وسرعة إنشاء الشبكة:

تتطلب الشبكات السلكية التقليدية الكثير من الوقت والجهد كي يتم إنشاؤها بينما نجد شبكات WIMAX تحتاج إلى وقت أقل منها بكثير، وذلك لعدم الحاجة لتأسيس بنية تحتية معقدة من الكابلات وما تتطلبها من عمليات الحفر الطويلة و المجهدة، حيث بمجرد أن يتم تركيب المحطة والهوائيات وبعض التجهيزات وتشغيلها، تصبح WIMAX جاهزة للبدء بتوفير الخدمة كما تمتاز تقنية WIMAX بالبنية الشبكية المرنة ، حيث تدعم الربط بمبدأ نقطة إلى نقطة (PtP) point to point و بمبدأ نقطة إلى عدة نقاط (PMP) point to multipoints ، والربط المختلط mesh وفقاً لمتطلبات كل منهما، كما تتلاقى مع البنى الشبكية الأخرى وذلك لكونها تدعم بروتوكول الإنترنت . Internet Protocol (IP)

- جودة الخدمة QoS:

تعتبر طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة (MAC) Media Access Control في WIMAX هي المسؤولة عن جودة الخدمة، فهي تدعم العديد من التطبيقات بما فيها خدمات الصوت والوسائط المتعددة وتوفر معدل نقل بيانات ثابت ومتغير في الزمن الحقيقي وغير الحقيقي، وهي مصممة لدعم عدد كبير من المشتركين مع وصلات متعددة لكل محطة، مع توفير جودة الخدمة لكل من هذه الوصلات.

- التوافقية:

تم تطوير تقنية WIMAX وفقاً للمعايير القياسية العالمية، وهو الأمر الذي يوفر مرونة أكثر للمشاركين لاستخدام أجهزتهم في أماكن مختلفة أو مع مزود خدمة مختلف، كما أن التوافقية تضيف حماية أكبر لمشغلي الشبكات، حيث يمكنهم اختيار التجهيزات اللازمة لإنشاء الشبكة عن طريق أي من مزودي التجهيزات نظراً لإمكانية توافق جميع أنواع التجهيزات مع بعضها.

- المعدل العالي لنقل البيانات:

توفر تقنية WIMAX إمكانية النفاذ عريض النطاق إلى شبكة الإنترنت وتبادل البيانات وبسرعات عالية، حيث يمكن أن يصل معدل نقل البيانات وفقاً للمعايير القياسية الأولى لهذه التقنية إلى 75 Mbps، ويمكن أن تحقق معدل نقل بيانات أعلى من ذلك وفقاً للمعايير القياسية الأحدث ضمن عائلة المعيار IEEE 802.16.

• أمن البيانات:

يمكن أن توفر تقنية WIMAX مستوى عالٍ من أمن ووثوقية البيانات، من خلال إمكانية تشفير الروابط بين المحطة القاعدية ومحطات المشتركين، حيث تستعمل معيار التشفير المتقدم Advanced Encryption Standard (AES) ومعيار تشفير البيانات الثلاثي 3DES لتوفير وثوقية البيانات وتكاملها وتبادلها باستخدام آلية المصادقة، كما تدعم تقنية الشبكات الافتراضية التي تؤمن حماية بيانات مختلف المشتركين التي يتم إرسالها عن طريق ذات المحطة القاعدية.

### 3-2 آلية عمل تقنية WIMAX:

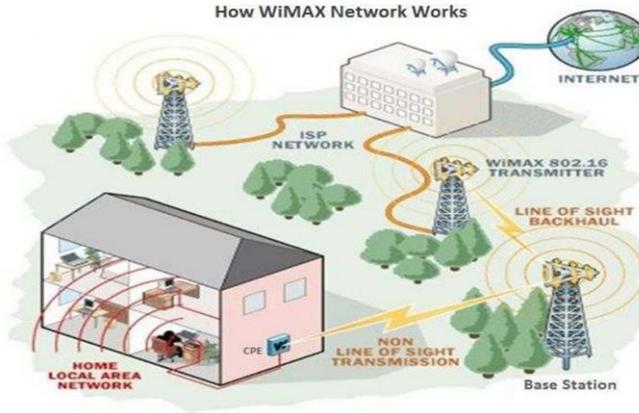
تعمل تقنية WIMAX على مبدأ بث البيانات لاسلكياً باستخدام عدد من أساليب الإرسال، حيث يتم الربط في شبكة WIMAX من خلال قسمين أساسيين، القسم الأول هو المحطة القاعدية Base Station (BS) والقسم الثاني هو محطة المشترك (SS) Subscriber Station أو ما يصطلح على تسميته بمعدات مبنى المشترك (CPE) customer-premises equipment وترتبط كل محطة قاعدية مركزية مع عدد من محطات المشتركين.

تشبه WIMAX إلى حد كبير شبكة الهواتف الخليوية، حيث تقوم محطات المشتركين بإرسال البيانات لاسلكياً إلى المحطة القاعدية من خلال قناة اتصال upstream، وتقوم المحطة القاعدية ببث البيانات لاسلكياً downstream بمبدأ نقطة إلى عدة نقاط PMP.

يمكن تثبيت مستقبل WIMAX على شكل صندوق خارج المنزل أو المبنى، أو يمكن أن يكون مدمج في جهاز الكمبيوتر، أو يمكن تصنيعها لتكون ضمن بنية أجهزة الكمبيوتر.

المحمولة كما هو الحال في بطاقة Wi-Fi الموجودة ضمن مكونات الحواسيب المحمولة الراهنة.

يوضح الشكل رقم (3) أدناه العناصر الأساسية وطريقة عمل شبكة WIMAX الثابتة، حيث يرسل المشترك طلب من خلال الهوائي المثبت على البناء أو من خلال تجهيزة CPE إلى المحطة القاعدية، يمكن أن تكون المحطة القاعدية مرتبطة مباشرة إلى مركز تشغيل الشبكة بواسطة دارات مؤجرة بسعات عالية عن طريق شبكات الألياف الضوئية وتحدد هذه السعات وفقاً لحجم البيانات المتبادلة مع شبكة الإنترنت من خلال هذه المحطة القاعدية، أو يمكن أن تكون مرتبطة مع محطة قاعدية أخرى بواسطة وصلة راديوية بخط نظر LOS ويشار إلى هذه الوصلة بين برج WIMAX باسم .backhaul



الشكل (3) : العناصر الأساسية لشبكة WIMAX وطريقة عملها

تستقبل المحطة القاعدية الإشارات المرسله من مواقع متعددة وترسل الحركة المستقبلة كاملة إلى مركز تشغيل الشبكة، والذي يقوم بدوره بإرسال الحركة إلى مزود خدمة الإنترنت ISP أو المقسم PSTN من خلال دارات عبر شبكة الألياف الضوئية ليتم الحصول على الخدمات المطلوبة، تقوم الأجهزة في شبكة WIMAX المتنقلة مثل أجهزة

الحواسب المحمولة أو الأجهزة اللوحية أو هواتف WIMAX من خلال رقائـق WIMAX المدمجة فيها باستقبال الإشارة مباشرة من أقرب برج WIMAX.

### 3-3 WiMAX وتقنية اتصالات الجيل الثالث 3G:

تتشابه تقنيتي WiMAX و 3G تقريباً في المبدأ العام الذي تقوم عليه من حيث اعتماد تقنية الإرسال بالموجات الراديوية ولكن باستعمال ترددات مختلفة، حيث تعمل تقنية WiMAX على مجال ترددات أعلى من مجال الترددات التي تعمل عليها 3G، كما أنه هناك بعض التشابه في البنية العامة لكل من شبكتي WiMAX و 3G من حيث اعتمادها على المحطات القاعدية ومحطات المشتركين، ولكن في شبكة WiMAX يكون عدد المحطات القاعدية أقل مما تتطلبه شبكة 3G، والمسافات بين هذه المحطات تكون أكبر وبالتالي تتطلب شبكة WiMAX عدد وصلات backhaul أقل، وهذا يعني تكلفة أقل من حيث تكلفة شراء المحطات القاعدية نفسها ومن حيث تكلفة استئجار وصلات backhaul في حال تم الاعتماد على الشبكات السلكية لتأمينها.

إن الوظيفة الأساسية لتقنية 3G هي تقديم خدمات الهاتف المحمول ويمكن أيضاً أن تؤمن خدمات نقل البيانات، بينما في تقنية WiMAX فإن الوظيفة الأساسية هي توفير النفاذ عريض النطاق إلى الانترنت بجودة عالية وبمعدل نقل بيانات عالٍ ولمسافات بعيدة.

تعتمد الإنتاجية في تقنية WiMAX على عرض القناة التي يتم اختيارها، بناءً على عرض النطاق المستخدم والذي يتراوح بين 1.25 MHz إلى 20 MHz، وهو ما يتيح توظيف أفضل للترددات المتوفرة لدعم عدد أكبر من المشتركين بينما في تقنية 3G يكون عرض القناة ثابتاً، كما تدعم تقنية WiMAX تطبيقات الوسائط المتعددة أفضل من تقنية 3G حيث تدعم طبقة مراقبة النفاذ المتوسطة MAC عدة أنواع من حركة البيانات، كما تدعم تقنية WiMAX بروتوكول الانترنت IP حيث يسهل هذا الأمر إدارة الشبكة من حيث وجود هيكلية واحدة داعمة لبروتوكول الانترنت، مما يتطلب وجود مركز واحد لإدارة

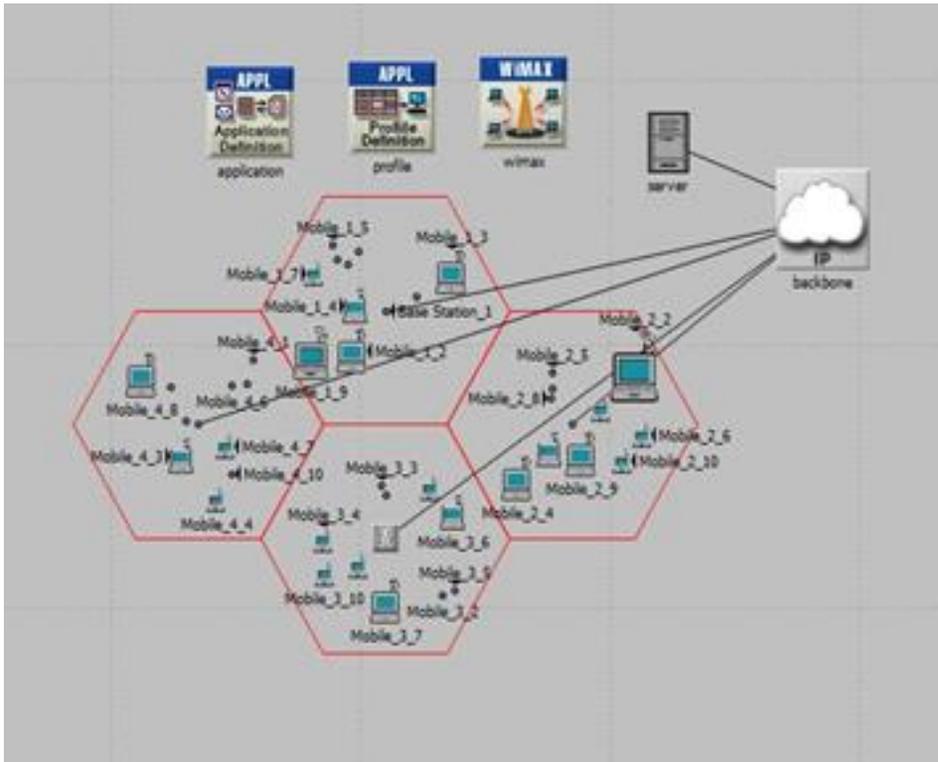
الشبكة، بينما تعتمد تقنية 3G على مركز إدارة مختلف لكل من الصوت والبيانات مما يزيد من النفقات [6].

تستعمل تقنية WiMAX مبدأ orthogonal frequency-division multiplexin (OFDM) بينما في تقنية 3G يتم استعمال مبدأ تحسس الناقل متعدد الوصول Carrier-sense multiple access (CSMA) حيث من الصعب تحقيق معدلات نقل بيانات عالية جداً، كما أن كفاءة الطيف الترددي أو معدل الإرسال في عرض القناة المختارة في تقنية WiMAX أعلى بمرتين تقريباً مما هو عليه في تقنية 3G [5].

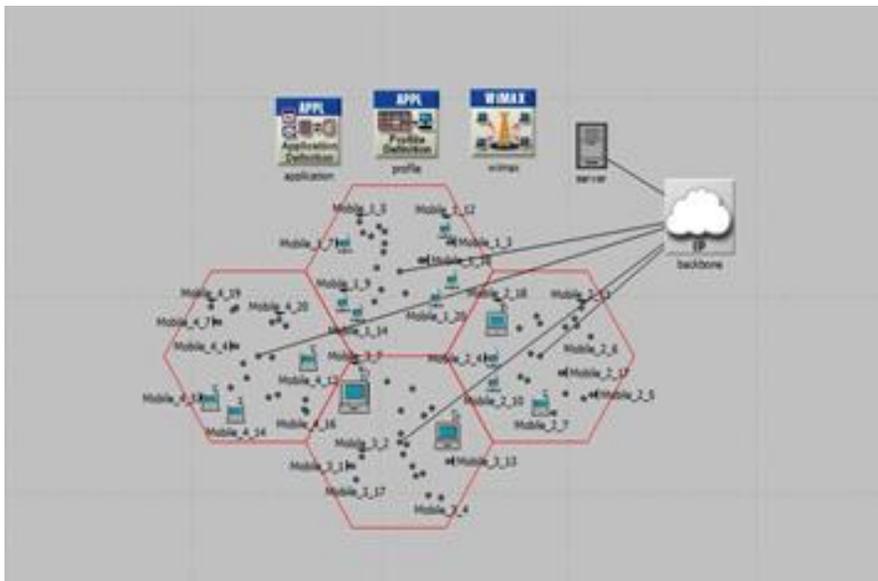
### 3-4 تصميم النظام وتحليل أدائه :

أجريت في هذه الدراسة عملية محاكاة لشبكة WIMAX واختبار عدد من محددات الأداء وجودة الخدمة QOS ، حيث أجريت المحاكاة لأربعة سيناريوهات لتطبيقي Hype rtext Transfer Protocol (HTTP) و Voice Over Internet Protocol (VOIP) في شبكات ال WIMAX متوسطة وكبيرة ، بهدف اختبار مقارنة بعض محددات الأداء وجودة الخدمة في الشبكة مثل الإنتاجية throughput التأخير الزمني transmission delay والحمل load .

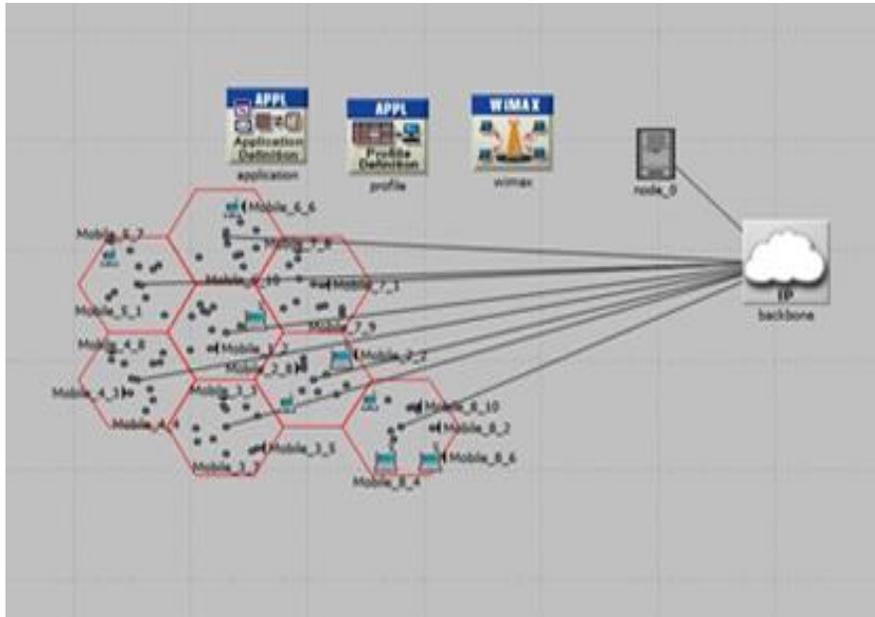
يضم السيناريو الأول 4 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 10 محطات مشتركين كما يبين الشكل (4)، بينما في السيناريو الثاني تم مضاعفة عدد محطات المشتركين المرتبطين بكل محطة قاعدية ليصبح لدينا 4 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 20 محطة مشترك كما يبين الشكل (5)، في السيناريو الثالث تم مضاعفة عدد المحطات القاعدية لتصبح 8 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 10 محطات مشتركين وهذا مبين بالشكل (6) كما جرى في السيناريو الرابع زيادة عدد محطات المشتركين مرة أخرى ليصبح لدينا 8 محطات قاعدية يرتبط بكل منها 30 محطة مشتركين كما يبين الشكل (7).



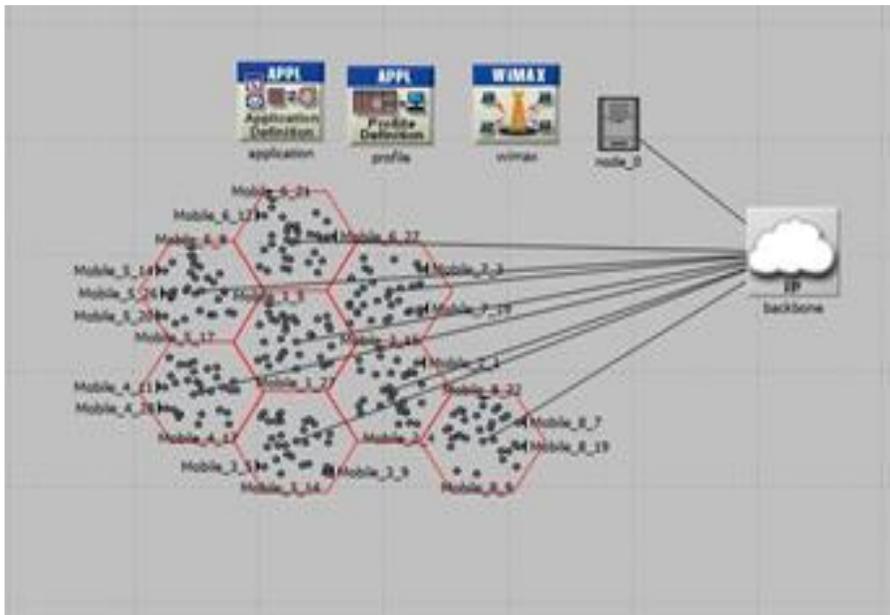
الشكل (4) : السيناريو الأول Scenario-4BS-40SS



الشكل (5) : السيناريو الثاني Scenario-4BS-80SS



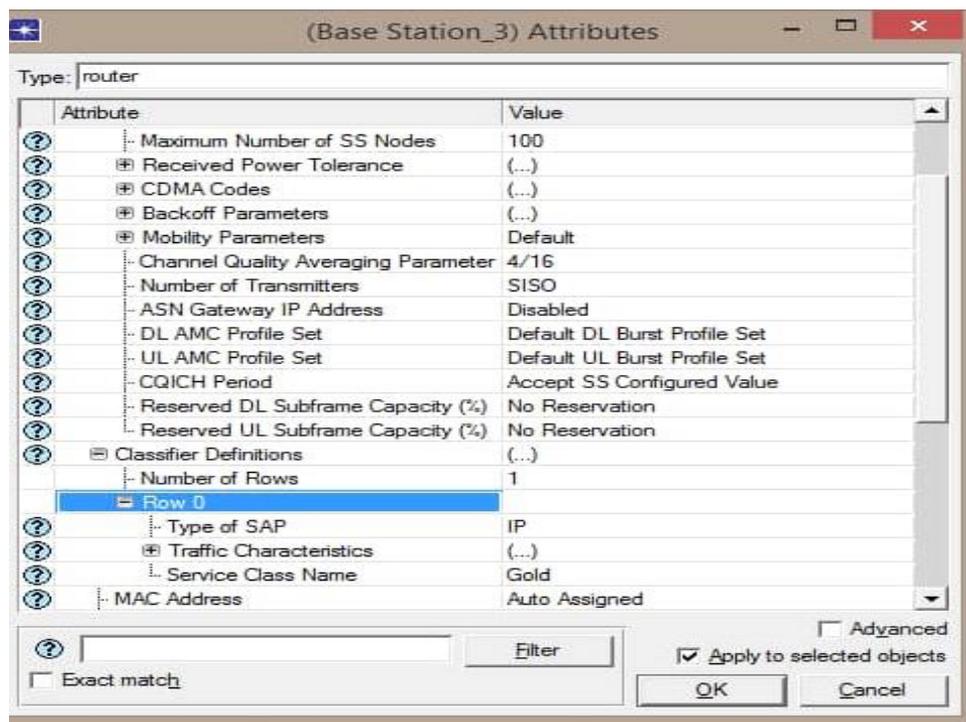
الشكل (6) : السيناريو الثالث Scenario-8BS-80SS



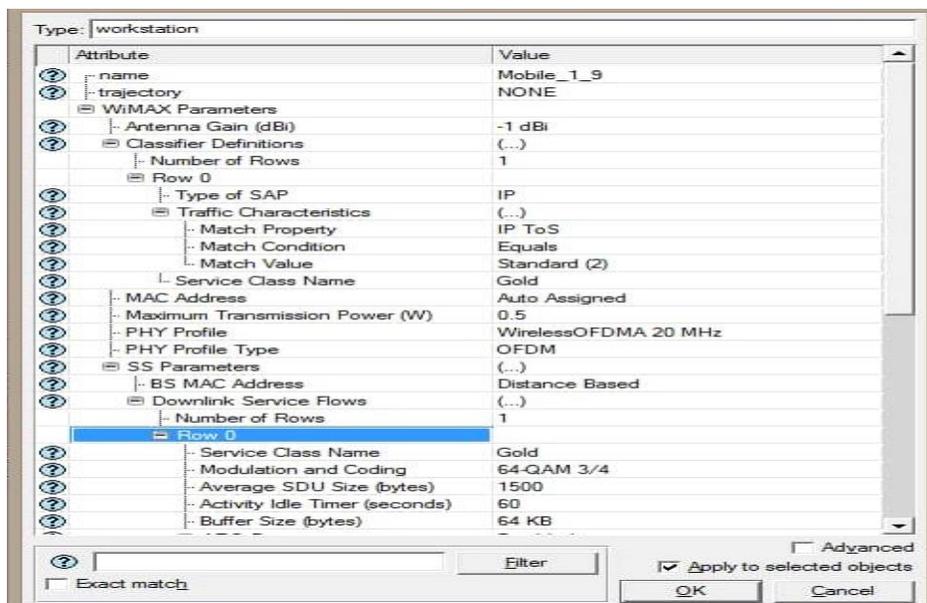
الشكل (7) : السيناريو الرابع Scenario-8BS-240SS

❖ اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق HTTP :

تم إجراء عملية اختبار لكل من المحددات الثلاثة (Delay \_ Throughput \_ Load) في الشبكة من خلال أربعة سيناريوهات مختلفة، يتألف كل سيناريو من عدد من المحطات القاعدية BS و محطات المشتركين SS ومخدم يعمل وفق تطبيق HTTP ومجموعة من الروابط بين محطات المشتركين والمحطات القاعدية وبين المحطات القاعدية والمخدم، بالإضافة إلى ملفات الإعدادات اللازمة لإدارة وتنظيم عمل الشبكة وهي: (WiMAX Config \_ Profile Definition \_ Application Definition) يبين الشكل (8) الإعدادات التي جرى تحديدها للمحطات القاعدية في السيناريوهات الأربعة، كما يبين الشكل (9) الإعدادات التي جرى إعدادها لمحطات المشتركين حيث تم اعتماد آلية ارتباط Distance Based بحيث ترتبط محطة المشترك مع أقرب محطة قاعدية وتم اعتماد تقنية التعديل 64-QAM، ويظهر الشكل (10) إعدادات ملف ال WiMAX Config الذي ينظم آلية عمل الشبكة في كل سيناريو، حيث تم اختيار نمط framing module كون الهدف من البحث هو اختبار بارامترات متعلقة بجودة الخدمة للشبكة وتم اختيار نوع الجدولة nrtPS كون تطبيق http من النوع non real time traffic وعلى مستوى الطبقة الفيزيائية تم اعتماد تقنية التجميع بتقسيم الزمن time division duplexing (TDD) .



الشكل (8) : إعدادات المحطات القاعدية مع تطبيق HTTP



الشكل (9): إعدادات محطات المشتركين مع تطبيق HTTP

Attribute	Value
name	wimax
AMC Profile Sets Definitions	(...)
Contention Parameters	(...)
Efficiency Mode	Framing Module Enabled
MAC Service Class Definitions	(...)
Number of Rows	3
Row 0	
Service Class Name	Gold
Scheduling Type	nrtPS
Maximum Sustained Traffic Rate (b...	5 Mbps
Minimum Reserved Traffic Rate (bps)	1 Mbps
Maximum Latency (milliseconds)	30.0
Maximum Traffic Burst (bytes)	0
Traffic Priority	Not Used
Unsolicited Poll Interval (milliseconds)	Auto Calculated
Row 1	...
Row 2	...
OFDM PHY Profiles	(...)
Number of Rows	1
Row 0	
Profile Name	WirelessOFDMA 20 MHz
Frame Duration (milliseconds)	5
Symbol Duration (microseconds)	100.8
Number of Subcarriers	2048
Frame Structure	(...)
Duplexing Technique	TDD
TC Sublayer Overhead Factor	0.0
Frequency Band	(...)
Base Frequency (GHz)	3.5
Bandwidth (MHz)	20
Frequency Division	(...)

الشكل (10): إعدادات ملف WiMAX Config مع تطبيق HTTP

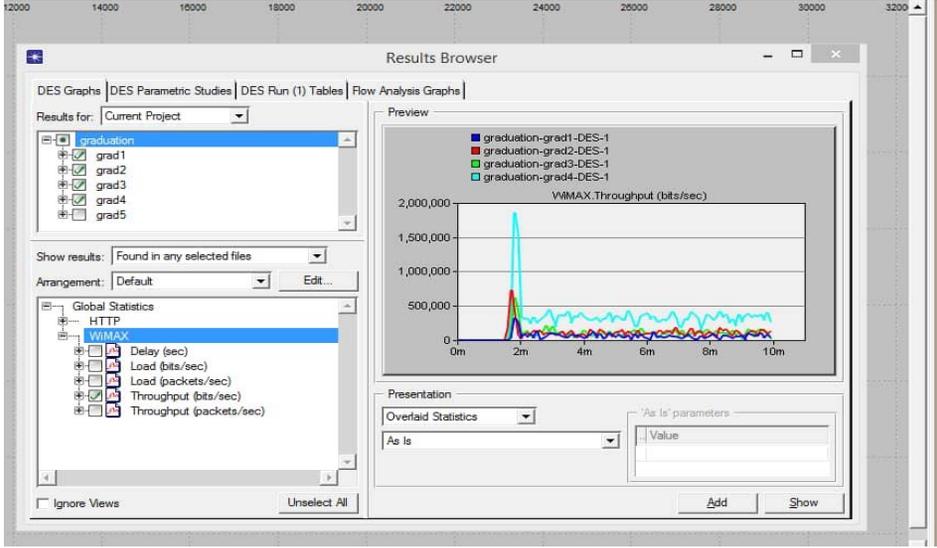
#### 4- النتائج ومناقشتها :

باعتداده مدة تشغيل المحاكاة في كل سيناريو تبلغ عشر دقائق تم الحصول على النتائج

التالية :

#### الإنتاجية Throughput :

يبين الشكل (11) التالي نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في كل من السيناريوهات الأربعة.

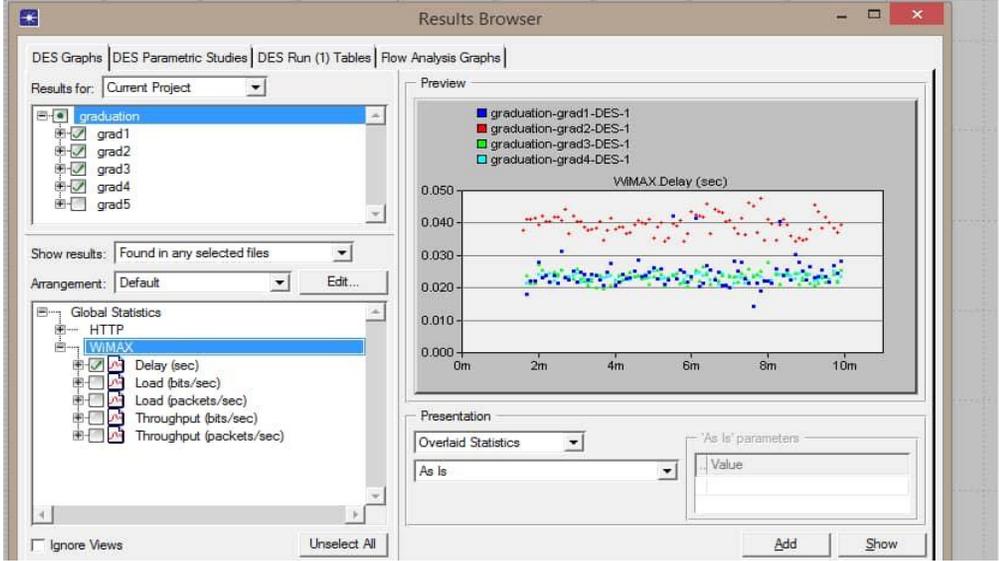


الشكل (11): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP

كما هو مبين في الشكل (11) فإنه من أجل تطبيق HTTP في السيناريو الأول بلغت قيمة الإنتاجية حوالي 300 kbps ، وفي السيناريو الثاني بعد زيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية لوحظ زيادة الإنتاجية بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول؛ وعندما تم زيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية بدلاً من 4 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك ، لوحظ أن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية، وعند زيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية فقد زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث.

### التأخير الزمني Delay :

يبين الشكل (12) نتيجة اختبار ومقارنة التأخير الزمني في كل من السيناريوهات الأربعة

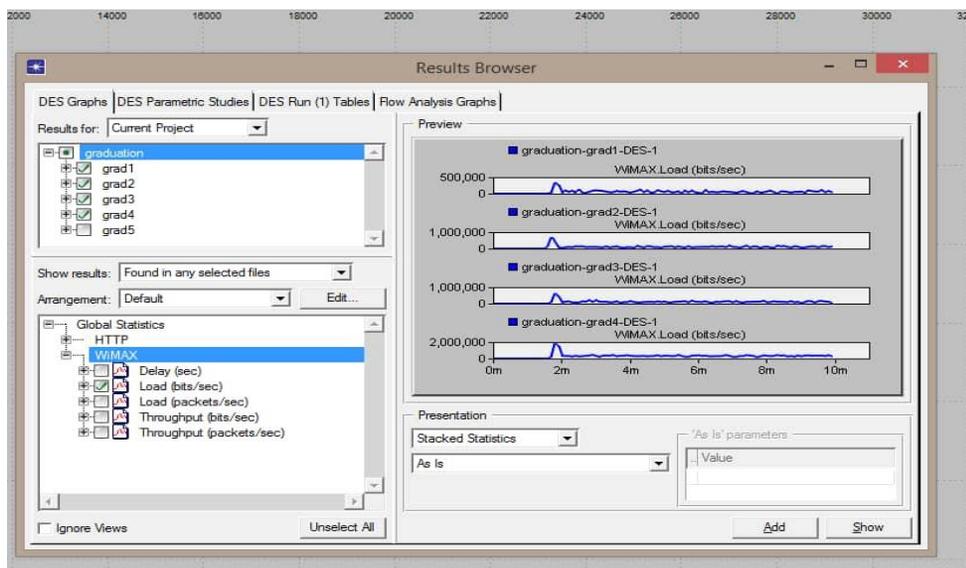


الشكل (12) نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق HTTP

يوضح الشكل (12) السابق تحقيق تأخير زمني في السيناريو الثاني أكبر من السيناريو الأول عند زيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة والحفاظ على 4 محطات قاعدية بينما حقق السيناريو الثالث تأخير زمني أقل من السيناريو الأول والثاني عندما زاد عدد المحطات القاعدية إلى 8 محطات مع 80 محطة مشترك، وتتحقق أكبر تأخير زمني في السيناريو الرابع بوجود 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك.

### الحمل Load :

يبين الشكل (13) نتيجة اختبار ومقارنة الحمل في كل من السيناريوهات الأربعة:



الشكل (13) نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة في حال تطبيق HTTP

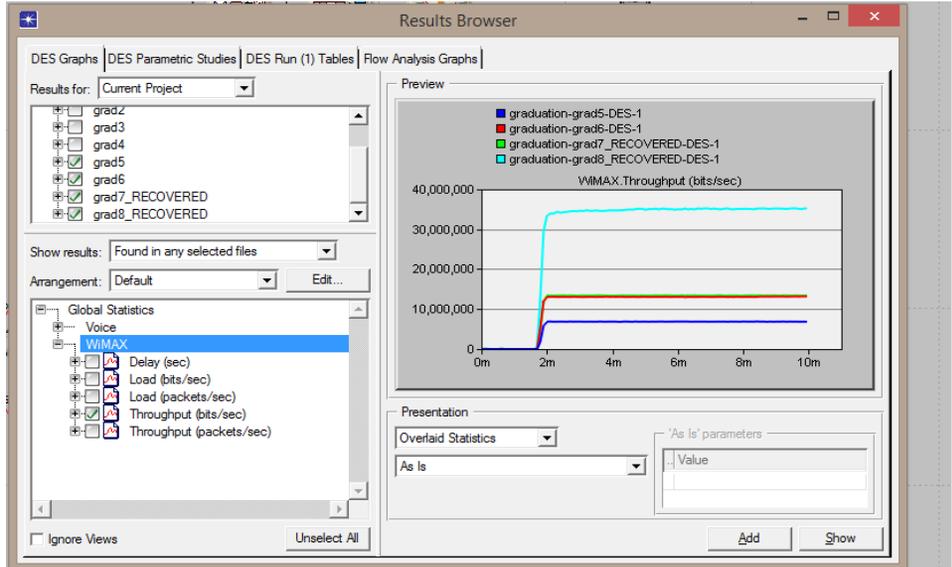
كما هو موضح بالشكل (13) فقد زاد الحمل في السيناريو الثاني بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول عند زيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية، وعند زيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و80 محطة مشترك فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني، كما زاد الحمل بشكل كبير في السيناريو الرابع عندما زاد عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

#### ❖ اختبار ومقارنة المحددات مع تطبيق VOIP :

بإجراء عملية اختبار ومقارنة كل من المحددات الثلاثة ( Delay -Throughput - Load) في الشبكة مرة أخرى من خلال السيناريوهات الأربعة السابقة ولكن مع تطبيق VOIP وبتشغيل المحاكاة لمدة عشر دقائق جرى الحصول على النتائج التالية :

#### الإنتاجية Throughput:

يوضح الشكل (14) التالي نتيجة اختبار ومقارنة الإنتاجية في كل من السيناريوهات الأربعة :

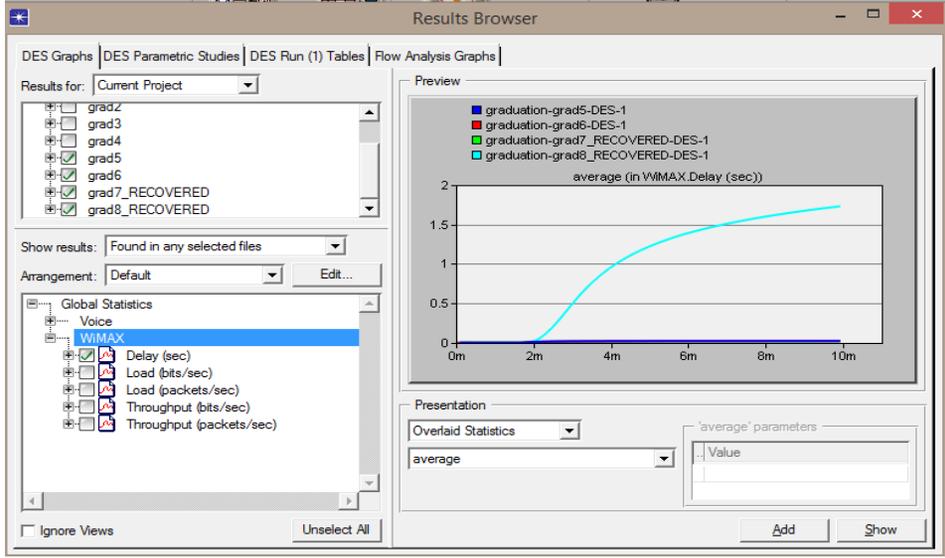


الشكل (14) نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VoIP

بينت نتيجة المحاكاة في الشكل (14) على محدد الإنتاجية في حالة تطبيق VoIP أن الإنتاجية في السيناريو الأول بلغت 6 Mbps في حالة أربع محطات قاعدية و 40 محطة مشترك ؛ وتم في السيناريو الثاني زيادة عدد محطات المشتركين بمقدار الضعف لتصبح 80 محطة بدلاً من 40 والإبقاء على 4 محطات قاعدية فزادت الإنتاجية لتصبح بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول ، و عند مضاعفة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث لتصبح 8 بدلاً من 4 محطات و 80 محطة مشترك ، فإن الإنتاجية لم تختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استخدمنا فيه 4 محطات قاعدية وعند زيادة عدد محطات المشتركين لتصبح 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية فقد زادت الإنتاجية بشكل ملحوظ بمقدار ضعفين ونصف تقريباً عن السيناريو الثالث وبلغت حوالي 35 Mbps.

### التأخير الزمني Delay :

يبين الشكل (15) نتيجة اختبار ومقارنة التأخير الزمني في كل من السيناريوهات الأربعة

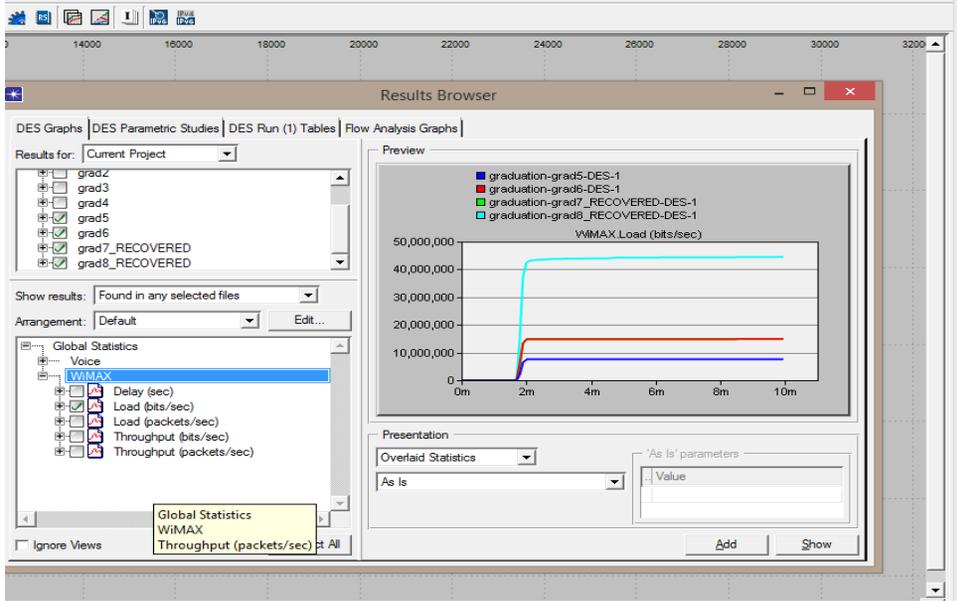


الشكل (15) : نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير في السيناريوهات الأربعة في حالة تطبيق VOIP

كما يوضح الشكل (15) فإن السيناريو الأول والثاني والثالث حققوا تقريباً معدل تأخير زمني متقارب جداً في معظم مراحل المحاكاة ، بينما حقق السيناريو الرابع تأخير زمني أكبر من السيناريوهات الثلاثة السابقة عندما أصبح عدد المحطات القاعدية 8 ويرتبط بكل محطة 30 محطة مشترك.

### الحمل Load:

يبين الشكل (16) أدناه نتيجة اختبار ومقارنة الحمل في كل من السيناريوهات الأربعة:



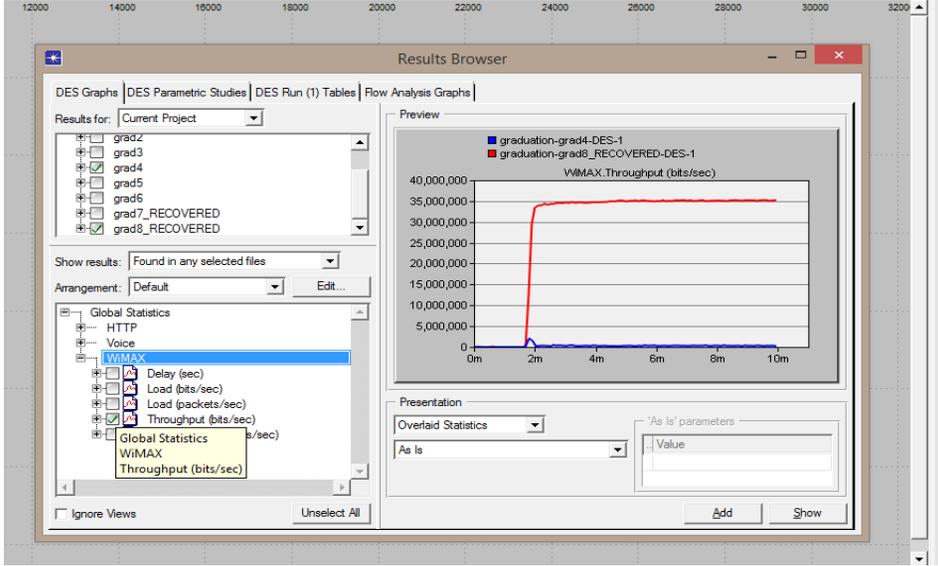
الشكل (16): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريوهات الأربعة

كما يظهر الشكل (16) فقد زاد الحمل في السيناريو الثاني بمقدار الضعف تقريباً عن السيناريو الأول عند زيادة عدد محطات المشتركين إلى 80 محطة بدلاً من 40 محطة والإبقاء على 4 محطات قاعدية ، وعند زيادة عدد المحطات القاعدية في السيناريو الثالث بمقدار الضعف لتصبح 8 محطات قاعدية و 80 محطة مشترك ، فإن الحمل لم يختلف كثيراً عن السيناريو الثاني الذي استُخدمت فيه 4 محطات قاعدية ، كما زاد الحمل بشكل كبير في السيناريو الرابع عندما أصبح عدد محطات المشتركين 240 محطة ترتبط مع 8 محطات قاعدية.

لتحليل أداء الشبكة بشكل عام أُجريت عملية مقارنة لنتائج محاكاة كل محدد من المحددات الثلاثة في السيناريو الرابع من كل من تطبيقي HTTP و VoIP ، حيث يحوي هذا السيناريو على 8 محطات قاعدية و 240 محطة مشترك حيث يرتبط 30 محطة مشترك بكل محطة قاعدية.

**الإنتاجية :**

بينت نتائج المحاكاة على محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين بنفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين، أن الإنتاجية في حالة تطبيق HTTP بلغت حوالي 2.5 Mbps، بينما زادت عن ذلك كثيراً مع تطبيق VoIP حيث بلغت أكثر من 35 Mbps كما يبين الشكل (17) أدناه :

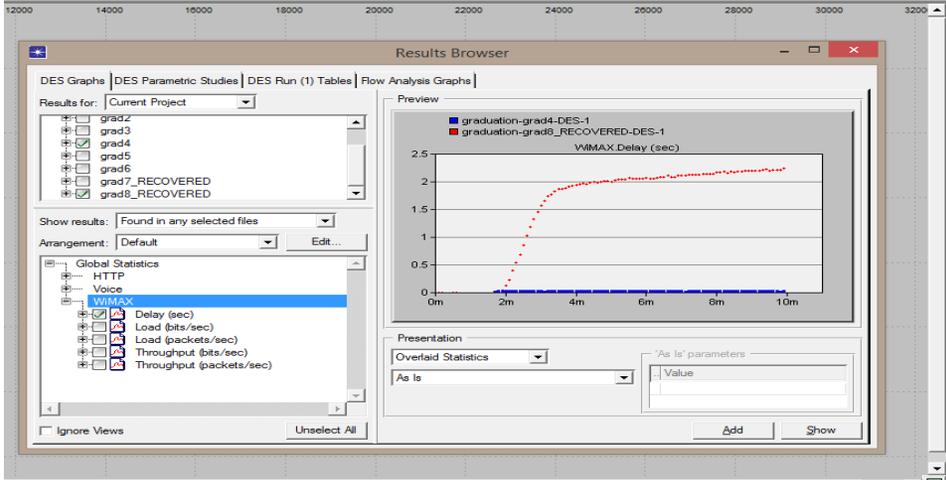


الشكل (17): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الإنتاجية في السيناريو الرابع مع كل من التطبيقين

### التأخير الزمني :

أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين أن التأخير الزمني في حالة تطبيق HTTP أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية و محطات المشتركين كما هو مبين في الشكل (18) التالي :

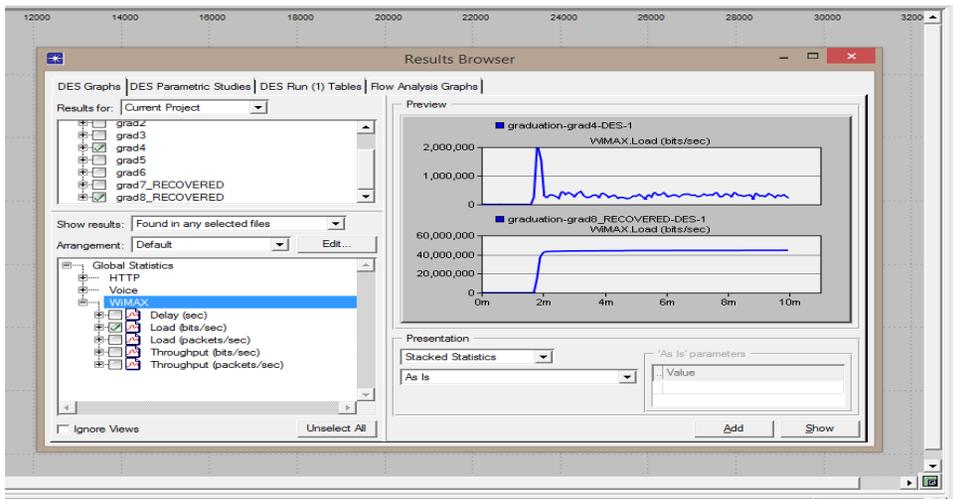
## دراسة وتحليل أداء تقنية WIMAX في شبكات الجيل الرابع



الشكل (18): نتيجة اختبار ومقارنة محدد التأخير الزمني في السيناريو الرابع في كل من التطبيقين.

### الحمل:

أظهرت نتيجة المحاكاة على محدد الحمل في السيناريو الرابع بالنسبة للتطبيقين أن الحمل في تطبيق ال HTTP كان أيضاً أقل منه في حالة تطبيق VoIP وفق نفس الشروط والمواصفات للمحطات القاعدية ومحطات المشتركين كما يوضح الشكل (19) :



الشكل (19): نتيجة اختبار ومقارنة محدد الحمل في السيناريو الرابع من كل من التطبيقين

### 4- الاستنتاجات :

- بينت النتائج أنه من أجل تطبيق HTTP سجلت أعظم قيمة للتأخير الزمني من أجل السيناريو الثاني والتي تعادل 50 ms لتتخفف في السيناريو الثاني إلى ما دون 20ms مما يحسن أداء النظام ، كما زاد الحمل على الشبكة في السيناريو الرابع ليسجل حوالي 2000 kbits/sec نظراً لكثافة المحطات في السيناريو الأخير .
- أظهرت النتائج أنه من أجل تطبيق VOIP ومع زيادة عدد المحطات القاعدية وعدد محطات المشتركين تزداد الإنتاجية اثني عشر ضعفاً عنها في تطبيق HTTP لتسجل قيمة تبلغ حوالي 35 Mbps .
- ينخفض أداء النظام مع زيادة عدد المشتركين ( الشبكات المزدهمة ) ويزداد التأخير بشكل أسي ليسجل حوالي حوالي 2 sec وذلك من أجل تطبيق VoIP .
- بينت النتائج أن النظام يحقق أفضل أداء من ناحية التأخير والحمل عند استخدام تطبيق HTTP وتم الحصول على نظام أكثر استقراراً عند استخدام تطبيق VoIP وذلك بالنظر إلى محددتي الإنتاجية والحمل .
- تضاعفت قيمة الإنتاجية في السيناريو الرابع في حالة تطبيق HTTP حيث بلغت حوالي 25Mbps بينما ازدادت كثيراً مع تطبيق VOIP حيث بلغت أكثر من 90 Mbps .

**5- المراجع:**

- [1]Banerji S , Chowdhury R, (2013,May). Wi-Fi & WiMAX: A Comparative Study. Indian Journal of Engineering ,Vol.2, Issue. 5, pp. 51-54, India.
- [2] Ismael F , Babiker S, (2019 , May) , Enhanced Retransmission Scheme Multihop WiMAX Networks, 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS) , Riyadh, Saudi Arabia, Saudi Arabia .
- [3]Amirkhan F , Arafat O , A Gregory M , (2015 July ) , Reduced packet loss vertical handover between LTE and mobile WiMAX , 2nd International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE) , Kuala Lumpur, Malaysia .
- [4]Bau Castillo, J. M. , (2012, April). WiMAX: Technology and Market. Master thesis, Beijing University, China.
- [5]Choubey N , Kharat M , (2008).Overview of 3G and WIMAX Technology. The Pacific Journal of Science and Technology, Vol. 9 ,Issue 1, pp.59-65, India
- [6]Ghonge M , Gupta S. G , (2013, August). COMPARATIVE STUDY OF WLAN, WPAN, WIMAX TECHNOLOGIES. International Journal of Research in Advent Technology (IJRAT). Vol. 1, No. 1, pp. 10-18, India.
- [7]Gyan P, Sadhana P , (2011). WiMAX Technology and Its Application , International Journal of Engineering Research and Applications. Vol. 1, Issue 2, pp.327-336, India.
- [8]Latkoski P and Popovski B , (2009), Delay and throughput analysis of IEEE 802.16 ARQ mechanism, Wireless and Optical Communications Networks 2009. WOCN '09. IFIP International Conference on, pp. 1-5 , Egypt .
- [9]Martikainen H , (2009) , ARQ parameters for VoIP in IEEE 802.16 networks, Wireless Telecommunications Symposium , pp. 1-6 , Czech Republic .

## مقارنة تجريبية تحليلية لمخطط نافذة التشكيل

### لمنتج فولاذي كأسي بعملية السحب العميق

ط. عمار العبد اشراف د. توفيق المسعود + د. محمد كمال قرفول كلية : الهمك  
جامعة : البعث

#### الملخص :

يقدم هذا البحث دراسة تجريبية لمخطط نافذة التشكيل\_ لمنتج فولاذي كأسي مشكل بعملية السحب العميق، فمن خلال هذا المخطط يتم تقديم صورة واضحة لقيم قوى مسك الصفح BHF التي يمكن استخدامها في عملية السحب العميق بدون أن تتسبب بتشكيل التجاعيد أو حدوث التمزق للمنتج، كما تمت دراسة تأثير نسبة السحب على مجال القيم المسموحة لقوى مسك الصفح الحدية ومقارنة النتائج التجريبية مع نتائج التحليلية لنموذج رياضي تم نشره في بحث سابق وقد أظهرت تلك المقارنة مدى التوافق الجيد بين النتائج التجريبية والنتائج التحليلية.

#### كلمات مفتاحية:

السحب العميق، قوة مسك الصفحة ، مخطط نافذة التشكيل، التجعد، التمزق.

## Experimental and Analytical Comparison of Forming Window Diagram for Steel Cup Deep Drawing

### Abstract:

This research introduces an experimental study aiming at finding the forming window diagram (FWD) for steel cup deep drawing, FWD clarifies blank holding force (BHF) values, that could be used in deep drawing process successfully without occurrence of wrinkling or rupturing of product, the influence of drawing ratio on the acceptable blank holding force range had been studied, then the experimental results had been compared with an analytical model predictions that earlier published. The results appears the acceptable accordance between experimental and analytical results.

### Key Words:

deep drawing, blank holding force, forming drawing diagram, wrinkling, rupturing

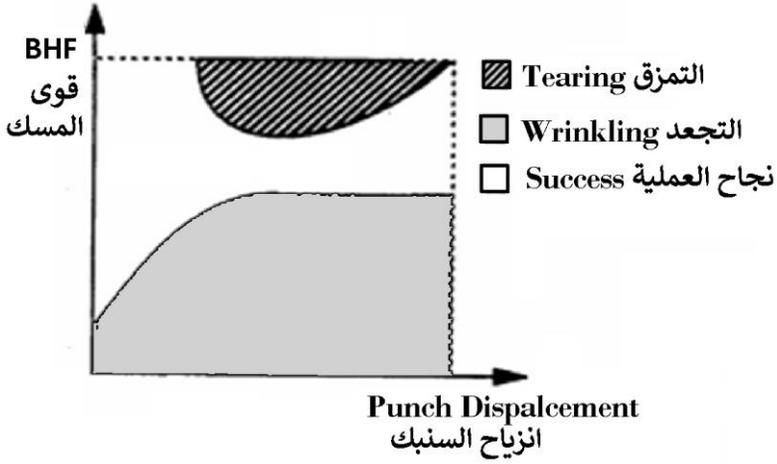
## 1- مقدمة:

تلعب عدة عوامل دوراً هاماً في عملية تشكيل الصفائح المعدنية بالسحب العميق مثل قوة مسك الصفيح Blank Holding Force BHF وشروط الاحتكاك وهندسة أدوات السحب (القالب والسنبك)، ولكن تعد الـ BHF هي العامل الرئيس الذي يؤثر على عملية انسياب معدن الصفيح إلى تجويف القالب في عملية السحب العميق، فهي تستخدم لتجنب تشكل التجاعيد في منطقة الفلنجة (الشفة) للمنتج، حيث يتم عادة زيادة قيمتها لمنع تشكل تلك التجاعيد في هذه المنطقة، ولكن إذا تمت زيادتها إلى حد يؤدي إلى إعاقة انسياب المعدن المسحوب إلى داخل القالب بشكل كبير فإن ذلك يتسبب في حدوث ترقق ثم تمزق في جدران المنتج المسحوب. لذلك من أجل تفادي فشل عملية السحب يجب ضبط الـ BHF إلى القيم التي تمنع حدوث كل من ظاهرتي التجعد والتمزق في عملية السحب العميق.

### 1-1- مخطط نافذة التشكيل (FWD) Forming Window Diagram:

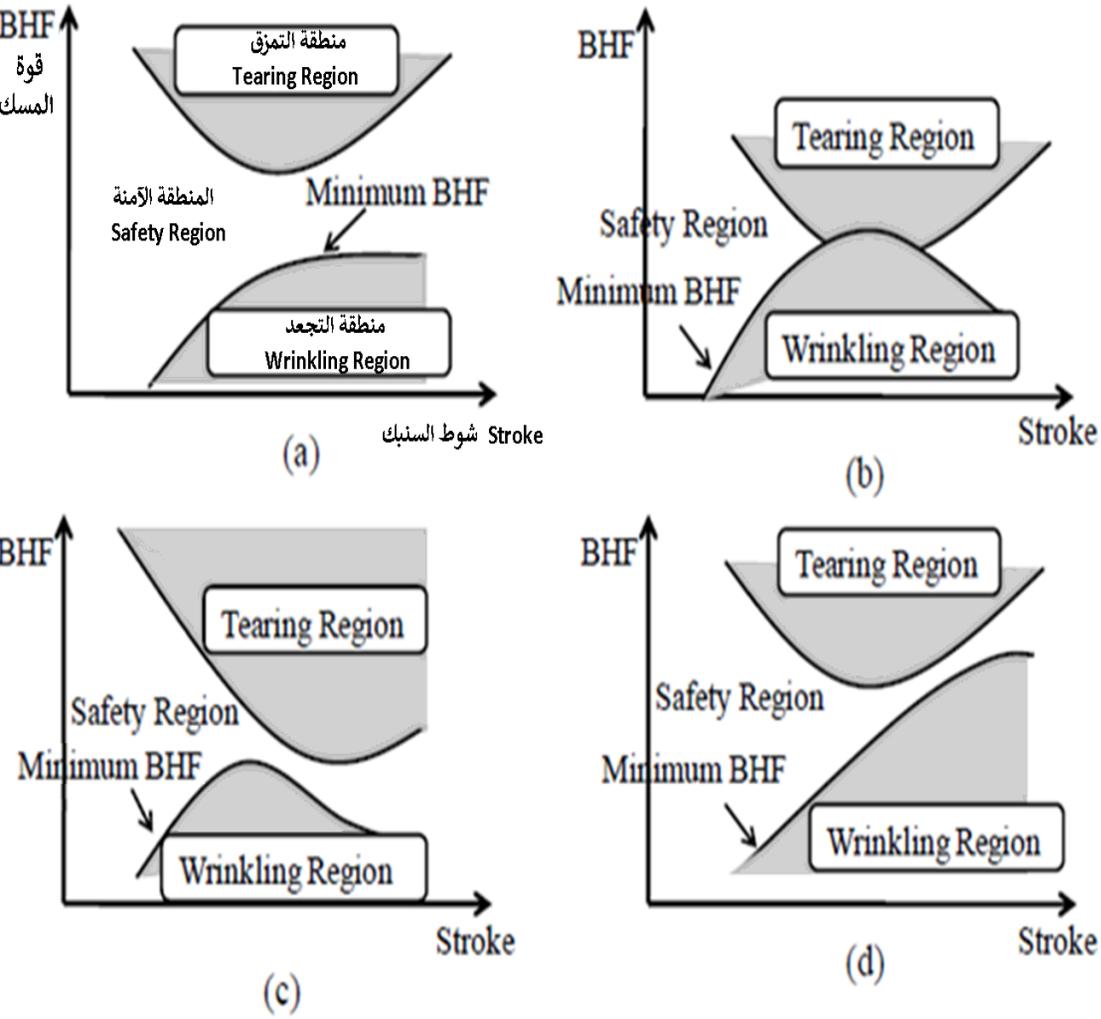
يمثل مخطط نافذة التشكيل FWD العلاقة بين الـ BHF ومسافة تقدم السنبك (عمق السحب)، أي يعبر عن المجال الذي يكون فيه المعدن قابلاً للتشكيل بالسحب العميق بدلالة قوة مسك الصفيحة وهو يعد أفضل من مخطط التشكيل الحدي الشائع FLC والذي يستخدم كدليل لقابلية المعدن للتشكيل اعتماداً على انفعالات التمزق الحدية. كما أن مخطط FLC لا يقدم أية صورة عن حدود الانفعالات التي يمكن أن يحصل عندها التجعد خلال عملية السحب.

أول من قدم نموذجاً أولياً لهذا المخطط هما Doege و Sommer [1] والذي يبينه الشكل (1)، حيث دُعيت المنطقة بين المنحني الحدي للتجعد (الواقع أسفل المخطط) و المنحني الحدي للتمزق (الواقع أعلى المخطط) بمنطقة الأمان.



الشكل (1) نموذج مخطط FWD الأولي

يمكن لمخطط نافذة التشكيل FWD أن يأخذ عدة حالات يبينها الشكل (2) [11]، حيث نلاحظ أن الحالات الثلاث a, c, d لها نافذة تشكيل، بينما الحالة b ليس لديها نافذة تشكيل على الإطلاق.



الشكل (2) حالات مخطط نافذة التشكيل

ففي الحالة a يمكن أن تتم عملية السحب العميق بدون حصول تجعد أو تمزق عند قيمة ثابتة لـ BHF واقعة بين أدنى نقطة للمنحني الحرج على التمزق وأعلى نقطة للمنحني الحرج على التجعد. وأما الحالتان c و d من الممكن أن تتم عملية السحب بشكل ناجح إذا تم استخدام قيم متغيرة لـ BHF. أما الحالة b التي ليس فيها نافذة تشكيل فمن المفترض أن يتم استبدال نوع المعدن المسحوب بمعدن ذي قابلية أكبر للتشكيل أو أن يتم تعديل الأبعاد الهندسية للقالب والصفحة الخام.

## 1-2- دراسة مرجعية:

عمد مجموعة من الباحثين إلى إيجاد المجال المسموح لقيم BHF إما تجريبياً أو تحليلياً أو عن طريق تحليلات المحاكاة وذلك من أجل التحكم بقيمة تلك القوى خلال عملية السحب، وقد كانت أول محاولة للحصول على المخطط FWD في عام 1983 عن طريق إيجاد قيم الـ BHF بدلالة مقدار إزاحة السنك وذلك لتجنب حدوث التجعد أو التمزق في عملية السحب العميق [1] ، وقام Yossifon وآخرون [2] بمحاولة لإيجاد مجال القيم الأنسب للـ BHF بتنفيذ سلسلة من تجارب السحب العميق بثبات قوة مسك الصفيحة على صفائح الألمنيوم ليقدّموا مخطط يعبر عن العلاقة بين BHF و شوط المكبس مشابه للشكل (1) ولكن تم تمثيل حدود المنطقتين الحديتين على التجعد والتمزق بشكل خطي. وقد حاول كل من Kergen و Jodogne [3] تحديد القيم الدنيا للـ BHF التي تمنع حصول التجعد اعتماداً على قياسهم للمسافة بين القالب والماسك واستندا على نتائج تجاربهم في تأسيس مخطط لقوى BHF المتغير خلال عملية السحب. وقام K. Osakada وآخرون [4] بمحاكاة عددية لعملية السحب العميق لإيجاد قيم الـ BHF التي تجنب حدوث التجعد والتمزق. وقدم كل من J.Proubet و B.Baudelet [5] دراسة تجريبية وتحليلية مبسطة لمعيار التمزق خلال السحب العميق وقاموا بإيجاد قوى الـ BHF المسببة للتمزق من أجل قيم مختلفة لقطر الصفيحة الخام وبشروط احتكاك مختلفة. فيما بعد قام Gunnarsson وآخرون [6] بإنشاء سلسلة من التجارب للحصول على مخطط لقوى BHF بدلالة نسبة السحب الأعظمية والتي تمنع حصول التجعد أو الترقق من أجل كل من قوى BHF الثابتة والمتغيرة. وبعد ذلك قام LEI Kun [7] وآخرون بدراسة تحليلية لإيجاد قوى الـ BHF الصغرى التي تسبب ظهور التجاعيد في منتج صندوق، وحصلوا على مخطط يربط بين إحداثيات حافة الفلنجة خلال عملية السحب وقوى BHF في كل من المنطقتين المدورة والمستوية من الفلنجة. ثم قام كل من s. Kitayama وآخرون [8] باقتراح خوارزمية وربطها بنموذج محاكاة رقمي لتحديد مسار متغير للـ BHF يمكّن من تجنب حصول التمزق والتجعد. ثم قدم QIN Si-ji وآخرون [9] دراسة تحليلية لظاهرة التجعد ودرسوا العلاقة بين الـ BHF

وعدد التجاعيد وشكلها.. ثم قام Candra وآخرون [10] بدراسة تحليلية و محاكاة لإيجاد قيم الـ BHF الصغرى المسببة للتجاعيد بالاعتماد على المعيار الحدي للفراغ بين القالب والماسك. وعاد S. Kitayama وآخرون [11] ليقدموا دراسة محاكاة لعملية السحب في الحالة (d) التي يكون فيها مخطط نافذة التشكيل المستحيل التشكيل بعد عمق معين تحت قوة BHF ثابتة بسبب التجعد والتمزق. وحصلوا على مخطط العمل بالمحاكاة العددية وذلك من أجل عدة قيم ثابتة لـ BHF ، ثم استخدم تقنية الأمثلة SAO (Sequential approximate optimization) لإيجاد منحى قوى BHF المتغير الذي يمكن أن يزيد من عمق التشكيل، وفي البحث [12] تم تقديم نموذج رياضي تحليلي يتنبأ بمخطط نافذة التشكيل FWD لأية عملية سحب عميق لمنج كاسي مع الأخذ بالحسبان معظم العوامل التي يمكن أن تؤثر على عملية السحب وقد تم توظيف دراسات مرجعية تجريبية للتأكد من صلاحية ذلك النموذج.

### 1-3-هدف البحث:

دراسة تأثير قوى مسك الصفائح على قابلية التشكيل بالسحب العميق وعلى نسبة السحب تجريبياً. كما يأتي هذا البحث استكمالاً للعمل السابق [12] من حيث توسيع القاعدة التجريبية التي تؤكد على صلاحية النموذج الرياضي الذي تم تقديمه والذي تم الاستناد عليه أيضاً في اختيار الأبعاد الهندسية لأدوات السحب و التنبؤ بقيم قوى مسك الصفائح التي يمكن استخدامها مع المعدن المختار.

سنقدم في الفقرات التالية شرح للاختبارات التي أجريت على معدن الفولاذ الذي نفذت به تجارب السحب وذلك للحصول على خواصه الميكانيكية ومعامل احتكاكه مع سطوح أدوات السحب. ثم فيما بعد يتم استعراض النتائج التجريبية لتجارب السحب العميق التي أجريت على ذلك الفولاذ وقد بلغ عدد تجارب السحب العميق المنفذة 30 تجربة.

### 2-الاختبارات المنجزة على معدن الفولاذ المختار:

من أجل التطبيق العلمي لتجارب السحب كان من الضروري إيجاد الخصائص الميكانيكية للفولاذ المراد اختباره بالإضافة إلى معامل احتكاكه مع أدوات السحب (قالب

والماسك) لما لهذه المعطيات من دور في تصميم عملية السحب العميق وهندسة أدوات السحب وذلك من خلال تطبيقها على النموذج الرياضي [12].

### 1-2-2- اختبار التحليل الطيفي:

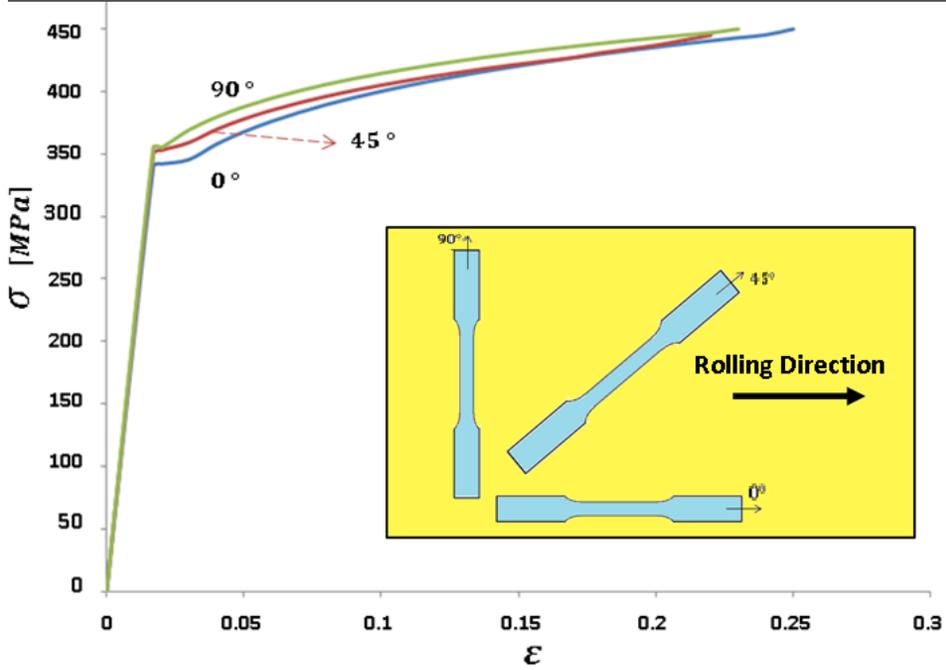
يستعرض الجدول (1) التركيب الكيميائي للفولاذ المنخفض الكربون الذي سيتم تنفيذ تجارب السحب عليه باستخدام جهاز التحليل الطيفي.

الجدول (1) التركيب الكيميائي للفولاذ

Compositi on	C	M n	Si	Al	Cu	Cr	Ni	P	S
% Wt	0.07	0.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.01
	5	3	3	5	1	2	1	2	2

### 2-2-2- اختبار الشد:

تم استخدام جهاز الشد Tinius Olsen H50KS لإجراء اختبارات الشد وفق معيار ASTM (E8M-98) لثلاث مجموعات من العينات مقصوفة وفق الزوايا  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  بالنسبة لاتجاه درفلة الصفيحة الفولاذية كما هو مبين في الشكل (3) وكل مجموعة من هذه المجموعات الثلاث تتكون من خمس عينات. يبين الشكل (3) منحنيات إجهاد-انفعال الحقيقية التي تم الحصول عليها وفق الاتجاهات الثلاثة.



الشكل (3) مخطط إجهاد-انفعال حقيقي في الاتجاهات  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$

يعرف معامل تباين الخواص  $R$  بالعلاقة  $R_\theta = \frac{\epsilon_w}{\epsilon_t}$  حيث  $\epsilon_t, \epsilon_w$  الانفعالات اللدنة في كل من الاتجاه العرضي لعينة الشد واتجاه سماكتها على التوالي،  $\theta$  زاوية العينة، ومن أجل قياس قيمة هذا المعامل لكل عينة تمت طباعة شبكة العلامات المبينة في الشكل (4) على جميع العينات المختبرة بتباعد  $10 \text{ mm}$  في الاتجاه الطولي للعينة و  $5 \text{ mm}$  في الاتجاه العرضي، وذلك من أجل قياس الانفعالات الحاصلة في تلك الشبكة أثناء الاختبار، حيث تم تثبيت كاميرا- فيديو بدقة ( $4032 \times 3024$ ) بكسل أمام العينة وتصويرها أثناء اختبار الشد لتتبع التشوهات الحاصلة في الشبكة. وقد تم قياس الانفعالات اللدنة في كل من الاتجاه الطولي والعرضي للعينة بينما تم اعتماد فرضية ثبات حجم المعدن لحساب الانفعالات في اتجاه السماكة ثم تم حساب معامل تباين الخواص لكل عينة وفق الاجرائيات الواردة في المعيار ASTM (E517-98) ثم أخذنا قيمة المتوسط الحسابي لكل مجموعة من العينات أي تم حساب كل من  $R_0, R_{45}, R_{90}$  ثم تم حساب معامل تباين الخواص الناظمي باستخدام العلاقة:  $R = \frac{R_0 + 2R_{45} + R_{90}}{4}$



الشكل (4) عينة شد مجهزة بشبكة من العلامات

إن العلاقة الرياضية المستخدمة للتعبير عن مخطط إجهاد-انفعال لمعدن الفولاذ هي علاقة Hollomons التالية:  $\sigma = K\varepsilon^n$  حيث  $n$  دليل التقسية الانفعالية و  $K$  معامل المتانة. وقد تم اتباع خطوات المعيار ASTM (E646-93) لحساب كل من  $n$  و  $K$  اعتماداً على نتائج تجارب الشد لكل مجموعة من المجموعات. يلخص الجدول (2) الخصائص الميكانيكية التي تم الحصول عليها للمعدن المختبر في الاتجاهات الرئيسية الثلاثة.

الجدول (2) الخصائص الميكانيكية لفولاذ

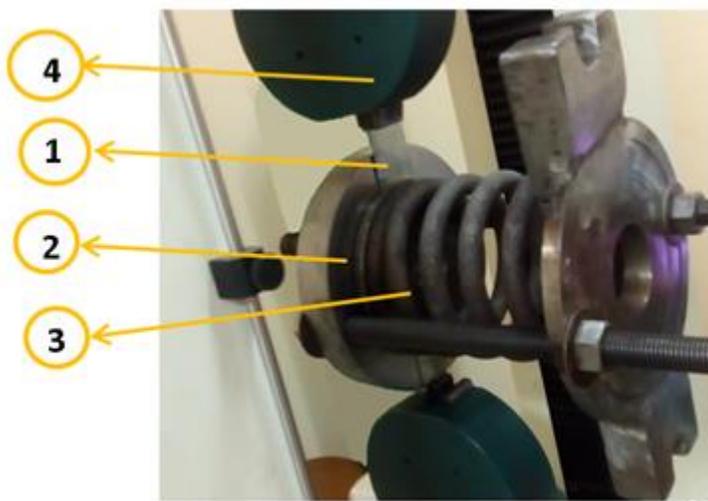
A308 SQ grade D II ,  $t_0 = 0.6 \text{ mm}$

	$\sigma_y$ [MPa]	$\sigma_t$ [MPa]	Total El %	$R^{15}$	n	$K$ [MPa]
0°	340	450	28.5	1.12	0.122	530
45°	350	450	24.5	0.97	0.1	508
90°	355	450	27	1.26	0.096	517
Mediu m value	348.7	450	26.12 5	1.0 8	0.10 5	515.75

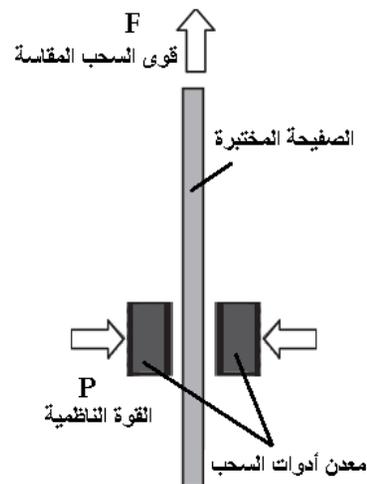
لقد تبين من خلال التركيب الكيميائي للفولاذ المختبر وخصائصه الميكانيكية أنه يتوافق مع الصنف، A308 SQ grade D type2 وفق المعيار ASTM.

3-2-اختبار الاحتكاك الانزلاقي:

للحصول على معامل احتكاك صفيحة الفولاذ مع سطوح أدوات السحب تم إجراء اختبار الاحتكاك الانزلاقي باستخدام جهاز اختبار الشد، كما يبين الشكل (5) تجهيزات تجربة الاحتكاك، حيث تم تثبيت العينة الفولاذية مستطيلة الشكل بين سطحي قالب والماسك اللذين سيتم استخدامهما في تجارب السحب العميق، وتم تطبيق قوة ناظرية على تلك الصفيحة الفولاذية باستخدام نابض تم قياس ثابت صلابته بشكل مسبق باستخدام جهاز الشد والذي يساوي  $75\text{N/mm}$ ، وتم سحب الصفيحة الفولاذية من بين سطحي الماسك والقالب باستخدام جهاز الشد وقياس قوى السحب الناتجة. تمت إعادة التجربة ثلاث مرات.



(b)



(a)

الشكل (5) (a) مخطط تجربة الاحتكاك. (b) تجهيزات تجربة الاحتكاك 1-  
الصفيحة 2-القالب والماسك 3-النابض 4-جهاز الشد

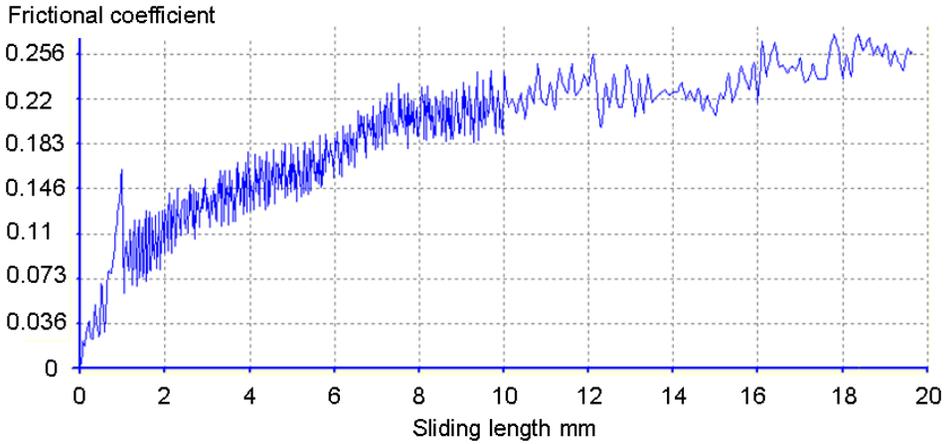
يبين الجدول (3) شروط تجربة الاحتكاك الانزلاقي، حيث أن قيمة القوة الناظرية المطبقة هي قوة وسطية بالنسبة لمجال قوى المسك المراد استخدامها في تجارب السحب العميق، وكذلك سرعة اختبار الاحتكاك هي ذاتها السرعة المراد تطبيقها في تجارب السحب،

وأيضاً زيت لتشحيم المعدني المستخدم هو ذاته الذي سيتم استخدامه في تجارب السحب العميق.

الجدول (3) شروط تجربة الاحتكاك الانزلاقي

Normal force (القوة الناظمية)	4 [kN]
Sliding speed (سرعة الانزلاق)	60 mm/min
Lubricant (التشحيم)	Mineral oil (زيت معدني)
Tool materials (معدن أدوات السحب)	Mild steel (same drawing tools)

يبين الشكل (6) النتائج التي تم الحصول عليها من تجربة الاحتكاك .

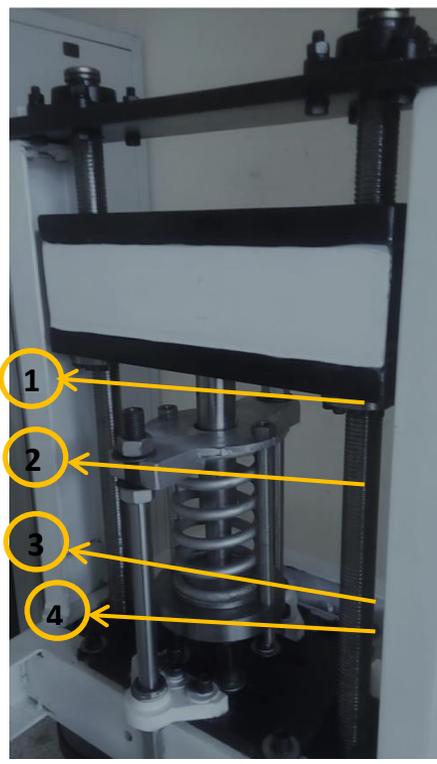


الشكل (6) معامل الاحتكاك بدلالة شوط الانزلاق

### 3- تجارب السحب العميق:

تم اجراء سلسلة من تجارب السحب على الفولاذ السابق عند نسب سحب مختلفة (نسبة قطر الصفيحة الخام إلى قطر المنتج) وباستخدام قوى مسك ثابتة من أجل مخطط التشكيل الحدي FWD لكل نسبة سحب، وإيجاد نسبة السحب الحدية التي يمكن تنفيذها بالنسبة لشروط السحب المختارة (الجدول 4)، حيث تم تقسيم التجارب على خمس مجموعات كل مجموعة تمثل نسبة سحب معينة و من أجل كل نسبة سحب تم تنفيذ عدد

من تجارب السحب بثبات قوى مسك للصفحة BHF مع مراعاة أن قوة المسك العظمى التي يمكن تنفيذها باستخدام ميكانيزم الماسك الموضح في الشكل (6) هي 8kN. بالنسبة لأبعاد أدوات السحب المختارة فقد تمت مراعاة الشروط التصميمية لقوالب السحب [13] [14]، وقد نفذت تجارب السحب باستخدام مكبس سيرفو ثنائي الفعل متحكم به حاسوبيا والمبين بالشكل (7) حيث تم تصميمه وتصنيعه من أجل البحث.



الشكل (7) مكبس سيرفو وأدوات السحب 1- السنبك 2- النابض 3- الماسك 4- القالب

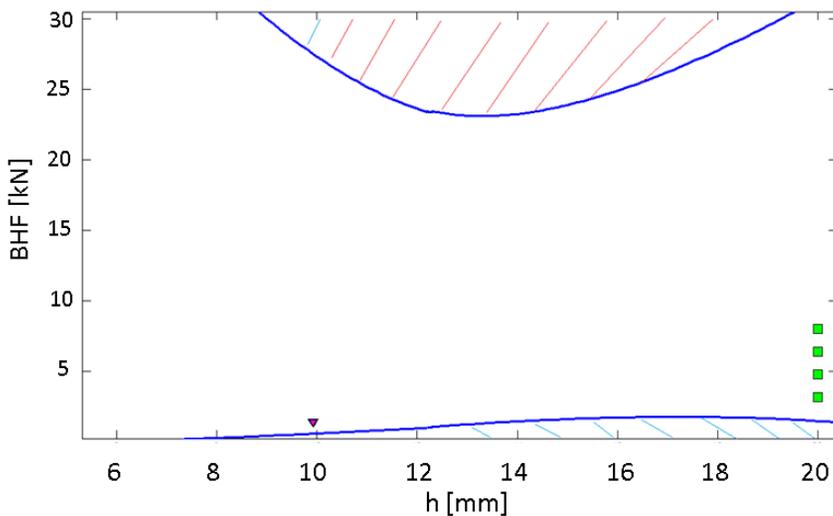
الجدول (4) شروط تجارب السحب العميق

Punch diameter (قطر السنبك )	35 mm
Punch shoulder radius (نصف قطر حافة السنبك)	5 mm

Die shoulder radius (نصف قطر حافة القالب)	4 mm
Drawing Speed (سرعة السحب)	60 mm/min
Clearance (الخلوص)	0.75 mm
Steel sheet (سماكة الصفيحة)	0.6 mm
Lubricant (زيت التشحيم)	نفسه المستخدم في تجربة الاحتكاك
Drawing ratio (نسبة السحب)	1.8 , 1.9 , 2 , 2.1 , 2.2

### 1-3- نسبة السحب 1.8:

يمثل الخط المستمر في مخطط FWD المبين في الشكل (8) نتائج النموذج التحليلي حيث أن المنطقة المهشرة العليا هي منطقة حصول التمزق في العينات، بينما المنطقة المهشرة في الأسفل هي منطقة حصول التجعد في العينة والمنطقة المحصورة بينهما هي المنطقة الآمنة التي يمكن تنفيذ تجارب السحب فيها بدون عيوب، وتمثل نتائج التجارب على شكل رموز، حيث يرمز بالمرجع لنجاح التجربة (بدون عيوب) بينما يمثل رمز المثلث فشل التجربة وظهور التجاعيد كما هو واضح في العينات المبينة في الشكل (9).



الشكل (8) مخطط FWD عند نسبة سحب 1.8 (الخط مستمر = النموذج رياضي، المربع = نجاح التجربة، المثلث = ظهور التجاعيد)

تم تنفيذ خمس تجارب بزيادة تدريجية لقوى مسك الصفيح وفق تسلسل القيم التالية (1.6, 2.3, 4.8, 6.4, 8) kN كما يبين الشكل (7) ظهور التجعد على عينة واحدة تحت قوة مسك 1.6 kN عند العمق 10mm و نجاح أربع تجارب عند كل قيمة من قيم قوى مسك الصفيح المتبقية حتى العمق النهائي للمنتج 20.15 mm، ونلاحظ مدى التوافق بين النتائج التجريبية ونتائج النموذج الرياضي.

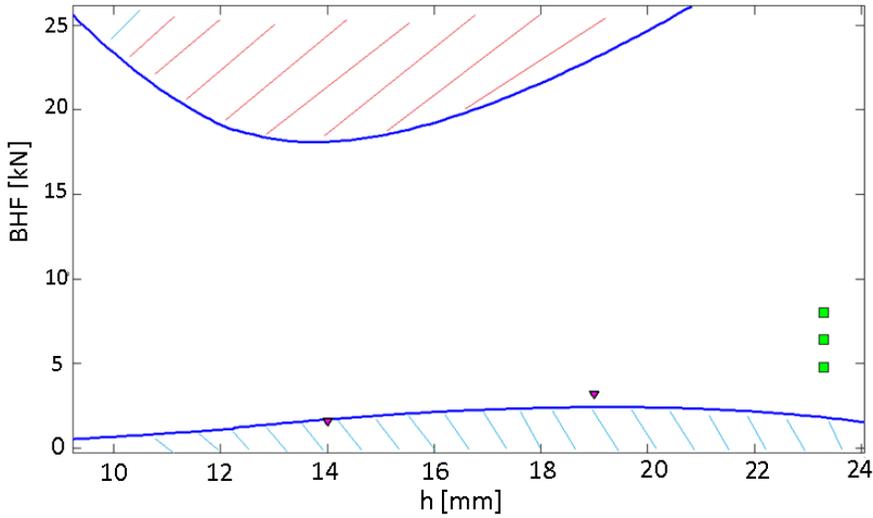


الشكل (9) عينات عملية السحب عند النسبة 1.8

### 2-3- نسبة السحب 1.9:

تم تنفيذ خمس تجارب عند نسبة السحب 1.9 باستخدام تسلسل قوى المسك الثابتة السابقة، وكما يبين الشكل (10) نجاح ثلاث تجارب بدون عيوب حتى العمق النهائي

23.4mm، وظهور التجاعيد في تجربتين واحدة عند العمق 14mm والأخرى عند العمق 19mm حيث نلاحظ في التجربة الثانية أن زيادة قوى المسك أخرت ظهور التجاعيد حتى وصلت للعمق 19mm مقارنة مع التجربة الأولى (ظهور تجاعيد عند 14mm).



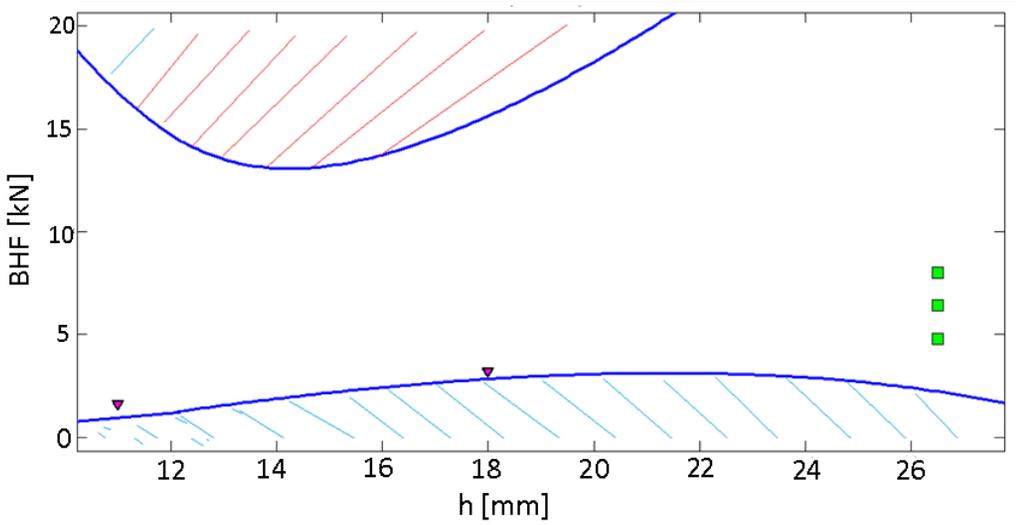
الشكل (10) مخطط FWD عند نسبة سحب 1.9 (الخط مستمر = النموذج رياضي، المربع نجاح التجربة، المثلث ظهور التجاعيد)



الشكل (11) عينات عملية السحب عند النسبة 1.9

### 3-3-نسبة السحب 2:

تُظهر التجارب المنفذة على هذه النسبة وبالتسلسل السابق لقوى المسك نجاح ثلاث تجارب سحب حتى العمق النهائي 26.8mm وظهور تجعد في تجربتين عند العمقين 11 mm و 18.3mm كما هو مبين في الشكل (12).



الشكل (12) مخطط FWD عند نسبة سحب 2 (الخط مستمر = النموذج رياضي، المربع نجاح التجربة، المثلث ظهور التجاعيد)



الشكل (13) عينات عملية السحب عند النسبة 2

#### 4-3-نسبة السحب 2.1:

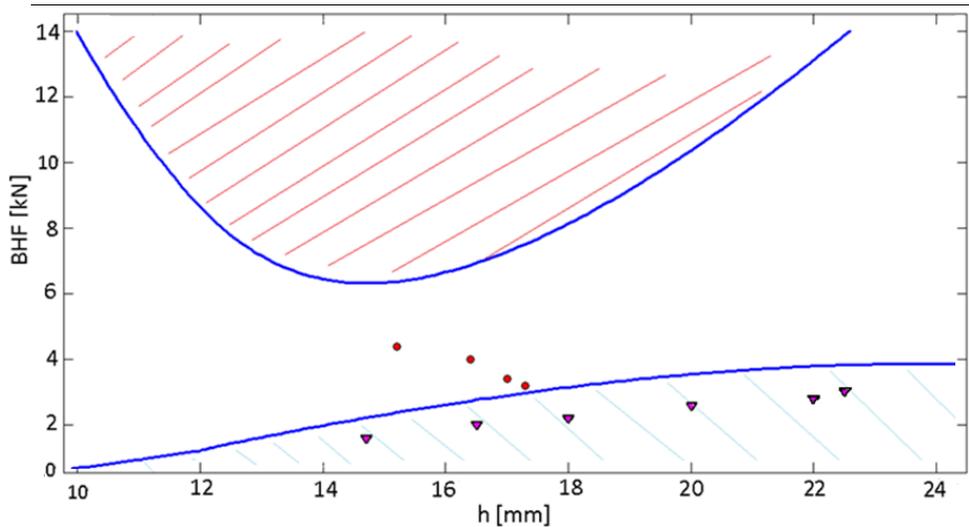
أما عند نسبة السحب 2.1 فقد نفذت عشر تجارب بنسبة تزايد أقل لقوى مسك الصفيح كما هو مبين في الجدول (5) حيث ظهرت العيوب في جميع التجارب العشرة (ظهرت تجاعيد في ست تجارب عند أعماق مختلفة وهي ممثلة برمز المثلث في الشكل (14) وتعرضت أربع تجارب للتمزق عند أعماق مختلفة أيضاً ممثلة برمز الدائرة)، وكما نلاحظ من النتائج التجريبية والقيم المختارة لقوى المسك أنه عند نسبة السحب 2.1 من المستحيل اتمام عملية السحب حتى العمق الأعظمي المفترض للمنتج 30.4 mm بدون حصول عيوب في المنتج.

فقد تم تكثيف النقاط التجريبية ( تقليل مقدار الزيادة في قوى المسك بشكل كبير ) في المنطقة الواقعة بين التجعد والتمزق لمحاولة إيجاد قوة مسك ثابتة لا يحصل عندها عيوب (التجارب 5،6،7،8).

كما هو واضح من الشكل (14) تشير النتائج التحليلية إلى أنه من الممكن تنفيذ عملية السحب بنجاح عند استخدام قيم معينة لقوى BHF وهذا لا يتوافق مع النتائج التجريبية التي بينت أن أعظم عمق يمكن الحصول عليه عند هذه النسبة هو 22.5 mm . طبعاً يمكن تفسير هذا الاختلاف بين النتائج التجريبية والتحليلية بأن قيم الاجهادات المحسوبة تحليلياً خلال عملية السحب أقل من الاجهادات الناشئة تجريبياً.

الجدول(5) النتائج التجريبية عند نسبة سحب 2.1 تحت قيم BHF ثابتة

رقم التجربة	BHF [kN]	عمق السحب h [mm]	نوع العيب
1-4	1.6	14.7	تجعد
2-4	2.0	16.5	تجعد
3-4	2.2	18.2	تجعد
4-4	2.6	20.0	تجعد
5-4	2.8	22.2	تجعد
6-4	3.0	22.5	تجعد
7-4	3.1	17.3	تمزق
8-4	3.2	17.1	تمزق
9-4	4.0	16.4	تمزق
10-4	4.4	15.2	تمزق



الشكل (14) مخطط FWD عند نسبة سحب 2.1 (الخط مستمر = النموذج رياضي،  
الدائرة تمزق العينة، المثلث ظهور التجاعيد)

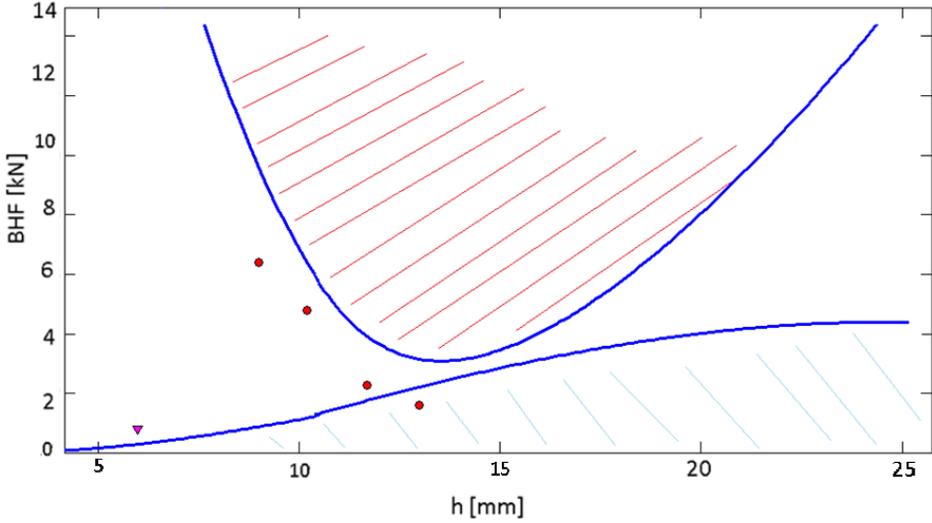


الشكل (15) عينات عملية السحب عند النسبة 2.1

### 5-3-نسبة السحب 2.2:

تم إجراء خمس تجارب سحب عند نسبة السحب هذه وفق تسلسل قيم المسك التالية  
( 0.75,1.6,2.3,4.8,6.4 ) kN

ويبين الشكل (16) توافق النتائج التحليلية مع النتائج التجريبية من حيث عدم إمكانية  
تنفيذ عملية السحب تحت قوة BHF ثابتة

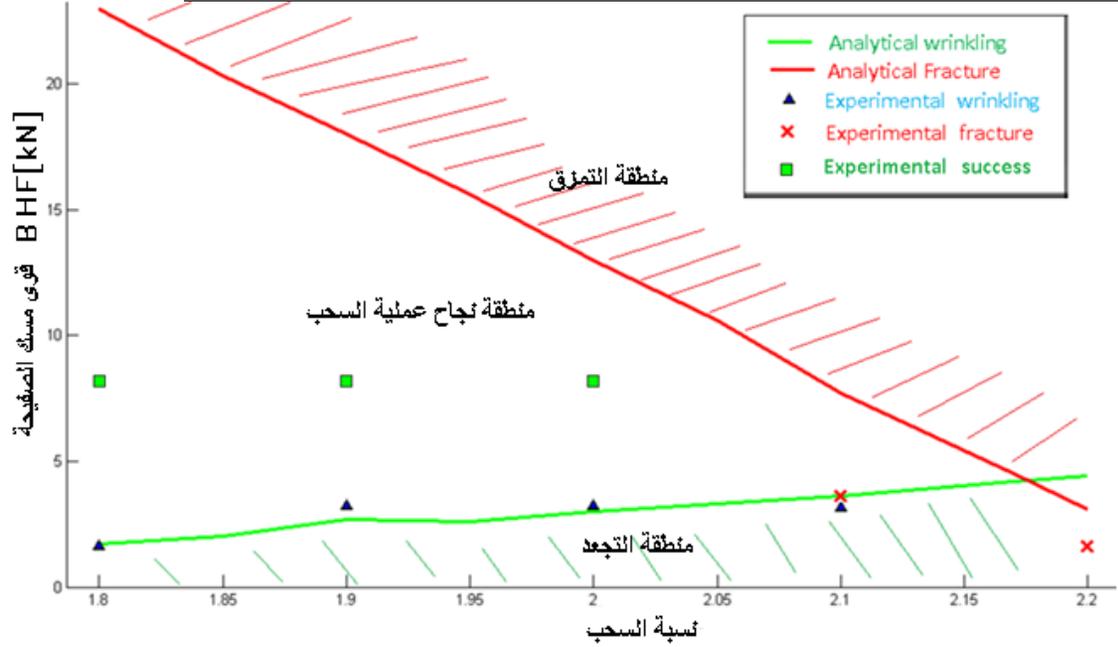


الشكل (16) مخطط FWD عند نسبة سحب 2.2 (الخط مستمر = النموذج رياضي، الدائرة تمزق العينة، مثلث ظهور التجاعيد)

من خلال النتائج السابقة يمكن القول أن هناك توافق جيد بين النتائج التجريبية ونتائج النموذج الرياضي في التنبؤ بقيم قوى مسك الصفيح المسموحة عند كل نسبة من نسب السحب المنفذة. سيتم في الفقرة التالية توضيح تأثير نسبة السحب على المجال المسموح لقوى BHF.

##### 5- تأثير نسبة السحب:

يمكن التعبير عن النتائج التجريبية والتحليلية السابقة بمخطط يبين تأثير نسبة السحب على مجال قوى مسك الصفيح التي يمكن استخدامها عند سحب منتج كاسي من معدن الفولاذ المذكور آنفاً. يمثل الشكل (17) المخطط الحدي لقوى BHF على التمزق والتجعد بدلالة نسبة السحب.



الشكل (17) المخطط الحدي لقوى BHF على التمزق والتجدد بدلالة نسبة السحب

(الخط المستمر = النتائج تحليلية، رمز المربع والمثلث والـ X = النتائج تجريبية)

نلاحظ من الشكل (17) أن العلاقة بين نسبة السحب وقوة المسك الحديدية سواء بالنسبة للتجدد أو للتمزق هي علاقة خطية، حيث تمثل المنطقة المهشرة العليا منطقة التمزق والمنطقة المهشرة السفلى منطقة التجدد، ورمز المثلث هو النتائج التجريبية للحدود العليا لقوى المسك التي ظهرت عندها التجاعيد عند نسب السحب المقابلة، الرمز X النتائج التجريبية للحدود الدنيا لقوى المسك التي حصل عندها تمزق للعينة، وتمثل المنطقة غير المهشرة بينهما مجال قيم الـ BHF المسموحة عند كل نسبة سحب وتمثل رموز المربعات في هذه المنطقة نجاح عملية السحب عند تطبيق قوة المسك الأعظمية التي توفرها الآلة. عند نسب السحب الصغيرة لم يتم الحصول بشكل تجريبي على حالة التمزق بسبب التقيد بحدود القوى التي يقدمها ميكانيزم المسك من ناحية ولكبر القوى المسببة للتمزق كما تشير النتائج التحليلية من ناحية أخرى. ونلاحظ من النتائج التحليلية (النموذج الرياضي) أنه بعد نسبة السحب 2.17 لا يمكن أن تتم عملية السحب تحت أية قوة مسك ثابتة وتدعى هذه النسبة بنسبة السحب الحديدية بينما كما هو مبين تجريبياً أن نسبة السحب

الحدية للشروط التجريبية هي 2.1 وهي مقارنة جداً للنسبة المتوقعة من النموذج الرياضي.

## 6-الاستنتاجات والتوصيات:

استعرضنا خلال هذا البحث دراسة تجريبية تهدف إلى دراسة تأثير قيم الـ BHF على ظاهرتي التجعد والتمزق في عملية السحب العميق لمنتج فولاذي كاسي، بالإضافة إلى مقارنة النتائج التجريبية مع نتائج نموذج رياضي تم نشره سابقاً يقوم بدراسة تأثير الظاهرتين أيضاً، ولتأمين المعطيات الأولية للنموذج الرياضي قمنا بإجراء مجموعة من الاختبارات لإيجاد الخصائص الميكانيكية وشروط الاحتكاك للمعدن المراد اختباره، وحيث أعطت النتائج التجريبية لتجارب السحب توافق جيد مع نتائج النموذج الرياضي سواء من حيث مجالات قوى مسك الصفيح المسموحة وأعماق السحب المتوقعة أو من ناحية توقع نسبة السحب الحدية للمعدن المختار وفق الشروط التجريبية المنفذة (أبعاد أدوات السحب) مما يبرهن على صلاحية النموذج الرياضي في التنبؤ بتلك المعطيات.

وبينت الدراسة أنه كلما كبرت نسبة السحب المنفذة كلما قل مجال قوى BHF المسموحة وفق منحنى شبه خطي يمثل حدود المجال مع نسبة السحب سواء من ناحية المنطقة الحدية على التجعد والتي يتزايد منحنيتها الحدي بشكل خطي أو من ناحية المنطقة الحدية على التمزق والتي يتناقص منحنيتها الحدي بشكل خطي أيضاً.

وقد تم في هذا البحث التقييد بحدود قوى المسك التي يوفرها ميكانيزم المسك في آلة السحب وهي 8 kN ويمكن توسيع مجال قوى المسك باستبداله بميكانيزم آخر لدراسة تأثير قوى مسك أكبر على عملية السحب وأيضاً يمكن إجراء هذه الدراسة على أنواع أخرى من المعادن كما يمكن العمل على تحسين دقة النموذج الرياضي بحيث يحقق دقة أكبر في توقع نسبة السحب الحدية التي يمكن تنفيذها تجريبياً.

## 7-المراجع:

### **Reference:**

- 1- E.J. Obermeyer, S.A. Majlessi, 1998, A review of recent advances in the application of blank-holder force towards improving the forming limits of sheet metal parts, Journal of Materials processing Technology 75,P 222–234.
- 2- S. Yossifon et al, 1992, On the acceptable blank-holder force range in the deep-drawing process, Journal of Materials Processing Technology, 33 ,P175–194.
- 3- R. Kergen, P. Jodogne, 1992 ,Computerized control of the blankholder pressure on deep drawing presses, Society of Automotive Engineers Technical Paper No. 920433, Warrendale, PA.
- 4- Kozo Osakada et al, 1995, Controlled FEM Simulation for Determining History of Blank Holding Force in Deep Drawing, Annals of the CIRP Vol. 44/1/P243–246.
- 5- J. Proubet et al, 1997, Rupture criteria during deep drawing of aluminum alloys, Elsevier Science B.V.p289–297.
- 6- L.Gunnarsson et al, 1998, In-process control of blank holder force in axisymmetric deep drawing with digressive gas springs, Journal of Materials Processing Technology 73 ,89–96.
- 7- LEI Kun et al, 2006, Wrinkle Limit Blank Holder Force Models in Square-Box Deep Drawing With Variable Segment Blank-

- Holder's, Chances Journal of Mechanical Engineering, Vol.19, No.2,P205-211.*
- 8- Satoshi Kitayama et al, 2010, The Square Cup Deep Drawing by Variable Blank Holder Force, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C, 76/766: 1617-1626. (in Japanese) .
- 9- QIN Si-ji et al, 2012, Critical blank-holder force in axisymmetric deep drawing, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 22,P 239-246.
- 10- Susila Candra et al, 2015, Modeling of Critical Blank Holder Force Based on a Gap Limit and Unbending Strain Energy in Deep Drawing Process, International Journal of Engineering and Technology (IJET), Vol 7 No 2 ,p461-474.
- 11- S. Kitayama et al, 2015, Numerical investigation and optimization of pulsating and variable blank holder force for identification of formability window for deep drawing of cylindrical cup, Springer DOI 10.1007/s00170-015-7385-7.
- 12- A. Aleid, T. Almasoud , M.K. Karfoul ,2020, Analytical Study for Finding Forming Window Diagram of Cup Deep Drawing Process, Journal of Al-Baath University, Vol 42 (in Arabic).
- 13- Z. Marciniak et al,2002 \_ Mechanics of Sheet Metal Forming, Butterworth-Heinemann, chapter 1,P7.

- 14- *Malika .R. Bhatt, and Sanjay .H. Buch , 2017, An Expert System of Die Design for Multi Stage Deep Drawing Process, procedia Engineering 173, P1650-1657.*



# تصميم متحكم يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العائمة للتحكم بسرعة محرك تيار

## مستمر

الدكتور عباس صندوق \*

الدكتور غيث ورقوزق \*\*

المهندس معزز دبلو \*\*\*

### الملخص:

يقدم البحث منهجية جديدة للتحكم بسرعة محرك تيار مستمر باستخدام متحكم يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العائمة، وذلك باستخدام المقطع الخافض /Buck-Converter/، لمعرفة فاعلية المتحكم المقترح في التحكم بسرعة محرك تيار المستمر، تم مقارنته بمتحكم /PI/، يعتمد المتحكم المقترح على شبكة عصبونية عائمة تعالج اشارة خطأ السرعة الزاوية للمحرك ومشتقتها وذلك للتحكم بالجهد المغذي للمحرك.

### الكلمات المفتاحية:

نظام القدرة الكهربائية، محرك التيار المستمر، الشبكات العصبونية العائمة /ANFIS/، الذكاء الصناعي (AI)، المقطع الخافض للجهد /Buck Converter/، /PI/.

\* استاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

\*\* استاذ مساعد - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

\*\*\* طالب دراسات عليا (دكتوراه) - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

# Design Controller depend in his work on Neural Fuzzy Networks to Control DC Motor's Speed

Dr. Abbas Sandok\*

Dr. Ghaith Warkozek \*\*

Eng. Moataz Dablo \*\*\*

## Abstract:

The Research Presents a New Methodology for Controlling DC Motor's Speed by using Controller Depends on an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, using buck converter, to see The Effectiveness of the Proposed Controller in Controlling The Speed of a Dc Motor, Compared to a PI Controller, The Proposed Controller Depends on an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System That Processes the Angular Velocity Error Signal of the Motor and its Derivative Signal in order to Control the Voltage That Feeds the Motor.

**Keywords:** Power System, Dc Motor, Electric Power System, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System /ANFIS/, Artificial Intelligence (Ai), Buck Converter /, / PI / .

---

\* Professor, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.  
\*\* Associate Professor, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

\*\*\* Postgraduate Student, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

## 1- مقدمة:

الآلات الكهربائية تشغل دوراً هاماً في شتى مجالات الحياة ، حيث تستعمل في نظام القدرة الكهربائية، على سبيل المثال كمولد في المحطات الكهربائية من أجل الحصول على القدرة الكهربائية ، وكمحرك في المصاعد الكهربائية من أجل الحصول على القدرة الميكانيكية [1] .

يعتبر التحكم بسرعة المحركات من الأمور الغاية في الأهمية وذلك من أجل الأداء الجيد والفعال للآلة، ومن المعروف عند زيادة التحميل على المحرك تقل السرعة وبنخفاض الحمولة تزداد السرعة، من هنا لابد أن يتم التحكم بسرعة المحرك .

إن استخدام الذكاء الصناعي في مجال التحكم من الطرق الجديدة والحديثة [2,10]، وتزيد من الموثوقية وسرعة معالجة وتقلل من الخطأ البشري، من أجل ذلك سنصمم متحكم يعتمد على الشبكات العصبونية العائمة (والتي هي جزء من تطبيقات الذكاء الصناعي) يهدف إلى تحسين استجابة سرعة المحرك عن طريق التحكم بالجهد المطبق على المحرك، يتم تدريب المتحكم على قيم تعتمد على خبرة نظام الخبير، وتؤخذ من أكثر القيم تداولاً للتحكم بالسرعة، وكذلك الحال بالنسبة لقيم المعالجة لهذه التغيرات.

## 2- هدف البحث:

يتناول دراسة سلوك محرك تيار المستمر وفي هذه الحالة محرك تيار مستمر ذو تهيج دائم، ودراسة استجابة هذا المحرك لتغيرات الحمل عند تطبيق سرعة معينة مرجعية التي من الممكن أن يواجهها المحرك في عمله، وكيفية الحفاظ على استمرارية عمله بجودة ووثوقية عالية.

يهدف البحث إلى مايلي:

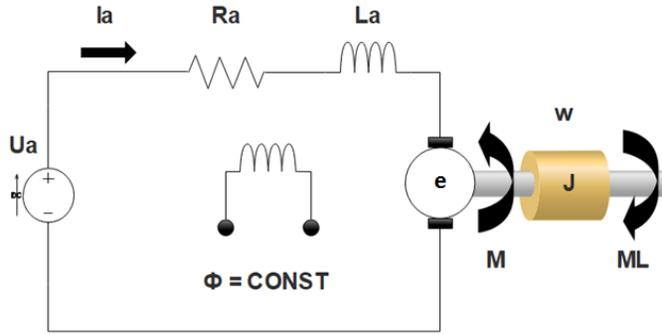
- 1- الاطلاع على عمل الآلات الكهربائية من خلال معرفة طرق التحكم بها ودور التحكم في مخرجات الآلة الكهربائية.
- 2- دراسة مبدأ عمل الشبكات العصبونية العائمة وطرق نمذجتها.
- 3- إجراء مقارنة بين متحكم  $PI$  ومتحكم يعتمد على الشبكات العصبونية العائمة لاختيار الطريقة الأفضل بينهما.

### 3- مواد وطرق البحث:

لقد اعتمدنا في البحث طريقة النمذجة والمحاكاة لمحرك بوضع النموذج الرياضي لمحرك التيار المستمر ذو التهيج الدائم المدروس باستخدام بيئة الـ SIMULINK في برنامج MATLAB ، وتم الاعتماد على الشبكة العصبونية العائمة لنقوم بعملية التعامل مع اشارة خطأ السرعة الزاوية ومشتقتها ومعالجتهما من أجل التحكم، وقد تمت عملية تدريب الشبكة المقترحة باستخدام برنامج الماتلاب.

### 3-1- نموذج النظام المدروس:

يظهر الشكل الدارة المكافئة لآلة التيار المستمر ذات تهيج دائم، حيث تتكون من وشيعة المتحرض ومن القوة المحركة الكهربائية كما يبين الشكل (1):



الشكل (1) دارة آلة تيار مستمر ذات تهيج دائم.

من الدارة المكافئة يمكن أن نكتب في الحالة العابرة عند عمل الآلة كمحرك في الربع الأول من خلال العلاقات التالية:

$$U_a = R_a * I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + e \quad (1)$$

$$M = K * I_a : K = C * \phi \quad (2)$$

$$e = K * w \quad (3)$$

$$\Delta w = w_0 - w \quad (4)$$

$$M_S = M - M_L = J \frac{dw}{dt} \quad (5)$$

باصلاح المعادلة رقم (5)

$$\frac{dw}{dt} = \frac{1}{J} * (M - M_L) = \frac{1}{J} * (K * I_a - M_L) \quad (6)$$

$$w = \int \frac{1}{J} * (K * I_a - M_L) dt \quad (7)$$

نعوض بالمعادلة رقم (3)

$$e = K * \int \frac{1}{J} * (K * I_a - M_L) dt \quad (8)$$

وبالتالي المعادلة رقم (8) تمثل معادلة موديل المحرك والتي سنستخدمها للنمذجة لاحقاً.

في الحالة المستقرة يكون:

$$U_a = R_a * I_a + e \rightarrow U_a - e = R_a * I_a \quad (9)$$

حيث :

ثابت الآلة	$K$
الثابت الميكانيكي للآلة	$C$
عزم الآلة - N.m	$M$
عزم الحمولة - N.m	$M_L$
عزم التسارع - N.m	$M_S$
ثابت العطالة - kg.m <sup>2</sup>	$J$
السرعة الزاوية على فراغ - rad/sec	$w_0$
السرعة الزاوية عند نقطة العمل - rad/sec	$w$

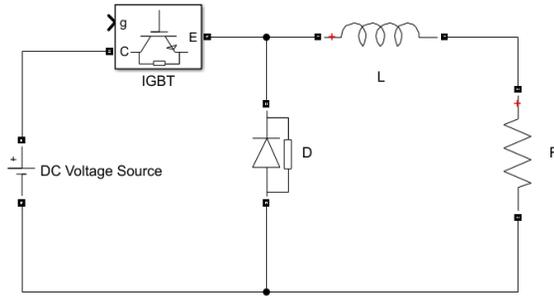
### 3-2- المقطع الخافض:

يبين الشكل (2) دائرة مقطع خافض للجهد /Buck-Converter/، والتي تتكون من جهد الدخل /DC Voltage Source/ وترانزستور وديود، أما الخرج فيكون من حمولة أومية أو تحريضية أو كلاهما، الهدف من دائرة المقطع هوة الحصول على جهد خرج  $V_{out}$  أصغر من جهد الدخل  $V_{in}$  وقابل للتغير [3]، حيث العلاقة بينهما هي:

$$V_{out} = \frac{t_{on}}{T} * V_{in} = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} * V_{in} = d * V_{in}$$

حيث :

جهد الدخل - volt	$V_{in}$
جهد الخرج - volt	$V_{out}$
زمن تمرير الترانزستور ، حالة الوصل - sec	$t_{on}$
زمن عدم تمرير الترانزستور، حالة الفصل - sec	$t_{off}$
الدور - sec	$T$
دور العمل / Duty Cycle	$d$



الشكل (2) دائرة مقطع خافض للجهد

### 3-3- بنية الشبكة العصبونية العائمة (ANFIS) المستخدمة:

هي مزيج من الشبكات العصبونية الاصطناعية والأنظمة العائمة بحيث يتم استخدام خوارزميات الشبكات العصبونية الصناعية لتحديد بارامترات النظام العائم[5].

يكون دخل الشبكة التي لدينا عبارة عن دخلان  $e_w$  و  $e_w$  حيث  $e_w$  هو خطأ السرعة الزاوية لدوران المحرك بين الإشارة المرجعية (المرغوبة) و إشارة خرج النظام الذي لدينا و  $e_w$  هي مشتق خطأ السرعة الزاوية، وخرج الشبكة هي Ref إشار مرجعية تقارن مع تيار المتحرض  $I_a$  وذلك من أجل نبضات المقطع الخافض للجهد، حيث تم جمع المعطيات من حالات مختلفة للحمولة والمعالجة من قبل متحكم PI تقليدي، تم ضرب مشتق السرعة الزاوية بمعامل تخفيض من أجل أن يتلائم مع دخل المتحكم المذكور أعلاه.

لتصميم هذا النظام في بيئة الماتلاب نقوم بكتابة الكود في برنامج الماتلاب:

```
data = anfis(trainingData)
```

عن طريق هذا الكود يولد نظام /ANFIS/ بنوع تاكاجي-سيجونو [4]، ويعمل الكود على ضبط البارامترات ذاتياً باستخدام معطيات التدريب والتي هي دخل وخرج المتحكم ، ومن ثم يتم توليد بنية ANFIS ذاتياص من قبل برنامج الماتلاب، وتخزن ضمن ملف ببرنامج الماتلاب بنافذة Workspace له لاحقه /fis/.

وخوارزمية التدريب التي يتم استخدامها بالكود هي عبارة عن دمج بين خوارزمية الانتشار الخلفي [6] وطريقة المربعات الصغرى [7].

### 3-4 التدريب:

يتم وضع معطيات التدريب بمصفوفة مكونة من ثلاثة أعمدة ، أول عمودين منها  $e_w$  و  $e_w$  وهما خطأ السرعة الزاوية لدوران المحرك ومشتقه، والعمود الثالث هوة Ref إشار مرجعية تم شرحها أعلاه، ثم نكتب الكود بواجهة الـ *Command windows* ببرنامج الماتلاب

```
data=anfis(Train_Data);
```

وسوف يظهر لنا على نفس الشاشة مايلي موضحة بالشكل (3):

ANFIS info:

```
Number of nodes: 21
Number of linear parameters: 12
Number of nonlinear parameters: 12
Total number of parameters: 24
Number of training data pairs: 55396
Number of checking data pairs: 0
Number of fuzzy rules: 4
```

الشكل (3-a) خرج الماتلاب بعد تنفيذ الكود.

```
Start training ANFIS ...

 1    16.6106
 2    16.5768
 3    16.5439
 4    16.5113
 5    16.4788
Step size increases to 0.011000 after epoch 5.
 6    16.4456
 7    16.4076
 8    16.3673
 9    16.3237
Step size increases to 0.012100 after epoch 9.
10    16.2762

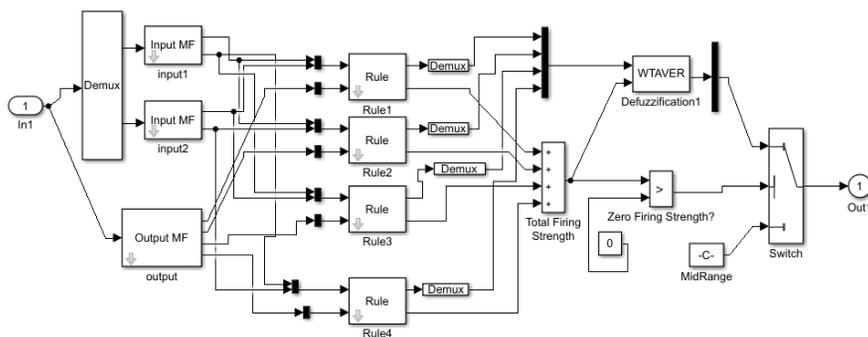
Minimal training RMSE = 16.276241
```

الشكل (3-b) اظهار خرج الماتلاب بعد تنفيذ الكود

وهي عبارة عن تشكيل شبكة *ANFIS* ضمن برنامج الماتلاب مؤلفة من 21 عقدة و12 بارامتر خطي و 12 بارامتر غير خطي وعدد أزواج التدريب 55396 ومن أربع قواعد عائمة .

والشكل (3-b) يبين التدريب لشبكة *ANFIS* حيث يعمل على اظهار قيم الخطاء لمجموعة من القيم المدربة للوصول إلى أصغر قيمة خطأ عند التدريب، ولا نستطيع أن نوقف الكود حتى ينتهي من جميع القيم التي وضعناها للتدريب.

وعندما يتم فتحها من واجهة ال *SIMULINK* كما بالشكل (4):



الشكل (4) شكل شبكة *ANFIS* بعد التدريب.

تتألف شبكة *ANFIS* من عدة طبقات:

الطبقة الأولى (طبقة الدخل) : تتكون من مدخلان وتتعامل مباشرة معهما حيث تقوم هذه الطبقة بحساب نسبة المشاركة لكل مدخل.

## تصميم متحكم يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العائمة للتحكم بسرعة محرك تيار مستمر

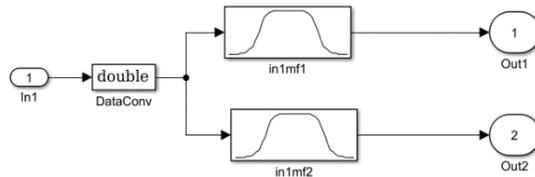
الطبقة الثانية : تقوم بحساب قوة القواعد الموضوعية وتابع الانتماء الموجود بها، والتي في هذه الحالة ولدت ذاتياً من قبل البرنامج.

الطبقة الثالثة : طبقة القواعد حيث تقوم بانجاز عملية AND العائمة، و حساب نسبة قوة قاعدة معينة إلى القواعد الأخرى، وعلاقتها مع بعضها.

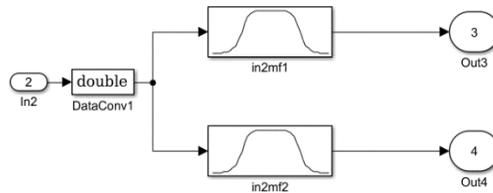
الطبقة الرابعة : تقوم في هذه الطبقة بإضافة بعض المتغيرات التي تسلسل البيانات، وتعمل على دمج القواعد.

الطبقة الخامسة (فك التعويم) : هي الطبقة التي من خلالها يتم تجميع الخرج وينتج الجواب النهائي.

القواعد العائم لهم شكل التابع gbellmf وهو تابع انتماء ذو شكل الجرس [5]، وموضحين بالشكلين رقم (5) ورقم (6).



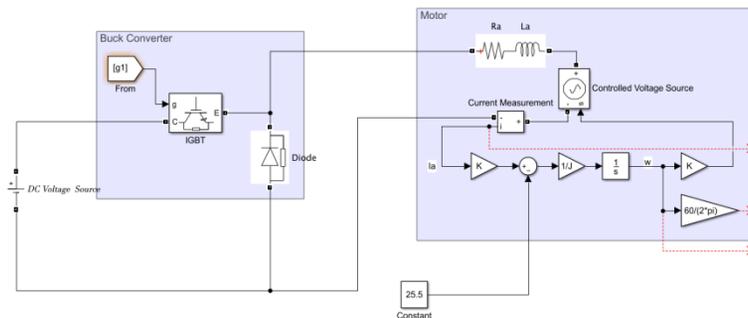
الشكل (5) مكونات بلوك input 1



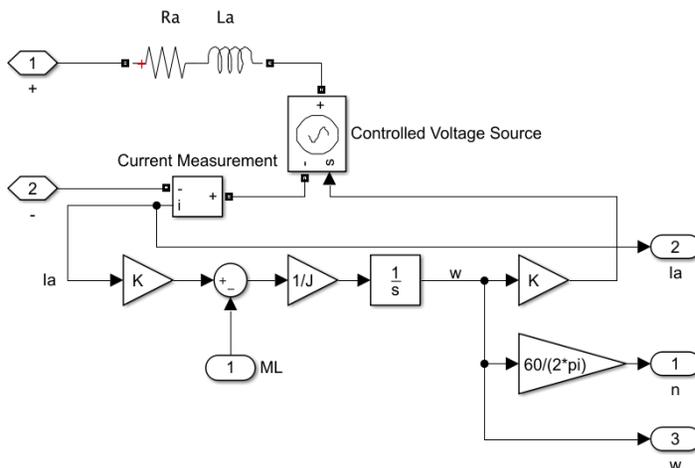
الشكل (6) مكونات بلوك input 2

### 3-5 المحاكاة الحاسوبية:

تم نمذجة الدارة في بنية Matlab-Simulink [8,9]، والمكونة من مقمع خافض للجهود والموضحة بالشكل (7)، ومن دارة محرك تيار مستمر ذو التهيج الدائم مستخدمين المعادلة رقم (8) من أجل نمذجة المحرك والموضحة بالشكل (8)

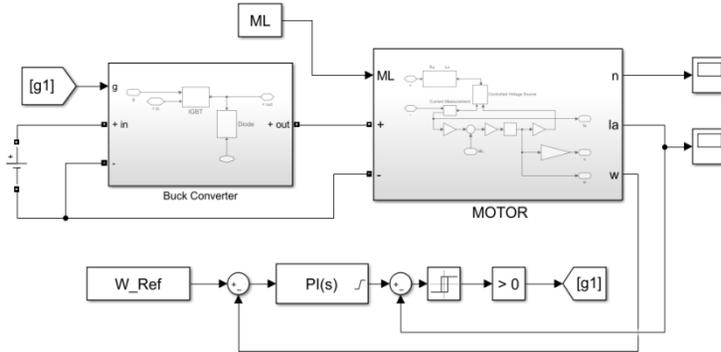


الشكل (7) دارة المقمع الخافض موصولة مع دارة المحرك

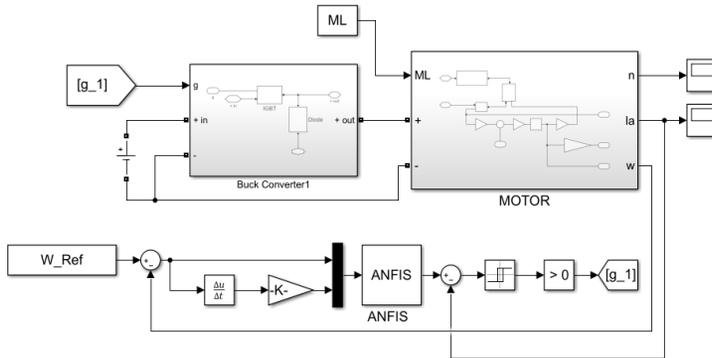


الشكل (8) دارة محرك التيار المستمر ذو التهيج الدائم

ويبين الشكل (9) نموذج المحرك مع المقطع مع منظومة التحكم بمتحكم PI ذو ثوابت  $K_p = 50$  و  $K_I = 0.1$ ، وبين الشكل (10) نموذج المحرك مع المقطع مع منظومة التحكم بمتحكم ANFIS المقترح .



الشكل (9) نموذج المحرك مع المقطع مع منظومة التحكم بمتحكم PI .

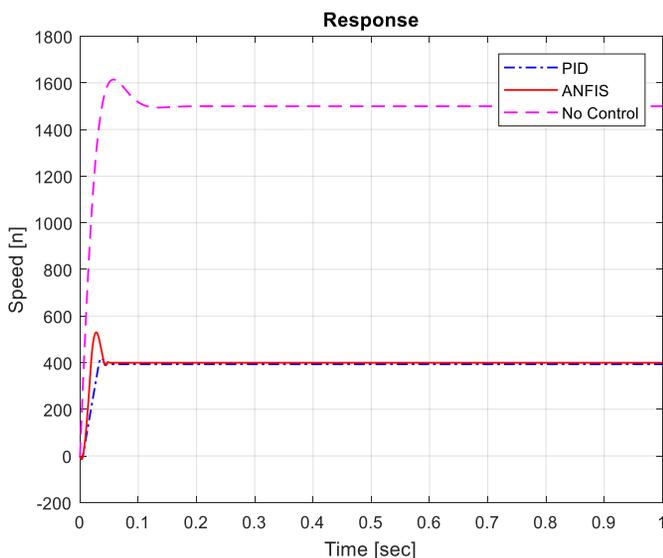


الشكل (10) نموذج المحرك مع المقطع مع منظومة التحكم بمتحكم ANFIS .

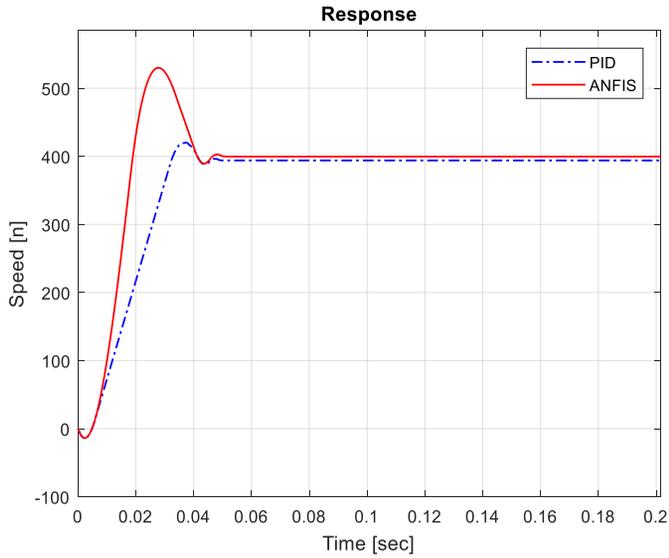
#### 4- النتائج ومناقشتها:

في أغلب الأحيان يطلب من المحركات الكهربائية العمل على سرعات معينة لأحمال معينة أو الحفاظ على سرعة معينة مع تغير الحمل الميكانيكي على خرج المحرك /والذي قد يكون مصعد أو سير ميكانيكي/.

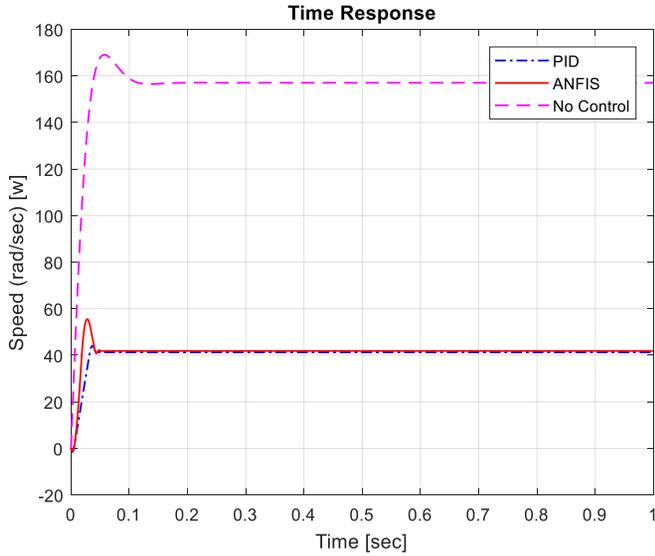
- تم تطبيق الشبكة العصبونية العائمة الناتجة من الكود، والتي تكون بصيغة ملف له لاحقة /fis/ بنافذة Workspace ببرنامج الماتلاب، ومن ثم يتم تحميل الملف / ببرنامج Simlink / على النموذج، ومقارنة الاشارة الناتجة مع اشارة نفس النموذج مع متحكم من نوع /PI/، تم تطبيق في هذه الحالة حمولة ميكانيكية ثابتة وسرعة مرجعية 400 rpm فكانت الاستجابة كما هو موضح بالأشكال التالية :



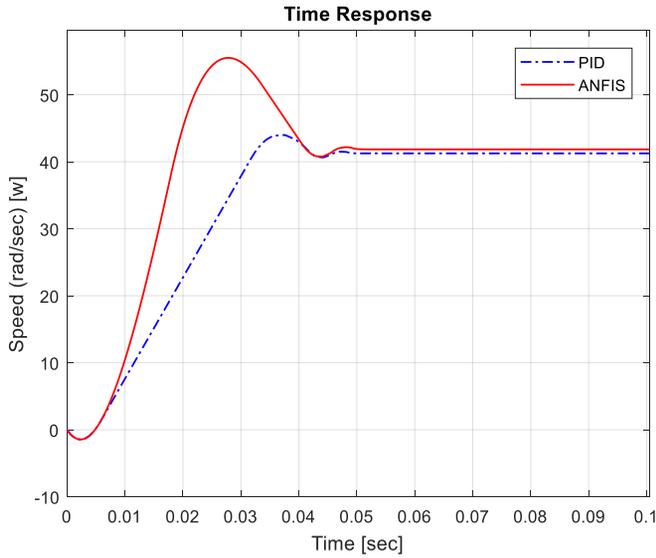
الشكل (11-a) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك.



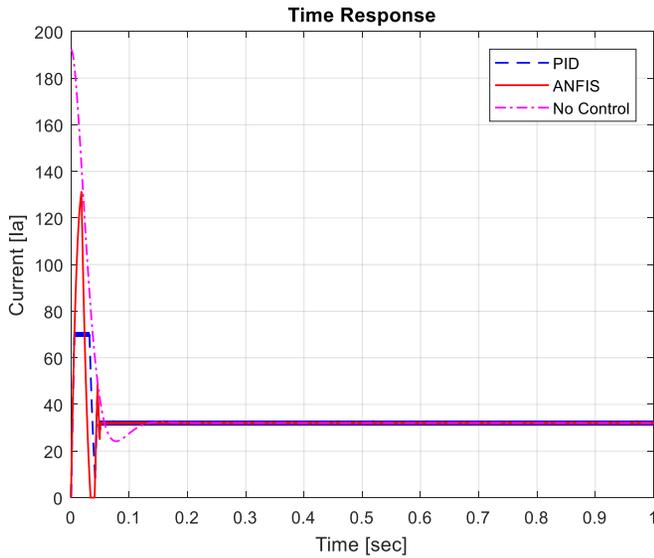
الشكل (11-b) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك



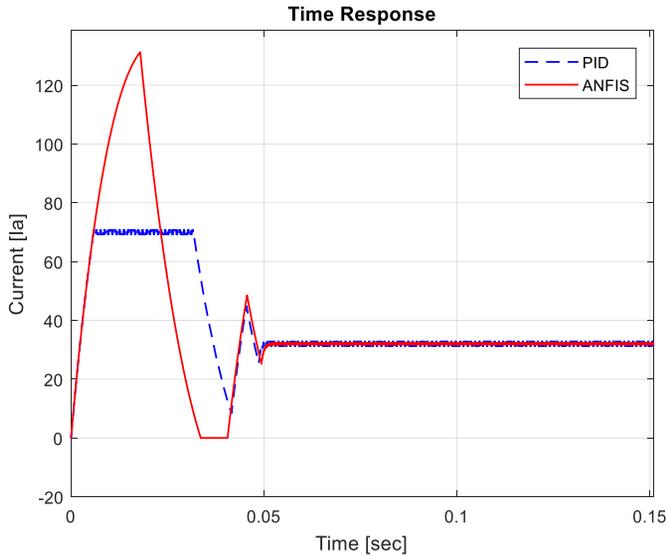
الشكل (12-a) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية للمحرك.



الشكل (12-b) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية للمحرك



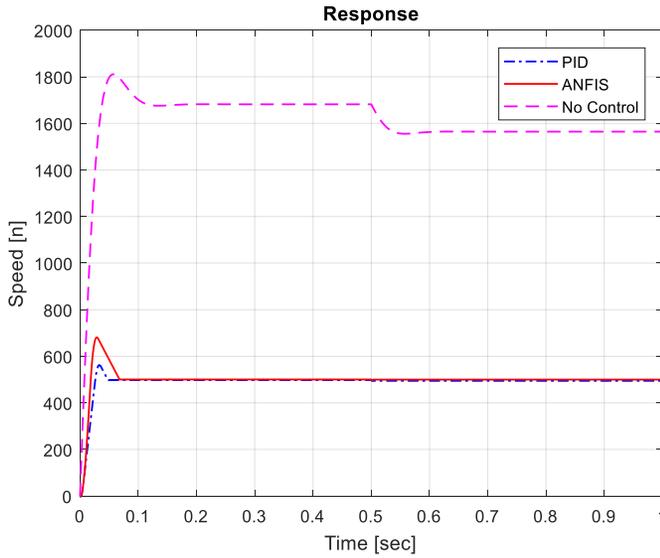
الشكل (13 -a) الاستجابة الزمنية لتيار المتحرض للمحرك.



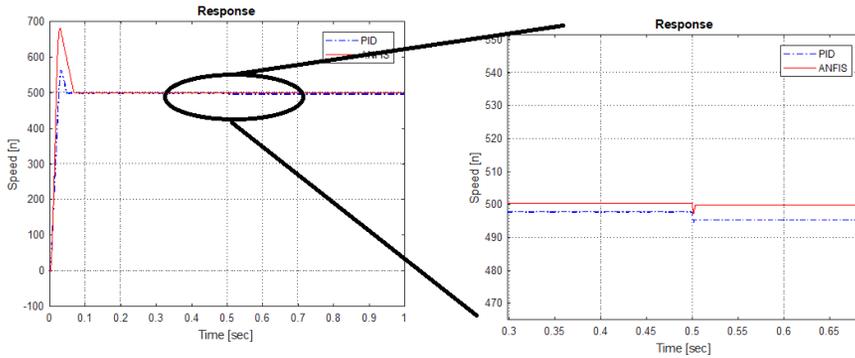
الشكل (b- 13) الاستجابة الزمنية لتيار المتحرض للمحرك.

في مخطط الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك /والموضحة بالشكل (11) a و b / نرى أن منحنى السرعة بوجود المتحكم المقترح /ANFIS/ وصل للسرعة المرجعية /400 rpm/ أما منحنى السرعة بوجود المتحكم /PI/ وصل لسرعة أقل من السرعة المرجعية، وفي مخطط الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية للمحرك /والموضحة بالشكل (12) a و b / نرى أن منحنى السرعة الزاوية بوجود المتحكم المقترح وصل للسرعة الزاوية المرجعية /41.88 rad/sec / التي تقابل السرعة المرجعية /400 rpm/، أما منحنى السرعة الزاوية بوجود المتحكم /PI/ وصل لسرعة زاوية أقل، ونرى في مخطط الاستجابة الزمنية لتيار المتحرض للمحرك /والموضحة بالشكل (13) a و b / أن تغير التيار بوجود المتحكم المقترح له تجاوز أعظمي كبير ويستقر بعد الوصول للسرعة المرجعية المطلوبة، أما بوجود المتحكم /PI/ نرى أن التيار قيمه متغيره غير مستقره حتى بعد زمن 0.05 sec .

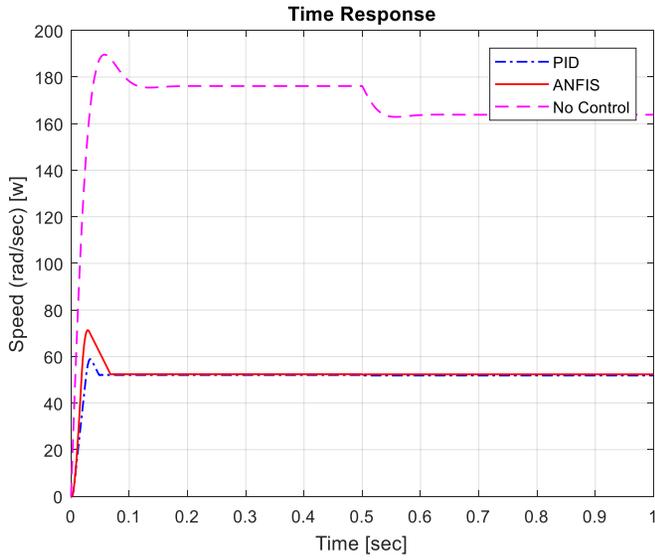
- سندرس أداء المتحكم ببنية /ANFIS/ في حال زيادة التحميل من /10 Nm/ إلى /20 Nm/ مع تثبيت سرعة المحرك على سرعة مرجعية 500 rpm، سيتم رسم الاستجابة الزمنية للسرعة والسرعة الزاوية وتيار المتحرض للمحرك.



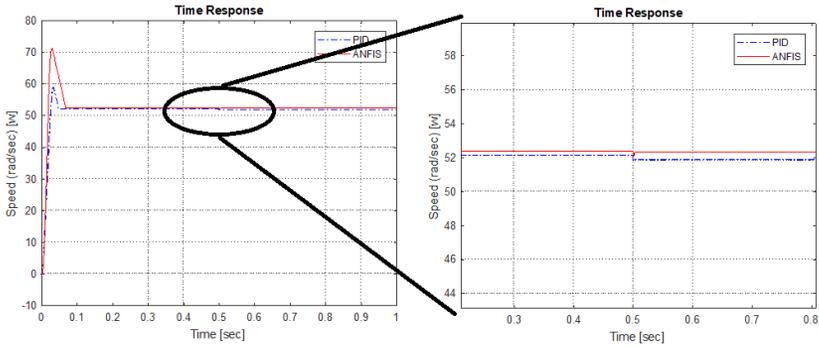
الشكل (14-a) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك



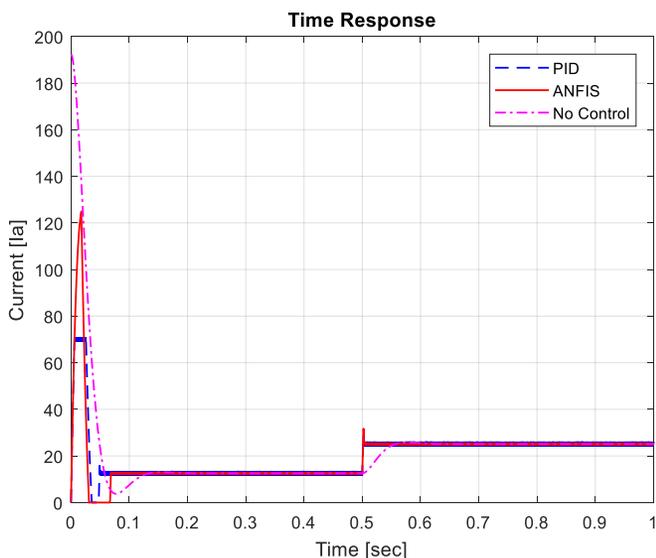
الشكل (14-b) الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك



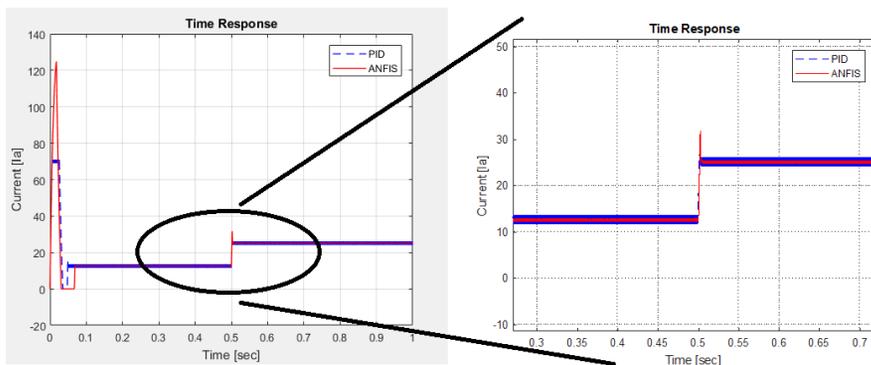
الشكل (15-a) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية للمحرك



الشكل (15-b) الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية للمحرك.



الشكل (16-a) الاستجابة الزمنية لتغير تيار المتحرض.



الشكل (16-b) الاستجابة الزمنية لتغير تيار المتحرض.

في حال زيادة التحميل من 10 إلى 20 Nm مع تثبيت سرعة المحرك على سرعة مرجعية /500 rpm، نرى أن مخطط الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك /والموضحة بالشكل (14) a و b/ وتغير السرعة الزاوية للمحرك /والموضحة بالشكل (15) a و b/ وتغير تيار المتحرض للمحرك /والموضح بالشكل (16) a و b/

تصميم متحكم يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العائمة للتحكم بسرعة محرك تيار مستمر

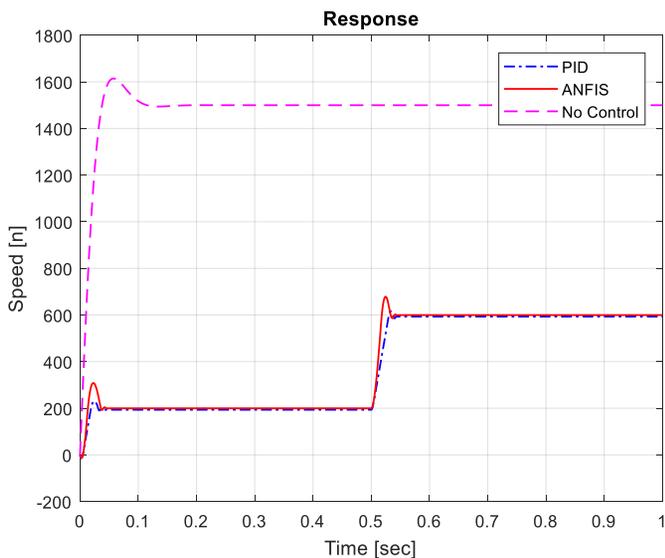
نجد أن إشارة النموذج الذي يحتوي المتحكم المقترح /ANFIS/ أفضل وزمن العودة للسرعة المطلوبة أقل من إشارة النموذج الذي يحتوي على متحكم /PI/ التي تكون أقل استقرار .

ونلاحظ عند تغير الحمل في الزمن /0.5 sec/ من 10 إلى 20 NM أن النموذج الذي يحوي المتحكم /ANFIS/ استغرق بمعالجة التغير زمن أقل من النموذج الذي يحوي المتحكم /PI/ موضحين بالجدول (1):

جدول (1) الزمن المستغرق لمعالجة التغير

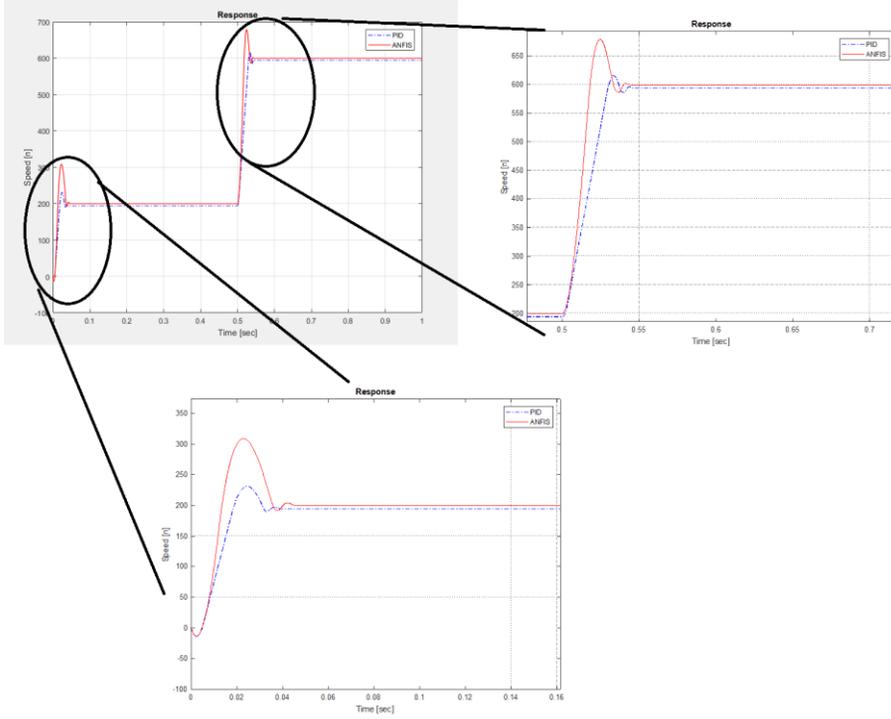
المتحكم	زمن الذي يستغرقه المتحكم لمعالجة تغير الحمولة
ANFIS	بحدود 0.005 sec
PI	أكبر من 0.2 sec

- سندرس أداء المتحكم ببينية /ANFIS/ في حال تغير السرعة من /200 rpm/ ولغاية /600 rpm/ مع ثبات الحمولة، سيتم رسم الاستجابة الزمنية للسرعة والسرعة الزاوية وتيار المتحرض للمحرك.

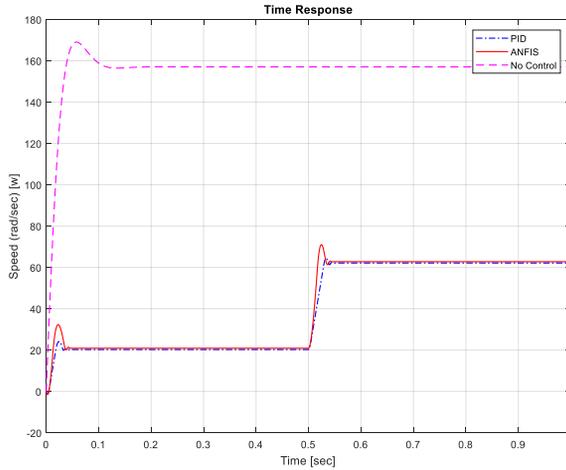


الشكل (17-a) : الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك

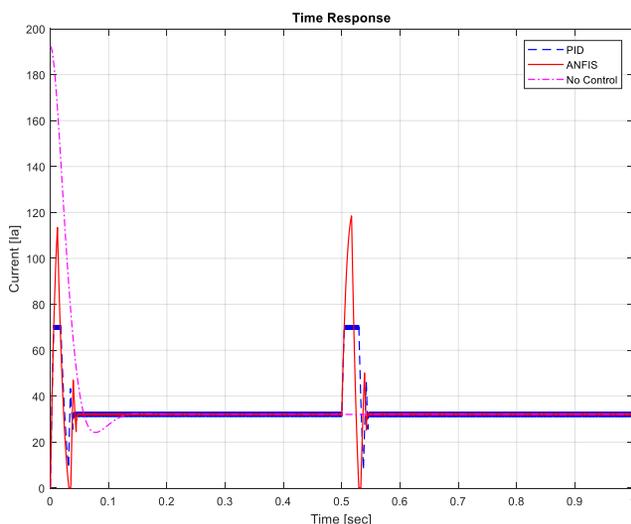
تصميم متحكم يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العامة للتحكم بسرعة محرك تيار مستمر



الشكل (17-b) : الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك



الشكل (18) : الاستجابة الزمنية لتغير السرعة الزاوية للمحرك.



الشكل (19) : الاستجابة الزمنية لتغير تيار المتحرض.

في حال تغير السرعة من 200 إلى 600 rpm في اللحظة (0.5 sec) مع ثبات الحمولة نرى أن مخطط الاستجابة الزمنية لتغير سرعة المحرك /والموضحة بالشكل (17) a و b/ وتغير السرعة الزاوية للمحرك /والموضحة بالشكل (18)/ وتغير تيار المتحرض للمحرك /والموضح بالشكل (19)/ نجد أن إشارة النموذج الذي يحتوي المتحكم المقترح /ANFIS/ أفضل أيضاً وأكثر استقراراً وانسيابية من نفس النموذج الذي يحتوي على متحكم /PI/.

## 5- الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

نستنتج من خلال النتائج التي حصلنا عليها:

- 1- يتمتع المتحكم المعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العائمة بالقدرة على تحسين أداء المحرك .
- 2- كان أداء المتحكم المصمم أفضل من المتحكم التقليدي وذلك لوصوله إلى القيمة المرجعية بحالات عمل مختلفة.
- 3- يعتمد أداء المتحكم المصمم على الذكاء الصناعي، ويمكن أن يتعلم بشكل مستمر من خلال توسيع قاعدة البيانات المستخدمة للتدريب.

التوصيات:

- 1- الاستفادة من البحث في ربط الذكاء الصناعي مع متحكم /PI/ .
- 2- استكمال البحث بدراسة تغيرات الأعطال على المحركات.
- 3- تطبيق المتحكم على المحرك التحريضي.
- 4- الاستفادة من البحث وتطبيقه في نظام الطاقة البديلة /الطاقة الشمسية/.

## 6- المراجع:

- [1] ONG C, 1998 – Dynamic Simulation of Electric Machinery.  
Prentice Hall, PTR, New Jersey USA, 643p.
- [2] UKIL A, 2007 – Intelligent Systems and Signal Processing in Power Engineering. Springer, NewYork USA, 379p.
- [3] RASHID M, 2001 – POWER ELECTRONICS HANDBOOK.  
ACADEMIC PRESS, NewYork USA, 892p.
- [4] JANG J, 1993 – ANFIS: Adaptive Network based Fuzzy Inference System, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, VOL.23, NO.3.
- [5] JANG J, 1997 – Neuro Fuzzy And Soft Computing. Prentice Hall, PTR, USA, 640p.
- [6] E.RUMELHART D – Backpropagation: The Basic Theory .
- [7] FENG D, 1998 – Total Least Mean Squares Algorithm, IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL.46, NO.8.
- [8] ALHAZORY M, WARKOZEK G, 2020 – Modelling and Simulation of Electric Power Systems. Damascus University, First Edition,335p. **In Arabic**

[9] MERHEJ M, 2017 – Electric Power Systems Modeling and Simulation. Tishreen University,261p. **In Arabic**

[10] Al-Masoud T,2018 – Design Fuzzy Logic Controller Logical to Control Motor DC, Al-Baath University Journal, Vol.40, NO.61. **In Arabic**



تصميم منحكم يعتمد في عمله على الشبكات العصبونية العائمة للتحكم بسرعة محرك تيار مستمر