Journal of Al-Farahidi's Arts, No Conference (10 th)N(V)183-199
Doi: https://doi.org/10.25130/jfa.conf.10.4.12

Proceedings of the (10) Conference وقائع المؤتمر العلمي العاشر

P-ISSN : 2074-9554 | E-ISSN: 2663-811
Journal of Al-Farahidi's Arts
available online at : fja.tu.edu.iq/index.php/fja

Artificial intelligence applications in smart city management

M.M. Noor Munther Hassan

E-Mail: nour.m.hassan@aliraqia.edu.iq

Keywords:
Digital transformation, urban sustainability, and environmental monitoring

Article history:

Received	15/9/2025
Received in revised form	27/9/2025
Accepted	19/10/2025
Available online	9/12/2025

E-mail Jaa@ tu.edu.iq

©THIS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CCBY LICENSE
http:// creativecommons.org/licenses/by/4.0

A B S T R A C T

In light of rapid digital transformation, artificial intelligence (AI) has become a cornerstone in building and managing smart cities, offering analytical and predictive capabilities that contribute to improving quality of life and achieving urban sustainability. This study aims to explore the most prominent applications of AI in smart city management, including intelligent transportation, energy management, urban planning, environmental monitoring, and public service delivery. The study employs a descriptive-analytical approach, reviewing successful global experiences and focusing on the challenges of integrating AI technologies into traditional urban infrastructure. The study concludes that employing AI contributes to enhancing decision-making efficiency, reducing resource waste, and raising the level of security and well-being, provided there is a legislative and regulatory environment that effectively supports digital transformation. The study also offers recommendations to strengthen the integration of technology and local governance to serve the goals of sustainable development in contemporary cities.

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في أدارة المدن الذكية

م.م نور منذر حسن / الجامعة العراقية /شعبة الارشاد النفسي والتوجيه التربوي

المستخلص:

في ظل التحولات الرقمية المتسارعة، أصبح الذكاء الاصطناعي (AI) أحد الركائز الأساسية في بناء وإدارة المدن الذكية، لما يوفره من قدرات تحليلية وتنبؤيه تسهم في تحسين جودة الحياة وتحقيق الاستدامة الحضرية. تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات إدارة المدن الذكية، بما في ذلك النقل الذكي، وإدارة الطاقة، والتخطيط الحضري، ومراقبة البيئة، وتقديم الخدمات العامة. تعتمد الدراسة على منهج وصفي تحليلي يستعرض التجارب العالمية الناجحة، ويركّز على التحديات التي تواجه دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في البنى التحتية الحضرية التقليدية. وتتوصل الدراسة إلى أن توظيف الذكاء الاصطناعي يسهم في تعزيز كفاءة اتخاذ القرار، وتقليل الهدر في الموارد، ورفع مستوى الأمان والرفاهية، شريطة توافر بيئة تشريعية وتنظيمية تدعم التحول الرقمي بشكل فعّال. كما تقدم الدراسة توصيات لتعزيز التكامل بين التكنولوجيا والإدارة المحلية بما يخدم أهداف التنمية المستدامة في المدن المعاصرة

الكلمات المفتاحية : التحول الرقمي والاستدامة الحضرية ومراقبة البيئة

المقدمة:

يشهد العالم اليوم تحولات غير مسبوقة بفعل التقدم السريع في تقنيات الذكاء الاصطناعي، التي أصبحت أداة رئيسية في إدارة النظم المعقدة وتحسين جودة الحياة. في هذا السياق، ظهرت المدن الذكية كاستجابة حضرية متطورة للتحديات المتزايدة في مجالات كفاءة الموارد، والاكتظاظ السكاني، والتغير المناخي، وإدارة الخدمات العامة. وتقوم فكرة المدينة الذكية على استخدام التكنولوجيا الرقمية، وعلى رأسها الذكاء الاصطناعي، لجعل المدن أكثر استدامة وفعالية وقدرة على الاستجابة لحاجات السكان.

لقد أصبح الذكاء الاصطناعي محركًا أساسيًا لتطوير الحلول الذكية في شتى مجالات الحياة الحضرية، لا سيما في مجالي التخطيط الحضري والنقل. ففي مجال التخطيط الحضري، يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات كبيرة ومعقدة مثل الكثافة السكانية، واستخدامات الأراضي، وتوزيع الخدمات، والنمو السكاني المستقبلي. ويساعد ذلك في اتخاذ قرارات تخطيطية أكثر دقة تستند إلى نماذج تنبؤية، مما يمكّن المخططين من تصميم مدن أكثر كفاءة وتنظيماً.

أما في مجال النقل والخدمات اللوجستية، فقد أتاح الذكاء الاصطناعي تطوير نظم النقل الذكي من خلال تحليل أنماط الحركة المرورية، والتنبؤ بالازدحام، وتحسين توقيت الإشارات الضوئية، واقتراح مسارات بديلة بشكل لحظي. كما دخلت المركبات ذاتية القيادة مرحلة التجريب والتطبيق في بعض المدن، وهي تعتمد كليًا على تقنيات الذكاء الاصطناعي في الاستشعار واتخاذ القرار وتفادي الحوادث. إلى جانب ذلك، يُمكن للذكاء الاصطناعي تحديد الطرق غير المزدحمة، وتوفير طرق مختصرة أكثر كفاءة، مما يُسهم في تسريع عمليات التوصيل وتقليل أوقات السفر. كما يسهّل الذكاء الاصطناعي عمليات طلب وتوزيع البضائع بشكل ذكي وتلقائي، من خلال ربط أنظمة الطلب بالمخزون وخريطة المدينة، لتحديد أقرب مصادر الإمداد وأسرع طرق التوصيل.

مشكلة البحث:

رغم التوسع في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المدن الكبرى، لا تزال هناك فجوة في فهم كيفية توظيف هذه التكنولوجيا بشكل فعّال وشامل ومستدام في

إدارة المدن، لاسيما في سياقات المدن العربية والنامية، خصوصاً في مجالي التخطيط الحضري والنقل.

أهداف البحث:

1. التعرف على المفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي والمدن الذكية.
2. استعراض أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة مكونات المدن الذكية، لا سيما في مجالي التخطيط الحضري والنقل.
3. تحليل تجارب عالمية رائدة في هذا المجال.
4. تحديد التحديات التي تعيق تطبيق الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية.
5. تقديم توصيات قابلة للتطبيق لتحسين إدارة المدن باستخدام الذكاء الاصطناعي.

فرضية البحث:

1. ما أبرز مجالات استخدام الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية؟
2. كيف ساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الخدمات الحضرية، خاصة في مجالي التخطيط والنقل؟
3. ما التحديات التي تواجه دمج الذكاء الاصطناعي في المدن؟
4. ما الدروس المستفادة من التجارب العالمية في هذا السياق؟

منهجية البحث:

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، حيث يتم استعراض الأدبيات والدراسات السابقة، وتحليل نماذج واقعية من مدن استخدمت الذكاء الاصطناعي في إدارتها، مع التركيز على الجوانب التطبيقية والعملية، وخصوصاً في مجالات التخطيط الحضري والنقل.

الذكاء الاصطناعي: المفهوم والتطور

يُعد الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) أحد فروع علوم الحاسوب، ويهدف إلى تمكين الأنظمة الرقمية من محاكاة القدرات الذهنية البشرية مثل التعلم، والتفكير، واتخاذ القرار، وحل المشكلات. (Russell, S. & Norvig, P. 2020). وقد تطور هذا المجال بشكل ملحوظ منذ منتصف القرن العشرين، بدءًا من محاكاة المنطق البشري في الآلات،

وصولًا إلى تطوير نماذج معقدة مثل الشبكات العصبية الاصطناعية، والتعلم العميق، ومعالجة اللغة الطبيعية.

ويعرف ايضاً هو "قدرة الأنظمة البرمجية على محاكاة وظائف معرفية بشرية مثل الإدراك، الفهم، الاستنتاج، التعلم، واتخاذ القرار"، ويُصنف ضمن الأنظمة المعتمدة على المعرفة (Knowledge-based systems) التي تتعامل مع معطيات وتنتج مخرجات تحليلية أو تنفيذية.(Al-Azzawi, A. 2021)

تتفرع من الذكاء الاصطناعي عدة تقنيات فرعية، أبرزها:

- تعلم الآلة (Machine Learning)
- التعلم العميق (Deep Learning)
- الذكاء الاصطناعي التنبؤي
- معالجة اللغة الطبيعية (NLP). (الزبيدي ، 2022، ص2)

أهمية الذكاء الاصطناعي:

يُعَدّ الذكاء الاصطناعي من أهم التقنيات الحديثة التي أحدثت نقلة نوعية في مختلف جوانب الحياة الإنسانية، إذ تتجلى أهميته في قدرته على تطوير كفاءة الأنظمة وتسريع الإنجاز من خلال اتمام العديد من العمليات التقليدية وتقليل الأخطاء البشرية، الأمر الذي يسهم في رفع الإنتاجية وجودة الأداء. كما يبرز دوره في دعم عملية اتخاذ القرار من خلال تحليل البيانات الضخمة واستخلاص الأنماط والمعارف الخفية، بما يوفر أدوات استراتيجية تساعد المؤسسات وصنّاع القرار على صياغة خطط دقيقة وفعّالة . (كاظم ، 2012،ص6)

وتتسع أهمية الذكاء الاصطناعي لتشمل تحسين جودة حياة الأفراد عبر تطبيقاته في مختلف القطاعات، ففي المجال الصحي أصبح أداة أساسية للتشخيص المبكر للأمراض، وتطوير الأدوية والعلاجات، وتوظيف الروبوتات في العمليات الجراحية المعقدة. أما في قطاع النقل، فقد ساهم في تطوير أنظمة النقل الذكية والسيارات ذاتية القيادة التي تقلل الحوادث المرورية وتخفف الازدحام، بينما قدّم في التعليم أنظمة تعليمية ذكية تتيح محتوى متكيفًا مع احتياجات الطلبة وقدراتهم .

وعلى المستوى الاقتصادي، يشكّل الذكاء الاصطناعي ركيزة للتنمية من خلال رفع كفاءة المؤسسات وزيادة القدرة التنافسية، فضلاً عن كونه محركًا أساسيًا للابتكار وخلق فرص عمل

في مجالات تحليل البيانات والبرمجة والتقنيات الرقمية. كما يكتسب بُعدًا استراتيجيًا من خلال دوره في مواجهة التحديات العالمية مثل التغير المناخي وإدارة الطاقة والأمن الغذائي، إضافة إلى أثره الاجتماعي والثقافي في تعزيز التواصل بين الشعوب من خلال الترجمة الآلية والتطبيقات الذكية التي تدعم اللغات المختلفة .وايضاً له دوراً هاماً في الكثير من الميادين الحساسة كالمساعدة في تشخيص الامراض ووصف الادوية والاستشارات القانونية والعسكرية وغيرها. (أحسان، 1،2023،ص7)

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد أداة تقنية مساعدة، بل أصبح عنصرًا محوريًا في بناء مجتمعات المعرفة وتحقيق التنمية المستدامة، لما يوفره من إمكانيات واسعة تُمكّن الإنسان من التركيز على الإبداع وحل المشكلات المعقدة بما يتناسب مع متطلبات المستقبل.

مجالات الذكاء الاصطناعي:

تتعدد مجالات الذكاء الاصطناعي بشكل واسع لتشمل مختلف القطاعات الحيوية، إذ أصبح يُوظف اليوم في الصناعة والاقتصاد والتعليم والصحة والنقل وغيرها من الميادين. ففي المجال الصناعي يمثل الذكاء الاصطناعي أحد الركائز الأساسية للتحول الرقمي من خلال اتمام خطوط الإنتاج وتحسين كفاءة الآلات وتطوير الروبوتات القادرة على أداء المهام المعقدة بدقة وسرعة عالية، وهو ما يسهم في تقليل الكلفة ورفع الجودة . أما في المجال الصحي فقد أحدث الذكاء الاصطناعي ثورة في تشخيص الأمراض والتنبؤ بمساراتها عبر تحليل البيانات الطبية الضخمة، إضافة إلى ابتكار علاجات جديدة وتطوير أجهزة طبية ذكية والاعتماد على الروبوتات الجراحية في العمليات الدقيقة . (ابو بكر،2022،ص19)

وفي ميدان التعليم أصبح الذكاء الاصطناعي وسيلة فعّالة لتقديم محتوى تعليمي متكيف مع قدرات الطلبة واحتياجاتهم، فضلاً عن تطوير أنظمة تقييم ذكية قادرة على متابعة تقدم المتعلمين بشكل مستمر. كما يُوظف في قطاع النقل عبر أنظمة النقل الذكية والسيارات ذاتية القيادة التي تعمل على تقليل الحوادث المرورية وتنظيم حركة السير بطرق أكثر أماناً وكفاءة.

ويمتد تأثير الذكاء الاصطناعي إلى المجال الاقتصادي والتجاري من خلال دعم عمليات اتخاذ القرار والتنبؤ بالأسواق المالية وتطوير أنظمة التسويق الإلكتروني التي تعتمد على تحليل سلوك المستهلكين وتوجيه العروض بما يتناسب مع اهتماماتهم. أما في المجال الأمني

والعسكري فقد استُخدم في تطوير أنظمة المراقبة الذكية وتحليل البيانات الأمنية وتصميم أسلحة متقدمة قادرة على اتخاذ قرارات شبه مستقلة . كما يشكل الذكاء الاصطناعي أداة مهمة في مواجهة التحديات البيئية عبر المساهمة في إدارة الموارد الطبيعية وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة والتنبؤ بالتغيرات المناخية.

وبذلك يمكن القول إن مجالات الذكاء الاصطناعي تتوسع باستمرار، إذ لم تعد تقتصر على التطبيقات التقنية البحتة، بل أصبحت حاضرة في كل جانب من جوانب الحياة، مما يجعلها من أهم الأدوات التي تقود المجتمعات نحو مستقبل أكثر تطورًا واستدامة. (منظمة الامم المتحدة للتربية والتعلية والثقافة(اليونسكو)، 2018)

اما انواع الذكاء الاصطناعي:

يمكن تصنيف الذكاء الاصطناعي إلى أنواع متعددة حسب قدراته ووظائفه، وأشهر هذه التصنيفات هي:

1. الذكاء الاصطناعي الضيق (Narrow AI)

يُعرف أيضًا بـــ الذكاء الاصطناعي المحدود مصمم لتنفيذ مهمة واحدة محددة بدقة عالية ولا يستطيع التعلم خارج نطاق ما بُرمج عليه ، أمثلة: مساعد جوجل، نظام التوصية في نتفليكس، برامج تشخيص الصور الطبية يُعد هذا النوع هو السائد حاليًا في أغلب التطبيقات العملية.

2. الذكاء الاصطناعي العام (General AI)

يُحاكي الذكاء البشري العام؛ أي يمكنه أداء أي مهمة معرفية مثل الإنسان قادر على التعلم، الفهم، التكيف في مختلف المجالات دون برمجة خاصة لا يزال قيد التطوير ولم يتحقق بعد بشكل كامل يُمثل الهدف البعيد لعلماء الذكاء الاصطناعي.

3. الذكاء الاصطناعي الفائق (Super AI)

هذا النوع من الذكاء يتجاوز القدرات البشرية في الإبداع، محكم في اتخاذ القرار ، يمكنه التفكير بمستوى أكثر تقدمًا من الإنسان في جميع المجالات حاليًا وهو مفهوم نظري ولم يُطبق، ويثير جدلًا أخلاقيًا ومخاوف تتعلق بالتحكم. (البياتي ،2024،ص19-22)

نظريات الذكاء الاصطناعي:

يقوم الذكاء الاصطناعي على مجموعة من النظريات والنماذج التي تُفسر كيفية محاكاة التفكير البشري أو اتخاذ القرار الآلي، وأهمها:

1. نظرية الوكلاء الذكية (Intelligent Agents Theory)

- تفترض أن كل نظام ذكي هو "وكيل Agent" يتفاعل مع البيئة المحيطة، من خلال:
- الإدخال (Input): استقبال البيانات من البيئة.
- المعالجة (Processing): تحليل وتفسير البيانات.
- الإخراج (Output): اتخاذ قرارات أو تنفيذ أفعال.
- تستخدم هذه النظرية في الروبوتات، أنظمة القيادة الذاتية، والأنظمة التفاعلية.

مثال تطبيقي: السيارة ذاتية القيادة تتصرف كوكيل ذكي يتخذ قرارات بناءً على المعلومات من الحساسات والكاميرات.

2. نظرية النظم الخبيرة (Expert Systems Theory)

- تعتمد على تجميع المعرفة البشرية المتخصصة في قواعد منطقية قابلة للبرمجة.
- تعمل وفق مبدأ "إذا – فإن" (IF – THEN).
- تُستخدم في المجالات التي تتطلب تحليلًا منطقيًا مثل الطب، الهندسة، القانون.
- تتكون من:
- قاعدة معرفية (Knowledge Base).
- محرك استنتاج (Inference Engine).
- واجهة المستخدم (User Interface).

مثال: نظام خبير لتشخيص أمراض القلب بناءً على الأعراض((Mitchell, T.,1997.1)

3. نظرية الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks)

- تحاكي طريقة عمل الدماغ البشري من خلال شبكات من الخلايا العصبية.
- تتكون من طبقات (مدخلات، طبقات خفية، مخرجات).
- تُستخدم في:
- التعرف على الأنماط.
- معالجة الصور.

• التعرف على الصوت.

• الترجمة التلقائية.

• عندما تتكون الشبكة من عدة طبقات، تُعرف بـــ "التعلم العميق" (Deep Learning).

مثال: فيسبوك يستخدم شبكات عصبية للتعرف التلقائي على وجوه المستخدمين في الصور.

4. نظرية التعلم الآلي (Machine Learning Theory)

• تركز على تطوير خوارزميات تسمح للآلة بالتعلم من البيانات وتحسين أدائها دون تدخل مباشر.

• أنواع التعلم:

• تعلم خاضع للإشراف (Supervised Learning): يُعطى للآلة أمثلة مسبقة.

• تعلم غير خاضع للإشراف (Unsupervised): تكتشف الأنماط بنفسها.

• التعلم التعزيزي (Reinforcement Learning): تتعلم من خلال المكافأة أو العقاب.

مثال: خوارزمية تتعلم التنبؤ بالازدحام المروري بناءً على بيانات الوقت الفعلي. (Mitchell, T.,1997.1)

المدينة الذكية:

هي بيئة حضرية تستخدم تقنيات المعلومات والاتصالات (ICT)، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي، لتحسين جودة الحياة للمواطنين، وتحقيق الكفاءة في إدارة الموارد، وتعزيز الاستدامة. وتستند المدن الذكية إلى التكامل بين البنية التحتية المادية والرقمية لتحسين أداء القطاعات الحيوية.

وهي مدينة تستخدم التكنولوجيا الرقمية، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء (IoT) لتحسين مستوى الخدمات العامة، وتقليل استهلاك الموارد، ورفع جودة حياة السكان. فالمدن الذكية تتنبأ بالمستقبل على الصعيد الاجتماعي واقتصادي ، وتسمح برصد البنى التحتية كالطرق والجسور والابنية الرئيسية. (شوك ، 2017،ص3)

الخصائص الأساسية للمدن الذكية:

• الاستدامة البيئية

• الإدارة الذكية للطاقة والمياه

• البنية التحتية الرقمية المتقدمة

• المشاركة المجتمعية عبر التطبيقات

• اتخاذ القرار المعتمد على البيانات. (العبدلي ،2020،ص21)

الذكاء الاصطناعي في تخطيط المدن الذكية

يستخدم الذكاء الاصطناعي في دعم عمليات التخطيط من خلال:

يسهم توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل أنماط التوسع الحضري بدقة وكفاءة أعلى، إذ تتيح هذه التقنيات تحديد المواقع المثلى للخدمات العامة باستخدام معايير مكانية وسكانية متقدمة. كما تمكّن من التنبؤ بالاحتياجات السكانية المستقبلية عبر نماذج تنبؤية مدعومة ببيانات تاريخية وحالية، ومراقبة مظاهر النمو العشوائي في الزمن الحقيقي، مما يعزز كفاءة استخدام الأراضي وتوجيه التنمية الحضرية نحو مسارات أكثر استدامة وتخطيطًا علميًا.(Goodspeed, ,2020).

النقل الذكي وتطبيقات الذكاء الاصطناعي

1- إدارة الحركة المرورية:

وتعني استخدام الذكاء الاصطناعي لتنظيم الإشارات الضوئية وفقًا لكثافة المرور و تحليل بيانات الحركة لتحديد الطرق الأقل ازدحامًا واقتراح طرق مختصرة.

2- النقل العام الذكي:

تتبع الحافلات والتنبؤ بموعد الوصول لتحسين مسارات النقل بناءً على الطلب الزمني والمكاني.

وجدولة الرحلات تلقائيًا.

3 -الخدمات اللوجستية الذكية:

وتعني تحليل حركة الطرود لتسريع التوصيل اضافة الى تحسين إدارة المستودعات واقتراح نقاط التسليم الذكية.(Mehmood, R. et al. "2017)

التكامل بين الذكاء الاصطناعي والمدن الذكية

الذكاء الاصطناعي هو المحرك الذكي الذي يربط مكونات المدينة الذكية ببعضها، ويسمح لها بالتفاعل الذاتي، ومن أبرز تطبيقاته:

• إدارة الموارد تلقائيًا (ماء، كهرباء).

- الإنذار المبكر للأعطال.
- دعم صناع القرار بمعلومات آنية.
- استجابة أسرع للكوارث.

تعمل أنظمة النقل الذكية على دمج تقنيات المعلومات والاتصالات في قطاع النقل بهدف تحسين نوعية الحياة وتقديم حلول فعّالة للمشكلات التي تعاني منها خدمات النقل التقليدية، مثل:

- الازدحام المروري،
- الاستعمال المفرط للطاقة،
- ارتفاع مستويات التلوث البيئي.

وتسهم هذه الأنظمة في جمع وتحليل المعلومات حول أداء مرافق النقل والطلب المتزايد على التنقل، إضافة إلى تعزيز التواصل المتبادل بين المركبات نفسها وبينها وبين الأجهزة الذكية المثبتة على جوانب الطرق، والتي تتيح:

- رصد الحوادث المرورية،
- التنبيه المبكر للحوادث الوشيكة،
- تقليل مخاطر التصادم.

إن التطبيقات المختلفة لأنظمة النقل الذكية تجمع بين القدرات الهائلة لتكنولوجيا المعلومات وبين تقنيات التحكم الحديثة بهدف إدارة النقل بشكل أكثر كفاءة واستدامة. فهي تمثل الجيل الطبيعي لتطوير البنية التحتية الوطنية للنقل في عصر المعلومات، حيث تعمل على:

- تقليل الحاجة إلى التنقل غير الضروري،
- رفع كثافة وكفاءة نقل الركاب والبضائع،
- إيجاد شبكات نقل أكثر كفاءة وذكاء،
- تزويد المركبات والبنية التحتية بأنظمة ذكية للتواصل وإدارة الحركة.

وبذلك تسهم هذه الأنظمة في بناء مدن ذكية مستدامة تستجيب لمتطلبات العصر وتحقق توازناً بين النمو الاقتصادي وجودة الحياة. (سفور ، 2013، ص3.)

الخلاصة: يُظهر أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد أداة تقنية، بل أصبح عنصرًا مركزيًا في البنية الحضرية الذكية، يسهم في إحداث تحول عميق في أساليب التخطيط والإدارة والنقل والخدمات، من خلال آليات تحليل وتنبؤ واتخاذ قرار تعتمد على البيانات في الزمن الحقيقي.

ثانياً: إدارة النفايات الذكية (Smart Waste Management)

تمثل إدارة النفايات أحد التحديات الكبرى في المدن الحضرية، خصوصًا مع تزايد الكثافة السكانية وتنوع أنواع النفايات (منزلية، صناعية، طبية). يُعد الذكاء الاصطناعي أداة مركزية لتحويل هذا القطاع من نظام تقليدي إلى نظام ذكي يعتمد على البيانات، التنبؤ، والتفاعل الآني.

1. التنبؤ بكميات النفايات

تُستخدم خوارزميات التعلم الآلي لتحليل البيانات التاريخية حول كميات النفايات في أحياء المدينة المختلفة و يساعد ذلك على التنبؤ بأوقات الذروة في إنتاج النفايات، وتخطيط الموارد مسبقًا.

2. الجدولة الذكية لجمع النفايات

تعتمد أنظمة المدن الذكية على حاويات مزودة بأجهزة استشعار ترسل بيانات لحظية عن امتلاء الحاوية وبدوره يقوم الذكاء الاصطناعي بتحليل هذه البيانات ليقرر:

- أي الحاويات تحتاج إلى تفريغ.
- أي طريق أقصر وأقل ازدحامًا للوصول إليها.
- النتيجة: تقليل عدد الرحلات، وتوفير في استهلاك الوقود والوقت.

3. فرز النفايات باستخدام الرؤية الحاسوبية

في محطات الفرز، يمكن استخدام كاميرات مدعومة بالذكاء الاصطناعي لتصنيف النفايات تلقائيًا إلى قابلة لإعادة التدوير، عضوية ،خطرة، يساعد هذا في تحسين دقة الفرز وتقليل الحاجة إلى العمالة البشرية.

4. الكشف المبكر عن المخاطر الصحية أو البيئية

يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لرصد المناطق التي تشهد تراكمًا غير طبيعي للنفايات، مما قد يشير إلى خطر صحي أو بيئي، وبذلك تُصدر تنبيهات فورية للبلدية لاتخاذ إجراء عاجل.

دراسة حالة: برشلونة، إسبانيا

تُعد مدينة برشلونة من أوائل المدن التي أدخلت نظامًا ذكيًا لإدارة النفايات، حيث تم تزويد الحاويات بحساسات، وتطوير منصة مركزية لمعالجة البيانات. النتيجة:

- انخفاض عدد الرحلات بنسبة 25%.
- توفير 840,000 يورو سنويًا في تكاليف الوقود والصيانة.
- تحسين رضا السكان بنسبة 18% وفقًا لاستطلاعات محلية.

التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة المدن الذكية

رغم الإمكانيات التقنية التي يوفرها الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الخدمات والإدارة الحضرية، إلا أن تطبيقه في المدن الذكية يصطدم بعدد من التحديات المعقدة، التي تتداخل فيها الجوانب التقنية، الاقتصادية، القانونية، الاجتماعية والأخلاقية ومنها.

- التحديات التقنية.
- ضعف البنية التحتية الرقمية.

ويتطلب تنفيذ مشاريع المدن الذكية أنظمة معلومات متطورة تشمل:

- **شبكات إنترنت سريعة ومستقرة:** لضمان نقل البيانات بين الحساسات والمنصات الذكية.
- **أجهزة استشعار ومجسات:** لجمع بيانات آنية من البيئة (مثل جودة الهواء، حركة المرور، النفايات...).
- **خوادم ومعالجة سحابية:** لتحليل الكميات الهائلة من البيانات بفعالية.

في كثير من المدن، خاصة في الدول النامية، ما تزال هذه البنى محدودة أو غير متوفرة بالكامل، مما يؤدي إلى تعطّل النظام أو فشله جزئيًا.

- **جودة البيانات وتكاملها:**

يعتمد الذكاء الاصطناعي على البيانات كوقود لتدريبه وعمله، لذا فإن البيانات المفقودة أو غير المحدثة أو غير الدقيقة، تُسبب انحرافًا في النتائج.

- كما أن اختلاف تنسيقات البيانات وتعدد مصادرها (وزارات، بلديات، شركات خاصة) يؤدي إلى صعوبة التكامل والتحليل المشترك، مما يقلل من فعالية الذكاء الاصطناعي.

- **نقص الكفاءات البشرية التقنية:**

يتطلب تطوير الأنظمة الذكية كوادر مختصة في علوم البيانات ،تعلم الآلة، إدارة الأنظمة المعلوماتية،

اذ ان الكثير من الإدارات المحلية تفتقر لهذه الكفاءات، أو تجد صعوبة في توظيفها بسبب محدودية الرواتب أو غياب التدريب المؤسسي. (معمري ، 2022، ص45)

- **التحديات الاقتصادية:**

التكلفة العالية للتطبيق تشمل تكاليف شراء أجهزة استشعار وتطوير أنظمة برمجية وتحليل البيانات والعمل على تدريب الموظفين وتشغيل المنصات **فضلاً عن** الصيانة والتحديثات الدورية.

كل هذه النفقات تجعل من تبني الذكاء الاصطناعي خيارًا صعبًا، خصوصًا في المدن ذات الموارد المحدودة.

4.3 التحديات القانونية والتنظيمية:

1- غياب التشريعات الرقمية

الكثير من الدول لم تُحدث بعد قوانينها بما يتوافق مع الذكاء الاصطناعي، خاصة فيما يتعلق بـــ:

- خصوصية البيانات.
- ملكية البيانات بين الجهات العامة والخاصة.
- المساءلة عند اتخاذ قرار خاطئ ناتج عن الذكاء الاصطناعي.

2- البيروقراطية وضعف التنسيق بين المؤسسات:

- تعتمد إدارة المدن على عدة جهات (الأمانة، البيئة، الأمن، النقل...)، وغالبًا ما تكون هذه الجهات منفصلة، ولا تشارك البيانات فيما بينها.
- غياب التكامل يُضعف فاعلية النظام الذكي، بل قد يخلق تضاربًا في القرارات.

- **التحديات الاجتماعية والأخلاقية:**

1- فقدان فرص العمل

يعد أحد أكبر مخاوف المواطنين من الذكاء الاصطناعي هو استبدال البشر بالآلات في مشاريع المدن الذكية، يتم أعمال مثل مراقبة المرور و تحصيل الرسوم تحليل الشكاوى ،مما يُعرض عددًا من الوظائف التقليدية للزوال، ويستدعي وضع برامج بديلة لتوظيف أو تدريب المتضررين.

2 -تحيّز الخوارزميات

تعتمد خوارزميات الذكاء الاصطناعي على بيانات سابقة لتحديد الأنماط، فإذا كانت هذه البيانات متحيزة (مثلًا تحتوي على تمييز جغرافي أو عرقي)، فإن النظام يُعيد إنتاج نفس هذا التحيّز.

مثال: إذا كان نظام الشرطة الذكي يعتمد على بيانات قديمة تشير إلى ارتفاع الجريمة في حي معين، فإنه قد يُوجّه الدوريات إليه دائمًا، حتى إن تراجعت معدلات الجريمة، مما يُكرّس التمييز.

3 –الخصوصية والرقابة المفرطة

استخدام الكاميرات الذكية، والتتبع الحي للهواتف أو المركبات، يثير تساؤلات حول:

- من يملك هذه البيانات؟
- هل يحق للبلدية مراقبة تحركات المواطنين بدعوى "السلامة العامة"؟
- كيف نمنع استخدامها سياسيًا أو تجاريًا

رغم التحديات المتعددة التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية، إلا أن هناك عددًا من الحلول الواقعية والاستراتيجيات التي يمكن أن تعزز من فرص النجاح وتحقيق التكامل بين التكنولوجيا والإدارة الحضرية المستدامة. هذا الفصل يعرض مجموعة من الحلول المقترحة والتوصيات على المستويين الفني والمؤسسي.

الاستنتاجات:

رغم التحديات المتعددة التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية، إلا أن هناك عددًا من الحلول الواقعية والاستراتيجيات التي يمكن أن تعزز من فرص النجاح وتحقيق التكامل بين التكنولوجيا والإدارة الحضرية المستدامة. وهنا سوف نعرض مجموعة من الحلول المقترحة والتوصيات على المستويين الفني والمؤسسي.

1 –حلول تقنية: وتتمثل في تطوير البنية التحتية الرقمية والاستثمار في شبكات الجيل الخامس (G5) لزيادة سرعة نقل البيانات وتوسيع التغطية ، فضلاً عن توزيع الحساسات الذكية في البنية التحتية (شبكات النقل، البيئة، المرافق) لدعم الحوسبة السحابية والمفتوحة المصدر لضمان توسع وقابلية النظام للنمو.

2- تعزيز جودة البيانات وتكاملها: وتعني إنشاء منصات موحدة لجمع وتحليل البيانات بين المؤسسات الحكومية واعتماد معايير بيانات موحدة (Open Data Standards) لضمان التوافق بين الجهات، لاستخدام أدوات تنظيف البيانات ومعالجة التحيز قبل تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي.

3- حلول اقتصادية: وهي تبني نماذج تمويل تشاركية وإشراك القطاع الخاص من خلال فتح شراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP) وعمل نماذج العوائد المشتركة: حيث تشارك الحكومة الأرباح مقابل تقديم الخدمات الذكية.

4-خفض الكلفة باستخدام تقنيات منخفضة: وتعني اعتماد تقنيات إنترنت الأشياء منخفضة الطاقة (LoRa, NB-IoT) لتقليل التكاليف، و البدء في المشاريع على نطاق ضيق (Pilot Projects) ثم التوسع تدريجيًا بناءً على النتائج.

5- حلول قانونية وتنظيمية: تطوير أطر قانونية واضحة لصياغة تشريعات تُنظم استخدام البيانات العامة والخاصة، ملكية الخوارزميات ونتائجها، مساءلة الأنظمة الذكية عند الخطأ.

6-حلول اجتماعية وأخلاقية: وتعني إشراك المجتمع المحلي و تنظيم ورش عمل ومنصات رقمية لمناقشة خطط المدن الذكية مع السكان فضلاً عن توعية الجمهور بحقوقه في ما يتعلق بالخصوصية والبيانات.

التوصيات:

1. تحديد رؤية وطنية واضحة للمدن الذكية تشمل أهدافًا تقنية واجتماعية واقتصادية.
2. التركيز على مشاريع قابلة للقياس والتقييم، مع مؤشرات أداء دقيقة (KPI).
3. دعم البحث العلمي والتطوير المحلي في مجالات الذكاء الاصطناعي.
4. الاستفادة من التجارب الدولية الناجحة وتكييفها حسب خصوصية المدن العربية والعراقية خصوصًا.
5. تعزيز أمن البيانات السيبراني لضمان حماية المعلومات من التهديدات الإلكترونية.
6. تبني مبدأ "المرونة الحضرية"، أي أن تكون أنظمة المدن الذكية قابلة للتكيف مع التغيرات المفاجئة (أزمات صحية، تغير مناخي، نزوح سكاني...).

المصادر :

1.كاظم، أحمد ، الذكاء الاصطناعي، محاضرات منشورة، كلية تكنولوجيا المعلومات، جامعة محمد الصادق، 2012.

2.احسان، بن علي ، "أهمية الذكاء الاصطناعي في إدارة الأزمات في ظل كوفيد 19 – تجربة الإمارات العربية المتحدة"، مجلة الدراسات القانونية (صنف ج)، المجلد 9، العدد 1، 2023.

3. خلود صادق، محمد حيان سفور، "المدن الذكية ودورها في إيجاد حلول للمشكلات العمرانية (حالة دراسية: مشكلات النقل في مدينة دمشق)"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد 29، العدد 2، 2013.

4. الزبيدي، كاظم ، "مدخل إلى الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته الحديثة"، مجلة البحوث التقنية، المجلد 18، العدد 2، 2022.

5. العبدلي، محمد ، "التحول الرقمي في المدن الذكية"، مجلة التخطيط الحضري، المجلد 20، العدد 13، 2020.

6.فضل، نبيل عبد الواحد ، "تحديات الذكاء الاصطناعي والتعلم الرقمي بين البحث والممارسة"، المؤتمر العلمي لقسم المناهج وطرق التدريس كلية التربية – جامعة طنطا، المجلد 5، العدد 3،2020.

7. معمري ، عبد الوهاب ، وآخرون، "تحديات الذكاء الاصطناعي في تحليل المحتوى الرقمي العربي في البحوث الاجتماعية"، جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي، 2022.

8.البياتي، فارس ، الذكاء الاصطناعي في البحث العلمي، الطبعة الأولى، العراق،2024.

9.شوك، مفيد إحسان ، وآخرون، "مفهوم المدن الذكية حلاً لمشكلة التدهور البيئي والحضري"، مجلة جامعة بابل، العدد 1، المجلد 25، 2017.

10. منظمة الأمم المتحدة للتربية والتعلية والثقافة (اليونسكو)، الذكاء الاصطناعي بين الواقع والأسطورة، 2018.

11. ابو بكر، مريم ، "قضايا وتحديات الذكاء الاصطناعي في اللسانيات الحاسوبية العربية"، المؤتمر الدولي لطلبة الدراسات العليا في تدريس اللغة العربية – جامعة ملايا، 2022.

1-Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. “Smart cities: Definitions and dimensions”, Journal of Urban Technology, 2022.
2-Goodspeed, R. Scenario Planning for Cities and Regions. Lincoln Institute, 2020.
3-Mehmood, R., et al. “Smart Cities and Intelligent Transportation Systems”, IEEE Access, 2017.
Mitchell, T. M. Machine Learning, 19974.
5-Mohammadi, M., et al. “Machine learning in smart transportation”, IEEE IoT Journal, 2018.
6-Russell, S., & Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2020.
.-Al-Azzawi, A. Artificial Intelligence and Smart Cities. Springer, 2021 7
8 -Zhang, Y., et al. “AI-Based Smart Waste Management in Urban Cities”, Sustainable Cities and Society, 2022.