

فاعلية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال في المرافق الصناعية:
دراسة تطبيقية

اسم الطالب
سلطان محمد الزهراني

SULTAN MOHMMED ALZHRANI

الرقم الجامعي
222001597

مشروع تخرج - 2
كلية الإدارة - جامعة ميدأوشن

عضو هيئة التدريس - كلية الإدارة - جامعة ميدأوشن

جدول المحتويات

4.....	1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة.....
5.....	1.1. المقدمة.....
6.....	1.2. مشكلة الدراسة.....
6.....	1.2.1. فجوات على المستوى النظري:.....
7.....	1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي:.....
7.....	1.3. أهمية الدراسة.....
7.....	1.3.1. على المستوى النظري:.....
8.....	1.3.2. على المستوى التطبيقي:.....
8.....	1.4. أسئلة الدراسة:.....
9.....	1.5. أهداف الدراسة:.....
10.....	1.6. فرضيات الدراسة.....
11.....	1.7. نموذج الدراسة.....
11.....	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:.....
20.....	2.3. المتغير التابع:.....
20.....	2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع:.....

21	 الخاتمة: 2.5
22	 الفصل الثالث: منهجية الدراسة 3
23	 المقدمة: 3.1
25	 التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث: 3.2
26	 تصميم البحث: 3.3
28	 مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينة: 3.4
29	 طريقة جمع البيانات: 3.5
31	 أنواع البيانات: 3.6
32	 إجراءات التحليل الإحصائي: 3.7
35	 الخاتمة: 3.8
37	 ملحق الاستبانة
40	 أدوات البحث:
41	 المراجع:

1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1. المقدمة

تعتبر إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال من العناصر الحيوية في استدامة المرافق الصناعية وضمان استمرارية عمليات الإنتاج بكفاءة عالية. ففي العقود الماضية، اعتمدت المنظمات الصناعية على أنظمة صيانة تقليدية تركز إما على الجداول الزمنية المحددة مسبقاً (الصيانة الوقائية)، أو على التدخل بعد وقوع الأعطال (الصيانة التصحيحية). ورغم أن هذه الأساليب ساعدت جزئياً في تقليل الأعطال، إلا أنها لم تكن كافية لمواجهة التحديات المتزايدة المرتبطة بتعقيد أنظمة الإنتاج، وتنامي حجم البيانات، وارتفاع تكاليف التشغيل. ففي بيئة صناعية تتسم بالتنافسية والضغط المستمر نحو تقليل الفاقد وتحقيق أعلى درجات الكفاءة، أصبح لزاماً على المنشآت تبني استراتيجيات صيانة أكثر تطوراً وذكاءً، قادرة على استباق المشكلات الفنية والتعامل معها قبل تفاقمها (Emroozi، 2025).

برزت تقنيات الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) كأداة استراتيجية واعدة في مجال الصيانة الصناعية، لما لها من قدرة على تحليل كميات ضخمة من البيانات الصناعية، واستخلاص الأنماط السلوكية للمعدات والأنظمة التشغيلية، والتنبؤ بالأعطال المحتملة بدقة زمنية ومكانية عالية. يُمكن الذكاء الاصطناعي المؤسسات الصناعية من الانتقال من النماذج التقليدية إلى نموذج "الصيانة التنبؤية" (Predictive Maintenance)، الذي يركز على رصد الأداء الفعلي للمعدات في الزمن الحقيقي، والاستفادة من البيانات الناتجة عن أجهزة الاستشعار وتقنيات إنترنت الأشياء الصناعية (IIoT) لبناء خوارزميات قادرة على التنبؤ بالمشكلات الفنية قبل حدوثها فعلياً (Bouabdallaoui، 2021).

إن تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الصيانة يفتح آفاقاً جديدة لتحسين الأداء التشغيلي، حيث يُسهم في تقليل فترات التوقف غير المخطط لها، وزيادة الاعتمادية التشغيلية للمعدات، ورفع مستوى السلامة، وتقليص التكاليف المرتبطة بالصيانة الطارئة أو استبدال المعدات. وبالإضافة إلى ذلك، فإن هذه التقنية تدعم اتخاذ القرار في المستويات الإدارية العليا من خلال توفير لوحات تحكم متقدمة، وتحليلات تنبؤية دقيقة، تتيح للمسؤولين توجيه الموارد البشرية والمالية نحو الأولويات الفعلية، بدلاً من اعتماد التقديرات أو التجارب السابقة (Murtaza، 2024).

ومن الناحية التقنية، يُعتمد في هذا السياق على مجموعة من أدوات الذكاء الاصطناعي، أبرزها خوارزميات التعلم الآلي (Machine Learning)، التي تُستخدم لتدريب النماذج على بيانات الأداء السابقة، من أجل التنبؤ بالأعطال المستقبلية.

كما تُستخدم الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks)، ونماذج الغابات العشوائية (Random Forests)، وتقنيات تحليل الانحدار، وغيرها من الخوارزميات الذكية، في استكشاف العلاقات الخفية بين متغيرات الأداء والبيئة التشغيلية للمعدات الصناعية (Molęda، 2023).

تسعى هذه الدراسة التطبيقية إلى تحليل مدى فاعلية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال في بيئة صناعية حقيقية، من خلال استعراض التجربة الفعلية لتطبيق هذه التقنيات ضمن أحد المرافق الصناعية المتقدمة. كما تهدف إلى تقديم إطار نظري وتطبيقي متكامل يعالج المحاور التالية: الفوائد المتحققة من دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة الصيانة، التحديات المرتبطة بتبني هذه التكنولوجيا، المتطلبات التقنية والبشرية اللازمة لضمان نجاح التطبيق، وأثر ذلك على مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) داخل المنشأة (Ibrahim، 2022).

تعتبر هذه الدراسة ذات أهمية خاصة في ظل التحول الرقمي الذي يشهده القطاع الصناعي العالمي، حيث تمثل نقلة نوعية في التفكير الإداري والفني، وتسهم في بناء ثقافة جديدة قائمة على التحليل الاستباقي للبيانات واتخاذ القرارات المدعومة بالذكاء الصناعي. كما أنها توفر للممارسين وصناع القرار مرجعية علمية يمكن الاستناد إليها في تطوير استراتيجيات صيانة قائمة على تقنيات الجيل الرابع للصناعة (Industry 4.0)، بما يحقق الأهداف التشغيلية والتنموية للمؤسسات الصناعية (Thomas، 2022).

1.2. مشكلة الدراسة

1.2.1. فجوات على المستوى النظري:

رغم التقدم المتسارع في مجالات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته الصناعية، لا يزال الجانب النظري في هذا المجال يعاني من عدد من الفجوات البحثية المتعلقة بتكامل تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة إدارة الصيانة، وخصوصًا في البيئات الصناعية المعقدة. فالدراسات النظرية المتاحة غالبًا ما تركز على الجوانب التقنية الصرفة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي أو تحليل البيانات الضخمة، دون الربط الكافي بين هذه التقنيات وبين مفاهيم إدارة الصيانة بمختلف مستوياتها (الوقائية،

التصحيحية، التنبؤية). بالإضافة إلى ذلك، يلاحظ وجود نقص في النماذج النظرية الشاملة التي توضح آليات دمج الذكاء الاصطناعي في دورة الصيانة كعملية إدارية متكاملة تشمل التخطيط، التنفيذ، المراقبة، والتقييم. كما أن الإطار المفاهيمي للعلاقة بين الذكاء الاصطناعي والتحسين المستدام في الأداء التشغيلي والصياني لا يزال غير مكتمل في كثير من الأدبيات، مما يحدّ من إمكانية بناء أطر مرجعية يمكن تعميمها على القطاعات الصناعية المختلفة (Shrivastav، 2022).

1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي:

أما على الصعيد التطبيقي، فإن كثيرًا من المنشآت الصناعية – خاصة في العالم العربي – لم تصل بعد إلى مستوى النضج في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي ضمن عملياتها التشغيلية، وخاصة في مجال الصيانة والتنبؤ بالأعطال. وتُظهر الممارسات الميدانية تفاوتًا كبيرًا في تبني هذه التقنيات، حيث تعتمد معظم المرافق الصناعية على أساليب تقليدية في إدارة الصيانة، دون استغلال الإمكانيات المتقدمة التي توفرها تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل الصيانة التنبؤية المدعومة بالخوارزميات الذكية وتحليل البيانات الحية من أجهزة الاستشعار. كما أن العديد من الدراسات التطبيقية تفتقر إلى التقييم الكمي الدقيق للأثر الفعلي لتطبيق الذكاء الاصطناعي على مؤشرات الأداء الرئيسية، مثل تقليل الأعطال، تحسين زمن الاستجابة، وخفض التكاليف التشغيلية. وهذا يشير إلى وجود فجوة تطبيقية واضحة تستدعي إجراء دراسات ميدانية تحليلية تقيس بموضوعية أثر هذه التقنيات، وتقدم نماذج واقعية قابلة للتكرار والتطبيق في بيئات صناعية مماثلة (Uçar، 2024).

1.3. أهمية الدراسة

1.3.1. على المستوى النظري:

تساهم هذه الدراسة في سد فجوة معرفية مهمة في الأدبيات العلمية المتعلقة بتكامل تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أنظم إدارة الصيانة في المرافق الصناعية. فبينما شهدت البحوث العلمية توسعًا ملحوظًا في دراسة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات الإنتاج وسلاسل التوريد، إلا أن التطبيقات النظرية للذكاء الاصطناعي في إدارة الصيانة لا تزال محدودة من حيث النطاق والعمق. تأتي أهمية هذه الدراسة في تقديم إطار نظري يجمع بين مفاهيم الإدارة الصناعية والذكاء الاصطناعي، ويركّز على

آليات التنبؤ بالأعطال وتحسين اتخاذ القرار الصياني بناءً على البيانات والتحليلات الذكية. كما تسعى الدراسة إلى إثراء الحقول الأكاديمية ذات الصلة، لا سيما في مجالات الهندسة الصناعية، وإدارة العمليات، وتقنيات Industry 4.0 ، من خلال تقديم نموذج علمي تطبيقي يمكن البناء عليه في دراسات مستقبلية، سواء للتوسع المفاهيمي أو للمقارنة بين القطاعات (2023 ، Balasubramanian).

1.3.2. على المستوى التطبيقي:

تبرز أهمية الدراسة التطبيقية في قدرتها على تقديم حلول عملية وواقعية لمشكلات تواجهها المنشآت الصناعية في بيئات العمل الحقيقية، خصوصًا في ما يتعلق بارتفاع تكاليف الصيانة، وزيادة فترات التوقف المفاجئ، وانخفاض الكفاءة التشغيلية. فمن خلال تحليل تطبيق فعلي لتقنيات الذكاء الاصطناعي داخل أحد المرافق الصناعية، توفر الدراسة دليلًا عمليًا حول كيف يمكن للتكنولوجيا الذكية أن تسهم في إحداث تحوّل جذري في منهجيات الصيانة التقليدية، عبر الانتقال إلى نماذج أكثر دقة وتنبؤًا. كما تساعد نتائج الدراسة أصحاب القرار في المنشآت الصناعية على تبني استراتيجيات صيانة مبنية على البيانات والذكاء الاصطناعي، مما يعزز من موثوقية المعدات، ويطيل عمر الأصول، ويخفض التكاليف المرتبطة بالإصلاحات الطارئة والخسائر الناتجة عن الأعطال. علاوة على ذلك، فإن الدراسة توفر مؤشرات أداء واقعية (KPIs) قابلة للقياس، يمكن استخدامها كمرجعية لتقييم فعالية أي مبادرة مستقبلية تتعلق بتطبيق الذكاء الاصطناعي في مجالات الصيانة والإدارة الفنية (2024 ، Ekwomadu).

1.4. أسئلة الدراسة:

👉 السؤال الرئيسي:

- ما مدى فاعلية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال داخل المرافق الصناعية، من حيث تقليل الأعطال، وتحسين الكفاءة التشغيلية، ورفع موثوقية الأصول الصناعية؟

👉 الأسئلة الفرعية:

1. ما أبرز تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة حاليًا في مجال إدارة الصيانة الصناعية، وكيف يمكن توظيفها في التنبؤ بالأعطال؟
2. إلى أي مدى يسهم استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين عملية اتخاذ القرار في إدارة الصيانة داخل المرافق الصناعية؟
3. ما أثر تطبيق الذكاء الاصطناعي على تقليل أوقات التوقف المفاجئ وتقليل التكاليف المرتبطة بالصيانة الطارئة؟
4. ما التحديات الفنية والإدارية التي تواجه المرافق الصناعية عند تطبيق نظم الصيانة الذكية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي؟
5. ما مدى رضا الفرق الفنية والإدارية في المنشأة الصناعية عن فعالية الأنظمة الذكية المستخدمة في مراقبة حالة المعدات والتنبؤ بأعطالها؟

1.5. أهداف الدراسة:

👉 الهدف الرئيسي:

- تحديد مدى فاعلية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال في المرافق الصناعية، وذلك من خلال تقييم تأثيرها على تحسين الأداء التشغيلي وتقليل الأعطال وتعزيز موثوقية المعدات.

👉 الأهداف الفرعية:

1. تحليل وتقييم التقنيات المختلفة للذكاء الاصطناعي المستخدمة في مجال إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال داخل المرافق الصناعية.
2. دراسة أثر تطبيق الذكاء الاصطناعي على تحسين دقة وكفاءة اتخاذ القرار في عمليات الصيانة.
3. قياس مدى تأثير استخدام الذكاء الاصطناعي في تقليل فترات التوقف المفاجئ وزيادة استمرارية تشغيل المعدات.

4. التعرف على التحديات التي تواجه المنشآت الصناعية عند تطبيق نظم الصيانة الذكية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي واقتراح الحلول المناسبة.
5. تقييم مستوى رضا العاملين والفرق الفنية والإدارية عن الأنظمة الذكية المستخدمة في مراقبة حالة المعدات والتنبؤ بالأعطال.

1.6. فرضيات الدراسة

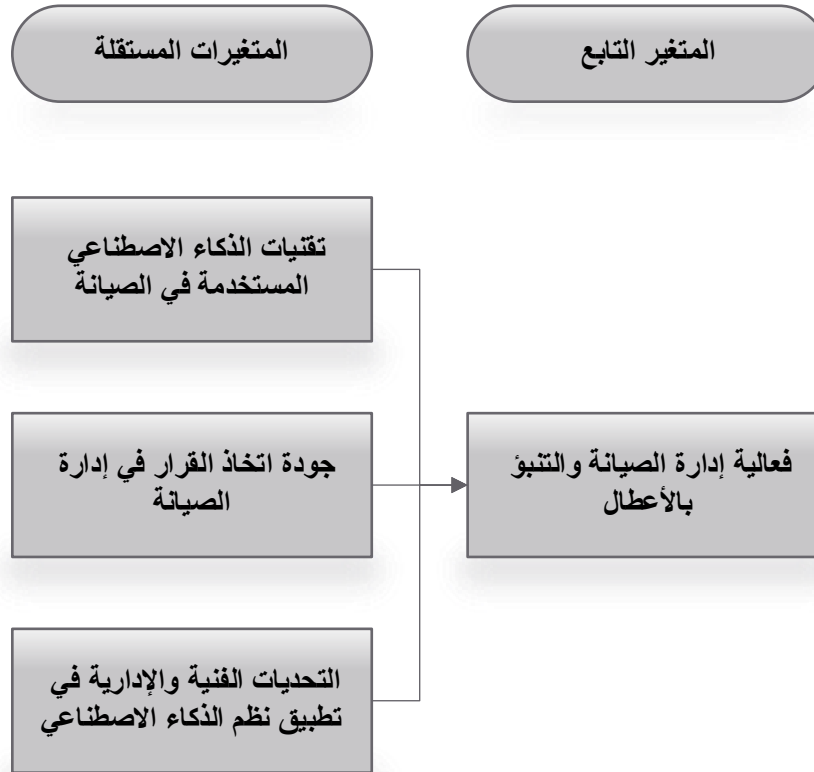
➤ الفرضية الرئيسية

- تُفيد تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال في المرافق الصناعية، مما يؤدي إلى تعزيز الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال وتقليل التكاليف المرتبطة بالصيانة.

➤ الفرضيات الفرعية:

1. هناك علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتقليل من عدد الأعطال المفاجئة في المعدات الصناعية.
2. استخدام الذكاء الاصطناعي يُحسن من دقة وفعالية اتخاذ القرار في عمليات الصيانة بالمرافق الصناعية.
3. تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي يؤدي إلى تقليل فترات التوقف غير المخطط لها وزيادة وقت التشغيل الفعلي للمعدات.
4. التحديات الفنية والإدارية تمثل عوائق مؤثرة على فعالية تطبيق نظم الصيانة الذكية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي.
5. هناك تأثير إيجابي لاستخدام الذكاء الاصطناعي على مستوى رضا العاملين والفرق الفنية والإدارية تجاه نظم إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال.

1.7. نموذج الدارسة



المصدر: إعداد الباحث

1.8. منهجية الدارسة

تعتمد هذه الدارسة على المنهجية الكمية، التي تركز على جمع وتحليل البيانات الرقمية من خلال أدوات بحث منهجية تهدف إلى قياس وتحليل العلاقات بين المتغيرات المرتبطة بفاعلية استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال. وتتميز المنهجية الكمية بقدرتها على تقديم نتائج موضوعية قابلة للقياس، والتحليل الإحصائي، مما يساهم في اختبار الفرضيات العلمية بشكل دقيق. كما تتيح هذه المنهجية تعميم النتائج على مجتمع الدارسة، وتوفير إطاراً منهجياً منظماً لدارسة الظاهرة محل البحث.

- تصميم الدراسة وأسلوب البحث

تم تصميم الدراسة على أساس الدراسة الوصفية التحليلية التي تهدف إلى وصف وتحليل واقع استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في المرافق الصناعية، مع التركيز على قياس مدى تأثيرها في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال. يعتمد البحث على الأسلوب الاستقصائي (Survey) من خلال توزيع استبانة منظمة ومقننة على عينة الدراسة، بهدف جمع البيانات الأولية المتعلقة بمتغيرات الدراسة. كما تتضمن الدراسة تحليلاً إحصائياً للعلاقات بين المتغيرات باستخدام تقنيات تحليل البيانات الوصفية والاستدلالية.

- عينة الدراسة

تم اختيار عينة الدراسة بطريقة العينة العشوائية الطبقية لضمان تمثيل شامل لمختلف الأقسام الفنية والإدارية المرتبطة بعمليات الصيانة داخل المرافق الصناعية المختارة. تضم العينة عددًا من المهندسين والفنيين ومديري الصيانة، بالإضافة إلى أعضاء الفرق التقنية المعنيين بتطبيق الذكاء الاصطناعي في المرافق. وقد تم تحديد حجم العينة بناءً على معادلات حسابية تضمن التمثيل الإحصائي المناسب، مع مراعاة نسب الاستجابة المتوقعة لضمان جودة البيانات وتحقيق أهداف الدراسة.

- أدوات جمع البيانات

تم استخدام استبانة بحثية مصممة خصيصاً لهذا الغرض، تتضمن مجموعة من الأسئلة المغلقة المفتوحة التي تغطي أبعاد المتغيرات المستقلة والتابعة. تم تطوير الاستبانة بناءً على مراجعة الأدبيات العلمية والدراسات السابقة، مع اعتماد مقياس ليكرت لخمس درجات لقياس مواقف وآراء أفراد العينة تجاه كل جانب من جوانب الدراسة. قبل توزيعها، خضعت الاستبانة لمرحلة تجريبية لاختبار صلاحيتها وثباتها من خلال حساب معامل ألفا كرونباخ.

- إجراءات جمع البيانات

بدأ جمع البيانات بتنسيق المواعيد مع الجهات المختصة داخل المنشآت الصناعية المعنية، وضمان موافقتها على إجراء البحث. ثم تم توزيع الاستبانة إلكترونياً وورقياً على أفراد العينة المحددة، مع تقديم شرح وافي عن أهداف البحث وأهمية المشاركة لضمان أعلى معدلات استجابة ممكنة. كما تم متابعة عملية الجمع بشكل دوري لضمان استلام البيانات كاملة وصحيحة، مع التأكد من سرية المعلومات وخصوصيتها وفقاً للأخلاقيات البحثية المعتمدة.

- طرق تحليل البيانات

تم تحليل البيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (SPSS) ، حيث أُجري تحليلًا وصفيًا لخصائص العينة وملامح المتغيرات، بالإضافة إلى تحليل استدلالى لاختبار الفرضيات باستخدام اختبارات مثل معامل الارتباط، اختبار (t) ، وتحليل الانحدار المتعدد لتحديد أثر المتغيرات المستقلة على المتغير التابع. كما تم فحص صلاحية وثبات أدوات القياس، والتأكد من تطابق البيانات مع الفرضيات من خلال المؤشرات الإحصائية ذات الدلالة.

1.9. الدراسة الميدانية

تعتبر الدراسة الميدانية حجر الزاوية في هذا البحث، حيث تمثل الوسيلة الأهم لجمع البيانات الواقعية والمباشرة من بيئة العمل الحقيقية في المرافق الصناعية التي تطبق تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال. وتهدف هذه الدراسة إلى التعرف على مدى فعالية هذه التقنيات في تحسين العمليات التشغيلية وتقليل الأعطال، من خلال رصد وتحليل التجربة التطبيقية في منشأة صناعية محددة.

تم اختيار موقع الدراسة بعناية، بحيث يكون نموذجًا تمثيليًا للقطاع الصناعي الذي يشهد تحولًا رقميًا واعتمادًا متزايدًا على الذكاء الاصطناعي في إدارة الموارد والمعدات. وقد شملت الدراسة جمع البيانات من مختلف المصادر، مثل سجلات الصيانة، تقارير الأعطال، وأنظمة مراقبة حالة المعدات، بالإضافة إلى استبيانات موجهة إلى الكوادر الفنية والإدارية المعنية بالصيانة. يتيح هذا التنوع في مصادر البيانات توفير رؤية شاملة ومتعددة الأبعاد حول مدى استفادة المنشأة من التقنيات الذكية، كما يسمح بقياس التأثيرات الحقيقية للذكاء الاصطناعي على الأداء التشغيلي.

تتميز الدراسة الميدانية بكونها تعتمد على منهجية كمية تهدف إلى تحليل المعلومات بشكل إحصائي موضوعي، مما يسهل اختبار الفرضيات والتأكد من صحة العلاقات المتوقعة بين المتغيرات المدروسة. ويُعد هذا الجانب مهمًا للغاية، حيث يضيف مصداقية علمية للنتائج التي توصلت إليها الدراسة، ويوفر قاعدة بيانات يمكن الاعتماد عليها في صياغة التوصيات العملية التي تدعم تطوير استراتيجيات الصيانة المستقبلية.

ساهمت الدراسة الميدانية في التعرف على التحديات والعقبات التي تواجه المنشأة أثناء تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، سواء كانت فنية أو إدارية، مما يثري البحث بفهم أعمق للعوامل المؤثرة على نجاح أو فشل هذه التطبيقات. كما قدمت الدراسة صورة واضحة عن مدى جاهزية الكوادر البشرية وقدرتهم على التعامل مع التكنولوجيا الحديثة، ومدى استعداد المنشأة للاستثمار في التحول الرقمي لمجال الصيانة.

إن هذه الدراسة الميدانية لا تقتصر على تقديم بيانات كمية فقط، بل تسهم في بناء تصور متكامل حول واقع تطبيق الذكاء الاصطناعي في المرافق الصناعية، مما يفتح آفاقاً لتحسينات مستمرة تستند إلى الأدلة العملية الميدانية، ويشكل قاعدة صلبة للبحث العلمي والتطوير المستقبلي في هذا المجال الحيوي.

1.10. مخطط المشروع المقترح

المرحلة	الأنشطة الرئيسية	الأهداف	المدة الزمنية	المخرجات المتوقعة
التحضير والتخطيط	مراجعة الأدبيات والمراجع العلمية	وضع خطة واضحة ومنهجية للدراسة	0.5 شهر	خطة بحثية مفصلة مع جدول زمني
	تحديد أدوات جمع البيانات	تصميم الاستبانة وأدوات القياس		أدوات جمع بيانات جاهزة للاستخدام
	التنسيق مع الجهات المشاركة	الحصول على الموافقات اللازمة		موافقات رسمية من المؤسسات المشاركة
جمع البيانات	توزيع الاستبانة على المشاركين	جمع بيانات ميدانية دقيقة وموثوقة	1 شهر	مجموعة بيانات مكتملة وصحيحة
	إجراء مقابلات مع خبراء مختارين	تعميق الفهم حول التحديات والفرص		ملاحظات ومعلومات نوعية داعمة
تحليل البيانات	تنظيف وترتيب البيانات	التأكد من جودة البيانات ودقتها	1 شهر	بيانات جاهزة للتحليل
	استخدام البرامج الإحصائية (SPSS) وغيرها	اختبار الفرضيات وتحليل العلاقات بين المتغيرات		نتائج إحصائية تدعم أو ترفض الفرضيات
	إعداد الرسوم البيانية والتقارير التحليلية	توضيح النتائج وتفسيرها		جداول ورسوم بيانية وتفسيرية مفصلة
إعداد التقرير النهائي	صياغة نتائج الدراسة والتوصيات	تقديم بحث متكامل وموثق	1 شهر	تقرير نهائي متكامل يشمل كافة أجزاء الدراسة
	مراجعة التقرير وتنقيحه	ضمان دقة وسلاسة المحتوى		تقرير معد للنشر أو العرض

عرض النتائج	تقديم العرض في مؤتمرات أو ورش عمل	نشر المعرفة والاستفادة العملية	0.5 شهر	عرض تقديمي شامل + ملاحظات وردود فعل من الجمهور
	مناقشة نتائج الدراسة مع الجهات المعنية	الحصول على تقييمات وملاحظات لتحسين البحث		مخرجات نقاشية تعزز من جودة البحث وتطبيقه المستقبلي

2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة

2.1. المقدمة:

يشكل الفصل الثاني من هذه الدراسة الإطار النظري الذي يُعدّ من الركائز الأساسية لفهم الموضوع محل البحث، ويهدف إلى تقديم خلفية علمية متكاملة تُمكن من استيعاب المفاهيم الأساسية والعلاقات الجوهرية التي تُشكل جوهر الدراسة. يأتي هذا الفصل كخطوة منهجية هامة، حيث يركز على توضيح الأسس النظرية والتطبيقية التي تركز عليها الدراسة، مستعرضًا أبرز المفاهيم والمصطلحات والتقنيات التي تدخل في مجال تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال باستخدام التكنولوجيا الحديثة.

سيركز هذا الفصل على تحليل مجموعة من العناصر المحورية التي تلعب دورًا رئيسيًا في تحقيق تحسينات ملموسة في الأداء التشغيلي للمرافق الصناعية. من خلال استعراض متعمق ومقارن للأدبيات السابقة، سيتم تفصيل كيفية تفاعل هذه العناصر معًا، مما يسمح بفهم شامل لكيفية تعزيز كفاءة العمليات، والتقليل من المشكلات التشغيلية التي تؤثر سلبًا على استمرارية الإنتاج. كما سيتم تسليط الضوء على العوامل التقنية والتنظيمية التي تؤثر في فاعلية هذه العمليات، مع تقديم نماذج تفسيرية تساعد على بناء إطار نظري متين يوضح الأسباب والنتائج بشكل منطقي ومنهجي.

تكتسب هذه الدراسة أهمية خاصة من كونها تعالج تداخلًا معقدًا بين جوانب تقنية وإدارية في آن واحد، مما يتطلب فهمًا دقيقًا للعلاقات المتبادلة بين هذه الجوانب وكيفية تأثيرها المتبادل على النتائج النهائية. ولذلك، فإن هذا الفصل لن يكتفي فقط بعرض المفاهيم، بل سيعتمد إلى ربطها بطريقة تُمكن الباحث من استنباط الفرضيات التي سيتم اختبارها ميدانيًا، كما يزود القارئ بأدوات تحليلية تساعد على تقييم أثر هذه العوامل في بيئة العمل الحقيقية.

تكمُن أهمية هذا الفصل في أنه يُشكل الأساس الذي يُبنى عليه البحث، حيث يوفر رؤية شاملة تُسهّم في تفسير الظواهر التي سيتم رصدها وتحليلها لاحقًا. كما أنه يُمكن من تحديد الفجوات المعرفية القائمة، ويقود إلى وضع توصيات عملية مبنية على فهم عميق ومتكامل، مما يعزز من جودة الدراسة ومصداقيتها. من هنا، يظهر جليًا أن الاهتمام المتوازن بين الجوانب التقنية والتنظيمية، والتعرف على العلاقات المعقدة بينها، هو ما يمنح هذه الدراسة بعدها العلمي والعملية في آن معًا.

2.2. المتغيرات المستقلة:

- المتغير المستقل الأول: تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الصيانة

يمثل هذا المتغير مجموعة الأدوات والخوارزميات التقنية المستندة إلى الذكاء الاصطناعي التي تُطبق في نظم الصيانة والتنبؤ بالأعطال. يتضمن ذلك تقنيات مثل التعلم الآلي، الشبكات العصبية الاصطناعية، تحليل البيانات الضخمة، ونظم إنترنت الأشياء الصناعية (IIoT). تهدف هذه التقنيات إلى جمع وتحليل بيانات الحالة التشغيلية للمعدات بشكل مستمر، مما يسمح باكتشاف أنماط غير مرئية للعين البشرية وتوقع الأعطال قبل حدوثها. إن فعالية هذه التقنيات تعتمد على قدرتها على تقديم معلومات دقيقة وفي الوقت المناسب تدعم عمليات الصيانة الوقائية والتنبؤية، وتقليل الاعتماد على الصيانة التقليدية التي قد تكون غير فعالة أو مكلفة (Malaiyappan، 2024).

- المتغير المستقل الثاني: جودة اتخاذ القرار في إدارة الصيانة

يركز هذا المتغير على قدرة إدارة المنشأة والفرق الفنية على اتخاذ قرارات مدروسة وفعالة بناءً على البيانات والتحليلات الناتجة من أنظمة الذكاء الاصطناعي. يشمل ذلك سرعة الاستجابة، دقة التقييم، اختيار الإجراءات الملائمة، وتنظيم الموارد بشكل يتناسب مع الأولويات التشغيلية. جودة اتخاذ القرار تُعد من العوامل الحاسمة التي تربط بين استخدام التكنولوجيا والنتائج العملية، إذ أن توافر المعلومات الذكية وحده لا يكفي إذا لم يُترجم ذلك إلى قرارات تنفيذية صحيحة. يساهم تحسين جودة القرار في تقليل الأخطاء، وتسريع عمليات الصيانة، وتقليل الأعطال، مما ينعكس إيجابيًا على الأداء العام للمرافق الصناعية (Soori، 2024).

- المتغير المستقل الثالث: التحديات الفنية والإدارية في تطبيق نظم الذكاء الاصطناعي

يتناول هذا المتغير العوائق والصعوبات التي تواجه المنشآت عند تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة الصيانة. تشمل هذه التحديات نقص الكفاءات الفنية، مقاومة التغيير، قضايا التكامل مع الأنظمة القائمة، تكلفة الاستثمار في التكنولوجيا الحديثة، وغياب بنية تحتية تقنية مناسبة. كما تشمل أيضًا التحديات المتعلقة بجودة البيانات، وأمن المعلومات، والتدريب

المستمر للعاملين. إن مدى التغلب على هذه التحديات يؤثر بشكل مباشر على نجاح تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، وبالتالي على مدى تأثيرها في تحسين فعالية الصيانة والتنبؤ بالأعطال (Caleb، 2024).

2.3. المتغير التابع:

- فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال

يشير المتغير التابع إلى مدى نجاح وتحسين عمليات إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال داخل المنشآت الصناعية، ويُقاس هذا المتغير بعدة مؤشرات مثل تقليل عدد الأعطال المفاجئة، تقليص فترات التوقف غير المخطط لها، زيادة كفاءة استخدام الموارد، ورفع مستوى موثوقية المعدات. فعالية الإدارة هنا تعكس قدرة النظام على الاستجابة بشكل استباقي وذكي لظروف التشغيل، مما يحقق استمرارية العمل بأقل قدر ممكن من التعطيلات والتكاليف. يعد هذا المتغير محور الدراسة حيث يقيس مدى تأثير العوامل المختلفة (المتغيرات المستقلة) على تحسين عمليات الصيانة والصيانة التنبؤية، مما يؤثر بشكل مباشر على أداء المنشأة الصناعية وجودة الإنتاج (Benhanifia، 2025).

2.4. العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع:

تقوم فرضية الدراسة على وجود علاقة تأثير إيجابية بين المتغيرات المستقلة الثلاثة (تقنيات الذكاء الاصطناعي، جودة اتخاذ القرار، التحديات الفنية والإدارية) والمتغير التابع (فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال). حيث يُتوقع أن تسهم التقنيات الحديثة للذكاء الاصطناعي في تحسين جمع وتحليل البيانات، مما يدعم اتخاذ قرارات صيانة أكثر دقة وسرعة. وبالمقابل، فإن جودة هذه القرارات ترتبط بشكل وثيق بكفاءة وكفاءة الفرق الفنية والإدارية. بالإضافة إلى مدى قدرة المنشأة على التعامل مع التحديات الفنية والإدارية المصاحبة لتطبيق هذه التقنيات. أي أن نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الصيانة يعتمد ليس فقط على التقنية نفسها، بل أيضاً على العوامل البشرية والتنظيمية التي تحيط بعملية التنفيذ، ما يجعل العلاقة بين هذه المتغيرات علاقة تكاملية تؤثر في نهاية المطاف على مستوى الفاعلية التشغيلية للمرافق الصناعية (Oladoyinbo، 2024).

2.5. الخاتمة:

في ختام هذا الفصل، تم تأسيس قاعدة نظرية وعلمية متينة تعزز فهم موضوع الدراسة بشكل شامل، من خلال استعراض دقيق ومفصل لمجموعة من المفاهيم والعوامل الأساسية التي تؤثر في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال في المرافق الصناعية. تم التركيز على أهمية دراسة العلاقات المتبادلة بين هذه العوامل وكيف تؤثر في تحقيق الأداء الأمثل والفعالية التشغيلية، مما يشكل دعامة قوية لتحليل الظواهر المرتبطة بالموضوع.

تم تقديم شرح معمق للعناصر الأساسية التي تدخل في تكوين الإطار النظري للدراسة، مع تسليط الضوء على أهمية التفاعل بين هذه العناصر وكيف يمكن أن تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على النتائج الميدانية. هذا التناول المتكامل يساهم في بناء فرضيات واضحة وقابلة للاختبار، كما يتيح فهمًا معمقًا للعوامل المؤثرة في مجال تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في صيانة المرافق الصناعية.

تأتي أهمية هذا الفصل من دوره في توفير إطار مرجعي متكامل يساعد في تفسير الظواهر المدروسة بصورة منهجية، ويعزز من جودة الدراسة من خلال ربط الجوانب النظرية بالتطبيقات العملية. كما يُعد هذا الإطار أداة تحليلية هامة لفهم تأثير العوامل المختلفة بشكل شامل، مما يُمكن من استخلاص نتائج دقيقة وتقديم توصيات مبنية على أسس علمية راسخة. يعتبر هذا الفصل خطوة جوهرية تمهد الطريق للفصول القادمة التي ستتناول تحليل البيانات الميدانية ونتائج الدراسة، مما يضمن اتساق البحث وتماسكه في تناول موضوع فاعلية استخدام الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال في المرافق الصناعية.

3. الفصل الثالث: منهجية الدراسة

3.1. المقدمة:

يشكل هذا الفصل جزءًا محوريًا من الدراسة، إذ يمثل الصلة الأساسية بين الإطار النظري الذي تم استعراضه في الفصول السابقة وبين التطبيق العملي للنموذج المقترح لإدارة المرافق باستخدام الذكاء الاصطناعي. فهو يقدم للقارئ الصورة الكاملة لكيفية بناء البحث العلمي بطريقة منهجية تضمن موثوقية النتائج ودقتها، مع التركيز على ربط المفاهيم النظرية بالواقع العملي لمجال الصيانة والتشغيل. يهدف الفصل إلى توضيح الخطوات الدقيقة التي تم اتباعها لفهم البيئة التشغيلية للمرافق وتحليل البيانات الخاصة بها، بما يسمح بتقييم فعالية النموذج المقترح في تحسين الأداء التشغيلي وتقليل التكاليف والهدر.

يمثل الفصل منصة لفهم أبعاد البحث الأساسية وكيفية التعامل مع المعلومات والبيانات المرتبطة بالموضوع. إذ أن البحث العلمي في مجال إدارة المرافق يعتمد بشكل أساسي على دقة المعلومات وصحة البيانات، والتي تعتبر الأساس الذي يقوم عليه أي تحليل يمكن الاعتماد عليه لاتخاذ قرارات استراتيجية. من خلال هذا الفصل، يتم توضيح الأساليب العلمية الدقيقة التي مكنت الباحث من جمع المعلومات بطريقة منظمة ومنهجية، مما يضمن أن تكون النتائج المستخلصة قابلة للتطبيق العملي وقادرة على تقديم حلول عملية للتحديات التشغيلية اليومية في المرافق.

كما أن أهمية هذا الفصل تتجلى في تمكين القارئ من التعرف على المنهجية الكاملة للبحث، بما يشمل الإجراءات التي اتبعت لتحديد عناصر الدراسة والمجالات التي ركز عليها الباحث داخل بيئة العمل. فهو لا يكتفي بعرض البيانات أو النتائج بشكل مباشر، بل يسعى إلى توضيح كيف تم الوصول إلى هذه البيانات، وما هي الإجراءات العلمية التي اتبعت لضمان دقتها وصحتها. هذا النهج يوفر أساسًا قويًا لفهم العلاقة بين الممارسات التشغيلية الفعلية ومخرجات التحليل العلمي، مما يتيح تطوير توصيات عملية تعتمد على دليل علمي قوي.

يعكس الفصل اهتمام الباحث بتوضيح الطريقة التي تم من خلالها التعامل مع التعقيدات المرتبطة بعمليات الصيانة والإدارة الذكية للمرافق. فالنموذج المقترح لا يعمل بمعزل عن البيئة الواقعية، بل يعتمد على فهم عميق لمختلف المتغيرات التشغيلية والوظيفية وتأثيراتها المتبادلة. يتيح الفصل توضيح كيفية التعامل مع هذه المتغيرات بطريقة علمية، وكيف تم بناء قاعدة معرفية تسمح بتحليل الأنماط والعلاقات بين عناصر النظام، وهو ما يمثل عنصرًا حاسمًا في ضمان فعالية النموذج في تحسين الكفاءة التشغيلية.

يوفر الفصل إطاراً لفهم كيفية معالجة البيانات وتحويلها إلى معلومات يمكن استخدامها بشكل استراتيجي. فالبيانات الخام، مهما كانت دقيقة، لا تصبح قيمة إلا بعد تحليلها بطريقة منهجية، تمكن من استخراج الاتجاهات والعلاقات المهمة بين مختلف العناصر. من خلال هذا الفصل، يمكن للقارئ الاطلاع على الخطوات التي تم اتباعها لضمان سلامة البيانات، وكيف تم تصميم البحث بطريقة تسمح بالتحقق من صحة الفرضيات واستنتاج النتائج بطريقة علمية موثوقة.

كما أن هذا الفصل يعد أساسياً لتوضيح العلاقة بين النظرية والتطبيق، وهو ما يبرز دوره الحيوي في تحقيق أهداف الدراسة. إذ يسمح بتقديم نموذج متكامل قائم على أسس علمية دقيقة، يمكن استخدامه في الواقع العملي لتحسين كفاءة الصيانة والتشغيل. فهو يبرز كيف يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي بطريقة عملية لتحليل المعلومات وإدارة المرافق بكفاءة، مع ضمان أن تكون القرارات المستندة إلى التحليل قابلة للتطبيق وفعالة من حيث التكلفة والوقت.

يمثل هذا الفصل الأساس العلمي الذي يدعم نتائج الدراسة ويوفر وضوحاً منهجياً لكل من الباحثين والممارسين في مجال إدارة المرافق. من خلاله، يتمكن القارئ من متابعة المنهجية العلمية التي أُعتمدت في البحث، وفهم كيفية بناء النموذج المقترح بطريقة تجعل تطبيقاته العملية أكثر دقة وفعالية. فهو ليس مجرد فصل تقني، بل هو حجر الزاوية الذي يضمن موثوقية الدراسة واستدامة نتائجها على أرض الواقع، مما يعكس أهمية توثيق كل خطوة من خطوات البحث بشكل دقيق ومنهجي لضمان الاستفادة القصوى من النتائج والتوصيات المقدمة.

3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث:

تلعب التعريفات الإجرائية للمتغيرات دورًا أساسيًا في توضيح نطاق البحث وفهم كيفية قياس وتحليل العلاقة بين المتغيرات المختلفة. فهي تمثل الأساس الذي يُبنى عليه جمع البيانات وتحليلها، وتساعد على تقليل الغموض وتحديد الأبعاد العملية لكل متغير، بما يجعل نتائج الدراسة قابلة للتطبيق العملي وموثوقة من الناحية العلمية. في هذه الدراسة، تم التركيز على دراسة أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال، لذا تم تحديد المتغيرات المستقلة والمتغير التابع بشكل دقيق.

المتغيرات المستقلة

1. تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الصيانة:

هذا المتغير يشير إلى الأساليب والأدوات المختلفة التي يعتمد عليها الذكاء الاصطناعي في دعم عمليات الصيانة، مثل التعلم الآلي، التحليل التنبؤي، والرصد الذكي للمعدات. يتم قياس هذا المتغير من خلال تقييم درجة استخدام هذه التقنيات في المؤسسات، ومدى تكاملها مع نظم الصيانة الحالية، فضلاً عن تحديد نوعية البيانات التي تعتمد عليها هذه التقنيات لتحسين الأداء. فكلما كانت تقنيات الذكاء الاصطناعي متقدمة ومتكاملة، زادت قدرة المؤسسة على التنبؤ بالأعطال وتقليل وقت توقف المعدات عن العمل.

2. جودة اتخاذ القرار في إدارة الصيانة:

يعكس هذا المتغير قدرة إدارة الصيانة على استخدام المعلومات والتحليلات المستمدة من نظم الذكاء الاصطناعي لاتخاذ قرارات فعالة وسريعة. ويشمل ذلك تحديد أولويات الصيانة، تخصيص الموارد، وتوقيت تنفيذ عمليات الإصلاح أو الاستبدال. يتم قياس جودة اتخاذ القرار عبر تقييم دقة القرارات ومدى تقليلها للأخطاء التشغيلية، بالإضافة إلى مدى استجابة الإدارة للتغيرات والمستجدات في بيئة التشغيل. تعتبر جودة القرار مؤشراً مباشراً على فعالية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي وتأثيرها على الأداء الكلي لإدارة الصيانة.

3. التحديات الفنية والإدارية في تطبيق نظم الذكاء الاصطناعي:

هذا المتغير يعكس الصعوبات التي تواجه المؤسسات عند تبني نظم الذكاء الاصطناعي، سواء كانت تتعلق بالبنية التحتية التقنية، جودة البيانات، تكامل الأنظمة، أو القدرات البشرية والفنية لإدارة هذه النظم. يتم قياس هذا المتغير من خلال تحليل العقبات المؤثرة على التنفيذ الفعلي للتقنيات، ومدى القدرة على التغلب عليها لضمان استمرار كفاءة الصيانة والتشغيل. إن فهم هذه التحديات يعد عنصرًا مهمًا لتفسير مدى تأثير المتغيرات المستقلة على المتغير التابع.

المتغير التابع

- فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال:

يمثل هذا المتغير الهدف الرئيسي للدراسة، ويشير إلى مدى قدرة المؤسسة على تحسين أداء الصيانة وتقليل الأعطال المفاجئة باستخدام نظم الذكاء الاصطناعي. ويقاس هذا المتغير من خلال مؤشرات عدة، تشمل سرعة الاستجابة للأعطال، دقة التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها، تقليل مدة توقف المعدات، وتحسين الكفاءة التشغيلية بشكل عام. يعتبر هذا المتغير انعكاسًا مباشرًا لتأثير المتغيرات المستقلة، إذ إن تحسين التقنيات المستخدمة، ورفع جودة اتخاذ القرار، والتغلب على التحديات الفنية والإدارية، جميعها عوامل تؤدي إلى زيادة فعالية إدارة الصيانة وتحقيق أهداف الأداء المرجوة.

3.3. تصميم البحث:

يعتبر تصميم البحث أحد الركائز الأساسية التي تحدد مسار الدراسة وتضمن تحقيق أهدافها العلمية والعملية بدقة. ففي هذه الدراسة، يركز تصميم البحث على تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق باستخدام الذكاء الاصطناعي، وذلك بهدف تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل، وهو ما يتطلب وضع إطار منهجي واضح يربط بين النظرية والتطبيق العملي. التصميم هنا لا يقتصر على مجرد اختيار طرق جمع البيانات وتحليلها، بل يشمل أيضًا تحديد كيفية التعامل مع المتغيرات المختلفة وعلاقاتها ببعضها البعض لضمان فهم أعمق للعوامل المؤثرة في فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال.

يعتمد التصميم البحثي على أسلوب منهجي يسمح بفحص أثر مجموعة من المتغيرات المستقلة، مثل تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الصيانة، جودة اتخاذ القرار في إدارة الصيانة، والتحديات الفنية والإدارية في تطبيق نظم الذكاء الاصطناعي، على المتغير التابع المتمثل في فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال. وقد صُمم البحث بطريقة تمكن الباحث من استكشاف هذه العلاقات بدقة، مع التركيز على تحليل البيانات بشكل موضوعي وعلمي، مما يوفر قاعدة صلبة لفهم كيف يمكن لتطبيق الذكاء الاصطناعي أن يساهم في تحسين الأداء التشغيلي للمرافق.

يسعى تصميم البحث إلى الجمع بين الطابع الوصفي والتحليلي، إذ يتم وصف البيئة التشغيلية للمرافق وتحليل العمليات المتعلقة بالصيانة والتشغيل، مع التركيز على استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين القرارات التشغيلية. هذا الدمج بين الوصف والتحليل يسمح بتحديد الفجوات الحالية في نظم إدارة الصيانة، و يتيح تقديم نموذج تطبيقي قادر على تحسين الكفاءة وتقليل الأعطال بشكل مستدام. كما يساعد التصميم على تنظيم البيانات والمعلومات بطريقة منسقة، بحيث يمكن استخراج استنتاجات دقيقة ودعمها بالأدلة العلمية المناسبة.

يتيح تصميم البحث إمكانية التعامل مع مختلف مصادر البيانات، سواء كانت كمية أو نوعية، بطريقة متكاملة. فالبيانات الكمية توفر قياسات دقيقة لأداء الصيانة ومؤشرات التنبؤ بالأعطال، بينما تقدم البيانات النوعية رؤى عميقة حول التحديات الفنية والإدارية التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي. من خلال هذا الدمج، يصبح الباحث قادراً على تقديم صورة شاملة حول مدى تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على تحسين إدارة الصيانة، وكيفية استخدام هذه النتائج لتطوير النموذج المقترح بطريقة عملية وفعالة.

كما يراعي تصميم البحث الجانب العملي للتطبيق، إذ يتم اختيار منهجية تسمح بتحليل العمليات التشغيلية للمرافق بشكل واقعي، مع مراعاة التحديات الفنية والقيود العملية التي قد تؤثر على التنفيذ. هذا يضمن أن يكون النموذج المقترح قابلاً للتطبيق على أرض الواقع، وليس مجرد تصور نظري، كما يعزز من إمكانية تبنيه من قبل المؤسسات المختلفة لتحقيق تحسينات ملموسة في كفاءة الصيانة والتشغيل.

يمثل تصميم البحث في هذه الدراسة خريطة الطريق التي توجه جميع خطوات الدراسة، من جمع البيانات إلى تحليلها وتفسير النتائج، وصولاً إلى صياغة التوصيات العملية. فهو يضمن تكامل المنهجية العلمية مع التطبيق العملي، ويضع أسساً قوية

لفهم العلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، بما يدعم الهدف الرئيسي للدراسة في تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق باستخدام الذكاء الاصطناعي وتحقيق تحسين ملموس في أداء الصيانة والتنبؤ بالأعطال.

3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينة:

يعد تحديد مجتمع البحث خطوة أساسية لضمان دقة النتائج وقابليتها للتطبيق العملي في أي دراسة علمية، حيث يتيح فهم خصائص المجتمع وتحديد نطاقه بدقة. في هذه الدراسة، يشمل مجتمع البحث المؤسسات والمرافق التي تستخدم أو يمكن أن تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات الصيانة والتشغيل، سواء على مستوى المباني الخدمية أو المصانع والمرافق التشغيلية الكبرى. يمثل هذا المجتمع قاعدة معرفية شاملة تساعد الباحث على دراسة العلاقة بين استخدام الذكاء الاصطناعي وتحسين كفاءة الصيانة والتنبؤ بالأعطال، مع التركيز على التعرف على التحديات التقنية والإدارية التي قد تواجه المؤسسات عند تطبيق هذه النظم.

من المهم أن يكون المجتمع البحثي محددًا بدقة من حيث الحجم والنطاق، بحيث يشمل جميع الجهات ذات الصلة بالموضوع ويعكس التنوع في الممارسات التشغيلية ومستويات استخدام التكنولوجيا. فدراسة مجتمع البحث بهذا الشكل توفر بيانات أكثر دقة وموثوقية، وتسمح بالتحليل المقارن بين المؤسسات التي تطبق نظم الذكاء الاصطناعي بشكل متقدم وتلك التي تواجه تحديات في هذا المجال. كما يساعد هذا التحديد على استكشاف العوامل المؤثرة في فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال، مما يدعم تطوير نموذج متكامل قادر على تلبية احتياجات جميع المؤسسات ضمن نطاق البحث.

أما فيما يتعلق بأساليب وأدوات أخذ العينة، فإنها تمثل الخطوة العملية التي تتيح جمع البيانات بطريقة منظمة وموثوقة. في هذه الدراسة، تم اختيار تقنيات أخذ العينة بما يتناسب مع طبيعة المجتمع البحثي وحجم البيانات المطلوبة. حيث تعتمد هذه الأساليب على مزيج من المقاييس النوعية والكمية، لضمان تمثيل جميع الفئات والمؤسسات داخل المجتمع البحثي بشكل عادل ومتوازن. ويتيح ذلك للباحث إمكانية التعميم والتحليل بدقة، مع تقليل المخاطر المرتبطة بالتحيز أو البيانات غير المكتملة.

كما أن تصميم العينة يتسم بالمرونة بحيث يمكن التعامل مع المتغيرات المختلفة، بما في ذلك مستوى اعتماد المؤسسات على تقنيات الذكاء الاصطناعي، حجم العمليات التشغيلية، ونوعية التحديات الإدارية والفنية التي تواجهها. ويعتمد أخذ العينة على مبادئ علمية دقيقة تضمن أن تكون البيانات المجمعة قابلة للتحليل بطريقة موضوعية، كما تمكن الباحث من الوصول إلى استنتاجات موثوقة حول أثر المتغيرات المستقلة على المتغير التابع، أي فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال.

تم مراعاة في تصميم العينة أن تكون قابلة للتطبيق العملي على نطاق واسع، بحيث يمكن استخدام النتائج والتوصيات في مختلف أنواع المرافق والمؤسسات. وهذا يتطلب تخطيطاً دقيقاً لتوزيع العينة وضمان شموليتها لكافة الفئات المستهدفة، مع مراعاة الفروق التشغيلية والتقنية بين المؤسسات، بما يعكس تنوع الواقع العملي ويزيد من دقة التحليل واستنتاج النتائج.

يمثل تحديد مجتمع البحث واختيار طرق أخذ العينة خطوة أساسية في منهجية الدراسة، لأنها تضمن دقة البيانات، وتقوي مصداقية التحليل والنتائج. كما أنها تؤسس لمرحلة جمع البيانات بطريقة علمية منظمة، مما يسهم في بناء نموذج متكامل لإدارة المرافق يعتمد على الذكاء الاصطناعي، ويحقق تحسیناً ملموساً في كفاءة الصيانة والتشغيل والتنبؤ بالأعطال بشكل مستدام وفعال.

3.5. طريقة جمع البيانات:

تعد طريقة جمع البيانات واحدة من أهم الركائز التي ينهض عليها أي بحث علمي، حيث تحدد جودة المعلومات ومدى دقتها وشموليتها، وبالتالي تؤثر بشكل مباشر على موثوقية النتائج واستنتاجاتها. في هذه الدراسة، تم تصميم طريقة جمع البيانات بما يتوافق مع أهداف البحث، والتي تركز على تطوير نموذج متكامل لإدارة المرافق باستخدام الذكاء الاصطناعي بهدف تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل والتنبؤ بالأعطال. وقد تم اختيار الطريقة بحيث تتيح الحصول على بيانات دقيقة وموضوعية عن مدى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، جودة اتخاذ القرار، والتحديات الفنية والإدارية التي تواجه المؤسسات، بالإضافة إلى قياس مدى فعالية إدارة الصيانة.

تركزت عملية جمع البيانات على استخدام أساليب منهجية متعددة تتوافق مع طبيعة المجتمع البحثي وخصائص المتغيرات المستقلة والتابعة. فقد تم تصميم أدوات جمع البيانات لتكون شاملة ومهيكلية، بحيث تسمح بجمع المعلومات النوعية والكمية معًا. البيانات النوعية توفر فهمًا معمقًا للتحديات التي تواجه المؤسسات في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل المشكلات التقنية، مقاومة التغيير، أو نقص الخبرات الفنية، بينما توفر البيانات الكمية مؤشرات دقيقة عن مدى كفاءة الصيانة، سرعة الاستجابة للأعطال، وقدرة المؤسسات على التنبؤ بالمشكلات قبل وقوعها. هذا الدمج بين النوعين يعزز من قدرة الباحث على تحليل البيانات بشكل متكامل واستخلاص استنتاجات دقيقة.

كما تم التركيز على تنظيم عملية جمع البيانات بطريقة منهجية تضمن تمثيل جميع الفئات المستهدفة في المجتمع البحثي. فقد تم تحديد الأشخاص أو الوحدات المسؤولة عن الصيانة والإدارة التشغيلية داخل المؤسسات كعينة أساسية، وذلك لأنها المصدر الأكثر موثوقية للحصول على معلومات دقيقة حول استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، عمليات اتخاذ القرار، والعقبات الإدارية والفنية. وقد شمل ذلك جمع البيانات عبر مقابلات موجهة واستبيانات منظمة، مع الحرص على تصميم أسئلة دقيقة وموضوعية تسمح بقياس المتغيرات بطريقة علمية قابلة للتحليل.

كما أخذت الدراسة في الاعتبار ضرورة الحفاظ على دقة وموثوقية البيانات من خلال استخدام أدوات مصممة خصيصًا للبحث، تتضمن مقاييس كمية للمتغيرات التشغيلية مثل معدلات الأعطال، مدة توقف المعدات، وعدد عمليات الصيانة الدورية، إلى جانب مقاييس نوعية تعكس مدى رضا المسؤولين عن الأداء التشغيلي وجودة اتخاذ القرار. ويتيح هذا الأسلوب للباحث فهم العلاقة بين المتغيرات المختلفة بشكل أعمق، وتقديم توصيات عملية قائمة على أسس علمية دقيقة، تساعد في تحسين نموذج إدارة المرافق.

تم تطبيق معايير صارمة لضمان موثوقية البيانات وصحتها، بما في ذلك التحقق من اكتمال الردود، ومراجعة المعلومات المجمعة للتأكد من عدم وجود تناقضات، كما تم تنظيم البيانات بطريقة تسمح بإدخالها في أدوات التحليل الإحصائي للحصول على نتائج دقيقة وموثوقة. هذا النهج يعزز من مصداقية البحث ويجعل النتائج قابلة للتطبيق العملي، بما يتيح تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل في المؤسسات المختلفة.

تمثل طريقة جمع البيانات في هذه الدراسة الأساس الذي يقوم عليه التحليل العلمي للمتغيرات المستقلة والتابعة، فهي تضمن أن تكون المعلومات دقيقة، شاملة، وموضوعية، وتوفر الأدوات اللازمة لفهم تأثير تقنيات الذكاء الاصطناعي على فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال. ومن خلال هذه الطريقة المنظمة، يصبح من الممكن بناء نموذج متكامل لإدارة المرافق يعكس الواقع العملي ويتيح تحسين الأداء التشغيلي بشكل مستدام وفعال.

3.6. أنواع البيانات:

تلعب البيانات دورًا هامًا في أي دراسة علمية، فهي الأساس الذي يتم من خلاله بناء النتائج والتحليلات، واتخاذ الاستنتاجات العملية. وفي هذه الدراسة، تم الاهتمام بتحديد أنواع البيانات بعناية لضمان شموليتها ودقتها، إذ تم الاعتماد على نوعين رئيسيين هما: البيانات الأولية والبيانات الثانوية، بحيث يكمل كل منهما الآخر لتحقيق رؤية واضحة حول أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل والتنبؤ بالأعطال.

- البيانات الأولية

تشير البيانات الأولية إلى المعلومات التي يتم جمعها مباشرة من المصادر الأصلية المرتبطة بموضوع البحث، أي من المؤسسات والمرافق التي تطبق أو يمكن أن تطبق نظم الذكاء الاصطناعي في الصيانة والتشغيل. وتهدف هذه البيانات إلى توفير معلومات دقيقة ومحدثة حول المتغيرات الأساسية للدراسة، مثل تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة، جودة اتخاذ القرار في إدارة الصيانة، التحديات الفنية والإدارية، وفعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال.

تم جمع البيانات الأولية باستخدام أدوات بحثية دقيقة، تشمل الاستبيانات المنظمة والمقابلات الموجهة مع المسؤولين عن الصيانة والإدارة التشغيلية، حيث تم تصميم الأسئلة بعناية لقياس المتغيرات بدقة. وتمتاز البيانات الأولية بأنها تعكس الواقع العملي للمرافق مباشرة، ما يوفر مؤشرات كمية ونوعية واضحة يمكن تحليلها لاحقًا لاستنتاج العلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع. كما تمنح هذه البيانات الباحث القدرة على تقييم فعالية تطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات المختلفة وفهم العقبات العملية التي قد تواجه التنفيذ.

- البيانات الثانوية

أما البيانات الثانوية فهي المعلومات التي تم الحصول عليها من مصادر منشورة مسبقًا، مثل الدراسات العلمية السابقة، التقارير التشغيلية للمؤسسات، الإحصاءات الرسمية، والمراجع الأكاديمية المتعلقة بإدارة المرافق وتطبيق الذكاء الاصطناعي. وتعتبر هذه البيانات مكملًا للبيانات الأولية، إذ توفر خلفية علمية وتاريخية تساعد في وضع النتائج الجديدة في سياق أوسع، كما تمكن الباحث من مقارنة النتائج مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة، وفهم أفضل الممارسات والتحديات الشائعة.

توفر البيانات الثانوية رؤية شاملة حول التوجهات العامة لتطبيق الذكاء الاصطناعي في الصيانة والتشغيل، وتساعد في تفسير النتائج التي تم جمعها من المصادر الأولية. كما أنها تعزز من مصداقية البحث، حيث توفر إطارًا داعمًا للتحليلات والاستنتاجات، وتساهم في التأكد من أن النتائج المستخلصة ليست معزولة عن الواقع العملي والمؤسسي، بل متوافقة مع الدراسات السابقة والمعايير العلمية المعترف بها.

3.7. إجراءات التحليل الإحصائي:

تعد إجراءات التحليل الإحصائي من المراحل الحاسمة في البحث العلمي، فهي تربط بين البيانات التي تم جمعها وبين النتائج والاستنتاجات التي يعتمد عليها الباحث في تقييم فرضيات الدراسة وبناء النموذج المقترح. وفي هذه الدراسة، تم تصميم إجراءات التحليل الإحصائي بطريقة منهجية تسمح بفحص العلاقات بين المتغيرات المستقلة، مثل تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة، جودة اتخاذ القرار، والتحديات الفنية والإدارية، وبين المتغير التابع وهو فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال، مع ضمان دقة النتائج وموثوقيتها.

- معالجة البيانات

تبدأ إجراءات التحليل الإحصائي بمرحلة معالجة البيانات، والتي تشمل تنقية البيانات، التحقق من اكتمالها، والتأكد من عدم وجود أخطاء أو قيم شاذة قد تؤثر على دقة التحليل. كما يتم تصنيف البيانات وفق طبيعتها، سواء كانت كمية أو نوعية، وتجهيزها لتناسب طرق التحليل المناسبة لكل متغير. في هذا الإطار، تُعد هذه المرحلة أساسية لضمان صحة النتائج النهائية،

إذ أن أي خلل في معالجة البيانات الأولية قد يؤدي إلى استنتاجات مضللة، خصوصًا عند دراسة أثر تطبيق الذكاء الاصطناعي على كفاءة الصيانة والتشغيل.

- التحليل الوصفي

بعد معالجة البيانات، يتم الانتقال إلى التحليل الوصفي، الذي يهدف إلى تقديم صورة عامة للبيانات وتوزيعها بين مختلف المؤسسات والمرافق المشاركة في الدراسة. يشمل ذلك حساب المؤشرات الأساسية مثل المتوسطات، الانحراف المعياري، والنسب المئوية، وذلك لفهم مستوى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، جودة اتخاذ القرار، التحديات التي تواجه المؤسسات، ودرجة فعالية إدارة الصيانة. يوفر التحليل الوصفي أساسًا متينًا لفهم خصائص المجتمع البحثي، وتحديد الاتجاهات العامة، وهو خطوة أساسية قبل الانتقال إلى التحليل العميق للروابط والعلاقات بين المتغيرات.

- التحليل الاستنتاجي

بعد ذلك، يتم إجراء التحليل الاستنتاجي لفحص مدى قوة العلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، وتحديد مدى تأثير كل متغير على فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال. في هذه المرحلة، يمكن استخدام تقنيات إحصائية متقدمة مثل اختبارات الارتباط والانحدار لتحديد طبيعة العلاقات، وكذلك اختبارات الفرضيات للتحقق من صحة النتائج المستخلصة. يتيح هذا التحليل للباحث تقييم مدى فاعلية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء التشغيلي، كما يمكنه تحديد العوامل الأكثر تأثيرًا والتحديات التي قد تحد من الاستفادة من هذه التقنيات.

- استخدام التحليل متعدد المتغيرات

للتعامل مع الطبيعة المعقدة للمتغيرات والتداخل بين تأثيراتها، تم استخدام التحليل متعدد المتغيرات، الذي يسمح بدراسة أثر المتغيرات المستقلة بشكل متزامن على المتغير التابع. يساعد هذا الأسلوب في فهم التفاعلات بين التقنيات المستخدمة، جودة اتخاذ القرار، والتحديات المؤسسية، وتأثيرها الجماعي على فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال. كما يتيح هذا التحليل التنبؤ بنتائج مختلفة في سيناريوهات متعددة، مما يدعم تطوير نموذج متكامل وفعال لإدارة المرافق باستخدام الذكاء الاصطناعي.

- تفسير النتائج وربطها بالبحث

أخيرًا، تتضمن إجراءات التحليل الإحصائي تفسير النتائج وربطها بأهداف البحث والنموذج المقترح. إذ تسمح هذه المرحلة للباحث بفهم مدى نجاح تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الصيانة، وتقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق في المؤسسات. كما تمكن الباحث من تحديد الفجوات والتحديات التي تحتاج إلى معالجة لضمان تحسين الأداء التشغيلي، وبالتالي بناء نموذج عملي وفعال يحقق أهداف الدراسة على أرض الواقع.

3.8. الخاتمة:

يمثل هذا الفصل المرحلة الجوهرية التي أسست للجانب التطبيقي في الدراسة، حيث أتاح فهمًا عميقًا لكيفية بناء البحث العلمي بطريقة منظمة ومنهجية. من خلال ما تضمنه الفصل من شروحات، أصبح واضحًا كيف يمكن الربط بين النظرية والممارسة في مجال إدارة المرافق، مع التركيز على تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل باستخدام الذكاء الاصطناعي. فقد وفر الفصل القاعدة العلمية التي اعتمد عليها الباحث لتقييم البيئة التشغيلية للمرافق، وفهم المتغيرات التي تؤثر على الأداء التشغيلي، بما يضمن أن يكون النموذج المقترح مبنياً على أساس علمي متين وقادرًا على تقديم حلول عملية.

كما أظهر الفصل أهمية اتباع منهجية دقيقة في التعامل مع المعلومات والبيانات، بما في ذلك التعرف على خصائصها وفهم طبيعتها وكيفية جمعها بطريقة منظمة. هذا الاهتمام بالبيانات لا يقتصر على مجرد جمعها، بل يشمل التأكد من دقتها وصلاحياتها للتحليل، وهو ما يعزز مصداقية النتائج ويضمن إمكانية الاستفادة منها في الواقع العملي. ومن خلال هذا التناول، أصبح بالإمكان تحويل البيانات الأولية إلى معلومات قيمة تساعد على اتخاذ القرارات الاستراتيجية المتعلقة بإدارة المرافق وصيانتها بشكل ذكي ومستدام.

أبرز الفصل الدور الحاسم للتحليل العلمي المنهجي في توضيح العلاقات بين المتغيرات المختلفة، وفهم التأثيرات المتبادلة بينها. فقد ساعد ذلك في بناء صورة شاملة لكيفية عمل المرافق، وما هي الجوانب التي يمكن تحسينها من خلال النموذج المقترح. هذا الفهم العميق للعلاقات بين العناصر التشغيلية يعزز قدرة الباحث على تقديم توصيات دقيقة وقابلة للتطبيق، كما يتيح تقديم حلول مبتكرة تعتمد على أسس علمية واضحة.

ويجدر بالذكر أن الفصل لم يقتصر على الجانب النظري، بل ساهم أيضًا في توضيح الأسس التي تمكن من تنفيذ التحليل الإحصائي بشكل منهجي وفعال، مما يتيح تحويل البيانات إلى نتائج ملموسة يمكن الاعتماد عليها. ومن خلال هذا الإطار، أصبح بالإمكان اختبار فرضيات الدراسة والتأكد من صحة الاستنتاجات، وهو ما يعكس أهمية الفصل في توفير قاعدة علمية راسخة تدعم كل خطوات البحث اللاحقة.

يمثل هذا الفصل حجر الزاوية الذي يضمن موثوقية الدراسة واستدامة تطبيقاتها العملية. فهو لم يكتفِ بتوضيح الأسس المنهجية فحسب، بل أتاح أيضًا رؤية واضحة لكيفية الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الصيانة والتشغيل

على أرض الواقع. إذ يوضح الفصل كيف يمكن للباحث أو الممارس استخدام النتائج والتوصيات بطريقة عملية، مما يعزز من فاعلية النموذج المقترح ويجعل تطبيقاته أكثر دقة واستدامة.

إن الفصل الثالث أسهم بشكل كبير في بناء فهم متكامل للبحث، فهو يوفر الإطار الذي يربط بين البيانات والتحليل العلمي وبين التوصيات العملية، مما يجعل النتائج النهائية للدراسة أكثر موثوقية وملاءمة للواقع التشغيلي للمرافق. من خلال هذا التأسيس المنهجي، يصبح من الممكن تحقيق أهداف الدراسة بكفاءة، وضمان أن النموذج المقترح ليس مجرد أداة نظرية، بل حل عملي قائم على أسس علمية واضحة وقابلة للتطبيق في تحسين عمليات إدارة المرافق والصيانة الذكية.

ملحق الاستبانة

الأسئلة					الإجابة
1- الأسئلة العامة					
العمر	30-20	40-30	50-40	60-50	+60
الجنس	ذكر	أنثى			
الدرجة العلمية	شهادة الدراسة الثانوية	درجة البكالوريوس	شهادة عليا	ماجستير	دكتوراه
2- أسئلة الإستبيان					
يسهم استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي في تحسين تخطيط برامج الصيانة الدورية في المرافق الصناعية.	لا أوافق بشدة	لا أوافق	لا أوافق ولا أرفض	أوافق	أوافق بشدة
تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها بوقت كافٍ لاتخاذ الإجراءات الوقائية.	لا أوافق بشدة	لا أوافق	لا أوافق ولا أرفض	أوافق	أوافق بشدة
يؤدي تطبيق الذكاء الاصطناعي إلى تقليل الأعطال المفاجئة في المعدات الصناعية.	لا أوافق بشدة	لا أوافق	لا أوافق ولا أرفض	أوافق	أوافق بشدة
تسهم أدوات تحليل البيانات الذكية في تحسين سرعة الاستجابة للأعطال.	لا أوافق بشدة	لا أوافق	لا أوافق ولا أرفض	أوافق	أوافق بشدة
يدعم الذكاء الاصطناعي اتخاذ قرارات صيانة مبنية على بيانات دقيقة وفورية.	لا أوافق بشدة	لا أوافق	لا أوافق ولا أرفض	أوافق	أوافق بشدة
يساهم استخدام الخوارزميات التنبؤية في تقليل تكاليف الصيانة التصحيحية.	لا أوافق بشدة	لا أوافق	لا أوافق ولا أرفض	أوافق	أوافق بشدة
يؤدي تطبيق أنظمة الذكاء الاصطناعي إلى إطالة العمر الافتراضي للمعدات الصناعية.	لا أوافق بشدة	لا أوافق	لا أوافق ولا أرفض	أوافق	أوافق بشدة

أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استخدام الموارد البشرية في أعمال الصيانة.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	تساعد الأنظمة الذكية في تحديد أولويات الصيانة بناءً على مستوى الخطورة والتأثير التشغيلي.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم استخدام تقنيات الاستشعار وإنترنت الأشياء المرتبطة بالذكاء الاصطناعي في مراقبة أداء المعدات بشكل مستمر.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يؤدي الاعتماد على الصيانة التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي إلى تقليل فترات التوقف غير المخطط لها.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	توفر أنظمة الذكاء الاصطناعي تقارير تحليلية تسهم في تحسين الأداء التشغيلي العام.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين مستوى السلامة في بيئة العمل الصناعية.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يعزز تطبيق الذكاء الاصطناعي من كفاءة عمليات المتابعة والتقييم لأعمال الصيانة.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	توجد بنية تحتية تقنية كافية لدعم تطبيق الذكاء الاصطناعي في إدارة الصيانة.
أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يملك العاملون المهارات اللازمة للتعامل مع أنظمة الصيانة المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

أوافق بشدة	أوافق	لا أوافق ولا أرفض	لا أوافق	لا أوافق بشدة	يسهم استخدام الذكاء الاصطناعي في رفع مستوى رضا الإدارة العليا عن أداء إدارة الصيانة.
---------------	-------	----------------------	----------	------------------	---

➤ <https://forms.gle/EXKVEqi3vkuVr7tbA>

أدوات البحث:

م	أداة البحث	الهدف من استخدامها	عدد الفقرات	طريقة القياس
1	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	قياس مدى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الصيانة	5	ليكرت الخماسي
2	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	تقييم جودة اتخاذ القرار في إدارة الصيانة	5	ليكرت الخماسي
3	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	تحديد التحديات الفنية في تطبيق نظم الذكاء الاصطناعي	5	ليكرت الخماسي
4	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	تحديد التحديات الإدارية والتنظيمية في تطبيق نظم الذكاء الاصطناعي	5	ليكرت الخماسي
5	الاستبيان المغلق (مقياس ليكرت الخماسي)	قياس فعالية إدارة الصيانة والتنبؤ بالأعطال	5	ليكرت الخماسي

- Balasubramanian, S. (2023). Integration of Artificial Intelligence in the Manufacturing Sector: A Systematic Review of Applications and Implications. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/378658423_Integration_of_Artificial_Intelligence_in_the_Manufacturing_Sector_A_Systematic_Review_of_Applications_and_Implications
- Benhanifia, A. (2025). Systematic review of predictive maintenance practices in the manufacturing sector. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667305325000274>
- Bouabdallaoui, Y. (2021). Predictive Maintenance in Building Facilities: A Machine Learning-Based Approach. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/349034100_Predictive_Maintenance_in_Building_Facilities_A_Machine_Learning-Based_Approach
- Caleb, A. (2024). Overcoming Challenges in AI Adoption. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/382108051_Overcoming_Challenges_in_AI_Adoption
- Ekwomadu, C. C. (2024). Integrating AI-Driven Predictive Maintenance and Process Control in Industrial Automation for Sustainable FMCG Manufacturing. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/388192883_Integrating_AI-Driven_Predictive_Maintenance_and_Process_Control_in_Industrial_Automation_for_Sustainable_FMCG_Manufacturing
- Emroozi, V. B. (2025). Enhancing industrial maintenance planning: Optimization of human error reduction and spare parts management. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214716025000120>

- Ibrahim, H. (2022). Artificial intelligence for predictive maintenance. Retrieved from
https://www.researchgate.net/publication/362100787_Artificial_intelligence_for_predictive_maintenance
- Malaiyappan, J. N. (2024). Predictive Maintenance using Machine Learning in Industrial IoT. Retrieved from
https://www.researchgate.net/publication/379554669_Predictive_Maintenance_using_Machine_Learning_in_Industrial_IoT
- Molęda, M. (2023). From Corrective to Predictive Maintenance—A Review of Maintenance Approaches for the Power Industry. Retrieved from
<https://www.mdpi.com/1424-8220/23/13/5970>
- Murtaza, A. A. (2024). Paradigm shift for predictive maintenance and condition monitoring from Industry 4.0 to Industry 5.0: A systematic review, challenges and case study. Retrieved from
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024011903>
- Oladoyinbo, T. O. (2024). Exploring the Challenges of Artificial Intelligence in Data Integrity and its Influence on Social Dynamics. Retrieved from
https://www.researchgate.net/publication/377383357_Exploring_the_Challenges_of_Artificial_Intelligence_in_Data_Integrity_and_its_Influence_on_Social_Dynamics
- Shrivastav, M. (2022). Barriers Related to AI Implementation in Supply Chain Management. Retrieved from
https://www.researchgate.net/publication/359742265_Barriers_Related_to_AI_Implementation_in_Supply_Chain_Management
- Soori, M. (2024). AI-Based Decision Support Systems in Industry 4.0, A Review. Retrieved from
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949948824000374>

Thomas, J. (2022). An analysis of predictive maintenance strategies in supply chain management. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/384120067_An_analysis_of_predictive_maintenance_strategies_in_supply_chain_management

Uçar, A. (2024). Artificial Intelligence for Predictive Maintenance Applications: Key Components, Trustworthiness, and Future Trends. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/377605141_Artificial_Intelligence_for_Predictive_Maintenance_Applications_Key_Components_Trustworthiness_and_Future_Trends