

# مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية  
والكهربائية و المعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 2

1444 هـ - 2023 م

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

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث  
بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

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

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

**ISSN: 1022-467X**

## شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

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

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
42-11	م. ماهر نوح	تجنب اختناقات الشبكات الحاسوبية باستخدام الوكيل الذكي
72-43	م. مهند علي د. ماهر الإبراهيم د. عبير المكايل	تأثير إضافة هباب الفحم في خصائص البوليستر غير المشبع
98-73	م. ميلاد ابراهيم د. سمير حداد د. عيسى مراد	الحصول على مياه الشرب من رطوبة الهواء الجوي وفق الشروط المناخية في البادية السورية وربطها بنظام طاقة شمسية
130-99	د. هديل عراج د. ازدهار عمار عزت عربية م. فاديا ديب	توثيق بعض أنواع الطحالب و الأعشاب البحرية الغريبة والغازية في شاطئ اللاذقية خلال الفترة من 2018- 2021
154-131	م. وسام عساف د. فراس الخليل د. مظهر عز الدين	تحسين جودة التغذية الكهربائية و استمراريتها لتلبية الحمل الحرج للمركز التلفزيوني في حمص







## تجنب اختناقات الشبكات الحاسوبية

### باستخدام الوكيل الذكي

الباحث: ماهر عبد الرحمن نوح

ماجستير في هندسة الحواسيب والتحكم الآلي

عضو هيئة فنية في كلية الهندسة بجامعة القلمون الخاصة

#### الملخص

يقترح البحث آلية جديدة للإدارة الفعالة لأرتال الانتظار ( Active Queue Management ) لحل مشكلة الاختناق في الشبكة الحاسوبية. تتضمن هذه الآلية توظيف الوكيل الذكي لإيجاد حلول تساعد في تجنب الوقوع في الاختناق. تقترح الدراسة تزويد كل موجه بوكيل ذكي يقوم بمراقبة مجموعة من بارامتراته وبعض القيم الاحصائية الخاصة ودراستها وتحديد احتمالية الوقوع في الاختناق ضمن الشبكة ومن ثم القيام بمعايرة بعض بارامترات هذا الموجه والتي تساعد في تجنب حصول الاختناق في الشبكة. يتعلم الوكيل الذكي المقترح بالمراقبة ويتعلق نجاحه ومدى صحة قراراته على صحة بناء قاعدة المعرفة. وتعتبر البيئة المحيطة بهذا الوكيل مرصودة، غير محددة، تتبعية في اتخاذ القرار، ساكنة، ومتقطعة.

أظهرت النتائج أن توظيف الوكيل الذكي ساهم في تقليل نسبة الإطارات الضائعة في كل عقدة من عقدة الشبكة بنسب متفاوتة لها علاقة بحجم الشبكة، كما أبرزت تأثير التدريب الجيد للوكيل الذكي في زيادة دقة قاعدة المعرفة وبالتالي تحسين قرارات الوكيل الذكي بما يخفض من نسبة الإطارات الضائعة لأقل قيمة ممكنة.

كما أظهرت الدراسة أيضا العلاقة الطردية بين الحجم المختلفة للشبكة وبين عدد الخطوات التي يحتاجها الوكيل الذكي لإيصال الشبكة إلى أفضل حالة، كما لوحظ أيضا الارتباط شبه المعلوم بين بارامترات الشبكة الفيزيائية وبين الجهد المطلوب من الوكيل لأداء مهمته بحيث

يمكن القول إنه وبعد تدريب الوكيل الذكي فإن عدد الخطوات اللازمة لدراسة شبكة معينة وإيصالها إلى الحالة الأفضل يتناسب طردياً مع عدد العقد في الشبكة دون التأثير بتغيير قيم المواصفات الفيزيائية. كما أظهرت الدراسة علاقة التناسب العكسي بين مقدار تزايد قاعدة المعرفة لدى الوكيل وعلاقته بطول مدة التدريب (عدد مرات تكرار تجارب المحاكاة).

#### الكلمات المفتاحية:

الوكيل الذكي، شبكات الحاسب، اختناقات الشبكات، رتل الانتظار، المحاكاة.

# Computer Networks Congestions avoidance using Intelligent Agent

## Summary

The paper proposes a new AQM (Active Queue Management) mechanism to solve the congestion problem in the computer network. This mechanism involves employing an intelligent agent to find solutions that help avoid this problem. The study proposes to provide each router with an intelligent agent that monitors a set of its parameters and some special statistical values and studies them, determines the possibility of getting stuck in the network, and then calibrates some of the parameters of this router, which helps avoid network congestion.

The proposed intelligent agent learns by monitoring and its success and the correctness of its decisions depend on the validity of the knowledge base construction. The environment surrounding this agent is observed, undetermined, sequential in decision-making, static, and discontinuous.

The results showed that employing an intelligent agent contributed to reducing the percentage of lost frames in each node of the network in varying proportions related to the size of the network.

The study also showed a direct relationship between the different sizes of the network and the number of steps that an intelligent agent needs to get the network to the best state. The steps necessary to study a specific network and bring it to the best state is directly proportional to the number of nodes in the network without being affected by changing the values of the physical specifications.

The study also showed the inverse proportion relationship between the amount of increase in the knowledge base of the agent and its relationship with the length of training period (number of times simulation experiments are repeated).

**key words:** Intelligent agent, computer networks, network congestion, queue, simulation.

## 1- مقدمة

يعرف اختناق الشبكة (من وجهة نظر المستخدم) على أنه انخفاض جودة الخدمة بسبب تزايد الحمل على الشبكة. وبما أن الشبكة الحاسوبية تتعرض خلال عملها إلى حدوث أو ظهور الاختناقات عند أوقات معينة (ذروة نشاطها)، لذلك يعد العمل على تجنب الاختناق أمراً ضرورياً جداً، نظراً لما للاختناق من تأثير في زيادة حجم رتل الانتظار الذي يؤدي بدوره إلى زيادة زمن التأخير مما ينتج عنه ضياع في رزم المعطيات. إن وقوع المضيف بالاختناق يؤدي حتماً إلى إسقاط وفقدان العديد من الرزم، وهو عملية غير فعالة، ولهذا ركزت عدة أبحاث على تحديد حالة الاختناق وتنفيذ إدارة فعالة لأرتال الانتظار AQM قبل وقوع الاختناق [5].

تعتبر RED (Random Early Detection) الكشف المبكر للاختناق تقنية من تقنيات الإدارة الفعالة لأرتال الانتظار لتجنب الاختناق. وخلافاً لآليات التحكم بالاختناق التقليدية التي تقوم بإسقاط رزم من نهاية الرتل الممتلئ، فإن RED تستخدم طرقاتاً ساكنة لإسقاط الرزم بطريقة احتمالية قبل امتلاء رتل الانتظار [4] [11].

تعمل FRED (Flow Random Early Detection) الكشف المبكر للاختناق المعتمد على التدفق بطريقة مشابهة لعمل RED إلا أنها تضيف ما يسمى بالرقم الأصغري والرقم الأعظمي لعدد الرزم المسموح لها بدخول ذاكرة العزل Buffers في كل تدفق [12].

تتفد آلية BLUE إدارة للرتل بالاعتماد المباشر على فقدان رزمة ومشغولية وصلة الاتصال link بدلاً من طول أو معدل طول رتل الانتظار [12].

تعتمد ADAPTIVE CHOKe (الاختناق التكيفي) على مفهوم شكل التدفق بدلاً من معلومات الرتل نفسه، إذ أنها تفضل استخدام الإدارة الفعالة لأرتال الانتظار بدون تخزين كم كبير من المعلومات لما له من دور انخفاض أداء عمل الشبكة [3].

يبين الجدول التالي مقارنة بين خوارزميات الإدارة الفعالة لأرتال الانتظار [5].

## الجدول 1- مقارنة بين خوارزميات الإدارة الفعالة لأرتال الانتظار

الخوارزمية	الإيجابيات	السلبيات
RED	اكتشاف مبكر للاختناق، لا يوجد تفضيل لتدفق عن آخر، لا يوجد مزامنة على مستوى الشبكة [4]	صعوبة في إعداد البارامترات، عدم تحسس الحمل في التدفق [4]
FRED	حماية جيدة من التدفقات ذات الأثر السلبي [4]	لكل تدفق حالة، الصعوبة في إعداد البارامترات، عدم التحسس للضغط في حركة المرور [4]
BLUE	سهولة الفهم، ذات إنتاجية عالية [6]	اكتشاف متأخر للاختناق، والبطء في الاستجابة [6]
A-CHOKe	لحماية التدفقات المرغوبة من التدفقات غير المرغوبة، فقدان الحزمة مع معلمات مضبوطة بشكل جيد [6]	تتسبب في زيادة الحمل في الشبكة، وعدم استجابة التدفقات [6]

تعتبر الموجهات العناصر الأساسية في بنية الشبكات الحاسوبية WAN ومن أجل تجنب الوقوع في الاختناق في الشبكة الحاسوبية. يقدم البحث آلية جديدة للإدارة الفعالة لأرتال الانتظار AQM، تقترح وجود وكيل ذكي في كل موجه يقوم بمراقبة مجموعة من البارامترات الاحصائية الخاصة والتي من خلالها يستطيع الوكيل الذكي تحديد احتمالية الوقوع في الاختناق ويقوم بمعايرة بعض بارامترات هذا الموجه والتي قد تساعد في تجنب حصول الاختناق في الشبكة.

## 2- أهمية البحث وأهدافه

تكمن الغاية الرئيسية من دراسة آليات التحكم بالاختناق في الرغبة باستثمار الشبكة بأكثر قدر من الفعالية الممكنة (أقل معدل للضياع، اختيار المخرج الأكثر مناسبة، التأخير القليل). إذ يؤدي وصول عدد كبير من الرزم (packets) إلى عقد الشبكة (الموجهات) إلى انخفاض أداء وفعالية هذه الشبكة نتيجة عدم قدرة هذه العقد على العمل عند زيادة

حركة الضغط (Traffic)، وبالتالي سيحدث ضياع في بعض الرزم، وبصبح من غير الممكن تسليم أي رزمة إلى الوجهة المحددة (Destination)، وتعرف هذه الظاهرة بالاختناق. ينتج الاختناق عن عدة عوامل منها حجوم ذاكرات تجهيزات العقد Memory، وحجوم ذاكرات عزل تجهيزات العقد Buffers، وشكل التدفق (الضغط) Traffic.

ومن أجل الحد أو التقليل ما أمكن من تأثير هذه الظاهرة على أداء وفعالية عمل الشبكة الحاسوبية، فقد تم أولاً دراسة ظاهرة الاختناقات في الشبكات الحاسوبية من حيث مفهومها وأسبابها وتأثيراتها المختلفة على عمل الشبكة بشكل عام. ومن ثم قدمت هذه المقالة بحثاً يتضمن اقتراح توظيف الوكيل الذكي للمساعدة في تجنب مشكلة الاختناق في الشبكة، إذ يتم تدريب الوكيل يدوياً على حالات مختلفة من الاختناقات ومن ثم اطلاق هذا الوكيل لدراسة السيناريوهات المختلفة من الشبكات والمساعدة في تقديم المقترحات المتعلقة بالقيم الأمثل للمواصفات الفيزيائية للموجهات بما يساهم في تقليل الاختناق إلى أقل احتمال ممكن في الشبكة المدروسة، وهل سيساهم هذا الوكيل الذكي في تقليل نسبة الإطارات الضائعة؟ وكيف سيكون تأثير اختلاف حجوم الشبكات على عملية تدريب الوكيل، ولاحقاً على أداء هذا الوكيل؟ وهل سيكون لاختلاف البارامترات الفيزيائية تأثير على عمل الوكيل الذكي؟ وماهي العلاقة بين نمو قاعدة المعرفة للوكيل الذكي وبين طول مدة التدريب (عدد مرات تكرار تجارب المحاكاة)؟

### 3- طريقة البحث وأدواته

#### 3-1 الاختناقات في الشبكات الحاسوبية

يشير مصطلح التحكم بالاختناق إلى التقنيات والآليات المستخدمة للحفاظ على شكل التدفق دون السعة العظمى للشبكة، وتصنف هذه الآليات في صنفين [5]:  
أنظمة الحلقة المفتوحة **Open loop**: وهي بروتوكولات وآليات العمل التي تضمن منع أو تجنب وقوع حالة الاختناق في الشبكة الحاسوبية.



أنظمة الحلقة المغلقة **Close loop**: وهي بروتوكولات وآليات العمل التي تسمح بدخول حالة الاختناق وتحديدها ثم إزالتها. وهي تعتمد بشكل أساسي على مفهوم التغذية العكسية. خلال هذه العملية يتم أخذ بعض القياسات الخاصة بالنظام وإرسالها إلى الجزء من الشبكة الذي من الممكن أن يساهم في تقليل الاختناق، يمكن تقسيم هذه العملية إلى ثلاث خطوات:

- مراقبة الشبكة لتحديد فيما إذا كانت في حالة اختناق أم لا، وأي من الأجهزة الذي قد يساعد في حلها.
  - إرسال هذه المعلومات إلى الأماكن من الشبكة التي سيتم اتخاذ إجراءات عندها.
  - ضبط عمليات النظام للتخلص من المشكلة.
- يوضح الشكل التالي التصنيفات الرئيسية لاتجاهات التحكم بالاختناقات في الشبكات الحاسوبية



الشكل -1- تصنيفات التحكم بالاختناقات

تساعد التغذية العكسية من جهة المستقبل في ضبط معدل التدفق لدى المرسل وهنا لا بد من أخذ مجموعة من القياسات بعين الاعتبار والتي يمكن اعتبارها كتغذية عكسية ضمنية وهي تؤخذ من قبل المستخدم ويتم من خلالها استنتاج الكثير عن حالة الشبكة. الحالات التي يمكن أن تتعرض له الرزمة عند إرسالها من طرف إلى آخر تتلخص بـ:

- 1- **التأخير Delay**: يحصل نتيجة عدة أسباب نذكر منها المسافة البعيدة بين الطرفين، الانتظار في رتل الانتظار، المعالجة التي قد يخضع لها في بعض

العقد على الطريق بين الطرفين، وأخيراً عملية إعادة الإرسال في طبقة الوصلة  
-link layer.

2- الضياع **Dropped**: من أهم أسبابه تزايد طول رتل الانتظار، عدم وجود  
سماحية للمستخدم، خلل في أحد تجهيزات الشبكة، الضجيج على وسط النقل  
والذي قد يؤدي إلى هبوط النظام الوسيط بشكل عام.

3- التعديل **Change**: وهو قد يعني التغيير في ترويسة الرزمة أو التغيير في  
مضمونها، فإذا طرأ تغيير على مضمون الرزمة وبدون وجود آلية للتحقق من  
صحة وصول المعلومة، فإن هذه المعلومات تصبح غير مفيدة وغير ذات قيمة.  
تعتبر الحالات السابقة افتراضاً ضمناً عن حالة الشبكة فمثلاً في حالة التأخير يمكن أن  
يتم استنتاج أن رتل الانتظار ممتلئ وبالتالي لا بد من إعادة توجيه بعض الرزم الموجودة  
ضمنه. مع الأخذ بعين الاعتبار أن رزمة وحيدة لا تعتبر مقياساً لحالة الشبكة بل لا بد  
من الاستفادة من سلسلة من الرزم لتحقيق استنتاج معين عن الشبكة.

### 3-1-1 الإدارة الفعالة لرتل الانتظار Active Queue Management

إن الإدارة الفعالة لأرتال الانتظار هي التقنية التي يقوم فيها الموجه بإسقاط رزم من رتل  
الانتظار كإشارة من المرسل لتقليل معدل الإرسال [5].

بالطبع لا يعتبر الحجم الكبير لرتل الانتظار سبباً في منع عملية فقدان الرزمة لأن معدل  
الإرسال للمرسل (الذي يعتمد فقدان الرزمة كمؤشر للاختناق) سيزداد نتيجة عدم فقدان  
رزم، ويستمر بالزيادة حتى يتجاوز حجم رتل الانتظار الحد المسموح به. كما يمكن لرتل  
الانتظار أن يقع في حالة تطفح **Overflow** بسبب طبيعة التدفق في الشبكة فضلاً عن  
تأثيرها على قيمة التأخير الكلي من المرسل إلى المستقبل. الأمر الذي يفرض الحفاظ  
على حجم الرتل صغيراً قدر الإمكان.

إن هذا التأخير الإضافي من رتل الانتظار له تأثير سلبي على خوارزمية التحكم  
بالاختناق التي قد تحوي تغذية عكسية تعكس الحالة الحالية للشبكة ولا يجب أن تتباطأ  
بمرور الزمن، وخاصة وأن حساب قيمة **Round Time Trip RTT** زمن الذهاب  
والإياب يلعب دوراً رئيسياً في تحديد السلوك المناسب للمرسل.

وفقاً للإدارة الفعّالة لرتل الانتظار AQM فإن المرسل يقوم بزيادة معدل الإرسال حتى فقدان رزمة وهنا يقوم بالإقلال منه علماً أن زيادة معدل الإرسال تعني نمو رتل الانتظار، ويمكن أن نلاحظ من ذلك أنه إذا تم فقدان الرزمة باكراً فإن معدلات الإرسال للمرسلين ستتناقص بسرعة وبالتالي فإن معدل نمو حجم رتل الانتظار سيكون قليلاً. لهذا نلاحظ أنه من الأفضل أن يتم اختيار طريقة صريحة تشير إلى وجود اختناق في الشبكة، هذا التوصيف المذكور أعلاه يُعرف بـ ECN (Explicit Congestion Notification) التنبيه الصريح عن الاختناق ويمكن التحقق منه بشكل منطقي باستخدام بت واحد فقط في ترويسة الرزمة.

القاعدة في ECN هي أن يقوم الموجه بضبط هذا البت بدلاً من إسقاط الرزمة عندما يتطلب الأمر ذلك (أي عندما AQM تقرر إسقاط الرزمة) وهنا ستقوم أطراف الشبكة (مرسل ومستقبل) بتحديث معدل إرسالها كما لو أنه تم فقدان الرزمة. من أهم إيجابيات هذه الطريقة أن الضياعات ستكون أقل، علماً أن استخدام بت واحد في ECN لا يكفي لكل الحالات على اعتبار أن رتل الانتظار سيبقى في حالة فيضان وهذا ما يجب معالجته. فضلاً عن أن الجهد الذي سيبدله الموجه يعتبر مهماً نوعاً ما ولا يتسبب في أي مشاكل على مرونة الشبكة بالإضافة إلى أن إنقاص معدل فقدان الرزمة باستخدام ECN سيجعل AQM أكثر فعالية.

### 3-2 الوكيل النكي [1]:

يعتبر مجال التطبيق في النظام الخبير ضيق وقاعدة المعرفة نسبياً ثابتة "ستاتيكية"، وهكذا فإن هذا المجال مقيد بالتطبيقات التي لا تتطلب تحديثاً دورياً لقاعدة المعرفة. وهناك صعوبة في التعامل مع البيئات الحركية المعقدة لأن مهندس المعرفة يجب عليه أن يعيد تحليل وتصميم وتطوير النظام بعد كل حصول على معرفة محدّثة من الخبير والذي هو عادة غير مرتاح لهذا الهدف (غير متوفر) [1].

تكمن السيئة في الشبكات العصبونية في العدد الكبير نسبياً من منبهات التمرين والتي يجب تطبيقها والخرج المرغوب المؤكد لكي يتم تنفيذ التعلم، كما أن المعرفة التي تم تعلمها لا يمكن تعديلها بشكل نظامي أو إرسالها إلى شبكة أخرى [1].

أما في تقنية الوكيل الذكي والتي تكون فيها قضايا المعرفة المكتسبة وتتبعها موجهة في العديد من الطرق الحركية، حيث تركز الأبحاث الحالية في مجال الوكيل الذكي بشكل أساسي على تصميم الوكلاء التي تكون قادرة على إنجاز هدف محدد والتعلم بالاكشاف (وهذا يعني بدون هدف محدد في الذاكرة)، كما يمكنها من تعلم إمكانيات جديدة بالمراقبة المستمرة واكتشاف البيئة المحيطة بها، وبالتالي محاكاة الذكاء البشري [2].

إن الوكلاء الأذكى هي مداخل برمجية تساعد الناس وتتصرف بما يفهمها كما يلي [2] :

1- في عالم الشبكات يوجد كمية هائلة من المعلومات المتاحة من مصادر متنوعة، ويعتبر الوكيل الذكي قادر على ترشيح هذه المعلومات وتمييز العناصر التي تهم المستخدم فقط تبعاً لاهتماماته. فضلاً عن استرجاع ومعالجة المعلومات المحتواة في الشبكة آلياً وبالتالي تقليل تعقيدية المعلومات في عالم المراسلة.

2- إن التعقيد في تجهيزات الحاسوب وبرامجه متزايد، وإن تقنية الوكيل الذكي المطبقة في واجهة المستخدم المرئية تجعل منها واجهة ذكية تستطيع أن تحدد متى يتعرض المستخدم للصعوبات وتنتقل به متجاوزة المشكلة.

3- يمكن استخدام تقنية الوكيل الذكي لتمثيل المستخدم المتنقل في هذه الشبكة، (هذه الوكلاء تستطيع أن تعمل نيابة عن المستخدم المتنقل الذي تمثله)، وحتى عندما يكون المستخدم غير متصل. عندما يعاود المستخدم المتنقل الاتصال فإن تقنية الوكيل يمكن أن تستفيد من كمية المعطيات التي يتم إرسالها إلى المستخدم المتنقل بحيث يتم ملائمة خصائص الاتصال وفقاً لها.

بمعنى آخر، الوكيل هو أي شيء والذي يمكن أن ينظر إليه على أنه يدرك البيئة المحيطة به من خلال حساساته ويتصرف في تلك البيئة (يؤثر فيها) من خلال مؤثراته.

إن الوكيل المفيد بشكل عام يتطلب العناصر المفتاحية الأربعة التالية [1]:

الآلية Machinery - المحتوى Content - الولوج Access - السرية Security.

تعتبر الآلية والمحتوى هي عوامل للذكاء في حين أن الولوج والسرية هي عوامل للوكالة (العمالة).

إن سلسلة المدركات (تتابع الإدراك) **Percept Sequence** هو التاريخ الكامل لكل شيء كان الوكيل قد أدركه، وإن اختيار الوكيل لأفعاله في أي لحظة معينة يعتمد على تتابع الإدراك الداخلي (سلسلة المدركات) الذي تم مراقبته حتى الآن. وإن سلوك الوكيل موصّف بتابع الوكيل **Agent Function** الذي ينظم أي تسلسل إدراك (سلسلة المدركات) على شكل فعل (إجراء).

من حيث المبدأ إن اخضاع الوكيل للاختبارات (والتجارب) سيجعلنا قادرين على تنظيم جدول المدركات-الأفعال وذلك بتجريب كل سلاسل المدركات الممكنة ومن ثم تسجيل الإجراء الذي سيعتمده الوكيل كاستجابة.

تكمن الخطوة الأولى في تصميم الوكيل في تحديد بيئة المهمة **Task Environment** (المشكلات التي سيعتبر الوكيل حلاً لها) ويجب أن يكون هذا التحديد كاملاً وشاملاً قدر الإمكان والمقصود ببيئة المهمة هو **PEAS** (قياس الأداء **Performance**، البيئة **Environment**، الإجراء **Actuator**، الحساسات **Sensors**) خطوات بناء الوكيل الذكي [1]:

1- تحديد البيئة (الوسط) التي سيعمل فيها الوكيل وهذه البيئة هي خبرة وتجربة باني الوكيل، وبمعنى آخر إنها الحقل الذي سيعمل فيه الوكيل بالنيابة عن بانيه. وأيضاً تحديد الخواص التي توصّف حدود بيئة الوكيل، وتحديد القيم المسموحة لكل خاصية منها وتحديد التصنيفات المسموحة.

2- الخطوة التالية هي في إعطاء الوكيل الخبرة. وهو ما ندعوه بطور التمرين **Training Phase**. يدعى الوكيل قبل هذه الخطوة بالخام (قليل التجربة **Raw**) وهو ليس إلا برنامج لا يعني شيئاً.

3- بعد تدريب الوكيل يجب التأكد من أنه أصبح ناضجاً كفايةً.

4- بعد ذلك يصبح الوكيل جاهزاً للاستخدام من قبل الباني في المجال المخصص الذي يتم تحديده من قبل مدير النظام.

يتم بناء الوكيل الذكي من الطبقات الثلاث التالية [1]:

- 1- **طبقة تكوين المفاهيم:** تجميع مجموعات من الأزواج خاصة- قيمة وتصنيفها لتشكل هرمية عامة من المفاهيم. إنها مسؤولة عن عملية التعلم ضمن نظام الوكيل الذكي. إن قابلية التعلم هذه تدعم إمكانية النظام لاتخاذ القرار بسرعة.
- 2- **مصدر المعرفة (Knowledge Source (KS):** وهو يسهم في المعلومة التي سوف ترشد إلى حل المشكلة. وتعتبر مسؤولة عن الشروط التي تستطيع أن تسهم في الحل.
- 3- **محرك الاستدلال (الاستنباط) Inference Engine:** يستخدم معلومات البحث ليتم الطلب بشكل ذكي من قاعدة المعرفة وإيجاد الحل الأمثل للمشكلة.
- 4- **بناء وكيل ذكي لحل مشكلة الاختناقات في الشبكات الحاسوبية:**

#### 4-1 دراسة المشكلة: يمكن توصيف المشكلة بالتالي:

1. الحالات: هي مجموعة الخواص التي توصف الموجه أثناء عمله في الشبكة الحاسوبية وهي نفسها الخواص التي يراقبها الوكيل الذكي.
2. الحالة البدائية: هي حالة ومواصفات الموجه قبل بدء أي عملية محاكاة (المواصفات الفيزيائية الأولية).
3. تابع اللاحق: هو الحالة التالية للموجه التي ينقله إليها الوكيل الذكي بعد تنفيذه مجموعة تعديلات على المواصفات الفيزيائية والتي تم تدريبه عليها سابقاً.
4. اختبار الهدف: هو الحالة التي يصل إليها الموجه والتي تؤدي إلى تقليل الاختناق فيه والوصول إلى أقل نسبة ضياع ممكنة للرمز.
5. كلفة المسار: هي فرق الكلفة بين الحالة البدائية والحالة النهائية للموجه.

#### 4-2 البيئة المحيطة بالوكيل الذكي:

تختلف طبيعة البيئة المحيطة بالوكيل الذكي باختلاف طبيعة عمل الوكيل الذكي في الشبكة الحاسوبية والزاوية التي يتم منها النظر إلى الوكيل الذكي، فإذا كان الوكيل الذكي يراقب ويدرس الشبكة ككتلة واحدة ويتخذ قراره على مستوى الشبكة فعندها يمكن القول إن البيئة المحيطة بالوكيل هي الشبكة كاملةً، أما عند اعتبار أن الوكيل يراقب ويدرس

الموجه بمفرده ويتخذ قراره على هذا الأساس فعندها يمكن القول إن البيئة المحيطة بالوكيل الذكي هي الموجه نفسه، وفي دراستنا الحالية تم اعتماد الحالة الثانية في توظيف الوكيل الذكي. وهنا تتحدد خواص هذه البيئة كالتالي:

مرصودة (لأن الوكيل قادر في كل لحظة على الوصول إلى الحالة الكاملة للموجه)، غير محددة (لأن الوكيل الذكي لا يستطيع توقع الحالة التالية بدقة للموجه كون الحالة التالية تتعلق بتدفق الرزم القادم للموجه من الموجهات الأخرى والذي لا يمكن التنبؤ به)، تتابعية (لأن القرار المتخذ في كل مرحلة سيؤثر على نتائج المراحل المستقبلية)، ساكنة (لأن البيئة لا تتغير أثناء اتخاذ الوكيل الذكي لقراره)، متقطعة (لأن عدد الحالات التي يمكن أن يمر بها الموجه محدد)، ذات وكيل وحيد (لوجود وكيل واحد في كل موجه).

#### 4-3 تدريب الوكيل الذكي:

يتم رسم الشبكة باستخدام برنامج المحاكاة (الذي تم بناؤه لهذا الغرض)، ومن ثم يقوم الوكيل بمراقبة الشبكة ودراسة الموجه من خلال مجموعة من الخواص والبارامترات الفيزيائية المرتبطة به، ومن ثم إجراء معايرة لبعض خواصه الفيزيائية قبل البدء بتنفيذ الشبكة على أرض الواقع، أي أن الوكيل الذكي يقدم الحلول لتجنب الوقوع في مشكلة الاختناق بشكل مسبق. بعد تنفيذ الشبكة على أرض الواقع لابد من إجراء العديد من التجارب الحقيقية والاختبارات وتسجيل النتائج ومن ثم الاستفادة منها في توسيع وتحديث قاعدة المعرفة للوكيل الذكي بشكل عملي [13].

يتعلم الوكيل الذكي هنا بالمراقبة ويزداد معدل الصواب في قرارات هذا الوكيل بزيادة عدد المدخلات في قاعدة المعرفة لديه وهذا ما يفرض ضرورة القيام بالكثير من التجارب في الشبكة لتحقيق الفائدة المرجوة منه.

يقوم الوكيل الذكي بمراقبة وتحليل مجموعة من القيم المتعلقة بالشبكة ومجموعة من الخواص الفيزيائية المتعلقة بالموجه نفسه استناداً إلى ما سيتم تدريبه عليه و ثم تحديد حالة العقدة (طبيعية - مختنقة) وتحديد الإجراء المقرر تنفيذه.

مجموعات هذه الخواص هي:

- 1- متوسط مشغولية طول الرتل Que: تعتبر مؤشراً هاماً لضرورة تحسين حجم هذا الصف لتجنب ضياع الرزم فيه.
- 2- عدد الإطارات المعالجة إلى العدد الواصل إلى الموجه Man: إن زيادة هذه النسبة تدل على ضرورة تحسين سرعة المعالجة للموجه.
- 3- عدد الرزم الضائعة في الموجه إلى عدد الرزم الواصل له Lmem: مؤشر على ضعف الذاكرة الداخلية في الموجه والتي تؤدي إلى ضياع عدد كبير من الرزم، ويجب الاستفادة منه في زيادة الذاكرة الداخلية للموجه.
- 4- عدد الرزم الممررة إلى العدد الكلي الذي تمت معالجته Rou: إن القيمة العليا لهذا البارامتر تشير إلى أهمية موقع الموجه في الشبكة في توجيه الرزم التي تصله أكثر من كونه مستقبلاً لها، وهو يفيد في تحديد ضرورة زيادة سرعة المعالجة لهذا الموجه.
- 5- عدد الرزم الواصلة إلى العدد الكلي في الشبكة Lcpu: يفيد هذا البارامتر أيضاً في تحديد أهمية موقع الموجه الحالي في الشبكة، وهو مؤشر لضرورة تحسين المواصفات الخاصة بسرعة المعالجة وحجم ذاكرة العزل والذاكرة الداخلية له لضمان أفضل أداء وضمان عدم الوقوع في مشكلة عنق الزجاجة بسببه.
- 6- عدد الرزم الواصلة بسلام إلى عدد الرزم الكلي الموجه للموجه Lsaf: تفيد هذه القيمة في تحديد ضرورة تحسين البارامترات في الجوار وبالتالي لابد من التواصل مع الوكلاء الأذكياء الموصولة مع الوكيل الذكي الحالي لتحسين كلفة الخط وقيمة معامل التثقيب بينهما.
- 7- سرعة المعالجة في الموجه Cpu.
- 8- سعة الذاكرة الداخلية في الموجه Mem.
- 9- سعة الذاكرة العزل في مداخل الموجه Buf.



## 4-4 مراحل تدريب الوكيل الذكي:

أولاً: تصميم الشبكة المطلوبة والتي سيتم تدريب الوكيل الذكي عليها وتحديد البارامترات الخاصة بالوصلة بين كل موجهين، وتحديد الخواص الفيزيائية لكل موجه (سرعة المعالجة، حجم الذاكرة، حجم ذاكرة العزل، الحمل الأعظمي).

ثانياً: استعراض المسارات الأمثلية لكل موجه وفق Dijkstra.

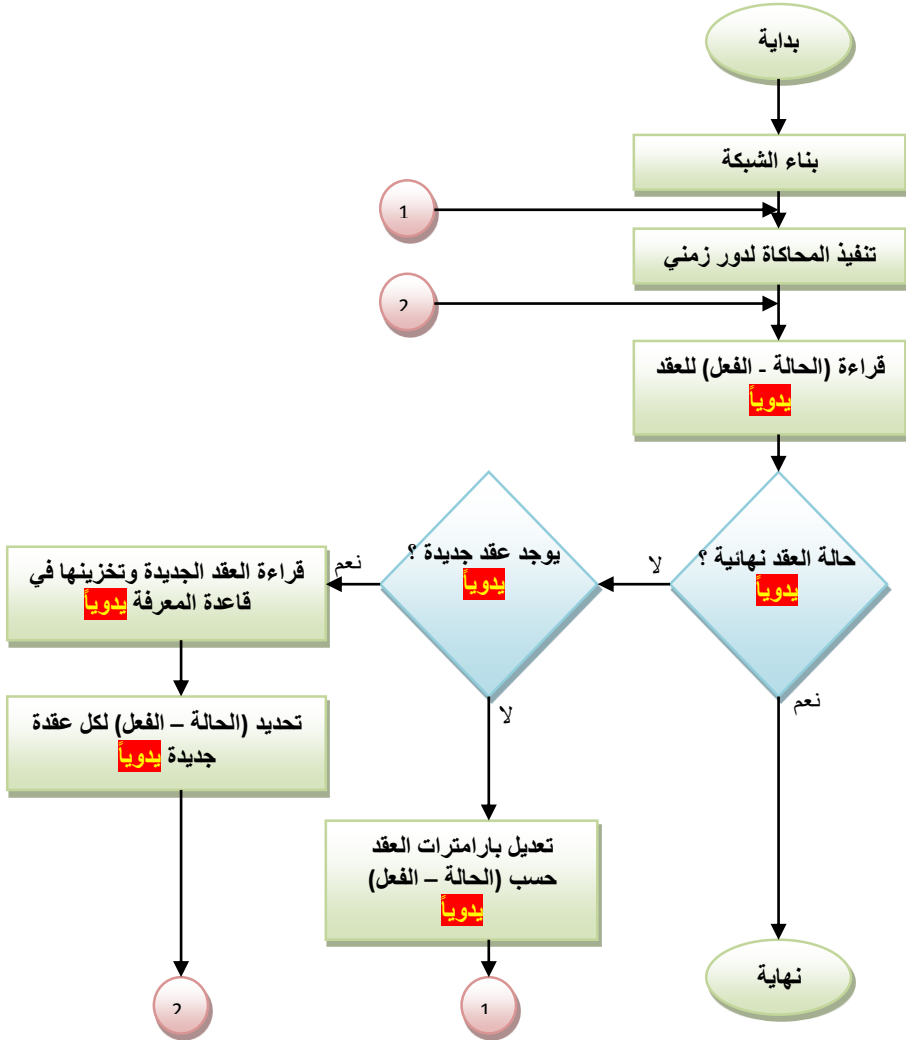
ثالثاً: تنفيذ عملية المحاكاة للشبكة، والتي تتم وفق ثلاث مراحل بحيث تساعد على تدريب واختبار عمل الوكيل الذكي وهي:

أ- مرحلة التدريب.

ب- مرحلة الاختبار المخبري.

ت- المرحلة العملية.

1- مرحلة التدريب: يتم فيها تنفيذ عملية محاكاة أولية لفترة زمنية محدودة (دور زمني واحد) وبعد الانتهاء وظهور نسب الضياع وعدد الإطارات الواصلة بسلام وغيرها من النتائج العملية نقوم باستعراض حالة كل عقدة من العقد حيث يتم البحث في قاعدة المعرفة للوكيل وإظهار (الحالة - الفعل) للعقد الموجودة فقط أما بالنسبة للعقد الجديدة التي ليس لها مقابل في قاعدة المعرفة فيتم تحديد (الحالة - الفعل) لها من قبل المدرب يدوياً ثم تحديث البارامترات الفيزيائية الخاصة بكل موجه بناء على الفعل المقابل لكل حالة من قاعدة المعرفة وأيضاً من قبل المدرب، وبعدها تتكرر العملية مرات أخرى حتى الوصول إلى حالة نهائية نحقق فيها أقل نسبة ضياع في الشبكة. يبين الشكل (2) المخطط النهجي لخطوات مرحلة التدريب:

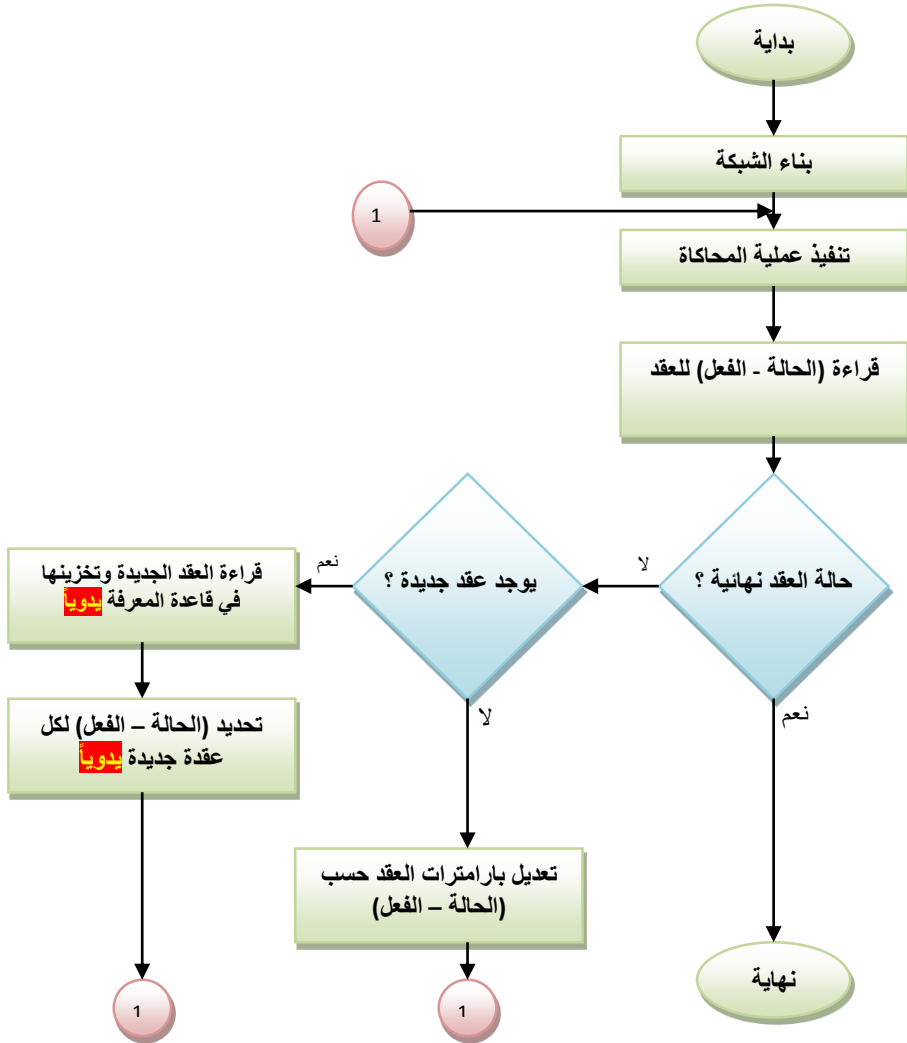


الشكل -2- المخطط النهجي لخطوات مرحلة التدريب

يبين من المخطط السابق أنه في كل عملية تدريب فإنه سيتم إضافة عقد جديدة إلى قاعدة المعرفة للوكيل الذكي.

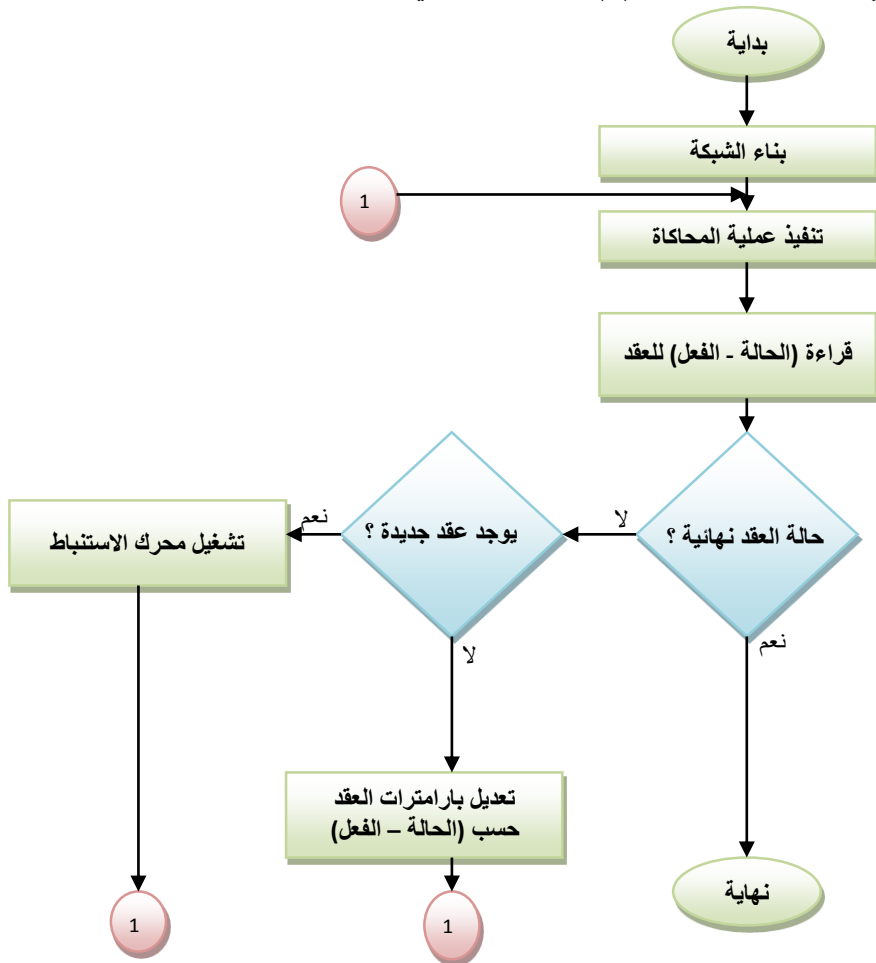
2- مرحلة الاختبار المخبري: يقصد بالاختبار المخبري أن الوكيل الذكي يقوم بعملية المحاكاة عدة أدوار زمنية وفي كل دور يبحث عن حالة العقد وينفذ أفعالها ويتابع العمل ولا يتوقف إلا عند ظهور عقد ذات حالات جديدة بانتظار أن يقوم المدرب بتحديد (الحالة - الفعل) لكل منها ويتابع بعدها العملية حتى الوصول إلى الحالة النهائية، أي أن الوكيل الذكي في

هذه المرحلة يقوم بدراسة الشبكة بنفسه وفي حالة ظهور عقد جديدة فإنه لا يتخذ أي قرار ولا يقوم بأي إجراء أو استنباط بل يقوم بإعلام المدرب عن العقدة الجديدة ليتم يدوياً تحديد (الحالة - الفعل) لها، وبعدها يتابع الوكيل عملية الاختبار ويكرر أسئلته عن العقد الجديدة حتى الوصول إلى الحالة النهائية التي تحقق أقل نسبة ضياع في الشبكة. نلاحظ هنا أن الوكيل يسأل المدرب دائماً ولا يتصرف من تلقاء نفسه أبداً (لا يستنبط عقد جديدة). يبين الشكل (3) المخطط النهجي لخطوات تنفيذ الاختبار المخبري:



الشكل -3- المخطط النهجي لخطوات الاختبار المخبري

3- المرحلة العملية: يقصد بها قيام الوكيل الذكي بتنفيذ عملية المحاكاة عدة أوقات زمنية وبعد كل دور زمني يقوم الوكيل بقراءة حالة كل العقد ويستتبط عقد جديدة استناداً إلى ما تم تدريبه عليه ويضيفها إلى قاعدة المعرفة لديه. وهنا في حالة ظهور عقد جديدة فإنه يقوم بتشغيل محرك الاستنباط (الذي سيتم شرحه لاحقاً) لتحديد (الحالة - الفعل) لها آلياً، وبعدها يتابع الوكيل عملية المحاكاة ويكرر تشغيل محرك استنباطه لاكتشاف (الحالة - الفعل) للعقد الجديدة وهكذا حتى الوصول إلى الحالة النهائية التي تحقق أقل نسبة ضياع في الشبكة. يبين الشكل (4) المخطط النهجي لخطوات تنفيذ المرحلة العملية:



الشكل 4- المخطط النهجي لخطوات المرحلة العملية

#### 4-5 محرك الاستدلال للوكيل الذكي:

يعتبر محرك الاستنباط أحد العناصر الأساسية المكونة للوكيل الذكي وهو الآلية التي يستخدمها الوكيل الذكي للبحث في قاعدة المعرفة لديه عندما تظهر حالة جديدة غير موجودة في قاعدة معرفته سابقاً وبحاجة إلى اتخاذ قرار عنها وهنا يعمل محرك الاستنباط ويقوم بإيجاد العقدة الأقرب للعقدة الحالية (من قاعدة المعرفة) واعتماد قرارها للعقدة الجديدة وبحسب درجة التطابق بين العقدتين يقرر محرك الاستنباط إذا ما كان سيتم إضافة العقدة الجديدة إلى قاعدة المعرفة لديه واعتمادها بشكل دائم.

يتم أولاً تأسيس قيمتين أساسيتين لازمتين لعمل محرك الاستنباط وهما:

- القيمة الصغرى لعدد الخواص القابلة للتنبؤ MinVal: وهي الحد الأدنى لعدد الخواص المتطابقة بين العقدة الحالية المدروسة (الجديدة) والعقدة الموجودة في قاعدة المعرفة والتي تسمح باعتماد (الحالة - الفعل) للعقدة المطابقة، وكل عقدة لا يتجاوز عدد الخواص المطابقة فيها هذه القيمة لا يتم اعتماد (الحالة - الفعل) لها.

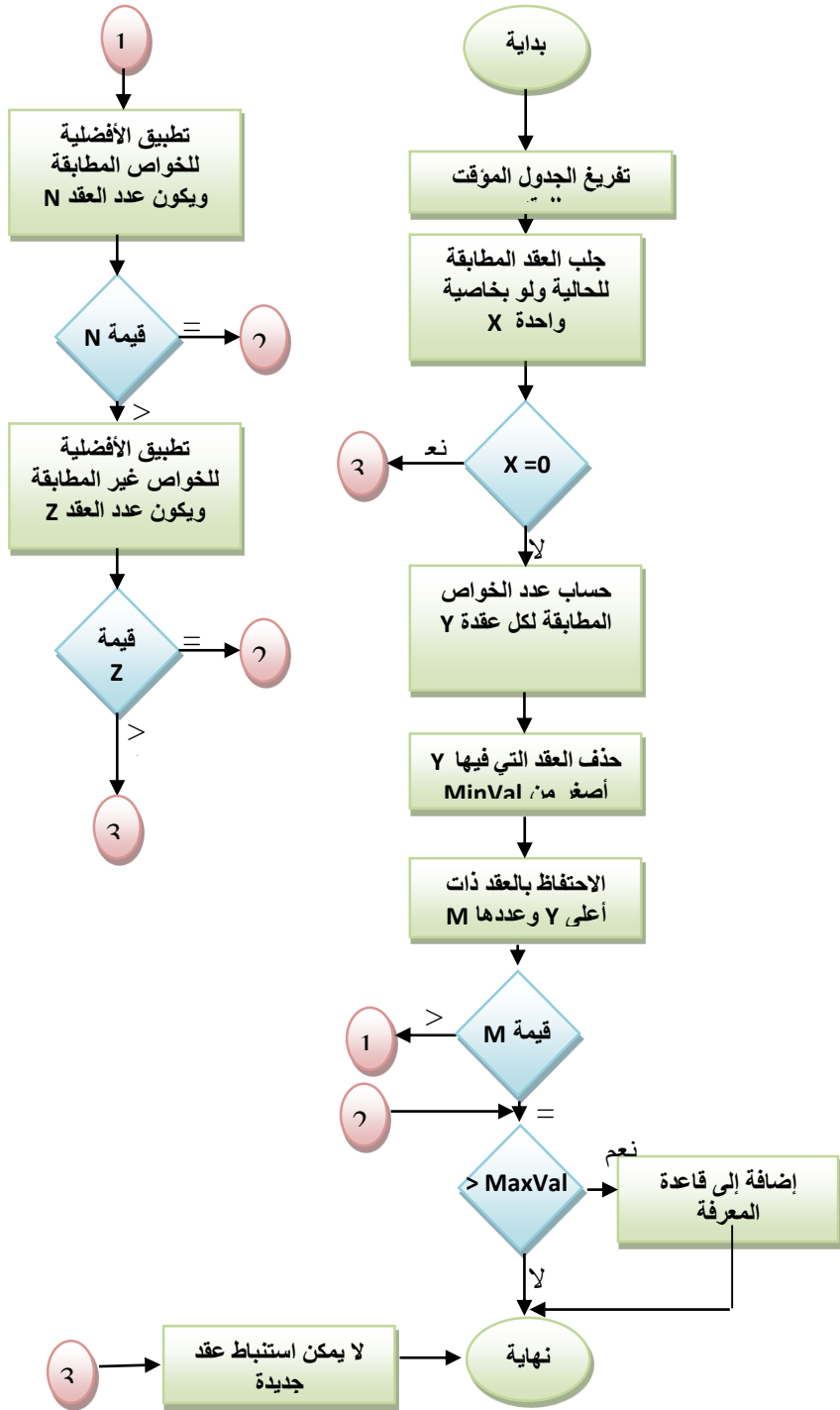
- القيمة العظمى لعدد الخواص القابلة للتنبؤ MaxVal: وهي الحد الأعلى لعدد الخواص المتطابقة بين العقدة الحالية المدروسة (الجديدة) والعقدة الموجودة في قاعدة المعرفة والذي يسمح بإضافة العقدة المدروسة (الجديدة) إلى قاعدة المعرفة، فكل عقدة يتجاوز عدد الخواص المطابقة لها هذا الرقم يتم اعتمادها كعقدة دائمة في قاعدة المعرفة.

أما إذا كان عدد الخواص المتطابقة بين العقدة الحالية المدروسة (الجديدة) والعقدة الموجودة في قاعدة المعرفة بين القيمتين السابقتين (MinVal, MaxVal) فإنه يتم اعتماد (الحالة - الفعل) للعقدة لمرة واحدة ودون إضافتها إلى قاعدة المعرفة.

خطوات عمل محرك الاستنباط: من أجل كل عقدة جديدة يتم التالي:

- تفرغ جدول العقد المؤقتة الذي يستخدمه محرك الاستنباط للمساعدة.
- جلب كافة العقد من قاعدة المعرفة للوكيل الذكي والتي فيها خاصية واحدة على الأقل متطابقة مع العقدة المدروسة (الجديدة)، وتخزينها في جدول العقد المؤقتة.
- حساب عدد الخواص المتطابقة بين كل عقدة من جدول العقد المؤقتة والعقدة المدروسة (الجديدة) وتخزينها في نفس الجدول.

- حذف العقد التي يكون عدد الخواص المتطابقة فيها أقل من الحد الأدنى القابل للتنبؤ MinVal.
  - الاحتفاظ بالعقد ذات أعلى عدد تطابق من الخواص وحذف الباقي من جدول العقد المؤقتة، وتنفيذ الاختبار العددي (سيتم شرحه لاحقاً في هذا البحث).
  - الاحتفاظ بالعقد ذات الخواص المطابقة حسب أفضلية ترتيب التوافق لها، وتنفيذ الاختبار العددي.
  - الاحتفاظ بالعقد ذات الخواص غير المتطابقة حسب الأفضلية وبعتماد القيمة الأقرب للخاصية غير المطابقة، وتنفيذ الاختبار العددي.
  - اعتماد (الحالة - الفعل) للعقدة المتطابقة المتبقية على أنها هي (الحالة - الفعل) للعقدة المدروسة (الجديدة).
- يقصد بتنفيذ الاختبار العددي: أنه بعد كل عملية من العمليات على جدول العقد المؤقتة (كل خطوة من خطوات عمل محرك الاستنباط) فإنه يتم جلب عدد العقد المتبقية فيه وحسب هذا العدد يتم اتخاذ أحد الإجراءات التالية:
- إذا كان عدد العقد يساوي الصفر عندها يتوقف محرك الاستنباط عن العمل ويقوم بالإعلام أنه غير قادر على استنباط (الحالة - الفعل) للعقدة الجديدة.
  - إذا كان عدد العقد يساوي الواحد عندها يتوقف محرك الاستنباط عن العمل ويتم اعتماد (الحالة - الفعل) للعقدة الحالية على أنها (الحالة - الفعل) للعقدة الجديدة.
  - إذا كان عدد العقد أكبر من الواحد عندها يتم الانتقال إلى الخطوة التالية من خطوات تنفيذ محرك الاستنباط.
- ملاحظة: لا يمكن أن تكون نتيجة محرك الاستنباط النهائية أكثر من عقدة واحدة لأن ذلك دليل على وجود خطأ أثناء تدريب الوكيل الذكي وهو يعني أنه يوجد عقد متماثلة في قاعدة المعرفة للوكيل الذكي لها قرارات مختلفة. يبين الشكل (5) المخطط النهجي لعمل محرك الاستنباط:



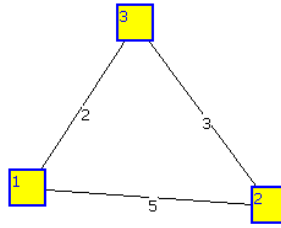
الشكل -5- المخطط النهجي لعمل محرك الاستنباط

## 5- تدريب الوكيل الذكي المقترح:

سنعرض في الدراسة العملية التالية ثلاث شبكات مختلفة ومن أجل كل شبكة يتم تنفيذ عملية المحاكاة لعدة أدوار زمنية وفي كل دور يتم تسجيل نسبة الضياع في الشبكة ويتم تدريب الوكيل الذكي يدوياً على العقد الجديدة التي تظهر في كل دور محاكاة، ويتم تطبيق التغييرات المطلوبة على الخواص الفيزيائية للموجهات في الشبكة.

### 1-5 السيناريو الأول: شبكة مؤلفة من (3) موجهات:

الرقم	الحمل	العازل	الذاكرة	سرعة
1	3	6	4	1
2	2	4	5	2
3	5	3	3	3



طريقة الربط والخواص الفيزيائية

للموجهات موضحة بالشكل:

علماً أن: عدد الإطارات = 500،

حجم الإطار صغير، الزمن=50،

كانت النتائج موضحة في الجدول

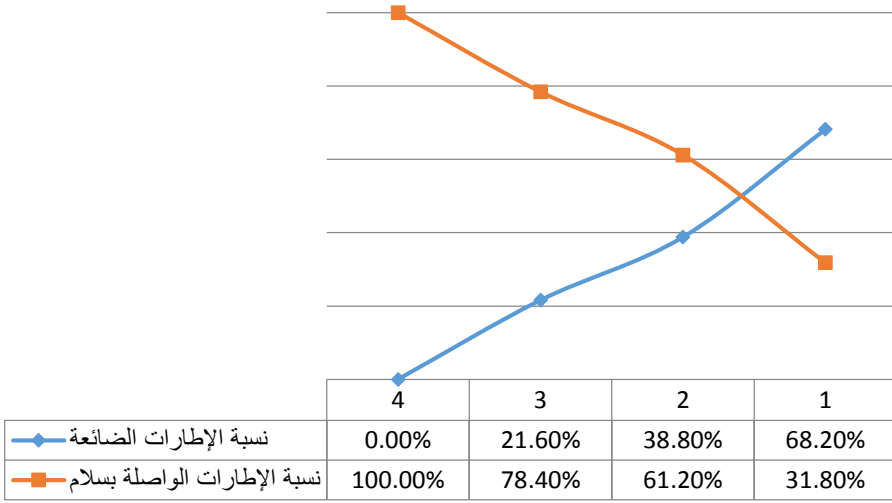
(2) والشكل (6):

الجدول -2- نتائج تنفيذ السيناريو الأول للمحاكاة

3	عدد الموجهات
4	عدد الأدوار الزمنية اللازمة للتدريب
292	عدد مدخلات قاعدة المعرفة قبل المحاكاة
301	عدد مدخلات قاعدة المعرفة بعد المحاكاة
9	مقدار الزيادة في عدد العقد
0	نسبة الضياع النهائية
100	نسبة السلامة النهائية



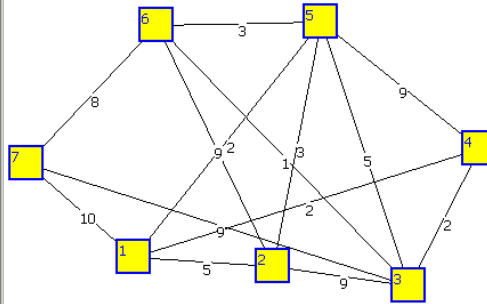
### السيناريو الأول: شبكة من 3 موجّهات



الشكل -6- نسب الإطارات عند تنفيذ السيناريو الأول

### 2-5 السيناريو الثاني: شبكة مؤلفة من (7) موجّهات:

الرقم	الحمل	العازل	لذاكرة	سرعة
1	1	1	9	3
2	2	7	4	2
3	2	5	1	5
4	1	9	1	3
5	5	4	8	4
6	4	9	8	4
7	1	4	5	3



طريقة الربط

والخواص

الفيزيائية

للموجهات

موضحة بالشكل:

وباعتماد ما يلي:

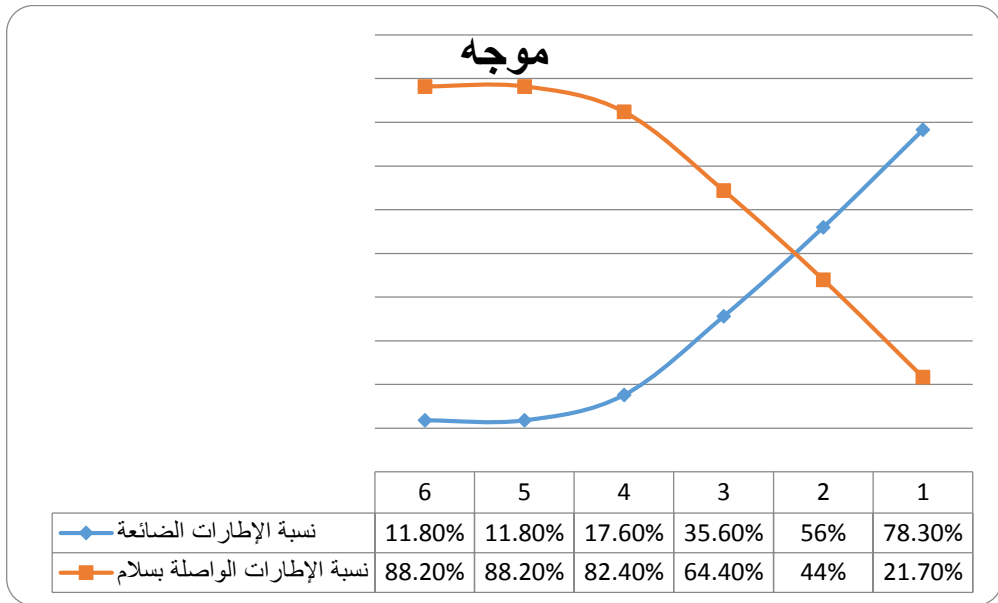
عدد الإطارات =

1200، حجم

الإطار صغير، الزمن = 50، كانت النتائج موضحة في الجدول (3) والشكل (7):

الجدول -3- نتائج تنفيذ السيناريو الثاني للمحاكاة

7	عدد الموجهات
6	عدد الأدوار الزمنية اللازمة للتدريب
215	عدد مدخلات قاعدة المعرفة قبل المحاكاة
244	عدد مدخلات قاعدة المعرفة بعد المحاكاة
29	مقدار الزيادة في عدد العقد
11.8	نسبة الضياع النهائية
88.2	نسبة السلامة النهائية

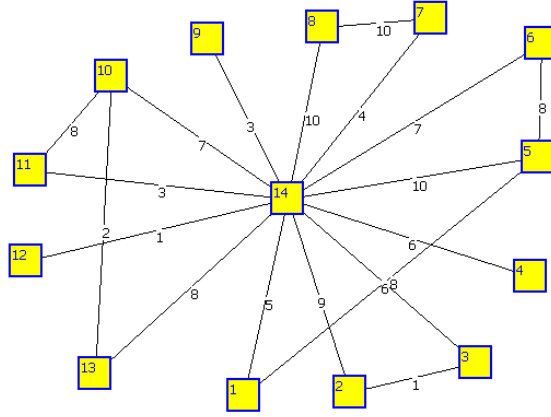


الشكل -7- نسب الإطارات عند تنفيذ السيناريو الثاني

## 3-5 السيناريو الثالث: شبكة مؤلفة من (14) موجه:

طريقة الربط والخواص الفيزيائية للموجهات موضحة بالشكل:

الرقم	الحمل	العازل	لذاكرة	سرعة
1	1	1	9	3
2	2	7	4	2
3	2	5	1	5
4	1	9	1	3
5	5	4	8	4
6	4	9	8	4
7	1	4	5	3
8	5	3	5	2
9	5	3	8	10
10	3	9	9	1
11	1	2	6	1
12	3	1	8	7
13	4	8	6	3
14	4	6	10	7

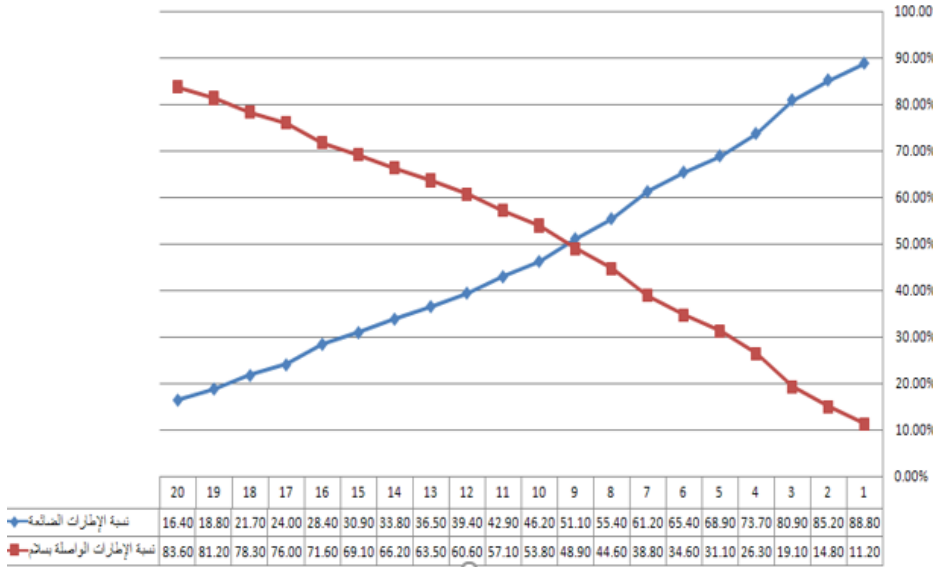


وباعتماد ما يلي: عدد الإطارات = 2750، حجم الإطار صغير، الزمن=50، كانت النتائج موضحة في الجدول (4) والشكل (8):

الجدول -4- نتائج تنفيذ السيناريو الثالث للمحاكاة

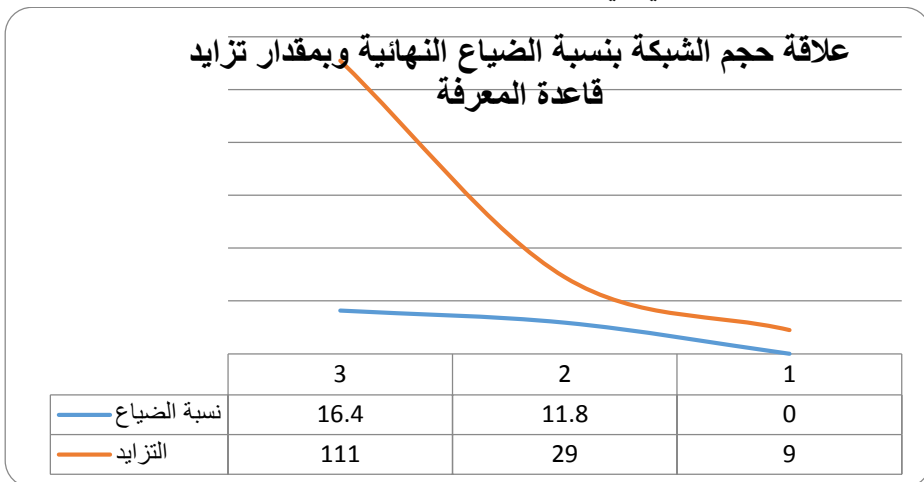
14	عدد الموجهات
20	عدد الأدوار الزمنية اللازمة للتدريب
301	عدد مدخلات قاعدة المعرفة قبل المحاكاة
412	عدد مدخلات قاعدة المعرفة بعد المحاكاة
111	مقدار الزيادة في عدد العقد
16.4	نسبة الضياع النهائية
83.6	نسبة السلامة النهائية

تغير نسبة الإطارات الضائعة والواصلة بسلام



الشكل -8- نسب الإطارات عند تنفيذ السيناريو الثالث

يبين الشكل -9- علاقة حجم الشبكة بنسبة الضياع النهائية في الشبكة وبمقدار تزايد قاعدة المعرفة للوكيل الذكي في السيناريوهات الثلاث المدروسة:



الشكل -9- علاقة حجم الشبكة بنسب الضياع وبقاعدة المعرفة

## 6- اختبار الوكيل الذكي المقترح:

بغية مراقبة عمل الوكيل الذكي وتحديد مدى الاستفادة من توظيف هذا الوكيل الذكي لتجنب حدوث الاختناق في الشبكة تم تجريب العديد من السيناريوهات من خلال:

أ- القيام بمقارنة تأثير وجود الوكيل الذكي على شبكة معينة.

ب- تأثير التدريب المتكرر لوكيل الذكي على نمو قاعدة المعرفة.

ت- دراسة تأثير القيمة الصغرى لعدد الخواص القابلة للتنبؤ MinVal والقيمة العظمى لعدد الخواص القابلة للتنبؤ MaxVal على نمو قاعدة المعرفة للوكيل الذكي ودقة القرارات التي يتخذها هذا الوكيل.

### 6-1 السيناريو الأول: دراسة تأثير وجود الوكيل الذكي على شبكة معينة:

في هذا السيناريو تم استخدام عدة شبكات مختلفة الحجم، وتم تنفيذ تجربة المحاكاة لكل منها في حالتها توظيف وعدم توظيف الوكيل وكانت النتائج موضحة في الجدول (5):

الجدول 5- مقارنة وجود وعدم وجود وكيل ذكي لشبكات بحجوم مختلفة

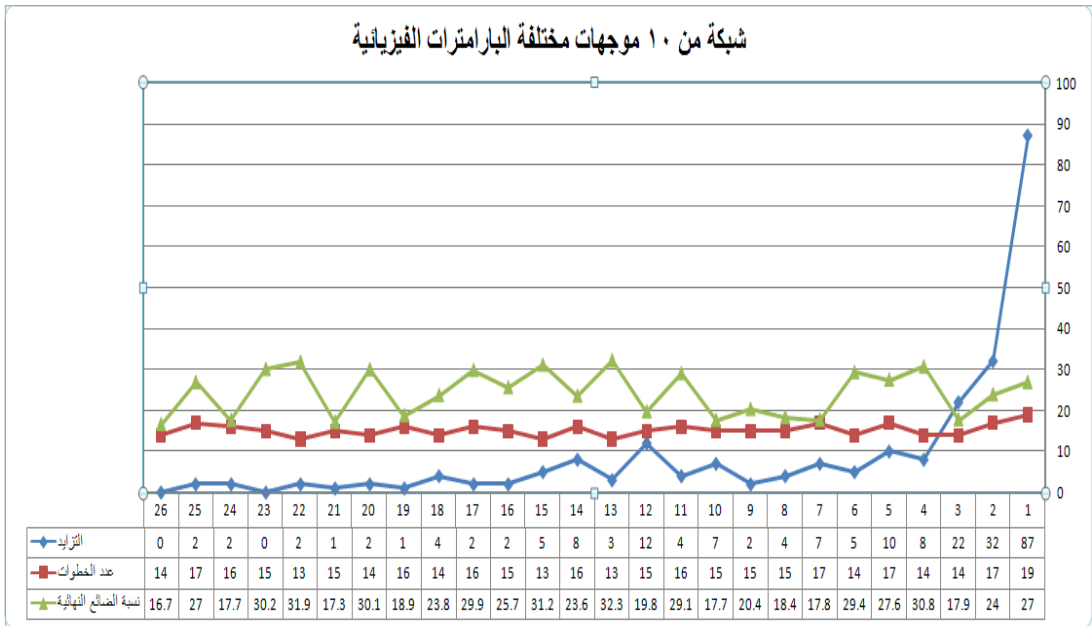
عدد	الضائع دون وكيل	الضائع مع وكيل	عدد الخطوات	التزايد
3	88.1%	10.1%	13	26
5	70.2%	9.8%	26	27
8	89.5%	19.7%	14	67
13	86.8%	15.5%	15	97
20	94.2%	26.6%	28	186

يبين من الجدول أنه مع توظيف للوكيل الذكي وقيامه بتعديل البارامترات الفيزيائية آلياً استناداً إلى ما تم تدريبه عليه كان هناك تحسن كبير في نسبة الإطارات الضائعة.

### 6-2 السيناريو الثاني: مراقبة الوكيل الذكي مع اختلاف البارامترات الفيزيائية للشبكة وتأثيره على نمو قاعدة المعرفة:

في هذا السيناريو تم استخدام شبكة مؤلفة من عشر موجهات، وكانت القيمة الصغرى لعدد الخواص القابلة للتنبؤ MinVal (3) والقيمة العظمى لعدد الخواص القابلة للتنبؤ

MaxVal (4) بحيث نحقق أكبر تزايد في قاعدة المعرفة (ولو على حساب الدقة القليلة نوعاً ما)، وعدد الإطارات التي تم توليدها في الشبكة (2500)، وعدد العقد البدائي في قاعدة المعرفة (771)، وقد لوحظ كما هو موضح في الشكل (10) تناقص مقدار نمو قاعدة المعرفة للشبكة نفسها مع تكرار تجارب المحاكاة بالإضافة إلى تحسّن نسبة الإطارات الضائعة لها، وبالنظر إلى عدد الخطوات التي احتاجها الوكيل الذكي في كل مرة نجد أن اختلاف البارامترات الفيزيائية للشبكة يكون له تأثير قليل على الجهد المطلوب من الوكيل لأداء مهمته.



الشكل -10- تأثير البارامترات الفيزيائية على قاعدة المعرفة وعلى تدريب الوكيل الذكي

### 3-6 السيناريو الثالث: دراسة تأثير تغيير القيم العظمى والصغرى القابلة للتنبؤ :MinVal , MaxVal

في هذا السيناريو تم استخدام شبكة مؤلفة من (14) موجه وتم تكرار تجارب المحاكاة عدة مرات وفي كل مرة يتم تغيير القيمتين العظمى والصغرى القابلة للتنبؤ ( MinVal , MaxVal ) واللذان تؤثران على دقة قاعدة المعرفة ونموها، وفي كل مرة يتم تسجيل عدد

العقد في قاعدة المعرفة، وبعتماد عدد إطارات (2750) كانت النتائج موضحة في الجدول (6):

الجدول -6- تأثير تغيير بارامترات الوكيل على أداء الشبكة

م	عدد العقد الأولي	عدد العقد النهائي	الزيادة	MinVal	MaxVal	عدد الخطوات
1	2207	2235	28	5	5	24
2	2207	2234	27	5	6	22
3	2207	2234	27	5	7	24
4	2207	2233	26	5	8	22
5	2207	2230	23	5	9	25
6	2207	2229	22	5	10	23
7	2207	2207	0	5	11	0

يلاحظ من الجدول أن زيادة القيمة العظمى القابلة للتنبؤ MaxVal يساعد على بناء قاعدة معرفة أكثر دقة وأن نقصان هذه القيمة يزيد من بناء قاعدة المعرفة بشكل كبير مما يؤثر على دقة قرارات الوكيل الذكي فيما بعد.

أما بالنسبة للقيمة الصغرى القابلة للتنبؤ فإن نقصان هذه القيمة يجعل قرارات الوكيل أقل دقة كونه يؤثر على عدد العقد المطابقة والتي تسمح باعتماد حالة معينة من قاعدة المعرفة، وكلما كانت هذه القيمة أكبر كلما أجبرت الوكيل الذكي على اعتماد حالات ذات تطابق أكبر مع الحالة المدروسة وبالتالي تساعد على زيادة دقة قرارات الوكيل، وأيضاً إن زيادة القيمة الصغرى القابلة للتنبؤ إلى حدود معينة قد تجعل الوكيل غير قادر على استنباط حالات جديدة نتيجة القيود الصارمة المفروضة عليه.

## 7- المناقشة والاستنتاجات:

أظهرت النتائج أن توظيف الوكيل الذكي ساهم في تقليل نسبة الإطارات الضائعة في كل عقدة من عقدة الشبكة بنسب متفاوتة متعلقة بحجم الشبكة، كما أبرزت أهمية التدريب الجيد للوكيل الذكي لما له من دور مهم في بناء قاعدة معرفة دقيقة تجعل قرارات الوكيل الذكي جيدة وتكون بالتالي نسبة الإطارات الضائعة أقل ما يمكن.

كما أظهرت الدراسة أيضا تأثير الحجم المختلفة للشبكة في ازدياد عدد الخطوات التي يحتاجها الوكيل الذكي لإيصال الشبكة إلى أفضل حالة، كما لوحظ ضعف تأثير بارامترات الشبكة الفيزيائية على الجهد المطلوب من الوكيل لأداء مهمته بحيث يمكن القول إن عدد الخطوات اللازمة للوكيل الذكي لدراسة شبكة معينة يتعلق بحجم الشبكة.

كما أظهرت الدراسة العلاقة بين مقدار تزايد قاعدة المعرفة لدى الوكيل وعلاقته بطول مدة التدريب (عدد مرات تكرار تجارب المحاكاة).



## المراجع References

- [1] S. Russel, P. Norving: "Artificial Intelligence: A Modern Approach fourth edition" – 28 April 2020
- [2] W.J. Teahan: "Artificial Intelligence – Agents & Environments", Ventus Publishing ApS 2010, ISBN 978-87-7681-528-8
- [3] S. Athuraliya, V. H. Li, S. H. Low, and Q. Yin, REM: active queue management, IEEE Network, vol. 15, no. 3, pp.48-53, 2001.
- [4] S. Floyd, R. Gummadi, and S. Shenker. "Adaptive RED: An Algorithm for Increasing the Robustness of RED's Active Queue Management", Preprint, <http://www.icir.org/floyd/papers.html>, August 2001.
- [5] C.Socrates, P.M.Beulah Devamalar, R.Kannamma Sridharan : "Congestion Control for Packet Switched Networks: A Survey" International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 12, December 2014
- [6] Manzoor, Sanaullah & Abbas, Ghulam & Hussain, Masroor. (2017). CHOKeD: A Fair Active Queue Management System.
- [7] Wang, H.; Li, H.; Zhao, Y. An Intelligent Congestion Control Strategy in Heterogeneous V2X Based on Deep Reinforcement Learning. Symmetry 2022, 14, 947
- [8] Wang, Y.; Wang, L.; Dong, X. An Intelligent TCP Congestion Control Method Based on Deep Q Network. Future Internet 2021, 13, 261.
- [9] A. Amana, U. Emmanuel, N. Ngang: "Intelligent agent based-real time monitoring and evaluation of GSM quality of service", Information and Knowledge Management, Vol.11, No.4, 2021

- [10] X. Guibao, M. Yubo, L. Jialiang: "inclusion of artificial intelligence in communication networks and services" ITU Journal: ICT Discoveries, Special Issue No. 1, 13 Oct. 2017
- [11] V. Misra, W. Gong and D. Towsley: "Fluid-based Analysis of Network of AQM Routers Supporting TCP Flows with an Application to RED" , In Proc. of ACM/SIGCOMM (2000).
- [12] Jyoti Pandey Aashish Hiradhar, "A Survey on AQM Control Mechanism for TCP/IP Flow" IJARCSSE, Volume 4, Issue 4, April 20 2014
- [13] Yan, F. Y., Ma, J., Hill, G., Raghavan, D., Wahby, R. S., Levis, P., and Winstein, K. Pantheon: the training ground for internet congestion-control research. Measurement at <http://pantheon.stanford.edu/result/1622>, 2018



الجمهورية العربية السورية  
وزارة التعليم العالي  
جامعة البعث  
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية  
قسم هندسة التصميم والإنتاج

## تأثير إضافة هباب الفحم في خصائص البولي استر غير المشبع

### The Effect Of Adding Carbon Black On Properties Of Unsaturated Polyester

إعداد المهندس: مهند يوسف علي

إشراف:

د.م عبير المكائيل

د.م ماهر الإبراهيم

### ملخص البحث

تم في هذا البحث دراسة تأثير إضافة هباب الفحم على الخصائص التصنيعية للبولي استر غير المشبع، والتي تتمثل بزمن التجلت وزمن الوصول إلى درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الأكوثرمية (exothermal temperature) (وهي درجة الحرارة الناتجة عن حدة التفاعلات الكيميائية بين مكونات المزيج).

حيث تضمنت الدراسة أولاً تحضير البولي استر غير المشبع بدون إضافة هباب الفحم وذلك عند تراكيز مختلفة من المادة المحفزة (MEKP) والمادة المسرعة (نفتينات كوبات) ورسم منحنيات التصلب الناتجة عنها.

في المرحلة الثانية تم إضافة هباب الفحم بتركيز (1 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 %) من وزن العينة وذلك عند تركيز ثابت للمادة البادئة (1.5 %) والمادة المسرعة (1.2 %) ورسم المنحنيات الناتجة عنها.

تمت المقارنة بين المرحلة الأولى والثانية وأظهرت النتائج أن لهباب الفحم تركيز حرج عند إضافته للبولي استر غير المشبع حيث أنه خفض من زمن التجلت، ومن زمن انتهاء التفاعل إلى النصف تقريباً عند إضافته بنسبة 4 % ولكن بعد هذه النسبة أصبح تأثيره معاكس. كما بينت النتائج أنه بزيادة نسبة هباب الفحم انخفضت درجة حرارة العظمى  $T_{max}$ . حيث يمكن القول أن هباب الفحم عمل كمسرّع لعملية التصلب حتى نسبة 4 % وبعد هذه النسبة أبطأ عملية التصلب.

**الكلمات المفتاحية:** البولي استر غير المشبع، هباب الفحم، منحنيات التصلب ، زمن التجلت ، درجة الحرارة الأكوثرمية.

## The Effect Of Adding Carbon Black On Properties Of Unsaturated Polyester

### Abstract

In this research work, the effect of adding carbon black on the manufacturing properties of unsaturated polyester, which is represented by the Gel time, Exothermal Peak time, the exothermal temperature, was studied.

The study included first the preparation of unsaturated polyester without adding carbon black at different concentrations of the catalyst (MEKP) and accelerator (cobalt Naphthenate) and drawing the resulting Curing curves.

In the second stage, carbon black was added at concentrations – 1) (% 10 – 8 – 6 – 4 – 2 of the sample weight at a constant concentration of the catalyst (1.5%) and the accelerator (1.2%), and the resulting curves were drawn.

A comparison was made between the first and second stages, and the results showed that carbon black had a critical concentration when added to the unsaturated polyester, as it reduced the gel time and the exothermal peak time by almost half when added by 4%, but after this percentage, its effect became opposite. The results also showed that by increasing the percentage of carbon black, the maximum temperature  $T_{max}$  decreased. It can be said that the carbon black acted as an accelerator of the curing process up to 4% and after this percentage slowed the curing process.

**Keywords:** Unsaturated Polyester, Carbon Black, Curing Curves, Gel Time, Exothermal temperature.

## 1. المقدمة

يعتبر البلاستيك أحد أهم الابتكارات في القرن الماضي، حيث استطاعت المواد البلاستيكية أن تحل مكان المواد التقليدية مثل المعادن أو الزجاج أو القطن في العديد من التطبيقات اليومية. فقد أحدثت المواد البلاستيكية ثورة في العديد من الصناعات، فهي تتميز بمقاومتها العالية للعوامل البيئية كما أنها آمنة نسبياً للإنسان وهي اقتصادية ومتاحة على نطاق واسع .

تقسم المواد البلاستيكية إلى نوعين أساسيين هما البلاستيك المتصلب حرارياً والبلاستيك الحراري، ويعتبر البولي استر غير المشبع من أكثر مواد البلاستيك المتصلب حرارياً استخداماً، والتي تتصف بعدم قابليتها لإعادة التصنيع مرة أخرى بسبب البنية الفراغية الشبكية المتصلبة التي تمتلكها وهي بنية المنتج النهائي. حيث تمتلك مواد البلاستيك المتصلب حرارياً خواص ميكانيكية وفيزيائية وكيميائية متميزة، وتتصف بشكل عام بمقاومة عالية لتأثير الأحماض والقلويات وللمذيبات شديدة التركيز، بالإضافة إلى المقاومة العالية للحرارة ولا سيما تلك الحاوية على ألياف تسليح بداخلها مثل الألياف الزجاجية.[1]

يدخل البولي استر غير المشبع في العديد من التطبيقات والصناعات المتنوعة التي تتطلب مواصفات يمتاز بها البولي استر غير المشبع عن غيره. مثل الصناعات الكيميائية، التي تتطلب مقاومة كيميائية مرتفعة، والصناعات التي تتطلب متانة عالية وخفة الوزن مثل ريش المراوح وخوذ سائقي سيارات السباق وأجزاء من جسم الطائرات الكهربائية والصناديق بمختلف أنواعها والأنابيب والخزانات الصناعية وغيرها.[1]

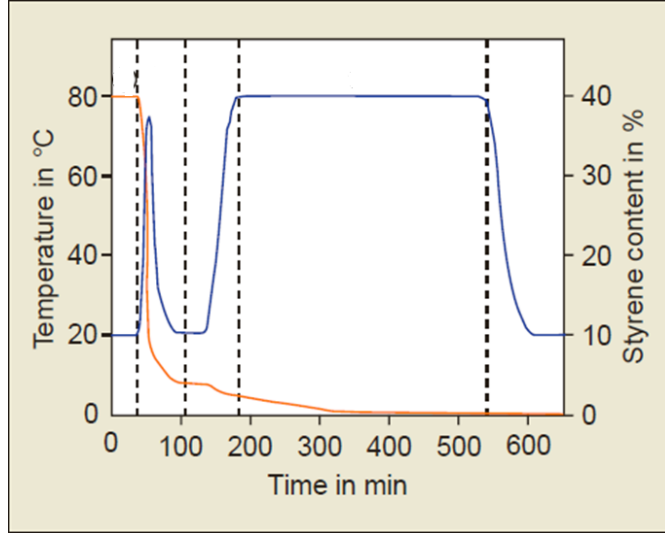
## 2. هدف البحث:

تنتج راتنجات البولي استر غير المشبع عن إذابة منتجات البلمرة بالتكاثف في مونومير. يحتوي كل من البوليمر والمونومير على روابط مزدوجة كربونية تفاعلية. يؤدي التفاعل بين هذه الروابط المزدوجة إلى تكوين شبكة بوليمر ثلاثية الأبعاد تعمل على تقوية

المنتج. إن تفاعل البلمرة هذا غير عكوس وبمجرد تصلبه، لا يمكن إعادة صهر المنتج. هذا هو الفرق بين ما يسمى باللدائن المتصلبة حرارياً والبوليمرات ذات التلدن الحراري مثل البولي إيثيلين. [1]

يتم إنشاء الجذور الحرة عن طريق تحلل البيروكسيد العضوي. يحدث هذا إما عن طريق الحرارة أو عن طريق المسرعات. حيث يبدأ تفاعل التصلب لراتجات البولي استر غير المشبع (Unsaturated Polyester= UP) في درجة حرارة الغرفة (المعالجة الباردة)، بإضافة بيروكسيد عضوي ومحلول ملح الكوبالت ، يجب الحرص دائماً على عدم مزج البيروكسيد والكوبالت بشكل نقي، لأن هذا سيؤدي إلى تفاعل تحللي عنيف. عندما يتم إضافة كل من البيروكسيد العضوي ومحلول ملح الكوبالت ، تتشكل الجذور التي تتفاعل مع الروابط المزدوجة الكربونية لتشكيل أماكن تفاعلية على الجزيء. يستغرق الأمر بعض الوقت قبل أن تبدأ سلاسل البوليمر بالتشابك مع جزيئات الستايرين. في هذه المرحلة، لا يزال المنتج سائلاً ويمكن معالجته بالطريقة المناسبة. عندما يتطور تفاعل التشابك بما فيه الكفاية، يشكل الراتنج كمادة هلامية تحت تأثير الحرارة. يحدد اختيار نظام التصالب سرعة التفاعل وزمن التجلت. حيث أن بعد التجلت، لا يمكن تصلب الراتنج بشكل كافٍ. [1]

يؤدي السلوك الطارد لحرارة تفاعل التشابك إلى زيادة درجة الحرارة، مما يزيد من تسريع تفاعل البلمرة، يصلب الجل تدريجياً إلى مادة صلبة. تزداد درجة الحرارة حتى يتم الوصول إلى الحد الأقصى. منذ تلك اللحظة، تبرد المادة لأن التطور الحراري يكون أقل من تبديد الحرارة إلى المناطق المحيطة. لا يزال تفاعل البلمرة مستمراً، ولكن هذه العملية تتباطأ تدريجياً حتى يتم تشكيل شبكة البوليمر النهائية. المادة تتصلب بشكل كامل. [1]



الشكل (1) تفاعل التصالب لراتنجات البوليستر غير المشبعة

من العوامل التي تؤثر على تفاعل التصلب هي نظام التصلب المستخدم، وزمن التصلب وكذلك درجة الحرارة وكتلة المواد الموجودة أثناء التفاعل.

لقد أثبتت الدراسات أنه يمكن تحسين خصائص راتنجات البولي استر غير المشبع عن طريق إضافة مجموعة متنوعة من المواد المضافة. ونتيجة لذلك، يتم إنتاج الراتنجات بخصائص مُحسنة تتكيف مع متطلبات العملية الإنتاجية. تلعب المواد المضافة دوراً هاماً في تحديد خصائص البولي استر غير المشبع التي سوف تحدد طريقة تصنيعه ومجالات استخدامه ويعتبر هباب الفحم من المواد المضافة الهامة التي تضاف إلى البولييمرات من أجل زيادة مقاومتها للأشعة فوق البنفسجية وكمادة ملونة تعطي اللون الأسود [2] ، ولكن هذه الإضافة ستؤثر بشكل أو بآخر على سلوك التصلب للبولي استر غير المشبع مما ينعكس ذلك على زمن وتكلفة العملية الإنتاجية وبالتالي على خواص المنتج النهائية. لذلك فإن هذا البحث يهدف إلى دراسة تأثير إضافة هباب الفحم على سلوك التصلب للبولي استر غير المشبع والذي يتمثل بزمن التصلب ودرجة حرارة التصلب.



### 3. الدراسات المرجعية حول ( Unsaturated Polyester Resin – Carbon ) (Black

تتكون مركبات البوليمر الميكروية والنانوية من فئة جديدة من المواد التي يتم فيها تشتيت الجسيمات الميكروية والنانوية (على سبيل المثال، الطين أو المعادن غير العضوية الأخرى) داخل المصفوفات، وقد تم تكريس جهود بحث مكثفة لتطوير المركبات الميكروية والنانوية. من المعروف أن الخواص الميكانيكية للمركبات ترتبط ارتباطاً وثيقاً بشكل عام بنسبة العرض إلى الارتفاع لجزيئات الحشو (جزيئات المادة المضافة). حيث تكون الخواص الميكانيكية للمركبات المملوءة بجزيئات حشو بحجم الميكرن أقل من تلك المليئة بالجسيمات النانوية من نفس الحشو. بالإضافة إلى ذلك، لا يمكن تحقيق الخصائص الفيزيائية، مثل نعومة السطح باستخدام جزيئات تقليدية بحجم ميكرن.

تعتبر راتنجات البولي استر غير المشبعة (UPRS) واحدة من أكثر المواد المستخدمة بالحرارة على نطاق واسع لأنها غير مكلفة نسبياً وتوفر مزايا مثل كونها خفيفة الوزن وامتلاكها خصائص ميكانيكية جيدة إلى حد معقول، ولها مرونة هائلة وتكلفة منخفضة. حيث ينتج عن استخدام راتنجات البولي استر غير المشبعة (UPRS) في مركبات التشكيل والصفائح مواد مركبة تتمتع بقوة عالية واستقرار في الأبعاد وخصائص سطحية جيدة جداً، لديها العديد من التطبيقات في مكونات السيارات والطائرات والكهرباء والأجهزة. كبداية للمواد التقليدية، هناك أنواع مختلفة من الجسيمات الميكروية وهي تأتي بأحجام وأشكال مختلفة. والتي تكون مصنفة إلى جسيمات جسيمية أو كروية وجسيمات ليفية وجسيمات ذات طبقات. يندرج هباب الفحم ضمن فئة المواد الجسيمية [3]. ونستعرض فيما يلي أهم الدراسات التي أجريت عن استخدام هباب الفحم في البولي استر غير المشبع.

(1) أجرت الباحثتان ASRAR ABDULMUNIM – MAHASIN F. HADL- [4] KADHEMY دراسة تأثير إضافة نسب وزنية مختلفة من هباب الفحم Bp2000 (10 - 20 - 30) % إلى البولي استر غير المشبع على الناقلية الكهربائية لهذا البوليمر.

وأظهرت القياسات العملية أنه بزيادة المادة المضافة (هباب الفحم) إلى البوليمير تؤدي إلى زيادة الناقلية الكهربائية للبوليمير مع 30 % من هباب الفحم وكذلك تم استنتاج بأن طاقة التنشيط في البوليمير النقي لها قيمتين في منطقتي درجة حرارة، الأولى 0.15ev عند درجة حرارة ( 300- 360 K ) والثانية 0.6ev عند درجة حرارة ( 360 - 425 k ) ( بينما في المادة المركبة بولي استر غير المشبع - هباب الفحم ولكل النسب الوزنية من هباب الفحم فإن هناك قيمة واحدة لطاقة التنشيط بحدود ( 0.11 - 0.15 ev ) عند درجة حرارة ( 300 - 410 k ) وتم استنباط معادلة نظرية هي الدالة ( sigmoid function ) وأيضاً تم التنبؤ بموديل رياضي يعطي القدرة على معرفة قيمة الناقلية الكهربائية للبولي استر غير المشبع عند أي تركيز من هباب الفحم غير مأخوذ عملياً.

(2) عمل الباحث Nassier A Nassir [3] على تحضير مادة مركبة نانوية من البولي استر غير المشبع المقوى بهباب الفحم N220 ودراسة خواصها الميكانيكية حيث توصل إلى النتائج التالية:

- قوة الشد، معامل المرونة، مقاومة الصدم، متانة الكسر، مقاومة الشد زادت عند وزن 3% من هباب الفحم ثم انخفضت هذه النسب مع زيادة نسبة وزن هباب الفحم.

- انخفضت نسبة الاستطالة عند الكسر مع زيادة نسبة وزن هباب الفحم.

- تزداد صلابة المادة المركبة بزيادة نسبة وزن هباب الفحم وتصل إلى أقصى قيمة (84 D shore) للبولي استر غير المشبع المقوى ب % 12 بالوزن من هباب الفحم.

(3) أجرى الباحث Hayder Raheem Kareem [5] دراسة تجريبية لبيان تأثير إضافة حبيبات هباب الفحم النانوية N220 بنسب مختلفة (- 8 - 6 - 4 - 2 - 1) % في السلوك الميكانيكي والترابيولوجي (معدل التآكل) لمركب البولوي استر غير المشبع المدعم بها بطريقة التشتت بالموجات فوق الصوتية، وبينت النتائج مايلي:

- إن مقاومة الانضغاط للمادة المركبة زادت عند 2% من هباب الفحم، في حين تقل قوة الانضغاط بشكل تدريجي عندما تتجاوز نسبة هباب الفحم % 2، كذلك قوة الانحناء للمادة المركبة زادت عند 1% من هباب الفحم.
- تبين أن القساوة تزداد بشكل حاد عندما تكون نسبة هباب الفحم 2% ثم تنخفض قليلاً.
- تبين أن معدل التآكل ينخفض مع زيادة وزن هباب الفحم عند 2% وبعد هذه النسبة المئوية لوزن هباب الفحم يرتفع معدل التآكل ولكنها تبقى أقل من معدل التآكل للبولوي استر غير المشبع النقي.
- زادت قوة الانضغاط والانتشاء بنسبة (16.13% عند 2% من هباب الفحم و25.2% عند 1% من هباب الفحم). زادت مقاومة الصلابة والتآكل ( 13.27 % و 25.76 % عند 2% من هباب الفحم).

(4) عمَل الباحثون (Shuhaida – M.S. Abdul Majid –Revati Radakisnin) (Yahud) [6] على التحقق من الناقلية الكهربائية للبولوي استر غير المشبع من

خلال إضافة هباب الفحم كمادة مألثة حيث أضاف نسبة مختلفة من هباب الفحم ( 2 - 4 - 6 - 8 )% وقد استخدم هنا نوعين من هباب الفحم :

هباب الفحم المنشط: مسحوق (بودرة) خفيف الوزن مسامي ذي نهايات دقيقة ومساحة سطحية كبيرة، ويتكون بشكل رئيسي من الكربون العنصري.

هباب الفحم الناتج عن عشب الماء: عشب الماء هو نبات مائي أصلي في حوض الأمازون وهو ينبت فوق سطح الماء بمقدار 1 متر ويقوم المزارعون بجمع هذه النباتات وتجفيفها ويستخدم عشب الماء الجاف كوقود نحصل منه على هباب الفحم والمعروف باسم charcoal.

بينت النتائج مايلي:

- أن الناقلية الكهربائية أظهرت تقارباً عند نسبة 2% و4% من هباب الفحم المنشط وإن زيادة في نسبة هباب الفحم المنشط إلى 6% يزيد من الناقلية. أما بالنسبة لهباب الفحم المنتج من عشب الماء فإن القراءة التي تم الحصول عليها لم يكن لها فرق كبير عند 4% و6% مقارنة ب 4% و6% من هباب الفحم المنشط.
- تلعب عملية الخلط دوراً هاماً في الحصول على مركب بوليميري ذات ناقلية جيدة.
- تزداد الناقلية الكهربائية لمركبات البولي استر غير المشبعة مع زيادة نسبة تركيز هباب الفحم.
- يكون هباب الفحم المنشط ذو موصلية أعلى بالمقارنة بهباب الفحم الناتج عن عشب الماء وإن النسبة المثلى للحصول على بوليستر غير مشبع ذات ناقلية جيدة بإضافة كربون منشط فوق 6%.

(5) أجرى الباحث Jassim Mohammed Salman [7] دراسة بعض خصائص البولي استر غير المشبع المقوى بجزئيات من هباب الفحم ونسب وزنية مختلفة ( 5 - 10 - 7.5 %) حيث تم تحضير عينات من البولي استر غير المشبع مع أو بدون هباب الفحم وتم تعريض هذه العينات إلى العديد من الاختبارات مثل مقاومة الشد، الصلادة، مقاومة الصدم، مقاومة الثني، وفحص البنية المجهرية والكثافة لحساب تأثير نسب هباب الفحم على خواص البولي استر غير المشبع، وأظهرت النتائج مايلي:

- زيادة في مقاومة الشد عند نسبة هباب الفحم 10% وكذلك لوحظ زيادة في قيم الصلادة بنسبة 7 % لنفس نسبة هباب الفحم.
- مقاومة الصدم ومقاومة الثني تحسنت بمقدار 22% و 2% على التوالي بالمقارنة مع النماذج بدون هباب الفحم.
- النتائج بينت كذلك بأن قيم الكثافة زادت بزيادة نسبة هباب الفحم في جميع النماذج المحضرة وكذلك وجد بأن هباب الفحم هي مادة دقاتية مقوية محسنة للخواص الميكانيكية للبولي استر غير المشبع.

(6) أجرى الباحثون Nilesh Maheshwari - Shaila Thakur - Pooja Neogi Swati Neogi [8] دراسة تأثير هباب الفحم وثلاثي هيدروكسيد الألمنيوم على مقاومة الأشعة فوق البنفسجية ومثبطات الحريق للبولي استر غير المشبع. حيث تم إضافة هباب الفحم  $11 - 12.5 \mu m$  (3 - 2 - 1) % و  $89.337 \mu m$  ATH (30 - 20 - 10) % وأظهرت النتائج مايلي:

- إن زمن التجلتن للبولي استر غير المشبع النقي هو 400 S وعند إضافة هباب الفحم ينخفض هذا الزمن ويزداد مقدار الانخفاض بزيادة نسبة هباب الفحم بينما لل ATH تأثير أقل على زمن التجلتن.

- تزداد لزوجة البوليمير بزيادة نسبة هباب الفحم ولل ATH تأثير مشابه على اللزوجة.
  - عند تعرض البوليستر غير المشبع للأشعة فوق البنفسجية ينخفض معامل الشد بنسبة كبيرة بينما عند إضافة هباب الفحم يقل مقدار هذا الانخفاض ويقل أكثر بزيادة نسبة هباب الفحم.
  - يزيد ATH من معامل الأوكسجين المحدد (LOI) ويقلل من كثافة الدخان المنبعثة وبالتالي يخفض قابلية البوليمير للاشتعال.
- (7) أجرى الباحثان A. H. Majeed –S. Q. Ibrahim [9] دراسة تأثير إضافة غبار السليكا (SF) وهباب الفحم (CB) ومسحوق الزجاج (GP) (0 – 0.5 – 1 – 2 – 2.5 – 3) % كمواد مألثة على الخصائص الميكانيكية للبوليستر غير المشبع وأظهرت النتائج مايلي:
- مقاومة الصدم تزداد بزيادة نسبة المادة المألثة مقارنة بمقاومة الصدم للبوليمير النقي.
  - تزداد قيمة القساوة (D shore) عند 3% من GP وعند 0.5% من SF وعند 3% من CB مقارنة بالقساوة للبوليمير النقي.
  - تتخفض مقاومة الانحناء عند إضافة SF في حين تزداد عند 2% من GP وعند 1.5% من CB.
  - تتناقص مقاومة الانضغاط عند إضافة GP، CB في حين تزداد عند 1.5% من SF وتقل بزيادتها فوق هذه النسبة.
  - يزداد معدل التآكل مع زيادة نسبة الوزن والوقت عند إضافة SF، GP بينما يقل معدل التآكل مع زيادة نسبة CB.

استناداً إلى الدراسات المرجعية المقدمة نجد أن إضافة هباب الفحم قد حسنت من الخواص المدروسة للمادة تبعاً لمتغيرات الدراسة، وقد تم اختيار مادة البولي إستر غير المشبع كمادة أساس وهباب الفحم كمادة مضافة ودراسة تأثير هباب الفحم على منحنيات التصلب للبولي إستر غير المشبع (زمن التصلب - درجة حرارة التصلب) وذلك لعدم تضمين الدراسات المرجعية هذه النقاط الأساسية التي توضح تأثير هباب الفحم على هذه الخصائص التصنيعية للبولي إستر غير المشبع.

#### 4. المواد المستخدمة وطرق البحث

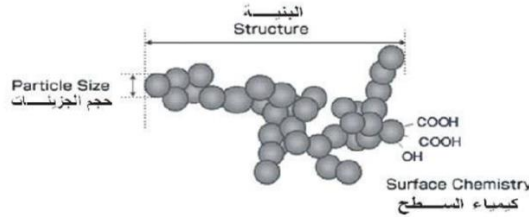
##### 4.1 المواد المستخدمة في البحث:

a. مادة الأساس البوليميرية: تم استخدام مادة البولي إستر غير المشبع (Unsaturated polyester Resin) من إنتاج شركة Eagle chemicals - Made in Egypt كمادة بوليميرية أساسية في البحث لتمتعها بالموصفات النظرية المطلوبة في التجارب وهي من نوع (Isophthalic Polyester). حيث أنها لها المواصفات التالية للمركبات التي تحوي على 1.5% MEKP + 1.5% cobalt (naffhanate) بدرجة حرارة الوسط المحيط عند الاختبار 25 °C :

الجدول (1-1) الخصائص التصنيعية للبولي إستر غير المشبع من النوع أيزوفتاليك

11 - 12 min	Gel	1	زمن التجلتن Time
18 - 22 min	Peak	2	زمن درجة الحرارة الأكسوثرمية العظمى Time
180 ± 5°C		3	درجة الحرارة الأكسوثرمية العظمى $T_{max}$
300 - 400 MPa.s		4	اللزوجة عند الدرجة 25 °C
أصفر فاتح		5	اللون

- b. **المادة المحفزة:** تم استخدام مادة الميثيل ايثيل كيتون بيروكسيد (MEKP) كمادة محفزة لحدوث التفاعلات في المزيج المستخدم.
- c. **المادة المسرعة:** تم استخدام محلول الكوبالت نفتينات الحاوي على نسبة 6% كوبالت كوسيط معالجة مسرع لمزيج البولي استر المستخدم.
- d. **المادة المضافة:** هو عبارة عن هباب فحم، أبعاد دقائقه ضمن المجال (25 - 75  $\mu\text{m}$ ) ويتميز بسطح نوعي كبير يبلغ حوالي (650  $\text{m}^2/\text{g}$ ) ولعل أهم ما يميز هباب الفحم ثلاث خصائص هي حجم الحبيبات (Particle Size)، البنية (Structure)، كيمياء السطح (Surface chemistry).



الشكل (2) خصائص هباب الفحم

#### 4.2 طرق البحث والأدوات المستخدمة:

تم تحضير العينات باستخدام طرق تقليدية بجو غير معزول حرارياً (غير أديباتي) حيث كانت درجة حرارة الوسط المحيط بين (15 - 18) °C ، وذلك في نهاية الشهر الثالث من العام 2021 حيث تم تسخين البولي استر غير المشبع النقي بواسطة الحمام المائي إلى درجة حرارة 25 درجة مئوية وهذه الدرجة التي تم عندها تحضير العينات.

المرحلة الأولى: تم تحضير عينات البولي استر بدون إضافة هباب الفحم حيث وضعت مادة البولي استر في كأس من البلاستيك وأضيفت لها كل من المادة المحفزة بنسبتين مختلفتين (1.5 - 2 %) مع نسب مختلفة من المادة المسرعة وتم تحريك الخليط يدوياً لمدة دقيقتين، ثم يُوضع ميزان الحرارة داخل الكأس البلاستيكي ويتم تشغيل الميقاتية وأخذ قراءات كل من الزمن ودرجة الحرارة ورسم منحنيات التصلب الناتجة عنها.



ويوضح الجدول (1-2) نسب المواد المستخدمة في المرحلة الأولى لتحضير العينات.

رقم المرحلة	رقم العينة	نسبة الكاتاليسيت MEKP %	نسبة الكوبالت %	وزن البولي استر غير المشبع	وزن العينة كاملة /g/
المرحلة الأولى	1	1.5	0.8	122.125	125
	2		1	121.875	
	3		1.2	121.625	
	4		1.4	121.375	
	5		1.6	121.125	
	1	2	0.8	122	125
	2		1	121.75	
	3		1.2	121.5	
	4		1.4	121.25	
	5		1.6	121	

المرحلة الثانية: تم تحضير عينات البولي استر غير المشبع بإضافة هباب الفحم، حيث وضعت مادة البولي استر في كأس من البلاستيك ويضاف لها هباب الفحم بنسب وزنية مختلفة وتقلب الخليط والتأكد من خلط البولي استر غير المشبع مع هباب الفحم حتى يتم الحصول على خليط متجانس، ثم تضاف المادة المسرعة بنسبة ثابتة ويخلط لمدة دقيقتين ثم تضاف المادة المحفزة (MEKP) بنسبة ثابتة ويحرك الخليط لمدة دقيقتين، ثم يُوضع ميزان الحرارة داخل الكأس البلاستيكي ويتم تشغيل الميفاتية وأخذ قراءات كل من الزمن ودرجة الحرارة ورسم منحنيات التصلب الناتجة عنها.

الجدول (1-3) يوضح نسب المواد المستخدمة في المرحلة الثانية لتحضير العينات.

رقم المرحلة	رقم العينة	نسبة الكاتاليسيت %	نسبة الكوبالت %	نسبة هباب الفحم %	وزن البولي استر غير المشبع /g	وزن العينة كاملة/g
المرحلة الثانية	1	1.5	1.2	1	120.375	125
	2			2	119.125	
	3			4	116.625	
	4			6	114.125	
	5			8	111.625	
	6			10	109.125	

إن الهدف من تحضير هذه العينات هو إظهار سلوك مادة البولي استر غير المشبع عن طريق رسم منحنيات التصلب التي تمثل العلاقة بين درجة حرارة مزيج البولي استر وزمنه ومدى تأثير إضافة هباب الفحم عليها وذلك من خلال القيم التجريبية التي تم الحصول عليها من هذه القياسات وقد استخدمت الأدوات التالية في البحث:

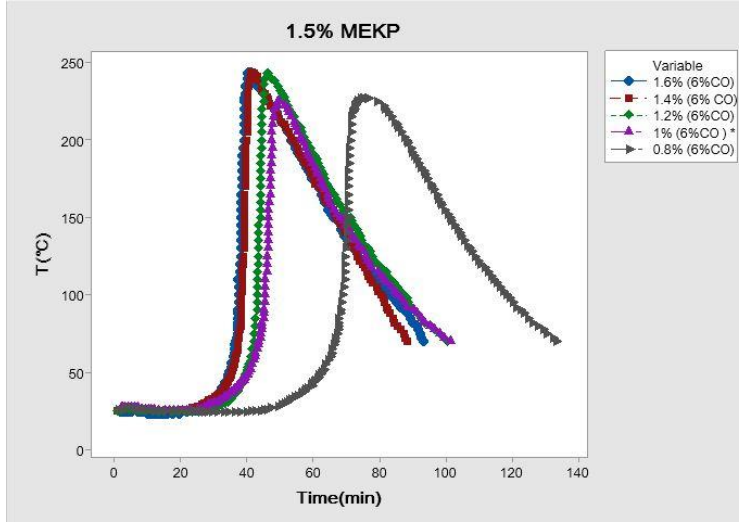
- ميزان حراري رقمي يقيس ضمن المجال (40 - 1200 °C).
- مقياس وزني بدقة 1/1000.
- مقاتيبة لقياس الزمن.
- حمام مائي يستخدم لرفع درجة حرارة راتنج البولي استر غير المشبع إلى درجة الحرارة 25 وهي الدرجة اللازمة للبدء بعملية تحضير العينات.

## 5. النتائج والمناقشة

### 5.1 دراسة منحنيات التصلب للبولي استر غير المشبع

تشكل دراسة منحنيات تصلب البولي استر غير المشبع (UPR= Unsaturated polyester Resin) أولى المراحل الأساسية عند استخدام البولي استر غير المشبع في التطبيقات الصناعية وتتألف جملة التصلب عادةً من المادة المحفزة (Catalyst) والمادة المسرعة للتفاعل (Accelerator) ويستخدم الميثيل إيثيل كيتون بيروكسيد (Methyl MEKP=Ethyl Ketone Peroxide) عند التصلب بدرجات حرارة الغرفة مع مركبات الكوبالت مثل نفتينات الكوبالت (Cobalt Naphthenate) . [10]

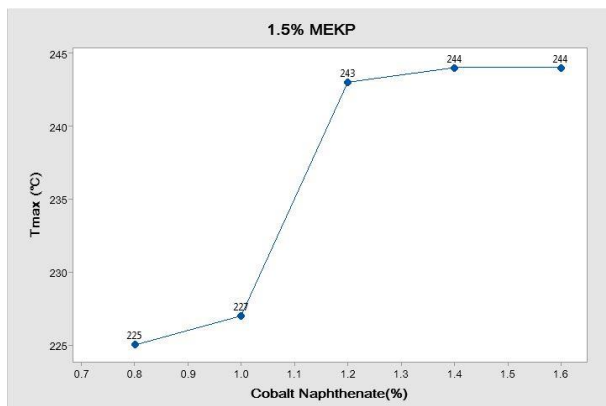
تظهر الدراسات أن استخدام نسب منخفضة للمادة المحفزة (Catalyst) قد لا يمكن المزيج من التصلب بدرجة حرارة الغرفة وأنه من الضروري استخدام مادة مسرعة بكمية مناسبة كي يتحقق التصلب، كما تظهر الدراسات أيضاً أنه عند استخدام كميات كبيرة من المادة المحفزة قد يسبب حدوث ضرر في المنتج نتيجة للإفراط الواضح في درجة الحرارة الاكسوترمية الناتجة عن حدة التفاعلات الكيميائية، ويتجلى هذا الضرر عادة بزيادة التقلص الحجمي للمنتج وحدث تشققات ميكروية في المنتج. [11]



الشكل (3) منحنيات التصلب لمركب البولوي استر غير المشبع الحاوي على نسبة ثابتة Cobalt Naphthenate (MEKP %1.5) ونسب مختلفة من

يظهر الشكل (3) تأثير المادة المسرعة نفتينات الكوبالت على منحنيات التصلب عند نسبة ثابتة للمادة المحفزة البيروكسيدية (MEKP) 1.5% ، وكما هو واضح أن ازدياد نسبة مادة نفتينات الكوبالت يسبب تغير واضح بسلوك هذه المنحنيات يظهر بارتفاع واضح بدرجة حرارة التفاعل العظمى (Tmax) وانخفاض في الأزمنة الحدية لمراحل هذه المنحنيات ( زمن التجلت وزمن انتهاء التفاعل )، ويعود هذا التأثير للدور المسرع لمادة نفتينات الكوبالت التي تقوم على تسريع تشكل الجذور الحرة من المادة المحفزة (MEKP) مما يؤدي إلى ازدياد حدة التفاعلات الكيميائية، وبالتالي زيادة كمية الحرارة الناتجة عن هذه التفاعلات بين مكونات المزيج، وهذا ما يفسر ارتفاع درجة حرارة التفاعلات الناشئة للحرارة بزيادة نسبة المادة المسرعة.

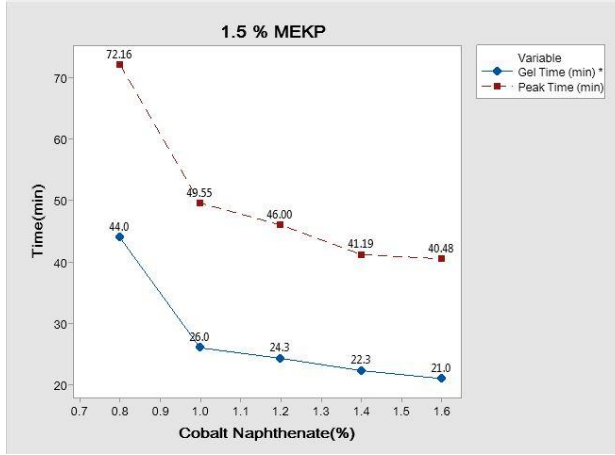
من الضروري جداً استقراء تأثير قيم درجات الحرارة العظمى الناتجة عن التفاعلات الكيميائية بين مكونات مزيج البولوي استر غير المشبع وذلك بهدف معرفة حدة التفاعلات الكيميائية الحاصلة.



الشكل (4) منحنى تغيير درجة حرارة التفاعل العظمى بدلالة نسبة المسرع Cobalt Naphthenate عند نسبة ثابتة للمادة المحفزة 1.5 MEKP % لمركبات البولي استر غير المشبع

يبين الشكل (4) منحنى تغيير درجة الحرارة العظمى (T<sub>max</sub>) التي تعبر بالواقع عن عملية نضج المزيج، وكما هو مبين إن T<sub>max</sub> تتزايد بشكل واضح بزيادة نسبة المادة المسرعة من 225 °C عند النسبة 0.8 % كوبالت نفتينات لتصل إلى 244°C عند النسبة 1.6 %، ويعود ذلك إلى الدور الوظيفي الهام لمادة الكوبالت نفتينات في تسريع عملية التصلب.

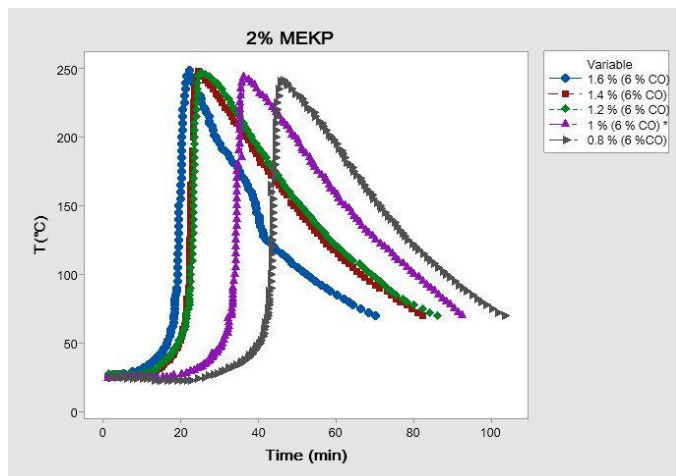
تم إنشاء المنحنيات التي تصف العلاقة بين تغير زمن بدء التجلت (Gel time) (وهو الزمن اللازم لتتحول فيه المادة إلى مادة هلامية والذي يُسجل لحظة تحول المادة للشكل الهلامي) وزمن انتهاء التفاعلات الكيميائية (Peak exothermal Time) (وهو الزمن اللازم لإنهاء التفاعلات الكيميائية بين مكونات المزيج والذي يُسجل عند الوصول لأعظم درجة حرارة للمزيج) بدلالة نسبة الكوبالت نفتينات وذلك من أجل المعرفة الدقيقة لمدى تأثير نسبة الكوبالت نفتينات على الأزمنة الأساسية لمنحنيات التصلب الشكل (5).



الشكل (5) منحنيات تغير كل من زمن التجلت (Gel Time) وزمن انتهاء التفاعل (Peak Time) بدلالة نسبة Cobalt Naphthenate عند نسبة ثابتة للبيروكسيد (MEKP) 1.5% لمركب البولي استر غير المشبع

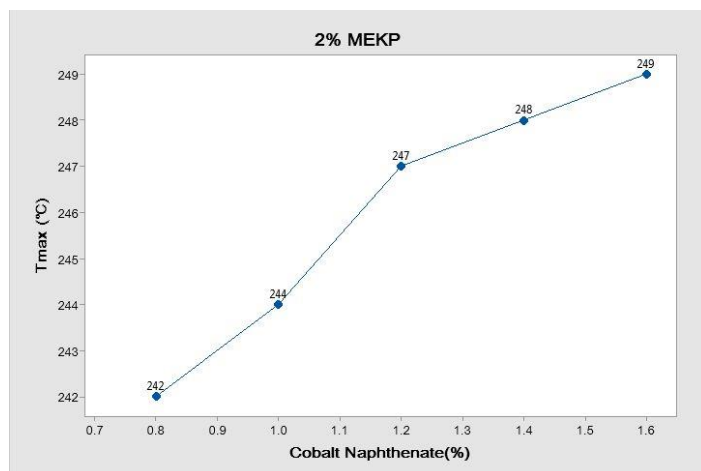
كما هو واضح من منحنيات الشكل (5) أن كل من زمن التجلت وزمن انتهاء التفاعل يتناقصان بزيادة نسبة الكوبالت نفتينات في المزيج، وهذه النتيجة هامة من الناحية التكنولوجية عند التصنيع. فإذا كان إنقاص هذه الأزمنة مهماً من الناحية العملية فإن زيادة نسبة الكوبالت نفتينات يمكنه أن يساهم بتسريع دورة الإنتاج. ويوضح هذا الشكل أيضاً أن مقدار الانخفاض الحاصل بزمن التجلت يبلغ 50% عند زيادة نسبة الكوبالت نفتينات من 0.8% حتى 1.6% أما زمن انتهاء التفاعل فيتناقص تقريباً بمقدار 40% تعتبر هذه التغيرات بالأزمنة صغير نسبياً بالمقارنة مع المتطلبات اللازم توفرها عند العمل في الصناعات البحرية. [11]

يبين الشكل (6) تغير منحنيات التصلب بدلالة نسب الكوبالت نفتينات المختلفة، عند نسبة أكبر لمادة البيروكسيد MEKP 2% بالمقارنة مع النسبة المبينة بالشكل (3) لمعرفة تأثير نسبة مادة البيروكسيد MEKP على سلوك منحنيات التصلب.



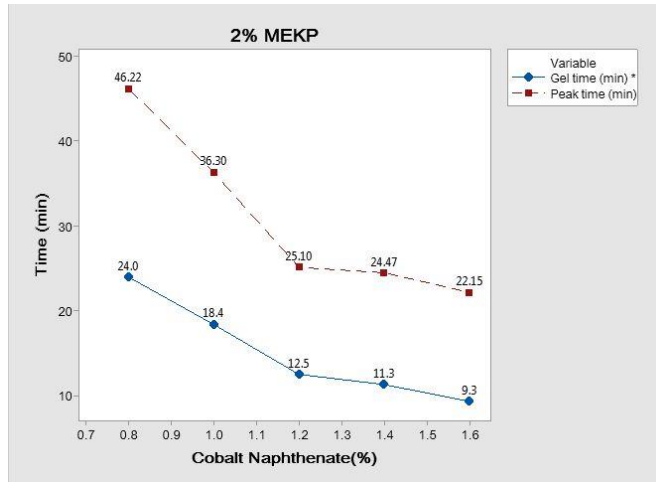
الشكل (6) منحنيات التصلب لمركب البولي استر غير المشبع الحاوي على نسبة ثابتة للبيروكسيد (MEKP) 2% ونسب مختلفة من Cobalt Naphthenate

كما يظهر الشكل (6) إن سلوك منحنيات التصلب مشابه لسلوك المنحنيات المبينة بالشكل (3) لكن نلاحظ أنه عند نسبة عالية من الكوبالت فنتينات زادت درجة الحرارة الأعظمية.



الشكل (7) منحنى تغير درجة حرارة التفاعل العظمى بدلالة نسبة المبرس Cobalt Naphthenate عند نسبة ثابتة للبيروكسيد (MEKP) 2% لمركبات البولي استر غير المشبع

ويوضح الشكل (7) منحنى تغير درجة الحرارة العظمى عند نسبة ثابتة للبيروكسيد 2% MEKP ونسب مختلفة من الكوبالت نفتينات، ويظهر الشكل أن Tmax زادت بزيادة نسبة مادة الكوبالت نفتينات في المزيج حتى نسبة 1.2 % وبعدها انخفضت بزيادة نسبة الكوبالت نفتينات فوق 1.2%. وبمقارنة نتائج الشكل (7) مع الشكل (4) بهدف استقراء تأثير نسبة البيروكسيد على هذا المنحنى نجد انخفاض بقيم Tmax ويظهر هذا بوضوح عند النسبة 1.6 % كوبالت نفتينات.



الشكل (8) منحنيات تغير كل من زمن التجلن (Gel Time) وزمن انتهاء التفاعل (Peak Time) بدلالة نسبة Cobalt Naphthenate عند نسبة ثابتة للبيروكسيد (MEKP) 2% لمركب البولي استر غير المشبع

يوضح الشكل (8) منحنيات تغير الأزمنة المميزة لمنحنيات التصلب عند نسبة ثابتة للبيروكسيد (MEKP) 2% ونسب مختلفة لمادة الكوبالت نفتينات، وكما هو واضح أن منحنيات زمن التجلن وزمن انتهاء التفاعلات يتناقضان بزيادة نسبة الكوبالت نفتينات، وبمقارنة منحنيات الشكل (8) بمنحنيات الشكل (5) يمكن ملاحظة أنه زيادة نسبة البيروكسيد (MEKP) يسبب انخفاض بقيم زمن التجلن من 21 min إلى 9.3 min



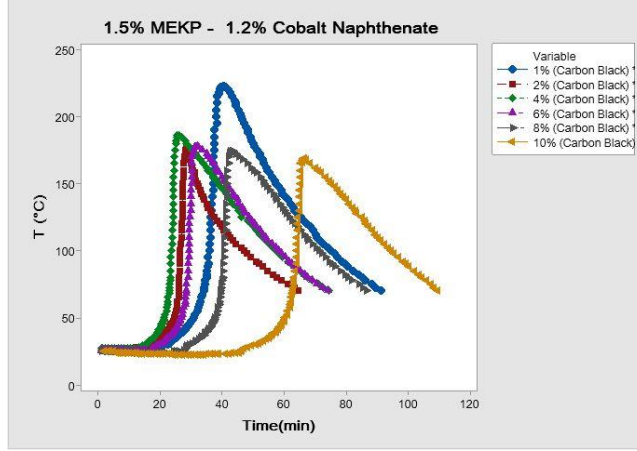
عند النسبة 2 % ويظهر من مقارنة الشكلين أيضاً أن قيم زمن انتهاء التفاعل ( Peak Time) انخفضت من 40.48 min إلى 21.14 min عند النسبة 2%.

نستنتج مما سبق أنه يمكن التحكم بعملية التصلب لمادة البولي استر غير المشبع من خلال التحكم بنسب المواد المحفزة والمسرعة المضافة للمزيج وأن النسب التي تحقق أزمنة تجلتن وتصلب منخفضة تعتبر صالحة للاستخدام في التطبيقات اليدوية، الدهان اليدوي أو البخ [12]. كما تظهر النتائج ميل مادة البولي استر للتصلب بشكل سريع عند استخدام نسب عالية من المادة المحفزة حيث أظهرت نتائج الاختبارات ارتفاع واضح بدرجة حرارة التفاعل وانخفاض بزمن الوصول لهذه الدرجة حيث يتجلى بوضوح تأثير الكوبالت نفتينات عند النسب % 1-1.2 وأنه ليس من الضروري التعامل مع النسب العالية من أجل تحقيق التصلب السريع.

## 5.2 دراسة تأثير هباب الفحم على منحنيات التصلب

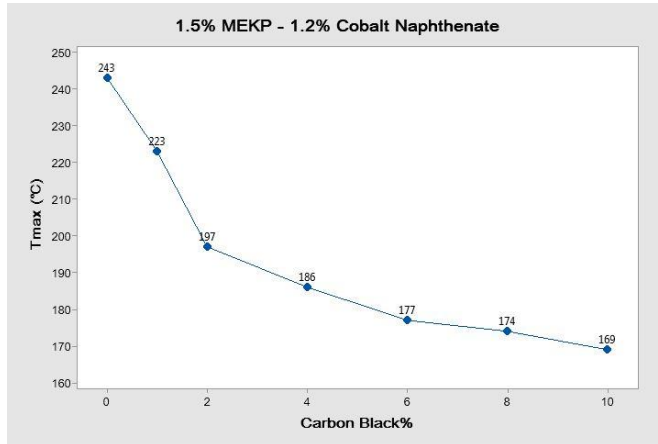
تؤثر مواد الإضافة على اختلاف طبيعتها على منحنيات التصلب UPR، وتظهر الدراسات العلمية أنه مهما تكن كمية مواد الإضافة المستخدمة في تركيب المزيج فإنها تبدي تأثيرات متباينة من الضروري قراءتها قبل البدء بالعملية الإنتاجية، كما وتظهر الدراسات أنه من الضروري استقراء تأثير نسب مواد الإضافة المستخدمة في المزيج على الخواص النهائية المطلوب توفرها في المنتج النهائي [12].

بهذه الرصد الدقيق لتأثير هباب الفحم على منحنيات التصلب حيث تم اعتماد نسبة ثابتة لكل من المادة المحفزة البيروكسيدية (MEKP) (1.5%) والكوبالت نفتينات (1.2%) وإضافة نسب مختلفة من هباب الفحم.



الشكل (9) منحنيات التصلب لمركب البولي استر غير المشبع الحاوي على نسب ثابتة (1.5% MEKP + 1.2% Cobalt Naphthenate) ونسب مختلفة من هباب الفحم Carbon Black

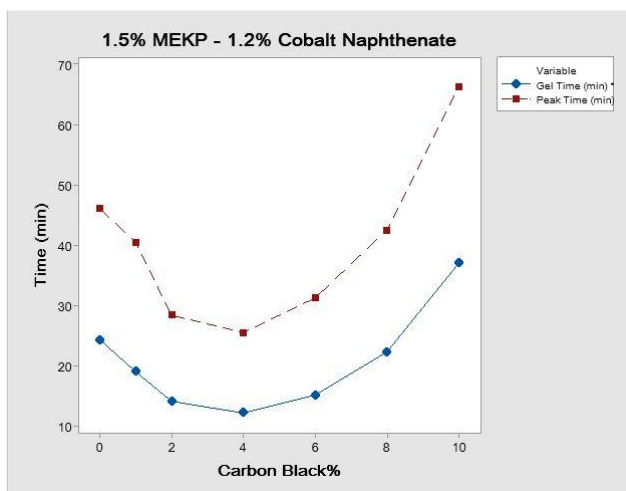
يوضح الشكل (9) أن هباب الفحم يبدي تأثيراً واضحاً على منحنيات التصلب ويتجلى ذلك بانخفاض درجة الحرارة العظمى الناتجة عن التفاعل، وربما يعود هذا إلى التأثير الماص للحرارة الذي يقوم به هباب الفحم في المزيج.



الشكل (10) منحنى تغير درجة حرارة التفاعل العظمى بدلالة نسبة هباب الفحم Carbon Black عند نسب ثابتة (1.5 % MEKP + 1.2 % Cobalt Naphthenate) لمركبات البولي استر غير المشبع

يوضح الشكل (10) منحنى تغير درجة الحرارة العظمى الناتجة عن التفاعلات  $T_{max}$  بدلالة نسبة هباب الفحم، وكما هو واضح من الشكل أن زيادة نسبة هباب الفحم في المزيج يسبب انخفاض واضح بدرجة الحرارة العظمى وهذا ما يؤكد الدور الماص لهباب الفحم لحرارة التفاعلات.

يعزى البعض ذلك إلى أن هباب الفحم يحتوي على سطحه على زمر وظيفية مثل زمر الكربوكسيل والهيدروكسيل والكربونيل والايوكسيد وتقوم بعض هذه الزمر الوظيفية كالزمر الكربوكسيلية والزمر الايوكسيدية بامتصاص الجذور الحرة الناتجة عن تحلل البيروكسيد، وبالتالي تخفيض كمية التفاعلات ضمن المزيج وبالتالي تهدئ التفاعلات الناشئة للحرارة مما يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة. وكلما زادت نسبة هباب الفحم كلما زاد معدل امتصاصه للجذور الحرة وبالتالي انخفضت درجة الحرارة التفاعل. [13]



الشكل (11) منحنيات تغير كل من زمن التجلت (Gel Time) وزمن انتهاء التفاعل (Peak Time) بدلالة نسبة هباب الفحم Carbon Black لمركبات البولي استر غير المشبع الحاوي (1.5 % MEKP + 1.2% Cobalt Naphthenate)

يوضح الشكل (11) تأثير هباب الفحم على زمن التجلتن وزمن انتهاء التفاعلات الكيميائية، وكما هو واضح من الشكل أن زيادة نسبة هباب الفحم حتى النسبة 4% يخفض من زمن التجلتن وزمن انتهاء التفاعل إلى النصف تقريباً ولكن مع زيادة هباب الفحم فوق 4% يزداد زمن التجلتن وزمن انتهاء التفاعل وهذا ما يفسر دور هباب الفحم كمسرّع لعملية التفاعل حتى النسبة 4% وبعد هذه النسبة يصبح تأثير هباب الفحم كمثبط لعملية التفاعل وربما يعود السبب إلى الدور الذي يقوم به هباب الفحم في تهدئة التفاعلات الكيميائية عند إضافته بنسب عالية.

بالتالي يمكن تحديد تأثيرين هامين لهباب الفحم على أزمنة التصلب حيث نلاحظ أنه بإضافة هباب الفحم بنسبة تتراوح من 1 - 4 % يحدث التصلب خلال زمن قصير، ويعود السبب في ذلك أن كمية هباب الفحم المضافة ستعمل على امتصاص الجذور الحرة الناتجة عن تحلل البيروكسيد ولكن الجذور الحرة الموجودة ستكون كافية لحدوث التفاعل باعتبار أن سلاسل البوليمير سوف تكون قريبة من بعضها البعض مما يؤدي ذلك لحدوث التصلب خلال زمن قصير ولكن بإضافة هباب الفحم بنسبة أكبر من 4% تسبب هذه الزيادة في تباعد سلاسل البوليمر عن بعضها البعض و أيضاً تقليل التركيز الفعال للبيروكسيد في المزيج نتيجة الامتصاص النوعي للجذور الحرة وبالتالي يكون معدل تكوين الجذور الحرة أقل مما هو عليه في نظام البيروكسيد وبالتالي تتطلب كمية الجذور الحرة المتبقية وقتاً أكبر لإنجاز التشابك بين سلاسل البوليمير المتباعدة عن بعضها البعض وبالتالي ينخفض معدل التصلب مع زيادة تحميل هباب الفحم. [13]

## 6. الاستنتاجات والتوصيات

### الاستنتاجات:

- 1- أظهرت دراسة منحنيات التصلب أنه يمكن التحكم بعملية التصلب لمادة البولي استر غير المشبع من خلال التحكم بنسب المواد المحفزة والمسرعة المضافة للمزيج وأن هذه المنحنيات تميل للتصلب السريع عند استخدام نسب عالية للمادة المحفزة وأن تأثير الكوبالت نفتينات يتجلى بوضوح عند النسب  $1.2\% - 1\%$  وأنه ليس من الضروري التعامل مع النسب العالية من أجل تحقيق التصلب السريع.
- 2- إن إجمالي سطح هباب الفحم هو عامل مهم في معدل التصلب وبشكل عام يمنع هباب الفحم تصلب راتجات البولي استر عند استخدام البيروكسيدات كمادة محفزة وتعتمد الدرجة التي يمنع بها الكربون التصلب إلى حد كبير على نوع البيروكسيد المستخدم.

### التوصيات:

بناءً على الاستنتاجات نوصي بما يلي:

- 1- دراسة دورة التصلب اللاحقة للبولي استر غير المشبع من خلال قياس محتوى الستايرين المتبقي.
- 2- دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على عينات محضرة من البولي استر غير المشبع المضاف إليه هباب الفحم وذلك عند نسب متغيرة لكل من المادة البادئة والمسرعة ونسب ثابتة لهباب الفحم بهدف دراسة التغيرات على البنية.

المراجع العلمية

- [1] JÜRGEN H. AURER . AB KASPER, 2003 – **Unsaturated Polyester Resins**. verlag moderne industrie, first, Germany, 72P.
- [2] Michael E. Spahr and Roger Rother, 2016 "Carbon Black as a Polymer Filler " **Polymers and Polymeric Composites**, *Springer*, 31P.
- [3] Nassir, A Nassir, 2013 "studying the effect of Nano carbon black on mechanical properties of unsaturated polyester resin", **the Iraqi Journal for mechanical and material engineering**,Vol.13, P 785–790.
- [4] ASRAR ABDULMUNIM, MAHASIN F. HADI AL-KADHEMY, 2011 "The Effect of Carbon Black– Bp2000 on the Electrical Conductivity of Unsaturated Polyester" **Malaysian Polymer Journal**, Vol.6, P 135–146.
- [5] Kareem, Hayder Raheem, 2013 "Mechanical and Tribological Behavior of Unsaturated Polyester Nan carbon black composite," **Journal of Engineering and Development**.Vol.17,P 79–85.
- [6] R. Revatia, S. Yahudb, M.S. Abdul Majid, 2014 "Electrical Properties Investigation of Unsaturated Polyester Resin with Carbon Black as Fillers " **Applied Mechanics and Materials** ,Vol 554, P 145–147.
- [7] Salman, Jassim Mohammed, 2015 "Studying Some Properties of Unsaturated Polyester Composite Reinforced by Carbon Black Particulate , " **Journal of Babylon University/Engineering Sciences**,Vol.(23),P 3–4.
- [8] Maheshwari Nilesh, Thakur Shaila, Neogi Pooja, Neogi Swati,2015 "UV resistance and fire retardant property enhancement of unsaturated polyester composite," **Springer-Verlag Berlin Heidelberg** .DoI 10.1007.

- [9] A.H. Majeed , S.Q.Ibrahim, 2017 "Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Filled With Silica Fume ,Glass Powder and Carbon Black," **Engineering and Technology Journal.Vol.35,P 3-5.**
- [10] منصور رامي، هترة علي، 2005 "تأثير المائات العضوية على منحنيات التصلب لمركبات البولي استر غير المشبع،" **مجلة جامعة تشرين للطلبة والبحوث - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (1)، 9.**
- [11] الحموي لطيفة ، منصور رامي ، الأزكي عامر، 2012 "تحسين الخواص الميكانيكية - الفيزيائية لمركبات البولي استر غير المشبع بالألياف الزجاجية المخصصة لصناعة الزوارق،" **مجلة جامعة تشرين للطلبة والبحوث - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (2)، 12، 10، 9.**
- [12] منصور ، رامي، 2001 "تأثير مواد الإضافة في منحنيات التصلب الكينماتيكية لمادة البولي استر غير المشبع،" **مجلة جامعة دمشق، المجلد السابع عشر العدد الأول، 15.**
- [13] C. W. SWEITZER, F. LYON, AND T.S. GRABOWSKI, 1955 "Cure of Carbon Black-Unsaturated Polyester Mixtures" **Columbian Carbon Co,** Brooklyn 32,N.Y.N.





# الحصول على مياه الشرب من رطوبة الهواء الجوي وفق الشروط المناخية في البادية السورية وربطها بنظام طاقة شمسية<sup>1</sup>

المهندس: ميلاد ابراهيم<sup>2</sup>      الدكتور: سمير حداد<sup>3</sup>      الدكتور: عيسى مراد<sup>4</sup>

## الملخص

يهدف البحث الى دراسة عمل منظومات تقوم بتحويل الرطوبة النسبية في الهواء الى مياه عذبة صالحة للشرب وخالية من الشوائب التي تعتبر الطريقة المناسبة لحل مشكلة قلة المياه العذبة في البادية السورية كونها منطقة نائية يصعب إيصال المياه العذبة اليها. وسيتم دراسة آلية عمل المنظومة المغذاة بالطاقة الكهرو شمسية لإنتاج مياه صالحة للشرب عند رطوبة نسبية منخفضة وفق الشروط المناخية للبادية السورية، واختبار فعاليتها في ظروف العمل المتغيرة.

الكلمات المفتاحية: الرطوبة النسبية، صالحة للشرب، شوائب، فعالية، البادية السورية.

<sup>1</sup> أُعدَّ البحث في سياق رسالة الماجستير للطالب ميلاد ابراهيم بإشراف الدكتور عيسى مراد ومشاركة الدكتور سمير حداد.

<sup>2</sup> قسم الميكانيك العام - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

<sup>3</sup> المشرف المشارك: مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

<sup>4</sup> المشرف العلمي: أستاذ في قسم الميكانيك العام - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

# Obtaining drinkable water from atmospheric humidity according to the climatic conditions in the Syrian Badia and linking it to energy system <sup>1</sup>

Dr. Eng. Iessa Morad <sup>4</sup>    Dr. Eng. Sameer Haddad <sup>3</sup>    Eng. Melad Ibrahim <sup>2</sup>

## Abstract

The research aims to study the work of systems that convert the relative humidity in the air into fresh water suitable for drinking and free of impurities Which is the appropriate method to solve the problem of fresh water shortage In the Syrian Badia, Considered as remote area, it is difficult to deliver fresh water to it.

The mechanism of operation of the system powered by solar electricity will be studied to produce potable water at low relative humidity according to the climatic conditions of the Syrian Badia, and its effectiveness will be tested in the changing working conditions

Key words: Relative humidity, drinkable, impurities, effectiveness, Syrian Badia.

<sup>1</sup> This Research was done Ph.D. student Melad Ibrahim under supervision of Dr. Iessa Morad and the participation of Dr. Samir Haddad.

Mechanical Department - Faculty of Mechanical & Electrical - Damascus University.<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Director of Research at the Higher Institute of Applied Sciences and Technology

<sup>4</sup> Professor in Mechanical Department - Faculty of Mechanical & Electrical Engineering - Damascus University.

## 1- مقدمة:

الماء مهم جداً للحياة على الأرض، حيث من اجمالي المياه المقدره على الأرض 97% مياه مالحة و 3% مياه صالحة للشرب. ويواجه العالم تحديات كبيرة متعلقة بندرة المياه العذبة فمن جهة تتعرض كمياتها المحدودة للتناقص بسبب التبخر الناتج عن ازدياد حرارة الأرض، وتراجع نوعيتها بسبب تلوث مصادرها. ومن جهة أخرى يزداد الطلب عليها بفعل زيادة السكان أي أننا نواجه مشكلة مزدوجة وصعبة وهو طلب متزايد على كميات المياه العذبة في العالم، والحلول التقنية والعلمية المتاحة حالياً لمواجهة هذه المشكلة الخطرة هي إما جزئية أو مكلفة أو أنها تتطلب طاقة إضافية وهذا يؤدي إلى تفاقم في المشاكل البيئية غير أن هناك حلولاً جديدة واعدة وقد تتجح في المستقبل القريب بسد نقص المياه العذبة في العالم عن طريق تحويل الرطوبة في الهواء إلى مياه صالحة للشرب.

## 2- الهدف من البحث:

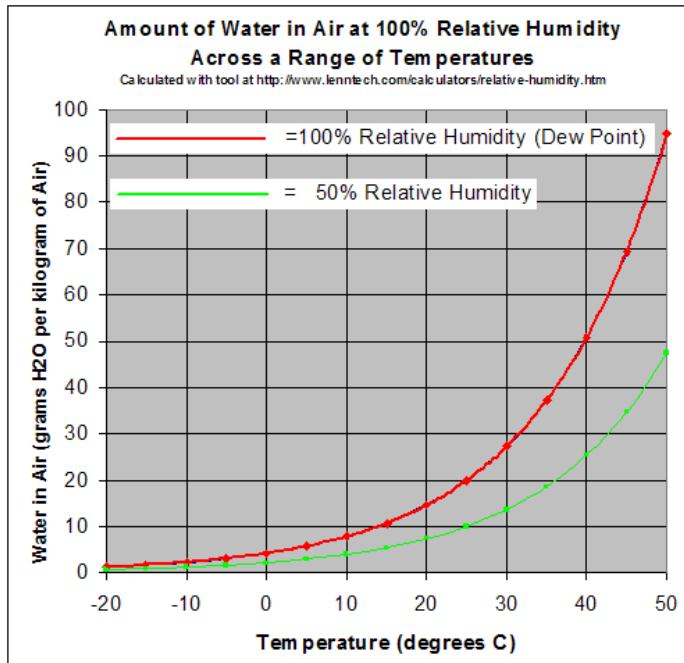
تحليل أداء عمل منظومات تهدف الى الحصول على مياه صالحة للشرب اعتماداً على الرطوبة النسبية للهواء ومقارنة عمل هذه المنظومات لاختيار المنظومة الأمثل، بحيث يتم تأمين مياه خالية من الشوائب وصالحة للشرب للمناطق النائية والبعيدة الفقيرة بالمياه (مثلاً مواقع مدنية وعسكرية).

## 3- رطوبة الهواء:

الرطوبة Humidity مصطلح يصف كمية بخار الماء في الهواء. وتختلف الرطوبة حسب درجة الحرارة وضغط الهواء، فكلما كان الهواء أدفأ زادت كمية بخار الماء الذي يحمله. وعندما يحتوي الهواء على أقصى كمية من بخار الماء يستطيع حملها تحت درجة حرارة وضغط معينين، فعندئذ يقال إنّ الهواء قد تشبّع ببخار الماء.

وعندما تتم مقارنة كمية بخار الماء في الهواء بكمية بخار الماء التي يستطيع الهواء حملها عند درجة التشبع، فإن ذلك يسمى الرطوبة النسبية. وإذا كان الهواء يحتوي على

نصف كمية بخار الماء التي يستطيع حملها فقط، فعندئذ تعادل هذه الرطوبة 50%. ويكون الهواء مشبعاً بالرطوبة في الجو الذي تكتنفه السحب والضباب، وتكون الرطوبة النسبية في هذه الحالة 100%. كذلك فإن طبقات الهواء السفلى فوق المحيطات، تكون معظمها مشبعة بالرطوبة التي تصل إلى 100% مثل المناطق الساحلية. أما في الصحراء الكبرى والمناطق الصحراوية شبه المدارية، فتتخفف الرطوبة النسبية إلى 10% فقط، يبين الشكل (1) كمية الماء في الهواء عند درجات حرارة مختلفة.



الشكل (1) كمية الماء في الهواء حتى رطوبة نسبية 100% عبر مجموعة من درجات الحرارة.

- تختلف الرطوبة النسبية لمنطقة ما اختلافاً شديداً خلال النهار، وذلك على الرغم من أنّ كمية بخار الماء في الهواء تظلّ كما هي. وفي مثل هذه الحالات تتغير الرطوبة النسبية عندما ترتفع أو تنخفض درجات الحرارة. فقد تكون الرطوبة النسبية أعلى في الصباح، عندما تكون درجة الحرارة منخفضة ويكون الهواء غير قادر على حمل كمية من بخار الماء أكبر من الكمية التي حملها في ذلك الوقت. ولكن عندما ترتفع درجة الحرارة

أثناء النهار، يصبح الهواء قادراً على حمل كمية من بخار الماء أكبر، وبالتالي نقل كمية الرطوبة النسبية.

ولمّا كان الهواء يبرد تحت درجة ضغط محدّدة وكمية بخار ماء دائمة، فإنه يصل إلى درجة حرارة يصبح معها مشبعاً. ودرجة الحرارة هذه تسمى نقطة الندى. أمّا إذا قلّت درجة الحرارة عن ذلك، فإنّ بخار الماء يبدأ في التكثف وتتكون السحب أو الضباب أو الندى. وكلّمّا انخفضت درجة حرارة الهواء بالنسبة لكمية الندى الموجودة فيه، زادت الرطوبة النسبية.

#### 4- دراسات مرجعية لمنظومات إنتاج مياه صالحة للشرب:

- إن المبدأ الفيزيائي الأساسي الذي تعمل هذه الأنظمة على أساسه هو أنها تُخفّض درجة حرارة الهواء الأمر الذي يقلل بدوره من قدرة الهواء على نقل بخار الماء ويتم جمع قطرات المياه المتكثفة، لكن هذه الأنظمة الحديثة جميعها يتم تشغيلها بواسطة الكهرباء المكلفة جداً إذ يبلغ استهلاك الكهرباء فيها ثلاثة أضعاف ما تتطلبه تحلية مياه البحر.

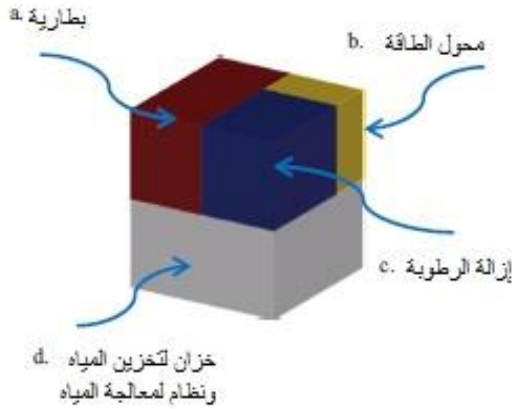
الدراسة الأولى: طور العلماء افلين وانغ وستيفن ماكنالي [1] من جامعة (ام آي تي) الأمريكية عام (2018) تقنية جديدة لاستخراج المياه من الهواء بالطاقة الشمسية فقط، تتألف هذه التقنية من جهاز على شكل صندوق صغير يُطلق عليه اسم /حاصد المياه/ يمكن حمله ونقله إلى أي مكان، وباستطاعته تأمين مياه شرب نظيفة حتى في الصحارى الجافة. ولكن مشكلة هذه التقنية أنها تتطلب طاقة كبيرة حيث أن هذه المنظومة لا تعمل إلا إذا كانت معدلات الرطوبة فوق الـ 50%.

الدراسة الثانية: بعنوان " توفير مياه الشرب من الهواء باستخدام البلورات المسامية " تمت في الجمعية العلمية الأمريكية [2] عام 2019 بينت أن أحد طرق الوصول لمياه نظيفة مستدامة يتم من خلال بناء جهاز قائم على إطار معدني عضوي يقوم بإنتاج المياه من الهواء ويعمل على الطاقة الشمسية، حيث تم الاعتماد على الأطر المعدنية

العضوية MOFs حيث يكمن مفتاح النظام الجديد بكليته على مادة مسامية ذات ثقب صغيرة تنفذ منها السوائل والهواء، إن الاطار المعدني العضوي الذي استعمل في الاختبار الأولي عام 2017 اعتمد على معدن الزير كونيوم باهظ الثمن والذي يحصد ربع ليتر من الماء لكل كيلو غرام من الاطار في اليوم.

**الدراسة الثالثة:** تمت دراستها في البرازيل عام 2018 [3] بعنوان: " استخراج المياه الصالحة للشرب من الهواء الرطب بالإضافة إلى توليد الكهرباء من الرياح " تهدف الى اختبار وتقييم قدرة استخراج المياه وكفاءة الطاقة في أنظمة الرياح الهجينة بهدف تطبيق نموذج أولي محتمل في البرازيل، وقد تم وصف ثلاث أنواع رئيسية من مولدات المياه بما في ذلك مزاياها وعيوبها لتقدير نسبة الطاقة المطلوبة لتوليد الكهرباء والماء باستخدام مزارع الرياح، والحد الأدنى من الظروف البيئية اللازمة لإنتاج المياه.

**الدراسة الرابعة:** تمت دراستها في جامعة قطر عام 2019 بعنوان " مكعب حصاد المياه " [4] اعتمدت هذه الدراسة على تصميم جهاز يسمى مكعب حصاد الماء كما في الشكل (1) ويتألف من تسعة ألواح شمسية ومحول للطاقة (انفرتر) وجهاز لإزالة الرطوبة وخزان للمياه ونظام لمعالجة المياه. وجميع الأجزاء لها أبعاد أقصاها 1 متر، حيث تسمح الألواح الشمسية للمكعب بالعمل خارج نظام الشبكة الكهربائية العامة، ينتج هذا الجهاز 2.5 لتر/يوم عند رطوبة نسبية منخفضة RH=20% لذلك هو مناسب للعمل في البيئات الصحراوية.



الشكل (1) جهاز مكعب حصاد المياه

الدراسة الخامسة: دراسة لنظام تحلية مياه البحر [5] في تايبوان عام 2018 بعنوان " تحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية " تهدف الى دراسة تأثير البارامترات على الإنتاجية لتحلية مياه البحر، قامت هذه الدراسة بتحسين الخصائص الديناميكية الحرارية للحصول على الحد الأقصى من مياه الشرب اليومية وكفاءة الطاقة في ظل الظروف المحددة، والتخزين الحراري يساعد على توفير المياه الصالحة للشرب خلال فترة زمنية معينة.

أظهرت النتائج أنه أثناء عمل النظام يحصل فاقد في الغاز الطبيعي المسال وفقد في حرارة المجمع الشمسي وذلك يقلل من الطاقة، وأظهرت أيضاً عدم كفاءة النظام للعمل على معالجة المياه في المناطق القاحلة والمعزولة، وتواجه المنظومة صعوبة في التخلص من المحلول المحلي الذي هو أحد مشاكل عملية التحلية.

الدراسة السادسة: دراسة بعنوان " تقييم كفاءة إنتاج المياه من الهواء الجوي " في فيتنام عام 2020 [6] تهدف الى إجراء تحليل لاستخراج المياه الصالحة للشرب من الهواء المحيط الرطب باستخدام نموذج نظام التبريد بضغط البخار (VCR) لدراسة الحالة في

فيتنام، حيث أن مصدر التغذية في هذا المشروع عن طريق عنفة بخارية تقوم بتأمين التيار الكهربائي المطلوب.

تم تقديم اليوم النموذجي في كل شهر من العام مع القيم التفصيلية لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية لمدة 24 ساعة واستخدامها لتحديد إنتاج الماء من الهواء. وتعد هذه الطريقة فعالة جداً ولكن تكاليفها مرتفعة ويتم تصميمها فقط للمحطات الكبيرة لكميات إنتاج مرتفعة.

### 5- المنظومة المقترحة:

أظهرت الدراسات السابقة طرق مختلفة لإنتاج المياه من المصادر الطبيعية مثل تقطير مياه البحر أو تكثيف بخار الماء في الهواء من البخار إلى سائل عن طريق امتصاص الحرارة أو إنتاج الماء من الهواء الرطب باستخدام تحليل نظام تكييف الهواء [7]. كمت تم تقديم طريقة تكنولوجية جديدة لإنتاج الماء من الهواء حيث تم تنفيذ مولد المياه العذبة الكهروحراري مع تأثير التبريد الكهروضوئي. وفي عام 2020 قدم الباحثون مولداً محمولاً لمياه الغلاف الجوي يعمل بالطاقة الشمسية الكهروضوئية [8]، وتزداد أهمية هذا الأمر والحاجة له خاصة بالنسبة للمناطق الجافة أو الأماكن التي تحتاج إلى مياه. يحتوي الهواء الجوي على كمية هائلة من بخار الماء التي يمكن استخدامها كمصدر لإنتاج الماء السائل.

واستناداً لما سبق اعتمدنا منظومة لإنتاج المياه من الهواء الجوي تتم تغذيتها كهربائياً بألواح طاقة شمسية بحيث تكون متنقلة وسهلة الاستخدام في المناطق النائية والبعيدة وخاصة الصحراوية وفق الشروط المناخية للبادية السورية حيث ستتم دراسة المنظومة استناداً للرطوبة النسبية في الهواء، يركز عمل مولد الماء في الغلاف الجوي (AWG) على درجة حرارة تشغيل مبخر نظام التبريد وكفاءة إنتاج المياه حسب استهلاك الطاقة ودرجة الرطوبة النسبية. وهذه العناصر تختلف حسب الظروف المناخية لكل محافظة في القطر العربي السوري.

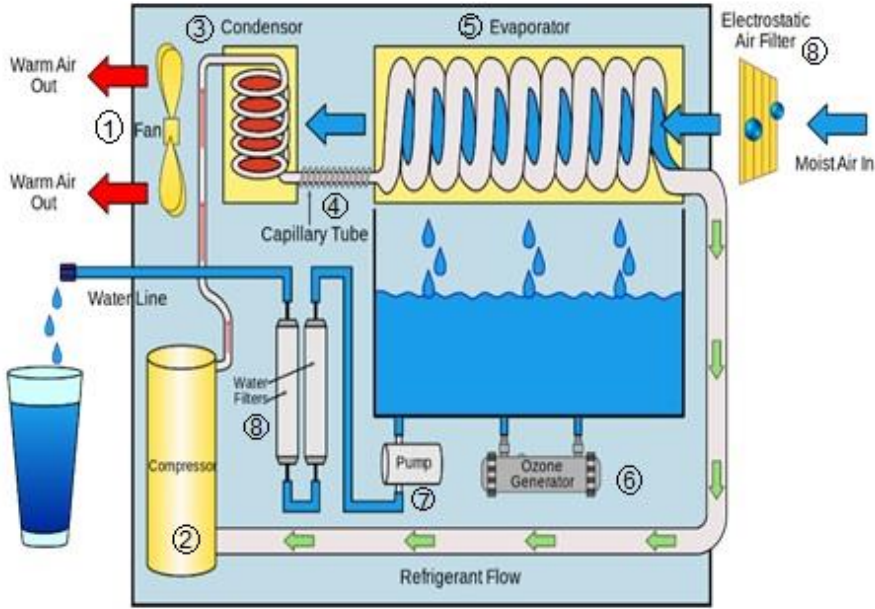


### - العناصر الرئيسية المكونة للمنظومة:

يبين الشكل (2) مكونات المنظومة المقترحة وهي:

- 1- مروحة (توربين) Fan: تقوم بسحب الهواء الخارجي إلى داخل المنظومة.
- 2- ضاغط Compressor: يقوم بضغط وسيط التشغيل.
- 3- مكثف Condenser: يقوم بتحويل الوسيط القادم من الضاغط الى سائل ذو ضغط عالي.
- 4- صمام تمدد حراري (توسع) Expansion Valve: يعمل على خفض الضغط بين المكثف والمبخر للمحافظة على ضغط ثابت ومحدد في المبخر.
- 5- مبخر Evaporator: هو الجزء الذي يتحكم في دورة جسم التشغيل حيث يتم فيه تبخير للوسيط ويتحول الى غاز مما يؤدي الى سحب الحمل الحراري من المادة المراد تبريدها.
- 6- مولد الأوزون Ozone Generator: يقوم بعملية التعقيم والتنقية للماء من كافة الشوائب.
- 7- مضخة غشاء دقيق كهربائية Pump: تُستخدم لضغط الماء من الخزّان وزيادة الضغط عند الحاجة.
- 8- فلتر لتنقية الهواء قبل دخوله الى المنظومة (Air filter)، و فلتر لتنقية الماء قبل المرحلة الأخيرة من الإنتاج وإضافة الشوارد والأملاح الضرورية (Water filter).
- 9- مكثف إقلاع ومكثف بدء تشغيل وربليهاة.
- 10- كتلة التحكم (دارة القيادة للمنظومة).
- 11- صمامات كهربائية للتحكم بتدفق الغاز أو السائل وللحماية ضد الاتصالات الكهربائية الداخلية.
- 12- النظام الشمسي (الألواح الشمسية) لتوليد كهرباء لتشغيل المنظومة.

- المخطط التكنولوجي للمنظومة:



الشكل (2) مخطط المنظومة المقترحة

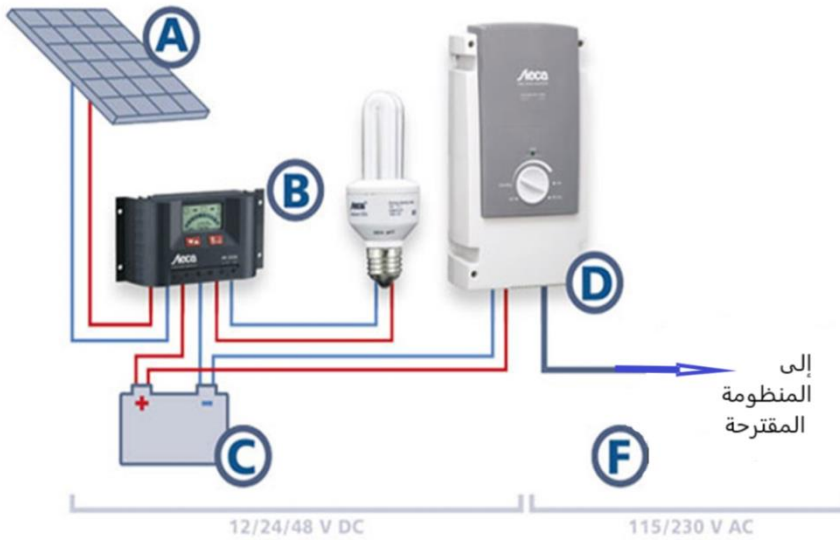
▪ آلية العمل:

- يُسحب الهواء داخل المنظومة عن طريق المروحة ويمر عبر مرشح الكتروستاتيكي يزيل 99% من جميع الأجزاء المولدة في الهواء.
- يبدأ الضاغط بضغط الوسيط، وعندما يتم ضغط الوسيط يزداد ضغطه وترتفع درجة حرارته، وعندها يمر ضمن سلسلة من الأنابيب (المكثف) الذي يعمل على طرد الحرارة التي اكتسبها غاز وسيط التبريد من الضاغط ويتحول من الحالة الغازية الى حالة سائلة ذات ضغط عالي، ثم يمر الوسيط السائل من خلال صمام تمدد حراري يعمل على خفض ضغط سائل التبريد الى ضغط المبخر ويعمل على الحفاظ على ضغط شبه ثابت داخل المبخر، ومع تغير الحمل الحراري على المبخر فإن هذا الصمام يعمل لإعادة الاتزان

لضغط المبخر بالسماح بمرور كميات أكبر أو أقل من سائل التبريد مستجيباً بذلك لتغيرات الحمل الحراري. وبعدها يمر عبر المبخر المكون من أنابيب على شكل التفافي لتغطي أكبر مساحة ممكنة وتعطي الفرصة لامتناس أكبر قدر ممكن من الحرارة (تسمى هذه العملية بتبريد الهواء تحت نقطة الندى وهي درجة الحرارة التي يبرد فيها الهواء بمكوناته المختلفة عند ضغط جوي محدد ليتكثف بخار الماء الى مياه سائلة)، حيث يتم تكثيف بخار الماء الداخل الى المبخر ويتحول الى ماء نتيجة تلامسه مع الأنابيب الحاوية على الوسيط البارد (مبدأ التوازن الحراري) الى أن يصل الغاز مرة أخرى الى الضاغط الذي يقوم بضغطه وتكرر العملية. عندها تقوم المنظومة بتجميع المياه في خزان تجميع حيث يتم معالجتها بمولد الأوزون للقضاء على جميع الملوثات البكتيرية، وتمر عبر فلتر للتنقية وإضافة الشوارد لتصبح صالحة للشرب.

### 6- حسابات نظام الطاقة الشمسية:

يبين الشكل (3) مكونات نظام الطاقة الشمسية الذي يغذي المنظومة.



الشكل (3) مكونات نظام الطاقة الشمسية

- تحتاج المنظومة المقترحة للطاقة الكهربائية لتشغيل العناصر التالية:  
الضاغط - المراوح - المضخات - مولد الأوزون.

تم اختيار نظام الألواح الشمسية لتأمين حاجة المنظومة من متطلبات القدرة الكهربائية لها - تختلف الأنظمة الشمسية بناءً على معرفة المعدل اليومي للقدرة الكهربائية الاستهلاكية المطلوبة للأحمال والألواح المتوفرة، والوقت اللازم لتشغيلها يومياً سواء في فترات النهار أو الليل على مدار السنة. إن متطلبات تأسيس منظومة الطاقة الشمسية وتحديد مكوناتها تتطلب ما يلي:

1- حساب الأحمال الكلية:

معرفة وتحديد متطلبات القدرة الكهربائية المطلوبة (استهلاك كل حمل كهربائي والفترات الزمنية اللازمة لتشغيله) كما في الجدول التالي:

الجدول (1) الأحمال الكلية في المنظومة

الأحمال	قدرة الحمل الإجمالية (W/h)	عدد الأحمال المماثلة	الحمل الإجمالي للمنظومة تقريباً
الضاغط	850	1	
التوربين	150	1	
المضخة	100	1	
صمام الملف اللولبي: Type 1028/2	20	2	
مكثف بدء التشغيل + مكثف الإقلاع	1+1	1	
Relay: TE, T9AP5D52-24	1	2	
مولد الأوزون	10	1	
المجموع	1133	1154	1200 W/h

من الجدول نلاحظ أنه لتشغيل المنظومة نحتاج الى طاقة كهربائية باستطاعة 1200 واط في الساعة الواحدة.

2- حساب حجم المدخرات اللازمة لتخزين الطاقة:

عدد الساعات المفترض لتفريغ المدخرة هي تقريباً 10 ساعات

القدرة المستوعبة بالمدخرة = (القدرة الإجمالية للأحمال ÷ كفاءة المدخرة) [وات/ساعة]

$$= 1200 \div 10 = 120 \text{ وات/ساعة}$$

وبما أن قدرة المدخرة تقاس بالأمبير/ساعة وليس بالوات/ساعة، فإن السعة المطلوبة

للمدخرة مقاسه بالأمبير/ساعة تعطى بالمعادلة:

سعة المدخرة = قدرة سعة المدخرة ÷ جهد المدخرة [أمبير/ساعة]

$$= 1200 \div 12 = 100 \text{ أمبير/ساعة}$$

وبما أن نظام الفولتية للمنظومة 24 فولط لذلك تم استخدام بطاريتين بسعة 200 أمبير لضمان عمل المنظومة بشكل متواصل عند غياب الأشعة الشمسية.

3- قدرة الألواح الشمسية:

سنقوم باختيار لوح شمسي من نوع Generic استطاعة كل واحد 610 واط وتيار القصر

13 أمبير وذلك حسب المواصفات القياسية للشركة المصنعة موديل (JKM-610N-

78HL4-BDV)، لذا سنحتاج تقريباً الى لوحين موصولين على التسلسل لتغطية حاجة

المنظومة من الطاقة وتعطي استطاعة قدرها 1220 واط.

4- حساب قدرة منظم الشحن:

منظم الشحن من نوع (Tristar TS MPPT 30-24V) .

5- حساب قدرة العاكس (الانفرتر):

العاكس هو جهاز يحول التيار المستمر (DC) إلى تيار متردد (AC)، وعليه فإن هناك كفاءة تحويل لا تقل عن 85%. لذلك تم اختيار انفرتر ذو كفاءة تحويل مناسبة (Maxi and EURO efficiencies 98.0/96.9%).

6- حساب مقطع الأسلاك الكهربائية:

يقصد بها أسلاك التوصيل التي تنقل الكهرباء:

- من الألواح إلى المنظم.
- من المنظم إلى المدخرات.
- من المدخرات إلى العاكس.
- من العاكس إلى الأحمال.

لحساب مساحة مقطع السلك المثالي اللازم لكل نقطة من نقاط النظام الشمسي نستخدم

$$A = \frac{I \cdot \rho \cdot L}{\Delta V} \quad \text{المعادلة التالية:}$$

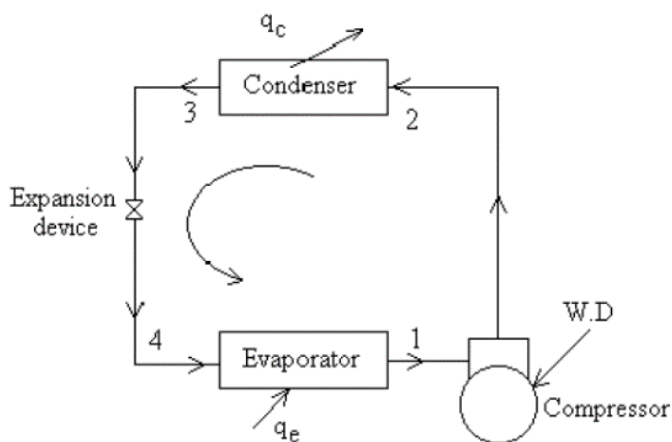
حيث أن: مساحة مقطع السلك (mm<sup>2</sup>)، A، ومقاومة النحاس النوعية

$$\rho = 1.68 \times 10^{-8} \text{ (W/m)}, \text{ وطول السلك (m)}, L, \text{ ومقدار الفقد في الجهد (} \Delta V \text{)}$$
$$= 12 \times (3/100) \text{ (V)}$$

7- الحسابات الحرارية للمنظومة:

تتألف المنظومة بشكل عام من العناصر الأساسية لدورة التبريد كما هو مبين في الشكل

(4) وهي: الضاغط - المكثف - المبخر - صمام التمدد الحراري.



الشكل (4) العناصر الأساسية لدورة التبريد

أولاً نقوم بالحسابات الحرارية للمبخر والمكثف لمعرفة سطح التبادل الحراري المطلوب ليتناسب مع عمل المنظومة بحيث تنتج 30 لتر من الماء في اليوم عند أسوأ الظروف المناخية وذلك في البادية السورية كونها منطقة نائية وجافة وهناك حاجة ملحة لإمداد بعض المناطق في البادية بمياه الشرب وربط هذه المنظومة بالطاقة الشمسية لتكون منظومة متكاملة ذاتية التغذية تخدم هذه المناطق ومنتقلة.

وفق الأرصاد الجوية والبيانات المناخية للبادية السورية المبينة بالجدول (2) إن أعلى درجة حرارة في البادية تكون خلال شهر تموز  $48.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ونسبة الرطوبة النسبية في هذا الشهر عند قيمة منخفضة 37%، وأقل درجة حرارة خلال شهر كانون الثاني  $21.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  عند رطوبة مرتفعة 73% لذلك سنقوم بحساب سطح التبادل الحراري المناسب للمنظومة عند أقل نسبة رطوبة وأعلى درجة حرارة، مع العلم أنه كلما زادت قيمة الرطوبة النسبية كما في الأشهر المتبقية من السنة سيزداد إنتاج المنظومة من الماء.

الحصول على مياه الشرب من رطوبة الهواء الجوي وفق الشروط المناخية في البادية السورية وربطها بنظام طاقة شمسية

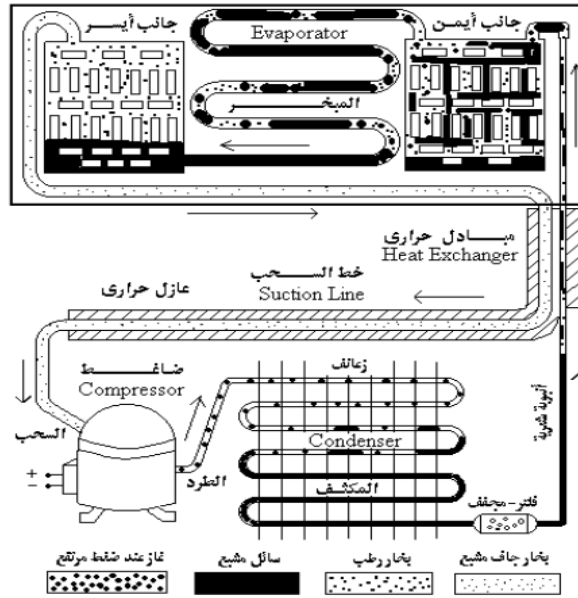
الجدول (2) البيانات المناخية للبادية السورية خلال العام

البيانات المناخية لـ{{location}}													الشهر
المعدل السنوي	ديسمبر	نوفمبر	أكتوبر	سبتمبر	أغسطس	يوليو	يونيو	مايو	أبريل	مارس	فبراير	يناير	
48.3 (118.9)	24.2 (75.6)	31.2 (88.2)	38.5 (101.3)	43.6 (110.5)	47.0 (116.6)	48.3 (118.9)	45.3 (113.5)	42.4 (108.3)	38.8 (101.8)	36.0 (96.8)	27.4 (81.3)	21.4 (70.5)	الدرجة القصوى °م (°ف)
25.6 (78.1)	13.6 (56.5)	19.9 (67.8)	28.0 (82.4)	34.4 (93.9)	37.6 (99.7)	37.9 (100.2)	35.2 (95.4)	30.5 (86.9)	24.9 (76.8)	19.1 (66.4)	14.7 (58.5)	11.9 (53.4)	متوسط درجة الحرارة الكبرى °م (°ف)
18.6 (65.5)	8.2 (46.8)	13.2 (55.8)	20.5 (68.9)	26.2 (79.2)	29.0 (84.2)	29.4 (84.9)	27.3 (81.1)	23.1 (73.6)	17.9 (64.2)	12.8 (55.0)	9.0 (48.2)	6.7 (44.1)	المتوسط اليومي °م (°ف)
12.1 (53.8)	3.5 (38.3)	7.5 (45.5)	14.0 (57.2)	19.0 (66.2)	21.2 (70.2)	21.3 (70.3)	19.3 (66.7)	15.8 (60.4)	11.4 (52.5)	6.8 (44.2)	3.8 (38.8)	2.1 (35.8)	متوسط درجة الحرارة الصغرى °م (°ف)
10.4- (13.3)	8.5- (16.7)	6.1- (21.0)	3.2 (37.8)	9.0 (48.2)	14.9 (58.8)	12.5 (54.5)	12.2 (54.0)	4.0 (39.2)	1.0- (30.2)	6.7- (19.9)	7.6- (18.3)	10.4- (13.3)	أدنى درجة حرارة °م (°ف)
135.7 (5.34)	21.1 (0.83)	14.2 (0.56)	10.8 (0.43)	0.1 (0.00)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.2 (0.01)	6.9 (0.27)	20.8 (0.82)	21.1 (0.83)	19.9 (0.78)	20.6 (0.81)	الهطول مم (إنش)
24.3	4.0	2.6	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3	2.8	3.4	3.8	4.3	متوسط أيام هطول الأمطار (mm 1.0 ≤)
49	72	56	45	42	39	37	34	39	33	54	64	73	متوسط الرطوبة النسبية (%)
3-200.6	164.3	213.0	263.5	297.0	362.7	381.3	363.0	319.3	258.0	229.4	184.8	164.3	ساعات سطوع الشمس الشهرية
8.8	5.3	7.1	8.5	9.9	11.7	12.3	12.1	10.3	8.6	7.4	6.6	5.3	ساعات سطوع الشمس اليومية

- حساب مساحة سطح التبادل الحراري وكمية الحرارة المنتقلة خلاله:

يدخل الهواء عن طريق المروحة الى المبخر ليتلامس مع أنابيب المبخر الحاوية على وسيط التبريد وهو غاز الفريون R410A كما في الشكل (5):





الشكل (5) آلية عمل دورة التبريد البسيطة

كمية الحرارة التي يكتسبها وسيط التبريد نتيجة مروره في المبخر بمعدل ثابت لممرور وسيط التبريد  $m_R$  وتسمى سعة المبخر وتحسب من تطبيق المعادلة العامة لانتقال

$$Q_R = m_R(i_1 - i_4) \quad \text{الحرارة :}$$

معدل انتقال الحرارة وكمية الحرارة المفقودة من الهواء نتيجة مروره في المبخر هي:

$$Q_A = m_A * C_{PA}(t_i - t_o)$$

حيث :  $Q_A$  كمية الحرارة المفقودة من الهواء KW ،  $m_A$  معدل تدفق الهواء في المبخر Kg/s ،  $C_{PA}$  الحرارة النوعية للهواء 1 KJ/Kg.K ،  $t_i$  درجة حرارة الهواء عند دخول المبخر  $48.3^\circ\text{C}$  ،  $t_o$  درجة حرارة الهواء عند الخروج من المبخر.

- عند معامل انتقال حرارة  $K=1.09$  ثابت نستخدم معادلات انتقال الحرارة:

$$Q_R = m_R(i_1 - i_4)$$

$$Q_A = m_A * C_{PA}(t_{in} - t_{out})$$

$$Q = F * K * LMTD$$

حيث: Q كمية الحرارة المفقودة الكلية  $Q_A = Q_R = Q$  ، F مساحة سطح التبادل

$$LMTD = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}\right)}$$

الحراري، LMTD: فرق درجات الحرارة اللوغاريتمي

الفرضيات: بالنسبة لوسيط التبريد المستخدم غاز الفريون R410A:

$$i_3 = i_4 = 436 \text{ KJ/Kg} , i_2 = 650 \text{ KJ/Kg} , i_1 = 628 \text{ KJ/Kg}$$

$$v_1 = v_s = 0.0303 \text{ m}^3/\text{Kg} , \rho_1 = 33 \text{ Kg/m}^3$$

نفرض أن معدل تدفق الهواء هو:  $m_A = 1 \text{ Kg/s}$

حيث يمكن حساب كتلة الهواء من العلاقات:

المخرج	المدخل	الواحدة	الهواء الرطب
$t_2$	$t_1$	[°C]	درجة الحرارة
$\varphi_2$	$\varphi_1$	[%]	الرطوبة النسبية
$x_2$	$x_1$	[Kg <sub>H2o</sub> /Kg <sub>air</sub> ]	الرطوبة النوعية
$h_2$	$h_1$	[KJ/Kg <sub>air</sub> ]	المحتوى الحراري المحدد

الجدول (1) البارامترات المستخدمة للحسابات

- كتلة الهواء اللازمة لإنتاج لتر واحد من الماء:

$$G_{air} = \frac{1}{(x_1 - x_2)} [Kg_{air}/Kg_{H_2O}]$$

- كمية التبريد المطلوبة لإنتاج لتر واحد من الماء:

$$Q_o = G_{air}(h_1 - h_2)[KJ/Kg_{H_2O}]$$

- استهلاك الطاقة (الكهرباء) لإنتاج لتر واحد من الماء:

$$G_{air} = \frac{Q_o}{(EER * 3600)} [KWh_{electricity}/Kg_{H_2O}]$$

حيث أن EER: هي نسبة كفاءة الطاقة، وتحسب عن طريق قسمة قوة التبريد (استطاعة المنظومة الكلية) على سعة التبريد ( $Q_R$ ):

$$EER = \frac{1500}{765} = 1.96 \text{ ومنه يكون استهلاك الطاقة الكهربائية لإنتاج لتر واحد من الماء:}$$

$$G_{air} = \frac{765}{(1.96 * 3600)} = 0.108 [KWh_{electricity}/Kg_{H_2O}]$$

ولحساب استهلاك الطاقة الكهربائية خلال الساعة الواحدة لإنتاج 30 لتر من الماء:

$$G_{air} = 0.108 * 30 = 3.25 [KWh_{electricity}/Kg_{H_2O}]$$

- الضاغط المستخدم معلوم لدينا معطياته: استطاعته  $\text{power} = 850 \text{ W}$  ، كفاءته الميكانيكية  $\mu_m = 0.9$  ، عدد الأسطوانات 2 ، كفاءته الحجمية  $\mu_v = 0.9$  ، عدد لفاته 900 rpm ،  $L/D = 1.25$  .

$$\text{power} = \frac{W.D}{\mu_m} : \text{سعة الضاغط}$$

$$W.D = \text{power} * \mu_m = 0.85 * 0.9 = 0.765 \text{KW} : \text{ومنه}$$

$$W.D = m_R(i_2 - i_1) : \text{لدينا}$$

$$m_R = \frac{W.D}{(i_2 - i_1)} = \frac{0.765}{650 - 628} = 0.0347 \text{ Kg/s} : \text{ومنه وهو معدل تدفق الغاز ضمن}$$

المبخر.

$$Q_R = m_R(i_1 - i_4) = 0.0347(628 - 436) = 6.6624 \text{ KW} = Q_A = Q$$

$$6.6624 = 1 * 1(48.3 - t_{out}) , Q_A = m_A * C_{PA}(t_{in} - t_{out}) : \text{لدينا}$$

$$t_{out} = 48.3 - 6.6624 = 41.63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = F * K * LMTD : \text{لدينا أيضا}$$

$$F = \frac{Q}{K * LMTD} : \text{أي } 6.6624 = 1.09 * \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln(\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}})} : \text{ومنه}$$

$$\Delta t_{min} = 48.3 - 41.63 = 6.67 , \Delta t_{max} = i_2 - i_1 = 22$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln(\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}})} = \frac{22 - 6.67}{\ln(\frac{22}{6.67})} = 12.8823$$

$$F = \frac{Q}{K * LMTD} = \frac{6.6624}{1.09 * 12.8823} = 0.47 \text{ m}^2$$

وهي مساحة سطح التبادل الحراري المطلوبة لتصميم المبخر والمكثف حتى يتوافق مع

عمل المنظومة وتقوم بإنتاج مياه صالحة للشرب بمعدل 30 لتر باليوم على الأقل عند

أسوأ الظروف المناخية.

### 8- الجدوى الاقتصادية:

الجدوى الاقتصادية لتركيب المنظومة وربطها مع نظام طاقة شمسية في البادية السورية: في الجدول (3) نوضح تكاليف التركيب للمنظومة بالكامل مع نظام طاقة شمسية وتكاليف التشغيل:

الجدول (3) تكاليف التركيب

Cost of the system			
<b>Installation costs</b>			
Item	Quantity units	Cost USD	Total USD
PV modules JKM-610N-78HL4-BDV	2	220.00	440.00
Batteries	2	300.00	600.00
Controllers			365.00
water generator			5000.00
Total			6405.00
Depreciable asset			1405.00
<b>Operating costs</b>			
Item	Total USD/year		
Maintenance Provision for battery replacement	74.57		
Land rent	10.00		
Total (OPEX)	84.57		
<b>System summary</b>			
Total installation cost	6405.00 USD		
Operating costs	84.57 USD/year		
Excess energy (battery full)	979 kWh/year		
Used solar energy	1246 kWh/year		
Used energy cost	0.240 USD/kWh		

والجدول (4) يبين التحليل الاقتصادي للمنظومة لبيان الزمن المتوقع لاسترداد تكاليف بناء المنظومة وتحقيق الجدوى المطلوبة من المنظومة.

#### الجدول (4) التحليل الاقتصادي

Financial analysis			
<b>Simulation period</b>			
Project lifetime	25 years	Start year	2023
<b>Income variation over time</b>			
Inflation			0.00 %/year
Production variation (aging)			1.00 %/year
Discount rate			0.00 %/year
<b>Financing</b>			
Own funds			6405.00 USD
<b>Electricity sale</b>			
Feed-in tariff			0.9000 USD/kWh
<b>Return on investment</b>			
Payback period			6.0 years
Net present value (NPV)			23156.04 USD
Return on investment (ROI)			361.5 %

حيث يبين أن المشروع رابح وسيتم استرداد التكلفة بعد 6 سنوات من بدء التشغيل وتحقيق توفير كبير في تأمين مياه الشرب للمنطقة المحددة، حيث أن كلفة الكيلو واط الساعي بالشبكة العامة قبل تركيب المنظومة مع الاخذ بعين الاعتبار تكلفة إيصال المياه الى هذه المنطقة وتكلفة الوقود لإيصالها والكهرباء لضخها واستهلاكها يكون 0.9 USD/KWh أما تكلفة الكيلو واط الساعي بعد تركيب المنظومة ستكون 0.24 USD/KWh

#### 9- النتائج وتحليلها:

- أشارت منظمة (VWM) Vienna Water Monitoring إلى أن العينة المختبرة من المنظومة كانت أنظف مياه تم اختبارها على الإطلاق. وتقرير المنظمة لتحليل الماء لهذه المنظومة موجود على الموقع: [HTO/ww.vienn-water-monitoring.com](http://HTO/ww.vienn-water-monitoring.com)
- تنتج المنظومة حوالي 32.5 ليترًا يوميًا عند درجة حرارة 27.2 درجة مئوية والرطوبة النسبية 60% ومع اختلاف درجات الحرارة والرطوبة خلال العام تختلف كمية الانتاج حيث يوضح الجدول التالي الانتاج المتوقع للمنظومة عند درجات حرارة ورطوبة متغيرة بحسب منظمة (VWM)، كلما ارتفعت درجة الرطوبة في الغلاف الجوي، تزداد كمية المياه النقية التي تنتجها المنظومة.

الجدول (5) انتاجية المنظومة من المياه عند قيم مختلفة لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية

Humidity	50%	60%	65%	70%	80%	90%	100%
Temperature Celsius							
15	12.8	13.6	18.4	19.7	21	27.2	30.3
20	17.4	18.9	21.9	24.2	27.2	37	19.9
25	21.9	27.2	32.5	39.3	46.1	56.8	68.9
30	26.5	37.8	43.9	52.9	60.5	76.5	94.6
35	32.5	50.7	56.7	68.1	76.5	96.2	115.8

الاستطاعة الكهربائية اللازمة لتشغيل المنظومة هي 1500 واط وانتاجية المنظومة خلال كل شهر من العام عند درجات الحرارة والرطوبة النسبية للبادية السورية ستكون وفق الجدول (6).

الجدول (6) انتاجية المنظومة في البادية السورية عند درجات حرارة ورطوبة متغيرة خلال عام كامل

الشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
درجة الحرارة °C	21.4	27.4	36	38.8	42.4	45.3	48.3	47	43.6	38.5	31.2	24.2
الرطوبة النسبية %	73	64	54	33	39	34	37	39	42	45	56	72
انتاجية المنظومة من الماء لتر/يوم	39.3	43.9	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	39.3

## 10- الرموز والمصطلحات:

### - مسرد المصطلحات:

Humidity Air: رطوبة الهواء.  
نقطة الندى: هي درجة الحرارة التي يبرد فيها الهواء بمكوناته المختلفة عند ضغط جوي محدد.

MOFs: Metal-Organic Frameworks الأطر المعدنية العضوية.

Water Harvesting Cup: مكعب حصاد المياه.

Vapor-Compression Refrigeration System :VCR نظام التبريد بضغط

البخار .

Air Water Generator :AWG مولد الماء من الهواء .

Vienna Water Monitoring :VWM منظمة مراقبة المياه العالمية .

USD/KWh :واحدة الكيلو واط الساعي مقابل الدولار الأمريكي .

- مسرد الرموز :

الاسم	الوحدة	الرمز
مساحة مقطع السلك	mm <sup>2</sup>	A
المقاومة النوعية	W/m	$\rho$
طول السلك	m	L
مقدار الفقد في الجهد	V	$\Delta V$
معدل التدفق	Kg/s	$m \cdot$
كمية الحرارة المفقودة	KW	Q
السعة الحرارية	KJ/Kg.K	$C_p$
درجة حرارة دخول وخروج الهواء	□	$t_i, t_o$
تغير الانتالبيا النوعية	KJ/Kg	$i_1, i_2, i_3, i_4$
معامل انتقال الحرارة	W/m <sup>2</sup> K	K
مساحة سطح التبادل الحراري	m <sup>2</sup>	F
فرق درجات الحرارة اللوغاريتمي	-	LMTD
الحجم النوعي	m <sup>3</sup> /Kg	$v_1, v_s$
الرطوبة النسبية	%	$\phi_1, \phi_2$
الرطوبة النوعية	Kg <sub>H2o</sub> /Kg <sub>air</sub>	$x_1, x_2$
المحتوى الحراري المحدد	KJ/Kg <sub>air</sub>	$h_1, h_2$
كتلة الهواء	Kg <sub>air</sub> /Kg <sub>H2o</sub>	$G_{air}$
نسبة كفاءة الطاقة	-	EER
الكفاءة الميكانيكية والحجمية	-	$\mu_v, \mu_m$



## 11-المراجع:

- [1]- E. Wang and S. McNally. (2018). Extracting water from the air with solar energy, The Caravan Journal.
- [2]- Jenna L.Mancuso, Christopher H. Hendoh. (2019, 23 September). Porous crystals provide potable water from air In ACS Central Science, American Chemical Society (doi: 10.1021, P.P. 1639-1641).
- [3]- J.S. SOLIS-CHAVES.J.S, C.M. Rocha-Osorio, A.L.L. Murari, Valdemir Martins Lira and Alfe J. Sguarezi filho. (2018). Extracting Potable water from humid air plus electric wind generation In Renewable Energy (vol 0960-1481, p.p. 102-115).
- [4]- M. Salim Ferwati. (2019, 25 June). Water harvesting cube, Springer Nature Journal, Qatar University, Doha 2713.
- [5]- Kasaeian Alibakhsh, Rajae Fatemeh and Yan Wei-Moh. (2018, 13 October). Osmotic desalination by solar Energy In Renewable Energy (doi: 10.1016 / j. renene. 2018.09.038).
- [6]- Van Hung Tran, Thanh Nhan Phan, Nikola Kaloyanov and Momchil Vassilev. (2020). Efficiency evaluation of water Production from the atmospheric air in Vietnam, E3S Web of conferences 207,01012.
- [7]- A. Magrini, L. Cattani, M. Cartesgna, L. Magnani. (2015). Production of water from the air : the environmental sustainability of air-conditioning systems through a more intelligent use of

resources. The advantages of an integrated systems, Energy Procedia, 78, pp. 1153-1158.

[8]- D. Runz, M. Qingfen, L. Hui, W. Gaoping, Y. Wei, C. Guangfu and C. Yifan. (2020). Experimental investigations on a portable atmospheric water generator for maritime rescue, J. Water Reuse Desalination, 10(1), pp. 30-44.

## توثيق بعض أنواع الطحالب و الأعشاب البحرية الغريبة والغازية في شاطئ اللاذقية خلال الفترة من 2018-2021

\* د هديل عراج  
\*\*أ.د. ازدهار عمار  
\*\*\* عزت عربية  
\*\*\*\*م. فاديا ديب

### الملخص

لقد سمحت دراسة الواقع الراهن لشاطئ اللاذقية بتوثيق 22 نوعاً غريباً من الطحالب والأعشاب البحرية منها 7 أنواع غازية (*Styopodium schimpri*, *Galaxaura* *rogusa*, *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa racemosa var cylindracea*, *Asparagopsis taxiformis*, *Colpomenia peregreina*, *Ganonema farinosum*). سجلت هذه الأنواع انتشاراً كبيراً على شاطئ اللاذقية حيث أدى انتشارها السريع إلى سيطرة واضحة على الكثير من المناطق وتناقص ملحوظ في التنوع البيولوجي وغياب للأنواع المحلية المسجلة في الدراسات السابقة

الكلمات المفتاحية: الطحالب والأعشاب البحرية، الأنواع الغريبة، الأنواع الغازية، شاطئ اللاذقية

\*مدرس في قسم البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين - اللاذقية، سورية.  
hadeel.arraj@gmail.com

\*\*أستاذ في قسم البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين - اللاذقية، سورية.  
izdiammar@gmail.com

\*\*\* قائم بالأعمال في قسم البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين - اللاذقية، سورية.  
azezchill@gmail.com

\*\*\*\* مساعد باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - اللاذقية، سورية.  
fadiadib6@gmail.com

# Documentation of some alien and invasive species of algae and seaweeds in Lattakia coast during the period 2018-2021

Dr. Hadeel arraj\*

Dr. Izdihar ammar\*\*

Izzat arabia\*\*\*

Fadia dib\*\*\*\*

## Abstract

The study of the current reality of Lattakia coast allowed documenting 22 alien species of marine algae and seaweeds, including 7 invasive species (*S. schimpri*, *G. rogusa*, *C. taxifolia*, *C. racemosa var cylindracea*, *A. taxiformis*, *C. peregreina*, *G. farinosum*). These species spread widely on the coast of Lattakia, where their rapid spread led to a clear control over many stations and a noticeable decrease in biological diversity and the absence of local species recorded in previous studies

Keywords: Marine algae, seaweeds, alien species, invasive species, Lattakia coast.

\*Doctor, Department of Marine Biology, Higher Institute of Marine Researches, Tishreen University, Lattakia, Syria.hadeel.arraj@gmail.com

\*\*Professor, Department of Marine Biology, Higher Institute of Marine Researches, Tishreen University, Lattakia, Syria.izdiammar@gmail.com

\*\*\*Acting in the, Department of Marine Biology, Higher Institute of Marine Researches, Tishreen University, Lattakia, Syria.azezchill@gmail.com

\*\*\*\*Research Assistant at the General Commission for Scientific Agricultural Research

, Lattakia, [Syria.fadiadib6@gmail.com](mailto:Syria.fadiadib6@gmail.com)

**1- المقدمة**

تم التأكيد على أهمية الموقع الجغرافي للشاطئ السوري الذي يعد من الناحية البيئية موطناً ملائماً لنمو العديد من الأحياء ذات الأصول البيوجغرافية المختلفة واستقرارها منذ سبعينيات القرن الماضي [36]، وكما أنه يوفر الشروط المناسبة لاستقبال العناصر الاستوائية وشبه الاستوائية المهاجرة حديثاً، سواء كان مصدرها المحيط الأطلسي أم البحر الأحمر والمحيط الهندي وهي عناصر ازداد عددها بشكل ملحوظ خلال العقود القليلة الماضية [33,34,35,1,2,7].

حيث يتزايد الفلق حول الأنواع الغريبة كل يوم وخاصة من أجل النظم البيئية البحرية وذلك بسبب تأثيرها البيئي والاقتصادي على التنوع الحيوي حيث يؤدي انتشار الطحالب القاعية المدخلة أحياناً إلى تغطية كاملة للقاع، والتأثير على الجماعات الأصلية، كما يؤدي إلى تغيير شروط البيئة ووظيفة النظم البيئية، وبالتالي فقر النظم الشاطئية [42].

يخضع البحر المتوسط للكثير من الضغوط البيئية كالتلوث والأنشطة البشرية وارتفاع درجات الحرارة وارتفاع ملوحته بشكل مكثف بالمقارنة مع باقي بحار ومحيطات العالم [30, 43] كما تتركز هذه الضغوط في شرق المتوسط أكثر من غربه لذلك كان التنوع الحيوي في الحوض الغربي أكثر منه في الحوض الشرقي بنسبة 60% في الغربي و40% في الشرقي. يعد البحر المتوسط من أكثر المناطق تعرضاً لدخول الأنواع الغريبة [26]، لكن يبقى الحوض الشرقي أكثر عرضة للغزو بالأنواع الغريبة حيث سجل فيه 409 نوعاً غريباً بالمقارنة بـ 110 أنواع في الحوض الغربي [50, 56] كما تم تسجيل 957 نوعاً غريباً في عام 2019 [56].

**هدف البحث**

وضع قائمة بالطحالب والأعشاب البحرية التي دخلت إلى شاطئ اللاذقية ومناقشة توزيعها، ووضعها الحالي.

## 2- مواد وطرق البحث:

جمعت العينات المستخدمة في هذه الدراسة على مدار ثلاثة أعوام خلال الفترة الممتدة من صيف عام 2018 حتى صيف عام 2021 اعتباراً من الطبقة الشاطئية الدنيا *Infralitoral zone* لثلاثة مواقع، وهي: الكورنيش الجنوبي وموقع ابن هاني قرب مدينة اللاذقية، وشاليهات الدراسات، وقد حفظت العينات بماء البحر المضاف إليه الفورمول بتركيز 5% بعد أن أعطيت أرقاماً متسلسلة وسجلت المعلومات المتعلقة بتاريخ الجمع والعمق وطبيعة القاع. وفي المختبر تم تحديد النوع اعتماداً على معطيات الأبحاث الحديثة والقديمة [54, 10,11]

## 3- النتائج ومناقشتها

تم تسجيل 109 أنواع من النباتات البحرية في المواقع المدروسة، وبلغ عدد الأنواع الغربية منها 22 نوعاً وهي تشكل نسبة 20% من العدد الإجمالي للأنواع، في حين بلغ عدد الأنواع الغازية 7 أنواع بنسبة 6.42% من العدد الكلي للأنواع و 31 % من عدد الأنواع الغربية. يرى العديد من الباحثين أن الغزو ذروة لعملية تبدأ بالتأسيس والانتشار المحلي متبوعاً بزيادة الغزارة ومن ثم الانتشار على مساحات واسعة ويصف نموذج *Colautti and Maclsaac* (2004) [14] جدول (1): مراحل تمر بها الأنواع الغربية من سكون البراعم *propagules* في الوسط المانح إلى أن تنتشر بسرعة وتسيطر في الوسط الجديد المستقبل لها، وهذا ما ينطبق على هذه الأنواع التي استقرت على الشاطئ السوري، ثم تكاثرت وانتشرت بسرعة وبالتالي وصلت إلى المرحلة الأخيرة التي يعتقد أنها يمكن أن تسبب تغيرات رئيسية في وظيفة وتركيب النظم البيئية النباتية البحرية.

جدول (1): مراحل الغزو حسب (Colautti and MacIsaac 2004).

التصنيف	المستوى
سكون البراعم Propagules في الوسط المانح.	المرحلة 0
دخول البراعم Propagules.	المرحلة I
استقرار البراعم Propagules	المرحلة II
النوع موجود ولكن نادر.	المرحلة III
النوع منتشر لكن غير مسيطر.	المرحلة IVa
النوع موجود ومسيطر	المرحلة IVb
النوع منتشر ومسيطر.	المرحلة V

1- النوع *Styopodium schimperi* (Buch. Ex kg) Verl. Et (Inv) :Boud.

ينتمي إلى الطحالب السمرء الاستوائية الأصل الشكل (1). سجل لأول مرة على الشواطئ السورية في عام 1989 [33] واستقر فيها وانتشر بشكل كبير. اعتبره ميهوب من أكثر أنواع الطحالب المهاجرة (من البحر الأحمر) مقدرة على الانتشار وغزو مساحات واسعة من القاع البحري بين أعماق (0.5 - 15م)، كما أكد انتشاره الواسع في كل من تل سوكاس، الموليح و في عرب الملك وكذلك في موقع ابن هاني وشاليهات الدراسات [7]. وجد في المواقع المدروسة في هذا البحث منتشرا على أعماق تتراوح من (صفر - 4م) وكانت غزارته كبيرة ، أي أن الظروف البيئية لا تزال مناسبة لنموه وتكاثره ولقد انتشر بشكل كبير على الشاطئ السوري.



شكل(1): *Stytopodium schimperi*

## 2- النوع *Colpomenia peregrina* (Sauvageau) Hamel (Inv)

ينتمي هذا النوع للطحالب السمراء الاستوائية الأصل رتبة Ectocarpales. المشرة غشائية، مجوفة ممتلئة بالماء شكلها كروي فيه طيات ملتصقة مباشرة بالقاع بدون سويقة. ينتشر على سواحل تركيا وبحر البلطيق والدنمارك و فرنسا و ايطاليا واليونان والحوض الشرقي والحوض الغربي للمتوسط [21]. وجد في هذا البحث منتشراً بغزارة كبيرة في موقع ابن هاني في فصل الربيع على أعماق من صفر حتى 3م الشكل (2).



شكل (2): *Colpomenia peregrina* (Inv)



### 3- النوع *Padina boryana* Thivy

ينتمي لرتبة Dictyotales وهو من الأنواع السمرء الاستوائية الأصل. لون المشرة بني مصفر معتدلة التكلس على الوجه السفلي وقليلة التكلس على الوجه العلوي الشكل (3). ينتشر في المتوسط (ليبيا ومصر) وفي غرب افريقيا واليابان والصين وماليزيا والكويت وإيران [20].

سجل وجوده لأول مرة على الشاطئ السوري في موقع تل سوкас [7]، وجد في هذا البحث في نفس الموقع في فصل الربيع على عمق 0.5م ولا يزال وجوده نادراً ومحدوداً.



شكل(3): *Padina boryana* Thivy

### 4- النوع *Padina ditristromatica* Ni-Ni-Win & H. Kawai

ينتمي لرتبة Dictyotales تأخذ المشرة شكل فصوص مروحية معتدلة التكلس على الوجهين، تتصل مع بعضها بسويقة قصيرة لون المشرة بني مخضر أو بني مصفر. يتراوح طولها من 5- 10 سم الشكل (5). ينتشر في المتوسط ( تركيا واسبانيا وإيطاليا وفي شمال الأطلسي [20]. سجل وجوده لأول مرة على الشاطئ السوري في موقع ابن هانئ [7]. وجد في هذا البحث منتشرا في نفس الموقع في فصل الربيع على عمق 0.5م .



شكل(4) : *Padina ditristromatica*

#### 5- النوع *Padina tetrastromatica* Hauck

ينتمي إلى الطحالب السمراء، استوائي الأصل، المشرة النبات قليل التكلس مؤلف من مجموعة من القطع الصفيحية يتراوح طولها بين 8-16 سم و عرضها بين 0.5-3 سم، و هي تتألف من أربع طبقات خلوية عموماً. سجل وجوده لأول مرة على الشواطئ السورية عام 2004 [35] ثم لوحظ عام 2012 [32]. وجد في دراستنا في موقع شاليهات الدراسات وابن هاني منتشراً على أعماق من (1- صفر) م.



شكل(5) : *Padina tetrastromatica*

#### 6- النوع *Punctaria latifolia* Greville

ينتمي هذا النوع إلى الطحالب السمراء Phaeophyceae يعيش في المياه المعتدلة الحرارة في شمال وشرق الأطلسي. ينتشر في بلجيكا وفرنسا و إيرلندا و شمال الأطلس. المشرة شريطية صغيجية سمراء سجل وجوده لأول مرة على الشاطئ السوري في موقع ابن هاني [32]. وجد في هذا البحث منتشرا في مواقع ابن هاني والكورنيش الجنوبي على عمق 1م الشكل (6).



شكل(6): *Punctaria latifolia*

#### 7- النوع *Lobophora variegata* C.W.Viera sp .nov.

هو نوع استوائي ينتمي إلى الطحالب السمراء Phaeophyceae، المشرة مروحية الشكل عرضه 3سم وطوله 3.5 سم لونه بني غامق يوجد عليه بقع داكنة ودوائر متحدة المركز لونها بني أو أخضر غامق الشكل (7). وجد في هذا البحث في الحفر الشاطئية المظللة في موقع بستان الباشا على الصخور المغطاة بالطحالب الكلسية على عمق 0.5م. ينتشر في البحر المتوسط والبحر الكاريبي [52].



شكل(7) : *Lopbophora variegata*

8- النوع *Spatoglossum shroderii* (C.Agardh) Kützing

يعد هذا النوع من الأنواع استوائية الأصل ينتمي هذا النوع إلى الطحالب السمراء Phaeophyceae من رتبة Dictyotales يتألف من مشرة مسطحة قائمة سمراء فاتحة اللون عندما تكون فتية وداكنة عند البلوغ الشكل (8). ينتشر غرب الأطلسي و شرقه وينتشر في جزيرة جربا التونسية في البحر المتوسط [22]. وجد في هذا البحث منتشرا في موقع ابن هاني على عمق 1م.



شكل(8) : *Spatoglossum shroderii*

9- النوع *Galaxaura lapidescence* (J. Ell and Sol.) J.V. Lamx و النوع(Inv) *Galaxaura rugosa* (J. Ell and Sol.) J.V. Lamx

يعد النوعان *Galaxaura rugosa* و *Galaxaura lapidescence* من أنواع الطحالب الحمراء ذات الأصل الاستوائي، وينتمي هذان النوعان لفصيلة Galaxauraceae من رتبة Nemaliales، وقد سجل وجودهما لأول مرة في البحر المتوسط عام 1990 [34]، حيث اعتبرهما ميهوب مهاجرين من البحر الأحمر، ونظراً لأن النوع الأول لا يتمثل سوى بنباتات بوغية والنوع الثاني بنباتات عروسية فقط، إن هذين النوعين شائعين في المناطق الاستوائية في المحيط الهندي و المحيط الهادي الجنوبي وفي المحيط الأطلسي كما في المغرب [31، 44]. ينمو هذان النوعان على المستندات الصخرية على أعماق تتراوح بين (0.5- 15 م) ويمكن ملاحظتهما بعد العواصف في الشتاء وفي الربيع. يظهر هذا النوع نادراً و بشكل متقطع على عمق أقل من (50) سم، فهو أكثر شيوعاً في الأعماق. يشكل هذا النوع الفلورا الأساسية في الأعماق التي تزيد عن مترين مع *Sargassum acinarium* و *Codium* sp. أظهرت الدراسات السابقة في سوريا أنه تم جمع هذين النوعين لأول مرة في عام 1990. صنف [34] النوع *G. lapidescens* (J. Ellis and Solander) J. V. Lamouroux، المتمثل بنباتات بوغية رباعية الشكل (9) كمرادف لـ *G. rugosa* المتمثل بنباتات عروسية الشكل (10). يمارس دوره كنوع غازي بزيادة غزارته من خلال التكاثر الكبير وله دور مهم في الأنظمة البيئية المستقبلية [14]. أشارت دراستنا أن *G. rugosa* أصبح نوعاً شائعاً في المنطقة الشاطئية الدنيا infralittoral أي أنه يعد كالستيبوديوم من الأنواع الغازية. يغطي صخور القاع في مروج *Cymodocea nodosa* على عمق (11) م في شاطئ اللانقية هذا يعني أنه أصبح نوعاً غازياً ومنافساً رئيسياً للطحالب القاعية الأخرى على هذه الصخور.



شكل(9): النبات البوغي الرباعي *G. lapidescens* شكل(10): النبات العروسي *G. rogusa*

### 10- النوع ( J.V. *Ganonema farinosum* (*Liagora farinosa*)

(Inv) Y.C. Wang K.C. Fanet Lamouroux)

ينتمي إلى الطحالب الحمراء Rhodophyta الغربية التي دخلت البحر المتوسط منذ عقود واستقرت فيه وهي ذات أصل استوائي [12,51]. تبدو المشرة بلون بني محمر قليلة التكلس. يتراوح طولها من (5-15) سم، اسطوانية مستدقة القمة، متفرعة بشكل ثنائي شكل (11).

لوحظ وجود هذا النوع في موقع شاليهات الدراسات ولكنه كان منتشرًا ومسيطرًا على

عمق من 0-2 م في موقع شاليهات الدراسات بالمقارنة مع الدراسات السابقة [7]



شكل(11): *Ganonema farinosum*

### 11- النوع *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz (Inv)

ينتمي للطحالب الحمراء Rhodophyta الغربية التي دخلت البحر المتوسط [51] عن طريق قناة السويس. سجل وجوده لأول مرة في المتوسط [41] واستقر فيه دون أن ينمو بغزارة، وينتشر بشكل واسع حتى السنوات القليلة الماضية، وهي ذات أصل استوائي [47]. لقد وضع ضمن قائمة أسوأ 100 نوع غازي في البحر المتوسط [58]، هو نوع شائع على شواطئنا [36,7] وجدناه في موقع ابن هاني فوق على نوع *Sargassum vulgare* ولكن غزارته متواضعة ولا يمكن اعتباره من الأنواع الغازية في سورية.

### 12- النوع *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan de saint Leon 1845

يشكل الجنس *Asparagopsis* Montagne الاستوائي من رتبة Bonnemaisoniales شعبة الطحالب الحمراء Rhodophyta المرحلة العروسية أحادية الصيغة الصبغية في دورة حياة أحادية وثنائية الصيغة الصبغية متغايرة الشكل، تتكون المشرة من جذريدات وسوق زاحفة وفروع منتصبة تتفرع في عدة مستويات وفي كل الاتجاهات فتعطي المشرة مظهرًا ريشيًا. الشكل (12).

سجل وجوده كنوع غريب، ينتشر هذا النوع الاستوائي أو شبه الاستوائي في المياه الدافئة للمحيطين الأطلسي والهندي الهادي [12, 24]. سجل وجوده لأول مرة في سوريا [11]، كان انتشاره محدوداً وقليلًا حتى عام 2012. سجل في هذا البحث انتشار واسع وغزير مترافقا مع أنواع الكوديوم على شاطئ ابن هاني.





شكل (12): (*Asparogopsis taxiformis* (Inv)

### 13- النوع *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh

ينتسب هذا النوع لمجموعة أنواع الكوليريا ذات التناظر الجانبي والشكل الريشي الشكل (12) من الطحالب الخضراء Chlorophyta. إن صفات هذا النوع تتطابق مع الصفات المميزة للنوع *Caulerpa taxifolia* ولكن مقارنته مع الشكل المعروف لهذا النوع الذي غزا الشواطئ الغربية للبحر المتوسط من جهة [37]، والشكل الآخر الذي اكتشف وجوده حديثاً في تركيا وتونس [13]، تدل كما أن النوع المكتشف في شواطئنا مماثل في خصائصه مع هذا الأخير والذي أثبتت دراسات البصمة الوراثية على أن أصله يعود لجماعات الـ *Caulerpa taxifolia* الموجودة في المياه الدافئة شمالي شرق استراليا على عكس النوع المذكور في غربي المتوسط والذي يعود لطرز وراثي مختلف منتشر أصلاً في المياه المعتدلة الباردة لجنوبي شرق استراليا [38] ، والذي انتشر في البداية على الشواطئ الفرنسية إثر تسربه عام (1984) من أحد أحواض تربية الأحياء البحرية في موناكو [49]، وقد تم اكتشاف وجوده في سوريا في منطقة بستان الباشا حيث ينمو على قاع صخري أو حطامي في المواقع ذات المياه الهادئة نسبياً وعلى أعماق (0.2-2) م [32]. في هذا البحث سجل انتشار هذا النوع في الكورنيش الجنوبي في اللاذقية حيث كان انتشاره كبيراً لكن غير مسيطر.

إن وجود هذا النوع على الشاطئ السوري مترافق مع الأنواع المحلية الأصلية لا يدل حتى الآن على ميله للسيطرة على مواقع استقراره على حساب الأنواع الأخرى على عكس ما حدث ويحدث في غربي المتوسط.



شكل(13): *Caulerpa taxifolia* (Inv)***Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lmouroux -14**

ينتمي هذا النوع للطحالب الخضراء Chlorophyta تمّ جمع عينات هذا النوع على أعماق من 1-3 م في منطقة ابن هاني حيث يوجد بغزارة ويحتل مساحات محدودة من القاع الرملي الطيني يرافقها أنواع أخرى من الكوليريا وأعشاب الـ *Cymodocea* ينتشر هذا النوع في جميع أرجاء المتوسط [19]. ويغزر قرب المدن في المياه الغنية بالمغذيات. المشرة تتمايز إلى جزء زاحف وجزء ورقي قائم الشكل (14).

شكل(14): *Caulerpa prolifera*

### 15- النوع *Caulerpa scalpelliformis* (R. Brown ex Turner) C. Ag

ينتشر هذا النوع بشكل واسع في المحيطين الهندي والهادي، والبحر الأحمر، وبشكل محدود في المحيط الأطلسي أما في البحر المتوسط فيقتصر وجوده على الشاطئ الشرقي الممتد من غزة حتى الاسكندرون [36,19]، تم العثور على هذا النوع في موقع ابن هاني، وهو يشكل في هذه المنطقة جماعات كبيرة تغطي مساحات واسعة من سطح القاع، المشرة مكونة من جزء زاحف و ثخين وجزء ورقي مقصص بشكل متناظر الشكل (15). ومن الواضح أن هذا النوع يتمتع بكفاءة بيئية عالية، حيث يستطيع النمو بغزارة على القيعان الصلبة، سواء كانت صخرية أو حطامية، إضافة إلى مقدرته على منافسة الأعشاب البحرية *Cymodocea* و *Zostera* في حالة القيعان الرملية والطينية ويؤدي النمو المكثف لأفراد هذا النوع مع ما قد يرافقه من أنواع الكوليريا الأخرى وبخاصة *C. racemosa* إلى تشابك أجزائها الزاحفة، مما يساهم في تجمع الرسوبيات الناعمة، مع ما يرافقها من الفتات العضوي الناتج عن موت وتحلل الأحياء البحرية المختلفة، مما يؤدي إلى أغناء دائم لهذه المناطق بالمغذيات، ويفسر وجود العديد من الطحالب المميزة للمواقع الغنية بالمغذيات بالرغم من قلة غزارتها بسبب ضيق المكان المتاح لارتكازها.

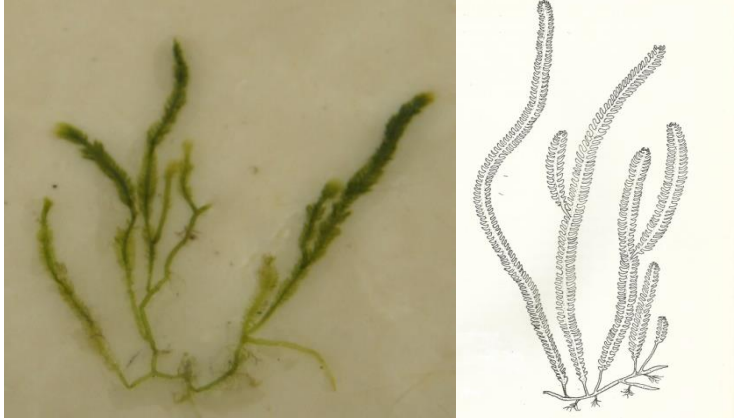


شكل(15): النوع *Caulerpa scalpelliformis*

**16- النوع *Caulerpa mexicana* (Sonder ex Kützing) J. Agardh.**

. ينتشر هذا النوع بشكل واسع في المياه الدافئة بجميع المحيطات وفي البحر الأحمر، أما في البحر المتوسط فيقتصر وجوده على الشواطئ الشرقية لفلسطين ولبنان وسورية [19]. تم العثور على هذا النوع بشكل أفراد منعزلة أو محدودة العدد على أعماق من (10- 20) م في منطقة ابن هاني حيث يكون مرافقاً لجماعات أعشاب السيمودوسيا

*Cymodocea*



شكل(16): *Caulerpa mexicana*

**17- النوع *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh**

يتميز هذا النوع، كما يشير إلى ذلك اسمه بالشكل العنقودي الذي تبديه الأجزاء القائمة التي تحمل عدداً كبيراً أو قليلاً من الفروع الجانبية الحويصلية، كما يتميز بوجود رثد زاحف قوي وثخين نسبياً (2-3 مم) وغزير التنوع. ونظراً لتعدد أشكال وحجوم وطريقة انتظام الأجزاء الحويصلية، فقد تم وصف العديد من الأصناف والأشكال ضمن ما سمي "بمعقد الكوليريا العنقودية" [53]، والذي ربما يعود لوجود حالات من التهجين ضمن جماعات هذا النوع كما تشير إلى ذلك الدراسات الحديثة [50] وقد مكنتنا دراسة العينات العائدة لهذا النوع التي تم جمعها من الشاطئ السوري من تأكيد الأصناف التالية [32]:

1- *Caulerpa chemnitzia* (Esper) J.V. Lamouroux

- يبدي هذا الصنف الشكل النموذجي للكوليريا العنقودية. تتطبق أوصاف هذا الصنف على التسجيلات السابقة للنوع راسيموزا *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Ag. Var. *uvifera* (c. Ag.) S. Ag في شرقي المتوسط وتونس [36]. وقد تم العثور عليها على عمق (0.5-2) م قرب مرفأ طرطوس [32]. وجد في هذا البحث منتشرا بغزارة كبيرة على شاطئ ابن هاني الشكل (17).



شكل(17): صورة *Caulerpa chemnitzia*

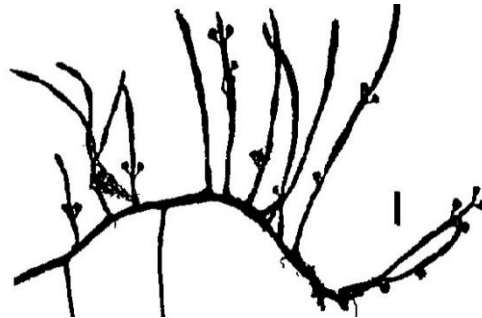
2- *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Ag. Var. *cylindracea*

(Sonder) Verlaque, Hisw. el Bond.

تم جمع هذا الصنف الذي سجّل لأول مرة في شرق المتوسط [32]، مترافقاً مع الصنف السابق على أعماق 0.5-2 م على شاطئ جبلة. علماً بأنه يُعدّ من أكثر الأنواع الغازية خطورة نظراً لسرعة نموه ومقدرته الفائقة على التكاثر الإعاشي، حيث استطاع خلال عقد واحد من الزمن احتلال مساحات واسعة من شواطئ دول حوض البحر المتوسط [29] الشكل (18).

شكل(18): النوع *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Ag. Var. *cylindracea* (inv)**3- *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Ag. Var. *Lamourouxii*****(Tune) weber Van Bosse F. requienii (Mont.) Weber Van Bosse**

تم العثور على هذا الشكل في منطقة ابن هاني على أعماق (10-15) م وكانت هيو في أول من سجل وجوده في المتوسط عندما جمعته من منطقة رأس شمرا عام 1957 [53] وهو شكل معروف أصلاً من المحيط الهندي [27] الشكل (19).

شكل(19): النوع *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Ag. var. *Lamourouxii***18- النوع *Codium arabicum* Kutzing**

ينتمي إلى شعبة الطحالب الخضراء Chlorophyta يعيش في مياه المحيط الهندي الهادي، دخل المتوسط عبر قناة السويس، ينتشر هذا الطحلب في المياه الاستوائية وشبه الاستوائية والمعتدلة نذكر منها مصر: افريقيا [40]، و جزر المحيط الهندي [48]، وفلسطين ولبنان [28]، جمع أول مرة على الشاطئ السوري عام 2013 في نهاية الربيع [2]. وجد

في هذا البحث في موقع ابن هاني على عمق من 0 الى 1 م. المشرة مسطحة ومفصصة ذات مظهر اسفنجي، الجيوب المنتفخة ذات قمة مدورة وسميكة الشكل (20)،



شكل(20): *Codium arabicum* [2].

#### ***Codium taylorii* P.C.Silva - 19**

ينتمي إلى شعبة الطحالب الخضراء Chlorophyta يتوزع جغرافيا في افريقيا الجزائر [19] و فلسطين [18] وتركيا [47] جمع أول مرة على الشاطئ السوري عام 2013 في نهاية الربيع [2]، تنفرع المشرة إلى فروع عريضة ومسطحة الشكل (21).



شكل(21): *Codium taylorii* [2].

### ***Codium parvulum* (Bory ex Audouin) P.C.Silva – 20**

ينتمي إلى شعبة الطحالب Chlorophyta ينتشر في مصر و فلسطين [6]. جمع أول مرة على الشاطئ السوري عام 2013 في نهاية الربيع [2]. وجد في هذا البحث ينمو على عمق من 10 إلى 30 م في موقع ابن هاني، المشرى متفرعة بشكل غير منتظم والجيوب ذات قمة مدورة قليلاً الشكل (22).



شكل (22): *Codium parvulum*. [2]

### **21- النوع *Halophila stipulacea* (Forsskål) Ascherson**

نوع استوائي من الأعشاب البحرية ينتشر في المحيط الهندي والبحر الأحمر سجل وجوده في المتوسط لأول مرة عام 1894 في اليونان وفي سوريا في موقع راس البسيط [4] وجد في هذا البحث في موقع شاليهات الدراسات الشكل (23).



شكل (23): *Halophila stipulacea*

لقد سمحت لنا الدراسة الحالية بمراقبة شاطئ اللاذقية و تحديد الوضع الراهن للتنوع الحيوي في النباتات البحرية و حصر 21 نوعاً من الطحالب الغربية ونوع واحد من الأعشاب البحرية منها 7 أنواع من الطحالب الغازية. لوحظ تفوق هذه الأنواع في المنافسة مع الأنواع الأصلية نتيجة نموها السريع واحتوائها على مواد سامة لكثير من الأحياء الحيوانية المحلية العاشبة [58]. مثل الدور الغازي للنوع *G. rugosa* و *C. racemosa* (Frossk) J. و النوع *Agardh* (Chlorophyta) و النوع *A. taxiformis* و النوع *G. farinosum* [45] والتي لها دور في تحويل تركيب المجتمعات النباتية القاعية وتخفيض التنوع الحيوي النباتي [38] لقد أظهرت الدراسات دور *C. racemosa* في تخفيض التنوع الحيوي [42] كانت التأثيرات السلبية للنوعين *C. taxifolia* و *S. chimperi* أقل حدة، وذلك بسبب غزارة الأنواع الحيوانية العاشبة المهاجرة من بيئات مماثلة كأسماك الغربية *Siganus luridus*, *S. rivulatus* المهاجرة من البحر الأحمر الموجودة حالياً بغزارة في شرقي المتوسط، والتي تستطيع التغذي عليها وهي تعمل بالتالي على تنظيم نمو هذه الطحالب والحد من سيطرتها.

#### 4- الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- بلغ عدد الأنواع الغربية المدخلة إلى شاطئ اللاذقية 22 نوعاً وثلاثة أصناف.
- 2- سجل وجود 7 أنواع غازية على شواطئنا.
- 3- نأمل مستقبلاً الاستمرار في الاهتمام بظاهرة الأنواع الغربية ومراقبة انتشارها ودورها البيئي وخاصة التي تنذر بنجاحها المتسارع في غزو واسع للبحر المتوسط بانقلاب كبير في تركيب مجتمعاته الحية.

شكر:

جاء هذا البحث ضمن نتائج مشروع متعلق بالأنواع الغربية والغازية في سورية وهو ممول من الهيئة العليا للبحث العلمي



## 5- المراجع

- 1- ABBAS, A 1992 **Contribution to the study of benthic marine algae on Lattakia beach**. Master's thesis, Tishreen University, 173.
- 2- ABBAS, A 2015. Three New Records of Marine Green Algae (Bryopsidales, Chlorophyta) From The Syrian Coast. **Tishreen University Biological Sciences Series Vol. 73. 1 .**
- 3- ABBOTT I.A, WILLIAMSON E.H L 1974, An ethnobotanic study of some edible Hawaiian seaweeds. **Bull. Pacif. Trop. Bot. Gard** 4. 1 – 21
- 4- Abboud-Abi Saab M, Bitar G, Harmelin JG, HarmelinVivien, M., Romano, J.C. 2003. **Environnement côtier et biodiversité marine sur les côtes libanaises; inventaire et mise en place d'un ensemble matériel et humain d'observation et d'analyse de leur évolution, degré d'altération des communautés benthiques littorales**. Rapport final Franco-Lebanese Cooperation Program CEDRE (1999-2002), 75 pp
- 5- ALEEM A A 1993- Marine algae of Alexandria, Egypt. pp. [i-iv], , [1]-135. Alexandria
- 6- ALVARO A, EINA V PC, SILVA G, PAZ ME, CHACANA AND J, D 2010, First report of the seaweed *Codium parvulum* (Chlorophyta) in Mediterranean waters: recent blooms on the northern shores of palestine **Phycologia** 49: 107-112.
- 7- ARRAJ. H, MAYHOOB, H. ABBAS, A 2016. First records of two Padina species (Dictyotales, Phaeophyceae) from the

- Syrian coast (eastern Mediterranean) .**Marine Biodiversity Records** 9:93.1-5.
- 8- AYSEL, V. Marine Flora of the Turkish Mediterranean Coast 1. Red Algae (=Rhodophyta), **TuBiTAK.Tr. J. of Botany** 21, 1997, 155-163.
- 9- BITAR G, OCAÑA O, RAMOS-ESPLÁ A 2007, **Contribution of the Red sea alien species to structuring some benthic biocenosis in the Lebanon coast (Eastern Mediterranean)**. Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, 38, 437.
- 10- BONIN R D, HAWKES W M 1987, Systematics and life histories of New Zealand Bonnemaisoniaceae (Bonnemaisoniales, Rhodophyta): I. The genus *Asparagopsis* **New Zealand Journal of Botany**, Vol 25, 4.
- 11- BORGESSEN, F1913- The marine algae of the danish west indies (Chlorophyceae and Pheophyceae). **Copenhagen, Bianco Luno** 1, -14, 226.
- 12- BOUDOURESQUE C, VERLAQUE M 2002, Biological pollution in the Mediterranean Sea: Invasive versus introduced macrophytes. **Marine pollution bulletin**. 44. 32-8.
- 13- CEVIK C, YOKES M B, CAVAS L, ERKOL L I, DERICI O. B , VERLAQUE M 2007, First report of *Caulerpa taxifolia* (Bryopsidales, Chlorophyta) on the Levantine coast (Turkey, Eastern Mediterranean)". **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 74, 549- 556.

- 14- COLAUTTI R, MACISAAC H 2004, A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions* – **DIVERS DISTRIB.** 10. 135-141.
- 15- DELILE AR 1813, *Florae Aegyptiacae illustratio*. In France (Commission d'Egypte), *Description de l'Egypte ou recueil des observations et des recherches qui ont e'te' faites en Egypte pendant l'expedition de l'armee francaise (1798 – 1801)*, **Histoire naturelle** 2 pp. 49 – 82, 145 – 320 + atlas, pl. 1 – 62.
- 16- DIAPOULIS A, HARITONIDIS S 2008, A Qualitative and Quantitative Study of the Marine Algae in the Saronikos Gulf (Greece). **Marine Ecology**. 8. 175 – 189.
- 17- FELDMANN G 1965, Le d~veloppement des tetraspores de *Falkenbergia rufolanosa* et le cycle des *Bonnemaisoniales*. **Revue Generale Botanique** 62. 621-626.
- 18- GALIL B. S 2008. Alien species in the Mediterranean Sea—which, when, where, why? **Hydrobiologia** 606, 105-116.
- 19- GALLARDO T, GARRETA A G, RIBERA M A, CORMACI M, FURNARI G, GIACCONE G, BOUDOURESQUE C F 1993, Check-list of Mediterranean Seaweeds II. Chlorophyceae". *Wille s. t.* **Botanica Marina** 36. 399-421 .
- 20- GERALDINO PJL, LAWRENCE ML, BOO SM 2005, Morphological study of the marine algal genus *Padina*

- (Dictyotales, Phaeophyceae) from the southern Philippines: 3 species new to the Philippines. **Algae**.20. 99–112.
- 21– GUIRY M D, GUIRY, G M 2021, AlgaeBase. World–wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of M.D. Guiry). *Colpomenia peregrina* Sauvageau, 1927. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=145856> on 2021–12–23
- 22– GUIRY MD, GUIRY G M 2021, AlgaeBase. World–wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of M.D. Guiry). *Spatoglossum schroederi* (C.Agardh) Kützing, 1859. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=145388> on 2021–12–23
- 23– HAMEL G 1930, Les Caulerpes mediterraneene. **Revue Algal**. 5: 229 –231.
- 24– HARVEY W.H 1855, Some account of the marine botany of the colony of Western Australia. **Trans. Roy. Ir. Acad**. 22. 525 – 566.
- 25– HOFFMAN B, WOEHR D, MALDAGEN–YOUNGJOHN R, LYONS B 2011, Great man or great myth? A quantitative review of the relationship between individual differences and

- leader effectiveness. **Journal of Occupational and Organizational Psychology**. 84. 347–381.
- 26– HOFFMAN, R 2014. Alien benthic algae and seagrasses in the Mediterranean Sea and their connection to global warming. In: Goffredo, S., Dubinsky, Z. (Eds.), *The Mediterranean Sea: Its History and Present Challenges*. **Springer Science+Business Media, Dordrecht**, pp. 159–181.
- 27– HUVE, H. 1957 Sur une variete nouvelle pour la Mediterranee de *Caulerpa racemosa* (Forssk.) J. Agardh". **Recueil trav. stat. mar. Endoume** 12. 67–73.
- 28– KAPIRIS K C, APOSTOLIDIS R, BALDACCONI N, BAŞUSTA M, BILECENOGLU G, BITAR D C 2014, New Mediterranean Biodiversity Records. **Medit. Mar. Sci**, 15/1 198–221.
- 29– KLEIN J, VERLAQUE M 2008, The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review". **Marine Pollution Bulletin** 56. 205–225.
- 30– Kress. J. W, Garcia–Robledo.C, Uriarte.M, L. Erickson.L.D 2014. DNA barcodes for ecology, evolution, and conservation. **Trends in Ecology & Evolution** Vol 30.1.
- 31– LITTLER DS, LITTLER MM 2003. South Pacific reef plants. A diver's guide to the plant life of the South Pacific coral reefs. **Offshore Graphics**, Inc., Washington, DC, 331 pp.
- 32– MAYHOOB H, ABASS A, ARRAJ H 2012, Contribution to the study of the taxonomy and distribution of the genus

- Caulerpa with new records of *C. racemosa* var. *cylindracea* and *C. taxifolia* from the Syrian coast. **Tishreen University Journal**. Vol. 34 No. 4.
- 33- MAYHOOB, H 1989 Brown algae from the Red Sea invades the Syrian shores. **Damascus University Journal**, Vol. 5.18, 65-79.
- 34- MAYHOOB, H 1990 Syrian algae 1- About some new red algae for the Mediterranean Sea. **Damascus University Journal**, Vol 6. 23, 24, 21-37.
- 35- MAYHOOB, H 2004 Presence of the tropical brown alga *Padina tetrastromatica* near Lattakia. **Damascus University Journal**, Vol 20. 2, 77-89.
- 36- MAYHOOB, H, 1976 **Recherches sur la végétation marine de la côte syrienne. Etude expérimentale sur la morphogenèse et le développement de quelques espèces peu connues**, Thèse, Univ. Caen, France, 286pp .
- 37- MEINESZ A, HESSE B 1991, Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale". **Oceanologica Acta** 14 (4) 415-426.
- 38- MURPHY NE, SCHAFFELKE B 2003, Use of amplified fragment length polymorphism (AFLP) as a new tool to explore the invasive green alga *Caulerpa taxifolia* in Australia. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 246. 307-310.
- 39- NI-NI-WIN, HANYUDA T, STEFANO GAD, FURNARI G, MEINESZ A, KAWAI H 2011, *Padina ditristomatica* sp. nov. and *Padina pavonicoides* sp. nov. (Dictyotales,

- Phaeophyceae), two new species from the Mediterranean Sea based on morphological and molecular markers. *Eur J Phycology*.46. 327–41
- 40– PAPENFUSS GF 1968, A history, catalogue, and bibliography of the Red Sea benthic algae. *Journal of Botany* 17. 1–118.
- 41– PETERSEN HE 1918, Algae (excl. CaJcareous algae). Report 01 the Danish Oceanographic Expedition, 1908–1910, to Medit. and adjac. *Seas, JI, Biol.*, K3, 1–20.
- 42– SCHAFFELKE, B., SMITH, J.E. HEWITT. C. L 2006. Introduced macroalgae – a growing concern. *J. Appl. Phycol.* 18, 529–541.
- 43– SEEBENS, H., BLACKBURN, T., DYER, E 2017. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nat Commun* 8, 14435 .
- 44– SILVA PC, BASSON PW, MOE RL 1996, Catalogue of the benthic marine algae of the Indian Ocean. *University of California Press*, Berkeley, 1259.
- 45– STREFTARIS N, ZENETOS A 2006, Alien marine species in the Mediterranean – the 100 “worst invasives” and their impact. *Medit. Mar. Sci.* 7. 87–118.
- 46– TEMPESTI J, MANGANO M C, LANGENECK J, LARDICCI C, MALTAGLIATI F, CASTELLI A. 2020. Non-indigenous species in Mediterranean ports: A knowledge baseline. *Marine Environmental Research*. 161. 105056 .

- 47- THESSALOU-LEGAKI<sup>1</sup> M Ö, AYDOGAN P, BEKAS<sup>3</sup> G, BILGE<sup>4</sup> YÖ, BOYACI E, BRUNELLI V, CIRCOSTA F, CROCETTA F, DURUCAN M, ERDEM A E, 2012, New Mediterranean Biodiversity Records. **Mediterranean Marine Science**. 13/2.: 312-327.
- 48- TSUDA R.T, WALSH S.K 2013, Bibliographic checklist of the marine benthic algae of Central Polynesia in the Pacific Ocean (excluding Hawai'i and French Polynesia). **Micronesica**. 02. 1-91.
- 49- UNEP 1998, **The presence of invasive caulerpa species in the mediterranean sea"**. **Workshop on invasive Caulerpa species ' in the Mediterranean Heraklion, Crete,** Greece, 18-20 March. UNEP(OCA)/MED WG.139/3. Pp 1-29.
- 50- VERLAQUE M, RUITTON S, BOUDOURESQUE C F 2005. **Algal introductions to European shores**. 5th PCRD European Programme "Aliens". Final Report – UMR CNRS 6540 DIMAR, COM, Marseille, 27.
- 51- VERLAQUE M, RUITTON S, MINEUR F, BOUDOURESQUE, C F2007, Ciesm atlas of exotic macrophytes in the mediterranean sea. **Rapp. Comm. int. Mer Medit** 38 .
- 52- VIEIRA C, AHARONOV A, PAZ G, ENGELEN H, TSIAMIS K, EINAV R, LERCK O 2019, Diversity and origin of the genus Lobophora in the Mediterranean Sea including the



- description of two new species. **Phycologia**. 10.1080/00318884.2018.1534923.
- 53- WEBER VAN B A 1989 Monographie des Caulerpes". Ann. J. **evol. Bot. Buitenz** 15. 243- 401.
- 54- Zenetos A 2019. **Mediterranean Sea: 30 Years of Biological Invasions (1988-2017). p. 13-19. In: Proceedings of the 1st Mediterranean Symposium on the Non-Indigenous Species**, 18 January 2019, Antalya, Turkey. Langar, H., Ouerghi, A. (Eds). SPA/RAC, Tunis .
- 55- Zenetos A, Çinar ME, Crocetta F, Golani D, Rosso A, Servello G, 2017. Uncertainties and validation of alien species catalogues: the Mediterranean as an example. **Estuar Coast Shelf S**.191:171-87.
- 56- ZENETOS A, GALANIDI M 2020. Mediterranean non indigenous species at the start of the 2020s: recent changes.
- 57- ZENETOS A, GOFAS S, VERLAQUE M, ÇINAR M, GARCÍA R J, BIANCHI C, MORRI C, AZZURRO E, BILECENOGLU M, FROGLIA C, SIOKOU-FRANGOU I, VIOLANTI D, SFRISO A D, N G, GIANGRANDE A, AN T, BALLESTEROS E E, ALFONSO A, MASTROTOTARO F, STREFTARIS N, 2010, Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. **Mediterranean Marine Science**. 11. 381-493. 10.12681/mms.87.

- 58- ZENETOS A, INAR M E, PANCUCCI-  
PAPADOPOULOU MA, HARMELIN JG, FURNA-RI G.  
2005. Annotated list of marine alien species in the  
Mediterranean with records of the worst invasive species.  
**Mediterranean Marine Science**, 6 (2): 63-118.

## **عنوان البحث:**

# **تحسين جودة التغذية الكهربائية و استمراريتهما لتلبية الحمل الحرج للمركز التلفزيوني في حمص**

**م. وسام جميل عساف**

**إشراف . د. فراس الخليل**

**مشارك. د. مظهر عز الدين**

**كلية الهندسة الكهربائية**

**قسم الطاقة الكهربائية**

## تحسين جودة التغذية الكهربائية و استمراريته

### لتلبية الحمل الحرج للمركز التلفزيوني في حمص

#### ملخص

نظراً لما يعانيه المركز التلفزيوني في حمص من الانقطاعات المتكررة و الطويلة في الشبكة الرئيسية و مشاكل في جودة التغذية الكهربائية ( الجهد - التردد ) ترافقاً مع النقص الكبير في المصدر الاحفوري ، حيث توصلنا في هذه الورقة البحثية الى تحقيق استمرارية و استقرار في جودة التغذية الكهربائية لتلبية متطلبات الحمل الحرج ، وذلك عن طريق استخدام نظام هجين ( منظومة شمسية + مولدة كهربائية ) يقوم بتغذية حمل المركز من خلال مبدلين DC/AC يملكان نفس الاستطاعة يتم توصيلهم على التوازي . تعمل الخوارزمية المقترحة في الوضعين المعزول و المتصل مع الشبكة و هنا تم دراسة الوضع المعزول عن الشبكة ( stand-alone ) فقط بحيث نضع الأحمال في أولوية التغذية ، تم التحكم بمشاركة الاستطاعة لكل مبدل عن طريق نظرية Droop Control التي تعتمد على القياسات المحلية دون الحاجة لوجود اتصالات ذات عرض نطاق ترددي عالي بين المبدلين و قمنا باستخدام التحكم الهرمي للتحكم بالنظام ككل . و أخيراً تم إجراء عملية محاكاة للنظام المقترح في برنامج الماتلاب و حصلنا على النتائج المطلوبة بزمن استقرار صغير جداً .

**الكلمات المفتاحية :** مشاركة الاستطاعة للمبدلات DC/AC ، جودة التغذية الكهربائية ، Droop Control ، التحكم الهرمي .

# Improving the quality and continuity of the electrical supply to meet the critical load of TV center in Homs

## Abstract

Because of what is exposed to the TV center in Homs from frequent and long interruptions in the utility grid and problems in the quality of electrical feed ( voltage – current ) in conjunction with the huge shortage of the fossil source , where in this research paper, we found to achieve continuity and stability in the quality of the electrical feed to meet the requirements of the critical load , by using a hybrid system (PV system + Generator ) that feeds the center load through two inverters of the same capacity connected in parallel .The proposed algorithm works in the two modes ( standalone – connected grid ) and here the standalone mode was studied only so that we put the loads in priority feeding , the power of each inverter was controlled by a Droop Control method , which depends on local measurements without the need for high – bandwidth communications between inverters. Hierarchical control was used to control the entire system. Finally we simulated proposed system in the Matlab software and we got the required results with a very small sitting time .

**Key words :** power sharing for DC/AC inverters, quality of electrical power , Droop Control , hierarchical control.

## مقدمة

من الملاحظ زيادة الاهتمام العالمي في ظل ما نمر به من نقص كبير في المصادر الأحفورية و الاحتباس الحراري الذي يعد المشكلة الأكبر في الوقت الراهن الى التوجه نحو الطاقات المتجددة للحد قدر المستطاع من هذه المصادر ، وبما أن الطاقات المتجددة تعتمد على مصادر ذات طبيعة متغيرة غير ثابتة مثل الشمس ، الرياح ، حركة الأمواج و غيرها . فكان لا بد من مشاركتها مع المصادر التقليدية على شكل أنظمة هجينة معزولة عن الشبكة أو متصلة معها . والتحكم بالاستطاعة يجب أن يكون مرتبط عند تكوين مثل هكذا أنظمة بحيث نجعل الأولوية في تغذية الأحمال من الطاقات البديلة أو الجزء الأكبر من الحمولة مع المحافظة على استمرارية التغذية و خاصة في حال عدم وجود وحدات التخزين ، بالإضافة للتبديل السلس بين الوضعين المتصل و المعزول عن الشبكة و التحكم بتدفق الاستطاعة من و الى الشبكة الرئيسية . من هنا كان الهدف من هذا البحث لما يعانيه المركز التلفزيوني في مدينة حمص من انقطاعات متكررة و طويلة في الشبكة و مشاكل في جودة التغذية الكهربائية ، حيث تم تكوين نظام يتألف من مصدرين متجدد ( ألواح شمسية ) و تقليدي ( مولدة كهربائية ) و ذلك في الوضع المعزول عن الشبكة لتلبية الحمل الحرج بدون استخدام بطاريات كون البث التلفزيوني يتم حالياً في النهار فقط ، حيث تم ربط المبدلين DC/AC للمصدرين على التوازي و للمحافظة على استمرارية و جودة في التغذية و التحكم بالاستطاعة فتم استخدام نظرية droop control لكل مبدل التي تعتمد على القياسات المحلية ذات عرض نطاق ترددي صغير التي تختلف عن طريقة ربط المبدلات على التوازي باستخدام كروت و اتصالات ذات عرض نطاق ترددي عالي التي تؤثر سلباً على موثوقية النظام و بطئ في سرعة الاستجابة [1] و تم استخدام التحكم الهرمي[3] للتحكم بالنظام الهجين كاملاً الذي يتكون من عدة مستويات للتحكم .

تم تقسيم العمل البحثي لعدة فصول، الفصل الأول يتحدث عن الأنظمة الكهروضوئية ( الفوتوفلتية ) ، الفصل الثاني يتحدث عن جودة التغذية الكهربائية، الفصل الثالث أنظمة التحكم ، الفصل الرابع التحكم بالاستطاعة و مشاركتها للأنظمة الهجينة ، الفصل الخامس يتحدث عن التحكم الهرمي المستخدم لإدارة نظام التحكم ككل ، الفصل السادس حساب استطاعة المنظومة الشمسية ، الفصل السابع يتناول عن محاكاة للنظام المقترح مع حلقات التحكم في الماتلاب .

### أولاً - هدف و أهمية البحث :

يهدف البحث الى تحقيق استقرار و جودة في التغذية الكهربائية لتلبية متطلبات الحمل الحرج للمركز عن طريق مشاركة الاستطاعة لوحدات التوليد (DG) .

الأهمية تكمن في مشاركة الطاقات المتجددة في دعم ومشاركة تغذية الحمل وما يترتب عليه من إيجابيات في الحفاظ على البيئة من خلال التقليل لانبعاث الغازات المضرة . كلما زدنا من المصادر المتجددة يؤدي لزيادة موثوقية التغذية . دعم و تخفيف الضغط عن الشبكة الكهربائية الرئيسية .

الاستغناء عن كروت الاتصال والاتصالات ذات عرض نطاق الترددي العالي المستخدمة عند ربط المبدلات فيما بينها على التوازي و الاستعاضة عنها بالاتصالات ذات عرض نطاق الترددي المنخفض و ما يترتب عليه من سرعة في الاستجابة و تكلفة أقل .

## ثانياً - إجراء قياسات ميدانية للحمل الحرج للمركز :

يتكون المركز من ثلاث أقسام رئيسية :

- قسم التحكم - الاستديو - قسم الإرسال الميكروي. حيث تحوي هذه الأقسام على
- التجهيزات الضرورية لتغذيتها بالكهرباء لإنجاز البث المحلي في المركز التلفزيوني .
- قمتُ بقياس تلك الأحمال على أرض الواقع من تجهيزات موجودة في مخبر الأسس الكهربائي في جامعة البعث كما في الشكل و الجدول (1).



الشكل(1) بعض الصور للقياسات العملية لحمولة المركز التلفزيوني



الجدول (1) قياسات محلية للحمل الحرج للمركز التلفزيوني

استطاعة كلية [W]	استطاعة [W]	العدد	الجهاز
456	57	8	إنارة استديو نيون
1910	$(280*2)+(300*4)+(150)$	7	إنارة استديو بروجكتور
187	$87+100$	2	شاشات استديو
120	40	3	كاميرات
21	$7+14$	2	سبيكر صوت استديو
270	$18+15$	2	سبيكر صوت كونترول
48	48	1	DVDCAM كونترول
131	131	1	جزيرة كونترول
89	89	1	مكسر صورة
100	100	1	كمبيوتر كونترول
130	100	1	كمبيوتر مونتاج

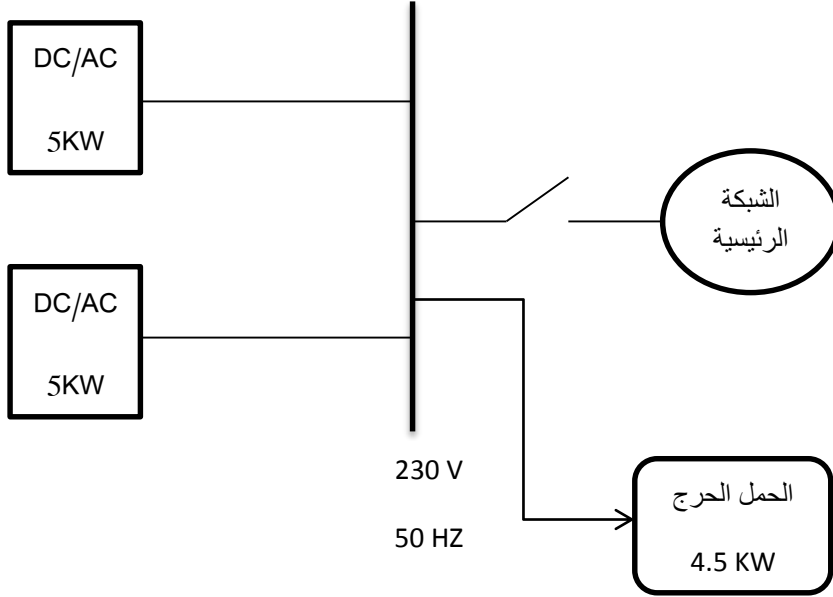
تحسين جودة التغذية الكهربائية و استمراريتها لتلبية الحمل الحرج للمركز التلفزيوني في حمص

172	47+54+40+31	4	تلفاز كونترول بث
20	20	1	مكسر صوت كونترول
65	18+17+30	3	تلفاز كونترول أثناء عمل الكمبيوتر
18	10+8	2	كتلة بريمبر + جهاز اتصال هاتف
42	17+7+18	3	تلفاز + ريسيفر + سيكر مونتاج
54	54	1	DVDCAM مونتاج
557	557	1	ميكروي بث محلي
46	46	1	كتلة إرسال مواد
14	7	2	موزع صوت كونترول
30	10	3	أجهزة أخرى

ثالثاً - النظام المقترح لتلبية الحمل الحرج في المركز التلفزيوني :

وهنا ننوه بما أن البث المحلي للمركز التلفزيوني في مدينة حمص يتم حالياً فقط في النهار، فإنه لم يتم استخدام نظام التخزين (البطاريات) كمصدر آخر للطاقة ومحركاتها في هذا العمل، فيكون النظام المختار لتغذية حمل المركز بعد عملية التصميم عبارة عن مصدرين إحداهما شمسي و الآخر مولدة كهربائية يتم توصيلهما على التوازي عن طريق

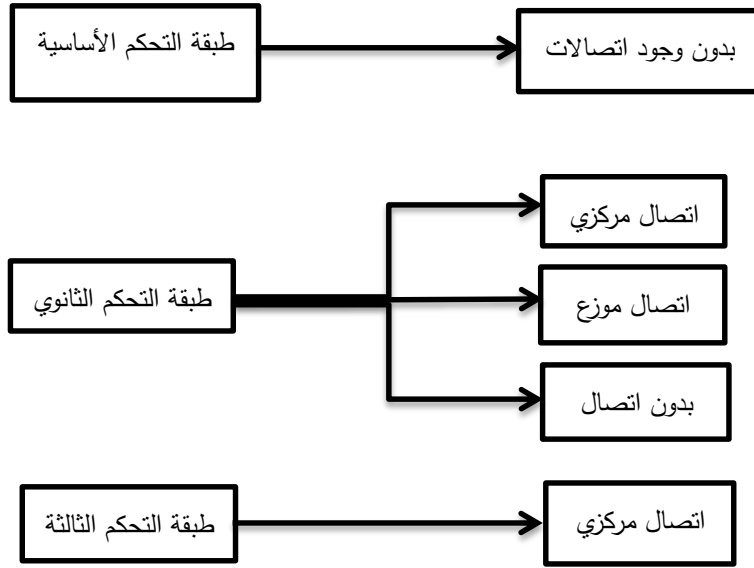
مبدلين DC/AC لهما نفس الاستطاعة ( أكبر من استطاعة الحمولة ) كما موضح في الشكل (2) .



الشكل (2) شكل عام للنظام المقترح لتغذية حمل المركز

### 1 - التحكم الهرمي المستخدم لإدارة نظام التحكم ككل :

يناقش هذا الفصل طبقات التحكم المستخدمة للتحكم بالنظام المقترح اعتماداً على نظرية التحكم الهرمي . يتكون من الطبقة الأساسية والثانية و الثالثة حيث تمت دراسة الطبقتين الأولى و الثانية فقط بينما الطبقة الثالثة تتعلق بدراسة التدفق مع الشبكة الكهربائية الرئيسية (تطوير مستقبلي ) الشكل(3) . لدعم عملية تشغيل عدة مصادر للجهد على التوازي في مشاركة الحمولة و المحافظة على استقرار و جودة التغذية ، فإنه يتم تنفيذ نظرية droop control اعتماداً على التحكم الهرمي[4] .



الشكل (3) : طبقات التحكم الهرمي

## 2 - طبقة التحكم الأساسية :

يتم تنفيذ هذه الطبقة الناتجة من طريقة droop control من أجل إدارة الاستطاعة الفعلية و الردية المقدمة من خلال كل مبدل وذلك عن طريق تنظيم قيمة المطال و تردد الجهد . ينشأ مفهوم droop control من أنظمة القدرة العالية ، والتي تسمح للمولدات التزامنية الكبيرة ذات عزم العطالة الكبير (القصور الذاتي الكبير) للعمل بالتوازي فيما بينها لمشاركة الحمل عن طريق إنقاص ترددها وذلك عند زيادة الاستطاعة الفعلية على الشبكة [10][3] . على عكس أنظمة القدرة التقليدية النموذجية ، فإن وحدات التوليد المقترنة بشكلٍ الكتروني لمبدلات القدرة لا تتضمن خصائص القصور الذاتي لتوفير الاستقرار للنظام أثناء مراحل التزامن . بدلاً من ذلك فإنها تعطي لتغيرات وللحالات العابرة للنظام تحكماً كاملاً من خلال تقديم سرعة استجابة كبيرة . لتحسين استقرار الأنظمة و التنسيق بين المصادر التي تعمل

بالتوازي فإنه يتم محاكاة خاصية القصور الذاتي للمولدات المتزامنة بشكلٍ كهربائي في المبدلات التي تشكل هذا النظام المقترح من خلال نظرية ال droop ، التي تنظم تردد ومطال الجهد بشكل متناسب مع الاستطاعة الفعلية و الردية .  
يتم التعبير عن المعادلة الاساسية لهذه الطبقة من التحكم التي تعتمد على نظرية droop control كالتالي :

$$w_i = w_{nom} - m_i P_i \quad (1 - 2)$$

$$v_i = v_{nom} - n_i Q_i \quad (2 - 2)$$

$w_i$  التردد الزاوي للمبدل DC/AC

$i = (1, 2, \dots, n)$  المقابلة للاستطاعة الفعلية المقاسة  $P_i$

$m_i$  معامل يتعلق بالاستطاعة الفعلية لنظرية droop يدعى ( معامل الهبوط ).

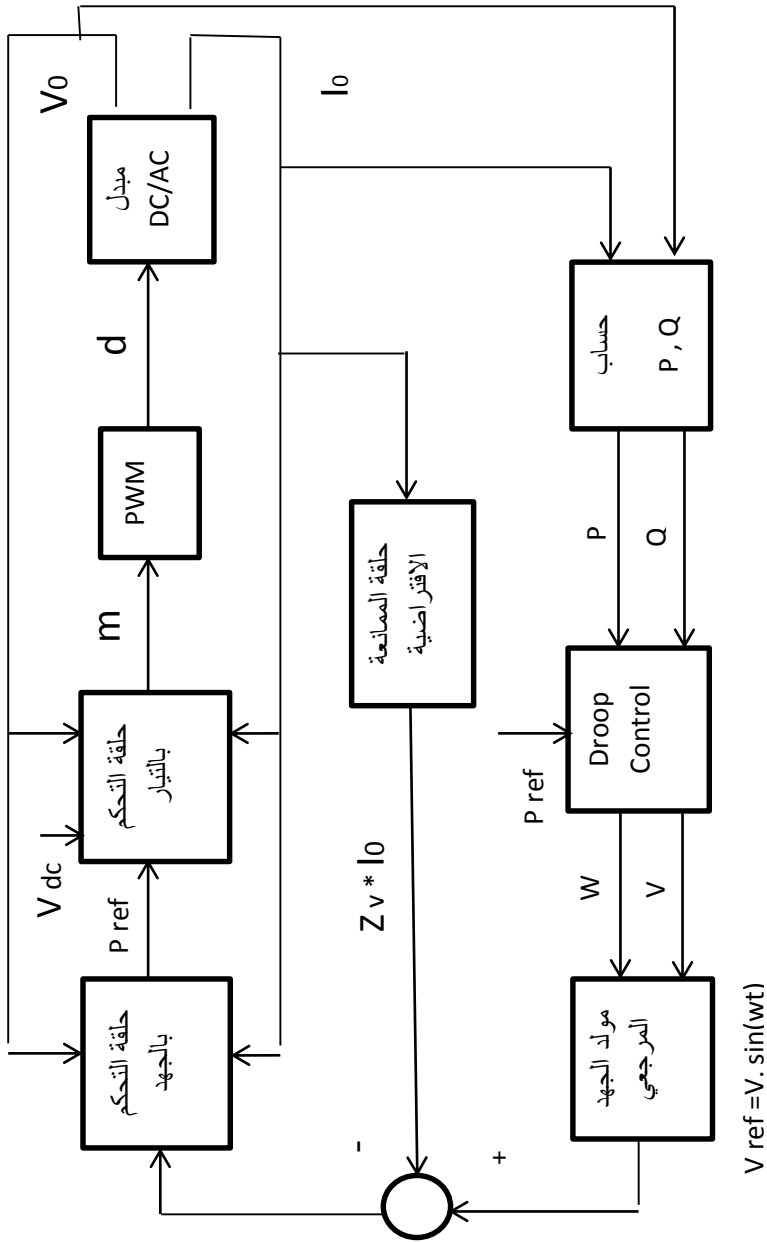
$n_i$  معامل يتعلق بالاستطاعة الردية لنظرية droop

$w_{nom}$  التردد الاسمي للنظام ( الشبكة )

$v_i$  مطال جهد الخرج للمبدل بشكلٍ متناسب مع الاستطاعة الردية المقاسة  $Q_i$

$v_{nom}$  المطال الاسمي للجهد المقدر

يوضح الشكل (4) مخطط لحلقات التحكم المستخدمة في هذه الطبقة

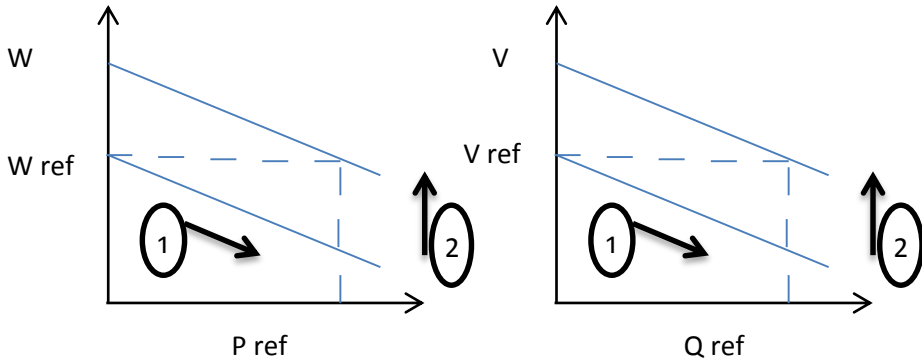


الشكل (4) حلقات التحكم المستخدمة في الطبقة الأساسية

### 3 - طبقة التحكم الثانوية :

تستخدم لتعويض الانحرافات في قيمة الجهد و التردد الناتج عن التحكم بالطبقة الأساسية ، فقط اتصالات ذات عرض نطاق منخفض نحتاجها في مستوى التحكم هذا . يمكن إضافة حلقة مزامنة له لتحويل الأوضاع من الوضع المتصل للشبكة الكهربائية العامة للوضع المعزول و بالعكس [5].

في هذه الطبقة يتم استعادة التردد والجهد للقيم الاسمية من خلال إضافة حد التصحيح و التي تزيح تابع droop للخصائص الأولية له لكل مبدل والشكل (5) يوضح ذلك .

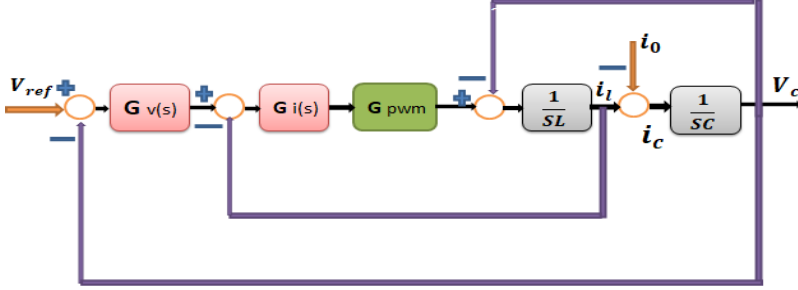


الشكل (5) يوضح وظيفة كل من التحكم الاساسي 1 و الثانوي 2

نلاحظ أنه بدون طبقة التحكم الثانوية ، فإن كل من التردد ومطال الجهد المولدة في النظام الهجين تعتمد على الحمل ، مع انحرافات تنشأ من عزم العطالة و الممانعة الافتراضية في droop control للطبقة الاساسية .

رابعاً - محاكاة حلقات التحكم في الماتلاب :

### 1- المخطط الصندوقي لحلقة التحكم المغلقة للمبدل DC/AC :



الشكل (6) المخطط الصندوقي للحلقة المغلقة للمبدل

توابع النقل للمخطط الصندوقي :

$$G_V(s) = K_{pV} + \frac{K_{iV}}{s} \quad (1 - 3)$$

$$G_I(s) = K_{pI} + \frac{K_{iI}}{s} \quad (2 - 3)$$

$$G_{PWM} = \frac{1}{1+1.5T_s} \quad (3 - 3)$$

$K_{iV}$  ثابت تكاملي لمتحكم الجهد،  $K_{pV}$  ثابت تناسبي لمتحكم الجهد

$K_{iI}$  ثابت تكاملي لمتحكم التيار ،  $K_{pI}$  ثابت تناسبي لمتحكم التيار

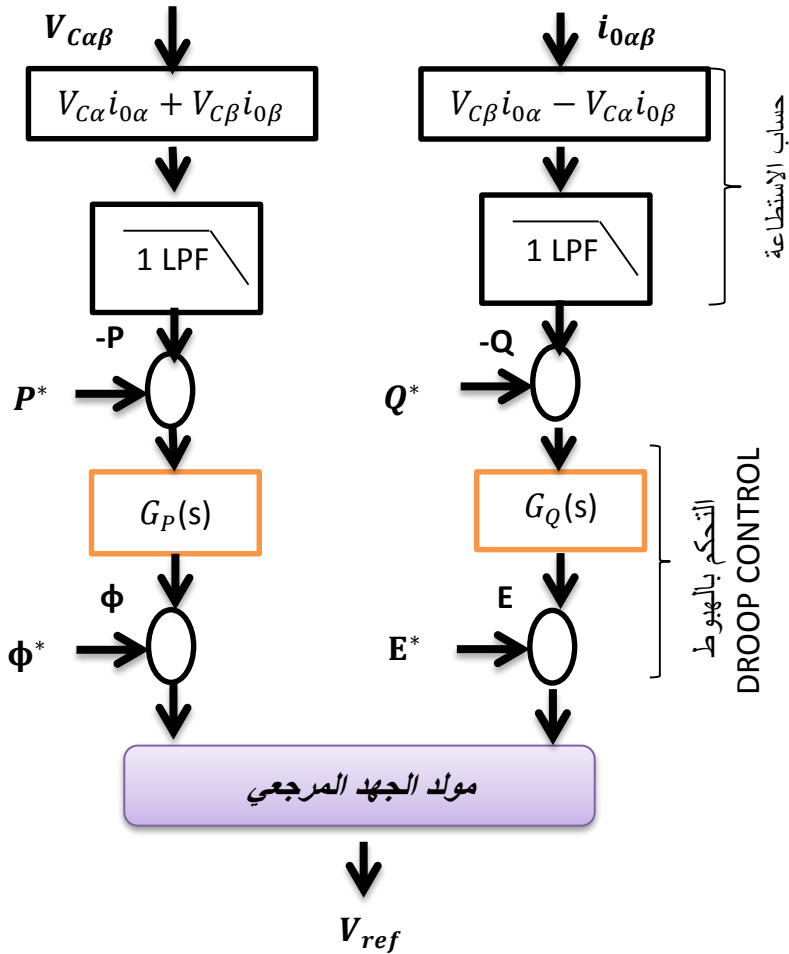
حيث تم ضبط الريح التناسبي لتقديم استجابة عابرة فعالة ، بينما الريح التكاملي

صمم بحيث يخفف خطأ التيار ويحسن من استجابة الحالة المستقرة



## 2 - المخطط الصندوقي لتنفيذ DROOP CONTROL:

يوضح الشكل (7) هذا المخطط ، حيث قمنا بتمرير الاستطاعة اللحظية المحسوبة على المحورين  $\alpha$  و  $\beta$  عبر مرشح تمرير منخفض لإزالة التوافقيات الغير مرغوبة و نحصل على القيم المتوسطة للاستطاعة ليمت مقارنتها مع القيم المرجعية ، بعد ذلك تُضرب بمعاملات الهبوط لنحصل على القيم المقاسة لجهد المبدل و زاوية فرق الطور و التي تقارن مع القيم المرجعية و في النتيجة نحصل على  $V_{ref}$  الى PWM بعد طرح الجهد على طرفي الممانعة الافتراضية الذي سيوضح لاحقاً.



الشكل (7) المخطط الصندوقي لتنفيذ droop control

### 3 - معادلات وتوابع النقل ل DROOP CONTROL:

$$\phi = \phi^* - G_P(s)(P^* - P) \quad (4 - 3)$$

$$E = E^* - G_Q(s)(Q^* - Q) \quad (5 - 3)$$

$\phi$  زاوية الطور المقاسة للجهد المرجعي،  $\phi^*$  زاوية الطور المرجعية .

$$\phi^* = W^* \int dt = W^* t \quad (6-3)$$

$E$  و  $E^*$  الجهد المرجعي والمقاس للمبدل بالترتيب ،  $P^*$  و  $Q^*$  الاستطاعتين الفعلية والردية المرجعيتين ،  $P$  و  $Q$  الاستطاعتين المقاستين الفعلية و الردية .

$$G_P(s) = \frac{K_{pP}S + K_{iP}}{S} \quad (7 - 3)$$

$$G_Q(s) = K_{pQ} \quad (8 - 3)$$

$K_{pP}$  ،  $K_{iP}$  معاملات droop control ،  $K_{pP}$  ثابت تناسبي

$$P = \frac{W_C}{s+W_C} p \quad (9 - 3)$$

$$Q = \frac{W_C}{s+W_C} q \quad (10 - 3)$$

الجهد المرجعي الذي تم الحصول عليه من حلقة التحكم بالهبوط تعطى :

$$V_{ref} = E \sin \phi \quad (11 - 3)$$

حيث يمكن التعبير عن جهد خرج المبدل ب  $V_{OUT}$  المتمثل بالمرشح  $LCL$  و حلقات التحكم بالجهد والتيار و حلقة الممانعة الافتراضية.

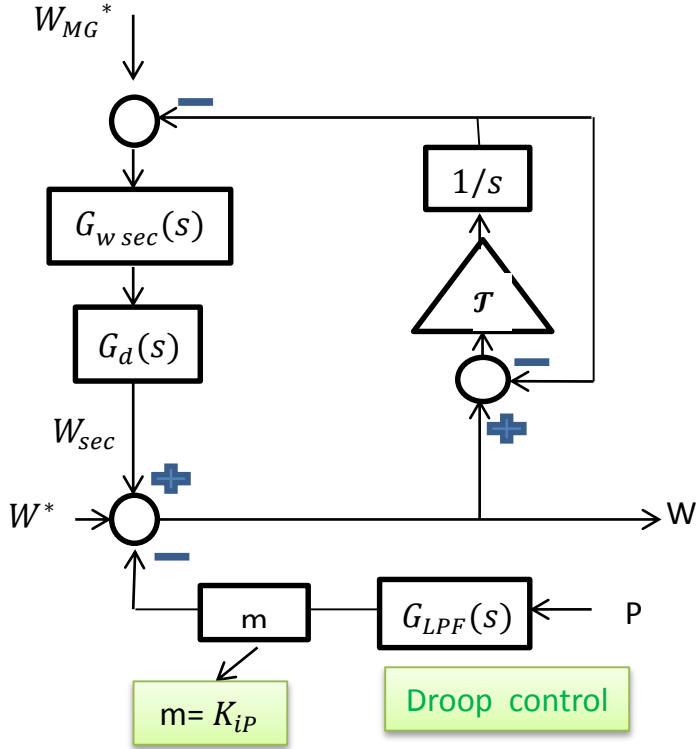
$$V_{OUT}(s) = V_{ref} - Z_D(s)i_0 \quad (12 - 3)$$

ويعطى الجهد على طرفي الممانعة الافتراضية بدلالة المركبتين  $\alpha$  و  $\beta$  بالمعادلات التالية :

$$V_{V\alpha} = R_V i_{0\alpha} - wL_V i_{0\beta} \quad (13 - 3)$$

$$V_{V\beta} = R_V i_{0\beta} + wL_V i_{0\alpha} \quad (14 - 3)$$

#### 4 - المخطط الصندوقي لتعويض التردد :



الشكل (8) المخطط الصندوقي لتعويض التردد

$$W_{rest} = K_{PW}(W_{MG}^* - W_{MG}) + K_{iW} \int (W_{MG}^* - W_{MG})dt \quad (15 - 3)$$

$W_{MG}^*$  القيمة المرجعية لتردد النظام المقترح

$W_{MG}$  القيمة المقاسة لتردد النظام

$W_{rest}$  التردد المعوض

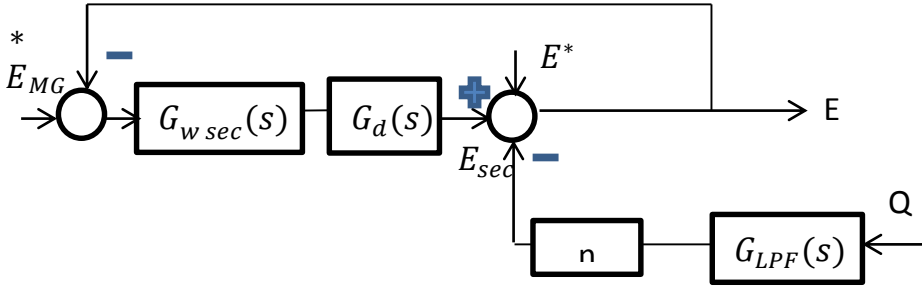
### 5 - المخطط الصندوقي لتعويض الجهد :

$$E_{rest} = K_{PE}(E_{MG}^* - E_{MG}) + K_{iE} \int (E_{MG}^* - E_{MG})dt \quad (16 - 7)$$

$E_{MG}^*$  القيمة المرجعية لجهد النظام المقترح

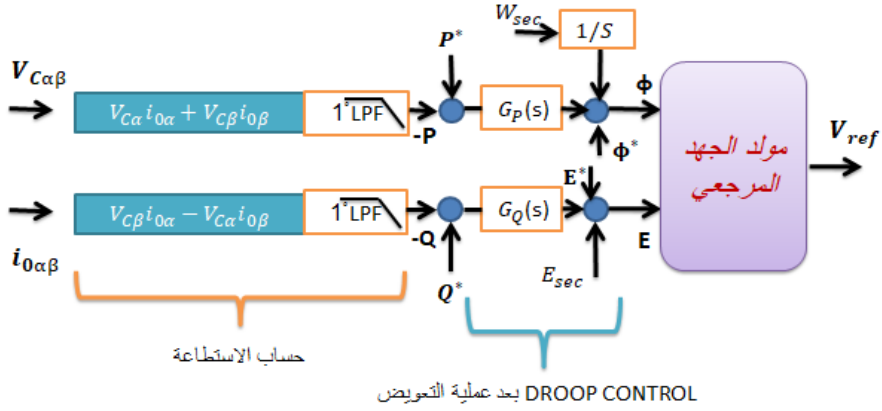
$E_{MG}$  القيمة المقاسة لجهد النظام

$E_{rest}$  قيمة الجهد المعوضة



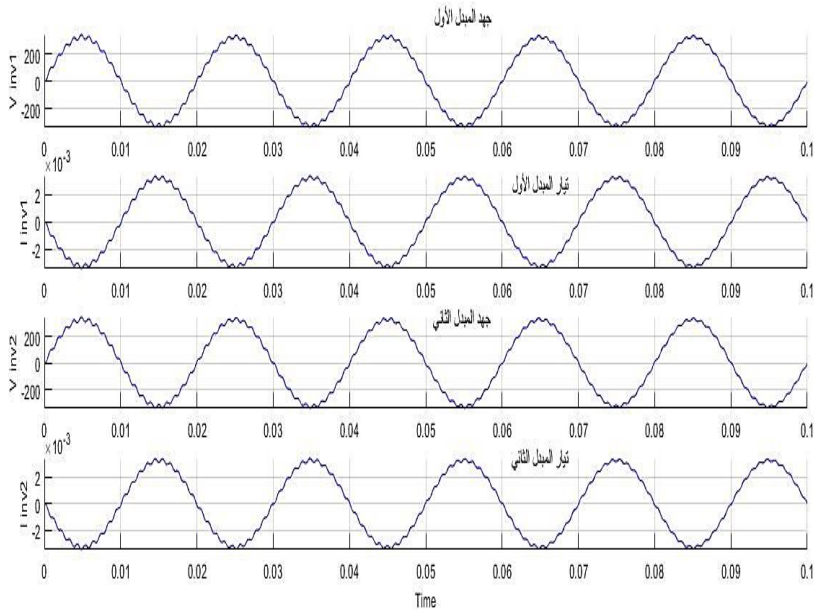
الشكل (9) المخطط الصندوقي لتعويض الجهد

## 6 - المخطط الصندوقي للتحكم الثانوي النهائي :



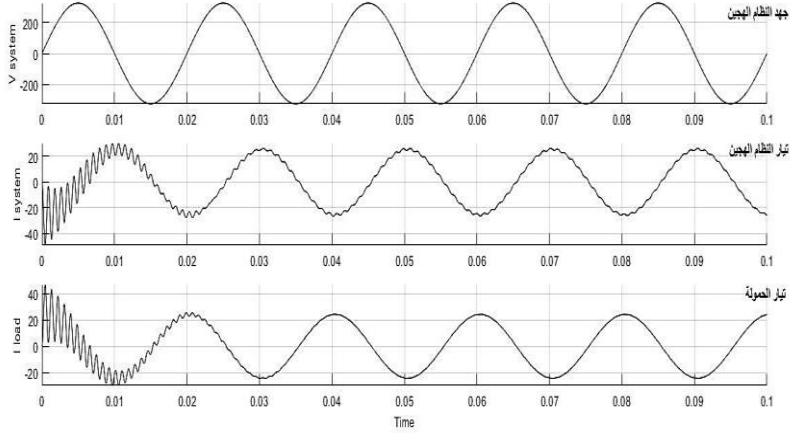
الشكل (10) المخطط الصندوقي لتنفيذ droop control بعد تعويض التردد و الجهد

## خامساً - نتائج المحاكاة و المناقشة



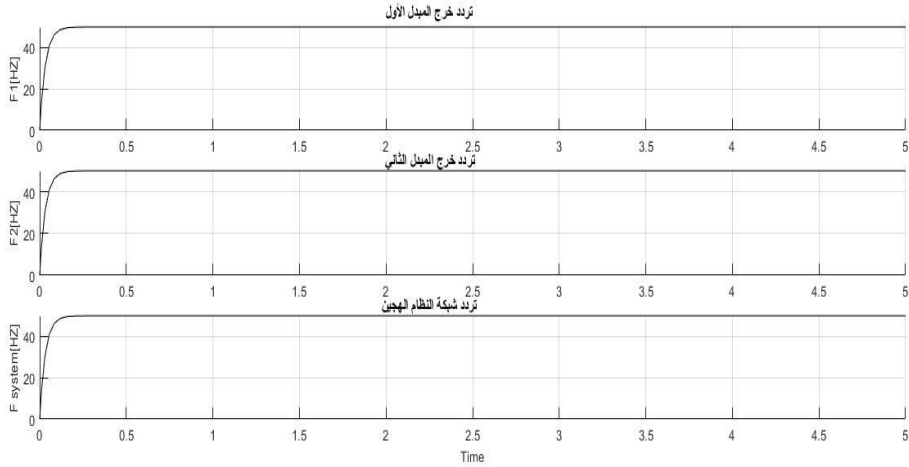
الشكل ( 11 ) جهد وتيار خرج كل من المبدلين

نلاحظ ثبات في خرج كلا المبدلين ، حيث الجهد الناتج 325V كقيمة عظمى و 230V كقيمة فعالة والتيار الناتج 30A كقيمة عظمى و 21.22A كقيمة فعالة .



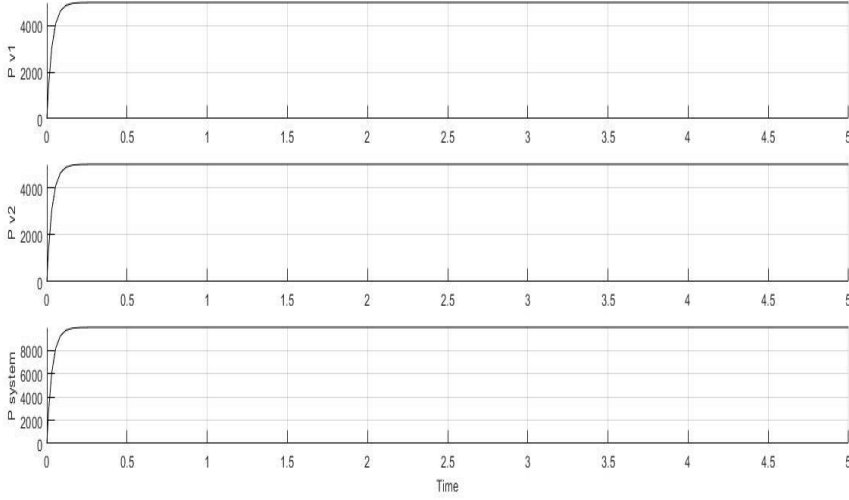
الشكل ( 12 ) جهد النظام الهجين ، تيار النظام الهجين ، استقرار لقيمة تيار الحمل

نلاحظ الحفاظ على جهد وتيار ثابت للنظام مع استقرار في تيار الحمل .

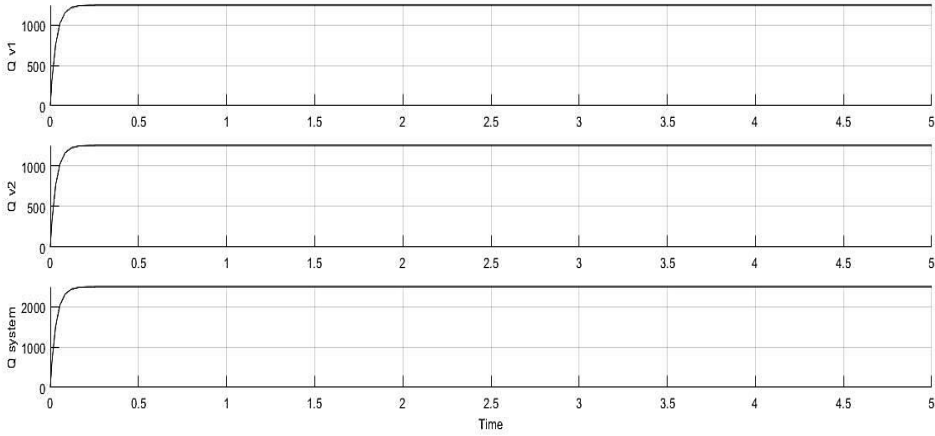


الشكل ( 13 ) تردد خرج كل من المبدلين و للنظام المقترح

أيضاً نلاحظ المحافظة على تردد خرج ثابت ومستقر لكل من المبدلين و للنظام المقترح.



الشكل ( 14 ) الاستطاعة الفعلية لكل من المبدلين و للنظام المقترح



الشكل ( 15 ) الاستطاعة الردية لكل من المبدلين و للنظام المقترح

في الأشكال السابقة نلاحظ الاستجابات لكل من الاستطاعة الفعلية والردية والتردد ( للمبدل الأول و الثاني و للنظام المقترح ) ونلاحظ أيضا " أن النظام مستقر والزمن اللازم لاستقرار النظام صغير (0.3 sec)

#### سادساً- التوصيات

- دراسة لتدفق الاستطاعة مع الشبكة الكهربائية وذلك عن طريق خوارزمية الوضع المتصل مع الشبكة .
- إدخال وحدات توليد أخرى ذات مصادر متجددة وإعادة دراسة التحكم المتبع لتحقيق استقرار واستمرارية التغذية .
- دراسة مقارنة بين التحكم عن طريق Droop Control التي تعتمد القياسات و Master –Slave التي تعتمد على اتصالات ذات عرض نطاق تردد عالي ومدى تأثيرها على موثوقية و سرعة استجابة النظام .
- دراسة اقتصادية لاستخدام المصادر المتجددة كمصدر للقدرة الردية في شبكات التوزيع .



## المراجع References

- [1] P Yunqing, J Guibin. 2004-Auto-master-slave control technique of parallel inverters in distributed AC power systems and UPS, in IEEE 35<sup>th</sup> annual power electronics specialist conference .
- [2] J.M Josep, M Guerrero. 2006-Wireless-Control strategy for parallel operation of Distirbuted-Generation inverters, IEEE Transactions on Industrial Electronics Transactions on Industrial Electronics .
- [3] JM Guerrero, JC Vasquez. 2010-Hierarchical control of droop – controlled AC and DC microgrids, IEEE Transactions on Industrial Electronics
- [4] A Micallef, M Apap, C.S Staines, and J.M Guerrero Zapata.2019- "Secondary control for reactive power sharing and voltage amplitude restoration in droop-controlled islanded microgrids, IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems .
- [5] J Liang, T Green. 2003-Hybrid control of multiple inverter in an island mode distribution system, in IEEE 34<sup>th</sup> annual power electronics specialist conference .
- [6] C L Chen, Y Wang. 2010-Designe of parallel inverters for smooth mode transfer microgrid applications, IEEE Transactions on Power Electronics .
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/power-quality>

- [8] P.A Desale , V.J Dhawale , R.M Bandgar. 2014- Brief review paper on the custom power devices for power quality improvement, International journal of electronic and electrical engineering.
- [9] E Carrick . 2017 – Multichannel and single channel systems, Science Direct.
- [10] JM Guerrero , M Chandorkar ,T-L Lee , PC Loh. 2012 – Advanced control architectures for intelligent microgrids –part I :Decentralized and hierarchical control, IEEE Transactions on Industrial Electronics 60(4):1254–1262