

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية الميكانيكية
والكهربائية والمعلوماتية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 6

1444 هـ - 2023 م

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

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث
بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

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

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

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

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (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
36-11	هبة الإبراهيم د. ازدهار عمّار د. هديل عراج	التركيب النوعي للتجمعات القاعية النباتية والحيوانية في المستنقعات الصلبة لشاطئ مدينة بانياس
56-37	م. أمانة أبو زيد	استخدام خوارزمية مبادلة الوجوه في معالجة الصور الرقمية
84-57	د. سامر ربيع د. رامي موسى	تحسين نسبة الضياعات وسويات التوتر في شبكات التوزيع باستخدام إعادة التشكيل بوجود المولدات الموزعة
138-85	د. مسعود الأتاسي	طريقة جديدة لمراقبة المزارع الكهروضوئية والتحكم فيها بواسطة FPN-OPC
162-139	دعاء مهنا نورا كويس	تغيير المحتوى الرقمي باستخدام خوارزميات التعلم العميق

التركيب النوعي لتجمعات القاعية النباتية

والحيوانية في المستندات الصلبة لشاطئ

مدينة بانياس

هبة الإبراهيم^٣

د. هديل عراج^٢

أ.د. ازدهار عمّار^١

(١) أستاذ، قسم البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(٢) مدرس، قسم البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(٣) طالبة ماجستير، قسم البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين، اللاذقية،

سورية.

الملخص

تم تحديد التركيب النوعي لتجمعات القاعيات الحيوانية والنباتية في المستندات الصخرية الشاطئية لأربعة مواقع جنوب مدينة بانياس وهي: جنوب المحطة الحرارية، الباصية، سهم البحر والشاطئ المهجور. تم تنفيذ ثماني جولات بحرية خلال الفترة الواقعة ما بين (تموز 2019 لغاية حزيران 2020)، جمعت العينات يدوياً بطريقة المسح الأفقي، صنفت الأفراد حتى مستوى النوع. بلغ العدد الكلي لأنواع القاعيات الحيوانية في مواقع البحث الأربعة (44) نوعاً تنتمي إلى 7 وحدات تصنيفية كبيرة موزعة على النحو التالي: (18) نوعاً من بطنيات القدم Gastropoda، (8) أنواع من ثنائيات المصراع Bivalvia، (7) أنواع من القشريات Crustacea، (5) أنواع من شوحيات الجلد Echinodermata، (3) أنواع من القراصيات Cnidaria، ونوع واحد من كل من الاسفنجيات Spongia، كثيرات الأهلاب Polychaeta والقميصيات Ascidiacea. رافق هذه الأنواع وجود (10) أنواع من الطحالب الحمراء Rhodophyta، (8) أنواع من الطحالب الخضراء Chlorophyta، و (7) أنواع من الطحالب السمراء Phaeophycea. كان عدد الأنواع الغريبة (16) نوعاً حيوانياً و (4) أنواع نباتية مشكلة نسبة 28.98 % من العدد الكلي للأنواع في مواقع البحث الأربعة.

الكلمات الدالة: شرق المتوسط، الشاطئ السوري، التنوع الحيوي البحري، قاعيات

حيوانية، قاعيات نباتية، المستندات الصلبة، أنواع غريبة.

Specific composition of Phyto and Zoobenthic communities in the hard substrates of Baniyas coast

Dr. Izdihar Ammar¹ Dr. Hadeel Arraj² Heba Alebraheem³

¹ Professor, Dept of Marine biology at HIMR, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: izdiammar@gmail.com

² lecturer, Dept of Marine biology at HIMR, Tishreen University, Lattakia, Syria.

³ Master Student , Dept of Marine biology at HIMR, Tishreen University, Lattakia, Syria

Abstract

Specific composition of benthic communities in hard substrate has been identified for four areas south of Baniyas: South of the Thermal station, AL basia, Sahm albher and finally AL mahjor beach. Eight sampling trips were performed during 2019-2020, in which the samples were manually collected by horizontal spon and classified to species level. The total number of species of Zoobenthos in the four research areas (44) belongs to seven macrotaxons distributed as follows: (18) species of Gastropoda, (8) species of Bivalvia, (7) species of Crustacea, (5) species of Echinodermata, (3) species of Cnidaria, (1) species of each all: Spongia, Polychaeta, and Ascidiacea, have been associated with the presence of (10) species of Rhodophyta (8) species of Chlorophyta and (7) species of Phaeophyta and. The ratio of alien species was 28,57% with (16) species of zoobenthos and (4) species of macrophytes.

Keywords: Eastern Mediterranean, Syrian Coast, Marine Biodiversity, Zoobenthos, Macrophytes, Hard substrate, Alien species.

المقدمة:

تعدّ التجمعات القاعية Benthic communities في البحر المتوسط الأكثر تميزاً بين الكائنات الحية من حيث الغنى والانتشار [6]، وتكون نسبة الأنواع المستوطنة مرتفعة نسبياً بالمقارنة مع البحار والمحيطات الأخرى وذلك من مختلف المجموعات التصنيفية. يتباين توزيع الفاونا القاعية ما بين غرب المتوسط وشرقه، ففي شرق المتوسط سجل وجود 1658 نوعاً منها [12]. أما بالنسبة للنباتات البحرية فقد أُشير إلى وجود 500 نوع في الحوض الشرقي للمتوسط [18].

تؤدي الطحالب دوراً مهماً في النظم البيئية الشاطئية، فهي توفر الكتلة الحيوية والطاقة وتحتل القاعدة الأساسية للسلاسل الغذائية، كما أنها تقدم المأوى والحماية للكثير من الكائنات الحية و تعد مكاناً لتكاثر الكثير منها كالرخويات والقشريات وشوكيات الجلد والأسماك [33].

يختلف تركيب المجتمعات القاعية تبعاً لمجموعة من العوامل يأتي نمط القاع والعمق في مقدمة هذه العوامل [37]، إذ تتأثر هذه المجتمعات بالنشاطات الطبيعية والتغيرات البيئية الناجمة عن النشاطات البشرية [23-15]. كذلك تؤدي عمليات الصيد بالجرف إلى تخريب المستند القاعي وبالتالي انخفاض في عدد الأنواع [22-7]، ويسبب التلوث بالمواد العضوية والعناصر الثقيلة تغييراً في تركيب المجتمعات القاعية وتناقص أنواعها وانخفاض غزارتها [31].

كما تحدث التغيرات الطبيعية في الخصائص الهيدرولوجية للمياه مثل (درجة الحرارة، نسبة الملوحة، درجة الحموضة، نسبة الأوكسجين المنحل،... الخ) تغيرات في غزارة وتنوع المجموعات القاعية المختلفة [34-28-24].

حظيت القيعان الصلبة بمجموعة من الدراسات في المتوسط -11-10-8-4-2-1 [21-20-19] نظراً لأنها بيئات ذات تنوع حيوي كبير معرضة للتلوث مما يؤثر على تركيب المجتمعات القاعية فيها. كما درست التجمعات القاعية الحيوانية والنباتية بشكل منفرد على القيعان الصلبة في الشاطئ السوري وسجلت العديد من الأنواع الغريبة والغازية [36-35-33-32].

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

- دراسة التجمعات الأحيائية القاعية (النباتية والحيوانية) في مناطق الدراسة.
 - تحديد أنواع الحيوانات القاعية والطحالب البحرية الغريبة.
- تأتي أهمية البحث كونه يعنى بدراسة التجمعات النباتية والحيوانية في المستندات الصلبة بشكل متزامن وهذا يحدث للمرة الأولى، الأمر الذي يسمح بتحليل النتائج بشكل أفضل.

مواد البحث وطرائقه:

1-مواقع الدراسة: تم جمع العينات من أربع مواقع مختلفة على امتداد 10 كم جنوب مدينة بانياس الشكل (1) وهذه المناطق هي:

- جنوب المحطة الحرارية St1 (35°10'01N 35° 55'32E) :

يمتد هذا الموقع من مدخل مياه تبريد المحطة الحرارية شمالاً ولمسافة مئات الأمتار جنوباً وتوجد فيه مصبات مياه عذبة في المنطقة فوق الشاطئية، تكون المنطقة الشاطئية صخرية وتحوي بركاً شاطئية، في حين تصبغ إلى الجنوب صخرية تتخللها تجمعات لرمال سوداء خشنة. أما المنطقة تحت الشاطئية فهي عبارة عن منحدر صخري وقاع رملي وحصى أسود.

- شاليهات الباصية St2 (35°09'14N 35° 55'30E) :

يتميز هذا الموقع ببعده عن التلوث النفطي المباشر والمياه الصناعية ولكنه يحتوي على مصب صرف صحي محدود يخدم الشاليهات الموجودة في المنطقة. يكون القاع في المنطقة فوق الشاطئية رملياً وحجراً إلى الجنوب، والمنطقة الشاطئية صخرية مكونة من برك وخنادق، أما المنطقة تحت الشاطئية فهي صخرية مغطاة بطبقة رقيقة من الرمال البنية الناعمة.

- سهم البحر St3 (35°07'07N 35° 54'08E) :

يمتد هذا الموقع من جامع سهم البحر شمالاً لمئات الأمتار جنوباً، لا يخلو من بعض النشاطات البشرية كالصيد والسباحة. المنطقة فوق الشاطئية صخرية مغطاة بالرمال،

يكون القاع في المنطقة الشاطئية صخرياً يحتوي بركاً شاطئيةً ورمالاً ناعمة، ويكون القاع في المنطقة تحت الشاطئية رملياً بنياً.

• الشاطئ المهجور St4 (35°04'54N 35° 53'31E):

يمتد هذا الموقع إلى الجنوب من مطعم الشاطئ المهجور شمالاً حتى 400 متر جنوباً. القاع في المنطقة فوق الشاطئية صخرياً مغطى بالرمال وفي المنطقة الشاطئية صخرياً يحتوي بركاً شاطئيةً ورمالاً ناعمة، أما المنطقة تحت الشاطئية القاع فيها صخري.



الشكل (1): مواقع جمع العينات جنوب مدينة بانياس

2- الخصائص الهيدرولوجية للمواقع المدروسة:

تم تحديد درجة حرارة المياه (Temperature) T، نسبة الملوحة (Salinity) Sal، ودرجة الحموضة pH، باستخدام جهاز (pH/Cond) WTW موديل i340. وذلك بقصد الكشف عن التغيرات الهيدرولوجية المؤثرة على تركيب الأحياء القاعية.

3- الاعتيان:

جمعت العينات النباتية والحيوانية من المستنقعات الصخرية في مستوى المنطقة الشاطئية وحتى عمق 1.5م تقريباً للمواقع الأربعة خلال الفترة (تموز عام 2019 لغاية حزيران عام 2020) بطريقة المسح الأفقي وتتضمن جمع كل الأنواع الموجودة على سطح مربع قدره (900 سم²) و قد تم اختيار خمس مربعات عشوائياً من كل موقع. حفظت العينات الحيوانية بالفورمول تركيز 4% كما تم الاحتفاظ بنماذج مجففة من العينات النباتية كمشبات في المعهد العالي للبحوث البحرية.

4- تحليل العينات:

عزلت الأفراد من العينات القاعية الحيوانية وتم تصنيفها حتى مستوى الجنس والنوع بالاعتماد على مفاتيح التصنيف والمراجع العالمية [17-26-30] وبالاستناد إلى المعلومات المتوفرة في السجل العالمي للأنواع البحرية [29]، أما الطحالب فقد تم فصلها عن الرمال و اللاقاريات الصغيرة ثم تم تحديد النوع اعتماداً على مفاتيح التصنيف العالمية واعتماداً على إجراء مقاطع عرضية في المشرة ودراستها تحت المجهر [26-13].

النتائج والمناقشة:

1- التركيب النوعي للقاعيات الحيوانية والنباتية:

بلغ العدد الكلي لأنواع القاعيات الحيوانية في مناطق البحث الأربعة (44) نوعاً تنتمي إلى (7) وحدات تصنيفية كبيرة موزعة على النحو التالي: 18 نوعاً من بطنيات قدم Gastropoda، 8 أنواع من ثنائيات المصراع Bivalvia، 7 أنواع من القشريات Crustacea، 5 أنواع من شووكيات الجلد Echinodermata، 3 أنواع من القراصيات Cnidaria، نوع واحد من كل من كثيرات الأهلاب Polychaeta، الإسفنجيات Spongia، والقميصيات Ascidiacea.

وقد كانت هذه الأنواع مترافقة مع وجود (10) أنواع من الطحالب الحمراء Rhodophyta، (8) أنواع من الطحالب الخضراء Chlorophyta، و (7) أنواع من الطحالب السمراء Phaeophyceae. تظهر النتائج وجود أنواع ممثلة لمعظم المجموعات القاعية في مواقع الدراسة، وسيطرة أنواع الرخويات والطحالب الحمراء تليها ثنائيات المصراع والطحالب الخضراء، مع انخفاض ملحوظ في عدد الأنواع بالنسبة لبقية المجموعات.

يبدو هذا العدد من القاعيات الحيوانية أقل من العدد المسجل في دراسة سابقة عام 2002 حيث بلغ عدد الأنواع فيها 59 نوعاً [31] يعزى سبب الانخفاض في عدد الأنواع المسجلة إلى الضغوطات التي تخضع لها هذه الأحياء في بيئتها كالتلوث الناتج عن الأنشطة البشرية والسياحية والصيد الجائر وتدمير الموائل ونقص المغذيات بالإضافة إلى الغزو البيولوجي وتغيرات المناخ.

2-توزع القاعيات في مناطق البحث:

يظهر من الجدول (1) أن موقع جنوب المحطة St1 أكثر المواقع غناً بالأنواع من مختلف الوحدات التصنيفية.

حيث بلغ عدد الأنواع 35 نوعاً تنتمي إلى 11 وحدة تصنيفية كبيرة هي: 11 نوعاً من بطنيات قدم، 9 أنواع من ثنائيات المصراع، 7 أنواع من القشريات، 3 أنواع من شوكرات الجلد، نوعان من القراصيات، و نوع من كل من الإسفنجيات، كثيرات الأهلاب، و القميصيات.

بالإضافة إلى 9 أنواع من الطحالب الحمراء، 7 أنواع من الطحالب الخضراء، و 5 أنواع من الطحالب السمراء. ويفسر غنى هذه المنطقة بأنواع القاعيات إلى وجود مصادر للمياه العذبة والتنوع بطبيعة القاع.

أما الموقع الأقل غناً بالأنواع فقد كان مقابل شاليهات الباصية حيث أظهرت نتائج الدراسة وجود 26 نوعاً وهي: 7 أنواع من بطنيات قدم، 5 أنواع من القشريات، 4 أنواع من ثنائيات المصراع، نوع من الإسفنجيات، نوع من كثيرات الأهلاب، ونوع من القراصيات.

بالإضافة إلى 3 أنواع من الطحالب الحمراء، نوعين من الطحالب الخضراء، ونوعين من الطحالب السمراء.

يفسر انخفاض عدد الأنواع في هذا الموقع بالمقارنة مع المواقع السابقة إلى انتشار بعض أنواع الملوثات كالصرف الصحي الذي يخدم الشاليهات والتلوث بالنفايات الصلبة، والصيد الجائر [38].

الجدول (1) عدد أنواع كل وحدة تصنيفية كبيرة والعدد الكلي للأنواع في كل موقع، والنسبة المئوية لكل أنواع كل وحدة تصنيفية من المجموع الكلي للأنواع في جميع مواقع الدراسة.

الوحدات التصنيفية	عدد الأنواع في كل موقع				النسبة المئوية لكل وحدة تصنيفية %
	St1	St2	St3	St4	
Gastropoda	11	7	14	10	40.9
Bivalvia	9	4	7	5	20.45
Crustacea	7	5	6	7	13.63
Polychaeta	1	1	1	1	2.27
Echinodermata	3	0	2	0	11.36
Spongia	1	1	0	0	2.27
Cnidaria	2	1	2	2	6.81
Ascidiacea	1	0	0	0	2.27
المجموع	35	19	32	25	
Chlorophyta	7	2	2	3	30.43
Phaeophyceae	5	2	4	2	26.08
Rhodophyta	9	3	6	4	43.47
المجموع	21	7	12	9	

3- التوزيع المناطقي Zonation للأحياء القاعية:

حددت أنواع القاعيات الحيوانية والنباتية الموجودة في جميع المستندات في مستوى المناطق الشاطئية العليا Supralittoral والوسطى Mediollittoral والسفلية Infralittoral وحتى عمق 1.5م تقريباً.

المنطقة فوق الشاطئية **Supralittoral Zone**: لوحظ انتشار نوع واحد من أنواع السرطانات الصغيرة *Heteropanope laives* على الصخور الشاطئية، وانتشار الرخوي بطني القدم *Littorina punctata* في البرك فوق الشاطئية في كل مواقع الدراسة.

كما لوحظ وجود أعداد كبيرة من القواقع والأصداف المقذوفة لأنواع ال: *Cerithium scabridum*, *Columbella rustica*, *Cantharus dorbignyi*, *Chama*

pacifica, *Saccostrea cucullata*, *Gafrarium pectinatum*, *Maetra stultorum*, *Pinctada radiata*, , *Glycymmeris bimaculata*, مواقع الدراسة، وهياكل فارغة للنوع *Strombus decorus* في موقعي الشاليهات وسهم البحر يسكنها القشري *Clibanarius erythropus*. تتفرد الطحالب الزرقاء Cyanophyta بالنمو في هذه المنطقة على الصخور الشاطئية الواقعة فوق مستوى سطح الماء.

المنطقة الشاطئية Midolittoral zone:

اتصفت المنطقة الشاطئية ذات القيعان الصخرية للمواقع الأربعة بسيطرة أربعة أنواع من الرخويات هي *Brachidontes pharaonis*, *Patella caerulea*, *Monodonta turbinata*, *Monodonta articulata*.

انتشر القشري *Balanus balanus* من القشريات الدنيا بشكل واسع على المستندات الصخرية في المنطقة الشاطئية لمواقع البحث الأربعة، بالإضافة إلى النوعين *Cerithium scabridum*, *Littorina punctata* من بطنيات القدم وهما نوعان غازيان في شرق المتوسط [5]. كما سجل وجود محار اللؤلؤ *Pinctada imbricata radiata* في كل مواقع الدراسة، بينما انتشر النوعين *Eriphia verrucosa*, *Pachygrapsus marmoratus* من السرطانات المحلية في موقعي جنوب المحطة والشاطئ المهجور.

سيطرت على هذه المنطقة أنواع من الطحالب الحمراء الكلسية *Jania rubena* و *Galaxaura rogusa* والأنواع *Ulva fasciata* و *Enteromorpha linza* و *Enteromorpha compressa* من الطحالب الخضراء في جميع مواقع البحث. شكل 2.



الشكل (2) النوع *Enteromorpha linza* في منطقة الباصية

انتشر النوع *Padina pavonia* من الطحالب السمراء في موقعي جنوب المحطة والشاطئ المهجور.

اقتصرت وجود الأنواع *Anemonia viridis*, *Patella rostica*, *Saccostrea cucullata*, *Codium decortdatum*, *Laurencia obtuse*.

المحطة والشاطئ المهجور الشكل (3)، بينما وجدت الأنواع *Mactra stultorum*,

Chama pacifica, *Diodora italic*, *Diodora ruppellii*, *Galaxaura*

في *lapidescence*, *Laurencia pappilosa*, *Styppopodium schimperi*.

منطقتي جنوب المحطة وسهم البحر.



الشكل (3) المرجان *Anemonia viridis* و بلح البحر *Brachidontes pharaonis* في جنوب المحطة والشاطئ المهجور

بالمقابل اقتصر وجود الأنواع التالية على موقع واحد من مواقع البحث: *Tonna galea*, *Arbacia lixula*, *Phallusia nigra*, *Hypnea cervicornis*, *Scytosiphone lomentaria*, *Cladophora albida*, *Codium vermilara*, *Caulerpa prolifera* وجدت في جنوب المحطة، بينما الأنواع *Patella ulyssiponensis*, *Patella aspera*, *Asteropecten spinulosus*, *Holothoria sanctori*, *Hypnea musciformis*, *Dictyota dichotoma* اقتصر وجودها على موقع سهم البحر، والأنواع *Patella ferruginea*, *Columbella rustica* الشاطئ المهجور فقط.

المنطقة تحت الشاطئية **Infralittoral zone**:

سيطر كل من بلح البحر *Brachidontes pharaonis* وبطني القدم *Cerithium scabridum* في المنطقة تحت الشاطئية لجميع مواقع البحث مترافقاً مع سيطرة أنواع

من الطحالب الحمراء *Jania rubena* و *Corallina elongate* و *Galaxaura*

Galaxaura lapidescenc و *rogusa*

الجدول (2) الأنواع الموجودة في كل موقع من مواقع الدراسة.

النوع species	المواقع المدروسة			
	st 1	st 2	st 3	st 4
GASTROPODA				
<i>Cantharus dorbignyi</i> (Payraudeau, 1826)	+	+	+	+
<i>Cerithium scabridum</i> (Philippi, 1848)	+	+	+	+
<i>Columbella rustica</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	+
<i>Diodora ruppellii</i> (G.B.Sowerby I, 1835)	+	-	+	-
<i>Diodora gibberula</i> (Lamarck, 1819)	-	-	+	-
<i>Diodora italica</i> (Defrance, 1820)	+	-	+	-
<i>fissurella nubecula</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	+	-
<i>Gibbula divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	+	+
<i>Littorina punctata</i> (Gmelin, 1790)	+	+	+	+
<i>Monodonta turbinata</i> (Born, 1780)	+	+	+	+
<i>M. articulata</i> (Lamarck, 1822)	+	+	+	+
<i>Patella caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+
<i>Patella rostica</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	+
<i>Patella ferruginea</i> (Gmelin, 1791)	-	-	-	+
<i>Patella ulyssiponensis</i> (Gmelin, 1791)	-	-	+	-
<i>Patella aspera</i> (Lamarck, 1819)	-	-	+	-
<i>Strombus decorus persicus</i> Swainon, 1821	+	+	+	-
<i>Tonna galea</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-
BIVALVIA				
<i>Brachidontes pharaonis</i> (P. Fischer, 1870)	+	+	+	+
<i>Chama pacifica</i> (Broderoi, 1824)	+	-	+	-
<i>Gafrarium pectinatum</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	-
<i>Glycymmeris bimaculata</i> (Poli, 1775)	+	-	+	+
<i>Mactra stultorum</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	+	-
<i>Pinctada radiata</i> (Leachi, 1814)	+	+	+	+
<i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	-

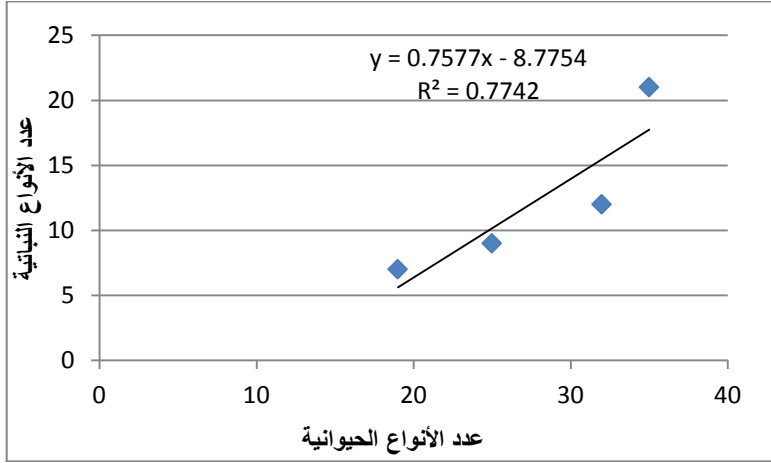
<i>Saccostrea cucullata</i> (Born, 1778)	+	-	-	+
CRUSTACEA				
<i>Balanus balanus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	+
<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	+	+	+	+
<i>Dardanus arrosor</i> (Herbst, 1796)	+	+	+	+
<i>Eriphia verrucosa</i> (Forskale, 1775)	+	-	+	+
<i>Heteropanope laives</i> (Dana, 1852)	+	+	+	+
<i>Palaemon alagans</i> (Rathke, 1836)	+	+	+	+
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (J.C.Fabricius, 1787)	+	+	+	+
ECHINODERMATA				
<i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-
<i>Astropecten aranciacus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-
<i>Amphiura chiajei</i> (Forbes, 1845)	+	-	-	-
<i>Astropecten spinulosus</i> (Gray, 1840)	-	-	+	-
<i>Holothoria sanctori</i> (Delle Chiaje, 1823)	-	-	+	-
CNIDARIA				
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	+	+
<i>Anemonia sulcata</i> (Pennant, 1777)				
<i>Anemonia viridis</i>	+	-	-	+
<i>Dendrophyllia cornigera</i> (Lamarck, 1816)	+	+	-	-
POLYCHAETA				
<i>Heteronereis fucicola</i> (Örsted, 1843)	+	+	+	+
DEMOSPONGIAE				
<i>Hippospongia communis</i> (Lamarck, 1814)	+	+	-	-
ASCIDIACEA				
<i>Phallusia nigra</i> (Savigny, 1816)	+	-	-	-
RHODOPHYTA				
<i>Corallina elongata</i> J.Ellis & Solander, 1786	+	+	+	+
<i>Galaxaura lapidescence</i> (J.Ellis & Solander) J.V.Lamouroux, 1816	+	-	+	-
<i>Galaxaura rogusa</i> (J.Ellis & Solander) J.V.Lamouroux, 1816	+	+	+	+
<i>Goniolithon elegans</i>	+	-	-	-
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux, 1813	-	-	+	-

<i>Hypnea cervicornis</i> J.Agardh,1851	+	-	-	-
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816	+	+	+	+
<i>J. Longifurca</i> Zanardini,1844	+	-	-	-
<i>Laurencia pappilosa</i> (C.Agardh) Greville,1830	+	-	+	-
<i>Laurencia obtusa</i> (Hudson)J.V.Lamouroux, 1816	+	-	-	+
PHAEOPHYCEAE				
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbes & Solier,1851	+	+	-	-
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin,1975	-	-	-	+
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809	-	-	+	-
<i>Padina pavonia</i> (Linnaeus) Thivy,1960	+	-	+	+
<i>Scytosiphone lomentaria</i> (Lyngbye) Link,1833	+	-	-	-
<i>Styppopodium schimperi</i> (Kützing) Verlaque & boudouresque,1991	+	-	+	-
<i>Sargassum vulgare</i> C.Agardh,1820	+	+	+	+
CHLOROPHYTA				
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kutzing,1843	+	-	-	-
<i>Codium decortcatum</i> (Woodward) M.A.Howe,1911	+	-	-	+
<i>Codium vermilara</i> (Olivi) Delle Chiaje,1829	+	-	-	-
<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskal) J.V.Lamouroux, 1809	+	-	-	-
<i>Cheatomorpha linum</i> (O.F.Müller) Kützing, 1845	+	-	-	+
<i>Enteromorpha linza</i> (Linnaeus, 1753)	+	+	+	+
<i>Enteromorpha compressa</i> (Linnaeus) Nees,1820	+	-	-	-
<i>Ulva fasciata</i> Delile,1813	+	+	+	+

+ تدل على وجود النوع في موقع الدراسة - غياب النوع في مواقع الدراسة

4-العلاقة البيئية بين القاعيات الحيوانية والنباتية:

تظهر نتائج التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج Excel وجود علاقة ارتباط إيجابية قوية بين عدد أنواع القاعيات الحيوانية وعدد أنواع الطحالب الكبيرة في مواقع الدراسة، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ($r=0.879$) الشكل (4).



الشكل (4) علاقة الارتباط بين عدد أنواع القاعيات الحيوانية والقاعيات النباتية في المواقع المدروسة وهذا ما تؤكدته الدراسات المرجعية حول التأثير المتبادل لهذه الكائنات مع بعضها البعض، حيث تساعد القاعيات النباتية في تحسين الاستقرار والتنوع البيولوجي للنظم البيئية المائية، وبالتالي زيادة تحمل النظام البيئي لحمل التلوث الخارجي، وتثبيط تكاثر الجراثيم الزرقاء [13]، في حين أن العمليات الحيوية للقاعيات الحيوانية مثل التغذي و طرح الفضلات يحسن ظروف الأكسجين المذاب (DO)، ويسرع تبادل المواد، ويعزز تحلل المواد العضوية وتحويل المغذيات، ويعزز التمثيل الغذائي للملوثات ويغير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للرواسب [14-27] كما تعد القاعيات النباتية مهمة جداً في تنوع القاعيات الحيوانية في النظم الإيكولوجية المائية لأنها توفر مكاناً للتكاثر ووضع

البيض، وكذلك موقعاً لغذاء العاشبات الصغيرة وآكلات اللحوم الصغيرة [16] كما توفر المأوى للقاعات الحيوانية من الحيوانات المفترسة والتيارات والأمواج [13].

5-التغيرات الزمانية والمكانية للعوامل الهيدرولوجية:

درجة الحرارة: تراوحت درجة حرارة مياه المواقع المدروسة بين 17°م شتاءً في الباصية و31.5°م صيفاً في جنوب المحطة الحرارية وبمتوسط قدره 24.7°م حيث كانت درجة الحرارة جنوب المحطة الحرارية أعلى ب (1-2.5°م) من باقي المواقع نظراً لأنها تخضع لتلوث حراري، أما أدنى درجة حرارة فقد سجلت في الموقع المقابل لبرج الصبي خلال جميع أوقات الدراسة يعود ذلك لغناها بالينابيع البحرية العذبة التي تكون درجة حرارتها أكثر انخفاضاً من درجة حرارة المياه البحرية.

نسبة الملوحة: تفاوتت نسبة الملوحة بين 35% شتاءً في الموقع المقابل لبرج الصبي و 38.5% صيفاً في جنوب المحطة الحرارية بمتوسط قدره 36.7% حيث كانت أعلى قيم للملوحة في جنوب المحطة الحرارية وأدناها في الموقع المقابل لبرج الصبي بسبب الخلط الفعال بين المياه البحرية والمياه العذبة في تلك المنطقة.

وقد كانت أعلى قيم للملوحة خلال فصل الصيف نتيجة ارتفاع درجة الحرارة مما يزيد من معدلات التبخر، وأدنى القيم في فصل الشتاء في جميع مواقع الدراسة بسبب الهطولات المطرية.

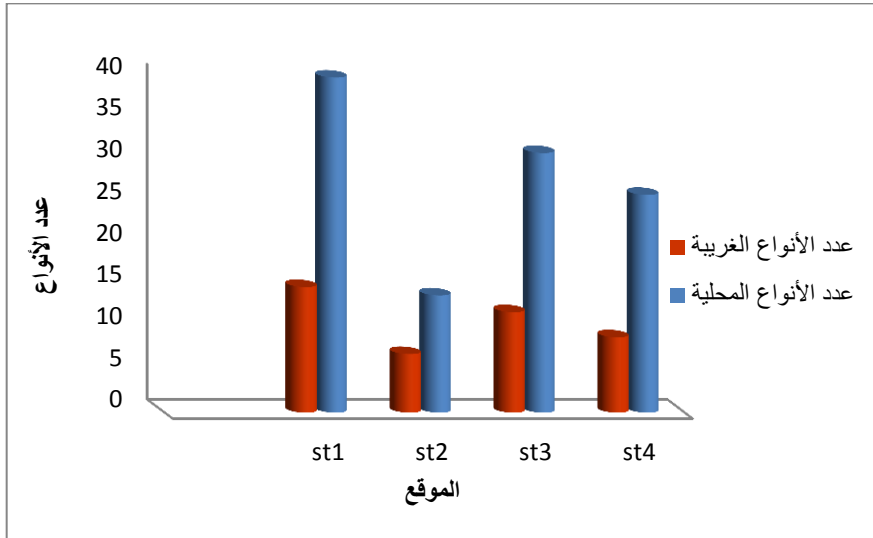
تتماشى القيم المسجلة لكل من درجات الحرارة ونسبة الملوحة مع القيم السائدة في شرق البحر المتوسط بشكل عام والشاطئ السوري خصوصاً [3-9-38-39]

درجة الحموضة: تراوحت قيم درجة الحموضة بين 7.5 شتاءً في الموقع المقابل لبرج الصبي و 8.2 في فصلي الربيع والخريف في جنوب المحطة الحرارية تزامناً مع فترات الغزارة الأعظمية للعوالق النباتية بسبب استهلاك غاز ثنائي أوكسيد الكربون المنحل في الماء مما يؤدي إلى ارتفاع الرقم الهيدروجيني.

6- الأنواع الغريبة والغازية:

بلغ عدد الأنواع الغريبة في هذه الدراسة 16 نوعاً، بنسبة قدرها 28.57% من العدد الكلي للأنواع وهي نسبة مرتفعة جداً منها أربعة أنواع من الطحالب الكبيرة وهي: *Galaxaura rogusa*, *Galaxaura lapidescence*, *Styppopodium schimperi*, *Cheatomorpha linum*. و12 نوعاً من القاعيات الحيوانية، معظمها من أصل هندي-هادي ومن البحر الأحمر وهي: *Gibbula divaricata*, *Diodora ruppellii*, *Cantharus dorbignyi*, *Cerithium scabridum*, *Strombus persicus*, *Brachidontes pharaonis*, *Chama pacifica*, *Gafrarium pectinatum*, *Pinctada radiata*, *Saccostrea cucullata*, *Phallusia nigra*.

تظهر المقارنة ما بين المناطق ازدياد عدد الأنواع الغريبة بالتزامن مع زيادة عدد الأنواع المحلية في كل موقع، الشكل (5)، مما يدل على ارتباط عدد الأنواع بعوامل أكثر أهمية منها التلوث بالصفي والصيد الجائر.



الشكل (5) مقارنة عدد الأنواع الغريبة بالأنواع المحلية

البعض من هذه الأنواع الغريبة أصبح مسيطراً على الصخور في المنطقة الشاطئية كالأنواع *Cerithium scabridum*, *Brachidontes pharaonis*, *Pinctada radiate*. من القاعيات الحيوانية و *Cheatomorpha linum Galaxaura* من الطحالب الكبيرة.

هذه الأنواع لها تأثير مباشر في تغير التركيب النوعي للتجمعات القاعية المحلية، حيث تحل هذه الأنواع محل الأنواع المحلية كما هو الحال للنوع *Cerithium scabridum* والنوع *Brachidontes pharaonis* المنتشرين بغزارة في المنطقة الشاطئية وتحت الشاطئية لمواقع البحث [34-21-5].

كما أن القاعيات النباتية الغازية لها دور كبير في تحويل تركيب المجتمعات النباتية القاعية المحلية وتخفيض التنوع الحيوي النباتي فالنوع *Galaxaura rogusa* أصبح نوعاً غازياً ومنافساً رئيساً للطحالب القاعية الأخرى الموجودة في المنطقة الشاطئية لمواقع البحث [33].

الاستنتاجات:

- بلغ عدد أنواع القاعيات الحيوانية 44 نوعاً تنتمي إلى 7 وحدات تصنيفية كبيرة منها 16 نوعاً غير محلياً.
- بلغ عدد أنواع القاعيات النباتية 26 نوعاً منها 4 أنواع غير محلية.
- تميز الموقع St1 بأنه أكثر المواقع غناً بالأنواع، يليه الموقع St3 ثم الموقع St4.
- كان الموقع St2 أقل المواقع غناً بالتنوع الحيوي.
- سيطرة الأنواع الغازية على المستندات الصخرية في مواقع الدراسة، بنسبة %28.57
- وجود علاقة ارتباط ايجابية ($r=0.879$) بين عدد أنواع القاعيات الحيوانية وعدد أنواع القاعيات النباتية.

التوصيات:

- تطبيق الاستراتيجية الوطنية لحماية التنوع الحيوي البحري في سوريا.
- ضرورة التحكم بنشاطات الصيد وزيادة عدد المحميات البحرية، للحفاظ على الأنواع المحلية وتلك المهددة بالانقراض.
- تطبيق التشريعات الخاصة بحماية النظام البيئي البحري من الملوثات المختلفة كمخلفات المنشآت الصناعية و مياه الصرف الصحي.
- إجراء المزيد من الأبحاث في مجال التنوع الحيوي وحصص الأنواع المحلّة والأنواع الغريبة والمساعدة في التنبؤ بالتغيرات المستقبلية وإيجاد سبل مواجهتها أو إدارتها.

المراجع:

- 1- ANTONIADOU, C. and CHINTIROGLOU, C. 2005. Biodiversity of zoobenthic hard-substrate sublittoral communities in the Eastern Mediterranean (North Aegean Sea). Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol.62.No.4.637-653.
- 2-ALI, M., MADEED, A., HEIKAL, M. 2007. Importance of aquatic macrophyte for invertebrate diversity in large subtropical reservoir. Limnologia – Ecology and Management of Inland Waters, Vol. 37.No.2. 155-169.
- 3-ARÉVALO, R., PINEDO, S., BALLESTEROS, E.2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. Marine Pollution Bulletin, 55, 104-113
- 4-ANTONIADOU,C., KOUTSOUBAS,D. and Chintiroglou,C. 2005 Mollusca fauna from infralittoral hard substrate assemblages in the North Aegean Sea. Belgian Journal of Zoology, 135, 119-126
- 5- AMMAR,I. 2019. Updated list of alien macrozoobenthic species along the Syrian coast, International Journal of Aquatic Biology, Vol.7. No.4. 180-194.
- 6-BIANCHI, C. N., MORRI, C. 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean sea: situation, problems, and prospects for future research. Marine Pollution Bulletin, Vol. 40.No.5. 367-376

7-BONSDORFF, E. 1992. Drifting algae and zoobenthos - effects on settling and community structure. **Netherlands Journal of Sea Research**, Vol. 3. 057-62.

8-BETTI, F., BAVA S and Cattaneo-Vietti R (2017) Composition and seasonality of a heterobranch assemblage in a sublittoral, unconsolidated, wave-disturbed community in the Mediterranean Sea. **Journal of Molluscan Studies**, 83, 325–332

9-BALATA, D., ACUNTO, S. and CINELLI, F. 2006. Spatio-temporal variability and vertical distribution of a low rocky subtidal assemblage in the north-west Mediterranean. Estuarine, **Coastal and Shelf Science**, Vol.67.No.4.553–561.

10- CHINTIROGLOU, C., ANTONIADOU, C., VAFIDIS, D. and KOUTSOUBAS, D., 2005. A review on the biodiversity of hard substrate invertebrate communities in the Aegean Sea, **Mediterranean Marine Science**, Vol. 6.No.2. 51–62.

11- CASOLI, E., BONIFAZI, A., ARDIZZONE, G., GRAVINA, M.F., RUSSO, G.F., SANDULLI, R. and DONNARUMMA, L. 2019. Comparative analysis of mollusc assemblages from different hard bottom habitats in the central Tyrrhenian sea. **Diversity**, Vol.11.No.5.74.

12-COLL, M., PIRODDI, C., STEENBEEK, J., KASCHNER, K., et al., 2010 The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. **PLoS ONE** 5, 1-36

13-CHOUDHURY, M. I., YANG, X., HANSSON, L. A. 2015. Stream flow velocity alters submerged macrophyte morphology among associated

- invertebrate and periphyton assemblages. **Aquatic Botany**, 120, 333-337.
- 14-COVICH, A. P., PALMER, M. A., CROWL, T. A. 1999. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient, cycling. **BioScience**, Vol. 49.No.2. 119-127.
- 15- DIAZCASTANEDA, V., FRONTIER, S., ARENAS, V. 1993 Experimental re-establishment of a soft bottom community - utilization of multivariate analyses to characterize different benthic recruitments. **Estuarine Coastal & Shelf Science**, Vol. 37. No.43 87-402
- 16-FISHER,B. 1982. Effects of macrobenthos on the chemical diagenesis of freshwater sediments. In: McCall PL, Tevesz MJS (eds) Animal-sediment relations. **Plenum Press**, New York, p 177-218
- 17-FAO ECC. 1987. Mediterranee et mer noir zone de peche 37 Vegetaux et nvertebres, Vol.1.
- 18-GIACCONE, G., DI MARTINO,V. Past, present and future of vegeational diversity and assemblages on mediterranean sea. 2000, 34-95.
- 19-Hadjar,A. and Ahmed, K.2015. Biodiversity of Echinological Fauna of Hard Substrates of the Algerian West Coast. **International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)**,Vol.19.No.1.81-87
- 20-LAKKIS, S. and NOVEL-LAKKIS, V. 2000. Distribution of phytobenthos along the coast of Lebanon. **Mediterranean Marine Science**, Vol.1.No.2.143-163.
- 21- LEE,Y. 2008. Mangrove macrobenthos: services, and linkages. **Journal of Sea Research**, Vol. 59. No.1. 16-29.

- 22-MORTON, B. 1996. The subsidiary impacts of dredging and trawling on a subtidal benthic molluscan community in the southern westers of Honk Kong. **Marine Pollution Bulletin**, Vol. 32. No.2. 701-710.
- 23-OREN, O.H. 1969. Oceanographic and biological influence of the Suez Canal, the Nile and the Aswan Dam on the Levant basin, Report Progress. **Oceanogrphy**, Vol .5. 161-16.
- 24-OERTLI, B. 1995. Spatial and temporal distribution of the zoobenthos community in a woodland pond (switzerland). **Hydrobiologia**, Vol. 301. 195-204.
- 25-RANASINGHE, J. A., THOMPSON, B., SMITH, R. W., LOWE, S. S., SCHIFF, K. L. 2004. Evaluation of Benthic Assessment Methodology in Southern California Bays and San Francisco Bay, **Technical report** 432 SFEI contribution 89-82.
- 26-Riedl, R.1983- **Fauna and Flora des Mittelmeeres**. Verlag Paul Pareg, HamBurge Berlin, 832p.
- 27-SOOD, A., UNIYAL, P. L., PRASANNA, R., AHLUWALIA, A. S. 2012. Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, azolla. **Ambio A Journal of the Human Environment**, Vol.41.No.2. 122-37.
- 28-WATZIN, M. C., ROSCIGNO, P. R. 1997 The effects of zinc contamination on the recruitment and early survival of benthic invertebrates in an estuary. **Marine Pollution Bulletin**, Vol. 34. No. 6.443-455.
- 29-WoRMS Editorial Board (2022). World Register of MarineSpecies. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2022-02-08. doi:10.14284/170.
- 30-ZENETOS, A., GOFAS, S., RUSSO, G., TEMPLADO, J. 2004- **Atlas of exotic Mediterranean Molluscs**. Vol. 3. Mollusca. CIESM Publications, Monaco,(376)p.

31- صقر، ف؛ عمار، إ. 2002 "دراسة القاعيات الحيوانية وتأثير الهيدروكربونات النفطية عليها في شاطئ مدينة بانياس". أطروحة دكتوراه في البيولوجيا البحرية، المعهد العالي للبحوث البحرية، جامعة تشرين (333)ص.

32- صقر، ف؛ محمد، ع؛ عمار، ا. 2002 "تحليل تركيب القاعيات الحيوانية في المنطقة تحت الشاطئية Sublittoral لمدينة بانياس باستخدام تقانات التنوع المتعدد والتنوع الأحادي" مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية- سلسلة العلوم الأساسية المجلد(24) العدد(12)،ص133-158

33- عراج، ه. 2012 "مساهمة في دراسة التنوع الحيوي للفلورا البحرية على شاطئ اللاذقية مع إشارة خاصة للأنواع الغريبة والاقتصادية". رسالة ماجستير في البيولوجيا البحرية، جامعة تشرين(128)ص.

34- عربية، ع. 2010 "دراسة تغيرات تراكيب التجمعات القاعية البحرية في الشاطئ السوري باستخدام المؤشرات القاعية التقليدية والمتطورة". رسالة ماجستير في البيولوجيا البحرية، جامعة تشرين(185)ص.

35- عمار، ا. 2010 "توزع القاعيات الحيوانية في المصاطب الفيروميتيدية Platforms Vermetid في الشاطئ السوري". مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية- سلسلة العلوم الأساسية المجلد (32) العدد(5)، ص80-96.

36- عباس، آ. 1992 "مساهمة في دراسة الطحالب البحرية القاعية على شاطئ اللاذقية". رسالة ماجستير في البيولوجيا البحرية ، جامعة تشرين، (173)ص

التركيب النوعي لتجمعات القاعية النباتية والحيوانية في المستنقعات الصلبة لشاطئ مدينة بانياس

37- عمار،؛ ديب، ف؛ عربية، ع.2021. "دراسة التغيرات الفصلية لتجمعات القاعيات الحيوانية في المنطقة تحت الشاطئية لمحمية فنار ابن هاني". مجلة جامعة البعث للعلوم

التطبيقية المجلد(43)العدد

38- عمار ، ا.2017. " التركيب النوعي للقاعيات الحيوانية البحرية وتوزعها في الشاطئ

السوري بالارتباط مع العوامل البيئية"مؤتة للبحوث والدراسات، سلسلة العلوم الطبيعية

والتطبيقية، المجلد (32) العدد(1)، ص9-34

39- مرعي، ر.2021"دراسة التغيرات الزمانية والمكانية للعوالق النباتية في شاطئ مدينة

بانياس". رسالة ماجستير في البيولوجيا البحرية، جامعة تشرين(95)ص.

استخدام خوارزمية مبادلة الوجوه

في معالجة الصور الرقمية

الباحثة: م. آمنة أبو زيد

كلية الهمك - جامعة البعث

مُلخّص:

يعتبر مبدأ الخصوصية على الانترنت مصدر قلق متزايد في عالم اليوم، ولذلك نقدم خوارزمية مبادلة الوجوه التلقائية للتخفيف من مخاوف الخصوصية، والتي تبحث وتختار الوجوه داخل صورة وتستبدلها مع وجه آخر للحصول على نتائج واقعية. يُقدّم البحث برنامجاً للتحكم في صور الوجوه لمعالجتها واستبدال بعض الأجزاء الغير مناسبة منها بوجوه مخزنة سابقاً، حيث تحدد هذه الخوارزمية الوجوه الأنسب باستخدام عملية الاختيار، ثم يتم استخراج الوجه باستخدام البحث الأمثل، والمزج باستخدام تدرج قناة RGB الخطي وتعديل Poisson. نحدد أولاً الوجوه في الصورة ومواقعها، ثم يتم حساب وضعية الوجه واتجاهه، كما يتم استخراج اللون والإضاءة عند الوجه. وبعدها يتم اختيار صورة مناسبة من صور الوجوه المخزنة مسبقاً ليتم الاستبدال بها وذلك بعد تحويل هذا الوجه المخزن وفق الاتجاه والوضعية الصحيحين وموازنة الألوان الإضاءة مع الوجه الأصلي لتحقيق صورة واقعية وطبيعية. يتضمن البحث دراسة تحليلية تبيّن الأسباب الموجبة له وتحليل المتطلبات وذلك بدراسة المستخدمين والخطوات اللازمة لتنفيذ الخوارزمية وحالات الاستخدام والمخططات اللازمة للحصول على النتيجة المطلوبة. كما يُقدّم أمثلة عملية توضّح الخطوات وطريقة استبدال الوجوه والحصول على الصورة بالشكل المطلوب.

الكلمات المفتاحية: خوارزمية مبادلة الوجوه، الاستخراج، الاستبدال، مزج الألوان.

The Use of Face Swap Algorithm in Digital Image Processing

Abstract:

Online privacy is a growing concern in today's world. To alleviate privacy concerns, we present an automatic face swapping algorithm that searches and selects faces within an image and replaces them with another face with realistic results.

The research provides a program to control the images of faces to process them and replace some of the inappropriate parts of them with previously stored faces. Our algorithm identifies and uses the most suitable faces using a selection process, face extraction using optimal seam search, and blending using linear RGB channel scaling and Poisson Editing

We first determine the faces in the image and their locations, then the position and direction of the face are calculated, and the color and lighting at the face are extracted. Then a suitable image is selected from the previously stored face images to be replaced, after converting this stored face according to the correct orientation and position, balancing the colors and lighting with the original face to achieve a realistic and natural image.

The research includes an analytical study that shows the reasons behind it and analyzes the requirements by studying the users and the steps needed to implement the algorithm, the use cases and the schemes needed to obtain the desired result.

It also provides practical examples illustrating the steps and how to replace faces and obtain the image as required.

Keywords:

Face Swap Algorithm, Extraction, Replacement, Color Blending.

1- مُقدّمة:

إنّ النّقدّم في التّصوير الرّقّمي والبحث عبر الإنترنت جعل من الممكن العثور على الصّور بسهولة كبيرة، في حين أنّ توافر كميات كبيرة من هذه الصور يمكن أن يشيد الى اختراق للراحة، وهناك قلق متزايد حول الخصوصية على الإنترنت المرتبطة بالبحث عن الصور. حيث تسمح أنظمة البحث عبر الإنترنت مثل Google Street View للمستخدمين بتصفّح صور من الصور العامة، و العديد من هذه الصور تحتوي على أشخاص الذين لم يوافقوا على تصويرها، مما تمكّن الممارسة الحالية من التشويش على مناطق الوجه باستخدام الضبابية أو pixilation في كثير من الأحيان ان يخفض الرؤية المنشودة من الصورة. أحد الحلول لهذه المشكلة هو استبدال كل وجه في هذه الصورة مع وجوه موجودة مسبقاً.

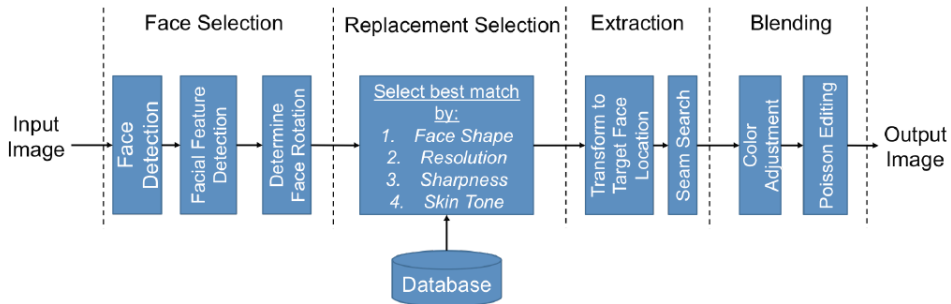
تقوم خوارزمية مبادلة الوجوه face swapping algorithm بتحديد الواجهة الأمامية للوجوه تلقائياً وتستبدلها بوجوه مخزنة مسبقاً على غرار [9]. لكنّها لا تقوم بتقدير الاضاءة وتصحيحها ولا بتقدير الوضعية وتصحيحها، وهي تتضمن أربع خطوات رئيسية لتوليد صورة مركبة تبدو واقعية كما هو موضح بالشكل (1):

1. اختيار الوجه Face selection

2. اختيار الاستبدال Replacement selection

3. الاستخراج Extraction

4. المزج Blending



الشكل (1) مراحل خوارزمية مبادلة الوجوه

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى استبدال وجوه معينة في الصورة بوجوه أخرى مخزنة سابقاً وذلك للحفاظ على مبدأ الخصوصية الذي يُعتبر من المبادئ ذات الأهمية المتزايدة هذه الأيام وخاصة عند الاتصال مع شبكة الانترنت وبالذات في الصور ذات الدقة العالية، حيث تحتوي العديد من الصور العامة على أشخاص لم يكونوا بوضع مناسب لالتقاط الصورة أو غير موافقين على هذه الصورة.

بالإضافة إلى أنّ التعتيم في بعض مناطق الوجه قد يؤدي إلى عدم وضوح بسبب ضبابية معينة أو تقطيع الصورة إلى بيكسلات مما يؤدي إلى تخفيض الجذب البصري للصورة. فكانت أحد حلول هذه المشكلة هو استبدال كل وجه في الصورة مع وجه آخر موجود مخزن مسبقاً.

3- مواد وطرائق البحث:

1. **عينة البحث:** تم تطبيق البحث على مجموعة من الصور لإنشاء قاعدة البيانات التي استخدمناها ومن ثم القيام بعملية الاستبدال المطلوبة.

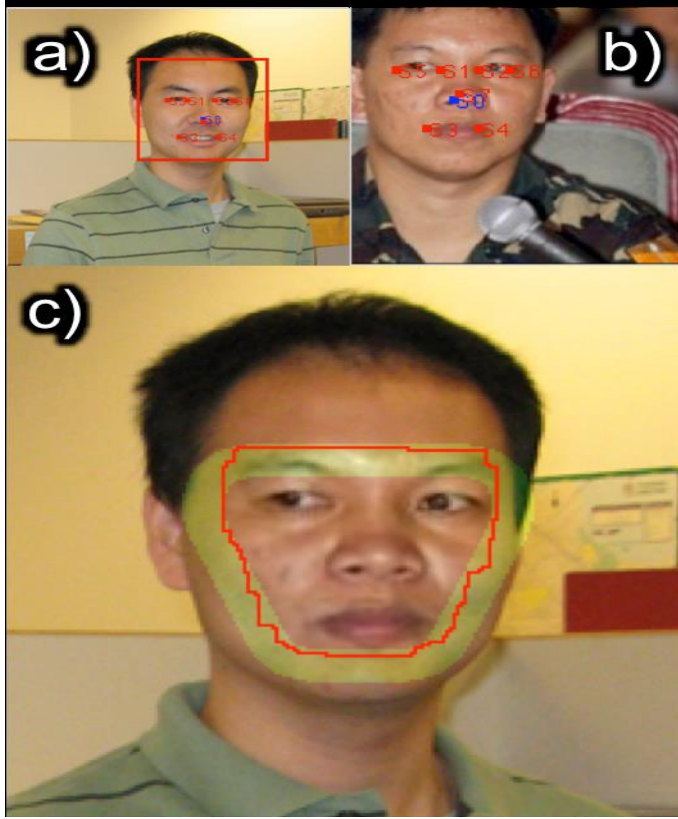
1.1 إنشاء قاعدة البيانات: DATABASE CREATION:

لاستبدال الوجه لصورة مبهمه بوجه مناسب سنقوم بأخذه من قاعدة البيانات التي تحوي على صور لوجوه معروفة. اخترنا 264 وجه أمامي من قاعدة بيانات LFW من المرجع [2] حيث كل صورة تم اختيارها على أساس عدد قليل من المتطلبات:

1. لا يجب أن توجد كائنات تعيق الوجه (بما في ذلك النظارات).

2. يجب أن تكون الوجوه جبهية مأخوذة من الأمام.

بعد أن يتم اختيار الصور المناسبة فإن موقع كل وجه في الصورة يتم تحديده ضمن شكل مربع لكل من الصور باستخدام خوارزمية Viola-Jones لكشف الوجه (المرجع [11]) (الشكل 2a، الشكل 2b).



الشكل (2) التعرف على الوجه بخوارزمية Viola-Jones ، وتحديد ميزات الوجه المصدر

وبما أن الخوارزمية في كثير من الأحيان تكشف عن وجوه كثيرة، لذلك يتم تصنيف الوجوه التي تم كشفها بواسطة منطقة مربع الحدود المرتبط بها، ثم يتم أخذ الوجه الذي له أكبر مربع حدود إلى صورة قاعدة البيانات .

ثم يتم استخراج علامات مميزة للوجه (ملامح كل وجه) باستخدام Flandmark كاشف المعالم الوجهية facial landmark detector (المرجع [6])، وهذا يستخرج زوايا داخل وخارج كل عين، والأنف، وزوايا الفم، ومركز الوجه (الشكل 2b).

تم حساب مراكز كل عين كنقطة وسط لزوايا كلا العينين كما تم حساب زاوية الوجه المحددة أدناه من مواقع العينين اليسرى واليمنى .

$$\theta = \arcsin\left(\frac{y_{left} - y_{right}}{x_{left} - x_{right}}\right)$$

يتم تخزين هذه المواقع أيضاً في قاعدة البيانات جنباً إلى جنب مع خرج Flandmark كاشف معالم الوجه.

بالإضافة إلى ذلك، يحفظ الرسم البياني لحجم التدرج في منطقة العين أيضاً ولحساب الرسم البياني، تم اقتصاص منطقة مستطيلة من منطقة العين في الوجه وتحويلها إلى تدرج الرمادي كمنطقة تعقيم grayscale . حيث يتم تحديد طول المنطقة المقصودة عن طريق المسافة بين الزوايا الخارجية للعيون، وعرض هذه المنطقة يؤخذ على أنه نصف المسافة.

ثم يتم جعل الصورة المدرجة رمادياً (المعتمة) طبيعية عن طريق طرح القيمة المتوسطة وتقسيماً حسب الانحراف المعياري وذلك لحساب الاختلافات في الإضاءة عبر الصور، وتم أخذ تدرج الصورة التي جعلت طبيعية والرسم البياني من 256 صندوقاً من حجم الصورة وتخزينهما في قاعدة البيانات.

1.2 اختيار الاستبدال: REPLACEMENT SELECTION :

نقوم أولاً بالكشف عن مواقع الوجوه لكل صورة باستخدام خوارزمية كشف الوجوه ل Viola-Jones ومن ثم حساب المعالم الوجهية المميزة لكل وجه (الملامح) باستخدام Flandmark وأيضاً حساب زوايا كل وجه كما ذكر سابقاً. من أجل كل وجه تقوم قاعدة البيانات بالبحث عن الوجه المناسب للاستبدال على أساس 4 معايير:

شكل الوجه face shape، دقة الصورة image resolution، والحدة sharpness، ولون البشرة skin tone.

1.2.1 شكل الوجه: face shape :

نطبق تحويل Affine على ملامح كل وجه مأخوذ من قاعدة البيانات لقياسها وتدويرها وتحويلها بحيث تصبح مناسبة ويتم استخدامها للوجه المطلوب تعديله في الصورة. يتم حساب متوسط الخطأ التربيعي (MSE) mean squared error مع معالم الوجه (الملامح) لكل من الوجه المستخرج من قاعدة البيانات والوجه المستهدف تبديله.

ثم تُضرب هذه القيمة في وزن الأنف الذي هو عبارة عن قيمة منطقية (مطلقة) مشتقة من مقارنة دوران yaw للوجه كما هو محدد في العلاقات أدناه :

$$r = \frac{x_{nose} - x_{center}}{\Delta x_{eye}}$$

$$\Delta r = |r_{destination} - r_{database}|$$

$$W_{nose} = \begin{cases} 1 & \Delta r < R_T \\ 0 & \Delta r \geq R_T \end{cases}$$

حيث x_{center} x_{nose} هي إحداثيات x للأنف و وسط الوجه على التوالي ، و Δx_{eye} هو المسافة بين الزوايا الخارجية للعيون . و كما نلاحظ إذا كانت Δr أقل من عتبة معينة R_T فإن وزن الأنف يساوي 1، وإذا كانت أكبر أو تساوي العتبة فيكون مساوياً للصفر .

يتم أخذ نتيجة MSE (متوسط الخطأ التربيعي) وأوزان الأنف وتخزينها بالترتيب التصاعدي أو (المتزايد) و تُبقي على أفضل 20 صورة من القائمة.

1.2.2 دقة الصورة: image resolution

بعد ذلك، نقوم بالتصفية من القائمة المخزنة في قاعدة بيانات الصور حسب الدقة. نأخذ عدد البكسلات الموجودة في المربع المحدد لكل وجه على أنها الدقة. إذا كانت دقة الوجه المأخوذ من قاعدة البيانات هو 50% على الأقل قريب من دقة الوجه المطلوب فيتم الاحتفاظ بالوجه المحفوظ في قاعدة البيانات. وإلا تتم إزالته من القائمة.

1.2.3 الحدة sharpness:

نقوم أيضاً بالتصفية حسب الحدة لمنطقة العين. يتم حساب الرسم البياني لتدرج الحجم في منطقة العين أولاً للوجه المطلوب تبديله. ثم يتم حساب منطقة التداخل للرسم البياني لوجه قاعدة البيانات والوجه المطلوب، ويتم تخزين القائمة الخاصة ببقية الوجوه المخزنة في قاعدة البيانات تبعاً لكبر منطقة التداخل.

1.2.4 لون البشرة: skin tone:

الخطوة الأخيرة من عملية اختيار صورة قاعدة البيانات ينطوي على تصفية الوجوه مع لون بشرة في مجال بعيد جدا عن الوجه المطلوب. ويستند اختيار لون البشرة على درجة لون الوجوه وشفاء اللون. إذا كان الفرق في كل من درجة لون الوجه وشفاء اللون لكلا الوجهين أقل من عتبة معينة نحافظ على وجه قاعدة البيانات في المختارات وإلا يتم إزالته.

ثم تُؤخذ الصورة الأولى في القائمة الناتجة لدينا كمصدر لتبديل الوجوه.

1.3 البحث عن القطع الأمثل: OPTIMAL SEAM SEARCH

بعد ذلك، نحدد المنطقة المثلى لاستخراجها من الوجه الاساسي.

أولاً: يجب علينا تحويلها إلى الموقع الصحيح، يتم إجراء تحويل affine على الصورة الأساسية لتحويل الوجه إلى موقع الوجه المطلوب تبديله، ولتجنب الضياع في العلامات المميزة للوجه عند القيام بعملية القص مثل الحاجبين، التجاعيد، أو بريق لون الشعر، يتم إجراء خوارزمية البحث عن القطع على الصور المتحاذاة.

في هذه الخطوة، نقوم بتحويل الصور إلى CIELAB (لون لفضاء) لربط أفضل للاختلافات البصرية مع الاختلافات في قيمة البكسل، ويُحسب التدرج لكل صورة ويتم تقريبه إلى الشكل الطبيعي بقيمة بين 0 و 1 من أجل الحد من تأثيرات الإضاءة المختلفة.

يتم صياغة البحث عن الشق الأمثل باعتباره مشكلة أقصر الطرق، فنكون بحاجة للعثور على محيط مغلق حول منطقة الوجه بدلاً من خط من الحافة إلى الحافة التي تقلل من مجموع قيم التدرج في المسار، ولتقليل كمية الحسابات نقيّد البحث ضمن منطقة مسار مسموح بها اعتماداً على العلامات المميزة للوجه (كما هو مبين مع اللون الأخضر في الشكل 2C).

1.4 مزج الألوان: COLOR BLENDING:

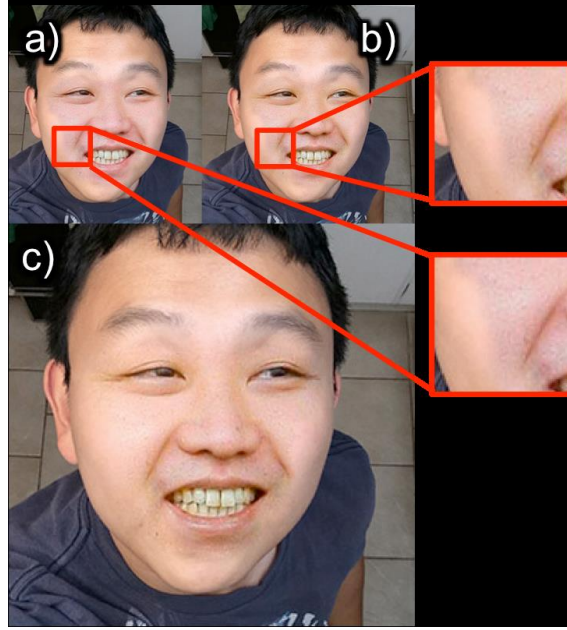
بعد العثور على القطع الأمثل نقوم بإجراء طريقتين مختلفتين لمزج الألوان لخلق مزج واقعي كما في الشكل (3) .

أ. تعديل اللون: Color Adjustment

الخطوة الأولى من عملية مزج الألوان هي تدرّج خطي لنطاق القنوات R و G و B. للعثور على عامل التدرّج لكل قناة تُستخرج البكسلات المحاطة بمربع من القطع لكلا الوجهين، ويتم إيجاد التحول الخطي بتصغير L2 الطبيعي لقيم البكسل. يتم العثور على عامل التدرّج لكل قناة بشكل منفصل بحيث لا يحدث مزج للقنوات ثم يتم تطبيق التحول على كل بكسل في وجه المصدر (المطلوب تبديله). هذا يجهز الصورة للقيام بتعديل بواسون Poisson Image Editing كما تفترض الخوارزمية أن الصور هي من نفس درجة اللون (الشكل 3b).

ب. تعديل بواسون للصورة Poisson Image Editing:

لإنشاء مزج أكثر واقعية، نقوم بإجراء تعديل بواسون على الوجه المركب .
أولاً: يتم إنشاء صورة مركبة عن طريق تركيب لون الوجه الأساسي على مساحة الصورة، يتم صنع قناع ليشير إلى الوجه الأساسي (المصدر) من مساحة الصورة ككل، ثم تقوم الخوارزمية بإعادة تشكيل الوجه على أساس التدرّج الذي تم تحديده حيث يتم استخدام قيم الحدود من الصورة المطلوبة ، وتكون النتيجة مظهر مركب طبيعي بدون أن يُرى مكان القطع (الشكل 3c).



الشكل (3) يبين الشكل مزج الصورة

a- بدون مزج -b- بعد تحويل RGB الخطي -c- بعد تعديل بواسون للصورة

1.5 تحليل أداء الخوارزمية المدروسة باستخدام الحزمة البرمجية MATLAB:

سيتم تحليل أداء هذه الخوارزمية باستخدام الحزمة البرمجية MATLAB لتحديد الوجوه في الصورة ومواقعها، و حساب وضعية الوجه واتجاهه. و اختيار صورة مناسبة من صور الوجوه المخزنة مسبقاً ليتم الاستبدال بها وذلك بعد تحويل هذا الوجه المخزن وفق الاتجاه والوضعية الصحيحين.

2. أدوات البحث: حاسب، برنامج ماتلاب اصدار 2015a.

3. إجراءات البحث: إجراء عملية مبادلة الصور من خلال خوارزمية مبادلة الوجوه المقترحة.

4. النتائج والمناقشة:

اختبرنا الخوارزمية على مجموعة فرعية من الوجوه من قاعدة البيانات مع حالة الإضاءة المعتدلة والواجهة الأمامية من الوجه (الجبهيّة، للصور المأخوذة من الأمام) وبدون نظارات. وتم الحصول على النتائج النموذجية باستخدام الخوارزمية المدروسة وهي مبيّنة في الشكل (4) .

كل مثال يظهر بالترتيب من اليسار إلى اليمين، الوجه المجهول، والوجه المحدد من قاعدة البيانات، والوجه المركب.

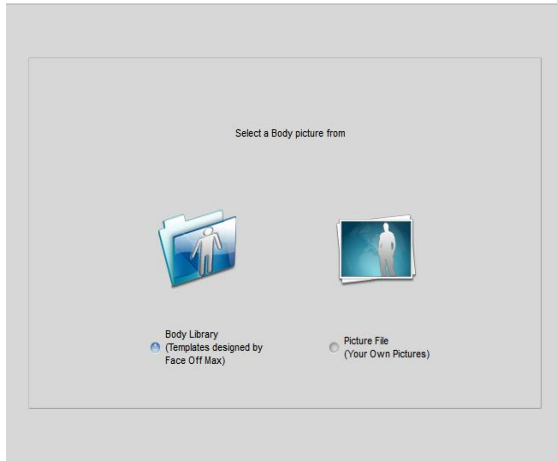
مع الخطوات الأربعة التي قمنا بها في عملية اختيار الوجه، نلاحظ أن الوجوه التي تم اختيارها من قاعدة البيانات هي مشابهة لوضعية ولون بشرة الوجوه المجهولة التي عدلناها والقطع الذي أوجدناه يساعد بجعل جزء الوجه واضح نسبياً ليتم استبداله. في النهاية، مع تعديل اللون وتعديل بواسون للصور *Poisson image editing*، الوجوه المركبة تبدو واقعية جداً بصرف النظر عن الفرق في الإضاءة ولون البشرة، وهذه المجموعة من النتائج تظهر أيضاً أن الخوارزمية تعمل بشكل جيد مع مختلف الأعراق والأجناس والأعمار.



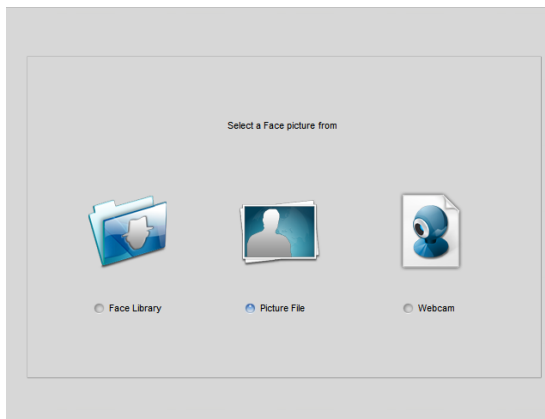
الشكل (4) نتائج عن مبادلة الوجوه

وفيما يلي نوضح النتائج التنفيذية لخطوات الخوارزمية:

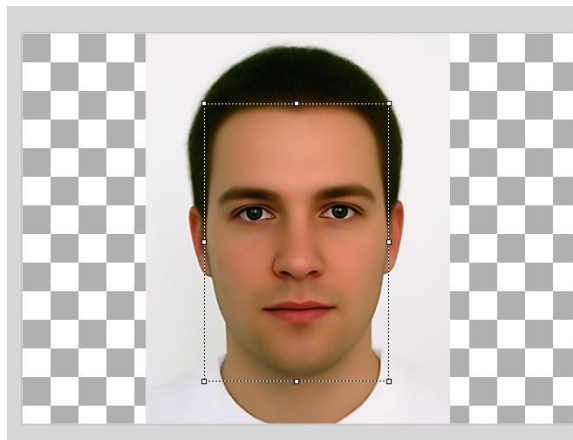
اختيار الصورة المطلوب تغير وجهها:



اختيار الوجه المطلوب استخدامه:



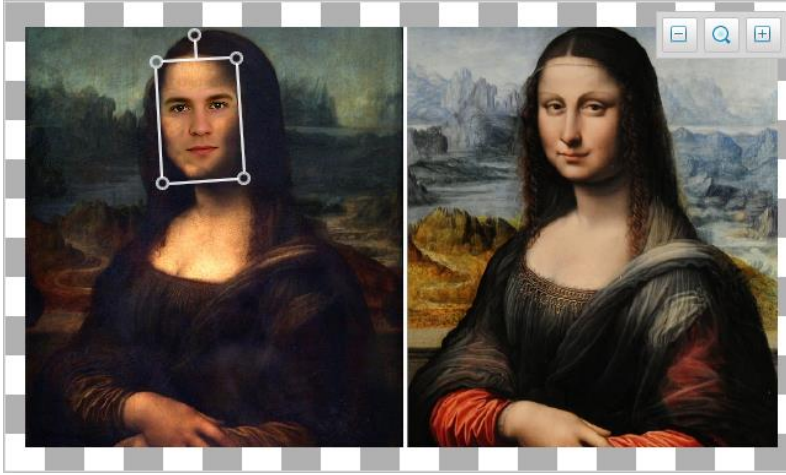
رسم مربع الحدود حول منطقة الرأس:



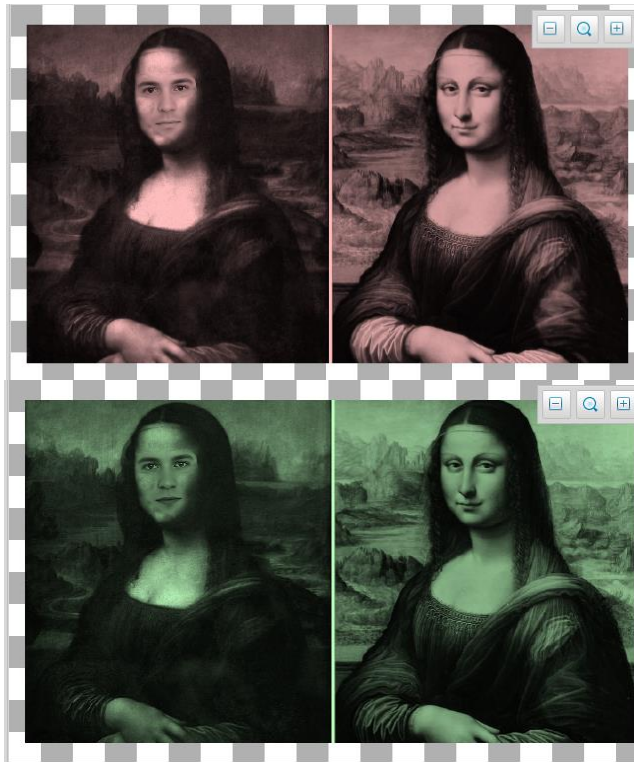
تحديد أجزاء الوجه المراد إظهارها:

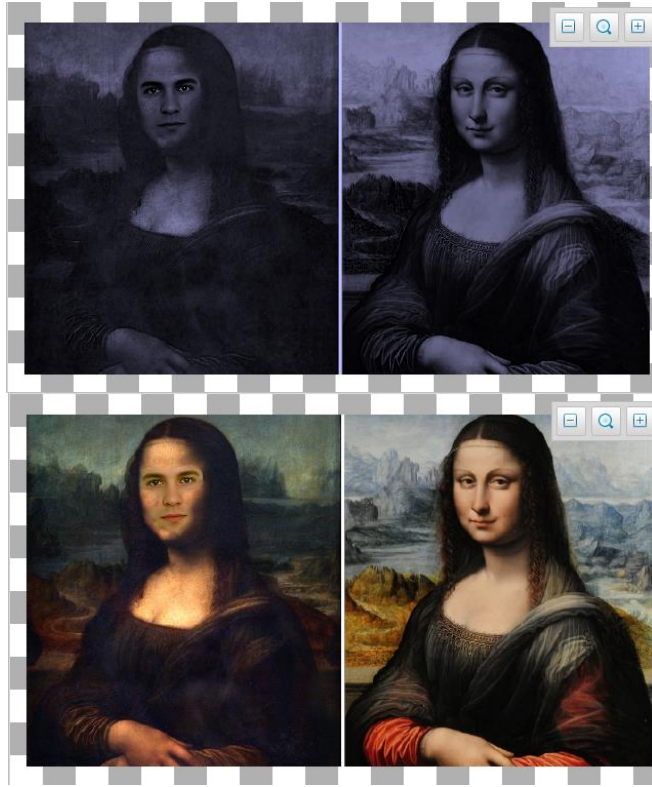


تحديد الحجم والموضع واتجاه الدوران:

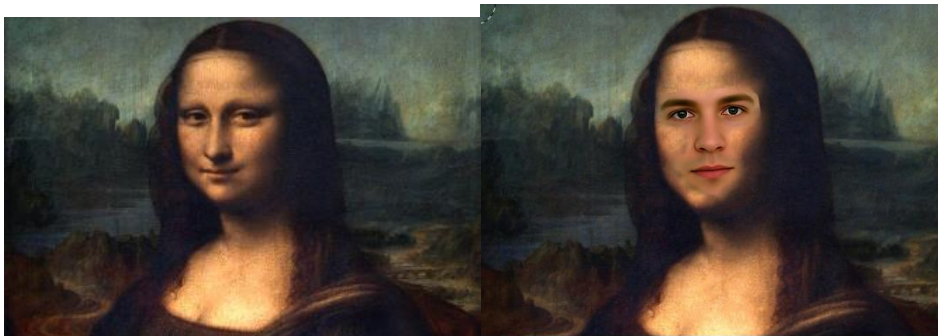


التحكم بألوان البشرة : Skin matching





الحصول على النتيجة النهائية:

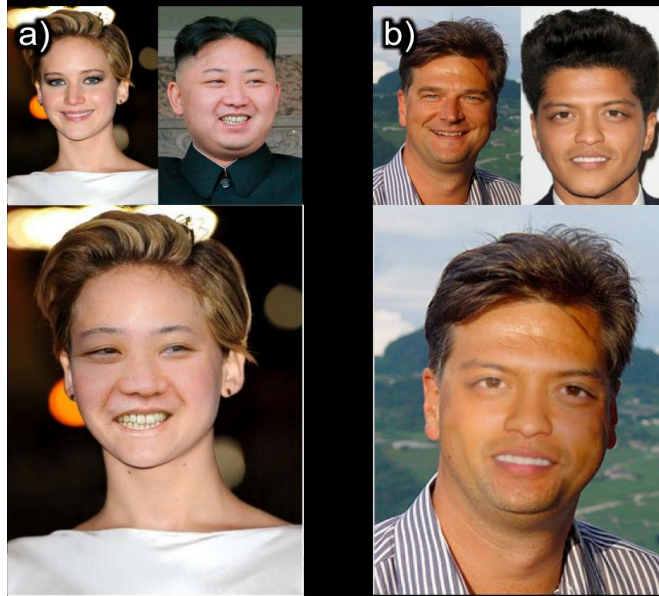


الخلاصة:

تُعد خوارزمية مبادلة الوجوه من الخوارزميات المطوّرة في تبديل الصورة التلقائية دون الحاجة إلى نماذج 3D .
تستخدم الخوارزمية معايير محددة لاختيار الصورة الأنسب، بحسب الشق الأمثل لتسهيل الاستخراج، ويمزج الوجوه باستخدام التحويلات RGB الخطية ومعدل بواسون للصورة لإنتاج وجوه مركبة واقعية.

4- الاستنتاجات والمقترحات:

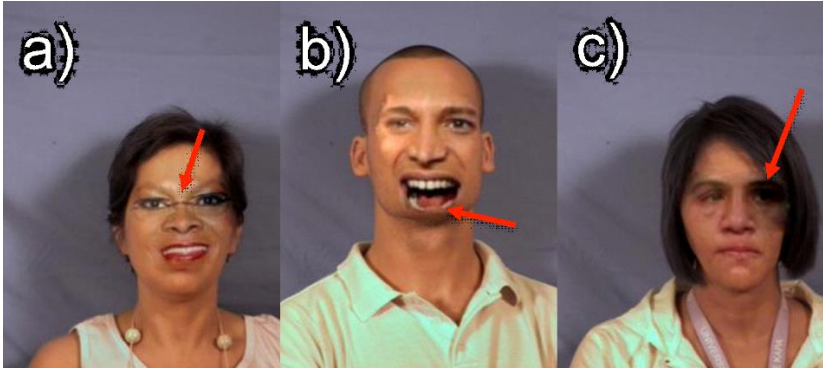
أهم ما توصلنا إليه في معالجة خوارزمية مبادلة الصور:
1. تأخذ الخوارزمية بعين الاعتبار الوجوه الجبهية (الأمامية) مع دوران بنفس السطح ولكن لتصحيح دوران وميلان الوجه يجب أن نأخذ بعين الاعتبار نموذج 3D ، لأنه عند اختيار وجهين باتجاهات متعاكسة قد تبدو الصورة المركبة غير واقعية وكذلك الحال عندما تكون اتجاهات الإضاءة مختلفة بشكل جذري بين الوجهين، كما هو موضّح في الشكل (5)



الشكل (5) يوضح نتائج مبادلة الوجوه عند اتجاهات مختلفة (a) وإضاءات مختلفة (b)

2. بمقارنة نتائج الخوارزمية عند وجود حدود إضافية كأدوات أو نظارات تكون الآثار الخاطئة واضحة كما في الشكل (6) والتي يجب أن يتم إزالتها بطريقة الإخفاء.

3. بتطبيق الخوارزمية في حالة تغيير تعابير الوجه قد يكون الناتج غير متناسب، كما هو الحال في الشكل (6) حيث يصبح الفك غير متناسب في حين أن الفم في الصورة المصدر مفتوح بشكل كبير وذلك لأن كاشف المعايير الوجهية landmark يحدد الزوايا الخاصة بالفم فقط، وبالتالي نقترح كعمل مستقبلي أن يكون مرشح كشف الوجه يحتوي الفم أيضاً عندما يتم حساب الأبعاد.

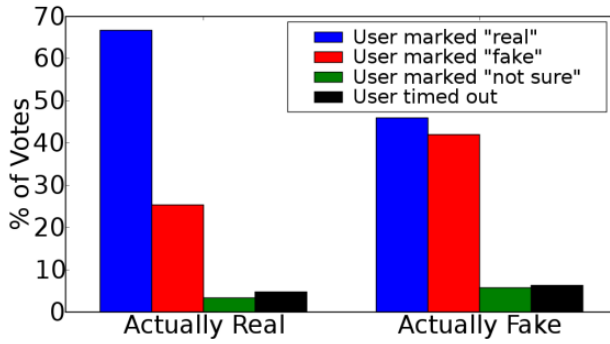


الشكل (6) مبادلة عند وجود حدود إضافية

a- النظارات أداة إضافية -b- حجم وجهي غي مقبول سبب فتحة الفم

4. بمقارنة نتائج الخوارزمية عند عرض 50 صورة نصفها حقيقي ونصفها مزيف أو (مُبدّل) على عدد من الأشخاص وجدنا أن 58% من الصور المبدّلة أخطؤوا في التعرّف عليها واعتبروها حقيقية، وبالمقابل فإن 75% من الصور الحقيقية تم معرفتها كصور حقيقية، وهذه النتائج موضحة في المخطط التالي حيث تبيّن المجموعة الأولى من الأعمدة تقييم الأشخاص للصور الحقيقية فعلاً، والمجموعة الثانية من الأعمدة تبيّن تقييم الأشخاص للصور المبدّلة بواسطة خوارزمية مبادلة الوجوه ، فنلاحظ أن نتائج التقييم للصور المبادلة على أنها

صور حقيقية (58%) مقارنة كثيراً لنتائج معرفة الصور الحقيقية على أنها صور حقيقية (75%) وهذه الأرقام تُظهر الدقة العالية للخوارزمية المستخدمة حيث أن الأشخاص لم يستطيعوا بسهولة التمييز بين الصور الحقيقية والصور المبادلة بهذه الخوارزمية.



المراجع العلمية:

- [1] DOLHANSKY.B, BITTON.J, PFLAUM.B, Jikuo Lu, HOWES.R, WANG.M, and CANTON FERRER.C, 2020 - **The deepfake detection challenge (dfdc) dataset** .
- [2] DENG.J, GUO.J, ZHOU.Y, JINKE Yu, KOTSIA.I, and ZAFEIRIOU.S , 2019 - **Singlestage dense face localisation in the wild**. arXiv preprint arXiv:1905.00641
- [3] DING.X , RAZIEI.Z , Eric C. LARSON , V. OLINICK.E , KRUEGER.P , HAHSLER.M , 2019 - **Swapped Face Detection using Deep Learning and Subjective Assessment**. arXiv:1909.04217v1 [cs.LG] .
- [4] FENG.Y, FAN Wu, SHAO.X, WANG.Y, and ZHOU.X , 2018 - **Joint 3d face reconstruction and dense alignment with position map regression network**. In Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV), pages 534– 551.
- [5] AGARWAL.A, SINGH.R, VATSA.M, and NOORE.A, 2017 – **Swapped digital face presentation attack detection via weighted local magnitude pattern**. In 2017 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB), pages 659–665. IEEE.
- [6] M. UŘIČÁŘ, V. FRANC, and V. HLAVÁČ, 2012 - **Detector of facial landmarks learned by the structured output SVM**. *VISAPP*: 547-556
- [7] C. PREMA, and D. MANIMEGALAI, 2012 - **Survey on Skin Tone Detection using Color Spaces**. *International Journal of Applied* 2.2 (2012): 18-26R.
- [8] MILBORROW, STEPHEN, MORKEL.J, and Nicolls.F, 2010 - **The MUCT landmarked face database**. Pattern Recognition Association of South Africa 1: 4.

- [9] BITOUK.D, 2008 - **Face swapping: automatically replacing faces in photographs**. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. Vol. 27. No. 3.ACM
- [10] G. B.HUANG, 2007 - **Labeled Faces in the Wild: A Database for Studying Face Recognition in Unconstrained**. Environments. University of Massachusetts, Amherst, Technical Report 07-49.
- [11] P. VIOLA, and M. JONES, 2001- **Rapid object detection using a boosted cascade of simple features**. Computer Vision and Pattern Recognition CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society,Conference on. Vol. 1. IEEE, 2001
- [12] “MATLAB File Exchange: Dijkstra Algorithm”,
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/36140-dijkstraalgorit>

تحسين نسبة الضياعات وسويات التوتر في شبكات التوزيع باستخدام إعادة التشكيل بوجود المولدات الموزعة

الدكتور رامي موسى

أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة البعث

الدكتور سامر ربيع

أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية جامعة البعث

الملخص

تعد مسألة تخفيض الضياعات في شبكة التوزيع وتحسين سويات التوتر في عقد التوزيع مع الحفاظ على جودة التغذية الكهربائية والتكوين الشعاعي من المواضيع المهمة التي تعمل عليها مراكز البحوث الأكاديمية والصناعية.

تعد طريقة إعادة تشكيل الشبكة من الطرق الواعدة التي تلقى اهتماماً خاصاً. حيث يمكن إجراء عملية إعادة التشكيل للشبكة الكهربائية باستخدام مفاتيح المناورة بدون وجود التوليد الموزع أو مع وجوده. إن استخدام التوليد الموزع في عملية إعادة التشكيل يقود إلى تحسين أداء الشبكة وخصوصاً بعد زيادة الاعتماد على مصادر الطاقات المتجددة التي تعد شكلاً من أشكال التوليد الموزع.

تم في هذا البحث دراسة إعادة تشكيل شبكة التوزيع بهدف تقليل ضياعاتها وتحسين سويات التوتر في عقدها وذلك باستخدام الخوارزمية الجينية التي تعد إحدى طرق الذكاء الصناعي. تم إجراء الدراسة على شبكة اختبارية IEEE – 33BB، حيث تم استخدام طريقة نيوتن رافسون في تحليل جريان الاستطاعة في الشبكة.

بينت نتائج الدراسة تحسناً كبيراً في أداء شبكة التوزيع بعد عملية إعادة التشكيل باستخدام التوليد الموزع من حيث تخفيض الضياعات ورفع قيم التوتر في عقد الشبكة.

كلمات البحث: إعادة التشكيل، التوليد الموزع، الخوارزمية الجينية، تخفيض الضياعات، تحسين التوتر.

Optimizing losses and voltage levels in distribution networks using reconfiguration with distributed generators

Dr Samer Rabih

Dr Rami Mousa

Abstract

The issue of reducing losses in the distribution network and improving the tension levels in the distribution nodes while maintaining the quality of electrical supply and radial formation is one of the important topics that academic and industrial research centers are working on.

The network reconfiguration method is a promising method that receives special attention. The reconfiguration of the electrical network can be carried out using switchgear without or with the presence of distributed generation. The use of distributed generation in the reconfiguration process leads to improving the performance of the network, especially after increasing reliance on renewable energy sources, which are a form of distributed generation.

In this research, the reconfiguration of the distribution network was studied in order to reduce its losses and improve the tension levels in its nodes, using the genetic algorithm, which is one of the methods of artificial intelligence. The study was conducted on an IEEE-33BB test network, where the Newton-Raphson method was used to analyze the power flow in the network.

The results of the study showed a significant improvement in the performance of the distribution network after the reconfiguration process using distributed generation in terms of reducing losses and raising the tension values in the network nodes.

Keywords: Reconfiguration, distributed generation, genetic algorithm, loss reduction, voltage improvement.

1. مقدمة

أدى النمو السكاني الكبير إلى تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية في جميع بلدان العالم، وفي ظل التضخم الكبير في التكاليف اللازمة لإنشاء محطات توليد كهربائية جديدة وتوسيع شبكات التوزيع اتجه الباحثون إلى البحث عن طرق بديلة تكون أسرع وأكثر فعالية بأقل كلفة ممكنة.

تشكل الضياعات الكهربائية في شبكات التوزيع 75% من إجمالي ضياعات الاستطاعة في نظام القدرة، فهي تساهم بذلك بنسبة تصل حتى 40% من إجمالي التكاليف المصروفة في شبكات التوزيع، كما وأنها تؤثر على موثوقية التغذية الكهربائية للأحمال بنسبة 80% [1].

ترتبط شبكات التوزيع بين محطات التحويل والمستهلكين وتصمم عادة بشكل شعاعي كي تقوم بمهمة توزيع الطاقة الكهربائية على المستهلكين باتجاه واحد، ويرجع ذلك لعدة أمور أهمها: انخفاض تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة، والتنسيق غير المعقد لأنظمة الحماية، وتقليل عدد حالات حدوث الأعطال، وتحكم أفضل في سرينات الاستطاعة وتوترات العقد. وفقاً لما سبق فإن الحفاظ على الشكل الشعاعي في تغذية الأحمال أمر بالغ الأهمية [2].

زادت في السنوات الأخيرة التحديات التي تواجه أنظمة الطاقة الكهربائية التقليدية، مثل احتمال نفوذ الوقود الاحفوري، وانبعث الغازات الملوثة للبيئة من محطات التوليد، إضافة إلى القيود البيئية والاقتصادية المفروضة حديثاً. لذلك، اتجهت مؤسسات الطاقة الكهربائية إلى الاعتماد على المصادر المتجددة كونها مجانية، مستدامة، وصديقة للبيئة [3].

تعد مصادر الطاقات المتجددة شكلاً من أشكال التوليد الموزع الذي يمكن تعريفه بأنه وحدات صغيرة مهمتها توليد الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة أو التقليدية تكون قرب الأحمال لتقليل تكاليف نقل وتوزيع الطاقة وضياعاتها في عناصر نظام القدرة المختلفة. تتراوح استطاعات التوليد اعتماداً على منابع الطاقات المتجددة من بضعة kW

إلى عشرات MW [4]. إن استطاعة وحدات التوليد الموزعة في أنظمة النقل تتراوح بين 50 و100MW، أي أن التوليد الموزع لا يقتصر وجوده فقط بشبكات التوزيع. بهدف تقليل الضياعات في شبكة التوزيع وتحسين سويات التوتر في عقدها، لجأ الباحثون إلى طريقة إعادة التكوين التي تقوم على تعديل البنية الشعاعية لمغذيات التوزيع من التوزيع الأولي إلى توزيع جديد، عن طريق تغيير حالات القواطع من فتح إلى إغلاق أو بالعكس للمفاتيح لنقل الأحمال من وحدة تغذية إلى وحدة تغذية أخرى، مما يؤدي إلى تحسين التشغيل وبشكل كبير ضمن شروط العمل النظامية. تسمح إعادة تكوين المغذيات بنقل الأحمال من مغذيات محملة بشكل كبير إلى مغذيات محملة بشكل خفيف نسبياً ومن طرق مقاومة أعلى إلى طرق مقاومة أقل للحصول على أقل ضياع. هذه التحويلات فعالة ليس فقط من حيث مستوى الأحمال على وحدة التغذية التي يتم تبديلها، وتقليل الخسائر، ولكن أيضاً في تحسين مستوى الجهد بشكل عام على طول المغذيات والتأثير على الخفض الإجمالي في ضياعات الطاقة لنظام التوزيع. ومازالت الدراسات والتجارب حول إعادة تكوين أنظمة التوزيع جارية في العديد من الدراسات [5].

2. طرق إعادة تشكيل شبكات التوزيع

على مدار الأعوام الماضية درس الباحثون مسألة إعادة تكوين شبكة التوزيع لما تملكه من فوائد كثيرة في الواقع العملي وما تزال الأبحاث جارية حالياً في ظل تجدد التحديات والقيود المفروضة على الحلول الممكنة. بشكل عام يمكن تصنيف الطرق المستخدمة لإيجاد التكوين الأمثل للشبكة إلى فئتين أساسيتين:

- طرق رياضية.
- طرق البحث بالاعتماد على تقنيات الذكاء الصناعي.

تعتمد الطرق الرياضية على إجراء الحسابات الدقيقة والشاملة لجميع الحلول الممكنة لذلك فهي تحتاج زمناً كبيراً لتنفيذها ويزداد تعقيدها كلما زاد عدد العقد والفروع في الشبكات المدروسة [1]. بعض هذه الطرق تم استخدامها في حل مسألة تحديد التكوين الأمثل للشبكة مثل طريقة البرمجة الخطية المختلطة MILP [6,7]، وطريقة البرمجة

المخروطية المختلطة من الدرجة الثانية MISOCP [8]، لكن لم تلق هذه الطرق انتشاراً للأسباب السابقة.

من جهة أخرى، فقد لاقت طرق البحث بالاعتماد على تقنيات الذكاء الصناعي التي تعتمد على خوارزميات تكرارية تدعى خوارزميات الحل الأمثل إقبالاً واستحساناً من قبل الباحثين لما تمتاز به من سرعة البحث عن الحل الأمثل من مجموعة الحلول، والدقة في الحل لأنها تعمل بأسلوب البحث العشوائي الموجه، مؤخراً استخدم العديد من خوارزميات الحل الأمثل لتحديد التكوين الأمثل لشبكات التوزيع مثل الخوارزمية الجينية GA [9,10]، وخوارزمية محاكاة التلدين SA [11]، وخوارزمية سرب الجزيئات PSO [12]. حيث تم في البداية تقديم حلول لهذه المشكلة من خلال الشبكات العصبونية التي كانت في البداية نموذجاً لقيود تشغيل قليلة ونماذج تحميل بسيطة ومن ثم تم ظهور التقنيات مع مزيد من القيود حيث تم تصنيف طرق البحث القائمة على تقنيات الذكاء الصناعي إلى ثلاث مجموعات أساسية [13] وهي: الطرق القائمة على البحث العشوائي الموجه، والطرق القائمة على الأساليب المعرفية، والطرق المختلطة.

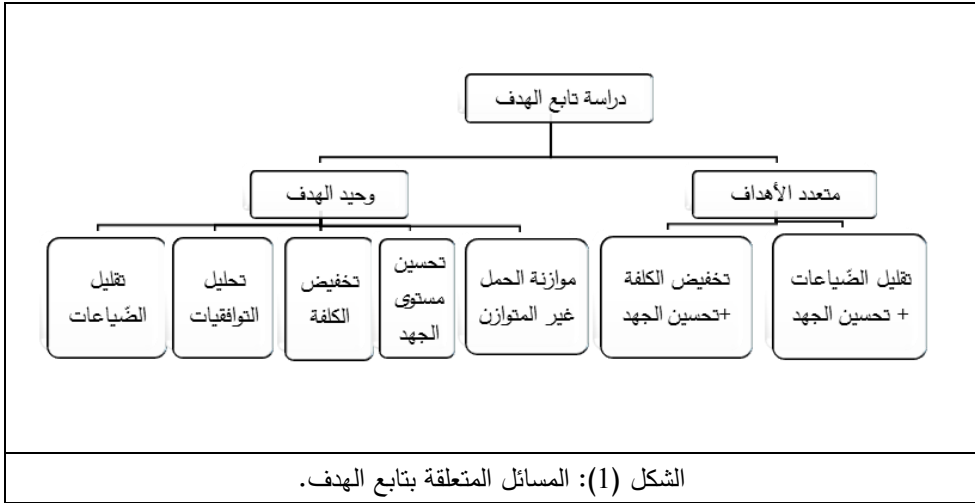
تعد الخوارزمية الجينية في رأس قائمة الخوارزميات التي تعتمد على التطور، وقد أصبحت شائعة جداً كوسيلة لإيجاد القيم المثلى، تعتمد على آلية الانتقاء الطبيعي وعلم الوراثة والميزة الأساسية أنها مناسبة لحل مشاكل التحسين متعددة الأهداف، كما أنها تعتمد بشكل أساسي على آلية فعالة للتشفير وفك التشفير للبرامترات التي تحدد الشكل النهائي لشبكة التوزيع. تقوم الخوارزمية الجينية بتقييم الحلول كل منها على حدى وتمتاز بأنها تستخدم السلاسل العشوائية أثناء توليد الأجيال [6]. تتميز هذه الخوارزمية بعدة ميزات هامة فهي تعمل مع ترميز المتغيرات بدلاً من التعامل معها بشكل مباشر، وتتعامل مع أكثر من تابع هدف في نفس الوقت، وتستخدم القواعد الاحتمالية العشوائية للانتقال بين الأجيال [14].

3. تابع الهدف

يرى بعض الباحثين مسألة تحديد التشكيل الأمثل لشبكات التوزيع كمسألة حل أمثل وحيد الهدف، حيث أن تابع الهدف المنشود وهو تقليل الضياعات الكهربائية في

جميع فروع الشبكة، بينما يراها آخرون على أنها مسألة حل أمثل متعددة الأهداف [1]. يبيّن الشكل (1) المسائل المتعلقة بتابع الهدف بنوعيه وحيد الهدف ومتعدد الأهداف وهي المسائل التي دفعت الباحثين لاقتراح مسألة إعادة التكوين بهدف رفع كفاءة شبكة التوزيع الكهربائية. لذلك يجب النظر إلى هذه المسألة بموضوعية والعمل على إيجاد الحل الأنسب لكل شبكة حسب الحالة المدروسة. أما بالنسبة للقيود المفروضة على تابع الهدف فقد تم مراعاة القيود التالية:

- 1- أن تكون جهود العقد ضمن الحدود المسموحة.
- 2- أن تكون تيارات الفروع أقل من حد التّحميل الأعظمي المسموح.
- 3- المحافظة على الشكل الشعاعي للشبكة في تغذية الأحمال.
- 4- توفير التغذية لجميع الأحمال [9].



الشكل (1): المسائل المتعلقة بتابع الهدف.

4. إعادة تشكيل شبكات التوزيع بوجود التوليد الموزع

التوليد الموزّع هو نظام توليد صغير الحجم ذي جهد منخفض واستطاعة توليد صغيرة نسبياً، يحتوي نظام التوليد الموزّع على منابع تقليدية للطاقة الكهربائية (ديزل، عفات صغيرة...) أو على منابع متجددة (مزارع ريحية، خلايا كهروضوئية...). تتمتع تقنيات التوليد الموزّع بفوائد كثيرة فهي تؤمن الطاقة الكهربائية بتكلفة أقل، جودة عالية

وأداء محسّن للنظام، مما يعود بالنفع على مجموعة كبيرة من مستخدمي أنظمة الطاقة الكهربائية وشركات الكهرباء.

يوجد طريقتان مؤثرتان في رفع كفاءة شبكات التوزيع وتحسين أدائها وهما إعادة تشكيل الشبكة وإضافة المولدات الموزعة إليها. تسعى طريقة إعادة تكوين الشبكة إلى تقليل الضياعات في خطوط شبكة التوزيع من خلال تغيير حالات وصل وفصل قواطع العزل والربط الموجودة في الشبكة للحصول على التكوين المناسب لحالة العمل الراهنة والتي تحقق أقل ضياعات في الخطوط. بينما تسعى طريقة التوليد الموزع إلى نفس الهدف من خلال توليد الطاقة الكهربائية بالقرب من مراكز الاستهلاك أو الأحمال. بالنظر إلى كلتا الطريقتين معاً نرى أنهما تكملان بعضهما البعض لتحقيق الهدف المشترك. لحل مشكلة البحث المتمثلة بإعادة تكوين شبكات التوزيع بوجود التوليد الموزع سنقوم بتجزئتها إلى قسمين يشتركان بهدف واحد هو تقليل الضياعات في جميع خطوط الشبكة، بذلك سينتج لدينا: تخفيض للضياعات في خطوط الشبكة ناتج عن إعادة تكوين الشبكة، وتخفيض للضياعات في خطوط الشبكة ناتج عن إضافة المولدات الموزعة.

تم في دراستنا ربط مرحلتي الحل معاً بالاعتماد على نتائج المرحلة الأولى وهي الضياعات في الفروع بعد إعادة التشكيل لتحديد مكان واستطاعة المولدات الموزعة، أما عددها فكان بشكل اختياري مع مراعاة الحدود الممكنة لتوليد استطاعة من كل مولد موزع. حديثاً، تم اقتراح مؤشر جديد لتحديد مكان المولد الموزع المراد إضافته إلى شبكة التوزيع الشعاعية. ويدعى هذا المؤشر بعامل حساسية الضياع للخط (L S F)، حيث يتم ربط المولد الموزع بالعقد التي تملك أعلى قيمة لعامل الحساسية [15].

5. طرق تحليل سريان الحمولة في الشبكة الكهربائية

يتم التخطيط لحالات العمل الطبيعية للشبكة الكهربائية اعتماداً على تحليل سريان الحمولة في الحالة المستقرة ويهدف هذا التحليل النوعي إلى حسابات البارمترات الكهربائية المختلفة مثل توترات العقد، تيارات الفروع، وسريانات الاستطاعة وفقاً لحالة الحمولة. يتطلب حل مسألة سريان الحمولة معرفة عدة أشياء عن طبيعة الشبكة وقيم أحمالها.

هناك الكثير من الطرق التكرارية المستخدمة في حساب سريان الحمولة في الشبكات التقليدية ذات الاتجاه الوحيد للتيار.

• طريقة المسح العكسي والأمامي:

طريقة المسح العكسي والأمامي المستخدمة لحساب سريان الحمولة في الشبكات الشعاعية تعتمد على حساب السريان في كل خط من الحمل إلى المنبع ومن المنبع إلى الحمل ثم يتكرر الحساب لكامل الشبكة إلى أن يتحقق التقارب عند المقارنة مع معامل الدقة [14,16] يتعد تطبيق هذه الطريقة كلما زاد عدد الخطوط في الشبكة وكلما تعدد الشكل الشعاعي للشبكة (الشكل الشجري) وتصبح غير صالحة للتطبيق عند وجود عدد كبير من الحلقات [17]، من المساوئ الأخرى لهذه الطريقة حاجتها إلى زمن تنفيذ كبير بسبب الحساب الذي يتم على مرحلتين، الأولى من العقدة الأخيرة إلى عقدة المنبع بقصد حساب استطاعة عقدة المنبع. والثانية من عقدة المنبع إلى العقدة الأخيرة بقصد حسابات سريانات الاستطاعة في الأفرع وتحديث قيم توترات العقد.

• الطريقة المصفوفية:

تعتمد هذه الطريقة على تشكيل مصفوفتين هما مصفوفة ارتباط العقد بتيارات الأفرع، ومصفوفة ارتباط الأفرع بجهود العقد، عندئذ يمكن حساب التيارات المارة في الأفرع فوراً بحساب الجداء المصفوفي حسب قانون كيرشوف. تتميز الطريقة المصفوفية لحساب السريانات في شبكات التوزيع بسرعتها الكبيرة، فهي لا تحتاج لكثير من المعادلات لكن ما يعيبها هو التقارب السريع السابق لأوانه مما يسبب أخطاء في دقة الحساب. استخدمت هذه الطريقة في عدد قليل من المراجع، كما المرجع [18] فقط لمقارنة نتائجها مع نتائج طرق أخرى.

• طريقة غاوص - سيدل:

هي إحدى الطرق الجيدة في تحليل أنظمة القدرة والشبكات الكبيرة ذات العدد الكبير من العقد، كما لا نحتاج إلى شروط خاصة للتطبيق على مختلف أشكال الشبكات

إلا أنها تملك معدل تقارب بطيء وتحتاج إلى تكرارات أكثر للوصول إلى الحل النهائي، لذلك لم يتم الاعتماد عليها في حل السريان حديثاً.

• طريقة نيوتن رافسون:

هي الطريقة الأكثر تطبيقاً في مختلف البرامج الحاسوبية المخصصة لتحليل الشبكات وتملك ميزات عدة منها التقارب الجيد إلى الحل بغض النظر عن حجم الشبكة المدروسة (عدد العقد والخطوط فيها) وقادرة على التعامل مع عقد التوليد وعقد التحكم بمرونة. لقيت طريقة نيوتن رافسون استحساناً من قبل باحثين كثر [19, 20, 21] حيث اعتمدوا عليها في حل مسألة سريان الحمولة لاختيار التكوين الجديد لشبكة التوزيع بوجود التوليد الموزع.

• طريقة نيوتن رافسون ذات الفصل السريع بين المتغيرات:

تم إيجاد هذه الطريقة للتعامل مع تحليل الحالات العابرة كالأعطال التي تتطلب الحل السريع بغض النظر عن الدقة، تقوم هذه الطريقة على مبدأ نقل الاستطاعة الرديّة وهو المسؤول عن تغير قيمة مطالات التوترات وأن نقل الاستطاعة الفعلية هو المسؤول عن تغير قيمة زوايا التوترات، والسبب يعود إلى أن نسبة مقاومة امفاعلة تكون صغيرة جداً في حالة العطل.

إنّ المنهجية المتبعة في هذا البحث مبنية على طريقة نيوتن رافسون، والتي أظهرت كفاءة عالية في التقارب وساعدت بشكل فعال في حل مشكلة البحث في ظل وجود عدد كبير من العناصر في الشبكة المدروسة. نقدم فيما يلي شرح مفصل لطريقة حساب السريان اعتماداً على خوارزمية نيوتن رافسون التكرارية.

6. سريان الحمولة بوجود التوليد الموزع

يختلف تحليل سريان الحمولة في شبكات التوزيع المتضمنة مولدات موزعة عما هو عليه في الشبكات التقليدية التي تعتمد على التوليد المركزي، السبب في ذلك هو أن الاستطاعة المحقونة في الشبكة من المولدات الموزعة تكون متغيرة مما يؤثر على قيم سريان الاستطاعة. عند استخدام وسائل تقنية إضافية يمكن تفادي تلك المساوئ

والحصول على استطاعة محقونة ثابتة، لا بل وأكثر من ذلك، إذ يمكن التّحكم بكمية الاستطاعة المولدة عند استخدام مبدلات الكترونيّات القدرة القابلة للتحكم. نتيجة لتأثير التّوليد الموزّع في سريان الاستطاعة، كان لابد من إجراء بعض التعديلات على طرق حساب السّريانات المستخدمة مع الشبكات التي تحوي على مولدات موزّعة وذلك بمراعاة الخصائص التّالية:

- ❖ نمط ربط التّوليد الموزّع مع الشبّكة المضيفة، نقصد بذلك كيف أن وجود المولد الموزّع سيؤثر على خصائص العقدة المضيفة.
- ❖ وجود قيود على توليد الاستطاعة، ونعني بذلك هل سيكون المولد الموزّع قادر على توليد الاستطاعة بقيم ثابتة أم أنها متغيّرة ضمن مجال محدد.
- ❖ وجود إمكانيّة التّحكم بالتّوليد الموزّع، أي أنه عندما يكون التّوليد ضمن الحدود المسموحة هل ستوجد إمكانيّة للتحكم به للمحافظة على بعض الميّزات الإضافيّة مثل أن يكون التّوليد حسب الحاجة أو حسب نسبة تقليل الضياعات.

عند ربط المولدات الموزّعة مع الشبّكة الشّعاعيّة ستتغير الاستطاعات المركّبة في عقدها والتّيارات المارة في خطوطها وهذا سيؤثر على الضياعات، بالتّالي الاستطاعة المستجرة من مركز التّوليد الرئيسي ستتغير. إنّ كمية الاستطاعة المقدّمة من المولدات الموزّعة إلى الشبّكة تحدد خصائص السّريان مع مراعاة توتّرات العقد في الشبّكة. يؤدي توليد الاستطاعة في عقد الحمولة إلى رفع توتّرات تلك العقد ويترتب على ذلك انتقال الاستطاعة من المولد الموزّع إلى الشبّكة، أي أن اتجاه سريان الاستطاعة قد أصبح سالباً. لا تؤثر المولدات الموزّعة فقط على الاستطاعة السّارية في الفروع بل أيضاً على توتّرات العقد. يتعلّق تأثير التّوليد الموزّع على قيم التوتّرات بوجود تنظيم لتوتّر خرج المولد الموزّع ومدى التّحكم بذلك التنظيم.

نظراً لمحدودية السّعة المركّبة لوحدات التّوليد الموزّعة، فإنها لا تستطيع توليد الطّاقة بشكل لا نهائي كما الشبّكة العامّة، وإنما تكون قادرة على تقديم كمية من الاستطاعة ضمن حدود عليا ودنيا. قد تتغير الحدود المفروضة على توليد الاستطاعة تبعاً للظروف الجوية، كما هو الحال في معظم مصادر التّوليد المتجدّدة، أو تبعاً لظروف

العمل المختلفة، كالأعطال أو الصيانة، أو تبعاً لاعتبارات اقتصادية، كأن تكون كلفة إنتاج واحدة الاستطاعة بواسطة المولدات الموزعة أعلى من كلفة إنتاجها بالاعتماد على الطاقة التقليدية. يتم اتخاذ القرار بوصل أو فصل المولدات الموزعة بشكل أساسي وفقاً للحدود المفروضة على كل مولد موزع.

تسمح واجهات الربط البيئية (مبدلات الكترولنيات القدرة الحديثة) بالتحكم بخرج المولدات الموزعة مما يرفع من كفاءة أداءها، ويؤمن عملها عند عوامل استطاعة متحكم بها. على سبيل المثال، تعتبر المنظومات الكهروضوئية كمولد موزع يقدم استطاعة فعلية للشبكة عند عامل استطاعة واحد ومردود عال يصل إلى 98%. الغاية الجوهرية من التحكم بالاستطاعة الفعلية المحقونة تكمن في التوليد حسب الحاجة ويعتمد نظام التحكم في تحقيق ذلك على معادلة توازن الاستطاعة الفعلية. أما بالنسبة للاستطاعة الرديئة فإن التحكم بتوليدها يهدف إلى تحسين سوّيات التوتر في عقد الشبكة وتقليل الضياعات الناتجة عن سريان استطاعة رديئة في خطوط الشبكة.

عندما يملك المولد الموزع إمكانية التحكم بالاستطاعة الفعلية المحقونة يتم التعامل معه كمنبع لا نهائي نظرياً طالما أن الاستطاعة المطلوب توليدها تقع ضمن الحدود المتاحة. بينما أن زيادة الاستطاعة الرديئة المحقونة يؤدي إلى رفع مطال التوتر عند عقدة الربط، لذلك يتم التحكم بكمية الاستطاعة الرديئة المولدة بحيث يبقى مطال التوتر ثابتاً وهنا يتم التعامل مع العقدة كأنها عقدة تحكم بالتوتر طالما أن الاستطاعة المطلوب توليدها أو امتصاصها تقع ضمن الحدود الممكنة. أخيراً نقول عندما يعجز المولد الموزع عن تقديم الكمية المطلوبة من الاستطاعة (فعلية أو رديئة) يتم التعامل مع العقدة المربوط إليها ذلك المولد على أنها عقدة حمولة ونعتبر أن الاستطاعة التي يقدمها المولد إلى الشبكة حملاً سالباً.

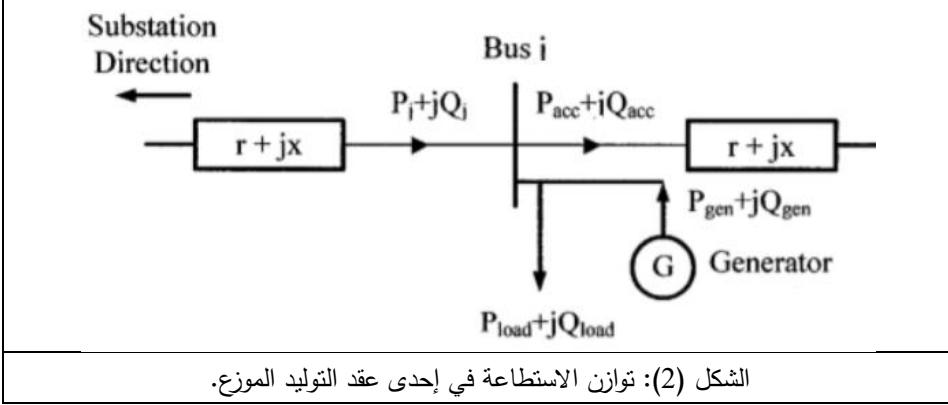
يمكن تحديد طبيعة التعامل مع العقدة التي رُبط إليها المولد الموزع تبعاً للخصائص الثلاث السابقة (نمط الربط، حدود التوليد، التحكم بالتوليد)، ونميّز الأنواع التالية [22]:

■ عقدة مرجعية: عند وجود إمكانية التحكم بطاقة الخرج الفعلية للمولد الموزع يتم اعتباره مصدراً رئيسياً لتغذية الشبكة، بينما يتم تحويل جميع المصادر الأخرى إلى أحمال سالبة أثناء تنفيذ خوارزمية سريان الحمل، وهكذا إلى الوصول إلى الحدود القصوى المسموحة للتوليد أو أن يتم تزويد كامل حمل الشبكة بالطاقة البديلة. يجب الانتباه إلى نوع الاستطاعة المحقونة في الشبكة، حيث تذهب الاستطاعة الفعلية لتغذية الأحمال بشكل أساسي وتذهب الاستطاعة الرديئة لتحسين سويات التوتر في عقد الشبكة.

■ عقدة حمولة: يتم النظر إلى المولد الموزع الذي يقدم استطاعة ثابتة على أنه حمل سالب كما يتم اعتباره كذلك عندما يعجز عن تقديم كامل الطاقة المطلوبة منه (بسبب وصوله إلى الحدود القصوى المسموحة). في هذا النوع من العقد يجب الانتباه إلى نوع المولد وعامل استطاعته، بالنسبة لحالة ربط مولد تحريضي مع الشبكة بشكل مباشر فإنه سيقدم استطاعة فعلية يتم طرحها من استطاعات أحمال الشبكة ولكنه سيستهلك استطاعة رديئة، ويجب حساب قيمتها في كل خطوة تكرر أثناء تنفيذ الخوارزمية لأنها قيمة متغيرة وتتبع لتوتر العقدة المربوط إليها.

■ عقدة تحكم بالتوتر: يتم التعامل مع المولد الموزع الذي يملك مجال توليد استطاعة رديئة متحكم به على أنه منبع للاستطاعة الرديئة، يترتب على ذلك المحافظة على مطال توتر العقدة عند قيمة مرجعية ثابتة طالما أن الاستطاعة المطلوبة لم تتجاوز الحدود المسموحة على التوليد. عند تجاوز الحدود المسموحة تتم إعادة العقدة إلى عقدة حمولة ويتم تغيير قيمة مطال توتر العقدة إلى القيمة الموافقة للحد الأعظمي المسموح به.

تستند طرق حساب سريان الحمل على مبدأ توازن الاستطاعات الفعلية والرديئة في قضبان التجميع مهما تغير تكوين الشبكة وبغض النظر عن شكلها أكان شعاعياً أم حلقياً. تتوازن الاستطاعات عند أي عقدة عندما يصبح المجموع الجبري للاستطاعات المولدة والمستهلكة والمنقلة مساوياً للصفر [23]. يوضح الشكل (2) مبدأ توازن الاستطاعة في عقد التوليد الموزع في أحد عقد الشبكة بوجود منبع توليد موزع.



يمكن كتابة معادلتى توازن استطاعة عقدة التوليد الموزع المبينة بالشكل (2):

$$P_i + P_{gen} = P_{load} + P_{acc} \quad (1)$$

$$Q_i + Q_{gen} = Q_{load} + Q_{acc} \quad (2)$$

$P_i + jQ_i$: الاستطاعة الفعلية والردية المنقولة إلى العقدة المدروسة i.

$P_{acc} + jQ_{acc}$: الاستطاعة الفعلية والردية المنقولة من العقدة المدروسة i.

$P_{gen} + jQ_{gen}$: الاستطاعة الفعلية والردية المقدمة من المولد الموزع الموجود عند العقدة المدروسة i.

$P_{load} + jQ_{load}$: الاستطاعة الفعلية والردية للحمل المركب عند المولد الموزع الموجود عند العقدة المدروسة i.

أما صافي الاستطاعة المركبة عند عقدة التوليد الموزع فيتم حسابه بناءً على سلوك عقدة التوليد الموزع في كل خطوة تكرار:

a. في حال كان سلوك عقدة التوليد الموزع هو عقدة مرجعية، عندها يتم افتراض أن الاستطاعة المركبة فيها غير محددة ويتم حسابها اعتماداً على قيم التوترات في الخطوة التكرارية المدروسة باستخدام علاقتي الاستطاعة بطريقة نيوتن رافسون دون إضافة قيمة الحمل المركب عند تلك العقدة.

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) + P_{i \text{ load}} \quad (3)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i||V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) + Q_{i \text{ load}} \quad (4)$$

a. $P_{i \text{ load}}, Q_{i \text{ load}}$: مركبتي استطاعة الحمل المركب عند عقدة التوليد الموزع i .
 b. في حال كان سلوك عقدة التوليد الموزع هو عقدة حمولة، عندئذ يتم حساب صافي الاستطاعة المركبة بالعلاقتين:

$$P_{i \text{ sch}} = P_{i \text{ gen}} - P_{i \text{ load}} \quad (5)$$

$$Q_{i \text{ sch}} = Q_{i \text{ gen}} - Q_{i \text{ load}} \quad (6)$$

هنا يجب الانتباه إلى نوع المولد الموزع وعامل استطاعته، فإذا كان هذا المولد

يستهلك استطاعة رديّة من الشبكة يتم حساب الاستطاعة من علاقة نيوتن رافسون:

$$Q_i^{(K)} = - \sum_{j=1}^n |V_i||V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) + Q_{i \text{ load}} \quad (7)$$

$$Q_{i \text{ gen}}^{(k)} = Q_i^{(k)} + Q_{i \text{ load}} \quad (8)$$

c. في حال كان سلوك عقدة التوليد الموزع هو عقدة تحكم بالتوتر، سيتم التعامل مع توليد الاستطاعة الفعلية كقيمة ثابتة، ويتم حساب الاستطاعة الفعلية المركبة كما هو الحال عند سلوك عقدة الحمولة. تحسب الاستطاعة الرديّة المطلوب توليدها من المولد الموزع كما في العلاقتين السابقتين (7)، (8) مع ملاحظة أن $Q_{i \text{ gen}}$ في حالة سلوك عقدة الحمولة ستكون سالبة حصراً.

عملياً، إن توليد الاستطاعة الرديّة يكون ممكناً فقط ضمن حدود مسموحة وبالتالي فإن مجال التحكم يكون محدوداً بحدود توليد الاستطاعة الرديّة، أي أن المحافظة على مطال توتر ثابت عند عقدة تحكم تتطلب وجود منبع استطاعة رديه قادر على امتصاص وتقديم استطاعة رديّة بشكل لا نهائي نظرياً وهذا غير ممكن في الواقع. لضمان عدم تجاوز الحدود المفروضة على توليد الاستطاعة الرديّة يجب القيام بالخطوات التالية:

1. عندما تقع الاستطاعة المحسوبة في الخطوة k عند العقدة i (عقدة التحكم بالتوتر والمربوط إليها المولد الموزع) $Q_i^{\text{calc}(k)}$ ضمن الحدود المفروضة على

التوليد $[Q_{i \min}, Q_{i \max}]$ عندئذٍ نقوم بتنشيط قيمة مطال التوتّر عند العقدة i ، أي أننا نعتبر $|\Delta V_i^{(k)}| = 0$ ونحسب قيمة $\Delta \delta_i^{(k)}$ فقط.

2. عندما تكون $Q_i^{\text{calc}(k)}$ خارج الحدود المفروضة على التوليد، عندئذٍ نقوم بتغيير قيمة $Q_i^{\text{calc}(k)}$ ثم نحسب قيمة التوتّر الجديدة كمطال وزاوية وفق علاقة غاوص-سيدل. هناك حالتان هما:

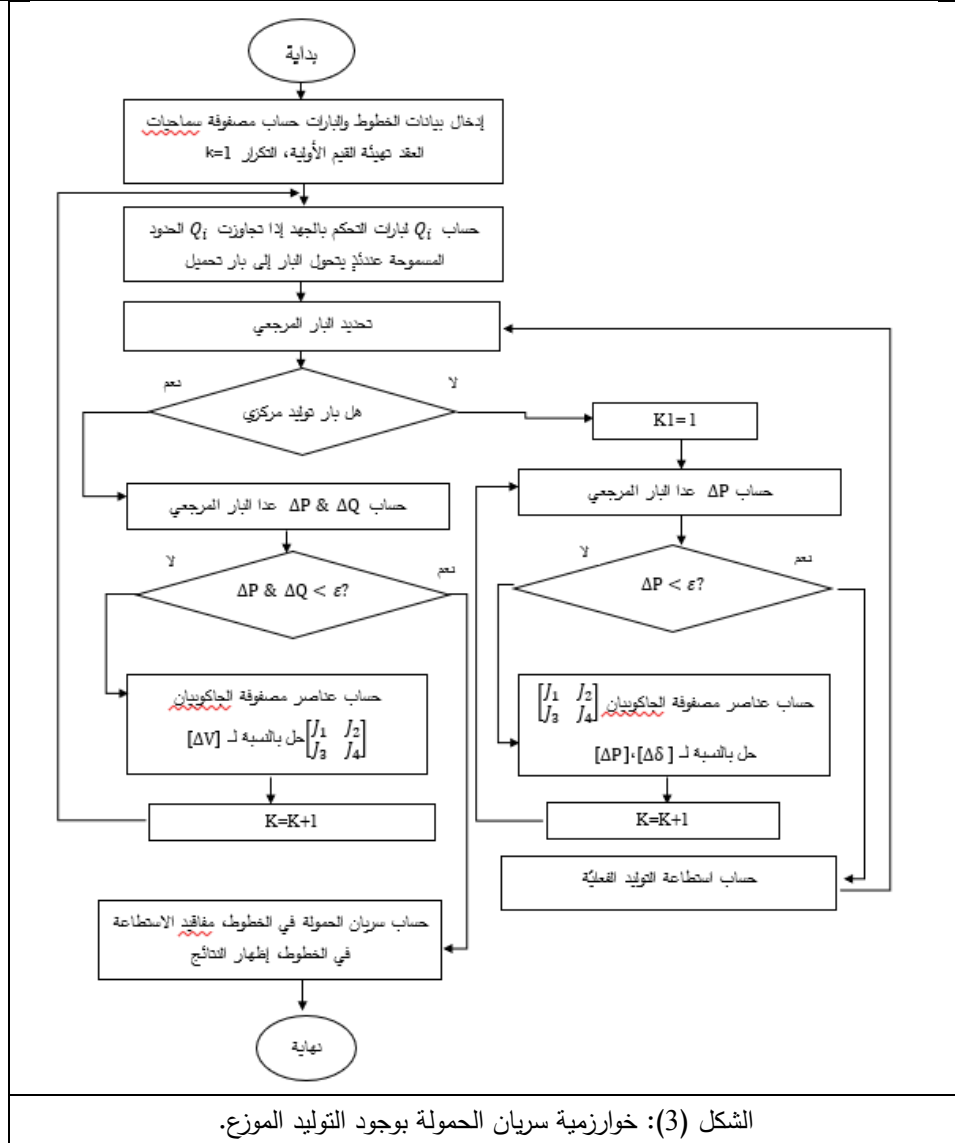
$$\left[\begin{array}{l} Q_{i \text{ gen}} = Q_{i \min} \leftarrow Q_i^{\text{calc}(k)} < Q_{i \min} \\ Q_{i \text{ gen}} = Q_{i \max} \leftarrow Q_i^{\text{calc}(k)} > Q_{i \max} \end{array} \right] \quad (9)$$

$$Q_i^{\text{calc}(k)} = Q_{i \text{ gen}} - Q_{i \text{ load}} \quad (10)$$

$$V_i^{(K+1)} = \frac{1}{Y_{ii}} \left(\frac{P_i^{\text{calc}(k)} - j Q_i^{\text{calc}(k)}}{V_i^{*(k)}} - \sum_{j=1} Y_{ij} \cdot V_j^{(k)} \right) \quad (11)$$

تبين الخطوات السابقة أنّ عقدة التّحكم بالتوتّر ذات التوليد الموزّع تصبح عقدة حمولة عندما يطلب منها استهلاك أو تقديم استطاعة رديّة خارج الحدود الممكنة وتعجز عن المحافظة على قيمة مطال التوتّر ثابتة. يُظهر الشّكل (3) المخطط الصندوقي لخوارزمية سريان الحمولة بطريقة نيوتن رافسون بوجود التوليد الموزّع.

تحسين نسبة الضياعات وسويات التوتر في شبكات التوزيع باستخدام إعادة التشكيل بوجود المولدات الموزعة



يوضح المثال التالي أنماط عمل المولد الموزع المربوط مع شبكة التوزيع، بفرض وجود عنفة رحيّة تقود مولد تحريضي مربوط بشكل مباشر مع الشبكة. في هذه الحالة ستبقى العقدة المربوط إليها المولد كعقدة حمولة حيث سيستهلك المولد التحريضي استطاعة رديّة من الشبكة، بينما سيتم التعامل مع الاستطاعة الفعلية التي يقدمها المولد كأنها حمل سالب. تعتبر هكذا حالات بغياب التحكم من النوع الأبسط من ناحية

الحساب، بفرض تم إضافة إحدى دارات التبديل الإلكتروني كصلة وصل بين المولد والشبكة بهدف المحافظة على قيمة مطال التوتّر عند قيمة ثابتة، عندئذٍ يجب التعامل مع العقدة المربوط إليها المولد كعقدة تحكّم بالتوتّر، ويجب حساب قيمة الاستطاعة الرديّة اللازمة لذلك، أما في حال تم استخدام مبدلات الكترونيّات القدرة المزدوجة التي تسمح بسرّيان الاستطاعة ثنائيّة الاتجاه، عندئذٍ يمكن التّحكّم بالمولد التحريضي بحيث يولد أو يستجر استطاعة فعلية وردية [24]. تعتبر هذه الحالة من الرّبط بالشبكة أعقد قليلاً من الحالة الأولى، حيث يصبح المولد عبارة عن حمل سالب من حيث الاستطاعة الفعلية، وعبارة عن منبع لانتهائي نظرياً بالنسبة للاستطاعة الرديّة.

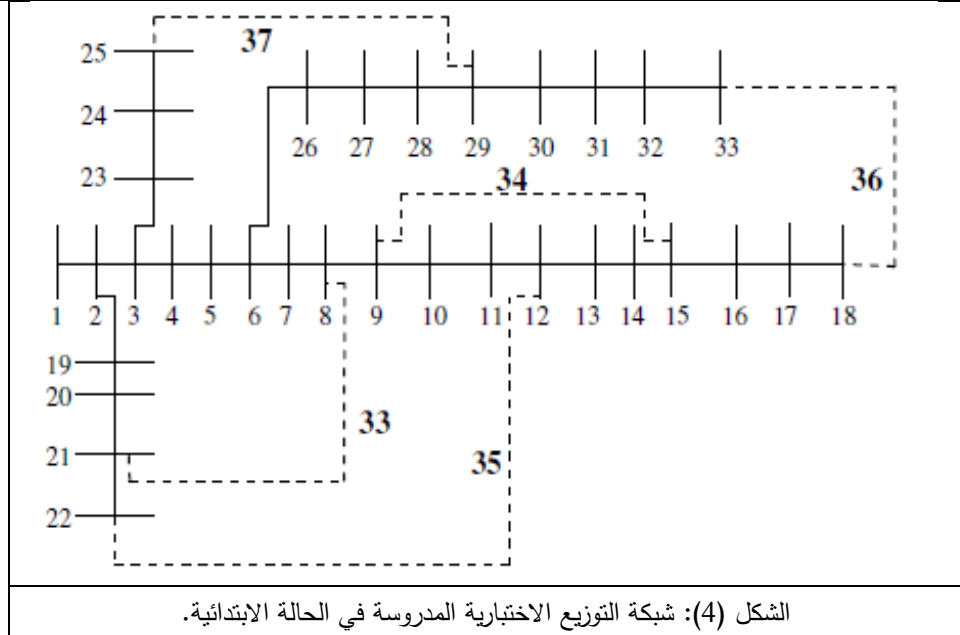
6. الحالة المدروسة

يبين الشكل (4) الحالة الابتدائية للشبكة المدروسة التي هي عبارة عن شبكة اختبارية IEEE-33BB. بهدف تحقيق هدف البحث، تم استخدام إحدى طرق الحل الأمثل بهدف الحصول على أقل ضياعات استطاعة فعلية في أفرع الشبكة المدروسة IEEE-33 بالإضافة لتحسين سوّيات التوتّر في العقد من خلال تقليل مؤشر انحراف الجهد.

تمت كتابة تابع الهدف في ماتلاب استناداً إلى معادلات سرّيان الحمولة. وتم التّحقّق من صحة الكتابة البرمجية باستخدام البيانات الموجودة في الدّراسات المرجعية [15, 25].

تضم النتائج المقدّمة في هذا البحث عدة حالات مدروسة تم تطبيقها على شبكة IEEE-33 وهي دراسة إعادة تشكيل الشبكة بدون وجود توليد موزع وبوجود التوليد الموزع بمولد واحد ومولدين وثلاثة وأربعة مولدات، كما تمت دراسة إعادة تشكيل الشبكة بوجود التوليد الموزع مع تغيير حالات تحميل الشبكة.

تحسين نسبة الضياعات وسويات التوتر في شبكات التوزيع باستخدام إعادة التشكيل بوجود المولدات الموزعة

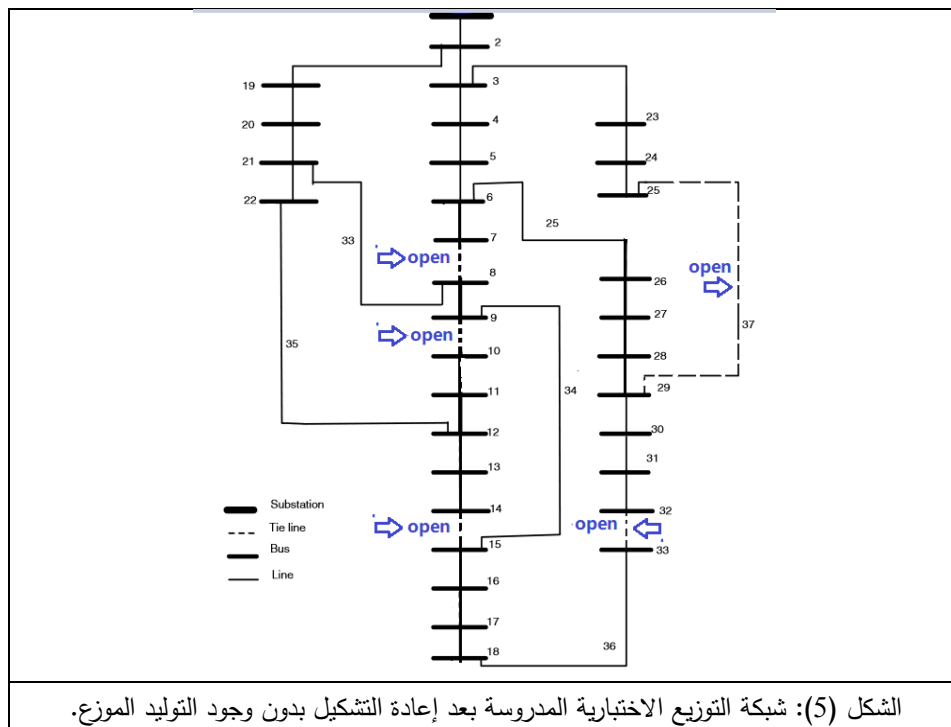


يبين الجدول (1) نتائج عملية تحليل سريان الحمولة للشبكة المدروسة من حيث قيمة الضياعات الأولية والقيمة الصغرى لجهود العقد وفي هذه الحالة تمثل المفاتيح 33 و 34 و 35 و 36 و 37 مفاتيح المناورة.

الجدول (1): شبكة التوزيع الاختبارية المدروسة في الحالة الابتدائية.

التوليد الموزع	SW	Vmin [p.u]	الضياعات [kw]
-	33 34 35 36 37	0.9131	202.746

يبين الشكل (5) شبكة التوزيع الاختبارية بعد إعادة التشكيل بدون وجود التوليد الموزع ويبين الجدول (2) نتائج عملية تحليل سريان الحمولة باستخدام الخوارزمية الجينية. يتبين من الجدول (2) أنّ المفاتيح 37, 32, 14, 9, 7 أصبحت مفاتيح مناورة بدلاً من المفاتيح 37, 36, 35, 34, 33 وتم تحسين الضياعات بنسبة 31.15% بالمقارنة مع الحالة الابتدائية.

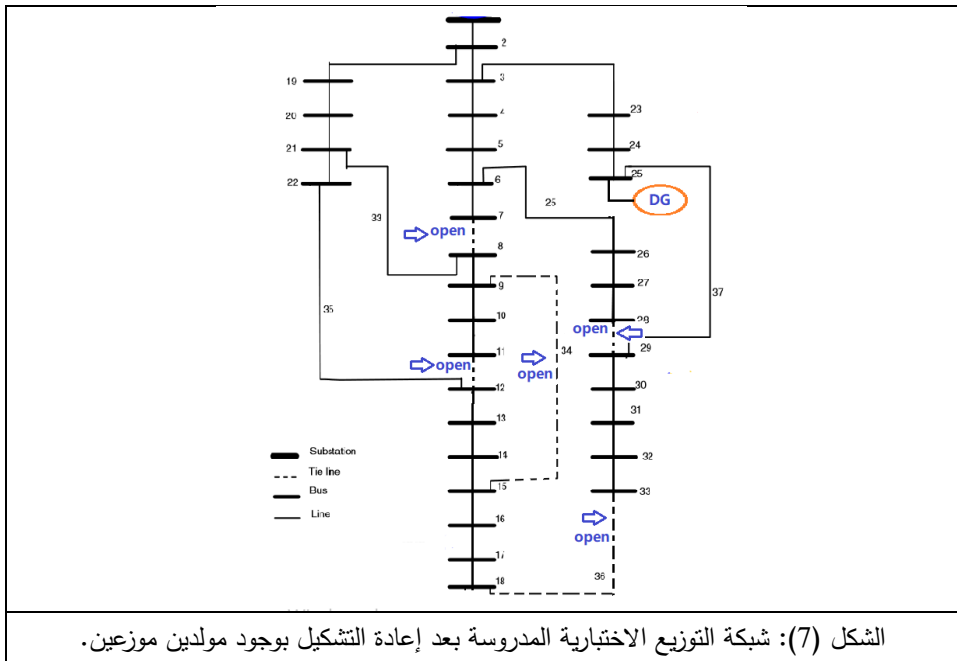
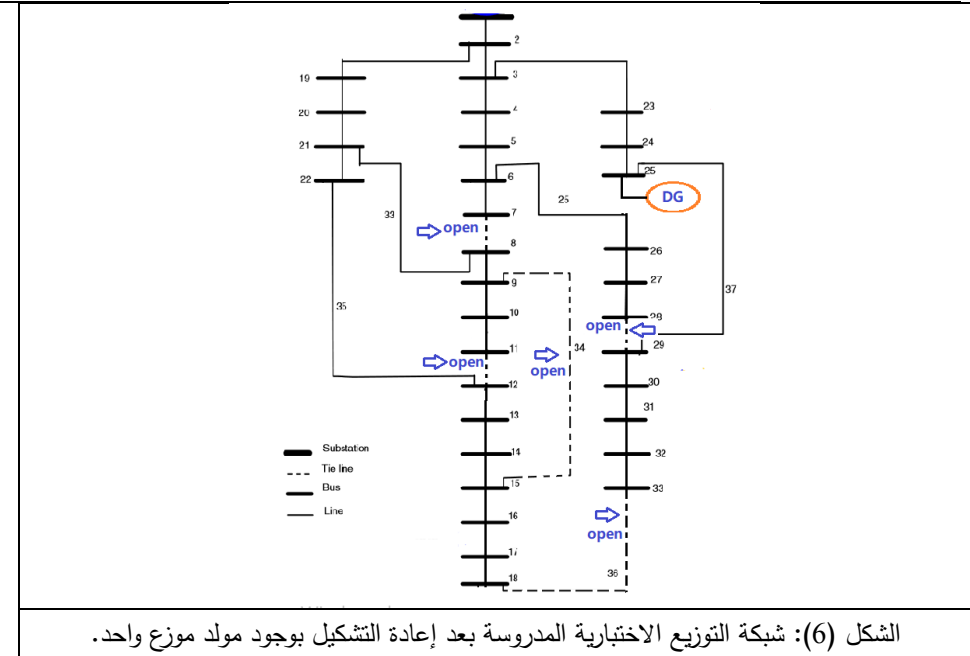


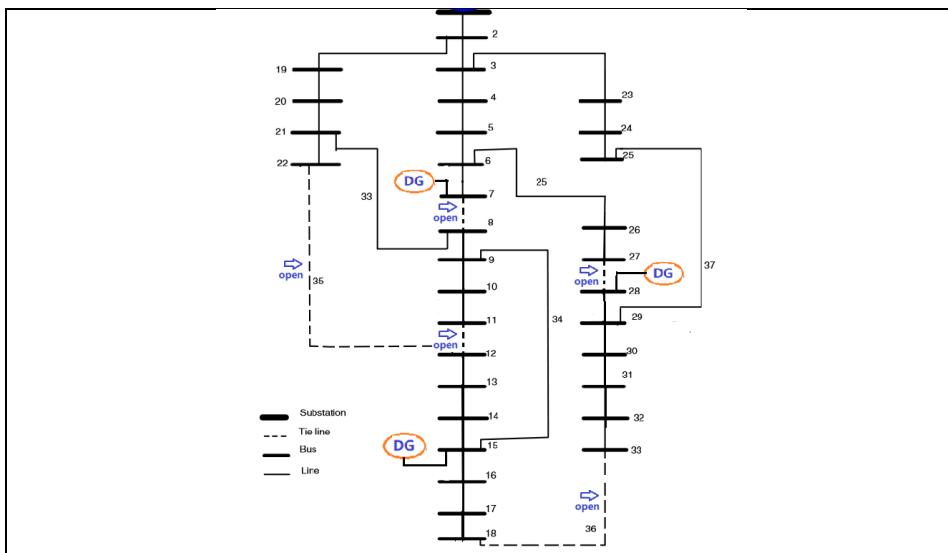
الجدول (2): شبكة التوزيع الاختبارية المدروسة بعد إعادة التشكيل بدون وجود التوليد الموزع.

SW	Vmin [p.u]	نسبة تحسين الضّياعات [%]	الضّياعات [KW]	حالة الدّراسة	الخوارزمية المستخدمة
7, 9, 14, 32, 37	0.9378	31.15	139.5543	بدون التّوليد الموزّع	GA

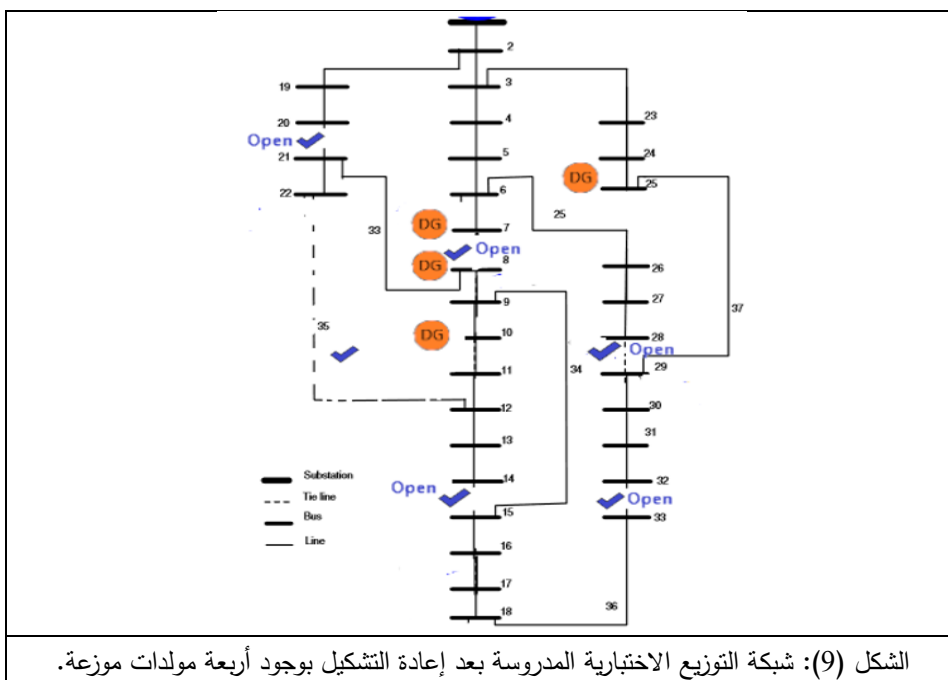
لبيان التأثير الذي تُحدثه المولدات الموزعة على الجهد، والطلب على الحمل، بالإضافة لتأثيرها على ضياعات الطاقة وموثوقية النظام الذي يجعل منها قضية رئيسية لنظام التوزيع قمنا بإضافة المولدات الموزعة واحداً تلو الآخر لبيان نسبة التحسين في كل حالة. تبين الأشكال (6 و 7 و 8 و 9) حالة الشبكة المدروسة بعد إعادة التشكيل بوجود التوليد الموزع، ويُلخص الجدول (3) نتائج الدراسة عند استخدام مولد واحد ومولدين وثلاثة وأربعة مولدات.

تحسين نسبة الضياعات وسويات التوتر في شبكات التوزيع باستخدام إعادة التشكيل بوجود المولدات الموزعة





الشكل (8): شبكة التوزيع الاختبارية المدروسة بعد إعادة التشكيل بوجود ثلاثة مولدات موزعة.



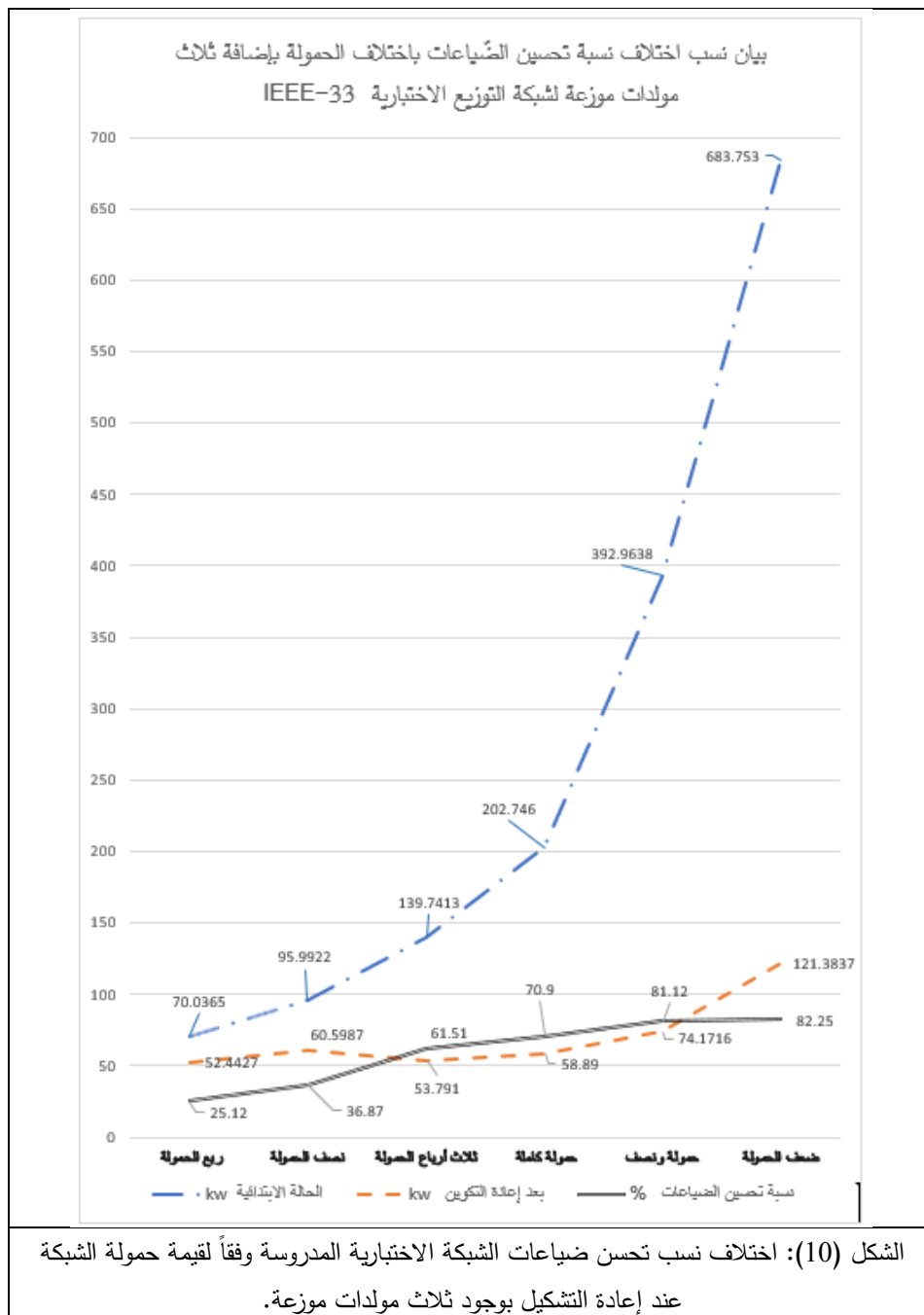
الشكل (9): شبكة التوزيع الاختبارية المدروسة بعد إعادة التشكيل بوجود أربعة مولدات موزعة.

تحسين نسبة الضياعات وسويات التوتر في شبكات التوزيع باستخدام إعادة التشكيل بوجود المولدات الموزعة

الجدول (3): شبكة التوزيع الاختبارية المدروسة بعد إعادة التشكيل بوجود التوليد الموزع

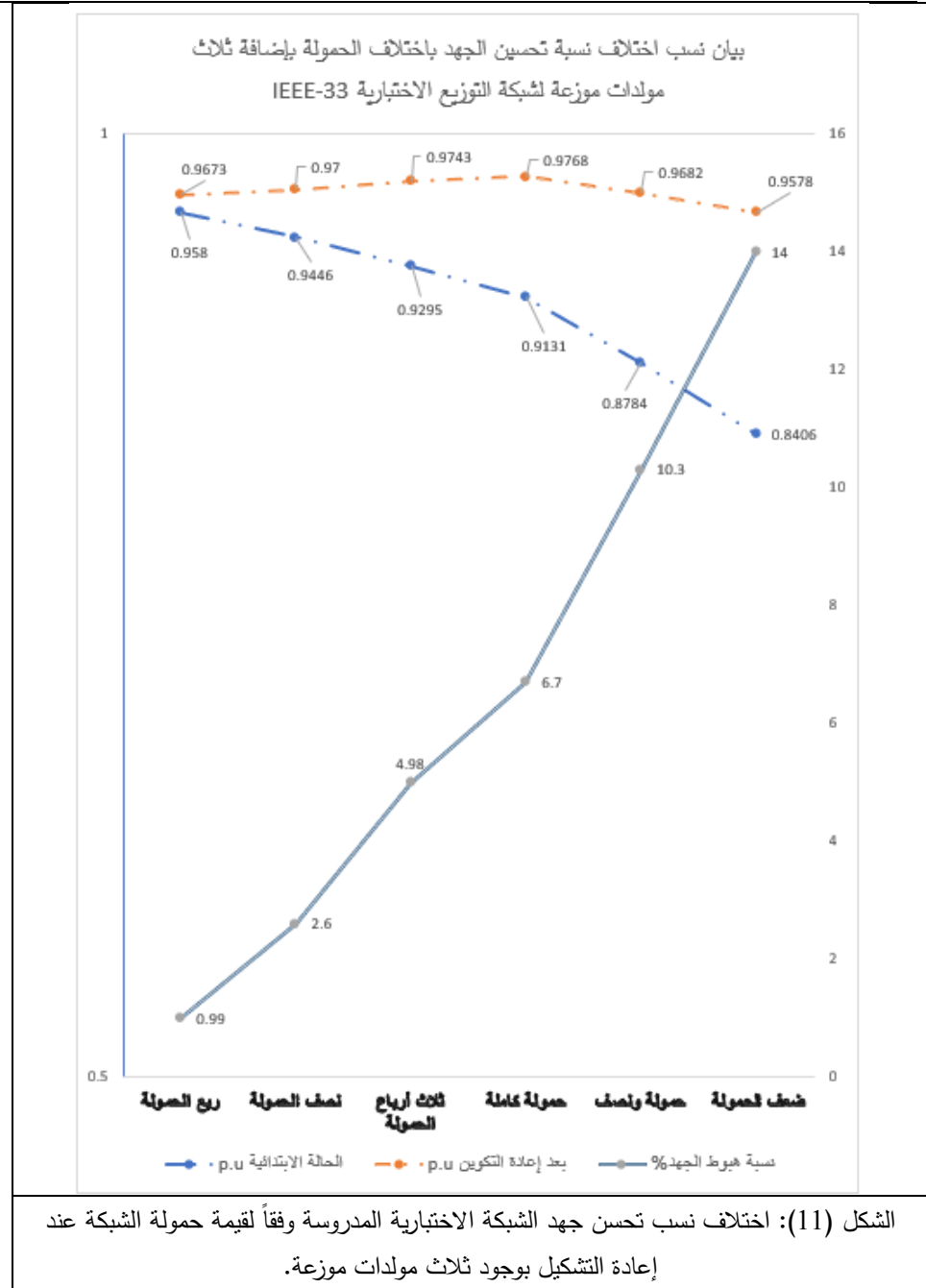
SW	نسبة تحسين الضياعات [%]	V_{min} [PU]	استطاعة الـ DG [kW]	توضع الـ DG	عدد الـ DG
34,7,28 ,11,36	56.65	0.9483	1100	25	1
36,11,25,7,35	68.95	0.9768	1600 1600	15 29	2
27,11,36, 7,35	70.9	0.9768	412 1770 878	15 7 28	3
20,35,32,28,14	69.5	0.9578	630 453 1529 511	10 7 25 8	4

يبين الجدول (3) أن الحالة الأفضل لأداء شبكة التوزيع الاختبارية المدروسة بعد إعادة التشكيل هي حالة إعادة التشكيل بوجود ثلاث مولدات موزعة حيث بلغت نسبة تحسين الضياعات 70.9%، وبذلك سوف يتم اعتماد هذه الحالة في دراسة أداء الشبكة عند تغير الحمولة. يلخص الشكل (10) اختلاف نسبة تحسين الضياعات باختلاف الحمولة في حالة استخدام ثلاث مولدات موزعة.



يلخص الشكل (11) اختلاف نسبة تحسين الجهد باختلاف الحملات في حالة استخدام ثلاث مولدات موزعة.

تحسين نسبة الضياعات وسويات التوتر في شبكات التوزيع باستخدام إعادة التشكيل بوجود المولدات الموزعة



يتضح من الشكل (10) أن زيادة تحميل الشبكة المدروسة تقود إلى زيادة فعالية عملية إعادة التشكيل فيما يتعلق بتحسين نسبة الضياعات وأن هذه النسبة يمكن أن

تتجاوز 82%. أيضاً يتضح من الشكل (11) أن نسبة تحسن الجهد تكون أفضل ما يمكن عند تحميل الشبكة بحمولتها الكاملة.

7. الخاتمة

تمت في هذا البحث دراسة فعالية عملية إعادة تشكيل أو تكوين شبكة التوزيع من أجل تحسين أداء الشبكة وذلك بتخفيض قيمة الضياعات وتحسين سويات التوتر في عقد الشبكة. تم الاعتماد على شبكة معيارية IEEE-33BB من أجل انجاز الدراسة وتم استخدام طريقة نيوتن رافسون في تحليل سريان الحملولة باستخدام حيث أظهرت كفاءة عالية في التقارب وساعدت بشكل فعال في حل مشكلة البحث وكانت قادرة على التعامل مع عقد التوليد وعقد التحكم بمرونة. بينت نتائج الدراسة أنه يمكن تخفيض الضياعات من خلال طريقة إعادة تشكيل شبكة التوزيع كإحدى طرق تقليل الضياعات باعتبارها لا تتطلب استخدام تجهيزات إضافية لتحقيق الهدف المرغوب. يتم تخفيض الضياعات بنسبة أكبر من خلال دعم الشبكة بالتوليد الموزع مما ينعكس وبشكل ملحوظ في تحسين كفاءة الشبكة، مما يضمن تغذية موثوقة لجميع الأحمال. أثبت تطبيق الخوارزمية الجينية على مسألة تحديد التوزيع الأمثل للتوليد الموزع كفاءة عالية بالمقارنة مع الخوارزميات الأخرى، حيث أنه تم توزيعها على عقد الشبكة المدروسة بدقة، وهذا ما تم التأكد منه من خلال مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسات لأبحاث سابقة حيث بلغت نسبة تحسين الضياعات في البحث الحالي 70.9% عند استخدام ثلاث مولدات موزعة وتحميل الشبكة بحمولتها الكاملة بينما بلغت نسبة التحسين بأفضل حالاتها 54.17% في الدراسات المرجعية [15, 25, 19]. بينت نتائج الدراسة أيضاً أنه بازياد نسبة الحملولة لذات الشبكة المدروسة تزداد نسبة تحسين أداء الشبكة من الضياعات ومستوى الجهد مما يرفع كفاءتها ويخفف من تحديات الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية.

8. المراجع العلمية

- [1] Marco Rafael Meneses Cruz “Benefits of Coordinating Distribution Network Reconfiguration with Distributed Generation and Energy Storage Systems”U.PORTO , junho de 2016.
- [2] Alberto Landeros “Smart Reconfiguration of Electric Power Distribution Networks for Power Loss Minimization and Voltage Profile Optimization” REYKJAUÍK UNIVERSITY, May 2018.
- [3] George Hanna Bosalameh “Stady the effect of linking the microgrids on the reliability of the electrical power system” U. Tishreen,2019.
- [4] RONILAYA, F. Distribution Systems and Dispersed Generation. CIGRE SC C6, COLLOQUIUM, Yokohama, 2013.
- [5] Ahmed Samir Amin Ahmed Adail “Network Reconfiguration for Loss Reduction in Electrical Distribution System Using Genetic Algorithm” AL- AZHAR UNIVERSITY 2012.
- [6] D.-L. Duan, X.-D. Ling, X.-Y. Wu, and B. Zhong, ‘Reconfiguration of distribution network for loss reduction and reliability improvement based on an enhanced genetic algorithm’, Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 64, pp. 88–95, Jan. 2015.
- [7] N. Gupta, A. Swarnkar, and K. R. Niazi, ‘Distribution network reconfiguration for power quality and reliability improvement using Genetic Algorithms’, Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 54, pp. 664–671, Jan. 2014.
- [8] L.L.Pfitscher, D.P.Bernardon, L.N.Canha, V.F.Montagner, V.J. Garcia, and A. R. Abaide, ‘Intelligent system for automatic reconfiguration of distribution network in real time’, Electr. Power Syst. Res., vol. 97, pp. 84–92, Apr. 2013.
- [9] J. Torres, J. L. Guardado, F. Rivas-Dávalos, S. Maximov, and E. Melgoza, ‘A genetic algorithm based on the edge window decoder technique to optimize power distribution systems reconfiguration’, Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 45, no. 1, pp. 28–34, Feb. 2013.

- [10] J. C. Cebrian and N. Kagan, 'Reconfiguration of distribution networks to minimize loss and disruption costs using genetic algorithms', *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 80, no. 1, pp. 53–62, Jan. 2010
- [11] N. C. Sahoo and K. Prasad, 'A fuzzy genetic approach for network reconfiguration to enhance voltage stability in radial distribution systems', *Energy Convers. Manag.*, vol. 47, no. 18–19, pp. 3288–3306, Nov. 2006
- [12] K. S. Kumar and S. Naveen, 'Power system reconfiguration and loss minimization for a distribution systems using "Catfish PSO" algorithm', *Front. Energy*, vol. 8, no. 4, pp. 434–442, Dec. 2014.
- [13] HABTAMU ESHETE "STUDY ON POWER LOSS MINIMIZATION FOR DISTRIBUTION NETWORK RECONFIGURATION USING GENETIC ALGORITHM" Addis Ababa, Ethiopia, June 2018.
- [14] J.Z. Zhu "Optimal reconfiguration of electrical distribution network using the refined genetic algorithm" *Electric Power Systems Research* 62 (2002) 37/42.
- [15] Rajaram, R "Power system reconfiguration in a radial distribution network for reducing losses and to improve voltage profile using modified plant growth simulation algorithm with Distributed Generation (DG)", ISSN 2352-4847, Elsevier, Amsterdam, Vol. 1, pp. 116-122(2015)
- [16] Vanco Janev, "Implementation and evaluation of a distribution load flow algorithm for networks with distributed generation", Zurich, in March 2009.
- [17] ZHANG, H; YANG, H; LI, T. *Optimal Power Flow Calculation and Analysis*. 2nd.ed., Tiangjin University of Technology, China, 2013, 342.
- [18] Utkarsh Singh "Radial distribution system reconfiguration for loss minimization using Exhaustive search Techniques" Patiala-147004, Punjab (India), July 2014.
- [19] Musirin Ismail W. Dahalan "Simultaneous Network Reconfiguration and DG Sizing Using Evolutionary Programming and Genetic Algorithm to Minimize Power Losses" *Arab J Sci Eng No* 39 :6327–6338 (2014).

- [20] K. Rudion, A. Orths, Z. A. Styczynski, K. Strunz: Design of Benchmark of Medium Voltage Distribution Network for Investigation of DG Integratio 2013.
- [21] A. S. Abubakar*, K. R. Ekundayo, A. A. Olaniyan “Optimal Reconfiguration of Radial Distribution Networks using Improved Genetic Algorithm” Bello University, Zaria Nigeria, August 10, 2018.
- [22] HAMZEH, A. Evalautingthe effect ofdistributed renewable generation on voltage and power losses in electrical distribution networkm, Damascus. University Journal For Research and scientific studies, Vol. 25, nol,2009, 356-358.
- [23] SAABAN F ; KHERBEK T; RAZOUK S. Integration oftraditional electric power networks operation system with renewable energy resources, Tishreen University Journal For Research and scientific studies, Vol. 41,no3,2019.
- [24] Alexander Ismael Rost “distribution system with distributed Generation: analysis and operation”,B.E.Sc,The University of Western Ontario, Canada ,2006.
- [25] Rao, R.Srinivasa, “Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation” IEEE Transactions on Power Systems (Volume: 28, Issue: 1, Feb. 2013)

طريقة جديدة لمراقبة المزارع الكهروضوئية

والتحكم فيها بواسطة FPN-OPC

الدكتور المهندس: مسعود الأتاسي

استاذ مساعد في قسم هندسة الميكاترونك بكلية الهك في جامعة

البعث

الملخص

يعدُّ التحكم ومراقبة عدة محطات توليد الطاقة الكهروضوئية أو مزرعة طاقة شمسية تحدٍ كبير نظراً لطبيعتها المعقدة، ويمكن معالجة مشكلة التحكم بالنظم المعقدة من خلال تجزئة عملية التحكم إلى عدة مستويات، لكل مستوى منها أغراض تحكمية معينة، يتم تحقيقها من خلال متحكمات مختلفة مهمتها المحافظة على تحقيق الأغراض التحكمية المناطة بها ضمن الشروط النظامية. ويمكن اعتبار المزارع الكهروضوئية مثلاً للنظم المعقدة واسعة النطاق والتي تكون بعض مكوناتها عبارة عن نظم لا خطية والتي يتأثر عملها بشكل كبير بالظروف المناخية المحيطة (نقص الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة) وعندما يكون لدينا مزرعة توليد مؤلفة من عدد كبير من اللواقط الكهروضوئية، فإننا نحتاج إلى طريقة تنظم أداء المتحكمات أو الوحدات القياس البعيدة الفرعية (Remote -RTU Telemetry Unit) للوصول إلى الأداء الكلي الأمثل للنظام (أي استمرارية التغذية للأحمال وملاحقة نقطة التشغيل العظمى للاستطاعة MPP).

ويشكل بحثنا مساهمة في تصميم متحكم إشرافي يعتمد تقنيات التحكم العائم لإدارة نظام مزرعة كهروضوئية موزعة. حيث قمنا بدمج متحكم إشرافي سكاذا SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) باستخدام شبكات بيترى العائمة FPN مع بروتوكول اتصال المنصة المفتوحة OPC (Open Platform Communication) ليؤمن الإدارة المثلى لمحطة توليد الطاقة الكهروضوئية، حيث ربطت وحداته الفرعية RTUs مع الوحدة الأساسية Master عبر روابط الاتصالات الموزعة بعيدة المدى DNP (Distributed Network Protocol) من أجل زيادة الموثوقية ضد البيئات الصاخبة

وتداخل الإشارات. وتقوم وحدات RTU بتحصيل المعلومات من خلايا اللواقط الكهروضوئية أثناء تغيرات المناخ المستمرة، وذلك بأخذ عينات من بيانات التشغيل التي توفرها الوحدات الطرفية لتحديد المشاكل وتقديم حل لها، بواسطة المتحكم الإشرافي، وتشغيلها عند نقطة التشغيل العظمى للاستطاعة MPP باستخدام المبدلات DC/DC كملاحق لنقطة التشغيل المثلى. وعند عجز الخلايا الكهروضوئية عن تغطية الطلب الكهربائي تبدأ البطاريات والمكثفات الفائقة السعة Ultra-Capacitor مسؤولة استمرار تأمين الطاقة. وقد منح بروتوكول الـ OPC برمجيات سكاذا القدرة على القيام بدور مدير شبكة خلايا اللواقط الكهروضوئية، حيث سمح لها بإدارة جميع التجهيزات الموصولة على الشبكة على اختلاف أنواعها واختلاف الشركات الصانعة لها. وقد تم استخدام شبكات بتري العائمة Fuzzy Petri Net كأداة بحث رسومية رياضية لنمذجة وتحليل السلوك الديناميكي لنظام المزرعة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المدرس لاحقاً (كل نموذج مؤلف من بطاريات ومولد كهروضوئي).

الكلمات المفتاحية: شبكات بتري العائمة، مزرعة اللواقط الكهروضوئية، التحكم الإشرافي الموزع وتحصيل البيانات، بروتوكول شبكة الاتصالات الموزعة، بروتوكول اتصال المنصة المفتوحة.

A new method to monitor and control solar farm by FPN-OPC

Dr. Massoud ATASSI.

**Associate Professor at Mecatronics Engineering Department –
Al Baath University**

ABSTRACT

Controlling and monitoring of Solar Farm (PVF or PVPS) (Several PhotoVoltaic Power Station) constitutes a major challenge due to its complex nature. The problem of controlling complex systems can be addressed by dividing the control process into several levels, each level has specific regulatory purposes, which are achieved through different controllers whose task is to maintain the achievement of the control purposes entrusted to it within the legal conditions (lack of solar radiation and temperature)

Solar Park (PVP) can be considered as an example of large-scale complex systems, some of which are non-linear components, and whose operation is strongly influenced by the surrounding climatic conditions. When a farm consists of a large number of PV collectors, we need to regulate the performance of the controllers inside the RTU to achieve optimum overall system performance, (It means the continuity of feeding the loads and following the maximum operating point of the power).

Our research constitutes a contribution to the design of a supervisory controller using fuzzy control techniques to manage a distributed solar farm system. We have integrated a SCADA supervisory controller using FPNs with the Open Platform Communication Protocol (OPC) to ensure optimal management of the photovoltaic power station. Its RTUs are connected to the master via DNP (Distributed Network Protocol) links to increase reliability against noisy environments and crosstalk.

The RTUs obtain information from the photovoltaic collector cells, during continuous climate changes, by sampling, the operating data provided by the terminal unites to identify and solve problems to ensure

their operation at the maximum operating point of the power MPP using DC/DC converters as supplements to the optimal operating point.

When photovoltaic cells are unable to meet electrical demand, batteries and Ultra-Capacitors are responsible for continuing energy security.

The OPC protocol has given the SCADA software the ability to act as a photovoltaic network manager, allowing it to manage all the equipment connected to the network of different types and manufacturers.

Fuzzy Petri Net was used as a mathematical graphical research tool to model and analyze the dynamic behavior of a solar photovoltaic farm system. (Each model consists of batteries and a photoelectric generator).

Keywords: FPN, Photovoltaic Park/Farm (PVP/PVF), SCADA, DNP3, OPC.

مقدمة

تسارع العمل خلال العقود الأخيرة في البحث عن مصادر للطاقة تساهم في تجاوز مشكلات نظام الطاقة العالمي المُعتمد على الوقود الأحفوري، وبذلك تم التوجه نحو الاستفادة من مصادر الطاقة الموجودة في الطبيعة على غرار الاستفادة من طاقة المياه وبناء السدود لتوليد الكهرباء. وتركزت أنظار الباحثين على محاولة الاستفادة من الرياح والشمس وطاقة المد والجزر وطاقة البحار وغيرها من المصادر المتوفرة بكثرة في الطبيعة، لتكون مصادر واعدة في بناء اقتصاد طاقة مستدام وصديق للبيئة خلال العقود القادمة.

خصّصنا هذا البحث لتوضيح مفهوم التحكم الإشرافي العائم في نظم توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الخلايا الكهروضوئية PV والمكثفات الفائقة السعة Ultra-Capacitor عند الحاجة، وقدّمنا دراسة مرجعية حول أهم الأبحاث والمقالات المتعلقة بهذه المواضيع ودرسنا وصمّمنا خوارزمية المتحكم الإشرافي العائم لإدارة محطة توليد الطاقة الكهروضوئية لضمان التشغيل الأمثل للنظام، حيث تعتمد خوارزمية التحكم على تأمين التغذية الكهربائية للحمل الكهربائي عن طريق اللواظ الكهروضوئية والاستعانة عند الحاجة بالطاقة المخترنة في البطاريات والمكثفات فائقة السعة.

أما الوظيفة الرئيسية من السكادا SCADA، فهي الرقابة الإشرافي والحصول على البيانات من الأجهزة وتوفير التحكم الشامل عن بعد من منصة برمجيات المضيف سكادا SCADA Host software، التي توفر ميزات لعرض البيانات الرسومية والمنحنيات Trending والتنبيه Alarm & Event والتخزين التاريخي للبيانات History data base. تكون أفضل تطبيقات أنظمة السكادا في العمليات الموزعة على مساحات ومناطق جغرافية كبيرة، وتكون سهلة المراقبة والتحكم وتتطلب تدخل متكرر أو منتظم، والأمثلة كثيرة لتطبيقات أنظمة السكادا؛ مثل محطات إنتاج الغاز أو النفط وأنظمة الري التي تغطي مئات الأميال المربعة ويكون التحكم به عن طريق فتح وإغلاق

صمامات، وتتطلب جمع معلومات قياس لمستويات المياه. وكذلك محطات التوليد وأنظمة نقل القدرة الكهربائية، وتتمثل مهمة التحكم الإشرافي هنا بتأمين التغذية المستمرة للحمل الكهربائي عن طريق الإدارة المثلى لموارد النظام الكهربائي. [1]

1. هدف البحث

تصميم نمذجة ومحاكاة متحكم إشرافي يعتمد تقنيات التحكم العائم لإدارة نظام مزرعة كهروضوئية باستخدام شبكات بيترى العائمة FPN مع بروتوكول OPC للإدارة المثلى لتوليد الطاقة الكهروضوئية

2. مواد وطرق البحث

1.2 أدوات البحث

▪ الحزمة البرمجية Lab VIEW:

تعد لافيو Lab VIEW لغة برمجة رسومية Graphical تستخدم الأيقونات عوضاً عن التعابير النصية لإنشاء التطبيقات البرمجية، وعلى نقيض لغات البرمجة التقليدية التي تستخدم التعابير النصية وتحدد التعليمات، Instructions، مراحل تنفيذ البرنامج. تستخدم لغة البرمجة لافيو مفهوم تدفق البيانات Dataflow الذي يحدد تنفيذ البرنامج، حيث تستطيع لافيو التعامل مع عدد هائل من بطاقات التحصيل وأجهزة القياس.

يحتوي لافيو Lab VIEW على عدد كبير من المكتبات التي تضم توابع Functions لتطبيقات تحصيل البيانات، وتوليد الإشارة وقياسها، وتكييف الإشارة وتحليلها. وتمتاز بأنها أداة نمذجة وتطبيق في آن معاً، حيث يمكن من خلال الحزمة البرمجية إجراء نمذجة للتطبيق المراد اختباره، ويمكن بناء نماذج تجريبية فيها اعتماداً على مفهوم Hardware-in-the-loop، وبعد ذلك القيام بتنفيذ التطبيق بشكل عملي. [3][2]

▪ الأداة CPN TOOLS:

الأداة البرمجية CPN TOOLS هي أداة رسومية مرتبطة بلغة برمجية عالية المستوى CPN ML (Markup Language)، وتستخدم لإنشاء شبكة بترى وتحريرها

ومحاكاتها وتحليلها. ويتم من خلالها إجراء محاكاة لكل جزء من أجزاء النموذج المدروس بهدف اختبار صحة كل جزء من أجزائه، والتوصل إلى التصميم الكامل للنموذج ومراقبته. [4]

2.2 دراسة مرجعية

شكّل توليد الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة محوراً رئيساً من محاور أبحاث الطاقة المتجددة خلال العقود الأخيرة، وسعى الباحثون من خلال عملهم إلى:

- البحث عن جميع المصادر التي يمكن من خلالها توليد الكهرباء.
- تقليل كلفة توليد الكهرباء.
- تحسين جودة الطاقة الكهربائية المولدة.
- ربط مولدات الطاقة المتجددة مع الشبكة الكهربائية.
- ربط النظم المتجددة مع بعضها البعض وهو ما يعرف بنظم التوليد الهجينة.
- التحكم الإشرافي.
- استخدام تقنيات التحكم الذكي.

وقد ركّز الباحثون على دراسة تدفق الطاقة لمختلف نظم التوليد ضمن تشكيلات وطرائق ربط مختلفة. فقد صمّم أوزنغلو [5] ونمذج نظام طاقة مستقل كهروضوئي مع مكثفات فائقة السعة PV /UC لتغذية منزل صغير، واقترح نموذج رياضي لكل مكون من مكونات النظام، وبعدها اقترح متحكمات لإدارة تدفق الطاقة. وتتميز خوارزمية أداء النظام المصمم ببساطتها، حيث اعتمدت المخطط التدفقي البسيط الذي يراقب حالة كل نظام وتم اتخاذ القرارات من خلال عمليات تشغيل/فصل واستخدام تقنيات التحكم البسيطة. ومن الأبحاث الهامة ما أنجزه وانغ [6] الذي بحث في تدفق الطاقة لنظام هجين PV/Wind/Fuel Cells في حالات مختلفة من قبيل الربط مع الشبكة ودراسة تدفق الطاقة في وضعية التشغيل Stand-alone. حيث ركّزت أبحاثه على جانب التحكم بالمبدلات، والممرجات، وطرائق التحكم بها، إضافةً إلى التحكم بتدفق الطاقة باستخدام خوارزميات بسيطة.

وطور بعض الباحثين استراتيجيات التحكم بالطاقة من خلال تصميم متحكم إشرافي، يتولى مهمة الإشراف والتحكم والتنسيق بين مختلف المكونات الجزئية، فقد طور أمين حاج زاده [7] استراتيجية تحكم لتدفق الطاقة الفعلية في نظام تخزين هجين مؤلف من بطاريات وخلايا وقود. وتضمن المنهج المقترح، متحكم إشرافي في الطبقة الأولى مهمته التقاط كافة أنماط التشغيل الممكنة. وفي الطبقة الثانية تم تطوير متحكم عائم لفصل الطاقة Power Splitting بين البطارية وخلية الوقود. وفي الطبقة الثالثة يوجد متحكمات محلية لتنظيم النقاط المرجعية Set Points لكل نظام فرعي للوصول إلى الأداء الأفضل ومؤشرات تشغيل مقبولة. ولقد أظهرت نمذجة النتائج تحسينات في كفاءة تشغيل النظام الهجين.

وعمل كل من Seung Jun Lee و Poong Hyun Seong على إجراء نمذجة وتحليل لسلوك نظام التحكم والمراقبة وتشخيص الأعطال باستخدام شبكات بتري العائمة الملونة Fuzzy Colored Petri Nets وكان الهدف من ذلك إدارة مثلى لمحطة طاقة نووية Nuclear Power [8].

وقام الباحثون Xu Luo, Mladen Kezunovic بإجراء نمذجة لنظام التحكم بالقدرة الكهربائية والمراقبة وتشخيص الأعطال باستخدام (Continuous Fuzzy Petri Net) CFPN وكان الهدف من ذلك إدارة محطة طاقة كهربائية [9].

وبحثت ماريا هرنانديز [10] في تصميم متحكم هرمي، للتحكم بنظام هجين مؤلف من عنفة ريحية ولاقط كهروضوئي ومصفوفة بطاريات وحمل كهربائي، مع إمكانية وصل النظام إلى الشبكة الكهربائية. وتكون نظام التحكم الهرمي المقترح من متحكمات محلية في المستوى الأدنى لكل وحدة توليد ووحدة تخزين.

وصمم سيبروس وآخرون [11]، متحكم إشرافي لنظام هجين مكون من لاقط كهروضوئي ومولد ربحي وبطاريات ومولد ديزل ومدخرات بالإضافة إلى مولد خلايا وقود.

فقد تم تصميم متحكم هرمي مكون من ثلاث طبقات: طبقة الحقل I/O Fields تضم الحساسات والمشغلات، والمستوى الثاني هو مستوى التشغيل Operation Level، والمستوى الثالث هو المستوى الإشرافي. نفذ هذا النظام باستخدام الحزمة البرمجية SCADA. كانت مهمة المتحكم الإشرافي هي فصل/وصل الأنظمة الفرعية، في حين أن مهمة المستوى التشغيلي تنفيذ الإجراءات والأفعال التحكمية بناءً على القرارات المتخذة في المستوى الإشرافي.

أما الشاطر [12] فقد ركزت دراسته على تدفق الطاقة بين مكونات نظام توليد طاقة هجين مؤلف من مولد كهروضوئي وعنفة ريحية وخلايا وقود، وتنظيم جهد الخرج المستمر باستخدام متحكم عائم. وتم اختبار المتحكم من خلال النمذجة باستخدام بيانات أحد مواقع الرصد المناخية. وخلصت الدراسة إلى جدوى استخدام التحكم العائم لتعقب نقطة التشغيل العظمى للاستطاعة لكل من اللاقط الكهروضوئي واللواقط الكهروضوئية، بالإضافة إلى دقة تنظيم جهد الخرج DC.

لقد استعرضنا الأعمال السابقة في مجال نمذجة ومحاكاة نظم التوليد، وسندرس النظام الكهروضوئي وخصائصه وأنماطه ومنحني الخصائص المميزة له، وسنستعرض النموذج الرياضي العام للاقط الكهروضوئي، وطريقة تصميم المتحكم الإشرافي لمزرعة كهروضوئية موزعة من خلال شبكة بتري العائمة وآلية ملاحقة نقطة التشغيل العظمى.

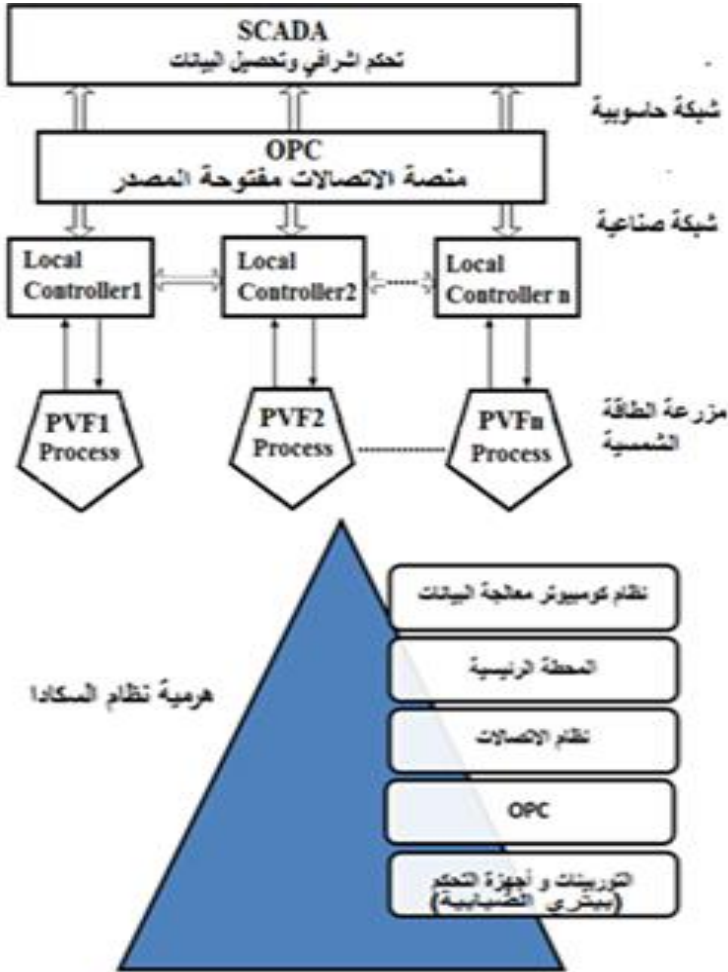
ويعدُّ التحكم بالنظم الموزعة تحدي كبير نظراً لطبيعتها المعقدة ولا خطيتها، وعادةً تكون درجة توابعها ذات مراتب عالية [13]، وسوف تستخدم شبكات بتري Petri Net كأداة رسومية لنمذجة وتحليل هذه الأنظمة المعقدة. وتعد شبكات بتري فعالة في النظم المتتابعة Sequential ذات الأحداث المتقطعة نظراً لأن شروط الانتقال بين الحالات المختلفة تكون حدية، واستخدمنا منهج رسومي لتحليل عمل المتحكم وتوصيفه، وصياغة قواعد المتحكم العائم (FPN). واستخدمنا الحزمة البرمجية LabVIEW لصياغة خوارزمية التحكم وتنفيذها ضمن بيئة برمجية واستنتاج خصائصها.

3. دور SCADA [18,17]:

يستفيد المتحكم الإشرافي وتحصيل البيانات (SCADA) من المعطيات المتوفرة، لوصف السلوك الحالي للنظام، وتعديل المتحكمات المحلية، للوصول إلى المواصفات المطلوبة.

يعمل المتحكم الإشرافي على تحصيل المعلومات من النظم الجزئية وتجميع هذه المعلومات ومعالجتها للوصول لعملية اتخاذ القرار الذي يسهم في تحسين الأداء ويؤدي أيضاً إلى نوع من الاستقرار .

يوجد عدة متحكمات فرعية يرتبط كل منها بعدد من العناصر الحقلية يشرف عليها ويتحكم بها، وترتبط جميع المتحكمات الفرعية بمتحكم مركزي، يتولى التنسيق والإشراف على أداء المتحكمات الفرعية. تدعى هذه البنية بالتحكم الهرمي. من أهم مزايا هذه البنية: خفض مشاكل تطوير البرمجيات، والسماح بالعمل بمعايير زمنية مختلفة، وأزمنة استجابة أسرع. ومن مساوئها زيادة حجم الاتصالات، وصعوبة إجراء تعديلات مستقبلية بين المتحكم المركزي والمتحكمات الفرعية. وإمكانية التخاطب بين المتحكمات الفرعية باستقلالية ذاتية كما يبينها الشكل (1-3):



الشكل(3-1) : بنية تحكمية تراتبية هرمية المعتمدة في هذا البحث

1.3 التحكم الهرمي

يمكن معالجة مشكلة التحكم بالنظم المعقدة من خلال تجزئة عملية التحكم إلى عدة مستويات، لكل مستوى منها أغراض تحكمية معينة، يتم تحقيقها من خلال متحكمات مختلفة مهمتها المحافظة على تحقيق الأغراض التحكمية المناطة بها ضمن الشروط النظامية.

تجمع المزرعة الشمسية، الممتلئة بعدد من الوحدات الطرفية البعيدة (RTUs)، البيانات المحلية وترسلها إلى المحطة الرئيسية، حيث تقوم بعرض البيانات المحصلة وعمليات التحكم عن البعيد. وجود البيانات ودقة التوقيت تجعل عمليات سكاذا ذات كفاءة وموثوقية عالية والأهم من ذلك سلامة اللواقط الكهروضوئية، كل هذا ينتج تكاليف عمليات أقل على المدى الطويل مقارنة بالأنظمة غير المؤتمتة.

2.3 تنظيم المحطات والـ RTUs

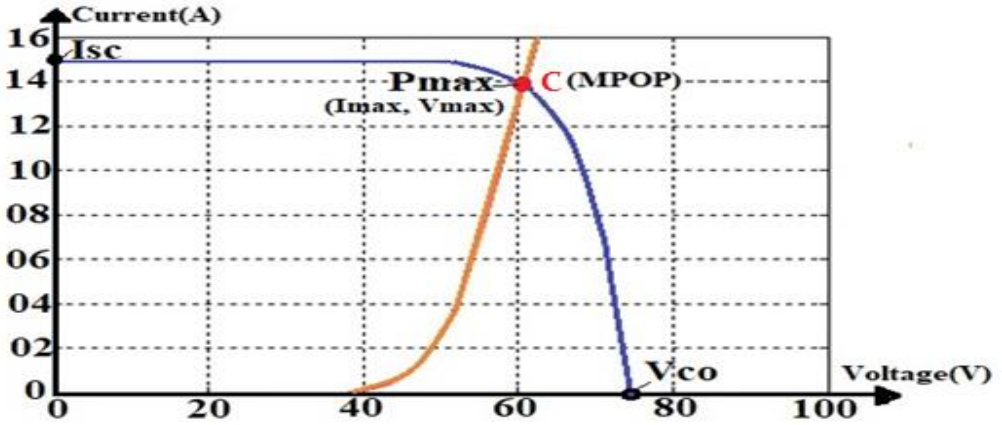
الـ RTU (والتي يشار إليها أحياناً بوحدة القياس البعيدة) هي وحدة تحصيل بيانات وتحكم مستقلة قائمة بحد ذاتها، عادة مبنية على أساس المعالجات الصغيرة Microcontrollers أو المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC، تقوم بمراقبة والتحكم بالأجهزة المختلفة في المحطات البعيدة، مهمتها الأساسية هي نقل هذه البيانات الناتجة عن القياس والتحكم إلى المحطة الرئيسية. فضلاً على قدرتها على التواصل مع المحطة الرئيسية فإنها أحياناً قادرة على التواصل مع بعضها البعض، فيمكن لوحدة RTU أن تعمل كمحطة ترحيل (Store & Forward Relay Station) لوحدة RTU أخرى قد لا تكون قابلة للولوج من المحطة الرئيسية.

4. التحكم في اللواقط الكهروضوئية:

ما تزال الكلفة التأسيسية للواقط الكهروضوئية عالية مقارنةً بغيرها من التقانات، على الرغم من التطور السريع في تقانة الخلايا الكهروضوئية، لذلك يتم البحث عن محاولة استخراج أعظم طاقة ممكنة من اللاقط، وذلك من خلال ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى Maximum Power Point Tracking، والملاحق الشمسي.

يُظهر الشكل 1-4 منحنى الخصائص الكهربائية تيار - جهد للاقط كهروضوئي حيث نلاحظ القيمة المميزة V_{OC} التي تعبر عن جهد الدارة المفتوحة، والقيمة المميزة I_{SC} التي تمثل تيار القصر، والنقطة n التي تمثل نقطة التشغيل ذات الاستطاعة العظمى P_{max}

$$[14] \cdot (I_{max}, V_{max})$$



الشكل (1-4) : منحنى الخصائص الكهربية I-V للاقط كهروضوئي

ومن لخوارزميات الفعالة في ملاحقة نقطة التشغيل العظمى، هي الخوارزمية المسماة [42]. يتمثل جوهر فكرة عمل الخوارزمية على أن ميل Slope منحنى الاستطاعة - الجهد P-V يصبح صفرًا عند نقطة الاستطاعة العظمى حسب الشكل 2-4، أي:

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-1)

$$\frac{dP}{dV} = 0$$

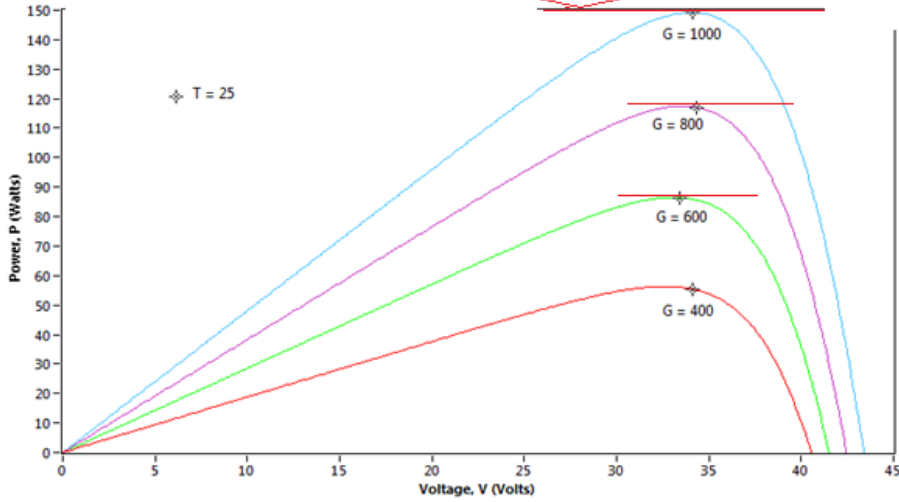
(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-2) على يمين

$$\frac{dP}{dV} < 0 \quad \text{MPP}$$

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-1) على

$$\frac{dP}{dV} > 0 \quad \text{يسار MPP}$$

P-V ميل Slope منحنى الاستطاعة - الجهد
يصبح صفرًا عند نقطة الاستطاعة العظمى



الشكل (خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-2) : منحنيات P-V تبعاً

لتغير G عند $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$

G : شدة الإشعاع الشمسي (W/m^2) [20]

إن المقاومة التي يراها اللاقط الكهروضوئي والتي تحكم نقطة التشغيل تتمثل بـ R_{in}

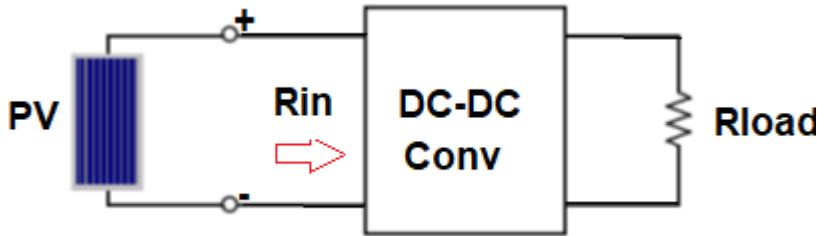
حيث أن :

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-4)

$$V_{PV} = I_{PV} * R_{in}$$

تُدعى المقاومة R_{in} بالمقاومة المثلى R_{opt} عندما تحدد نقطة تشغيل اللاقط بنقطة

.MPP



الشكل (3-4) : مخطط لدارة ملاحق نقطة التشغيل العظمى [20]

لدينا:

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-5)

$$V_{PV} = I_{PV} * R_{in}$$

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-6)

$$I_o = \frac{1-D}{D} \cdot I_{PV}$$

حيث أن D تمثل دور تشغيل المبدل **Duty Cycle**، وباعتبار أن المبدل مثالي أي

:

(7-4)

$$P_{PV} = P_{Load}$$

وبالتعويض نجد:

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-8)

$$V_{PV} * I_{PV} = V_o * I_o$$

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-9)

$$R_{In} * I_{PV}^2 = R_{load} * I_o^2$$

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-10)

$$R_{In} = \frac{(1-D)^2}{D^2} \cdot R_{load}$$

من خلال المعادلة الأخيرة نجد أن قيمة مقاومة الدخل R_{in} التي يراها اللاقطالكهروضوئي يمكن تغييرها من خلال تغيير قيمة D للوصول إلى قيمة R_{opt} .

وبتعويض قيمة الاستطاعة بقيمة التيار والجهد يصبح لدينا:

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-2)

$$\frac{dP}{dV} =$$

$$\frac{d(V.I)}{dV} = I \cdot \frac{dV}{dV} + V \cdot \frac{dI}{dV} = I + V \cdot \frac{dI}{dV}$$

وعند نقطة التشغيل العظمى يصبح لدينا:

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-3)

$$I + V \cdot \frac{dI}{dV} = 0$$

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-4

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \quad ($$

وفي حال كانت نقطة التشغيل على يمين نقطة MPP فإن:

$$I + V \cdot \frac{dI}{dV} < 0 \quad (5-4)$$

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-6)

$$\frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V}$$

وفي حال كانت نقطة التشغيل على يسار نقطة MPP فإن:

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-7)

$$I + V \cdot \frac{dI}{dV} > 0$$

(خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-8)

$$\frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V}$$

يبين الشكل) خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-. مخطط خوارزمية

IncCond [20, 22]، حيث تبدأ الخوارزمية بقياس القيمة الحالية للجهد والتيار للاقط

الكهروضوئي، ثم باستخدام القيم السابقة للجهد والتيار نحسب التغير في الجهد dV و

التغير في التيار dI . تفحص الخوارزمية تحقق المعادلات) خطأ! لا يوجد نص من

النمط المعين في المستند-4) و) خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في

المستند-6) و) خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-8). إذا تحقق شرط

المعادلة) خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-4) تكون نقطة

التشغيل هي MPP. وإلا فإذا تحقق شرط المعادلة) خطأ! لا يوجد نص من النمط

المعين في المستند-8) تكون نقطة التشغيل هي على يسار نقطة التشغيل، ولنقل نقطة

التشغيل إلى MPP، يجب زيادة قيمة الجهد. إذا لم يتحقق الشرطين السابقين فإن شرط

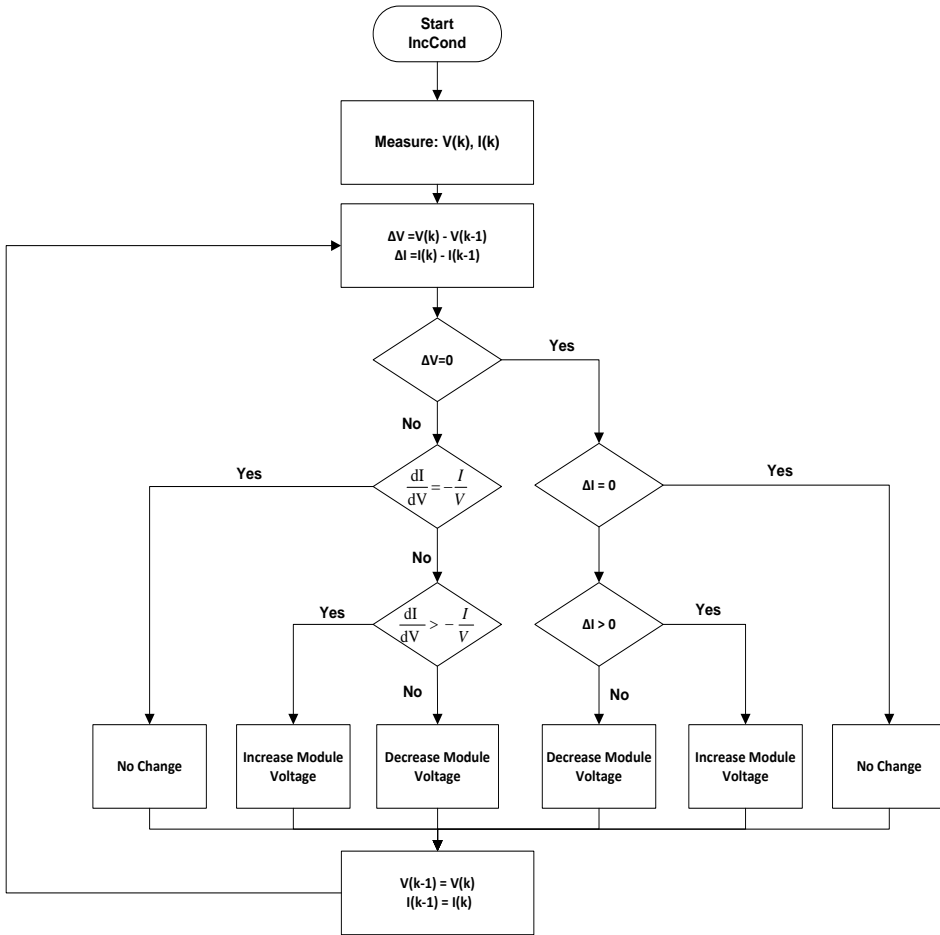
المعادلة) خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند-6) يتحقق، وتكون نقطة

التشغيل على يمين MPP، وعندها يجب إنقاص قيمة جهد اللاقط الكهروضوئي. تفحص

الخوارزمية الشروط المحيطة، فإذا كانت نقطة التشغيل هي MPP فإن $dV = 0$ وإذا لم

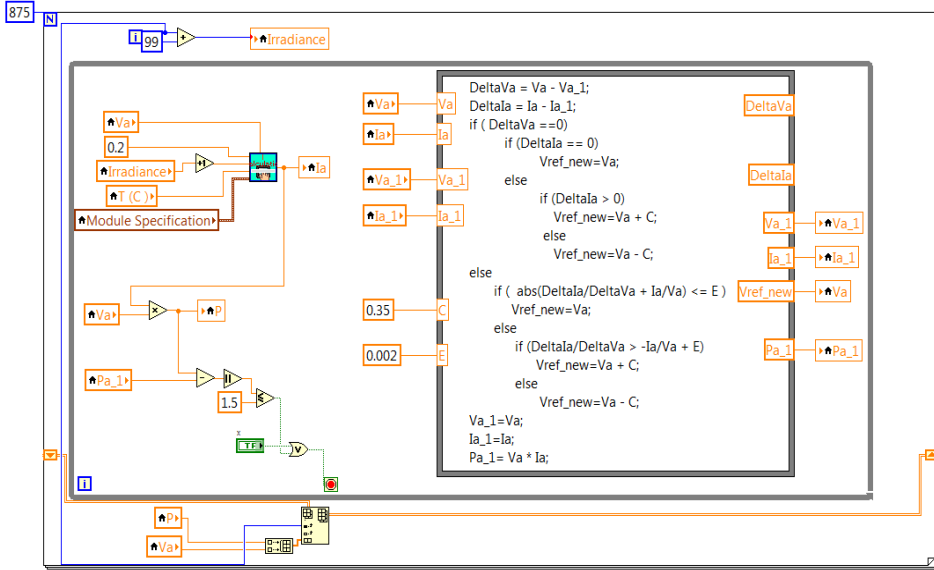
يكن هناك تغير في قيمة الإشعاع الشمسي فإن $dI=0$ ، ولا تغيير في جهد نقطة التشغيل،

أما إذا زاد الإشعاع الشمسي فإن قيمة جهد MPP تصبح أعلى، وعندها لابد من خفض قيمة جهد التشغيل. وبالمثل فإن انخفاض شدة الإشعاع الشمسي تؤدي إلى أن تصبح قيمة جهد MPP أصغر، وعندها يجب زيادة قيمة جهد التشغيل. يبين الشكل (خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند..-1 الشيفرة البرمجية لتنفيذ خوارزمية IncCond ضمن بيئة LabVIEW [21] ويبين الشكل (خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.. نتائج المحاكاة.



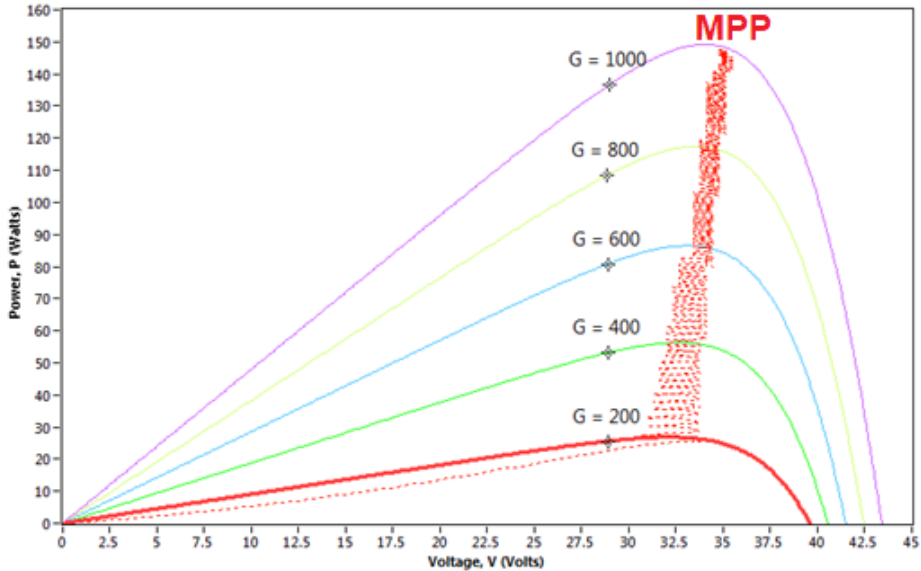
الشكل (خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند..-4) : المخطط التدفقي

لخوارزمية IncCond [20, 22]



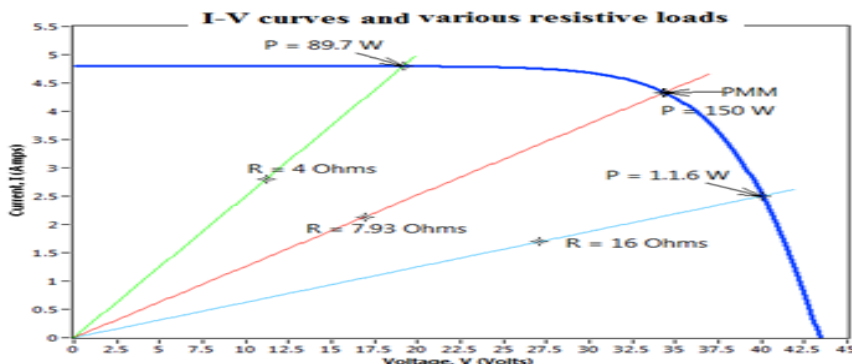
الشكل (خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-1 : الشيفرة البرمجية

لخوارزمية IncCond



الشكل (خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-2 : محاكاة ملاحق نقطة التشغيل العظمى (IncCond)

خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع. يبين نتائج محاكاة تشغيل اللاقط الكهروضوئي والذي يوضح نقاط التشغيل المختلفة للاقط الكهروضوئي عند وصله بشكل مباشر مع الحمل ($R = 4 \text{ Ohms}$, $R = 7.93 \text{ Ohms}$, $R = 16 \text{ Ohms}$) [23].(Ohms)



الشكل (خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-7) : منحنى التشغيل للاقط الكهروضوئي موصول بأحمال أومية مختلفة

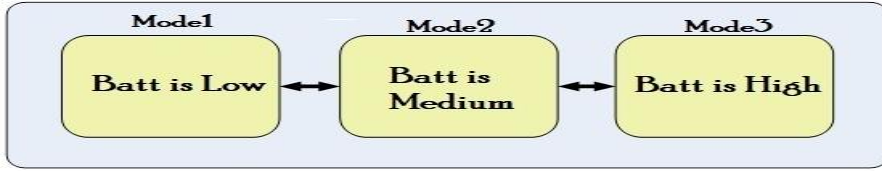
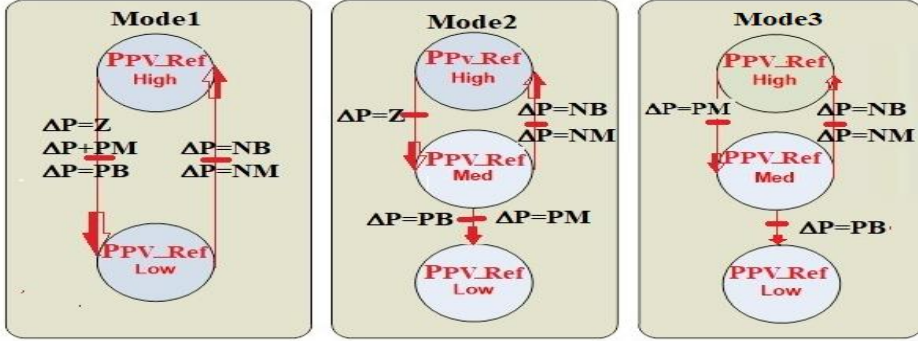
5. الطريقة المتبعة في البحث لنمذجة شبكة بطري العائمة لإدارة البطاريات والمولد الكهروضوئي:

سنستعرض في هذه الفقرة دراسة وتحليل وتصميم شبكة بطري عائمة تمثل متحكم إشرافي عائم لإدارة لواقط كهروضوئية وإدارة بطارياتها وإثبات نتائج خوارزمية IncCond و سنستخدم شبكة بطري عائمة بخمس طبقات:

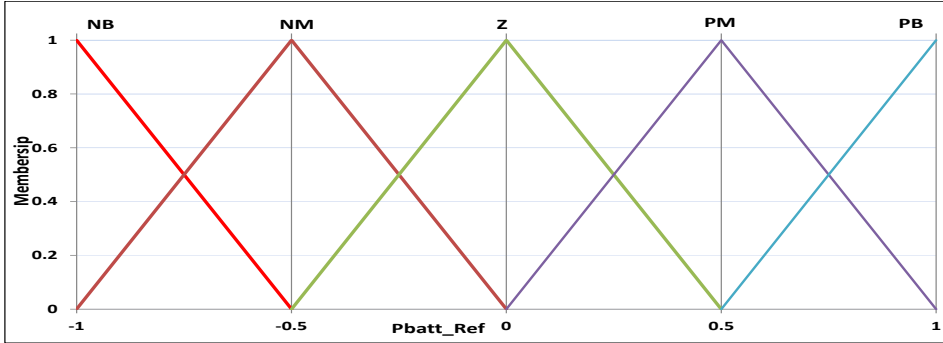
1.5 شبكة بطري العائمة لإدارة البطاريات.

سنبدأ بدراسة شبكة بطري عائمة للتحكم وإدارة المدخرات (البطاريات). فقد تم اعتماد تابع Low، الانتماء لحالة شحن البطارية والمعتمد على ثلاث حالات: حالة الشحن منخفضة، كما هو موضح في الشكل High، وحالة الشحن مرتفعة Med، وحالة الشحن متوسطة التي جزئت إلى خمسة $1-5\Delta P$. وتم اعتماد تابع الانتماء لإشارة فرق الاستطاعة ويوضح الشكل 2-5 تابع الانتماء للاستطاعة NB,NM,Z,PM,PB. مستويات

(Positive Big (PB) المرجعية للمدخرة خمسة مستويات اثنان يمثلان الشحن بقيمة كبيرة (Positive Medium (PM) والتفريغ بقيمة كبيرة (Positive Medium (PM) والشحن بقيمة متوسطة (Negative Big (NB) والمستوى (Negative Medium (NM) أو بقيمة صغيرة (Zero. (Z)



الشكل (1-5) : ثلاث حالات لتابع الانتماء

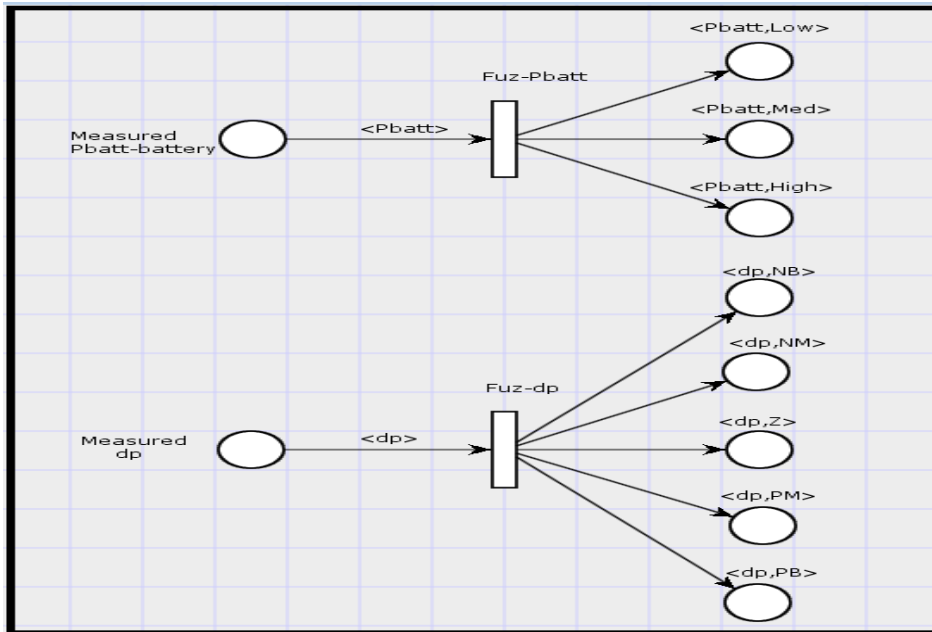


الشكل (2-5): تابع الانتماء للمدخرة PBat_Ref

• الطبقة الأولى: مرحلة التعويم

تمثل الطبقة الأولى في النموذج عملية التعويم Fuzzification، ويوجد فيها مكان دخل Battery Measured الذي يمثل قياس حالة شحن المدخرة، و يمثل

العبور Fuz-pbatt تابع رياضي يحقق عملية التعويم الخاصة بحالة شحن البطارية، وخرج العبور مرتبط بثلاثة أماكن خرج $\langle P_{batt,Low} \rangle$ و $\langle P_{batt,Med} \rangle$ و $\langle P_{batt,High} \rangle$. عند قرح العبور، تُحسب القيمة بناءً على تابع الانتماء لحالة شحن البطارية والتي يجب إسنادها إلى كل مكان من أماكن الخرج الثلاثة. وتمثل إشارة فرق الاستطاعة ΔP في هذه الطبقة من خلال مكان دخل Measured ΔP ، وعبور Fuz- ΔP يمثل تابع رياضي يحقق عملية التعويم الخاصة بقيمة الفرق في الاستطاعة ΔP وخرج العبور مرتبط بخمسة أماكن خرج $\langle \Delta P,NB \rangle$ و $\langle \Delta P,NM \rangle$ و $\langle \Delta P,Z \rangle$ و $\langle \Delta P,PM \rangle$ و $\langle \Delta P,PB \rangle$. عند قرح العبور، يتم إسناد القيمة ΔP القيمة إلى كل مكان من أماكن الخرج الخمسة.

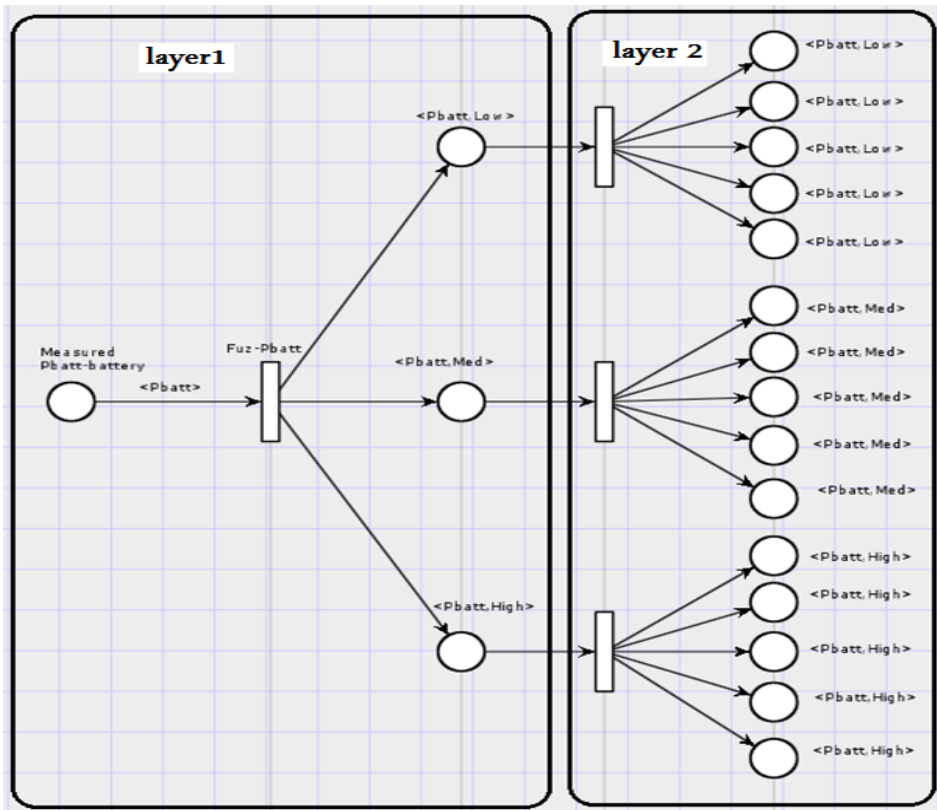


الشكل (3-5): الطبقة الأولى في شبكة بترى العائمة لإدارة نظام البطارية

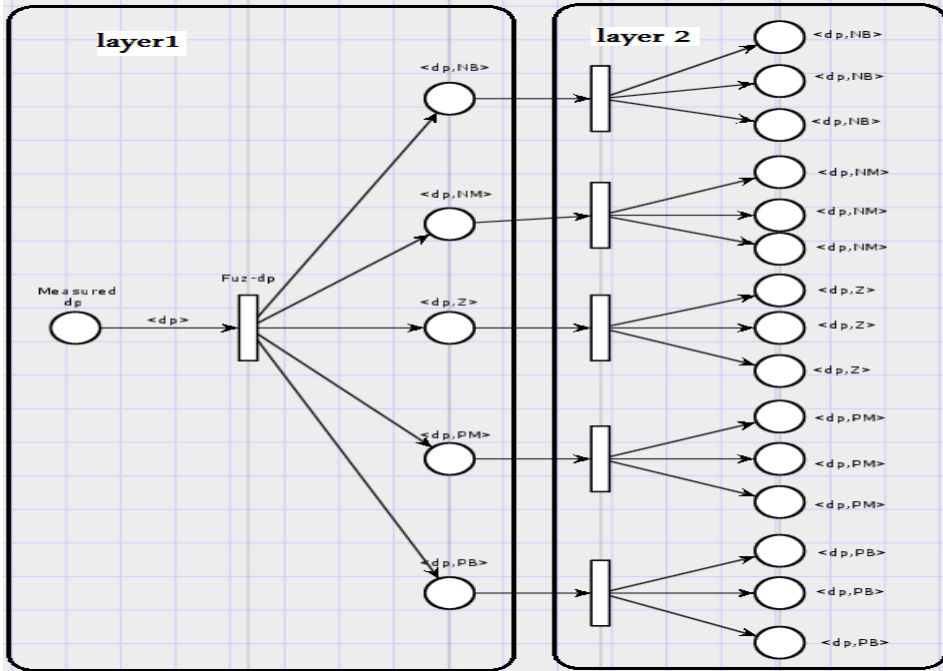
• الطبقة الثانية: مرحلة مضاعفة الأماكن

تمثل الطبقة الثانية طبقة العبور المضاعفة، ويتم فيها مضاعفة الأماكن. يرتبط كل مكان خرج في الطبقة الأولى بعبور مضاعف، ويرتبط خرج العبور المضاعف بعدد

من أماكن الخرج. يتحدد عدد أماكن خرج العبور المضاعف بناءً على عدد أماكن الخرج في الطبقة الأولى للمتغير الآخر، وللتوضيح فإن عدد أماكن الخرج لكل عبور من العبورات الثلاثة المرتبطة بالأماكن $\langle \text{Pbatt,Low} \rangle$ و $\langle \text{Pbatt,Med} \rangle$ و $\langle \text{Pbatt,High} \rangle$ هو خمسة أماكن خرج، في حين أن عدد أماكن الخرج المرتبطة بكل عبور من العبورات الخمسة المرتبطة بالأماكن $\langle \Delta P,NB \rangle$ و $\langle \Delta P,NM \rangle$ و $\langle \Delta P,Z \rangle$ و $\langle \Delta P,PM \rangle$ و $\langle \Delta P,PB \rangle$ هو ثلاثة أماكن. ووظيفة العبور في هذه المرحلة نقل القيمة الموجودة في مكان الدخل المرتبط به إلى عدد أكبر من أماكن الخرج، بحيث يصبح في كل مكان خرج نفس القيمة الموجودة في مكان الدخل المرتبط به. ويبين الشكل (4-5) الطبقة الأولى والثانية لتعويم ومضاعفة الأماكن لمتغير حالة شحن المدخرة ولتغيير فرق الاستطاعة على التوالي.



الشكل(4-5) : الطبقة الثانية في شبكة بطري العائمة لمتغير حالة شحن المدخرة



الشكل (5-5): الطبقة الثانية في شبكة بترى العائمة لمتغير حالة فرق الاستطاعة

• الطبقة الثالثة: تحقيق القواعد

تمثل الطبقة الثالثة طبقة إيجاد القواعد Rules بين المتغيرات المختلفة. يوجد في هذه الطبقة 15 عبوراً، يمثل العبور تابع Minimum يختار القيمة الصغرى المتواجدة في أماكن الدخل المرتبطة بهذا العبور، وإسناد هذه القيمة إلى مكان الخرج المرتبط به. في هذه الطبقة لدينا خمسة عشر مكان خرج لكل منها فرضية من الفرضيات المتعلقة بالحالات الخمس للاستطاعة المرجعية للبطارية $\langle P_{Batt_Ref}, NB \rangle$ و $\langle P_{Batt_Ref}, NM \rangle$ و $\langle P_{Batt_Ref}, Z \rangle$ و $\langle P_{Batt_Ref}, PM \rangle$ و $\langle P_{Batt_Ref}, PB \rangle$.

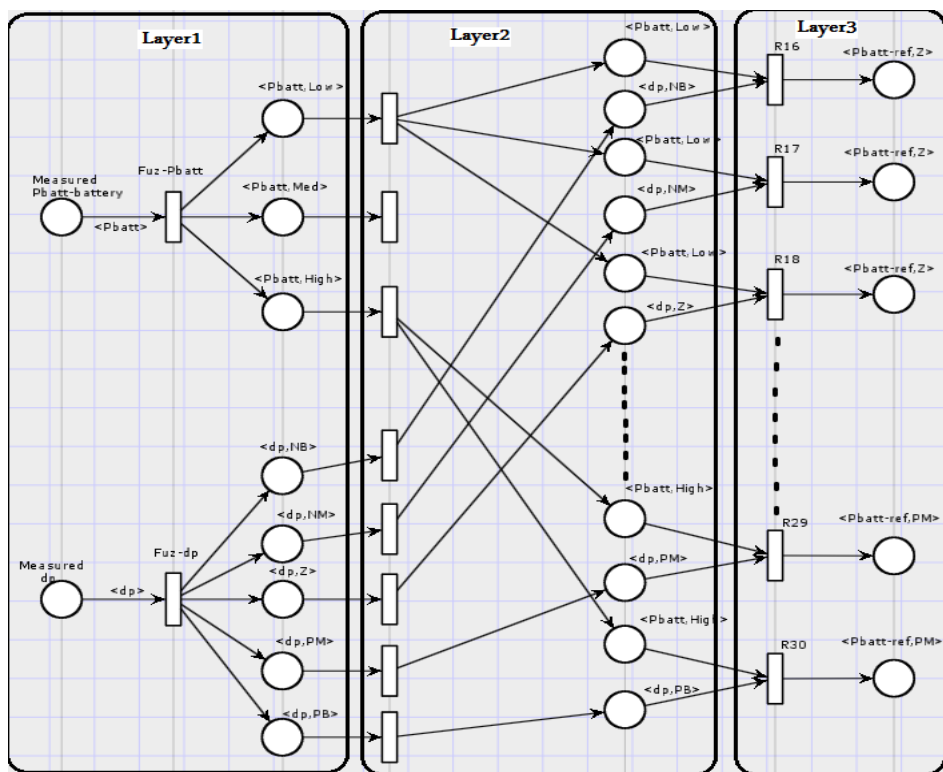
يبين الجدول 1.5 تمثيل الطبقة الثالثة حيث يمثل العمود اليساري فيه العبورات والبالغ عددها 15 عبوراً $\{R15, R16, \dots, R30\}$ ، ويمثل العمود الثاني حصول الأحداث، والعمود الثالث الشروط المختلفة، وللتوضيح فإن عبارة P_{batt} is Low تمثل حدث أما $C1$ فيمثل العبارة الشرطية IF P_{batt} IS Low THEN

الجدول 1.5: توضيح تمثيل الطبقة الثالثة لشبكة بتري العائمة للبطارية لعدة حالات الشحن

Rule	Events		Conditio	State (Pbat-Ref)
R16	P_{batt} is Low	ΔP is NB	C4 & C7	Z
R17	P_{batt} is Low	ΔP is NM	C4 & C8	Z
R18	P_{batt} is Low	ΔP is Z	C4 & C9	Z
R19	P_{batt} is Low	ΔP is PM	C4 & C10	PM
R20	P_{batt} is Low	ΔP is PB	C4 & C11	PB
R21	P_{batt} is Med	ΔP is NB	C5 & C7	NB
R22	P_{batt} is Med	ΔP is NM	C5 & C8	NM
R23	P_{batt} is Med	ΔP is Z	C5 & C9	Z
R24	P_{batt} is Med	ΔP is PM	C5 & C10	PM
R25	P_{batt} is Med	ΔP is PB	C5 & C11	PB
R26	P_{batt} is High	ΔP is NB	C6 & C7	NM
R27	P_{batt} is High	ΔP is NM	C6 & C8	NM
R28	P_{batt} is High	ΔP is Z	C6 & C9	NM
R29	P_{batt} is High	ΔP is PM	C6 & C10	PM
R30	P_{batt} is High	ΔP is PB	C6 & C11	PM

الجدول 2.5: الشروط المختلفة الواردة في الجدول السابق

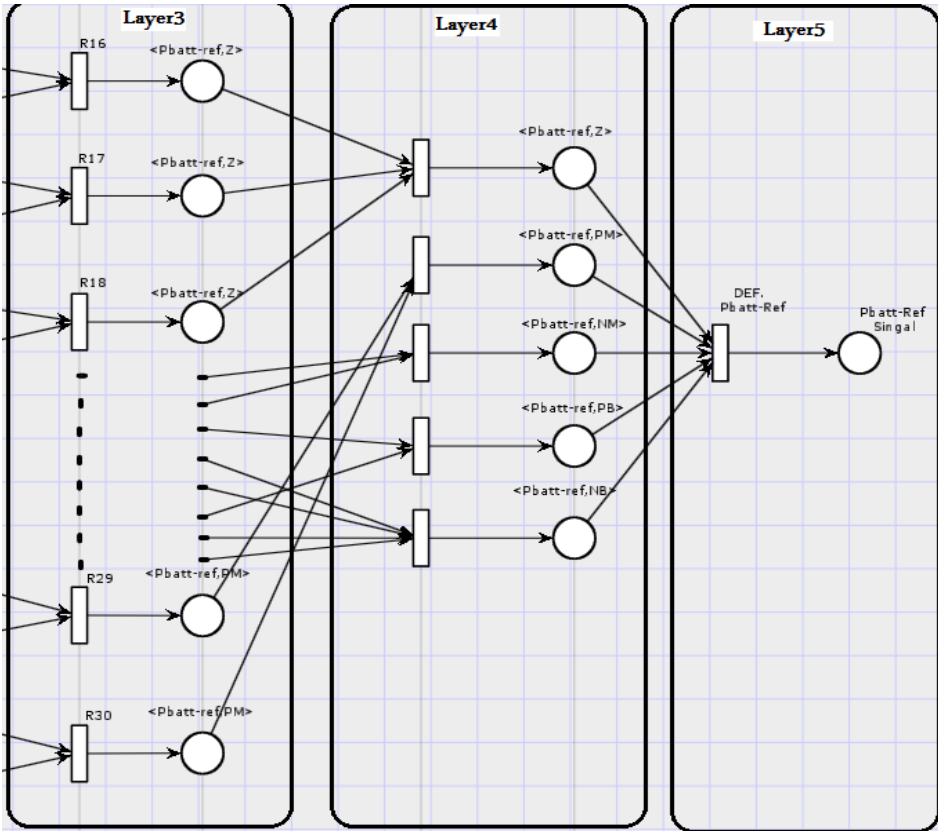
C4:	IF	P_{batt}	IS	Low	THEN
C5:	IF	P_{batt}	IS	Med	THEN
C6:	IF	P_{batt}	IS	High	THEN
C7:	IF	ΔP	IS	NB	THEN
C8:	IF	ΔP	IS	NM	THEN
C9:	IF	ΔP	IS	Z	THEN
C10:	IF	ΔP	IS	PM	THEN
C11:	IF	ΔP	IS	PB	THEN



الشكل (5-5): الطبقة الثالثة في شبكة بطري العائمة لإدارة نظام البطارية

• الطبقة الرابعة: طبقة العبورات التجميعية

تمثل الطبقة الرابعة طبقة العبورات التجميعية حيث يرتبط كل عبور بعدد من أماكن الدخل التي لها الفرضية نفسها NB أو NM أو Z أو PM أو PB. يمثل العبور في هذه الطبقة تابع Maximum، وعند قدح العبور يتم اختيار القيمة العظمى من بين قيم أماكن الدخل المرتبطة به وإسناد هذه القيمة إلى مكان الخرج المرتبط به. ويكون عدد العبورات في هذه الطبقة يساوي عدد مستويات تابع الانتماء لإشارة الخرج ومساوٍ لعدد أماكن الخرج في هذه الطبقة كما هو مبين في الشكل 6.5:



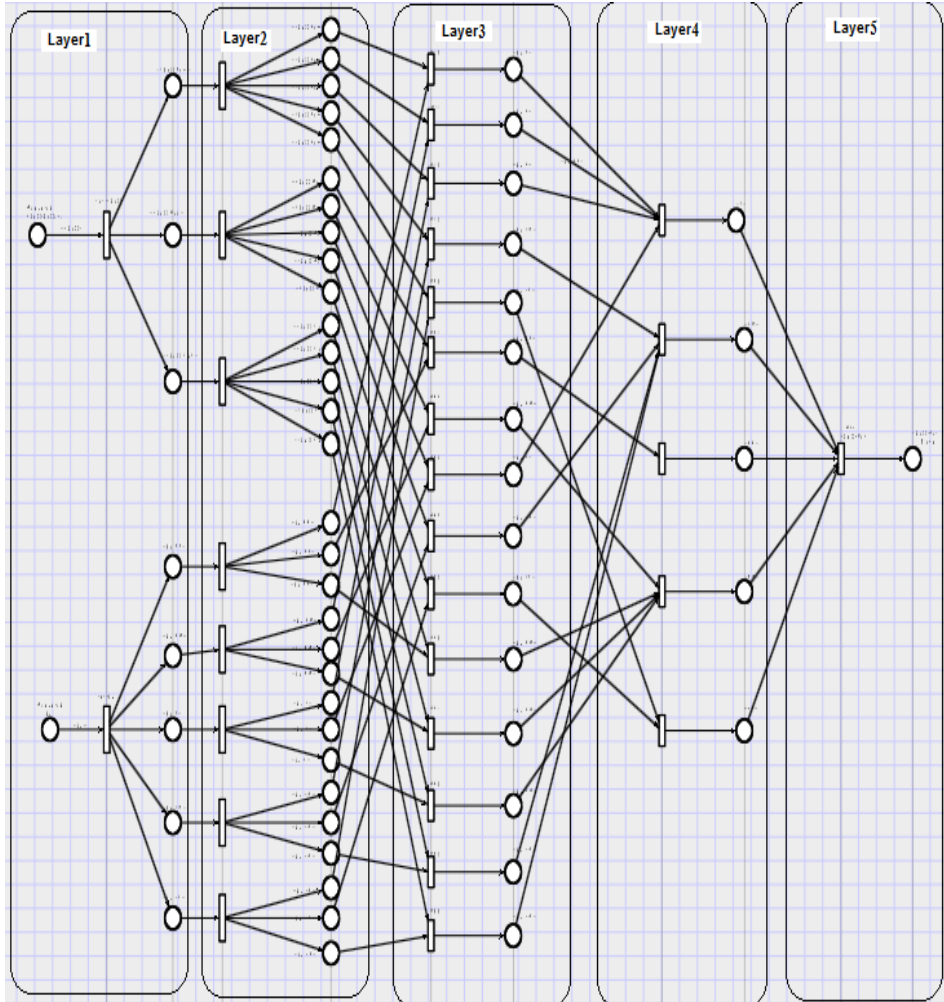
الشكل(6-5) : الطبقة الرابعة والخامسة في شبكة بتري لإدارة نظام البطارية

• الطبقة الخامسة: طبقة فك التعويم

تمثل الطبقة الخامسة في شبكة بتري القائمة عملية فك التعويم Difuzzification كما هو موضح في الشكل(6-5) يوجد في هذه الطبقة خمسة أماكن دخل NB أو NM أو Z

أو PM أو PB وعبور وحيد DEF PBat-Ref، ومكان خرج وحيد يمثل إشارة التحكم بطاقة البطارية PBat-Ref Signal. يمثل العبور تابع رياضي يحقق عملية فك التعويم. عند قدح العبور DEF. PBat-Ref تحسب إشارة التحكم بطاقة البطارية بناءً على تابع الانتماء لإشارة التحكم.

يبين الشكل 7.5 مخطط شبكة بتري العائمة بطبقاتها الخمسة لإدارة نظام شحن وتفريغ البطارية:



الشكل (7-5) : مخطط شبكة بتري العائمة بطبقاتها الخمسة لإدارة نظام شحن وتفريغ البطارية

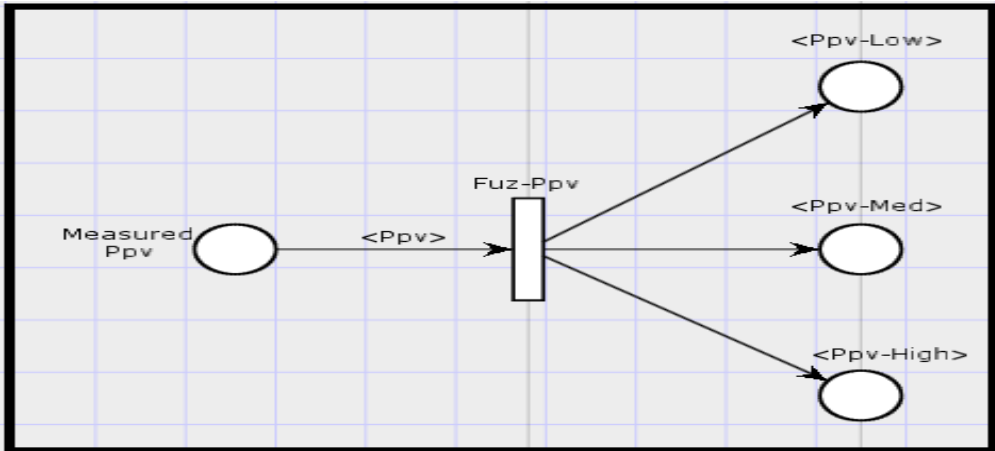
2.5 شبكة بطري العائمة لإدارة المولد الكهروضوئي.

بالعودة إلى التحليل الوظيفي للمتحكم الإشرافي لنظام إدارة الطاقة في النظام الشمسي. نلاحظ أنه تم نمذجة جزء من المتحكم من خلال شبكة بطري العائمة الذي يصف نظام إدارة البطاريات، وسنستكمل استعراض نموذج شبكة بطري العائمة الخاصة بإدارة المولد الكهروضوئي، وفق نموذج الطبقات الخمس:

• الطبقة الأولى: مرحلة التعويم

تمثل عملية التعويم Fuzzification حيث نلاحظ مكان دخل Measured Ppv يمثل قياس قيمة الاستطاعة المولدة من اللواقط الكهروضوئية، والعبور Fuz-Ppv، يمثل تابع رياضي يحقق عملية التعويم الخاصة بحالة توليد الاستطاعة، وخرج العبور مرتبط بثلاثة أماكن خرج $\langle Ppv, Low \rangle$ و $\langle Ppv, Med \rangle$ و $\langle Ppv, High \rangle$.

يتم عند قدح العبور وبناءً على تابع الانتماء حساب القيمة التي يجب إسنادها إلى كل مكان من أماكن الخرج الثلاثة، أما بالنسبة لإشارة فرق الاستطاعة ΔP فهي نفسها التي استعرضناها سابقاً في نظام إدارة البطارية، وتتمثل في هذه الطبقة من خلال مكان دخل، وعبور ΔP Fuz-، وخرج العبور مرتبط بخمسة أماكن خرج $\langle \Delta P, NM \rangle$ و $\langle \Delta P, NB \rangle$ و $\langle \Delta P, Z \rangle$ و $\langle \Delta P, PM \rangle$ و $\langle \Delta P, PB \rangle$.



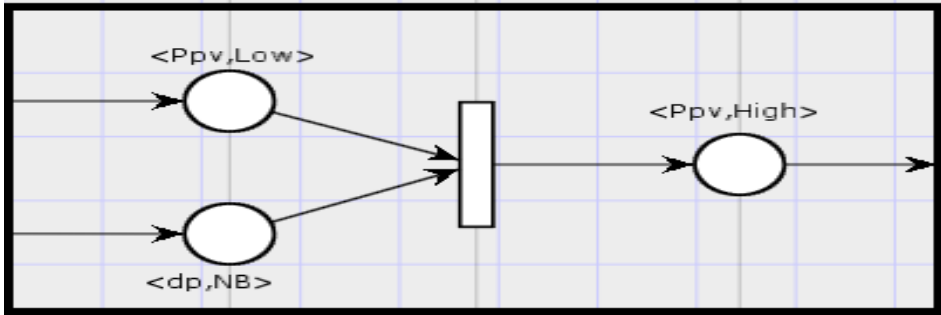
الشكل(5-8) : جزء من شبكة بطري العائمة لتعويم القيمة Ppv

• الطبقة الثانية: مرحلة مضاعفة الأماكن

تمثل الطبقة الثانية طبقة العبور المضاعفة، يرتبط كل مكان خرج من أماكن الخرج في الطبقة الأولى $\langle Ppv,Low \rangle$ و $\langle Ppv,Med \rangle$ و $\langle Ppv,High \rangle$ بعبور مضاعف يرتبط خرجة كون مرتبط بخمسة أماكن خرج، وعدد أماكن الخرج المرتبطة بكل عبور من العبورات الخمسة المرتبطة بالأماكن $\langle \Delta P,NB \rangle$ و $\langle \Delta P,NM \rangle$ و $\langle \Delta P,Z \rangle$ و $\langle \Delta P,PM \rangle$ و $\langle \Delta P,PB \rangle$ هو ثلاثة أماكن خرج. وظيفة العبور في هذه المرحلة نقل القيمة الموجودة في مكان الدخل إلى عدد أكبر من أماكن الخرج.

تمثل الطبقة الثالثة طبقة إيجاد العلاقات Rules بين المتغيرات المختلفة. يمثل العبور في هذه الطبقة تابع Minimum يختار القيمة الصغرى المتواجدة في أماكن الدخل المرتبطة بهذا العبور، وإسناد هذه القيمة إلى مكاني الخرج المرتبطين به. يبين الشكل (9-5): جزء من شبكة بتري العائمة التي تمثل القاعدة التالية:

IF dP IS NB AND Ppv IS LOW THEN Ppv_Ref IS High



الشكل (9-5) : تمثيل القواعد في شبكة بتري العائمة

يوجد مكان دخل له الفرضية $\langle Ppv,Low \rangle$ وتسد له قيمة تمثل قيمة تابع الانتماء لقيمة الاستطاعة المولدة من المولد الكهروضوئي $\mu_{Low}(Ppv)$ ، وهي تمثل جزء الشرط $IF Pw$ $IS LOW$ ومكان دخل له الفرضية $\langle \Delta P,NB \rangle$ تمثل قيمة تابع الانتماء لقيمة فرق الاستطاعة $\mu_{NB}(\Delta P)$ تمثل جزء الشرط $IF \Delta P IS NB$ عند قرح العبور يتم اختيار

القيمة الصغرى من مكاني الدخل ($\mu_{NB}(\Delta P)$, $\mu_{Low}(Ppv)$) وإسناد خرج التابع إلى مكان الخرج، والذي له الفرضية $\langle P_{PV-Ref, High} \rangle$ يرتبط بقيمة إشارة التحكم الخاصة بقيمة الاستطاعة المطلوبة من المولد الكهروضوئي.

يبين الجدول (3.5) تمثيل الطبقة الثالثة حيث يمثل العمود الأيسر العبوات والبالغ عددها 15 عبور $\{R1, R2, \dots, R15\}$ ، ويمثل العمود الثاني حصول الأحداث، ويمثل العمود الثالث الشروط المختلفة.

الجدول 3.5: توضيح تمثيل الطبقة الثالثة لشبكة بترى العانمة للمولد الكهروضوئي لعدة

مستويات لاستطاعات للواقظ Ppv

Rule	Events		Condition	$P_{PV} - Ref$
R1	Ppv is Low	ΔP is NB	C1 & C4	High
R2	Ppv is Low	ΔP is NM	C1 & C5	High
R3	Ppv is Low	ΔP is Z	C1 & C6	Low
R4	Ppv is Low	ΔP is PM	C1 & C7	Low
R5	Ppv is Low	ΔP is PB	C1 & C8	Low
R6	Ppv is Med	ΔP is NB	C10 & C4	High
R7	Ppv is Med	ΔP is NM	C2 & C5	High
R8	Ppv is Med	ΔP is Z	C2 & C6	Med
R9	Ppv is Med	ΔP is PM	C2 & C7	Low
R10	Ppv is Med	ΔP is PB	C2 & C8	Low
R11	Ppv is High	ΔP is NB	C3 & C4	High
R12	Ppv is High	ΔP is NM	C3 & C5	High
R13	Ppv is High	ΔP is Z	C3 & C6	High
R14	Ppv is High	ΔP is PM	C3 & C7	Med
R15	Ppv is High	ΔP is PB	C3 & C8	Low

الجدول 4.5 : الشروط المختلفة الواردة في الجدول السابق

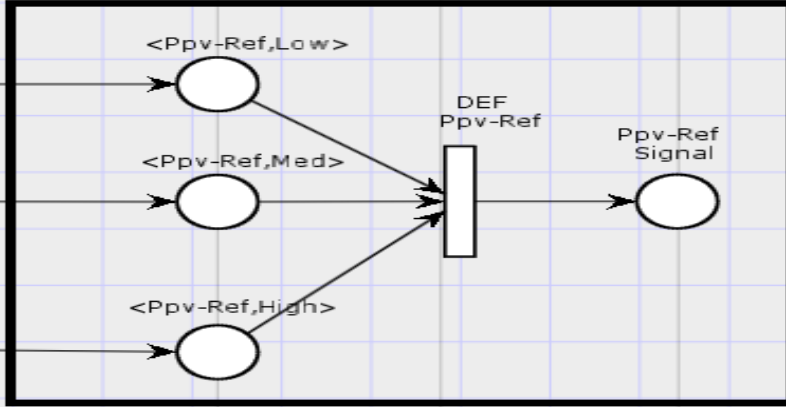
C1:	IF	Ppv	IS	Low	THEN
C2:	IF	Ppv	IS	Med	THEN
C3:	IF	Ppv	IS	High	THEN
C4:	IF	ΔP	IS	NB	THEN
C5:	IF	ΔP	IS	NM	THEN
C6:	IF	ΔP	IS	Z	THEN
C7:	IF	ΔP	IS	PM	THEN
C8:	IF	ΔP	IS	PB	THEN

- الطبقة الرابعة: طبقة العبوات التجميعية

يرتبط كل عبور بعدد من أماكن الدخل التي لها الفرضية نفسها <>Ppv,Low أو <>Ppv,Med أو <>Ppv,High. يمثل العبور في هذه الطبقة تابع Maximum، وعند قرح العبور يتم اختيار القيمة العظمى من قيم أماكن الدخل المرتبطة به وإسناد هذه القيمة إلى مكان الخرج المرتبط به.

- الطبقة الخامسة: طبقة فك التعويم

تمثل الطبقة الخامسة في شبكة بتري القائمة عملية فك التعويم Difuzzification كما هو موضح في الشكل 10.5. يوجد في هذه الطبقة ثلاثة أماكن دخل -Ppv <>Ppv-Ref,High، <>Ppv-Ref,Med، <>Ref,Low عبور وحيد -Ppv-Ref DEF Ref، ومكان خرج وحيد يمثل إشارة التحكم بطاقة المولد الكهروضوئي Ppv-Ref Signal. يمثل العبور تابع رياضي يحقق عملية فك التعويم. يتم عند قرح العبور DEF Ppv-Ref وبناءً على تابع الانتماء لإشارة التحكم بطاقة المولد الكهروضوئي يتم حساب إشارة التحكم بطاقة المولد.



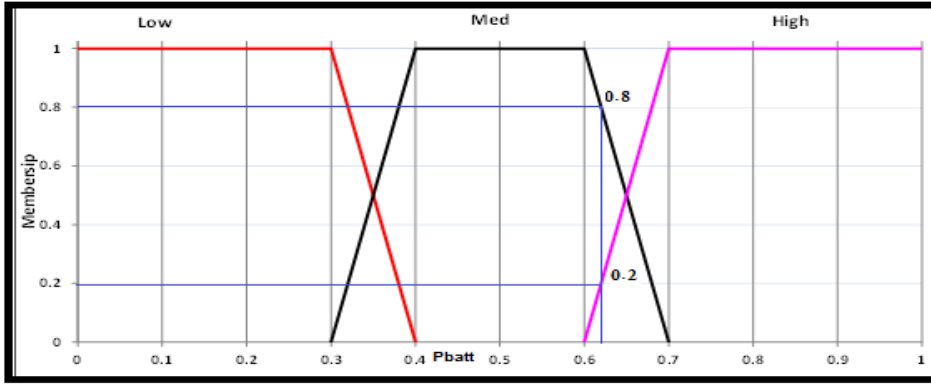
الشكل (5-10): طبقة فك التعويم في شبكة بطري العائمة

3.5 مثال عددي لشبكة بطري العائمة لإدارة محطة توليد كهروضوئية:

لتوضيح عمل شبكة بطري العائمة وفق نموذج الطبقات الخمس نأخذ مثلاً عددياً يمثل أكثر الحالات واتي التي يكون فيها مستوى شحن البطارية $P_{batt} = 0.62$ والفرق في الاستطاعة بين اللواقط والحمل $dp = 0.5$.

• الطبقة الأولى: عملية التعويم Fuzzification

يوجد لدينا في الطبقة الأولى مكاني دخل، يمثل الأول القيمة الرقمية التي تعبر عن مستوى شحن البطارية والقيمة الموجودة في هذا المكان هي 0.62 ، ويمثل المكان الثاني الفرق في الاستطاعة ΔP وتسنده القيمة 0.5 . يوجد لدينا عبوران، فعند قرح العبور يتم احتساب درجة انتماء كل فرضية من الفرضيات الثلاث المرتبطة بحالة شحن البطارية كما هو مبين في الشكل 11.5 عند تحديد قيمة شحن البطارية على المحور الأفقي نلاحظ أن تقاطعها مع منحنى الفرضية High يوافق القيمة 0.2 وتقاطعها مع منحنى الفرضية Low يكافئ القيمة 0 وتقاطعها مع منحنى الفرضية Med يكافئ القيمة 0.8 وبالتالي يتم تحديد القيم التي يجب إسنادها إلى أماكن الخرج المرتبطة بالعبور $Fuz-P_{batt}$.



الشكل (5-11) : احتساب درجة انتماء حالة شحن البطارية

وبالمثل تُعوم قيمة فرق الاستطاعة dP وتحسب درجة الانتماء لكل فرضية وفق تابع الانتماء الخاص بها. وتُسند القيم الناتجة إلى أماكن الخرج المرتبطة بالعبور $Fuz-dP$ يبين الجدول (5.5) نتيجة تنفيذ عبورات تعويم متغيرات الدخل في الطبقة الأولى والقيم المسندة إلى أماكن خرج الطبقة الأولى: أي أن فرق في الاستطاعة بين اللواقط والحمل $\Delta P=0.5$ تنتمي إلى 0.75 من PM (Positive Midieum) و 0.25 من PB (Positive Big) ومستوى شحن البطارية $P_{batt} = 0.62$ ينتمي إلى 0.8 للوسط و 0.2 للشحن الأعلى.

الجدول 5.5: نتيجة تنفيذ العبورات في الطبقة الأولى من شبكة بنري العامة

$P_{batt} = 0.62$	Degree Affiliation	$\Delta P=0.5$ فرق في الاستطاعة	Degree Affiliation
مستوى شحن البطارية	درجة لانتماء حالة البطارية	بين اللواقط والحمل	درجة لانتماء حالو اللواقط
$\mu_{Low}(P_{batt})$	0	$\mu_{NB}(\Delta P)$	0
$\mu_{Med}(P_{batt})$	0.8	$\mu_{NM}(\Delta P)$	0
$\mu_{High}(P_{batt})$	0.2	$\mu_z(\Delta P)$	0
-	-	$\mu_{PM}(\Delta P)$	0.75
-	-	$\mu_{PB}(\Delta P)$	0.25

• الطبقة الثانية: مرحلة مضاعفة الأماكن (لتمثيل قواعد المتحكم من خلال الشروط ومتغيرات الدخل العائمة)

تتم في هذه الطبقة عملية مضاعفة عدد أماكن الدخل (نفس أماكن خرج الطبقة الأولى). يساوي عدد العبارات في هذه الطبقة عدد أماكن الدخل، وكل عبور يرتبط بمكان دخل وحيد وعدد من أماكن الخرج. فعلى سبيل المثال يرتبط العبور الأول بمكان دخل $\langle P_{batt,Low} \rangle$ ويرتبط بخمس أماكن خرج. عند قرح العبور تنتقل القيمة الموجودة في $\langle P_{batt,Low} \rangle$ إلى أماكن الخرج الخمسة المرتبطة بالعبور. وفي شبكة بتري العائمة المدروسة يكون لدينا 30 مكان خرج في هذه الطبقة، يبين الجدول 6.5 القيم المسندة لها.

الجدول 6.5: القيم المسندة إلى أماكن الخرج في الطبقة الثانية من شبكة بتري

العائمة

Place	Value	Place	Value	Place	Value
P1	0	P11	0.8	P21	0.2
P2	0	P12	0	P22	0
P3	0	P13	0.8	P23	0.2
P4	0	P14	0	P24	0
P5	0	P15	0.8	P25	0.2
P6	0	P16	0	P26	0
P7	0	P17	0.8	P27	0.2
P8	0.75	P18	0.75	P28	0.75
P9	0	P19	0.8	P29	0.2
P10	0.25	P20	0.25	P30	0.25

• الطبقة الثالثة:

يوجد في هذه الطبقة 15 عبوراً $R_{16}, R_{17}, \dots, R_{30}$ ، يرتبط كل منها بمكاني دخل ومكان خرج وحيد. يمثل العبور في هذه الطبقة تابع Minimum يختار القيمة الأصغر المتواجدة في أماكن الدخل المرتبطة بهذا العبور وإسناد هذه القيمة إلى مكان الخرج المرتبط بالعبور. لدينا في هذه الطبقة خمسة عشر مكان خرج لكل منها له فرضية تمثل

واحدة من الحالات الخمس للاستطاعة المرجعية للبطارية: NB أو NM أو Z أو PM أو PB. يوضح الجدول (7.5) القيم والفرضيات المسندة لأماكن الخرج في الطبقة الثالثة. الجدول 7.5: القيم والفرضيات المسندة لأماكن الخرج في الطبقة الثالثة.

Input Place	Value	Transition	Output Place	Value	Proposition
P1	0	R1	P31	0	Z
P2	0				
P3	0	R2	P32	0	Z
P4	0				
P5	0	R3	P33	0	Z
P6	0				
P7	0	R4	P34	0	PM
P8	0.75				
P9	0	R5	P35	0	PB
P10	0.25				
P11	0.8	R6	P36	0	NB
P12	0				
P13	0.8	R7	P37	0	NB
P14	0				
P15	0.8	R8	P38	0	Z
P16	0				
P17	0.8	R9	P39	0.75	PM
P18	0.75				
P19	0.8	R10	P310	0.25	PB
P20	0.25				
P21	0.2	R11	P311	0	NM
P22	0				
P23	0.2	R12	P312	0	NM
P24	0				
P25	0.2	R13	P313	0	NM
P26	0				
P27	0.2	R14	P314	0.2	PM
P28	0.75				
P29	0.2	R15	P315	0.2	PB
P30	0.25				

• الطبقة الرابعة:

وتمثل طبقة العبور التجميعية وفيها خمسة عبور كل عبور يرتبط بأماكن الدخل التي لها نفس الفرضية NB أو NM أو Z أو PM أو PB. يمثل العبور في هذه الطبقة تابع Maximum ويرتبط كل عبور بمكان خرج وحيد له نفس فرضية أماكن الدخل المرتبطة بالعبور الخاص به كما هو موضح في الجدول 8.5.

• الجدول 8.5: القيم المسندة إلى أماكن الخرج في الطبقة الرابعة من شبكة بتري

العائمة

Input Place	Value	Proposition	Transition	Output Place
P31	0	Z	T _Z	0
P32	0	Z		
P33	0	Z		
P38	0	Z		
P39	0	PM	T _{PM}	0.75
P34	0.75	PM		
P314	0.2	PM		
P36	0	NB	T _{NB}	0
P37	0	NB		
P35	0	PB	T _{PB}	0.25
P315	0.25	PB		
P310	0.2	PB		
P311	0	NM	T _{NM}	0
P312	0	NM		
P313	0	NM		

• الطبقة الخامسة: فك التعويم [24]

بنتيجة تنفيذ العبوات في الطبقة الرابعة يصبح لدينا درجة انتماء القيم الخاصة

بقيمة الخرج للتابع P_{BAT_Ref} وفق القيم التالية = $\mu_{NB}(P_{BAT_REF})$ [20]

$$0, \mu_{NM}(P_{BAT_REF})=0, \mu_Z(P_{BAT_REF})=0 \therefore,$$

$$, \mu_{PB}(P_{BAT_REF})=0.250.75\mu_{PM}(P_{BAT_REF})=$$

إذا استخدمنا طريقة مركز المساحة Center Of Area لفك تعويم القيم السابقة

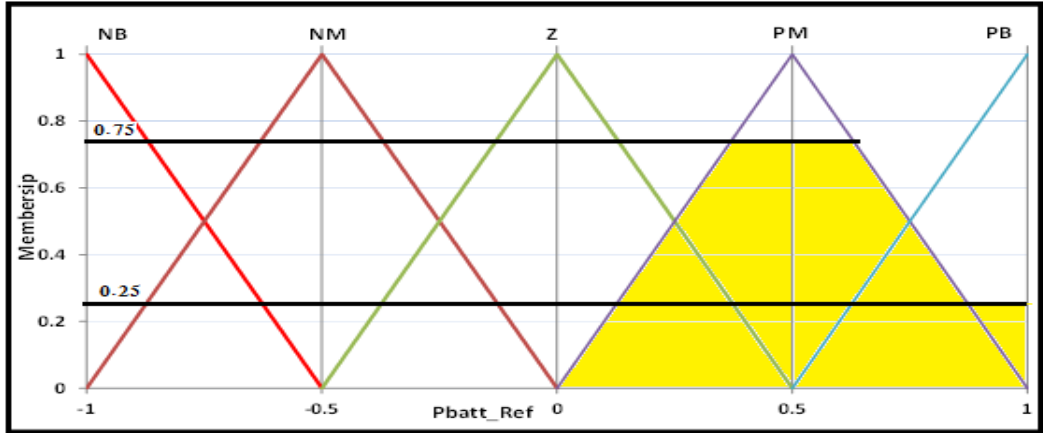
والحصول على قيمة حدية Crisp لـ P_{BAT_Ref} نجد وفق الشكل 12.5 أن:

$$CoA = \frac{\int \mu(x).x.dx}{\int \mu(x).dx}$$

$$CoA = \frac{\int_0^{0.375} 2.x^2.dx + \int_{0.375}^{0.625} 0.75.x.dx + \int_{0.625}^{0.875} 2.(x-x^2).dx + \int_{0.875}^1 0.25.x.dx}{\int_0^{0.375} 2.x.dx + \int_{0.375}^{0.625} 0.75.dx + \int_{0.625}^{0.875} 2.(1-x).dx + \int_{0.875}^1 0.25.dx}$$

$$CoA = \frac{0.03515625 + 0.09375 + 0.091145 + 0.029297}{0.140625 + 0.1875 + 0.125 + 0.03125} = \frac{0.249348}{0.484375} \\ = 0.514783$$

$$P_{BAT_Ref} = 0.625$$

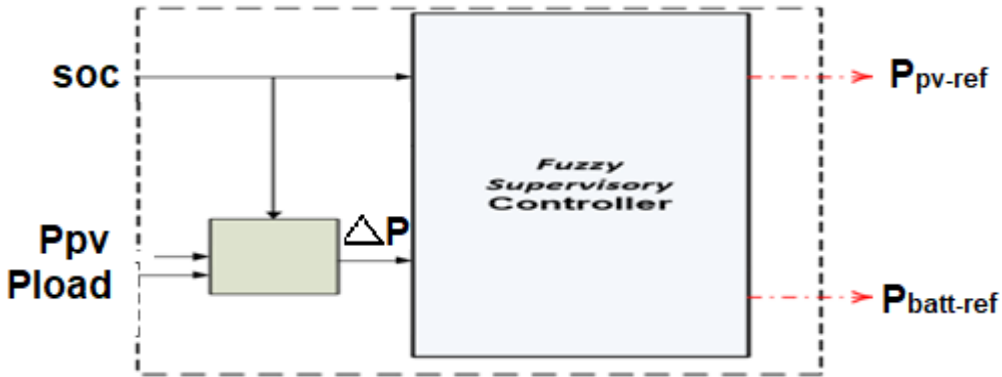


الشكل 11.5: فك التعويم بطريقة COA

6. تصميم واختبار المتحكم العائم الإشرافي لإدارة مزرعة كهروضوئية

تم تصميم متحكم إشرافي عائم للتحكم بمزرعة كهروضوئية كما هو موضح في الشكل

:1.6

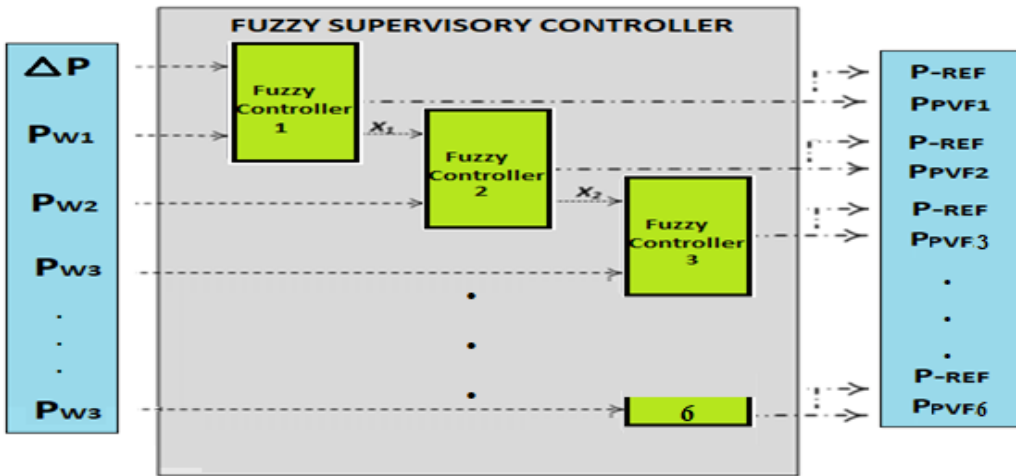


الشكل 1.6: المخطط الصندوقي العام للمتحكم العائم الإشرافي

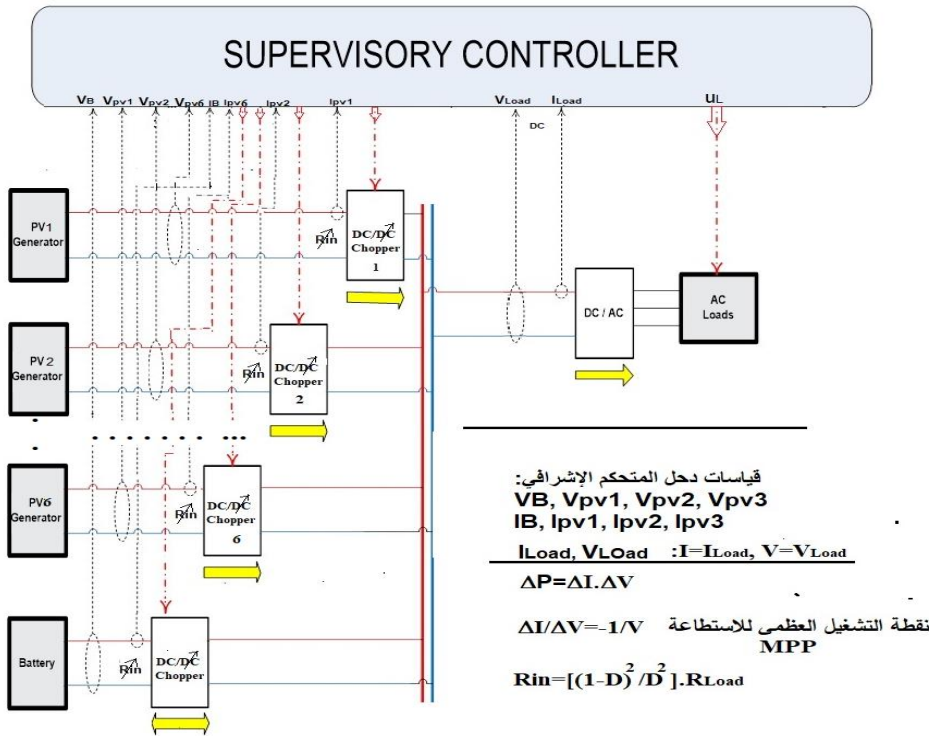
إشارات الدخل للمتحكم الإشرافي العائم وهي : إشارة فرق الاستطاعة ΔP ، حالة الشحن للبطاريات P_{Batt} ، الأوامر التحكمية التي يصدرها: الاستطاعة المرجعية للاقط الكهروضوئي P_{PV_Ref} الاستطاعة المرجعية للبطاريات P_{Batt_Ref} . ويستخدم المتحكم إشارة فرق الاستطاعة ΔP : $\Delta P = P_{Hyb} - P_{Load}$ ، حيث P_{Hyb} إجمالي

الاستطاعة المتوفرة) $(P_{Hyb} = P_{Pv} + P_{Batt})$. يعتمد المتحكم الإشرافي العائم على استخدام إشارة فرق الاستطاعة ΔP لتحديد حجم الطلب على الطاقة وتحديد نسبة مشاركة كل مصدر من مصادر المزرعة الشمسية.

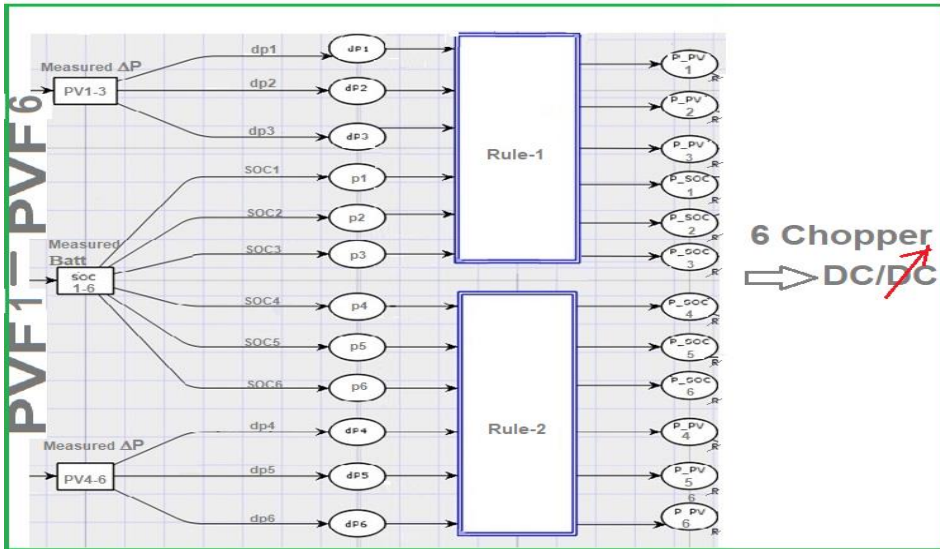
مثلاً من أجل 6 محطات (Pw1, Pw2, Pw3,... Pw6) للمزرعة الكهروضوئية PVF: يتم في المرحلة الأولى تصميم متحكم عائم Fuzzy Controller1 Local مهمته اتخاذ القرار بالاستطاعة التي يجب أن تقدمها اللواقط الكهروضوئية الأولى بالنسبة للحمل كما تم شرحها سابقاً بشبكات بيترى ، وبعد ذلك يتم الانتقال إلى المتحكم الثاني Fuzzy Controller 2 Local والمتحكم الثالث Fuzzy Controller 3 Local لتحديد الاستطاعة التي يجب أن تقدمها اللواقط الكهروضوئية الثانية حتى السادسة لمساعدة اللواقط الأولى للمحطة الأولى لتعويض النقص في الحمل الكهربائي. ويوضح بالشكل 2.6 a,b المخططات الصندوقية والتفصيلية لثلاث محطات كهروضوئية والشكل 3.6 مخطط شبكات بيترى الموافق لإدارة ست محطات كهروضوئية.



الشكل 2.6-a: المخطط الصندوقي العام للمتحكم العائم الإشرافي



الشكل 2.6-b: المخطط التفصيلي العام للمتحكم العائم الإشرافي



الشكل 3.6: مخطط شبكات بيتري العام لإدارة ست محطات كهروضوئية

❖ تنفيذ محاكاة لشبكة بترى العائمة للمتحكم الإشرافي لإدارة المزرعة الكهروضوئية

سندرس في هذا الفقرة اختبار وتنفيذ محاكاة لشبكة بترى العائمة التي تم نمذجتها وبرمجتها فيما سبق باستخدام الأداة البرمجية CPNTools والتي تصف المتحكم الإشرافي لنظام إدارة طاقة البطارية وملاحقة نقطة التشغيل الأعظمي وحسابها بطريقة مركز المساحة Center Of Area في المرحلة الخامسة لفك التعويم (الطريقة في الفقرة 5 السابقة [24]):

• الطبقة الأولى: مرحلة التعويم

يبين الشكل (4.6) جزء من شبكة بترى العائمة التي تصف المتحكم الإشرافي: لدينا مكان دخل PBAT من النمط REAL وتم إسناد القيمة المفروضة الابتدائية له 0.55 وهي يجب أن تمثل القيمة الحقيقية المقاسة لحالة شحن البطارية لمساعدة اللواقط الكهروضوئية للإستجابة لإستطاعة الحمل. ولدينا عبور وحيد يمثل الحدث المتعلق بتعويم القيمة المقاسة ونلاحظ أنه تم وضع شرط ان تكون القيمة أكبر أو تساوي الصفر. وعلى خرج الانتقال يوجد ثلاثة أماكن خرج Pbat high , Pbat Low ، Pbat Normal تسند إليها قيم توابع الانتماء لحالة شحن البطارية $\mu Normal$ ، μLow ، $\mu High$ ، على التوالي. لدينا أربعة أقواس الأول يربط مكان الدخل Pbat بالعبور ويوجد فوقه رمز المتغير X عند قدح العبور يتم نقل القيمة من مكان الدخل إلى العبور. ولدينا ثلاث أقواس يربط الاول منها العبور بمكان الخرج Pbat Low ويوجد عليه رمز Pbat Low(x) يمثل تابع الانتماء لحالة شحن البطارية وفق تابع الانتماء المعتمد سابقاً. عند قدح الانتقال نلاحظ زوال العلامة (1'0.55) من مكان الدخل وإسناد قيم جديدة لاماكن الخرج.

```

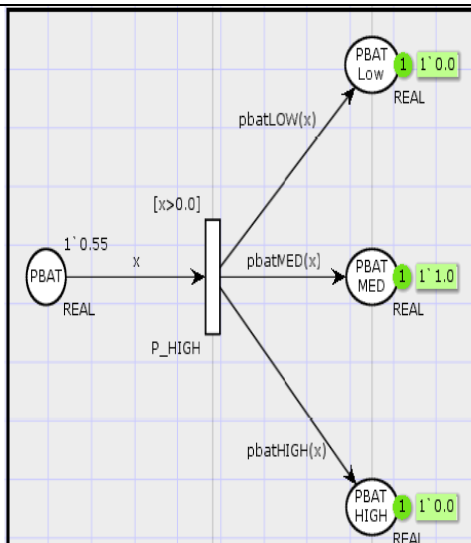
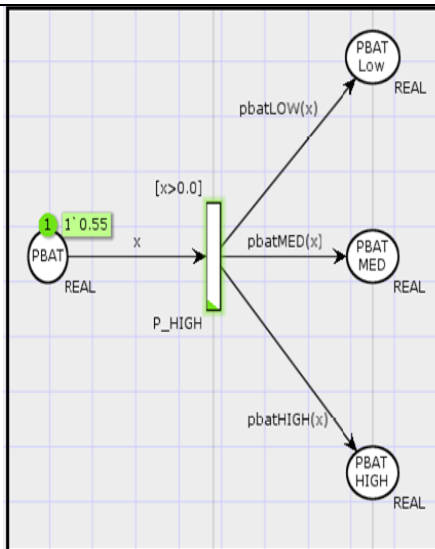
Colset REAL =real;

Var x:REAL;

fun Pbat LOW (x) = if x<=0.3 then 1.0
else if x> 0.3 and also x<=0.4 then
(0.4-x)/(0.4-0.3)
else 0.0

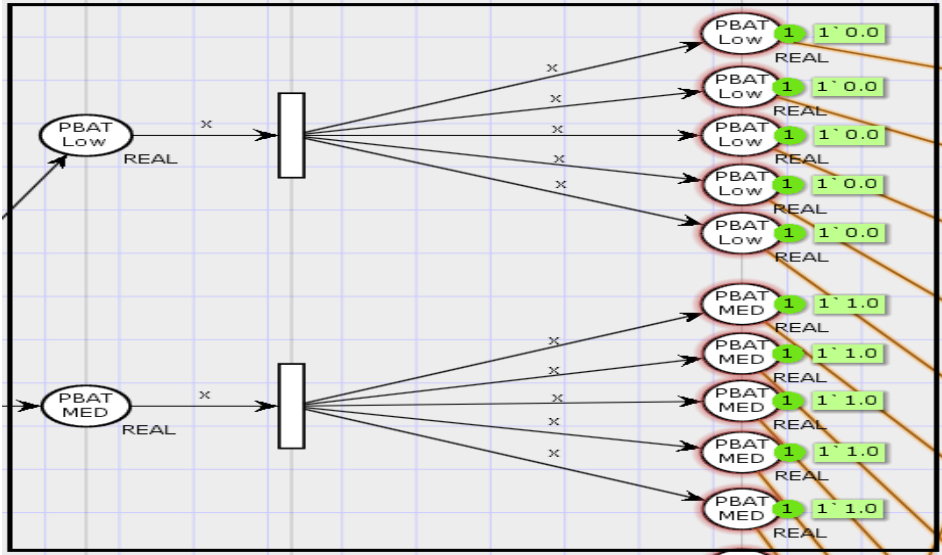
fun Pbat MED (x)= if x<0.3 then 0.0
else if x>= 0.3 and also x<0.4
then (x-0.3)/(0.4-0.3)
else if x>=0.4 and also x<=0.6 then 1.0
else if x>0.6 and also x<=0.7
then (0.7-x)/(0.7-0.6)
else 0.0

fun Pbat HIGT (x)= if x<0.6 then 0.0
else if x>= 0.6 and also x<0.7
then (x-0.6)/(0.7-0.6)
else 1.0
    
```



الشكل 4.6: محاكاة مرحلة تعويم حالة شحن البطارية

• مرحلة مضاعفة الأماكن



الشكل 5.6: جزء من محاكاة مرحلة مضاعفة الأماكن

يبين الشكل (5.6) جزء من محاكاة مرحلة مضاعفة الأماكن. لدينا مكاني دخل Pbat

LOW و MED مرتبطان بعبورين مضاعفين من خلال قوس مسند له الرمز X وخرج كل عبور مرتبط بخمس أماكن خرج لها نفس التسمية Pbat LOW و Pbat MED من خلال أقواس مسند لها رمز المتغير X. عند قرح العبور يتم نقل القيمة المتوفرة في مكان الدخل وإسنادها إلى كل مكان من أماكن الخرج المرتبطة بهذا العبور. في هذه المرحلة لا يتم كتابة أية تعريفات أو توابع جديدة لشبكة بتري.

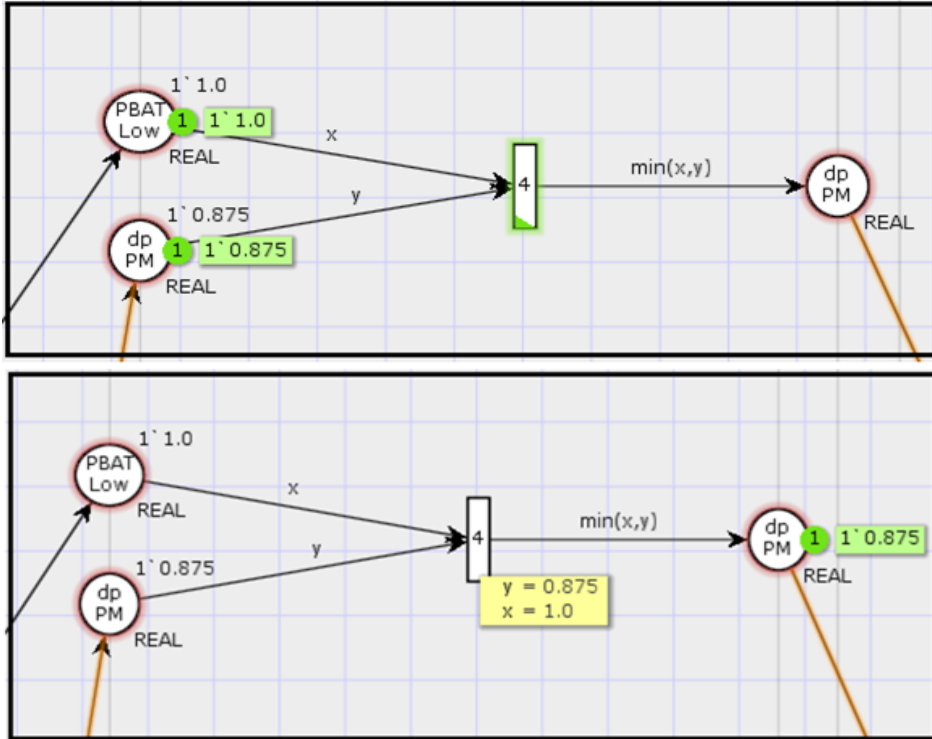
• الطبقة الثالثة: تحقيق القواعد

قاعدة المحاكاة:

IF Pbatt IS LOW AND dp IS PM THEN Pbatt-Ref IS PM

لدينا مكان الدخل Pbat Low يحتوي على علامة واحدة تحمل القيمة الحقيقية 1.0 ومرتبطة بالعبور 4 من خلال قوس يحمل رمز المتغير X، ويوجد مكان دخل ثاني dP PM فيه علامة تحمل القيمة الحقيقية 0.875 مرتبطة بالعبور 4 من خلال

قوس يحمل رمز المتغير Y وخرج العبور المؤهل يرتبط بمكان خرج PM من خلال قوس يحمل التابع $Real.min(x,y)$. عند قدح العبور تزول العلامات من مكاني الدخل ويقوم التابع باختيار القيمة الصغرى من بين العلامتين وتسد إلى مكان الخرج كما هو موضح في الجزء السفلي من الشكل (6.6) ويتم في هذا الجزء من المحاكاة إضافة تعريف المتغيرات $Y,Z: REAL$; على أنها من النمط الحقيقي



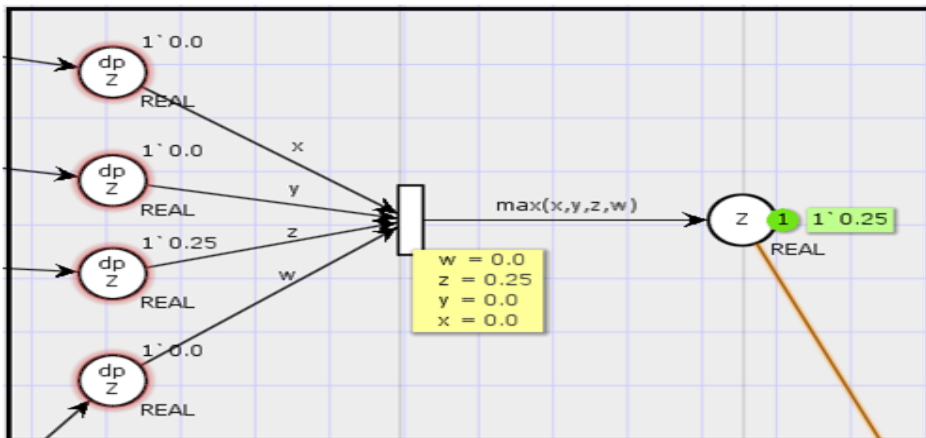
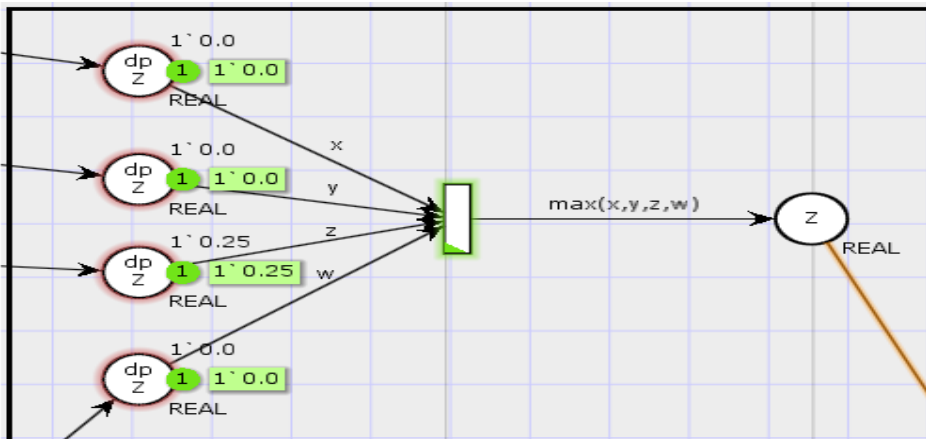
الشكل 6.6: محاكاة القواعد العائمة

• الطبقة الرابعة: مرحلة العبورات التجميعية

يبين الشكل (7.6) جزء من مرحلة العبورات التجميعية وفيها عبور وحيد يرتبط بأربع أماكن دخل في كل مكان علامة واحدة وعبور مؤهل، مهمة هذا العبور هو اختيار القيمة العظمى المتوفرة في أماكن الدخل وإسنادها إلى مكان الخرج عند قدح العبور. يجب إضافة متغيرين جديدين W,Z والتابع $fun \max A(x,y,z,w)$ والمعرف كالتالي:


```

Var x,y,z,w:REAL;
Fun max(x,y,z,w) =
Real.max(Real.max(x,y),Real.mzx(z,w))
    
```



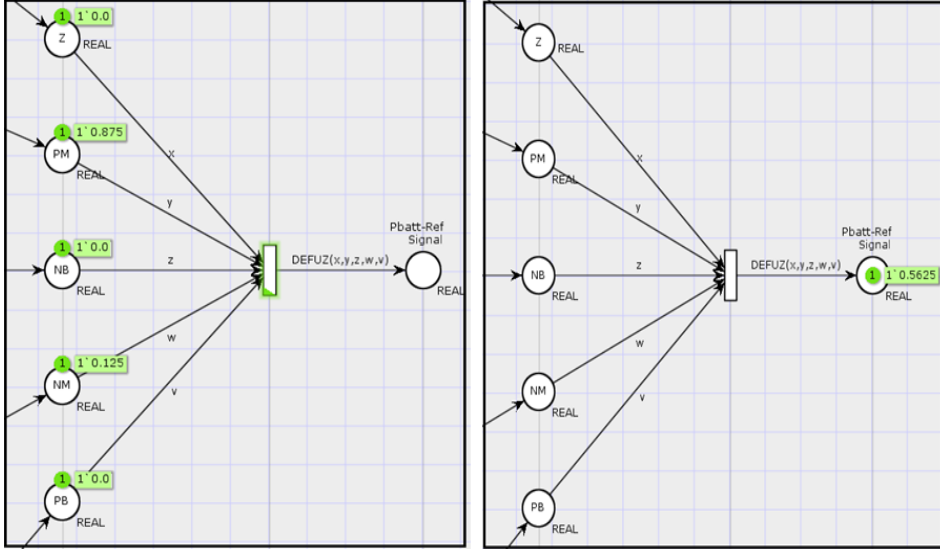
الشكل 7.6: جزء من محاكاة مرحلة العبوات التجميعية في شبكة بتري العامة

• الطبقة الخامسة: مرحلة فك التعويم

يبين الشكل 8.6 نموذج شبكة بتري لمرحلة فك التعويم، حيث يتم اسناد تابع ينفذ عملية فك التعويم fun DEFUZ (x,y,z,w,v) إلى خرج العبور بالاعتماد على

طريقة مركز المساحة لتحديد نقطة التشغيل الأعظمي. نضيف الجزء البرمجي التالي إلى منطقة التعريفات.

$$\text{fun DEFUZ (x,y,z,w,v) = (1)*z)+(1*w)+\sim((0.0*x)+(0.5*y)+((0.5)*v))/(x+y+z+w+v)\sim (($$



الشكل 7.6: نموذج شبكة بطري لمرحلة فك التعويم

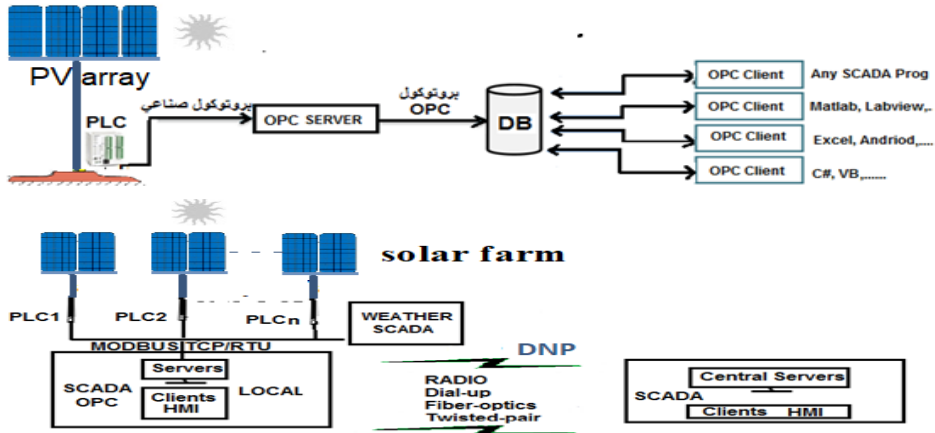
النتيجة: نلاحظ أن الخرج الموافق P batt-ref لقيمة حالة شحن البطارية اللازمة هي 0.5625 وهي قريبة للقيمة المفروضة 0.55 والتي توافق نقطة التشغيل الأعظمي لإستمرارية التغذية وتعويض النقص في الحمل الكهربائي . وقيم الاستطاعة Pbat LOW, MED, HIGH تتعلق بقيم الجهود والتيارات المقاسة بالدخل. والمتحكم الإشرافي مؤلف من عدة متحكمات معتمدة على بطري العائمة FPN و مهمتها اتخاذ القرار بالاستطاعة التي يجب أن تقدمها اللواقط الكهروضوئية والمدخرات بنفس الطريقة المشروحة بالمرحل الخمسة والموافقة للشكل 6.2-a .

❖ أهمية بروتوكولات الـ OPC و الـ DNP3

إن أغلب استخدامات بروتوكول الـ OPC تكون بغرض السماح لبرمجيات المراقبة والتحكم SCADA بالنفاذ إلى بيانات المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLCs وأمثالها، سنقوم هنا بتوضيح الاعدادات اللازمة لتوظيف بروتوكول الـ OPC بشقيه المخدم والزيون في تطبيق المزرعة الكهروضوئية.

سنستخدم في هذا التطبيق العملي الـ OPC الكلاسيكي نظرا لانتشاره الكبير واستحواذه على أغلب منتجات سوق الأتمتة وذلك بالرغم من صدور نسخة الجيل الثاني من البروتوكول (OPC-UA).

لبدء مشروع تحكم يربط بين متحكم منطقي ما وبرمجية تحكم ومراقبة SCADA باستخدام بروتوكول الـ OPC يلزم شقين من العمل، الأول عتادي عملي والآخر برمجي. الشكل 8.6 يبين البنية العامة التي لنظام SCADA-OPC. في البداية وبشكل مختصر، فإن وظيفة الـ OPC Server تنحصر في مخاطبة المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLCn بهدف القراءة منه والكتابة فيه، حيث يقوم بالاتصال بالمتحكم وفقا لبروتوكول محدد يفهمه المتحكم ويجعل البيانات التي قام بجمعها متاحة لأي OPC Client متصل معه. [18]



الشكل 8.6: البنية العامة التي لنظام SCADA-OPC

يقوم OPC Client بتحديد المخدم المطلوب ومن ثم ينشأ اتصال معه، فيستطيع عندها الزبون الاطلاع على جميع البيانات المُعرّفة ضمن المخدم وتحديد أي من هذه البيانات مطلوبة له ليُعرفها كمتحولات ضمن بنيته البرمجية (تضمن عناصر المخدم ضمن الزبون).

بعد نجاح الاتصال بينهما، يقوم الزبون بالإرسال إلى المخدم طالبا تحديث البيانات التي قام باختيارها، يُصطلح على تسمية هذه البيانات بالعناصر Items، ليقوم المخدم عند استقبال الطلب من الزبون بالاستجابة له وتحديث البيانات التي طلبها وفقاً لقيم كان المخدم قد قام مسبقاً بتحصيلها من المتحكم المنطقي. يقوم الزبون بعدها بعرض البيانات المُحدّثة للمستخدم بأي شكل يريده (شكل رسومي Graphics - على شكل إنذارات Alarms - على شكل منحنيات بيانية Trends... الخ) ويمكنه أيضاً تخزينها للاستفادة منها لاحقاً (SCADA-OPC Historical Data Access). من الجدير بالذكر أنه لا يمكن للـ OPC Client أن يطلب بيانات غير مُعرّفة مسبقاً ضمن الـ OPC Server. يتبادل الـ OPC Client البيانات مع الـ OPC Server وفق معيار الـ OPC، أما الـ OPC Server فهو يخاطب المتحكم المنطقي وفق بروتوكول صناعي Industrial Protocol يدعمه المتحكم مثل (CAN، Modbus، PROFI Bus.....). [18]



➤ اختبار أداء بروتوكول الـ OPC لعدة محطات كهروضوئية

لتقييم أداء الـ OPC في لمزرعة كهروضوئية، تم برمجة خمس حواسيب مخدم متصلة مع PLC/Delta لنقوم بمراقبة 3 محطات كهروضوئية، وحاسب Master. الشكل () يبين واجهة اختبار أداء بروتوكول الـ OPC والأزرنة اللازمة للاتصال مع عناصر المخدمات:

5- لحساب الزمن اللازم لقراءة عناصر المخدم

1- اختيار موضع المخدم.

2- اختيار مخدم الـ OPC الذي ترغب بالاتصال معه.

3- إنشاء زيون الـ OPC وتجهيز الاتصال مع المخدم واختياره. Insert items in the table are completed.

4- البحث عن جميع عناصر المخدم وإضافتها.

Calculate reading time

0.00 msec

Calc

Search for items

	Tag Name	Quality	Active	Value	Access	Data Type
1	port.delta.Group01.A00	Good: Non-specific	on	-39	read/write	int16
2	port.delta.Group01.A01	Good: Non-specific	on	-39	read/write	int16
3	port.delta.Group01.A02	Good: Non-specific	on	-39	read/write	int16
4	port.delta.Group01.A03	Good: Non-specific	on	-39	read/write	int16
5	port.delta.Group01.A04	Good: Non-specific	on	-39	read/write	int16
6	port.delta.Group01.A05	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
7	port.delta.Group01.A06	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
8	port.delta.Group01.A07	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
9	port.delta.Group01.A08	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
10	port.delta.Group01.A09	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
11	port.delta.Group01.A10	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
12	port.delta.Group01.A11	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
13	port.delta.Group01.A12	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
14	port.delta.Group01.A13	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
15	port.delta.Group01.A14	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
16	port.delta.Group01.A15	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16
17	port.delta.Group01.A16	Good: Non-specific	on	39	read/write	int16

Timeout: 10

Delete OPC Client

items number: 108

يعمل بروتوكول الـ OPC DA وفق بنية المخدم/زيون. تقوم هذه الواجهة بوظيفتين في آن واحد، الأولى تقوم بدور زيون OPC حيث تستطيع أن تتصل مع أي

مخدم مُنصَّب على حاسب محلي موصول مع PLC محلي أو بعيد ، والثانية تُمثل أداة لتقييم أداء بروتوكول الـ OPC. وقد تم بناء أداة الاختبار بحيث تراعي المتطلبات التالية:

1. إمكانية الاتصال مع المخدمات المحلية Local أو البعيدة Remote.
 2. إمكانية الاطلاع على جميع العناصر التي تم جلبها من المخدم.
 3. إمكانية تغيير زمن انتظار الزبون للمخدم ليستجيب لطلبه في إنشاء الاتصال.
- يحتوي هذا الجزء البرمجي على كافة المعلومات عن عناصر مخدم الـ OPC. والعناصر هي القيم المراد قراءتها أو كتابتها في المتحكم PLC، يطلق عليها البعض اسم المتحولات Tags. كل عنصر Item يحوي على عدة معاملات ومعرفات تميزه وتبين حالته فكل متحول يحدد معرف العنصر أو اسمه Item ID ، نوع البيانات Data Type، قيمة العنصر Item Value ، جودة العنصر Item Quality و زمن التحديث Item Time Stamp. تبين النتائج في الجدول 1.6 أداء بروتوكول الـ OPC في بيئة موزعة لبروتوكول الـ OPC لثلاث محطات مع أثر زيادة عدد المتحولات على زمن الذي يحتاجه المخدم لتلبية طلبات المحطات. وقد لوحظ أن عدد المحطات في حالة 4000 متحول وما دون لا يؤثر بشكل ملحوظ على أداء الشبكة الصناعية، أما في حال عدد المتحولات أصبح أكثر من 4000 متحول فهذا ينتج عنه زيادة في الزمن المستغرق وبالتالي بطء عام في الشبكة الصناعية للمزرعة الكهروضوئية.

جدول خطأ! لا يوجد نص من النمط المعين في المستند.-1 : أداء بروتوكول

الـ OPC على ثلاث محطات

Remote PCs			
Variable Numb	محطة وحيدة	محطتان	ثلاث محطات
1	1.90 ms	2.12 ms	2.30 ms
100	4.10 ms	4.80 ms	4.90 ms
1000	24.90 ms	25.52 ms	25.80 ms
4000	89.35 ms	95.20 ms	105.65 ms
9000	195.55 ms	225.23 ms	275.25 ms

❖ النتائج ومناقشتها

أنشأنا محاكاة لمزرعة شمسية باستخدام Fuzzy System Designer لصياغة المتحكم الإشرافي العائم لإدارة اللواقط الكهروضوئية والمدخرات. وقد تم استخدام CPNTools كأداة بحث رسومية رياضية لنمذجة وتحليل السلوك الديناميكي لنظام المزرعة الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

حيث قمنا بدمج متحكم إشرافي سكاذا (SCADA Supervisory Control And Data Acquisition) باستخدام شبكات بيتري العائمة FPN مع بروتوكول اتصال المنصة المفتوحة (Open Platform Communication) OPC (ليؤمن الإدارة المثلى لمحطة توليد الطاقة الكهروضوئية، حيث ربطت وحداته الفرعية RTUs مع الوحدة الأساسية Master عبر روابط الاتصالات الموزعة بعيدة المدى DNP (Distributed Network Protocol) من أجل زيادة الموثوقية ضد البيئات الصاخبة وتداخل الإشارات.

وأظهرت النتائج كذلك ان استخدام شبكات بتري العائمة تساعد على إنشاء وتحليل ومراقبة حالات شحن المدخرات ونقطة التشغيل العظمى للواقط الكهروضوئية من خلال الشبكة الرسومية المؤلفة من أماكن وانتقالات مرئية كما هو موضح في الأشكال (6-1,2,3,4,5,6,7) لضمان استمرارية تغذية الشبكة الكهربائية. وأظهرت أيضاً نتائج المحاكاة أن النموذج الرياضي المقترح والمحاكي للواقط الكهروضوئية يعطي نتائج دقيقة جداً، مما يمكن من اعتماده في أبحاث الطاقة الكهروضوئية.

نستج أيضاً أن إنشاء وبرمجة OPC Server يتطلب دراية ببنية البروتوكول الذي يعمل عليه المتحكم وامتلاك صلاحية النفاذ إليه ومعرفة بمواقع الذاكرة فيه، وهو أمر غير متاح غالباً، لذلك نجد أن أغلب مزودي OPC Server هم ذات الشركات المصنعة للمتحكمات، وهو أيضاً سبب في كون الـ OPC Server غير متوفر بشكل مجاني. والبرنامج الذي لدينا يعمل لوقت محدد.

❖ الآفاق المستقبلية

- في هذا البحث تم إجراء اختبارات الأداء على بروتوكول OPC النافذ إلى البيانات (OPC DA) كونه هو السائد حتى الآن في السوق العالمية. مستقبلاً، يمكن إجراء اختبارات مشابهة للاختبارات التي تم إجراؤها في هذه الدراسة لكن على إصدار الجيل الثاني من بروتوكول الـ OPC وهو OPC UA. والذي يتميز بالخصائص الأتية: منصة الاتصال مستقلة عن نوع نظام التشغيل، قابلية التوسع والأداء العالي أثناء الاتصال، دعم الإنترنت والجدران النارية، الأمان وإمكانية التحكم بالوصول، إمكانية العمل والتشغيل بين الشركات المختلفة، إمكانية بناء الـ OPC UA باستخدام لغات برمجية متعددة منها (ANSI C، Java، NET)، مخدم الـ OPC UA يمكن له وفق البنية الجديدة أن يكون متضمن داخل المتحكم وهي ميزة أعطت مرونة كبيرة للمعيار، يدعم أيضاً اتصال آلة بآلة Machine To Machine بمعنى أنه يسمح بالاتصال المباشر بين المكونات الصناعية مع البرمجيات من أجل تحصيل البيانات والتحكم.
- تم تطوير نموذج شبكة بتري عالية المستوى بخمس طبقات نقترح أن يتم البحث عن إمكانية إلغاء طبقة مضاعفة الأماكن، أو اختصار عدد الأماكن في طبقة تحقيق القواعد، لما له من انعكاس كبير على حجم شبكة بتري، والذي يؤدي إلى زيادة سهولة تصميم ومراجعة تحقيق شبكة بتري.
- يعتمد أداء اللواقط الكهروضوئية على الظروف المناخية، لذلك نقترح أن يتم تطوير المتحكم الإشرافي ليتضمن خوارزميات تتعلق بالتنبؤ المستقبلي لتغيرات مردود الطاقة الضوئية بما يحسن من أداء المتحكم الإشرافي.

المراجع العلمية

- [1] Schneider Electric, March 2012- "Telemetry & Remote SCADA Solutions". White paper. SCADA Systems.
- [2] Kangal Hikmet, Master thesis 2008- "Photovoltaic System Analysis and LabVIEW Based MPPT Simulation" Institute of Science and Technology, Gazi University.
- [3] Kurt. J, Lars .M. K, 2009- "Colored Petri Net". Thesis, Springer.
- [4] <http://www.cs.au.dk/CPNTools>, "CPN Tools" homepage. [Online]. The site visit took place in April 2022
- [5] Uzunoglu, O.C. Onar, and M.S. Alam, 2009- "Modeling, Control and Simulation of a PV/ UC Based Hybrid Power Generation System for Stand-alone Applications" Renewable Energy, pp. 509–520.
- [6] Caisheng Wang, 2006- "Modeling And Control Of Hybrid Wind/Photovoltaic/Fuel Cell Distributed Generation System," Montana State University, Montana, PhD Th.
- [7] Amin Hajizadeh. A, Golkar. M. G, 2007- "Intelligent Power Management Strategy of Hybrid Distributed Generation System," Electrical Power and Energy Systems, pp. 783 – 795.
- [8] Seung Jun Lee and and Poong Hyun Seong, May 2004- "Development of Automated Operating Procedure System Using Fuzzy Colored Petri Nets for Nuclear Power Plants," Annals of Nuclear Energy, vol. 31, pp. 849-869.
- [9] Xu. L, Kezunovic. M, November 2006 – "Implementing Fuzzy Reasoning Petri-nets for Fault Section Estimation". IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.1, No1.
- [10] Hernández. M, 2007- "Hierarchical Control OF Hybrid Power Systems". University Of Puerto Rico, Mayaguez Campus, Ms.c Thesis.
- [11] Voutetakis. Spyros, Chrysovalantou. Z, Dimitris Ipsakis. D, 2009- "On Line Energy Management Strategy of an Off-Grid Hybrid Power Generation System". International journal of hydrogen energy 34 (16), 7081-7095
- [12] Thana. F. Al-Shatter. M. N, Eskander.N.M, Mohsen T. El-Hagry.M. T, 2006- "Energy Flow and Management of a Hybrid Wind/PV/Fuel Cell Generation System". Energy Conversion and Management, vol. 47, pp. 1264-1280.
- [13] STUART. B, 2004- "Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)" Instrument Society of America, Research Triangle, NC Systems.
- [14] Jeffery L. Gray, 2003- "The Physics of the Solar Cell," in Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd, pp. 61-112.
- [15] Volker Quaschnig, 2005- "Understanding Renewable Energy Systems". London: EARTHSCAN,
- [16] Andrew S. Golder, 2006- "Photovoltaic Generator Modeling for Large Scale Distribution System Studies," Drexel University, Master Theses.

- [17] ATASSI. M, 2015- "**SCADA- OPC- FPN-Micro**" - . Al-Baath University. Mechatronics Dept. FMEE
- [18] ATASSI. M 2016- "**Large-scale control**". Damascus Universities. Masters. Computer & automation Dept. FMEE.
- [19] Zarour. O, 2018- "**Study a Hybrid Industrial Network Using OPC Protocol**" Master in control and automation engineering. Damascus Universities.
- [20] Ayman Idris, Jabr Romhain, and Monzer Alqaderi, 2012"**LabVIEW-Based Photovoltaic Module Modelling and Simulation.**" Damascus University Journal, vol. 28, no. 2, pp. 111-121, Arabic Language.
- [21] Kangal Hikmet, 2008."**Photovoltaic System Analysis and LabVIEW Based MPPT Simulation.**" Institute of Science and Technology, Gazi University, Master thesis
- [22] S Jalali Zand, KH Hsia, N Eskandarian, S Mobayen , 2021 "**Improvement of Self-Predictive Incremental Conductance Algorithm with the Ability to Detect**" Dynamic Conditions. Academic Editor: Luigi Costanzo.
- [23] D Verma, S Nema, R Agrawal, Y Sawle, A Kumar - 2022. "**A Different Approach for Maximum Power Point Tracking (MPPT) Using Impedance Matching through Non-Isolated DC-DC Converters in Solar Photovoltaic Systems**" Academic Editor: Carlos Andrés García-Vázquez
- [24] CODECRUCKS · 2021. '**Center of Largest Area (CoA) method for defuzzification**' Fuzzy Logic .The site visit took place in August 2022

تغيير المحتوى الرقمي باستخدام

خوارزميات التعلم العميق

*دعاء مهنا *نورا كويس

الملخص

تعتمد تقنية التزييف العميق (Deepfake) على استبدال صورة وجه شخص بوجه شخص آخر مستهدف، أو استبدال صوت شخص بصوت شخص آخر مستهدف، لتبدو مقاطع الوسائط المرئية أو الصوتية المزيفة حقيقية، وعلى الرغم من أهمية هذه التقنية إلا أن تملك أضرار كبيرة تتمثل بالسماح باستغلال هذه التقنيات لصنع محتويات غير صحيحة تؤدي الى خلق مشاكل أمنية و اجتماعية.

الهدف من البحث هو العمل على وضع تقنية للحصول على مقاطع مرئية مزيفة من خلال استخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية والعمل على تدريب مجموعة من خوارزميات الذكاء الصناعي لاستخلاص الوجوه بأعلى دقة ممكنة ثم توليد الصور المزيفة وإجراء الاستبدال المطلوب بشكل يتناسب مع الشكل العام للهدف المراد تزييفه حتى يبدو حقيقياً بالكامل.

يقدم البحث منهجية علمية مقترحة للحصول على مقطع مرئي غير حقيقي بهدف إيضاح كيفية الحصول على هذا النوع من التزييف، وقد اعتمدت هذه المنهجية على:

- ✓ الرؤية الحاسوبية من خلال مكتبة opencv لمعالجة الصور.
- ✓ الشبكة العصبونية الالتفافية متعددة المهام MTCNN لاستخراج الوجوه.
- ✓ الشبكة العصبونية التنافسية التوليدية GNA لتوليد الصور بالملاح المزيفة.
- ✓ خوارزمية تقدير معالم الوجوه لإجراء عملية الدمج والاستبدال .

الكلمات المفتاحية: التزييف العميق، الشبكة العصبونية الالتفافية متعددة المهام ، الشبكة العصبونية التنافسية التوليدية، خوارزمية تقدير معالم الوجوه ، الرؤية الحاسوبية ، الذكاء الصناعي.

*ماجستير في قسم تكنولوجيا المعلومات-كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات-جامعة طرطوس-

طرطوس-سوريا

**ماجستير في قسم تكنولوجيا الاتصالات-كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات-جامعة طرطوس-

طرطوس-سوريا

Changing digital content using deep learning algorithms

*D'uaa mhnaa

**Noura kuays

□ ABSTRACT □

Deepfake technology relies on replacing the image of a person's face with the face of another targeted person, or replacing a person's voice with the voice of another targeted person, so that the fake audio or video clips appear real, although the deepfake technology is important, it has great damage represented by allowing the exploitation of this Techniques to create incorrect content creating security and social problems.

This search aims to work on developing a technique to obtain fake video clips by using computer vision techniques and training a set of artificial intelligence algorithms to extract faces with the highest possible accuracy and then generate the fake images and perform the required replacement in a manner commensurate with the general shape of the target to be faked so that it appears real fully.

The research presents a proposed scientific methodology to ontain an unreal video clip in order to clarify how to obtain this type of forgery. This methodology relied on:

- ✓ image processing by Computer vision through the opencv library.
- ✓ extract face by Multitasking Convolutional Neural Network (MTCNN)
- ✓ Generative Competitive Neural Network (GNA) to generate images with fake features.
- ✓ Algorithm for estimating the features of faces to perform the process of merging and replacement.

Keywords: deepfake, multitasking convolutional neural network, generative competitive neural network, face feature estimation algorithm, computer vision, artificial intelligence.

*Postgraduate ٭ Department of Information Technology, Faculty of Information and Communication Technology, University of Tartous, Syria

**Postgraduate ٭ Department of Communication Technology, Faculty of Information and Communication Technology, University of Tartous, Syria

1-المقدمة

يعتبر التزييف العميق المصطلح الأكثر شيوعاً للإشارة إلى أنظمة الذكاء الاصطناعي التي تعتمد على إنشاء مقاطع صوت وفيديو غير حقيقية، يتضمن هذا المصطلح إنشاء محتوى مزيف بالاعتماد على تقنيات التعلم العميق وهذا المحتوى لا أساس له من الصحة رغم أنه يبدو واقعياً ومقنعاً جداً.

لم تكن الخوارزميات سابقاً ضمن مجال الذكاء الصناعي قادرة على إنشاء محتوى حيث كانت مجرد أدوات بسيطة يقتصر دورها على تحليل البيانات وتعلمها، لكن التطور الكبير الذي شهدته التكنولوجيا في عام 2014 أدى إلى تطوير تقنية معقدة قائمة على التعلم العميق أطلق عليها اسم الشبكات التوليدية التنافسية "Generative Adversarial Networks" تتعلم من مقاطع الصوت والفيديو ثم تقوم بإنشاء مقاطع مماثلة وقد أتاح هذا التقدم لأنظمة الذكاء الاصطناعي إنتاج بيانات جديدة (بيانات غير حقيقية) [4].

يتم تصنيف المحتوى المزيف إلى فئتين أساسيتين [5] :

✓ التزييف السطحي Shallowfakes:

هو طريقة لمعالجة محتوى الوسائط دون استخدام أساليب التعلم الآلي والأنظمة الحاسوبية بحيث لا تتضمن هذه التقنية استخدام أنظمة التعلم العميق وفي المقابل يتم تطبيق برنامج لتحرير وتعديل محتوى الوسائط بشكل يدوي ويتضمن هذا النوع من التزييف:

1. مقاطع فيديو ذات حركة بطيئة: بحيث يتم استخدام برنامج يعمل على إبطاء سرعة الكلام دون تغيير طبقة الصوت، ويقصد من ذلك الإشارة إلى وجود خلل في الشخص المستهدف من خلال الفيديو أو التشديد على كلمات معينة أو نبرة الصوت لتزييف وجهات نظر محددة ولترك انطباعاً خاطئاً لدى الجمهور.

2. تغيير التواريخ والمواقع: التلاعب بالتواريخ والمواقع لتظهر مقاطع الفيديو على أنها حديثة وفي أماكن مختلفة، مما يؤدي إلى انتشار أخبار كاذبة تضر بسلامة المجتمع والأفراد.

✓ التزييف العميق Deepfakes:

وهو عملية تتم تلقائياً بالاعتماد على خوارزميات التعلم العميق والتي يجري فيها استبدال محتوى الوسائط من خلال تدريب هذه الخوارزميات على الصور المستخرجة من شبكات منفصلة ثم إعادة بناء المحتوى المزيف المطلوب

ترتبط الاستخدامات الأكثر شيوعاً لتقنية «التزييف العميق» بما يلي [2]:

❖ المحتوى المرئي: ويقصد بذلك استخدام تقنية التزييف العميق في إنشاء الصور ومقاطع الفيديو وتتضمن:

✓ تبديل الوجه باستخدام خوارزميات التشفير وفك التشفير Encoder/Decoder لتركيبة الخريطة الرقمية Digital Map لوجه شخص معين على وجه شخص آخر.

تعمل خوارزمية التشفير على استخدام آلاف الصور لدراسة ملامح الوجه لدى شخصين مختلفين ثم اكتشاف أوجه التشابه بينها واختصارها إلى ميزات مشتركة ثم ضغط الصور، وبعد ذلك يتم تدريب خوارزمية فك التشفير على كيفية استعادة الوجوه من الصور المضغوطة.

وبما أن الوجهين مختلفان تتم برمجة الخوارزمية الأولى لاستعادة وجه الشخص الثاني، ولتبادل الوجهين يتم تزويد خوارزمية فك التشفير Decoder Algorithm ببيانات الصور المشفرة الخاصة بالوجه الآخر

✓ التلاعب بالوجه الذي يتضمن تعديل تعابيره ومزامنة الشفاه باستخدام الشبكات التوليدية التنافسية.

تستخدم هذه الطريقة الشبكة التوليدية التنافسية (GAN) وتتضمن الخوارزمية التوليدية والتي يتم فيها إدخال بيانات عشوائية لتحويلها إلى صورة، ثم تضاف هذه الصورة المصطنعة ضمن سلسلة من الصور الحقيقية ثم يتم إدخالها في الخوارزمية الثانية المعروفة باسم خوارزمية التمييز " Discriminator" ومع بدء العملية لا تبدو الصور التي يتم إنتاجها على أنها صور وجوه، إلا أن تكرار العملية عدة مرات وإجراء التعديلات يؤدي إلى تحسين أداء خوارزمتي التمييز " Discriminator " والتوليد "Generator" وبعد تنفيذ عدد كاف من الدورات والملاحظات تبدأ الخوارزمية في إنتاج وجوه واقعية تماما لأشخاص غير حقيقيين.

❖ المحتوى الصوتي: يقصد به بشكل رئيسي تركيب الصوت وتعديله إما عن طريق إنشاء ملف صوتي يتضمن حديثاً مزيفاً بنفس صوت الشخص المحدد، أو عن طريق التحكم بنبرة صوت الشخص لإظهار شعور أو سلوك غير حقيقي.

في هذه البحث تم العمل على:

- ❖ استخراج الصور من الفيديو المصدر والهدف
- ❖ استخلاص الوجوه مع المحاذاة
- ❖ تدريب الشبكة العصبونية
- ❖ دمج وجه المصدر مع صور الهدف
- ❖ عرض النتيجة

2- أهمية البحث وأهدافه

يعمل التزييف العميق على جمع ملفات الصوت والفيديو بواسطة تقنيات ذكاء التعلم الاصطناعي بشكل دقيق، وتتضمن مجالات التزييف العميق تبديل الوجوه بمعنى استبدال وجه شخص بآخر و تزامن تحريك الشفاه إذ يمكن ضبط فم المتحدث على ملف صوتي مختلف عن الصوت الأصلي من أجل استخدامه لقول أشياء أخرى، وبما أن التزييف العميق صعب الاكتشاف يمكن استخدامه لإحداث تأثيرات سياسية واقتصادية ودينية واجتماعية تؤثر على ثقة الجمهور بمصادر المعلومات المختلفة الخاصة بالفيديو بالإضافة الى إمكانية انتحال هوية أشخاص آخرين بهدف التشويه أو التزوير أو الاختلاس أو الابتزاز، وانطلاقاً من هذا يهدف البحث الى إظهار كيفية الحصول على الصور (المصدر والهدف) من مقاطع الفيديو وآلية استخلاص ميزات الوجه من هذه الصور ثم إبراز كيفية استخدام الشبكة التوليدية التنافسية (GAN) لتوليد الصور المزيفة بالاعتماد على الخوارزميتين التي تتضمنهما الشبكة واللتان تعملان بآلية متعاكسة للحصول على أكثر دقة ممكنة ثم إجراء عملية الاستبدال وللحصول على المحتوى الجديد(المزيف) .

3- طرائق البحث ومواده

أنجز هذا البحث للمساهمة في إيضاح كيفية الحصول على محتوى مزيف لمقطع فيديو بالاعتماد على عكس الصورة الهدف بالصورة المصدر وفق التالي:

- ❖ استخراج الصور من الفيديو الهدف والمصدر ثم العمل على استخلاص الوجوه.
- ❖ تدريب الشبكة العصبونية التوليدية التنافسية (GAN) للحصول على الوجه المزيف بأعلى دقة ممكنة.

❖ الاعتماد على مفهوم الرؤية الحاسوبية و خوارزمية تقدير معالم الوجه لأجراء عملية الاستبدال وعرض المقاطع الجديدة.

هذا المنهج نُفذ باستخدام المحاكاة الحاسوبية من خلال:

❖ برنامج Anaconda ومن خلاله تم العمل على برنامج Pycharm لتوفيره بعض المكتبات المهمة لبحثنا في مثل مكتبة keras.

❖ تم الاعتماد برمجياً على لغة البايثون Python الإصدار 3.6 بسبب احتوائها على المكتبات الداعمة لمعالجة الفيديو والصور مثل CV2 ، وهي مكتبة ضرورية ورائدة في مجال الرؤية الحاسوبية والتي تتضمن التعرف على الوجوه، التعرف على الأشياء، تصنيف الحركات البشرية، تتبع الحركة، أتمتة المراقبة والإشراف والعديد من الاستخدامات الأخرى

❖ مقطعي فيديو الأول للهدف المراد التزييف عليه وهو لرجل الأعمال الكندي Elon Musk ومدته 54 ثانية والثاني للمصدر المراد تزييفه وهو للممثل والمنتج الأمريكي Robert Downey Jr ومدته 27 ثانية .

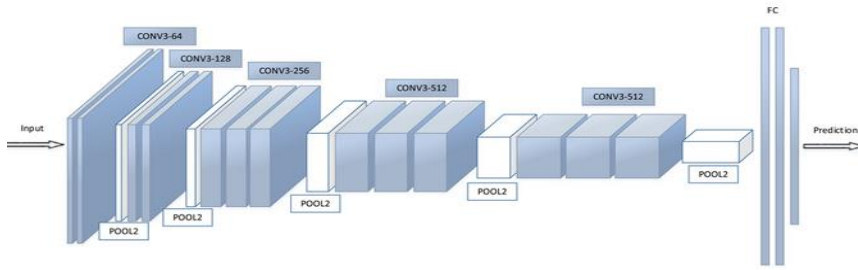
3-1 استخراج الصور:

تعد الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) إحدى مجالات علوم الحاسب، تهدف إلى بناء تطبيقات ذكية قادرة على فهم محتوى الصور ، حيث من الممكن أن تأخذ الصور عدّة أشكال كالصور المتعاقبة (فيديو)، مشاهد من عدّة كاميرات، بيانات ذات عدّة أبعاد مأخوذة من جهاز تصوير طبي، وفقاً لذلك علم الرؤية الحاسوبية يدرس ويصف أنظمة الرؤية الصناعية التي يتم تنفيذها في البرامج أو الأجهزة، وتعدّ الرؤية الحاسوبية أحد أفرع علم الذكاء الاصطناعي الذي يهدف إلى محاكاة القدرات البشرية الذكية والتي تتضمن التعرف على الأشياء وتعد من المهام

الأساسية ضمن مفهوم الرؤية بالحاسب والتي تعتمد على تحديد وتعريف هذه الأشياء سواءً كانت هذه الأشياء ضمن صور أو الفيديو [9]

2-3 الشبكات العصبونية الالتفافية CNN:

تعمل هذه الشبكة الموضحة في الشكل (1) مع الصور ضمن مجال التعلم العميق [6]، بحيث يكون دخل الشبكة العصبونية هي عبارة عن صور أو بشكل أكثر تحديد مصفوفة ثلاثية الأبعاد، وتتألف هذه الشبكات من سلسلة من الطبقات والتي تتعلم استخراج السمات المميزة من أي صورة .



الشكل (1) الشبكة العصبونية الالتفافية

❖ **طبقة التفافية (CONV):** تعتبر الأساس في هذا النوع من الشبكات العصبية ، والتي تقوم بتطبيق سلسلة من مرشحات الصور (filters) المختلفة على الصورة المدخلة، وهذه المرشحات تستخرج سمات مختلفة من الصورة مثل حواف الأجسام والزوايا والتدرجات اللونية، وبينما تتدرب شبكات الطبقة الالتفافية العصبية فهي تقوم بتحديث الأوزان ضمن هذه الطبقة باستخدام الانتشار العكسي (backpropagation) وهذه الأوزان بدورها تحدد نوعية مرشح الصورة، والنتيجة النهائي هو مُصنّف (classifier) يتألف من العديد من الطبقات الالتفافية والتي بدورها تعلمت كيفية ترشيح الصورة لاستخراج السمات (features) المهمة منها.

❖ **طبقة التجميع (pool):** تعد هذه الطبقات اختيارية في تصميم الشبكة، وفي حال وجودها سيكون موقعها بعد كل طبقة من الطبقات الالتفافية وتهدف إلى تخفيض عدد العينات أو العصبونات حيث ستقوم باختصار كل مجموعة من عصبونات الدخل بحجم معين إلى عصبون واحد، ويحدد هذا الحجم ضمن تصميم الشبكة وتكون قيمته المثلى 2×2 لأن تكبيرها قد يؤدي إلى ضياع في المعلومات ويتم التخفيض بعدة طرق منها:

- القيمة العليا المشتركة (max pooling): تأخذ القيمة الأعلى بينها.

- المعدل المشترك (average pooling): تأخذ معدل جميع القيم

❖ **طبقة الاتصال الكامل (FC):** بعد عدة طبقات من النوعين السابقين تأتي هذه الطبقات لتربط كل عصبونات الطبقة السابقة (مهما كان نوعها) وتجعلها دخل لكل عصبون فيها كما في الشبكات العصبونية العادية، لا يشترط أن تكون بعدد معين ولكن غالباً يوجد منها طبقتان متتاليتان كالتبقات الأخيرة في الشبكة إذ لا يمكن أن تأتي قبل طبقة من النوع الالتفافي ولكل طبقة من الشبكة العصبونية الالتفافية يتم حساب التالي:

$$g(WX+b) \quad (1)$$

حيث:

X: هو متجه الدخل ذو الأبعاد $[p-1, 1]$

W: هو مصفوفة الوزن ذات الأبعاد $[p-1, n-1]$ حيث $p-1$ هو عدد الخلايا العصبية في الطبقة السابقة و $n-1$ هو عدد الخلايا العصبية في الطبقة الحالية.

b: هو ناقل التحيز مع البعد $[p-1, 1]$

g: هي تابع التفعيل.

يتم تكرار هذا الحساب لكل طبقة، وبعد المرور عبر الطبقات المتصلة بالكامل، تستخدم الطبقة النهائية تابع التفعيل softmax بدلاً من (ReLU) التي يتم استخدامها للحصول على احتمالات الإدخال في فئة معينة (التصنيف). يتم حساب أبعاد طبقة الخرج بالاعتماد على طبقة الدخل وفق التالي:

$$N = \frac{W - F + 2P}{S} + 1 \quad (2)$$

حيث:

W : حجم الدخل F .

F : حجم العصبونات للطبقة الالتفافية.

P : عدد الأصفار المضافة.

N : عدد العصبونات لكل حجم معطى.

3-3 الشبكة العصبونية التوليدية التنافسية GAN

هي إحدى خوارزميات الذكاء الاصطناعي وهي قادرة على توليد النصوص والصور والصوت حيث تمثل البنية الأساسية لتطبيقات التزييف العميق [7] وتتضمن هذه الشبكة المبينة بالشكل (2):

1-3-3 المولد Generator

تتولى الشبكة التوليدية انطلاقاً من مصفوفة من الأرقام العشوائية إنشاء بيانات جديدة عبر عدد من التحويلات (وفق توزيع احتمالي محدد) أي تقوم بتحويل متجه في الفضاء الكامن إلى صورة.

المدخل إلى المولد عبارة عن متجه (Vector) وعادة ما يتم استخلاصه من التوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات، أما المخرج هو صورة بنفس حجم الصورة في بيانات التدريب الأصلية.

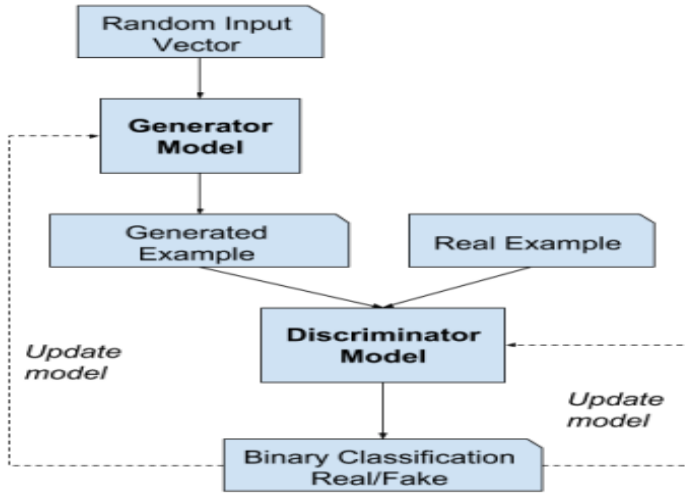
3-3-2 المميز Discriminator

يكن دور الشبكة التمييزية بالتمييز بين البيانات الحقيقية والبيانات المزيفة التي تنتجها الشبكة التوليدية أي التنبؤ بما إذا كانت الصورة حقيقية أم مزيفة و بما أنها مشكلة تصنيف صور خاضعة للإشراف من الممكن استخدام نفس بنية الطبقة الالتفافية العصبية و مع إمكانية استخدام طبقات كثيفة بدلاً من ذلك إلا أن الطبقات الالتفافية تعطي قوة تنبؤية أكبر للمميز ويطلق على هذا النوع مسمى الشبكة التوليدية التنافسية الالتفافية العميقة.

3-3-3 تدريب الشبكات التوليدية التنافسية

يتم تدريب الشبكة التوليدية التنافسية وفق التالي :

1. يتم إنشاء حزمة من البيانات المزيفة (صور) من قبل الشبكة التوليدية.
2. يتم إضافة هذه البيانات المزيفة إلى عدد مماثل من البيانات الحقيقية وعرضها على الشبكة التمييزية للتدريب لهدف زيادة قدراتها على التمييز بين البيانات الحقيقية و المزيفة.
3. يتم تدريب الشبكة التوليدية ذاتها على تحسين إنتاج البيانات المزيفة من أجل خداع الشبكة التمييزية.
4. يتم إعادة هذه الخطوات الثلاث عددا من المرات، تتحسن في كل مرة قدرة الشبكة التمييزية على التمييز بين البيانات الحقيقية و المزيفة ، وفي نفس الوقت تتحسن قدرة الشبكة التوليدية على إنتاج بيانات مشابهة للبيانات الحقيقية تستطيع خداع الشبكة التمييزية ويتم تكرار التدريب إلى أن يصبح من الصعب على أي مراقب بشري التفريق بين البيانات الحقيقية والبيانات المزيفة.



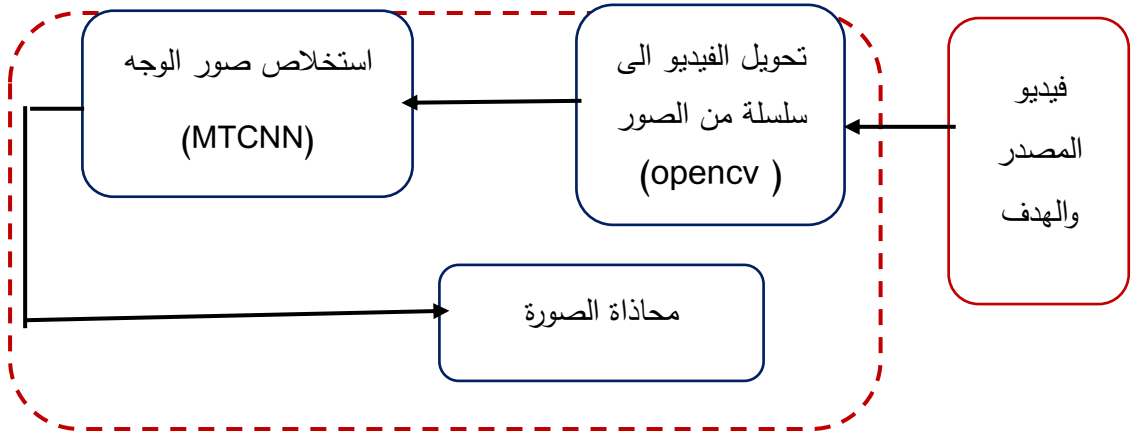
شكل(2) الشبكة العصبونية التوليدية التنافسية

4- المناقشة

نُفذ البحث بتطبيق سلسلة من الخطوات على الفيديو الهدف (الفيديو للشخص المراد التزييف عليه) و الفيديو المصدر (الفيديو للشخص المراد تزييفه) وفق مرحلتين.

المخطط التالي المبين بالشكل (3) يصف آلية التنفيذ للحصول على الوجه فقط

المرحلة الأولى: الحصول على الوجه



الشكل(3) الحصول على الوجه

ضمن هذه المرحلة يتم استقبال الفيديو و تحويله الى سلسلة من الصور بالاعتماد على مكتبة opencv ثم الحصول على الوجه باستخدام الشبكة العصبونية متعددة المهام (MTCNN) ثم جعل صورة هذا الوجه بشكل قائم.

1-4 استخراج الصور من الفيديو المصدر والهدف

يتكون الفيديو من سلسلة من الصور، والتي تسمى إطارًا (الإطار هو عبارة عن فاصل زمني ثابت يتم الحصول عليه من الفيديو) وتسمى السرعة التي يتم الحصول على الإطار بها معدل الإطارات، وعند استخراج إطارات مستقلة من الفيديو يتم استخدام طرق معالجة الصور لمعالجتها وذلك لتحقيق الغرض من معالجة الفيديو.

ضمن بحثنا تم الاعتماد على مفهوم الرؤية الحاسوبية لغرض التعامل مع الفيديو وتحويله الى سلسلة من الصور، ومعالجتها من خلال الاعتماد على مكتبة opencv التي تتضمن التتابع المؤدية لهذا الغرض.

تم استيراد وتشغيل الفيديو الهدف والمصدر بالاعتماد على التابع videocapture بالإضافة الى استخدام التابع waitkey لضبط سرعة الفيديو بقيمة 50ms والتي تم اختيارها تجريبياً.

نتيجة تطبيق هذه الخطوة تم الحصول على:

✓ عدد الإطارات للفيديو الهدف 1619.

✓ عدد الإطارات للفيديو المصدر 655.

تكمن الأهمية من هذه الخطوة في تحويل الفيديو الى مجموعة من الصور وحفظها لإتمام العمليات اللاحقة عليها.

4-2 استخلاص الوجوه مع المحاذاة:

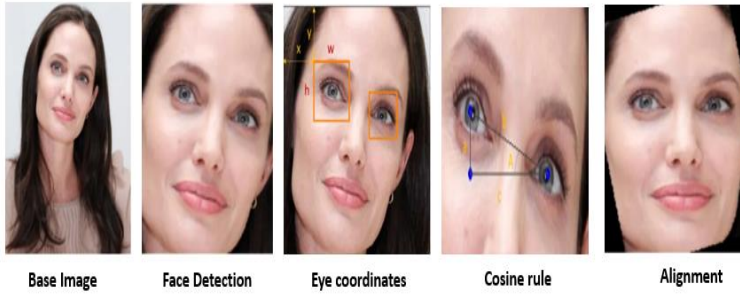
تم استخدام الشبكة العصبونية الالتفافية متعددة المهام MTCNN التي تجمع بين اكتشاف منطقة الوجه والكشف عن النقاط الرئيسية معاً والتي توفرها لغة البايثون بشكل جاهز وتتضمن الطبقات التالية [8]مع مهامها:

1. Proposal Network (P-Net) : تقوم هذه الطبقة بتحديد حجم الصورة ب $12*12$ التي تحتوي العامل البشري بالتالي تقلل من عدد الصور المدخلة اليها.
2. Refine Network(R-Net): تقوم بإجراء المزيد من الاستبعاد للصور المدخلة بحيث تحافظ على الصور الأكثر دقة.
3. Output Network(O-Net): تتعرف على منطقة الوجه تعيد نقاط التي تتضمن ملامح الوجه للشخص.

وفقاً لتطبيق شبكة MTCNN حصلنا على بارامترات الوجوه الأكثر دقة الموجودة ضمن الفيديو المصدر والهدف وقمنا بتخزينها.

❖ تم إجراء محاذاة الوجه بتدوير الصورة الأساسية بالاعتماد على موقع العينين لجعلهما أفقية باتباع الخطوات التالية:

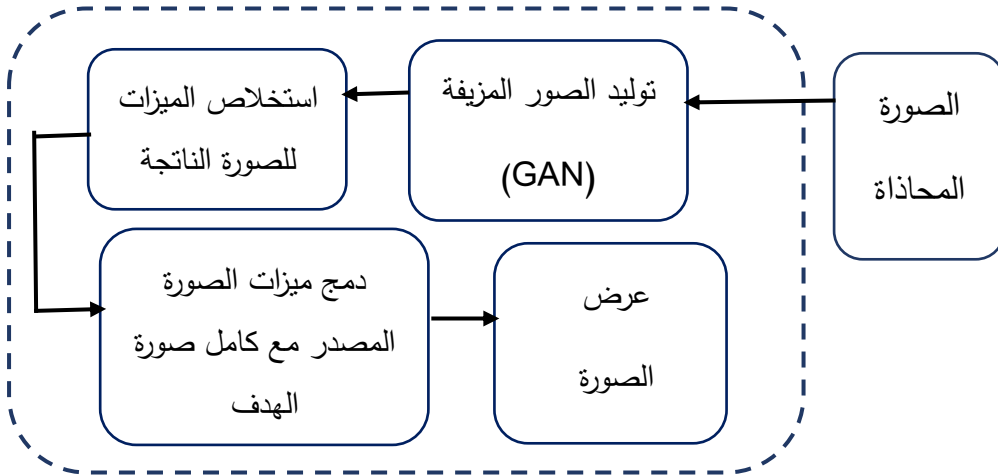
1. إذا كانت العين اليسرى أعلى من العين اليمنى يتم تدوير الوجه باتجاه عقارب الساعة والإلا بعكس اتجاه عقارب الساعة.
2. حساب طول حواف المثلث بين العينين وتدوير الوجه بالاعتماد على زاوية التجيب (COS).



الشكل (4) المحاذاة

يظهر الشكل (4) مثال لخطوات إجراء المحاذاة المقترحة ضمن البحث للوصول الى صورة قائمة وتكمن أهمية تنفيذ هذه الخطوة بالحصول على صورة الوجه المطلوب لأعلى دقة ممكنة

المرحلة الثانية: الصور المزيفة والدمج



الشكل (5) مخطط الطريقة المقترحة

3-4 تدريب الشبكة العصبونية التوليدية التنافسية GAN

يتم العمل ضمن شبكات GAN وفق تدريب كل من شبكتي المميز والمولد:

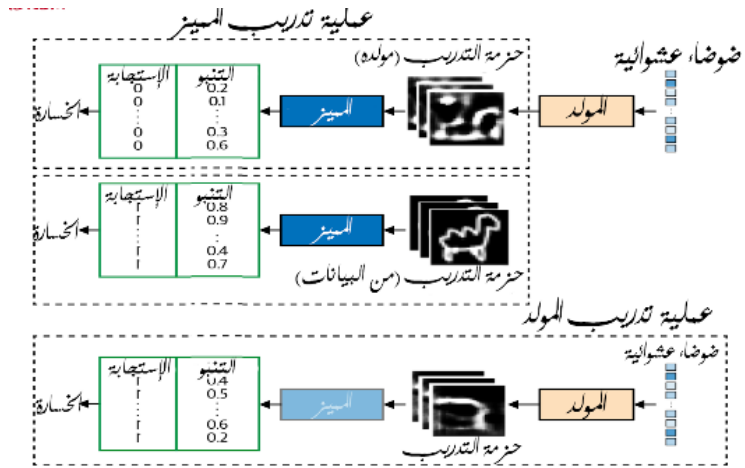
✓ يعتمد تدريب شبكة المميز ضمن بحثنا على إنشاء مجموعة تدريب والتي هي عبارة عن صور يتم اختيارها عشوائياً وصور ناتجة عن خرج شبكة المولد الحقيقية ، سيتم التعامل مع هذه الشبكة ضمن البحث على أنها خوارزمية خاضعة للإشراف بحيث ستمثل الاستجابة للصور الحقيقية بالقيمة 1 و للصور التي تم إنشاؤها (المزيفة) بالقيمة 0.

✓ ضمن البحث لم يتضمن تدريب المولد وجود مجموعة تدريب تدل على الصورة الحقيقية التي يجب تعيين نقطة معينة في الفضاء الكامن إليها، بدلاً من ذلك نريد إنشاء صورة لخداع شبكة المميز أي عندما يتم تغذية الصورة كدخل إلى المميز نريد أن يكون الناتج قريباً من 1.

نحتاج أولاً الى توصيل المولد بالمميز لإنشاء نموذج Keras (مكتبة شبكات عصبونية مفتوحة المصدر) مكتوبة بلغة بايثون صُممت لتمكين إجراء التجارب على الشبكات العصبية العميقة بشكل سريع، وهي تركز على أن تكون سهلة الاستخدام ومرنة وقابلة للتوسيع)حتى تتمكن من تدريب النموذج ، نقوم بتغذية دخل المميز ب (صورة $28 \times 28 \times 1$) ناتجة عن المولد بحيث يكون الناتج من هذا النموذج المشترك هو احتمال أن تكون الصورة المولدة حقيقية

تم الاعتماد على تدريب هذا النموذج المركب عن طريق إنشاء مجموعات تدريب تتكون من متجهات كامنة لها 100 بعد تم إنشاؤها عشوائياً كمدخلات واستجابة مضبوطة على 1 لأننا نريد تدريب المولد لإنتاج الصور التي يعتقد المميز أنها حقيقية.

مع الإشارة الى أهمية إيقاف تعديل أوزان المميز أثناء تدريب النموذج المدمج بحيث يتم تحديث أوزان المولد فقط، والسبب في أن حجم الصورة هو 28×28 هو أن المرشح الموجود ضمن طبقات الشبكة العصبونية سيتحرك 28 مرة أفقياً و 28 مرة عمودياً حتى يغطي كامل الصورة.



الشكل (6) تدريب GAN

يظهر الشكل (6) الخطوات التي تم شرحها سابقاً لتدريب شبكتي المولد والمميز

4-3-1 المولد Generator:

دخل المولد عبارة عن متجه (Vector) وعادة ما يتم استخلاصه من التوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات، أما الخرج هو صورة بنفس حجم الصورة في بيانات التدريب الأصلية.

Layer (type)	Output Shape	Param #
generator_input (InputLayer)	(None, 100)	0
dense_9 (Dense)	(None, 3136)	316736
batch_normalization_10 (Batch Normalization)	(None, 3136)	12544
activation_36 (Activation)	(None, 3136)	0
reshape_4 (Reshape)	(None, 7, 7, 64)	0
up_sampling2d_10 (UpSampling2D)	(None, 14, 14, 64)	0
generator_conv_0 (Conv2D)	(None, 14, 14, 128)	204928
batch_normalization_11 (Batch Normalization)	(None, 14, 14, 128)	512
activation_37 (Activation)	(None, 14, 14, 128)	0
up_sampling2d_11 (UpSampling2D)	(None, 28, 28, 128)	0
generator_conv_1 (Conv2D)	(None, 28, 28, 64)	204864
batch_normalization_12 (Batch Normalization)	(None, 28, 28, 64)	256
activation_38 (Activation)	(None, 28, 28, 64)	0
generator_conv_2 (Conv2D)	(None, 28, 28, 64)	102464
batch_normalization_13 (Batch Normalization)	(None, 28, 28, 64)	256
activation_39 (Activation)	(None, 28, 28, 64)	0
generator_conv_3 (Conv2D)	(None, 28, 28, 1)	1601
activation_40 (Activation)	(None, 28, 28, 1)	0
Total params: 844,161		
Trainable params: 837,377		
Non-trainable params: 6,784		

الشكل (7) بنية المولد

يظهر الشكل(7) بنية المولد الناتجة عن عملية التدريب وفق الآتي:

1. تحديد دخل المولد بمتجه طوله 100 بعد.
2. يتم تغذية الدخل الى طبقة عميقة تتكون من 3136 بعد.
3. يتم تطبيق تابع تنشيط ReLU وتشكيل صورة بحجم $7 \times 7 \times 64$.
4. نقوم بتمرير الصورة من خلال أربع طبقات Conv2D، أول طبقتين مسبوقتين بطبقات Upsampling ل إعادة التشكيل المصفوفة (tensor) إلى 14×14 ثم 28×28 (حجم الصورة الأصلي)، ما عدا الطبقة الأخيرة نستخدم تابع التفعيل ReLU .
5. بعد طبقة Conv2D النهائية نستخدم تابع التفعيل tanh لتحويل الخرج ضمن النطاق $[-1, 1]$ لمطابقة مجال الصورة الأصلي.
6. نموذج Keras الذي يحدد المولد يقبل متجهًا بطول 100 ويخرج مصفوفة (صورة) بحجم $[1, 28, 28]$.

4-3-2 المميز Discriminator:

هدف المميز هو التنبؤ بما إذا كانت الصورة حقيقية أم مزيفة، هذا التنبؤ هو عبارة عن مشكلة تصنيف صور خاضعة للإشراف تم استخدام بنية الطبقة الالتفافية للحصول على الناتج المطلوب.

Layer (type)	Output Shape	Param #
discriminator_input (InputLa	(None, 28, 28, 1)	0
discriminator_conv_0 (Conv2D	(None, 14, 14, 64)	1664
activation_1 (Activation)	(None, 14, 14, 64)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 14, 14, 64)	0
discriminator_conv_1 (Conv2D	(None, 7, 7, 64)	102464
activation_2 (Activation)	(None, 7, 7, 64)	0
dropout_2 (Dropout)	(None, 7, 7, 64)	0
discriminator_conv_2 (Conv2D	(None, 4, 4, 128)	204928
activation_3 (Activation)	(None, 4, 4, 128)	0
dropout_3 (Dropout)	(None, 4, 4, 128)	0
discriminator_conv_3 (Conv2D	(None, 4, 4, 128)	409728
activation_4 (Activation)	(None, 4, 4, 128)	0
dropout_4 (Dropout)	(None, 4, 4, 128)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 2048)	0
dense_1 (Dense)	(None, 1)	2049
Total params: 720,833		
Trainable params: 720,833		
Non-trainable params: 0		

الشكل (8) بنية المميز

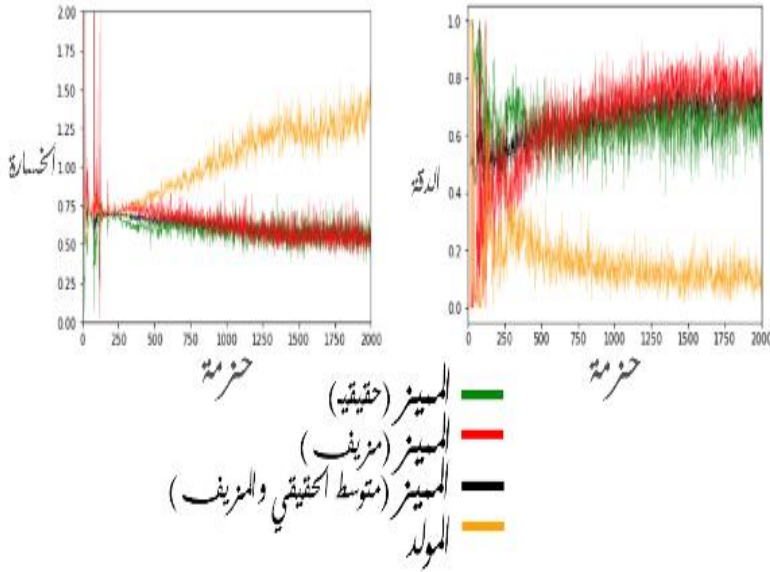
يظهر الشكل (8) بنية المميز الناتجة عن عملية التدريب وفق الآتي:

1. تحديد دخل المميز الصورة الناتجة عن المولد.
2. تجميع الطبقات الالتفافية .
3. تحويل خرج آخر طبقة التفافية إلى متجه.
4. نتبع ذلك بطبقة عميقة مع تابع التفعيل sigmoid التي تعطي الناتج ضمن نطاق [0 ، 1].
5. نموذج Keras الذي يحدد شبكة المميز هو نموذج يأخذ دخل عبارة عن صورة وخرج بين 0 و 1.

4-3-3 تقييم عمل المولد والمميز أثناء التدريب

يتم تقييم نموذج التعلم العميق لتقليل دالة الخسارة إلى الحد الأدنى، وفقاً لذلك كلما كانت دالة الخسارة للمولد أصغر كانت جودة الصور المنتجة أفضل. ومع ذلك نظراً لأن المولد يتم تصنيفه فقط مقابل المُميّز الحالي والمميز يتحسن باستمرار فلا يمكننا مقارنة دالة الخسارة التي تم تقييمها في نقاط مختلفة في عملية التدريب.

يظهر الشكل (9) ازدياد قيمة دالة خسارة المولد بمرور الوقت على الرغم من تحسن جودة الصور بشكل واضح، يؤدي هذا النقص في الارتباط بين دالة خسارة المولد وجودة الصورة إلى صعوبة مراقبة تدريب GAN.



الشكل (9) الخسارة و الدقة للمميز و المولد أثناء التدريب

4-4 دمج وجه المصدر مع صور الهدف

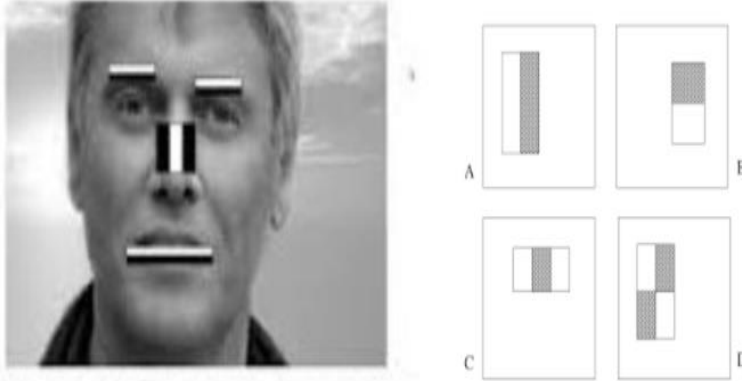
تؤثر خصائص الصور التي تتضمن تغيير التعابير وزاوية الرؤية والإضاءة سلبا على الكشف على الوجه ، لذلك تعتمد الخوارزمية في OpenCV على تحويل الصورة إلى آلاف الصور الجزئية بحجم بايت واحد معتمدة على العلامات المميزة للأوجه.

1-4-4 استخلاص ميزات الوجوه Features extract

يوضح الشكل (10) الطريقة المتبعة من قبل خوارزمية opencv لاستخلاص ميزات الوجوه ضمن هذه المرحلة ، نجد على اليمين بعض الخصائص المستخدمة للكشف على الوجوه، تحوي هذه الخصائص على قيم 1 و 0 فقط بحسب شكلها.

الخاصية B مثلاً تملك مثيلات لها بالشكل مختلفة عنها بالحجم فقط ويتم تمثيل اللون الأبيض فيها بالقيمة (1) والاسود بالقيمة (0) .

سنقوم خوارزمية opencv بتطبيق هذه الخصائص الميينة بالشكل (10) على الصورة الناتجة عن عملية تدريب شبكة GNA حيث تبدأ بالخاصة B مثلاً ويتم مسح الصورة من الأعلى-اليسار وحتى الأسفل-اليمين، ثم يتم إيجاد المتوسط الحسابي لجداءات بكسلات الصورة (جزء الصورة المساوي لحجم الخاصية عادة تكون بأبعاد $24*24$) مع بكسلات الخاصية (1 و 0) والحصول على قيمة معينة.



الشكل (10) استخراج الميزات

4-4-2 دمج معالم الوجه Face landmarks merged

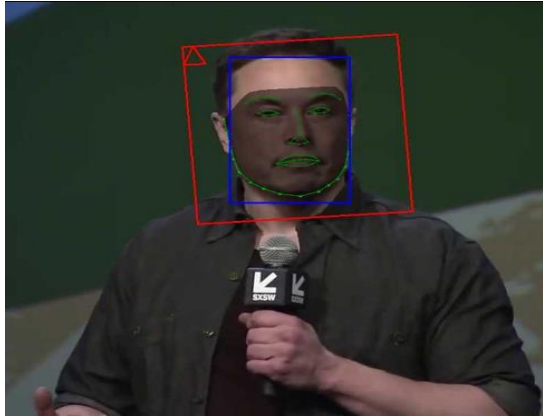
تم استخدام خوارزمية تقدير معالم الوجه (Face Landmarks Estimation) حيث تعمل هذه الخوارزمية على إيجاد 68 نقطة مهمة في الوجه تسمى هذه النقاط بالنقاط الفاصلة (Landmarks) وتتواجد في (أعلى الدقن ، الحافة الخارجية للعين ، الحافة الداخلية للعين ، الحاجب ، حول الفم ، حول الأنف) يتم إيجاد هذه النقاط من خلال

تدريب الخوارزمية بالاعتماد على القيم المرجعية التي تم الحصول عليها من استخلاص ميزات الوجوه.



الشكل (11) دمج معالم الوجوه

الشكل (12) نتيجة تطبيق خوارزمية تقدير معالم الوجه ضمن البحث:



الشكل (12) دمج الوجوه

أتاحت لنا الخوارزمية إزاحة الفم والعيون إلى وسط الصورة لتكون أقرب ما يمكن إلى المركز وذلك بسبب الحاجة الى تغيير وضعية الوجه المزيف ليناسب وضعية الوجه الهدف أثناء الدمج ، وهذه العملية تساعد في الحصول على نتائج دقيقة في خطوة الدمج.

5-4 النتيجة



الشكل (13) التزييف العميق

يظهر الشكل (13) نتيجة تنفيذ الخطوات التي تم مناقشتها سابقاً وكيفية استبدال وجه المصدر بالهدف مع مراعاة التنسيق العام لهذا الدمج وفق ماسبق.

5-الاستنتاجات والتوصيات

- استخدام الرؤية الحاسوبية من خلال مكتبة opencv أدى الى معالجة الصور بسرعة وكفاءة أكبر.
- استخدام الشبكة العصبونية متعددة المهام (MTCNN) أدى الى استخلاص صورة الوجه بأعلى دقة ممكنة وبشكل أفضل من الشبكة العصبونية الالتقافية.
- استخدام الشبكة التوليدية التنافسية أدى للحصول على الصور (الملاح) المزيفة بدقة جيدة.
- إظهار أهمية خوارزمية تقدير معالم الوجه في دمج ملاح صورة المصدر مع الهدف و المحافظة على الشكل العام ليبدو حقيقياً.
- يمكن المتابعة في البحث من خلال:
- العمل على كشف التزييف العميق.
- العمل على إيجاد نسبة التشابه عن طريق مخطط الهيستوغرام لكل من الصورة مزيفة والصورة الحقيقية المقابلة لها

المراجع

- [1] Westerlund, M., 2019. The emergence of deepfake technology: A review. *Technology Innovation Management Review*, 9(11).
- [2] Masood, M., Nawaz, M., Malik, K.M., Javed, A., Irtaza, A. and Malik, H., 2022. Deepfakes Generation and Detection: State-of-the-art, open challenges, countermeasures, and way forward. *Applied Intelligence*, pp.1-53.
- [3] Kietzmann, J., Lee, L.W., McCarthy, I.P. and Kietzmann, T.C., 2020. Deepfakes: Trick or treat?. *Business Horizons*, 63(2), pp.135-146.
- [4] Nguyen, T.T., Nguyen, Q.V.H., Nguyen, D.T., Nguyen, D.T., Huynh-The, T., Nahavandi, S., Nguyen, T.T., Pham, Q.V. and Nguyen, C.M., 2022. Deep learning for deepfakes creation and detection: A survey. *Computer Vision and Image Understanding*, p.103525.
- [5] What is the Difference between A Deepfake And Shallowfake?, deepfakenow.com, APRIL 21, 2020, <https://deepfakenow.com/what-is-the-difference-between-a-deepfake-and-shallowfake/>
- [6] Ghosh, A., Sufian, A., Sultana, F., Chakrabarti, A. and De, D., 2020. Fundamental concepts of convolutional neural network. In *Recent trends and advances in artificial intelligence and Internet of Things* (pp. 519-567). Springer, Cham.
- [7] Brownlee, J., 2019. Generative adversarial networks with python: deep learning generative models for image synthesis and image translation. *Machine Learning Mastery*.
- [8] Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z. and Qiao, Y., 2016. Joint face detection and alignment using multitask cascaded convolutional networks. *IEEE signal processing letters*, 23(10), pp.1499-1503.
- [9] Kaehler, A. and Bradski, G., 2016. *Learning OpenCV 3: computer vision in C++ with the OpenCV library*. " O'Reilly Media, Inc."