Journal of Engineering Research

Volume 6 | Issue 3 Article 3

2022

How Artificial Intelligence-based Interactive City support City Resilience? كيف تدعم المدينة التفاعلية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي مرونة المدينة؟

Khaled Abdelmagid

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/erjeng

Recommended Citation
Abdelmagid, Khaled (2022) "How Artificial Intelligence-based Interactive City support City Resilience? كيف تدعم المدينة التفاعلية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي مرونة المدينة؟," *Journal of Engineering Research*: Vol. 6: Iss. 3, Article 3.
Available at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/erjeng/vol6/iss3/3

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in Journal of Engineering Research by an authorized editor. The journal is hosted on Digital Commons, an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aaru.edu.jo, marah@aaru.edu.jo, u.murad@aaru.edu.jo.

Vol. 6 – No. 3, 2022 Journal of Engineering Research (ERJ)

كيف تدعم المدينة التفاعلية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي مرونة المدينة؟

How Artificial Intelligence-based Interactive City support City Resilience?

د. خالد صلاح سعيد عبد المجيد

أستاذ مساعد بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط
khaled@aun.edu.eg

الملخص : تمثل تطبيقات الذكاء الاصطناعي فرصة كبيرة لدعم صمود ومرونة المدن، إذ تستطيع تطبيقاته أن تضيف الكثير للعمران وتكسبه بعض جوانب المرونة التي تدعم صمود ومرونة المدينة بشكل عام في ظل عالم تتسارع فيه والتطورات التكنولوجية والتطبيقات الحاسوبية في شتى مجالات الحياة. ومن هذا المنطلق فأن السؤال المحوري للبحث هو "كيف تدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المدينة التفاعلية مرونة المدينة؟"، وبالتالي فأن الهدف الرئيسي للبحث يتمثل في إثبات أو نفي الفرضية البحثية التي تفترض أن منظومة المدينة التفاعلية المبنية علي تطبيقات الذكاء الاصطناعي قادرة علي دعم مرونة وصمود المدينة مقابل التحديات المختلفة التي تواجه المدينة. ولتحقيق هدف البحث، فان الدراسة تعتمد علي المنهج الاستنباطي بشكل رئيسي من خلال عرض وتحليل مفاهيم المدن المرنة وسماتها المختلفة، ثم وصف وتحليل التحديات التي تواجهها المدن من جهة. ومن جهة أخري تحليل مفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته المختلفة. ثم تحليل مكونات منظومة المدينة التفاعلية إنتهاءاً باستنباط دور منظومة المدينة التفاعلية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي في تحقيق مرونة وصمود المدينة. وقد استطاعت الورقة إثبات الفرضية والخلوص إلي أن منظومة المدينة التفاعلية المبنية علي تطبيقات الذكاء الاصطناعي تدعم مرونة وصمود المدينة. كما أوصت الورقة بضرورة الاستفادة من منظومة المدن التفاعلية وتطبيقها في المدن المختلفة.

الكلمات الرئيسية: المدن المرن، تحديات المدن، الذكاء الاصطناعي، الأنظمة الخبيرة، المدينة التفاعلية

Abstract: Artificial intelligence applications represent a great opportunity to support the resilience of cities. This paper seeks answer to a central question that asks about how Interactive City (IC) mechanism - that based on Artificial Intelligence (AI) - support the city's resilience. Therefore, the main goal of this paper is to prove or deny the paper assumption, which assumes that the AI-based IC mechanism can support the resilience of the city. To achieve this goal, a deductive approach is adopted by presenting and analyzing the concept of resilient cities and their different features; then, describing and analyzing the challenges of cities; analyzing the concepts of AI and its various applications; analyze the components of the IC to conclude its role in supporting and achieving city resilience. As a result, the paper proved the assumption and conclude that the AI-based IC supports city resilience. The paper also recommends applying the AI-based IC mechanism in different cities.

Keywords: Resilient city, City challenges, Artificial Intelligence, Expert Systems, Interactive City

1. المقدمة

يعيش في الوقت الحاضر أكثر من نصف سكان العالم في المدن، ووفقًا للتقارير الصادرة عن لأمم المتحدة [1]، فأنه من المتوقع أن يعيش 66٪ من إجمالي سكان العالم في المدن بحلول عام 2050. وفي ظل ما يشهده العالم من تحديات طبيعية مثل التغيرات المناخية والزلازل والانهيارات الأرضية والفيضانات والأعاصير، وموجات التسونامي انتهاءاً بالأوبئة الصحية، فقد عاد الاهتمام بقدرة المدن علي الصمود في مواجهة هذه التحديات وغيرها ومرونتها التي تسمح لها بالعودة لما كانت عليه بعد انتهاء التحدي.

وقد أكدت العديد من الدراسات ومنها دراسة "Hernantes وآخرون" [1] علي أن تحسين مستوى مرونة المدن في مواجهة الكوارث المتوقعة وغير المتوقعة أمر ذو أهمية قصوى، حيث يجب أن تكون المدن أكثر مرونة واستعدادًا لمواجهة الصدمات والضغوط من أجل الحد من مخاطر الكوارث وتأثيرها وزيادة سلامة ورفاهية المواطنين.

وتمثل تطبيقات الذكاء الاصطناعي فرصة كبيرة لدعم صمود ومرونة المدن، إذ تستطيع تطبيقاته أن تضيف الكثير للعمران وتكسبه بعض جوانب التفاعلية التي تدعم صمود ومرونة المدينة بشكل عام في ظل عالم تتسارع فيه والتطورات التكنولوجية والتطبيقات الحاسوبية في شتى مجالات الحياة، وفي ظل وجود أطروحات كثيرة لمدن وصفت تارة بأنها ذكية وتارة أخري بأنها تفاعلية، فأن المحرك الأساسي لها هو المنظومات الإلكترونية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته المختلفة.

المشكلة البحثية:

نظراً لما تتطلبه الطبيعة المعقدة والديناميكية لمرونة المدينة من ضرورة تبني نهج شامل عند التخطيط لمرونة المدينة وفقاً ل "Hernantes وآخرون" [1]، وعلي الرغم من وجود أطروحات كثيرة لتطبيق التكنولوجيا في العمران وإنتاج عمران ذكي أو متفاعل أو مؤتمت يمكن أن تسهم في حل العديد من تحديات العمران المختلفة، إلا أنه لم يتم استكشاف درجة قدرة أنظمة الذكاء الاصطناعي علي دعم صمود ومرونة المدينة، وهي المشكلة البحثية التي تسعي هذه الورقة لدراستها، لذا فأن السؤال المحوري للبحث يتمثل في "كيف تدعم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المدينة التفاعلية مرونة المدينة؟". وتتطلب الدراسة الإجابة أولاً علي بعض الأسئلة الثانوية التي تتساءل عن ماهية المدن المرنة وماهية التحديات التي تواجهها وأهم سماتها، كذلك السؤال عن ماهية الذكاء الاصطناعي وفئاته ومجالات تطبيقه وأهم نظمه وتطبيقاته، كذلك ماهية الأنظمة الخبيرة ومكوناتها إنتهاءاً بالسؤال الثانوي عن منظومة المدينة التفاعلية المبنية علي نظم خبيرة ودورها كداعم لمرونة المدينة.

الفرضية البحثية:

يفترض البحث - كإجابة علي السؤال المحوري – أن منظومة المدينة التفاعلية المبنية علي تطبيقات الذكاء الاصطناعي تدعم مرونة وصمود المدينة من خلال السمات والخصائص التفاعلية التي تمكن المدينة من التعامل مع التحديات المختلفة التي تواجهها سواء بشكل استباقي أو في الوقت الفعلي.

هدف البحث:

يهدف البحث الي إثبات أو نفي الفرضية البحثية التي تفترض أن للمدينة التفاعلية المبنية علي تطبيقات الذكاء الاصطناعي دور داعم لقدرة المدينة علي المرونة والصمود مقابل التحديات المختلفة التي تواجه المدينة. كما تسعي الورقة البحثية إلي تقديم إجابات علي الأسئلة البحثية الثانوية المطروحة.

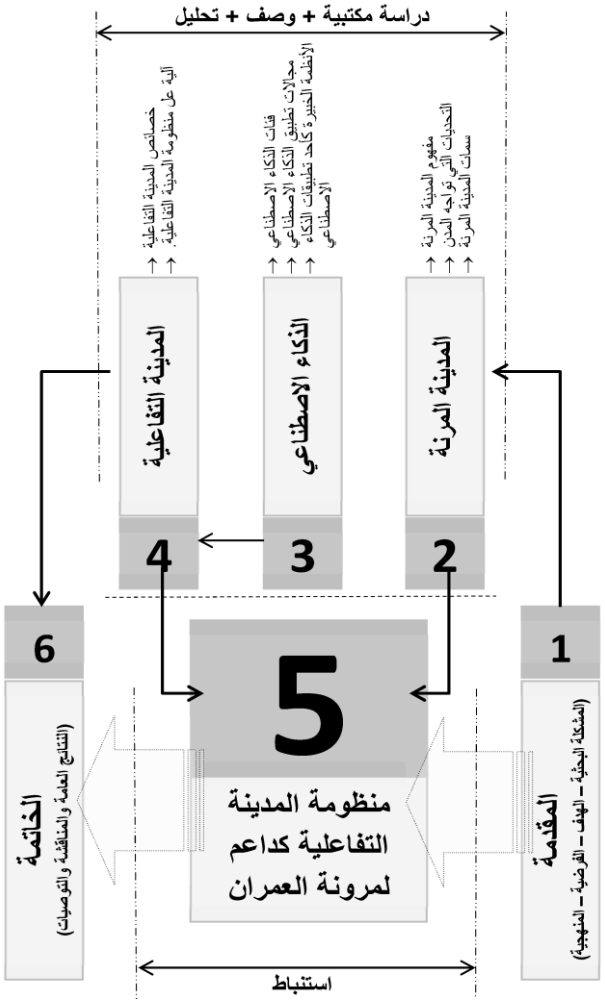
أهمية البحث:

تتمثل أهمية البحث في تسليط الضوء علي ما يمكن أن تقوم به منظومة المدن التفاعلية المبنية علي تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل عام والأنظمة الخبيرة بشكل خاص من دعم لمرونة وصمود المدينة في مواجهة ما تتعرض له

من تحديات ومؤثرات، وهو ما سيكون له أكبر الأثر إذا ثبتت فرضية البحث، وتم تبني منظومة المدينة التفاعلية أو ما شابهها في إدارة العمران.

منهج البحث:

لتحقيق هدف البحث، فان الدراسة تعتمد علي المنهج الاستنباطي بشكل رئيسي من خلال عرض وتحليل مفاهيم المدن المرنة وسماتها المختلفة، ثم وصف وتحليل التحديات التي تواجهها المدن من جهة. ومن جهة أخري تحليل مفاهيم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته المختلفة مع التركيز علي مكونات الأنظمة الخبيرة التي تمثل العصب التكنولوجي للمدن التفاعلية. ثم تحليل مكونات منظومة المدينة التفاعلية إنتهاءاً باستنباط دور منظومة المدينة التفاعلية في تحقيق مرونة وصمود المدينة. ويعرض شكل 1 الإطار العام للورقة البحثية.



شكل 1. الإطار العام للورقة البحثية.

2. المدينة المرنة (RESILIENT CITY - RC)

بشكل عام عَرَف قاموس webster [2] المرونة "Resilience" بأنها " قدرة الجسم المُجهَد على استعادة حجمه وشكله بعد التشوه الناجم تعرضها لإجهاد ضاغط" ، كما عرفها قاموس Cambridge [3] بأنها "قدرة المادة على العودة إلى شكلها المعتاد بعد ثنيها أو شدها أو ضغطها". ومن جانب آخر فقد عرف قاموس أكسفورد [4] المرونة بأنها " القدرة على التعافي بسرعة من الصعوبات".

1.2 مفهوم المدينة المرنة:

على مستوى المدينة، تشير الدراسات السابقة إلى أن التعريف الأولي للمرونة على مستوى المدينة تم استخدامه في الدراسات الخاصة بالكوارث، حيث أدركت الحكومات المحلية وجمعيات إدارة الكوارث أن بناء القدرة على مواجهة الكوارث كان عنصراً حاسماً في إنشاء مدن مستدامة. وعلى هذا النحو، فقد تزايد الفهم المشترك بين الخبراء بأن المدن بحاجة إلى تحسين قدرتها على التكيف مع آثار تغير المناخ [5]. ولكن بمرور الزمن نضج تعريف المدينة المرنة ليصبح أكثر شمولية إذ خلصت دراسة "Cartalis" [6] - التي استعرض فيها العديد من التعريفات الخاصة بالمدن المرنة - إلى أن المرونة لا ينبغي أن تقتصر على قدرة النظام على العودة إلى حالته المستقرة، ولكن أيضًا على التكيف مع العمليات الداخلية أو الخارجية المتغيرة. ثم تلي ذلك العديد من الدراسات التي قدمت تعريفات للمدينة المرنة بأنها المدينة التي لديها القدرة على امتصاص الصدمات المستقبلية واستعادتها والاستعداد لها (الاقتصادية والبيئية والاجتماعية والمؤسسية) والتكيف معها واستيعابها ومن ثم التعافي منها[1]. كما عرفها "Labaka وآخرون" [7] بأنها قدرة مدينة أو منطقة حضرية على مقاومة الصدمات الحادة والضغوط المزمنة واستيعابها والتكيف معها والتعافي منها للحفاظ على أداء الخدمات الحيوية ، ورصد العمليات الجارية والتعلم منها من خلال التعاون بين المدن والأقاليم، لزيادة قدرات التكيف وتعزيز التأهب من خلال توقع التحديات المستقبلية والاستجابة لها بشكل مناسب. وقد أوضح تقرير بعنوان "الحقيقة عن المرونة" صادر عن مؤسسة روكفلر [8] - التي أصدرت مبادرة 100 مدينة مرنة - مفهوم مرونة المدينة بأنها قدرة المدينة على الاستجابة والنمو والازدهار في وجه الصدمات، مثل الفيضانات والهجمات الإرهابية، والضغوط المختلفة مثل الإسكان الذي لا يمكن تحمله والضغط على الخدمات العامة، وهو بذلك يحدد أهم الصدمات أو التحديات التي تواجهها المدن والتي تتطلب مرونة في التعامل معها حتى تعود المدينة لحالتها الطبيعية. كما أضاف "Susetyo وآخرون" [9] أن مرونة المدينة تتمثل في قدرتها على تجنب الأخطار التي تحدث ليس فقط داخل حدود المدن ولكن أيضًا في المناطق المحيطة بها، وتزداد مرونة المدينة بزيادة قدرتها على التكيف وتقل عندما تكون أكثر عرضة للمخاطر.

مما سبق يمكن الخلوص إلى أن **المدينة المرنة هي المدينة القادرة – من خلال إدارتها – على تلقي واستيعاب التحديات المختلفة من صدمات مفاجئة أو ضغوط مزمنة - طبيعية كانت أو بشرية - واستيعابها ومن ثم العودة للحالة الطبيعية للمدينة بعد زوال التحدي بشكل تلقائي أو بأقل تدخل بشري. وتزداد مرونة المدينة بزيادة سرعة العودة للحالة الطبيعية وبقلة التدخل البشري بعد زوال التحدي.**

2.2 التحديات التي تواجه المدن:

يرى "Susetyo وآخرون" [9] انه مع استمرار نمو المدن في جميع أنحاء العالم، فإنها تواجه مجموعة متنوعة من التحديات التي تتراوح من الصدمات الحادة (التي تشكل أحداث خطر مفاجئة) مثل الجفاف والزلازل، للضغوط المزمنة (التي تتكشف تدريجيا أحداث الخطر) مثل تغير المناخ. في هذا السياق، هناك اهتمام متزايد بتنفيذ التدابير الرامية إلى الحد من نقاط الضعف بشكل استباقي وبناء مرونة المدن في جميع أنحاء العالم ، كما يري أيضاً أن النمو الهائل في عدد السكان ومدن النمو الاقتصادي في جميع أنحاء العالم تمارس الكثير من الضغوط على المدن.

وبشكل عام يمكن تصنيف المؤثرات التي تؤثر علي العمارة والعمران وما تشكله من تحديات إلى أربعة مجموعات أساسية هي:

- التحديات الوظيفية:

وهي التحديات المرتبطة بوظائف المدينة مثل استعمالات الأراضي والمناطق ومسارات الحركة بين المناطق والامتدادات العمرانية غير المخططة ومشكلات البنية التحتية.

- التحديات الطبيعية:

وهي تشتمل على التحديات من صنع الطبيعة مثل التغيرات المناخية بشقيها المؤقتة والمستمرة، وكذلك الزلازل والبراكين والفيضانات وغيرها، وهي لا يستطيع الإنسان التحكم فيها أو توجيهها .

- التحديات الإنسانية:

وهي تشتمل على تحديات من صنع الإنسان مثل التحديات السياسية والتحديات العسكرية نزولاً إلى زيادات الكثافات وتأثيراتها على البنية الأساسية للمدن في كافة المجالات.

- التحديات التكنولوجية:

وهي التحديات التي تتشكل بصنع التكنولوجيا مثل تأثيرات الموجات الكهرومغناطيسية المتشكلة بسبب شبكات الاتصال والتواصل وغيرها، بجانب الحركة الآلية وما تسببه من تأثيرات ضارة.

وهذه التحديات تتفاوت في تأثيرها على المدينة فمنها التحديات المؤقتة

(مفاجئة أو دورية) ومنها التحديات المزمنة أو المستمرة ومنها ما ينشأ عنه تشويه دائم "Deformation" يستلزم التدخل بإعادة البناء أو التشييد للمكونات المادية للمدينة (المباني – شبكت الشوارع والساحات والميادين – شبكات البنية التحتية ... الخ) ومنها ما هو بدون تأثير على المكونات المادية للمدينة. ويمكن تصنيف أهم التحديات الضاغطة على المدن كما بالجدول رقم 1. **وتعتبر المؤثرات الطبيعية وما ينتج عنها من أثر من أكبر التحديات التي تواجه المدينة وتؤثر علي درجة صمودها واستمراريتها واستدامتها.**

جدول 1. التحديات الضاغطة على المدن (الباحث).

التحديات				شكل التهديد
التحديات الوظيفية	نمو المدينة	الامتدادات العمرانية		– ظهور المناطق والامتدادات غير المخططة أو الضاغطة على شبكات البنية التحتية بكافة أشكالها
	تغير استعمالات الأراضي والمناطق			– تهديد طمأنينة المواطنين. – الإخلال بجودة البيئة العمرانية.
	المشكلات الطارئة في البنية التحتية			– انقطاع خدمات البنية التحتية. – تهديد أمان وطمأنينة المواطنين.
	التحديات الحركية	الوصولية بين أجزاء المدينة		– ازدحام مسارات الحركة. – التلوث البيني بعوادم السيارات.
التحديات الطبيعية	التحديات المناخية	العواصف والأعاصير	الرياح	– انهيار المباني وتهدمها
		الفيضانات	الأمطار	– غرق وانهيار المباني
	التحديات الجيولوجية	الزلازل		– تهدم المباني وانهيارها
		البراكين		– احتراق وتهدم المباني
		الانهيارات الأرضية		– تهدم المباني وانهيارها
	البيئة الطبيعية	مصادر التلوث		– تهديد صحة المواطنين.
		تسلل الحيوانات من البيئات البرية	الحياة البرية	– تهديد أمن وأمان المواطنين
التحديات البشرية	المؤثرات الحسية	التحديات البصرية		– التلوث البصري والعشوائية
		التحديات السمعية		– الضوضاء
	التحديات الدينية والعقائدية	ظهور الأفكار المتطرفة اليمينية		– والإرهاب والممارسات والمنظمات الإرهابية ذات المرجعية الدينية
	الكثافات السكنية	زيادة الكثافة السكانية		– ظهور المناطق والامتدادات غير المخططة أو الضاغطة على شبكات البنية التحتية بكافة أشكالها
	التحديات الحضرية	الهجرة من الريف للمدن		– زيادة الكثافات السكانية. – ظهور المناطق والامتدادات غير المخططة. – ضعف قدرات شبكات البنية التحتية بكافة أشكالها
	التحديات السياسية	الحروب والصراعات		– تهدم المباني وانهيارها. – نزوح السكان لمدن أخرى أكثر أمانا مما يؤثر على الكثافات.
	التحديات الثقافية	التحول الثقافي		– تغير أنشطة المباني.
	التحديات البيئية	زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون		– تهديد صحة المواطنين. – المساهمة في الاحتباس الحراري.
	التحديات الاقتصادية	نقص مصادر الطاقة والموارد		– التأثير سلباً على استمرارية الحياة.
	التحديات الأمنية	الأعمال التخريبية		– تهديد أمن وأمان المواطنين.
	التحديات الصحية	الأوبئة والجوائح		– تهديد صحة المواطنين.
التحديات التكنولوجية	الشبكات اللاسلكية	الموجات الكهرومغناطيسية		– تهديد صحة المواطنين.
	الحركة الآلية	التلوث		– تهديد صحة المواطنين.

3.2 سمات المدينة المرنة:

أكد تقرير لمؤسسة روكفلر "الحقيقة عن المرونة" [8] على تحمل البنية التحتية الكثير من الأعباء بسبب هذه الصدمات بدءاً من أنظمة المياه والطاقة والتخلص من النفايات انتهاءاً بوسائل النقل والاتصالات والمباني.

كما قدم تقرير "إطار المرونة" [10] الصادر عن مؤسسة روكفلر أيضاً 12 من السمات التي يجب أن تتسم بها المدينة المرنة هي:

1. الحد الأدنى من الضعف البشري.
2. تنوع سبل كسب الرزق والعمل.
3. الضمانات الفعالة لصحة الإنسان وحياته.
4. الهوية الجماعية والدعم المجتمعي.
5. الأمن وسيادة القانون.
6. الاقتصاد المستدام.
7. الحد من التعرض للمخاطر والهشاشة.
8. التوفير الفعال للخدمات الحيوية
9. الاتصالات والتنقل الموثوق بهما.
10. فعالية القيادة والإدارة.
11. تمكين أصحاب المصلحة.
12. التخطيط التنموي المتكامل.

كما أكدت دراسة "Cartalis" [6] على وجوب أن تأخذ خطط المدن المرنة في الاعتبار التغيرات والتوازنات المجتمعية، حيث إنها تتعلق بتنمية المدينة أو تؤثر على نوع التدخلات اللازمة ومداها.

كما أكد "Susetyo وآخرون" [9] أنه يمكن قياس مرونة المدينة من خلال جانبين؛ هشاشتها كجانب سلبي للمرونة، وقدرتها على التكيف كجانب إيجابي، وبشكل عام يمكن تحقيق جوانب القدرة على التكيف في المدينة إذا كانت هناك زيادة في مرونتها. ومع ذلك، فهو يري أنه في بعض الحالات يمكن أن تؤدي زيادة قدرة المدينة على التكيف إلى انخفاض مستوى المرونة.

3. الذكاء الاصطناعي

بدأ مجال الذكاء الاصطناعي في الظهور منذ أوائل الخمسينيات من القرن العشرين، وكان أول ظهور لهذا المصطلح في عام 1956 ويذكر "Munakata" [11] أنه لا يوجد تعريف قياسي بالضبط للذكاء الاصطناعي، ويضيف أن قاموس Webster عرفه بأنه " قدرة أجهزة الكمبيوتر أو البرامج على العمل بطرق تحاكي عمليات التفكير الإنساني، مثل التفكير والتعلم"، ولكن تم توسيع مجال الذكاء الاصطناعي ليشمل مجموعة واسعة من المجالات الفرعية بما يمكن معه من يمكن تعريف الذكاء الاصطناعي على نطاق أوسع على أنه "دراسة جعل أجهزة الحاسب تقوم بأشياء تحتاج الذكاء للقيام بها" ولا يشمل هذا التعريف الموسع عمليات الفكر الإنساني الأولى فقط، ولكن يشمل أيضًا التقنيات التي تجعل الكمبيوتر يحقق مهام ذكية حتى لو لم تكن تحاكي بالضرورة عمليات الفكر الإنساني.

وقد شهد مجال الذكاء الاصطناعي منذ منتصف الثمانينات تقريبًا، تطورت تقنيات الذكاء الاصطناعي وتوسعت وتمت إضافة العديد من الحقول الحديثة إلى المجالات التقليدية للذكاء الاصطناعي. وعلى الرغم من أن الكثير من الذكاء الاصطناعي التطبيقي يوصف بأنه حوسبة متقدمة بدلاً من "الذكاء"، فقد تزايدت التطبيقات في البيئات التجارية والصناعية خاصة منذ عام 1990. بالإضافة إلى ذلك فقد أظهر الذكاء الاصطناعي تأثيرًا متزايدًا على مجالات علوم الحاسب الأخرى مثل قواعد البيانات وهندسة البرمجيات، الحوسبة الموزعة، رسومات الحاسوب، واجهات المستخدم، والمحاكاة [11].

1.3 فئات الذكاء الاصطناعي:

أوضح "Munakata " [11] أن هناك اسلوبان رئيسيان مختلفان اختلافًا جذريًا في مجال الذكاء الاصطناعي. يمثل الذكاء الاصطناعي التقليدي الرمزي أحدهم، وهو المسيطر تاريخياً على المجال وهو يتميز بمستوى عالٍ من التجريد وتنتمي أنظمة هندسة المعرفة والبرمجة المنطقية إلى هذا النهج. ويغطي الذكاء الاصطناعي الرمزي مجالات مثل النظم القائمة على المعرفة (Knowledge-based Systems)، التفكير المنطقي (Logical Reasoning)، والتعلم الآلي للماكينة (Machine Learning)، وتقنيات البحث، ومعالجة اللغة الطبيعية. أما الأسلوب الثاني فيعتمد على نماذج بيولوجية مجهرية منخفضة المستوى مثل الشبكات العصبية والخوارزميات الجينية وهي مجالات متطورة يتوقع منها أن تقدم الكثير من التطبيقات العملية الهامة في المستقبل. وبالإضافة إلى هاتين الفئتين هناك تقنيات جديدة نسبيًا تشمل الأنظمة الغامضة (Fuzzy Systems) ونظرية المجموعة الخام (Rough Set) والأنظمة الفوضوية (Chaotic Systems) أو الفوضى لفترة قصيرة. يمكن استخدام أنظمة غامضة ونظرية مجموعة تقريبية للتطبيقات الرمزية والرقمية، وغالبًا ما تتعامل مع بيانات غير كاملة أو غير دقيقة.

وقد تم تطوير نهجين مختلفين تمامًا في تاريخ الذكاء الاصطناعي. الأول، والمعروف باسم "الذكاء الاصطناعي القوي" أو "الذكاء العام الاصطناعي" (AGI)، يسعى إلى هندسة النماذج النظرية العامة القائمة على الذكاء العام. أما الثانية، التي تُعرف أحيانًا باسم "AI المحدود" أو "AI التطبيقي"، فهي تطور برامج لحل المشكلات العملية المحدودة. يتمتع Strong-AI بتاريخ متذبذب، حيث شهد عدة دورات من الشهرة التي تلتها خيبة أمل ونقد ونقص في التمويل، تليها سنوات فائدة متجددة أو بعد عقود". أصبح تطبيق الذكاء

الاصطناعي الضيق أو التطبيقي هو المسيطر في هذا المجال لأنه كان ناجحًا في حل المشكلات العملية[12]. والأنظمة الخبيرة تنتمي الى عائلة "الذكاء العام الاصطناعي" بحسب Goertzel [12] أو "الذكاء الاصطناعي التقليدي الرمزي" بحسب Munakata [11].

2.3 مجالات تطبيق الذكاء الاصطناعي:

أوضح "Wischmeyer" [13] أن من أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي هي عمليات التحويل الرقمي المستمرة، وهي تقنية متعددة التخصصات تهدف إلى استخدام مجموعات البيانات الكبيرة (Big Data) مع قدرات حاسوبية مناسبة، وإجراءات التحليل واتخاذ القرارات التي تمكن أجهزة الحاسب من إنجاز المهام بصورة تقارب القدرات البشرية أو تتجاوزها في بعض الجوانب. ويتم استخدام الذكاء الاصطناعي على سبيل المثال في المجالات التالية:

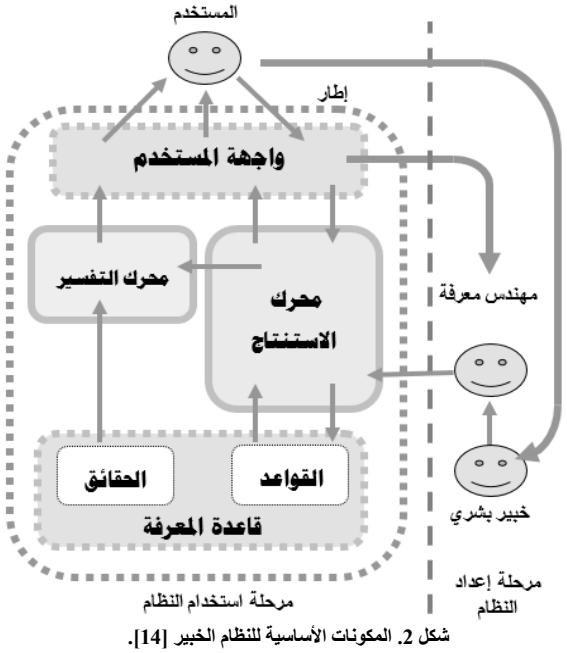
- محركات البحث.
- التشخيص والعلاج الطبي.
- منصات الاتصالات والروبوتات.
- المنازل الذكية.
- أنظمة التحكم الذكي في الحركة.
- أنظمة الإنتاج.
- اتخاذ القرارات الإدارية.
- المجال العسكري.
- اتخاذ القرارات التقييمية.
- تقنيات التعلم الآلي.
- أنظمة مساعدة المركبات الآلية.
- المراقبة والسيطرة على السلوك.
- الأنظمة الخبيرة في كافة المجالات.

كما أشار أيضاً إلى وجود تطبيقات أكثر تقدماً من الذكاء الاصطناعي قادرة على تعليم نفسها كيفية تعزيز البرامج الرقمية التي أنشأها البشر وبالتالي قادرة على التطور بشكل مستقل عن البرمجة البشرية (عن طريق استخدام الشبكات العصبية)، ويرتبط زيادة قدرات الذكاء الاصطناعي والمهام التي يمكن استخدامه فيها بالمخاطر والفرص.

3.3 الأنظمة الخبيرة كأحد تقنيات الذكاء الاصطناعي

تعتبر الأنظمة الخبيرة (Expert Systems – ES) من أشهر تقنيات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تعنى بإنتاج برامج حاسوبية تستطيع أن تختزن خبرات ومعارف تمكنها من اتخاذ قرارات في مجال ما بشكل يحاكى الخبير البشرى في هذا المجال. ويتكون أي نظام خبير من ثلاثة مكونات أساسية هي قاعدة المعرفة، ماكينة/محرك الاستنتاج وواجهة المستخدم. وتعد البرمجة المستندة إلى القواعد (Rule-based Programming) واحدة من أكثر التقنيات انتشاراً لتطوير الأنظمة الخبيرة، وفيه يتم استخدام القواعد لتمثيل الاستدلالات التي تحدد مجموعة من الإجراءات التي يجب تنفيذها لموقف معين. تتكون القاعدة من جزء "IF" وجزء "THEN". الجزء "IF" من القاعدة عبارة عن سلسلة من الحقائق أو البيانات التي تتسبب في أن تكون القاعدة قابلة للتطبيق[14].

وتوجد ثلاثة مكونات أساسية تمثل الهيكل العظمي لأي نظام خبير. هذه المكونات هي: قاعدة المعارف ومحرك الاستدلال وواجهة المستخدم (شكل 2).



شكل 2. المكونات الأساسية للنظام الخبير [14].

كما أن وجود الخبير البشري بما يحمله من خبرات ومعارف في مجال النظام الخبير بجانب مهندس المعرفة (المصمم البرمجي للنظام) أمر أساسي في تصميم أي نظام خبير، ويبين جدول 2 مكونات النظم الخبيرة بشكل عام.

جدول 2. المكونات الأساسية والإضافية للأنظمة الخبيرة ([14] بتصرف).

	المكون	الوظيفة
مكونات أساسية	قاعدة المعارف (Knowledge Base)	تحتوي على المعارف الخاصة بمجال عمل النظام الخبير، وهو بمثابة الذاكرة التي تحتوي على حقائق حول المشكلة التي تم اكتشافها خلال عمل البرنامج والقواعد في النموذج IF (شرط) ، Then (إجراء) ، ELSE (إجراء)
	محرك الاستدلال (Inference Engine)	الذي يطابق الحقائق مع الأنماط تلقائيًا ويحدد القواعد التي تنطبق. يمكن بالفعل اعتبار الجزء "IF" من القاعدة أنه كلما كان جزء من قاعدة ما يحدث دائمًا عند مطابقة النمط كلما تم إجراء تغييرات على الحقائق. الجزء "THEN" من القاعدة هو مجموعة من الإجراءات التي يتعين تنفيذها عندما تكون القاعدة قابلة للتطبيق. يتم تنفيذ إجراءات القواعد المطبقة عندما يُطلب من محرك الاستدلال البدء في التنفيذ. يحدد محرك الاستدلال قاعدة ثم يتم تنفيذ تصرفات القاعدة المحددة (والتي قد تؤثر على قائمة القواعد القابلة للتطبيق عن طريق إضافة أو إزالة الحقائق). يقوم محرك الاستدلال بعد ذلك بتحديد قاعدة أخرى وتنفيذ تصرفاته. تستمر هذه العملية حتى لا توجد قواعد معمول بها.
	واجهة المستخدم (User Interface)	هي وسيلة الاتصال بين النظام والمستخدم. يقوم بإدخال مدخلات البرنامج من أجل الحصول على المعلومات الأساسية الضرورية لمحرك الاستدلال من أجل العمل. أيضا ومن خلالها ، يتلقى المستخدم النتائج. قد تستخدم واجهة المستخدم القوائم أو اللغة الطبيعية أو أي نمط آخر من التفاعل
مكونات إضافية	محرك التفسير	قد تحتوي النظام على مكونات إضافية مثل وسيلة شرح، والتي توفر للمستخدم خطوة بخطوة حول كيفية وسبب اتخاذ هذا القرار أو التوصية بواسطة النظام. يساعد هذا أيضًا المستخدم على اكتساب مهارات حل المشكلات الخاصة بخبراء المجال عبر نظام الخبراء

4. المدينة التفاعلية

قدم الباحث في دراسة سابقة عام 2010 نموذج مبدئي (Prototype) لمنظومة مدينة تفاعلية (Interactive City - IC)، وهي المدينة التي تمتلك بنية أساسية ميكاترونية ذكية تستطيع من خلالها التفاعل مع العوامل والظروف المحيطة والمؤثرات المختلفة على المدينة وعلى مناطقها المختلفة، واستخلاص معلومات تستخدم آلياً في التواؤم مع هذه التأثيرات المتغيرة واتخاذ أي خطوات تنفيذية بشكل مؤتمت ثم تقييمها والتعلم منها [15].

1.4 خصائص المدينة التفاعلية:

تعتمد المدينة التفاعلية على وجود نظام خبير مركزي تكون مهمته التنسيق بين مجموعة من أنظمة الخبرة الفرعية التي يختص كل نظام منها بأحد المهام، وكل نظام خبير يشتمل على نظام معلوماتي جغرافي في قاعدة المعرفة الخاصة به متصل بدوره بنظام مركزي. وتتصل أنظمة الخبرة بالمستوى التكنولوجي الثاني المتمثل في أجهزة الإحساس والمراقبة والتتبع من جهة ومن جهة أخرى بأجهزة التحكم المختلفة. وتقوم أجهزة التتبع والمراقبة والحس بنقل المعلومات من مختلف مكومات المدينة الى الأنظمة الخبيرة التي تقوم بتحليلها وتصنيفها واتخاذ قرارات يتم تمريرها الى أنظمة التحكم المختلفة لتنفيذها. وترتبط جميع المكونات التكنولوجية للمدينة بشبكات الاتصالات المختلفة من إنترنت وغيرها سواء كان اتصال هوائي أو كابلي حسبما يقتضي الأمر، ويبين جدول 3 قدرات المدينة التفاعلية ومتطلباتها التكنولوجية المختلفة (شكل3) [15].

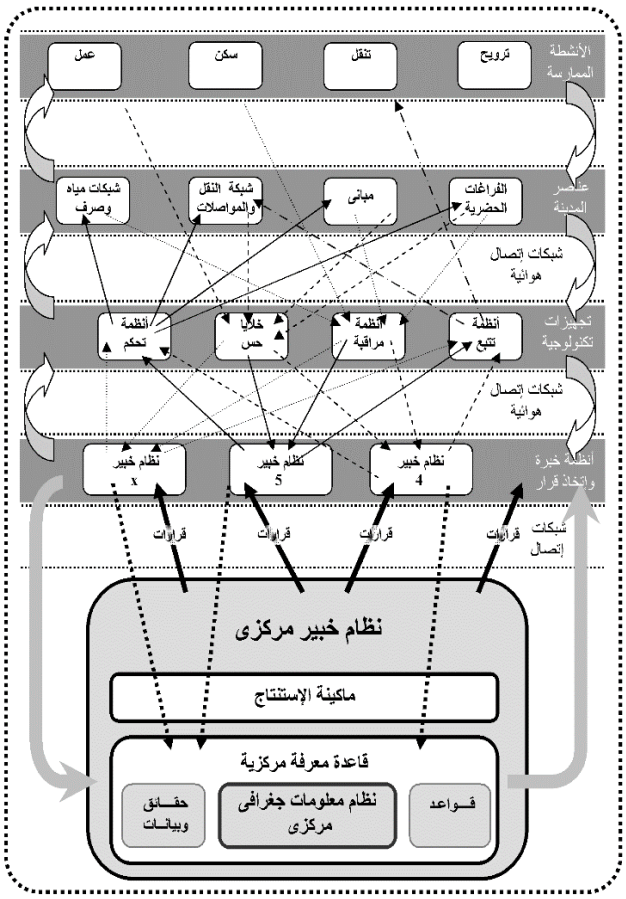
جدول 3. القدرات المختلفة التي يمكن من خلالها تحقق خصائص المدينة التفاعلية ومتطلباتها[15].

الخاصية	القدرات	المتطلبات
الإحساس	– القدرة على الإحساس بالتغير في الظروف المحيطة.	– أجهزة إحساس – قواعد بيانات
	– القدرة على الإحساس بالتغير السلوكي للإنسان في التعامل مع مكونات المدينة المختلفة.	– أجهزة مراقبة وتتبع – قواعد بيانات جغرافية
	– القدرة على الإحساس بالتغير في كثافات الأنشطة والممارسات المختلفة والتعامل معها.	
	– القدرة على الإحساس بالمشكلات.	– قواعد معرفية (knowledge bases) في كافة القطاعات الخدمية بالمدينة.

الخاصية	القدرات	المتطلبات
المعرفة	– القدرة على تسجيل وتحليل الأحداث والمتغيرات واستنتاج معلومات ومعارف جديدة وإضافتها لقواعد البيانات وقواعد المعرفة. – القدرة على التعلم من القرارات السابقة والأخطاء وبناء الخبرات الذاتية. – القدرة على تحليل المشكلات.	– قواعد معرفية (knowledge bases) في كافة القطاعات الخدمية. – نظم معلومات جغرافية (GIS) لكافة القطاعات الخدمية بالمدينة.
الذكاء	– القدرة على الاستنتاج. – القدرة على طرح ودراسة بدائل الحلول والمفاضلة بينها واختيار الأفضل. – القدرة على اتخاذ قرارات سليمة. – القدرة على الاستفادة من كافة الظروف المحيطة وتوظيفها لخدمة المدينة وسكانها. – القدرة على توفير كافة احتياجات ساكنيها ومستخدميها من خدمات .. الخ بشكل متطور.	– أنظمة اتخاذ قرار (systems Decision) معتمدة على القواعد المعرفية (أنظمة خبيرة – Expert Systems).
التفاعل	– القدرة على التعامل مع الكوارث والمخاطر المختلفة المتوقعة وغير المتوقعة. – القدرة على تنفيذ القرارات آلياً. – القدرة على التنوع والتحول التشكيلي.	– أنظمة تحكم ميكاترونية وروبوتات.

2.4 *آلية عمل منظومة المدينة التفاعلية:*

تقوم المنظومة بأداء عملها من خلال بعض الخطوات المتسلسلة ، إذ تقوم أجهزة التتبع والمراقبة والحس بالإحساس بالمعلومات من مختلف مكونات وقطاعات المدينة، ثم يتم نقل المعلومات التي حصلت عليها أجهزة التتبع والمراقبة والحس إلى الأنظمة الخبيرة الفرعية (كل في مجال القطاع الخدمي الذى يقع به). تقوم بعد ذلك الأنظمة الخبيرة الفرعية – كلُ في مجال تخصصه- بتحليل البيانات وتصنيفها واتخاذ قرارات مناسبة، ثم يتم تمرير القرارات إلى أنظمة التحكم المختلفة لتنفيذها من خلال الشبكات. وفي النهاية يقوم النظام الخبير المركزي بالتنسيق بين مجموعة من أنظمة الخبرة القطاعية الفرعية[15].

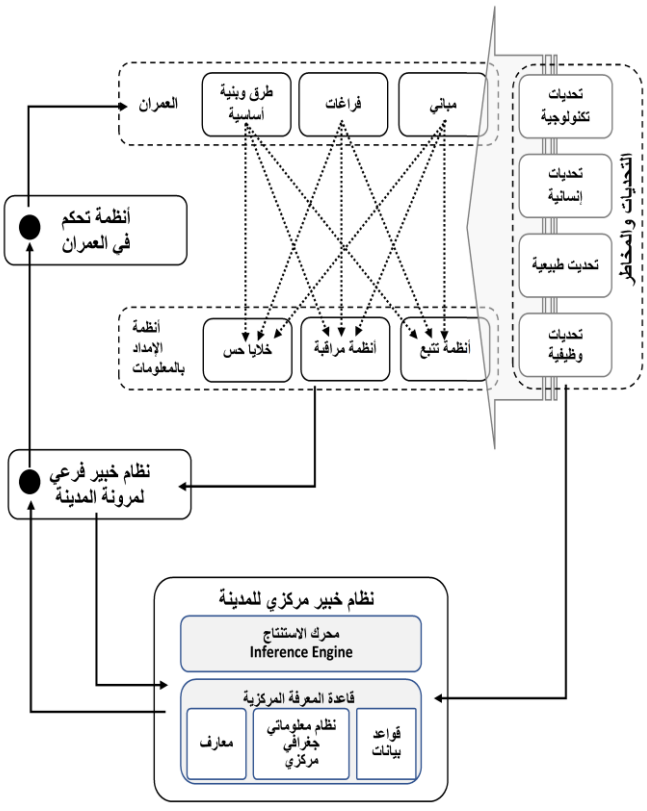


شكل 3. النموذج المبدئي لمنظومة مدينة التفاعلية [15].

5. منظومة المدينة التفاعلية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي كداعم لمرونة المدينة

وفقاً لما أكده تقرير روكفلر وكما ذكر البحث سابقاً يبدأ بتقييم شامل للمخاطر الناشئة التي تواجه المدينة بالنظر إلى أحداث الصدمة الماضية أو المحتملة في المستقبل والضغوط المزمنة الحالية، ووفقاً لما أكد عليه التقرير من أنه لا يمكن فهم هذه المخاطر بشكل كامل بمعزل عن غيرها إذ يجب على المدينة أن تعد تجميعًا شاملاً للأنظمة الاجتماعية والبنية والطبيعية المترابطة. يتطلب فهم مخاطر المدينة ومواطن الضعف الفريدة لمختلف المجموعات والأنظمة والنظر في التفاعل بين الصدمات الحادة والضغوط المزمنة، وهذا الكم الهائل من البيانات متعددة المستويات والجهات المتعلقة بكل تحدي من التحديات التي يمكن أن تواجه المدينة يحتاج لتدخل حاسوبي يمكن أن تساعد فيه الأنظمة الخبيرة بشكل عام. وبالنظر إلي منظومة المدينة التفاعلية، فأنه يمكن تخصيص نظام خبير رئيسي تكون مهمته إجراء عملية التقييم اللازمة للتهديدات المختلفة التي تتعرض لها المدينة وبالتالي اتخاذ قرارات أو التوصية بتدخلات يتم مراجعتها من خلال النظام الخبير المركزي للمدينة، والذي بدوره يحدد التدخلات اللازمة في مواجهة التحدي الضاغط علي المدينة.

كذلك، وبما يمكن أن تكون عليه التجهيزات التقنية للمدينة التفاعلية من أجهزة إحساس ومراقبة وتتبع وتحكم مختلفة بجانب ربط المنظومة بالبيانات المرتبطة بالتحديات المختلفة بشكل عام والتحديات الطبيعية علي وجه الخصوص يمكن أن تلعب منظومة المدينة التفاعلية دوراً استباقياً في تجنب أو امتصاص المؤثرات الضاغطة والمفاجئة كأن يتم استشعار أو وصول معلومات من جهة الاختصاص بهطول أمطار وكميتها المتوقعة فتبدأ تجهيزات المدينة بالاستعداد لها بما يلزم بشكل آلي مميكن ومؤتمت. ويقدم شكل 4 تصوراً لما يمكن أن تقوم به أنظمة الذكاء الاصطناعي في منظومة المدينة التفاعلية لدعم صمود ومرونة المدينة.



شكل4. دور منظومة المدينة التفاعلية في دعم مرونة المدينة وصمودها (الباحث).

ويقدم الجدول رقم 4 أسلوب منظومة المدينة التفاعلية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي في إدراك التحديات واستراتيجيات التعامل مع التحديات والتهديدات المعدة بواسطة الخبراء، والتي تم تضمينها في النظام الخبير للمدينة.

جدول 4. أسلوب منظومة المدينة التفاعلية المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي في الإحساس بالتحديات والأساليب المحتملة لتعامل المنظومة مع التحديات المحتملة للمدينة.

التحديات			أساليب إدراك التحديات	نماذج للقرارات المعدة بواسطة خبراء في النظام الخبير للمدينة
التحديات الوظيفية	نمو المدينة	الامتدادات العمرانية	– تحليل الصور الجوية دورياً والتنبؤ باتجاهات نمو العمران. – مراقبة قدرات البنية الأساسية والشبكات.	– اقتراح التدخلات لمعالجة التمدد العمراني غير المخطط. – اقتراح التدخلات لضبط قدرات الشبكات مع العمران.
	تغير استعمالات الأراضي والمناطق		– التحديث المستمر لنظم المعلومات الجغرافية والمكانية.	– اقتراح التدخلات المناسبة لمعالجة التغيرات.
	المشكلات الطارئة في البنية التحتية		– الإحساس بمشكلات البنية الأساسية التحتية والشبكات.	– التنفيذ الآلي - عبر قنوات التحكم - للتدخلات السريعة للسيطرة علي المشكلات.
	التحديات الحركية	الوصولية بين أجزاء المدينة	– مراقبة معدل ازدحام الطرق والشوارع. – تتبع المركبات وأنماط الحركة	– اقتراح تحويل مسارات الحركة المؤقتة والدائمة.
التحديات الطبيعية	التحديات المناخية	الرياح والأعاصير	– الربط مع أنظمة التنبؤ بالرياح والعواصف والأعاصير والأمطار والفيضانات والبراكين والزلازل والانهيارات الأرضية وغيرها.	– اقتراح أساليب تقليل المخاطر المحتملة. – التنفيذ الآلي لبعض الإجراءات المعدة مسبقاً مثل: ↳ تفعيل مصدات الرياح الآلية وغيرها. ↳ مراجعة شبكات صرف الأمطار ومعابر الفيضانات وكفاءتها. ↳ تنفيذ إجراءات إجلاء المواطنين من مناطق الخطورة. ↳ التوجيه الآلي لفرق الإغاثة. ↳ ..... الخ
		الأمطار والفيضانات		
	التحديات الجيولوجية	الزلازل		
		البراكين		
		الانهيارات الأرضية		
	البيئة الطبيعية	مصادر التلوث	– قياس وتسجيل قيم مؤشر جودة الهواء. – تحديد مناطق تلوث الهواء.	– الإيقاف الآلي لأي مصدر من مصادر تلوث الهواء. – اقتراح التدخلات والمعالجات التي تحسن من جودة الهواء.
		الحياة البرية تسلل الحيوانات من البيئات البرية	– مراقبة وتتبع حركة الحيوانات.	– توجيه جهات التدخل لإعادة الحيوانات إلي بيئتها.
التحديات البشرية	المؤثرات الحسية	التحديات البصرية	– مراقبة وتتبع ممارسات التلوث البصري والعشوائية	– اقتراح التدخلات والمعالجات التي تحسن من الصورة البصرية.
		التحديات السمعية	– قياس معدل الضوضاء في المناطق المختلفة دورياً.	– الإيقاف الآلي لأي مصدر من مصادر الضوضاء. – اقتراح التدخلات والمعالجات التي تعيد معدلات الضوضاء الي المعدلات المقبولة.
	التحديات الدينية والعقائدية	ظهور الأفكار المتطرفة	– المراقبة الأمنية من خلال أنظمة المراقبة والتتبع.	– توجيه الفرق الأمنية للتعامل مع التجاوزات والمهددات.
	الكثافات السكنية	زيادة الكثافة السكانية	– تحليل قواعد بيانات السكان والأحوال المدنية. – مراقبة استهلاك البنية الأساسية والشبكات. – مراقبة نمو العمران.	– اقتراح التدخلات لمعالجة التمدد العمراني غير المخطط. – اقتراح التدخلات لضبط كثافات المناطق المختلفة. – اقتراح التدخلات لضبط قدرات الشبكات مع العمران.
	التحديات الحضرية	الهجرة من الريف للمدن		
	التحديات السياسية	الحروب والصراعات	– الإحساس بالانفجارات والانهيارات والتهدم. – الإحساس بمشكلات البنية الأساسية التحتية والشبكات. – قياس وتسجيل قيم مؤشر جودة الهواء. – تحديد مناطق تلوث الهواء. – مراقبة معدل ازدحام الطرق والشوارع. – تتبع المركبات وأنماط الحركة	– التوجيه الآلي لفرق الإغاثة. – التنفيذ الآلي - عبر قنوات التحكم - للتدخلات السريعة للسيطرة علي المشكلات. – الإيقاف الآلي لأي مصدر من مصادر تلوث الهواء. – اقتراح التدخلات والمعالجات التي تحسن من جودة الهواء. – اقتراح تحويل مسارات الحركة المؤقتة والدائمة.
	التحديات الثقافية	التحول الثقافي	---	---
	التحديات البيئية	زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	– قياس وتسجيل قيم ثاني أكسيد الكربون دورياً. – تحديد مناطق المعدلات الزائدة.	– الإيقاف الآلي لأي مصدر من مصادر ثاني أكسيد الكربون يتجاوز المعدلات المسموح بها. – اقتراح التدخلات والمعالجات التي تحسن من جودة الهواء.
	التحديات الاقتصادية	نقص مصادر الطاقة والموارد	– القياس الدوري لمعدلات استهلاك الطاقة بمختلف أشكالها.	– اقتراح التدخلات المناسبة لخفض استهلاك الطاقة. – التحكم الآلي بالعناصر المستهلكة للطاقة بالمدينة.
	التحديات الأمنية	الأعمال التخريبية	– المراقبة الأمنية من خلال أنظمة المراقبة والتتبع.	– توجيه الفرق الأمنية للتعامل مع التجاوزات والمهددات.
	التحديات الصحية	الأوبئة والجوائح	---	---
التحديات التكنولوجية	الشبكات اللاسلكية	الموجات الكهرومغناطيسية	– القياس الدوري للتلوث الكهرومغناطيسي ومعدلات الإشعاع الكهرومغناطيسي.	– الإيقاف الآلي لأي مصدر من مصادر التلوث الكهرومغناطيسي. – اقتراح التدخلات والمعالجات مثل نقل أبراج بث التليفون المحمول وغيرها.
	الحركة الآلية	التلوث	– قياس وتسجيل قيم مؤشر جودة الهواء. – تحديد مناطق تلوث الهواء.	– الإيقاف الآلي لأي مصدر من مصادر تلوث الهواء. – اقتراح التدخلات والمعالجات التي تحسن من جودة الهواء. – اقتراح تحويل مسارات الحركة المؤقتة والدائمة لضبط قيم التلوث عند الحدود المسموح بها.

6. الخاتمة

وهي تشتمل علي النتائج والمناقشة والتوصيات

النتائج:

خلص البحث إلي:

–المدينة المرنة هي المدينة القادرة على تلقي واستيعاب التحديات المختلفة من صدمات مفاجئة أو ضغوط مزمنة واستيعابها ومن ثم العودة للحالة الطبيعية للمدينة بعد زوال التحدي بشكل تلقائي أو بأقل تدخل بشري. وتزداد مرونة المدينة بزيادة سرعة العودة للحالة الطبيعية وبقلة التدخل البشري بعد زوال التحدي.

–تمثل التحديات الطبيعية من تغيرات مناخية والزلازل والبراكين والفيضانات وغيرها، التحديات الأخطر لما لها من تأثيرات مدمرة علي البيئة المبنية للمدينة.

–للذكاء الاصطناعي وتطبيقاته أدوار متعددة يمكن أن توظف في إدارة والتحكم بالبيئة المبنية للمدينة، وقد ظهر ذلك بوضوح في منظومة المدينة التفاعلية القادرة – من خلال الذكاء الاصطناعي- علي التفاعل مع مختلف المؤثرات واتخاذ قرارات تفاعلية ملائمة وناجحة.

– **تستطيع منظومة المدينة التفاعلية المبنية علي تطبيقات الذكاء الاصطناعي أن تزيد من قدرات المدينة علي الصمود والمرونة في مواجهة التحديات المختلفة، وهو ما يثبت فرضية الورقة البحثية، وبما يمثل إجابة علي السؤال المحوري للبحث.**

المناقشة والتوصيات:

يمثل تطبيق منظومة المدينة التفاعلية أحد الفرص الكبرى التي تدعم قدرة المدينة علي الصمود والمرونة في مواجهة التحديات المختلفة خاصة التحديات الطبيعية، ولكن تظل التحديات التكنولوجية والاقتصادية لتطبيق منظومة المدينة التفاعلية قائمة وإن كانت تتضاءل هذه التحديات يوماً بعد يوم في ظل توافر تكنولوجيا انتاج التطبيقات الذكية وتوافر الكوادر البشرية في مختلف المجتمعات. ولهذه المدن جدوي اقتصادية عالية يوفرها التعامل الاستباقى مع بعض المؤثرات ذات الخطورة، والذي يمكن أن يحد من المخاطر ويقلل من آثار الكوارث المختلفة وعدم إهدار ثروات المجتمع.

لذا فأنه على المعماريين والمخططين ضرورة الإسراع في الاستفادة مما أتاحته التكنولوجيا وتوظيفها لتحسين الحياة في المدن القائمة بشكل عام، وضرورة الاستعداد للمستقبل من خلال وضع الأطر العامة والتشريعية والبنى التحتية اللازمة لإنتاج مدينة تفاعلية مرنة. كذلك على الجهات التنفيذية ضرورة البدء في تنفيذ بعض أجزاء من منظومة المدينة التفاعلية المرنة في المدن القائمة بجانب التفكير في مدن المستقبل القريب من منظور تكنولوجي يتعاطى مع المتاح من تكنولوجيات ولا يهملها.

Funding:
This research has not received any type of funding.

Conflicts of Interest:
The authors declare that there is no conflict of interest.

المراجع

[1] Josune Hernantes et al. (2019). Towards resilient cities: A maturity model for operationalizing resilience. Cities ،Volume 84، 2019, P 96-103. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.07.010.

[2] Merriam-Webster (2022). (https://www.merriam-webster.com/dictionary/resilience).

[3] Cambridge Dictionary (https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/resilience).

[4] Oxford Dictionary (2022). (https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/resilience?q=Resilience)

[5] Kristina Yuzva & Monika Zimmermann (2012). Introduction: Toward the Resilient City. In: Otto-Zimmermann, K. (eds) Resilient Cities 2. Local Sustainability, vol 2. Springer, Dordrecht, 2012. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4223-9_10

[6] Constantinos Cartalis (2014). Toward resilient cities – a review of definitions, challenges and prospects. Advances in Building Energy Research, 8:2, 2014, 259-266. https://doi.org/10.1080/17512549.2014.890533

[7] Leire Labaka, Patricia Maraña, Raquel Giménez & Josune Hernantes (2019). Defining the roadmap towards city resilience. Technological Forecasting and Social Change، Volume 146, 2019, 281-296. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.019

[8] Rockefeller Foundation 100 Resilient Cities (2017) "Getting real about resilience", Rockefeller Foundation

[9] C. Susetyo, & M. N. Sasono (2018). Adaptive aspects of a resilient city. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Volume 202, 2018, IOP Science, IOP Publishing.

[10] Rockefeller Foundation, & ARUP. (2015). City resilience framework. Ove Arup & Partners International Limited -2014 updated 2015.

[11] Munakata, Toshinori (2008) Fundamentals of the New Artificial Intelligence. Second Edition, Springer Science + Business Media, London.

[12] Ted Goertzel (2014). The path to more general artificial intelligence, Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence. 26:3, 343-354, 2014. https://doi.org/10.1080/0952813X.2014.895106

[13] Wischmeyer, Thomas & Rademacher, Timo (2020) Regulating Artificial Intelligence. Springer Nature Switzerland.

[14] Khaled S. S. Abdelmagid (2004) Towards an Expert System for Presenting Color Alternatives for Facades (PCAF) as a Computer-Aided Architectural Design (CAAD) Tool. 1st International Conference on Informatics ICI-2004 "Database and Expert Systems Applications" in 01-04 September 2004, Çesme, Izmir, Turkey.

[15] خالد صلاح سعيد عبد المجيد (2010). نموذج مبدئي لمنظومة مدينة تفاعلية مستقبلية. المؤتمر المعماري الدولي الثامن لقسم الهندسة المعمارية: العمارة والعمران – قضايا معاصرة، 13 – 15 أبريل 2010، كلية الهندسة – جامعة أسيوط - أسيوط – جمهورية مصر العربية.