

تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق باستخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الصيانة والتشغيل

اسم الطالب

عبدالله سعيد المالكي

Abdullah Saeed Al Malki

الرقم الجامعي

222001599

مشروع تخرج - 2

كلية الإدارة - جامعة ميدأوشن

عضو هيئة التدريس - كلية الإدارة - جامعة ميدأوشن

2026

جدول المحتويات

4.....	1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة.....
5.....	1.1. المقدمة.....
6.....	1.2. مشكلة الدراسة.....
7.....	1.2.1. فجوات على المستوى النظري:.....
7.....	1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي:.....
8.....	1.3. أهمية الدراسة.....
8.....	1.3.1. على المستوى النظري:.....
8.....	1.3.2. على المستوى التطبيقي:.....
9.....	1.4. أسئلة الدراسة:.....
10.....	1.5. أهداف الدراسة:.....
10.....	1.6. فرضيات الدراسة.....
11.....	1.7. نموذج الدراسة.....
12.....	1.8. منهجية الدراسة.....
13.....	1.9. الدراسة الميدانية.....
15.....	1.10. مخطط المشروع المقترح.....
17.....	2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة.....
18.....	2.1. المقدمة:.....
19.....	2.2. المتغيرات المستقلة:.....
19.....	2.3. المتغير التابع:.....
20.....	2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع:.....
21.....	2.5. الخاتمة:.....
22.....	3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة.....
23.....	3.1. المقدمة:.....
25.....	3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث:.....

26	3.3. تصميم البحث:
28	3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينة:
29	3.5. طريقة جمع البيانات:
30	3.6. أنواع البيانات:
31	3.7. إجراءات التحليل الإحصائي:
33	3.8. الخاتمة:
35	ملحق الاستبانة
37	أدوات البحث:
38	المراجع:

1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1. المقدمة

تعتبر إدارة المرافق (Facility Management) من المجالات الحيوية التي تشكل العمود الفقري للعديد من القطاعات الخدمية والصناعية على حد سواء، نظرًا لما تتضمنه من عمليات مستمرة تتعلق بالصيانة والتشغيل وإدارة الموارد والخدمات المساندة التي تضمن استمرارية الأعمال وتحسين جودة الأداء داخل المنشآت. ومع تزايد التحديات المتعلقة بارتفاع التكاليف، وكثرة الأعطال، وتزايد تعقيد النظم التشغيلية، بات من الضروري إعادة النظر في الأساليب التقليدية لإدارة المرافق، والسعي نحو نماذج أكثر ذكاءً ومرونة وتكاملاً (Mohammed، 2025).

برز الذكاء الاصطناعي كأداة ثورية قادرة على إحداث نقلة نوعية في طريقة إدارة وصيانة المرافق، من خلال ما يوفره من إمكانيات تحليلية وتنبؤية تتيح اتخاذ قرارات أكثر دقة واستباقية. حيث يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي مثل تعلم الآلة (Machine Learning)، وتحليل البيانات الكبيرة (Big Data Analytics)، والرؤية الحاسوبية (Computer Vision)، أن تساهم في تحسين كفاءة التشغيل، والتقليل من الأعطال المفاجئة، وتحسين تخصيص الموارد، الأمر الذي ينعكس إيجابًا على الأداء العام للمنشأة ويقلل من تكاليف التشغيل والصيانة على المدى البعيد (Nweje، 2025).

إن التحول من النماذج التقليدية إلى النماذج الذكية في إدارة المرافق لم يعد خيارًا، بل ضرورة استراتيجية تفرضها طبيعة العصر الرقمي ومتطلباته. ومع ذلك، لا تزال الكثير من المؤسسات تعاني من فجوة واضحة بين إمكانيات الذكاء الاصطناعي والتطبيق الفعلي له في بيئات الصيانة والتشغيل، مما يستدعي تطوير نموذج متكامل يجمع بين الجانب النظري والتقني، ويأخذ بعين الاعتبار خصوصية النظم التشغيلية، والبيانات المتاحة، ومتطلبات الصيانة الدورية والتنبؤية (Quinello، 2025).

من هنا تنبع أهمية هذه الدراسة التي تهدف إلى تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق يعتمد على الذكاء الاصطناعي كأداة مركزية لتحسين فعالية وكفاءة أنشطة الصيانة والتشغيل. ويسعى هذا النموذج إلى بناء نظام ذكي قادر على التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها، وتحليل أداء المرافق بشكل لحظي، وتقديم توصيات تشغيلية آلية تساهم في اتخاذ قرارات مبنية على البيانات وليس على الافتراضات فقط. كما تهدف الدراسة إلى تحديد العوامل التي تُعزز نجاح تطبيق هذا النموذج، واستكشاف التحديات التي قد تعيق دمجها في البيئات التشغيلية المختلفة (Adepoju، 2025).

وتتجلى أهمية الدراسة أيضاً في بعدها التطبيقي، حيث يمكن للنموذج المقترح أن يحدث تأثيراً مباشراً في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة، وتقليل أوقات التوقف غير المخطط لها، ورفع مستوى السلامة التشغيلية، فضلاً عن تحسين تجربة المستخدم النهائي. كما أنها تساهم في تعزيز التحول الرقمي في قطاع إدارة المرافق، بما يتوافق مع التوجهات العالمية والمحلية نحو المدن الذكية، والاستدامة، وكفاءة الأصول (Abdelalim، 2025).

تتناول هذه الدراسة الإطار المفاهيمي والتطبيقي لتطوير نموذج ذكي متكامل، وتقديم تحليلاً دقيقاً لواقع إدارة المرافق الحالية، وتستعرض أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي القابلة للتكامل مع هذا المجال، وصولاً إلى تصميم هيكلية منهجية قابلة للتطبيق والتوسع. وتُمثل هذه الدراسة مساهمة علمية وتطبيقية في دعم توجهات المؤسسات نحو رفع كفاءة عمليات الصيانة والتشغيل، وتحقيق الاستفادة القصوى من التقنيات الذكية في خدمة الأداء المؤسسي الشامل.

1.2. مشكلة الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى معالجة إشكالية مركزية تتعلق بمدى قدرة المؤسسات والمنشآت على توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي بطريقة فعالة ضمن أنشطة إدارة المرافق، وخاصة ما يتعلق بعمليات التشغيل والصيانة. فعلى الرغم من التطور الهائل في تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتزايد الحديث عن قدرته على تحسين الكفاءة التشغيلية، إلا أن العديد من الجهات ما زالت تعتمد على نماذج تقليدية تتسم بالتردد اليدوي، والاستجابة المتأخرة للأعطال، وتدني القدرة على التنبؤ، مما يؤدي إلى ارتفاع التكاليف، وضعف الاستجابة، وتآكل كفاءة الأصول مع الوقت.

تبرز الحاجة الماسة إلى تطوير نموذج ذكي ومتكامل يأخذ بعين الاعتبار خصائص البيئة التشغيلية، ويرتكز على تحليل البيانات، ويُمكن من رصد المشكلات التشغيلية في وقت مبكر، والتخطيط الذكي لأعمال الصيانة، وتخصيص الموارد بكفاءة. وتنبع المشكلة من فجوتين واضحتين: إحداهما على المستوى النظري، والأخرى على المستوى التطبيقي، وكلاهما يُعطلان عملية التحول الرقمي في إدارة المرافق (Masud، 2025).

1.2.1. فجوات على المستوى النظري:

على المستوى النظري، ما تزال الدراسات العلمية والأكاديمية في مجال إدارة المرافق الذكية محدودة، ولا تزال معظم الأدبيات تُعالج إدارة المرافق من منظور تقليدي يركز على الجوانب الهندسية أو التشغيلية بمعزل عن توظيف التقنيات الذكية بشكل متكامل. كما أن هناك نقصًا في النماذج النظرية التي تربط بين مفاهيم الذكاء الاصطناعي وإدارة المرافق كمنظومة شاملة، حيث تركز بعض الدراسات على الجوانب الجزئية مثل الصيانة التنبؤية أو إدارة الطاقة، دون أن تقدم تصورًا متكاملًا يدمج هذه الأبعاد ضمن نموذج عملي شامل. كما يُلاحظ غياب الإطار المفاهيمي الذي يُحدد بشكل دقيق كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يُحدث تأثيرًا مباشرًا في كفاءة التشغيل وأداء الأصول، وهو ما يحد من قدرة الباحثين على استيعاب التحولات التقنية الحديثة ضمن هذا المجال (Lee، 2021).

1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي:

أما على المستوى التطبيقي، فإن الممارسة الفعلية في كثير من المؤسسات، لا سيما في القطاعات العامة وشبه الحكومية، تُظهر وجود قصور واضح في توظيف الذكاء الاصطناعي داخل عمليات الصيانة والتشغيل. فغالبًا ما تقتصر الحلول المستخدمة على أنظمة إدارة تقليدية تعتمد على الجداول الزمنية أو الصيانة بعد الأعطال، دون وجود آليات تنبؤية تعتمد على البيانات الضخمة أو التحليل الذكي للأداء. كما تُعاني المؤسسات من تحديات في دمج البيانات التشغيلية من مصادر متعددة، أو في توفير البنية التحتية التقنية القادرة على دعم خوارزميات الذكاء الاصطناعي. ولا تزال قرارات الصيانة والتشغيل تُتخذ بناءً على التجربة أو التقدير البشري، وهو ما يؤدي إلى هدر في الموارد، وتأخير في الاستجابة، وتراجع في كفاءة الأصول الحيوية. وتتجلى هذه الفجوة بوضوح في عدم وجود نماذج عملية جاهزة وقابلة للتطبيق على نطاق واسع، تُعالج قضايا مثل: الصيانة الاستباقية، التوزيع الأمثل للموارد، وتقليل أوقات التعطل غير المخطط له، بطريقة تعتمد على التحليل الذكي المستند إلى البيانات. لذا فإن الحاجة أصبحت ملحة إلى تقديم نموذج تطبيقي متكامل يستفيد من قدرات الذكاء الاصطناعي، ويُعيد تصميم عمليات إدارة المرافق بما يتناسب مع متطلبات الكفاءة والمرونة التشغيلية الحديثة (Yang، 2025).

1.3. أهمية الدراسة

تكتسب هذه الدراسة أهميتها في ظل التحديات المتزايدة التي تواجهها المؤسسات في إدارة المرافق بشكل فعال وذكي، خاصة في ضوء التوسع العمراني، وتعقيد الأنظمة التشغيلية، والضغط على الموارد. ومع التقدم السريع في تقنيات الذكاء الاصطناعي، بات من الضروري استثمار هذه التقنيات في تطوير نماذج متكاملة تساهم في رفع كفاءة التشغيل وتقليل الأعطال وتحسين إدارة الصيانة. وتأتي هذه الدراسة استجابة لحاجة ملحة نحو بناء نموذج علمي وتطبيقي يدمج بين المعرفة الهندسية والتقنية الحديثة، ويعالج أوجه القصور في النماذج التقليدية لإدارة المرافق، الأمر الذي يجعل لها بعداً نظرياً وتطبيقياً ذا أهمية كبيرة.

1.3.1. على المستوى النظري:

تبرز أهمية هذه الدراسة نظرياً في كونها تساهم في سد فجوة واضحة في الأدبيات المتعلقة بتقاطع مفاهيم إدارة المرافق مع الذكاء الاصطناعي، حيث لا تزال الكثير من الدراسات تفتقر إلى نماذج تحليلية متكاملة تستوعب التحول الرقمي المتسارع في إدارة المرافق. تقدم هذه الدراسة إضافة نوعية من خلال تطوير نموذج مفاهيمي يُعيد صياغة العلاقة بين مكونات إدارة المرافق من جهة، وتقنيات الذكاء الاصطناعي من جهة أخرى، مستندة إلى أسس علمية وتحليلية حديثة.

كما تسعى الدراسة إلى إثراء الحقول النظرية المرتبطة بإدارة الصيانة، والتشغيل الذكي، وتحليل البيانات في بيئات المرافق، وهو ما يفتح المجال أمام الباحثين والمهتمين للتوسع في تطوير نماذج نظرية مستقبلية، واستكشاف أدوات الذكاء الاصطناعي التي لم تُدرس بشكل كافٍ في هذا السياق. إضافة إلى ذلك، فإن الدراسة تساهم في تأسيس قاعدة معرفية تساعد في بناء سياسات وأطر مرجعية جديدة لإدارة المرافق من منظور تقني متقدم يتجاوز المفاهيم التشغيلية التقليدية.

1.3.2. على المستوى التطبيقي:

أما على الصعيد التطبيقي، فتتمثل أهمية الدراسة في تقديم نموذج عملي قابل للتنفيذ يُمكن مؤسسات إدارة المرافق من الاستفادة الفعلية من قدرات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل. فالنموذج المقترح يهدف إلى تحسين عمليات اتخاذ القرار داخل المؤسسات، من خلال توفير أدوات تحليلية وتنبؤية مبنية على البيانات، تساهم في تقليل الأعطال المفاجئة، وتحسين أداء الأصول، وتقليل التكاليف التشغيلية بشكل ملحوظ.

تأتي هذه الدراسة استجابة لحاجة ميدانية متزايدة لدى الجهات العامة والخاصة نحو التحول إلى نظم ذكية لإدارة مرافقها، سواء في الأبنية الحكومية، أو الجامعات، أو المستشفيات، أو المنشآت الصناعية والخدمية. ومن خلال التطبيق الفعلي للنموذج، يمكن تحقيق تكامل بين الأنظمة التقنية وفرق التشغيل والصيانة، مما يساهم في تحسين جودة الخدمة، ورفع كفاءة الأداء المؤسسي، وتقليل الهدر في الموارد والوقت.

تساهم الدراسة في تمكين صناع القرار من استيعاب الإمكانيات التطبيقية للذكاء الاصطناعي، وفهم الآليات التي يمكن من خلالها إدماج هذه التقنيات في بنية العمل اليومية للمرافق، لا سيما في ظل التوجهات الوطنية والعالمية نحو الرقمنة، والاستدامة، والمدن الذكية. وبهذا، فإن الدراسة تقدم قيمة مضافة من حيث كونها مشروعًا تطبيقيًا عمليًا يمكن أن يكون نموذجًا مرجعيًا لجهات متعددة تسعى إلى التحديث والتحسين (Okonta، 2024).

1.4. أسئلة الدراسة:

السؤال الرئيسي:

- ما مدى إمكانية تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق يعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الصيانة والتشغيل؟

الأسئلة الفرعية:

1. ما واقع إدارة المرافق في المؤسسات الحالية، وما أبرز التحديات المرتبطة بكفاءة الصيانة والتشغيل؟
2. ما الإمكانيات التي توفرها تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات التشغيلية وتوقع الأعطال؟
3. كيف يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين عمليات اتخاذ القرار في مجال إدارة الصيانة والتشغيل؟
4. ما العناصر الأساسية التي ينبغي أن يتضمنها النموذج المتكامل لإدارة المرافق الذكية؟
5. ما أثر النموذج المقترح على تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف وزيادة موثوقية الأصول؟

1.5. أهداف الدراسة:

👉 الهدف الرئيسي:

- تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق يعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي، بهدف تحسين كفاءة عمليات الصيانة والتشغيل، من خلال تحليل البيانات التشغيلية والتنبؤ بالأعطال، وتعزيز اتخاذ القرار الذكي.

👉 الأهداف الفرعية:

1. تحليل واقع إدارة المرافق الحالية في المؤسسات، وتحديد التحديات التشغيلية المرتبطة بالصيانة وإدارة الأصول.
2. استكشاف تطبيقات الذكاء الاصطناعي المناسبة لإدارة المرافق، وتحديد الأدوات التقنية الأكثر ملاءمة لمعالجة مشكلات التشغيل والصيانة.
3. تصميم نموذج عملي يدمج بين إدارة المرافق والذكاء الاصطناعي، ويعتمد على البيانات التشغيلية في التنبؤ وتحسين الأداء.
4. اختبار مدى فاعلية النموذج المقترح في تحسين كفاءة الصيانة، وتقليل الأعطال، وزيادة جاهزية الأصول.
5. تقديم توصيات تطبيقية تساهم في دعم المؤسسات في تبني النماذج الذكية لإدارة المرافق ضمن استراتيجيات التحول الرقمي.

1.6. فرضيات الدراسة

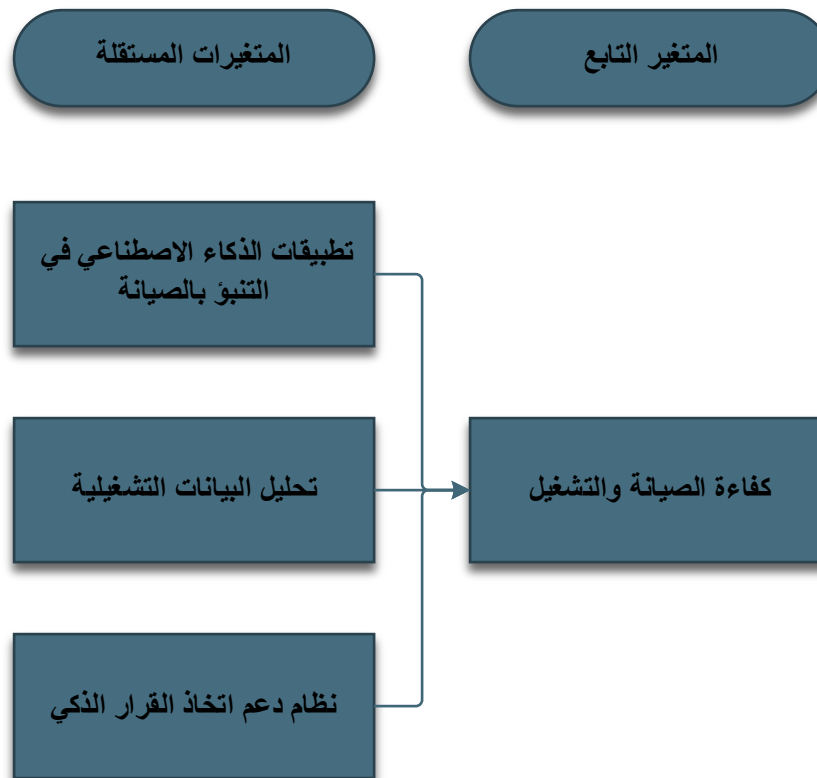
👉 الفرضية الرئيسية:

- تطبيق نموذج متكامل لإدارة المرافق قائم على تقنيات الذكاء الاصطناعي يساهم بشكل فعال في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل في المؤسسات.

الفرضيات الفرعية:

1. يوجد تأثير إيجابي لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالأعطال على تحسين فعالية الصيانة الوقائية.
2. يسهم دمج الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة المرافق في تقليل أوقات التوقف غير المخطط لها وتحسين جاهزية الأصول.
3. يؤدي استخدام أدوات تحليل البيانات التشغيلية إلى تحسين دقة اتخاذ القرارات المتعلقة بالصيانة والتشغيل.
4. يعزز النموذج المقترح من كفاءة توزيع الموارد البشرية والفنية في عمليات الصيانة والتشغيل.
5. يسهم تطبيق النموذج الذكي في خفض التكاليف التشغيلية المرتبطة بإدارة المرافق مقارنة بالأساليب التقليدية.

1.7. نموذج الدراسة



المصدر: إعداد الباحث

1.8. منهجية الدراسة

- تصميم الدراسة وأسلوب البحث

تعتمد هذه الدراسة على المنهجية الكمية كأساس لجمع وتحليل البيانات بهدف تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق باستخدام الذكاء الاصطناعي. تم اختيار المنهج الكمي لأنه يسمح بقياس العلاقة بين المتغيرات بدقة، واختبار الفرضيات بشكل موضوعي من خلال استخدام أدوات قياس معيارية، مع ضمان إمكانية التعميم. تم تصميم الدراسة بشكل استكشافي تقييبي، حيث تهدف إلى تقييم مدى تأثير تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على كفاءة الصيانة والتشغيل، مع التركيز على جمع البيانات من عينة تمثل الواقع التطبيقي. كما اتبع البحث أسلوب الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات الميدانية، مما يسهل تحليل الاتجاهات والارتباطات بين المتغيرات.

- عينة الدراسة

تم اختيار عينة الدراسة باستخدام طريقة العينة العشوائية الطبقية، لضمان تمثيل مختلف الفئات العاملة في مجال إدارة المرافق داخل المؤسسات المختارة. تضم العينة موظفين في أقسام الصيانة، التشغيل، وإدارة الأصول، بالإضافة إلى خبراء في تقنيات الذكاء الاصطناعي. تم تحديد حجم العينة بناءً على معايير إحصائية لضمان قوة نتائج التحليل، حيث تتراوح العينة بين 150 إلى 200 مشاركاً، مما يوفر تمثيلاً كافياً يمكن من خلاله استخلاص استنتاجات دقيقة حول فعالية النموذج المقترح.

- أدوات جمع البيانات

تم تطوير استبانة مكونة من عدة محاور لقياس المتغيرات المستقلة والتابعة للدراسة، حيث اشتملت على أسئلة مغلقة تعتمد على مقياس ليكرت بخمس درجات (من 1 إلى 5)، لتقييم مستويات التطبيق، الرأي، والتصورات المتعلقة باستخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق. اشتملت الاستبانة على مقاييس تم تصميمها وفقاً لمراجع علمية محكمة، مع مراعاة التحقق من الصدق والثبات باستخدام اختبارين تجريبيين قبل التطبيق النهائي. كما تم تضمين أسئلة ديموغرافية تهدف إلى تصنيف المشاركين حسب الجنس، الخبرة العملية، والمؤهل العلمي.

- إجراءات جمع البيانات

تم تنفيذ جمع البيانات من خلال توزيع الاستبانة إلكترونياً وعلى شكل ورقي، تبعاً لسهولة الوصول إلى المشاركين في المؤسسات المختلفة. بدأ الإجراء بتوجيه رسالة تعريفية توضح أهداف الدراسة وأهمية المشاركة لضمان تحقيق أعلى نسبة استجابة

ممكنة، مع التأكيد على سرية المعلومات وخصوصية البيانات. استغرقت مرحلة جمع البيانات حوالي شهرين، شملت متابعات دورية مع المشاركين لتشجيعهم على إكمال الاستبانة. كما تم التأكد من جودة البيانات من خلال مراجعة الاستجابات وتنقيحها قبل مرحلة التحليل.

- طرق تحليل البيانات

تم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS والبرمجيات الإحصائية المناسبة، حيث شملت العمليات التحليلية عدة خطوات رئيسية:

- التحليل الوصفي لتحديد خصائص العينة وتوزيع المتغيرات.
- اختبار الصدق والثبات لضمان موثوقية أدوات القياس.
- اختبار الفرضيات باستخدام تقنيات إحصائية مثل تحليل الانحدار المتعدد، وتحليل الارتباط، لاختبار العلاقات بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع.
- تم أيضًا استخدام التحليل التنبؤي في بعض الحالات لتقييم مدى قدرة المتغيرات المستقلة على التنبؤ بكفاءة الصيانة والتشغيل.
- كما جرى تحليل الفروق بين المجموعات الفرعية ضمن العينة باستخدام اختبارات (T-test) و (ANOVA) حيثما كان ذلك مناسبًا.

1.9. الدراسة الميدانية

تعتبر الدراسة الميدانية جزءًا جوهريًا في هذه البحث، حيث تم تصميمها وتنفيذها بهدف جمع البيانات الأولية اللازمة لفهم الواقع العملي لإدارة المرافق في المؤسسات المختارة، وقياس مدى تأثير تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل. وتأتي هذه الدراسة كخطوة تطبيقية تكميلية تُمكن الباحث من التحقق من الفرضيات النظرية، واختبار النموذج المقترح في بيئة حقيقية، مما يعزز من موثوقية النتائج ودقتها.

تم اختيار عدد من المؤسسات التي تمتلك منشآت مرافقية متنوعة تشمل مباني إدارية، صناعية، وخدمية، مع التركيز على تلك التي بدأت أو تنوي البدء في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن أنظمة صيانتها وتشغيلها. وقد تم التنسيق مع الجهات المعنية في هذه المؤسسات للحصول على التصاريح اللازمة لإجراء البحث، وضمان الوصول إلى البيانات والمعلومات المطلوبة، بالإضافة إلى السماح للمشاركين بالتعبير عن آرائهم وخبراتهم عبر استبانات مُهيكلّة.

شملت الدراسة الميدانية جمع البيانات من خلال استبانة إلكترونية وورقية وُزّعت على موظفي الصيانة، التشغيل، والإدارة الفنية، إضافة إلى الخبراء التقنيين المختصين بالذكاء الاصطناعي. كما تم إجراء بعض المقابلات المفتوحة مع عدد محدود من المختصين لتعميق الفهم حول التحديات والفرص المرتبطة بتطبيق النموذج الذكي، والتي قد لا تُلتقط بشكل كامل من خلال الاستبانات فقط.

وقد تم التركيز في الدراسة الميدانية على عدة محاور رئيسية، منها تقييم مدى معرفة الموظفين بتقنيات الذكاء الاصطناعي، ومدى استخدامهم لها في عمليات الصيانة والتشغيل، وتحديد أهم المشكلات التي تواجهها إدارات المرافق، بالإضافة إلى قياس تصوراتهم حول مدى فاعلية النموذج المقترح في تحسين الأداء التشغيلي وتقليل الأعطال والتكاليف.

أدت نتائج الدراسة الميدانية إلى توفير قاعدة بيانات غنية ومفصلة، ساعدت في اختبار الفرضيات الموضوعة، وإثراء النموذج المقترح بمعطيات واقعية تعكس احتياجات ومتطلبات السوق والمؤسسات. كما مكنت هذه النتائج الباحث من تحديد نقاط القوة والضعف في تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، واقتراح توصيات عملية لتحسين الأداء والفعالية في إدارة المرافق.

مثلت الدراسة الميدانية جسراً هاماً بين النظرية والتطبيق، وأسهمت في تعزيز مصداقية البحث، ووضعت أسساً علمية متينة يمكن الاستناد إليها في تطوير نماذج مشابهة مستقبلاً، مما يفتح آفاقاً واسعة للبحث العلمي والتطبيقي في مجال إدارة المرافق الذكية.

1.10. مخطط المشروع المقترح

(م)	المرحلة	النشاط / المهمة	المدة الزمنية	النتائج المتوقعة
1	اختيار موضوع البحث	تحديد مشكلة البحث وصياغة أهداف الدراسة بدقة	أسبوعان	وضوح موضوع الدراسة وتحديد الأهداف الرئيسية بدقة
2	مراجعة الأدبيات	تحليل الدراسات السابقة والأبحاث المتعلقة بالموضوع	3 أسابيع	تأسيس قاعدة معرفية قوية وتحديد الفجوات البحثية
3	بناء الإطار النظري	تطوير النموذج المفاهيمي وتحديد الفرضيات والمتغيرات الأساسية	أسبوعان	إعداد إطار نظري متكامل يدعم توجهات البحث
4	تصميم أدوات البحث	إعداد استمارة جمع البيانات ومراجعتها من قبل الخبراء	أسبوعان	استمارة دقيقة وموثوقة لجمع المعلومات
5	اختبار الأداة	إجراء اختبار أولي للاستبانة للتحقق من جودتها	أسبوع	التأكد من وضوح الأسئلة وصلاحيّة الأداة لجمع البيانات
6	جمع البيانات	توزيع الاستبانة على العينة المستهدفة وجمعها	3 أسابيع	الحصول على بيانات ميدانية شاملة وجاهزة للتحليل
7	معالجة البيانات	تحليل البيانات باستخدام البرامج الإحصائية مثل SPSS	أسبوعان	نتائج كمية واضحة تدعم أو تدحض الفرضيات
8	مناقشة النتائج	تفسير النتائج وربطها بالأطر النظرية والتطبيقية	أسبوع	فهم عميق لتأثير المتغيرات وتقييم الأثر الحقيقي
9	إعداد التوصيات	صياغة توصيات عملية مبنية على نتائج الدراسة	أسبوع	اقتراح حلول قابلة للتطبيق لتحسين جودة الخدمات
10	كتابة التقرير النهائي	إعداد التقرير العلمي الشامل لكافة مراحل البحث	أسبوعان	تقرير متكامل يعكس كافة مراحل البحث ونتائجه
11	مراجعة وتدقيق	تدقيق محتوى التقرير لغوياً وعلمياً	أسبوع	تقرير نهائي خالٍ من الأخطاء وجاهز للتسليم

12	تقديم الدراسة	عرض ومناقشة الدراسة أمام اللجنة أو الجهات المختصة	حسب الجدول	الحصول على تقييم شامل وتعزيز النتائج النهائية
----	---------------	--	------------	--

2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة

2.1. المقدمة:

يعتبر الفصل الثاني من الدراسة ركيزةً أساسية لبناء الإطار النظري الذي يستند إليه البحث، حيث يتناول بشكل مفصل مجموعة من المفاهيم والنظريات التي تُشكل الدعامة العلمية لفهم المتغيرات الرئيسية التي تؤثر في موضوع الدراسة. هذا الفصل لا يكتفي فقط بعرض التعريفات والمفاهيم، بل يسعى إلى تحليل العلاقة المعقدة بين مكونات النموذج البحثي بشكل منهجي، مما يمهّد الطريق لفهم أعمق لكيفية تفاعل هذه المكونات لتحقيق الهدف الأساسي للدراسة.

في سياق تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق، لا بد من استيعاب طبيعة العوامل التي تلعب دورًا فعالاً في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل. ومن هنا، يركز هذا الفصل على استعراض الأدبيات السابقة التي تناولت موضوعات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في مجال الصيانة الذكية وإدارة المرافق، مع توضيح الأساليب المختلفة التي تم استخدامها لتقييم تأثير هذه التقنيات على الأداء التشغيلي. يعكس هذا الاستعراض الجهود العلمية المبذولة لفهم كيفية تحسين عمليات الصيانة من خلال تبني حلول مبتكرة، ويسلط الضوء على الفجوات المعرفية التي لم تُغطَّ بشكل كافٍ في الدراسات السابقة.

يعرض الفصل الأطر النظرية التي تدعم تطوير نموذج البحث، مع التركيز على أهمية دراسة العوامل المؤثرة بشكل مستقل وتلك التي تتفاعل فيما بينها لتحقيق تحسينات ملموسة. تتناول الدراسة في هذا الفصل كيفية التحقق من العلاقات بين هذه العوامل بطريقة علمية دقيقة، إذ إن فهم هذه العلاقة يُعتبر جوهرياً لتفسير مدى تأثير كل عامل على كفاءة الصيانة والتشغيل. هذا التحليل يُمكن الباحث من بناء فرضيات قابلة للاختبار تعكس الواقع التطبيقي وتعزز من مصداقية النتائج.

تكمن أهمية هذا الفصل في كونه يزود الباحث والقارئ على حد سواء بإطار فكري متكامل يُساعد على تصور كيفية استغلال إمكانات الذكاء الاصطناعي بشكل فعال لتحسين جودة العمليات التشغيلية. إذ أن الإلمام بالعلاقة بين العوامل المختلفة يسمح بتطوير أدوات ونماذج قادرة على تقديم حلول عملية وقابلة للتطبيق في بيئة العمل، مما يعزز القدرة على اتخاذ قرارات مستنيرة تستند إلى بيانات وتحليلات دقيقة.

يشكل هذا الفصل نقطة انطلاق ضرورية لفهم كيف يمكن أن تؤثر العناصر المختلفة، والتي تم تناولها بشكل منفصل ومتداخل، في تعزيز كفاءة الصيانة والتشغيل من خلال الذكاء الاصطناعي. كما أنه يوفر الأساس النظري والعملي الذي يبنى عليه الباحث باقي فصول الدراسة، من خلال تقديم تحليل علمي منهجي ومتكامل يدعم تطوير النموذج المقترح وتقييمه.

2.2. المتغيرات المستقلة:

1. تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالصيانة:

يمثل هذا المتغير مدى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل تعلم الآلة، الشبكات العصبية، والتحليل التنبؤي، في التوقع المسبق للأعطال والصيانة الوقائية. تشمل تطبيقات الذكاء الاصطناعي قدرة النظام على تحليل البيانات التاريخية والتشغيلية لمعدات المرافق، واكتشاف الأنماط غير المرئية التي قد تشير إلى خلل محتمل، مما يمكن الفرق الفنية من التدخل في الوقت المناسب لتفادي الأعطال. ويُعتبر هذا المتغير أساسياً في الانتقال من الصيانة التقليدية القائمة على الجدولة الزمنية أو الاستجابة بعد وقوع العطل إلى صيانة استباقية ذكية (Tran، 2021).

2. تحليل البيانات التشغيلية:

هذا المتغير يشير إلى قدرة النظام على جمع ومعالجة وتحليل البيانات التشغيلية الكبيرة والمتنوعة التي تنتج عن عمليات تشغيل المرافق اليومية. ويشمل ذلك استخدام أدوات وتقنيات تحليل البيانات الضخمة (Big Data Analytics) لاستنباط رؤى قيمة تساعد في تحسين الأداء التشغيلي، اكتشاف الاختناقات، وتقديم توصيات مبنية على بيانات دقيقة. يُعزز هذا التحليل الفهم الشامل لبيئة التشغيل، مما يتيح إدارة أكثر فعالية ومرونة للمرافق (Hossain، 2024).

3. نظام دعم اتخاذ القرار الذكي:

يشمل هذا المتغير الأنظمة والأدوات التي تستخدم الذكاء الاصطناعي لتوفير دعم ذكي في اتخاذ القرارات المتعلقة بالصيانة والتشغيل، من خلال تقديم حلول واقتراحات مبنية على تحليل متعمق للبيانات والتنبؤات. يتميز هذا النظام بقدرته على معالجة سيناريوهات مختلفة، وتقديم خيارات متعددة مدعومة بمؤشرات أداء، مما يسهل على مديري المرافق والفنيين اختيار الحلول الأمثل لتحسين الكفاءة وتقليل المخاطر التشغيلية (Soori، 2024).

2.3. المتغير التابع:

- كفاءة الصيانة والتشغيل:

يُعد هذا المتغير هو محور الدراسة، حيث يعبر عن مدى فعالية وكفاءة عمليات الصيانة والتشغيل داخل المؤسسات والمنشآت التي تدير المرافق. ويتجلى ذلك من خلال مؤشرات مثل تقليل أوقات التعتّل، تحسين جودة الصيانة، زيادة عمر المعدات، خفض التكاليف التشغيلية، وتحسين الجاهزية التشغيلية للأصول. ويقاس هذا المتغير قدرة المؤسسة على إدارة أصولها التشغيلية بكفاءة عالية من خلال تقليل الأعطال المفاجئة، وزيادة الفعالية في استخدام الموارد البشرية والمادية (Sa'ad، 2025).

2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع:

تشكل المتغيرات المستقلة الثلاثة المحددة أعلاه العوامل الأساسية التي تؤثر بشكل مباشر على كفاءة الصيانة والتشغيل، المتغير التابع في هذه الدراسة. حيث يُتوقع أن يؤدي تعزيز استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالصيانة إلى تقليل الأعطال وتحسين فعالية التدخلات الفنية، ما ينعكس إيجاباً على كفاءة التشغيل. بالموازاة، يُساهم تحليل البيانات التشغيلية في توفير رؤية متكاملة عن حالة الأصول والعمليات، مما يدعم تحسين خطط الصيانة وتنظيم الموارد بشكل أكثر دقة وفعالية. أما نظام دعم اتخاذ القرار الذكي، فيعمل كأداة محورية لربط المعلومات والرؤى المستخلصة من التنبؤ والتحليل بعملية اتخاذ القرار اليومي، مما يرفع من سرعة ودقة اتخاذ القرارات التشغيلية والاستراتيجية. بالتالي، فإن التفاعل والتكامل بين هذه المتغيرات المستقلة يُساهم بشكل مجتمعي في رفع مستوى كفاءة الصيانة والتشغيل، وتحقيق أداء مستدام ومتطور للمرافق (Sandu، 2022).

2.5. الخاتمة:

إن ما تم استعراضه من مفاهيم وأطر نظرية شكّل قاعدة معرفية أساسية لفهم الأبعاد العميقة لموضوع الحوكمة الرشيدة في الأجهزة الحكومية، ولا سيما في سياق الإدارة المحلية. لقد تناول الفصل عناصر محورية تُسهم في تفسير سلوك المؤسسة الحكومية، وتُمكن من تحليل وتقييم مدى التزامها بالقيم والمبادئ التي ترتكز عليها الحوكمة، من خلال التطرق إلى مجموعة من العوامل الجوهرية التي تُعد فاعلة في هذا السياق الإداري.

وقد تم خلال هذا الفصل بناء رؤية تحليلية متكاملة للبيئة التنظيمية والإدارية التي تعمل ضمنها الجهات المعنية، مع التركيز على كيفية تفاعل المكونات الداخلية مع بعضها البعض، ومدى تأثيرها على تحقيق معايير الأداء الرشيد. كما أُعطي اهتمام خاص للعلاقة التفاعلية التي تربط بين هذه المكونات، ليس باعتبارها عناصر منفصلة، بل باعتبارها شبكة مترابطة تُمثّل في تكاملها شرطاً أساسياً لتفعيل الممارسات المؤسسية السليمة.

إن هذا التناول النظري لا يهدف فقط إلى التعريف بالمفاهيم الإدارية المجردة، بل يسعى إلى توظيفها لفهم السياق الواقعي الذي تعمل فيه أمانات المناطق، حيث تمثل هذه المؤسسات واجهة الدولة أمام المواطنين، وتُعد من أكثر الجهات الحكومية تماساً بالحياة اليومية للناس. ومن هذا المنطلق، فإن فهم العوامل المؤثرة في أدائها، وكيفية تفاعلها الداخلي، يُعد أمراً ضرورياً لتفسير واقع الحوكمة، ويمهّد بشكل مباشر للمرحلة الميدانية من الدراسة التي سيتم فيها اختبار هذه المفاهيم والعلاقات من خلال أدوات كمية قابلة للقياس والتحليل.

إن القيمة العلمية لهذا الفصل لا تكمن فقط في ما يقدمه من إيضاحات نظرية، وإنما في كونه أرسى الأساس الذي ستُبنى عليه الإجراءات البحثية اللاحقة، بما فيها تصميم أدوات الدراسة، وتفسير نتائجها، واستنباط التوصيات التطبيقية. إنه فصل يربط بين النظرية والميدان، بين الفرضية والتجربة، ويُسهم في تعميق الفهم الأكاديمي لموضوع بالغ الأهمية في مسيرة تطوير العمل الحكومي في المملكة العربية السعودية.

3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة

3.1. المقدمة:

يمثل الفصل الثالث من هذه الدراسة الركيزة المنهجية التي تستند إليها بقية فصول البحث، إذ ينتقل العمل من الإطار النظري الذي تناول مفاهيم إدارة المرافق وتطبيقات الذكاء الاصطناعي إلى الإطار التطبيقي الذي يوضح الكيفية العملية التي تم من خلالها اختبار الفرضيات وبناء النموذج المقترح. ففي هذا الفصل يتم توضيح الأسس العلمية والإجرائية التي ضمنت سلامة تنفيذ الدراسة ودقة نتائجها، بما يعزز من مصداقية النموذج المقترح وقدرته على الإسهام الفعلي في تطوير ممارسات إدارة المرافق في بيئات العمل الحديثة.

وتبرز أهمية هذا الفصل في كونه يحدد الإطار العملي الذي تم من خلاله تحويل المفاهيم النظرية إلى إجراءات قابلة للقياس والتحليل. فالباحث في مجال تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يتطلب تحديدًا دقيقًا لمفاهيم مثل كفاءة الصيانة، الأداء التشغيلي، الاستجابة للأعطال، التنبؤ بالأعطال، إدارة الأصول، ومستوى الجاهزية التشغيلية، بحيث يتم التعامل معها بوصفها متغيرات قابلة للقياس الكمي أو الوصفي. إن وضوح هذه المحددات الإجرائية يسهم في إزالة أي لبس مفاهيمي، ويضمن أن تكون النتائج المستخلصة قائمة على أسس موضوعية يمكن إعادة اختبارها والتحقق منها في دراسات لاحقة.

كما يتناول هذا الفصل توضيح الإطار التصميمي الذي اعتمدت عليه الدراسة، والذي يعكس طبيعة المشكلة البحثية وأهدافها. فبناء نموذج متكامل لإدارة المرافق لا يقتصر على الوصف النظري، بل يتطلب تصميمًا بحثيًا يتيح اختبار العلاقات بين المتغيرات، وقياس أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء التشغيلية والصيانة. ويكتسب هذا الجانب أهمية خاصة نظرًا لارتباط إدارة المرافق بعوامل متعددة، تشمل الموارد البشرية، الأنظمة التقنية، البنية التحتية، وبيئة العمل، الأمر الذي يفرض اختيار تصميم بحثي يراعي هذه التعقيدات ويوفر أدوات تحليل مناسبة.

ويولي الفصل اهتمامًا خاصًا بتحديد الإطار البشري والمؤسسي الذي تنتهي إليه الدراسة، من خلال توضيح خصائص البيئة التي طُبّق فيها النموذج، سواء كانت مؤسسات تعليمية أو صحية أو صناعية أو مجتمعات تجارية. إن تحديد هذا الإطار يعزز من فهم طبيعة النتائج ومدى إمكانية تعميمها. كما أن عرض آلية اختيار المشاركين أو مصادر البيانات يعكس مستوى الدقة المنهجية ويؤكد أن النتائج لم تكن عشوائية، بل جاءت نتيجة تخطيط علمي يراعي تمثيل الفئات المستهدفة تمثيلًا مناسبًا.

ويتطرق الفصل كذلك إلى توضيح الكيفية التي تم بها جمع البيانات، سواء كانت بيانات كمية مستمدة من أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS)، أو بيانات مستخلصة من أجهزة الاستشعار وإنترنت الأشياء، أو بيانات نوعية تم الحصول عليها من خلال استبانات أو مقابلات مع مديري المرافق والفنيين. إن توضيح آليات الجمع يكتسب أهمية بالغة في دراسات الذكاء الاصطناعي، حيث تعتمد جودة النموذج المقترح بشكل مباشر على جودة البيانات المستخدمة في تدريبه وتحليله. فكلما كانت البيانات دقيقة وممثلة للواقع التشغيلي، كانت النتائج أكثر موثوقية وقابلية للتطبيق.

كما يبين هذا الفصل طبيعة البيانات التي اعتمدت عليها الدراسة، سواء من حيث كونها بيانات تاريخية أو آنية، هيكلية أو غير هيكلية، رقمية أو وصفية. ويعد هذا التفصيل ضروريًا في الدراسات التي توظف تقنيات الذكاء الاصطناعي، نظرًا لأن نوع البيانات يؤثر في اختيار الخوارزميات المناسبة وأساليب المعالجة المسبقة والتحليل. ومن ثم فإن عرض هذه الجوانب يعكس تكامل الجانب التقني مع الجانب المنهجي في البحث.

ويختتم الفصل بعرض الإجراءات التحليلية التي تم اعتمادها لاستخلاص النتائج، بما يشمل الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية، إضافة إلى مؤشرات تقييم أداء النموذج المقترح. إن توضيح هذه الإجراءات يضمن أن تكون عملية تفسير النتائج مبنية على أسس علمية دقيقة، ويعزز من الثقة في الاستنتاجات التي توصلت إليها الدراسة بشأن أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الصيانة وتقليل الأعطال وخفض التكاليف التشغيلية.

إن هذا الفصل يمثل الجسر الذي يربط بين الطرح النظري والتطبيق العملي، ويعكس مدى التزام الدراسة بالمنهجية العلمية في اختبار فرضياتها وتحقيق أهدافها. ومن خلال ما يتضمنه من توضيحات منهجية دقيقة، يساهم في ترسيخ موثوقية النموذج المقترح ويدعم إمكانية تبنيه في مؤسسات تسعى إلى تطوير إدارة مرافقها وفق أحدث التقنيات الذكية، بما يواكب متطلبات التحول الرقمي ويعزز الاستدامة التشغيلية على المدى الطويل.

3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث:

أولاً: المتغيرات المستقلة

- تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالصيانة

يُعرّف هذا المتغير إجرائيًا في ضوء درجة تبني المؤسسة لتقنيات الذكاء الاصطناعي التي تعتمد على تحليل البيانات التاريخية واللحظية الخاصة بالأصول والمعدات بهدف التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها وتحديد أنسب توقيتات التدخل الصياني. ويقاس هذا المتغير من خلال مؤشرات كمية تعكس قدرة الأنظمة المستخدمة على التنبؤ الدقيق بالأعطال وتقليل التوقفات المفاجئة، إضافة إلى مدى انخفاض الأعطال غير المخطط لها بعد تطبيق تقنيات التنبؤ. كما يُقاس من خلال استجابات أفراد العينة تجاه فاعلية هذه التطبيقات في تحسين التخطيط للصيانة، وتقليل الهدر في الموارد، ورفع جاهزية الأصول التشغيلية. وعليه، فإن القيمة الإجرائية لهذا المتغير تتمثل في مستوى الاستخدام الفعلي للأنظمة التنبؤية ومدى انعكاسها على الأداء الصياني.

- تحليل البيانات التشغيلية

يُقصد بهذا المتغير إجرائيًا مدى توظيف أدوات وتقنيات التحليل الذكي للبيانات الناتجة عن العمليات التشغيلية داخل المرافق، سواء كانت بيانات متعلقة باستهلاك الطاقة، أو معدلات تشغيل المعدات، أو أوقات التوقف، أو أنماط الاستخدام. ويتم قياسه من خلال درجة اعتماد الإدارة على نتائج التحليل في تقييم الأداء، واكتشاف مواطن القصور، وتحسين كفاءة توزيع الموارد. كما يُعبّر عنه بمدى تكامل أنظمة جمع البيانات ودقتها وانتظام استخدامها في إعداد التقارير واتخاذ الإجراءات التصحيحية. ويعكس هذا التعريف الإجرائي حجم الاستفادة الفعلية من البيانات التشغيلية في دعم التحسين المستمر داخل بيئة المرافق.

- نظام دعم اتخاذ القرار الذكي

يُعرّف هذا المتغير إجرائيًا بأنه مستوى استخدام الأنظمة الذكية التي تقدم توصيات مبنية على تحليل البيانات والخوارزميات التنبؤية لدعم الإدارة في اتخاذ قرارات تتعلق بالصيانة والتشغيل وإدارة الموارد. ويتم قياسه من خلال مدى اعتماد متخذي القرار على المخرجات التي يوفرها النظام، وسرعة الاستجابة للقرارات التشغيلية، وتحسن نتائج القرارات بعد تطبيق النظام مقارنة بالفترات السابقة. كما يُقاس من خلال تقييم المستخدمين لمدى دقة التوصيات وموثوقيتها وسهولة الاستفادة منها في

البيئة العملية. وبذلك يعكس هذا المتغير درجة التحول من اتخاذ القرار التقليدي إلى اتخاذ قرار مدعوم بتحليل ذكي قائم على البيانات.

ثانياً: المتغير التابع

- كفاءة الصيانة والتشغيل

تُعرّف كفاءة الصيانة والتشغيل إجرائيًا بأنها مستوى التحسن الكمي والنوعي الذي يطرأ على أداء أنشطة الصيانة والعمليات التشغيلية داخل المرافق نتيجة تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي. ويُقاس هذا المتغير من خلال مؤشرات أداء فعلية تشمل انخفاض معدلات الأعطال المفاجئة، وتقليل زمن التوقف، وتحسن سرعة الاستجابة للصيانة، وزيادة الالتزام بالخطط المجدولة، إلى جانب خفض التكاليف التشغيلية وارتفاع مستوى رضا المستفيدين من خدمات المرافق. كما يُقاس إدراكياً عبر تقديرات العاملين حول مدى التحسن الذي تحقق في كفاءة العمليات بعد تطبيق النموذج المقترح. وبذلك تم تحديد المتغيرات بصورة إجرائية واضحة تسمح بقياسها ميدانيًا وتحليل العلاقة بينها إحصائيًا، بما يمكن من اختبار أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات التنبؤ والتحليل ودعم القرار على مستوى كفاءة الصيانة والتشغيل في بيئة المرافق محل الدراسة.

3.3. تصميم البحث:

يرتكز تصميم البحث في هذه الدراسة على بناء إطار منهجي متكامل يجمع بين الطابع الوصفي والتحليلي من جهة، والطابع التطبيقي من جهة أخرى، وذلك بما يتلاءم مع طبيعة المشكلة البحثية المتمثلة في تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق قائم على تقنيات الذكاء الاصطناعي. فالدراسة لا تقتصر على وصف واقع إدارة المرافق، بل تتجاوز ذلك إلى تحليل العلاقات بين المتغيرات واختبار أثر توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالصيانة وتحليل البيانات التشغيلية ودعم اتخاذ القرار على مستوى كفاءة الصيانة والتشغيل. ومن ثمّ، فقد تم اعتماد تصميم بحثي يسمح بفحص هذه العلاقات بصورة كمية دقيقة، مع إتاحة المجال لفهم الأبعاد التطبيقية المرتبطة ببيئة العمل الفعلية.

وقد استند التصميم إلى منهج كمي يعتمد على جمع بيانات قابلة للقياس والتحليل الإحصائي، بهدف اختبار الفرضيات المتعلقة بالعلاقة السببية أو الارتباطية بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع. ويُعد هذا التوجه مناسباً لطبيعة الدراسة التي تسعى إلى قياس مستوى التحسن في مؤشرات الأداء بعد تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث يتطلب ذلك مؤشرات كمية واضحة يمكن تحليلها واستخلاص دلالاتها الإحصائية. كما تم توظيف بعدٍ مقارن في التصميم، من خلال تحليل الفروق في الأداء قبل تطبيق النموذج المقترح وبعده – متى ما توفرت البيانات – أو من خلال مقارنة وحدات تنظيمية تختلف في مستوى تبنيها للتقنيات الذكية.

ويراعي التصميم البحثي كذلك البعد التطبيقي للنموذج المقترح، إذ لا يقتصر على اختبار العلاقات النظرية، بل يهدف إلى تقديم نموذج عملي قابل للتنفيذ في بيئات إدارة المرافق. لذلك تم بناء التصميم بطريقة تسمح بتجميع بيانات من الواقع التشغيلي للمؤسسات محل الدراسة، سواء من خلال الأنظمة الرقمية المعتمدة أو من خلال آراء المختصين والعاملين في المجال. ويسهم هذا التكامل بين البيانات الموضوعية والبيانات الإدراكية في تقديم صورة شاملة عن أثر الذكاء الاصطناعي في رفع الكفاءة التشغيلية والصيانة.

كما أخذ تصميم البحث في الاعتبار طبيعة البيئة التنظيمية والتقنية التي تُطبق فيها أنظمة إدارة المرافق، بما في ذلك مستوى البنية التحتية الرقمية، ومدى جاهزية الموارد البشرية للتعامل مع الأنظمة الذكية. وقد انعكس ذلك في بناء أدوات قياس تتسم بالمرونة والقدرة على رصد الفروق الفردية والمؤسسية، الأمر الذي يعزز من دقة النتائج ويزيد من إمكانية تعميمها على مؤسسات مشابهة.

ويشكل وضوح تصميم البحث عنصراً أساسياً في ضمان موثوقية النتائج، إذ يحدد المسار المنهجي الذي تسير عليه الدراسة منذ مرحلة تحديد المشكلة وحتى مرحلة تحليل النتائج وتفسيرها. كما يضمن اتساق الإجراءات البحثية مع أهداف الدراسة وفرضياتها، ويحد من احتمالية التحيز أو العشوائية في جمع البيانات وتحليلها. ومن خلال هذا التصميم المنظم، أصبحت الدراسة قادرة على تقديم نموذج متكامل لإدارة المرافق مدعوم بأدلة علمية ونتائج إحصائية تعكس الواقع الفعلي للتطبيق، بما يعزز من قيمته العلمية والتطبيقية في مجال التحول الرقمي وإدارة الأصول والمرافق بكفاءة عالية.

3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينة:

يتحدد مجتمع البحث في هذه الدراسة بجميع الأفراد والجهات ذات العلاقة المباشرة بإدارة المرافق داخل المؤسسات التي تتبنى أو تسعى إلى تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات الصيانة والتشغيل. ويشمل ذلك مديري إدارات المرافق، ومشرفي الصيانة، والمهندسين الفنيين، ومحلي البيانات التشغيلية، إضافة إلى القيادات الإدارية المسؤولة عن اتخاذ القرار في ما يتعلق بتطوير الأنظمة التقنية والبنية التحتية الرقمية. ويأتي تحديد هذا المجتمع انطلاقاً من طبيعة الدراسة التي تتناول تطوير نموذج متكامل، مما يتطلب إشراك الفئات التي تمثل المستويات الإدارية والفنية المختلفة لضمان شمولية الرؤية ودقة التقييم. كما قد يمتد المجتمع ليشمل المؤسسات ذات البنية التحتية التقنية المتقدمة نسبياً، نظراً لارتباط موضوع الدراسة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.

وقد تم تحديد مجتمع البحث وفق معايير موضوعية ترتبط بمدى انخراط المؤسسة في استخدام أنظمة إدارة المرافق الرقمية، وتوافر بيانات تشغيلية وصيانة يمكن الاستفادة منها في التحليل. ويسهم هذا التحديد في ضمان اتساق المجتمع مع أهداف الدراسة، بحيث تكون النتائج معبرة عن بيئة تطبيقية حقيقية وليست افتراضية. كما يراعي هذا التحديد التنوع في طبيعة المؤسسات من حيث الحجم والنشاط، بما يعزز من ثراء البيانات ويزيد من إمكانية الاستفادة من النتائج في سياقات متعددة. أما فيما يتعلق بطرق وتقنيات أخذ العينة، فقد تم الاعتماد على أسلوب يضمن تمثيلاً مناسباً للفئات المختلفة داخل مجتمع البحث، مع مراعاة الاعتبارات العملية المرتبطة بإمكانية الوصول إلى المشاركين وتوفير البيانات. ويُراعى في اختيار العينة أن تكون كافية إحصائياً لتحقيق القدرة على اختبار الفرضيات واستخلاص نتائج ذات دلالة معنوية. كما يتم التأكد من تنوع خصائص أفراد العينة من حيث الخبرة المهنية، وطبيعة المهام الوظيفية، ومستوى التعامل مع الأنظمة الذكية، وذلك بهدف الحصول على صورة متكاملة تعكس الواقع الفعلي لإدارة المرافق.

وقد استخدمت تقنيات منهجية تتيح تقليل التحيز وزيادة درجة تمثيل العينة للمجتمع الأصلي، سواء من خلال الاختيار العشوائي في حال توفر قوائم شاملة بالأفراد، أو من خلال أساليب مقصودة عند الحاجة إلى التركيز على فئات تمتلك خبرة مباشرة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي. ويعزز هذا التوجه من مصداقية النتائج، إذ يضمن أن البيانات المستخلصة تعبر عن آراء وخبرات ذات صلة وثيقة بموضوع الدراسة.

إن العناية بتحديد مجتمع البحث واختيار العينة بصورة منهجية دقيقة تمثل عنصرًا جوهريًا في هذه الدراسة، نظرًا لأن دقة النتائج وموضوعيتها ترتبط ارتباطًا مباشرًا بمدى تمثيل العينة وملاءمتها لأهداف البحث. ومن خلال هذا الإطار المنظم، أمكن جمع بيانات تعكس واقع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق، بما يدعم اختبار أثرها في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل بصورة علمية موثوقة وقابلة للتعميم في حدود السياق المدروس.

3.5. طريقة جمع البيانات:

اعتمدت هذه الدراسة على منهجية منظمة ومتدرجة في جمع البيانات، بما ينسجم مع طبيعة موضوعها القائم على توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئة تشغيلية حقيقية. وقد تم تصميم عملية جمع البيانات بحيث تجمع بين البيانات الكمية الموضوعية المستمدة من الأنظمة الرقمية، والبيانات الوصفية التي تعكس تصورات وخبرات العاملين في مجال إدارة المرافق. ويأتي هذا التكامل إدراكًا لأهمية الجمع بين المؤشرات الفعلية للأداء وبين التقييم الإدراكي للممارسات التقنية، لضمان بناء صورة شاملة تعكس الواقع التشغيلي بدقة.

في الجانب الكمي، تم الاعتماد على البيانات التشغيلية والصيانة المسجلة في أنظمة إدارة المرافق الرقمية، بما يشمل سجلات الأعطال، وأوقات التوقف، وتكاليف الصيانة، ومعدلات الاستجابة، ومؤشرات استهلاك الموارد. وقد تم استخراج هذه البيانات وفق آلية منظمة تضمن دقتها واكتمالها، مع التحقق من اتساقها عبر فترات زمنية محددة تسمح بالمقارنة والتحليل. كما روعي في هذه المرحلة تنقية البيانات ومعالجتها مبدئيًا لاستبعاد القيم الشاذة أو غير المكتملة، وذلك لضمان صلاحيتها للاستخدام في التحليل الإحصائي وبناء النموذج المقترح.

أما في الجانب الوصفي، فقد تم جمع البيانات من خلال أداة استبانة أُعدّت خصيصًا لقياس درجة تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي ومستوى تأثيرها في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل. وقد صُممت الاستبانة استنادًا إلى الإطار النظري للدراسة وأهدافها، بحيث تغطي مختلف الأبعاد المرتبطة بالتنبؤ بالصيانة، وتحليل البيانات التشغيلية، ودعم اتخاذ القرار. وتم توزيع الأداة على أفراد العينة من العاملين في إدارات المرافق، مع توضيح هدف الدراسة وضمان سرية الإجابات لتعزيز دقة

الاستجابات وموضوعيتها. كما تم التأكد من صدق الأداة وثباتها باستخدام إجراءات إحصائية مناسبة قبل اعتمادها بشكل نهائي.

أُخذ بعين الاعتبار توحيد إجراءات جمع البيانات لضمان الاتساق بين مختلف الجهات المشاركة في الدراسة. فقد تم تحديد فترة زمنية موحدة لجمع البيانات، مع تقديم إرشادات واضحة للمشاركين حول كيفية تعبئة الاستبانة، وآلية استخراج البيانات من الأنظمة الرقمية. ويسهم هذا التنظيم في تقليل التباين الناتج عن اختلاف أساليب التطبيق، ويعزز من موثوقية النتائج المستخلصة.

وتكمن أهمية هذه المنهجية في أنها تتيح الربط بين الواقع التشغيلي الفعلي كما تعكسه البيانات الرقمية، وبين الرؤية الإدراكية للعاملين الذين يتعاملون يوميًا مع أنظمة الذكاء الاصطناعي. ومن خلال هذا التكامل، أصبحت البيانات المجموعة قادرة على دعم التحليل الإحصائي واختبار الفرضيات بصورة دقيقة، مما يسهم في تقييم فاعلية النموذج المقترح وتحديد مدى إسهامه في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل داخل بيئة إدارة المرافق.

3.6. أنواع البيانات:

- أولاً: البيانات الأولية

تتمثل البيانات الأولية في المعلومات التي تم جمعها مباشرةً من مجتمع البحث لأغراض هذه الدراسة تحديداً، وذلك بهدف قياس متغيراتها واختبار فرضياتها في ضوء الواقع الفعلي لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المرافق. وقد تم الحصول على هذا النوع من البيانات من خلال أدوات صُممت خصيصاً بما يتوافق مع أهداف الدراسة وإطارها النظري، بما يضمن ملاءمتها لقياس أبعاد المتغيرات المستقلة والمتغير التابع بدقة.

وتعكس البيانات الأولية آراء وخبرات العاملين في إدارات المرافق، ومدى تعاملهم مع أنظمة التنبؤ بالصيانة، وتحليل البيانات التشغيلية، ونظم دعم اتخاذ القرار الذكية، إضافة إلى تقييمهم لمستوى التحسن في كفاءة الصيانة والتشغيل. وتتميز هذه البيانات بكونها حديثة ومباشرة، وتعتبر عن الواقع التطبيقي في المؤسسات محل الدراسة، الأمر الذي يعزز من قدرتها على

تفسير النتائج وربطها بالسياق العملي. كما أنها تُعد الأساس في إجراء التحليلات الإحصائية واختبار العلاقات بين المتغيرات، نظراً لارتباطها المباشر بمشكلة الدراسة وأهدافها.

- ثانياً: البيانات الثانوية

أما البيانات الثانوية، فتتمثل في المعلومات التي تم الحصول عليها من مصادر قائمة مسبقاً ولم تُجمع خصيصاً لهذه الدراسة، ولكن تم الاستفادة منها لدعم الإطار النظري وتعزيز الفهم العلمي لموضوع البحث. وتشمل هذه البيانات ما ورد في الدراسات السابقة، والبحوث العلمية المحكمة، والكتب المتخصصة في إدارة المرافق والذكاء الاصطناعي، إضافة إلى التقارير الفنية والمراجع العلمية ذات الصلة.

وقد أسهمت البيانات الثانوية في بناء الخلفية النظرية للدراسة، وصياغة الفرضيات، وتحديد المتغيرات وأبعادها، كما وفرت أساساً للمقارنة بين نتائج الدراسة الحالية ونتائج الدراسات الأخرى. كذلك تم الاستفادة من بعض السجلات والتقارير المؤسسية المتاحة، مثل تقارير الأداء والصيانة السابقة، لتوفير سياق تاريخي يساعد في تفسير النتائج.

ويعد التكامل بين البيانات الأولية والثانوية عنصراً جوهرياً في هذه الدراسة، إذ يتيح الجمع بين التحليل النظري والقياس الميداني، مما يعزز من عمق الدراسة ومصداقية نتائجها، ويدعم بناء نموذج متكامل لإدارة المرافق قائم على أسس علمية وتطبيقية متينة.

3.7. إجراءات التحليل الإحصائي:

- التمهيد لمعالجة البيانات وتجهيزها للتحليل

بدأت إجراءات التحليل الإحصائي بمراجعة البيانات التي تم جمعها، سواء من الاستبانات أو من السجلات التشغيلية الرقمية، وذلك للتأكد من اكتمالها وخلوها من الأخطاء أو القيم غير المنطقية. وقد شملت هذه المرحلة ترميز البيانات، وإدخالها إلى البرنامج الإحصائي المعتمد، ومعالجة القيم المفقودة، والكشف عن القيم المتطرفة التي قد تؤثر في دقة النتائج. كما تم التأكد

من ملاءمة البيانات للتحليل من خلال اختبار التوزيع الطبيعي وقياس مستوى الاتساق الداخلي لأداة الدراسة، بما يضمن الاعتماد على بيانات تتسم بالثبات والصدق الإحصائي.

- التحليل الوصفي للبيانات

في هذه المرحلة تم استخدام الأساليب الإحصائية الوصفية بهدف تقديم صورة عامة عن خصائص أفراد العينة ومستوى استجاباتهم تجاه متغيرات الدراسة. وشمل ذلك حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والنسب المئوية، وذلك لتحديد اتجاهات الإجابات ودرجة توافر تطبيقات الذكاء الاصطناعي في بيئة إدارة المرافق، وكذلك مستوى كفاءة الصيانة والتشغيل. ويسهم التحليل الوصفي في تكوين فهم أولي لطبيعة البيانات وتحديد الأنماط العامة التي تمهد للانتقال إلى التحليل الاستدلالي.

- التحليل الاستدلالي واختبار الفرضيات

اعتمدت الدراسة على مجموعة من الأساليب الإحصائية الاستدلالية لاختبار الفرضيات المتعلقة بالعلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع. وقد تم استخدام معاملات الارتباط لقياس قوة واتجاه العلاقة بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وكفاءة الصيانة والتشغيل، كما تم توظيف أساليب تحليل الانحدار لقياس مقدار التأثير الذي تحدثه المتغيرات المستقلة في المتغير التابع، وتحديد نسبة التباين المفسر في كفاءة الصيانة والتشغيل. ويسمح هذا النوع من التحليل بتحديد ما إذا كانت العلاقات ذات دلالة إحصائية، وبالتالي قبول الفرضيات أو رفضها بناءً على معايير علمية دقيقة.

- تفسير النتائج والتحقق من صلاحية النموذج

في المرحلة النهائية من التحليل، تم تفسير النتائج في ضوء أهداف الدراسة وإطارها النظري، مع ربط المؤشرات الإحصائية بالواقع العملي لإدارة المرافق. كما تم التحقق من مدى ملاءمة النموذج المقترح من خلال فحص قوة العلاقة بين المتغيرات وقدرته على تفسير التحسن في كفاءة الصيانة والتشغيل. وأسهمت هذه الإجراءات في التأكد من أن النتائج المستخلصة ليست مجرد علاقات عشوائية، بل تمثل تأثيرًا حقيقيًا يمكن الاستناد إليه في تطوير نموذج متكامل يعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين الأداء التشغيلي والصياني داخل المؤسسات.

3.8. الخاتمة:

يمثل الفصل الثالث من هذه الدراسة الركيزة المنهجية التي تستند إليها بقية فصول البحث، إذ ينتقل العمل من الإطار النظري الذي تناول مفاهيم إدارة المرافق وتطبيقات الذكاء الاصطناعي إلى الإطار التطبيقي الذي يوضح الكيفية العملية التي تم من خلالها اختبار الفرضيات وبناء النموذج المقترح. ففي هذا الفصل يتم توضيح الأسس العلمية والإجرائية التي ضمنت سلامة تنفيذ الدراسة ودقة نتائجها، بما يعزز من مصداقية النموذج المقترح وقدرته على الإسهام الفعلي في تطوير ممارسات إدارة المرافق في بيئات العمل الحديثة.

وتبرز أهمية هذا الفصل في كونه يحدد الإطار العملي الذي تم من خلاله تحويل المفاهيم النظرية إلى إجراءات قابلة للقياس والتحليل. فالبحث في مجال تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي يتطلب تحديدًا دقيقًا لمفاهيم مثل كفاءة الصيانة، الأداء التشغيلي، الاستجابة للأعطال، التنبؤ بالأعطال، إدارة الأصول، ومستوى الجاهزية التشغيلية، بحيث يتم التعامل معها بوصفها متغيرات قابلة للقياس الكمي أو الوصفي. إن وضوح هذه المحددات الإجرائية يسهم في إزالة أي لبس مفاهيمي، ويضمن أن تكون النتائج المستخلصة قائمة على أسس موضوعية يمكن إعادة اختبارها والتحقق منها في دراسات لاحقة.

كما يتناول هذا الفصل توضيح الإطار التصميمي الذي اعتمدت عليه الدراسة، والذي يعكس طبيعة المشكلة البحثية وأهدافها. فبناء نموذج متكامل لإدارة المرافق لا يقتصر على الوصف النظري، بل يتطلب تصميمًا بحثيًا يتيح اختبار العلاقات بين المتغيرات، وقياس أثر تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء التشغيلية والصيانة. ويكتسب هذا الجانب أهمية خاصة نظرًا لارتباط إدارة المرافق بعوامل متعددة، تشمل الموارد البشرية، الأنظمة التقنية، البنية التحتية، وبيئة العمل، الأمر الذي يفرض اختيار تصميم بحثي يراعي هذه التعقيدات ويوفر أدوات تحليل مناسبة.

ويولي الفصل اهتمامًا خاصًا بتحديد الإطار البشري والمؤسسي الذي تنتهي إليه الدراسة، من خلال توضيح خصائص البيئة التي طُبّق فيها النموذج، سواء كانت مؤسسات تعليمية أو صحية أو صناعية أو مجتمعات تجارية. إن تحديد هذا الإطار يعزز من فهم طبيعة النتائج ومدى إمكانية تعميمها. كما أن عرض آلية اختيار المشاركين أو مصادر البيانات يعكس مستوى الدقة المنهجية ويؤكد أن النتائج لم تكن عشوائية، بل جاءت نتيجة تخطيط علمي يراعي تمثيل الفئات المستهدفة تمثيلًا مناسبًا.

ويتطرق الفصل كذلك إلى توضيح الكيفية التي تم بها جمع البيانات، سواء كانت بيانات كمية مستمدة من أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS)، أو بيانات مستخلصة من أجهزة الاستشعار وإنترنت الأشياء، أو بيانات نوعية تم الحصول عليها من خلال استبانات أو مقابلات مع مديري المرافق والفنيين. إن توضيح آليات الجمع يكتسب أهمية بالغة في دراسات الذكاء الاصطناعي، حيث تعتمد جودة النموذج المقترح بشكل مباشر على جودة البيانات المستخدمة في تدريبه وتحليله. فكلما كانت البيانات دقيقة وممثلة للواقع التشغيلي، كانت النتائج أكثر موثوقية وقابلية للتطبيق.

كما يبين هذا الفصل طبيعة البيانات التي اعتمدت عليها الدراسة، سواء من حيث كونها بيانات تاريخية أو آنية، هيكلية أو غير هيكلية، رقمية أو وصفية. ويعد هذا التفصيل ضروريًا في الدراسات التي توظف تقنيات الذكاء الاصطناعي، نظرًا لأن نوع البيانات يؤثر في اختيار الخوارزميات المناسبة وأساليب المعالجة المسبقة والتحليل. ومن ثم فإن عرض هذه الجوانب يعكس تكامل الجانب التقني مع الجانب المنهجي في البحث.

ويختتم الفصل بعرض الإجراءات التحليلية التي تم اعتمادها لاستخلاص النتائج، بما يشمل الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية، إضافة إلى مؤشرات تقييم أداء النموذج المقترح. إن توضيح هذه الإجراءات يضمن أن تكون عملية تفسير النتائج مبنية على أسس علمية دقيقة، ويعزز من الثقة في الاستنتاجات التي توصلت إليها الدراسة بشأن أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الصيانة وتقليل الأعطال وخفض التكاليف التشغيلية.

إن هذا الفصل يمثل الجسر الذي يربط بين الطرح النظري والتطبيق العملي، ويعكس مدى التزام الدراسة بالمنهجية العلمية في اختبار فرضياتها وتحقيق أهدافها. ومن خلال ما يتضمنه من توضيحات منهجية دقيقة، يسهم في ترسيخ موثوقية النموذج المقترح ويدعم إمكانية تبنيه في مؤسسات تسعى إلى تطوير إدارة مرافقها وفق أحدث التقنيات الذكية، بما يواكب متطلبات التحول الرقمي ويعزز الاستدامة التشغيلية على المدى الطويل.

ملحق الاستبانة

الإجابة					الأسئلة
					1- الاسئلة العامة
60+	60-50	50-40	40-30	30-20	العمر
			أنثى	ذكر	الجنس
دكتوراه	ماجستير	شهادة عليا	درجة البكالوريوس	شهادة الدراسة الثانوية	الدرجة العلمية
					2- أسئلة الإستبيان
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين التخطيط المسبق لأعمال الصيانة.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يساعد النموذج المقترح في التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يؤدي توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي إلى تقليل فترات التوقف غير المخطط لها.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم النظام الذكي في تحسين توزيع الموارد البشرية والفنية داخل المرافق.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يدعم النموذج المقترح اتخاذ القرار السريع بناءً على تحليل البيانات الفورية.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم استخدام الخوارزميات الذكية في رفع دقة تشخيص الأعطال.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يؤدي تطبيق النموذج إلى تقليل تكاليف الصيانة التشغيلية على المدى الطويل.

أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يعزز النظام الذكي كفاءة استهلاك الطاقة داخل المرافق.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يوفر النموذج تقارير تحليلية دقيقة تساعد الإدارة في تقييم الأداء التشغيلي.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم التكامل بين أنظمة إدارة المرافق والذكاء الاصطناعي في تحسين جودة الخدمات المقدمة.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يقلل استخدام الذكاء الاصطناعي من الاعتماد على التدخل البشري في العمليات الروتينية.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يساعد النظام الذكي في تحديد أولويات أعمال الصيانة بناءً على مستوى الخطورة.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم تطبيق النموذج في تحسين مستوى السلامة داخل المرافق.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يعزز النظام القدرة على مراقبة أداء الأصول والمعدات بشكل مستمر.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يدعم النموذج المقترح مبدأ الصيانة التنبؤية بدلاً من الصيانة التصحيحية التقليدية.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم استخدام تقنيات تحليل البيانات الضخمة في تحسين كفاءة التشغيل.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يؤدي تطبيق النموذج المتكامل إلى رفع مستوى رضا المستفيدين عن خدمات المرافق.

➤ <https://forms.gle/Xr2NScfAhDhr65E47>

أدوات البحث:

م	أداة البحث	الهدف من استخدامها	عدد الفقرات	طريقة القياس
1	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	قياس مستوى تطبيق الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالصيانة	5	ليكرت الخماسي
2	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	تقييم مدى استخدام تحليل البيانات التشغيلية في إدارة المرافق	5	ليكرت الخماسي
3	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	قياس فاعلية نظم دعم اتخاذ القرار الذكي في تحسين القرارات التشغيلية	5	ليكرت الخماسي
4	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	تقييم مستوى كفاءة الصيانة والتشغيل بعد تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي	5	ليكرت الخماسي
5	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	رصد الرأي العام والتصورات الإدارية والفنية حول أثر التطبيقات الذكية على الأداء	5	ليكرت الخماسي

- Abdelalim, A. M. (2025). Optimizing Facilities Management Through Artificial Intelligence and Digital Twin Technology in Mega-Facilities. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/5/1826>
- Adepoju, A. (2025). UTILIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO ENHANCE FACILITY OPERATIONS, IMPROVE PRODUCTIVITY AND MINIMIZE BUREAUCRATIC STRAIN. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/388855657_UTILIZING_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_TO_ENHANCE_FACILITY_OPERATIONS_IMPROVE_PRODUCTIVITY_AND_MINIMIZE_BUREAUCRATIC_STRAIN
- Hossain, Q. (2024). Integration of Big Data Analytics in Management Information Systems for Business Intelligence. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/384173890_Integration_of_Big_Data_Analytics_in_Management_Information_Systems_for_Business_Intelligence
- Lee, J. Y. (2021). Literature Review on Digitalization in Facilities Management and Facilities Management Performance Measurement: Contribution of Industry 4.0 in the Global Era. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/356845677_Literature_Review_on_Digitalization_in_Facilities_Management_and_Facilities_Management_Performance_Measurement_Contribution_of_Industry_40_in_the_Global_Era
- Masud, S. B. (2025). The Revolution of AI in Enhancing Infrastructure and Facilities Management. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/394407333_The_Revolution_of_AI_in_Enhancing_Infrastructure_and_Facilities_Management
- Mohammed, I. A. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Business Efficiency and Supply Chain Management. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/389030990_The_Role_of_Art

ificial_Intelligence_in_Enhancing_Business_Efficiency_and_Supply_Chain_Management

- Nweje, U. (2025). Leveraging Artificial Intelligence for predictive supply chain management, focus on how AI-driven tools are revolutionizing demand forecasting and inventory optimization. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/387903364_Leveraging_Artificial_Intelligence_for_predictive_supply_chain_management_focus_on_how_AI-driven_tools_are_revolutionizing_demand_forecasting_and_inventory_optimization
- Okonta, D. E. (2024). Smart cities software applications for sustainability and resilience. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024086857>
- Quinello, R. (2025). The Use of Artificial Intelligence in Facilities Management: Potential Applications from Systematic Literature Review. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/389952007_The_Use_of_Artificial_Intelligence_in_Facilities_Management_Potential_Applications_from_Systematic_Literature_Review
- Sa'ad, M. U. (2025). Effectiveness of Facilities Management Strategies Employed by Universities in Northeast Nigeria. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/389653007_Effectiveness_of_Facilities_Management_Strategies_Employed_by_Universities_in_Northeast_Nigeria
- Sandu, A. K. (2022). AI-Powered Predictive Maintenance for Industrial IoT Systems. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/380969569_AI-Powered_Predictive_Maintenance_for_Industrial_IoT_Systems

- Soori, M. (2024). AI-Based Decision Support Systems in Industry 4.0, A Review. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/383306939_AI-Based_Decision_Support_Systems_in_Industry_40_A_Review
- Tran, T. N. (2021). An overview of the application of machine learning in predictive maintenance. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/356719310_An_overview_of_the_application_of_machine_learning_in_predictive_maintenance
- Yang, J. (2025). Artificial intelligence adoption in a professional service industry: A multiple case study. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162524000477>