المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

الثورة الصناعية الرابعة ومساهمتها في النمو الحضري

مهاد سيد إبراهيم عمارة
قسم الهندسة المعمارية، الأكاديمية الحديثة للهندسة وتكنولوجيا البناء، القاهرة، مصر

The Fourth Industrial Revolution and its Contribution to Urban Growth

Mehad Sayed Ibrahim Emara
Department of Architecture, Modern Academy of Engineering and Technology, Cairo, Egypt

LINK الرابط	RECEIVED الاستقبال	ACCEPTED القبول	PUBLISHED ONLINE النشر الإلكتروني	ASSIGNED TO AN ISSUE الإحالة لعدد
https://doi.org/10.37575/b/eng/210076	01/11/2021	24/12/2021	24/12/2021	01/06/2022

NO. OF WORDS عدد الكلمات	NO. OF PAGES عدد الصفحات	YEAR سنة العدد	VOLUME رقم المجلد	ISSUE رقم العدد
6120	8	2022	23	1

الملخص

يلعب التحول التكنولوجي دورًا مهمًّا للغاية في العالم اليوم وهو ما يطلق عليه بالثورة الصناعية الرابعة (4IR)، مما يمثل تحولًا كبيرًا في العديد من مجالات الصناعة في مختلف البلدان، ويعد هذا التحول فريدًا من نوعه وبداية لعصر جديد للنمو الحضري؛ وذلك بسبب تميزه بالسرعة الهائلة واتساع نطاقه، وبالتالي نتج عنه العديد من تحديات التنمية الحضرية التي بدورها ستفرض على المدن الاتجاه نحو ابتكار حلول ذكية لتحسين مستوى المعيشة والارتقاء الحضري لتوفير حياه أفضل لسكانها، وعليه يهدف البحث لمناقشة هذه التحديات واستكشاف كيفية تأثير الثورة الصناعية الرابعة (4IR) على تطوير وتحضر المدن وتحويلها إلى مدن ذكية، من خلال تسليط الضوء على مجموعة من التقنيات مثل: الذكاء الاصطناعي (AI) والروبوتات وسلسلة الكتل والطباعة ثلاثية الأبعاد واختبار مساهمة ال (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية من قبل مجموعة من المختصين في المجال (المصممين – المخططين – الاستشاريين)، ومحاولة الوصول إلى الأهمية النسبية لمشاركة كل تطبيق في تحديات تحقيق التنمية الحضرية وإعادة ترتيبها تبعًا لأهميتها، وصولًا إلى إطار العمل المقترح.

ABSTRACT

Technological transformation plays a crucial role in our world today. The Fourth Industrial Revolution (4IR) represents a significant transformation in many areas of industry in different countries. The rapid speed and scope of the transformation resulted in many urban development challenges, which will subsequently force cities to devise smart solutions to improve the standard of living of urban settlements to provide a better life for their residents. The research aims to discuss these challenges and explore how the 4IR affects the development, urbanisation and transformation of cities into smart ones by highlighting various technologies such as artificial intelligence (AI), robotics, blockchain and 3D printing. Furthermore, a group of specialists in the field (designers, planners and consultants) will be assessing the contributions of the 4IR that support smart cities and the challenges of achieving urban development and try to reach the relative importance of the participation of each application in achieving urban development and rearrange them according to their significance, to meet the proposed framework.

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
Smart city, technological development, urban challenges, urban development, urban upgrading, 4IR applications
الارتقاء الحضري، التحديات الحضرية، التطور التكنولوجي، التنمية الحضرية، المدينة الذكية، تطبيقات (4IR)

CITATION
الإحالة
Emara, M.S.I. (2022). Althawrat alsinaeiat alraabieat wamusahamatuha fi alnumui alhadarii 'The fourth industrial revolution and its contribution to urban growth'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **23**(1), 9–16. DOI: 10.37575/b/eng/210076 [in Arabic]
عمارة، مهاد سيد إبراهيم. (2022). الثورة الصناعية الرابعة ومساهمتها في النمو الحضري. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل: العلوم الأساسية والتطبيقية*، **23**(1)، 9-16.

1. المقدمة

1.1. عرض إشكالية الدراسة

مع تسارع وتيرة الثورة الصناعية الرابعة (4IR)، أصبحت الابتكارات أسرع وأكثر كفاءة، ويمكن الوصول إليها على نطاق أوسع من ذي قبل. أصبحت التكنولوجيا أيضًا مرتبطة ارتباطًا كبيرًا بالعديد من الصناعات في مختلف المجالات، حيث يشهد العالم اليوم العديد من الاندماجات الرقمية والفيزيائية والبيولوجية، مما أدى إلى ظهور "مدن ذكية" تستخدم التكنولوجيا المتقدمة لتحسين الكفاءة وتعزيز الاستدامة وتعزيز القدرة التنافسية الاقتصادية، حيث غيّرت الثورة الصناعية الرابعة (4IR) المشهد العالمي في المنافسة في مجال التصنيع، ومع تزايد عدد السكان في الآونة الأخيرة تُعاني العديد من المدن في جميع أنحاء العالم من عدة قضايا مثل: الازدحام المروري والاستهلاك الكبير للطاقة والبرامج غير الفاعلة في التخلص من النفايات، وبالنظر إلى المستقبل سيتعيّن على المدن إيجاد حلول أكثر ذكاءً لتحسين بنيتها التحتية(UN-Habitat, 2016)، وهنا تحديدًا تلعب التكنولوجيا دورًا رئيسيًّا.

إن الفرصة كبيرة لاستخدام الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في التنمية الحضرية، ولمواجهة التحديات الحضرية لبناء المدن الذكية من خلال تسخير تطبيقات التكنولوجيا مثل الذكاء الاصطناعي (AI) والروبوتات وسلسلة الكتل والطباعة ثلاثية الأبعاد (PwC, 2017)، التي تحدث تحولًا مؤثرًا في النظم البيئية والاجتماعية والاقتصادية، وبالتالي تؤدي إلى إعادة تصميم كيفية إدارتنا لبيئتنا العالمية المشتركة لتحقيق نتائج مستدامة، وعليه سوف تستكشف هذه الورقة قدرة الثورة الصناعية الرابعة (4IR) على إيجاد حلول سريعة ومتطورة للتحديات الحضرية للمدن الذكية، وذلك من خلال تسليط الضوء على مساهمات تطبيقات (4IR) في تحقيق التنمية الحضرية.

1.2. أهداف البحث:

يهدف البحث إلى الوصول لإطار عمل لتفهم مساهمة تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة في التعامل مع تحديات التنمية الحضرية لبناء المدن الذكية من خلال التعرف على المفاهيم الخاصة بتلك التطبيقات ومناقشة التحديات المحتملة لتطبيق التنمية الحضرية داخل المدن الذكية.

1.3. أهمية البحث:

التعرف على مفاهيم تطبيقات (4IR) والمدينة الذكية والتنمية الحضرية وأهمية الربط بينها للاستفادة بشكل أفضل من التطور التكنولوجي السريع لهذه التطبيقات في مجال التنمية الحضرية المستدامة والنهوض بالمجتمعات الحضرية.

1.4. حدود البحث:

- الحدود المكانية: مجموعة من المدن التي تطبق مفهوم المدن الذكية (العاصمة الإدارية في مصر، مدينة مصدر في أبوظبي).
- الحدود الزمانية: مع بدايات القرن الحادي والعشرين وتمتد لعشرات

Corresponding Author: Mohad Syed Ibrahim Emara 00201099876428, engmehademara@gmail.com المؤلف المراسل: مهاد سيد إبراهيم عمارة

السنين المستقبلية قد تصل إلى خمسين عامًا.

- الحدود الموضوعية: التنمية الحضرية والتطور التكنولوجي والثورة الصناعية الرابعة.

1.5. إجراءات البحث:

استخدم البحث المنهج الوصفي التحليلي في وصف وتحليل تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) وتحديات تحقيق التنمية الحضرية، والمنهج المسحي التطبيقي، وذلك من خلال تصميم استبيان موجه لمجموعة من الخبراء المتخصصين في المجال للوصول إلى إطار العمل المقترح لمساهمة تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في تحقيق التنمية الحضرية.

1.6. مصطلحات البحث:

- التنمية الحضرية: هي تحقيق التنمية لمختلف فئات المجتمع مما يضمن تحقيق النمو الاقتصادي والتوزيع العادل للموارد والمحافظة على البيئة وحمايتها واحترام التنوع الثقافي للمجتمع وتلبية متطلبات الأجيال الحالية دون المساومة على تلبية الأجيال القادمة (United Nations, 2014).
- المدينة الذكية: هي مدينة قادرة على جمع وتحليل كميات كبيرة من البيانات من مجموعة واسعة من الصناعات (من التخطيط الحضري إلى التخلص من النفايات) واستخدام هذه البيانات لتصبح عملية التنمية أكثر كفاءة (Serrano, 2018).
- الثورة الصناعية الرابعة (4IR): يشير مصطلح "ثورة" إلى التغيير المفاجئ والجذري. على مر التاريخ، أحدثت تقنيات الاختراق الجديدة العديد من هذه الفترات من التغيير المهم وغير الخطي الذي يغير النظم الاقتصادية والهياكل الاجتماعية بشكل عميق (Schwab, 2016)، ويعتبر وصول الثورة الصناعية الرابعة فترة جديدة من هذا النوع من التغيير التحويلي العميق. وترسخت الثورة الصناعية الثانية في عام 1890 مع ظهور الكهرباء واتباع مناهج جديدة للتصنيع على أساس خطوط التجميع والإنتاج الضخم. ظهرت الثورة الصناعية الثالثة في الستينيات من القرن العشرين مع ظهور أشباه الموصلات وانتشار أجهزة الكمبيوتر والإنترنت. أما اليوم فنحن نواجه ثورة صناعية رابعة (4IR) بناءً على التقنيات الرقمية للثورة الصناعية الثالثة (Pîrvu and Zamfirescu, 2017)، يتم تشغيله من خلال مجموعة واسعة من الاختراقات الجديدة، ليس فقط في المجال الرقمي (مثل الذكاء الاصطناعي)، ولكن أيضًا في المجال المادي (المواد الجديدة) والمجال البيولوجي (الهندسة الحيوية)، حيث تعد هذه التقنيات الجديدة ثورية نظرًا لسرعة واتساع وعمق التغيير المتوقع الذي سيحدث تغييرًا جذريًّا يتميز بخاصتين أساسيتين وهما:
  - اتساع وعمق غير مسبوق: من خلال الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في العديد من المجالات من خلال التقنيات الجديدة والتفاعل بينها وخلق طرق جديدة للإبداع والاستهلاك (Lambert, 2017)، وستغير طريقة تقديم الخدمات العامة والوصول إليها، وستتيح طرقًا جديدة للتواصل والحكم، وبالتالي سيتأثر كل جانب من جوانب حياتنا تقريبًا من حيث: (الوظائف، ونماذج الأعمال، والهياكل الصناعية، والتفاعلات الاجتماعية، وأنظمة الحكم).
  - تسريع وتيرة التغيير: حيث ظهرت التقنيات الجديدة ظهورًا كبيرًا، ويتم تبنيها بشكل أسرع وتقدم تأثيرًا أكبر من أي وقت مضى، وهناك العديد من العوامل التي تدعم الوتيرة المتسارعة للتغيير، مثل (التعلم الآلي والقيادة الذاتية وأجهزة الاستشعار عن بعد) وبالتالي فإن عملية تحليل البيانات الضخمة (Big Data) لم تعد تتطلب في كثير من الأحيان العنصر البشري (Prisecaru, 2016)، ويعتبر نتائج كل هذا التغيير هو أن تأثير الثورة الصناعية الرابعة سيمثل طفرة تحول عالمية إلى عصر التكنولوجيا.

2. الإطار النظري للبحث (مراجعة الأدبيات)

2.1. أهمية الثورة الصناعية الرابعة (4IR) للتنمية الحضرية في المستقبل:

إن المدن الناشئة في العالم لديها القدرة على تقديم مستقبل مستدام إذا استفادت بذكاء من التغيير التكنولوجي السريع في (4IR)، حيث تجذب الاقتصادات الناشئة اليوم مواطنين حضريين أكثر من أي وقت مضى، ومن المتوقع أن تستوعب المدن في آسيا وأفريقيا 90٪ من سكان المدن الجدد في العالم البالغ عددهم 2.5 مليار بحلول عام 2050، وأدى ذلك التحضر إلى زيادة الإنتاجية وتعزيز الابتكار وزيادة الدخل لإنشاء مراكز قوة حضرية عالمية اليوم في كل من (دبي ولندن ونيويورك وسيول وشنغهاي وسنغافورة) (Kitchin, 2016)، وأيضًا في المدن الناشئة مثل (أوجوت (كولومبيا) ولاغوس (نيجيريا) ومومباي (الهند)، ويرى العديد من البلدان النامية أن التحدي المتمثل في التوسع الحضري المستدام هو التحدي الأساسي (Ingwersen and Serrano-López, 2018) ففي كثير من الأحيان لم يتم تخطيط المدن أو إدارتها أو تمويلها بشكل جيد مما أدى إلى فشل توفير البنية التحتية والخدمات الحضرية لاحقًا في مواكبة احتياجات الناس والاقتصاد، وشملت العواقب مستويات مقلقة من الفقر والمرض وعدم المساواة والأضرار البيئية.

وبالتالي يجب أن تتسارع عملية التنمية الحضرية بالدول بشكل كبير في هذه الفترة باعتبارها أسرع فترة ابتكار تكنولوجي على الإطلاق، وتقدم (4IR) وعدًا كبيرًا لتخطي التنمية التقليدية وتسريع الانتقال إلى مستقبل حضري أكثر استدامة، وتعتبر تقنيات (4IR) مثل (الذكاء الاصطناعي (AI) والمركبات ذاتية القيادة، والطائرات بدون طيار، وإنترنت الأشياء (IoT)، والمواد المتقدمة، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والتكنولوجيا الحيوية) من أهم التقنيات المستخدمة في إعادة تشكيل القطاعات الحضرية- بما في ذلك النقل والطاقة والنفايات والمياه والمباني(Nam and Pardo, 2011)، حيث يمكن للمدن تسخير هذه التقنيات الرائدة جنبًا إلى جنب بعضها مع بعض ومع نماذج الأعمال الجديدة، ليس فقط لتعزيز الإنتاجية الاقتصادية الحضرية ولكن أيضًا لتقليل التأثير السلبي على البيئة وزيادة الرفاهية، ومع ذلك فإن (4IR) تعرض أيضًا مجموعة المخاطر الخاصة بها، حيث تحتاج المدن الناشئة إلى الاستثمار في تمكين البنية التحتية التكنولوجية والمهارات لضمان عدم تخلفها عن الركب، وتقليل الآثار الضارة غير المقصودة لـ(4IR).

2.2. التحديات الرئيسية التي تدعمها ابتكارات (4IR) لتحقيق التنمية الحضرية:

يمكن رصد عدد من التحديات الرئيسية التالية التي يلزم مواجهتها بشكل خاص لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة، ويمكن أن تدعمه ابتكارات (4IR) في المدن الناشئة، هذه التحديات تتمثل في الآتي (Klein and Kaefer, 2008):

- التخطيط والبناء الذكي للاستفادة بشكل أفضل من البيئة المبنية.
- النقل المستدام والخدمات اللوجستية لزيادة التنقل والتوصيل.
- الطاقة النظيفة والمرافق لتحسين كفاءة النظم الحضرية والبيئة.
- الصحة والموارد الحضرية لخفض التلوث وتحسين المعيشة والقدرة على تحمل التكاليف.
- أنظمة حضرية مرنة لتمكين المدن من الاستعداد للصدمات والكوارث البيئية وتحملها.

2.3. تلخص أهم الحلول والابتكارات الحضرية للتحديات الرئيسية التي تدعمها ابتكارات (4IR) فيما يأتي (Castelnovo *et al.*, 2015):

2.3.1. التخطيط والبناء الذكي

- التخطيط الحضري الرقمي المتكامل، والتخطيط الشفاف لاستخدام الأراضي، والمراقبة والإدارة، وحقوق الملكية الواضحة التي تسمح بتطوير المساحات المشتركة.
- خلق مجتمعات أكثر كثافة ومتكاملة ومتعددة الاستخدامات بالقرب من عقد النقل.
- إنشاء مباني متعددة الوظائف تعمل على تحسين المساحة الأرضية على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع.
- تصميم أكواد البناء باستخدام التصميم الرقمي والمواد النانوية للحد بشكل جذري من الكربون المتجسد في عمليات الإنتاج.

- استخدام التصنيع خارج الموقع في الوقت المناسب، والتصنيع المعياري والمسبق، مما يحسن من كفاءة البناء وأجزاء البناء المرنة والقابلة لإعادة الاستخدام.
- إدارة المباني السكنية والتجارية الذكية للتقليل من تكاليف الاستخدام غير الفعال للطاقة والمياه.

2.3.2. النقل المستدام واللوجستيات

- استخدام أنظمة النقل واللوجستيات المتكاملة داخل المدن وفيما بينها، مما يقلل الحاجة إلى المركبات الخاصة وإدارة ومراقبة النقل والمرور في الوقت الحقيقي.
- استخدام مركبات كهربائية وحلول تنقل منخفضة الكربون تتيح للناس المشي وركوب الدراجات بحرية أكبر للاستفادة بشكل أفضل من الأشكال الحالية والجديدة للتنقل الجماعي المشترك والمستدام، على سبيل المثال (الدراجات والحافلات والمركبات المستقلة).
- تصميم الأحياء متعددة الاستخدامات والاستخدام الأفضل للخدمات المنزلية مما يحسن الوصول إلى السلع والخدمات.

2.3.3. الطاقة النظيفة والمرافق

- توليد الطاقة المتجددة واللامركزية مثل الطاقة الشمسية على الأسطح وشبكات تدفئة المدن وأنظمة الطاقة من نظير إلى نظير.
- استخدام مستشعرات درجة الحرارة والعدادات الذكية وأدوات التحكم في الركاب لتحقيق الكفاءة والتحكم في استخدام الطاقة والمياه.
- تساعد إدارة الشبكة الذكية المرافق في مراقبة الأصول واستخدام النموذج وضمان عمليات فعالة من حيث التكلفة.
- استخدام البطاريات المتطورة لتخزين الطاقة والمركبات الكهربائية.
- تصميم محطات تحويل النفايات إلى طاقة بما في ذلك شبكات التدفئة والتبريد المرتبطة بها.

2.3.4. الصحة والموارد الحضرية

- استخدام مبادئ الاقتصاد التشاركي لتطوير الحلول الذكية وسلاسل التوريد الفعالة، التي يمكن أن تساعد في تلبية الاحتياجات البشرية ضمن الحد الأدنى من البصمات، وتحسين نوعية الحياة وتقليل الخسائر الاقتصادية من النفايات غير المدورة.
- تصميم الاقتصاد الدائري لإعادة التصنيع والتجديد وإعادة التدوير للحفاظ على تداول المكونات والمواد وتقليل الضرر وإدارة الآثار البيئية السلبية.
- الإدارة المتكاملة للنفايات البلدية والصناعية.
- تقييمات دورة الحياة لجودة المياه وإدارتها وإعادة استخدامها.
- عزل تلوث الهواء ومنقياته، بما في ذلك المرشحات الحيوية.
- تصميم واجهات المباني "الحية" والمساحات الخضراء والزراعة الحضرية.

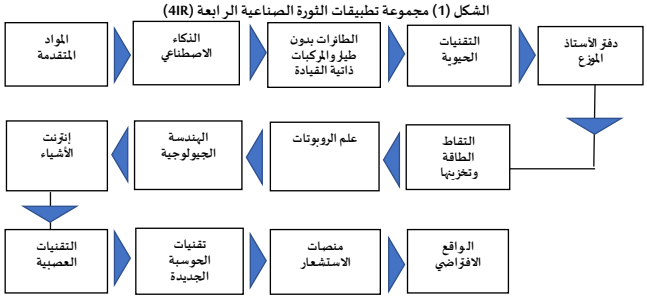
2.3.5. أنظمة حضرية مرنة

- استخدام أنظمة إدارة حضرية متكاملة وقابلة للتكيف في الوقت الحقيقي وإدارة التغيير للتكيف بشكل أفضل مع الصدمات والتعلم منها والاستجابة لها.
- تعزيز مراقبة المخاطر والتنبؤ بها، جنبًا إلى جنب مع تدابير الأمن الحديثة، من أجل وظائف مرنة في المدينة والمرافق وكذلك إدارة التأمين.
- تطوير البنية التحتية والمباني الحضرية الجاهزة للكوارث، وإضافة أنظمة الاستجابة الذكية للطوارئ للوقاية من الكوارث الطبيعية والتخفيف من حدتها والتعافي منها.

2.4. تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية:

تتضمن مجموعات تقنيات (4IR) وتأثيرها على المدن الذكية لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة كما هي موضحة بشكل (1): (Hollands, 2008).

الشكل (1) مجموعة تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR)



2.4.1. طباعة ثلاثية الأبعاد

هي تقنيات التصنيع المضافة المستخدمة لإنشاء كائنات ثلاثية الأبعاد بناءً على "طباعة" طبقات متتالية من المواد (PwC and World Economic Forum, 2016).

2.4.2. المواد المتقدمة (بما في ذلك المواد النانوية)

هي مجموعة من التقنيات النانوية وغيرها من تقنيات علوم المواد، التي يمكن أن تنتج مواد ذات وظائف محسّنة بشكل كبير أو جديدة تمامًا، بما في ذلك الوزن الخفيف، والمواد الأقوى والأكثر موصلة للكهرباء، والتخزين الكهربائي العالي (Vollath, 2008) (مثل المواد النانوية أو المواد البيولوجية أو الهجينة).

2.4.3. الذكاء الاصطناعي

هو خوارزميات تعلم علوم الكمبيوتر بحيث تكون قادرة على أداء المهام التي تتطلب عادةً ذكاءً بشريًا وما بعده (Adunadepo, 2016) (مثل الإدراك البصري والتعرف على الكلام واتخاذ القرار).

2.4.4. علم الروبوتات

هو استخدام الآلات الكهروميكانيكية والبيولوجية والهجينة التي يتم تمكينها بواسطة الذكاء الاصطناعي والتي تعمل على أتمتة الأنشطة البشرية أو زيادتها أو مساعدتها، بشكل مستقل أو وفقًا لتعليمات محددة (Boenig and Liptsin, 2017).

2.4.5. الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة

هو استخدام مركبات ذاتية القيادة، تعمل بواسطة الروبوتات ويمكنها العمل والتنقل مع القليل من التحكم البشري أو بدونه، مثل استخدام الطائرات بدون طيار التي تطير أو تتحرك في الماء بدون طيار ويمكن أن تعمل بشكل مستقل أو يمكن التحكم فيها عن بعد (Macrorie *et al.*, 2019).

2.4.6. التقنيات الحيوية

هي التقنيات التي تشمل الهندسة الحيوية والهندسة الطبية الحيوية وعلم الجينوم وتحرير الجينات والبروتيوميات والمحاكاة الحيوية والبيولوجيا التركيبية، هذه المجموعة التكنولوجية لها تطبيقات في مجالات مثل الطاقة والمواد والكيميائية والصيدلانية والزراعية والصناعات الطبية (Kougias *et al.*, 2019).

2.4.7. التقاط الطاقة وتخزينها ونقلها

تتراوح تقنيات الطاقة الجديدة من تقنيات البطاريات المتقدمة إلى الشبكات الافتراضية الذكية والخلايا الشمسية العضوية والوقود الحيوي السائل لتوليد الكهرباء ونقلها والانصهار النووي (Pîrvu and Zamfirescu, 2017).

2.4.8. دفتر الأستاذ الموزع (Blockchain)

هو دفتر الأستاذ الإلكتروني الموزع الذي يستخدم خوارزميات برامج التشفير لتسجيل وتأكيد المعاملات و/ أو الأصول الثابتة مع الموثوقية وإخفاء الهوية، وليس لديها سلطة مركزية وتسمح بالعقود الآلية التي تتعلق بتلك الأصول والمعاملات (العقود الذكية) (Peters, 2017).

2.4.9. الهندسة الجيولوجية

هي تدخلات واسعة النطاق ومتعمدة في النظم الطبيعية لكوكب الأرض، على سبيل المثال : تغيير أنماط هطول الأمطار أو خلق أشعة الشمس الاصطناعية أو تغيير الغلاف الحيوي (Nordrum, 2017).

2.4.10. إنترنت الأشياء

هي شبكة من أجهزة الاستشعار والمحركات المتقدمة في الأرض والجو والمحيطات والفضاء مدمجة مع البرامج والاتصال بالشبكة والكمبيوتر، يمكنها جمع البيانات وتبادلها عبر الإنترنت وتمكين الحلول الآلية لمجموعات المشكلات المتعددة (Marsal *et al.*, 2016).

2.4.11. التقنيات العصبية

هي مجموعة التقنيات التي تمكن البشر من التأثير على الوعي والتفكير من خلال فك تشفير ما يفكرون فيه بمستويات دقيقة من التفاصيل من خلال مواد كيميائية جديدة تؤثر على العقول لتحسين الوظائف وتمكين التفاعل مع العالم بطرق جديدة (Zhang, 2017).

2.4.12. تقنيات الحوسبة الجديدة

هي تقنيات مثل: الحوسبة الكمومية ومحركات الأقراص الصلبة ذات الحالة الصلبة القائمة على الحمض النووي والجمع بين تقنيات الثورة الصناعية الثالثة (مثل البيانات الضخمة والسحابة) مع التقنيات الأخرى (مثل إنترنت الأشياء ومنصات الاستشعار المتقدمة)، حيث تستفيد أجهزة الكمبيوتر الكمومية بشكل مباشر من ظواهر ميكانيكا الكم مثل التشابك لإجراء عمليات حسابية واسعة النطاق لفئة معينة من المهام المستحيلة حاليًا من خلال مناهج الحوسبة التقليدية (Jules, 2017).

2.4.13. منصات الاستشعار المتقدمة (بما في ذلك الأقمار الصناعية)

أجهزة الاستشعار الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية المتقدمة الثابتة والمتحركة من أجل الاستشعار المباشر وغير المباشر (الاستشعار عن بعد) لعدد لا يحصى من متغيرات البيئة والموارد الطبيعية والأصول البيولوجية من المواقع الثابتة أو في المركبات المستقلة أو شبه المستقلة في الأرض والآلات والهواء والمحيطات والفضاء.

2.4.14. الواقع الافتراضي

محاكاة مولدة بالحاسوب لمساحة ثلاثية الأبعاد مغطاة بالواقع المعزز (AR) أو بيئة الواقع الافتراضي (VR)(Rosique *et al.*, 2019). يمكن أيضًا أن تقلل خدمات اجتماعات الواقع الافتراضي والمعزز والمختلط في المساحات المشتركة من الحاجة إلى السفر لحضور الاجتماعات، مما يعزز الاتصال الأوسع والقدرة التنافسية للشركات الأصغر في المدن الناشئة.

3. الإطار العملي للبحث (الدراسة التطبيقية)

سيتم خلال هذا الجزء من البحث اختبار مساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية من قبل مجموعة من المختصين في المجال (المصممين – المخططين – الاستشاريين)، ومحاولة الوصول إلى الأهمية النسبية لمشاركة كل تطبيق في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة وإعادة ترتيبها تبعًا لأهمتها، وأيضًا سوف تُعرض خطوات التحليل المختلفة التي طُوِّرت النتائج من خلالها.

3.1. الطرق المستخدمة في تحليل البيانات:

3.1.1. الوزن النسبي المرجح أو الموزون Weighted Mean

يعد هذا المقياس من المقاييس المهمة للنزعة المركزية، وهو من حيث الفكرة يماثل الوسط الحسابي الاعتيادي، ولكن الوسط الاعتيادي يعتبر مفردات العينة قيد الدراسة لها نفس الأهمية والتأثير في حساب أي مؤشر إحصائي، ولكن في بعض الحالات تكون بعض المفردات أكثر أهمية من غيرها، مما يستوجب استخدام مؤشر أخر لحساب المعدل مع الأخذ في الاعتبار أهمية كل مفردة من مفردات العينة، وهذا المؤشر هو الوزن النسبي المرجح أو الموزون، ومن هنا تكون قيمة هذا الوسط أكثر دقة من الوسط الاعتيادي، غير أنه أقل استخدامًا منه.

3.1.2. طرق إيجاد الوزن النسبي المرجح: (البيانات الاعتيادية)

إذا كانت لدينا عينة عشوائية حجمها n ومفرداتها X1,X2,X3,....,Xn على التوالي وان W1,W2,W3,.....,Wn هي الأوزان المقابلة لمفردات العينة فإن الوسط الموزون يُحسَب وفق الخطوات الآتية:

- إيجاد مجموع الأوزان.
- ضرب كل مفردة من مفردات العينة فيما يقابلها من الأوزان وإيجاد مجموع نواتج الضرب.
- حساب الوسط الموزون.

إذا كان لدينا توزيع تكراري عدد فئاته K تكراراته هي f1, f2, ..., fk وان M1,M2,.....,MK تمثل مراكز فئات التوزيع وأن W1,W2,.... WK تمثل الأوزان المقابلة لفئات التوزيع عندئذ يمكن إيجاد الوسط الموزون وفق الخطوات الآتية:

- إيجاد مراكز الفئات.
- ضرب كل تكرار بالوزن المقابل له وإيجاد مجموع نواتج الضرب.
- ضرب كل من مركز الفئة بالتكرار المقابل لها وبالوزن المقابل لها وإيجاد مجموع نواتج الضرب.
- حساب الوسط الموزون.

3.2. تصميم الاستبيان الابتدائي:

بعد تحديد مجموعة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة للتحول نحو مدن ذكية ومستدامة، تم القيام بعمل دراسة استطلاعية متكاملة تشمل جميع مراحل البحث الميداني، ومن ثم عرض لطرق تحليل البيانات، صُمِّم استبيان ابتدائي للوصول الى الأهمية النسبية لمشاركة كل تطبيق في تحديات تحقيق التنمية الحضرية.

3.2.1. الهدف من الاستبيان

- الوصول الى تحديد الوزن النسبي المرجح لمجموعة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية.
- اختبار مدي ملاءمة استمارة الاستبيان للهدف المخصص لها، وتسجيل الملاحظات المتعلقة بتصميمها، مع ملاحظة درجة وضوح الأسئلة.
- تجريب الاستبيان على عينات البحث لدراسة المشكلات التي يمكن أن تواجه التطبيق.

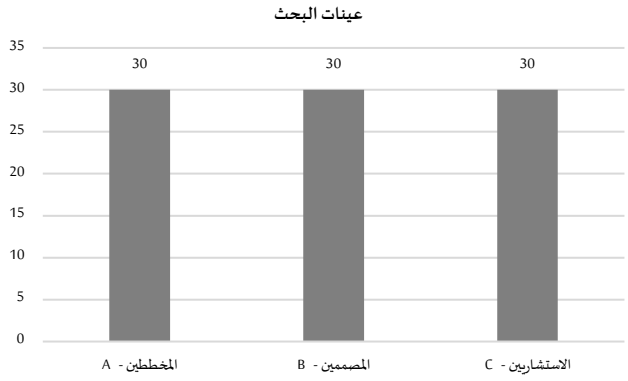
3.2.2. تطبيق الاستبيان على عينات البحث

قد صُمِّم على ضوء الفروض الأولية استبيان مبدئي يطرح مجموعة من التساؤلات حول النموذج الإرشادي، وقد طُبِّق هذا الاستبيان على شريحة متنوعة من العينات الاستطلاعية للبحث (المخططين، المصممين، الاستشاريين).

3.2.3. تحديد عينات البحث

تم اختيار عينات البحث بغرض تطبيق الاستبيان عليهم كما هو موضح بالشكل (2).

شكل (2) يوضح عينات البحث النهائية



وقد طُبِّقت الاستبيانات على عدد (60) استبيانًا وذلك حتى يمكن الحصول على نتائج أفضل في تحليل البيانات، كما تمت زيادة العدد المطلوب إلى (80) استبيانًا لتعويض أي استبيانات لم تستكمل أو بها بعض الأخطاء.

ومن خلال نتائج الدراسة الاستطلاعية رُوعي ما يأتي في مواصفات عينة البحث:

- أن يوجد تنوع في التعليم ما بين تعليم محلي أو بعثات علمية أوروبية مما يضمن اختلاف وجهات النظر واتجاهات التفكير.
- أن يوجد تنوع في الجنس حيث تشمل العينة على الجنسين معًا.
- أن يوجد تنوع في الخبرات ونوع الوظيفة في القطاعات الخاصة والحكومية المختصة بتخطيط وتصميم الموقع.

ومن خلال التحليل العام للعينة الإحصائية تم الوصول إلى نتائج المعدلات كما هي موضحة بالجدول (1):

جدول (1) نتائج معدلات التحليل العام لعينة البحث

الترقيم	تصنيف بيانات المبحوث	نتائج معدلات التحليل العام لعينة البحث
1	نسبة الذكور	60 % من إجمالي العينة
2	نسبة الإناث	40 % من إجمالي العينة
3	الاعمار المتوسطة من 30:50 سنة	57 % من إجمالي العينة
4	المستوي التعليمي	100 % حاملي مؤهلات عليا
5	عدد سنوات الخبرة من 7:20 سنة	55 % من إجمالي العينة

3.2.4. تطبيق وتصميم الاستبيان على العينات النهائية للبحث

صُمِّم الاستبيان من خلال طرح وصياغة مجموعة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية بعد إجراء كل التعديلات اللازمة على الاستبيان المبدئي؛ حتى يلائم الأغراض المطلوبة من البحث وحتى يمكن تجنب المشكلات التي واجهت التطبيق التجريبي في الدراسة الاستطلاعية، ومن ثم تصميم الاستبيان النهائي الخاص بالعينات النهائية للبحث بحيث يتناول الأجزاء الآتية:

- الجزء الأول: هو الجزء الخاص بالمبحوث وهو بيانات عامة عن ملئ الاستبيان من المشاركين.
- الجزء الثاني: تحديد الأهمية النسبية للتطبيقات من وجهة نظر المشاركين.

3.3. خطوات التحليل:

لقد عُرضت جميع الخطوات والنتائج الخاصة بالتحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS التي أجراها الباحث لتحقيق الهدف الرئيسي للبحث، وهي كالآتي:

3.3.1. الخطوة الأولى

تعرض هذه الخطوة نتائج التحليل الإحصائي لاستبيان عينة المشاركين. أُعطي ترميز لكل خطوة في الآلية المقدمة لإطار العمل كما هو موضح بالجدول (2) الآتي:

جدول (2) ترميز تغير كل خطوة في الالية المقدمة لمساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الر ابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة

تقنيات (4IR)	التخطيط والبناء الذكي	النقل المستدام والخدمات اللوجستية	الطاقة النظيفة والمرافق	الصحة والموارد الحضرية	أنظمة حضرية مرنة	الترميز
طباعة ثلاثية الابعاد						X1
المواد المتقدمة (بما في ذلك المواد النانوية)						X2
الذكاء الاصطناعي						X3
الروبوتات						X4
الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة						X5
التقنيات الحيوية						X6
التقاط الطاقة						X7
التخزين والنقل						X8
Blockchain (ودفتر الأستاذ الموزع)						X9
الهندسة الجيولوجية						X10
إنترنت الأشياء						X11
تقنيات الحوسبة الجديدة						X12
منصات استشعار متقدمة						X13
الواقع الافتراضي والمعزز والمختلط						X14

3.3.2. الخطوة الثانية

الوزن النسبي المرجح لتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية في تحديات تحقيق التنمية الحضرية المستدامة من خلال نتائج المشاركين:

- من خلال تحليل نتائج الاستبيان للمشاركين كما هو موضح بالجدول الآتي:
- معادلة التوزيع التكراري المرجح = العدد x الأهمية النسبية.
- الوزن النسبي المرجح = التوزيع التكراري المرجح/ أجمالي التكرار المرجح.

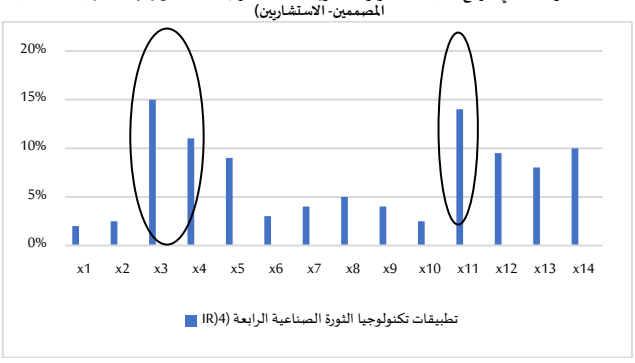
تم التعويض بالمعادلات السابقة من خلال الحصول على نتائج تحليل الاستبيان للحصول على التوزيع التكراري المرجح الخاصة بتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية وإعادة ترتيبها من حيث الأهمية في المشاركة في التحديات وكانت النتائج كما هي موضحة بالجدول (3) كالآتي:

جدول (3) الوزن النسبي المرجح لتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الر ابعة (4IR) وإعادة ترتيبها طبقًا لأهميتها من وجهة نظر المشاركين

تقنيات (4IR) الترتيب وفقًا للوزن النسبي	التخطيط والبناء الذكي	النقل المستدام والخدمات اللوجستية	الطاقة النظيفة والمرافق	الصحة والموارد الحضرية	أنظمة حضرية مرنة	الوزن النسبي المرجح
طباعة ثلاثية الابعاد (13)	0.2	0.3	0.6	0.5	0.4	2%
المواد المتقدمة (بما في ذلك المواد النانوية) (12)	0.3	0.5	0.9	0.3	0.5	2.5%
الذكاء الاصطناعي (1)	4.5	4.5	2	2.5	2.5	16%
الروبوتات (3)	2	5	0.5	3	0.5	11%
الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة (6)	2	4.5	1.5	0.5	0.5	9%
التقنيات الحيوية (11)	1	0.8	0.6	0.2	0.4	3%
التقاط الطاقة (10)	1	1.3	0.3	0.4	0.5	3.5%
التخزين والنقل (8)	0.5	0.5	0.5	0.5	3	5%
Blockchain (ودفتر الأستاذ الموزع) (9)	1.5	1.5	0.6	0.4	0.5	4.5%
الهندسة الجيولوجية (14)	0	0.3	0	0.2	1	1.5%
إنترنت الأشياء(2)	4	3.5	1.5	2.5	2.5	14%
تقنيات الحوسبة الجديدة (5)	2.5	2.5	2	2	0.5	9.5%
منصات استشعار متقدمة(7)	3	1.5	1.5	0.7	1.3	8%
الواقع الافتراضي(4)	3.3	2	2	1.4	1.8	10.5%
						100%

ومن خلال تطبيق الدراسة التحليلية السابقة حُدِّدت الأهمية النسبية لكل تطبيق من تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) وإعادة ترتيبها تبعًا للأهمية النسبية الناتجة من استبيان المشاركين، وعليه لُوحظ الاختلاف في نتائج التطبيقات كما هو موضح بالشكل (4) الآتي:

الشكل (3) الوزن النسبي المرجح لتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) من وجهة المشاركين (المخططين-المصممين- الاستشاريين)



توضح نتائج الدراسة السابقة حصول الذكاء الاصطناعي (15%) والروبوتات (11%) وإنترنت الأشياء (14%) على أعلى نسبة في مشاركة التطبيقات لتحقيق التنمية الحضرية للمدن الذكية، مما يدعو إلى التركيز في الدراسات المستقبلية على إمكانيات كلٍّ من التطبيقات الثلاثة وكيفية تطويرها للوصول إلى النتائج المرجوة.

توضح الدراسة السابقة أنه يجب إعادة ترتيب التطبيقات لأهميتها كما هو موضح بالجدول (4)، من خلال تطوير التكامل بين كل من ال (4IR) والتحديات الرئيسية لتحقيق التنمية الحضرية، وذلك للوصول إلى إسهامات تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) في تطوير المدن الذكية.

جدول (4) الوزن النسبي المرجح لتطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) وإعادة ترتيبها طبقًا لأهميتها من وجهة نظر المشاركين

تقنيات (4IR)	مساهمة (4IR) لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة
طباعة ثلاثية الابعاد المواد المتقدمة	إنشاء مبانٍ جديدة متعددة الوظائف في الوقت المناسب وبطريقة أكثر كفاءة إمكانية إنشاء أشكال بناء جديدة ومساحات عامة ببصمة بيئية والحد من إنتاج النفايات.
الذكاء الاصطناعي	مراقبة المساحات وتكييفها بناءً على طلبات المواطنين والمستهلكين المحليين وتحسين توليد الطاقة والطلب عليها.
الروبوتات	تقييم الصحة وإصلاح العيوب في الأنابيب والشبكات وجمع النفايات وفرزها.
الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة	استخدام المركبات ذاتية القيادة لخدمات النقل والخدمات اللوجستية المشتركة واستخدامها لتوصيل إمدادات الطوارئ وتقييم الأضرار بعد الكوارث.
التقنيات الحيوية	يمكن من خلال استخدام البلاستيك الحيوي تحسين إدارة المخلفات الميكروبية
التقاط الطاقة	يمكن استخدام الوقود الحيوي الاصطناعي لتخفيف قيود الأراضي
التخزين والنقل	يمكن من خلال التقنية تخزين الطاقة واستخدامها كمصادر للطاقة المتجددة.
دفتر الأستاذ الموزع (Blockchain)	يمكن إعادة استخدامها للسيارات الكهربائية وشحن البطاريات تساعد في عمليات التخطيط والتطورات العقارية، وتقديم الخدمات خلال أوقات الذروة
الهندسة الجيولوجية	يمكن استخدام التقنية لإنشاء واجهات المباني الحية والمزارع الحضرية يمكن أن تساعد في تنظيف الهواء وخلق المزيد من المساحات الخضراء
إنترنت الأشياء	مراقبة حركة المرور وإبلاغ الازدحام بالمركبات على الطريق. تحسين تخطيط المسار وتقليل وقت السفر وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة.
تقنيات الحوسبة الجديدة منصات استشعار متقدمة الو اقع الافتراضي	تتبع ومراقبة التلوث بدقة عالية والتحكم في أنظمة الطاقة والمرافق الفعالة التنبؤ وتتبع توليد النفايات وتحسين التخلص منها وإعادة التدوير. يوفر الواقع الافتراضي فرصًا للمدن لمحاكاة الكوارث.

4. المناقشة والنتائج والتوصيات

4.1. نتائج البحث (إطار العمل المقترح):

من خلال الدراسة النظرية والتطبيقية يمكن الوصول إلى إطار العمل المقترح لمساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة كما هو موضح بالجدول (5)، الذي يقترح مصفوفة تحدد المساهمات المختلفة لتطبيقات 4IR (موزعة في الصفوف) والتحديات المتوقعة (موزعة في الأعمدة) حيث تم اقتراح المساهمات الممكنة في الخلايا التي تتقاطع فيها التطبيقات مع التحديات.

جدول (5) إطار العمل المقترح لمساهمة تطبيقات تكنولوجيا الثورة الصناعية الرابعة (4IR) التي تدعم المدن الذكية لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة ومواجهة تحدياتها

تقنيات (4IR)	التخطيط والبناء الذكي	النقل المستدام والخدمات اللوجستية	الطاقة النظيفة والمرافق	الصحة والموارد الحضرية	أنظمة حضرية مرنة
طباعة ثلاثية الأبعاد	المباني المطبوعة ثلاثية الأبعاد	سيارات مطبوعة ثلاثية الأبعاد	بلاط سقف شمسي مطبوع ثلاثي الأبعاد	تغليف ذكي للطعام ومستشعرات لمراقبة التلوث	هياكل مطبوعة ثلاثية الأبعاد مقاومة للكوارث
المواد المتقدمة	خرسانة منخفضة الكربون	استخدام البطاريات المتقدمة	تطبيقات الجرافين لتوليد الطاقة	استخدام الرقائق ومواد بناء غير ملوثة	الخرسانة الذكية لتعزيز الهياكل المعرضة للخطر
الذكاء الاصطناعي	الكشف الآلي عن تغير الاستخدام	طرق عبور محسّنة والتنبؤ الذكي بالطلب	التنبؤ الذكي بالطلب على الطاقة	التنبؤ بمخاطر الكوارث وإعادة توجيه حركة المرور	
الروبوتات	المساعدة في تجميع المباني الجاهزة	إصلاح الأجزاء المعيبة والصيانة لتحقيق الكفاءة	تقييم الصحة وإصلاح العيوب في الشبكات	جمع النفايات وفرزها	دعم الاستجابة للكوارث بدون طيار في مناطق الخطر
الطائرات بدون طيار والمركبات ذاتية القيادة	استخدام صور الطائرات لتخطيط استخدام الأراضي	مركبات مستقلة لشبكات فعالة	مراقبة وصيانة الشبكات وأصول البنية التحتية	مراقبة البيئة الحضرية بما في ذلك جودة الهواء	شحنات الطائرات بدون طيار للاستجابة للكوارث
التقنيات الحيوية	محاكاة الطبيعة واستخدام مواد حيوية	الأشجار الاصطناعية التي تنقي الهواء	مصادر طاقة أكثر نظافة	استخدام البلاستيك الحيوي لتحسين إدارة المخلفات	المحاكاة الحيوية للهياكل المرنة
التقاط الطاقة	تخزين الطاقة اللامركزي	مصادر الطاقة المتقدمة	تخزين الطاقة من الجيل التالي	تخزين الطاقة من الجيل التالي	الطاقة التكيفية
التخزين والنقل	كفاءة البناء	شحن السيارات الكهربائية	الشبكات اللامركزية	كفاءة الموارد	طاقة الطوارئ المتنقلة
(دفتر الأستاذ الموزع)	عقود البناء الذكية وتقييمات التخطيط	تتبع سلسلة التوريد والشفافية والسداد الآلي	انظمة الطاقة والدفع أولًا بأول	الاقتصاد التشاركي وإعادة التدوير	مدفوعات الإعانة
الهندسة الجيولوجية	---------	-الحد من تلوث الهواء	---------	لتخفيف من آثار تغير المناخ	تغيير انماط الطقس ضد الكوارث
إنترنت الأشياء	مستشعرات داخل المباني وخارجها لتحسين تلوث البناء	إدارة تدفق حركة المرور وإدارة الأسطول الذكية	الشبكات القائمة على أجهزة الاستشعار والشبكات الحضرية	مجسات لرصد التلوث ومراقبة النفايات القائمة على أجهزة الاستشعار	مجسات لرصد الأخطار الطبيعية
تقنيات الحوسبة الجديدة	نمذجة معلومات البناء فائقة الدقة (BIM)	الحوسبة الكمية لسلاسل التوريد واللوجستيات فائقة الكفاءة	الحوسبة الكمومية لأنظمة الطاقة والمرافق الفعالة	تتبع ومراقبة التلوث بدقة عالية	---------
منصات استشعار متقدمة	مجسات كيميائية لمواد البناء	تحسين الوقت الفعلي لتدفق الشحن	مستشعرات متقدمة لإدارة الشبكة ومراقبتها	سوائل نانوية متقدمة لتقييم ومراقبة موارد المياه	الأمن الاستباقي ورد الفعل
الواقع الافتراضي	الواقع الافتراضي للتخطيط الحضري والمعزز والمختلط	تجارب رحلة AR	محطات طاقة افتراضية	تجارب / VR / AR MR لتغيير السلوك	-الواقع الافتراضي لمحاكاة الكوارث للاستعداد للطوارئ

4.2. مناقشة نتائج البحث:

حُلِّل في هذه الورقة 14 تطبيقًا من تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) ورصد مساهمتها في بناء المدن الذكية في جميع أنحاء العالم والتعرف على أهم التحديات المتوقعة أمامها، حيث أصبحت هذه المدن الرائدة سوابق للتوجهات المتنامية والمستقبلية، ويُمكِن لتطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) والتقنيات الرقمية الأخرى المساهمة في التنمية الحضرية المستدامة، نظرًا لقدرتها على زيادة الإنتاجية عبر جميع القطاعات، مما سيخلق أسواقًا جديدة، ويوفر فرصًا هائلة للازدهار، ومع ذلك فهناك حاجة إلى مزيد من البحث من النهج الاجتماعي التقني المتكامل لتحليل مختلف التحديات الاجتماعية الناشئة جنبًا إلى جنب مع تعزيز مثل هذه التقنيات والممارسات في سياقات المدينة وذلك من خلال:

- وضع استراتيجيات تنمية المدن لـ 4IR: لمحاولة الوصول إلى استراتيجيات واضحة ومصمم خاصة لسياقات المدن، ومتكاملة مع استراتيجية منطقة المدينة، التي تشارك وتحظى بدعم القطاع الخاص والإقليمي.
- إنشاء وحدات ابتكار حكومية حضرية ووطنية: لرعاية ومتابعة الابتكار وتطبيقات 4IR الخاصة بالسياق، حيث تحتاج المدن إلى إظهار القيادة والاستعداد للعمل وفقًا لأجندة التغيير، وتحقيق التوازن بين الطموحات ذات الرؤية المستقبلة بشأن المخاطر والتكاليف.
- السياسة والبيئة التنظيمية: لتمكين توسيع نطاق تقنيات 4IR وضمان تطويرها وتطبيقها بطريقة تراعي المناخ والبيئة وحوافز الأعمال واحتياجات المواطنين، تحتاج الحكومات إلى وضع سياسات ولوائح ومعايير شفافة وقابلة للتكيف وقابلة للتنفيذ.
- آليات تمويل مبتكرة: لمواءمة الحوافز وكذلك مخاطر تسليم القطاع الخاص لمشاريع 4IR على مستوى المدينة ودعم تسويق المرحلة المبكرة. تحتاج الحكومات الحضرية والوطنية إلى توفير حلول الشراكة المبتكرة بين القطاعين العام والخاص من أجل الصالح العام وتطوير التكنولوجيا.
- منصات المعلومات والمشاركة: لضمان جمع البيانات ومشاركتها واتاحتها للجمهور، تحتاج المدن إلى القيادة في إنشاء منصات للتعاون.
- المهارات وإعادة التدريب: لبناء الوعي الرقمي (والاستخدام) بين المواطنين، وكذلك لمواجهة الآثار السلبية للأتمتة على الوظائف، يجب على الحكومات الحضرية والوطنية تعزيز مهارات 4IR الجديدة وإعادة التدريب بعدسة الاستدامة.
- القيادة في الأعمال المسؤولة: لضمان أن الثورة الصناعية الرابعة هي ثورة مستدامة يجب على القطاع الخاص بالتحالف مع الحكومات أن يأخذ زمام المبادرة في تحسين عملياته من خلال تضمين مبادئ الاستدامة في تصميم التكنولوجيا وقرارات الاستثمار.
- رواد الابتكار الحضري: لحل المشكلات التي تهم المدن الناشئة، يجب على الشركات الناشئة وشركات التكنولوجيا الكبرى الاستثمار في الابتكار المستمر، فضلًا عن ابتكار نماذج تجريبية لمدن معينة لتطوير

Emara, M.S.I. (2022). Althawrat alsinaeiat alraabieat wamusahamatuha fi alnumui alhadarii 'The fourth industrial revolution and its contribution to urban growth'. *The Scientific Journal of King Faisal University: Basic and Applied Sciences*, **23**(1), 9–16. DOI: 10.37575/b/eng/210076 [in Arabic]

حلول مستدامة "ذكية".

- الإبداع والتعاون: للوصول إلى اتفاق وصياغة الحوكمة اللازمة لوضع المعايير ومشاركة البيانات ومجالات أخرى من مشاركة (4IR) على الصعيد المحلي، يحتاج القطاع الخاص إلى التعاون على نطاق واسع مع الهيئات الحكومية المحلية والمرافق والمواطنين.

4.3. توصيات البحث:

هناك فرص كبيرة لتطبيقات الثورة الصناعية (4IR) للقيام بالمزيد من أجل النمو الحضري والازدهار، والإجراءات الموصى بها في هذا البحث هي مجرد خطوة أولى نحو تحقيق هذه الإمكانات ومواجهة التحديات، وسيكون التعاون المستمر بين الحكومات والأوساط الأكاديمية والصناعة ضروريًا لتنفيذ هذه التوصيات الآن، ومواصلة تقديم الإمكانات المذهلة لتطبيقات الثورة الصناعية (4IR) في المستقبل.

يجب على الحكومة، بالاعتماد على خبرة الخدمات الرقمية الحكومية وشراكة علوم البيانات والخبراء الذين يعملون مع البيانات في الإدارات الأخرى، تطوير برنامج عمل لإعداد القطاع العام ونشر أفضل الممارسات لتطبيقات الثورة الصناعية الرابعة (4IR) لتحسين العمليات وخدمات للمواطنين، ويمكن أن يشمل هذا البرنامج:

- إرشادات حول جعل البيانات جاهزة للاستخدام، بما في ذلك إدارة الخصوصية والأمان، ومنع التحيزات في بيانات التدريب.
- قواعد الممارسة الفنية لاستخدام تطبيقات (4IR).
- مبادئ توجيهية لضمان المعاملة العادلة والشفافية والإبلاغ عن الوظائف التي تحركها تطبيقات (4IR) خاصة عند استخدامها لدعم اتخاذ القرار.
- أطر اختبار التنوع في تطبيقات (4IR) ومجموعات البيانات.
- المشاريع التوضيحية، بما في ذلك توضيح كيف يمكن لتطبيقات (4IR) المساعدة في حماية مصالح الأفراد.
- معلومات لكبار صانعي القرار حول المكان الذي يمكن أن تضيف فيه تطبيقات (4IR) قيمة تنموية، وعن تقييم التكاليف والفوائد والمخاطر.
- المراقبة والاستعداد للتغييرات في ممارسات العمل، ورصد احتياجات تطوير المهارات، ودعم تنميتها.
- دعم المشاريع الإرشادية لتحديد وتقنين أفضل الممارسات.
- إحداث التوعية والإرشادات التي تساعد على ضمان أن تصبح الحكومة عميلًا ذكيًا لتطبيقات (4IR).

نبذة عن المؤلف

مهاد سيد عمارة

قسم الهندسة المعمارية، الأكاديمية الحديثة للهندسة وتكنولوجيا البناء، القاهرة، مصر،
00201099876428.engmehademara@gmail.com

د. عمارة مدرس مصري بقسم الهندسة المعمارية بالأكاديمية الحديثة بمصر، تخصص التصميم العمراني منذ عام 2018 حتى 2021، حصل على الدكتوراه في مجال التصميم العمراني تحت عنوان المجاورة السكنية من منظور الاستدامة الاجتماعية (نحو منهج لتقييم البعد الاجتماعي)، نشر العديد من الأبحاث العلمية في مجلات محلية وعالمية في العديد من تخصصات مجال الهندسة المعمارية، وشارك بحضور مؤتمرات محلية وعالمية، وحضر أكثر من 10 دورات تدريبية وورش تعليمية في مجال التصميم العمراني، ولديه اهتمامات في الأبحاث الخاصة بدراسة مجالات التصميم الحضري وتأثيره على سلوك المستخدم، وتأثير التطور التكنولوجي على البيئة الحضرية.

المراجع

Adio-Moses, D. and Asaolu, O.S. (2016*).* Artificial Intelligence for Sustainable Development of Intelligent Buildings. In *Proceedings of the 9th CIDB Postgraduate Conference*, At University of Cape Town, South Africa, 01/2/2016.

Boenig-Liptsin, M. (2017). AI and robotics for the city: Imagining and transforming social infrastructure. *The Journal of Field Actions Science Reports*, **17**(n/a), 16–21.

Castelnovo, W., Misuraca, G., and Savoldelli, A. (2015*).* Citizen's engagement and value co-production in smart and sustainable cities. In: *International Conference on Public Policy*, Milan, Italy, 01/07/2015.

Jules, T.D. (Ed.) (2017). *Public Policy and Governance, The Global Educational Policy Environment in the Fourth Industrial Revolution: Gated, Regulated and Governed*. United Kingdom: Emerald Group Publishing Limited. DOI: 10.1108/S2053-769720160000026011

Hollands, R.G. (2008). Will the real smart city please stand up? City: Analysis of Urban Trend. *Culture, Theory, Policy, Action*, **12**(3), 303–20. DOI: 10.1080/13604810802479126

Ingwersen, P. and Serrano-López, A.E. (2018). Smart city research 1990–2016. *International Journal of Scientometric Research*, **117**(2), 12–16

Kitchin, R. (2016). *Reframing, Reimaging, and Remaking Smart Cities. Programmable City Working (P 20).* Available at: https://osf.io/preprints/socar xiv/cyjhg (accessed on 1/08/2021)

Klein, C., and Kaefer, G. (2008). From smart homes to smart cities: Opportunities and challenges from an industrial perspective. In: *International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking* St. Petersburg, Russia, 03-05/09/2008.

Kougias, I., Szabó, S., Nikitas, A. and Theodossiou, N. (2019). Sustainable energy modelling of non-interconnected Mediterranean islands. *Renewable Energy*, **133**(n/a), 930–40.

Lambert, L. (2017). The four challenges of the fourth industrial revolution. *Journal of Economics and Development Studies*, **6**(1), 190–1.

Macrorie, R., Marvin, S. and While, A. (2019). Robotics and automation in the city: A research agenda. *The Journal of Urban Geography*, **42**(2), 12–4. DOI: 10.1080/02723638.2019.1698868.

Nam, T. and Pardo, T.A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In: *The 12th Annual International Conference on Digital Government Research,* (pp. 282-291), USA, 12/06/2011.

Nordrum, A. (2017). Govern by blockchain, Dubai wants one platform to rule them all, while Illinois will try anything. *IEEE Spectrum Magazine,* **54**(10), 54–5.

Marsal-Llacuna, M.L., and Segal, M.E. (2016). The intelligenter method (II) for "smarter" urban policy-making and regulation drafting. *Cities*, **55**(n/a), 127–38.

Peters, M.A. (2017). Technological unemployment: Educating for the fourth industrial revolution. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, **5**(1), 25–33. DOI: 10.22381/JSME5120172

PWC. (2017). *The Future is Coming: Index of Cities Readiness*. Available at: https://www.pwc.ru/ru/assets/the-future-is-coming-english.pdf (accessed on15/07/2021).

PWC and World Economic Forum (2016), *Inspiring Future Cities and Urban Services*. Available at: https://www.pwc.com/gx/en/industries/government-public-services/public-sector-research-centre/publications/assets/pwc-wef-urban-services.pdf

Pîrvu, B.C. and Zamfirescu, C.B. (2017). Smart factory in the context of 4th industrial revolution: Challenges and opportunities for Romania. In: *International Conference "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering"*, 05/08/2017. DOI:10.1088/1757-899X/227/1/012094

Prisecaru, P. (2016). Challenges of the fourth industrial revolution. *Christian University Bucharest*, **8**(1), 57–62. Available at: https://search-proquest-com.ezproxy.libraries.udmercy.edu:2443/docview/1793552558?accountid=28018 (accessed on 9/08/2021)

Rosique, F.J., Navarro, P., Fernández, C. and Padilla, A. (2019). A systematic review of perception system and simulators for autonomous vehicles research. *Sensors*, **19**(648), 15.

Serrano, W. (2018). Digital systems in smart city and infrastructure: Digital as a service. Smart Cities. *International and Scientific Journal (Smart Cities)*, **1**(1), 134–54. DOI: 10.3390/smartcities1010008

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*Ⅱ. UK: Penguin Group. Available at: https://www.penguin.co.uk/books/304/304971/the-fourth-industrial-revolution/9780241300756.html (accessed on12/08/2021).

UN-Habitat. (2016*). The new urban agenda*. In: *International Conference on Housing and Urban Development* (Habitat III). Quito, Ecuador, 23/12/2016. Available at https://habitat3.org/the-new-urban-agenda (accessed on 4/07/2021).

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2014). *World Urbanization Prospects*. Available at:

https://population.un.org/wup/publications/files/wup2014-report.pdf (accessed on 4/07/2021)

Vollath, D. (2008). Nanomaterials: An introduction to synthesis, properties and application. *Environmental Engineering and Management Journal*, **7**(6), 865–70.

Zhang, S. (2017). *The Application of the Internet of Things to Enhance Urban Sustainability*. Master's Dissertation, University of Michigan, Agora, USA.