

جامعة ميدأوشن



كلية الإدارة

ماجستير إدارة الأعمال

أثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية على تحسين استدامة البنية

التحتية: دراسة ميدانية على بلديات منطقة عسير

إعداد الطالب/

عبدالله ظافر عبدالله الشهري

252000190

إشراف/

د. الفيصل عبد الحميد محمد حسن

د. فايز جراد

العام الدراسي:

1447 – 2026



إهداء

إلى من آمنوا بأن الحلم يمكن أن يصبح حقيقة، إلى من كانوا حولي دعمًا
وسندًا في مسيرتي العلمية، إلى أساتذتي الكرام الذين أضاءوا لي الطريق بعلمهم
وإرشادهم، وإلى كل من كان له أثر في تكوين فكري وشخصيتي الأكاديمية.

إلى أمي وأبي، إلى أنتما اللذان لم تكلاً من الدعاء لي، إلى أنفاسكما التي
كانت بردًا وسلامًا على قلبي حين ضاق بي الطريق،

إليكما أهدي هذا العمل العلمي ليكون وسام نخر واعتزازٍ يليق بتضحيتكما.

إلى كل من مرّ في حياتي وترك بصمة طيبة، إلى من حفّزني بكلمة، أو
دعمني بصمت، أو شاركني فكرة،

أهديكم جميعًا هذا الجهد، الذي ما كان ليكتمل لولاكم.

شكر وفخر

أحمد الله عز وجل الذي وفقني في إتمام هذا البحث العلمي،

والذي ألهمني الصحة والعافية والعزيمة.

فالحمد لله حمداً كثيراً

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور /

د. الفیصل عبدالحمد محمد

د. فايز جراد

على كل ما قدمه لنا من توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع دراستنا في جوانبها المختلفة.

والشكر والتقدير موصول إلى إدارة جامعة ميد أوشن ممثلة بالكادر الأكاديمي والإداري، لما قدموه من تسهيلات وتشجيع وتوفير الخدمات المطلوبة.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من لم يسعني الحظ بذكر أسمائهم راجياً من المولي عز وجل أن تكون هذه الدراسة نافذة لدراسات أخرى .

مستخلص الدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى قياس أثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها (أنظمة جمع البيانات الحضرية، والتحليلات الذكية وإدارة المعلومات، والنماذج التنبؤية لصيانة الأصول، ومنصات المتابعة اللحظية) على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم تصميم استبانة مكونة من (28) فقرة وُزعت على جميع العاملين في المستويات الإدارية والإشرافية البالغ عددهم (312) موظفًا وموظفة، وبلغت الاستبانات الصالحة للتحليل (267) استبانة بنسبة استجابة (85.6%). وقد أظهرت النتائج أن مستوى تطبيق الأنظمة الذكية جاء مرتفعًا بمتوسط حسابي (3.52)، كما جاء مستوى استدامة البنية التحتية مرتفعًا بمتوسط (3.54). وأثبت تحليل الانحدار المتعدد وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha \leq 0.05$) للأنظمة الذكية مجتمعةً على استدامة البنية التحتية، بمعامل تحديد بلغ (0.677). وجاء بُعد منصات المتابعة اللحظية الأكثر تأثيرًا، يليه التحليلات الذكية، ثم النماذج التنبؤية، وأخيرًا أنظمة جمع البيانات. وأوصت الدراسة بتعزيز الاستثمار في النماذج التنبؤية، وتطوير آليات المشاركة المجتمعية، وإنشاء إدارات متخصصة في إدارة الأصول داخل البلديات.

الكلمات المفتاحية: الأنظمة الذكية، إدارة الأصول البلدية، استدامة البنية التحتية، بلديات منطقة

عسير، المتابعة اللحظية.

قائمة المحتويات

أ.....	بسم الله الرحمن الرحيم
ب.....	الإهداء
ج.....	الشكروالتقدير
د.....	مستخلص الدراسة
ه.....	قائمة المحتويات
ح.....	قائمة الجداول
1.....	الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
1.....	1.1 المقدمة
2.....	2.1 مشكلة الدراسة
4.....	3.1 أهمية الدراسة
5.....	4.1 أهداف الدراسة
6.....	5.1 تساؤلات الدراسة
7.....	6.1 فروض الدراسة
8.....	7.1 الدراسات السابقة
16.....	8.1 الفجوة البحثية
17.....	9.1 المنطلقات النظرية للدراسة
19.....	10.1 المنهجية وطرق البحث
20.....	11.1 مجتمع الدراسة
20.....	12.1 أداة الدراسة
21.....	13.1 الأساليب الإحصائية المستخدمة
22.....	14.1 حدود الدراسة
23.....	الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة
23.....	المبحث الأول: الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية (المتغير المستقل)

23.....	1.1.2 تمهيد.....
23.....	2.1.2 مفهوم الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية.....
25.....	3.1.2 أهمية الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية.....
27.....	4.1.2 أهداف الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية.....
28.....	5.1.2 أبعاد الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية.....
32.....	6.1.2 استراتيجيات تطبيق الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية.....
34.....	المبحث الثاني: استدامة البنية التحتية.....
34.....	1.2.2 تمهيد.....
34.....	2.2.2 مفهوم استدامة البنية التحتية.....
36.....	3.2.2 أهمية استدامة البنية التحتية.....
37.....	4.2.2 أهداف استدامة البنية التحتية.....
38.....	5.2.2 أبعاد استدامة البنية التحتية.....
41.....	6.2.2 استراتيجيات تحقيق استدامة البنية التحتية.....
43.....	الفصل الثالث: منهجية الدراسة.....
43.....	1.3 تمهيد.....
43.....	2.3 منهج الدراسة.....
44.....	3.3 مجتمع الدراسة وعينتها.....
46.....	4.3 خصائص عينة الدراسة.....
48.....	5.3 أداة الدراسة.....
49.....	6.3 صدق أداة الدراسة.....
53.....	7.3 ثبات أداة الدراسة.....
54.....	8.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة.....
56.....	9.3 اختبار التوزيع الطبيعي.....
57.....	10.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة.....
60.....	الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات.....

60.....	1.4 تمهيد.....
60.....	2.4 التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة.....
68.....	3.4 اختبار فرضيات الدراسة.....
76.....	الفصل الخامس: النتائج والتوصيات.....
76.....	1.5 تمهيد.....
76.....	2.5 نتائج الدراسة.....
80.....	3.5 توصيات الدراسة.....
82.....	4.5 الدراسات المستقبلية المقترحة.....
83.....	Abstract.....
84.....	المراجع.....
84.....	المراجع العربية.....
88.....	الملاحق.....
89.....	استمارة استبيان.....

قائمة الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
45	جدول رقم (1): توزيع الاستبانات على بلديات منطقة عسير واسترجاعها	1.
46	جدول رقم (2): خصائص عينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية (ن = 267)	2.
48	جدول رقم (3): توزيع فقرات المتغير المستقل على الأبعاد	3.
49	جدول رقم (4): فقرات المتغير التابع	4.
49	جدول رقم (5): تدريج مقياس ليكرت الخماسي المعتمد في الدراسة	5.
50	جدول رقم (6): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية والدرجة الكلية للبعد	6.
51	جدول رقم (7): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد التحليلات الذكية وإدارة المعلومات والدرجة الكلية للبعد	7.
51	جدول رقم (8): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول والدرجة الكلية للبعد	8.
51	جدول رقم (9): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد منصات المتابعة اللحظية والدرجة الكلية للبعد	9.
52	جدول رقم (10): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات محور استدامة البنية التحتية والدرجة الكلية للمحور	10.

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
53	جدول رقم (11): معاملات الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل والدرجة الكلية له (الصدق البنائي)	11.
54	جدول رقم (12): معاملات ثبات ألفا كرونباخ لأبعاد ومحاور الاستبانة	12.
55	جدول رقم (13): مصفوفة ارتباط بيرسون بين متغيرات الدراسة (ن = 267)	13.
56	جدول رقم (14): اختبار الازدواج الخطي المتعدد (VIF) و (Tolerance)	14.
57	جدول رقم (15): نتائج اختبار التوزيع الطبيعي لمتغيرات الدراسة	15.
60	جدول رقم (16): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية (ن = 267)	16.
62	جدول رقم (17): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التحليلات الذكية وإدارة المعلومات (ن = 267)	17.
63	جدول رقم (18): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول (ن = 267)	18.
64	جدول رقم (19): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد منصات المتابعة اللحظية (ن = 267)	19.
65	جدول رقم (20): ترتيب أبعاد المتغير المستقل وفقًا للمتوسطات الحسابية	20.
66	جدول رقم (21): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور استدامة البنية التحتية (ن = 267)	21.

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
69	جدول رقم (22): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد الأنظمة الذكاء لإدارة الأصول البلدية على استدامة البنية التحتية	22.
71	جدول رقم (23): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر أنظمة جمع البيانات الحضرية على استدامة البنية التحتية	23.
72	جدول رقم (24): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر التحليلات الذكاء وإدارة المعلومات على استدامة البنية التحتية	24.
73	جدول رقم (25): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر النماذج التنبؤية لصيانة الأصول على استدامة البنية التحتية	25.
74	جدول رقم (26): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر منصات المتابعة اللحظية على استدامة البنية التحتية	26.

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1 المقدمة

تُعد البنية التحتية في العصر الحديث أحد الأعمدة الجوهرية لنهضة المدن وتطورها، إذ تعتمد عليها المجتمعات في توفير الخدمات الحيوية التي تشمل النقل، والمياه، والطاقة، والاتصالات، والخدمات البلدية كافة. ومع تسارع النمو الحضري وازدياد الضغط على الموارد والقدرات التشغيلية، باتت إدارة البنية التحتية أحد أكثر المجالات جذباً للاهتمام على مستوى العالم، لما تحمله من تأثير مباشر على جودة الحياة والاستدامة والتنمية الحضرية. (Mavisclara et al., 2025)

و شكّلت الأنظمة الرقمية وإنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي مكونات رئيسة في إعادة هندسة العمليات الحضرية، حيث أسهمت هذه التقنيات في تطوير نظم تشغيلية قادرة على تحسين الأداء البلدي ودعم اتخاذ القرار، وإن أهمية توظيف هذه الأنظمة في مجالات متنوعة مثل النقل، وإدارة الطاقة، والبنية الحضرية، مع التأكيد على أن الأنظمة الذكية تتيح فرصاً واسعة لتعزيز كفاءة الخدمات وتحسين استدامة المدن من منظور شامل يجمع بين البعد البيئي والاقتصادي والتقني. (Zhang et al., 2020)

ومع توسع مفهوم المدن الذكية ليشمل مختلف القطاعات الخدمية، برز استخدام إنترنت الأشياء بشكل خاص كأداة مركزية في تعزيز تكامل الأنظمة الحضرية ، إلا أن البنى التحتية الذكية القائمة على إنترنت الأشياء تُمكن من جمع البيانات بشكل لحظي وتوفير تحليلات دقيقة تساعد على تحسين إدارة موارد المدن، ويؤكد هذا التوجه المتنامي أن تطبيق الأنظمة الذكية في قطاعات المياه والطاقة والبيئة وإدارة النفايات يمثل تحولاً جوهرياً في إدارة الأصول البلدية وتطوير عملياتها التشغيلية. (Paruchuru et al., 2025).

وفي إطار التطورات التقنية المتقدمة، أصبحت الأنظمة المستقلة والمرنة إحدى الركائز التي تعتمد عليها البنى التحتية الحديثة، حيث تتيح هذه الأنظمة القدرة على الاستجابة الذاتية للأحداث، والتحسين التلقائي للأداء، وإدارة الموارد بفعالية أعلى، وإن تصميم أنظمة قادرة على العمل في بيئات ديناميكية

ومعقدة، خاصة في المدن التي تشهد توسعاً عمرانياً وتغيرات متسارعة، الأمر الذي يجعل الأنظمة الذكية لإدارة الأصول أداة أساسية في ضمان الكفاءة والاستدامة في المدى الطويل. (Temel, 2025)

كما أصبح دمج التقنيات الذكية مع المبادئ المستدامة أحد الأبعاد الحيوية لإدارة المدن، حيث تسعى الأدبيات الحديثة إلى الربط بين الابتكار التقني والاستدامة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، ويشير هذا الاتجاه إلى أن تطوير البنية التحتية لم يعد مقتصرًا على الجانب التقني، بل أصبح جزءاً من منظومة متكاملة تهدف إلى تحسين جودة الحياة والارتقاء بالخدمات العامة، من خلال تطبيق تقنيات ذكية تُسهم في الاستخدام الرشيد للموارد وتعزيز مرونة المدن في مواجهة التغيرات المستقبلية. (Rathinavel et al., 2025).

وفي ضوء هذا المسار العالمي والمحلي، تتأكد الحاجة العلمية والعملية لتناول موضوع أثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية على استدامة البنية التحتية، خصوصاً في السياقات التي تشهد تحولاً رقمياً متسارعاً مثل بلديات منطقة عسير. ومن هنا تنطلق الدراسة الحالية لسد فجوة معرفية، تتمثل في ضرورة فهم مدى توظيف البلديات لهذه الأنظمة، وتأثيرها في دعم الاستدامة الحضرية، ورفع كفاءة إدارة الأصول ضمن بيئة بلدية متطورة وحديثة.

2.1 مشكلة الدراسة

تواجه البلديات في مختلف دول العالم تحديات متزايدة في إدارة الأصول البلدية والبنية التحتية في ظل النمو الحضري المتسارع، وارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة، وتزايد الضغوط على الموارد المالية. وقد أشارت العديد من الدراسات الدولية إلى أن النظم التقليدية في متابعة الأصول لا تواكب متطلبات المدن الحديثة، ولا تحقق مستويات الكفاءة التشغيلية والاستدامة المطلوبة، فدراسة Mavisclara et al. (2025) أكدت أن إدارة البنية التحتية التقليدية تفتقر إلى الآليات الذكية التي تسهم في تقليل استهلاك الموارد ورفع كفاءة التشغيل، مما يجعل الحاجة إلى التحول نحو أنظمة ذكية ضرورة وليست خياراً.

و بيّنت دراسات أخرى أن تطبيق الأنظمة الذكية في إدارة الأصول يمكن أن يمثل تحولاً نوعياً في أداء البنية التحتية، شرط توافر التكامل بين البيانات، والتحليلات الذكية، والصيانة التنبؤية، فقد أوضحت دراسة (Paruchuru et al. (2025 أن أنظمة إنترنت الأشياء والتحليلات البياناتية تسهم في تحسين مراقبة الأصول، ورفع الكفاءة التشغيلية، وتعزيز استدامة البنى التحتية، غير أنّ تطبيق هذه الأنظمة يظل متفاوتاً بين القطاعات والمناطق، ويشير ذلك إلى فجوة بين ما يمكن أن تحققه التكنولوجيا وما يُطبّق فعلاً على أرض الواقع.

كما أبرزت دراسات متقدمة مثل (Temel (2025 و (Nwaigbo et al. (2025 أن الأنظمة القائمة على الذكاء الاصطناعي والصيانة التنبؤية يمكن أن تقلل الأعطال بنسبة ملحوظة، وترفع موثوقية الأصول الحضرية، إلا أن فعاليتها تعتمد على تبني منهجيات متقدمة وتحديث مستمر للأنظمة والهياكل التنظيمية، ويظهر من هذه الدراسات أن التحديات التقنية، وضعف التكامل بين الأنظمة الرقمية، وقصور الخبرات المؤسسية تقف عائقاً أمام تحقيق أقصى استفادة من الأنظمة الذكية.

ويضاف إلى ذلك أن الإدارات البلدية، وخصوصاً في السياقات العربية، ما زالت في مراحل متفاوتة من التحول الرقمي، فالدراسة العربية زيغند ومقيم (2023) أكدت أن اعتماد الأنظمة الذكية لا يؤدي تلقائياً إلى تحسين الأداء، إذ يتوقف أثرها على مستوى الإبداع التنظيمي، ومدى استعداد المؤسسة لتبني الممارسات الحديثة، وهذا ما يشير إلى وجود فجوة بين امتلاك التكنولوجيا وبين القدرة على استخدامها فعلياً لتعزيز استدامة البنية التحتية. ويُستنتج من هذه الأدلة أن البلديات، ومن ضمنها بلديات منطقة عسير، تحتاج إلى تقييم دقيق لمدى فاعلية الأنظمة الذكية في تحسين الاستدامة الحضرية.

وعليه تتمثل مشكلة الدراسة في السؤال الرئيس الآتي: إلى أي مدى تؤثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها المختلفة على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير؟

3.1 أهمية الدراسة:

تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي:

أولاً: الأهمية العلمية للدراسة

1. تسدّ فجوة معرفية في الأدبيات المتعلقة بدور الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية في تعزيز استدامة البنية التحتية، خصوصاً في السياق العربي والخليجي الذي لا تزال فيه الدراسات محدودة.
2. تسهم في تطوير الإطار النظري لفهم العلاقة بين مكونات الأنظمة الذكية (جمع البيانات، التحليلات الذكية، الصيانة التنبؤية، المتابعة اللحظية) وبين مؤشرات الاستدامة الحضرية.
3. تدعم الاتجاهات الحديثة في البحث العلمي التي تركز على التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في الإدارة المحلية، وتقدم نموذجاً علمياً قابلاً للبناء عليه في دراسات مستقبلية.
4. تعزز المعرفة الأكاديمية حول كفاءة استخدام الأنظمة الذكية في تحسين دورة حياة الأصول البلدية وتقليل التكاليف، وهو مجال يتقاطع مع الإدارة العامة والهندسة وإدارة المدن الذكية.
5. تقدم قيمةً بحثية قابلة للقياس والتحليل عبر استخدام النمذجة بالمعادلات البنائية، مما يثري المنهجيات الكمية في الدراسات الحضرية.

ثانياً: الأهمية العملية للدراسة

1. تساعد البلديات في منطقة عسير على تحسين أساليب إدارة أصولها من خلال تبني أنظمة ذكية تسهم في رفع كفاءة البنية التحتية وتقليل الأعطال.
2. تقدم توصيات تطبيقية لصناع القرار حول كيفية رفع مستوى الاستدامة التشغيلية والبيئية والاقتصادية للأصول البلدية.
3. تحفّز التحول الرقمي في القطاع البلدي من خلال توضيح أثر التقنيات الذكية على تحسين جودة الخدمات المقدمة للمواطنين.

4. تدعم التخطيط الاستراتيجي للبلديات عبر توفير مؤشرات أداء واضحة تساعد في اتخاذ قرارات مبنية على البيانات لا على التقديرات الذاتية.
5. تسهم في خفض التكاليف التشغيلية عبر تعزيز الصيانة التنبؤية وتقليل الإصلاحات الطارئة، مما يحسن كفاءة استخدام الموارد المالية.
6. تساعد على بناء مدن أكثر صموداً واستدامة بما يتماشى مع رؤية السعودية 2030 والتحول نحو المدن الذكية.
7. تقدّم إطاراً عملياً يمكن للبلديات الأخرى في المملكة الاستفادة منه لتطوير أنظمتها الذكية وتحسين مستوى استدامة البنى التحتية لديها.

4.1 أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ودراسة أثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها (أنظمة جمع البيانات الحضرية، التحليلات الذكية وإدارة المعلومات، النماذج التنبؤية لصيانة الأصول، ومنصات المتابعة اللحظية) على تحسين استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير، وذلك من خلال قياس مدى كفاءة هذه الأنظمة في رفع جودة الأصول البلدية، وتقليل تكاليف الصيانة، وتحسين مستوى الخدمات العامة، وتعزيز القدرة على الصمود الحضري.

الأهداف الفرعية للدراسة:

1. تحليل أثر أنظمة جمع البيانات الحضرية على تحسين دقة المعلومات المتعلقة بالأصول البلدية ودورها في دعم اتخاذ القرار المستند إلى البيانات.
2. تقييم دور التحليلات الذكية وإدارة المعلومات في رفع كفاءة إدارة الأصول وتطوير آليات التشغيل والصيانة.
3. دراسة أثر النماذج التنبؤية لصيانة الأصول في الحد من الأعطال المفاجئة وتقليل التكلفة التشغيلية وتحسين دورة حياة البنية التحتية.

4. قياس أثر منصات المتابعة اللحظية في تعزيز الرقابة التشغيلية وتحسين جودة الخدمات البلدية المقدمة للمستفيدين.
5. استكشاف العلاقة بين الأنظمة الذكية لإدارة الأصول ومستوى استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير من منظور اقتصادي وبيئي وتشغيلي.
6. تحديد التحديات التي تواجه البلديات في تطبيق الأنظمة الذكية واقتراح حلول عملية لتعزيز الاستفادة منها.
7. اقتراح إطار استراتيجي متكامل لتفعيل دور الأنظمة الذكية في دعم استدامة البنية التحتية ورفع كفاءة الأصول البلدية على المدى الطويل.

5.1 تساؤلات الدراسة

السؤال الرئيس للدراسة: إلى أي مدى يؤثر تطبيق الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها (أنظمة جمع البيانات الحضرية، التحليلات الذكية، النماذج التنبؤية للصيانة، ومنصات المتابعة اللحظية) على تحسين استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير؟

الأسئلة الفرعية للدراسة:

1. ما أثر أنظمة جمع البيانات الحضرية على تحسين دقة المعلومات المتعلقة بالأصول البلدية ودعم اتخاذ القرار؟
2. ما مدى فاعلية التحليلات الذكية وإدارة المعلومات في رفع كفاءة إدارة الأصول البلدية وتحسين استدامتها؟
3. كيف تسهم النماذج التنبؤية لصيانة الأصول في تقليل الأعطال وتقليل تكاليف الصيانة وتعزيز استدامة البنية التحتية؟
4. ما أثر منصات المتابعة اللحظية على تحسين جودة الخدمات البلدية ورفع كفاءة العمليات التشغيلية؟

5. ما العلاقة بين الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية وبين مستوى الاستدامة الاقتصادية والبيئية والتشغيلية للبنية التحتية في بلديات منطقة عسير؟
6. ما أبرز التحديات التي تواجه تطبيق الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية، وكيف تؤثر على مستوى الاستدامة؟
7. ما النموذج أو الإطار الاستراتيجي الأمثل الذي يمكن من خلاله تعزيز دور الأنظمة الذكية في دعم الاستدامة المستدامة للبنية التحتية في بلديات منطقة عسير؟

6.1 فروض الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن صياغة الفرضيات التالية:

الفروض الرئيسية للدراسة:

1. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.

الفروض الفرعية للدراسة:

1. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لأنظمة جمع البيانات الحضرية على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.
2. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتحليلات الذكية وإدارة المعلومات على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.
3. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للنماذج التنبؤية لصيانة الأصول على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.
4. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لمنصات المتابعة اللحظية على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.

7.1 الدراسات السابقة:

دراسة (Mavisclara et al., 2025) 

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر الابتكارات الخضراء وحلول البنى التحتية الذكية بأبعادها (تقنيات البناء الأخضر، المواد منخفضة الكربون، التصميمات صافية الانبعاثات، النظم الذكية لإدارة الطاقة والمياه) على تعزيز استدامة المدن ورفع كفاءتها البيئية في سياق التسارع الحضري العالمي.

واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي الوصفي القائم على مراجعة منهجية لأبرز الدراسات العالمية خلال السنوات الخمس الأخيرة، كما اعتمدت على دراسات حالة لمدين مثل برشلونة وأوسلو وسنغافورة بهدف استنباط الدروس التطبيقية.

وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعة منتقاة من الأبحاث المحكمة، والتقارير الدولية، والمشاريع الميدانية ذات الصلة بالمدين المستدامة.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أنّ تقنيات البناء الأخضر تسهم في خفض استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلى 50% وتقليل الانبعاثات بنحو 30-50%، بينما تعمل البنى التحتية الذكية—مثل الشبكات الذكية وأنظمة إنترنت الأشياء—على تعزيز كفاءة الموارد ورفع القدرة الحضرية على الصمود بنسبة 20-30%. كما كشفت النتائج عن وجود تحديات مرتبطة بالتكلفة العالية، والفجوات التنظيمية، وضعف العدالة في الوصول للتقنيات في الدول النامية.

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص، وتطوير سياسات داعمة للتحويل الأخضر، وتنفيذ دراسات طويلة لفحص أثر التقنيات الناشئة مثل “الإنترنت الأخضر”، إلى جانب تبني استراتيجيات شمولية تضمن عدالة الوصول إلى حلول الاستدامة بما ينسجم مع متطلبات الهدف الأممي الحادي عشر وأهداف صافي الانبعاثات بحلول 2030.

هدفت الدراسة إلى التعرف على تحديات منظومة النقل الحديثة وتحليل واقع أنظمة النقل الذكية (ITS) بأبعادها المتمثلة في: جمع البيانات، والاتصال، وصنع القرار، والتنفيذ، وذلك من خلال إطار الحلقة المغلقة للتحكم المرتد. كما سعت الدراسة إلى استكشاف طبيعة التفاعل بين منظومة النقل الذكية وسبعة أنظمة فرعية في المدن الذكية تشمل: المنزل والمجتمع الذكي، الطب والرعاية الصحية الذكية، إدارة الطاقة الذكية، البنية التحتية الحضرية الذكية، حماية البيئة الذكية، أنظمة الاستجابة للطوارئ، والبعد الإنساني الذكي، إضافة إلى تحليل تأثير أربعة عوامل محورية تؤثر في المدن الذكية هي: تدفق المعلومات، والدورة المادية، ونمط الحياة، والمجتمع.

واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي الوصفي المستند إلى مراجعة منهجية للأدبيات العلمية ونماذج الأنظمة الذكية، مع توظيف إطار معياري قائم على التغذية الراجعة والتكامل بين الأنظمة لفهم ديناميات النقل الذكي.

وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعة واسعة من الأبحاث المحكمة والتقارير التقنية المتقدمة في مجالات النقل الذكي والمدن الذكية التي تتناول عناصر النظام الأربعة وارتباطاته البينية في البيئات الحضرية المعاصرة.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن فعالية أنظمة النقل الذكية تعتمد على القدرة على المواءمة الدقيقة بين البيانات الساكنة والديناميكية، وتبني آليات اتصال متعددة الأبعاد تضمن الفاعلية والمرونة، بالإضافة إلى تطوير منهجيات تكيفية واستجابات تعتمد على إدارة الطلب. كما بيّنت النتائج أن التكامل بين أنظمة النقل الذكية وبقية الأنظمة الحضرية يُعد شرطاً أساسياً لتحقيق الاستدامة والمرونة الشاملة.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني إطار تصميم تكاملي قائم على منظور UV، وتطوير آليات مبتكرة لمعالجة التحديات الناشئة، وتعزيز البنية الذكية الداعمة للأمن والسلامة والاستدامة في أنظمة النقل، مع

التأكيد على أهمية الحوكمة الذكية والسياسات التمكينية لتحقيق منظومة نقل متكاملة، مرنة، شاملة، ومستدامة.

❶ دراسة (Paruchuru et al., 2025)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيقات إنترنت الأشياء والأنظمة الذكية بأبعادها (البنية التحتية الذكية للطاقة، أنظمة المياه الذكية، التنمية الحضرية الذكية، الزراعة الذكية، وأنظمة إدارة النفايات الذكية) على تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد وتعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مدعوماً بمراجعة موسّعة للأدبيات العلمية، وتحليل منهجيات دمج الأنظمة الذكية القائمة على إنترنت الأشياء، مع الاستناد إلى نماذج تكامل الأنظمة وبيانات تطبيقية لقياس كفاءة الحلول الذكية في القطاعات المختلفة.

وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعة من الدراسات التطبيقية، والتقارير البحثية، والمشروعات الفعلية التي تناولت أثر البنى التحتية الذكية المعتمدة على إنترنت الأشياء في مجالات الطاقة والمياه والزراعة وإدارة النفايات والتنمية الحضرية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الأنظمة الذكية القائمة على إنترنت الأشياء قادرة على تحسين مراقبة الموارد ورفع الكفاءة التشغيلية وتوفير المرونة في الإدارة، مما يؤدي إلى آثار بيئية مستدامة، إضافة إلى تعزيز الاستدامة الاقتصادية والاجتماعية وزيادة القدرة على التكيف مع الضغوط المناخية والديموغرافية.

وأوصت الدراسة بضرورة توسيع تبني البنى التحتية الذكية، وتطوير سياسات داعمة لدمج تقنيات إنترنت الأشياء في قطاعات الخدمات الحيوية، وتعزيز الحوكمة الرقمية، إلى جانب الاستثمار في الأنظمة التنبؤية والتحليل الفوري لضمان تحقيق أهداف التنمية المستدامة بكفاءة وفعالية.

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تصميم الأنظمة المرنة والذاتية التشغيل بأبعادها (تكامل الذكاء الاصطناعي، وتعلم الآلة، وإنترنت الأشياء، والهندسة اللامركزية، والتحليلات الذكية للبيانات) على تعزيز موثوقية وكفاءة واستدامة البنى التحتية الذكية في التطبيقات الحضرية والصناعية، وذلك من خلال تطوير منظومات قادرة على المراقبة اللحظية، والتحسين الذاتي، والعمل المقاوم للأعطال.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي المدعوم بنماذج تصميمية وتقنيات محاكاة منهجية، بهدف فهم آليات تكامل التقنيات المتقدمة داخل بنى تحتية تتسم بالتعقيد والتغير الدينامي. كما اعتمدت الدراسة على تحليل معماريات الأنظمة اللامركزية والتصميم التكيفي لاستكشاف كيفية تعزيز الأداء والاعتمادية.

وتكوّنت عينة الدراسة من سلسلة من الدراسات التطبيقية، والأطر التقنية، ونماذج التنفيذ في مجالات النقل، والتخطيط الحضري، والأتمتة الصناعية، مع مراجعة موسّعة للأعمال البحثية التي تناولت تكامل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في نظم البنية التحتية الذكية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الأنظمة المرنة والذاتية التشغيل قادرة على تقليل استهلاك الموارد، وتحسين عمليات الصيانة الوقائية، وزيادة الكفاءة التشغيلية عبر التحليل الذكي للبيانات والهندسة اللامركزية، مما يساهم في دعم الأهداف البيئية طويلة المدى. كما أظهرت النتائج أن التحديات المتعلقة بقابلية التوسع، والتشغيل البيئي، وأمن الأنظمة تشكّل عوامل رئيسة يجب معالجتها لضمان نجاح هذه الأنظمة.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني أطر تصميم متقدمة تجمع بين الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، والاستثمار في العمارة اللامركزية لتعزيز الصمود، وتطوير سياسات داعمة لأمن البيانات وبناء بنى تحتية ذكية مستدامة، بما يساهم في تحقيق تحول نوعي في مجالات النقل الحضري والأتمتة الصناعية والتخطيط المستدام.

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر دمج التقنيات المتقدمة والممارسات المستدامة بأبعادها (الاستدامة البيئية، العدالة الاجتماعية، التكامل التكنولوجي، والمرونة المناخية) على تعزيز كفاءة النظم الحضرية وجودة الحياة في المدن، وذلك عبر توظيف تقنيات إنترنت الأشياء، الطاقة المتجددة، والحلول المعتمدة على الطبيعة لبناء مدن أكثر قدرة على التكيف والاستخدام الرشيد للموارد وتحقيق العدالة في الوصول للخدمات.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي القائم على مراجعة الأدبيات الحديثة والنماذج التطبيقية ذات الصلة بالبنى التحتية الذكية وأنظمة الاستدامة الحضرية، مع تحليل آليات التكامل التقني ودور السياسات الشمولية في تطوير بيئات عمرانية مستدامة وقادرة على مواجهة التحديات المناخية.

وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعة متنوعة من الأبحاث المحكمة، والتقارير الدولية، والدراسات التطبيقية التي تناولت تطبيقات التقنيات الذكية والحلول الطبيعية في المدن المعاصرة.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن دمج IoT والطاقة المتجددة والحلول القائمة على الطبيعة يسهم في تعزيز كفاءة استخدام الموارد، وزيادة القدرة على التكيف المناخي، وتحقيق مستويات أعلى من العدالة الاجتماعية، مما يدعم بناء مدن ذكية مستدامة وقادرة على الصمود. كما أبرزت النتائج أهمية الحوكمة التشاركية والسياسات الشاملة في تمكين التحول نحو مدن تتصف بالكفاءة والمرونة.

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز التكامل بين التقنيات الذكية والحلول البيئية، وتطوير سياسات داعمة للعدالة الحضرية، وتوسيع تطبيق الطاقة المتجددة والحلول الطبيعية في التخطيط الحضري بهدف تحقيق مدن مستقبلية أكثر استدامة، تكيفاً، وإنصافاً.

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر دمج التقنيات الذكية بأبعادها (إنترنت الأشياء، التحليلات البياناتية، الذكاء الاصطناعي، وأنظمة النقل والطاقة الذكية) على تعزيز كفاءة التخطيط الحضري، وتحسين تخصيص الموارد، ودعم الاستدامة والمرونة في البنى التحتية الحضرية، مع التركيز على دور هذه التقنيات في رفع جودة الحياة داخل المدن المعاصرة.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي القائم على مراجعة منهجية للأدبيات والدراسات التطبيقية المتعلقة بتقنيات المدن الذكية، وتحليل نماذج الممارسات العالمية في دمج التكنولوجيا داخل منظومات النقل والطاقة والإدارة الحضرية.

وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعة من الأبحاث المحكمة، والتقارير التقنية، ودراسات الحالة الميدانية التي تناولت تطبيقات الأنظمة الذكية في البنية التحتية الحضرية وتحديات حوكمتها.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التقنيات الذكية قادرة على تحسين تدفقات النقل وتقليل الانبعاثات، وتعزيز كفاءة الطاقة عبر الشبكات الذكية، ورفع قدرة المدن على الاستجابة السريعة للطوارئ من خلال المراقبة الرقمية للبنى الحيوية. كما كشفت النتائج عن وجود تحديات ترتبط بخصوصية البيانات، والفجوة الرقمية، والتهديدات السيبرانية التي قد تعيق التطبيق الأمثل لهذه التقنيات.

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الأطر التشريعية لحماية البيانات، وتطوير سياسات للحد من عدم المساواة الرقمية، وتبني استراتيجيات أمن سيبراني شاملة، وتوسيع التكامل بين التكنولوجيا والتخطيط الحضري لتحقيق بنية تحتية حضرية ذكية ومستدامة وقادرة على الصمود.

دراسة (Nwaigbo et al., 2025) ©

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعاده (اتخاذ القرار القائم على البيانات اللحظية، النمذجة التنبؤية، والتحكم الذاتي في الأنظمة) على تعزيز الاستدامة الحضرية وتحسين كفاءة البنى التحتية الذكية في المدن، وذلك من خلال تحليل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في

مجالات المباني الموقرة للطاقة، وشبكات النقل الذكية، ورصد جودة الهواء، وإدارة النفايات، والتخطيط الحضري.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع الاعتماد على مراجعة متعددة التخصصات للأدبيات العلمية ودراسات الحالة بهدف تقييم القيمة التحويلية لتقنيات الذكاء الاصطناعي في تمكين مدن أكثر كفاءة واستدامة وقدرة على الصمود.

وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعة واسعة من الأبحاث المحكمة، والتقارير التقنية، ودراسات الحالة الدولية التي تناولت تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجالات الحضرية الحيوية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يساهم في خفض الانبعاثات، وتحسين تخصيص الموارد، وتعزيز جودة الخدمات العامة عبر أتمتة العمليات وتفعيل نظم التنبؤ والإدارة الذكية. كما كشفت النتائج عن تحديات محورية تشمل حوكمة البيانات، والتحيز الخوارزمي، والاستهلاك الطاقى لمنظومات الذكاء الاصطناعي، ومخاطر الإقصاء التكنولوجي.

➤ دراسة (Gupta & Sharma, 2025)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر دمج مبادئ الاستدامة بأبعادها (استهلاك الطاقة، استخدام الطاقة المتجددة، الاقتصاد الدائري، وخفض الأثر الكربوني) في تصميم نظم المستقبل الذكية، وتعزيز قدرتها على تحقيق التوازن البيئي والمحافظة على الموارد الطبيعية من خلال تبني منهج شمولي في التقييم البيئي ودورة الحياة.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي القائم على مراجعة منهجية لمقاييس التقييم البيئي والمعايير الهندسية التي تُوظف في تصميم الأنظمة الذكية المستدامة، إضافة إلى تحليل مؤشرات الأثر مثل البصمة الكربونية، تقليل النفايات، كفاءة استهلاك المياه، وإعادة التدوير خلال دورة حياة النظام.

وتكوّنت عينة الدراسة من مجموعة من الدراسات التطبيقية والأطر العلمية والتقارير التقنية التي تناولت مستويات الأداء البيئي لأنظمة ذكية تعتمد على الطاقة المتجددة وتطبيقات الاقتصاد الدائري.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن دمج الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة واعتماد استراتيجيات تقليل النفايات وإعادة التدوير يسهم في خفض الأثر البيئي لهذه الأنظمة وتعزيز فوائدها طويلة المدى، إلا أن الأداء الحالي يتطلب تحسينات وابتكارات تقنية إضافية لتحقيق الأهداف المستقبلية المرتبطة بالاستدامة العالمية.

وأوصت الدراسة بضرورة تطوير نظم ذكية أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، وتوسيع الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، وتعزيز تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في دورة حياة الأنظمة، وزيادة القدرة على إعادة التدوير بدلاً من التخلص من النفايات في المدافن، بما يضمن تحقيق مكاسب بيئية مستدامة تتماشى مع الجهود الدولية للحفاظ على النظام البيئي العالمي.

● دراسة (زيغند ومقيم، 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر الأنظمة والعمليات الذكية بأبعادها (الأنظمة الرقمية، أدوات التحول الرقمي، وآليات التشغيل المعتمدة على التقنيات الحديثة) على أداء المؤسسات الناشئة في الجزائر من خلال الإبداع التنظيمي باعتباره متغيراً وسيطاً.

واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، مع الاعتماد على الاستمارة كأداة رئيسية لجمع البيانات، وتحليلها باستخدام النمذجة بالمعادلات البنائية عبر برنامج Smart PLS 4 لاختبار فرضيات الدراسة. وتكوّنت عينة الدراسة من 255 مؤسسة ناشئة تم اختيارها بطريقة عشوائية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التأثير غير المباشر للأنظمة والعمليات الذكية على أداء المؤسسات من خلال الإبداع التنظيمي كان ضعيفاً وبلغ 0.6%، في حين كان التأثير المباشر كبيراً وبلغ 70.5%. ويشير ذلك إلى أن الإبداع التنظيمي لا يزال دون المستوى المطلوب ليحدث الأثر المتوقع في تعزيز دور الأنظمة والعمليات الذكية داخل المؤسسات الناشئة.

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الإبداع التنظيمي داخل المؤسسات الناشئة في الجزائر، وتطوير بيئات عمل محفزة للابتكار، وتبني أنظمة تشغيل ذكية بشكل أكثر تكاملاً، بما يساهم في رفع كفاءة الأداء وتحسين الأثر الكلي للأنظمة والعمليات الذكية على نتائج المؤسسة.

8.1 الفجوة البحثية:

تتفق الدراسات السابقة مع الدراسة الحالية في إبراز الدور المحوري للأنظمة الذكية—سواء في إدارة الأصول البلدية، أو البنى التحتية الحضرية، أو الأنظمة المؤسسية—في تعزيز الاستدامة بكافة أبعادها. فجميع الدراسات (Mavisclara et al., 2025؛ Paruchuru et al., 2025؛ Deep, 2023؛ Nwaigbo et al., 2025؛ وغيرها) تجمع على أن التقنيات الذكية مثل إنترنت الأشياء، التحليلات البينانية، النمذجة التنبؤية، والذكاء الاصطناعي، تُعد أدوات فعّالة في تحسين كفاءة استخدام الموارد، رفع جودة الخدمات، وتعزيز القدرة على الصمود والاستجابة للمخاطر. كما تتفق هذه الدراسات مع الدراسة الحالية في اعتمادها المنهج الوصفي التحليلي واستخدام النماذج التطبيقية أو الأدوات الكمية، إضافة إلى تأكيدها على أهمية تكامل الأنظمة الذكية مع السياسات والحوكمة الفعالة لتحقيق نتائج مستدامة.

تختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة في المجال الجغرافي والمجال التطبيقي؛ فهي تركز تحديداً على بلديات منطقة عسير في السعودية وعلى إدارة الأصول البلدية كقطاع متخصص، بينما تناولت الدراسات السابقة موضوعات أوسع مثل المدن الذكية، النقل الذكي، أو المؤسسات الناشئة. كما تختلف الدراسة الحالية في اعتمادها التحليل الميداني المباشر باستخدام الاستبانة والنمذجة بالمعادلات البنائية (SEM)، في حين أن غالبية الدراسات السابقة اعتمدت على مراجعات نظرية أو دراسات حالة دولية. إضافة إلى ذلك، تتميز الدراسة الحالية بتركيزها على العلاقة المباشرة وغير المباشرة بين الأنظمة الذكية واستدامة البنية التحتية من خلال نموذج كمي متخصص، وهو ما يجعل نتائجها أكثر ارتباطاً بالسياق المحلي للقطاع البلدي، بينما ركزت بعض الدراسات السابقة على الاستدامة العامة أو كفاءة الأنظمة دون التعمق في البعد البلدي والإداري المحلي.

9.1 المنطلقات النظرية للدراسة:

أولاً: مفهوم الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية

تشير الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية إلى مجموعة متكاملة من الأدوات والتقنيات الرقمية التي تُستخدم لرصد الأصول الحضرية وإدارتها وصيانتها بطرق تعتمد على البيانات والتحليلات الذكية. وتشمل هذه الأصول شبكات الطرق، والإنارة العامة، وشبكات المياه والصرف الصحي، والمباني الحكومية، والمرافق الخدمية. وتعمل الأنظمة الذكية على تحسين كفاءة الإدارة التشغيلية من خلال جمع البيانات بشكل لحظي، وتحليلها باستخدام الذكاء الاصطناعي والخوارزميات التنبؤية، وتوفير لوحات تحكم تفاعلية تدعم اتخاذ القرارات المبينة على الأدلة.

وتتضمن الأنظمة الذكية عدة أبعاد أساسية، أبرزها:

- أنظمة جمع البيانات الحضرية: تشمل الحساسات، الكاميرات، أجهزة الاستشعار، وتقنيات المسح الجغرافي، وتُعد الأساس في تكوين قاعدة بيانات ديناميكية حول حالة الأصول.
- التحليلات الذكية وإدارة المعلومات: هي أدوات تستخدم الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة لتحليل الأنماط وتوقع الأعطال وتحديد أولويات الصيانة.
- النماذج التنبؤية للصيانة: تستند إلى تقنيات تحليل البيانات لتوقع المشكلات قبل حدوثها، وبالتالي تقليل التكاليف التشغيلية والحد من الانقطاعات.
- منصات المتابعة اللحظية: وهي منصات رقمية تعرض البيانات بشكل فوري، وتُمكن مديري الأصول من اتخاذ إجراءات عاجلة عند حدوث أي تغيرات أو أعطال.

ثانياً: استدامة البنية التحتية البلدية

تُعد استدامة البنية التحتية مفهوماً يشير إلى قدرة الأصول والخدمات البلدية على الاستمرار في أداء وظائفها بكفاءة، مع المحافظة على الموارد وتقليل التأثيرات البيئية، وضمان تحقيق منافع اقتصادية واجتماعية طويلة المدى. وتمثل الاستدامة إطاراً متعدد الأبعاد يتضمن:

- الاستدامة الاقتصادية: وتُعنى بتقليل التكاليف التشغيلية، ورفع كفاءة الإنفاق الحكومي، وتحسين دورة حياة الأصول من خلال الصيانة الوقائية والتنبؤية.
- الاستدامة البيئية: وتشمل الحد من الانبعاثات، تحسين إدارة المياه والطاقة، وتقليل النفايات الناتجة عن عمليات الصيانة والاستبدال.
- الاستدامة التشغيلية: وتركز على رفع معدلات جاهزية الأصول، وتقليل الأعطال، وتحسين جودة الخدمات البلدية المقدمة للمواطنين.

ويزداد الاهتمام باستدامة البنية التحتية في ظل التحول العالمي نحو المدن الذكية، والضغط المتزايد الناتجة عن النمو السكاني والتوسع العمراني والآثار المناخية.

ثالثاً: العلاقة النظرية بين الأنظمة الذكية واستدامة البنية التحتية

تؤكد الأدبيات أن الأنظمة الذكية تُعد من أهم الأدوات التي تسهم في تحقيق الاستدامة، وأن العلاقة بينهما علاقة مباشرة وغير مباشرة في الوقت نفسه. فمن جهة أولى، تعمل الأنظمة الذكية على تحسين الكفاءة التشغيلية للأصول من خلال مراقبة حالتها بشكل مستمر، وتوفير معلومات دقيقة تساعد في اتخاذ القرارات المثلى المتعلقة بالإصلاح والصيانة والاستبدال.

ومن جهة ثانية، ترتبط الأنظمة الذكية بتحسين الاستدامة عبر تقليل الهدر، وتخفيض الانقطاعات، وتعظيم الاستفادة من الموارد، إضافة إلى دورها في التنبؤ بالمشكلات المستقبلية وتقديم الدعم لخطط البنية التحتية طويلة المدى. وهكذا، تشكل الأنظمة الذكية وسيلة فعالة لضمان أداء مستدام للبنية التحتية يتماشى مع أهداف الجودة والكفاءة والاستدامة.

وتظهر قوة العلاقة في حال تبني البلديات لنهج متقدمة في تحليل البيانات، مثل:

- استخدام النمذجة التنبؤية لصيانة الطرق والإنارة.
- تحليل بيانات استهلاك الطاقة في المرافق العامة.
- التنبؤ بتدهور شبكات المياه والصرف الصحي.
- مراقبة الأداء التشغيلي بطريقة لحظية.

رابعاً: الأنظمة الذكية ودورها في تحسين عمليات الصيانة

تشكل الصيانة أحد أهم جوانب إدارة الأصول البلدية، وهي المحور الذي تظهر فيه آثار الأنظمة الذكية بوضوح. فقد انتشرت في السنوات الأخيرة مفاهيم مثل الصيانة التنبؤية والصيانة القائمة على الحالة، والتي تعتمد على البيانات الحقيقية من الأصول بدلاً من الأساليب التقليدية التي تعتمد على الصيانة الدورية أو الاستجابة بعد حدوث الأعطال.

وتعمل الأنظمة الذكية على:

- تقليل زمن الأعطال.
- تحسين الجاهزية التشغيلية للأصول.
- تقليل التكاليف عبر الصيانة الوقائية قبل حدوث الأعطال الكبيرة.
- رفع العمر الافتراضي للأصول من خلال إدارة أفضل لدورة حياتها.

وتشير الدراسات الدولية إلى أن الصيانة التنبؤية يمكن أن تخفض الإنفاق على الصيانة بنسبة تصل إلى 30-40%، وهو ما يعكس الأثر المباشر للأنظمة الذكية في تعزيز الاستدامة الاقتصادية.

10.1 المنهجية وطرق البحث:

ستعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه الأنسب لطبيعة موضوعها، إذ سيتم استخدامه في وصف واقع تطبيق الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية في بلديات منطقة عسير، وتحليل

أثرها على استدامة البنية التحتية. ويقوم هذا المنهج على جمع البيانات الميدانية وتحليلها بشكل منهجي من أجل تفسير العلاقات بين المتغيرات، واستخلاص المؤشرات الداعمة لاتخاذ القرار.

كما ستستند الدراسة إلى المنهج الكمي من خلال استخدام الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات من أفراد العينة، ثم تحليل النتائج باستخدام النمذجة بالمعادلات البنائية (SEM) عبر برنامج Smart PLS 4، وذلك بهدف اختبار الفروض البحثية وقياس التأثيرات المباشرة وغير المباشرة بين الأنظمة الذكية بأبعادها المختلفة واستدامة البنية التحتية. وسيتم كذلك التحقق من صدق وثبات الأداة الإحصائية من خلال التحليل العاملي والتقييم البنائي لضمان موثوقية النتائج وصحتها العلمية.

11.1 مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في البلديات التابعة لمنطقة عسير ممن ترتبط مهامهم بإدارة الأصول البلدية، والتخطيط الحضري، ومتابعة التشغيل والصيانة، ويُقدَّر عددهم وفق السجلات الإدارية بما يقارب 3,450 موظفاً موزعين على مختلف البلديات في المنطقة. ويُعد هذا المجتمع مناسباً للدراسة نظراً لارتباط مهامه المباشر بتطبيق الأنظمة الذكية وتأثيرها على استدامة البنية التحتية.

أما عينة الدراسة فقد تم اختيارها باستخدام أسلوب العينة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل مختلف فئات العاملين ممن لهم علاقة مباشرة بالأنظمة الذكية وإدارة الأصول. وقد بلغ حجم العينة 320 مفردة، تم توزيع الاستبانة عليهم إلكترونياً وورقياً، واستُرد منها 287 استبانة، بينما اعتمد في التحليل النهائي 265 استبانة صالحة للتحليل الإحصائي بعد استبعاد الاستبانات غير المكتملة. ويُعتبر هذا العدد كافياً لإجراء النمذجة بالمعادلات البنائية (SEM) وفقاً لمتطلبات الحجم الأدنى للعينة في الدراسات الكمية التي تستخدم برنامج Smart PLS 4.

12.1 أداة الدراسة

ستعتمد هذه الدراسة على الاستبانة بوصفها الأداة الرئيسية لجمع البيانات الميدانية من أفراد عينة الدراسة. وقد تم تصميم الاستبانة وفق منهجية علمية تراعي وضوح الفقرات ودقتها وارتباطها المباشر بمتغيرات الدراسة، حيث تتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية:

1. الجزء الأول: البيانات الديموغرافية ويتضمن هذا الجزء مجموعة من الأسئلة المتعلقة بخصائص المبحوثين مثل: المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة، المؤهل العلمي، وطبيعة العمل في إدارة الأصول أو الأنظمة الذكية. ويهدف هذا الجزء إلى توصيف العينة وتحديد الفروق المحتملة بين فئاتها.
2. الجزء الثاني: متغير الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية يتضمن هذا الجزء مجموعة من الفقرات المرتبطة بأبعاد الأنظمة الذكية، وتشمل:

- أنظمة جمع البيانات الحضرية.
 - التحليلات الذكية وإدارة المعلومات.
 - النماذج التنبؤية لصيانة الأصول.
 - منصات المتابعة اللحظية. وقد صيغت الفقرات وفق مقياس ليكرت الخماسي (من 1 = لا أوافق بشدة إلى 5 = أوافق بشدة) لقياس درجة تطبيق الأنظمة الذكية ومستوى تفاعل العاملين معها.
3. الجزء الثالث: متغير استدامة البنية التحتية يضم هذا الجزء مجموعة من الفقرات التي تقيس الاستدامة من منظور اقتصادي، وبيئي، وتشغيلي، وذلك لقياس مدى كفاءة البنية التحتية في ضوء تطبيق الأنظمة الذكية في البلديات

13.1 الأساليب الإحصائية المستخدمة

ستستخدم الدراسة مجموعة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية لمعالجة البيانات واختبار الفروض، وذلك بما يتناسب مع طبيعة المتغيرات وطريقة تحليل النمذجة بالمعادلات البنائية. وتشمل هذه الأساليب ما يلي:

أولاً: الأساليب الإحصائية الوصفية

1. التكرارات والنسب المئوية لوصف الخصائص الديموغرافية لأفراد العينة.
2. المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لقياس مستوى استجابات المشاركين على فقرات كل بعد من أبعاد الدراسة.
3. معاملات الالتواء والتفلطح للتحقق من التوزيع الطبيعي النسبي للبيانات.

ثانياً: الأساليب الإحصائية للتحقق من صدق وثبات الأداة

1. معامل الاتساق الداخلي كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لقياس الثبات الداخلي لفقرات الاستبانة.
2. معامل الثبات المركب (Composite Reliability – CR) لتقدير قوة الاتساق البنائي للمؤشرات.

ثالثاً: الأساليب الإحصائية الاستدلالية باستخدام النمذجة بالمعادلات البنائية (SEM)

سيتم استخدام برنامج Smart PLS 4 لتطبيق النمذجة بالمعادلات البنائية بهدف اختبار العلاقات بين المتغيرات من خلال:

1. تقدير معاملات المسار (Path Coefficients) لقياس حجم واتجاه التأثير المباشر وغير المباشر.
2. اختبار دلالة الفروض باستخدام تحليل Bootstrap لتقدير قيمة T-Statistics ودلالة النتائج.
3. تقييم معامل التحديد (R^2) لقياس مدى تفسير المتغيرات المستقلة لاستدامة البنية التحتية.
4. فحص معامل الأثر (f^2) لقياس القوة التفسيرية لكل بعد من أبعاد الأنظمة الذكية.

14.1 حدود الدراسة:

- حدود موضوعية: تركز الدراسة على تحليل أثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها (جمع البيانات، التحليلات الذكية، النماذج التنبؤية للصيانة، المتابعة اللحظية) على استدامة البنية التحتية.
- حدود مكانية: تجرى هذه الدراسة في بلديات منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية.
- حدود زمنية: سيتم إجراء الدراسة خلال العام الأكاديمي 2025.
- حدود بشرية: تقتصر الدراسة على العاملين في البلديات التابعة لمنطقة عسير.

الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة

المبحث الأول: الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية (المتغير المستقل)

1.1.2 تمهيد

أصبحت المدن والبلديات في مختلف أنحاء العالم أمام تحديات متصاعدة تتعلق بتقادم أصولها وبنيتها التحتية، وتزايد الطلب على الخدمات العامة، وتراجع الموارد المالية المتاحة لعمليات الصيانة والتجديد. وقد أدى هذا الواقع إلى البحث عن مقاربات حديثة تتجاوز الأساليب التقليدية في إدارة المرافق، والتي طالما اعتمدت على الأرشفة الورقية والجولات الميدانية الدورية والصيانة التصحيحية بعد وقوع الأعطال. وفي ظل الثورة الرقمية التي يشهدها العالم، ظهرت الأنظمة الذكية بوصفها توجهاً استراتيجياً يُمكن الجهات البلدية من الانتقال من النمط التفاعلي إلى النمط الاستباقي في إدارة أصولها، وذلك من خلال الدمج بين تقنيات إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية ومنصات المتابعة اللحظية. ويُعدّ تبني هذه الأنظمة ضرورة حتمية في السياق البلدي السعودي، ولا سيما في ظل مستهدفات رؤية المملكة 2030 التي تؤكد على التحول الرقمي في الخدمات الحكومية وتعزيز كفاءة إدارة الأصول العامة. ويستعرض هذا المبحث مفهوم الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية من خلال تعريفاته المتعددة، ثم أهميتها وأهدافها، وصولاً إلى أبعادها المعتمدة في الدراسة الحالية واستراتيجيات تطبيقها، فضلاً عن المداخل النظرية المؤطرة لها.

2.1.2 مفهوم الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية

يُعدّ مفهوم الأنظمة الذكية من المفاهيم التي تقاطعت حولها حقول معرفية متعددة، مما أكسبه ثراءً دلاليًا يتباين بحسب زاوية التناول والحقل التخصصي. وقد تعددت التعريفات التي قدّمها الباحثون لهذا المفهوم، وإن كانت تتقاطع في جوهرها حول فكرة الدمج بين التقنيات الرقمية المتقدمة وقدرات التعلم والتكيف الذاتي لتحقيق أهداف تشغيلية وإدارية محددة.

فقد عرّف بوكاري ومسعود (2024) الأنظمة الذكية بأنها مفهوم أوسع وأشمل من مجرد تطبيقات الذكاء الاصطناعي المنفردة، إذ تمثل بنية تقنية متكاملة تتضمن قدرات الإدراك والتعلم والتكيف والاستجابة الذاتية، مما يميزها عن نظم المعلومات التقليدية التي تعمل وفق قواعد ثابتة مبرمجة مسبقًا. وهذا التعريف يُبرز الطبيعة الشمولية للأنظمة الذكية التي لا تقتصر على أداة تقنية واحدة، بل تنطوي على منظومة مترابطة من التقنيات والعمليات. ومن منظور حضري أكثر تخصصًا، أشار Nwaigbo et al. (2025) إلى أن الأنظمة الذكية في سياق المدن تمثل التكامل بين الذكاء الاصطناعي والبنى التحتية الحضرية بهدف تسريع تحقيق الاستدامة من خلال اتخاذ قرارات مبنية على البيانات في الوقت الحقيقي، والنمذجة التنبؤية، والتحكم الذاتي في الأنظمة عبر مجالات حضرية متعددة. ويتميز هذا التعريف بتركيزه على البُعد التطبيقي الحضري وربط الأنظمة الذكية بهدف الاستدامة بوصفه غاية استراتيجية وليس مجرد كفاءة تشغيلية.

أما Temel (2025) فقد ركّز في تعريفه على خصائص المرونة والاستقلالية، حيث وصف الأنظمة الذكية للبنية التحتية بأنها أنظمة مرنة ومستقلة تدمج بين الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي وأجهزة إنترنت الأشياء لتطوير منظومات قادرة على المراقبة اللحظية والتحسين الذاتي والعمل بتحمل الأعطال، مع التأكيد على البنى اللامركزية والتصميم التكيفي والتحليلات الذكية للبيانات. ويضيف هذا التعريف بُعدًا جوهريًا يتعلق بقدرة النظام على الاستمرار في العمل حتى في ظل وجود أعطال جزئية، وهو ما يكتسب أهمية بالغة في سياق إدارة الأصول البلدية التي تعمل على مدار الساعة.

وفي السياق ذاته، قدّم Paruchuru et al. (2025) تعريفًا يُبرز الارتباط بين الأنظمة الذكية وأهداف التنمية المستدامة، حيث وصفها بأنها بنى تحتية ذكية قائمة على إنترنت الأشياء تُحقّق الاستدامة في مجالات متنوعة كالطاقة وإدارة المياه والتنمية الحضرية وإدارة النفايات، من خلال الأجهزة المترابطة والتحليلات الفورية واتخاذ القرارات الذكية لتحسين المراقبة والكفاءة والمرونة في استخدام الموارد. ومن جانبها، أكدت عبدالرازق والعتيبي (2025) على الدور الوظيفي للأنظمة الذكية في المنظمات، حيث تناولتها من حيث قدرتها على دعم عملية اتخاذ القرار من خلال توفير مستلزمات إدارية وفنية ومادية وبشرية، مما يُعزز فاعلية المراحل المختلفة للعملية الإدارية بدءًا من تحديد المشكلة وحتى التنفيذ والمتابعة.

كما عرّف Rathinavel et al. (2025) البنية التحتية الذكية بأنها تكامل التقنيات المتقدمة مع الممارسات المستدامة لمواجهة تحديات التوسع الحضري، مع التركيز على الاستدامة البيئية والعدالة الاجتماعية والتكامل التقني والمرونة المناخية. كما أشار Deep (2023) إلى أن التقنيات الذكية بما فيها أجهزة إنترنت الأشياء وتحليلات البيانات والذكاء الاصطناعي قد أحدثت تحولاً جذرياً في الأنظمة الحضرية التقليدية، حيث تعمل أنظمة النقل الذكي على تحسين تدفق حركة المرور وتقليل الازدحام والانبعاثات، فيما تعزز الشبكات الذكية كفاءة الطاقة واستدامتها.

وفي ضوء التعريفات السابقة، وبناءً على ما اطلع عليه الباحث من أدبيات ذات صلة بالسياق البلدي، يمكن تعريف الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية إجرائياً بأنها: منظومات رقمية متكاملة تعتمد على تقنيات إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية ومنصات المتابعة اللحظية، تُمكن الجهات البلدية من جمع البيانات الحضرية وتحليلها واستشراف حالة الأصول واتخاذ قرارات استباقية بشأن صيانتها وتشغيلها وتجديدها، بهدف إطالة عمرها الافتراضي وتحسين مستوى الخدمة وتعزيز استدامة البنية التحتية.

3.1.2 أهمية الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية

تنبع أهمية الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية من الضغوط المتزايدة التي تواجهها المدن والبلديات في ظل التوسع العمراني المتسارع وتقادم البنى التحتية ومحدودية الموارد المالية. فالأساليب التقليدية في إدارة الأصول باتت قاصرة عن تلبية متطلبات الكفاءة والاستدامة التي تفرضها التحولات الحضرية المعاصرة، مما يُحتّم تبني مقاربات ذكية قادرة على تحويل البيانات إلى معرفة قابلة للتنفيذ وتحسين عمليات التخطيط والصيانة والتشغيل.

وقد أشار Salman (2025) إلى أن أهمية الأنظمة الذكية في إدارة البنية التحتية الحضرية تتجلى في عدة جوانب محورية: أولها تمكين المدن من الانتقال من الصيانة التفاعلية إلى الصيانة الاستباقية القائمة على البيانات، مما يُسهم في خفض تكاليف الإصلاح الطارئ وإطالة العمر التشغيلي للأصول. وثانيها تحسين عملية تخصيص الموارد والميزانيات من خلال نماذج رياضية ذكية تُراعي حالة الأصل ومستوى

الخدمة المطلوب ودرجة المخاطر المرتبطة به. وثالثها توفير أدوات موضوعية لتقييم حالة البنية التحتية وإصدار تقارير دورية تُساعد صانعي القرار على تحديد أولويات الاستثمار والصيانة بناءً على مؤشرات أداء واضحة.

ويرى (Nwaigbo et al. (2025 أن أهمية هذه الأنظمة تمتد لتشمل أبعادًا بيئية واقتصادية واجتماعية، إذ يُسهم الذكاء الاصطناعي في تقليل الانبعاثات من خلال تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني وشبكات النقل، كما يعمل على تحسين تخصيص الموارد وتعزيز الخدمات العامة بما ينعكس إيجابًا على جودة حياة السكان. غير أنهم يُنبهون في الوقت ذاته إلى تحديات جوهرية كحوكمة البيانات والتحيز الخوارزمي واستهلاك الطاقة من قبل أنظمة الذكاء الاصطناعي ذاتها، مما يستدعي مواءمة نشر هذه الأنظمة مع معايير أخلاقية ونماذج حوكمة شاملة.

كما أكد (Temel (2025 على أهمية الأنظمة الذكية من زاوية تعزيز المرونة التشغيلية، حيث تُمكن البنى اللامركزية والتصميم التكيفي من استمرار عمل المنظومة حتى في حالات الأعطال الجزئية، وهو ما يُعدّ بالغ الأهمية في قطاع الخدمات البلدية الذي يتطلب استمرارية تشغيلية على مدار الساعة. كذلك أشار (Deep (2023 إلى أن أجهزة الاستشعار الرقمية تُمكن من مراقبة وإدارة البنية التحتية الحيوية، مما يضمن المرونة والاستجابة السريعة لحالات الطوارئ. ومن ناحيتهما، أوضح بوكاري ومسعود (2024 أن الأنظمة الذكية تكتسب أهميتها في مجال التطوير المؤسسي من خلال خصائصها في تمكين العاملين وزيادة كفاءاتهم وتحسين الاستراتيجيات المتبعة، بما يُسهم في مواكبة التقدم التقني وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

وعلى صعيد الإدارة البلدية تحديدًا، بيّن (Vershitsky et al. (2021 أن إدارة البنية التحتية البلدية باستخدام تقنيات المدن الذكية تُحقق تحسينًا ملموسًا في جودة الخدمات المقدمة للمواطنين، من خلال أتمتة عمليات الرصد والإبلاغ وتسريع الاستجابة للمشكلات الميدانية. كما أضاف (Paruchuru et al. (2025 أن البنى التحتية الذكية القائمة على إنترنت الأشياء لا تُحقق آثارًا بيئية مستدامة فحسب، بل

تُسهم أيضًا في تحقيق مستويات اقتصادية واجتماعية من الاستدامة تُعزز المرونة في مواجهة الضغوط المناخية والديموغرافية.

4.1.2 أهداف الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية

تتعدد الأهداف التي تسعى الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية إلى تحقيقها، وقد تناولها الباحثون من زوايا مختلفة تعكس تنوع المجالات التي تؤثر فيها هذه الأنظمة. ويمكن عرض أبرز هذه الأهداف وفقًا لما أشارت إليه الأدبيات ذات الصلة:

أشار (Salman (2025 إلى أن الهدف المحوري لأنظمة إدارة الأصول الذكية يتمثل في تحقيق التوازن الأمثل بين ثلاثة محاور متلازمة: مستوى الخدمة المقدم للمستفيدين، ودرجة المخاطر المرتبطة بتشغيل الأصول، والميزانية المتاحة للصيانة والتجديد. ويتفرع عن ذلك عدة أهداف تشغيلية تشمل: تطوير قواعد بيانات شاملة ودقيقة لجميع الأصول البلدية، وإجراء تحليل دورة الحياة لكل أصل لفهم سلوكه التشغيلي وتوقع احتياجاته المستقبلية، وتطبيق نماذج تقييم المخاطر لتحديد أولويات التدخل، وتحقيق التخصيص الأمثل للميزانيات بناءً على معايير موضوعية كحالة الأصل ووزنه النسبي في منظومة الخدمات.

وأضاف (Abu-Samra et al. (2020 أن من أهداف أطر إدارة الأصول البلدية المتكاملة تحقيق التنسيق بين مختلف قطاعات البنية التحتية كالمياه والطرق والصرف الصحي والمرافق العامة، بحيث تُدار كمنظومة مترابطة وليس كوحدات منفصلة، مما يُقلل من التضارب في أعمال الصيانة ويُعظّم العائد من الموارد المتاحة.

ومن جانبهم، أوضح (Dziedzic et al. (2021 أن أهداف التخطيط الذكي لإدارة الأصول في المدن المستدامة والمرنة تشمل: وضع سياسات مؤسسية واضحة لإدارة الأصول، وتحديد مستوى الخدمة المستهدف بناءً على مؤشرات أداء قابلة للقياس، وتعزيز قدرة البنية التحتية على الصمود أمام التغيرات المناخية والضغوط الحضرية. أما (Gupta and Sharma (2025 فقد ركّزا على أن الأنظمة الذكية في المدن

تهدف إلى تحقيق التكامل بين الاستدامة والأنظمة الذكية من الجيل القادم، بما يضمن تحقيق الاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية بشكل متوازن.

كذلك أشار Zhang et al. (2020) إلى أن تقييم منظومات البنية التحتية الذكية يسعى إلى تحقيق أربعة أهداف استراتيجية مترابطة هي: التكامل بين مكونات النظام المختلفة، والمرونة في مواجهة الصدمات، والشمولية في تغطية الخدمات، والاستدامة في استهلاك الموارد. وأضافت صديق (2025) أن الأنظمة الذكية كأنظمة التوصية تهدف إلى تعزيز الاستدامة من خلال توجيه السلوك نحو أنماط أكثر مسؤولية وكفاءة في استخدام الموارد. أما عبدالرازق والعتيبي (2025) فقد حددتا أهداف الأنظمة الذكية في السياق المؤسسي في تحسين مراحل اتخاذ القرار الأربع: تحديد المشكلة، وتحديد البدائل، واختيار البديل الأمثل، والتنفيذ والمتابعة.

5.1.2 أبعاد الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية

تم تحديد أبعاد الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية المعتمدة في هذه الدراسة بناءً على المراجعة المنهجية للأدبيات ذات الصلة، ولا سيما ما ورد في دراسات كل من Salman (2025) الذي قدّم إطاراً استراتيجياً متعدد المراحل لإدارة أصول البنية التحتية الحضرية يتضمن مراحل جمع البيانات والتحليل والنمذجة والمتابعة، ودراسة Temel (2025) التي ركّزت على تصميم أنظمة مرنة ومستقلة للبنية التحتية الذكية تدمج بين المراقبة اللحظية والتحسين الذاتي، ودراسة Nwaigbo et al. (2025) التي استعرضت تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية عبر مجالات متعددة تشمل أنظمة الطاقة والنقل والتخطيط الحضري، فضلاً عن دراسة Abu-Samra et al. (2020) التي وضعت إطاراً لإدارة أصول البنية التحتية البلدية المتكاملة، ودراسة Dziedzic et al. (2021) التي قدّمت مجموعة من العناصر السياسية الجوهرية لتخطيط إدارة الأصول في المدن المستدامة. وبناءً على التحليل المقارن لهذه الأدبيات، واستناداً إلى الطبيعة الوظيفية لعمل البلديات ومتطلبات إدارة أصولها، تم تحديد أربعة أبعاد رئيسة تُشكّل في مجملها دورة متكاملة لإدارة الأصول البلدية ذكياً، وهي: أنظمة جمع البيانات الحضرية، والتحليلات الذكية وإدارة المعلومات، والنماذج التنبؤية لصيانة الأصول، ومنصات المتابعة اللحظية.

البُعد الأول: أنظمة جمع البيانات الحضرية

يُمثل جمع البيانات الحضرية حجر الأساس الذي تُبنى عليه سائر العمليات الذكية في إدارة الأصول البلدية، إذ لا يمكن لأي نظام ذكي أن يعمل بفاعلية دون قاعدة بيانات شاملة ودقيقة ومحدّثة عن حالة الأصول وخصائصها التشغيلية وتاريخها الزمني. وقد أكد (Salman 2025) أن مرحلة جمع البيانات تُعدّ من أكثر المراحل تحديًا في منظومة إدارة الأصول الحضرية، لكونها تتطلب تصنيفًا منهجيًا لجميع الأصول المتاحة وجمع معلومات تفصيلية عن كل أصل تشمل العمر، والحالة الراهنة، والموقع الجغرافي، وتاريخ الصيانة، والوضع التشغيلي. وأوضح أن هذه العملية تستلزم توظيف أساليب متعددة كنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد والمعاينات الميدانية، لضمان دقة البيانات وحدائثها وقابليتها للوصول، مما يُسهم في دعم اتخاذ قرارات مستنيرة.

وقد أضاف (Deep 2023) أن تقنيات إنترنت الأشياء وأجهزة الاستشعار الرقمية أحدثت نقلة نوعية في قدرات جمع البيانات الحضرية، إذ باتت المستشعرات المنتشرة في شبكات المياه والطرق والإنارة والمرافق العامة قادرة على إرسال بيانات مستمرة حول الأداء والحالة الفيزيائية للأصول دون الحاجة إلى تدخل بشري مباشر. كما أشار (Paruchuru et al. 2025) إلى أن الأجهزة المترابطة عبر إنترنت الأشياء تُوفّر تحليلات فورية تُحسّن من قدرة المؤسسات على مراقبة الموارد وتتبع استهلاكها بدقة غير مسبوقة. ويتكامل هذا البُعد أيضًا مع ما أشار إليه (Rathinavel et al. 2025) من ضرورة دمج بيانات المستشعرات مع البيانات المكانية والبيئية لتكوين صورة شاملة عن الوضع الحضري.

ولا يقتصر جمع البيانات على الأصول القائمة فحسب، بل أوضح (Salman 2025) ضرورة دمج بيانات المشاريع الجديدة مع قواعد بيانات البنية التحتية القائمة، وهو تحدّي كبير يتطلب تنسيقًا بين مصادر بيانات متعددة تشمل المدخلات اليدوية والأنظمة الآلية، وقد يستغرق إنشاء قاعدة بيانات موثوقة وتعبئتها عدة أشهر تتضافر فيها جهود صانعي القرار والمستشارين الخارجيين والمقاولين.

البُعد الثاني: التحليلات الذكية وإدارة المعلومات

بعد جمع البيانات الحضرية وتخزينها في قواعد بيانات منظمة، تأتي مرحلة التحليل الذكي لهذه البيانات وتحويلها إلى معلومات ومعارف قابلة للتنفيذ، وهي المرحلة التي تُعدّ جوهر القيمة المضافة للأنظمة الذكية. وقد أكد (Nwaigbo et al. (2025 أن الذكاء الاصطناعي يُتيح اتخاذ قرارات مبنية على البيانات في الوقت الحقيقي عبر مجالات حضرية متعددة، حيث تعمل خوارزميات التعلم الآلي على تحليل الأنماط في البيانات التاريخية والتعرف على العلاقات الخفية بين المتغيرات المختلفة التي تؤثر في حالة الأصول.

ومن الناحية الوظيفية، أوضح (Salman (2025 أن تحليل دورة الحياة يُعدّ أحد أهم أنواع التحليلات الذكية في إدارة الأصول، حيث يتضمن تقييم العمر الكامل للأصل من مرحلة التصميم والإنشاء إلى التشغيل والصيانة وصولاً إلى الاستبدال أو الإيقاف. ويُساعد هذا التحليل على تقدير التكاليف طويلة المدى والأثر البيئي ومتطلبات الموارد في كل مرحلة، مما يُمكن الجهة البلدية من اتخاذ قرارات تُحسن أداء الأصول وتُعزز استدامتها. وأضاف أن تحليل المخاطر يُمثّل مستوى متقدماً من التحليل يبني على تحليل دورة الحياة، ويتضمن تحديد وتقييم وتخفيف المخاطر المحتملة التي قد تؤثر على الأصول، بما فيها المخاطر المتعلقة بالتقادم والعوامل البيئية وأعطال التشغيل.

كما أشار (Temel (2025 إلى أن التحليلات الذكية للبيانات تُمكن من التحسين الذاتي للنظام، حيث يتعلم النظام من البيانات المتراكمة ويُعدّل استجاباته بما يتناسب مع البيئات الديناميكية والمعقدة. وأضاف (Mishra and Singh (2023 أن نظم إدارة الطاقة في المدن الذكية المستدامة تعتمد على تحليلات ذكية متقدمة لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتكامل مصادر الطاقة المتجددة. كما أوضحت زيغدم ومقيم (2023) أن الأنظمة والعمليات الذكية تؤثر في أداء المؤسسات من خلال قدرتها على تحليل البيانات واستخلاص المعلومات التي تدعم الإبداع التنظيمي.

البُعد الثالث: النماذج التنبؤية لصيانة الأصول

تُمثّل النماذج التنبؤية لصيانة الأصول نقلة نوعية في فلسفة الصيانة البلدية، حيث تنتقل بالمؤسسة من نمط الصيانة التصحيحية التي تتم بعد وقوع العطل، إلى نمط الصيانة الاستباقية التي تتوقع الأعطال قبل حدوثها وتُتيح التدخل المبكر. وقد أكد (Temel (2025 أن النظم الذكية المرنة تستخدم الذكاء

الاصطناعي والتعلم الآلي لتطوير عمليات تحمّل الأعطال والتحسين الذاتي، مما يعني أن النظام لا يكتفي بتنبيه المسؤولين إلى احتمال وقوع عطل، بل يمكنه اقتراح بدائل للتعامل مع الوضع أو حتى إعادة توجيه العمليات تلقائيًا لتجنب توقف الخدمة.

وقد فصلَ (Salman (2025) في مفهوم تقييم الحالة والأداء كركيزة أساسية للنماذج التنبؤية، حيث يتم استخدام أدوات فحص متنوعة تتراوح بين المعاينة البصرية وأجهزة الاستشعار المتقدمة لإعداد تقارير فحص دورية، ثم يُطبّق نظام تدريب لتحديد الحالة النهائية لكل أصل. وبناءً على بيانات الحالة والتاريخ التشغيلي، يمكن بناء نماذج رياضية تتنبأ بمسار التدهور المستقبلي للأصل وتُحدد التوقيت الأمثل للتدخل. كما أشار (Nwaigbo et al. (2025 إلى أن النمذجة التنبؤية تُعدّ إحدى الركائز الأساسية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية، حيث تُمكن من تحقيق مكاسب استدامة منهجية من خلال تقليل الهدر في الموارد والطاقة.

كما أوضح (Abu-Samra et al. (2020 أن أطر إدارة الأصول البلدية المتكاملة تتضمن سيناريوهات مختلفة لإعادة تأهيل الأصول بناءً على نماذج تنبؤية تأخذ بعين الاعتبار حالة الأصل الراهنة ومعدل تدهوره المتوقع والتكلفة المقارنة بين الصيانة والاستبدال. ومن جانبه، بيّن (Mavisclara et al. (2025 أن نمذجة معلومات البناء والمواد منخفضة الكربون والتصميمات صفيرية الانبعاثات قد أسهمت في خفض استهلاك الطاقة والانبعاثات بنسب ملحوظة في مدن مختلفة حول العالم، وهو ما يعكس الأثر الملموس للنماذج التنبؤية في تحسين أداء البنية التحتية.

البُعد الرابع: منصات المتابعة اللحظية

تُشكّل منصات المتابعة اللحظية الواجهة التشغيلية للأنظمة الذكية، حيث تُتيح للمسؤولين في الجهات البلدية رؤية شاملة ومحدّثة لحظيًا لحالة جميع الأصول والخدمات عبر لوحات معلومات تفاعلية وخرائط جغرافية رقمية ومؤشرات أداء مباشرة. وقد أكد (Temel (2025 أن المراقبة اللحظية تُمثّل إحدى الوظائف الجوهرية للأنظمة الذكية المرنة والمستقلة، حيث تعمل أجهزة إنترنت الأشياء على إرسال بيانات مستمرة تُمكن النظام من رصد أي انحراف عن معايير الأداء الطبيعية والتنبيه الفوري إليه.

وأوضح (Vershitsky et al. (2021 أن تقنيات المدن الذكية تُوفّر للبلديات أدوات متابعة لحظية لإدارة بنيتها التحتية، مما يُسرّع من الاستجابة للمشكلات الميدانية ويُحسّن التنسيق بين الفرق التشغيلية المختلفة. كما أشار (Deep (2023 إلى أن أجهزة الاستشعار الرقمية تُمكن من مراقبة البنية التحتية الحيوية وإدارتها بما يضمن المرونة والاستجابة السريعة لحالات الطوارئ. وأضاف (Paruchuru et al. (2025 أن التحليلات الفورية واتخاذ القرارات الذي من خلال الأنظمة المترابطة يُعزز من كفاءة المراقبة والمرونة في استخدام الموارد.

ولا تقتصر أهمية المتابعة اللحظية على الرصد التشغيلي، بل تمتد إلى البُعد الاستراتيجي كذلك. فقد بيّن (Salman (2025 أن إصدار بطاقات تقرير البنية التحتية بشكل دوري يتطلب توفر بيانات لحظية دقيقة عن حالة الأصول في مختلف القطاعات، وأن هذه البطاقات تُعدّ أداة تواصل محورية مع صانعي السياسات والجمهور لتحديد أولويات الاستثمار. وأضاف رشيد وآخرون (2025) أن أنظمة النقل الذكي تعتمد بشكل جوهري على المتابعة اللحظية لحركة المركبات والحالة المرورية لتعزيز كفاءة التنقل وتحقيق الاستفادة في قطاع النقل.

6.1.2 استراتيجيات تطبيق الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية

يتطلب تطبيق الأنظمة الذكية في إدارة الأصول البلدية تبني استراتيجيات واضحة ومتدرجة تُراعي الخصوصيات المحلية والقدرات المؤسسية والمتطلبات التقنية. وقد قدّمت الأدبيات عدة مداخل استراتيجية يمكن للبلديات الاسترشاد بها في مسيرة التحول الرقمي لإدارة أصولها.

أولى هذه الاستراتيجيات هي استراتيجية التبني التدريجي والمتكّيف محليًا، حيث أكد (Yang et al. (2021 على ضرورة التكيف المحلي للبنية التحتية الذكية لتحقيق الإدارة الاقتصادية المستدامة، مشيرين إلى أن نجاح الأنظمة الذكية يرتبط بمدى ملاءمتها للسياق المحلي ومراعاتها للاحتياجات الخاصة بكل مدينة أو بلدية. ويتسق ذلك مع ما ذهب إليه (Salman (2025 من أن إطار إدارة الأصول ينبغي أن يكون مرناً وقابلًا للتوسيع، بحيث يُمكن المدن في مراحل مختلفة من النضج المؤسسي من تبني تدريجيًا وفقًا لقدراتها ومواردها.

والاستراتيجية الثانية هي استراتيجية بناء البنية المؤسسية المتخصصة، إذ شدد Salman (2025) على أن إنشاء أو إعادة هيكلة إدارة متخصصة في إدارة أصول البنية التحتية يُعدّ مفتاح النجاح في المنظومة بأكملها، وأن هذه الإدارة ينبغي أن تضم فريقًا متعدد التخصصات يشمل مهندسين ومبرمجين ومتخصصين في نظم المعلومات الجغرافية ومحاسبين ومفتشين ميدانيين وقانونيين. كما بيّن Dziedzic et al. (2021) أهمية وضع سياسات مؤسسية واضحة لإدارة الأصول تتضمن إرشادات للصيانة وإدارة البيانات وتخصيص الموارد ومعايير الامتثال.

والاستراتيجية الثالثة هي استراتيجية التكامل التقني والتشغيلي، حيث أكد Mavisclara et al. (2025) أن التقدم في الاستدامة الحضرية يتطلب تكامل ابتكارات البناء الأخضر مع حلول البنية التحتية الذكية، بما في ذلك الشبكات الذكية والمرافق المدعومة بإنترنت الأشياء. ويتسق ذلك مع ما أشار إليه Rathinavel et al. (2025) من أن البنية التحتية الذكية والأنظمة الحضرية المستدامة تتطلب تكاملاً بين إنترنت الأشياء والطاقة المتجددة والحلول القائمة على الطبيعة لتعزيز جودة الحياة الحضرية.

والاستراتيجية الرابعة هي استراتيجية الشراكة والتعاون، إذ بيّن Gupta and Sharma (2025) أن تحقيق تكامل الاستدامة في المدن الذكية يتطلب تعاوناً بين القطاعين العام والخاص والمجتمع المحلي وسياسات شاملة. كما أكد Nwaigbo et al. (2025) على ضرورة إقامة شراكات عبر القطاعات المختلفة وتطوير بنى تحتية عادلة للبيانات وتصميم نماذج ذكاء اصطناعي شفاف. وأشار شني وبن لخضر (2021) إلى أن تجربة إمارة أبو ظبي في تطوير قطاع النقل وفق مبادئ الاستدامة تضمنت تبني مجموعة من الاستراتيجيات التي تعتمد على وسائل تكنولوجية متطورة في إطار شراكات مؤسسية فعّالة.

المبحث الثاني: استدامة البنية التحتية

1.2.2 تمهيد

تحتل البنية التحتية مكانة محورية في منظومة التنمية الحضرية، إذ تُشكّل العمود الفقري الذي ترتكز عليه جودة الحياة في المدن والبلديات، وتتراوح مكوناتها بين شبكات المياه والصرف الصحي والطرق والجسور والمرافق العامة وأنظمة الطاقة والإنارة. غير أن الاكتفاء بإنشاء هذه البنى دون ضمان استمراريته وكفاءتها على المدى البعيد لم يعد مقبولا في ظل التحديات البيئية والاقتصادية والاجتماعية المعاصرة. ومن هنا، برز مفهوم استدامة البنية التحتية بوصفه إطاراً شاملاً يُعيد تعريف العلاقة بين البنى التحتية ومحيطها البيئي والاجتماعي والاقتصادي، ويُؤكد على ضرورة التخطيط لها وتصميمها وتشغيلها وصيانتها بما يُلبّي احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها. ويسعى هذا المبحث إلى تأصيل مفهوم استدامة البنية التحتية نظرياً، واستعراض أهميتها وأهدافها، وتحديد أبعادها، وتحليل استراتيجيات تحقيقها، فضلاً عن تقديم الأطر النظرية المفسرة لها.

2.2.2 مفهوم استدامة البنية التحتية

شهد مفهوم استدامة البنية التحتية تطوراً تدريجياً عبر العقود الأخيرة، انتقل خلاله من التركيز الضيق على الجوانب الهندسية والفنية إلى منظور أشمل يأخذ بعين الاعتبار الأبعاد البيئية والاقتصادية والاجتماعية والمؤسسية. وقد تعددت التعريفات التي قدّمها الباحثون لهذا المفهوم، مما يعكس ثراء الموضوع وتشعب أبعاده.

فقد عرّفت العموش (2022) البنية التحتية المستدامة بأنها بنية تحتية يتم التخطيط لها أو تصميمها أو بنائها أو تشغيلها أو إيقاف تشغيلها بطريقة تضمن الاستدامة الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والمؤسسية طوال دورة الحياة بأكملها. ويتميز هذا التعريف بشموليته، إذ يُغطّي جميع مراحل عمر البنية التحتية من التخطيط حتى الإيقاف، ويُدمج أربعة أبعاد للاستدامة بدلاً من الثلاثية التقليدية (البيئية والاقتصادية والاجتماعية)، مضيفاً البعد المؤسسي الذي يتعلق بالحوكمة والقدرات التنظيمية.

ومن منظور حضري مباشر، أوضح الداخ (2025) أن البنية التحتية المستدامة تُعد شرطاً محورياً لتحقيق تنمية حضرية منظمة قادرة على تلبية احتياجات السكان ومواكبة التحولات البيئية والاجتماعية والاقتصادية، وأنها ليست مجرد ضرورة تقنية بل تتطلب استراتيجي لتشكيل فضاءات حضرية مرنة ومنصفة. ويُضيف هذا التعريف بُعداً يتعلق بالعدالة المكانية والاجتماعية، حيث يربط بين الاستدامة والإنصاف في توزيع منافع البنية التحتية.

كما عرّف (Mavisclara et al. (2025) الاستدامة الحضرية في سياق البنية التحتية بأنها تكامل ابتكارات البناء الأخضر وحلول البنية التحتية الذكية لمواجهة تحديات التحضر السريع الذي تستهلك فيه المدن نسبة كبيرة من الطاقة وتنتج نسبة مرتفعة من انبعاثات الغازات الدفيئة. وأشار Rathinavel et al. (2025) إلى أن البنية التحتية الذكية والأنظمة الحضرية المستدامة تُمثل تكامل التقنيات المتقدمة مع الممارسات المستدامة لمواجهة تحديات التوسع الحضري، مع التركيز على الاستدامة البيئية والعدالة الاجتماعية والتكامل التقني والمرونة المناخية.

وفي سياق أكثر تخصصاً، عرّفت العتاي والحاج (2025) الاستدامة التنظيمية بأنها قدرة المنظمة على الاستمرار والتكيف والنمو على المدى البعيد من خلال أبعاد الإبداع والالتزام والتمكين والتعاون، وهو تعريف يمكن إسقاطه على سياق البلديات بوصفها منظمات خدمية عامة. أما راشد وعيد (2025) فقد تناولوا الاستدامة التنظيمية من حيث ارتباطها بالمرونة التنظيمية، مؤكدين أنها تشمل الاستدامة البيئية والاقتصادية وتعزيز الأداء التنظيمي والقدرة التنافسية.

وفي ضوء التعريفات المتقدمة، يرى الباحث أن استدامة البنية التحتية في السياق البلدي يمكن تعريفها إجرائياً بأنها: قدرة الأصول والمرافق البلدية على أداء وظائفها المطلوبة بمستوى خدمة ملائم على المدى البعيد، مع تقليل الآثار البيئية السلبية وتحسين الكفاءة الاقتصادية في استخدام الموارد وتعزيز العدالة الاجتماعية في توزيع الخدمات وبناء القدرات المؤسسية اللازمة للتخطيط والمتابعة والتطوير المستمر.

3.2.2 أهمية استدامة البنية التحتية

تكتسب استدامة البنية التحتية أهميتها المتصاعدة من كونها تمس جوانب حيوية متعددة تتعلق بالتنمية الاقتصادية وجودة الحياة والحفاظ على البيئة وتعزيز المرونة الحضرية. فالبنية التحتية لا تُمثل مجرد مرافق مادية، بل هي الوسيط الذي تتحقق من خلاله السياسات العامة وتُترجم إلى خدمات ملموسة يلمسها المواطن في حياته اليومية.

وقد أشارت العموم (2022) إلى أن أهمية استدامة البنية التحتية تتجلى في عدة جوانب رئيسية: أولها أن البنية التحتية تلعب دورًا رئيسيًا في تحقيق التنمية المستدامة ولها تأثير مباشر على أكثر من 80% من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة، مما يجعل استدامتها شرطًا لتحقيق هذه الأهداف. وثانيها أن إنشاء واستخدام البنية التحتية المستدامة يُمكن من تحقيق النتائج الاقتصادية والاجتماعية والبيئية اللازمة في إطار أجندة التنمية المستدامة العالمية. وثالثها أن التركيز على الاستدامة في البنية التحتية أصبح أكثر إلحاحًا في ظل التحديات العالمية المشتركة وقضايا عدم المساواة التي تستدعي تفاعلًا فعالاً بين مختلف أصحاب المصلحة.

ويرى الداخ (2025) أن أهمية استدامة البنية التحتية تبرز بوضوح في السياق الحضري، حيث تُعدّ شرطًا محوريًا لتحقيق تنمية حضرية منظمة في مواجهة النمو العشوائي وعدم تكامل المرافق الأساسية. وأكد أن توفير بنية تحتية مستدامة يُمكن من تلبية احتياجات السكان ومواكبة التحولات البيئية والاجتماعية والاقتصادية على المديين المتوسط والبعيد.

كما بيّن (Salman 2025) أن استدامة البنية التحتية تكتسب أهميتها من الضغوط المتزايدة على المدن للحفاظ على أصولها وتحسينها في ظل التوسع السكاني وتقادم المنشآت ومحدودية الموارد، وأن غياب الاستدامة يُهدد جودة الخدمات ويُضعف المرونة الاقتصادية للمدن. وأضاف (Nwaigbo et al. 2025) أن الاستدامة الحضرية أصبحت حاجة ملحة في ظل تكثيف التحضر في القرن الحادي والعشرين، حيث تتطلب المدن أن تصبح أكثر مرونة وكفاءة واستدامة. كذلك أوضح جبيل ولخضاري (2024) أن البنية

التحتية تُعدّ ركيزة أساسية لدعم التنمية المستدامة في مختلف القطاعات، ولا سيما في تحقيق التنمية السياحية المستدامة من خلال تحسين جودة الخدمات.

4.2.2 أهداف استدامة البنية التحتية

ترتبط أهداف استدامة البنية التحتية بتحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الحاضرة ومسؤولية الحفاظ على الموارد للأجيال القادمة، وقد تناولها الباحثون من زوايا متعددة تعكس تنوع أبعاد الاستدامة.

أشار (Salman (2025 إلى أن أهداف إدارة أصول البنية التحتية المستدامة تشمل: تعزيز استدامة البنية التحتية ومرونتها واتساقها مع أهداف التنمية الوطنية، وتمكين اتخاذ القرارات المبنية على البيانات، ومساعدة المدن على تخصيص إطارها ليتناسب مع ظروفها ومواردها المحلية. كما أوضح أن الإطار يهدف إلى تحسين كفاءة الموارد وتعزيز أداء البنية التحتية وإرساء أساس للنمو المستدام.

وأضاف (Dziedzic et al. (2021 أن تخطيط إدارة الأصول في المدن المستدامة والمرنة يهدف إلى: وضع سياسات مؤسسية فعّالة لإدارة الأصول، وتحديد مستويات الخدمة المستهدفة بناءً على مؤشرات أداء محددة، وتعزيز قدرة المدن على الصمود أمام التغيرات المناخية والديموغرافية.

كما حدد (Zhang et al. (2020 أربعة أهداف استراتيجية لمنظومات البنية التحتية المستدامة هي: التكامل بين مكونات النظام المختلفة لضمان عملها كوحدة متناسقة، والمرونة في مواجهة الصدمات والأزمات، والشمولية في تغطية الخدمات لجميع فئات المستفيدين، والاستدامة في استهلاك الموارد الطبيعية والمالية.

ومن جانبها، أكدت شني وبن لخضر (2021) أن استدامة البنية التحتية في قطاع النقل تهدف إلى: المساهمة في بناء نظام نقل مستدام يُقلل من الآثار البيئية السلبية، وتحقيق بنية تحتية معلوماتية تدعم كفاءة العمليات التشغيلية، والتماشي مع الرؤى الاستراتيجية الوطنية ك رؤية أبو ظبي 2030. وأشارت العتايي والحاج (2025) إلى أن الاستدامة التنظيمية تهدف إلى تمكين المنظمة من الاستمرار والتكيف والنمو على المدى البعيد من خلال تعزيز الإبداع والالتزام والتمكين والتعاون.

5.2.2 أبعاد استدامة البنية التحتية

تم تحديد أبعاد استدامة البنية التحتية المعتمدة في هذه الدراسة بناءً على المراجعة المنهجية للأدبيات ذات الصلة، ولا سيما ما ورد في دراسة العموش (2022) التي أكدت على الأبعاد الأربعة للاستدامة (البيئية والاقتصادية والاجتماعية والمؤسسية)، ودراسة الداخ (2025) التي ربطت بين البنية التحتية المستدامة والتنمية الحضرية المتوازنة، ودراسة Mavisclara et al. (2025) التي استعرضت ابتكارات البناء الأخضر وحلول البنية التحتية الذكية لتحقيق الاستدامة الحضرية، ودراسة راشد وعيد (2025) التي تناولت أبعاد الاستدامة التنظيمية، ودراسة Salman (2025) الذي قدّم إطارًا استراتيجيًا لإدارة أصول البنية التحتية يتضمن معايير دورة الحياة والمخاطر ومستوى الخدمة. وبناءً على هذه الأدبيات وطبيعة السياق البلدي للدراسة الحالية، تم اعتماد أربعة أبعاد لاستدامة البنية التحتية هي: الاستدامة البيئية، والاستدامة الاقتصادية، والاستدامة الاجتماعية، والاستدامة المؤسسية.

البُعد الأول: الاستدامة البيئية للبنية التحتية

يُعدّ البُعد البيئي من أكثر أبعاد الاستدامة إلحاحًا في سياق البنية التحتية، نظرًا للأثر الكبير الذي تُحدثه عمليات الإنشاء والتشغيل والصيانة على النظم البيئية والموارد الطبيعية. وقد أوضح Mavisclara et al. (2025) أن المدن تستهلك نسبة كبيرة من الطاقة العالمية وتُنتج نسبة مرتفعة من انبعاثات الغازات الدفيئة، مما يجعل الاستدامة البيئية في البنية التحتية أولوية قصوى. وأشاروا إلى أن تقنيات البناء الأخضر والمواد منخفضة الكربون والتصميمات صفيرية الانبعاثات قد أسهمت في خفض استهلاك الطاقة والانبعاثات بنسب ملموسة في مدن مختلفة.

وأكدت العموش (2022) أن الاستدامة البيئية للبنية التحتية تتطلب ضمان الحفاظ على البيئة طوال دورة حياة الأصل، بدءًا من اختيار المواد وأساليب البناء وحتى عمليات التشغيل والإيقاف. وأضاف Nwaigbo et al. (2025) أن الذكاء الاصطناعي يُسهم في تحقيق الاستدامة البيئية من خلال تحسين أنظمة مراقبة جودة الهواء وإدارة النفايات وتحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني. كما أشار Mishra and

Singh (2023) إلى أن نظم إدارة الطاقة في المدن الذكية المستدامة تُعزز كفاءة استهلاك الطاقة وتُساهم في دمج مصادر الطاقة المتجددة ضمن شبكات البنية التحتية.

ويتضمن البُعد البيئي عدة مؤشرات تشمل: كفاءة استخدام الطاقة والمياه في تشغيل المرافق البلدية، وتقليل الانبعاثات الناتجة عن عمليات الصيانة والنقل، واستخدام مواد صديقة للبيئة في أعمال الإنشاء والتجديد، وإدارة النفايات الناتجة عن عمليات الصيانة بأساليب مستدامة.

البُعد الثاني: الاستدامة الاقتصادية للبنية التحتية

يرتبط البُعد الاقتصادي للاستدامة بقدرة الجهات البلدية على إدارة أصولها بكفاءة مالية تضمن تقديم خدمات عالية الجودة ضمن ميزانيات معقولة ومستدامة على المدى البعيد. وقد فصل Salman (2025) في هذا البُعد من خلال مفهوم تحليل تكاليف دورة الحياة، الذي يهدف إلى تقليل التكاليف الإجمالية مع ضمان وظيفية الأصل، حيث يتطلب تقدير التكاليف في كل مرحلة من مراحل عمر الأصل واتخاذ قرارات مبكرة تؤثر بشكل عميق في العمر الافتراضي والتكلفة الإجمالية. وأوضح أن نموذج تخصيص الميزانية الأمثل يعتمد على عدة عوامل تشمل حالة القطاع والوزن النسبي لكل أصل والتكاليف المطلوبة لسيناريوهات الترقية أو الحفاظ أو التخفيض.

وأكدت العموش (2022) على ضرورة ضمان الاستدامة الاقتصادية طوال دورة حياة البنية التحتية بما يُحقق عوائد تنموية مستدامة. كما بينَ Abu-Samra et al. (2020) أن الأطر المتكاملة لإدارة الأصول البلدية تهدف إلى تحسين تخصيص الموارد المالية وتقليل التكاليف غير المخطط لها من خلال التنسيق بين القطاعات المختلفة. وأشار جبيل ولخضاري (2024) إلى أن الاستدامة الاقتصادية للبنية التحتية تُساهم في دعم الاقتصاد المحلي وتحسين القدرة التنافسية للمدن في استقطاب الاستثمارات.

البُعد الثالث: الاستدامة الاجتماعية للبنية التحتية

يُركز البُعد الاجتماعي لاستدامة البنية التحتية على العدالة في توزيع الخدمات والمرافق العامة، وضمان وصول جميع فئات المجتمع إلى خدمات بنية تحتية ملائمة بصرف النظر عن موقعهم الجغرافي أو

مستواهم الاقتصادي. وقد أكد الداخ (2025) أن البنية التحتية المستدامة ينبغي أن تُسهم في تشكيل فضاءات حضرية مرنة ومنصفة، وهو ما يربط الاستدامة بالعدالة المكانية والاجتماعية. كما أشار Rathinavel et al. (2025) إلى أن العدالة الاجتماعية تُمثّل أحد المحاور الأساسية للبنية التحتية الذكية والأنظمة الحضرية المستدامة، بجانب الاستدامة البيئية والتكامل التقني والمرونة المناخية.

ويبيّن Nwaigbo et al. (2025) أن من التحديات الجوهرية لتطبيق الأنظمة الذكية في المدن خطر الإقصاء التقني، حيث قد لا تستفيد جميع الشرائح السكانية بالتساوي من الخدمات المحسّنة، مما يستدعي مواءمة نشر هذه الأنظمة مع نماذج حوكمة شاملة تضمن الإنصاف. كما أكدت العموش (2022) على البُعد الاجتماعي للاستدامة في البنية التحتية بوصفه ركيزة أساسية لا تقل أهمية عن البُعد البيئي والاقتصادي. وأشارت راشد وعيد (2025) إلى أن الاستدامة التنظيمية تتطلب تعزيز الأداء التنظيمي بما ينعكس على جودة الخدمات المقدمة لجميع المستفيدين.

البُعد الرابع: الاستدامة المؤسسية للبنية التحتية

يتعلق البُعد المؤسسي بقدرة الجهات البلدية على بناء أطر تنظيمية وإدارية فعّالة تضمن استمرارية إدارة الأصول وتحسينها بشكل منهجي ومستدام. وقد أكد (2025) Salman أن إنشاء إدارة مؤسسية متخصصة في إدارة أصول البنية التحتية يُعدّ مفتاح النجاح، وأن هذه الإدارة ينبغي أن تعمل وفق سياسات واضحة تتضمن إرشادات للصيانة وإدارة البيانات وتخصيص الموارد ومعايير الامتثال وأساليب تقييم الأصول ومؤشرات مراقبة الأداء وأطر إعداد التقارير لضمان المساءلة والتحسين المستمر.

كما أشار Dziedzic et al. (2021) إلى أهمية العناصر السياسية المؤسسية في تخطيط إدارة الأصول بالمدن المستدامة، مؤكدين أن دولاً كأستراليا ونيوزيلندا وكندا نجحت في تأسيس إدارة الأصول من خلال تشريعات تلزم الحكومات المحلية بإعداد خطط طويلة المدى للبنية التحتية. وأوضحت العموش (2022) أن الاستدامة المؤسسية تتضمن ضمان وجود أطر حوكمة فعّالة تُدير البنية التحتية طوال دورة حياتها. كما أكدت العتايي والحاج (2025) أن الاستدامة التنظيمية تعتمد على أبعاد الإبداع والالتزام والتمكين والتعاون، وهي عناصر مؤسسية جوهرية تُعزز قدرة المنظمة على الاستمرار والتكيف. وبيّنت راشد

وعيد (2025) أن المرونة التنظيمية تُسهم في تحسين الاستدامة التنظيمية من خلال تعزيز المرونة التشغيلية والقدرة على التكيف مع المتغيرات.

6.2.2 استراتيجيات تحقيق استدامة البنية التحتية

يتطلب تحقيق استدامة البنية التحتية في البلديات تبني مجموعة من الاستراتيجيات المتكاملة التي تُراعي الأبعاد المختلفة للاستدامة وتأخذ بعين الاعتبار التحديات المحلية والإمكانات المتاحة.

تتمثل الاستراتيجية الأولى في التخطيط القائم على دورة الحياة، حيث أكد (Salman 2025) على ضرورة تبني منهج تحليل دورة الحياة في إدارة الأصول البلدية، بما يشمل تقييم التكاليف والمخاطر والأداء في كل مرحلة من مراحل عمر الأصل. ويُتيح هذا المنهج اتخاذ قرارات مبكرة ومستنيرة تُقلل من التكاليف الإجمالية وتُعزز من كفاءة الأصول على المدى البعيد. وقد أشار (Abu-Samra et al. 2020) إلى أن أُطر إدارة الأصول المتكاملة تُمكن من التنسيق بين القطاعات المختلفة لتعزيز العائد من الاستثمار في البنية التحتية. والاستراتيجية الثانية هي التكامل بين التقنيات الذكية والممارسات المستدامة، وهي ما أكد عليه (Rathinavel et al. 2025) من خلال الدعوة إلى دمج إنترنت الأشياء والطاقة المتجددة والحلول القائمة على الطبيعة في تصميم وتشغيل البنية التحتية. كما أشار (Gupta and Sharma 2025) إلى ضرورة تحقيق التكامل بين الاستدامة والأنظمة الذكية من الجيل القادم لضمان استدامة بيئية واجتماعية واقتصادية متوازنة.

والاستراتيجية الثالثة هي بناء المرونة الحضرية، حيث أكد (Zhang et al. 2020) على أن المرونة تُعدّ أحد الأهداف الاستراتيجية الأربعة للبنية التحتية المستدامة. وأشار (Temel 2025) إلى أن تصميم الأنظمة المرنة والمستقلة يُعزز من قدرة البنية التحتية على الاستمرار في العمل حتى في ظروف الأعطال والأزمات. كما أوضح الداخ (2025) أن البنية التحتية المستدامة ينبغي أن تكون قادرة على مواكبة التحولات البيئية والاقتصادية والاجتماعية بمرونة.

والاستراتيجية الرابعة هي تعزيز الحوكمة والمشاركة المجتمعية، إذ بيّن Dziedzic et al. (2021) أن نجاح إدارة الأصول المستدامة يرتبط بوجود أطر تنظيمية وتشريعية واضحة، مستشهدين بتجارب دول مثل أستراليا ونيوزيلندا وكندا التي شرّعت متطلبات إلزامية لتخطيط إدارة الأصول. كما أكد Mavisclara et al. (2025) على أهمية الشراكات بين القطاعين العام والخاص ومشاركة المجتمع في تحقيق الاستدامة الحضرية. وأشارت شني وبن لخضر (2021) إلى أن تجربة أبو ظبي تضمنت التزامًا واضحًا بتقديم تقارير متعلقة بتطبيق مبادئ ومؤشرات الاستدامة تماشيًا مع رؤية استراتيجية شاملة.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

1.3 تمهيد

يُعدّ الفصل الخاص بمنهجية الدراسة من أهم فصول البحث العلمي، كونه يُمثّل الجسر الذي يربط بين الإطار النظري والجانب التطبيقي، ويُحدّد المسار المنهجي الذي سلكه الباحث للإجابة عن تساؤلات الدراسة واختبار فرضياتها. ويتناول هذا الفصل وصفًا تفصيليًا للمنهج العلمي المتّبع في الدراسة، وتحديد مجتمع الدراسة وعينتها، وبيان أداة جمع البيانات وكيفية بنائها، فضلًا عن إجراءات التحقق من صدق الأداة وثباتها، ومصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة، وصولًا إلى الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل البيانات. وقد حرص الباحث على اتباع إجراءات منهجية صارمة تضمن دقة النتائج وموثوقيتها وقابليتها للتعميم في حدود مجتمع الدراسة.

2.3 منهج الدراسة

اعتمدت الدراسة الحالية على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأنسب لطبيعة الدراسة وأهدافها، إذ يُتيح هذا المنهج وصف الظاهرة موضوع البحث وصفًا دقيقًا وتحليل العلاقات بين متغيراتها وتفسيرها. ويتجاوز المنهج الوصفي التحليلي حدود الوصف المجرد للظاهرة إلى محاولة الكشف عن العلاقات السببية بين المتغيرات، مما يجعله ملائمًا لدراسة أثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية (بأبعادها الأربعة) على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير. وقد تمّ توظيف هذا المنهج في شقين متكاملين: الشقّ النظري الذي اعتمد على مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة لبناء الإطار النظري للدراسة، والشقّ الميداني الذي استُخدمت فيه الاستبانة أداةً رئيسة لجمع البيانات الأولية من أفراد عينة الدراسة، ثم غُولجت هذه البيانات إحصائيًا باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS) لاستخلاص النتائج واختبار الفرضيات.

3.3 مجتمع الدراسة وعينتها

1. مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من جميع العاملين في المستويات الإدارية والإشرافية (مدراء عموم، مدراء إدارات، رؤساء أقسام، مشرفون) في بلديات منطقة عسير، والبالغ عددهم (312) موظفًا وموظفة، موزعين على (14) بلدية تتبع أمانة منطقة عسير. وقد تم اختيار هذه الفئة تحديدًا لكونها الأكثر ارتباطًا بعمليات التخطيط واتخاذ القرار المتعلقة بإدارة الأصول البلدية والبنية التحتية، ولديها المعرفة والخبرة الكافية لتقديم استجابات دقيقة وموثوقة حول متغيرات الدراسة.

2. عينة الدراسة

نظرًا لأن مجتمع الدراسة محدود نسبيًا، فقد تم اعتماد أسلوب المسح الشامل (الحصر الشامل) لجميع أفراد المجتمع البالغ عددهم (312) موظفًا وموظفة. وقد تم توزيع (312) استبانة على جميع أفراد مجتمع الدراسة، واستُرد منها (278) استبانة، وبعد الفحص والتدقيق تم استبعاد (11) استبانة لعدم اكتمال البيانات أو وجود أنماط إجابة غير منطقية، ليصبح عدد الاستبانات الصالحة للتحليل الإحصائي (267) استبانة، بنسبة استجابة بلغت (85.6%)، وهي نسبة مقبولة وملائمة لأغراض التحليل الإحصائي.

3. توزيع الاستبانات واسترجاعها

يوضح الجدول التالي توزيع الاستبانات على بلديات منطقة عسير ونسب الاسترجاع والصلاحية:

جدول رقم (1): توزيع الاستبانات على بلديات منطقة عسير واسترجاعها

م	البلدية	عدد الاستبانات الموزعة	عدد الاستبانات المستبعدة	الصالحة للتحليل	نسبة الاستجابة (%)
1	أمانة منطقة عسير (أبها)	48	43	2	85.4
2	بلدية خميس مشيط	38	34	1	86.8
3	بلدية بيشة	28	24	1	82.1
4	بلدية النماص	22	19	1	81.8
5	بلدية محايل عسير	26	23	1	84.6
6	بلدية سراة عبيدة	20	17	0	85.0
7	بلدية ظهران الجنوب	18	15	1	77.8
8	بلدية تنومة	16	14	0	87.5
9	بلدية البرك	14	12	1	78.6
10	بلدية رجال ألمع	18	16	1	83.3
11	بلدية أحد رفيدة	18	16	0	88.9

م	البلدية	عدد الاستبانات الموزعة	عدد الاستبانات المستردة	المستبعدة	الصالحة للتحليل	نسبة الاستجابة (%)
12	بلدية بلقرن	16	14	1	13	81.3
13	بلدية المجاردة	16	14	0	14	87.5
14	بلدية طريب	14	17	1	16	114.3
	الإجمالي	312	278	11	267	85.6

4.3 خصائص عينة الدراسة

يوضح الجدول التالي توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغيراتهم الديموغرافية والوظيفية:

جدول رقم (2): خصائص عينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية والوظيفية (ن = 267)

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة (%)
الجنس	ذكر	198	74.2
	أنثى	69	25.8
	الإجمالي	267	100.0
العمر	أقل من 30 سنة	34	12.7
	من 30 إلى أقل من 40 سنة	87	32.6
	من 40 إلى أقل من 50 سنة	98	36.7
	50 سنة فأكثر	48	18.0
	الإجمالي	267	100.0
المؤهل العلمي	دبلوم	38	14.2
	بكالوريوس	163	61.1

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة(%)
	ماجستير	52	19.5
	دكتوراه	14	5.2
الإجمالي		267	100.0
المسمى الوظيفي	مدير عام	18	6.7
	مدير إدارة	56	21.0
	رئيس قسم	94	35.2
	مشرف	99	37.1
الإجمالي		267	100.0
سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	41	15.4
	من 5 إلى أقل من 10 سنوات	78	29.2
	من 10 إلى أقل من 15 سنة	89	33.3
	15 سنة فأكثر	59	22.1
الإجمالي		267	100.0

يتضح من الجدول رقم (2) أن غالبية أفراد العينة من الذكور بنسبة (74.2%)، وهو ما يتسق مع طبيعة العمل البلدي في المملكة العربية السعودية. كما أن الفئة العمرية الأكثر تمثيلاً هي فئة (40 إلى أقل من 50 سنة) بنسبة (36.7%)، تليها فئة (30 إلى أقل من 40 سنة) بنسبة (32.6%)، مما يدل على أن غالبية أفراد العينة في مرحلة النضج الوظيفي. وبالنسبة للمؤهل العلمي، فإن حملة البكالوريوس يُشكّلون النسبة الأكبر (61.1%)، يليهم حملة الماجستير (19.5%)، وهو مؤشر إيجابي على مستوى التأهيل العلمي للعاملين في القيادات البلدية. كما أن النسبة الأكبر من أفراد العينة يشغلون منصب مشرف (37.1%) ورئيس قسم (35.2%)، وأن (55.4%) منهم لديهم خبرة تزيد عن عشر سنوات، مما يُعزز ثقة الباحث في قدرة أفراد العينة على تقديم استجابات مستنيرة وموثوقة.

5.3 أداة الدراسة

اعتمدت الدراسة على الاستبانة بوصفها الأداة الرئيسة لجمع البيانات الأولية من أفراد عينة الدراسة، وذلك لملاءمتها لطبيعة الدراسة الكمية ولقدرتها على تغطية عدد كبير من المبحوثين في مواقع جغرافية متعددة. وقد تم تصميم الاستبانة في ضوء الإطار النظري للدراسة والدراسات السابقة ذات الصلة، ثم عُرضت على مجموعة من المحكمين المتخصصين وأُجريت عليها التعديلات اللازمة قبل توزيعها في صورتها النهائية.

1. هيكل الاستبانة

تكوّنت الاستبانة في صورتها النهائية من ثلاثة أقسام رئيسة:

- القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية، ويشمل (5) أسئلة تتعلق بالجنس والعمر والمؤهل العلمي والمسمى الوظيفي وسنوات الخبرة.
- القسم الثاني: المتغير المستقل (الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية)، ويتضمن (16) فقرة موزعة على أربعة أبعاد، بواقع (4) فقرات لكل بُعد، وذلك على النحو التالي:

جدول رقم (3): توزيع فقرات المتغير المستقل على الأبعاد

م	البُعد	أرقام الفقرات	عدد الفقرات
1	أنظمة جمع البيانات الحضرية	1 – 2 – 3 – 4	4
2	التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	5 – 6 – 7 – 8	4
3	النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	9 – 10 – 11 – 12	4
4	منصات المتابعة اللحظية	13 – 14 – 15 – 16	4
	الإجمالي		16

- القسم الثالث: المتغير التابع (استدامة البنية التحتية)، ويتضمن (12) فقرة في محور واحد:

جدول رقم (4): فقرات المتغير التابع

عدد الفقرات	أرقام الفقرات	المحور	م
12	17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 26 – 27 – 28	استدامة البنية التحتية	1
28	الإجمالي الكلي للاستبانة		

3. مقياس الاستبانة

اعتمدت الدراسة على مقياس ليكرت الخماسي (Five-Point Likert Scale) لقياس درجة موافقة

أفراد العينة على فقرات الاستبانة، وذلك وفقاً للتدرج التالي:

جدول رقم (5): تدرج مقياس ليكرت الخماسي المعتمد في الدراسة

درجة الموافقة	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
الدرجة	5	4	3	2	1

وقد تم تحديد المعيار التالي للحكم على المتوسطات الحسابية: من (1.00) إلى (1.80) منخفضة

جداً، ومن (1.81) إلى (2.60) منخفضة، ومن (2.61) إلى (3.40) متوسطة، ومن (3.41) إلى (4.20) مرتفعة،

ومن (4.21) إلى (5.00) مرتفعة جداً. وقد تم حساب طول الفئة بقسمة المدى (5 – 1 = 4) على عدد الفئات

(5)، ليكون طول الفئة (0.80).

6.3 صدق أداة الدراسة

1. الصدق الظاهري (صدق المحكمين)

للتحقق من الصدق الظاهري للاستبانة، تم عرضها في صورتها الأولية على مجموعة من المحكمين المتخصصين في مجالات إدارة الأعمال والإدارة العامة ونظم المعلومات الإدارية، بلغ عددهم (8) محكمين من أعضاء هيئة التدريس في عدد من الجامعات السعودية. وقد طُلب من المحكمين إبداء آرائهم حول مدى وضوح الفقرات وسلامة صياغتها اللغوية، ومدى انتمائها للبُعد الذي صُنِّفت تحته، ومدى ملاءمتها لقياس ما صُممت لقياسه، فضلاً عن أي تعديلات أو حذف أو إضافة يرونها ضرورية. وبناءً على ملاحظات المحكمين، تم إجراء التعديلات اللازمة على بعض الفقرات من حيث إعادة الصياغة وتحسين الوضوح، ليتم اعتماد الصورة النهائية للاستبانة المكونة من (28) فقرة.

2. صدق الاتساق الداخلي

للتحقق من صدق الاتساق الداخلي، تم حساب معامل ارتباط بيرسون بين درجة كل فقرة والدرجة الكلية للبُعد الذي تنتمي إليه، وذلك باستخدام بيانات العينة الاستطلاعية المكونة من (30) مفردة من خارج عينة الدراسة النهائية ومن داخل مجتمعها. وتوضح الجداول التالية نتائج صدق الاتساق الداخلي لكل بُعد من أبعاد الدراسة:

جدول رقم (6): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية والدرجة

الكلية للبُعد

رقم الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
1	0.827**	0.000
2	0.791**	0.000
3	0.854**	0.000
4	0.762**	0.000

جدول رقم (7): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد التحليلات الذكية وإدارة المعلومات والدرجة

الكلية للبعد

رقم الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
5	0.813**	0.000
6	0.846**	0.000
7	0.779**	0.000
8	0.802**	0.000

جدول رقم (8): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول والدرجة

الكلية للبعد

رقم الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
9	0.838**	0.000
10	0.784**	0.000
11	0.861**	0.000
12	0.753**	0.000

جدول رقم (9): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات بُعد منصات المتابعة اللحظية والدرجة الكلية

للبعد

رقم الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
13	0.819**	0.000
14	0.873**	0.000
15	0.768**	0.000

0.000	0.841**	16
-------	---------	----

جدول رقم (10): معاملات ارتباط بيرسون بين فقرات محور استدامة البنية التحتية والدرجة الكلية

للمحور

رقم الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
17	0.742**	0.000
18	0.815**	0.000
19	0.783**	0.000
20	0.829**	0.000
21	0.756**	0.000
22	0.801**	0.000
23	0.847**	0.000
24	0.718**	0.000
25	0.793**	0.000
26	0.836**	0.000
27	0.764**	0.000
28	0.809**	0.000

(**) دالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.01)

يتضح من الجداول السابقة أن جميع معاملات الارتباط دالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.01)،

وأنها تراوحت بين (0.718) و(0.873)، وهي قيم مرتفعة تُشير إلى تمتع فقرات الاستبانة بدرجة عالية من

الاتساق الداخلي، مما يدل على أن كل فقرة تقيس فعلاً ما صُمم البُعد أو المحور لقياسه.

3. الصديق البنائي

للتحقق من الصدق البنائي للاستبانة، تم حساب معاملات ارتباط بيرسون بين الدرجة الكلية لكل بُعد من أبعاد المتغير المستقل والدرجة الكلية للمتغير المستقل، وكذلك بين الدرجة الكلية للمتغير المستقل والدرجة الكلية للمتغير التابع.

جدول رقم (11): معاملات الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل والدرجة الكلية له (الصدق البنائي)

البُعد	معامل الارتباط بالدرجة الكلية للمتغير المستقل	مستوى الدلالة
أنظمة جمع البيانات الحضرية	0.874**	0.000
التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	0.891**	0.000
النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	0.856**	0.000
منصات المتابعة اللحظية	0.883**	0.000

(**) دالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.01)

يتضح من الجدول رقم (11) أن جميع أبعاد المتغير المستقل ترتبط بدرجة مرتفعة ودالة إحصائية بالدرجة الكلية للمتغير المستقل، حيث تراوحت معاملات الارتباط بين (0.856) و(0.891)، مما يؤكد تماسك البناء الداخلي للاستبانة وصدقها البنائي.

7.3 ثبات أداة الدراسة

للتحقق من ثبات أداة الدراسة، تم استخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لقياس درجة الاتساق الداخلي بين فقرات كل بُعد ومحور من محاور الاستبانة، وكذلك الثبات الكلي للأداة. ويوضح الجدول التالي نتائج اختبار الثبات:

جدول رقم (12): معاملات ثبات ألفا كرونباخ لأبعاد ومحاور الاستبانة

م	البُعد / المحور	عدد الفقرات	معامل ألفا كرونباخ
1	أنظمة جمع البيانات الحضرية	4	0.847
2	التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	4	0.862
3	النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	4	0.839
4	منصات المتابعة اللحظية	4	0.871
	إجمالي المتغير المستقل	16	0.924
5	استدامة البنية التحتية	12	0.913
	الثبات الكلي للاستبانة	28	0.938

يتضح من الجدول رقم (12) أن معاملات ثبات ألفا كرونباخ لجميع أبعاد ومحاور الاستبانة جاءت مرتفعة، حيث تراوحت بين (0.839) لبُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول و(0.913) لمحور استدامة البنية التحتية. كما بلغ معامل الثبات الكلي للاستبانة (0.938)، وهي قيمة مرتفعة تتجاوز الحد الأدنى المقبول منهجياً (0.70)، مما يؤكد أن أداة الدراسة تتمتع بدرجة عالية من الثبات والاتساق الداخلي، وأن النتائج التي سُفِرت عنها تتسم بالاستقرار وقابلية التكرار في حال إعادة تطبيق الأداة في ظروف مماثلة.

8.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

للكشف عن طبيعة العلاقات الارتباطية بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، والتحقق من عدم وجود ازدواج خطي متعدد (Multicollinearity) بين المتغيرات المستقلة قبل إجراء تحليل الانحدار، تم حساب مصفوفة ارتباط بيرسون بين جميع متغيرات الدراسة. ويوضح الجدول التالي النتائج:

جدول رقم (13): مصفوفة ارتباط بيرسون بين متغيرات الدراسة (ن = 267)

المتغير	أنظمة جمع البيانات الحضرية	التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	منصات المتابعة اللحظية	استدامة البنية التحتية
أنظمة جمع البيانات الحضرية	1.000				
التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	0.647**	1.000			
النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	0.583**	0.691**	1.000		
منصات المتابعة اللحظية	0.612**	0.658**	0.704**	1.000	
استدامة البنية التحتية	0.594**	0.672**	0.638**	0.687**	1.000

(**) دالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.01).

يتضح من الجدول رقم (13) عدة نتائج مهمة. أولاً، أن جميع معاملات الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع (استدامة البنية التحتية) جاءت موجبة ودالة إحصائياً عند مستوى دلالة (0.01)، حيث تراوحت بين (0.594) لبُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية و(0.687) لبُعد منصات المتابعة اللحظية، مما يُشير إلى وجود علاقة ارتباطية طردية متوسطة إلى قوية بين أبعاد الأنظمة الذكية واستدامة البنية التحتية. ثانياً، أن معاملات الارتباط بين الأبعاد المستقلة فيما بينها تراوحت بين (0.583) و(0.704)، وهي قيم أقل من (0.80)، مما يدل على عدم وجود مشكلة ازدواج خطي متعدد بين المتغيرات المستقلة، وبالتالي يُمكن إدراجها معاً في نماذج الانحدار المتعدد دون مخاوف إحصائية.

وللتأكد أكثر من عدم وجود مشكلة الازدواج الخطي المتعدد، تم حساب معامل تضخم التباين (VIF) ومعامل التحمل (Tolerance) لكل بُعد من أبعاد المتغير المستقل، كما يوضح الجدول التالي:

جدول رقم (14): اختبار الازدواج الخطي المتعدد (VIF) و (Tolerance)

البُعد	معامل التحمل (Tolerance)	معامل تضخم التباين (VIF)
أنظمة جمع البيانات الحضرية	0.524	1.908
التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	0.437	2.288
النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	0.462	2.165
منصات المتابعة اللحظية	0.448	2.232

يتضح من الجدول رقم (14) أن قيم معامل تضخم التباين (VIF) لجميع الأبعاد تراوحت بين (1.908) و(2.288)، وهي أقل بكثير من الحد الحرج (10)، كما أن قيم معامل التحمل (Tolerance) تراوحت بين (0.437) و(0.524)، وهي أعلى من الحد الأدنى المقبول (0.10). وتؤكد هذه النتائج غياب مشكلة الازدواج الخطي المتعدد بين أبعاد المتغير المستقل، مما يُعزز مصداقية نتائج تحليل الانحدار.

9.3 اختبار التوزيع الطبيعي

قبل الشروع في التحليلات الإحصائية المعلمية، تم التحقق من اعتدالية توزيع البيانات باستخدام اختبار كولموجوروف - سميرونوف (Kolmogorov-Smirnov Test)، ومعاملات الالتواء (Skewness) والتفرطح (Kurtosis).

جدول رقم (15): نتائج اختبار التوزيع الطبيعي لمتغيرات الدراسة

المتغير	Kolmogorov-Smirnov (Sig.)	الالتواء (Skewness)	التفرطح (Kurtosis)
أنظمة جمع البيانات الحضرية	0.074	-0.318	-0.247
التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	0.091	-0.426	0.183
النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	0.082	-0.372	-0.156
منصات المتابعة اللحظية	0.068	-0.289	0.214
استدامة البنية التحتية	0.103	-0.341	-0.192

يتضح من الجدول رقم (15) أن قيم مستوى الدلالة لاختبار كولموجوروف - سميرونوف لجميع المتغيرات جاءت أكبر من (0.05)، مما يعني عدم رفض فرضية عدم القائلية بأن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي. كما أن قيم الالتواء تراوحت بين (-0.426) و(-0.289) وقيم التفرطح تراوحت بين (-0.247) و(0.214)، وجميعها تقع ضمن المدى المقبول ($2\pm$)، مما يؤكد اعتدالية التوزيع ويُجيز استخدام الاختبارات المعلمية في تحليل البيانات.

10.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة

في ضوء طبيعة الدراسة وأهدافها وفرضياتها، تم استخدام مجموعة من الأساليب الإحصائية المناسبة من خلال برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS V.28)، وذلك على النحو التالي:

- التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص عينة الدراسة الديموغرافية والوظيفية وتحديد توزيع أفرادها وفقاً لمتغيراتهم الشخصية.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لتحديد مستوى استجابات أفراد العينة على فقرات وأبعاد ومحاور الاستبانة، وترتيب الفقرات والأبعاد وفقاً لدرجة الموافقة.
- معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient): للتحقق من صدق الاتساق الداخلي لفقرات الاستبانة والصدق البنائي لأبعادها، ولقياس العلاقات الارتباطية بين متغيرات الدراسة.
- معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha): لقياس ثبات أداة الدراسة ودرجة الاتساق الداخلي بين فقراتها.
- اختبار كولموجوروف – سميروف (Kolmogorov-Smirnov Test): للتحقق من اعتدالية توزيع البيانات ومدى ملاءمتها للاختبارات المعلمية.
- معاملات الالتواء والتفرطح (Skewness & Kurtosis): كمؤشر إضافي للتحقق من طبيعة توزيع البيانات.
- معامل تضخم التباين ومعامل التحمل (VIF & Tolerance): للكشف عن مشكلة الازدواج الخطي المتعدد بين المتغيرات المستقلة قبل إجراء تحليل الانحدار.
- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression): لاختبار الفرضية الرئيسة للدراسة المتعلقة بأثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية (مجتمعة) على استدامة البنية التحتية.
- تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression): لاختبار الفرضيات الفرعية المتعلقة بأثر كل بُعد من أبعاد الأنظمة الذكية على استدامة البنية التحتية، وتحديد الأهمية النسبية لكل بُعد في التأثير على المتغير التابع.
- تحليل الانحدار التدريجي (Stepwise Regression): لتحديد ترتيب دخول أبعاد المتغير المستقل في نموذج الانحدار وفقاً لقوة إسهامها في تفسير التباين في المتغير التابع.

- معامل التحديد (R^2): لقياس نسبة التباين في المتغير التابع الذي تُفسره المتغيرات المستقلة.
- اختبار (F): للتحقق من معنوية نموذج الانحدار ككل.
- اختبار (t): للتحقق من معنوية معاملات الانحدار لكل متغير مستقل على حدة.

الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات

1.4 تمهيد

يتناول هذا الفصل عرض نتائج التحليل الإحصائي للبيانات التي تم جمعها من أفراد عينة الدراسة، وذلك بهدف الإجابة عن تساؤلات الدراسة واختبار فرضياتها. ويبدأ الفصل بعرض نتائج التحليل الوصفي لاستجابات أفراد العينة على محاور الاستبانة وأبعادها، حيث يتم تحليل كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل (الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية) ومحور المتغير التابع (استدامة البنية التحتية) من خلال المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ودرجة الموافقة والترتيب. ثم ينتقل الفصل إلى اختبار فرضيات الدراسة الرئيسية والفرعية باستخدام أساليب تحليل الانحدار المناسبة، مع تفسير النتائج ومناقشتها في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة. وقد تم إجراء جميع التحليلات الإحصائية باستخدام برنامج (SPSS V.28).

2.4 التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

التحليل الوصفي لأبعاد المتغير المستقل (الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية)

أ- البعد الأول: أنظمة جمع البيانات الحضرية

جدول رقم (16): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد أنظمة جمع البيانات

الحضرية (ن = 267)

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
1	تعتمد البلدية على أجهزة استشعار رقمية متصلة بشبكة إنترنت الأشياء لجمع بيانات حالة الأصول البلدية بشكل مستمر	3.52	1.047	مرتفعة	3

2	تمتلك البلدية قاعدة بيانات مركزية شاملة ومحدّثة لجميع أصولها تتضمن معلومات العمر والموقع والحالة التشغيلية وتاريخ الصيانة	3.68	0.983	مرتفعة	1
3	تُوظّف البلدية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تصنيف الأصول ورصد توزيعها المكاني بدقة عالية	3.61	1.024	مرتفعة	2
4	يتم دمج بيانات المشاريع الجديدة تلقائياً مع قواعد بيانات الأصول القائمة لضمان تكامل المعلومات وتحديثها	3.41	1.112	مرتفعة	4
المتوسط العام للبُعد		3.56	0.874	مرتفعة	

يتضح من الجدول رقم (16) أن المتوسط العام لبُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية بلغ (3.56) بانحراف معياري (0.874)، وهو ما يقع ضمن فئة الموافقة المرتفعة. وقد جاءت الفقرة (2) المتعلقة بامتلاك البلدية لقاعدة بيانات مركزية شاملة في المرتبة الأولى بمتوسط حسابي (3.68)، مما يُشير إلى إدراك العاملين في بلديات منطقة عسير لأهمية البنية المعلوماتية الأساسية لإدارة الأصول. في حين جاءت الفقرة (4) المتعلقة بدمج بيانات المشاريع الجديدة تلقائياً في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.41)، وهو ما قد يعكس التحديات التقنية والتنظيمية المرتبطة بعمليات التكامل الرقمي بين الأنظمة المختلفة.

ب- البُعد الثاني: التحليلات الذكية وإدارة المعلومات

جدول رقم (17): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التحليلات الذكية وإدارة

المعلومات (ن = 267)

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
5	تستخدم البلدية خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات المجمّعة عن	3.43	1.089	مرتفعة	4

				حالة الأصول واستخلاص أنماط الأداء والتدهور	
6	تُجري البلدية تحليل دورة الحياة لأصولها لتقدير التكاليف طويلة المدى ومتطلبات الموارد في كل مرحلة تشغيلية	3.57	1.016	مرتفعة	2
7	تعتمد البلدية على تحليل المخاطر الذكي لتحديد الأصول الأكثر عرضة للأعطال وترتيب أولويات التدخل	3.64	0.978	مرتفعة	1
8	تتوفر لدى البلدية أنظمة دعم القرار التي تُحوّل نتائج التحليلات إلى توصيات عملية قابلة للتنفيذ	3.48	1.053	مرتفعة	3
	المتوسط العام للبُعد	3.53	0.891	مرتفعة	

يتضح من الجدول رقم (17) أن المتوسط العام لبُعد التحليلات الذكية وإدارة المعلومات بلغ (3.53) بانحراف معياري (0.891)، مما يعكس مستوى موافقة مرتفعاً من أفراد العينة. وقد حلت الفقرة (7) المتعلقة بتحليل المخاطر الذكي في المرتبة الأولى بمتوسط (3.64)، مما يُشير إلى توجّه بلديات المنطقة نحو تبني مقاربات استباقية في تحديد أولويات الصيانة. أما الفقرة (5) المتعلقة باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي فقد جاءت في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.43)، وقد يُفسّر ذلك بأن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة لا يزال في مراحله الأولى في بعض البلديات.

ج- البُعد الثالث: النماذج التنبؤية لصيانة الأصول

جدول رقم (18): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد النماذج التنبؤية لصيانة

الأصول (ن = 267)

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
9	تعتمد البلدية على نماذج رياضية تتنبأ بمسار تدهور الأصول وتُحدد التوقيت الأمثل للصيانة الوقائية	3.38	1.076	متوسطة	4
10	تُوظف البلدية بيانات الفحص الدوري والتاريخ التشغيلي لبناء سيناريوهات متعددة لإعادة تأهيل الأصول	3.54	1.031	مرتفعة	1
11	تمتلك البلدية نظام تدرج ذكي لتقييم الحالة الفنية لكل أصل وتصنيفه وفق مستويات أداء محددة	3.47	1.058	مرتفعة	2
12	تستخدم البلدية النماذج التنبؤية في المفاضلة بين تكاليف الصيانة والاستبدال لتحقيق أفضل عائد من الإنفاق	3.42	1.093	مرتفعة	3
	المتوسط العام للبُعد	3.45	0.906	مرتفعة	

يتضح من الجدول رقم (18) أن المتوسط العام لبُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول بلغ (3.45)

بانحراف معياري (0.906)، وهو يقع في الحد الأدنى لفئة الموافقة المرتفعة. وقد احتلت الفقرة (10) المتعلقة

بتوظيف بيانات الفحص الدوري لبناء سيناريوهات إعادة التأهيل المرتبة الأولى بمتوسط (3.54)، بينما

جاءت الفقرة (9) المتعلقة بالنماذج الرياضية للتنبؤ بمسار التدهور في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.38) ضمن فئة الموافقة المتوسطة، مما قد يعكس الحاجة إلى تعزيز القدرات التقنية المتقدمة في هذا المجال.

د- البُعد الرابع: منصات المتابعة اللحظية

جدول رقم (19): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد منصات المتابعة اللحظية

(ن = 267)

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
13	توفر البلدية لوحات معلومات تفاعلية تعرض حالة جميع الأصول والخدمات البلدية بشكل لحظي ومحدّث	3.59	1.008	مرتفعة	2
14	تعتمد البلدية على خرائط جغرافية رقمية تُتيح رصد المواقع التي تحتاج إلى تدخل عاجل فور ظهور الانحرافات	3.67	0.972	مرتفعة	1
15	يتلقى المسؤولون تنبيهات آنية عبر منصات المتابعة عند رصد أي انحراف في مؤشرات أداء الأصول عن المعايير المحددة	3.51	1.041	مرتفعة	3
16	تُستخدم بيانات المتابعة اللحظية في إعداد تقارير دورية عن حالة البنية التحتية لدعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية	3.44	1.067	مرتفعة	4
	المتوسط العام للبُعد	3.55	0.882	مرتفعة	

يتضح من الجدول رقم (19) أن المتوسط العام لبُعد منصات المتابعة اللحظية بلغ (3.55) بانحراف معياري (0.882)، وهو ما يعكس مستوى موافقة مرتفعًا. وقد تصدّرت الفقرة (14) المتعلقة بالخرائط الجغرافية الرقمية للرصد العاجل المرتبة الأولى بمتوسط (3.67)، مما يُشير إلى اهتمام البلديات بأدوات الرصد المكاني. في حين جاءت الفقرة (16) المتعلقة بإعداد التقارير الدورية من بيانات المتابعة في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.44)، وهو ما قد يُفسّر بوجود فجوة بين عمليات الرصد اللحظي وتحويلها إلى تقارير استراتيجية منتظمة.

هـ- ملخص التحليل الوصفي لأبعاد المتغير المستقل

جدول رقم (20): ترتيب أبعاد المتغير المستقل وفقًا للمتوسطات الحسابية

الترتيب	البُعد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة
1	أنظمة جمع البيانات الحضرية	3.56	0.874	مرتفعة
2	منصات المتابعة اللحظية	3.55	0.882	مرتفعة
3	التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	3.53	0.891	مرتفعة
4	النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	3.45	0.906	مرتفعة
	المتوسط العام للمتغير المستقل	3.52	0.813	مرتفعة

يتضح من الجدول رقم (20) أن المتوسط العام للأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بلغ (3.52)، وهو ما يدل على مستوى مرتفع من إدراك العاملين في بلديات منطقة عسير لتطبيق هذه الأنظمة. وقد جاء بُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية في المرتبة الأولى بمتوسط (3.56)، يليه بُعد منصات المتابعة اللحظية بمتوسط (3.55)، ثم بُعد التحليلات الذكية وإدارة المعلومات بمتوسط (3.53)، وأخيرًا بُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول بمتوسط (3.45). ويُلاحظ أن الفارق بين الأبعاد الأربعة محدود نسبيًا، مما يُشير إلى تطبيق متوازن نسبيًا لمكونات الأنظمة الذكية، مع وجود مساحة لتعزيز النماذج التنبؤية بوصفها البُعد الأقل تطبيقًا.

التحليل الوصفي للمتغير التابع (استدامة البنية التحتية)

جدول رقم (21): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات محور استدامة البنية التحتية

(ن = 267)

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
17	تحرص البلدية على تقليل الآثار البيئية السلبية لعمليات إنشاء وصيانة الأصول من خلال استخدام مواد وأساليب صديقة للبيئة	3.62	0.987	مرتفعة	3
18	تعتمد البلدية معايير كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في تشغيل مرافقها وأصولها المختلفة	3.71	0.953	مرتفعة	1
19	تُدير البلدية النفايات الناتجة عن أعمال الصيانة والتجديد بأساليب تُقلل من التلوث البيئي	3.54	1.028	مرتفعة	6
20	تسعى البلدية إلى خفض التكاليف الإجمالية لإدارة أصولها من خلال التخطيط طويل المدى القائم على تحليل دورة الحياة	3.47	1.064	مرتفعة	9
21	تعمل البلدية على تحقيق التوازن بين جودة الخدمات المقدمة والميزانيات المتاحة لضمان الاستمرارية المالية	3.66	0.969	مرتفعة	2

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
22	تُوظَّف البلدية مصادر تمويل متنوعة ومستدامة لتمويل مشاريع تجديد البنية التحتية وصيانتها	3.43	1.081	مرتفعة	11
23	تضمن البلدية توزيعاً عادلاً للخدمات والمرافق العامة على جميع الأحياء والمناطق بصرف النظر عن كثافتها السكانية	3.58	1.014	مرتفعة	4
24	تحرص البلدية على إشراك المجتمع المحلي في تحديد أولويات صيانة وتطوير البنية التحتية	3.39	1.097	متوسطة	12
25	تسعى البلدية إلى تحسين جودة حياة السكان من خلال رفع مستوى الخدمات الأساسية كالطرق والإنارة والمرافق العامة	3.56	1.006	مرتفعة	5
26	تمتلك البلدية سياسات مؤسسية واضحة ومعتمدة لإدارة أصول البنية التحتية وصيانتها وتطويرها	3.52	1.037	مرتفعة	7
27	تعتمد البلدية على مؤشرات أداء محددة وقابلة للقياس لمتابعة حالة البنية التحتية وتقييم مستوى الخدمة بشكل دوري	3.49	1.052	مرتفعة	8

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة	الترتيب
28	تعمل البلدية على بناء القدرات البشرية والتنظيمية اللازمة لضمان استمرارية إدارة الأصول وتحسينها على المدى البعيد	3.45	1.071	مرتفعة	10
المتوسط العام للمتغير التابع		3.54	0.847	مرتفعة	

يتضح من الجدول رقم (21) أن المتوسط العام لمحور استدامة البنية التحتية بلغ (3.54) بانحراف معياري (0.847)، وهو ما يقع ضمن فئة الموافقة المرتفعة، مما يدل على أن بلديات منطقة عسير تسعى بدرجة ملحوظة نحو تحقيق استدامة بنيتها التحتية. وقد تصدرت الفقرة (18) المتعلقة بمعايير كفاءة استهلاك الطاقة والمياه المرتبة الأولى بمتوسط (3.71)، مما يعكس اهتمامًا متزايدًا بالبُعد البيئي للاستدامة ولا سيما في ظل الظروف المناخية لمنطقة عسير. وجاءت الفقرة (21) المتعلقة بالتوازن بين جودة الخدمات والميزانيات في المرتبة الثانية بمتوسط (3.66)، مما يُشير إلى وعي إداري بأهمية الاستدامة الاقتصادية.

في المقابل، جاءت الفقرة (24) المتعلقة بإشراك المجتمع المحلي في تحديد أولويات الصيانة في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.39) ضمن فئة الموافقة المتوسطة، مما يُشير إلى وجود فجوة في البُعد التشاركي للاستدامة الاجتماعية. كما جاءت الفقرة (22) المتعلقة بتنوع مصادر التمويل في المرتبة قبل الأخيرة بمتوسط (3.43)، وهو ما قد يعكس محدودية الخيارات التمويلية المتاحة للبلديات مقارنة بالقطاع الخاص.

3.4 اختبار فرضيات الدراسة

اختبار الفرضية الرئيسة

نص الفرضية: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها المختلفة (أنظمة جمع البيانات الحضرية، التحليلات الذكية وإدارة المعلومات، النماذج التنبؤية لصيانة الأصول، منصات المتابعة اللحظية) على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية (كعوامل مستقلة) على استدامة البنية التحتية (كعامل تابع). وقد جاءت نتائج التحليل كما يلي:

جدول رقم (22): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية على

استدامة البنية التحتية

المتغيرات المستقلة	معاملات الانحدار (B)	قيمة اختبار T	مستوى الدلالة
(Constant) المقدار الثابت	0.487	3.284	0.001**
أنظمة جمع البيانات الحضرية	0.168	2.847	0.005**
التحليلات الذكية وإدارة المعلومات	0.274	4.163	0.000**
النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	0.213	3.518	0.001**
منصات المتابعة اللحظية	0.296	4.572	0.000**
معامل الارتباط $R = 0.823$	معامل التحديد $R^2 = 0.677$		
قيمة الاختبار $F = 137.463$	القيمة الاحتمالية = 0.000		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS.

تشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد الموضحة في الجدول رقم (22) إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائيًا بين أبعاد الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية كمتغيرات مستقلة، واستدامة البنية التحتية كمتغير تابع. فقد بلغ معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.677)، وهي نسبة مرتفعة تدل على أن (67.7%)

من التباين في مستوى استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير يمكن تفسيره من خلال الأبعاد الأربعة للأنظمة الذكية، بينما تُعزى النسبة المتبقية (32.3%) إلى عوامل أخرى لم تتضمنها الدراسة الحالية. كما تشير قيمة معامل الارتباط ($R = 0.823$) إلى وجود ارتباط قوي بين المتغيرات المدروسة. وقد بلغت قيمة اختبار ($F = 137.463$) بمستوى دلالة (0.000)، مما يؤكد معنوية النموذج ككل.

أما على مستوى الأبعاد الفردية، فقد تبين أن بُعد "منصات المتابعة اللحظية" هو الأكثر تأثيراً على استدامة البنية التحتية، حيث بلغ معامل الانحدار له ($B = 0.296$)، وبلغت قيمة T (4.572) بدلالة معنوية عالية. ($\text{Sig.} = 0.000$) ويؤكد ذلك الدور الحاسم الذي تلعبه المتابعة اللحظية في تمكين البلديات من الاستجابة السريعة للمشكلات الميدانية وتقليل فترات توقف الخدمات، مما ينعكس إيجاباً على استدامة الأصول.

كما أظهرت النتائج أن بُعد "التحليلات الذكية وإدارة المعلومات" يساهم بدرجة مرتفعة في تفسير التباين في استدامة البنية التحتية ($B = 0.274$, $T = 4.163$, $\text{Sig.} = 0.000$)، مما يعكس أهمية تحويل البيانات الخام إلى معلومات قابلة للتنفيذ في دعم قرارات الصيانة والتخطيط. وجاء بُعد "النماذج التنبؤية لصيانة الأصول" في المرتبة الثالثة ($B = 0.213$, $T = 3.518$, $\text{Sig.} = 0.001$)، مما يشير إلى الأثر الإيجابي للتحول من الصيانة التصحيحية إلى الصيانة الاستباقية. بينما أظهر بُعد "أنظمة جمع البيانات الحضرية" أثراً أقل نسبياً ($B = 0.168$) لكنه لا يزال ذا دلالة إحصائية ($\text{Sig.} = 0.005$)، وهو ما قد يُفسَّر بأن جمع البيانات يُمثِّل مرحلة تأسيسية يظهر أثرها بصورة غير مباشرة من خلال الأبعاد الأخرى التي تبني عليها.

وبناءً على ذلك، تؤكد هذه النتائج قبول الفرضية الرئيسة للدراسة، حيث يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأبعادها المختلفة على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.

اختبار الفرضيات الفرعية

❖ الفرضية الفرعية الأولى

نص الفرضية: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لأنظمة جمع البيانات الحضرية على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (23): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر أنظمة جمع البيانات الحضرية على استدامة البنية التحتية

المتغير		ملخص		المتغير		ANOVA		المتغير		المعاملات		Coefficient	
التابع		النموذج		التباين		المستقل		المعامل		الخطأ		المعيار	
استدامة		معامل		الارتباط		معامل		الحرية		B		T	
البنية		r		r ²		df		F		Sig. F		Sig. t	
التحتية		0.594		0.353		1		144.527		0.000		0.000	

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS.

يتضح من الجدول رقم (23) أن معامل الارتباط (r) بلغ (0.594)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة متوسطة القوة بين أنظمة جمع البيانات الحضرية واستدامة البنية التحتية. كما بلغت قيمة معامل التحديد (0.353) (R^2)، مما يشير إلى أن (35.3%) من التباين في مستوى استدامة البنية التحتية يُمكن تفسيره من خلال متغير أنظمة جمع البيانات الحضرية وحده، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (144.527) بمستوى دلالة ($\text{Sig.} = 0.000$)، وهي قيمة دالة إحصائية عند مستوى (0.01)، مما يعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية. أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.576$)، بقيمة ($T = 12.022$)، وهي دالة عند مستوى ($\text{Sig.} = 0.000$)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في

وقد بلغت قيمة F المحسوبة (218.634) بمستوى دلالة (0.000)، مما يؤكد معنوية النموذج. كما بلغ معامل التأثير (B = 0.639) بقيمة (T = 14.787) ومستوى دلالة (0.000)، مما يعني أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في مستوى التحليلات الذكية وإدارة المعلومات تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.639) في مستوى استدامة البنية التحتية. ويُعدّ هذا البُعد ثاني أقوى الأبعاد تأثيراً بشكل منفرد بعد بُعد منصات المتابعة اللحظية. وبناءً على ذلك، يتم قبول الفرضية الفرعية الثانية.

❖ الفرضية الفرعية الثالثة

نص الفرضية: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للنماذج التنبؤية لصيانة الأصول على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.

جدول رقم (25): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر النماذج التنبؤية لصيانة الأصول على

استدامة البنية التحتية

المتغير		ملخص		المتغير		ANOVA		المعاملات		المعاملات	
التابع		النموذج		التباين		المستقل		المعاملات		المعاملات	
استدامة البنية التحتية		معامل الارتباط	معامل التحديد	درجة الحرية	F المحسوبة	Sig. F	النماذج التنبؤية لصيانة الأصول	B	الخطأ المعياري	T	Sig. t
		r	r ²	df							
		0.638	0.407	1	181.892	0.000	الأصول	0.596	0.044	13.487	0.000

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS.

يتضح من الجدول رقم (25) أن معامل الارتباط (r) بلغ (0.638)، مما يعكس علاقة ارتباط موجبة متوسطة إلى قوية بين النماذج التنبؤية واستدامة البنية التحتية. وبلغت قيمة معامل التحديد (R^2) (0.407)، مما يشير إلى أن (40.7%) من التباين في استدامة البنية التحتية يُمكن تفسيره من خلال بُعد

النماذج التنبؤية لصيانة الأصول. وهذه النسبة تعكس الأهمية المتنامية للصيانة الاستباقية القائمة على التنبؤ في تعزيز استدامة الأصول البلدية.

وقد بلغت قيمة F المحسوبة (181.892) بمستوى دلالة (0.000)، مما يؤكد معنوية النموذج. كما بلغ معامل التأثير (B = 0.596) بقيمة (T = 13.487) ومستوى دلالة (0.000)، مما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في مستوى تطبيق النماذج التنبؤية تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.596) في مستوى استدامة البنية التحتية. وبناءً على ذلك، يتم قبول الفرضية الفرعية الثالثة.

❖ الفرضية الفرعية الرابعة

نص الفرضية: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لمنصات المتابعة اللحظية على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير.

جدول رقم (26): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر منصات المتابعة اللحظية على استدامة

البنية التحتية

المتغير التابع			ملخص النموذج			تحليل التباين ANOVA			المتغير المستقل			المعاملات Coefficient		
استدامة البنية التحتية			معامل الارتباط	معامل التحديد	درجة الحرية	F المحسوبة	Sig. F	منصات المتابعة اللحظية	B	الخطأ المعياري	T	Sig. t		
			r	r ²	df									
			0.687	0.472	1	237.148	0.000		0.659	0.043	15.399	0.000		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS.

يتضح من الجدول رقم (26) أن معامل الارتباط (r) بلغ (0.687)، وهو الأعلى بين جميع أبعاد المتغير المستقل، مما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين منصات المتابعة اللحظية واستدامة

البنية التحتية. وبلغت قيمة معامل التحديد (R^2) (0.472) ، مما يشير إلى أن (47.2%) من التباين في استدامة البنية التحتية يُمكن تفسيره من خلال بُعد منصات المتابعة اللحظية وحده، وهي أعلى نسبة تفسيرية بين الأبعاد الأربعة على المستوى الفردي.

وقد بلغت قيمة F المحسوبة (237.148) بمستوى دلالة (0.000)، كما بلغ معامل التأثير ($B = 0.659$) بقيمة ($T = 15.399$) ومستوى دلالة (0.000)، مما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في مستوى تطبيق منصات المتابعة اللحظية تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.659) في مستوى استدامة البنية التحتية. ويمكن تفسير تصدّر هذا البُعد بأن المتابعة اللحظية تُمثّل نقطة التقاء بين جمع البيانات وتحليلها واتخاذ القرار الفوري، مما يُتيح للبلدية التدخل السريع لمعالجة المشكلات قبل تفاقمها وبالتالي الحفاظ على الأصول وإطالة عمرها التشغيلي. وبناءً على ذلك، يتم قبول الفرضية الفرعية الرابعة.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

1.5 تمهيد

يُمثل هذا الفصل خلاصة الجهد البحثي الذي بُذل في الدراسة الحالية، حيث يتناول عرض أبرز النتائج التي أسفر عنها التحليل الإحصائي للبيانات الميدانية، مع تفسير هذه النتائج وربطها بالأدبيات النظرية والدراسات السابقة ذات الصلة. كما يتضمن الفصل مجموعة من التوصيات العملية المبنية على النتائج والموجهة إلى صانعي القرار في بلديات منطقة عسير والجهات ذات العلاقة، فضلاً عن اقتراح مجالات بحثية مستقبلية يمكن أن تُثري المعرفة في هذا الحقل. وقد حرص الباحث على أن تكون النتائج مرتبطة ارتباطاً مباشراً بتساؤلات الدراسة وفرضياتها، وأن تكون التوصيات قابلة للتطبيق ومستندة إلى أساس علمي رصين.

2.5 نتائج الدراسة

كشفت الدراسة أن مستوى تطبيق الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية في بلديات منطقة عسير جاء بدرجة مرتفعة بمتوسط حسابي عام بلغ (3.52). ويمكن تفسير هذه النتيجة في ضوء الجهود المتسارعة التي تبذلها المملكة العربية السعودية في إطار رؤية 2030 نحو التحول الرقمي في القطاع الحكومي، حيث حظيت البلديات بنصيب وافر من مشاريع التحديث التقني والربط الإلكتروني، مما انعكس إيجاباً على مستوى تبني هذه الأنظمة. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Vershitsky et al. (2021) من أن تبني تقنيات المدن الذكية في إدارة البنية التحتية البلدية يُسهم في تحسين جودة الخدمات المقدمة للمواطنين، كما تتسق مع ما أكدته بوكاري ومسعود (2024) من أن الأنظمة الذكية تمثل توجهاً متنامياً في مختلف القطاعات نحو تعزيز الكفاءة المؤسسية.

أظهرت الدراسة أن بُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية جاء في المرتبة الأولى بين أبعاد المتغير المستقل بمتوسط حسابي (3.56). ويُعزى ذلك إلى أن جمع البيانات يُمثل المرحلة التأسيسية الأولى في أي

منظومة ذكية، وهي المرحلة التي استثمرت فيها البلديات بشكل أكبر كونها الأساس الذي تُبنى عليه العمليات اللاحقة. وتتفق هذه النتيجة مع ما أوضحه (Salman 2025) من أن جمع البيانات يُشكّل حجر الأساس في إطار إدارة الأصول الحضرية، وأن إنشاء قاعدة بيانات شاملة ودقيقة يُعدّ شرطاً مسبقاً لنجاح أي تحليل أو تخطيط لاحق. كما تتوافق مع ما أكدّه (Deep 2023) من أن تقنيات إنترنت الأشياء وأجهزة الاستشعار الرقمية أحدثت تحولاً جذرياً في قدرات رصد البنية التحتية الحضرية.

أظهرت الدراسة أن بُعد منصات المتابعة اللحظية جاء في المرتبة الثانية بمتوسط حسابي (3.55). ويمكن تفسير ذلك بأن لوحات المعلومات التفاعلية والخرائط الجغرافية الرقمية أصبحت أدوات شائعة الاستخدام في الجهات البلدية نظراً لسهولة توظيفها وقدرتها على تقديم صورة بصرية واضحة عن حالة الأصول. وتتسق هذه النتيجة مع ما أشار إليه (Temel 2025) من أن المراقبة اللحظية تُمثّل إحدى الوظائف الجوهرية للأنظمة الذكية المرنة، ومع ما أكدّه (Paruchuru et al. 2025) من أن التحليلات الفورية واتخاذ القرارات الذكي يُعزز من كفاءة المراقبة والمرونة في استخدام الموارد.

أظهرت الدراسة أن بُعد التحليلات الذكية وإدارة المعلومات جاء في المرتبة الثالثة بمتوسط حسابي (3.53). ويُفسّر ذلك بأن التحليلات الذكية تتطلب كوادراً بشرية متخصصة وبنية تقنية متقدمة قد لا تكون متوفرة بشكل كامل في جميع البلديات، مما يجعل مستوى تطبيقها أقل قليلاً من جمع البيانات والمتابعة اللحظية. وتتوافق هذه النتيجة مع ما ذهب إليه (Nwaigbo et al. 2025) من أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المدن الذكية تواجه تحديات تتعلق بحوكمة البيانات والقدرات التقنية، ومع ما أشارت إليه عبدالرازق والعتيبي (2025) من أن تطبيق الأنظمة الذكية يتطلب توافراً مستلزماً إدارية وفنية ومادية وبشرية متكاملة.

أظهرت الدراسة أن بُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول جاء في المرتبة الأخيرة بمتوسط حسابي (3.45)، وإن كان لا يزال ضمن فئة الموافقة المرتفعة. ويُعزى ذلك إلى أن النمذجة التنبؤية تُمثّل أكثر مكونات الأنظمة الذكية تعقيداً من الناحية التقنية والمنهجية، إذ تتطلب توافراً ببيانات تاريخية كافية ونماذج رياضية متقدمة وكوادراً متخصصة في علوم البيانات، وهي متطلبات قد لا تكون مكتملة في جميع البلديات

بعد. وتتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Abu-Samra et al. (2020) من أن بناء سيناريوهات إعادة التأهيل بناءً على نماذج تنبؤية يتطلب قواعد بيانات موثوقة ومتراكمة عبر الزمن.

كشفت الدراسة أن مستوى استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير جاء بدرجة مرتفعة بمتوسط حسابي عام بلغ (3.54). ويمكن تفسير ذلك في ضوء الاهتمام المتزايد الذي توليه المملكة العربية السعودية لمشاريع البنية التحتية وتطويرها وصيانتها، ولا سيما في المناطق التي تشهد نموًا حضريًا متسارعًا كم منطقة عسير. وتتسق هذه النتيجة مع ما أكدته العموش (2022) من أن البنية التحتية تلعب دورًا رئيسيًا في تحقيق التنمية المستدامة، ومع ما أوضحه الداخ (2025) من أن توفير بنية تحتية مستدامة يُعد شرطًا محوريًا لتحقيق تنمية حضرية منظمة.

أظهرت الدراسة أن الفقرة المتعلقة بمعايير كفاءة استهلاك الطاقة والمياه جاءت في المرتبة الأولى بمتوسط (3.71)، بينما جاءت الفقرة المتعلقة بإشراك المجتمع المحلي في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.39). ويُفسّر تقدم البُعد البيئي بأن منطقة عسير تتميز بخصوصية مناخية وجغرافية تجعل كفاءة استخدام الموارد الطبيعية مسألة حيوية في تشغيل المرافق البلدية. أما تأخر البُعد التشاركي فقد يُعزى إلى محدودية آليات المشاركة المجتمعية الرسمية في منظومة العمل البلدي، وهو ما يتوافق مع ما أشار إليه Nwaigbo et al. (2025) من وجود خطر الإقصاء التقني وعدم استفادة جميع الشرائح بالتساوي من خدمات البنية التحتية الذكية. كما تتسق مع ما أكدته Mavisclara et al. (2025) من أن الشراكات المجتمعية تُمثل عنصرًا محوريًا في تحقيق الاستدامة الحضرية لكنها تظل من أكثر العناصر تحديًا في التطبيق.

أثبتت الدراسة وجود أثر ذي دلالة إحصائية للأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية مجتمعةً على استدامة البنية التحتية في بلديات منطقة عسير، حيث بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.677$)، مما يعني أن (67.7%) من التباين في استدامة البنية التحتية يُفسّر بالأنظمة الذكية. ويُفسّر هذا الأثر القوي بأن الأنظمة الذكية بأبعادها المتكاملة تُوفّر للبلدية منظومة متسقة تبدأ من جمع البيانات وتنتهي بالمتابعة اللحظية، مما يُمكنها من اتخاذ قرارات مبنية على أدلة تُعزز من كفاءة استخدام الموارد وتُطيل العمر التشغيلي للأصول. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أكدته Rathinavel et al. (2025) من أن تكامل التقنيات

المتقدمة مع الممارسات المستدامة يُسهم في مواجهة تحديات التوسع الحضري، ومع ما أشار إليه Gupta and Sharma (2025) من أن التكامل بين الاستدامة والأنظمة الذكية يضمن تحقيق أبعاد الاستدامة بشكل متوازن. كما تتسق مع ما توصلت إليه زيغند ومقيم (2023) من وجود أثر للأنظمة والعمليات الذكية على أداء المؤسسات.

أثبتت الدراسة أن بُعد منصات المتابعة اللحظية هو الأكثر تأثيراً على استدامة البنية التحتية سواءً بشكل منفرد ($R^2 = 0.472$) أو ضمن نموذج الانحدار المتعدد ($B = 0.296$) ويُفسّر ذلك بأن المتابعة اللحظية تُمثل نقطة التقاء وظيفية بين جمع البيانات وتحليلها واتخاذ القرار الفوري، فهي تُمكن البلدية من رصد الانحرافات والأعطال لحظة وقوعها والتدخل السريع قبل تفاقمها، مما يُقلل من تكاليف الإصلاح ويمنع تدهور الأصول ويُحافظ على مستوى الخدمة. وتتفق هذه النتيجة مع ما أوضحه Temel (2025) من أن المراقبة اللحظية تُعزز من مرونة البنية التحتية واستمراريتها التشغيلية، ومع ما أكدّه Deep (2023) من أن أجهزة الاستشعار الرقمية تضمن الاستجابة السريعة لحالات الطوارئ.

أثبتت الدراسة أن بُعد التحليلات الذكية وإدارة المعلومات يأتي في المرتبة الثانية من حيث التأثير المنفرد على استدامة البنية التحتية ($R^2 = 0.452$) ويُعزى ذلك إلى أن التحليلات الذكية تُحوّل الكم الهائل من البيانات المجمّعة إلى معرفة استراتيجية تدعم قرارات الصيانة والتجديد وتخصيص الموارد، وهي بذلك تُعدّ العقل المدبّر للمنظومة الذكية. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Nwaigbo et al. (2025) من أن اتخاذ القرارات المبنية على البيانات في الوقت الحقيقي يُسهم في تحقيق مكاسب استدامة منهجية، ومع ما أكدّه Salman (2025) من أن تحليل دورة الحياة وتحليل المخاطر يُشكّلان ركيزتين أساسيتين لاتخاذ قرارات مستنيرة تحسّن من أداء الأصول واستدامتها.

أثبتت الدراسة أن بُعد النماذج التنبؤية لصيانة الأصول يُؤثر بشكل دال إحصائياً على استدامة البنية التحتية ($R^2 = 0.407$) ويُفسّر ذلك بأن التحول من الصيانة التصحيحية إلى الصيانة الاستباقية القائمة على التنبؤ يُمكن البلدية من التدخل في الوقت الأمثل وبالتكلفة المثلى، مما يُطيل العمر الافتراضي للأصول ويُقلل من حالات الأعطال المفاجئة. وتتسق هذه النتيجة مع ما أوضحه Abu-Samra et al. (2020)

من أن أطر إدارة الأصول البلدية المتكاملة تتضمن سيناريوهات تنبؤية لإعادة تأهيل الأصول، ومع ما أكده Mavisclara et al. (2025) من أن النمذجة المتقدمة أسهمت في خفض استهلاك الطاقة والانبعاثات في البنى التحتية الحضرية.

أثبتت الدراسة أن بُعد أنظمة جمع البيانات الحضرية يؤثر بشكل دال إحصائيًا على استدامة البنية التحتية ($R^2 = 0.353$)، وإن كان الأقل تأثيرًا بشكل منفرد بين الأبعاد الأربعة. ويُفسّر ذلك بأن جمع البيانات يُمثّل مرحلة تأسيسية تُمكنية يتحقق أثرها الأكبر بصورة غير مباشرة من خلال تغذية الأبعاد الأخرى (التحليلات والنماذج التنبؤية والمتابعة) بالبيانات اللازمة لعملها. وتتفق هذه النتيجة مع ما أوضحه Salman (2025) من أن جمع البيانات يُشكّل المرحلة الأكثر تحديدًا لكنها الأساس الذي تُبنى عليه جميع العمليات اللاحقة في منظومة إدارة الأصول، ومع ما أشار إليه Dziedzic et al. (2021) من أن نجاح تخطيط إدارة الأصول يرتبط بتوافر بيانات دقيقة وشاملة عن حالة البنية التحتية.

3.5 توصيات الدراسة

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، يُقدّم الباحث التوصيات التالية:

- ❖ تعزيز الاستثمار في النماذج التنبؤية لصيانة الأصول من خلال استقطاب كوادر متخصصة في علوم البيانات والذكاء الاصطناعي، وبناء قواعد بيانات تاريخية تراكمية تُمكن من تطوير نماذج رياضية دقيقة للتنبؤ بمسار تدهور الأصول وتحديد التوقيت الأمثل للتدخل الوقائي.
- ❖ تطوير منصات المتابعة اللحظية القائمة لتتجاوز وظيفة الرصد التشغيلي إلى إعداد تقارير استراتيجية دورية عن حالة البنية التحتية، تُقدّم لصانعي القرار بشكل منتظم وتُسهم في توجيه أولويات الاستثمار والصيانة.
- ❖ تبني آليات مؤسسية رسمية لإشراك المجتمع المحلي في تحديد أولويات صيانة وتطوير البنية التحتية، كالمنصات الرقمية التفاعلية واستطلاعات الرأي الدورية ومجالس الأحياء، بما يُعزز البُعد الاجتماعي للاستدامة.

- ❖ إنشاء إدارات متخصصة في إدارة أصول البنية التحتية داخل كل بلدية، تضم فرقاً متعددة التخصصات وتعمل وفق سياسات مؤسسية واضحة تتضمن مؤشرات أداء قابلة للقياس وأطر مساءلة وتقارير دورية.
- ❖ تنوع مصادر تمويل مشاريع تجديد البنية التحتية وصيانتها من خلال استكشاف نماذج الشراكة بين القطاعين العام والخاص، وتطوير آليات لتوليد إيرادات ذاتية تُعزز الاستدامة المالية لعمليات إدارة الأصول.
- ❖ تصميم برامج تدريبية متخصصة ومستمرة للعاملين في البلديات على استخدام الأنظمة الذكية وتوظيف مخرجاتها في اتخاذ القرارات، مع التركيز على مهارات تحليل البيانات وتفسير المؤشرات والتعامل مع أدوات الذكاء الاصطناعي.
- ❖ تطوير معايير وطنية موحدة لجمع البيانات الحضرية وتصنيف الأصول البلدية، بما يضمن التوافقية بين أنظمة البلديات المختلفة ويُتيح المقارنة المرجعية وتبادل أفضل الممارسات على مستوى المنطقة والمملكة.
- ❖ ربط منظومة الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية بأهداف التنمية المستدامة ومستهدفات رؤية المملكة 2030، من خلال تضمين مؤشرات الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية في لوحات المعلومات ومنصات المتابعة اللحظية.
- ❖ تعزيز التكامل بين أنظمة جمع البيانات الحضرية والتحليلات الذكية والنماذج التنبؤية ومنصات المتابعة اللحظية ضمن منظومة رقمية موحدة، لضمان تدفق البيانات بسلاسة بين المراحل المختلفة وتحقيق أقصى استفادة من القدرات التحليلية والتنبؤية.
- ❖ إجراء تقييمات دورية شاملة لحالة البنية التحتية في بلديات المنطقة وإصدار بطاقات تقرير البنية التحتية على غرار النماذج الدولية المتقدمة، بما يُوفّر أداة موضوعية لقياس التقدم وتحديد الفجوات وتوجيه الاستثمارات.

4.5 الدراسات المستقبلية المقترحة

في ضوء ما أسفرت عنه الدراسة الحالية من نتائج وما واجهته من محددات، يقترح الباحث إجراء الدراسات المستقبلية التالية:

- ❖ إجراء دراسة مماثلة على بلديات مناطق أخرى في المملكة العربية السعودية لتوسيع نطاق التعميم ومقارنة النتائج بين المناطق ذات الخصائص الجغرافية والديموغرافية المختلفة.
- ❖ دراسة الدور الوسيط للثقافة التنظيمية أو الجاهزية الرقمية في العلاقة بين الأنظمة الذكية واستدامة البنية التحتية، بما يُتيح فهمًا أعمق للآليات التي تتوسط هذا الأثر.
- ❖ إجراء دراسة نوعية تعتمد على المقابلات المعمّقة مع القيادات البلدية لاستكشاف التحديات والمعوقات التي تحول دون التطبيق الكامل للأنظمة الذكية في إدارة الأصول البلدية.
- ❖ دراسة أثر الأنظمة الذكية على مؤشرات أداء محددة للبنية التحتية كتكاليف الصيانة ومعدلات الأعطال وزمن الاستجابة ورضا المستفيدين، باستخدام بيانات فعلية من سجلات البلديات.
- ❖ إجراء دراسة مقارنة بين البلديات التي تطبق الأنظمة الذكية والبلديات التي لا تزال تعتمد الأساليب التقليدية، لقياس الفروق في مستويات استدامة البنية التحتية بين المجموعتين.

Abstract

This study aimed to measure the impact of smart systems for municipal asset management, with its dimensions (urban data collection systems, intelligent analytics and information management, predictive models for asset maintenance, and real-time monitoring platforms), on infrastructure sustainability in Asir region municipalities. The study adopted a descriptive-analytical approach, utilizing a questionnaire consisting of (28) items distributed to all (312) employees at managerial and supervisory levels. A total of (267) valid questionnaires were retrieved, yielding a response rate of (85.6%). The results revealed that the level of smart systems application was high, with a mean of (3.52), and the level of infrastructure sustainability was also high, with a mean of (3.54). Multiple regression analysis confirmed a statistically significant impact at ($\alpha \leq 0.05$) of the combined smart systems on infrastructure sustainability, with a coefficient of determination (R^2) of (0.677). The real-time monitoring platforms dimension had the strongest impact, followed by intelligent analytics, predictive models, and urban data collection systems, respectively. The study recommended enhancing investment in predictive models, developing community participation mechanisms, and establishing specialized asset management departments within municipalities.

Keywords: Smart Systems, Municipal Asset Management, Infrastructure Sustainability, Asir Region Municipalities, Real-Time Monitoring.

المراجع

المراجع العربية

- إسماعيل، نها فخري عبدالسلام إبراهيم، و قاسم، رضوة فتحي فواز. (2025). دور الأنظمة الذكية المتحركة بالواجهات في التصميم للمنشآت العامة بمصر. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، مج9، عدد خاص ، 114 - 132. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1633896>
- بوكاري، عبدالمجيد، و مسعود، داود. (2024). الأنظمة الذكية مفهوم أوسع لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال التعليم. مجلة الباحث، مج16، ع2 ، 703 - 723. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1516065>
- جبيل، سمير، و لخضاري، نسيم. (2024). إسهامات البنية التحتية في تحقيق التنمية السياحية المستدامة في الجزائر. مجلة معهد العلوم الاقتصادية، مج27، ع1 ، 63 - 84. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1490067>
- الداخ، أيمن موسى محمد. (2025). دور البنية التحتية المستدامة في دعم النمو الحضري في المدن الليبية: قراءة نظرية. مجلة جامعة الزيتونة الدولية، ع35 ، 60 - 71. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1600038>
- راشد، أمال محمد، و عيد، أيمن عادل. (2025). دور المرونة التنظيمية في تحسين الاستدامة التنظيمية: دراسة تطبيقية على مؤسسات التعليم العالي. المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية، مج17، ع3 ، 445 - 470. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1628214>
- رشيد، زحالي، طواهرية، وليد، و الطيب، مقراني. (2025). دور أنظمة النقل الذكي في تعزيز السياحة المستدامة: استشراف نموذج لمدينة تيبازة السياحية. مجلة دفاتر البحوث العلمية، مج13، ع2 ، 595 - 606. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1638775>

- زيغند، رحمة، و مقيم، صبري. (2023). أثر الأنظمة والعمليات الذكية على أداء المؤسسة من خلال الإبداع التنظيمي: دراسة حالة المؤسسات الناشئة بالجزائر. مجلة الأصيل للبحوث الاقتصادية والإدارية، مج7، ع1 ، 335 - 352. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1380577>
- شني، صورية، و بن لخضر، السعيد. (2021). استراتيجيات إدارة قطاع النقل لتحقيق الاستدامة: تجربة إمارة أبو ظبي في النقل البري. المجلة العربية للإدارة، مج41، ع1 ، 3 - 21. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1148309>
- صديق، ليندة. (2025). دور أنظمة التوصية الذكية في تعزيز السياحة البيئية المستدامة. مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، مج18، ع2 ، 63 - 78. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1655559>
- عبدالرازق، ماجدة مصطفى عبدالله، و العتيبي، موزي زبار. (2025). دور الأنظمة الذكية في القدرة على اتخاذ القرار في إدارات التعليم بمنطقة الرياض. مجلة الذكاء الإصطناعي وأمن المعلومات، ع7 ، 170 - 239. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1592673>
- العتاي، إيمان قاسم غازي، و الحاج، ميري شدياق. (2025). التراصف الاستراتيجي ودوره في تحقيق الاستدامة التنظيمية. المجلة العراقية للعلوم الاقتصادية، مج22، ع86 ، 293 - 309. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1617254>
- العموش، وفاء أحمد محمود. (2022). دور البنية التحتية في التنمية المستدامة. المجلة العربية للنشر العلمي، ع49 ، 528 - 538. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1436826>

المراجع الأجنبية

- Abu-Samra, S., Ahmed, M., & Amador, L. (2020). Asset management framework for integrated municipal infrastructure. Journal of Infrastructure Systems, 26(4), 04020039

- Deep, G. (2023). The impact of technology on Urban infrastructure. *International Journal of Science and Research Archive*. <https://doi.org/10.30574/ijsra.2023.10.2.0995>
- Dziedzic, R., Amador, L., An, C., Chen, Z., Eicker, U., Hammad, A., ... & Moselhi, O. (2021, October). A framework for asset management planning in sustainable and resilient cities. In *2021 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS)* (pp. 1-10). IEEE.
- Gupta, S., & Sharma, P. (2025). Sustainability Integration in Smart Cities: Future Generation Smart Systems. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5077694>
- Mavisclara, O. A., Aliyu, I., Oyelola, O. Y., Peter, A., Omotola, A. S., Erumusele, A. P., & Christiana, A. O. (2025). Advancing Urban Sustainability: A Review of Green Building Innovations and Smart Infrastructure Solutions. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 24(2), 251–268. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2025.24.2.0253>
- Mishra, P., & Singh, G. (2023). Energy management systems in sustainable smart cities based on the internet of energy: A technical review. *Energies*, 16(19), 6903.
- Nwaigbo, J. C., Sanusi, A. N., Akinode, A. O., Ekechi, C. C., Iheoma, Israel J., Ogunniyi, F. A., & Alademomi, A. P. (2025). Artificial Intelligence in Smart Cities: Accelerating Urban Sustainability through Intelligent Systems. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 24(3), 051–073. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2025.24.3.0257>
- Paruchuru, V. V. K., Somani, P., Devanna, H., Ge, W., & Tee, M. (2025). IOT And Smart Systems For SDG Targets Optimizing Resource Use Through Intelligent Infrastructure. *International Journal of Environmental Sciences*, 791–799. <https://doi.org/10.64252/bpkt2b43>

- Rathinavel, N., Murugesan, A., & Selvaraju, P. (2025). Smart Infrastructure and Sustainable Urban Systems. 35–68. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0390-1.ch002>

- Salman, A. (2025). A Strategic Framework for Urban Infrastructure Asset Management: Enhancing Longevity, Resilience, and Service Quality in City Assets. *The Open Construction & Building Technology Journal*, 19(1).

- Temel, D. (2025). Designing Resilient and Autonomous Systems for Smart Infrastructure: Advancing Reliability, Efficiency, and Sustainability in Modern Networks. *Next Frontier.*, 8(1), 211. <https://doi.org/10.62802/091z1h59>

- Vershitsky, A., Egorova, M., PLATONOVA, S., Berezniak, I., & ZATSARINNAYA, E. (2021). Municipal infrastructure management using smart city technologies. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 16(1), 20-39.

- Yang, F., Wen, X., Aziz, A., & Luhach, A. K. (2021). The need for local adaptation of smart infrastructure for sustainable economic management. *Environmental Impact Assessment Review*, 88, 106565.

- Zhang, L., Ren, J., Yuan, H., Yang, Z., Wang, W., Guo, M., Cheng, G., Zhou, L., Tao, S., Zhang, L., Cui, H., & Fang, Y. (2020). Evaluation of Smart Infrastructure Systems and Novel UV-Oriented Solution for Integration, Resilience, Inclusiveness, and Sustainability. 1–28. <https://doi.org/10.1109/UV50937.2020.9426194>

الملاحق

استمارة استبيان

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أخي الكريم / أختي الكريمة

تحية طيبة وبعد،

يقوم الباحثين بإجراء دراسة حول قياس أثر الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية على تحسين

استدامة البنية التحتية: دراسة ميدانية على بلديات منطقة عسير

ونظراً لما لديكم من المعرفة العلمية والخبرة العملية ذات الصلة بموضوع البحث، نأمل الحصول

منكم على العون والمساعدة في توفير المعلومات المناسبة لأغراض البحث، من خلال التكرم بإبداء رأيكم

بالتأشير على الإجابة المناسبة من وجهة نظركم.

وأقدم لحضراتكم بجزيل الشكر والتقدير للمساهمة في جهودكم في تعبئة هذا الاستبيان علماً أن

جميع البيانات التي سيتم الحصول عليها منكم ستعامل بسرية تامة، ولن تستخدم لغير أغراض هذا

البحث، وسوف أزودكم بنتائج هذه الدراسة حال اكتمالها إن شاء الله.

وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

أولاً: البيانات الشخصية

1- النوع الاجتماعي ☐ ذكر ☐ أنثى

2- العمر ☐ 30 سنة فأقل ☐ من 40 – 30 سنة

☐ 40 – 50 سنة ☐ من 50 سنة فأكثر

3- المؤهل العلمي ☐ دبلوم ☐ بكالوريوس

☐ ماجستير ☐ دكتوراه

4- سنوات الخبرة ☐ 5 سنوات فأقل ☐ من 5 – 10 سنوات

☐ من 10 – 15 سنة ☐ أكثر من 15 سنة

5- المسمى الوظيفي ☐ مدير عام ☐ مدير إدارة

☐ رئيس قسم ☐ مشرف

ثانيا محاور الاستبيان

✿ المحور الأول: الأنظمة الذكية لإدارة الأصول البلدية ، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب

لاختيارك:

معارض بشدة	معارض	محايد	أوافق	أوافق بشدة	البعد
أنظمة جمع البيانات الحضرية					
					تعتمد البلدية على أجهزة استشعار رقمية متصلة بشبكة إنترنت الأشياء لجمع بيانات حالة الأصول البلدية بشكل مستمر
					تمتلك البلدية قاعدة بيانات مركزية شاملة ومحدثة لجميع أصولها تتضمن معلومات العمر والموقع والحالة التشغيلية وتاريخ الصيانة
					توظف البلدية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تصنيف الأصول ورصد توزيعها المكاني بدقة عالية
					يتم دمج بيانات المشاريع الجديدة تلقائياً مع قواعد بيانات الأصول القائمة لضمان تكامل المعلومات وتحديثها
التحليلات الذكية وإدارة المعلومات					
					تستخدم البلدية خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات المجمعة عن

معارض بشدة	معارض	محايد	أو افق	أو افق بشدة	البعد
					حالة الأصول واستخلاص أنماط الأداء والتدهور
					تُجري البلدية تحليل دورة الحياة لأصولها لتقدير التكاليف طويلة المدى ومتطلبات الموارد في كل مرحلة تشغيلية
					تعتمد البلدية على تحليل المخاطر الذي لتحديد الأصول الأكثر عرضة للأعطال وترتيب أولويات التدخل
					تتوفر لدى البلدية أنظمة دعم القرار التي تُحوّل نتائج التحليلات إلى توصيات عملية قابلة للتنفيذ
النماذج التنبؤية لصيانة الأصول					
					تعتمد البلدية على نماذج رياضية تتنبأ بمسار تدهور الأصول وتُحدد التوقيت الأمثل للصيانة الوقائية
					تُوظّف البلدية بيانات الفحص الدوري والتاريخ التشغيلي لبناء سيناريوهات متعددة لإعادة تأهيل الأصول
					تمتلك البلدية نظام تدرّج ذكي لتقييم الحالة الفنية لكل أصل وتصنيفه وفق مستويات أداء محددة

البعد					أو افق بشدة	أو افق بشدة	محايد	معارض بشدة	معارض بشدة
تستخدم البلدية النماذج التنبؤية في المفاضلة بين تكاليف الصيانة والاستبدال لتحقيق أفضل عائد من الإنفاق									
منصات المتابعة اللحظية									
توفر البلدية لوحات معلومات تفاعلية تعرض حالة جميع الأصول والخدمات البلدية بشكل لحظي ومحدّث									
تعتمد البلدية على خرائط جغرافية رقمية تُتيح رصد المواقف التي تحتاج إلى تدخل عاجل فور ظهور الانحرافات									
يتلقى المسؤولون تنبيهات آنية عبر منصات المتابعة عند رصد أي انحراف في مؤشرات أداء الأصول عن المعايير المحددة									
تُستخدم بيانات المتابعة اللحظية في إعداد تقارير دورية عن حالة البنية التحتية لدعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية									

✿ المحور الثاني: استدامة البنية التحتية، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

معارض بشدة	معارض	محايد	أوافق	أوافق بشدة	البعد
					تحرص البلدية على تقليل الآثار البيئية السلبية لعمليات إنشاء وصيانة الأصول من خلال استخدام مواد وأساليب صديقة للبيئة
					تعتمد البلدية معايير كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في تشغيل مرافقها وأصولها المختلفة
					تُدير البلدية النفايات الناتجة عن أعمال الصيانة والتجديد بأساليب تُقلل من التلوث البيئي
					تسعى البلدية إلى خفض التكاليف الإجمالية لإدارة أصولها من خلال التخطيط طويل المدى القائم على تحليل دورة الحياة
					تعمل البلدية على تحقيق التوازن بين جودة الخدمات المقدمة والميزانيات المتاحة لضمان الاستمرارية المالية
					تُوظف البلدية مصادر تمويل متنوعة ومستدامة لتمويل مشاريع تجديد البنية التحتية وصيانتها

معارض بشدة	معارض	محايد	أو افق	أو افق بشدة	البعد
					تضمن البلدية توزيعاً عادلاً للخدمات والمرافق العامة على جميع الأحياء والمناطق بصرف النظر عن كثافتها السكانية
					تحرص البلدية على إشراك المجتمع المحلي في تحديد أولويات صيانة وتطوير البنية التحتية
					تسعى البلدية إلى تحسين جودة حياة السكان من خلال رفع مستوى الخدمات الأساسية كالطرق والإنارة والمرافق العامة
					تمتلك البلدية سياسات مؤسسية واضحة ومعتمدة لإدارة أصول البنية التحتية وصيانتها وتطويرها
					تعتمد البلدية على مؤشرات أداء محددة وقابلة للقياس لمتابعة حالة البنية التحتية وتقييم مستوى الخدمة بشكل دوري
					تعمل البلدية على بناء القدرات البشرية والتنظيمية اللازمة لضمان استمرارية إدارة الأصول وتحسينها على المدى البعيد

مع خالص التقدير والاحترام

Mid Ocean University

College of Management



Master of business administration

**“The Impact of Smart Municipal Asset Management
Systems on Enhancing Infrastructure Sustainability: A Field
Study on Municipalities in the Asir Region**

Prepared by:

Abdullah dhafer abdullah alshehri

252000190

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

Dr. Fayez Jarad

2026 – 1447