

العنوان

أثر استخدام الذكاء الصناعي في إدارة النفايات وإدارة المرافق في المملكة العربية السعودية

اعداد الباحث/ علي محمد اليامي

الرقم الجامعي/241000332

إشراف/

عبد الرحيم نادر

العام الدراسي:

٢٠٢٦

جدول المحتويات

3	1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
4	- 1.1 المقدمة
7	- 1.2 مشكلة البحث
7	- 1.2.1 الفجوات النظرية
8	- 1.2.2 الفجوات العملية
9	- 1.3 أهمية البحث
9	- 1.3.1 الأهمية النظرية
10	- 1.3.2 الأهمية العملية
11	- 1.4 أسئلة البحث
11	- 1.5 أهداف البحث
12	- 1.6 فرضيات البحث
13	- 1.7 نموذج البحث
14	- 1.8 منهجية البحث
15	- 1.9 نطاق الدراسة
16	- 1.10 مخطط المشروع
17	2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة
18	- 2.1 المقدمة
19	- 2.2 المتغير الأول: الذكاء الصناعي
19	- 2.2.1 التعريف
19	- 2.2.2 التطور
20	- 2.2.3 الأبعاد
21	- 2.2.4 النظريات
21	- 2.2.5 رسم توضيحي
22	- 2.3 المتغير الثاني: إدارة النفايات والمرافق
22	- 2.3.1 التعريف
22	- 2.3.2 التطور
23	- 2.3.3 الأبعاد
23	- 2.3.4 النظريات
24	- 2.3.5 رسم توضيحي
25	- 2.4 العلاقة بين متغيرات البحث
25	- 2.4.1 الأنماط

25	- 2.4.2 الصراعات
26	- 2.4.3 الفجوات
26	- 2.4.4 رسم توضيحي
27	- 2.5 الخاتمة
27	- 2.5.1 ملخص نتائج الإطار النظري
27	- 2.5.2 آثار البحث المستقبلية
28	- 2.5.3 المساهمات الإجمالية للبحث في هذا المجال
29	3. قائمة المراجع
	4. الملاحق
	31
31	- 4.1 الاستبيان

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1 المقدمة:

تواجه المملكة العربية السعودية تحديات متزايدة في مجال إدارة النفايات والمرافق، نتيجة للنمو السكاني المتسارع والتوسع العمراني الكبير والتحول الاقتصادي الذي تشهده المملكة في إطار رؤية 2030. فمع ارتفاع معدلات الاستهلاك وزيادة حجم النفايات المنتجة يومياً، أصبحت الطرق التقليدية في إدارة النفايات غير كافية لتلبية الاحتياجات المتزايدة، مما يستدعي البحث عن حلول مبتكرة وفعالة تعتمد على التقنيات الحديثة.

يُعد الذكاء الصناعي (AI) من أبرز التقنيات الثورية في العصر الحديث، حيث يوفر قدرات هائلة في معالجة البيانات الضخمة، والتنبؤ بالأنماط، وأتمتة العمليات المعقدة، واتخاذ القرارات الذكية. وقد بدأت العديد من الدول المتقدمة في توظيف تقنيات الذكاء الصناعي في مختلف القطاعات، بما في ذلك إدارة النفايات والمرافق، مما أدى إلى تحسينات كبيرة في الكفاءة التشغيلية، وتقليل التكاليف، وتعزيز الاستدامة البيئية.

في المملكة العربية السعودية، تسعى الحكومة من خلال رؤية 2030 إلى تحقيق التحول الرقمي الشامل، وتبني التقنيات المتقدمة في مختلف القطاعات. وتُعتبر إدارة النفايات والمرافق من القطاعات الحيوية التي يمكن أن تستفيد بشكل كبير من تطبيقات الذكاء الصناعي، حيث يمكن استخدامه في تحسين عمليات الجمع والفرز والتدوير، وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في المباني والمنشآت، وتقليل الانبعاثات الكربونية، والمساهمة في تحقيق الأهداف البيئية المستدامة.

تشمل تطبيقات الذكاء الصناعي في إدارة النفايات استخدام أنظمة الفرز الآلي المدعومة بالرؤية الحاسوبية (Computer Vision) لتحديد أنواع النفايات وفصلها بدقة عالية، والروبوتات الذكية التي تقوم بعمليات الفرز والمعالجة، وأنظمة إنترنت الأشياء (IoT) التي تراقب مستويات الامتلاء في حاويات النفايات وترسل تنبيهات لتحسين جداول الجمع، وخوارزميات التعلم الآلي (Machine Learning) التي تتنبأ بكميات النفايات المتوقعة وتحسن مسارات الشاحنات لتقليل استهلاك الوقود والوقت.

أما في مجال إدارة المرافق، فيمكن للذكاء الصناعي أن يلعب دوراً محورياً في تحسين كفاءة استخدام الموارد، وصيانة المباني والبنية التحتية، وتوفير بيئة عمل أكثر راحة وأماناً. فمن خلال أنظمة إدارة المباني الذكية (Smart Building Management Systems)، يمكن مراقبة والتحكم في أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف (HVAC)، والإضاءة، والأمن، بشكل تلقائي استناداً إلى البيانات الفورية وتحليلات الذكاء الصناعي، مما يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة وخفض التكاليف التشغيلية.

كما يمكن استخدام الذكاء الصناعي في الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance) للأجهزة والمعدات في المرافق، حيث يتم تحليل بيانات أداء المعدات للتنبؤ بالأعطال المحتملة قبل حدوثها، مما يقلل من فترات التوقف غير المخطط لها، ويحسن من عمر المعدات، ويوفر تكاليف الإصلاحات الطارئة.

على الرغم من الفوائد الكبيرة المحتملة لاستخدام الذكاء الصناعي في إدارة النفايات والمرافق، إلا أن هناك العديد من التحديات التي تواجه تطبيقه في المملكة العربية السعودية، منها: نقص البنية التحتية التقنية المتقدمة، وقلة الكوادر المؤهلة في مجالات الذكاء الصناعي وعلوم البيانات، والتكلفة العالية للاستثمار الأولي في التقنيات الحديثة، وقضايا الخصوصية وأمن البيانات، بالإضافة إلى الحاجة إلى إطار تنظيمي وقانوني واضح لتنظيم استخدام هذه التقنيات.

من هنا، تأتي أهمية هذه الدراسة في استكشاف أثر استخدام الذكاء الصناعي في إدارة النفايات وإدارة المرافق في المملكة العربية السعودية، وتحليل الفرص والتحديات المرتبطة بتطبيقه، وتقديم توصيات عملية لصناع القرار والجهات المعنية لتعزيز الاستفادة من هذه التقنيات المتقدمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة ورؤية 2030.

1.2 مشكلة البحث:

1.2.1 الفجوات النظرية:

على الرغم من وفرة الدراسات الدولية حول تطبيقات الذكاء الصناعي في مختلف القطاعات، إلا أن هناك نقصاً واضحاً في الأبحاث الأكاديمية التي تتناول بشكل محدد أثر استخدام الذكاء الصناعي في إدارة النفايات والمرافق في السياق السعودي. معظم الدراسات السابقة ركزت على التطبيقات في الدول الغربية أو الآسيوية، ولم تأخذ في الاعتبار الخصوصيات الثقافية والاقتصادية والاجتماعية للمملكة العربية السعودية.

كما أن الأدبيات الحالية لم تقدم إطاراً نظرياً شاملاً يربط بين تقنيات الذكاء الصناعي المختلفة (مثل التعلم الآلي، والتعلم العميق، ومعالجة اللغات الطبيعية، والرؤية الحاسوبية، وإنترنت الأشياء) وبين التحسينات المحددة في كفاءة إدارة النفايات والمرافق. هناك حاجة لنماذج نظرية تفسر آليات التأثير، والعوامل الوسيطة والمعدلة، والنتائج المتوقعة على المدى القصير والطويل.

بالإضافة إلى ذلك، لم تتطرق الدراسات السابقة بشكل كافٍ إلى قضايا مهمة مثل: التكامل بين الأنظمة المختلفة، وقابلية التوسع (Scalability) للحلول المقترحة، وأثر الذكاء الصناعي على العمالة البشرية في هذه القطاعات، والأبعاد الأخلاقية والقانونية لاستخدام التقنيات الذكية في المرافق العامة والخاصة.

من هنا، تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة النظرية من خلال تطوير إطار مفاهيمي شامل يحدد المتغيرات الرئيسية، والعلاقات بينها، والآليات التي من خلالها يؤثر الذكاء الصناعي على كفاءة وفعالية إدارة النفايات والمرافق، مع التركيز على السياق السعودي والعوامل البيئية الفريدة للمملكة.

1.2.2 الفجوات العملية:

على المستوى التطبيقي، تواجه المملكة العربية السعودية تحديات كبيرة في إدارة النفايات، حيث تشير الإحصائيات إلى أن المملكة تنتج أكثر من 15 مليون طن من النفايات البلدية الصلبة سنوياً، ومعظمها ينتهي في المكبات دون معالجة مناسبة، مما يشكل تهديداً بيئياً وصحياً خطيراً. كما أن معدلات إعادة التدوير في المملكة لا تزال منخفضة جداً مقارنة بالمعايير العالمية، حيث لا تتجاوز 5% من إجمالي النفايات المنتجة.

في مجال إدارة المرافق، تستهلك المباني والمنشآت في المملكة كميات هائلة من الطاقة والمياه، خاصة في ظل المناخ الحار والجاف، مما يؤدي إلى ارتفاع التكاليف التشغيلية والأثر البيئي السلبي. وعلى الرغم من وجود بعض المبادرات لتطبيق المباني الذكية، إلا أن تبني هذه التقنيات لا يزال محدوداً ولم يتم تقييم أثرها بشكل علمي دقيق.

هناك نقص واضح في المعرفة حول الممارسات الفضلى (Best Practices) لتطبيق الذكاء الصناعي في إدارة النفايات والمرافق في البيئة السعودية، وما هي التقنيات الأنسب، وكيفية دمجها مع الأنظمة القائمة، وما هي التكاليف والعوائد المتوقعة، وكيف يمكن التغلب على العقبات التنفيذية.

كما أن صناع القرار في القطاعين العام والخاص يفتقرون إلى بيانات ميدانية ودراسات تحليلية تساعدهم في اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن الاستثمار في تقنيات الذكاء الصناعي. هناك حاجة ماسة لدراسات حالة محلية، وتحليلات تكلفة-عائد (Cost-Benefit Analysis)، ومعايير لتقييم الأداء وقياس التحسينات الناتجة عن تطبيق هذه التقنيات.

من هنا، تهدف هذه الدراسة إلى تقديم تحليل عملي شامل يستند إلى بيانات واقعية من المملكة العربية السعودية، ويقدم توصيات قابلة للتطبيق تساعد المسؤولين والممارسين في تحسين إدارة النفايات والمرافق من خلال الاستفادة من إمكانيات الذكاء الصناعي.

1.3 أهمية البحث:

1.3.1 الأهمية النظرية:

تكتسب هذه الدراسة أهمية نظرية كبيرة لعدة أسباب:

أولاً: تساهم في إثراء الأدبيات الأكاديمية العربية في مجال الذكاء الصناعي وتطبيقاته في القطاعات الخدمية والبيئية، حيث لا تزال الأبحاث في هذا المجال محدودة في المنطقة العربية بشكل عام والمملكة بشكل خاص.

ثانياً: تقدم إطاراً نظرياً متكاملًا يربط بين مفاهيم الذكاء الصناعي، وإدارة النفايات، وإدارة المرافق، والاستدامة البيئية، مما يوفر أساساً علمياً للباحثين المستقبليين لبناء دراسات أكثر عمقاً وتخصصاً.

ثالثاً: تساهم في تطوير نماذج نظرية جديدة تفسر كيفية تأثير التقنيات الذكية على الكفاءة التشغيلية، والتكاليف، والأثر البيئي، والأداء المؤسسي، مع الأخذ في الاعتبار العوامل السياقية الخاصة بالمملكة.

رابعاً: تفتح آفاقاً جديدة للبحث في مجالات متعددة التخصصات (Interdisciplinary Research) تجمع بين علوم الحاسب، والهندسة، والإدارة، والعلوم البيئية، مما يعزز من التعاون الأكاديمي وتبادل المعرفة.

خامساً: توفر مرجعاً علمياً يمكن الاستفادة منه في تطوير المناهج الدراسية في الجامعات السعودية، وتعزيز الوعي بأهمية الذكاء الصناعي كأداة استراتيجية لتحقيق التنمية المستدامة.

1.3.2 الأهمية العملية:

من الناحية العملية، تحمل هذه الدراسة أهمية كبيرة للعديد من الجهات المعنية:

للحكومة السعودية: توفر الدراسة معلومات قيّمة تساعد في صياغة السياسات والاستراتيجيات الوطنية لإدارة النفايات والمرافق، ودعم تحقيق أهداف رؤية 2030 المتعلقة بالاستدامة البيئية والتحول الرقمي.

للبلديات والجهات المحلية: تقدم توصيات عملية حول كيفية تطبيق تقنيات الذكاء الصناعي في عمليات جمع ونقل ومعالجة النفايات، وتحسين خدمات النظافة العامة، وتقليل التكاليف التشغيلية.

للقطاع الخاص: تساعد الشركات العاملة في مجال إدارة النفايات والمرافق على فهم الفرص الاستثمارية في التقنيات الذكية، وتحديد الحلول المناسبة، وتقييم العوائد المتوقعة، مما يشجع على الابتكار والمنافسة.

لمطوري العقارات ومديري المباني: توضح الدراسة كيف يمكن للذكاء الصناعي أن يحسن كفاءة استخدام الطاقة والمياه في المباني، ويقلل من تكاليف التشغيل والصيانة، ويعزز من قيمة العقارات وجاذبيتها للمستثمرين والمستأجرين.

للمجتمع ككل: تساهم الدراسة في رفع الوعي بأهمية الإدارة المستدامة للنفايات والمرافق، وتشجع على المشاركة المجتمعية في جهود الحفاظ على البيئة وتحسين جودة الحياة.

للباحثين والأكاديميين: تفتح المجال لإجراء مزيد من الدراسات التطبيقية والميدانية، وتوفر قاعدة بيانات ومراجع يمكن البناء عليها في أبحاث مستقبلية.

1.4 أسئلة البحث:

السؤال الرئيسي:

- ما أثر استخدام الذكاء الصناعي في تحسين كفاءة إدارة النفايات وإدارة المرافق في المملكة العربية السعودية؟

الأسئلة الفرعية:

1. ما هي تطبيقات الذكاء الصناعي المستخدمة حالياً في إدارة النفايات في المملكة العربية السعودية؟
2. كيف يمكن للذكاء الصناعي أن يحسن عمليات جمع وفرز وتدوير النفايات؟
3. ما أثر استخدام الذكاء الصناعي على كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في إدارة المرافق؟
4. ما هي التحديات التقنية والتنظيمية والمالية التي تواجه تطبيق الذكاء الصناعي في هذه القطاعات؟
5. ما هو دور السياسات الحكومية والتشريعات في تعزيز استخدام الذكاء الصناعي في إدارة النفايات والمرافق؟

6. ما هي الفوائد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية المتوقعة من تطبيق الذكاء الصناعي في هذه المجالات؟

1.5 أهداف البحث:

الهدف العام:

- تحديد وتحليل أثر استخدام الذكاء الصناعي في تحسين كفاءة إدارة النفايات وإدارة المرافق في المملكة العربية السعودية.

الأهداف الفرعية:

1. استعراض الأدبيات النظرية والدراسات السابقة حول تطبيقات الذكاء الصناعي في إدارة النفايات والمرافق عالمياً ومحلياً.
2. تحديد التقنيات الحالية والناشئة للذكاء الصناعي المستخدمة أو القابلة للتطبيق في السياق السعودي.
3. تقييم أثر الذكاء الصناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية مثل: الكفاءة التشغيلية، التكاليف، معدلات إعادة التدوير، استهلاك الطاقة والمياه، والأثر البيئي.
4. تحليل التحديات والعوائق التي تواجه تطبيق الذكاء الصناعي في إدارة النفايات والمرافق في المملكة.
5. تقديم توصيات عملية لصناع القرار والممارسين لتعزيز الاستفادة من الذكاء الصناعي في هذه القطاعات.
6. اقتراح إطار تطبيقي لتبني الذكاء الصناعي في إدارة النفايات والمرافق يتماشى مع رؤية 2030.

1.6 فرضيات البحث:

الفرضية الرئيسية (H1):

- يوجد أثر إيجابي ذو دلالة إحصائية لاستخدام الذكاء الصناعي على كفاءة إدارة النفايات وإدارة المرافق في المملكة العربية السعودية.

الفرضيات الفرعية:

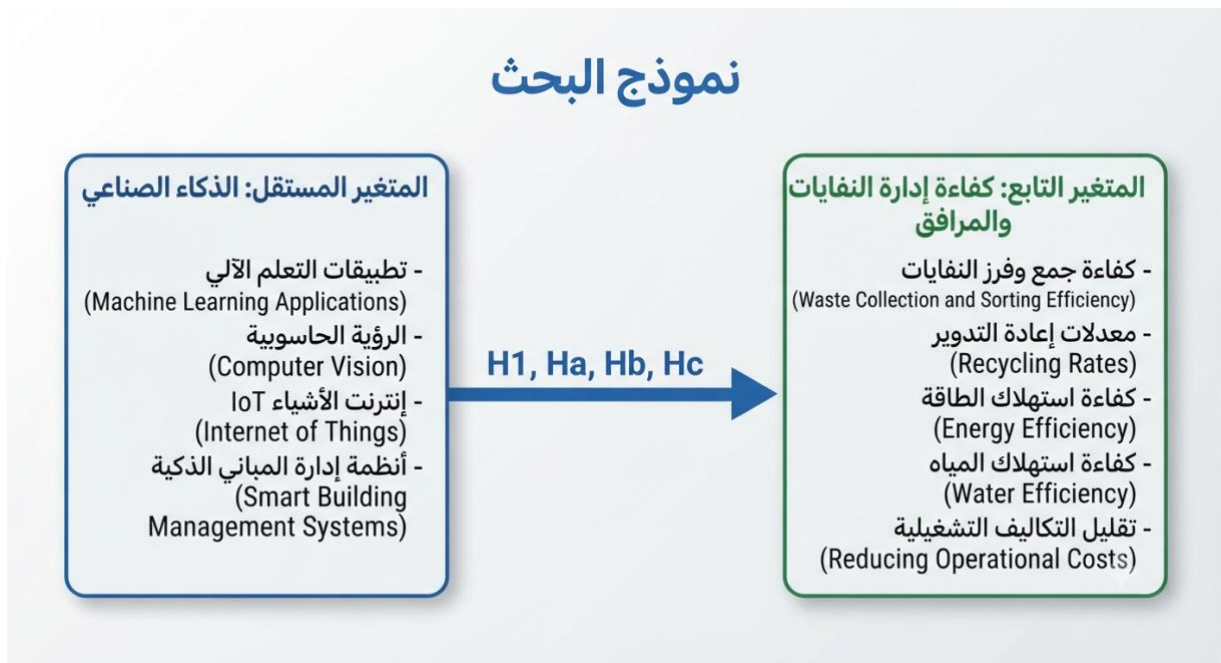
Ha: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة إحصائية لتطبيقات التعلم الآلي على تحسين عمليات فرز النفايات في المملكة العربية السعودية.

Hb: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة إحصائية لأنظمة إنترنت الأشياء الذكية على تحسين كفاءة جمع النفايات في المملكة العربية السعودية.

Hc: يوجد أثر إيجابي ذو دلالة إحصائية لأنظمة إدارة المباني الذكية على تقليل استهلاك الطاقة والمياه في المرافق بالمملكة العربية السعودية.

1.7 نموذج البحث:

شكل 1: نموذج البحث



1.8 منهجية البحث:

فلسفة البحث: الوضعية

منهج البحث: استنتاجي (مع عناصر استقرائية)

استراتيجية البحث: دراسة الحالة + المسح الميداني

اختيار البحث: الطريقة المختلطة (الكمية والنوعية)

الأفق الزمني: مستعرضة

تقنيات جمع وتحليل البيانات:

- الاستبيانات الإلكترونية
- المقابلات المعمقة مع الخبراء
- تحليل الوثائق والتقارير الرسمية
- دراسة حالات تطبيقية

1.9 نطاق الدراسة:

الحدود الموضوعية: تتناول الدراسة أثر استخدام الذكاء الصناعي على كفاءة إدارة النفايات (البلدية الصلبة) وإدارة المرافق (المباني التجارية والحكومية) في المملكة العربية السعودية.

الحدود الزمانية: يتم إجراء الدراسة في الفصل الدراسي الأول للعام الجامعي 2025م – 1446هـ.

الحدود البشرية: يتم إجراء الدراسة على عينة من:

- مسؤولي إدارة النفايات في البلديات السعودية
- مديري المرافق في القطاعين العام والخاص

- خبراء الذكاء الصناعي والتقنية
- المتخصصين في الاستدامة البيئية

الحدود المكانية: يتم إجراء الدراسة في المملكة العربية السعودية، مع التركيز على المدن الكبرى مثل الرياض، جدة، الدمام، ومكة المكرمة.

نبذة عن القطاعات المستهدفة:

تُعد إدارة النفايات في المملكة العربية السعودية من القطاعات الحيوية التي تشهد تطوراً كبيراً في السنوات الأخيرة، حيث تسعى الحكومة إلى رفع معدلات إعادة التدوير من 5% حالياً إلى 15% بحلول 2030. كما تم إطلاق العديد من المبادرات مثل: البرنامج الوطني لإدارة النفايات، والشركة السعودية للاستثمارية لإعادة التدوير (سرك)، ومبادرات الاقتصاد الدائري.

أما قطاع إدارة المرافق، فيشهد نمواً متسارعاً نتيجة للتوسع العمراني الكبير والمشاريع الضخمة مثل: نيوم، القدية، البحر الأحمر، ومشاريع الرؤية. وتسعى المملكة إلى تطبيق معايير المباني الخضراء والذكية لتقليل البصمة البيئية وتحسين كفاءة الموارد.

1.10 مخطط المشروع:

- الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
- الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة
- الفصل الثالث: منهجية البحث
- الفصل الرابع: التحليل الإحصائي والنتائج
- الفصل الخامس: المناقشة والخاتمة

الفصل الثاني: الدراسات السابقة

2.1 المقدمة

يهدف هذا الفصل إلى استعراض الأدبيات النظرية والدراسات السابقة المتعلقة بموضوع البحث، حيث يتم تناول مفهوم الذكاء الصناعي وتطوره وتطبيقاته، ثم مفهوم إدارة النفايات والمرافق وأهميتها، وأخيراً العلاقة بين المتغيرين وكيف يساهم الذكاء الصناعي في تحسين كفاءة هذه القطاعات. يوفر هذا الفصل الأساس النظري الذي يستند إليه البحث، ويحدد الفجوات المعرفية التي تسعى الدراسة لسدها.

2.2 المتغير الأول: الذكاء الصناعي

2.2.1 التعريف:

الذكاء الصناعي (Artificial Intelligence - AI) هو فرع من علوم الحاسب الآلي يهتم بتصميم أنظمة ذكية قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية مثل: التعلم، والاستنتاج، وحل المشكلات، وفهم اللغات الطبيعية، والإدراك الحسي. يُعرّف الذكاء الصناعي بأنه "القدرة على جعل الآلات تؤدي مهام تتطلب عادةً ذكاءً بشرياً".

يشمل الذكاء الصناعي مجموعة واسعة من التقنيات منها:

- التعلم الآلي (Machine Learning): خوارزميات تمكّن الأنظمة من التعلم من البيانات وتحسين أدائها دون برمجة صريحة.
- التعلم العميق (Deep Learning): نوع متقدم من التعلم الآلي يستخدم الشبكات العصبية العميقة.
- معالجة اللغات الطبيعية (NLP): تمكين الحواسيب من فهم ومعالجة اللغة البشرية.
- الرؤية الحاسوبية (Computer Vision): تمكين الآلات من "رؤية" وتحليل الصور والفيديو.
- الروبوتات الذكية (Intelligent Robotics): أنظمة آلية قادرة على التفاعل مع البيئة المحيطة.

2.2.2 التطور:

بدأ مفهوم الذكاء الصناعي في منتصف القرن العشرين، حيث قدّم آلان تورينج في 1950 اختبار تورينج لقياس ذكاء الآلات. في 1956، عُقد مؤتمر دارتموث الذي يُعتبر نقطة

الانطلاق الرسمية للذكاء الصناعي كمجال أكاديمي. مرّ الذكاء الصناعي بعدة مراحل من التطور، بما في ذلك فترات من التفاؤل الكبير ("صيف الذكاء الصناعي") وفترات من الركود ("شتاء الذكاء الصناعي").

في العقدین الأخيرین، شهد الذكاء الصناعي تقدماً هائلاً بفضل:

- توفر كميات ضخمة من البيانات (Big Data)
- تطور القدرات الحاسوبية (معالجات GPU)
- تحسين الخوارزميات والأطر البرمجية
- الاستثمارات الكبيرة من القطاعين العام والخاص

اليوم، أصبح الذكاء الصناعي جزءاً لا يتجزأ من حياتنا اليومية، ويُستخدم في تطبيقات متنوعة تشمل: البحث على الإنترنت، المساعدات الصوتية، السيارات ذاتية القيادة، الرعاية الصحية، التعليم، التجارة الإلكترونية، والأمن السيبراني.

2.2.3 الأبعاد:

يمكن تصنيف الذكاء الصناعي وفقاً لعدة أبعاد:

1. حسب القدرة:

- الذكاء الصناعي الضيق (ANI - Artificial Narrow Intelligence): متخصص في مهمة واحدة محددة (مثل: التعرف على الوجوه).
- الذكاء الصناعي العام (AGI - Artificial General Intelligence): قادر على أداء أي مهمة ذهنية يستطيع الإنسان القيام بها.
- الذكاء الصناعي الفائق (ASI - Artificial Super Intelligence): يتجاوز القدرات البشرية في جميع المجالات.

2. حسب التقنية:

- التعلم الآلي
- التعلم العميق
- معالجة اللغات الطبيعية
- الرؤية الحاسوبية
- الأنظمة الخبيرة
- الروبوتات

3. حسب التطبيق:

- الذكاء الصناعي في الصحة
- الذكاء الصناعي في التعليم
- الذكاء الصناعي في التصنيع
- الذكاء الصناعي في الخدمات البيئية
- الذكاء الصناعي في المالية والأعمال

2.2.4 النظريات:

1. نظرية التعلم الآلي (Machine Learning Theory): تستند إلى فكرة أن الأنظمة يمكنها التعلم من البيانات وتحديد الأنماط واتخاذ قرارات بأقل تدخل بشري. تشمل: التعلم الموجّه (Supervised Learning)، التعلم غير الموجّه (Unsupervised Learning)، والتعلم المعزز (Reinforcement Learning).

2. نظرية الشبكات العصبية (Neural Networks Theory): تحاكي طريقة عمل الدماغ البشري من خلال شبكات من الخلايا العصبية الاصطناعية التي تعالج المعلومات بشكل متوازٍ ومترابط.

3. نظرية الأنظمة الخبيرة (Expert Systems Theory): تعتمد على تخزين المعرفة البشرية في قواعد منطقية يمكن للنظام استخدامها لحل مشاكل معقدة.

4. نظرية الحوسبة الإدراكية (Cognitive Computing Theory): تسعى لبناء أنظمة تحاكي العمليات المعرفية البشرية مثل الفهم، الاستدلال، والتعلم التكيفي.

2.2.5 رسم توضيحي:

شكل 2: مكونات الذكاء الصناعي



2.3 المتغير الثاني: إدارة النفايات والمرافق

2.3.1 التعريف:

إدارة النفايات (Waste Management): هي مجموعة العمليات والأنشطة المطلوبة لإدارة النفايات من مصدرها إلى التخلص النهائي منها، وتشمل: الجمع، النقل، المعالجة، إعادة التدوير، والتخلص النهائي. الهدف الرئيسي هو تقليل الآثار السلبية للنفايات على البيئة والصحة العامة، وتعظيم الاستفادة من الموارد.

إدارة المرافق (Facilities Management): هي مجال متعدد التخصصات يهتم بالتنسيق بين الأشخاص، والأماكن، والعمليات، والتقنيات لضمان فعالية البيئة المبنية من خلال دمج مبادئ إدارة الأعمال، والهندسة المعمارية، والعلوم السلوكية. تشمل: صيانة المباني، إدارة الطاقة والمياه، الأمن والسلامة، وخدمات الدعم.

2.3.2 التطور:

تطورت إدارة النفايات من مجرد التخلص العشوائي في المكبات المفتوحة إلى أنظمة متكاملة تعتمد على مبادئ الاقتصاد الدائري وهرم الأولويات: (1) تقليل المصدر، (2) إعادة الاستخدام، (3) إعادة التدوير، (4) استرداد الطاقة، (5) التخلص الآمن. في العقود الأخيرة، ظهرت مفاهيم مثل: إدارة النفايات المتكاملة (ISWM)، والاقتصاد الدائري، وتحويل النفايات إلى طاقة (WtE).

أما إدارة المرافق، فقد تطورت من كونها وظيفة خدمية بسيطة إلى وظيفة استراتيجية تساهم في تحقيق أهداف المؤسسات. ظهور تقنيات المباني الذكية، وأنظمة إدارة الطاقة (EMS)، والصيانة التنبؤية، والاستدامة البيئية، غير من طبيعة هذا المجال.

2.3.3 الأبعاد:

أبعاد إدارة النفايات:

- الجمع والنقل: كفاءة جمع النفايات من المصدر ونقلها إلى مواقع المعالجة.
- الفرز والتصنيف: فصل النفايات حسب نوعها (عضوية، بلاستيك، معادن، ورق، إلخ).
- المعالجة وإعادة التدوير: تحويل النفايات إلى مواد قابلة لإعادة الاستخدام.
- التخلص النهائي: الطمر الصحي أو الحرق مع استرداد الطاقة.
- التوعية والمشاركة المجتمعية: إشراك المواطنين في جهود إدارة النفايات.

أبعاد إدارة المرافق:

- إدارة الطاقة: تحسين كفاءة استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف.
- إدارة المياه: ترشيد الاستهلاك ومعالجة المياه الرمادية.
- الصيانة والتشغيل: الصيانة الوقائية والتنبؤية للأنظمة والمعدات.
- الأمن والسلامة: حماية الأرواح والممتلكات.
- جودة البيئة الداخلية: الراحة الحرارية، جودة الهواء، الإضاءة.

2.3.4 النظريات:

1. نظرية الاقتصاد الدائري (Circular Economy Theory): تهدف إلى تصميم نظام اقتصادي يستبعد النفايات من خلال إعادة استخدام الموارد بشكل مستمر، بدلاً من النموذج الخطي (أخذ-صنع-تخلص).

2. نظرية الإنتاج الأنظف (Cleaner Production Theory):

تركز على الوقاية من توليد النفايات عند المصدر بدلاً من معالجتها بعد إنتاجها، من خلال تحسين العمليات الإنتاجية.

3. نظرية إدارة الطاقة (Energy Management Theory):
تستند إلى مبادئ الكفاءة الطاقية والحفاظ على الموارد من خلال تحسين الأنظمة والعمليات.

4. نظرية المباني الذكية (Smart Buildings Theory):
تدمج التقنيات الرقمية وإنترنت الأشياء لأتمتة وتحسين تشغيل المباني، وتحقيق الراحة والكفاءة والاستدامة.

2.3.5 رسم توضيحي:

شكل 3: منظومة إدارة النفايات والمرافق



2.4 العلاقة بين متغيرات البحث

2.4.1 الأنماط:

تُظهر الدراسات الدولية أنماطاً واضحة ومتكررة لتأثير الذكاء الصناعي على إدارة النفايات والمرافق:

- في إدارة النفايات:
- تحسين كفاءة الفرز: استخدام الرؤية الحاسوبية والروبوتات الذكية يزيد من دقة وسرعة فرز النفايات بنسبة تصل إلى 90%.
- تحسين مسارات الجمع: خوارزميات التعلم الآلي تحلل بيانات الحاويات الذكية لتحديد المسارات الأمثل، مما يقلل من استهلاك الوقود بنسبة 20-30%.
- زيادة معدلات إعادة التدوير: الأنظمة الذكية تساعد في استخراج مواد عالية الجودة من النفايات المختلطة.
- التنبؤ بكميات النفايات: نماذج التنبؤ تساعد في التخطيط المسبق وتخصيص الموارد بكفاءة.

- في إدارة المرافق:
- تقليل استهلاك الطاقة: أنظمة إدارة المباني الذكية تقلل من استهلاك الطاقة بنسبة 20-40%.
- تحسين كفاءة المياه: أنظمة الري الذكية والكشف عن التسربات تقلل من هدر المياه بنسبة تصل إلى 30%.
- الصيانة التنبؤية: تقلل من تكاليف الصيانة بنسبة 25-30% وتزيد من عمر الأجهزة.
- تحسين الراحة: أنظمة التحكم الذكية توفر بيئة أكثر راحة وإنتاجية للمستخدمين.

2.4.2 الصراعات:

- رغم الفوائد الكبيرة، هناك بعض التحديات والصراعات التي قد تضعف العلاقة:
- التكلفة العالية: الاستثمار الأولي في تقنيات الذكاء الصناعي مرتفع، مما قد يكون عائقاً أمام الجهات ذات الميزانيات المحدودة.
- نقص الكوادر المؤهلة: الحاجة إلى متخصصين في الذكاء الصناعي وعلوم البيانات يشكل تحدياً، خاصة في البلدان النامية.

قضايا الخصوصية وأمن البيانات: جمع وتحليل البيانات الضخمة يثير مخاوف بشأن خصوصية المعلومات وأمنها.

المقاومة للتغيير: قد يواجه تطبيق التقنيات الجديدة مقاومة من العاملين أو الإدارات التقليدية.

التكامل مع الأنظمة القديمة: دمج التقنيات الحديثة مع البنية التحتية القائمة قد يكون معقداً ومكلفاً.

2.4.3 الفجوات:

الفجوات المعرفية:

- قلة الدراسات التطبيقية في السياق السعودي والعربي.
- نقص البيانات الدقيقة حول تكاليف وعوائد تطبيق الذكاء الصناعي في هذه القطاعات.
- غياب معايير موحدة لقياس الأداء والمقارنة بين الأنظمة المختلفة.

الفجوات التطبيقية:

- محدودية تطبيق التقنيات المتقدمة في البلديات والمرافق الصغيرة والمتوسطة.
- عدم وجود إطار تنظيمي واضح ينظم استخدام الذكاء الصناعي في هذه المجالات.
- قلة الوعي والتدريب للعاملين في القطاع.

2.4.4 رسم توضيحي:

شكل 4: تأثير الذكاء الصناعي على إدارة النفايات والمرافق



2.5 الخاتمة

2.5.1 ملخص نتائج الإطار النظري:

من خلال مراجعة الأدبيات، يتضح أن الذكاء الصناعي يُعد من أبرز التقنيات الواعدة لتحسين إدارة النفايات والمرافق على مستوى العالم. التطبيقات المختلفة للذكاء الصناعي - من التعلم الآلي إلى الرؤية الحاسوبية وإنترنت الأشياء - أثبتت فعاليتها في تحسين الكفاءة التشغيلية، وتقليل التكاليف، وتعزيز الاستدامة البيئية.

ومع ذلك، يبقى تطبيق هذه التقنيات في المملكة العربية السعودية محدوداً ويحتاج إلى مزيد من الدراسة والتطوير. هناك حاجة ملحة لفهم السياق المحلي، والتحديات الخاصة، والفرص المتاحة، وكيفية تكييف التجارب الدولية مع الواقع السعودي.

2.5.2 آثار البحث المستقبلية:

يفتح هذا البحث المجال لدراسات مستقبلية متعددة:

- دراسات تقييم الأثر: قياس الأثر الفعلي لتطبيقات الذكاء الصناعي المحددة على مؤشرات الأداء الرئيسية.
- دراسات مقارنة: مقارنة التجارب السعودية مع التجارب الدولية الناجحة.
- دراسات السياسات: تطوير إطار تنظيمي وقانوني لحوكمة استخدام الذكاء الصناعي.
- دراسات التكلفة-العائد: تحليل اقتصادي تفصيلي للاستثمارات في هذه التقنيات.
- دراسات التأثير الاجتماعي: فهم كيفية تأثير هذه التقنيات على العمالة والمجتمع.

2.5.3 المساهمات الإجمالية للبحث:

يساهم هذا البحث في:

- إثراء المعرفة الأكاديمية حول الذكاء الصناعي في السياق السعودي.
- توفير إطار نظري شامل يربط بين المتغيرات المختلفة.
- تقديم توصيات عملية لصناع القرار والممارسين.
- دعم تحقيق أهداف رؤية 2030 في الاستدامة والتحول الرقمي.
- فتح آفاق جديدة للبحث والتطوير في مجالات متعددة التخصصات.

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

1. الغامدي، عبدالله محمد. (2023). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المدن الذكية: دراسة حالة المملكة العربية السعودية. مجلة الإدارة العامة، 63(2)، 245-278.
2. العتيبي، سارة أحمد. (2024). دور التحول الرقمي في تحقيق الاستدامة البيئية: رؤية 2030. المجلة العربية للعلوم الإدارية، 31(1)، 89-116.
3. الشهري، محمد بن علي. (2023). واقع إدارة النفايات في المملكة العربية السعودية: التحديات والفرص. مجلة العلوم البيئية، 18(4)، 567-594.
4. القحطاني، فاطمة سعيد. (2024). أثر تقنيات إنترنت الأشياء على كفاءة المرافق العامة في المدن السعودية. مجلة جامعة الملك سعود - العلوم الإدارية، 36(2)، 201-228.
5. وزارة البيئة والمياه والزراعة. (2023). البرنامج الوطني لإدارة النفايات: التقرير السنوي 2023. الرياض: المملكة العربية السعودية.
6. الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية (مدن). (2024). استراتيجية التحول الرقمي في المرافق الصناعية. الرياض: المملكة العربية السعودية.
7. النعيم، خالد عبدالرحمن. (2023). المباني الذكية والاستدامة: دراسة تطبيقية على مباني الرياض. مجلة العمارة والتخطيط، 35(3)، 412-441.
8. البرنامج الوطني لتنمية تقنية المعلومات (يسر). (2024). مبادرات الذكاء الاصطناعي في القطاع العام السعودي. الرياض: المملكة العربية السعودية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

أ. الكتب:

Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A .9
.Modern Approach (4th ed.). Pearson Education Limited

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2022). What a Waste 2.0: A .10
Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank
.Publications

Atkin, B., & Brooks, A. (2021). Total Facilities Management .11
(5th ed.). Wiley-Blackwell

Mitchell, T. M. (2020). Machine Learning and Data Mining. .12
McGraw-Hill Education

ب. الدوريات العلمية:

Abdallah, M., Abu Talib, M., Feroz, S., Nasir, Q., Abdalla, H., .13
& Mahfood, B. (2020). Artificial intelligence applications in solid
waste management: A systematic research review. Waste
Management, 109, 231-246.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.057>

Aazam, M., St-Hilaire, M., Lung, C. H., & Lambadaris, I. .14
(2021). Cloud-based smart waste management for smart cities.
IEEE 21st International Workshop on Computer Aided Modelling
and Design of Communication Links and Networks (CAMAD),
.188-193

Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., .15
& Chen, H. (2021). Artificial intelligence in sustainable energy
industry: Status Quo, challenges and opportunities. Journal of
.Cleaner Production, 289, 125834

- Alqahtani, A. Y., & Rajkhan, A. A. (2019). E-waste .16
management and recycling in Saudi Arabia: A review. *Journal of
.Applied Science and Agriculture*, 14(11), 36-46
- Anagnostopoulos, T., Zaslavsky, A., Kolomvatsos, K., .17
Medvedev, A., Amirian, P., Morley, J., & Hadjiefthymiades, S.
(2015). Challenges and opportunities of waste management in IoT-
enabled smart cities. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*,
.2(3), 275-289
- Bhatnagar, S., & Gill, S. S. (2022). AI-enabled predictive .18
maintenance for facilities management: A comprehensive review.
.Computers in Industry, 137, 103608
- Breunig, M., Bradley, P. E., Jahn, M., Kuper, P., Mazroob, N., .19
Rösch, N., ... & Stefanakis, E. (2020). Geospatial data management
research: Progress and future directions. *ISPRS International
.Journal of Geo-Information*, 9(2), 95
- Chu, Z., Wang, W., Wang, B., & Zhuang, J. (2020). Research .20
on robot sorting system of household garbage based on deep
learning. *IEEE 5th Information Technology and Mechatronics
.Engineering Conference (ITOEC)*, 1537-1540
- Cubillos, M., Wulff, J. N., & Wøhlk, S. (2021). A machine .21
learning approach for facility management optimization: A case
study in Danish hospitals. *Journal of Facilities Management*, 19(2),
.201-218
- Folianto, F., Low, Y. S., & Yeow, W. L. (2015). Smartbin: Smart .22
waste management system. *IEEE Tenth International Conference on
Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing
(ISSNIP)*, 1-2

Ghiani, G., Laganà, D., Manni, E., Musmanno, R., & Vigo, D. .23
(2014). Operations research in solid waste management: A survey of
strategic and tactical issues. *Computers & Operations Research*, 44,
.22-32

Hannan, M. A., Abdulla Al Mamun, M., Hussain, A., Basri, H., .24
& Begum, R. A. (2015). A review on technologies and their usage in
solid waste monitoring and management systems: Issues and
.challenges. *Waste Management*, 43, 509-523

Hong, T., Wang, Z., Luo, X., & Zhang, W. (2020). State-of-the- .25
art on research and applications of machine learning in the building
.life cycle. *Energy and Buildings*, 212, 109831

Jain, S., Jain, S., & Wolf, P. (2020). Sensor-based cities: A .26
survey on enabling technologies for smart city. *IEEE Internet of
.Things Journal*, 7(10), 10316-10329

Katiyar, N., Dhar, A., Kant, R., & Gupta, R. (2021). Integration .27
of artificial intelligence and IoT for smart waste management.
.Materials Today: Proceedings, 43, 594-600

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). .28
What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management
.to 2050. World Bank Publications

Kumar, N. M., Chand, A. A., Malvoni, M., Prasad, K. A., .29
Mamun, K. A., Islam, F. R., & Chopra, S. S. (2020). Distributed
energy resources and the application of AI, IoT, and blockchain in
.smart grids. *Energies*, 13(21), 5739

Lella, J., Mandla, V. R., & Zhu, X. (2017). Solid waste .30
collection/transport optimization and vegetation land cover
estimation using Geographic Information System (GIS): A case

study of a proposed smart city. *Sustainable Cities and Society*, 35, 336-349

Lundgren, K., & Pawar, B. (2023). Machine learning applications in facility management: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 65, 105748

Mahajan, S., Chen, L. J., & Tsai, T. C. (2017). Short-term PM2.5 forecasting using exponential smoothing method: A comparative analysis. *Sensors*, 18(10), 3223

Pardini, K., Rodrigues, J. J., Diallo, O., Das, A. K., de Albuquerque, V. H. C., & Kozlov, S. A. (2020). A smart waste management solution geared towards citizens. *Sensors*, 20(8), 2380

Rajendran, K., Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2021). Intelligent waste management using computer vision and deep learning. *Waste Management & Research*, 39(5), 655-671

Sharma, M., Joshi, S., Kannan, D., Govindan, K., Singh, R., & Purohit, H. C. (2020). Internet of Things (IoT) adoption barriers of smart cities' waste management: An Indian context. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122047

Singh, D., Tripathi, G., & Jara, A. J. (2014). A survey of Internet-of-Things: Future vision, architecture, challenges and services. *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 287-292

Sreenivasa Chakravarthi, V., Indumathi, N., Shanmugam, J., & Rajkumar, P. (2021). Smart waste management using Internet-of-Things (IoT). *Materials Today: Proceedings*, 37, 3775-3780

Talari, S., Shafie-Khah, M., Siano, P., Loia, V., Tommasetti, A., .38
& Catalão, J. P. (2017). A review of smart cities based on the
.internet of things concept. *Energies*, 10(4), 421

Wang, Z., Hong, T., & Piette, M. A. (2020). Building thermal .39
load prediction through shallow machine learning and deep
.learning. *Applied Energy*, 263, 114683

Wilson, D. C., Rodic, L., Modak, P., Soos, R., Carpintero, A., .40
Velis, K., ... & Simonett, O. (2015). Global Waste Management
.Outlook. United Nations Environment Programme

Yadav, V., Karmakar, S., Kalbar, P. P., & Tripathi, A. K. (2020). .41
.PyTOPS: A Python based tool for TOPSIS. *SoftwareX*, 9, 217-222

Zhao, J., Duan, X., & Wang, B. (2019). Classification of .42
municipal solid waste components by thermal methods. *Waste
.Management*, 83, 177-184

Zhou, K., Fu, C., & Yang, S. (2016). Big data driven smart .43
energy management: From big data to big insights. *Renewable and
.Sustainable Energy Reviews*, 56, 215-225

ج. المؤتمرات والندوات:

International Solid Waste Association (ISWA). (2023). Global .44
Waste Management Symposium 2023: Digital Transformation in
.Waste Management. Singapore

IEEE International Conference on Smart Cities and Green ICT .45
Systems. (2024). Proceedings of the 13th International Conference
.on Smart Cities and Green ICT Systems. Rome, Italy

World Economic Forum. (2023). The Fourth Industrial Revolution and Circular Economy: Opportunities for the Middle East. Davos, Switzerland

د. التقارير والوثائق الرسمية:

United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). .47
.Global Waste Management Outlook 2023. Nairobi: UNEP

International Energy Agency (IEA). (2024). Energy Efficiency .48
.in Buildings 2024: Global Status Report. Paris: IEA

World Bank. (2023). Solid Waste Management in the Arab .49
World: Challenges and Opportunities. Washington, DC: World Bank
.Group

McKinsey & Company. (2023). Artificial Intelligence in .50
Infrastructure: Transforming the Built Environment. McKinsey
.Global Institute

Saudi Vision 2030. (2023). Vision 2030 Annual Report: .51
Environmental Sustainability and Digital Transformation. Kingdom
.of Saudi Arabia

International Facility Management Association (IFMA). (2024). .52
Technology Trends in Facility Management: AI and IoT
.Applications. Houston, TX: IFMA

ثالثاً: المواقع الإلكترونية

.53 الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا). متاح على:
<https://sdaia.gov.sa> (تاريخ الزيارة: 15 يناير 2025)

54. الشركة السعودية للاستثمارية لإعادة التدوير (سيرك). متاح على:
<https://www.sirc.sa> (تاريخ الزيارة: 15 يناير 2025)

55. المركز الوطني لإدارة النفايات. متاح على: <https://www.nwc.gov.sa> (تاريخ الزيارة: 15 يناير 2025)

56. برنامج جودة الحياة 2020. متاح على:
<https://www.vision2030.gov.sa/ar/v2030/vrps/qol> (تاريخ الزيارة: 15 يناير 2025)

الملاحق

4.1 الاستبيان

أولاً: البيانات الشخصية

الجنس:

- ذكر
- أنثى

العمر:

- أقل من 30 سنة
- 30 إلى أقل من 40 سنة
- 40 إلى أقل من 50 سنة
- 50 سنة فأكثر

المؤهل العلمي:

- ثانوي
- جامعي

○ فوق الجامعي

الجهة:

○ قطاع حكومي

○ قطاع خاص

سنوات الخبرة:

○ أقل من 5 سنوات

○ 5 إلى أقل من 10 سنوات

○ 10 إلى أقل من 15 سنة

○ 15 سنة فأكثر

ثانياً: المحور الأول - استخدام الذكاء الصناعي

ثانياً: المحور الأول - استخدام الذكاء الصناعي

ت	العبارة	لا أتفق	نوعاً ما	أتفق	أتفق تماماً
1	تستخدم مؤسستنا تقنيات الذكاء الصناعي في إدارة	☐	☐	☐	☐
2	تستخدم مؤسستنا أنظمة الفرز الآلي المدعومة بالرؤية الحاسوبية	☐	☐	☐	☐
3	تستخدم مؤسستنا حاويات ذكية متصلة بالإنترنت الأشياء	☐	☐	☐	☐
4	تستخدم مؤسستنا خوارزميات لتحسين مسارات جمع النفايات	☐	☐	☐	☐
5	تطبق مؤسستنا أنظمة إدارة المباني الذكية	☐	☐	☐	☐
6	تستخدم مؤسستنا الصيانة التنبؤية للأجهزة والمعدات	☐	☐	☐	☐

ثالثاً: المحور الثاني - كفاءة إدارة النفايات والمرافق

ثالثاً: المحور الثاني - كفاءة إدارة النفايات والمرافق

ت	العبارة	لا أتفق تماماً	نوعاً ما	أتفق	أتفق تماماً
7	تحسنت كفاءة جمع النفايات في مؤسستنا خلال السنوات السنوات الأخيرة	☐	☐	☐	☐
8	زادت معدلات إعادة التدوير في مؤسستنا	☐	☐	☐	☐
9	انخفض استهلاك الطاقة في مرافقنا	☐	☐	☐	☐
10	انخفض استهلاك المياه في مرافقنا	☐	☐	☐	☐
11	انخفضت التكاليف التشغيلية لإدارة النفايات والمرافق	☐	☐	☐	☐
12	تحسنت جودة الخدمات المقدمة للمستفيدين	☐	☐	☐	☐

شكراً لمشاركتكم القيمة

جداول المتغيرات:

جدول 1: المتغير المستقل - الذكاء الصناعي

جدول (1): المتغير المستقل - الذكاء الصناعي

المتغير	الأبعاد	عدد العبارات	الرجع	الرجع
الذكاء الصناعي	تطبيقات التعلم الآلي	5 عبارات	(مراجع علمية)	
	الرؤية الحاسوبية	5 عبارات	(مراجع علمية)	
	إنترنت الأشياء	5 عبارات	(مراجع علمية)	
	أنظمة إدارة المباني	5 عبارات	(مراجع علمية)	
المجموع الكلي:	20 عبارة			

المصدر: من إعداد الباحث بناءً على الأدبيات السابقة

جدول 2: المتغير التابع - كفاءة إدارة النفائات والمرافق

جدول (2): المتغير التابع - كفاءة إدارة النفائات والمرافق

المتغير	الأبعاد	عدد العبارات	الرجع	الرجع
كفاءة الجمع والفرز	كفاءة الجمع والفرز	5 عبارات	(مراجع علمية)	كفاءة إدارة النفائات والمرافق
معدلات إعادة التدوير	معدلات إعادة التدوير	5 عبارات	(مراجع علمية)	
كفاءة الطاقة والمياه	كفاءة الطاقة والمياه	5 عبارات	(مراجع علمية)	
التكاليف التشغيلية	التكاليف التشغيلية	5 عبارات	(مراجع علمية)	
المجموع الكلي:	20 عبارة			

المصدر: من إعداد الباحث بناءً على الأدبيات السابقة

