المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

Vol 5 issue 2 2024

الشبكة الكهربائية الذكية ومدى مرونة أنظمة الحماية الكهربائية في ظل التهديدات السيبرانية

دور المدينة الذكية في تعزيز قدرة المناطق الحضرية على مواجهة الكوارث الطبيعية

تحسين السلوك المغناطيسي لجسيمات الكوبالت النانوية المحضرة بواسطة اختزال بوروهيدريد الصوديوم $NaBH_4$ تحت تأثير عملية التلدين

منظمة المجتمع العلمي العربي
Arab Scientific Community Organization

المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

الفهرس

01
الافتتاحية
فؤاد قاسم محمد

ورقة بحثية
02
تحسين السلوك المغناطيسي لجسيمات الكوبالت النانوية المحضرة بواسطة اختزال بوروهيدريد الصوديوم ($NaBH_4$) تحت تأثير عملية التلدين
محمد حسن عباس ، هاشم محمد جبار

ورقة بحثية
12
الشبكة الكهربائية الذكية ومدى مرونة أنظمة الحماية الكهربائية في ظل التهديدات السيبرانية
فراس العسلي ، نصر النائلي ، عوني اطرادات

ورقة بحثية
24
تقييم فاعلية المبيدات الحيوية والمبيدات الكيميائية ومستخلص بذور السبحبح على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود (Aphis fabae) — مختبريّاً وحقليّاً
علي صبحي عبدالله ، سيف سعدالله حسن

ورقة بحثية
35
دور المدينة الذكية في تعزيز قدرة المناطق الحضرية على مواجهة الكوارث الطبيعية
عصام شحرور

المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.6

الافتتاحية

فؤاد قاسم محمد[1,2,3]*

[1]جامعة الموصل، الموصل، العراق
[2]جامعة كردستان الأمريكية، دهوك، إقليم كردستان، العراق
[3]محرر مشارك، المجلة العربية للبحث العلمي
Email: fkmohammad@arsco.org*

لقد مضت خَمْس سنوات من عُمْر المجلة العربية للبحث العلمي، التي أُسِّسَتْ لِتَكُون مجلة علمية مُحَكَّمَة متنوعة الموضوعات العلمية التي تنشرها في شتى المجالات، والتي تهمّ - بالدرجة الأولى - الباحث العربي، وصُنّاع القرار العلمي في البلدان العربية. وبالرغم من هذه المدة القصيرة، إلا أنَّ المجلة أخذَتْ حيزًا مهمًّا، وبان دورها في المكتبات العربية، وبخاصة المكتبات الإلكترونية والرقمية في الجامعات العربية، وحتى الجامعات العالمية، حيث انتشرت محتوياتها العلمية في الكشافات العربية، مثل: أرسيف *ARCIF*، والعالمية دوج *DOAJ* للفهرسة، فضلًا عن جوجل العلماء *Google Scholar*، وحققت المجلة إنجازات متوافقة مع المعايير العالمية. وما زالت الجهود ماضية في هذا المجال لتوسيع انضمام المجلة إلى كشافات وقواعد معلومات أخرى، سواءً أكانت عربية، أَم عالمية. ومِن هذا المنطلَق.. آلَت المجلة على نفسها أن تكون منبرًا لاختيار البحوث ذات الجودة العالية للنشر، بعد عمليات تحكيم من لدن خبراء معروفين في مجالاتهم العلمية، تُرَافِقها جهود فريق من هيئة التحرير والفنيين الذين يدركون حجم المسؤولية الملقاة على عواتقهم، لضمان نشر بحوث علمية مبدعة تتصف بالمحتوى العلمي الراقي، والإخراج الفني المتميز، فضلًا عن عدم التهاون في عمليات كشف الانتحال، ومَنْعها، وتحرير المخطوطات ومراجعتها لغويًّا وعلميًّا بأفضل شكل ممكن. ولهذا.. نرى مستوًى عاليًا من البحوث في الأعداد التي نُشرت خلال الأعوام السابقة من المجلة، وهي تشير إلى مدى حرص المجلة على جودة المحتوى، وكونها تُشَكِّل إضافةً إلى التقدم العلمي في المجالات العلمية النظرية والتطبيقية، مع تميُّز واضح بكونها باللغة العربية؛ في سبيل هدفٍ أسمى؛ ألا وهو النهوض بالعِلْم في العالم العربي؛ خدمةً للمجتمع العربي في خِضَمّ التحديات العلمية التي تواجهنا. من هنا جاء هذا العدد الثاني من المجلد الخامس للمجلة العربية للبحث العلمي لسنة 2024 شاملًا مواضيعَ تهمّ المجتمع العلمي العربي، وهي بخصوص جسيمات الكوبالت النانوية، والشبكة الكهربائية الذكية، وأنظمة الحماية الكهربائية في ظل تهديدات سيبرانية، وفاعلية مستخلَص بذور السبحبح كمبيد حيوي، فضلًا عن دور المدينة الذكية في مواجهة الكوارث الطبيعية. ونرى أنَّ هذه البحوث قد قام بها باحثون متميزون من بلدان عربية متعددة، ومن مَعامل ومختبرات علمية تابعة لجامعات ومؤسسات علمية في العالم العربي، تُوَاكِب مثيلاتها العالمية، فَلَهُم وللمُحَكِّمِين العلميين كل الشكر والامتنان. ونُشِير بالبَنَان والتقدير إلى كل مَنْ أَسْهَمَ في إخراج هذا العدد.. مِنْ هيئة التحرير، ومكتب التحرير، والفنيين الذين قاموا بواجبهم على الوجه الأكمل، والكمالُ لله تعالى وحده. ونأمل أن تكون مجلتنا قد أخذت دورها المشرق والمستمر في العطاء في السياق المحدد لها بنشر العِلْم وثقافة الكتابة باللغة العربية ضمن المجتمع العلمي العربي في مختلف مناحي العلم والمعرفة. وهذه دعوةٌ للباحثين العرب وطلاب الدراسات العليا في الجامعات والمعاهد العربية لنشر بحوثهم وإسهاماتهم المبتكرة، ومستلات الأطروحات العلمية المتميزة في المجلة العربية للبحث العلمي، التي أصبحت فريدة من نوعها في العالم العربي، والحريصة دائمًا على النوعية العالية للبحوث التي تَظْهَر ضمن صفحاتها.

واللهُ المُوَفِّق.

Received 30 August 2024; accepted 01 September 2024; published 31 October 2024

© 2024 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Mohammad FK. Editorial. Arabian Journal of Scientific Research 5:2.6. https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.6

المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.7
المجلة العربية للبحث العلمي، 2024، 1 من 10

ورقة بحثية

تحسين السلوك المغناطيسي لجسيمات الكوبالت النانوية المحضرة بواسطة اختزال بوروهيدريد الصوديوم ($NaBH_4$) تحت تأثير عملية التلدين

محمد حسن عباس[1]، هاشم محمد جبار[1]

[1]جامعة البصرة، كلية العلوم، قسم الفيزياء، البصرة، العراق

Email: pgs.muhmd073407@uobasrah.edu.iq*

الملخص

تُوظَّف الجسيمات النانوية المغناطيسية في مجموعة متنوعة من الصناعات، مثل المحركات الكهربائية والأجهزة الإلكترونية، وتؤدي أيضًا دوراً مهماً في المجالات الطبية والكيميائية. وبناءً عليه، يستخدم الكوبالت في الكثير من التطبيقات، نظراً إلى استقراره في الطور الفيرومغناطيسي عند درجات الحرارة العالية. تعدّ طرق التحضير المختلفة لجسيمات الكوبالت النانوية فعالة جداً في الخواص المغناطيسية، حيث تتيح تقنيات التصنيع التحكمَ الدقيق في شكل الجسيمات المغناطيسية وحجمها. في هذا البحث، جرى تحضير جسيمات الكوبالت النانوية وأكسيد الكوبالت (Co_3O_4) بطريقة الاختزال الكيميائي لأيونات الكوبالت عن طريق العامل المختزل بوروهيدريد الصوديوم ($NaBH_4$)، لكونها بسيطة وسريعة في إنتاج الجسيمات النانوية. وقد شُخصت العيّنات المحضرة بواسطة XRD وFE-SEM وEDS-Mapping وVSM. وأُجريت عملية التلدين للمساحيق تحت غاز الأرغون والهيدروجين من أجل تحسين الخواص المغناطيسية. وقد تشكّلت المواد بتراكيب بلورية مختلفة مع وجود شوائب، وجرى قياس السلوك المغناطيسي للعينات في درجة حرارة الغرفة، حيث ازدادت قيم التشبع المغناطيسي على حساب قيم المجال القسري التي انخفضت نتيجة تبخّر الأكسجين، إضافةً إلى زيادة حجم الجسيمات وارتفاع نسبة النقاوة. وتشير النتائج إلى الحصول على مجال قسري عالٍ قبل التلدين يصل إلى 490 Oe ومغنطة تشبّع بمقدار 86.38 emu/g بعد تأثير عملية التلدين. وختاماً، أُجريت محاكاة لحلقة الهسترة الفيرومغناطيسية التي تصف السلوك المغناطيسي لجسيمات الكوبالت من خلال تطبيق نموذج جايلز-أثيرتون.

الكلمات المفتاحية: جسيمات الكوبالت النانوية، بوروهيدريد الصوديوم، التلدين، حلقة الهسترة.

Title

Improving the magnetic behavior of cobalt nanoparticles prepared by $NaBH_4$ reduction under the influence of annealing process

Mohammed H. Abbas[1*], Hashim Jabbar[1]

[1]University of Basrah, College of Science, Department of Physics, Basrah, Iraq

Abstract

Magnetic nanoparticles are employed in a variety of industries such as electric motors and electronic devices and play a crucial role in the medical and chemical fields. Accordingly, cobalt is used in many applications due to its stability in the ferromagnetic phase at high temperatures. Different preparation methods for cobalt nanoparticles are very effective in magnetic properties, as manufacturing techniques allow precise control of the shape and size of magnetic particles. In this paper, cobalt nanoparticles and cobalt oxide (Co_3O_4) were prepared by chemical reduction method of cobalt ions by reducing agent $NaBH_4$, being simple and fast in producing nanoparticles. The prepared samples were characterized by XRD,

Received 09 January 2024; accepted 15 April 2024; published 31 October 2024

© 2024 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Abbas MH, Jabbar H. Improving the magnetic behavior of cobalt nanoparticles prepared by $NaBH_4$ reduction under the influence of annealing process. Arabian Journal of Scientific Research 5:2.7. https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.7

FE-SEM, EDS-Mapping, VSM. Powder annealing was carried out under the pump of gas mixed with argon and hydrogen in order to improve the magnetic properties. The material was formed with different crystal structures with impurities, the magnetic behavior of the samples was measured at room temperature, where the magnetic saturation values increased at the expense of the coercive field values that decreased as a result of oxygen evaporation in addition to increasing the particle size and high purity. The results indicated obtaining a high coercive field before annealing up to 490 Oe and magnetization of saturation of 86.38 emu/g after annealing effect. In conclusion, a simulation of a ferromagnetic hysteresis loop describing the magnetic behavior of cobalt particles was made by applying the Jiles–Atherton (JA) model.

Keywords: cobalt nanoparticles, $NaBH_4$, annealing, hysteresis loop

1- المقدمة

لاقت الجسيمات المغناطيسية، نظراً إلى استخدامها الواسع في العديد من الاختصاصات، ضمن مقياس النانومتر، اهتماماً كبيراً من العلماء والمهندسين، وهنالك العديد من الأوراق البحثية التي تدرس هذه المواد في مجالات مختلفة، مثل البصرية والطبية والإلكترونية وغيرها.[1] وفي هذا السياق، يُعدّ الكوبالت مادة ذات أهمية كبيرة، تُستخدم في العديد من المجالات، مثل أجهزة حفظ المعلومات، وتطوير السوائل المغناطيسية، وماصات الموجات الميكروية، وفي المجال الطبي الحيوي.[2] ويمكن أن يأخذ الكوبالت ثلاثة تراكيب بلورية مختلفة، هي: سداسي له مجال قسري عالٍ، ومكعب متمركز الأوجه ذو مجال قسري منخفض ويسلك سلوك المواد المغناطيسية المرنة، وطور الإبسيلون. وتعتبر هذه المواد واعدة في تحقيق مختلف التطبيقات مثل مستشعرات الغاز، وامتصاص الطاقة الشمسية، والأجهزة الكهربائية والمغناطيسية.[3] يُعدّ استقرار هذه المواد العامل الأساسي لاستخدامها في ظل شروط مختلفة، ويجب أن يكون حجم الجسيمات النانوية أقل من القيمة الحرجة ومن دون تكتّل في درجة حرارة الغرفة، إضافةً إلى أن تأكسدها في الهواء يُعدّ مشكلة أساسية؛ مما يؤدي إلى فقدان مغناطيسيتها بسبب تشكّل طبقة رقيقة من أكسيد الكوبالت على سطحها.[4] وقد جذب تحضير الجسيمات النانوية لمركب Co_3O_4 اهتماماً كبيراً في الآونة الأخيرة. فمثلاً، حضّرت نياساري ودافار مركّبَي Co_3O_4وCo بطريقة التحلل الحراري مع أوليلامين بوجود بادئ تفاعل جديد من [Bis(2-hydroxyacetophenato)cobalt(II)].[5] في حين أن نيها أرورا وبالاجي ر. جاجيردار استخدما طريقة تشتت ذرة المعدن المذاب بدرجات حرارة منخفضة مع مصفوفة المذيبات العضوية لتحضير واستقرار جسيمات الكوبالت النانوية Co-NPs غير المتبلورة أحادية التشتت مع دراسة الخواص المغناطيسية.[4] وفي دراسة أخرى أجرتها إيلا جيجيغوري وآخرون، فقد جرى تحضير جسيمات الكوبالت النانوية في المحاليل القلوية باستخدام طريقة الاختزال الكيميائي للهيدروجين عند درجات الحرارة العالية ولمدة تُراوح بين 30 و180 دقيقة.[2]

والجدير بالذكر هنا أن اختلاف وتطور تقنيات التصنيع لهما دور حاسم في التحكم في شكل وحجم الجسيمات النانوية، وأكثرها شيوعاً الترسيب المشترك، والتحلل الحراري، والمحلول الهلامي، والاختزال الكيميائي.[6] وفي هذه الدراسة، استُخدمت طريقة بسيطة، من دون تعقيد في اختيار عدد المواد المتفاعلة مقارنةً بدراسة نيلام سنغ وزملائها،[7] وبتكلفة منخفضة في تحضير جسيمات الكوبالت النانوية وأكسيد الكوبالت Co_3O_4 بواسطة الاختزال الكيميائي باستخدام بوروهيدريد الصوديوم $NaBH_4$ الذي يعتبر عاملاً نشطاً في اختزال الأملاح والحصول على الجسيمات النانوية للكوبالت. وقد شُخّص المسحوق الأسود الناتج من Co-NPs بواسطة حيود الأشعة السينية XRD وتطابق التبلور للمركبات المحضرة مع قاعدة بيانات المركز الدولي لبيانات الحيود JCPDS. واستُخدم المجهر الإلكتروني الماسح لانبعاث المجال FE-SEM وكذلك طاقة التشتت الطيفي EDS لتمييز أشكال الجسيمات والعناصر الداخلة في التفاعل. وقد تم قياس الخواص المغناطيسية بواسطة مقياس تذبذب العينة المغناطيسي VSM. وأعيدت هذه القياسات بعد إجراء المعالجة الحرارية للعينات، ولوحظ من خلال السلوك المغناطيسي تحسّن في بعض الخواص المغناطيسية نتيجة التخلص من تأثير الأكسجين مع تقليل نسب الشوائب التي تعمل على زيادة التباين المغناطيسي. وبسبب شحنات الجسيمات وخصائصها السطحية، يُعتبر عامل تغليفها تحدياً صعباً ومرهقاً جداً. ونتيجة التجربة والخطأ، تُعدّ حبيبات الغرافيت والكربون فعالة جداً باعتبارها عامل تغليفٍ لجسيمات الكوبالت النانوية وتعديل تباينها المغناطيسي، حيث استُخدمت من أجل عملية التهجين بين الأوربيتالَين p, d ومن ثمّ استقرار العزوم المغناطيسية.[8] وتعتمد نمذجة الحلقة المغناطيسية بواسطة نموذج جايلز-أثيرتون (Jiles–Atherton model) على عاملين؛ الأول حساب المغنطة من غير حلقة هسترة M_{an} والثاني نمذجة الهسترة بواسطة المعادلة التفاضلية مع الأخذ في الاعتبار التغير في إشارة المجال المغناطيسي H.[9] يهدف هذا البحث إلى دراسة السلوك المغناطيسي لمساحيق الكوبالت النانوية وأكسيد الكوبالت المحضّرة بطريقة الاختزال الكيميائي المباشر قبل التلدين وبعده، ومحاكاة حلقة الهسترة M-H باستخدام نموذج جايلز-أثيرتون الذي يصف المواد الفيرومغناطيسية.

2- نموذج جايلز-أثيرتون للمواد الفيرومغناطيسية

يستخدم نموذج جايلز-أثيرتون لوصف المواد الفيرومغناطيسية المرنة. ويبنى أساس نظرية الهسترة الفيرومغناطيسية لهذا النموذج على مركبة المغنطة القابلة للانعكاس M_{rev}، والتي ترتبط بانحناء المجال المغناطيسي الداخلي اثناء عملية المغنطة؛ وعلى مركبة المغنطة غير القابلة للانعكاس M_{irr}، والتي تتعلق بإزاحة جدار المجال ضد التثبيت.[10]

$$M = M_{rev} + M_{irr} \quad (1)$$

يُعطى المجال الفعال حسب تصحيح Weiss للفيرومغناطيسية بالعلاقة:

$$H_{eff} = H + \alpha M \quad (2)$$

H تمثل المجال المغناطيسي، α الاقتران بين المجالات الداخلية. وتُعطى المغنطة من غير هسترة حسب دالة Langevin:

$$M_{an} = M_s\left(\coth\frac{H_{eff}}{a} - \frac{a}{H_{eff}}\right) \quad (3)$$

حيث M_S تمثل مغنطة التشبع، وa عامل الشكل.

وتكتب معادلة الهسترة التفاضلية لتأثرية المغنطة غير المعكوسة كالتالي:

$$\frac{dM_{irr}}{dH} = \frac{M_{an} - M_{irr}}{\delta k - \alpha(M_{an} - M_{irr})} \quad (4)$$

حيث $\delta = \mathrm{sign}(\frac{dH}{dt})$ تمثل اتجاه المجال المغناطيسي وتساوي 1+ عند $(\frac{dH}{dt} > 0)$ و1- عندما $(\frac{dH}{dt} < 0)$. ومركبة المغنطة المعكوسة تمثل الفرق بين M_{an} و M_{irr} عند شدة المجال المعطاة، ويمكن التعبير عن ذلك كالتالي:

$$M_{rev} = c(M_{an} - M_{irr}) \quad (5)$$

حيث c تمثل عامل الانحناء. ويمكن التعبير عن تفاضل معادلة الهسترة للقابلية المعكوسة كالتالي:

$$\frac{dM_{rev}}{dH} = c\left(\frac{dM_{an}}{dH} - \frac{dM_{irr}}{dH}\right) \quad (6)$$

وبتجميع المعادلات 1-6 تُعطى معادلة الهسترة التفاضلية للمغنطة بالعلاقة:

$$\frac{dM}{dH} = \frac{1}{(1+c)}\frac{(M_{an}-M)}{k\delta-\alpha(M_{an}-M)} + \frac{c}{(1+c)}\frac{dM_{an}}{dH} \quad (7)$$

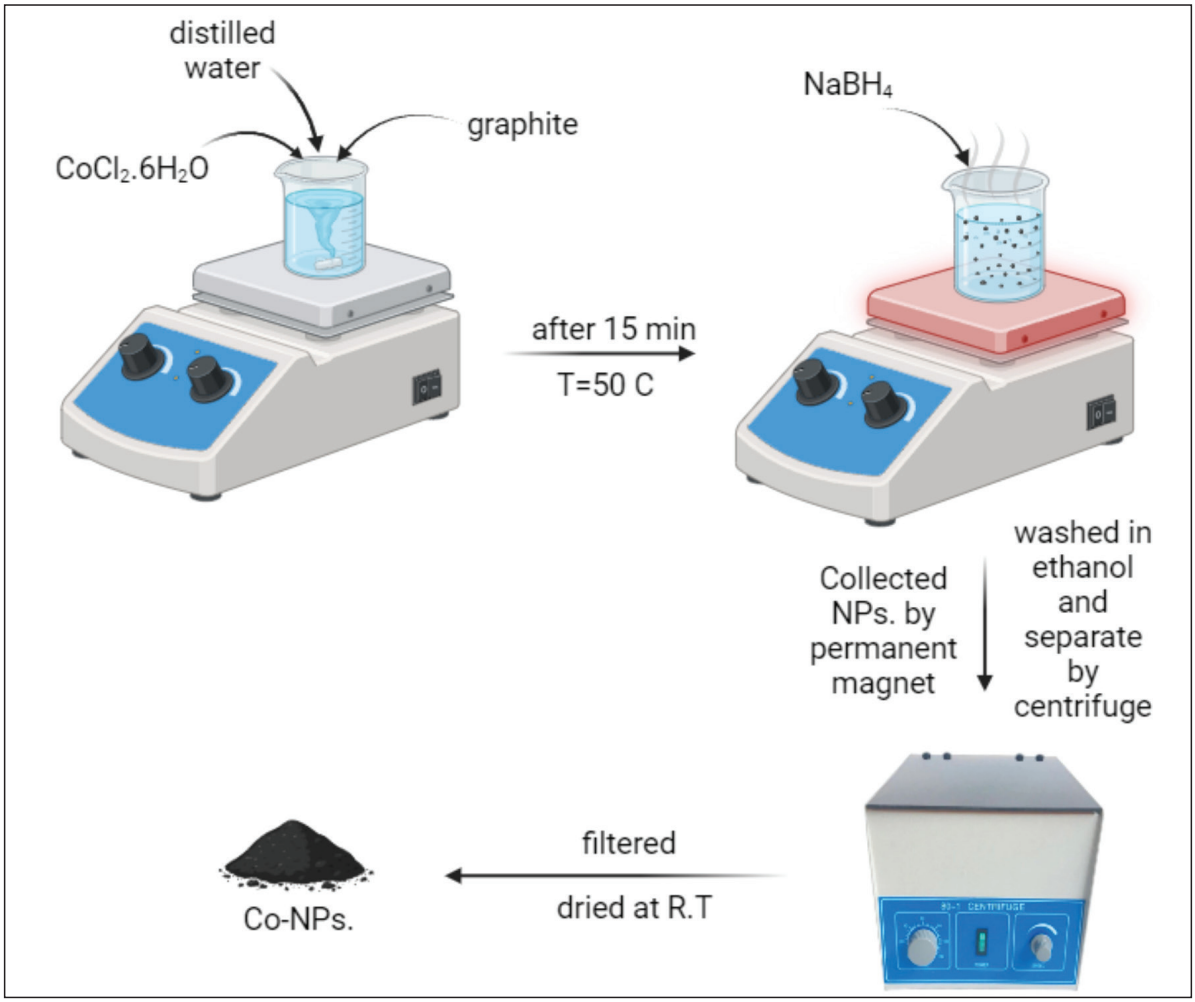
3- المواد وطريقة العمل

3-1 المواد

وهي هيكسا هيدرات كلوريد الكوبالت (الثنائي) ($CoCl_2.6H_2O$)، وبوروهيدريد الصوديوم ($NaBH_4$, Aldrich 99%)، وغرافيت (Aldrich)، وكربون (منشط 100% فائق الصغر من فحم جوز الهند مغسول بالكامل من شركة بلو-بروف)، وإيثانول (99%) وماء مقطر من دون تنقية إضافية.

3-2 تحضير جسيمات الكوبالت النانوية

اعتُمدت طريقة الاختزال الكيميائي في هذه الدراسة لتحضير ثلاث عينات مغناطيسية بمقياس النانومتر، ففي العينة الأولى (S1) أذيب 0.8 M من كلوريد الكوبالت مع 0.5 g من الغرافيت في 100 مليلتر من الإيثانول عند درجة حرارة 50 °C تحت الخلط المستمر حتى تجانس المحلول ولمدة 15 دقيقة. وبعدها أضيفت بضع قطرات من بوروهيدريد الصوديوم $NaBH_4$ بتركيز 0.01 M مذابة في40 مليلتر من الماء المقطر. واختُزل محلول المادة الأم مباشرةً إلى فلز الكوبالت الأسود. وازداد نمو الجسيمات خلال 15 دقيقة من زمن التفاعل. أما العينة الثانية (S2)، فحُضّرت بإذابة كمية مناسبة من كلوريد الكوبالت في 100 مليلتر من الماء المقطر عند درجة حرارة الغرفة ولمدة 20 دقيقة، واستُخدم الغرافيت بتركيز أكبر من العينة الأولى وبضع قطرات من بوروهيدريد الصوديوم $NaBH_4$. في حين حُضّرت العينة الثالثة بنفس ظروف العينة الثانية مع استخدام منشط الكربون بدلاً من الغرافيت وبنفس الكمية. وقد انجذبت جسيمات الكوبالت بقوة إلى مغناطيس دائم؛ وهذا يدل على فعالية الاختزال.[1] وقد غُسلت المساحيق ذات اللون الأسود الناتجة من التجارب الثلاث بواسطة الإيثانول، وفُصلت بجهاز الطرد المركزي (Centrifuge) عند سرعة دوران 4000 دورة لكل دقيقة، وبعدها تُركت لتجف عند درجة حرارة الغرفة ولمدة يوم كامل قبل التشخيص. وأخيراً، حُرقت العينات عند درجة حرارة 600 °C ولمدة ساعة واحدة مع ضخ مزيج من غاز الأرغون والهيدروجين بنسب غير متساوية 80% و20% على التوالي.

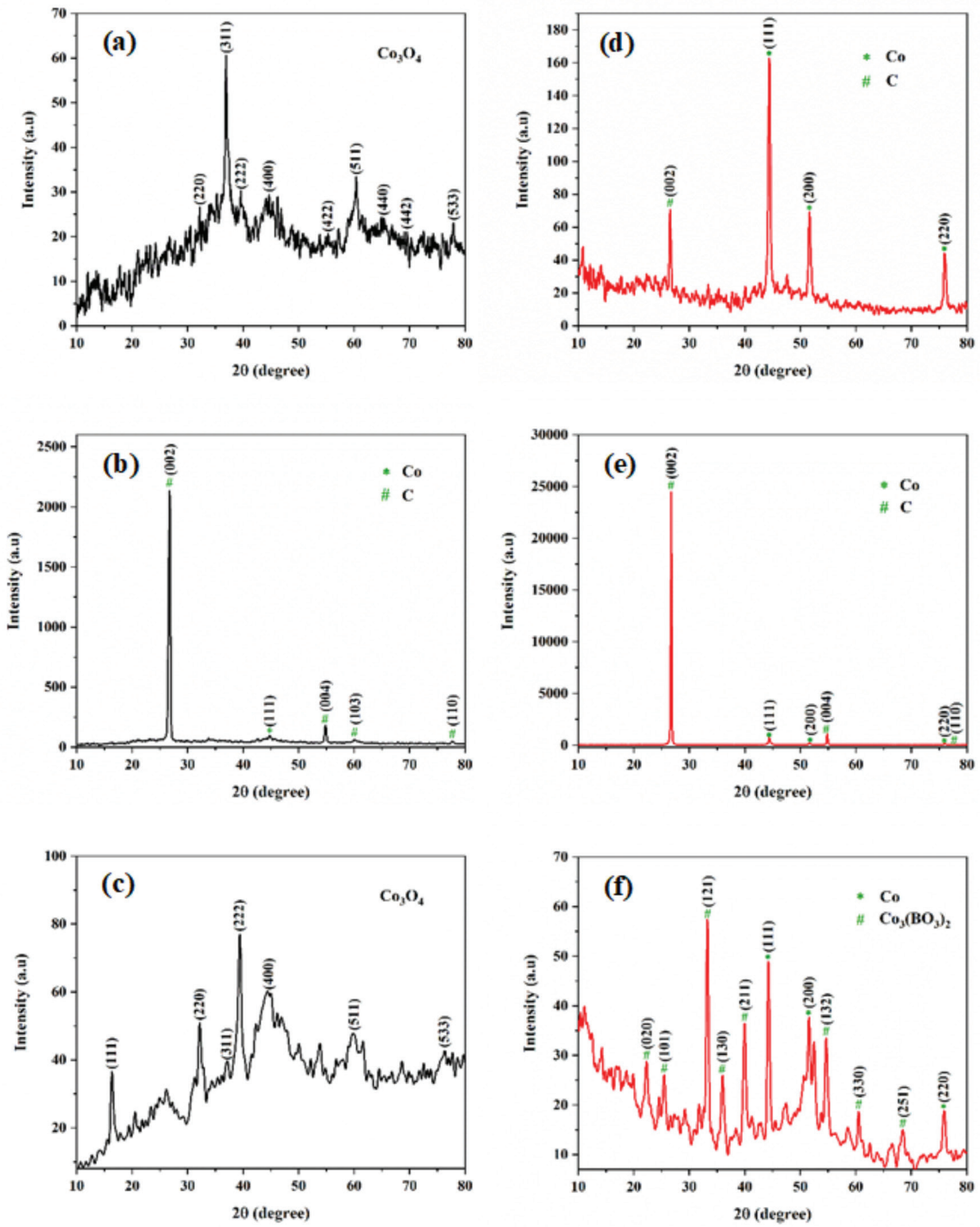


شكل 1. مخطط تفصيلي لعملية تحضير (Co-NPs) عن طريق الاختزال الكيميائي بواسطة بوروهيدريد الصوديوم

4- تشخيص العينات

سُجلت أنماط حيود الأشعة السينية XRD بواسطة جهاز طراز X'PertPro من شركة Panalytical المصنوع في هولندا باستخدام شعاع النحاس CuKα (الطول الموجي 1.54 أنغستروم، والفولطية 40 كيلوفولط، والتيار 30 ملي أمبير). وطُبّقت معادلة شيرر (Scherrer equation)[11] لحساب حجم التبلور.

وتم الحصول على صور تشكّل الجسيمات بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح لانبعاث المجال FE-SEM مع تحليل طاقة التشتت الطيفي EDS بواسطة جهاز من نوع MIRA3 المصنوع من شركة TESCAN. وأُجريت قياسات الخواص المغناطيسية لجميع العينات عند درجة حرارة الغرفة بواسطة مقياس تذبذب العينة المغناطيسي VSM المصنوع في إيران عند مجال أقصاه ±10 KOe، وقد جرت إعادة التشخيص بعد المعالجة الحرارية.



شكل 2. أنماط حيود الأشعة السينية للعينات الثلاث a(S1), b(S2), c(S3) قبل المعالجة الحرارية وd(S1), e(S2) f(S3) بعد المعالجة الحرارية

5- النتائج والمناقشة

يمكن الحصول على معلومات تبلور العينة من حيود الأشعة السينية XRD، على سبيل المثال الطور المهيمن للكوبالت في هذه الأنظمة، مع استخدام قاعدة بيانات المركز الدولي لبيانات الحيود.[12] وتم تحديد التركيب للكوبالت وأكسيد الكوبالت قبل المعالجة الحرارية وبعدها. يوضح الشكل 2 أنماط حيود الأشعة السينية من البلورات للنماذج المحضرة. فالعينة الأولى (S1) المتمثلة في الشكل 2a لها مجموعة قمم تمثل المركب Co_3O_4 الذي له تبلور على شكل مكعب يتطابق مع الكارت (JCPDS: 01-076-1802). وبما أن الحرارة تعمل على تبخر الأكسجين، لذلك نلاحظ في الشكل 2d، العينة الأولى (S1) بعد التلدين، أن القمم أظهرت عناصر الكوبالت والغرافيت من دون الأكسجين؛ أي حصل اختلاف في تركيب المادة. أما القمم المشار إليها بعلامة * فتخص مادة الكوبالت التي لها تبلور مكعب وتتطابق مع الكارت (JCPDS: 00-015-0806). أما بالنسبة إلى أنماط الغرافيت المميزة بالعلامة # والتي تظهر بتركيب سداسي، وباستخدام البرنامج الخاص بقاعدة البيانات، فإنها تتطابق مع الكارت (JCPDS: 00-008-0415). وفي العينة الثانية (S2) الظاهرة في الشكل 2b, 2e، فالتركيب تقريباً متشابه قبل التلدين وبعده، ومع ذلك نلاحظ بروزاً في بعض القمم بعد التلدين؛ قبل المعالجة الحرارية (الشكل 2b) توجد أنماط لكل من الكوبالت * والغرافيت #. ونذكر هنا أن تركيب الكوبالت سداسي، وأنماطه ترتبط مع معلومات الكارت (JCPDS: 00-005-0727). وكذلك يظهر الغرافيت في التركيب السداسي حسب تطابق القمم مع معلومات الكارت (JCPDS: 00-008-0415). أما بعد التلدين (الشكل 2e) فقد تغيّر تركيب الكوبالت ليصبح بشكل مكعب حسب معلومات المصدر (JCPDS: 00-015-0806). ويبقى الغرافيت بنفس التركيب السابق مع معلومات مشابهة تماماً إلى حالة قبل التلدين. وتم الحصول على أكسيد الكوبالت مرة أخرى، لكن بحالة الكربون قبل التلدين في العينة الثالثة (S3) (شكل 2c) ، وتركيبه البلوري ذو شكل مكعب، وهذه الأنماط مطابقة للكارت (JCPDS: 00-009-0418). وبعد المعالجة الحرارية للعينة الثالثة (شكل 2f) فتم الحصول على أنماط تعود إلى الكوبالت المميزة بعلامة * بتركيب بلوري مكعب، وتنتمي هذه المعلومات إلى الكارت (JCPDS: 00-015-0806). وأيضاً توجد أنماط أخرى مشار إليها بالعلامة # تابعة للمركب $(Co_3(BO_3)_2)$ ذي التركيب المعيني القائم، وترتبط معلوماته بالكارت (JCPDS: 01-075-1808). ويمكن ملاحظة معاملات ميلر Miller Indices لجميع العينات عند نهاية القمم (شكل 2).

وتم حساب حجم التبلور من خلال تطبيق معادلة شيرر:[13]

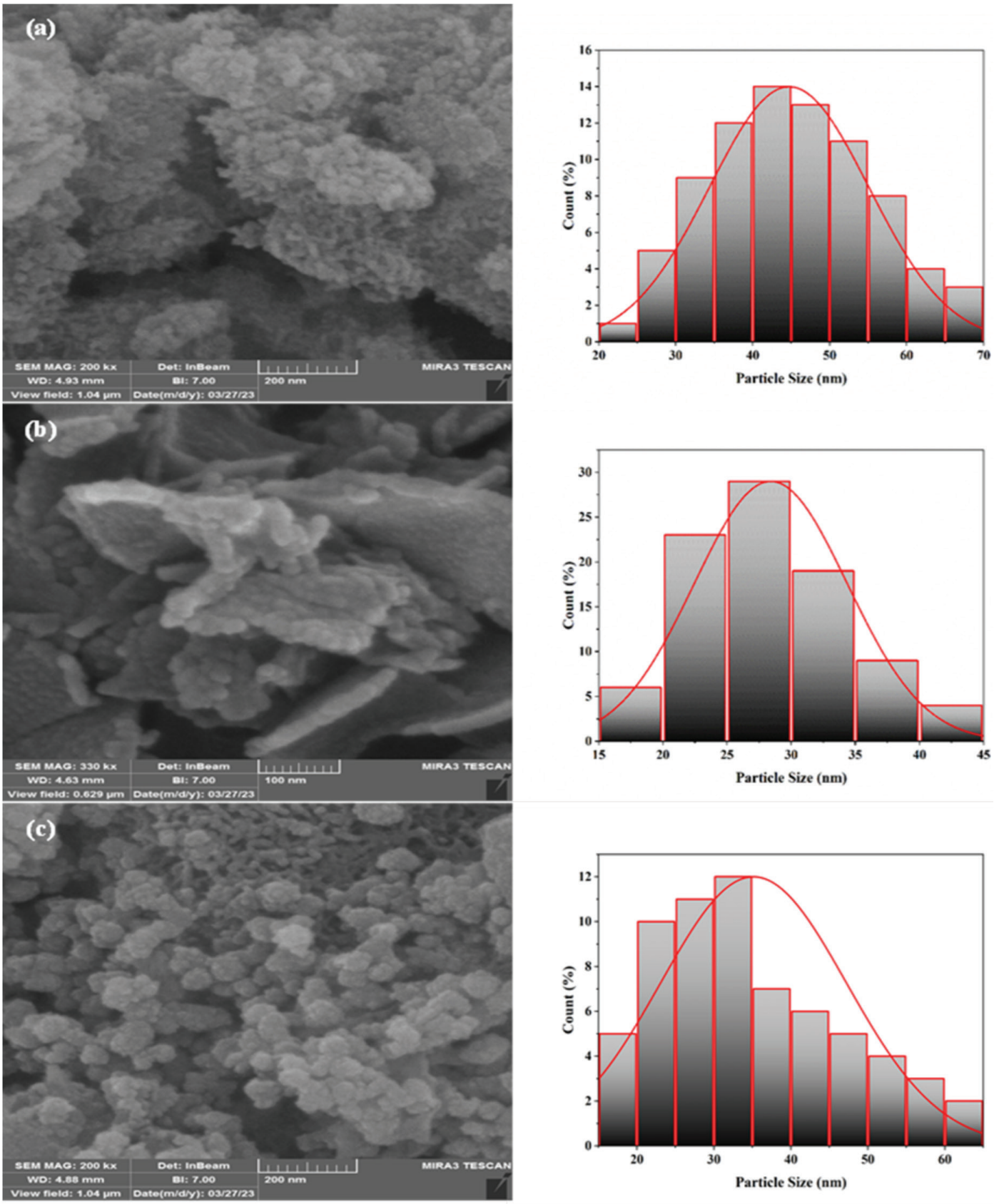
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \qquad (8)$$

حيث D تمثل معدل حجم التبلور، وK ثابت شيرر، وλ الطول الموجي للأشعة السينية، وβ العرض عند منتصف القمة وθ زاوية الحيود. وجميع النتائج موضحة في الجدول 1.

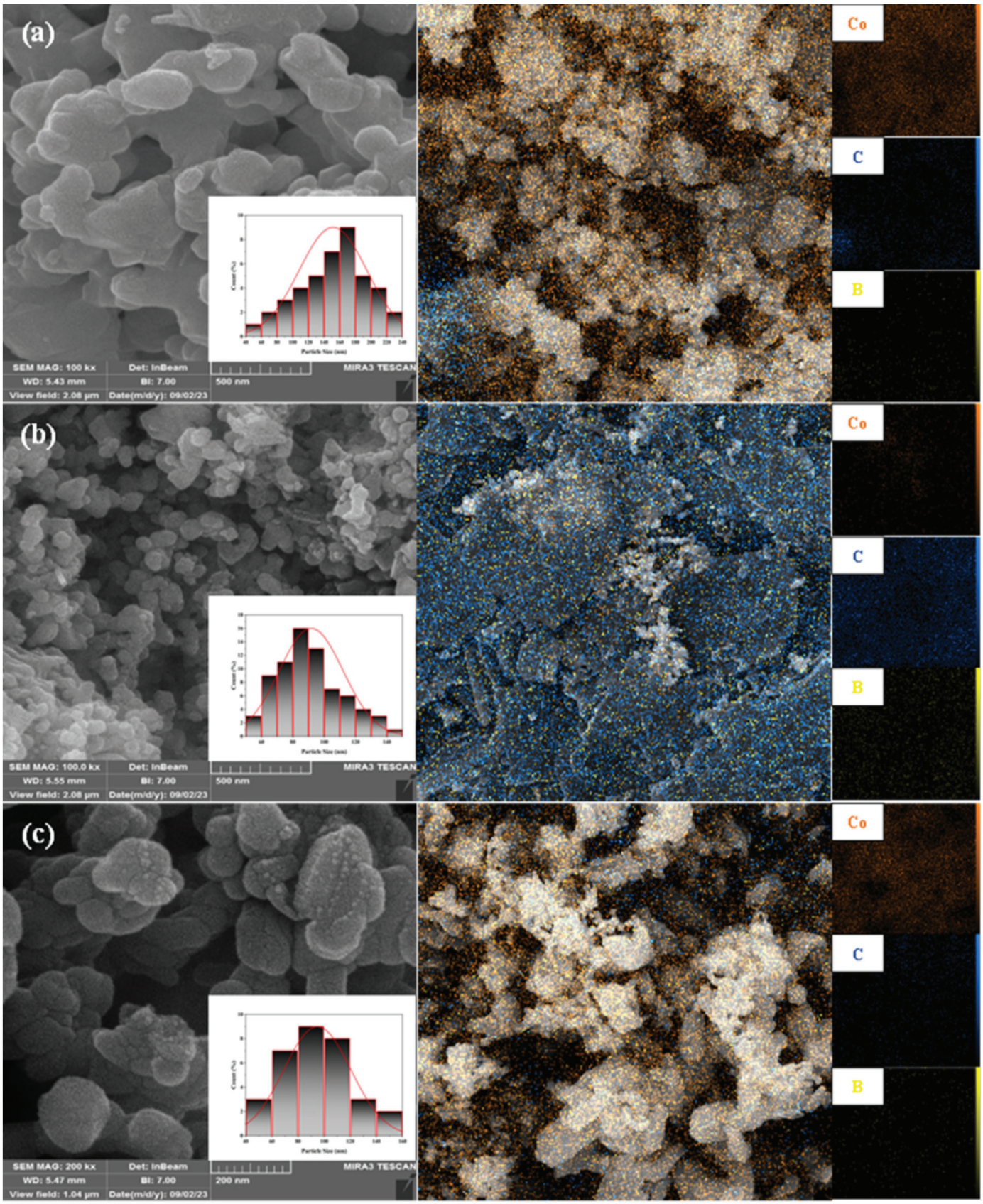
جدول 1: حجم التبلور للعينات الثلاث قبل المعالجة الحرارية وبعدها بتطبيق معادلة شيرر

العينة	حجم التبلور قبل المعالجة الحرارية (نانومتر)	حجم التبلور بعد المعالجة الحرارية (نانومتر)
S1	29.64	30.36
S2	25.12	34.13
S3	26.80	29.38

تُظهر نتائج فحص المجهر الإلكتروني الماسح لانبعاث المجال FE-SEM المبينة في الشكلين 3 و4 قبل المعالجة الحرارية وبعدها، على التوالي، أن الجسيمات كروية بعض الشيء، وتكون واضحة في العينة الثالثة قبل التلدين والعينة الثانية بعد التلدين، وتوزيع الجسيمات مرفق مع كل صورة للمجهر الإلكتروني الماسح.[14] ويُراوح متوسط حجم الجسيمات بين 28.41 و44.74 نانومتر. وبعد التلدين ازداد حجم الجسيمات نتيجة تكسر الأواصر بين الذرات وتراكم الجسيمات بسبب التفاعل المتبادل بينها، ليصبح معدل الحجم بعد المعالجة الحرارية يراوح بين 91.72 و151.52 نانومتر. أما النتائج الإحصائية الأخرى فموضحة في جدول 2. في حين أن صور EDS-Mapping الظاهرة في شكل 4 بعد التلدين تعطي انطباعاً على التوزيع المكاني للعناصر في العينة المقاسة.[15]



شكل 3. صور FE-SEM التي تُظهر تشكّل Co-NPs قبل التلدين مع توزيع الجسيمات



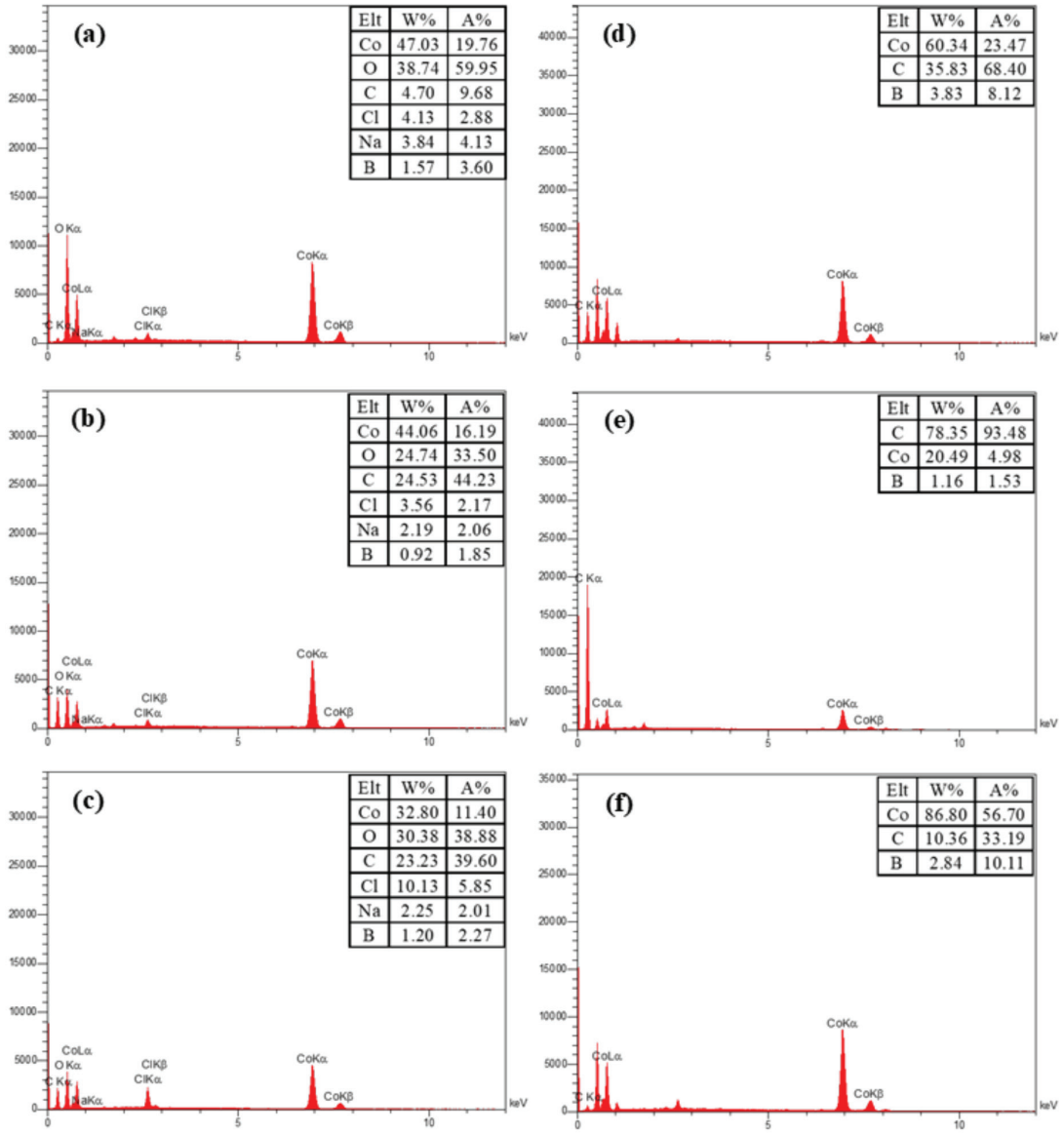
شكل 4. صور FE-SEM التي تُظهر تشكّل Co-NPs. بعد التلدين مع توزيع الجسيمات وEDS-Mapping

جدول 2: إحصاءات متوسط حجم الجسيمات والانحراف المعياري في العينات الثلاث قبل المعالجة الحرارية وبعدها محسوبة من صور المجهر الإلكتروني الماسح لانبعاث المجال

قبل المعالجة الحرارية (نانومتر)					بعد المعالجة الحرارية (نانومتر)				
العينة	S. D	Mean	Min	Max	العينة	S. D	Mean	.Min	Max
S1	10.35	44.74	24.85	69.46	S1	34.30	151.52	50.36	236.66
S2	5.96	28.41	17.36	44.80	S2	20.43	91.72	54.24	145.04
S3	12.05	35.15	15.27	64.85	S3	25.62	94.77	47.24	157.26

S.D تعني الانحراف المعياري؛ Mean متوسط حجم الجسيمات؛ Min أدنى قيمة للحجم؛ Max أقصى قيمة للحجم.

تم تحليل العينات قبل المعالجة الحرارية وبعدها باستخدام تقنية مطياف تشتت الأشعة السينية EDS كما يُلاحَظ في شكل 5 مع نسب العناصر.[16] وكما هو موضح، توجد نسبة عالية من الشوائب قبل التلدين؛ لأن النماذج المحضرة لم تُغسل جيداً، إلا أن تأثير الشوائب يكون واضحاً على التباين المغناطيسي. أما بعد المعالجة الحرارية، فازدادت نقاوة المواد نتيجة الغسل المتكرر بواسطة الإيثانول. وتُظهر النتائج أن الكوبالت هو العنصر السائد في العينتين (S1) و(S3)، قبل التلدين وبعده، وكذلك في العينة (S2) قبل التلدين. في حين أن الغرافيت هو المهيمن في العينة (S2) بعد التلدين كما في شكل 5e. من جانب آخر، يمكن ملاحظة طاقات الربط للعناصر، على سبيل المثال في العينة (S1) قبل المعالجة الحرارية، يظهر الكوبالت عند الطاقات (CoLα=0.8 Kev, CoKβ=7.55 Kev, CoKα=7 Kev) من الأعلى إلى الأقل شدة، على التوالي، بينما يظهر الأكسجين OKα بقمة واحدة عالية عند الطاقة 0.5 Kev، وهكذا مع بقية العناصر في جميع العينات.[17]



شكل 5. مطياف تشتت الأشعة السينية EDS للعينات الثلاث قبل المعالجة الحرارية (a, b, c) وبعد المعالجة الحرارية (d, e, f) مع نسب العناصر

استُخدم جهاز تذبذب العينة المغناطيسي VSM للحصول على الخصائص المغناطيسية، وقد جرى تسليط مجال مغناطيسي خارجي مقداره 10 KOe عند درجة حرارة 26.85 °C على جميع العينات المحضرة. ويوضح شكل 6 منحنيات التمغنط M التي تكون دالة على المجال المطبق H. أما بعض القيم المهمة مثل مغنطة التشبع M_s والمتبقي M_r والقوة القهرية H_c، إضافةً إلى استقامة الحلقة M_r/M_s فيبينها جدول 3. تأثير الأكسجين له دور حاسم في تقليل مغنطة التشبع للكوبالت، حيث يمكن أن يشكّل طبقة فيرومغناطيسية مضادة تؤدي إلى تقليل التفاعل المتبادل بين العزوم المغناطيسية للكوبالت، وهذه النتيجة تنقلنا إلى مفهوم حقيقي هو الزيادة في عدم توجيه العزوم المغناطيسية، أو ما يسمى بالتباين المغناطيسي على حساب الترتيب المغناطيسي (انظر الى جدول 3 قبل المعالجة الحرارية). ومقارنةً بالدراسات السابقة، حصل يانغ وآخرون[18] على النتائج التالية (M_s= 14 emu/g)، و(M_r= 1.5 emu/g)، و(H_c= 163 Oe) و(M_r/M_s=0.11). وفي دراسة مهدوي وزملائه،[19] فحصل الباحثون على النتائج التالية: (M_s= 64.7 emu/g)، و(M_r= 20.6 emu/g)، و(H_c= 478 *Oe*) و(M_r/M_s=0.32). أما في دراستنا، فحصلنا على قيم مميزة قبل التلدين للقوة القهرية في العينة S2 (H_c= 477 *Oe*) والعينة S3 (H_c= 489 *Oe*)، وكانت أفضل استقامة للحلقة M_r/M_s في العينة S2 وتساوي 0.34. وقد ازدادت جميع قيم مغنطة الإشباع بعد التلدين، ويعود ذلك إلى إزالة تأثير الأكسجين؛ مما يؤدي إلى زيادة التفاعل بين العزوم المغناطيسية، ويكون أكبر عدد منها محاذياً لاتجاه المجال؛ ونتيجةً لذلك قل تأثير التباين المغناطيسي (انظر إلى جدول 3 بعد المعالجة الحرارية). وتم الحصول على نتائج جيدة في العينة S1 بعد المعالجة الحرارية فيما يتعلق بمغنطة التشبع (M_s= 86.38 emu/g) ومغنطة المتبقي (M_r= 9.68 emu/g).

هنالك قيم أخرى يمكن حسابها من المنحني (M-H) مثل ثابت التباين K،[20، 21] وناتج الطاقة BH_{MAX}، وتوزيع تبديل المجال SFD و*S باستخدام المعادلات التالية:

$$K = \frac{H_c M_s}{0\ 96} \quad (9)$$

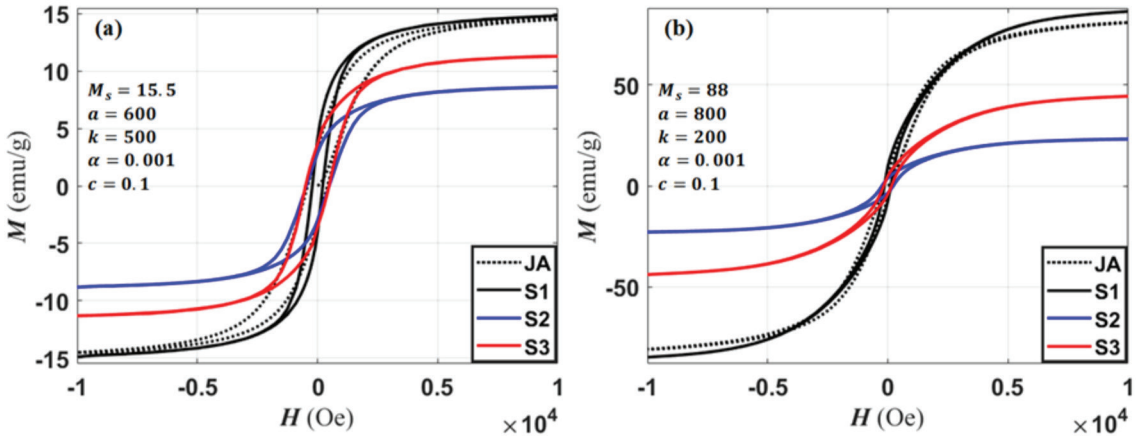
$$(BH)_{MAX} = \frac{M_r H_c}{16\pi} \quad (10)$$

$$SFD = \frac{\Delta H}{H_c} \quad (11)$$

$$\left.\frac{dM}{dH}\right|_{H_c} = \frac{M_r}{H_c(1-S^*)} \quad (12)$$

حيث ΔH يمثل الفرق في المجال عند منتصف القمة للمنحني الناتج من المشتقة الثانية لإزالة المغنطة، و*S يمثل المسافة من المغنطة المتبقية إلى خط المماس لتفاضل المغنطة عند H_c.[22]

ويمكن ملاحظة النتائج في جدول 3، حيث إن هذه القيم مهمة في مغنطة التسجيل وأجهزة البرم الإلكتروني.



شكل 6. حلقة الهسترة المغناطيسية لجسيمات الكوبالت المحضرة بواسطة الاختزال الكيميائي (a) قبل التلدين، (b) بعد التلدين، مع محاكاة السلوك المغناطيسي باستخدام نموذج جايلز-أثيرتون

جدول 3: الخواص المغناطيسية قبل المعالجة الحرارية وبعدها

الخواص المغناطيسية قبل المعالجة الحرارية								
العينة	H_c (Oe)	M_r (emu/g)	M_s (emu/g)	M_r/M_s	K (erg/g)	$(BH)_{MAX}$ (GOe)	SFD	S^*
S1	216	4.08	14.87	0.27	3345.75	173.04	4.36	0.11
S2	477	2.97	8.73	0.34	4337.72	278.17	3.99	0.32
S3	489	3.59	11.31	0.32	5761.03	344.69	3.17	0.29
الخواص المغناطيسية بعد المعالجة الحرارية								
العينة	H_c (Oe)	M_r (emu/g)	M_s (emu/g)	M_r/M_s	K (erg/g)	$(BH)_{MAX}$ (GOe)	SFD	S^*
S1	134	9.68	86.38	0.11	12057.21	254.69	5.49	0.13
S2	235	3.84	23.17	0.17	5671.82	177.19	4.26	0.24
S3	166	4.84	7.668.85	0.11	44.35	4.84	6.31	0.34

6- الخلاصة

تم بنجاح تحضير جسيمات الكوبالت النانوية مع أكسيد الكوبالت بطريقة اختزال الأملاح كيميائياً، حيث يعتبر بوروهيدريد الصوديوم $NaBH_4$ عاملاً ذا فعالية عالية في اختزال أيونات الكوبالت. ولهذه الطريقة العديد من الفوائد؛ حيث تكون بسيطة وغير مكلفة ومن دون إضافات تقنية، كما أنها لا تستغرق زمناً طويلاً للحصول على مسحوق الكوبالت الأسود. وتشير نتائج حيود الأشعة السينية إلى أن التراكيب سداسية ومكعبة، وقد جرى وصف تشخيص العناصر وهيئة الجسيمات (شكلها، وحجمها، وتوزيعها) من خلال تقنيتي FE-SEM وEDS-Mapping. وتُظهر الخواص المغناطيسية قوة قهرية جيدة على حساب التشبع بسبب التباين في توجيه العزوم المغناطيسية الناتج من الأكسجين. وقد أُجريت معالجة حرارية لمدة ساعة بدرجة حرارة 600 °C مع ضخ غاز ممزوج بالأرغون 80% والهيدروجين 20% لتقليل تأثير التباين المغناطيسي والحصول على زيادة في مغنطة التشبع تصل إلى (86.38 emu/g). وفي النهاية، استُخدم نموذج جايلز-أثيرتون لمحاكاة النتائج العملية من حلقة الهسترة للمواد الفيرومغناطيسية وذلك من خلال الاستعانة ببرنامج الماتلاب (MATLAB).

المراجع

1. Zhao Y-W, Zheng RK, Zhang XX, Xiao JQ. A simple method to prepare uniform Co nanoparticles. IEEE Transactions on Magnetics. 2003;39(5, Part 2):2764–2766.
2. Dzidziguri EL, Sidorova EN, Inkar M, Yudin AG, Kostitsyna E V., Ozherelkov DY, et al. Cobalt nanoparticles synthesis by cobalt nitrate reduction. Materials Research Express. 2019;6(10):105081.
3. Al-Senani GM, Deraz NM, Abd-Elkader OH. Magnetic and characterization studies of CoO/Co_3O_4 nanocomposite. Processes. 2020;8(7):844.
4. Arora N, Jagirdar BR. Carbonization of solvent and capping agent based enhancement in the stabilization of cobalt nanoparticles and their magnetic study. Journal of Materials Chemistry. 2012;22(38):20671–20679.
5. Salavati-Niasari M, Davar F. Synthesis of cobalt and cobalt oxide nanoparticles and their magnetic properties. International Journal of Nanoscience. 2009;8(3):273–276. https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0219581X09006195
6. Zola AS, Ribeiro RU, Bueno JMC, Zanchet D, Arroyo PA. Cobalt nanoparticles prepared by three different methods. Journal of Experimental Nanoscience. 2014;9(4):398–405.
7. Singh N, Ansari JR, Pal M, Thanh NTK, Le T, Datta A. Synthesis and magnetic properties of stable cobalt nanoparticles decorated reduced graphene oxide sheets in the aqueous medium. Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 2020;31(18):15108–15117.
8. Khan S, Hossain MK. Classification and properties of nanoparticles. Nanoparticle-based polymer composites. Elsevier; 2022. p. 15–54.
9. Xue G, Bai H, Li T, Ren Z, Liu X, Lu C. Numerical solving method for Jiles-Atherton model and influence analysis of the initial magnetic field on hysteresis. Mathematics. 2022;10(23):4431.
10. Caltun OF. The fitting of magnetic hysteresis curves using the Jiles-Atherton model(II). Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. 2010;12(4):885–891. https://www.researchgate.net/publication/274071865
11. Cullity BD. Elements of X-ray diffraction. Addison-Wesley Publishing; 1956.
12. Sarkar A, Eggert B, Witte R, Lill J, Velasco L, Wang Q, et al. Comprehensive investigation of crystallographic, spin-electronic and magnetic structure of $(Co_{0.2}Cr_{0.2}Fe_{0.2}Mn_{0.2}Ni_{0.2})_3O_4$: Unraveling the suppression of configuration entropy in high entropy oxides. Acta Materialia. 2022;226:117581.
13. Abdullah NA, Ali B, Jabbar H. Study the effect of Tio2 nanoparticles in multilayers of photoelectrode prepared by ball milling technique on the performance of dye sensitized solar cells (Dsscs). Journal of Physics: Conference Series. 2021;1818:012069.
14. Saleh Al-Khazali SM, Al-Salman HS, Hmood A. Low cost flexible ultraviolet photodetector based on ZnO nanorods prepared using chemical bath deposition. Materials Letters. 2020 Oct 15;277:128177.
15. Ali ZK, Mahdi MA. Preparation of Silicon nanowires photocathode for photoelectrochemical water splitting. Iraqi Journal of Physics. 2022;20(4):66–81.
16. Abed AAS, Kasim SJ, Abbas AF. Optical and structural properties of CdS quantum dots synthesized using (MW-CBD) technique. Iraqi Journal of Nanotechnology. 2020;(1):44–52.
17. Mohammed KA, Ziadan KM, Al-Kabbi AS, Saxena KK, Zabibah RS, Alrubaie AJ, et al. Optical, morphological, electrical properties and white light photoresponse of CdSe nanoparticles. Advances in Materials and Processing Technologies. 2022;8(sup4):2289–2298.
18. Yang HT, Shen CM, Su YK, Yang TZ, Gao HJ, Wang YG. Self-assembly and magnetic properties of cobalt nanoparticles. Applied Physics Letters. 2003 Jun 30;82(26):4729–4731.
19. Mahdavi H, Sajedi M, Shahalizade T, Heidari AA. Preparation and application of catalytic polymeric membranes based on PVDF/cobalt nanoparticles supported on MWCNTs. Polymer Bulletin. 2020;77:4489–4505.
20. Fantechi E, Innocenti C, Albino M, Lottini E, Sangregorio C. Influence of cobalt doping on the hyperthermic efficiency of magnetite nanoparticles. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2015;380:365–371.
21. Mohapatra J, Xing M, Liu JP. Inductive thermal effect of ferrite magnetic nanoparticles. Materials (Basel). 2019;12(19):3208.
22. Kalil F, Buschman A. High-density digital recording. NASA Reference Publication. 1985 Sep.

المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.8
المجلة العربية للبحث العلمي، 2024، 1 من 12

ورقة بحثية

الشبكة الكهربائية الذكية ومدى مرونة أنظمة الحماية الكهربائية في ظل التهديدات السيبرانية

فراس العسلي[1]*، نصر النائلي[2]، عوني اطرادات[1]

[1]الجامعة الهاشمية، كلية الهندسة، الزرقاء، الأردن
[2]كلية التقنية للهندسة الكهربائية، بنغازي، ليبيا
Email: ferasasali@hu.edu.jo*

الملخص

في السنوات الأخيرة، مع تزايُد دمج مصادر الطاقة المتجددة وشبكات الاتصال ضمن الشبكة الكهربائية والسعي نحو شبكات ذكية، فإنه ظهرت تحديات جديدة في مجالات التحكم وحماية أنظمة الطاقة. وأيضاً تثير قابلية الشبكات الكهربائية الذكية للهجمات السيبرانية وتأثيراتها المحتملة على استقرار الشبكة قلقاً متزايداً. وتستكشف هذه الدراسة تأثيرات التهديدات السيبرانية من خلال استهداف أنظمة الحماية الكهربائية الذكية والتكيُّفية الخاصة بزيادة التيار (OCR). ويهدف هذا العمل إلى تقييم الهجمات السيبرانية المختلفة على نموذج شبكة كهربائي حقيقي مع تحليل الظواهر العابرة للنظام الكهربائي أثناء عمليات التشغيل المختلفة، والأعطال الفيزيائية. في هذا العمل، يُستخدم برنامج دراسة الظواهر الكهرومغناطيسية (EMTP) لفهم كيفية سلوك الأنظمة الكهربائية خلال الأحداث العابرة. بالإضافة لذلك، أوضح البحث إمكانية استخدام أنظمة الحماية الكهربائية الذكية (IEDs) مع أنظمة اتصالات قليلة التكلفة مثل تقنية الشبكة الواسعة عبر المسافات الطويلة (LoRaWAN) لتعزيز كفاءة الشبكة الكهربائية. وتسلط نتائج تحليلنا الضوء على تقييم الأداء الشامل واستقرار الشبكة في مواجهة الهجمات السيبرانية. على سبيل المثال، في هجوم سيبراني على المغذي الخاص بالأحمال، فشل جهاز الحماية في اكتشاف أن العطل وهمي، وهذا أدى إلى فصل التيار الكهربائي. وبشكل عام، تقدم دراستنا إسهامات كبيرة في تعزيز فهمنا لقضايا الأمن السيبراني في الشبكات الكهربائية الذكية. وتسلط الضوء على ضرورة تنفيذ تدابير حماية محسّنة وتقنيات مرنة للتكيُّف مع تطور المشهد الطاقي نحو الشبكات الذكية.

الكلمات المفتاحية: الشبكة الكهربائية الذكية، التهديدات السيبرانية، الطاقة الشمسية، الحماية الكهربائية الذكية والتكيفية.

Title

Smart power grid and the resilience of protection systems under cyber threats

Feras Alasali[1*], Naser El-Naily[2], Awni Itradat[1]

[1]Electrical Engineering, The Hashemite University, Zarqa, Jordan
[2]College of Engineering and Electronics Technology, Benghazi, Libya

Abstract

In recent years, with the increasing integration of renewable energy sources and communication networks into the modern power grid, and the transition towards smart grids, new challenges have emerged in the fields of power system control and protection. The vulnerability of smart grids to cyber assaults and their potential for disrupting grid stability have become a great concern. This study explores the effects of cyber threats by targeting intelligent and adaptive protection systems, related to overcurrent protection relay (OCR). The objective of this work is to assess different cyber attacks on a real power grid model, analyzing transient phenomena during different operational scenarios and physical faults. In this work, the Electromagnetic Transients Program (EMTP) is employed to understand the behavior of electrical systems during transient events.

Received 19 March 2024; accepted 24 June 2024; published 31 October 2024

© 2024 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Alasali F, El-Naily N, Itradat A. Smart power grid and the resilience of protection systems under cyber threats. Arabian Journal of Scientific Research 5:2.8. https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.8

In addition, the study highlights the possible application of Intelligent Electronic Devices (IEDs) such as OCRs with economic communication technologies, Long-Range Wide Area Network (LoRaWAN), to improve the effectiveness of the power grid. The investigation and results of the study provide insights into the thorough assessment of the smart power network's performance and resilience under cyber threats. For instance, in a cyber-attack on the load feeder, the protection device failed to detect the unreal fault, resulting in the disconnection of the healthy feeder. Overall, our study provides significant contributions to advancing the understanding of cyber security issues in smart grids, emphasizing the importance of implementing enhanced protective measures and resilience techniques to improve the performance of smart grid models.

Keywords: smart grid, cyber threats, PV, intelligent and adaptive power protection

1- المقدمة

تطورت الشبكات الكهربائية من شبكات بسيطة ومحلية إلى شبكات واسعة النطاق، تمتد في كثيرٍ من الأحيان عبر عدة دول أو حتى قارات كاملة. على الرغم من أهميتها للمجتمع والمدن الحديثة، إلا أن قطاع الطاقة في كثيرٍ من الدول تأخر في التكيف مع التكنولوجيا الرقمية؛ بسبب حجمه، والتكلفة العالية أو معوقات تشريعية، حيث يتم تصنيف الشبكات الكهربائية على أنها بنية تحتية حيوية في العديد من البلدان.[2,1] بالإضافة لذلك، يواجه النظام الكهربائي الحالي تحديات كبيرة نتيجة للحاجة لربطه مع مصادر الطاقة المتجددة وزيادة الكفاءة والاعتمادية في الشبكات الكهربائية، والذي يتطلب إدارة متقدمة وذكية لتدفقات الطاقة ذات الاتجاهين مثل مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية.[3] ومن هنا تبرز الحاجة إلى ضرورة أتمتة الشبكة الكهربائية القائمة والتوجيه نحو شبكة كهربائية ذكية، والتي يتم تعريفها على أنها: تحديث لنظام الشبكة الكهربائية وإدماج تكنولوجيا المعلومات والاتصال (ICT) ضمن عملياتها بما يضمن إمكانية التخاطب والتحكم بالاتجاهين من قبل منتج ومستهلك الطاقة الكهربائية، وبما يضمن مراقبة وحماية التحسين التلقائي في عمل عناصر الشبكة الكهربائية- من أنظمة التوليد (المركزية والموزعة)، وشبكة الجهد العالي والمتوسط ونظام التوزيع إلى المستخدمين الصناعيين وأنظمة التحكم في المباني، وأنظمة تخزين الطاقة وصولاً إلى المستهلكين[4].

حديثاً، قطاع الطاقة الكهربائية يتقدم باستمرار في العديد من الدول من خلال دمج تقنيات أساليب التحكم ونقل البيانات عبر شبكات الاتصال المفتوحة، وتطوير تدابير الأمان لشبكات الاتصال من خلال الأنظمة الذكية. وذلك بهدف تعزيز كفاءة التشغيل والاعتمادية، حيث يمكن لمشغلي نظام الطاقة أداء المهام التشغيلية والتحكم بناءً على البيانات المجمعة من الشبكة الكهربائية والمستهلكين والمنتجين للطاقة. على سبيل المثال، يمكن لنظام الأتمتة المتقدم في أنظمة الحماية الكهربائية الذكية (IEDs) تحديد وعزل أماكن الأعطال الكهربائية عن طريق تفعيل أجهزة الحماية وإرسال معلومات الخلل إلى مركز التحكم. ونظراً لتغطية شبكات الطاقة لمناطق جغرافية واسعة، يتم إنشاء مسارات اتصال بين المواقع البعيدة ومراكز التحكم من خلال شبكات عامة وخاصة متنوعة (مثل الألياف البصرية، والتردد الراديوي/ الميكروويف، والخلوي).[6,5]

ومع ذلك، يظهر أن دمج التقنيات الجديدة يُعَرِّض أنظمة الطاقة لتحديات أخرى. على سبيل المثال، إدماج مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء يُعَدُّ حلّاً واعداً لقضايا التلوث والبيئة. ومع ذلك، تشير تشغيل أنظمة الطاقة باستخدام هذه المصادر إلى أداء غير مرضٍ لاستقرار التردد بسبب الطبيعة المتقطعة لتوليد الطاقة من هذه المصادر.[7] علاوةً على ذلك، تم تطوير تقنيات التحكم والمراقبة عن بعد معتمدة على تكنولوجيات مثل «إنترنت الأشياء (IoT)»، مما يُدخِلُ ثغرات محتملة للهجمات السيبرانية. وبالتالي، من منظور تشغيل نظام الطاقة الكهربائي، يعتبر تحسين الاستقرار وتطوير تحكم النظام الكهربائي القائم ضد الهجمات من المجالات الهامة التي تتطلب البحث المستمر. في الشبكات الذكية، يوجد أيضاً إمكانية للتعرض للهجمات السيبرانية، مما يتيح الوصول غير المصرح به للمهاجمين وتمكينهم من التدخل في التشغيل العادي للشبكة.[8,7] ويمتلك القراصنة الإلكترونيون القدرة على التسلل إلى شبكات اتصال أنظمة الطاقة الكهربائية وإقامة اتصالات مع نقاط الوصول في بنية نظام الطاقة؛ مما يؤدي إلى عواقب خطيرة. ونتيجة لذلك، تم التعرف على أمان الشبكات الذكية كقضية حرجة وملحة في الشبكات والمدن الذكية.

في الشبكة الكهربائية الذكية، تتشابك تقنيات المعلومات والاتصالات بشكل وثيق مع الأجهزة الفعلية نفسها، وتربط بين المستويات السيبرانية والفيزيائية في هذه الشبكة الكهربائية. ومع ذلك، بسبب اعتمادها على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، فإن شبكات الطاقة الحديثة عرضة للهجمات السيبرانية. وبالتالي، نظراً لزيادة الترابط والتعقيد اللذَّيْن تتمتع بهما الأنظمة الحديثة، فإن أنظمة الطاقة الحديثة أكثر عرضة للهجمات، مما يزيد من الحساسية تجاه حوادث مثل انقطاع التيار، وعطل أجهزة الحماية، وانقطاعات الاتصالات بسبب الأخطاء الأساسية في النظام. ومن الضروري تقييم وقياس الضعف والمرونة في النظام قبل اتخاذ التدابير الوقائية لحماية عمليات نظام الطاقة. لذلك، هدف بحثنا هو التحقيق في مخاوف الأمن السيبراني في الشبكة الكهربائية الذكية، والتي تعتبر أساسية لبناء شبكات المعلومات، وقد تم التعرف عليها كأولوية قصوى في تصميم الشبكة الذكية. وهدفنا هو تقديم نظرة عامة على التهديدات المحتملة للأمان السيبراني وتسليط الضوء على تحديات البحث في الشبكة الذكية.

1-1 الشبكة الكهربائية الذكية: المفهوم والمتطلبات

الشبكة الكهربائية الذكية هي شبكة كهربائية متقدمة تستخدم تقنيات الاتصال الرقمي للكشف عن التغيرات في استهلاك الطاقة الكهربائية وأنماط التشغيل والاستجابة لها في الوقت الحقيقي. فهي تجمع بين تقنيات المراقبة والرصد والتحكم المتقدمة مع البنية التحتية التقليدية للشبكة الكهربائية، مما يسهل الاتصال الثنائي الاتجاه والتنسيق في الوقت الحقيقي بين المستهلكين والمرافق والمشغلين. وتهدف الشبكة الذكية إلى تحسين فعالية الشبكة الكهربائية وموثوقيتها واستدامتها وسلامتها، مع تسهيل دمج أنظمة الطاقة المتجددة، والمركبات الكهربائية.[4] في الشبكة الكهربائية الذكية، توجد مصادر طاقة متعددة مثل: الشمس، والرياح، والمحطات الكهرومائية، والوقود الأحفوري، والنووية. وتشمل مكونات نظام الشبكة الذكية، أجهزة القياس الذكية، ونظام التحكم الإشرافي وجمع البيانات، ونظام إدارة التوزيع والطاقة. وتتعاون هذه المكونات لمراقبة الطاقة الكهربائية، والتحكم فيها، والتشغيل القياسي لتدفقها. ولضمان أمان نظام الطاقة الذكي، فإنه يجب توفير تقنيات الأمن السيبراني لحماية الشبكة الذكية[5].

بنية الشبكة الذكية معقدة وتشمل مكونات الاتصال والطاقة، حيث إنها تسعى إلى الوصول إلى الإدارة والصيانة الفعالة والأمثل، بالإضافة إلى تحسين استخدام الأصول وتقليل تكاليف الطاقة. وتعتبر عمليات الشبكة الذكية ضروريةً لضمان تقديم طاقة كهربائية ثابتة وآمنة واقتصادية. وتشمل بعض الإجراءات في هذه الأنشطة الحماية، والمراقبة، والتحليل، والتحكم.[9] وإحدى الفوائد الرئيسية لنظام الشبكة الذكية هو أنه يَستخدم التكنولوجيا المتقدمة لحل المشكلات بسرعة وكفاءة، مثل أجهزة التحكم التلقائي وأنظمة الاستشعار. والاتصال في الوقت الحقيقي ومنخفض التأخير ضروري لأفضل تشغيل لشبكة ذكية. ويمكن دمج المرحلات، والمستشعرات، والعدادات الذكية في خطوط الطاقة لتحسين قدرات التحكم والمراقبة؛ مما يؤدي إلى إمداد طاقة أكثر استقراراً وجودة.[10] ويمكن الاعتماد على الطاقة من الشبكة الذكية لتوفير الكهرباء بشكل موثوق وبتكلفة منخفضة، ويمكن استخدام الأصول بفعالية، وتوفير الطاقة، وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة، ودمج أنظمة الطاقة المتجددة، من بين فوائد أخرى. وتشمل الفوائد الأخرى الرئيسية تحسين الاتصال، وتقليل الطاقة المفقودة أثناء النقل والتوزيع، والتحكم الذاتي الفوري، والاتصال الثنائي الاتجاه، وشبكة طاقة آمنة سيبرانياً، واستخدام مصادر الطاقة المتجددة، والتخزين الضخم للطاقة، وتوفير الكهرباء باستمرار، وإدارة الطلب، ودمج الأجهزة الاستهلاكية، والتسعير القائم على السوق للكهرباء، والمراقبة المستمرة للصيانة الوقائية.[11]

2-1 متطلبات الأمن السيبراني للشبكة الذكية

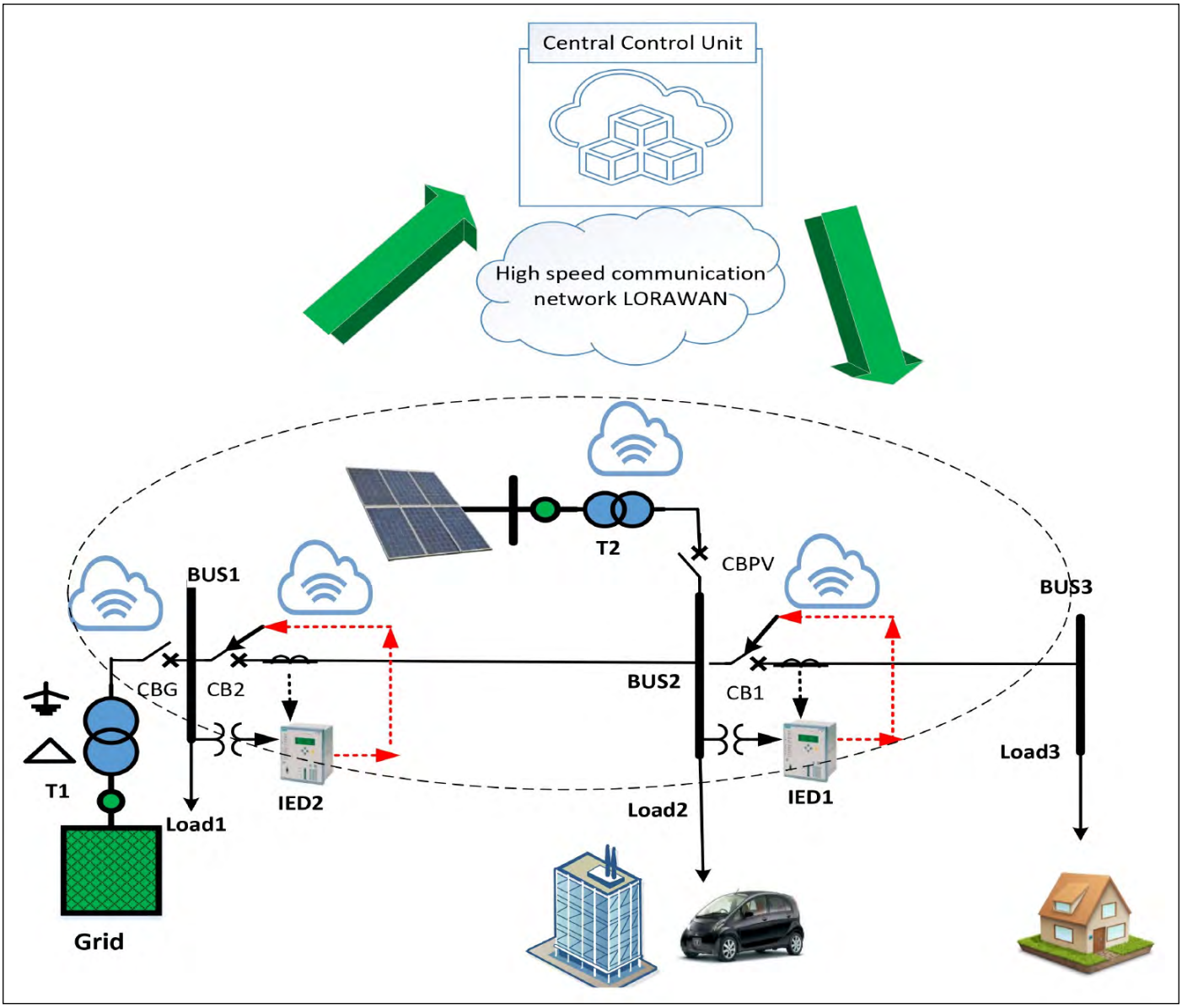
بينما تركز شبكات تكنولوجيا المعلومات التقليدية على السرية والسلامة على حسب التوفر، فإن شبكات التكنولوجيا التشغيلية تركز على توفر الخدمة المقدمة. في حالة الشبكات الذكية، تكون الخدمة الرئيسية هي توصيل الطاقة بكل موثوقية.[12] ونظراً لتزايد تكرار الهجمات السيبرانية، فمن الضروري تطوير تقنيات كشف وتخفيف خاصة بالشبكة الذكية. ويسمح هذا بتحديد وإزالة الثُّغرات الأمنية؛ مما يعزز في النهاية موثوقية نظام الشبكة الذكية. ولمنع الوصول غير المصرح به إلى الشبكات الخاصة، يتم عادةً تنفيذ الجدران النارية خلف نقاط الوصول مثل الموجهات وبوابات الإنترنت لتصفية حركة المرور الواردة. وتقوم الجدران النارية بفحص وحذف الحزم المشبوهة مثل عناوين المصدر/الوجهة، وأرقام المنافذ، وتأخير الوقت. مع ذلك، تعتمد فعالية الجدران النارية على مجموعة قواعد محددة مسبقاً. ويمكن تخصيص الجدران النارية التجارية بمجموعة متنوعة من القواعد، والتي تتعارض في كثير من الأحيان ويصعب تطويرها بدقة دون فهم شامل لجميع أصول الشبكة والاتصالات المصرح بها. وتتعقد هذه العملية أكثر بسبب اعتماد البنية التحتية على منصات برمجية خاصة.[11] ومع ذلك، فإن الجدران النارية تعاني من عدد من العيوب، بما في ذلك نقص الأمان ضد الاتصالات المزيفة (التي قد تخدع قواعد التصفية) واحتمال وجود ثُغرات برمجية يمكن استغلالُها من قبل المهاجمين. لذلك، فإن النُّهُج البديلة لأمن الشبكة، مثل أنظمة الكشف والتخفيف من الاختراق، مطلوبة لتوفير حلول أمنية شاملة وفعالة لأنظمة الشبكة الذكية.[11,12] واستخدام الجدران النارية لتأمين حركة مرور الشبكة في شبكة واسعة النطاق غالباً ما يكون غير عملي؛ لأنها قد تسبب تأخيراً مفرطاً. ويعد تنفيذ تقنيات الحماية التشفيرية داخل بروتوكولات الاتصال أمراً مهمّاً لضمان خصوصية وأمان بيانات الشبكة.[11] ومع ذلك، فإن العديد من بروتوكولات الاتصال والمعدات المستخدمة في صناعة الطاقة مثل أنظمة الحماية الخاصة بالشبكات الكهربائية- والتي تم بناؤها قبل أن يصبح الأمن السيبراني قضية بارزة- قد تفتقر إلى حماية تشفير قوية.

2- هدف البحث

في هذا السياق، يركز هذا البحث بشكل أساسي على جوانب استخدام أنظمة الحماية الكهربائية الذكية (IEDs) مع أنظمة اتصالات قليلة التكلفة (LoRaWAN) لتعزيز كفاءة الشبكة الكهربائية. حيث إن تقنية الشبكة الواسعة عبر المسافات الطويلة (LoRaWAN) هي تقنية اتصال لاسلكية تم تطويرها خصيصاً للاتصال عبر مسافات طويلة مع استهلاك طاقة أدنى. بالإضافة إلى ذلك سيتم دراسة أثر الهجمات السيبرانية وتأثيرها الفيزيائي على الشبكة الكهربائية. حيث إن نطاق هذا البحث قد تم تناوله من قِبل عدد محدود من الأبحاث، وخاصة ما يتعلق بنماذج الحماية الذكية الخاصة بالشبكات الكهربائية الذكية والمدمجة مع أنظمة طاقة متجددة وهي الخلايا الشمسية (PV). وبناءً على ذلك، يتناول هذا البحث الفجوات البحثية الخاصة باستخدام أنظمة حماية ذكية مع أنظمة اتصالات قليلة التكلفة لزيادة كفاءة الطاقة، ودراسة سيناريوهات مختلفة للهجمات السيبرانية للتحقق من تأثيرها على حماية أنظمة الطاقة والتحكم الذكي بها. ثانياً، يهدف هذا العمل إلى تقييم هجمات سيبرانية مختلفة على نموذج شبكة حقيقي. وأخيراً، هدفنا هو تحليل الظواهر العابرة للنظام الكهربائي أثناء عمليات التشغيل المختلفة، والأعطال. في هذا العمل، يُستخدم برنامج دراسة الظواهر الكهرومغناطيسية (EMTP) لفهم كيفية سلوك الأنظمة الكهربائية خلال الأحداث العابرة. ونظراً لأن هذا العمل يركز على تقييم استقرار أنظمة الطاقة، فقد تم اختيار EMTP بسبب قدرته على محاكاة وتحليل عوامل مثل استقرار الجهد واستقرار زاوية الدوران واستقرار التيار ضمن زمن مستمر.

3- نظام الحماية من زيادة التيار (OCR) التكيفي والذكي

تلعب أنظمة الحماية الكهربائية (المرحلات) الخاصة بزيادة التيار OCR مسؤولية عالية في تكوين نظام الحماية للشبكة الكهربائية؛ فهي مسؤولة عن اكتشاف حدوث أخطاء في الشبكة وضمان فصل سريع للأجزاء المتأثرة في الشبكة الكهربائية. ومن أجل تيسير التنسيق الفعّال، تتضمن هذه المرحلات عادة مرحلاً احتياطيّاً لنظام الحماية الأساسي، كما هو موضح في شكل 1. ومع ذلك، في أنظمة الشبكة الذكية مع أنظمة الطاقة المتجددة، يصبح تنفيذ آليات الحماية أكثر تعقيداً.[13,8] لذلك، يتعين توفير أنظمة OCR التكيفية لاستيعاب التقلبات الديناميكية في الهيكلية، والتوليد، والحمل عن طريق تغيير واستخدام مجموعات إعداد المراحل المختلفة.[13] الحماية التكيفية هي تعزيز حيوي لنظام الحماية الكهربائية، حيث إنه مصمم ليعمل بشكل ديناميكي مع تطور ظروف وطرق تشغيل وإدارة نظام الطاقة. ويُقدم هذا البحث ويقيم نظام الحماية التكيفية الحديثة. شكل 1، يوضح المكونات الأساسية للشبكة الكهربائية الذكية من نظام الحماية من زيادة التيار (OCR) التكيفية والذكية، وأنظمة الطاقة المتجددة، والسيارات والأحمال الكهربائية المختلفة.[15,14]

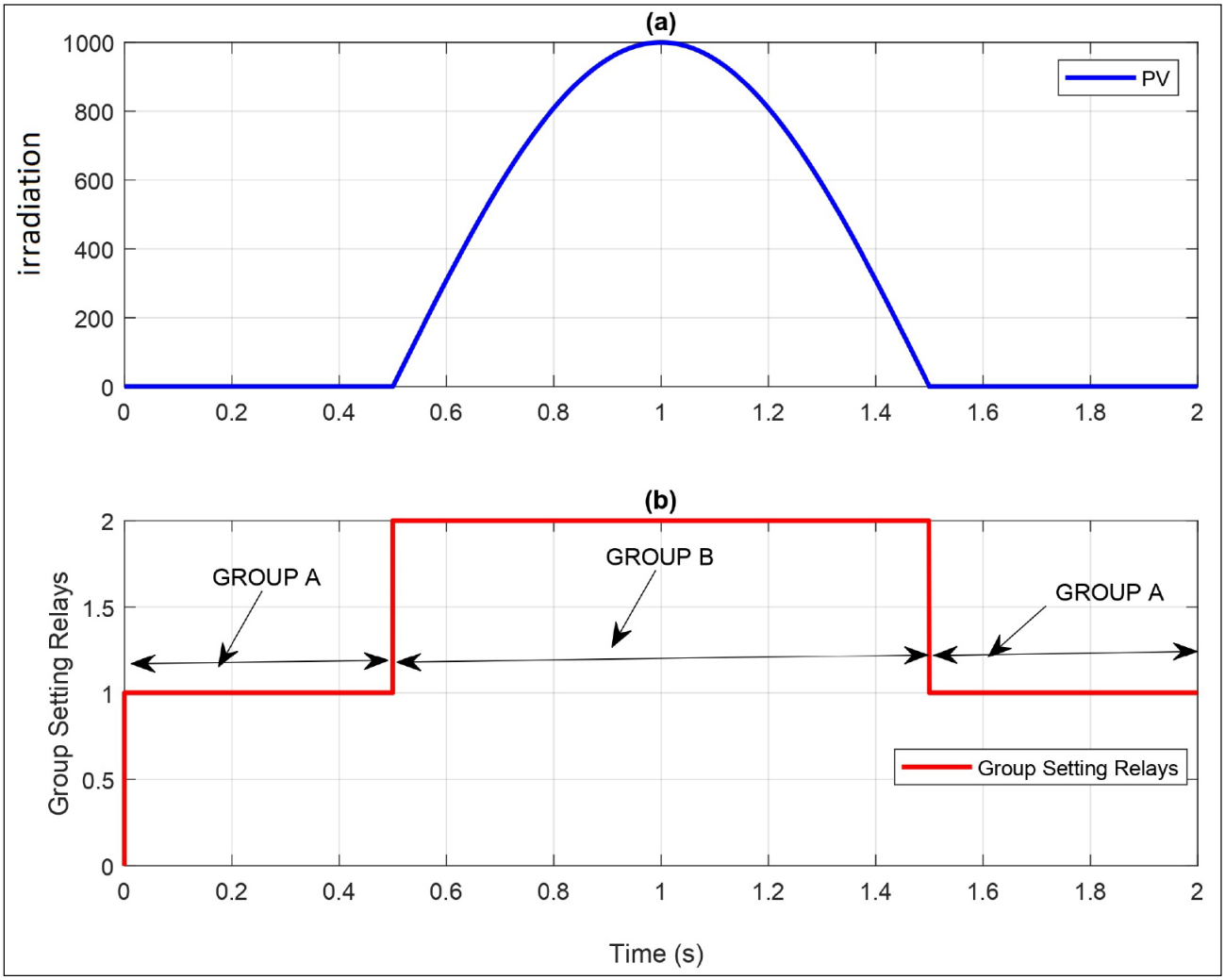


شكل 1. نموذج للشبكة الكهربائية الذكية مع نظام الحماية من زيادة التيار (OCR) التكيفية والذكية، أنظمة الطاقة المتجددة، السيارات والأحمال الكهربائية المختلفة

تم تصميم نظام الحماية التكيفي بناءً على الوضعية التشغيلية للشبكة، كما هو موضح بجدول 1 وشكل 2. حيث يتم باستخدام نظام الحماية من زيادة التيار (OCR) التكيفية والذكية تحديد مجموعة الضبط الخاصة بمرحلات الحماية (OCR) بناءً على الوضع التشغيلي للشبكة مع أو بدون أنظمة الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية. إن هذه الطريقة تساعد بحل مشكلات تنسيق بين المرحلات OCRs موجودة في الشبكات الكهربائية الذكية مع وجود أنظمة طاقة متجددة، وأيضاً يهدف لتحقيق أعلى حساسية للأعطال وفصلها ضمن أعلى معايير الاعتمادية.[15]

جدول 1: نظام الحماية التكيفي بناء على الوضعية التشغيلية للشبكة الكهربائية

ربط أنظمة الطاقة الشمسية	الشبكة الكهربائية من المشغل	مجموعة الضبط
لا	نعم	A
نعم	نعم	B



شكل 2. مجموعات الضبط الخاصة بنظام الحماية من زيادة التيار (OCR) التكيفية والذكية وفقاً لربط أنظمة الطاقة المتجددة

1-3 تقنية الشبكة الواسعة عبر المسافات الطويلة (LoRaWAN)

إن تطوير آليات الحماية المبتكرة والذكية المرتبطة بأنظمة الطاقة قد لا يكون كافياً؛ حيث إنه يجب نشر البنى التحتية للاتصال بشكل مناسب لتوفير القدرات التنسيقية المطلوبة بين أنظمة الحماية المختلفة وتحقيق أعلى مقدار من الفائدة. في هذا السياق، تم اقتراح حلولٍ متنوعة من الألياف البصرية إلى اتصال التيار الكهربائي والحلول اللاسلكية.[17،16] ومع ذلك، على الرغم من توفر مجموعة كبيرة من أنظمة الاتصال ذات القدرات العالية في السوق، فقد تعاني عملية التبني لهذه الأنظمة من قيود مختلفة. حيث إنه قد يتطلب استخدام البنى التحتية السلكية، على سبيل المثال، مثل الألياف البصرية أو شبكات الإيثرنت، تكاليف عالية، خاصة في الأنظمة المعقدة. وعلى الجانب الآخر، يقتصر استخدام تقنية اللاسلكية (WIFI) على التطبيقات ذات المدى القصير، وسيتطلب تطبيقها في بيئات هجينة (على سبيل المثال، بين طوابق مختلفة في نفس المبنى) اعتماد أجهزة متعددة، مما يزيد من التكاليف الإجمالية.

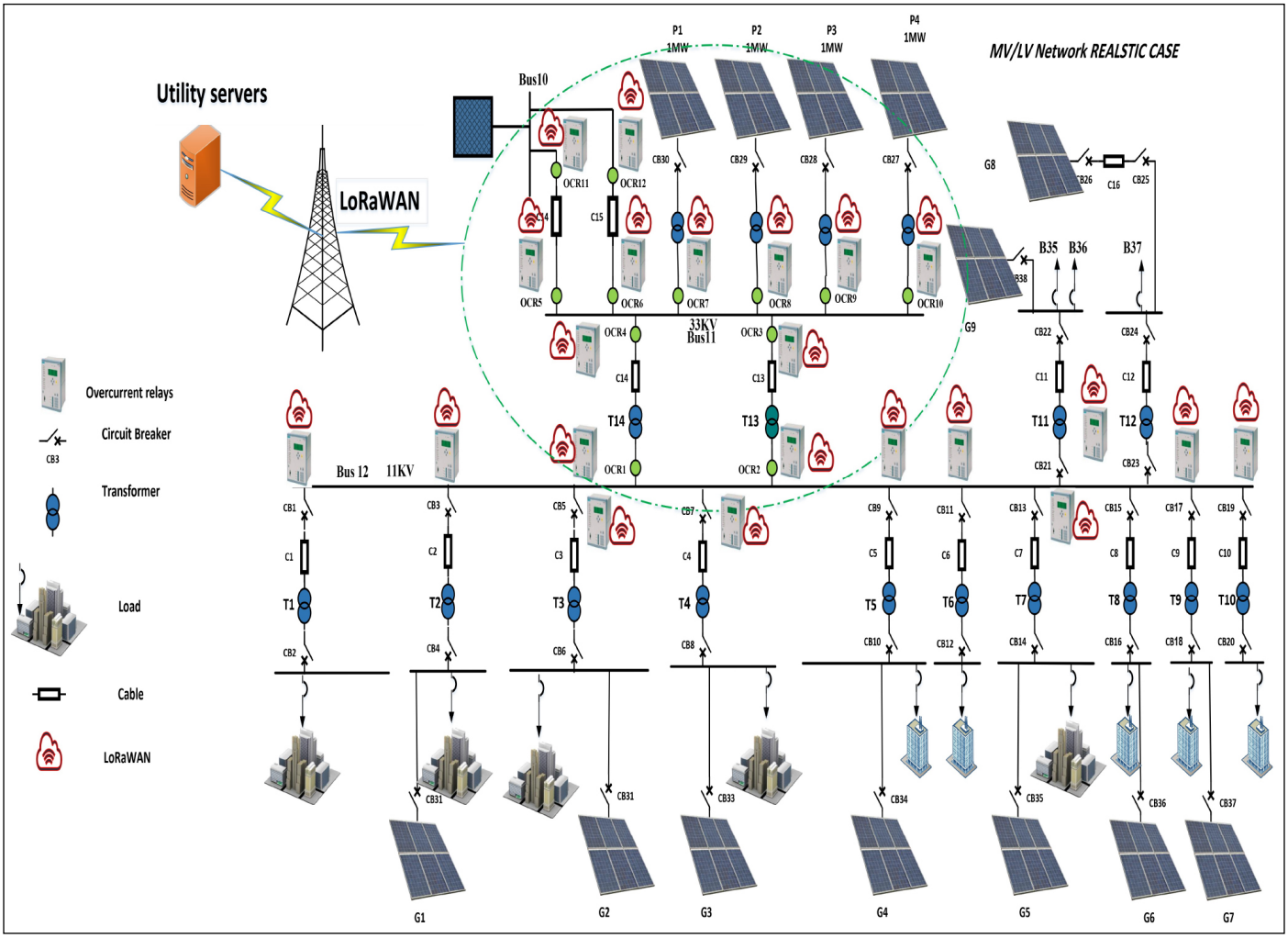
في هذا البحث، تم استخدام حلٍّ لاسلكيٍّ منخفض التكلفة، وتحديداً تقنية الشبكة الواسعة عبر المسافات الطويلة (LoRaWAN)، لتيسير تنسيق أنظمة الوقاية التكيفية. وتم اختيار تقنية LoRaWAN نظراً لتكلفتها المنخفضة وتنفيذها البسيط وقدراتها الجيدة في التغطية. وتُعتبر تقنية LoRaWAN وسيلة اتصال لاسلكية تستخدم عادة في بروتوكولات مثل شبكات إنترنت الأشياء (IoT)، وتعتمد على نوع من تقنية انتشار الطيف الزيني المتغير لنقل الرسائل. وتتمتع هذه التقنية بالقدرة على الوصول لسرعة نقل 20-50 كيلوبت في الثانية، اعتماداً على عامل الانتشار وعرض النطاق.[17،16] ومن المهم أن تسمح تقنية LoRaWAN باستقبال الرسائل المرسلة باستخدام عوامل انتشار مختلفة بواسطة محطات قاعدة LoRa بشكل متزامن. وبشكل عام تعمل تقنية LoRaWAN في نطاقات تردد أقل من نطاق الجيجا هيرتز. وهذه التقنية تتميز بقدرتها على تغطية مسافات واسعة ما بين 15-18 كيلومتراً مع الحفاظ على استهلاك منخفض للطاقة.[17،16] ويمكن لبوابة LoRa واحدة (gateway) توفير تغطية لمناطق واسعة تمتد على مسافات مئات الكيلومترات المربعة. ويُشدد على أهمية أن مقدار التغطية الفعلي يعتمد على عدة عوامل بيئية محددة (حالة الطقس) والعوائق التي تواجهها في كل موقع. وبناءً على هذه المواصفات التقنية يمكن أن نستنتج أن هذا النوع من الاتصالات مناسب لشبكات الاستشعار اللاسلكية، بمدى يصل إلى عدة كيلومترات.[17] في جدول 2، تم تقديم أجهزة حماية حديثة تعمل باستخدام تقنية الاتصال اللاسلكية LoRa[17،16] والسلكية Fiber-optic، وتميزت تقنية LoRa بأنها احتاجت لزمن أقل لتحييد العطل مقارنة بالشبكة السلكية. ومن المهم أن نشير إلى أنه على الرغم من أن استخدام تقنية LoRaWAN لتنسيق قواطع الدوائر في شبكات توزيع الجهد المتوسط (MV) كما في دراسة صن وآخرون،[12] وبعض أنواع الحمايات،[17] إلا أن تحقيق تطبيقها لأنظمة الوقاية التكيفية الخاصة بزيادة التيار OCR لم يتم استخدامه.

جدول 2: نظام الحماية التكيفي بناء على الوضعية التشغيلية للشبكة الكهربائية

المرجع	الحماية الكهربائية	شبكة الاتصالات المستخدمة	الزمن اللازم للاستجابة للعطل حسب نظام الاتصالات
[13]	التفاضلية	IoT-LoRaWAN	1.22 ميلي ثانية
[12]	التيار والجهد	IoT-LoRaWAN	1.22 ميلي ثانية
[16،15]	التفاضلية	Fiber-optic	4-3 ميلي ثانية

4- نموذج الشبكة الكهربائية الذكية والتهديدات السيبرانية

تقوم الشبكة الكهربائية المستخدمة في هذه الدراسة بناءً على مواصفات ومكونات شبكة كهربائية حقيقية، والتي تم محاكاتها باستخدام أداة EMTP، كما هو موضح في شكل 3. وتتألف الشبكة من مجموعة من مصادر الكهرباء التقليدية، التي تُمثلها خط الشركة المحلية للطاقة الكهربائية (33 KV)، ومزرعة طاقة الشمسية بسعة إجمالية تبلغ 4 ميجا واط فعلي، والتي ترتبط بخطوط الـ 33 KV عبر 4 محولات، والشبكة محمية باستخدام 12 مرحلاً للكشف عن التيار الزائد OCR، وتتألف هذه المزرعة من أربع مناطق تُعرف باسم P1 إلى P4، حيث يبلغ إجمالي سعتها 1 ميجا واط لكل واحدة، كما هو موضح في شكل 3، ويتوفر محولان أساسيان بجهد 11/33 KV، للشبكة ذات الجهد المنخفض. بالإضافة إلى ذلك، يُسهم نظام الطاقة الشمسية المتصل بالشبكة من جانب الجهد المنخفض في تلبية احتياجات الطاقة لشبكة التوزيع بشكل مباشر. ويوزِّع اثنا عشر محول توزيع (T1 إلى T12: 11/0.415 KV) الطاقة اللازمة إلى 37 مبنى، المعروفة بأسماء B1 إلى B37. وتمتد الشبكة الكهربائية ذات الجهد المنخفض الواسعة على مساحة تقدر بحوالي 34475 كم مربع، تشمل 37 مبنى وتدعم استهلاك طاقة سنوي يقدر بحوالي 8.5 جيجا واط ساعة.



شكل 3. نموذج الشبكة الكهربائية الذكية المقترح ويشمل الشبكة الكهربائية الفيزيائية (شبكة فعلية) ونظام الاتصالات لتكوين الشبكة الذكية والتهديدات السيبرانية

1-4 الهجمات السيبرانية المقترحة

يرجع استخدام أنظمة الحماية الذكية والتكيفية، إلى أن الإستراتيجيات التقليدية للحماية قد تكون غير كافية في التعامل مع التغييرات الخاصة بالشبكة الكهربائية الذكية.[19،18] وتقديم خطط حماية متكيفة يشكل تحدياً كبيراً، وذلك بشكل رئيسي فيما يتعلق بفشل الاتصال، وتخزين إعدادات الحماية، ووظائف المنحنى التشغيلي، والمخاطر السيبرانية. لذلك، يمكن أن يؤثر أي تأخير أو منع لعمل المرحل على استقرار الشبكة. وفي هذا البحث، تم اعتماد هجمات سيبرانية رئيسية عن طريق التغيير والعبث بإعدادات المرحل، حيث يقوم المهاجم بتغيير إعدادات القيمة الخاصة بتيار الضبط (العمل) في المرحل، وبالتالي عدم السماح لأنظمة OCR التكيفية بالعمل

أو عملها دون الحاجة. إن هذا النوع من الهجمات يمكن أن يتم تحقيقه من خلال الهجمات المقترحة التالية:

- الرجل في الوسط (MITM): يتمكن المهاجم من الوصول إلى قنوات الاتصال، مما يتيح له تأخير أو حظر بعض الرسائل.
- إضافة أو حقن البيانات الزائفة (FDI): تنتهك هذه الهجمة نزاهة النظام من خلال حقن بيانات مزورة لتعديل نقاط التعيين وإعدادات الحماية.

5- النتائج

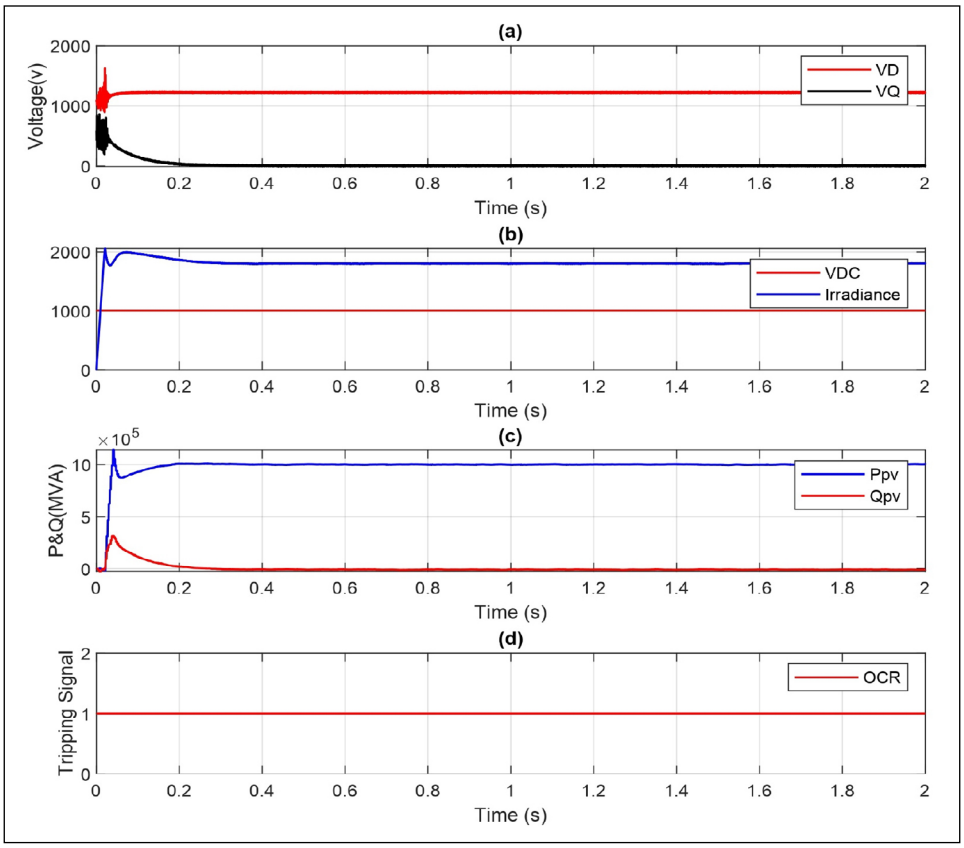
تمت نمذجة نظام الشبكة الكهربائية الذكية، بما في ذلك أنظمة OCR لحماية التيار التكيفية والطاقة الشمسية المتصلة بالشبكة الذكية كما هو موضح في شكل رقم 3، لنموذج الشبكة الكهربائية ذات الفولتية المتوسطة/والمنخفضة (MV/LV). وتم بناء هذا النموذج باستخدام معلومات وقياسات فعلية حقيقية للشبكة الكهربائية. وتهدف الدراسة إلى تحليل مدى مرونة الشبكة الكهربائية تحت تهديدات الهجمات السيبرانية والنتائج الخاصة بالزمن الدقيق والعابر (transient) المتحصل عليها من خلال عدد من سيناريوهات الأعطال الفيزيائية والهجمات السيبرانية على مدى وقت المحاكاة لثانية واحدة أو ثانيتين (حدث عابر)، وضمن زمن للخطوة هو 1 ميكرو ثانية.[20,21] مع العلم بأن نظام الاتصالات LoRa يعمل ضمن مدى عينة تردد (sampling) تبلغ 100 كيلو هيرتز والتي تعادل 10 ميكرو ثانية،[16,22]وإعدادات محولات الطاقة الشمسية تعمل ضمن مدى عينة تردد مقدارها 3.25 كيلو هيرتز، والتي تعادل زمن فصل يقدر بـ 3.07 ميلي ثانية، بالإضافة إلى أن القواطع تعمل ضمن مدى عينة يقدر بنصف دورة للتردد، والتي تكافئ 10 ميلي ثانية.

في هذا القسم تم دراسة وتحليل مدى مرونة الشبكة الكهربائية تحت تهديدات الهجمات السيبرانية، كما يلي:

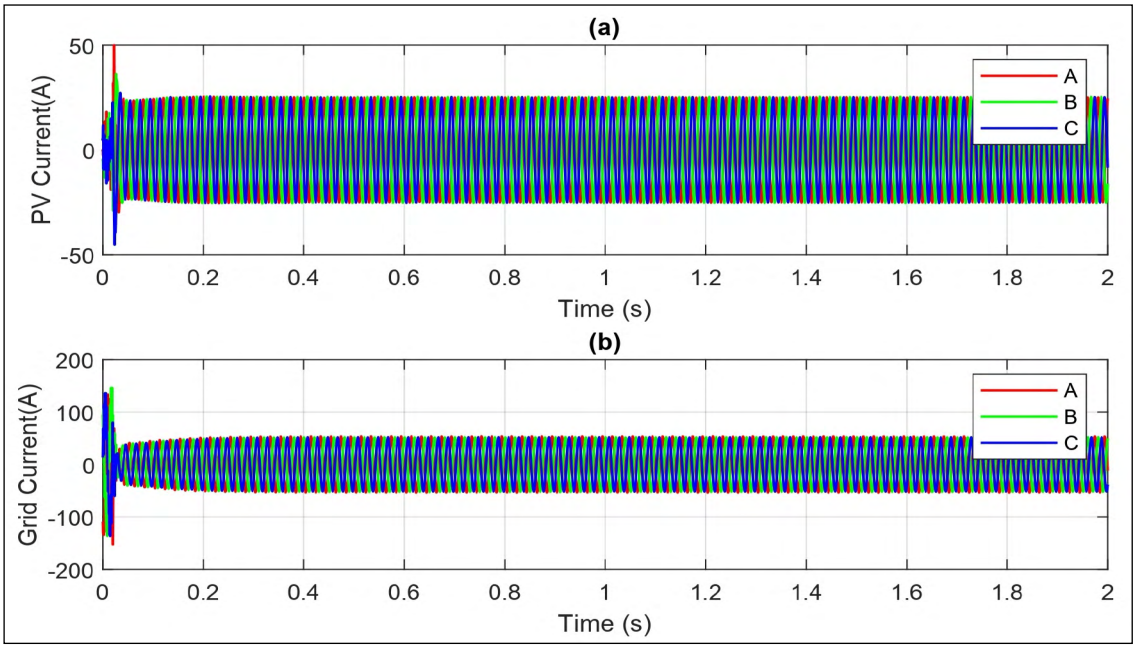
- إجراء تقييم لأداء الشبكة الذكية المقترحة بدون حوادث هجوم سيبراني وتحت التشغيل الطبيعي سواء بدون أو مع أعطال كهربائية فيزيائية.
- بيان تأثير مختلف الهجمات السيبرانية على أداء نظام الحماية (OCR) والشبكة الكهربائية المرتبطة بأنظمة الطاقة المتجددة. ويتم ذلك من خلال عرض النتائج العابرة للشبكة من حيث الجهد والتيار والقدرة الفعالة وغير الفعالة.

5-1 تقييم أداء الشبكة الكهربائية المقترحة في ظروف التشغيل الطبيعية

من أجل تقييم فعالية الشبكة الكهربائية الذكية المقترحة ومعالجة التهديدات السيبرانية المحتملة، تم إجراء فحص لعمل الشبكة في ظروف التشغيل الطبيعية، وأيضاً مع وجود حالات عطل فيزيائية، ولكن دون وجود أيٍّ من الهجمات السيبرانية (قبل حدوث أي هجمات سيبرانية). ويركز هذا القسم بشكل خاص على تقييم الأداء التشغيلي للنظام في ظروف التشغيل العادية. ويتم الحفاظ على مستوى الإشعاع بثبات عند 1000 واط/م^2، وتم تعيين فترة المحاكاة لتكون 2 ثانية لتشمل الأحداث العابرة ضمن نطاق هذا العمل، كما هو موضح في شكل 4 وشكل 5. وتظهر النتائج خلال فترة زمنية أقل من 0.04 ثانية أداء النظام خلال المرحلة العابرة الخاصة بتشغيل وربط نظام الطاقة الشمسية بالشبكة الكهربائية. لاحقاً في حالة الاستقرار، تشير النتائج إلى نظام طاقة مستقر وقدرة فعالة (P_{PV}) لنظام الطاقة الشمسية تساوي 1 ميجا واط، ويبلغ الجهد عند نقطة المحول المنخفض بـ 11 كيلو فولت كما هو واضح بشكل 4. وتم قياس التيار داخل نظام الطاقة الشمسية عند 25 أمبير، حسب شكل 5، مما يؤدي إلى إنتاج طاقة نشطة بمقدار 1 ميجا واط. ويجب التأكيد على أن التحليل يركز على وحدة الطاقة الشمسية الفردية. ويُبرز هذا الفحص الشامل مدى صلابة واستقرار نظام الطاقة الشمسية تحت ظروف التشغيل المثلى، مقدماً رؤى حيوية حول مؤشرات أدائه.

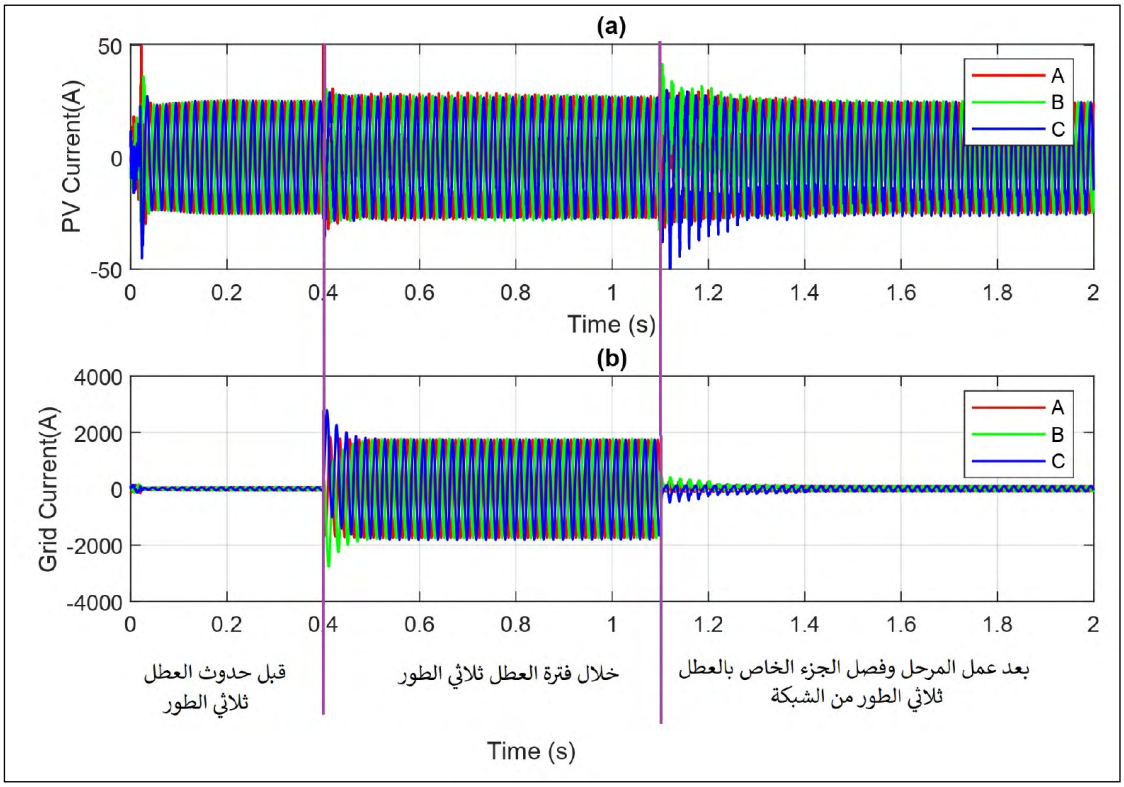


شكل 4. نتائج الشبكة الكهربائية الذكية المقترحة في ظروف التشغيل العادية مع استمرار الإشعاع الثابت ودون وجود أعطال

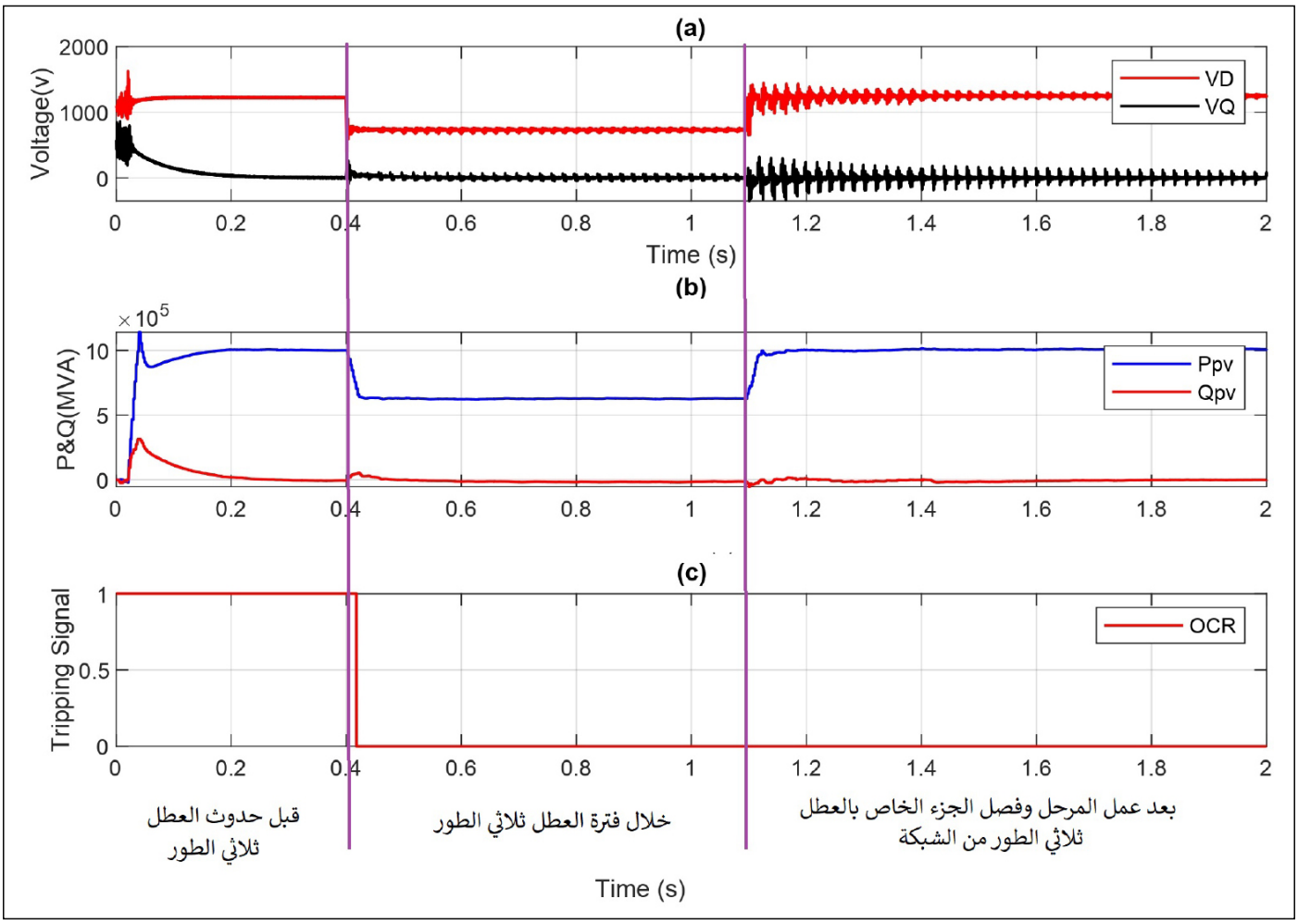


شكل 5. نتائج قياس التيارات الخاصة بالشبكة الذكية في ظروف التشغيل الطبيعية ودون وجود أعطال

ولتقيم أداء نموذج الشبكة الكهربائية، قامت هذه الدراسة بفحص نتائج وعمل أنظمة الحماية الكهربائية تحت تأثير عطل كهربائي. وبالتالي، عند اللحظة 0.4 ثانية، تم تطبيق عطل (ثلاثي الطور) على أحد خطوط الأحمال والتي تعمل بفولتية 11 كيلو فولت، كما هو واضح بشكل 6. وقيمة التيار القادم من المغذي الرئيسي للشبكة ازداد لقيمة تقارب 2000 أمبير، أما شبكة الطاقة المتجددة فكانت مساهمتها بالمقارنة بذلك في تيار العطل بسيطة؛ حيث لم تتجاوز 50 أمبير. ونتيجة لذلك، نلاحظ في شكل 7، حدوث انخفاض ملحوظ في جهد الفعال (VD) إلى 1500 فولت وانخفاض في القدرة الخاصة بالطاقة الشمسية (Ppv) إلى 0.7 ميجا فولت أمبير، خلال الفترة من اللحظة 0.4 إلى اللحظة 1.1 ثانية. وبعد ذلك، عند عمل الحماية الكهربائية وفصل الجزء الخاص بالعطل من الشبكة الكهربائية عند الثانية 1.1، نلاحظ عودة القيم تدريجيّاً في الشبكة للوضع الطبيعي، مع وجود اهتزاز بالقيم لحظة فصل المرحل للجزء المتعطل عن الثانية 1.1.



شكل 6. نتائج قياس التيارات الخاصة بالشبكة الذكية في ظروف التشغيل الطبيعية مع وجود أعطال



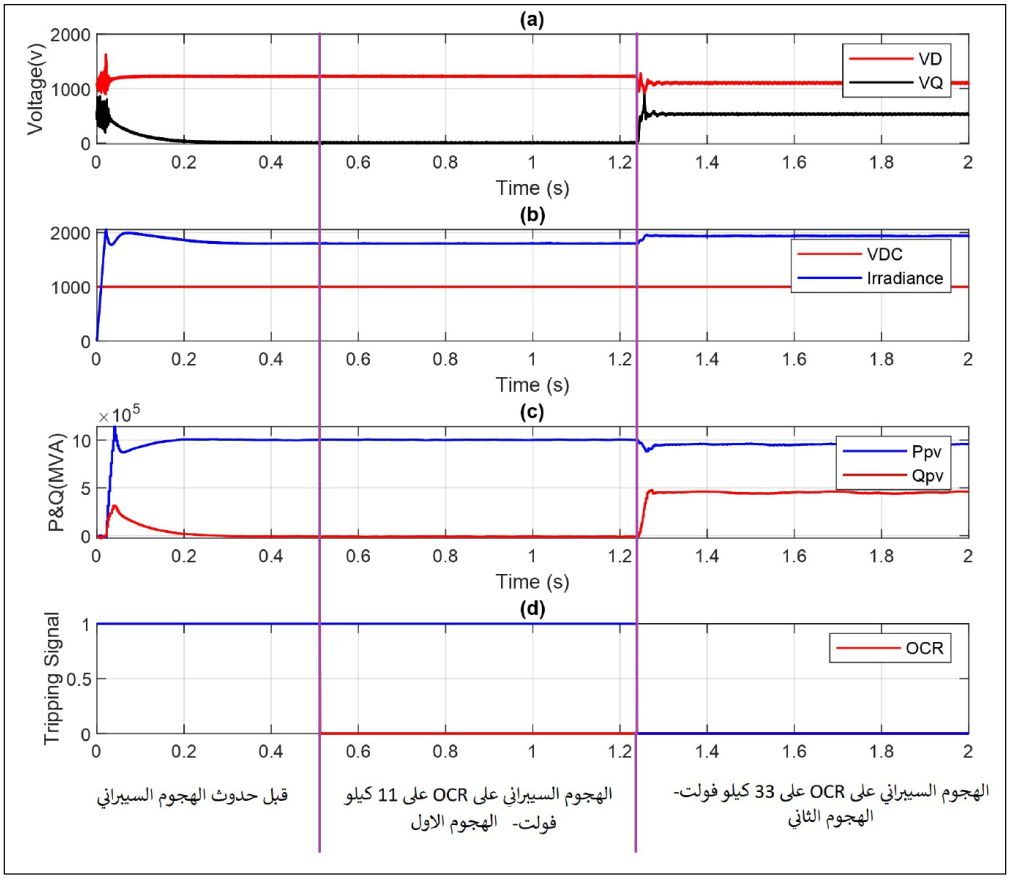
شكل 7. نتائج قياسات الشبكة الذكية في ظروف التشغيل الطبيعية مع وجود أعطال

2-5 تقييم أداء الشبكة الذكية تحت تأثير الهجمات السيبرانية

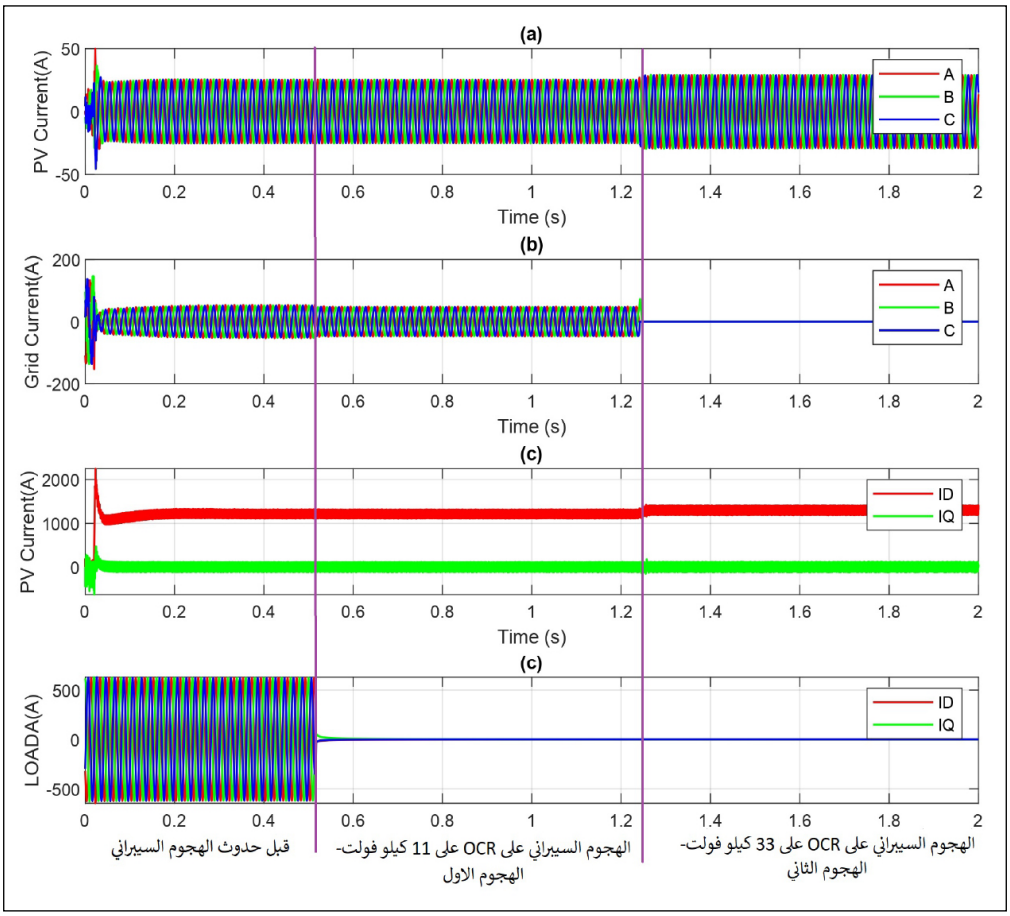
يوجد دوماً تحديات في تنفيذ خطط حماية الزيادة من التيار (OCR) التكيفية، وخاصة في مجال التعامل مع فشل الاتصال وتهديدات السيبرانية. ونتيجة لذلك، يمكن أن يكون لأي حجب أو تأخير في استجابة المرحل OCR الخاص بالحماية، تأثيرات عميقة على استقرار الشبكة. في هذا القسم، يتم التركيز على تحليل تأثير الهجمات السيبرانية التي تستهدف نظام الحماية OCR.

اشتملت إستراتيجية تنفيذ هجوم سيبراني أول على مرحل الحماية الخاص بالحماية على محول الجهد المنخفض من جهة 11 كيلو فولت، وذلك بتغيير إعدادات OCR التكيفي واعتماد قيمة جديدة لتيار الضبط من خلال استخدام البيانات الزائفة (FDI) عند اللحظة 0.5 ثانية، كما هو موضح في شكل 8. وأدى هذا التلاعب، الذي صمم لخفض قيمة تيار الضبط بمعامل مقداره 0.001، وبالتالي فإن التيار الطبيعي في الشبكة سيتم رصده على أنه عطل. ويوضح شكل 8 وشكل 9، أنه مع تغيير الضبط الخاص بالمرحل عند الزمن 0.5 ثانية تم تفعيل الحماية وفصل التيار الكهربائي عن الأحمال المربوط مع المحول ودون أن يكون هناك عطل حقيقي. بالإضافة لذلك، تم رصد تأثر محطات الطاقة الشمسية، وذلك نتيجة أن العطل والهجوم السيبراني حدث في منطقة الأحمال بعيداً عن منطقة التغذية الرئيسية)جهد 33 كيلو فولت). ومن ثم تم هجوم سيبراني ثاني بتغيير إعداد ضبط التيار لـ OCR التكيفي على محول جهد متوسط 33 كيلو فولت في اللحظة 1.3 ثانية عن طريق تعديله وخفض قيمته بمقدار معامل 0.001. كما هو موضح في شكل 8 وشكل 9، وأدى إلى فصل التغذية الرئيسية للشبكة من المزود الرئيسي والاعتماد فقط على نظام الطاقة الشمسية؛ مما سبَّبَ ارتفاعاً مفاجئاً في جهد التيار المستمر.

بشكل عام، قدَّم هذا البحث نتائج وإسهامات في دراسة أنظمة الحماية الذكية والمرونة السيبرانية. ولذلك، أخذت هذه الدراسة في اعتبارها الفجوات البحثية، وقدّمت تحليلاً لنتائج الهجمات السيبرانية، مثل حقن البيانات الزائفة على أنظمة الحماية الكهربائية التكيفية OCR. بالإضافة إلى ذلك، تمت دراسة السلوك العابر في الشبكة الذكية عند تعرضها للهجوم سيبراني؛ وذلك لتعزيز المعرفة الحالية في المجال من خلال إنشاء نموذج دقيق لشبكة كهربائية حقيقية، من خلال استخدام البرنامج الكهرومغناطيسي (EMTP). ويمكن لهذا النموذج اكتشاف الحوادث المؤقتة والإطارات الزمنية في سيناريوهات تشغيل الشبكة المختلفة، بما في ذلك التشغيل الطبيعي، والتشغيل المستمر مع وجود عطل فيزيائي، ومختلف الهجمات السيبرانية.



شكل 8. نتائج الشبكة الذكية المقترحة تحت تأثير الهجمات السيبرانية ودون وجود أعطال فيزيائية



شكل 9. نتائج التيارات في الشبكة الذكية تحت تأثير الهجمات السيبرانية ودون وجود أعطال فيزيائية

6- الخلاصة

ركزت هذه الدراسة على التحديات المتزايدة المرتبطة بدمج مصادر الطاقة المتجددة وشبكات الاتصال، وتحديداً في مجال التحكم والحماية الذكية للشبكات الكهربائية الذكية. وسلطت الدراسة الضوء على قضية الهجمات السيبرانية وتأثيراتها المحتمل على استقرار الشبكة، خاصة في سياق تطور النظم الشمسية المتصلة بالشبكة الكهربائية. وبالإضافة إلى ذلك، تم إجراء تحقيق شامل لنمذجة الشبكة وتأثيرات التغيرات الزمنية تحت سيناريوهات مختلفة للهجمات السيبرانية باستخدام البرنامج الكهرومغناطيسي (EMTP).

وتقدم نتائج البحث رؤى حول التفاعل بين النقاط الضعيفة في أنظمة الحماية الذكية والتكيفية OCR. وعلاوةً على ذلك، هدفت الدراسة إلى تقييم التأثير الأوسع نطاقاً للهجمات السيبرانية على كفاءة وموثوقية نظام الشبكة الذكية. على سبيل المثال، في هجوم على مرحل الحماية على 11 كيلو فولت، فشل نظام الحماية التعرف على أنه لا يوجد عطل فيزيائي حقيقي؛ مما أدى إلى زيادة الاستجابة لها وفصل جزء من الشبكة الكهربائية دون وجود داعٍ.

وتقدم هذه الدراسة مساهمة مهمة في فهم التحديات الأمنية المتعلقة بالنظم المتصلة بالشبكة الكهربائية الذكية، مؤكدة على أهمية تنفيذ تدابير حماية متقدمة وإستراتيجيات مرنة لتحقيق فعالية أكبر في أنظمة الشبكة الذكية الحديثة. وهذا يتطلب التطوير المستمر في أساليب ربط مصادر الطاقة المتجددة وشبكات الاتصال مع فهم أشمل للتهديدات السيبرانية.

مصادر تمويل

تم دعم هذا العمل بتمويل من صندوق دعم البحث العلمي والابتكار، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، المملكة الأردنية الهاشمية، تحت الرقم (2022/02/ENE/1).

شكر وتقدير

نود أن نشكر الجامعة الهاشمية (مركز الطاقة المتجددة) على دعمها في نشر هذا المقال.

المراجع

1. Holderbaum W, Alasali F, Sinha A. Energy forecasting and control methods for energy storage systems in distribution networks, predictive modelling and control techniques. Cham, Switzerland: Springer; 2023.
2. Rohten JA, Silva JJ, Muñoz JA, Villarroel FA, Dewar DN, Rivera ME, et al. A simple self-tuning resonant control approach for power converters connected to micro-grids with distorted voltage conditions. IEEE Access. 2020;8:216018–216028. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3041528
3. Naz MN, Mushtaq MI, Naeem M, Iqbal M, Altaf MW, Haneef M. Multicriteria decision making for resource management in renewable energy assisted microgrids. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017;71:323–341. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.059
4. Sanjab A, Saad W, Guvenc I, Sarwat A, Biswas S. Smart grid security: Threats, challenges, and solutions. Computer Science and Game Theory. 2016. https://arxiv.org/pdf/1606.06992.pdf
5. Das L, Munikoti S, Natarajan B, Srinivasan B. Measuring smart grid resilience: Methods, challenges and opportunities. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020; 130(109918). https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109918
6. Arman A, Krishnan VV; Foroutan SA, Touhiduzzaman M, Rublein C, Srivastava A, et al. Cyber physical security analytics for anomalies in transmission protection systems. IEEE Transactions on Industry Applications. 2019;55:6313–6323. https://ieeexplore.ieee.org/ielaam/28/8896134/8762160-aam.pdf?tag=1
7. Majumder S, Vosughi A, Mustafa HM, Warner TE, Srivastava AK. On the cyber-physical needs of DER-based voltage control/optimization algorithms in active distribution network. IEEE Access. 2023;11:64397–64429. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3278281
8. Alasali F, Mustafa H, Saidi AS, El-Naily N, Abeid S, Holderbaum W, et al. The recent development of protection coordination schemes based on inverse of AC microgrid: A review. IET Generation, Transmission and Distribution. 2023;18(1):1–23. https://doi.org/10.1049/gtd2.13074
9. He H, Yan J. Cyber-physical attacks and defenses in the smart grid: A survey. IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications. 2016 Dec 1(1):13–27.
10. Mohamed N, Salama MMA. Data mining-based cyber physical attack detection tool for attack-resilient adaptive protective relays. Energies. 2022;15(12):4328. https://doi.org/10.3390/en15124328
11. Idaho National Laboratory. Cyber threat and vulnerability analysis of the U.S. electric sector-Mission Support Center Analysis Report. 2016 August. https://energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/Cyber%20Threat%20and%20Vulnerability%20Analysis%20of%20the%20U.S.%20Electric%20Sector.pdf [Accessed 15 July 2024].
12. Sun C-C, Hahn A, Liu C-C. Cyber security of a power grid: State-of-the-art. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2018 July1; 99:45–56.
13. Altaf MW, Arif MT, Islam SN, Haque ME. Microgrid protection challenges and mitigation approaches- A comprehensive review. IEEE Access. 2022 Apr 5;10:38895–38922. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3165011
14. Alasali F, El-Naily N, Saidi AS, Itradat A, Saad SM, Holderbaum W. An advanced dual-setting protection scheme for microgrid resilience based on nonstandard tripping characteristics of overcurrent relays. Electric Power Systems Research. 2023 Dec;225:109869. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109869
15. Alasali F, Saad SM, Saidi AS, Itradat A, Holderbaum W, El-Naily N, et al. Powering up microgrids: A comprehensive review of innovative and intelligent protection approaches for enhanced reliability. Energy Reports. 2023 Nov;10:1899–1924. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.08.068

16. Yang Q, Le Blond S, Aggarwal R, Wang Y, Li J. New ANN method for multi-terminal HVDC protection relaying. Electric Power Systems Research. 2017 July;148:192–201. https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.03.024
17. Eladl A, Saeed M, Sedhom BE, Abdelaziz AY, Bureš V. LoRaWAN-based IoT protocol for three levels central protection scheme in MT-HVDC networks with ANFIS-PSO restoration algorithm. Energy Reports. 2023 Nov;10:4556–4573. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.11.013
18. Aboelezz AM, Eladl AA, Amasha MT, Elderigi MH, Mohamed MA, Aldoadoa SW, et al. Efficient fault detection, localization, and isolation in MT-HVDC systems based on distance protection and LoRaWAN communication. Energy Reports. 2023 Nov 1;10:4183–4197.
19. Tzelepis D, Dyśko A, Fusiek G, Nelson J, Niewczas P, Vozikis D, et al. Single-ended differential protection in MTDC networks using optical sensors. IEEE Transactions on Power Delivery. 2017;32(3):1605–1615. https://doi.org/10.1109/TPWRD.2016.2645231
20. Descloux J, Rault P, Nguefeu S, Curis JB, Guillaud X, Colas F, et al. HVDC meshed grid: Control and protection of a multi-terminal HVDC system. CIGRE, Paris Session 2012. Water and Energy International. 2014 Jul; 71(2):66. https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:wei&volume=71&issue=2&article=abs003
21. Pramanik AS, Sepasi S. Transient behavior analysis of microgrids in grid-connected and islanded modes: A comparative study of LVRT and HVRT capabilities. Clean Technologies. 2023 Nov 10;5(4):1287–1303. https://doi.org/10.3390/cleantechnol5040065
22. Kumar JR, Sikdar B, Kundur D. Three-phase radial EMTP and stealthy attack detector for distribution systems. 2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), 16–19 December 2020, Jaipur, India. https://doi.org/10.1109/PEDES49360.2020.9379887

المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.9
المجلة العربية للبحث العلمي، 2024، 1 من 11

ورقة بحثية

تقييم فاعلية المبيدات الحيوية والمبيدات الكيميائية ومستخلص بذور السبحبح على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود (Aphis fabae) — مختبريّاً وحقليّاً

علي صبحي عبدالله[1]، سيف سعدالله حسن[1*]

[1]دائرة فحص وتصديق البذور، وزارة الزراعة، بغداد، العراق
Email:saifnassrei@gmail.com*

الملخص

أجريت دراسة مختبرية وحقلية في مختبرات قسم وقاية النبات في كلية الزراعة بجامعة تكريت خلال عام 2019. الغرض من الدراسة هو تقييم فاعلية المبيدين الأحيائيين Varunastra (*Verticillium lecanii* 2% A.S.) وAlmite (*Hirsutella thompsonii* 2% A.S.)، والمبيد الكيميائي Levo (Oxymatrine 2.4%)، ومستخلص بذور السبحبح *Melia azdirach* على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود *Aphis fabae*، وطُبِّقت تجارب البحث بواسطة التصميم العشوائي الكامل (RCBD). بيّنت نتائج الدراسة تبايناً في نسبة الموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود تبعاً لنوع وتركيز المبيد المستخدم وطول فترة المعاملة. إذ أعطت معاملة توافق مبيد الليفو مع فطر *V. lecanii* أعلى نسبة قتل بالتركيز15 ppm؛ إذ بلغت نسبة القتل بمتوسط 97.10% يليه في التأثير معاملة مبيد الليفو عند التركيز30 ppm ؛ إذ بلغت نسبة القتل 92.76%. وبَيّنت نتائج التحليل الإحصائي أن هناك اختلافات معنوية في متوسطات التداخل بين المبيدات والفترات؛ إذ أظهرت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة بلغت 74.76%، وتلتها بالتأثير الفترة ما بعد 48 ساعة؛ حيث بلغت 35.2%، وجاءت في الأخير الفترة ما بعد 24 ساعة؛ إذ بلغت 11.86%. كذلك أوضحت النتائج تفوُّق معاملة توافق مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *H. thompsonii* عند التركيز 6% للمستخلص؛ حيث أعطت أعلى نسبة قتل لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود *A. fabae* بعد 72 ساعة؛ فقد بلغت 84.05%، ويليه في التأثير معاملة توافق مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *V. lecanii* عند التركيز 9% للسبحبح بعد 72 ساعة؛ حيث بلغ متوسط نسبة القتل 78.26%، وانخفضت نسبة القتل في معاملة التوافق بين مستخلص السبحبح المائي والمبيد الحيوي *V. lecanii* عند التركيز 3% للمستخلص بعد 72 ساعة؛ حيث بلغ متوسط نسبة القتل 52.17%. وبيّنت نتائج التحليل الإحصائي تبايناً معنوياً في متوسطات التداخل بين الفترات ومستخلص السبحبح الكحولي والمائي حيث أعطت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة؛ حيث بلغت 70.80% حشرة، تليها الفترة ما بعد 48 ساعة؛ إذ أعطت قيمة بلغت 31.52% حشرة، وانخفضت القيمة في الفترة ما بعد 24 ساعة؛ حيث أعطت قيمة بلغت 10.50% حشرة.

الكلمات المفتاحية: حشرة من الباقلاء الأسود، مستخلص بذور السبحبح، مبيد الليفو.

Title

Evaluation of the effectiveness of biopesticides, chemical pesticides, and safflower seed (*Persian lilac*) on the black bean aphid (*Aphis fabae*) —in laboratory and field settings

Ali Subhi Abdullah[1], Saif Saadallah Hassan[1*]

[1]Seed Inspection and Certification Department, Ministry of Agriculture, Baghdad, Iraq

Received 10 June 2024; accepted 25 August 2024; published 31 October 2024

© 2024 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Abdullah AS, Hassan SS. Evaluation of the effectiveness of biopesticides, chemical pesticides, and safflower seed (*Persian lilac*) on the black bean aphid (*Aphis fabae*) — in laboratory and field settings. Arabian Journal of Scientific Research 5:2.9. https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.9

Abstract

A laboratory and field study was conducted in the laboratories of the Plant Protection Department at the College of Agriculture at Tikrit University during the year 2019. The study aimed at evaluating the effectiveness of the two biopesticides Varunastra (*Verticillium lecanii* 2% A.S.) and Almite (*Hirsutella thompsonii* 2% A.S.), the chemical pesticide Levo (Oxymatrine 2.4%), and Melia azdirach seed extract on the black bean aphid *Aphis fabae*. The research experiments were applied using a randomized complete block design (RCBD). The results of the study showed a variation in the death rate of the black bean aphid depending on the type and concentration of the pesticide used and the length of the treatment period. The compatibility treatment of Levo pesticide with the *V. lecanii* fungus at concentration 15 ppm achieved the highest killing rate of 97.10%. This was followed in effect by treatment with the Levo pesticide at a concentration of 30 ppm, which resulted in a killing rate of 92.76%. The statistical analysis showed significant differences in the averages interaction between pesticides and time periods. After 72 hours, the highest value was recorded at 74.76%, followed by 35.2% after 48 hours. The lowest effectiveness was after 24 hours with a rate of 11.86%. Moreover, the results showed the superior compatibility treatment of alcoholic azdirach extract and the biopesticide *H. thompsonii* at a concentration of 6% of the extract, giving the highest percentage of killing the black bean aphid, *A. fabae*, after 72 hours, reaching 84.05%. This was followed by a treatment that matches the alcoholic safflower extract and the biocide V. lecanii at a concentration of 9% azdirach, which also showed significant effectiveness after 72 hours with an average murder rate of 78.26%. The killing rate decreased in the combination treatment of azdirach extract and the biopesticide *V. lecanii* at a 3% concentration after 72 hours., resulting in an average killing rate of 52.17%. The statistical analysis revealed significant differences in the averages of the interactions between the time periods and the alcoholic and aqueous extracts of azdirach: after 72 hours giving the highest killing rate of 70.80% of the insects, followed by 31.52% after 48 hours, then decreased to 10.50% insect after 24 hours.

Keywords: Aphis fabae, Melia azedarach, Levo pesticide

1- المقدمة

يعد محصول الباقلاء من أهم المحاصيل في العالم؛ لما يحويه من قيمة غذائية عالية؛ كغذاءٍ للإنسان وعلفٍ للحيوانات؛ إذ تحتوي بذوره الجافة على نسبة بروتين لا تقل عن 21.39%، ونسبة كربوهيدرات تصل إلى 58.41%، كما يحتوي على بعض الفيتامينات مثل فيتامين C وفيتامين A.[1] وتهاجم العديد من الآفات محصول الباقلاء، ومنها حشرة مَنّ الباقلاء الأسود *Aphis fabe* scopoli التي تتصف بانتشارها الواسع في جميع أنحاء العالم؛ حيث تصيب 200 نوع نباتي، أغلبها تعود إلى العائلة البقولية، ومن أهمها محصول الباقلاء، وتسبب أضراراً مباشرة بتغذيتها على العصارة النباتية، وتعيش بشكل مستعمرات كبيرة، تضم كل أطوار الحشرة، وهي من الآفات ذات الخصوبة العالية؛ إذ تتكاثر بالبيوض وتتكاثر بالولادة عذرياً طيلة أيام السنة، كذلك تتصف بدورة حياة قصيرة، ولها أربعة أجيال على المحصول في العراق سنوياً.[3] وتسبب اصفرار وانهيار النبات وفقدان كَميات كبيرة من الماء؛ مما يسبب نقصاً في إنتاجية المحصول، والضرر الثاني غير مباشر ويحدُث هذا الضرر نتيجة قيام الحشرة بإفراز الندوة العسلية Honeydew على سطوح الأوراق، وتؤدي إلى تجمع الأتربة والفطريات التي تؤثر في عملية البناء الضوئي في النبات من خلال إغلاق الثغور التنفسية، وتقوم هذه الحشرة أيضاً بنقل العديد من الفيروسات النباتية. ولمقاومة حشرة مَنّ الباقلاء الأسود استُعملت أنواعٌ عديدة من المبيدات الكيمياوية في العراق إلا أن المشاكل البيئية والصحية عن هذه المبيدات جعلت الباحثين يتجهون إلى طرائق أخرى أكثر أماناً للبيئة وصحة الإنسان وحيواناته والأعداء الطبيعية، ومن هذه الطرائق استعمال المبيدات الكيميائية بطريقة توافقية مع المبيدات ذات الطبيعة الحيوية والمستخلصات النباتية.[5-4] إذ يُراعى فيها عدم تكرار عيوب المبيدات بترشيدها واستعمالها بطرق توافقية تحقق مقاومةً أكثرَ كفاءةً للآفات، مع إعطاء دور مهم للمبيدات ذات الطبيعة الحيوية والمستخلصات النباتية، مع الأخذ بنظر الاعتبار المحافظة عليها وعلى البيئة؛[6] لكون المخاطر من استعمال المبيدات التقليدية حقائق موجودة في البيئة ومقلقة للباحثين في الزراعة والصحة العامة والمنتجين والمستهلكين، ولهذه الأسباب أصبح استعمال المبيدات ذات الطبيعة الحيوية والمستخلصات النباتية بصورة توافقية تؤدي إلى كفاءة عالية في مقاومة حشرة مَنّ الباقلاء الأسود والحشرات الأخرى من خلال إحداثها خللاً فسيولوجياً محدداً يعيق النمو ويزيد من نسبة قتل الحشرة؛[7] لذا هدف البحث إلى:

- تقييم فاعلية المبيدين الأحيائيين Varunastra وAlmite والمبيد الكيميائي Levo ومستخلص بذور السبحبح *Melia azdirach* على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود *Aphis fabae* مختبرياً وحقلياً.
- توافقية المبيدات المذكورة أعلاه ومدى تأثيرها على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود *Aphis fabae* مختبرياً وحقلياً.

2- المواد وطرائق العمل

2-1 المواد المستعملة في التجربة

2-1-1 المستحضر الحيوي الفطري Almite

استُعمل المستحضر الفطري *Hirsutella thompsonii* من إنتاج شركة International Panaacea LTD. (الهندية) على شكل علبة بحجم 500مل، وهو من المبيدات الأحيائية تركيز A.S 2%، وتم تخفيفه بتركيز 2×10^8 / ml minimum.

2-1-2 المستحضر الحيوي الفطري Varunastra

أما المستحضر الثاني الذي استُعمل في التجارب هو المستحضر الفطري *Verticillium lecanii* من إنتاج شركة International Panaacea LTD. (الهندية) حجم العلبة 500 مل بتركيز A.S 2%، وتم تخفيفه إلى التركيز ml minimum / 2×10^8.

2-1-3 المبيد الكيميائي ليفو Levo

هو عبارة عن مبيد حشري عضوي، والمادة الفعالة لهذا المبيد هي أوكسيماترين Oxymatrine بنسبة 2.4% المصنَّع من قِبل شركة Russel Ipm (الأمريكية) خصيصاً إلى وزارة الزراعة العراقية بشكل عبوة بحجم 500مل، ونسبة الاستعمال من 20-30مل / 100 لتر ماء.

2-1-4 مستخلص بذور السبحبح النباتي

استُخلص من بذور السبحبح *Persian lilac*، والاسم العلمي *Melia azedarach*، من عائلة Meliaceae.

2-2 تحضير مستخلص بذور السبحبح الكحولي والمائي

جمعت الثمار الناضجة لأشجار السبحبح من حدائق كلية الزراعة – جامعة تكريت، ونُفِّذت عمليات الاستخلاص في مختبرات قسم وقاية النبات في كلية الزراعة – جامعة تكريت، واتبعت الخطوات الآتية:

- تُغسل البذور بالماء لإزالة الأتربة.
- جُفِّفت البذور بتعريضها لأشعة الشمس مع تقليب البذور بين فترة وأخرى؛ منعاً لتعفنها لمدة 5 أيام.
- سحق عينات البذور وطحنها بواسطة طاحونة كهربائية.
- أُخذ 50 غم من مسحوق بذور السبحبح، ووُضِعت في دورق سعة 1000 مل، وأُضيف لها 500 مل ماء مقطر مغلي، ثم خُلِطت المحتويات بواسطة الرجاج المغناطيسي لمدة ربع ساعة، بعدها تُرك الخليط لمدة 24 ساعة، ثم رُشِّح بواسطة الشاش على أكثر من مرة، بعدها تم تبخير الراشح على جهاز تسخين كهربائي؛ وذلك لتقليل كَمية الماء الزائدة في الراشح، والحصول على مستخلص مكثف، واستُخدم هذا المستخلص في التجربة. ولتحضير المستخلص الكحولي فقد استبدل الماء بكحول إيثيلي تركيز 96%، وباتباع الخُطوات نفسها في تحضير مستخلص الماء المغلي.

شكل 1. A بذور السبحبح قبل الطحن، B بعد الطحن، C المستخلص المائي، E المستخلص الكحولي

2-3 تقييم فاعلية المبيدات الحيوية والمبيدات الكيميائية ومستخلص بذور السبحبح المائي والكحولي على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود *A. fabae* مختبرياً

جُمِعت حشرات مَنّ الباقلاء الأسود من حقل الباقلاء الذي تم زراعته في حقول كلية الزراعة – جامعة تكريت، ونُقلت إلى المختبر؛ لغرض إجراء التجارب. وتم استخدام التراكيز الحقلية ونصف الحقلية بالنسبة للمبيدات الكيميائية واستخدام التخفيف 10^{-5} بالنسبة للمبيدات الحيوية، أما مستخلص بذور السبحبح المائي والكحولي فقد تم استخدام التراكيز 3% و6% و9% بناءً على النتائج التي ظهرت في اختبار التوافقية، حيث أعطت هذه التراكيز أعلى نسبة تنشيط لمستعمرات الفطر. أما مبيد سبتر Septer الكيميائي فقد تم استبعاده؛ لأنه قام بتثبيط نمو مستعمرات الفطر. وتم استخدام مبيد ليفو Levo الكيميائي بالتراكيز الحقلية ونصف الحقلية 0.003 و0.0015.

لحساب النسبة المئوية للقتل لكل مبيد أو مستخلص على انفراد قبل الخلط – شملت المبيد الحيوي الفطري Almite والمبيد الحيوي الفطري Varunastra والمبيد الكيمياوي ليفو Levo ومستخلص بذور السبحبح المائي والكحولي - فقد جُهِّزت التراكيز المذكورة أعلاه بالنسبة للمبيدات الحيوية والمبيد الكيمياوي والمستخلص النباتي وذلك بإذابتها في 100مل ماء مقطر، ثم عُرِضت حشرات مَنّ الباقلاء الأسود الموزعة في أطباق بتري دش (كل طبق يحتوي على ورقة ترشيح، حيث كل تركيز أخذ 3 مكررات في كل مكرر 25 حشرة مَنّ باقلاء أسود) إلى المعاملة رشّاً بمحلول المبيد، حيث رُشّت ورقة الترشيح وجزء نباتي في كل طبق من الأطباق، وأضيف لها الحشرات، ومن ثم تم تغطية كل طبق (بقماش ململ، وغطاء الطبق) مع ضمان التهوية، ثم وُضعت الأطباق في المختبر على درجة حرارة 30 درجة مئوية تقريباً. كُررت نفس التجربة وذلك بإجراء عملية الخلط لتراكيز المبيد الكيميائي المستخدمة أعلاه مع التخفيف 10^{-5} للفطرين، وكذلك خلط تراكيز مستخلص بذور السبحبح المائي والكحولي مع التخفيف 10^{-5} للفطرين بنسبة خلط (1:1)، وأُخذت النتائج بعد (24 ساعة، 48 ساعة، 72 ساعة)، إذ سُجلت عدد الحشرات الميتة واستُخرجت النسب المئوية للقتل، ثم استُخرجت نسبة القتل المصححة باستخدام معادلة Abbotte.[8]

$$\text{نسبة القتل المصححة \%} = \frac{\text{القتل في المعاملة - القتل في المقارنة}}{100 - \text{القتل في المقارنة}}$$

2-4 تقييم فاعلية المبيدات الحيوية والمبيدات الكيميائية والمستخلص النباتي على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود A. fabae حقلياً

تمت زراعة نباتات محصول الباقلاء في أصص (سنادين)، ووُضعت في الظلة المحكمة بغطاء الساران (شبه حقلي)؛ لضمان عدم إصابتها بحشرات أخرى، وتمت إصابة كل نبات صناعياً، حيث تم وضع 50 حشرة مَنّ باقلاء أسود على كل نبات، بعدها تم تحضير تراكيز المبيدات الكيميائية والحيوية والمستخلص

النباتي، وأيضاً تحضير تراكيز الخلط بينهما كما في التجربة المختبرية أعلاه، وتم حساب نسبة القتل المئوية للحشرات لكل مبيد على انفراد، وتمت المعاملة رشّاً على النبات بواسطة مرشة يدوية سعة (2 لتر). وبعدها تم تحضير تراكيز الخلط بين المبيد الكيميائي والمبيدات الأحيائية، والمستخلص النباتي والمبيدات الأحيائية بنسبة (1:1)، وأيضاً تمت المعاملة رشّاً على النبات باستخدام مرشة يدوية سعة (2 لتر). وتم أخذ القراءة بعد (24، 48، 72) ساعة من التعريض وسُجِّلت بسجلات خاصة واستُخرجت النسب المئوية للقتل، ثم استُخرجت نسبة القتل المصححة باستخدام معادلة Abbotte.[8]

$$\text{نسبة القتل المصححة \%} = \frac{\text{القتل في المعاملة - القتل في المقارنة}}{100 - \text{القتل في المقارنة}}$$

شكل 2. حقل تجربة محصول الباقلاء

5-2 التحليل الإحصائي

طُبِّقت تجارب البحث بواسطة التصميم العشوائي الكامل (RCBD) بتجربة عاملية وحُلِّلت النتائج باستخدام Statistical Analysis System -SAS (2012)، وتمت المقارنة بين المتوسطات حسب اختبار الفرق المعنوي الاصغر LCD تحت مستوى 0.05.[9]

3- النتائج والمناقشة

3-1 تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها بمبيد الليفو وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* مختبرياً %

أظهرت النتائج في جدول 1 مختبرياً اختلافات معنوية في متوسطات الفترات الزمنية بين المدة والمبيدات؛ إذ بيّنت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة؛ حيث بلغت 81.34%، ويليها في التأثير الفترة ما بعد 48 ساعة؛ حيث بلغت 39.58%، وجاءت في الأخير الفترة ما بعد 24 ساعة؛ حيث بلغت 13.46%.

وبينت النتائج أيضاً تفوقاً معنوياً لتداخل المعاملات مع جميع الفترات؛ إذ أعطت معاملة مبيد ليفو Levo أعلى متوسط بلغ 59.40%، يليها معاملة توافق مبيد ليفو مع المبيد الحيوي *V. lecanii*؛ إذ بلغ متوسط نسبة القتل 53.52%، وانخفض المتوسط معنوياً عند معاملة المبيد الحيوي *V. lecanii*؛ حيث بلغ 29.41%.

أما بالنسبة للتداخل فقد أعطت معاملة التوافق بين مبيد الليفو والمبيد الأحيائي *V. lecanii* أعلى نسبة قتل بالتركيز 15 ppm للمبيد الليفو بعد 72 ساعة؛ حيث بلغ متوسط نسبة القتل 97.10%، ويليها في التأثير معاملة مبيد الليفو بالتركيز 30 ppm بعد 72 ساعة؛ إذ بلغت نسبة القتل 92.75%، وانخفضت نسبة القتل في معاملة الفطر *V. lecanii* بعد 72 ساعة؛ حيث بلغت 56.52%.

ويرجع تفوق معاملة التوافق بين المبيد ليفو والفطر الأحيائي *V. lecanii* إلى التأثير السام للمبيد الكيميائي والمبيد الأحيائي؛ حيث يعمل مبيد الليفو على شلل الحشرة من خلال التأثير على الجهاز العصبي، وكذلك سد الثغور التنفسية للحشرة، فضلاً عن كون المبيد الأحيائي *V. lecanii* من الفطريات الممرضة التي تؤثر في مدى عائلي واسع من الحشرات عن طريق إصابتها للكيوتكل الخارجي والفتحات الطبيعية في جسم الحشرة، كما أن الفطر يقوم بإنتاج إنزيمات محللة ضرورية لاختراق كيوتكل الحشرة، وكذلك السموم الفطرية التي يفرزها التي تؤدي إلى تعطيل الأنسجة أو قتلها، وقد تؤثر على نمو وتطور الحشرة.[10] وقد تشابهت النتائج مع ما توصل إليه؛[11] حيث بلغت نسبة القتل للحوريات الفاقسة من البيض لحشرة مَنّ الخوخ الأخضر *Myzus persicae* 36.66% و58.9% لمبيدي Oxamatrine وAbamecting الأحيائي على التوالي.

جدول 1: يوضّح تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها بمبيد الليفو وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* مختبرياً %

المعاملات	التراكيز والتحاليل مع التداخلات	نسبة القتل المصححة %			المتوسط
		بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد 72 ساعة	
مبيد ليفو	15 PPM	19.82^{I-J-K}	43.05^{E-H}	82.61^{A-B-C}	48.49
	30 PPM	22.97^{H-K}	62.50^{C-D-E}	92.75^{A-B}	59.40^{A}
مبيد ليفو + V	V + 15 PPM	14.86^{JK}	48.61^{E-F-G}	97.10^{A}	53.52^{AB}
	V + 30 PPM	16.21^{I-J-K}	34.72^{G-J}	81.15^{A-B-C}	44.02
مبيد ليفو + H	H + 15 PPM	5.41^{K}	25.00^{H-K}	86.96^{AB}	39.12
	H + 30 PPM	9.46^{K}	41.67^{E-H}	75.36^{B-C-D}	42.16
V	تخفيف 5%	8.10^{K}	23.61^{H-K}	56.52^{D-E-F}	29.41^{F}
H	تخفيف 5%	10.81^{K}	37.50^{F-I}	78.26^{A-b-C}	42.19
المتوسط		13.46^{C}	39.58^{B}	81.34^{A}	44.79
L.S.D 0.05 المعاملات والتراكيز		7.539			
L.S.D 0.05 للفترات الزمنية		13.786			
L.S.D 0.05 للتداخلات		21.325			

2-3 تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها مستخلص السبحبح وتوافيقه مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* مختبرياً %

يظهر في جدول 2 تبايناً معنوياً في متوسطات الفترات الزمنية حيث أعطت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة حيث بلغت 70.80 حشرة يليها الفترة ما بعد 48 ساعة إذ أعطت قيمة بلغت 31.52 حشرة وانخفضت القيمة في الفترة ما بعد 24 ساعة حيث أعطت قيمة بلغت 10.50 حشرة.

أما بالنسبة للمعاملات أيضاً يلاحظ وجود تفوق معنوي؛ إذ أعطت معاملة توافق مستخلص السبحبح الكحولي مع المبيد الحيوي *H. thompsonii* أعلى متوسط بلغ 51.43 حشرة، يليه معاملة مستخلص السبحبح الكحولي مع المبيد الحيوي *V. lecanii*؛ إذ بلغ متوسط نسبة القتل 43.50 حشرة، وانخفض المتوسط معنوياً عند معاملة توافق مستخلص السبحبح المائي مع المبيد الحيوي *V. lecanii*؛ حيث بلغ 21.08 حشرة.

ويشير الجدول إلى توافق مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *H. thompsonii* عند التركيز 6% للمستخلص في معاملات التداخل حيث أعطت أعلى نسبة قتل لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود *A. fabae* بعد 72 ساعة بلغت 84.05% ويليه في التأثير معاملة توافق مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *V. lecanii* عند التركيز 9% للسبحبح بعد 72 ساعة حيث بلغ متوسط نسبة القتل 78.26% وانخفضت نسبة القتل في معاملة التوافق بين مستخلص السبحبح المائي والمبيد الحيوي *V. lecanii* عند التركيز 3% للمستخلص بعد 72 ساعة حيث بلغ متوسط نسبة القتل 52.17%.

وقد يعزى سبب تفوق معاملة التوافق بين مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *H. thompsonii* في جدول 2 إلى وجود المادة الفعالة الأزدراختين Azedrachtin في مستخلص السبحبح وهي مادة سامة تؤدي إلى هلاك الحشرات عند المعاملة بها أما فاعلية الفطر *H. thompsonii* فإنها ترجع إلى إفراز الفطر البروتين السام المسمى Hirsutellin التي تؤثر في الحشرات والحلم.[12] وتوافقت النتائج مع ما توصلت إليه.[13] حيث أشارت دراستها إلى تفوق مستخلص السبحبح والحنظل بتركيز 100% بعد يوم واحد من معاملة الحلم الأحمر ذو البقعتين *Tetranychus urticae*؛ إذ أعطت نسبة هلاك بلغت 89.8 و74.8% على التوالي وكذلك توافقت النتائج مع ما توصلت إليه.[14] حيث بلغ متوسط نسبة القتل لحشرة صانعة أنفاق أوراق الطماطم *L. bryoniae* المعاملة بالمبيد الحيوي *H. thompsonii* 42.20 حشرة.

جدول 2: تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها بمستخلص السبحبح وتوافيقه مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* مختبرياً %

المعاملات	التراكيز والتحاليل مع التداخلات	نسبة القتل %			المتوسط
		بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد 72 ساعة	
V	تخفيف 5%	8.10	23.61	56.52	29.41^{FE}
H	تخفيف 5%	10.81	37.50	78.26	42.19^{A-D}
مستخلص سبحبح مائي + V	V + 3%	1.35^{k}	9.72	52.17	21.08^{F}
	V + 6%	6.76	30.56	69.57	35.63^{B-E}
	V + 9%	9.46	33.33	79.71	40.83^{A-E}
مستخلص سبحبح مائي + H	H + 3%	4.05	36.11	71.01	37.06^{B-E}
	H + 6%	2.70	31.94	59.42	31.35^{C-F}
	H + 9%	5.41	26.39	60.87	30.89^{D-E-F}
مستخلص سبحبح كحولي + V	V + 3%	20.27	40.82	73.91	44.82^{AB}
	V + 6%	9.46	25.00	78.26	37.57^{B-E}
	V + 9%	18.92	33.33	78.26^{AB}	43.50^{AB}
مستخلص سبحبح كحولي + H	H + 3%	17.57	33.33	78.26	43.05^{A-B-C}
	H + 6%	21.62	48.61	84.05^{A}	51.43^{A}
المتوسط		10.50^{C}	31.52^{B}	70.80^{A}	37.60
L.S.D 0.05 للمعاملات والتراكيز		5.700			
L.S.D 0.05 للفترات الزمنية		6.167			
L.S.D 0.05 التداخلات		11.867			

3-3 تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها بمبيد الليفو والمستخلص المائي والكحولي وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* مختبرياً %

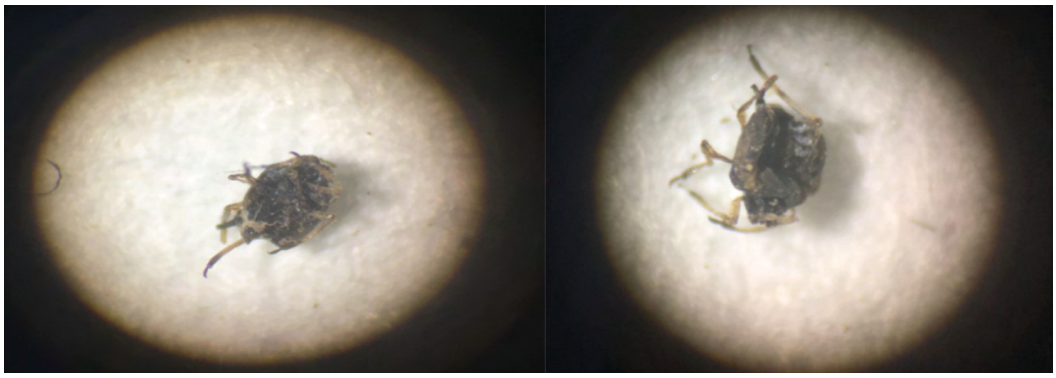
أظهرت نتائج جدول 3 تبايناً في نسبة الموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود بالنسبة لمدة المعاملة ونوع وتركيز المبيد المستخدم، إذ أعطت معاملة توافق مبيد الليفو مع فطر *V. lecanii* أعلى نسبة قتل بالتركيز 15 ppm بعد 72 ساعة من التعريض؛ حيث كان متوسط قتل حشرات المَنّ 97.10%، ويليها في التأثير معاملة مبيد الليفو بتركيز 30 ppm عند 72 ساعة؛ إذ بلغت نسبة القتل 92.76%، وانخفضت نسبة القتل في معاملة مستخلص السبحبح المائي مع فطر *V. lecanii* عند التركيز 3% للسبحبح المائي بعد 72 ساعة؛ إذ بلغت 52.17%.

وبيّن التحليل الإحصائي في الجدول نفسه، أن هناك اختلافات معنوية في متوسطات التداخل بين المبيدات والفترات؛ إذ أظهرت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة؛ حيث بلغت 74.76%، وتلتها بالتأثير الفترة ما بعد 48 ساعة؛ فقد بلغت 35.2%، وجاءت في الأخير الفترة ما بعد 24 ساعة؛ إذ بلغت 11.86%، وبيّنت النتائج أيضاً تفوقاً معنوياً لتداخل المعاملة مع جميع الفترات؛ إذ أعطت معاملة مبيد الليفو بتركيز 30 ppm أعلى متوسط؛ حيث بلغت 59.40%، يليها معاملة توافق مبيد ليفو مع الفطر *V. lecanii*؛ إذ بلغت 53.52%، وانخفض المتوسط معنوياً عند معاملة مستخلص السبحبح المائي بتركيز 3% مع فطر *V. lecanii*؛ فقد بلغت 21.08%.

ويرجع تفوق معاملة توافق مبيد الليفو مع المبيد الحيوي *V. lecanii* إلى التأثير السام للمبيد ليفو Levo؛ حيث يعمل على شلل في الجهاز العصبي للحشرة وسد الثغور التنفسية؛ مما يؤدي إلى اختناقها وموتها.[15] ويعمل المبيد الأحيائي *V. lecanii* على إصابة الكيوتكل الخارجي والفتحات الطبيعية في جسم الحشرة، وكذلك السموم الفطرية التي يفرزها التي تؤدي إلى تعطيل الأنسجة أو قتلها، وقد تؤثر على نمو وتطور الحشرة، كما أن الفطر يقوم بإنتاج إنزيمات محللة ضرورية لاختراق كيوتكل الحشرة.[16] وتوافقت النتائج مع دراسة؛[17] إذ حقق مبيد ليفو على شكل مستحلب قابل للبلل EC انخفاضاً كبيراً في معدل إعداد الحوريات خلال فترة أخذ القراءات ضد حوريات حشرة دوباس النخيل *Ommatissus lybicus*؛ إذ بلغت النسبة المئوية لفاعلية المبيد 64 و94.2 و95.8% بعد يوم ويومين وسبعة أيام من المعاملة على التوالي؛ نتيجة لانخفاض معدل أعداد الحوريات على سعف النخيل مقارنة مع معاملة المقارنة التي بلغت 32.5 و35.8 و35.9 بعد يوم ويومين وسبعة أيام.

جدول 3: تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها بمبيد الليفو والمستخلص المائي والكحولي وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* مختبرياً %

المعاملات	التراكيز والتحاليل مع التداخلات	نسبة القتل %			المتوسط
		بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد 72 ساعة	
مبيد ليفو	15 PPM	19.82^{P-Y}	43.06^{I-N}	82.61^{ABC}	48.49^{A-B-C}
	30 PPM	22.97^{N-X}	62.50^{C-I}	92.76^{AB}	59.40^{A}
مبيد ليفو + V	V +15 PPM	14.87^{T-Y}	48.61^{I-M}	97.10^{A}	53.52^{AB}
	V + 30 PPM	16.22^{R-Y}	34.72^{L-S}	81.16^{A-D}	44.03^{B-C-D}
مبيد ليفو + H	H + 15 PPM	5.41^{V-Y}	25.00^{N-W}	75.36^{A-F}	35.25^{D-G}
	H +30 PPM	9.46^{U-Y}	41.67^{I-N}	86.96^{A-D}	46.02^{B-C-D}
V	تخفيف 5%	8.11^{V-Y}	23.61^{N-X}	56.52^{F-K}	29.41^{G-H}
H	تخفيف 5%	10.81^{T-Y}	37.50^{K-Q}	78.26^{A-E}	42.19^{B-F}
مستخلص سبحبح مائي + V	V + 3%	1.35^{Y}	9.72^{U-Y}	52.17^{G-L}	21.08^{H}
	V + 6%	6.76^{V-Y}	30.56^{M-U}	69.57^{B-H}	35.62^{D-G}
	V + 9%	9.46^{U-Y}	33.33^{L-S}	79.71^{A-E}	40.83^{D-G}
مستخلص سبحبح مائي + H	H + 3%	4.05^{W-Y}	36.11^{K-Q}	71.01^{B-G}	37.06^{C-G}
	H + 6%	2.71^{XY}	31.94^{L-T}	59.42^{E-J}	31.35^{E-H}
	H + 9%	5.41^{V-Y}	26.39^{N-V}	60.87^{D-J}	30.88^{F-G-H}
مستخلص سبحبح كحولي + V	V + 3%	20.27^{P-Y}	40.28^{J-P}	73.91^{A-F}	44.82^{B-C-D}
	V + 6%	9.46^{V-Y}	25.00^{N-W}	78.26^{A-E}	37.57^{C-G}
	V + 9%	18.92^{P-Y}	33.33^{L-S}	78.26^{A-E}	43.50^{B-E}
مستخلص سبحبح كحولي + H	H + 3%	17.57^{P-Y}	33.33^{L-S}	78.26^{A-E}	43.05^{B-F}
	H + 6%	21.62^{O-}	48.61^{H-M}	84.06^{AC}	51.43^{A-B-C}
المتوسط		11.86^{C}	35.2^{B}	74.76^{A}	
L.S.D 0.05 المعاملات والتراكيز		4.864			
L.S.D 0.05 للفترات الزمنية		21.206			
L.S.D 0.05 التداخلات		26.07			



شكل 3. حشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae بعد المعاملة بالمبيدات

4-3 تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملته بمبيد الليفو وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* حقليّاً %

أظهرت النتائج في جدول 4 حقليّاً تبايناً في نسب القتل لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود *A. fabae*؛ إذ أعطت معاملة مبيد الليفو عند التركيز 30 ppm بعد 72 ساعة أعلى نسبة قتل؛ حيث بلغ متوسط نسبة القتل 40.43%، ويليها في التأثير معاملة مبيد الليفو تركيز 15 ppm بعد 72 ساعة؛ إذ بلغت نسبة القتل 37.59%، وانخفضت نسبة القتل في معاملة المبيد الأحيائي *V. lecanii* بعد 72 ساعة؛ حيث بلغت 23.40%.

ويُظهر التحليل الإحصائي اختلافات معنوية في متوسطات التداخل بين الفترات والمبيدات؛ إذ بيّنت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة؛ حيث بلغت 34.48%، ويليها في التأثير الفترة ما بعد 48 ساعة؛ إذ بلغت 26.89%، وجاءت في الأخير الفترة ما بعد 24 ساعة؛ حيث بلغت 11.66%، وبينت النتائج أيضاً تفوقاً معنوياً لتداخل المعاملة مع جميع الفترات؛ إذ أعطت معاملة مبيد الليفو بتركيز 30 ppm أعلى متوسط؛ حيث بلغت 30.84%، يليها معاملة مبيد الليفو تركيز 15 ppm؛ إذ بلغت 27.86%، وانخفض المتوسط معنوياً عند معاملة المبيد الحيوي *V. lecanii*؛ فقد بلغت 15.43%.

ويرجع تفوق معاملة مبيد الليفو إلى سمية المادة الفعالة للمبيد وتأثيرها على الحشرة وقتلها من خلال التأثير في عملية فقس البيض، وكذلك تأثيره على النقل العصبي في الجهاز العصبي للحشرة.[18] وتشابهت النتائج مع ما توصل إليه.[19] حيث تم اختبار مبيدات الحشرات من ضمنها مبيد Oxymatrine بنسبة 5%، وكذلك تراكيز من الزيوت بتركيز K%7.5 حيث أدت إلى خفض كثافة حشرة مَنّ الباقلاء الأسود *Aphis fabae* بنسبة 10 و50% على التوالي.

جدول 4: تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملته بمبيد الليفو وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* حقليّاً% حقليّاً %

المعاملات	التراكيز والتحاليل مع التداخلات	نسبة القتل %			المتوسط
		بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد 72 ساعة	
مبيد ليفو	15 PPM	16.78^{H-I}	29.21^{D-E-F}	37.59^{A-B-C}	27.86^{A-B}
	30 PPM	19.46^{G-H}	32.65^{B-C-D}	40.43^{A}	30.84^{A}
مبيد ليفو + V	V + 15 PPM	12.07^{I-J}	26.46^{E-F}	36.17^{A-B-C}	24.90^{B-C}
	V + 30 PPM	10.06^{J-K}	27.15^{D-E-F}	38.29^{A-B}	25.17^{B-C}
مبيد ليفو + H	H + 15 PPM	12.08^{I-J}	27.15^{D-E-F}	31.91^{C-D-E}	23.71^{C}
	H + 30 PPM	10.06^{J-K}	28.52^{D-E-F}	35.46^{A-B-C}	24.68^{B-C}
V	تخفيف 5%	5.36^{K}	17.53^{G-H-I}	23.40^{F-G}	15.43^{D}
H	تخفيف 5%	7.38^{J-K}	26.46^{E-F}	32.62^{B-C-D}	22.15^{C}
المتوسط		11.66^{C}	26.89^{B}	34.48^{A}	
L.S.D 0.05 المعاملات والتراكيز		2.161			
L.S.D 0.05 للفترات الزمنية		3.952			
L.S.D 0.05 التداخلات		6.113			

5-3 تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها بمستخلص السبحبح وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و *Hirsutella thompsonii* حقليّاً %

بيّنت النتائج في جدول 5 تفوق معاملة توافق مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *V. lecanii* عند التركيز 9% للمستخلص؛ حيث أعطت أعلى نسبة قتل لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود *A. fabae* بعد 72 ساعة؛ فقد بلغت 36.88%، ويليها في التأثير معاملة توافق مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *V. lecanii* عند التركيز 9% للسبحبح بعد 72 ساعة؛ حيث بلغ متوسط نسبة القتل 34.02%، وانخفضت نسبة القتل في معاملة توافق مستخلص السبحبح المائي مع المبيد الحيوي *H. thompsonii* بعد 72 ساعة؛ حيث بلغ متوسط نسبة القتل 21.98%.

ويُظهر التحليل الإحصائي تبايناً معنويّاً في متوسطات التداخل بين الفترات ومستخلص السبحبح الكحولي والمائي؛ حيث أعطت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة؛ حيث بلغت 28.86%، يليها الفترة ما بعد 48 ساعة؛ إذ أعطت قيمة بلغت 21.91%، وانخفضت القيمة في الفترة ما بعد 24 ساعة؛ حيث أعطت قيمة بلغت 8.41%. وبينت النتائج أيضاً تفوقاً معنوياً لتداخل المعاملة مع جميع الفترات؛ إذ أعطت معاملة توافق مستخلص السبحبح الكحولي مع المبيد الحيوي *V. lecanii* أعلى متوسط بلغ 27.88%، يليها معاملة مستخلص السبحبح الكحولي مع المبيد الحيوي *V. lecanii*؛ إذ بلغ متوسط نسبة القتل 22.78%، وانخفض المتوسط معنوياً عند معاملة توافق مستخلص السبحبح المائي مع المبيد الحيوي *H. thompsonii* عند التركيز 3% للسبحبح؛ حيث بلغ 13.81%.

وقد يُعزى سبب تفوق معاملة التوافق بين مستخلص السبحبح الكحولي والمبيد الحيوي *V. lecanii* في جدول 5 إلى وجود المادة الفعالة الأزدراختين Azedrachtin في مستخلص السبحبح، وهي مادة سامة تؤدي إلى هلاك الحشرات عند المعاملة بها، وهو أيضاً مركب مانع للتغذية ووضع البيض ومثبط لنمو وتطور الحشرات، أما المبيد الحيوي *V. lecanii* فإنه يقوم بإفراز إنزيمات محللة وسموم فطرية تؤثر في العمليات الأيضية للحشرات وتؤثر في نموها وتؤدي إلى قتلها.[20]

جدول 5: تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae عند معاملتها بمستخلص السبحبح وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* حقليّاً %

المعاملات	التراكيز والتحاليل مع التداخلات	نسبة القتل %			المتوسط
		بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد 72 ساعة	
V	تخفيف 5%	5.36^{O}	17.52^{H-K}	23.40^{F-G-H}	15.43^{E}
H	تخفيف 5%	7.38^{M-N-O}	26.46^{C-F}	32.62^{A-B-C}	22.15^{B}
مستخلص سبحبح مائي + V	V + 3%	7.38^{M-N-O}	16.15^{J-K-L}	26.24^{D-E-F}	16.59^{D-E}
	V + 6%	8.05^{M-N-O}	21.65^{F-J}	31.21^{A-D}	20.30^{B-C}
	V + 9%	8.05^{M-N-O}	24.39^{E-F-G}	31.91^{A-D}	21.45^{B}
مستخلص سبحبح مائي + H	H + 3%	6.04^{O}	13.40^{K-L-M}	21.98^{F-J}	13.81^{E}
	H + 6%	6.71^{N-O}	18.90^{G-K}	26.24^{D-E-F}	17.28^{C-D-E}
	H + 9%	8.72^{M-N-O}	27.15^{C-F}	31.91^{A-D}	22.59^{B}
مستخلص سبحبح كحولي + V	V + 3%	6.71^{N-O}	16.84^{I-J-K}	24.82^{E-F-G}	16.12^{D-E}
	V + 6%	13.42^{K-L-M}	23.71^{F-G}	31.21^{A-D}	22.78^{B}
	V + 9%	12.75^{K-N}	34.02^{A-B}	36.88^{A}	27.88^{A}
مستخلص سبحبح كحولي + H	H + 3%	8.72^{M-N-O}	22.34^{F-I}	30.49^{B-E}	20.52^{B-C}
	H + 6%	10.06^{L-O}	22.34^{F-I}	26.24^{D-E-F}	19.55^{C-B-D}
المتوسط		8.41^{C}	21.91^{B}	28.86^{A}	
L.S.D 0.05 المعاملات والتراكيز		1.714			
L.S.D 0.05 للفترات		4.468			
L.S.D 0.05 التداخلات		6.182			

6-3 تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae بمبيد الليفو والمستخلص المائي والكحولي وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* حقليّاً %

أوضحت نتائج جدول 6 أن هناك تبايناً في نسبة قتل حشرة المَن الأسود تبعاً لنوع وتركيز المبيد المستخدم ومدة المعاملة؛ إذ اظهر مبيد الليفو بالتركيز 30 ppm أعلى قيمة قتل؛ إذ بلغ 40.43% للفترة بعد 72 ساعة، ويليه بالتأثير توافق المبيد ليفو بتركيز 30 ppm مع الفطر *Verticillium lecanii* بعد 72 ساعة؛ إذ بلغ متوسط نسبة القتل 38.30%، وانخفضت النسبة في المعاملة بالمستخلص المائي للسبحبح وتوافقه مع الفطر *H. thompsonii* للمعاملة بعد 72 ساعة؛ إذ أعطت أقل قيمة بلغت 21.99%. وأوضحت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول نفسه، أن هناك فروقات معنوية في متوسطات التداخل بين المبيدات والفترات؛ إذ أعطت الفترة ما بعد 72 ساعة أعلى قيمة، إذ بلغت 31.32%، ويليها بالتأثير الفترة ما بعد 48 ساعة؛ إذ بلغ متوسط القتل 24.07%، وانخفضت النسبة إلى 10.1% في الفترة ما بعد 24 ساعة، وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي أيضاً أن تداخل نوع المعاملة مع جميع الفترات تفوّق معنويّاً لمعاملة مبيد الليفو؛ إذ أعطت أعلى قيمة متوسط بلغت 30.84%، ويليها في التأثير معاملة السبحبح الكحولي تركيز 9% مع فطر *V. lecanii*؛ إذ بلغت 27.88%، وانخفضت معنويّاً في معاملة مستخلص السبحبح المائي تركيز 3% مع فطر *H. thompsonii*؛ حيث بلغت 13.81%. إن تفوق المبيد ليفو يرجع إلى التأثير السام للمبيد؛ حيث يعمل المبيد على منع التغذية للحشرة، ويسبِّب موتها بالتلامس، ويعمل أيضاً على إغلاق الفتحات التنفسية للحشرة؛ مما يؤدي إلى اختناقها وموتها، كما يعوق نمو الحشرة، ويمنع وضع البيض، ويسبِّب أيضاً شللاً في الجهاز العصبي للحشرة.[21]

جدول 6: تأثير فترة المعاملة على النسبة المئوية للموت لحشرة مَنّ الباقلاء الأسود Aphis fabae بمبيد الليفو والمستخلص المائي والكحولي وتوافقهم مع المبيدين الأحيائيين *Verticillium lecanii* و*Hirsutella thompsonii* حقلياً %

المعاملات	التراكيز والتحاليل مع التداخلات	نسبة القتل %			المتوسط
		بعد 24 ساعة	بعد 48 ساعة	بعد 72 ساعة	
مبيد ليفو	15 PPM	16.78^{O-S}	29.21^{F-J}	37.59^{ABC}	27.86^{A-B}
	30 PPM	19.46^{M-P}	32.65^{B-G}	40.43^{A}	30.84^{A}
مبيد ليفو + V	V + 15 PPM	12.08^{R-W}	26.46^{G-L}	36.12^{A-E}	24.90^{B-C-D}
	V + 30 PPM	10.07^{T-W}	27.15^{G-L}	38.30^{A-B}	25.17^{B-C}
مبيد ليفو + H	H + 15 PPM	10.07^{T-W}	27.15^{G-L}	31.92^{C-G}	23.71^{C-D-E}
	H + 30 PPM	10.74^{S-W}	28.53^{F-K}	35.46^{A-E}	24.68^{B-C-D}
V	تخفيف 5%	8.73^{UVW}	17.53^{N-R}	23.41^{J-N}	15.43^{I}
H	تخفيف 5%	6.71^{VW}	26.46^{G-L}	32.63^{B-G}	22.15^{C-F}
مستخلص سبحبح مائي + V	V + 3%	7.38^{UVW}	16.16^{O-T}	26.25^{H-L}	16.59^{H-I}
	V + 6%	7.38^{UVW}	21.65^{L-O}	31.21^{D-H}	20.30^{E-F-G}
	V + 9%	7.38^{UVW}	24.40^{I-M}	31.92^{C-G}	21.45^{D-E-F}
مستخلص سبحبح مائي + H	H + 3%	6.04^{W}	13.41^{P-U}	21.99^{M-O}	13.81^{I}
	H + 6%	7.34^{UVW}	18.90^{M-Q}	26.25^{H-L}	17.28^{G-H-I}
	H + 9%	8.73^{UVW}	27.15^{G-L}	31.92^{C-G}	22.59^{C-F}
مستخلص سبحبح كحولي + V	V + 3%	6.04^{W}	16.84^{O-S}	24.83^{I-M}	16.12^{H-I}
	V + 6%	12.75^{Q-V}	23.72^{J-N}	31.21^{D-H}	22.78^{C-F}
	V + 9%	12.08^{R-W}	34.02^{B-F}	36.88^{A-D}	27.88^{A-B}
مستخلص سبحبح كحولي + H	H + 3%	10.74^{S-W}	22.34^{K-O}	30.50^{E-H}	20.52^{E-F-G}
	H + 6%	10.74^{S-W}	22.34^{K-O}	26.25^{H-L}	19.55^{F-G-H}
المتوسط		^{C} 10.1	^{B} 24.07	^{A} 31.32	
L.S.D 0.05 للمعاملات والتراكيز		1.4318			
L.S.D 0.05 للفترات		4.8094			
L.S.D 0.05 التداخلات		6.2412			

4- الاستنتاجات

- تفوق معاملة توافق مبيد الليفو مع المبيد الحيوي *V. lecanii* مختبرياً وحقلياً وتأثيرهما السام على حشرة من الباقلاء *Aphis fabae* الأسود؛ حيث يعمل على شلل في الجهاز العصبي للحشرة وسد الثغور التنفسية؛ مما يؤدي إلى اختناقها وموتها.
- التوافقية العالية بين مبيد الليفو والمبيد الحيوي *V.* lecanii والاستجابة العالية لميكانيزم التأثير السام على حشرة مَنّ الباقلاء الأسود *Aphis fabae*.

5- التوصيات

- استعمال مبيد الليفو في مكافحة مَنّ الباقلاء الأسود عند التركيز 30 ppm.
- خلط مبيد الليفو مع المبيد الحيوي *V.* lecanii؛ بسبب التوافقية العالية بينهما واستعمالهما في مكافحة مَنّ الباقلاء الأسود عند التركيز 15 ppm؛ بسبب تحقيقه أعلى نسبة قتل للحشرة.

1. Awad WH, Juhaina IM. A seasonal study of the parasite *Aphidius matricariae* Haliday and the green peach aphid *Myzus persicae* and the black bean aphid *Aphis fabae* and the effect of climate factors on them in Nineveh Governorate. Anbar University Journal of Pure Sciences. 2016;(2): 84-86.
2. Muhammad ZM. The effect of spraying with three types of fertilizers on the growth and yield of beans (L. *Vicia faba*). Kirkuk University Journal of Agricultural Sciences. 2022 ;(2):51-58. https://www.iasj.net/iasj/download/e58f01338f0b8065
3. Almogdad M, Semaškienė R. The occurrence and control of black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.) in broad bean. Zemdirbyste-Agriculture. 2021;108(2):165–172. https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.022
4. Al-Dulaimi NHM, Ali S, Al-Araji's F. Reproductive efficiency of the black bean aphid *Aphis fabae* Scopoli (Homoptera: Aphididae). Babylon University Journal of Pure and Applied Sciences. 2015;(3)900-910.
5. Millat MN, Rahman MM, Rokon GM, Alam MK, Fakir OA. Impact of botanical pesticides for controlling black been aphid in country bean over chemical control. Bangladesh Journal of Environmental Science. 2017;53:59–62.
6. Ghani DS, Naqibullah M, Mohammad HR, Shah MB, Ali A. Effect of on black bean aphid *Aphis fabae* Scopol. Research and Studies. 2022; (5):432-435
7. Qadir RA, Amin HM, Majeed AJ. Effect of growing seasons, plant extracts with various rates on black bean aphid, *Aphis fabae* (Aphididae: Homoptera). Kurdistan Journal of Applied Research. 2018;3(1):22–26. https://doi.org/10.24017/science.2018.1.6
8. Al-Mansour MS, Nizar MA. The effect of treatment method and insect phase with some insect growth inhibitors on the fertility of female American cockroach *Periplaneta americana* (L.) (Dictyoptera: Blattidae). Al-Furat Journal of Agricultural Sciences / Third Agricultural Conference. 2016; (1):19-22.
9. Al-Samarrai F. Statistical analysis using SAS version 6012. College of Veterinary Medicine, Baghdad University; 2012. p. 359.
10. Morshed MN., Sultana N, Rahman MM, Khan MTI, Mahmud MK, Howlader MTH. Evaluation of selected bio-insecticides and chemical insecticides against bean Aphid, *Aphis fabae*. National Conference on Natural Science and Technology; 2019. p. 2234.
11. Kusi F, Nboyine JA, Abudulai M, Seidu A, Agyare YR, Sugri I, et al. Cultivar and insecticide spraying time effects on cowpea insect pests and grain yield in northern Ghana. Annals of Agricultural Sciences. 2019;64(1):121–127.
12. Zimba KJ, Sohati PH, Munyinda K, Kamfwa K, Roberts JM, Pope TW. Evaluation of resistance to black bean aphid (*Aphis fabae*) in selected varieties and mutant genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Annals of Applied Biology. 2022;181(3):298–308. https://doi.org/10.1111/aab.12776
13. Meradsi F, Laamari M. Behavioral and biological responses of black bean aphid (*Aphis fabae*, Scopoli, 1763) on seven Algerian local broad bean cultivars. Acta Agriculturae Slovenica. 2018;111(3):535–543.
14. Sayed SM, Alotaibi SS, Gaber N, Elarrnaouty S-A. Evaluation of five medicinal plant extracts on *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) and Its Predator, Chrysoperla carnea (Neuroptera: Chrysopidae) under Laboratory Conditions. Insects. 2020;11(6):398.
15. Saeedi GD, Mujadidi N, Rahimi MH, Baray SM, Ahmad A. Effect of chemical insecticides on black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae). International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies. 2022;2(5):432–435.
16. Blackman RL, Eastop VF. Taxonomic issues. In: Van Emden HF and Harrington R. (eds.) Aphids as crop pests. CABI; 2017. p. 1-36.
17. Al-Zubaidi ZKH. Evaluation of some integrated control applications for the leaf tunnel makers *Liriomyza bryoniae* and *L. sativae* (Diptera: Agromyzidae) on tomato and climbing bean crops under greenhouse conditions. Master thesis. College of Agriculture, Tikrit University; 2018. p. 55-66.
18. Al-Rubaie HF, Muhammad Z, Taha MM, Jawad BH, Falah HN. The effectiveness of some plant-based pesticides and chemical pesticides in controlling the palm dubas insect (Homoptera: Tropiduchidae) *Ommatissus lybicus* De Berg. Karbala Journal of Agricultural Sciences. 2016:(2)762-765.
19. Abdul Hussein AK. The effect of the ethanolic extract of the fruits of *Melia azedarach* L, and *Citrullus colocynthis* on some aspects of the life performance of the red two-spotted mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Kufa Journal of Agricultural Sciences. 2016:100–111.
20. Al-Jubouri RA. The effect of three types of aqueous extracts on the oleander leaf aphid *Aphis neriiboyer*. Diyala Journal of Agricultural Sciences. 2016;(1):65-71.
21. Al-Qaisi NMH. Life and dynamics of the wax fig insect *Ceroplastes rusci* L (Hemiptera: Coccidae) and evaluation of some safe pesticides to combat it. Master thesis. Faculty of Agriculture, Tikrit University. 2018; p. 76.

المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.10
المجلة العربية للبحث العلمي، 2024، 1 من 6

ورقة بحثية

دور المدينة الذكية في تعزيز قدرة المناطق الحضرية على مواجهة الكوارث الطبيعية

عصام شحرور[1,2*]

[1]جامعة ليل، فرنسا
[2]رئيس شركة سمارت للاستشارات الذكية، فرنسا
Email: Isam.shahrour@univ-lille.fr*

الملخص

بسبب اشتداد الأخطار الطبيعية المرتبطة بتغير المناخ والتوسع الحضري السريع، تواجه العديد من المدن سؤالاً حساساً، وهو: كيف يمكنها أن تواجه بسرعةٍ التحديات الهائلة وغير المتوقعة في سياق نقص الموارد؟ وتتطلب التحديات الجديدة تكييف البنى التحتية الحضرية والتنظيمات الاجتماعية والاقتصادية مع مستويات من المخاطر تتجاوز تلك التي صُممت المدينة من أجلها. وتتطلّب الاستجابة لهذه التحديات الجديدة تطوير مفاهيم وأدوات جديدة لتعزيز قدرة المدن على مواجهة المخاطر الطبيعية المتزايدة. ويعرض هذا المقال مفهومين حضريين قويين يمكن أن يساعدا في تهيئة المدينة لمواجهة اشتداد المخاطر الطبيعية: المدن المرنة والذكية.

يشرح هذا المقال كيف يمكن لمفهوم المدينة الذكية أن يعزِّز قدرة المدن على الصمود في مواجهة المخاطر الطبيعية. ويبين أن الجمع بين البيانات المتعلقة بالمدينة والبيانات المتعلقة بالكوارث الطبيعية يمكّننا من فَهمٍ أفضلَ لاستجابات النظم الحضرية للأخطار الطبيعية، وتحديد أوجه الخلل، واتخاذ التدابير اللازمة لتعزيز قدرة المدن على الصمود.

الكلمات المفتاحية: المخاطر الطبيعية، التحضر، المدينة الذكية، المدينة المرنة، الإنذار المبكر، الذكاء الاصطناعي.

Title

The role of smart cities in enhancing the capacity of urban areas to cope with natural disasters

Isam Shahrour[1,2*]

[1]University of Lille, Lille, France
[2]President of Smart Conseil for Smart Solutions, France

Abstract

Faced with the intensification of natural hazards linked to climate change and massive urbanization, many cities face a delicate question: how can they rapidly cope with enormous, unexpected challenges in the context of resource tension? The new challenges require urban infrastructures and social and economic organizations to adapt to levels of risk beyond those for which the city was designed. Responding to these new challenges requires the development of new concepts and tools. This article presents two powerful urban concepts that can help prepare the city for the intensification of natural hazards: resilient and smart cities.

This article explains how the smart city concept can enhance cities' resilience to natural hazards. It shows that combining data on the city with data on natural disasters enables us to better understand urban systems' responses to natural hazards, identify malfunctions, and take the necessary measures to strengthen urban resilience.

Keywords: natural hazards, urbanization, smart city, resilient city, early warning, artificial intelligence

Received 09 June 2024; accepted 02 September 2024; published 31 October 2024

© 2024 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Shahrour I. The role of smart cities in enhancing the capacity of urban areas to cope with natural disasters. Arabian Journal of Scientific Research 5:2.10. https://doi.org/10.5339/ajsr.2024.10

1- المقدمة

يعرض هذا المقال كيف يمكن لمفهوم المدينة الذكية أن يساعد في مواجهة زيادة المخاطر الطبيعية وتأثيرها على المدينة. ويكتسب هذا الموضوع أهمية مزدوجة.

أولاً، أنه يتناول قضية رئيسية في عصرنا الحالي، وهي اشتداد الأخطار الطبيعية، لا سيما الفيضانات والعواصف والجفاف والانهيارات الأرضية والحرائق، والتي تسبب أضراراً بشرية ومادية كبيرة، خاصة في المناطق الحضرية. ويرجع اشتداد المخاطر الطبيعية إلى حد كبير إلى تغير المُناخ.

ويكمن الاهتمام الثاني في الابتكار الحضري؛ حيث تتأثر المدن بشكل خاص بالمخاطر الطبيعية. ويطرح تضخم هذه الأخطار والتوسع الحضري السريع والواسع النطاق تحديات جديدة كبيرة، لا سيما في كيفية تكييف المدن لبناها التحتية وتنظيمها وأساليب إدارتها مع مستويات المخاطر التي تتجاوز بكثيرٍ تلك المستخدمة في تصميمها وتشييدها. ويتطلب هذا التكييف تمويلاً كبيراً، وهو ما لا يتوفر في كثيرٍ من الأحيان. وفي هذا السياق، تحتاج المدن إلى الابتكار باستخدام مفاهيم مثل المدن الذكية والمرنة. ويقدم هذان المفهومان حلولاً شاملة تدمج بين الابتكارات التكنولوجية، لا سيما التكنولوجيا الرقمية، والابتكارات الاجتماعية، وخصوصاً الذكاء الجماعي، وهو عامل حاسم في نجاح المشاريع الحضرية.

وفيما يلي، يعرض المقال تباعاً تأثير المخاطر الطبيعية في المناطق الحضرية، وصعوبات التعامل مع تضخم هذه الكوارث الطبيعية، ومفهومي المدينة الذكية والمدينة المرنة، وكيف أن الجمع بين هذين المفهومين يقدم حلّاً مبتكراً وفعالاً للتعامل مع المخاطر الطبيعية في المدن.

2- منهجية البحث

يستند هذا البحث إلى مراجعة مستفيضة للأدبيات المتعلقة باشتداد المخاطر الطبيعية وتأثيرها على المدن. وبالنظر إلى التأثير الكارثي لهذه الأخطار على المدن، ركّز البحث على استكشاف المفاهيم الحضرية المبتكرة، وهي المدن المرنة والذكية. وأظهر التحليل الإمكانات العالية لهذه المفاهيم لمواجهة التحديات المتعلقة بتأثير المخاطر الطبيعية على المدن. ثم ركّز البحث بعد ذلك على كيفية تكييف مفهوم المدينة الذكية لتعزيز المرونة الحضرية من خلال الجمع بين بيانات المدينة الذكية والبيانات المتعلقة بالمخاطر الطبيعية الحضرية وتحليل البيانات المجمعة لإدارة المخاطر الحضرية قبل وقوع الخطر الطبيعي، وفي المرحلة المبكرة وأثناء الخطر وفي مرحلة التعافي.

3- المخاطر الطبيعية: خسائر فادحة وتهديد متزايد للعالم

على مدى العقد الماضي، أثرت المخاطر الطبيعية على أكثر من 220 مليون شخص؛ مما تسبب في أضرار تقدر بنحو 100 مليار دولار أمريكي سنويّاً. ومنذ عام 1992، ارتفع عدد الأشخاص المتضررين من هذه الأخطار إلى 4.4 مليار شخص، أو ما يقرب من 65% من سكان العالم. وقُدّرت الأضرار الاقتصادية المرتبطة بهذه المخاطر بحوالي 2 تريليون دولار. وفي عام 2015، تضرر 117 بلداً ومنطقة، أو 54% من العالم، من كارثة طبيعية واحدة على الأقل.

إن الخسائر الاقتصادية المرتبطة بالأخطار الطبيعية قد زادت بمقدار 1600 مليار دولار أمريكي خلال 20 عاماً. وإجمالي الخسائر المقدرة بـ2.908 مليار دولار أمريكي، يأتي 2.245 مليار دولار أمريكي من النفقات على الظواهر المناخية، أو 77% من إجمالي التكاليف.[1] وسُجلت أكبر الخسائر الاقتصادية في الولايات المتحدة والصين واليابان، حيث قُدّرت الخسائر بـ944 و492 و376 مليار دولار على التوالي. ومثلت خسائر هايتي بسبب المخاطر الطبيعية حوالي 17% من ناتجها المحلي الإجمالي. ووفقاً للاتحاد الدولي لجمعيات الصليب الأحمر والهلال الأحمر[2] عانى نصف سكان العالم، أو 3.8 مليار شخص، من الحرارة الشديدة ليوم واحد على الأقل في عام 2023. وأصبحت موجات الحر متكررة ومتطرفة بشكل متزايد. ويتزايد الاعتراف بها كواحدة من أكثر العواقب المميتة لتغير المُناخ.

ووفقاً لمكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث الطبيعية، تهدد الفيضانات أكثر من 379 مليون شخص من سكان المناطق الحضرية، بينما تهدد الزلازل والعواصف ما يقرب من 280 و160 مليون شخص.

ويُعَدّ تغير المناخ عاملاً رئيسيّاً في زيادة بعض المخاطر الطبيعية، مثل الفيضانات والانهيارات الأرضية وحرائق الغابات. وتُعتبر الأمطار الشديدة وارتفاع منسوب مياه البحر أمثلة ملموسة على هذا الاتجاه. كما أن زيادة التوسع الحضري والكثافة السكانية وسوء تكييف البنى التحتية تزيد من ضعف السكان أمام المخاطر الطبيعية.

4- تحتل المدينة موقع الصدارة في مكافحة الأخطار الطبيعية

ووفقاً لإدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية في الأمم المتحدة،[3] فإن ما يقرب من ثلاث مدن من كل خمس مدن في العالم التي لا يقل عدد سكانها عن 500 ألف نسمة معرضة لخطر الكوارث الطبيعية. ويقطن هذه المدن 1.4 مليار نسمة، أي حوالي ثلث سكان المناطق الحضرية في العالم. ويكشف التقرير أن 679 مدينة من أصل 1146 مدينة يقطنها ما لا يقل عن نصف مليون نسمة معرضة لخطر الأعاصير أو الفيضانات أو الجفاف أو الزلازل أو الانهيارات الأرضية أو الانفجارات البركانية. كما كشف تقرير صادر عن مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث أن المخاطر الطبيعية أودت بحياة 1.3 مليون شخص على مدى السنوات العشرين الماضية وخلّفت 4.4 مليار شخص مصابين أو مشردين أو بحاجة إلى مساعدة طارئة.[4]

ويمكن أن يكون للأخطار الطبيعية عواقب وخيمة على المدن. ويمكن أن يكون لها:

- آثار اقتصادية مباشرة مرتبطة بالأضرار التي تلحق بالممتلكات والبنية التحتية وتعطيل الأنشطة الاقتصادية.
- آثار اقتصادية غير مباشرة، بما في ذلك التأثير الكبير على سوق العمل وقدرة القطاع المالي وقطاع التأمين والنمو الاقتصادي على المدى الطويل.

فالمدن معرضة بشكل خاص للمخاطر الطبيعية بسبب كثافتها السكانية وبنيتها التحتية المعقدة وموقعها الساحلي أو النهري في كثيرٍ من الأحيان؛ مما يجعلها عرضةً للمخاطر المُناخية مثل الفيضانات والأعاصير وارتفاع منسوب المياه. وبالفعل، تضم المدن نسبةً كبيرةً من سكان العالم. وفي الوقت الحالي، يعيش 50% من سكان العالم في المدن، ومن المتوقع أن يرتفع هذا الرقم إلى 70% بحلول عام 2050. هذا التركز يجعل تأثير المخاطر الطبيعية أكثر حدة، حيث يتعرض عدد أكبر من الناس والممتلكات للمخاطر. وغالباً ما يؤدي النمو الحضري السريع إلى التحضر غير المخطط له وغير المنضبط. ويؤدي ذلك إلى إنشاء مستوطنات غير مستقرة في المناطق عالية المخاطر؛ مما يزيد من تعرض السكان للمخاطر الطبيعية.[5]

وتحتاج المدن بشكل عام إلى مزيد من البنية التحتية المتكيفة مع اشتداد المخاطر الطبيعية. وفي الواقع، تحتاج العديد من المدن- لا سيما في البلدان النامية- إلى بنية تحتية أكثر ملاءمةً أو أفضل صيانةً. على سبيل المثال، كشف الزلزال الذي ضرب بورت أو برنس في عام 2010 عن نقص في الرقابة

الحضرية، ومعايير البناء غير المطبقة، ونقص في البنية التحتية المناسبة؛ مما ضاعف من الآثار المدمرة للكارثة.[6] ويمكن أن يؤدي سوء الحوكمة والفساد إلى تفاقم تأثير الكوارث الطبيعية. في بورت أو برنس، تأثر التخطيط الحضري بالمصالح الخاصة بدلاً من إستراتيجيات التنمية الحضرية؛ مما أدى إلى تضخيم آثار الزلزال.[6]

ونظراً للآثار الشديدة للأخطار الطبيعية على المدينة واحتمالات تفاقم هذه الأخطار بسبب التغير المُناخي والتوسع الحضري الهائل، فإننا بحاجة إلى تطوير ونشر مفاهيم مبتكرة وشاملة لإعداد المدينة وتكييفها مع هذا التحدي الجديد الكبير. ونعرض فيما يلي لمفهومين مبتكرين وواعدين لتكييف المدينة مع المخاطر المتزايدة للأخطار الطبيعية: المدن المرنة والذكية.

5- مفهوم المدينة المرنة

يشير مفهوم المرونة إلى النظم التي تنجح في التغلب على المعاناة وتظل غير متأثرة رغم المعاناة. وهي تشير إلى عملية تنافسية يجب أن يتكيف فيها النظام بشكل إيجابي مع الأوضاع المعاكسة. وقد استُخدمت كلمة المرونة بطرق متنوعة. يشير ويرنر[7] إلى ثلاثة استخدامات للمصطلح: التطور الجيد رغم المخاطر الاجتماعية العالية، والحفاظ على المهارات رغم الضغوطات المستمرة، والتعافي من الصدمات. ويعرّف لوثار وآخرون[8] المرونة بأنها التكيف الإيجابي رغم الشدائد، مع التركيز على الشدائد الكبيرة والتكيف الإيجابي.

وتُستخدم المرونة في العديد من المجالات؛ ففي علم البيئة، تشير المرونة إلى قدرة النظام البيئي على امتصاص التغيير والاستمرار في الوجود.[9] أما في المجال الاجتماعي، فتشير المرونة إلى قدرة مجموعة ما على تطوير وتخصيص مواردها للتغلب على التحديات والشدائد.[10,11] وتتعلق المرونة التنظيمية بقدرة المنظمة على التكيف والتعافي من الأزمات. ويعرّف هامل وفاليكانجس[12] المنظمات المرنة بقدرتها على التطور مثل النظم الإيكولوجية المرنة والتكيف مع التغيرات البيئية. وتحتاج المنظمات المرنة إلى موظفين مرنين، وسلاسل توريد قابلة للتكيف، ومجموعة منتجات ترضي العملاء، وهياكل تنظيمية مرنة. وفي قطاع الأمن القومي، تشير المرونة إلى تعزيز قدرة الدولة على الصمود والتعافي من الكوارث الطبيعية والصدمات الاقتصادية والصراعات.[13]

وتعكس المرونة الحضرية قدرة النظم الحضرية على التكيف والتعافي من المخاطر الطبيعية والأزمات الاجتماعية أو الاقتصادية.

وقد اقترحت ثلاثة مناهج للمرونة الحضرية:[14–17]

- نهج التوازن، الذي يركز على تعزيز قدرة النظام على العودة إلى حالته الأصلية استجابةً للاضطراب.
- النهج غير التوازني، الذي يؤكد على ضرورة تغير النظام استجابةً للظروف الجديدة نحو حالة جديدة مستدامة.
- النهج الهجين، الذي يجمع بين النهجين السابقين.

وقد اعتمدت المنظمات الدولية مفهوم المرونة لتعزيز قدرة المجتمعات والبلدان على مواجهة الأخطار الطبيعية والتي من صنع الإنسان. ويعرّف برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية[5] المرونة الحضرية بأنها قدرة أي نظام حضري وسكانه على الحفاظ على الاستمرارية رغم كل الصدمات مع التكيف والتحول الإيجابي نحو الاستدامة. ويشمل ذلك إدارة المخاطر الطبيعية والهجرة السريعة والهجمات الإلكترونية.[4] ويصف مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث المدينة المرنة بأنها قدرة نظام أو مجتمع أو مجتمع معرض لخطر ما على المقاومة والاستيعاب والتكيف والتحول والتعافي من آثار الخطر بسرعة وفعالية، بما في ذلك الحفاظ على الهياكل الأساسية واستعادتها وإدارة المخاطر.

ويتطلب بناء مدينة قادرة على الصمود نهجاً شاملاً يجمع بين التخطيط المتكامل وتقييم المخاطر وإدارتها، فضلاً عن الانتقال إلى بنية تحتية قادرة على الصمود ومشاركة المجتمع.

ويتطلب التخطيط المتكامل التعاون بين أصحاب المصلحة في المدينة وصانعي القرار السياسي وأفراد المجتمع المحلي لتحديد نقاط الضعف وتنفيذ حلول مرنة. ويجب أن يأخذ في الاعتبار جميع القطاعات الحضرية ذات الصلة، بما في ذلك البنية التحتية والإسكان والنقل والخدمات الاجتماعية.

ويهدف تقييم المخاطر وإدارتها إلى فَهم المخاطر، بما في ذلك مخاطر تغير المُناخ، ووضع خُطط لإدارة المخاطر للتخفيف من هذه المخاطر والتكيف معها.

إن الانتقال إلى البنى التحتية المرنة أمر معقد، ويشمل قطاعات واسعة مثل البناء والنقل والمياه والبنى التحتية للطاقة. ويتطلب ذلك تكييف اللوائح مع المخاطر الجديدة، وتخصيص تمويل كبير، واستخدام الابتكارات التكنولوجية لتحسين عملية الانتقال وخفض التكاليف.

وتهدف المشاركة المجتمعية إلى تمكين المجتمعات المحلية وإشراكها في التأهب للكوارث والاستجابة لها والتعافي منها. ويتضمن ذلك إشراك المجتمع المحلي في عمليات صنع القرار وتعزيز التماسك الاجتماعي.

6- مفهوم المدينة الذكية

ظهر مفهوم المدينة الذكية في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وقد قادته شركات التكنولوجيا الرقمية التي تهدف إلى استغلال القدرة الاستثنائية لهذه التكنولوجيا في حل مشاكل المدن المعقدة، لا سيما تلك المرتبطة بإدارة البنى التحتية الحضرية مثل النقل والمياه والطاقة. وبفضل مساهمة الباحثين والضغط الاجتماعي والاقتصادي وإرادة المدن، تم توسيع نطاق هذا المفهوم بعد ذلك ليشمل القضايا الاجتماعية والاقتصادية. ويقدم القسم التالي لمحة عامة عن أبحاث المدن الذكية.

في واحدة من أولى المقالات حول المدينة الذكية،[18] وصفت المدينة الذكية من حيث قدرتها على مراقبة ودمج البنى التحتية للنقل والمياه والطاقة والاتصالات والمباني لتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد وتحسين نوعية الحياة في المدينة.[19] وسُلِّط الضوء على دور المدينة الذكية في التنمية الاقتصادية والحوكمة والتنقل وجودة الحياة.

وعرّف هولاندز[20] ذكاء المدينة بأنه قدرتها على تكييف البنى التحتية الحضرية لتقليل استهلاك الموارد وتحسين الخدمات والسلامة الحضرية.

ويعزو كاراجليو وآخرون ذكاء المدينة إلى الاستثمار في رأس المال البشري، والبنية التحتية الحضرية، وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والنمو الاقتصادي المستدام، والحوكمة التشاركية.[21]

وأكد داميري[22] على دور المدينة الذكية في الجمع بين البنية التحتية الحضرية والاندماج الاجتماعي لخلق منافع اجتماعية فيما يتعلق بالرفاهية والبيئة الصديقة للبيئة والتنمية الذكية. وناقش كيتشن[23] الدور المحوري للحوكمة في المدينة الذكية لتعزيز عملية صنع القرار القائم على البيانات والشفافية.

واعتبرت دراسة رقم 24 الثقافة محوراً أساسيّاً للمدينة الذكية.[24] وسلطت دراسة أنثوبولوس[25] الضوء على دور تعدد التخصصات في مفهوم المدينة الذكية من خلال الجمع بين القضايا التقنية والاجتماعية والبيئية لتطوير الإدارة الحضرية القائمة على المعرفة. وقد ركّزت المقالات الحديثة على تطبيق

المدينة الذكية في مجالات النقل،[27,26] والاستدامة والمرونة الحضرية،[37–28] والإدارة المثلى لموارد المياه والبنية التحتية.[43–38]

وعرضت دراسة شحرور[44] تطبيق مفهوم المدينة الذكية بالتفصيل. وهو يتضمن تعريفاً واضحاً لأهداف المدينة الذكية، وتنفيذ الحوكمة المناسبة، وجمع البيانات اللازمة، ومعالجة هذه البيانات وتحليلها لتحويلها إلى خدمات ذكية تلبي هدف المدينة الذكية.

ونظراً لأهمية البيانات في المدينة الذكية، فإن توظيف جميع الوسائل المتاحة والضرورية لجمعها أمر ضروري. ويشمل ذلك بناء نموذج رقمي للمدينة باستخدام تقنيات النمذجة الحضرية مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، ونمذجة معلومات البناء (BIM). ويشمل جمع البيانات أيضاً تركيب أجهزة استشعار ذكية ومشاركة المواطنين في جمع المعلومات والتغذية الراجعة والوصول إلى قواعد البيانات المتاحة. ويجب أن تغطي البيانات التي يتم جمعها حالة وتشغيل الأنظمة الحضرية والمعايير البيئية وخدمات المواطنين. ويجب أن تحترم عملية جمع البيانات واستخدامها خصوصية المستخدمين.[45]

وتتضمن معالجة البيانات وتحليلها التحقق من جودة البيانات التي تم جمعها وتنظيفها وتخزينها وتحليلها لتحويلها إلى خِدمات ذكية، خاصةً لتحسين تشغيل الأنظمة الحضرية، وتحسين سلامة السلع والأشخاص، والحفاظ على الموارد، والحد من التأثير البيئي، وبشكل عام تحسين جودة الحياة والخِدمات للمواطنين.

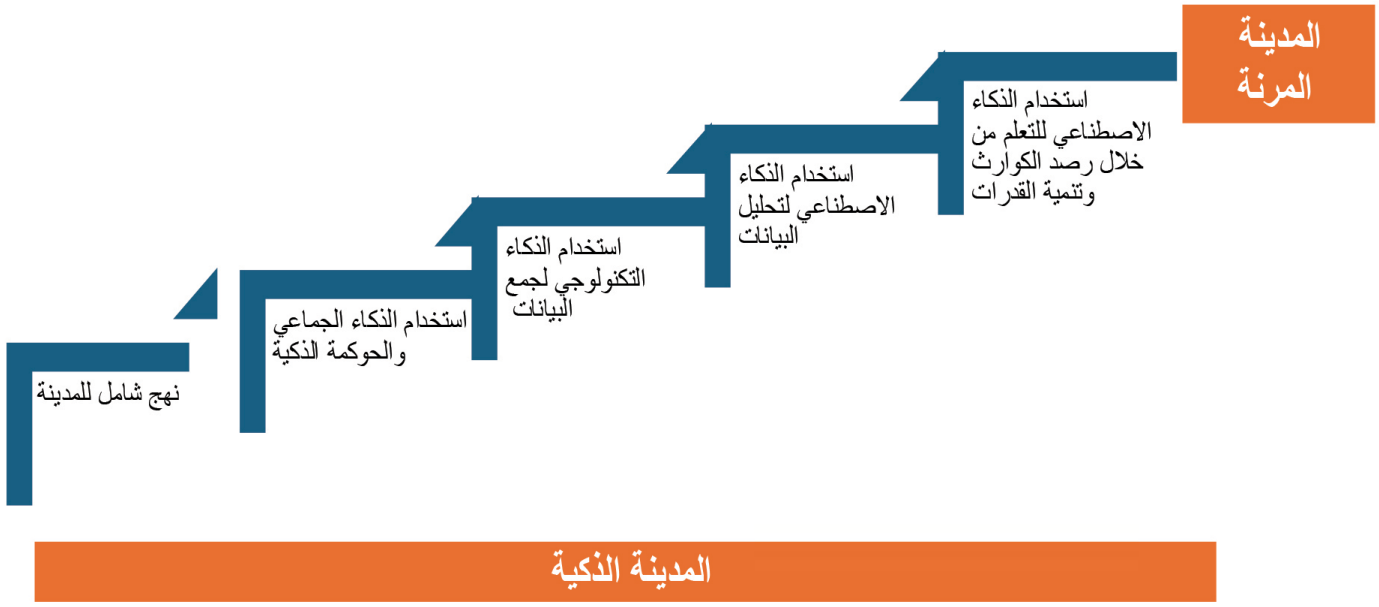
ويتم تحليل البيانات باستخدام موارد قوية، لا سيما الذكاء الاصطناعي؛ مما يتيح التحليل الفوري للبيانات الضخمة والمعقدة، واستكشاف العديد من سيناريوهات إدارة البنية التحتية والخدمات الحضرية، وتحديد سيناريو الإدارة الأمثل.

7- كيف يمكن للمدن الذكية تحسين المرونة الحضرية؟

يمثل مفهوم المدينة الذكية فرصة كبيرة لمعالجة التحديات الحضرية المعقدة كما هو موضح بشكل 1. فهو يجمع في الواقع بين نهج عالمي وشامل للمدينة أولاً، وثانياً الذكاء الجماعي الذي يضمن مشاركة أصحاب المصلحة في المدينة، وثالثاً الذكاء التكنولوجي الذي يجمع بين أحدث التطورات التكنولوجية لجمع البيانات الحضرية واستخدامها لتحسين إدارة المدينة. ويستند هذا النهج على المعرفة والتعلم، وهما عنصران حاسمان للإدارة المستنيرة والمثلى للكوارث الحضرية ولتعزيز قدرة المدينة على الصمود.

وقد أكد العديد من الباحثين هذه الملاحظة. فعلى سبيل المثال، أظهر أبوستو وآخرون[46] وجود علاقة قوية بين مستوى ذكاء المدن ومرونتها. وقد استُخدم مؤشر المرونة الحضرية ومؤشر المدن الذكية لإثبات أن المستويات الأعلى من الذكاء تؤدي إلى مرونة أكبر في المدن. وتُظهر الأبحاث التي أجريت على المدن في أمريكا اللاتينية أن مشاريع المدن المبتكرة قد حسّنت من مرونة المدن من خلال الحلول الرقمية والتقنيات المبتكرة.[47] وفي الصين ، تبين أن تطوير المدن الذكية قد أثّر بشكل إيجابي على المرونة الاجتماعية، ولكن تأثيرها على المرونة الاقتصادية والبيئية ضئيل.[48]

إن مساهمة المدينة الذكية في المدينة المرنة متعددة الجوانب. فالتكنولوجيا الرقمية في المدن الذكية تتيح إمكانية تصور ومراقبة عمل مكونات المدينة المختلفة في الوقت الحقيقي، والتنبؤ بعواقب الأحداث في المدينة، واستكشاف آثار وفعالية الإجراءات العلاجية.



شكل 1. دور المدينة الذكية في بناء المدينة المرنة

ويتطلب تكييف مفهوم المدينة الذكية مع المدينة المرنة استكمال البيانات الحضرية ببيانات مرتبطة بإدارة الكوارث، ويتضمن ذلك ما يأتي:

- رسم خرائط لمناطق الخطر، والبنى التحتية الحرجة، ونقاط ضعف البنى التحتية والمنظمات الاجتماعية والاقتصادية والعامة، وموارد التدخل والإنقاذ.
- موارد الإنذار المبكر التي تدمج أجهزة الاستشعار الذكية وعمليات الرصد بالأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار والروبوتات والتواصل مع المواطنين للكشف عن وقوع كارثة طبيعية في أقرب وقت ممكن.
- تنفيذ نظام العمل المبكر بما في ذلك الرصد التلقائي للبنى التحتية والمعدات الحيوية ووسائل تنبيه السلطات المعنية والمواطنين.
- وسائل التحليل والعمل لاستخدام البيانات الحضرية وبيانات الأزمات لتنفيذ إجراءات حماية المواطنين والخدمات الحيوية والبنى التحتية.

- رصد الموارد أثناء الأزمة؛ لتحسين الاستجابة لحالات الطوارئ.
- رصد ومتابعة الموارد اللازمة لإجراءات التعافي من الكوارث؛ للتحقق من أنها تعمل بسلاسة، وتكييف الموارد المتاحة مع احتياجات المواطنين.

يعد جمع بيانات الإنذار المبكر خلال الأزمة وفترة التعافي كنزاً دفيناً لتحسين إدارة الكوارث الطبيعية؛ حيث تمكِّننا هذه البيانات من مراقبة العوامل المسببة واستجابات الأنظمة المختلفة عن كثب، بما في ذلك البنية التحتية والمعدات والمنظمات والمواطنين. ويتيح تحليل كل هذه البيانات إمكانية تحديد الأعطال وتحليل أسبابها واتخاذ التدابير اللازمة لتحسين أداء هذه الأنظمة في مواجهة الكوارث الطبيعية. كما يستخدم نظام الذكاء الاصطناعي هذه البيانات كبيانات تعليمية لتعزيز مرونة المدينة.

8- الخاتمة

عرضت هذه المقالة كيف يمكن لمفهوم المدينة الذكية تحسين قدرة المدن على الصمود في مواجهة المخاطر الطبيعية. وأظهرت التأثير الكارثي للأخطار الطبيعية على المدينة، واحتمالات تفاقم هذا التأثير المدمر بسبب التغير المناخي والتوسع الحضري الهائل، والصعوبات التي تواجهها المدن في التعامل معها. ومضت لتبين أن مفهوم المدينة المرنة يوفر إطاراً قويّاً وشاملاً لتعزيز قدرات المدن على التكيف مع المخاطر الطبيعية.

وتبين المقالة أن مفهوم المدينة الذكية يوفر العديد من المزايا لتعزيز قدرة المدن على مواجهة المخاطر الطبيعية. وأن إثراء بيانات المدينة الذكية بالبيانات المتعلقة بالمخاطر الطبيعية، ونقاط الضعف في البنية التحتية والتنظيمية، والإنذار المبكر، ورصد استجابات البنية التحتية والتنظيمية؛ يتيح فهماً أفضل لعمل واستجابات النظم الحضرية المعقدة خلال المراحل الثلاث للأزمة، وهي المرحلة المبكرة وأثناء الأزمة وفترة التعافي. ويتيح تحليل هذه البيانات إمكانية تحديد الأعطال واتخاذ التدابير اللازمة لتحسين مرونة مكونات المدينة، لا سيما البنية التحتية والخِدمات والمنظمات والحوكمة وخُطط الطوارئ. وبفضل الذكاء الاصطناعي وتقنيات التعلم، تعمل البيانات التي يتم جمعها أثناء الأزمات على تحسين أداء نظام إدارة الأزمات في المدينة؛ وبالتالي تعزيز مرونتها.

ونهج هذه المقالة مخصَّص للمخاطر الطبيعية. ومع ذلك، يمكن استخدام نفس النهج مع المخاطر التي من صنع الإنسان، بما في ذلك النزاعات المسلحة والصراعات الاجتماعية والأزمات المالية والاقتصادية.

المراجع

1. CRED. Report economic losses, poverty & disasters 1998–2017. Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR); 2019. https://www.preventionweb.net/files/61119_credeconomiclosses.pdf [Accessed 6th June 2024].
2. IFRC. Heat waves invisible killer. World heat summit. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies; 2024. https://www.ifrc.org/fr/article/heatwaves-ifrc-global-heat-summit-tackle-invisible-killer [Accessed 6th June 2024].
3. DESA. The world's cities 2018, United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA); 2018. https://www.un.org/fr/desa/world-cities-day-2018 [Accessed 6th June 2024].
4. UNDRR. Making cities resilient 2030; 2024. https://mcr2030.undrr.org
5. UN-Habitat. Resilience and risk reduction; 2024. https://unhabitat.org/topic/resilience-and-risk-reduction
6. Boyer B. Ville et catastrophe naturelle, responsabilités et opportunités? Case of the Port au Prince earthquake, Urbanités, November 2013, Crises en ville, villes en crise; 2013.
7. Werner EE. Resilience in development. Current Directions in Psychological Science. 1995;4(3):81–84. https://doi.org/10.1111/1467-8721.EP10772327
8. Luthar SS, Cicchetti D, Becker B. The construct of resilience: A critical evaluation and guidelines for future work. Child Development. 2000;71(3):543–562. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00164
9. Holling CS. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 1973;4:1–23. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245
10. Neil Adger W. Social capital, collective action and adaptation to climate change. Economic Geography. 2003;79(4):387–404. https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2003.tb00220.x
11. Norris FH, Stevens SP, Pfefferbaum B, Wyche KF, Pfefferbaum RL. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities and strategy for disaster readiness. American Journal of Community Psychology. 2008;41(1–2):127–150. https://doi.org/10.1007/s10464-007-9156-6
12. Hamel G, Välikangas L. The quest for resilience. Harvard Business Review. 2003 Sep.
13. McAslan A. The concept of resilience: Understanding its origins, meaning and utility. Adelaide, Australia; Torrens Resilience Institute; 2010.
14. Sharifi A. Resilience of urban social-ecological-technological systems (SETS): A review. Sustainable Cities and Society. 2023;99:104910. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104910
15. Therias A, Rafiee A. City digital twins for urban resilience. International Journal of Digital Earth. 2023;16(2):4164–4190. https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2264827
16. Elkhidir E, Mannakkara S, Henning TFP, Wilkinson S. A pathway towards resilient cities: National resilience knowledge networks. Cities. 023;136:104243. https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104243
17. Zhai G. Living with risk: Building the future of resilient cities. Landscape Architecture Frontiers, 2024;12(1):88-92. https://doi.org/10.15302/J-LAF-1-030051
18. Hall P. Creative cities and economic development. Urban Studies. 2000;37(4):639–649. https://doi.org/10.1080/00420980050003946
19. Giffinger R, Fertner C, Kramar H, Meijers, E. Smart cities: Ranking of European medium-sized cities. Vienna, Austria: Center of Regional Science (SRF); 2007.
20. Hollands RG. Will the real smart city please stand up? City. 2008;12(3):303–320. https://doi.org/10.1080/13604810802479126
21. Caragliu A, del Bo C, Nijkamp P. Smart cities in Europe. Journal of Urban Technology. 2011;18(2):65–82.

22. Dameri RP Searching for smart city definition: A comprehensive proposal. International Journal of Computers & Technology. 2013;11:2544–2551. https://doi.org/10.24297/ijct.v11i5.1142
23. Kitchin R. Making sense of smart cities: Addressing present shortcomings. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. 2014;8(1):131–136. https://doi.org/10.1093/cjres/rsu027
24. Neirotti P, de Marco A, Cagliano AC, Mangano G, Scorrano F. Current trends in smart city initiatives: Some stylized facts. Cities. 2014;38:25–36. https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010
25. Anthopoulos L. Understanding the smart city domain: A literature review in transforming city governments for successful smart cities. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer; 2015.
26. Paiva S, Ahad MA, Tripathi G, Feroz N, Casalino G. Enabling technologies for urban smart mobility: Recent trends, opportunities, and challenges. Sensors. 2021;21(6):2143. https://doi.org/10.3390/s21062143
27. Aburas H, Shahrour I, Giglio C. Route planning under mobility restrictions in the Palestinian territories. Sustainability. 2024;16(2):660. https://doi.org/10.3390/su16020660
28. Khatibi H, Wilkinson S, Baghersad M, Dianat H, Ramli H, Suhatril M, et al. The resilient – Smart city development: A literature review and novel frameworks exploration. Built Environment Project and Asset Management. 2021;11(4):493–510. https://doi.org/10.1108/bepam-03-2020-0049
29. Han MJN, Kim MJ. A critical review of the smart city in relation to citizen adoption towards sustainable smart living. Habitat International. 2021;108:102312. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102312
30. Lopez LJR. Castro AIG. Sustainability and resilience in smart city planning: A review. Sustainability. 2021;13(1):181. https://doi.org/10.3390/su13010181
31. Baba A, Shahrour I, Baba M. Indoor environmental quality for comfort learning environments: Case study of Palestinian school buildings. Buildings. 2024;14(5):1296. https://doi.org/10.3390/buildings14051296
32. Itair M, Shahrour I, Hijazi I. The use of the smart technology for creating an inclusive urban public space. Smart Cities. 2023;6(5):2484–2498. https://doi.org/10.3390/smartcities6050112
33. Attoue N, Shahrour I, Younes R. Smart building: Use of the artificial neural network approach for indoor temperature forecasting. Energies. 2018;11(2):395. https://doi.org/10.3390/en11020395
34. Zekić-Sušac M, Mitrović S, Has A. Machine learning based system for managing energy efficiency of public sector as an approach towards smart cities. International Journal of Information Management. 2021;58:102074. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102074
35. Wehbe R, Shahrour I. A BIM-based smart system for fire evacuation. Future Internet. 2021;13(9):221. https://doi.org/10.3390/fi13090221
36. Ramadan L, Shahrour I, Mroueh H, Chehade FH. Use of machine learning methods for indoor temperature forecasting. Future Internet. 2021;13(10):242. https://doi.org/10.3390/fi13100242
37. Lagsaiar L, Shahrour I, Aljer A, Soulhi A. Use of smart monitoring and users' feedback to investigate the impact of the indoor environment on learning efficiency. Environmental Economics and Policy Studies. 2021;26:349–368. https://doi.org/10.1007/s10018-021-00329-3
38. Farah E, Shahrour I. Leakage detection using smart water system: Combination of water balance and automated minimum night flow. Water Resources Management. 2017;31:4821–4833. https://doi.org/10.1007/s11269-017-1780-9
39. Abou Rjeily Y, Abbas O, Sadek M, Shahrour I, Chehade FH. Model predictive control for optimising the operation of urban drainage systems. Journal of Hydrology. 2018;566:558–565. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.044
40. Saab C, Shahrour I, Chehade HF. Risk assessment of water accidental contamination using smart water quality monitoring. Expo Health. 2020;12:281–293. https://doi.org/10.1007/s12403-019-00311-1
41. El Ghazouli K, El Khatabi J, Shahrour I, Soulhi A.)Wastewater flow forecasting model based on the nonlinear autoregressive with exogenous inputs (NARX) neural network. H_2OPEN Journal. 2021;4(1):276–290. https://doi.org/10.2166/h2oj.2021.107
42. Mashhadi N, Shahrour I, Attoue N, El Khattabi J, Aljer A. Use of machine learning for leak detection and localization in water distribution systems. Smart Cities. 2021;4(4):1293–1315. https://doi.org/10.3390/smartcities4040069
43. Judeh T, Shahrour I, Comair F. Smart rainwater harvesting for sustainable potable water supply in arid and semi-arid areas. Sustainability. 2022;14(15):9271. https://doi.org/10.3390/su14159271
44. Shahrour I, Xie X. Role of Internet of Things (IoT) and crowdsourcing in smart city projects. Smart Cities. 2021;4(4):1276–1292. https://doi.org/10.3390/smartcities4040068
45. CNIL. RGPD general data protection regulation; 2024. https://www.cnil.fr/fr/comprendre-le-rgpd
46. Apostu SA, Vasile V, Vasile R, Rosak-Szyrocka J. Do smart cities represent the key to urban resilience? Rethinking urban resilience. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(22):15410. https://doi.org/10.3390/ijerph192215410
47. Resilient Cities Network. Digital solutions for urban resilience in Latin America: case study. Shaping a Digital World; 2021. https://resilientcitiesnetwork.org
48. Zhou Q, Zhu M, Qiao Y, Zhang X, Chen J. Achieving resilience through smart cities? Evidence from China. Habitat International. 2021;111:102348. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102348

منظمة المجتمع العلمي العربي
Arab Scientific Community Organization