مجلة أبحاث
ISSN: 0834-2170
EISSN2661-734X
المجلد 11 / العـدد: 1 (2026)، ص 531- 547

إسهامات الذكاء الاصطناعي في دعم مسار بناء المدن الذكية المستدامة

The Contributions of Artificial Intelligence in Supporting the Development of Sustainable Smart Cities

مريم طابلي، *، جامعة أمحمد بوقرة بومرداس، m.tabli@univ-boumerdes.dz

تاريخ الاستلام: 06 /2026/03 تاريخ القبول: 30 /2026/04 تاريخ النشر : 07 /2026/06

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في دعم وتطوير المدن الذكية بالإعتماد على كل من المنهج الوصفي التحليلي والإقتراب النسقي، من أجل فهم طريقة توظيف التقنيات المتطورة لمواجهة التحولات الديموغرافية والمجالية المتسارعة التي أفرزت تحديات حضرية معقدة، على غرار التضخم السكاني والتوسع العمراني غير المنظم. وتؤكد الدراسة أن هذه التحديات ذات أبعاد متعددة اقتصادية واجتماعية وبيئية باتت تهدد استدامة النظم الحضرية التقليدية، الأمر الذي يستدعي تبنّي نماذج حضرية بديلة أكثر تكاملاً، وفي هذا السياق تبرز المدن الذكية كخيار تنموي شامل يستند إلى توظيف التكنولوجيا المتقدمة ومبادئ الحوكمة الرشيدة من أجل تحقيق ثلاثة أهداف مترابطة كتحسين جودة الحياة، دعم النمو الاقتصادي، والحفاظ على البيئة، وقد خلصت الدراسة إلى أن المدن الذكية تمثل حلاً مبتكراً يقوم على الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة، بما يتيح تحويل التحديات الحضرية إلى فرص تنموية مستدامة وتحقيق توازن فعّال بين احتياجات السكان ومتطلبات حماية الموارد.

الكلمات المفتاحية :الذكاء الاصطناعي، المدن الذكية، التنمية المستدامة، الاقتصاد الذكي، المجتمع الذكي.

Abstract:

This study aims to highlight the pivotal role of artificial intelligence in supporting and advancing smart cities by relying on both the descriptive-analytical method and the systems approach. It seeks to understand how advanced technologies can be employed to address rapid demographic and spatial transformations that have generated complex urban challenges, such as population growth and unregulated urban expansion.

The study emphasizes that these challenges, with their economic, social, and environmental dimensions, increasingly threaten the sustainability of traditional urban systems. This necessitates the adoption of more integrated alternative urban models. In this context, smart cities emerge as a comprehensive development option based on the use of advanced technologies and principles of good governance to achieve three interrelated objectives: improving quality of life, supporting economic growth, and preserving the environment.

The study concludes that smart cities represent an innovative solution grounded in artificial intelligence and big data analytics, enabling the transformation of urban challenges into sustainable development opportunities and achieving an effective balance between population needs and the requirements of resource conservation.

Keywords: Artificial Intelligence, Smart Cities, Sustainable Development , Smart Economy, Smart Society.

*** مريم طابلي**

مقدمة:

يظهر النموذج العمراني التقليدي الذي يرزح تحت وطأة الاختناقات السكانية، واستنزاف الموارد، وتدهور جودة الحياة، واختلال كفاءة البنى التحتية، عجزه عن تلبية متطلبات المرونة الحضرية أو ضمان الإنصاف بين الأجيال وفق مبادئ الاستدامة العالمية، حيث بينت تقديرات برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية (UN-Habitat) اتجاها

صاعقا: نحو 7 من كل 10 أشخاص سيعيشون في المناطق الحضرية بحلول منتصف القرن الحالي، وهذا راجع الى التحول الحضري غير المسبوق الذي يشهده عالمنا المعاصر هذا التسارع العمراني يفاقم تحديات ثلاثية الأبعاد - بيئية واقتصادية واجتماعية - تتحول إلى عوائق بنيوية تهدد كينونة المجتمعات،

في ظل التحديات المتزايدة التي تواجهها المدن المعاصرة، وعلى رأسها النمو الديمغرافي، التوسع العمراني، الضغط على الموارد، والتدهور البيئي، ولمواجهة هذه المعضلة أصبحت الحاجة ملحة إلى نماذج حضرية مبتكرة تسهم في تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الاقتصادية، العدالة الاجتماعية، وحماية البيئة، ومن هذا المنطلق تبرز المدن الذكية المستدامة كخيار استراتيجي يوظف تقنيات المعلومات والاتصال من أجل تحسين جودة الحياة وضمان استدامة الموارد، وكاستجابة منهجية تجسد تلاحما غير مسبوق بين التمكين التكنولوجي من خلال توظيف إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي، والرشادة البيئية من خلال تبني أنظمة الاقتصاد الدائري وترشيد الطاقة، والإدماج المجتمعي من أجل ضمان المشاركة الشعبية والعدالة في الخدمات، بهذا تشكل هذه المدن نسيجا حيويا لتحقيق الغايات الأممية لأهداف التنمية المستدامة 2030، عبر تحويل التحديات الحضرية إلى مسارات للازدهار المتوازن.

هذا ما يطرح تساؤلات جوهرية حول مدى قدرة هذه المدن على تحقيق الأهداف الشاملة للتنمية المستدامة، ومدى تكامل أبعادها التقنية والاجتماعية والبيئية في السياقات المحلية المختلفة، مما يدفع للتساؤل:

كيف يمكن للذكاء الاصطناعي المساهمة في تطوير المدن الذكية المستدامة؟

تندرج ضمن هذه الإشكالية ثلاثة أسئلة فرعية:

- ما هو الذكاء الاصطناعي والمدن الذكية المستدامة؟
- ما هي العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والمدن الذكية المستدامة؟
- كيف يساهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز المدن الذكية المستدامة؟
- بناء على الإشكالية المطروحة والأسئلة الفرعية اقترحنا الفرضية التالية اقترحنا الفرضية التالية:
- **يساهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز المدن الذكية المستدامة من خلال إدخال الأنظمة التكنولوجية الحديثة في مختلف مجالات الحياة اليومية، الى جانب زرع الوعي لدى الافراد لاستعمال مختلف التقنيات الذكية.**

مناهج الدراسة: وبالاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي من خلال ابراز مفهوم كل من الذكاء الاصطناعي والمدن الذكية المستدامة، وتحليل العلاقة التقاطع بينهما، كما ارتئينا توظيف الاقتراب النسقي الذي يعتبر من المقاربات المنهجية الملائمة لدراسة المدن الذكية، كونه يمكّن من تحليلها باعتبارها منظومة متكاملة تتفاعل فيها مجموعة من العناصر المتداخلة. حيث يسمح هذا المنهج بفهم طبيعة العلاقات الديناميكية بين مختلف مكونات المدينة، لاسيما قطاعات الطاقة، النقل، البيئة، والتكنولوجيا، وما ينشأ بينها من ترابط وظيفي وتأثير متبادل. كما يساهم في إبراز التكامل بين الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنمية المستدامة، من خلال تحليلها ضمن إطار شمولي غير تجزيئي.

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتفسير دور الذكاء الاصطناعي في دعم مسار بناء المدن الذكية المستدامة، من خلال إبراز إسهاماته في تحسين الحوكمة الحضرية وتعزيز كفاءة اتخاذ القرار القائم على البيانات، بما يسهم في تطوير الأداء المؤسسي ورفع جودة الخدمات العمومية. كما تسعى الدراسة إلى تقييم أثر توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحقيق التنمية المستدامة، كما تسعى الدراسة إلى تقييم فعالية السياسات العامة المرتبطة بالتحول نحو المدن الذكية، وتحليل أطر الحوكمة الرقمية ومدى قدرتها على استيعاب تقنيات الذكاء الاصطناعي، مع التركيز على قضايا السيادة الرقمية وأمن البيانات.

تقسيم الدراسة:

تم تقسيم هذه الدراسة الى ثلاثة محاور أساسية كما يلي:

المحور الأول: خصص لتفصيل في متغيرات الدراسة الذكاء الاصطناعي والمدن الذكية المستدامة، أما المحور الثاني جاء تحت عنوان العلاقة بين المدن الذكية وأهداف التنمية المستدامة: رؤية علمية تحليلية، والثالث تعرفنا فيه على مختلف تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تعمل على تعزيز مسار التنمية المستدامة كألية لتطوير المدن الذكية

2 ـ مدخل مفاهيمي للدراسة

2-1: مفهوم الذكاء الاصطناعي: (Artificial Intelligence)

يعرف الذكاء الاصطناعي بوصفه حقلا بحثيا يدرس السلوك الذكي ويطمح إلى تصميم أنظمة حاسوبية قادرة على محاكاته، ويرتكز هدفه الأساسي على الكشف عن الأسس الحاسوبية اللازمة لبناء آلات ذكية، مما يجعل غايته المركزية تطوير أنظمة تتمتع بالقدرة على الفهم، والتعلم، واتخاذ القرارات الذكية.

حيث نشأ هذا المجال من التقاطع المنهجي بين علوم الحاسوب، وعلم النفس المعرفي، وعلم الأعصاب، مما يجعله رافدا أساسيا في مجال علم المعرفة الذي يستكشف آليات عمل العقل البشري. (فتيحة و غانم، 2024، صفحة 795)

أ- تعريف الذكاء الاصطناعي

- يشير الذكاء الاصطناعي الى قدرة الأنظمة الحاسوبية على محاكاة وظائف عقلية بشرية كالتعلم والاستدلال واتخاذ القرار، وقد يتفوق على الإنسان في مجالات محددة، عبر تحليل البيانات والتفاعل بذكاء مع البيئة. (Belk, Daniel , & Carlos , 2023, p. 3)
- الذكاء الاصطناعي هو العلم الذي يدرس النظم الحسابية القادرة على الإدراك الحسي، والاستدلال المنطقي، واتخاذ القرارات الفعلية. (Wachsmuth, 2000, p. 43)
- يعرف الذكاء الاصطناعي: (Abdelbaki, 2023, p. 142) بأنه حقل علمي متعدد التخصصات يهدف إلى تصميم أنظمة حاسوبية قادرة على محاكاة العمليات الإدراكية البشرية، تتمثل جوهرية هذه الأنظمة في قدرتها على:
  - ✓ استقبال البيانات من بيئتها سواء كانت فيزيائية أو رقمية عبر مستشعرات أو مدخلات.
  - ✓ معالجة المعلومات باستخدام خوارزميات متقدمة تحاكي عمليات التعلم، والاستدلال، وتمييز الأنماط.
  - ✓ اتخاذ قرارات مستقلة أو تنفيذ إجراءات محسنة لتحقيق أهداف محددة.
  - ✓ يعد فرعا من علوم الحاسوب يعنى بتطوير أنظمة وخوارزميات تحاكي القدرات البشرية، مثل اتخاذ القرار وحل المشكلات، وتبرز تطبيقاته بقوة في مجالات التعليم، لاسيما في العلوم والتكنولوجيا والهندسة، حيث يساهم في تقديم أنظمة تدريس ذكية وبيئات تعليمية تفاعلية، مما يعزز من كفاءة وجودة التعليمية. (Amdan, Naldo, & Mohd Aidil , 2024, p. 554)

وعليه نعرفه على أنه منظومة حاسوبية ذاتية التكيف تحدث تحولا جوهريا في طبيعة الذكاء عبر: توليد كيانات معرفية قادرة على إعادة تشكيل فهمها للعالم بناء على التفاعل الديناميكي مع البيانات والبيئة ضمن علاقة تكافلية مع الذكاء البشري توسع حدود الإدراك والقدرة على التأثير المتبادل.

ب- أنواع الذكاء الاصطناعي

ينقسم الذكاء الاصطناعي الى ثلاثة فئات كل منها تتطور للفئة التالية، ويمكن ايجازها كما يلي (Sarmah, 2019, p. 2165):

- الذكاء الاصطناعي الضيق (ANI): الذكاء الاصطناعي الضيق هو نظام مخصص لمعالجة مهمة واحدة ضمن نطاق محدد، مثل التوصيات أو التنبؤات، ويعد الشكل العملي الوحيد المتاح حاليًا والقابل للتطبيق التجاري.

- الذكاء الاصطناعي العام (AGI): يعبر على التطور الأعلى للذكاء الضيق (ANI)، ويعرف كأنظمة تمتلك وظائف إدراكية مكافئة للقدرات الذهنية البشرية، ولتحقيق هذه الغاية يتطلب نظام الذكاء الاصطناعي تكاملا هرميا لشبكات متعددة من أنظمة الذكاء الضيق الاصطناعي لمحاكاة السلوك البشري المركب.
- الذكاء الاصطناعي الفائق (ASI): كمرحلة افتراضية لما بعد الذكاء الاصطناعي العام يشير إلى أنظمة تفوق القدرات الذهنية البشرية بكافة أبعادها، نظريا قد تتمتع هذه الأنظمة بإمكانيات إبداعية غير مسبوقة، واتخاذ قرارات معقدة مستقلة، وتطوير أشكال من التفاعل الاجتماعي، إلى جانب تحديات أخلاقية.

ت- خصائص الذكاء الاصطناعي

ويتميز الذكاء الاصطناعي بمجموعة من الخصائص الأساسية التي تميز أداءه، أهمها (أحمد، 2023، صفحة 13):

- ✓ القدرة على حل المشكلات في ظل عدم اكتمال البيانات
- ✓ التعلم من الخبرة: اكتساب المعرفة وتحسين الأداء من خلال تحليل البيانات والتجارب المتراكمة.
- ✓ التعميم والتكيف: تطبيق المعرفة والخبرات المستفادة على مواقف وحالات جديدة.
- ✓ الاستجابة الديناميكية: التفاعل السريع مع التغيرات في الظروف المحيطة أو المدخلات الجديدة.
- ✓ معالجة التعقيد: فهم وإدارة المواقف والحالات شديدة التعقيد التي تتضمن متغيرات مترابطة ومتداخلة.
- ✓ التعامل مع الغموض وعدم اليقين
- ✓ تحديد الأهمية النسبية: تمييز وترتيب أولويات العناصر والمتغيرات الرئيسية داخل الحالة.
- ✓ القدرات الإدراكية والإبداعية: إدراك الأنماط، وتوليد حلول مبتكرة.
- ✓ دعم اتخاذ القرار: توفير التحليلات المبنية على البيانات لدعم وتبرير عملية اتخاذ القرارات.

ث- أهداف الذكاء الاصطناعي

يعنى الذكاء الاصطناعي (AI) بفهم آليات الذكاء البشري عبر تطوير أنظمة حاسوبية قادرة على محاكاة السلوك الذكي، وتتمثل أهدافه الأساسية في (المطيري، 2022، صفحة 160)

- محاكاة الذكاء البشري: تصميم برامج تظهر قدرات شبيهة بالإدراك البشري في حل المشكلات.
- تطوير أنظمة مستقلة: تمكين الحواسيب من أداء المهام المعقدة عبر البحث الفعال عن الحل الأمثل، والاستدلال من البيانات الجديدة.
- تجاوز حدود الحوسبة التقليدية: الانتقال من مجرد معالجة البيانات بسرعة إلى تنفيذ عمليات التفكير والاستنتاج ذاتيا.
- توفير أدوات فعالة: تقديم حلول ذكية قابلة للتطبيق في مجالات متنوعة لمعالجة التحديات العملية.

السكانية، ويجعل تنفيذ السياسات أكثر استهدافاً ومرونة واستدامة.

2-2 مفهوم المدن الذكية

أ- تعريف المدن الذكية:

تعريف الاتحاد الدولي للاتصالات ITU: هي مدن مبتكرة تستخدم تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتحسين جودة الحياة، ورفع كفاءة العمليات والخدمات الحضرية، ويشترط أن تنعكس في تلبية احتياجات الأجيال الحالية والمستقبلية على المستويات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والثقافية، حتى يُمكن اعتبار المدينة ذكية بحق. (طيب و عيساوة، 2024، الصفحات 48-49)

تعريف IDC للأبحاث للمدن الذكية: تعرف على أنها كيانات محلية محددة، تمتلك سلطة حاكمة على مستوى الإقليم أكثر من مستوى الدولة، وتبنى هذه الكيانات على بنية تحتية متطورة للاتصالات وتكنولوجيا بما يتيح إدارة حضرية فعالة، ويسهم في تعزيز التنمية الاقتصادية، وتحقيق الاستدامة، ودعم الابتكار، وتشجيع مشاركة المواطنين في صنع القرار. (زهرة، 2021، صفحة 149)

ب- خصائص المدن الذكية:

تتطلب عملية إنشاء مدن ذكية توفر مجموعة من الشروط والعمل على عناصر أساسية تمس مختلف المجالات والقطاعات الحيوية، ومن أبرزها ما يلي: (زهية و واكلي، 2019، الصفحات 13-16)

- الحكومة الذكية: يتم ذلك من خلال تطوير طرق العمل الحكومي عبر إدماج التجهيزات والتقنيات الرقمية في المعاملات الإدارية، عن طريق استخدام شبكات الإنترنت لتقديم الخدمات الحكومية وتبسيط الإجراءات، بما يُسهم في تقريب المواطن من الإدارة وضمان حماية وسرية بياناته الشخصية.
- بيئة ذكية: ترتبط بتحقيق مجموعة من المتطلبات، من بينها الإدارة الفعّالة للموارد الطبيعية، وحماية البيئة، والحد من مستويات التلوث، بالإضافة الى تحسين إدارة الموارد الاقتصادية.
- الاقتصاد الذكي: يتميز بمرونة عالية في التعاملات التجارية والمالية، سواء على المستوى المحلي أو العالمي، من خلال توفير تطبيقات دفع إلكتروني تعتمد على البطاقات البنكية، وتشمل المعاملات داخل المتاجر والمحلات والأسواق، وحتى الدفع عن بُعد وخدمات توصيل السلع، كما يتميز هذا النظام بمرونة في سوق العمل، وتكامله مع أنشطة الحياة اليومية.

ت- مكونات المدن الذكية:

تنشأ المدن الذكية من خلال تكامل ثلاث مستويات رئيسية، وهي: النشاطات المعرفية، والمؤسسات، والبنية التحتية للاتصالات الرقمية، وتشمل هذه المستويات العناصر التالية: (القاضي و محمد ، 2018، صفحة 03)

- الأفراد (مجتمع المدينة): الذين يجب أن يتحلوا بثقافة رقمية قوامها الإبداع والقدرة على استخدام تطبيقات تكنولوجيا المعلومات بكفاءة.
- المؤسسات: وهي الجهات التي تقدم الخدمات المختلفة للمواطنين عبر الوسائل الرقمية.
- الفضاء الرقمي: ويمثل البنية المعلوماتية التي توفرها المؤسسات للأفراد، بما يتيح التفاعل المتبادل وتبادل البيانات والمعلومات.

ث- أبعاد المدن الذكية:

تقوم المدن الذكية على مجموعة من الأبعاد المتكاملة، من أبرزها: (طيب و عيساوة، 2024، الصفحات 52-53)

- البعد البيئي: يركّز على الحفاظ على البيئة الطبيعية وسلامة النظام الإيكولوجي من حيث البنية والوظيفة، من خلال الحد من التلوث والنفايات، وتشجيع إعادة التدوير والاستخدام المستدام للموارد بهدف حماية البيئة وضمان استدامتها.
- البعد الاقتصادي: يهدف إلى تحسين الكفاءة الاقتصادية من خلال خفض التكاليف، وتقليل استهلاك الطاقة، وتوظيف الموارد الطبيعية المتاحة في العمليات الصناعية، ما يعزز من الإنتاجية والاستدامة.

- البعد الاجتماعي: يهتم بالإنسان والمجتمع من خلال توفير سبل الراحة والأمان، وترسيخ مفاهيم الهوية، والمساواة، والتماسك الاجتماعي، بما يسهم في تعزيز جودة الحياة لجميع السكان.

2-3: مفهوم التنمية المستدامة

أ- تعريف التنمية المستدامة:

- تعريف البنك الدولي: يعرف التنمية المستدامة على أنها هي، "تلك العملية التي تهتم بتحقيق التكافؤ المتصل الذي يضمن اتاحة نفس الفرص التنموية الحالية للأجيال القادمة، وذلك بضمان ثبات رأس المال الشامل وزيادته المستمرة عبر الزمن". (الهيتي، 2009، صفحة 13)

- تعريف اللجنة العالمية للتنمية المستدامة: عرفتها على أنها، "تلبية احتياجات الحاضر دون أن تؤدي إلى الاخلال بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها الخاصة". (هندة، مناصرية، وبوعلاق، صفحة 881)

- تعريف اللجنة العالمية للبيئة والتنمية: "تلك التنمية التي تلبي حاجات الحاضر دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة في تلبية حاجاتهم". (حجام وسميحة، 2019، صفحة 125)

- التعريف التكنولوجي: يعرف علماء التكنولوجيا التنمية المستدامة بأنها عملية توظيف التكنولوجيا الحديثة، ذات الكفاءة العالية والأثر البيئي المنخفض، بهدف ترشيد استخدام الموارد الطبيعية، والحد من التلوث، والمساهمة في استقرار المناخ، مع القدرة على مواكبة النمو السكاني المتزايد، كما تهدف هذه المقاربة إلى تحسين نوعية الخدمات الأساسية، لا سيما في مجالات الصحة والتعليم، بما يعود بالنفع على السكان، خاصة في المناطق الريفية، وفي هذا السياق تُدرج تكنولوجيا المعلومات ضمن مكونات تكنولوجيا التنمية المستدامة، بالنظر إلى دورها المحوري، المباشر وغير المباشر، في دعم مختلف عمليات التنمية بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. (يوسف والحسين، 2022، صفحة 773)

وعليه تعرف التنمية المستدامة على أنها الاستغلال العقلاني للموارد من خلال توجيهها للإنتاج الأكثر موازنة لحاجيات المجتمع، بيئيا واقتصاديا وحتى حضاريا واجتماعيا، مع مراعات الاستغلال المتجدد حفاظا على حاجيات الأجيال المستقبلية، أي بما يضمن السير الحضاري للمجتمع من ناحية مكوناته الثقافية والاقتصادية على طول مدى الوجود.

ب- أبعاد التنمية المستدامة:

تتجلى الأبعاد المتعددة للتنمية المستدامة، فيما يلي: (هناء وطرايش، 2023، صفحة 47)

- البعد الاقتصادي: يرتكز على ثلاثة عناصر أساسية: تحقيق نمو اقتصادي دائم، استخدام فعّال لرأس المال، وضمان العدالة الاجتماعية من خلال تلبية الحاجات الأساسية، ويتطلب ذلك تبني نظام اقتصادي يعيد تشكيل آليات الإنتاج والاستهلاك بما يوازن بين تلبية متطلبات الرفاه البشري والحفاظ على الموارد البيئية، ويشمل هذا التحول اعتماد تقنيات إنتاجية عالية الكفاءة تقلل من الهدر وتحد من التلوث البيئي بمختلف أشكاله، مع التوجه نحو اقتصاد دائري يسعى إلى تحقيق التكامل بين الأداء الاقتصادي والحفاظ على النظم البيئية.

- البعد البيئي: يتمثل في تعزيز الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية لضمان توازنٍ بين استغلالها والمحافظة عليها، وقد أدى تصاعد التحديات البيئية، كالنمو السكاني العشوائي، والاستهلاك غير الرشيد، والتلوث، وتراجع الموارد المائية والغابية، إلى تهديد جهود التنمية، لذا تبرز الحاجة إلى اعتماد سياسات بيئية فعالة تستند إلى دراسات علمية دقيقة، تتيح معالجة الآثار السلبية للتوسع الحضري والإنتاج غير المسؤول، بما يحقق توازناً بين المتطلبات البشرية والقدرة التجديدية للنظم البيئية.

- البعد الاجتماعي: يركز على ضمان العدالة الاجتماعية من خلال توزيع السكان والخدمات بشكل منصف، لا سيما للفئات المهمشة، وتعزيز المشاركة المجتمعية في اتخاذ القرار، كما يستلزم تقليص الفجوة بين المناطق الحضرية والريفية، والتعامل مع آثار النمو الديموغرافي غير المتوازن، وتتحقق الاستدامة الاجتماعية من خلال التوفيق بين متطلبات التنمية الراهنة والحفاظ على حقوق الأجيال المقبلة في الموارد الطبيعية، خاصة غير المتجددة، ويؤكد هذا البعد على ضرورة التكامل بين الجوانب البيئية والاجتماعية، لضمان استمرارية التنمية في إطار من العدالة والإنصاف بين الأجيال.

إضافة إلى هذه الأبعاد هناك ثلاثة أبعاد اخرى تصنف على أنها أبعاد ثانوية تتمثل فيما يلي:

- البعد التكنولوجي: يعد أحد الركائز الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة، حيث يركز على تبني تكنولوجيا نظيفة وفعالة تقلل من استهلاك الموارد والانبعاثات الملوثة، وتعزز إعادة التدوير ضمن الاقتصاد الدائري، ويتطلب هذا التحول الانتقال من أنظمة إنتاج مادية كثيفة إلى نماذج معرفية تعتمد على الابتكار والمعلومات، مما يقتضي إعادة توجيه الاستثمارات نحو تنمية رأس المال البشري والاجتماعي، كما يبرز أهمية إدماج مفهوم "حفظ الموارد وصيانتها" كعملية رابعة مكمّلة للإنتاج والتوزيع والاستهلاك، بما يضمن ديمومة النظم البيئية والاقتصادية على المدى الطويل. (غنيم وماجدة، 2006، صفحة 45)
- البعد الثقافي: أفادت دراسات علمية أن باحثين وخبراء تنمويين اتجهوا نحو إدراج البعد الثقافي كعنصر مكمل في النماذج التنموية المستدامة، حيث أضحى هذا الإدماج ضرورة منهجية ملحة عقب التصديق على الاتفاقية الدولية لحماية وتعزيز تنوع أشكال التعبير الثقافي اليونسكو في سنة 2005، التي رسّخت الثقافة كبعد جوهري في التنمية المستدامة.
- البعد السياسي: يشير إلى أن إرساء أنظمة الحكم الديمقراطي يعد آلية حاكمة لضمان تحقيق العدالة في توزيع الموارد بين الأجيال الحالية والمستقبلية، بما يعزز مبدأ الإنصاف البيني الجيلي، كما يمثل هذا البعد إطارا مؤسسيا لتنظيم الاستغلال الرشيد للموارد الطبيعية، عبر تبني سياسات عامة تهدف إلى تحقيق التوازن بين الاحتياجات التنموية الراهنة وضرورة الحفاظ على حقوق الأجيال القادمة في موارد بيئية واقتصادية مستدامة. (الرحمن، 2011، صفحة 29)

ت- مؤشرات التنمية المستدامة:

وعليه تتمثل المؤشرات فيما يلي:

الجدول (01): مؤشرات التنمية المستدامة

الاجتماعية	الاقتصادية	البيئية	المؤسسية
المساواة الاجتماعية وتحقيق العدالة وتوزيع الثروة ومكافحة الفقر	البنية الاقتصادية	التغير في الغلاف الغازي للأرض	إنشاء إطار مؤسسي لتطبيق التنمية المستدامة (وضع استراتيجيات وطنية لكل دولة)
الرعاية الصحية المناسبة لجميع فئات الشعب	أنماط الإنتاج والاستهلاك	استخدامات الأرض من خلال حمايتها من التدهور البيئي	قدرة مؤسسات الدولة على تحقيق التنمية المستدامة من خلال إمكانياتها المتاحة
التعليم الذي يعد أهم حقوق الإنسان		المسطحات المائية وحمايتها من التلوث	
السكن والسكان حيث يؤثر النمو السكاني السريع وهجرة سكان الريف على التنمية المستدامة			
الأمن الاجتماعي وحماية الأفراد من الجرائم			

المصدر: من اعداد الباحثة بالاعتماد على: (علي، 2022، الصفحات 281-283)

ث- أهداف التنمية المستدامة:

تمثل أهداف التنمية المستدامة إطارًا استراتيجيًا عالميًا يسعى إلى تحقيق مستقبل أكثر عدلاً واستدامة، من خلال التصدي للفقر، وتقليص الفوارق، ومواجهة التغيرات المناخية، وحماية البيئة، وتعزيز الرفاه، والسلام، والعدالة، ونظرًا لترابط هذه الأهداف وتكاملها، فإن تنفيذها يتطلب مقاربة شاملة تضمن إدماج جميع فئات المجتمع دون إقصاء، مع الالتزام بتحقيقها بشكل متوازن ومتكامل في أفق عام 2030، (المتحدة، أهداف التنمية المستدامة، 2025) وتتمثل هذه الأهداف في الشكل الموالي:

تشكل أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر، التي أطلقتها الأمم المتحدة سنة 2015، إطارا استراتيجيا عالميا يهدف إلى تحقيق مستقبل أكثر عدالة واستدامة بحلول عام 2030، وتعالج هذه الأهداف تحديات كبرى كالفقر، الجوع، عدم المساواة، تغير المناخ، وحماية البيئة، من خلال مقاربة متكاملة وشاملة تضمن عدم تهميش أي فئة، وتمثل الرسوم المعبرة عن كل هدف أداة تواصل بصري معتمدة في وثائق الأمم المتحدة منذ 2015، تشمل الأهداف القضاء على الفقر والجوع، ضمان الصحة والتعليم الجيد، تحقيق المساواة بين الجنسين، تأمين المياه والطاقة، توفير العمل اللائق، تعزيز الابتكار والبنية التحتية، تقليص أوجه عدم المساواة، بناء مدن مستدامة، وتشجيع الاستهلاك والإنتاج المسؤولين، كما تركز على العمل المناخي، حماية الحياة البحرية والبرية، بناء مجتمعات عادلة، وتفعيل الشراكات الدولية، وتحقيق هذه الأهداف يتطلب تنسيقا دوليا، وشراكات متعددة الأطراف، وتسريع وتيرة الجهود في مواجهة التحديات المستجدة مثل الأوبئة والتغيرات المناخية.

الشكل (01): الأهداف السبعة عشر للتنمية المستدامة



المصدر: (المتحدة و الاسكوا، 2020، صفحة 01)

تشكل أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر، التي أطلقتها الأمم المتحدة سنة 2015، إطارا استراتيجيا عالميا يهدف إلى تحقيق مستقبل أكثر عدالة واستدامة بحلول عام 2030، وتعالج هذه الأهداف تحديات كبرى كالفقر، الجوع، عدم المساواة، تغير المناخ، وحماية البيئة، من خلال مقاربة متكاملة وشاملة تضمن عدم تهميش أي فئة، وتمثل الرسوم المعبرة عن كل هدف أداة تواصل بصري معتمدة في وثائق الأمم المتحدة منذ 2015، تشمل الأهداف القضاء على الفقر والجوع، ضمان الصحة والتعليم الجيد، تحقيق المساواة بين الجنسين، تأمين المياه والطاقة، توفير العمل اللائق، تعزيز الابتكار والبنية التحتية، تقليص أوجه عدم المساواة، بناء مدن مستدامة، وتشجيع الاستهلاك والإنتاج المسؤولين، كما تركز على العمل المناخي، حماية الحياة البحرية والبرية، بناء مجتمعات عادلة، وتفعيل الشراكات الدولية، وتحقيق هذه الأهداف يتطلب تنسيقا دوليا، وشراكات متعددة الأطراف، وتسريع وتيرة الجهود في مواجهة التحديات المستجدة مثل الأوبئة والتغيرات المناخية.

3-العلاقة بين المدن الذكية وأهداف التنمية المستدامة: رؤية علمية تحليلية

3-1: العلاقة المفاهيمية بين المدن الذكية والتنمية المستدامة

يمكننا تمثيل هذه العلاقة في الجدوب الموالي:

الجدول (02): مقاربة نظرية بين مفهوم كل من المدن الذكية والتنمية المستدامة

	المدن الذكية	التنمية المستدامة
التعريف	مدينة توظف تقنيات المعلومات والاتصال الحديثة بوصفها أداة ابتكار استراتيجي لمعالجة التحديات المرتبطة بالنمو الديمغرافي في السياق الحضري، بهدف تحسين جودة الحياة وضمان استدامة التنمية الحضرية.	**تعرف على أنها مسار تنموي يهدف إلى تلبية احتياجات الجيل الحالي، دون الإضرار بقدرة الأجيال المستقبلية على تلبية متطلباتهم، بما يضمن التوازن بين المتطلبات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية على المدى الطويل.**
الأهداف	الارتقاء بجودة حياة المواطنين وتعزيز جهود التنمية المستدامة، من خلال تطوير البنية الحضرية وتوظيف نظم معالجة البيانات لاتخاذ قرارات أكثر كفاءة وفعالية.	**تعزيز التنمية الاجتماعية والاقتصادية وحماية البيئة وضمان العدالة الاجتماعية**
المسارات	تنفيذ استراتيجية، وضع خطة عمل، تنفيذ الإجراءات، المتابعة، تقنيات المعلومات والاتصالات الجديدة	**نهج متكامل للتنمية المستدامة، وضع خطة سياسية، وضع خطة عمل، تنفيذ الإجراءات، المتابعة**
الأسلوب	التشاركية: تتمثل في إشراك المواطنين، والمؤسسات الاقتصادية، والمنظمات المدنية في مراحل إعداد وتنفيذ المشروع، بما يعزز من فعاليته ويضمن استجابته لاحتياجات مختلف الفاعلين.	**التعاون: اعتماد نهج تشاركي يقوم على بناء شراكات فعالة بين مختلف الفاعلين، بما في ذلك المؤسسات العمومية والخاصة، من أجل تعزيز التكامل في تنفيذ السياسات التنموية.**

المصدر: (علي ب.، 2021، صفحة 120)

يعكس الجدول المقارن تداخلا واضحا بين مفهومي التنمية المستدامة والمدن الذكية، ويظهر كيف يمكن أن تسهم المدن الذكية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال توظيف أدوات وتقنيات متطورة، ويمكن تحليل العناصر الأساسية كالآتي:

من حيث التعريف: يتضح أن التنمية المستدامة تبنى على مبدأ التوازن بين الأبعاد الثلاثة: الاقتصادية، الاجتماعية، والبيئية، مع مراعاة حقوق الأجيال القادمة، أما المدن الذكية، فهي تقدم باعتبارها نموذجا حضريا معاصرا يوظف تكنولوجيا المعلومات والاتصال لمواجهة التحديات الديمغرافية، وتحقيق استدامة حضرية تراعي جودة الحياة.

يشير هذا إلى أن المدن الذكية هي وسيلة أو إطار عملي لتحقيق التنمية المستدامة في المجال الحضري.

من حيث الأهداف: تركز التنمية المستدامة على تحقيق العدالة الاجتماعية، وتعزيز التنمية الاقتصادية، مع الحفاظ على البيئة، بالمقابل تسعى المدن الذكية إلى تحسين نوعية الحياة وتعزيز التنمية من خلال الحلول التكنولوجية وتحليل البيانات.

يظهر أن المدن الذكية تعد تجسيدا عمليا لأهداف التنمية المستدامة عبر الأدوات الرقمية، مما يسمح باتخاذ قرارات أكثر كفاءة وفاعلية.

من حيث المسارات: تعتمد التنمية المستدامة على نهج شامل يبدأ بالتخطيط السياسي، ويشمل تصميم الخطط وتنفيذ الإجراءات ثم التقييم، بينما تركز المدن الذكية على خطة استراتيجية ترتكز على تكنولوجيا المعلومات والاتصال كوسيلة رئيسة للتنفيذ والمتابعة.

رغم تشابه الخطوات في التخطيط والتنفيذ، فإن المدن الذكية تتميز بالاعتماد القوي على الأدوات الرقمية لجمع المعلومات وتحسين الأداء الحضري.

من حيث الأسلوب: يعتمد كلا النموذجين على النهج التشاركي، ولكن بدرجات وأساليب مختلفة. فالتنمية المستدامة تؤكد على التعاون بين القطاعين العام والخاص، بينما تركز المدن الذكية على إشراك المواطن والمؤسسات الاقتصادية والمدنية بشكل أوسع.

التشاركية في المدن الذكية تعد أكثر ديناميكية وشمولا، حيث يتم دمج فاعلين متعددين في صناعة القرار من خلال أدوات رقمية تضمن الشفافية والتفاعل المستمر.

وعليه فإن العلاقة بين التنمية المستدامة والمدن الذكية هي علاقة تكاملية؛ فالمدن الذكية لا تمثل فقط إطارا تقنيا لتطوير الفضاء الحضري، بل تشكل دعامة أساسية لتحقيق التنمية المستدامة من خلال التخطيط الذكي، المشاركة الفعالة، وتحقيق التوازن بين النمو والتجديد البيئي والاجتماعي.

4 : تقنيات الذكاء الاصطناعي كآلية لتعزيز مسار المدن الذكية المستدامة

تتمحور هذه التقنيات حول ما يلي: (علي ب.، 2021، الصفحات 120-123)

- **المياه الذكية:** يشير مفهوم "المياه الذكية" أو الإدارة الذكية لشبكات المياه إلى منظومة متكاملة من البُنى التحتية والتقنيات الرقمية التي تمكن من إدارة فعالة لمياه الشرب والصرف الصحي، بما يضمن الاستخدام الأمثل لكل من المياه والطاقة اللازمة لنقلها وتوزيعه، وتعرف شبكة المياه الذكية بأنها مجموعة من الأنظمة والحلول التقنية التي تتيح لمشغلي الشبكات رصد المشكلات وتشخيصها، وتحديد أولويات التدخل، وإدارة أعمال الصيانة بفعالية، مع الاعتماد على جمع البيانات وتحليلها بشكل مستمر وعن بعد، وتهدف هذه المقاربة إلى تحسين أداء خدمات المياه والصرف الصحي، وزيادة كفاءة استهلاك الطاقة، والحفاظ على الموارد المائية، فضلا عن مراقبة جودة المياه الموجهة للمستهلكين.

تشمل أنظمة إدارة المياه الذكية بشكل خاص شبكات التوزيع الذكية التي تضمن توفر المياه وصلاحيتها للاستهلاك البشري، حيث تتيح هذه الشبكات للمهنيين في القطاع مراقبة كميات المياه المنقولة بدقة عالية، ما يسهم في تخصيص الكميات الملائمة حسب طبيعة الاستخدام، كما تتيح أيضاً إجراء اختبارات دورية لجودة المياه لضمان سلامتها عند وصولها إلى نقاط الاستهلاك.

ومن بين المكونات الرئيسة لهذه الأنظمة: العدادات الذكية، التي تتميز بقدرتها على رصد التدفقات المنخفضة داخل الأنابيب واكتشاف التدفق العكسي المحتمل، والذي قد يؤثر سلبا على كفاءة النظام، وذلك بخلاف العدادات اليدوية التقليدية، كما تضم هذه الأنظمة المضخات والصمامات الذكية، التي تكيف نشاطها وفقا للظروف المحيطة والمعلومات التي توفرها أجهزة الاستشعار المتصلة بها، فعلى سبيل المثال تعد المضخات ذات السرعة المتغيرة قادرة على تحليل البيانات الحية من المستشعرات، لتبطئ أو تسرع تشغيلها بما يتلاءم مع الوضع القائم، وبالمثل تعمل الصمامات الذكية

على تنظيم معدلات التدفق أو غلق الأنابيب عند الحاجة، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل الهدر في كل من المياه والطاقة، مع تحسين الكفاءة التشغيلية بشكل عام.

ومن النماذج التطبيقية الناجحة في هذا المجال، تجربة مدينة ساوث بيند (South Bend) في ولاية إنديانا الأمريكية، والتي يبلغ عدد سكانها حوالي 100,000 نسمة، ففي عام 2006 أطلقت المدينة مبادرة لتحديث شبكة تجميع مياه الصرف الصحي، من خلال استثمار قدره 400,000 دولار، وتركز المشروع على تحسين إدارة الشبكة والتحكم فيها في الزمن الحقيقي، من خلال دمج الصمامات الذكية المرتبطة بتوقعات الأرصاد الجوية، وأجهزة استشعار مدمجة بالشبكة، مما مكن من تحليل أسباب الحوادث، مثل الفيضانات وانسداد المجاري، والتدخل المبكر لمعالجتها.

وقد أسفرت هذه المبادرة عن نتائج ملموسة؛ إذ انخفض عدد الحوادث السنوية الكبرى على الشبكة من 30 إلى حالتين فقط، كما ارتفعت القدرة على تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي بنسبة 23%. وأسهم ذلك في تقليص تكاليف الصيانة وتحقيق وفورات استثمارية، مع تحقيق عائد على الاستثمار خلال 1.3 سنة، وتوفير سنوي يُقدر بـ 300,000 دولار في المتوسط.

- **التنقل الذكي:** يعد النقل الفعال للأشخاص والسلع والخدمات من المتطلبات الأساسية في جميع المدن المعاصرة، إلا أن جملة من التحديات مثل الازدحام المروري والاعتماد المفرط على السيارات الخاصة، أدت إلى تفاقم مشكلات بيئية وصحية، لا سيما من خلال الزيادة في انبعاثات الغازات الضارة، وعلى رأسها غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)إلى جانب ذلك تشكل بعض التقاطعات المرورية نقاطا خطرة تهدد أمن وسلامة المواطنين، هذه المعوقات دفعت العديد من المدن إلى تبني تقنيات النقل الذكي كحلول مبتكرة تهدف إلى تحسين التنقل الحضري وتقديم بدائل أكثر استدامة.

تتيح هذه التقنيات رصد الأعطال المحتملة في البنية التحتية للنقل، مثل إشارات المرور ولوحات إضاءة المشاة، كما تستخدم لتحديد التقاطعات التي تتكرر فيها الحوادث المرورية، ومناطق الازدحام التي تؤثر سلبا على انسيابية الحركة وجودة الهواء، كما تشجع هذه المقاربات الذكية على التحول نحو وسائل النقل العمومي، من خلال تطوير تطبيقات الهواتف الذكية التي تقدر أوقات التنقل عبر وسائل مثل الحافلات والقطارات، وتوفر في الوقت الحقيقي خيارات بديلة للمسارات بناء على كثافة المرور والظروف الآنية للطريق.

يسهم هذا النوع من "التنقل الذكي" في تحسين تدفق حركة المرور، وتقليص الزمن المستغرق في التنقل، وخفض الأثر البيئي، لا سيما من حيث تقليل الانبعاثات الغازية، ومن التجارب التطبيقية الرائدة، تبرز مدينة لاس فيغاس في الولايات المتحدة الأمريكية، التي قامت بتركيب مجموعة من أجهزة الاستشعار عند التقاطعات المرورية، لقياس مستويات ثاني أكسيد الكربون ورصد أنماط الحركة المرورية في الزمن الحقيقي، وقد هدفت هذه المبادرة إلى اختبار ما إذا كان تسريع عملية تغيير إشارات المرور إلى اللون الأخضر يساهم في تقليص مدة توقف المركبات، وبالتالي خفض انبعاثات غازات العادم غير الضرورية، وهو ما يمثل خطوة نحو تحسين نوعية الهواء في البيئة الحضرية.

في إطار الجهود الرامية إلى حماية البيئة وتعزيز مبدأ الاستدامة، شرعت العديد من المدن في تبني السيارات الكهربائية (EVs) كبديل صديق للبيئة عن المركبات التقليدية التي تعمل بالبنزين أو الديزل، نظرا لدورها الفعال في تقليص الانبعاثات الكربونية والملوثات الهوائية المرتبطة بقطاع النقل، وإلى جانب ذلك توفر المدن الكبرى خدمات تأجير الدراجات ذاتية الخدمة، التي غالبا ما تكون مرتبطة بتطبيقات الهواتف الذكية، باعتبارها بديلا مستداما وعمليا لوسائل النقل الملوثة، كما تسهم في تشجيع أنماط تنقل بيئية ونشطة.

ومن المبادرات الذكية الأخرى التي تهدف إلى تقليل الأثر البيئي لحركة المرور، اعتماد تقنية المواقف الذكية للسيارات، التي تتيح للمستخدمين تحديد أماكن وقوف السيارات الشاغرة في المدينة بشكل فوري وسهل عبر تطبيقات

رقمية، وتسهم هذه التقنية في تقليص الوقت المستغرق في البحث عن أماكن للوقوف، مما يؤدي بدوره إلى الحد من حركة السير العشوائية، وتقليل استهلاك الوقود، وخفض انبعاث الغازات الملوّثة، لا سيما في المناطق الحضرية عالية الكثافة.

انطلاقا مما سبق يمكن تعريف التنقل الذكي على أنه منظومة من الأساليب والحلول التقنية والتنظيمية التي تهدف إلى تقليل الازدحام المروري، وتعزيز استخدام خيارات النقل السريعة، والفعالة من حيث التكلفة، والمستدامة بيئيا، بما يحقق توازنا بين الكفاءة الحضرية وحماية البيئة.

- **الطاقة الذكية** تتكون أنظمة إدارة الطاقة الذكية من مجموعة من المكوّنات المتكاملة تشمل: أجهزة الاستشعار، العداد الذكي، مصادر الطاقة المتجددة، وحدات التحكم الرقمية، وأدوات التحليل المتقدمة، وذلك بهدف التشغيل الآلي، والمراقبة الدقيقة، وتحسين توزيع واستهلاك الطاقة، تمكن هذه الأنظمة من تحسين أداء الشبكات الطاقوية من خلال الموازنة بين احتياجات مختلف الفاعلين في قطاع الطاقة، سواء كانوا مستهلكين، منتجين، أو موردين، وهي تعتمد على شبكة واسعة من الأجهزة الذكية المنتشرة في الفضاء الحضري، قادرة على توفير بيانات دقيقة حول أنماط الاستهلاك، مما يسمح بتطوير برامج تحكم موجهة وفعالة، تسهم في رفع كفاءة استخدام الطاقة.
وتعد الشبكات الذكية أحد المكونات الجوهرية في بنية الطاقة الحديثة، ويمكن تعريفها بأنها نظم متقدمة لنقل الكهرباء من نقطة الإنتاج إلى نقطة الاستهلاك، مع توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصال لتحسين إدارة الشبكة، وتطوير الخدمات المقدمة للمستهلكين، والارتقاء بالنتائج البيئية.

ومن أبرز النماذج التطبيقية لهذا النوع من المشاريع، مدينة "كاشيوا نوها الذكية" في اليابان، التي اعتمدت على شبكة ذكية تغطي كامل منطقتها الحضرية، وتتيح هذه الشبكة إمكانية التحكم في استهلاك الطاقة المنزلية، ورصد التوازن بين العرض والطلب، وضمان إدارة مستدامة للموارد، من خلال التوزيع الأمثل للطاقة المنتجة والمخزنة، وهو ما يعزز كفاءة النظام الطاقوي ويحقق أهداف الاستدامة البيئية والاقتصادية في آنٍ واحد.

- **التسير الذكي للنفايات:** تعد إدارة النفايات الحضرية من أبرز التحديات التي تواجه المدن المعاصرة، لا سيما في ظل التزايد المستمر في عدد السكان وما يرافقه من ارتفاع في حجم النفايات المنتجة، وعلى الرغم من التحسينات التي طرأت على خدمات جمع النفايات، لا تزال الحاجة ملحة لتبني مقاربات ذكية لإدارة النفايات، باعتبارها أحد المكونات الأساسية في نموذج المدينة الذكية.
وتكمن أهمية الإدارة الذكية للنفايات في قدرتها على ضمان كفاءة عالية في كافة مراحل المعالجة، بدءا من الجمع، مرورا بالنقل، ووصولا إلى المعالجة النهائية، وتعد مرحلة جمع النفايات من أكثر المراحل تكلفة، كما أنها تمثل العنصر اللوجستي الأساسي في نجاح العملية ككل، لارتباطها بتخصيص الموارد البشرية والتقنية، مما يجعلها محورا رئيسيا في تحقيق الإدارة الفعالة.

من هذا المنطلق بات من الضروري اعتماد حلول ذكية ومبتكرة تعتمد على استخدام التقنيات الرقمية، وأجهزة الاستشعار، وتحليل البيانات، بهدف تحسين جودة الخدمة المقدمة للمواطنين، وتعزيز حماية البيئة، فضلا عن ترشيد النفقات وتحقيق فعالية اقتصادية في إدارة النفايات.

في سبيل تحقيق أهداف الاستدامة وتحسين جودة الحياة الحضرية، بدأت العديد من المدن بتطبيق حلول ذكية لإدارة النفايات في الفضاءات العامة، ومن أبرز هذه الحلول اعتماد الحاويات الذكية التي تعمل بالطاقة الشمسية والمزودة بأجهزة استشعار لقياس ضغط النفايات المتراكمة داخلها، وتتميز هذه الحاويات بقدرتها على ضغط النفايات تلقائيا، مما يؤدي إلى زيادة سعتها بنسبة تصل إلى 770%، وتقليص عدد مرات جمع النفايات بنسبة قد تصل إلى 85%.

وتكمن الفعالية التشغيلية لهذه الحاويات الذكية في قدرتها على نقل معلومات آنية حول مستويات الامتلاء إلى الجهات المختصة، مما يضمن تنفيذ عمليات الجمع فقط عند الضرورة، أي عندما تكون الحاوية ممتلئة، الأمر الذي

يسهم في خفض عدد دوريات الجمع اليومية، ويؤدي بدوره إلى تقليل الازدحام المروري والانبعاثات الكربونية الناتجة عن مركبات الجمع، خاصة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) كما تساهم هذه الحاويات في تحسين النظافة العامة.

وإلى جانب المزايا البيئية والاقتصادية، فإن هذه التكنولوجيا تحمل أبعادا اجتماعية مهمة، حيث تساهم في رفع مستوى وعي المواطنين بأهمية استخدام مصادر الطاقة المتجددة، وتشجيع ممارسات إعادة التدوير، وتحسين البنية الصحية للمجتمع، كما أن البيانات التي يتم جمعها من مختلف المناطق حول حجم النفايات تعد أداة استراتيجية لدعم عمليات التخطيط الحضري المستقبلي، بما يعزز من فعالية السياسات البيئية والإدارية في المدن الذكية.

تعد سنغافورة من بين المدن الرائدة عالميا في مجال الإدارة الذكية للنفايات، حيث بدأت منذ عام 2016 في تطبيق تجربة مبتكرة تمثلت في استخدام حاويات قمامة ذكية تعمل بالطاقة الشمسية، وقد تميزت هذه الحاويات بكونها مزودة بأجهزة استشعار لمستوى الامتلاء، مما يتيح مراقبة حالتها في الزمن الحقيقي، بالإضافة إلى وظائف متقدمة أخرى، مثل الربط بشبكة الإنترنت لتوفير نقاط اتصال (Wi-Fi) في الأماكن العامة.

كما جهزت كل حاوية بوحدة ضغط للنفايات، الأمر الذي مكنها من استيعاب نفايات تفوق سعة الحاويات التقليدية بما يقارب ثمانية أضعاف، ما ساعد على تقليص عدد مرات الجمع وتحسين كفاءة العملية برمتها، وتعد سنغافورة أول مدينة ذكية على المستوى العالمي تطبق مفهوم "صندوق القمامة الذكي" بشكل شامل، وهو ما عزز من مكانتها كواحدة من أنظف وأكثر المدن خضرة في المنطقة، بفضل تبنيها لممارسات حضرية مستدامة قائمة على التكنولوجيا المتقدمة.

- **بالهواء الذكي:** يعد التلوث الصناعي إلى جانب الانبعاثات الناتجة عن قطاع النقل، من العوامل الرئيسة التي تساهم في تلوث الهواء وتسارع وتيرة تغير المناخ، وفي هذا السياق أصبحت التقنيات الذكية أداة فعالة في مراقبة جودة الهواء والحد من مصادر التلوث، فعلى سبيل المثال تستخدم أجهزة استشعار بيئية مثبتة في المباني داخل المراكز الحضرية لقياس مستويات الملوثات في الهواء بشكل مستمر، مع إمكانية إصدار تنبيهات فورية في حال تجاوز القيم الحدية المسموح بها، مما يمكن الجهات المعنية من اتخاذ تدابير سريعة.

ومن التطبيقات الرائدة في هذا المجال، تعتمد مدينة نيويورك على كاميرات متقدمة قادرة على رصد سحب التلوث غير المرئية بالعين المجردة، وهو ما يتيح إمكانية تحديد مصادر التلوث بدقة، وبالتالي دعم السياسات البيئية في التخفيف من الانبعاثات وتحسين جودة الهواء.

- **الأمن الذكي:** يتحقق الأمن الذكي من خلال توظيف التقنيات الرقمية المتقدمة في مجال المراقبة والحماية داخل المدن، وذلك عبر كاميرات مزودة بتقنيات تحليل البيانات والرؤية الحاسوبية، ما يتيح كشف الأنشطة الإجرامية والتعرف على المشتبه بهم دون الحاجة إلى وجود مكثف لأفراد الأمن في الشوارع والأحياء، ويسهم هذا النظام في تعزيز أمن الفضاءات الحضرية وحماية السكان، من خلال خلق بيئة يدرك فيها الأفراد، بمن فيهم المجرمون المحتملون، أنهم تحت رقابة دائمة، وهو ما يؤدي غالبا إلى ردع السلوك الإجرامي وتقليل معدلات الجريمة، ويعد هذا التحول نحو الأمن المعتمد على الذكاء الاصطناعي والمراقبة الذكية جزءا من منظومة المدن الذكية التي تسعى لتحقيق السلامة والاستقرار باستخدام أدوات تكنولوجية فعالة ومستدامة.
- **الرعاية الصحية الذكية:** مع النمو المتزايد لعدد السكان وتغير نمط الحياة في المدن، أصبحت الحاجة ملحة إلى تطوير شبكات رعاية صحية ذكية تمكن المدن من تقديم خدمات صحية أكثر سرعة وفعالية، وتعرف الرعاية الصحية الذكية بأنها منظومة متكاملة تعتمد على أحدث الأجهزة الرقمية والمحمولة، ولا تقتصر على علاج الأمراض فحسب، بل تشمل كذلك الوقاية منها.

ويعد إنترنت الأشياء (IoT) أحد الركائز الأساسية لهذه المنظومة، إذ تستخدم أجهزة استشعار لجمع البيانات الصحية عن بعد، ليتم بعد ذلك تخزين هذه البيانات وتحليلها من قبل الأطباء والباحثين والمتخصصين في المجال الصحي، وتمكن هذه التقنية من الوصول إلى تشخيصات دقيقة واقتراح حلول علاجية أكثر فاعلية، كما تسهم السجلات

الصحية الرقمية في تقليص التكاليف وتوفير الوقت لكل من المرضى ومقدمي الخدمات الصحية، من خلال تقديم علاجات مخصصة، واعتماد تدابير وقائية قائمة على تحليل البيانات في الزمن الحقيقي.

ومن أجل تقديم خدمات صحية أكثر كفاءة، تتعاون شركات الأدوية، ومؤسسات الرعاية الصحية، والباحثون، والسلطات المحلية على تطوير حلول ذكية قائمة على تقنيات إنترنت الأشياء، تهدف إلى تسريع الاستجابة في حالات الطوارئ، وتقليل الازدحام داخل المستشفيات، وتسهيل العلاج عن بعد، فضلا عن تمكين الأطباء من التعاون عبر الحدود من خلال منصات اتصال ذكية.

1- الأبعاد المتعددة للمدن الذكية في خدمة التنمية المستدامة

من خلال استعراض عناصر المدن الذكية، تتجلى أبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، حيث يساهم توظيف الأدوات والتقنيات التكنولوجية الحديثة في تحقيق تنمية اقتصادية قائمة على الابتكار الرقمي، وتشمل هذه الأهداف ترشيد الإنفاق، والحفاظ على الموارد الطبيعية، وتعزيز الكفاءة الاقتصادية والإنتاجية، وتشجيع الاقتصاد الدائري، كما أن البنية التكنولوجية المتقدمة في هذه المدن تعد عامل جذب قوي للاستثمارات الأجنبية، لاسيما في قطاعات تكنولوجيا المعلومات، الذكاء الاصطناعي، والاتصالات. (Albino, 2015, p. 7)

وفي السياق نفسه تساهم المدن الذكية في تنشيط القطاع السياحي من خلال تقديم خدمات حضرية متطورة، تلبي تطلعات الزوار الباحثين عن بيئة مريحة وآمنة وذكية، ما يدعم بدوره قطاع الخدمات، ويوفر فرص عمل جديدة، ويساهم في جلب العملة الصعبة.

أما من الناحية الاجتماعية: فتركز المدن الذكية على تحسين جودة الحياة من خلال توفير خدمات تعليمية متقدمة، والاستثمار في الرأسمال البشري، وتوفير الأمن والصحة وفرص العمل، كما تسعى إلى تعزيز العدالة الاجتماعية والاندماج الرقمي من خلال إتاحة الفرص لجميع الفئات للاستفادة من البنى التحتية والخدمات الذكية.

أما على المستوى البيئي: فتعد المدن الذكية فاعلًا رئيسيًا في حماية النظم البيئية، من خلال اعتماد الطاقات المتجددة، وتقليل الانبعاثات الضارة، بفضل الاستخدام المكثف للتقنيات الحديثة. كما تضمن استدامة الموارد الطبيعية عبر إنتاج الطاقة والمياه حسب الحاجة، والاعتماد على تقنيات دقيقة لرصد الاعطاب ومعالجتها، كما هو الحال في الإدارة الذكية للمياه والصرف الصحي.

بناء على ما سبق يمكن القول إن المدن الذكية ليست مجرد مشروع تقني أو حضري، بل تعد مقاربة استراتيجية شاملة لمواجهة تحديات التنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة: الاقتصادية، الاجتماعية، والبيئية، من خلال توظيف التكنولوجيا كأداة محورية لتحقيق الاستدامة في الحاضر وتأمين الموارد للأجيال القادمة

6: الخاتمة

في ضوء ما سبق يتضح أن المدن الذكية تمثل خيارا استراتيجيا فاعلا لمواجهة تحديات النمو الحضري المتسارع وتحقيق أهداف التنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة: الاقتصادية، الاجتماعية، والبيئية، فمن خلال توظيف تقنيات المعلومات والاتصال، تسعى هذه المدن إلى تحسين جودة الحياة، تعزيز الكفاءة الاقتصادية، والحفاظ على الموارد الطبيعية، ما يجعلها نموذجا حضريا معاصرا يستجيب لمتطلبات الحاضر دون المساس بحقوق الأجيال القادمة.

لقد أظهرت التحليلات أن توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي يساهم في تحسين كفاءة إدارة الموارد الحضرية وتعزيز جودة الخدمات، وهو ما يدعم التحول نحو مدن ذكية قادرة على تحقيق التوازن بين الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، كما يتضح أن فعالية هذا التأثير ليست أحادية الاتجاه، بل تتسم بطابع تفاعلي، وعليه فإن العلاقة بين هذه المتغيرات تتجسد في نسق ديناميكي قائم على التأثير المتبادل، إذ يشكل الذكاء الاصطناعي أداة لتسريع التحول الحضري الذكي، بينما توفر المدن الذكية البيئة الحاضنة لتفعيل تطبيقاته، بما يؤدي في النهاية إلى دعم مسار التنمية المستدامة غير أن تحقيق هذا التكامل يظل مرهونا بمدى توفر أطر مؤسسية وتشريعية ملائمة، وكذا بقدرة الفاعلين

على توظيف هذه التقنيات بشكل رشيد يراعي خصوصيات السياق الوطني، ويضمن استدامة الأثر التنموي على المدى الطويل.

وعليه توصلنا الى النتائج التالية:

- تُظهر نتائج الدراسة أن المدن الذكية تمثل نموذجًا متقدمًا في تحسين الحوكمة الحضرية، حيث تعتمد على أنظمة رقمية متكاملة قائمة على تحليل البيانات الضخمة وتكنولوجيا المعلومات والاتصال.
- على الصعيد الاقتصادي، تسهم المدن الذكية في تحقيق ديناميكية تنموية مستدامة من خلال دعم بيئة الابتكار وتشجيع الاستثمار في القطاعات التكنولوجية، فضلًا عن تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليص التكاليف التشغيلية.
- أما من الناحية الاجتماعية، فتبرز المدن الذكية كآلية فعالة لتحسين جودة الحياة، إذ تساهم في تطوير الخدمات الصحية والتعليمية والأمنية عبر استخدام التطبيقات الذكية والمنصات الرقمية.
- وفيما يتعلق بالبعد البيئي، تُعد المدن الذكية ركيزة أساسية في دعم الاستدامة البيئية، حيث تساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية عبر اعتماد حلول ذكية في مجالات النقل والطاقة، وتعزيز كفاءة إدارة الموارد الطبيعية كالمياه والطاقة.
- تبرز المدن الذكية دورًا محوريًا في تعزيز المرونة الحضرية(Urban Resilience) ، إذ تمكن من التكيف مع الأزمات والكوارث الطبيعية والصحية من خلال أنظمة إنذار مبكر وبُنى تحتية رقمية قادرة على الاستجابة السريعة.
- تسهم في تطوير أنماط الحوكمة التشاركية، من خلال إشراك المواطنين في عملية صنع القرار عبر المنصات الرقمية والتطبيقات التفاعلية، وهو ما يعزز من الديمقراطية المحلية ويُرسخ مبدأ المواطنة الفاعلة، إضافة إلى تحسين مستوى الثقة بين المواطن والمؤسسات الحكومية.
- تتيح المدن الذكية إمكانيات متقدمة لإدارة الفضاءات الحضرية بكفاءة، عبر استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)وتحليل البيانات، مما يسمح بتحقيق تخطيط عمراني أكثر دقة واستدامة، يراعي التوازن بين التوسع الحضري وحماية الموارد الطبيعية.
- تسهم في تطوير شبكات نقل ذكية ومستدامة، تقلل من الازدحام المروري وتُحسن من كفاءة التنقل الحضري، من خلال دمج تقنيات مثل إنترنت الأشياء (IoT) والذكاء الاصطناعي، وهو ما ينعكس إيجابًا على تقليل استهلاك الطاقة وتحسين جودة الهواء.
- كما تدعم المدن الذكية التحول نحو الاقتصاد الرقمي، من خلال تعزيز استخدام الخدمات الإلكترونية والتجارة الرقمية، وتوفير بيئة ملائمة لنمو الشركات الناشئة(Startups) ، خاصة في مجالات التكنولوجيا والابتكار، مما يعزز من تنويع الاقتصاد وتقليل الاعتماد على القطاعات التقليدية.

تؤكد نتائج الدراسة صحة الفرضية، حيث يتضح أن الذكاء الاصطناعي يساهم بفعالية في تعزيز بناء المدن الذكية المستدامة من خلال إدماج الأنظمة التكنولوجية المتقدمة في مختلف مجالات الحياة اليومية، بما يؤدي إلى تحسين كفاءة الخدمات الحضرية وترشيد استخدام الموارد، كما تبرز المعطيات أن تنمية الوعي الرقمي لدى الأفراد وتشجيعهم على تبني التقنيات الذكية يعدان عنصرين حاسمين في ضمان نجاح هذا التحول واستدامته. وعليه.

ومن خلال النتائج نقترح التوصيات التالية:

- إرساء إطار تشريعي وتنظيمي متكامل للمدن الذكية، من خلال سن قوانين خاصة بحوكمة البيانات الحضرية (Urban Data Governance)تحدد بوضوح آليات جمع البيانات، تخزينها، مشاركتها، وحمايتها، بما يضمن التوازن بين الابتكار الرقمي وحماية الخصوصية والأمن السيبراني .
- تبني مقاربة مرحلية قائمة على النماذج التجريبية(Pilot Projects) ، عبر اختيار مدن أو أحياء نموذجية لتطبيق حلول ذكية محددة (النقل، الطاقة، النفايات)، مع تقييم دوري للأثر الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، قبل تعميم التجربة على المستوى الوطني .

- إدماج مؤشرات أداء ذكية (Smart KPIs) ضمن سياسات التنمية الحضرية، بحيث يتم ربط تمويل المشاريع الحضرية بمدى تحقيقها لمعايير الذكاء والاستدامة (مثل كفاءة الطاقة، جودة الخدمات الرقمية، مستوى مشاركة المواطنين) .
- تعزيز السيادة الرقمية الحضرية، عبر تطوير منصات وطنية لإدارة البيانات بدل الاعتماد المفرط على الحلول الأجنبية، بما يضمن التحكم في البنية التحتية الرقمية وحماية المعطيات الاستراتيجية .
- إعادة هيكلة الحوكمة المحلية لتتلاءم مع التحول الذكي، من خلال إنشاء وحدات أو هيئات متخصصة داخل البلديات تُعنى بإدارة التحول الرقمي الحضري، وتتمتع بصلاحيات تنسيقية بين مختلف القطاعات (النقل، البيئة، الطاقة، الأمن) .
- إدماج البعد الاجتماعي في تصميم الحلول الذكية، عبر اعتماد مقاربة "المدن الذكية الشاملة Inclusive) " (Smart Cities، التي تضمن وصول الفئات الهشة (كبار السن، سكان المناطق الهامشية) إلى الخدمات الرقمية، وتفادي تعميق الفجوة الرقمية .
- تطوير نماذج تمويل مبتكرة ومستدامة، مثل التمويل القائم على النتائج (Results-Based Financing) أو السندات الخضراء(Green Bonds) ، لتمويل مشاريع المدن الذكية دون الضغط على الميزانيات العمومية .
- تعزيز التكامل بين التحول الطاقوي والمدن الذكية، عبر ربط أنظمة الطاقة المتجددة بالشبكات الذكية Smart) (Grids، بما يسمح بتحسين إدارة الطلب على الطاقة وتقليل الهدر، وهو ما يتماشى مع أهداف الأمن الطاقوي والتنمية المستدامة .
- إرساء منظومة تقييم ومساءلة دورية، تعتمد على تقارير شفافة تقيس أثر التحول نحو المدن الذكية، مع إشراك المجتمع المدني والخبراء في تقييم السياسات، بما يعزز الحوكمة الرشيدة ويحد من الانحرافات .
- توطين الابتكار الحضري، من خلال إنشاء مختبرات حضرية (Urban Living Labs) تسمح بتجريب الحلول الذكية في بيئة حقيقية، وتشجع التعاون بين الجامعات، الشركات الناشئة، والسلطات المحلية لإنتاج حلول تتلاءم مع الخصوصية الجزائرية.

قائمة المراجع:

1. Abdelbaki, Z. (2023). The Promise And Peril Of Artificial Intelligence. *Journal of Law and Interdisciplinary Sciences, 2*(3), 139-162.
2. Albino, V. U. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology, 22*(01), pp. 3–21.
3. Amdan, M. A., Naldo, J., & Mohd Aidil , H. (2024). Concept paper: Efficiency of Artificial Intelligence (AI) tools For STEM Education In Malaysia. *International Journal of Science and Research Archive, 12*(2), 553-559.
4. Belk, R. W., Daniel , B., & Carlos , F. (2023). Key concepts in artifcial intelligence and technologies 4.0 in services. *journal Service Business, 17*(1), 1-9.
5. Sarmah, S. S. (2019). Concept of Artificial Intelligence, its Impact and Emerging Trends. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 6*(11), 2164-2168.
6. Wachsmuth, I. (2000). Prerational Intelligence: Adaptive Behavior and Intelligent Systems Without Symbols and Logic , Volume 1, Volume 2 Prerational Intelligence: Interdisciplinary Perspectives on the Behavior of Natural and Artificial Systems, Volume 3.
7. أحمد نجيب عبد الحكيم القاضي، و ابراهيم العراقي محمد . (2018). خصائص المدن الذكية ودورها في التحول الى الاستدامة المدنية المصرية. *المجلة الدولية في: العمترة والهندسة والتكنولوجيا، 01*(01)، الصفحات 01-13.
8. الأمم المتحدة. (30 06, 2025). *أهداف التنمية المستدامة*. تم الاسترداد من الأمم المتحدة: /https://www.un.org/sustainabledevelopment/ar/sustainable-development-goals
9. الأمم المتحدة، و الاسكوا. (2020). *التقرير العربي للتنمية المستدامة 2020*. نيويورك: الأمم المتحدة-الاسكوا.
10. الرحمن ,ا .ع .(2011) .التحكم في الأداء الشامل للمؤسسة الإقتصادية في الجزائر في ظل تحديات التنمية المستدامة)اطروحة دكتوراه .(.29سطيف ,كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير ,جامعة فرحات عباس.

11. المطيري ,ع .ز .(2022) .أثر بيئة تعلم إلكترونية قائمة على الذكاء الاصطناعي في تنمية مهارات التعليم الالكتروني لدى طالبات كلية التربية بجامعة أم القرى .*مجلة المناهج وطرق التدريس، المركز القومي للبحوث غزة*.176-145 ,(7)*1* ,

12. بسقلال طيب، و وهيبة عيساوة. (2024). واقع المدن الذكية وتحقيق التنمية المستدامة تجارب عربية (مدينة دبي الذكية- مدينة "مصدر" المستدامة). *مجلة العلوم الاجتماعية والانسانية، 14*(02)، الصفحات 45-63.

13. بلعربي علي. (2021). دور المدن الذكية في تحقيق اهداف التنمية المستدامة. *المؤتمر الدولي المغاربي الاول لمستجدات التنمية المستدامة*، (الصفحات 110-126).

14. عباس زهرة. (2021). التنوجه نحو المدن الذكية كوجهة لتعزيز التنمية المستدامة بين الظرورة البيئية وتحديات التحول - تجربة مدينة بورتو -. *مجلة الدراسات التجارية والاقتصادية المعاصرة، 04*(02)، الصفحات 143-162.

15. عبد السلام علي أحمد. (2023). دراسة حول استخدام الذكاء الاصطناعي في تعليم اللغات في الدول العربية"، *المجلة الليبية للدراسات الأكاديمية المعاصرة، 1*(1)، 19-1.

16. علي ,ب .(2022) .التنمية المستدامة :مفهومها، أبعادها، ومؤشراته حالة مؤشر الاداء البيئي العالمي .*مجلة المقريزي للدراسات الإقتصادية والمالية*.290-270 .pp ,(0é)*06* ,

17. غنيم ,ع .م & .,ماجدة ,أ .(2006) .*التنمية المستدامة :فلسفتها وأساليب تخطيطها وأدوات قياسها* .الاردن :دار صفاء، عمان.

18. فتيحة ,ا & .,غانم ,ج .(2024) .الذكاء الاصطناعي من منظورجون جون سيرل .*مجلة الحكمة للدراسات الفلسفية*.804-792 ,(3)*12* ,

19. كواش زهية، و كلثوم واكلي. (2019). تجارب وتطبيقات المدن الذكية في المنطقة العربية- الامارات العربية ودبي الذكية-. *مجلة الاقتصاد والبيئة، 02*(02)، الصفحات 08-27.

20. لعربي حجام، و طري سميحة . (2019). التنمية المستدامة في الجزائر: قراءة تحليلية في المفهوم والمعوقات. *مجلة أبحاث ودراسات التنمية، 06*(02)، الصفحات 121-140.

21. مدفوني هندة، أميرة مناصرية ، و سعيدة بوعلاق . (بلا تاريخ). الأمن الغذائي وعلاقته بالتنمية المستدامة-عرض تجربة الهيئة العربية للاستثمار والانماء الزراعي. *الملتقى الدولي: تحديات الاقتصاد الجزائري مع مطلع الألفية الثالثة: الأمن الغذائي، الانتقال الطاقوي والتوزيع والتكامل الاقتصادي*.

22. نوزاد عبد الرحمن الهيتي. (2009). *التنمية المستدامة: الإطار العام والتطبيقات – دولة الامارات العربية المتحدة نموذجا*. مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية.

23. هناء ,ح & .,طرايش ,م .(2023) .دور إدارة الموارد الطبيعية في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة في الجزائر (2000_2021). *Revue algérienne d'économie et gestion, 17*(02), pp. 44-65.

24. يوسف ,م & .,الحسين ,ع .(2022) .التنمية المستدامة في إطار البنك الدولي .*مجلة الدراسات القانونية*.783-769 .pp ,(01)*08* ,