

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

تخصص إدارة الأعمال



دور الصيانة التنبؤية في تعزيز الإنتاجية في
الصناعات الهندسية: دراسة تطبيقية على الشركات الصناعية بمدينة
الرياض

إعداد الطالب/

سلطان عثمان الشخي

الرقم الجامعي:- 243002118

أ.د / الفیصل عبد الحمید

أ.د / فايز جراد

العام الدراسي:

2025

جدول المحتويات

2	مقدمة:
2	مشكلة الدراسة:
4	أهمية الدراسة:
5	أهداف الدراسة:
6	تساؤلات الدراسة:
7	فروض الدراسة:
7	نموذج الدراسة:
7	الدراسات السابقة:
7	المنطلقات النظرية للدراسة:
13	المنهجية وطرق البحث:
15	مصادر جمع البيانات:
15	أدوات الدراسة :
15	حدود الدراسة :
17	المراجع:

مقدمة:

تعتبر الصيانة التنبؤية من الأدوات الحديثة التي تساهم في تحسين عمليات الصيانة داخل الشركات الصناعية. هي عملية تعتمد على التحليل البياني والتنبؤ بالأعطال باستخدام التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة، و تهدف إلى تقليل الأعطال المفاجئة عن طريق التنبؤ بالمشكلات المستقبلية للأجهزة والآلات قبل وقوعها، كما تعتمد هذه العملية على البيانات التشغيلية الحية التي تجمعها المستشعرات عن حالة الآلات، وتحليل هذه البيانات لتقديم إشارات مبكرة تدل على وجود خلل محتمل. (Er-Ratby et al., 2024)

وتساهم التقنيات المتقدمة مثل الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي، والتعلم العميق في تحسين دقة التنبؤ بالأعطال، كما توفر هذه التقنيات قدرة على تحليل كميات ضخمة من البيانات بشكل أكثر دقة

وسرعة من الأساليب التقليدية، مما يساهم في تقديم قرارات صيانة دقيقة وتوجيه الأنشطة بشكل استباقي. (Khan, 2024)

وُتعد تحسين جداول الصيانة من الجوانب الهامة للصيانة التنبؤية، فبدلاً من إجراء الصيانة بناءً على جداول زمنية ثابتة، تعتمد الصيانة التنبؤية على التنبؤ الفعلي بحالة المعدات، مما يسمح بإجراء الصيانة فقط عندما يكون ذلك ضرورياً، وبالتالي تقليل الفترات الزمنية غير الضرورية التي قد تتسبب في تعطيل الإنتاج، ويمكن لجداول الصيانة التنبؤية أن تساهم في تحسين الكفاءة التشغيلية والتقليل من التكاليف المرتبطة بالتوقفات غير المخطط لها. (Ram et al., 2024)

تعتبر الإنتاجية في الشركات الصناعية من أهم المؤشرات التي تقيس مدى نجاح العمليات التشغيلية، وتتأثر الإنتاجية بالعديد من العوامل مثل كفاءة الآلات، عمليات الصيانة، وتوقيت تنفيذها، فمن خلال تطبيق الصيانة التنبؤية، يمكن تقليل التوقفات غير المخططة وزيادة كفاءة المعدات، مما يساهم بشكل كبير في تحسين الإنتاجية، كما أن التنبؤ بالأعطال يساعد على تجنب التوقفات الطويلة، وبالتالي تحسين تدفق العمل وتقليل فترات الانتظار. (Rao et al., 2024)

تعد التكاليف التشغيلية من العوامل الرئيسية التي تؤثر على الإنتاجية داخل الشركات الصناعية. تتطلب الصيانة التقليدية عادةً فترات توقف طويلة وصيانة غير مخطط لها قد تؤدي إلى تكاليف إضافية، فمن خلال استخدام الصيانة التنبؤية، يمكن تقليل هذه التكاليف من خلال الحد من فترات التوقف غير المخططة، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل تكاليف الصيانة (Kshirsagar et al., 2024).

وتؤثر الصيانة التنبؤية بشكل مباشر على الإنتاجية من خلال تقليل التوقفات غير المخططة وتحسين كفاءة المعدات، ففي حال كانت الشركات الصناعية تعتمد على تقنيات الصيانة التنبؤية، فإنها تتمكن من تحسين الأداء العام من خلال تقليل التكاليف وزيادة فعالية استخدام الموارد المتاحة، فمن خلال التنبؤ بالأعطال وتنفيذ الصيانة في الوقت المناسب، يمكن تجنب الأعطال المفاجئة التي تعيق الإنتاج وتؤثر على القدرة التنافسية للشركات. (Ram et al., 2024)

و يعزز تحليل البيانات في الصيانة التنبؤية القدرة على تحسين جداول الصيانة بناءً على التنبؤات الدقيقة، مما يؤدي إلى تحسين استخدام الآلات وتقليل فترات التوقف غير المخطط لها، وبدوره يساهم في تحسين الإنتاجية الكلية للشركات الصناعية من خلال الحفاظ على استمرارية العمليات وتحقيق أفضل استفادة من الوقت والموارد. (Er-Ratby et al., 2024)

مشكلة الدراسة:

تعاني العديد من الشركات الصناعية من تحديات كبيرة فيما يتعلق بالصيانة الفعّالة للمعدات والآلات، حيث يعتمد الكثير منها على أساليب الصيانة التقليدية التي قد تؤدي إلى زيادة فترات التوقف غير المخطط لها، مما يؤثر سلباً على الكفاءة الإنتاجية، وأصبحت تمثل حلاً محتملاً لهذه التحديات من خلال التنبؤ بالأعطال قبل حدوثها، مما يساعد في تقليل التكاليف وتحسين الأداء العام، وأن تطبيق هذه التقنيات في الصناعات الهندسية لم يصل إلى مرحلة النضج الكافي في العديد من الشركات الصناعية، خاصة في المدن الكبرى مثل الرياض.

تتشير دراسة (Er-Ratby et al., 2024) إلى أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في الصيانة التنبؤية يمكن أن يسهم بشكل كبير في تقليل التكاليف وزيادة كفاءة المعدات وتحسين الأداء العام. ومع ذلك، فهناك نقص في الدراسات التي تقدم تحليلاً شاملاً لأثر الصيانة التنبؤية على الإنتاجية في الشركات الصناعية المحلية، مما يجعل من الضروري تسليط الضوء على هذه المشكلة في الرياض كدراسة حالة.

من ناحية أخرى، تؤكد دراسات مثل (Rao et al., 2024) أن التحديات المتعلقة بتطبيق تقنيات مثل التعلم العميق وكشف الأنماط الشاذة، لا زالت قائمة في العديد من الشركات بسبب ضعف جودة البيانات وقلة الاستثمارات في التكنولوجيا الحديثة، مما يؤثر بشكل مباشر على قدرة الشركات على تحقيق الفوائد المرجوة من الصيانة التنبؤية، ما يضيف بُعداً إضافياً لمشكلة الدراسة في فهم كيفية التعامل مع هذه القيود المحلية.

كما أن هناك دراسة (Ram et al., 2024) التي تشير إلى أنه رغم التقدم في تقنيات التحليل البياني والتنبؤي، إلا أن العديد من الشركات الصناعية في الرياض لم تتمكن من تطبيق هذه التقنيات بشكل فعّال بسبب القيود التقنية والإدارية. وتتمثل المشكلة الأساسية في محدودية التطبيقات العملية لهذه التقنيات، حيث تقتصر العديد من الشركات على حلول صيانة تقليدية قد تكون غير قادرة على تحسين الأداء على المدى الطويل.

بناءً على ما سبق، فإن أساس مشكلة الدراسة يكمن في الفجوة بين التقنيات المتقدمة مثل الصيانة التنبؤية والتطبيقات العملية في الشركات الصناعية بمدينة الرياض. تتزايد أهمية فهم تأثير الصيانة التنبؤية على الإنتاجية وتقليل التكاليف في هذه الشركات، وكذلك كيفية تجاوز التحديات التي تواجه تطبيق هذه التقنيات بشكل عملي وفعّال.

أهمية الدراسة:

يمكن تقسيم أهمية الدراسة إلى عدة محاور رئيسية على النحو التالي:

• الأهمية العلمية:

- تساهم الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بالصيانة التنبؤية في الصناعات الهندسية، من خلال تقديم تحليل علمي ودقيق حول تأثير التنبؤ بالأعطال، تحليل البيانات، وتحسين جداول الصيانة على الإنتاجية في الشركات الصناعية بمدينة الرياض.
- تساعد الدراسة على توسيع نطاق الفهم حول مفهوم الصيانة التنبؤية وتطبيقاتها في الصناعات الهندسية، مما يساهم في زيادة المعرفة الأكاديمية حول استخدام التكنولوجيا الحديثة في هذا المجال.
- يمكن أن تكون هذه الدراسة نقطة انطلاق لأبحاث مستقبلية في نفس المجال، مثل دراسة تطبيقات جديدة للصيانة التنبؤية أو تطوير نماذج جديدة لتحليل البيانات في مجال الصيانة، مما يفتح آفاقاً واسعة للباحثين في هذا المجال.
- تقدم الدراسة نموذجاً علمياً لتقييم فعالية تطبيق الصيانة التنبؤية في الشركات الصناعية، وهو ما يمكن أن يستخدم كمرجع للباحثين الآخرين في دراساتهم المستقبلية.

• الأهمية العملية:

- تساهم الدراسة بشكل عملي في تحسين الكفاءة الإنتاجية للشركات الصناعية، من خلال تطبيق استراتيجيات الصيانة التنبؤية التي تساعد في تقليل الأعطال غير المخططة وتقليل فترات التوقف، مما يزيد من قدرة الشركات على إنتاج المزيد بتكلفة أقل.
- تساهم الدراسة في إظهار كيفية تأثير الصيانة التنبؤية في زيادة عمر المعدات، مما يقلل من تكاليف الاستبدال والصيانة الثقيلة، ويسهم في تحسين استدامة العمل داخل الشركات.
- توفر الدراسة الأدلة العملية التي تدعم صناع القرار في الشركات الصناعية بمدينة الرياض لاتخاذ قرارات مستنيرة حول تطبيق الصيانة التنبؤية، مما يؤدي إلى تحسين الأداء واتخاذ قرارات استراتيجية فعالة.

أهداف الدراسة:

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور الصيانة التنبؤية بأبعاده (التنبؤ بالأعطال، تحليل البيانات، تحسين جداول الصيانة) في تعزيز الإنتاجية في الصناعات الهندسية على الشركات الصناعية بمدينة الرياض، وتنبتق العديد من الاهداف فرعية :

- تحليل العلاقة بين التنبؤ بالأعطال وزيادة الكفاءة الإنتاجية في الصناعات الهندسية على الشركات الصناعية بمدينة الرياض.
- دراسة دور تحليل البيانات في تعزيز الإنتاجية في الصناعات الهندسية على الشركات الصناعية بمدينة الرياض.
- تحليل تأثير تحسين جداول الصيانة في تعزيز الإنتاجية في الصناعات الهندسية على الشركات الصناعية بمدينة الرياض.
- دراسة التحديات التقنية والإدارية التي تواجه الشركات في تطبيق نظم الصيانة التنبؤية في الصناعات الهندسية..

تساؤلات الدراسة

السؤال الرئيسي: ما دور الصيانة التنبؤية في تعزيز الإنتاجية في الصناعات الهندسية على الشركات الصناعية بمدينة الرياض؟ ، وتتفرع منه عدة اهداف فرعية منها :

- كيف يؤثر التنبؤ بالأعطال على تحسين الكفاءة الإنتاجية في الشركات الصناعية بمدينة الرياض؟
- ما هو دور تحليل البيانات في تعزيز الإنتاجية وتقليل الأعطال في الشركات الصناعية بمدينة الرياض؟
- كيف يسهم تحسين جداول الصيانة في زيادة الإنتاجية وتقليل فترات التوقف في الشركات الصناعية بمدينة الرياض؟
- ما هي التحديات التي تواجه الشركات الصناعية في مدينة الرياض عند تطبيق تقنيات الصيانة التنبؤية؟

فروض الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة فقد أعتمد على مجموعة من الفرضيات الآتية:

الفرضية الرئيسية الأولى: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للصيانة التنبؤية بأبعاده (التنبؤ بالأعطال، تحليل البيانات، تحسين جداول الصيانة) في تعزيز الإنتاجية في الصناعات الهندسية على الشركات الصناعية بمدينة الرياض، وينبثق من هذه الفرضية مجموعة من الفرضيات الفرعية التالية:

- الفرضية الفرعية الأولى: يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) للتنبؤ بالأعطال في تقليل فترات التوقف غير المخطط لها وزيادة الكفاءة الإنتاجية في الشركات الصناعية بمدينة الرياض.
- الفرضية الفرعية الثانية: يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لتحليل البيانات في تحسين فعالية استراتيجيات الصيانة وتقليل الأعطال وزيادة الإنتاجية في الشركات الصناعية بمدينة الرياض.
- الفرضية الفرعية الثالثة: يوجد تأثير ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لتحسين جداول الصيانة في تقليل التكاليف التشغيلية وزيادة الكفاءة الإنتاجية في الشركات الصناعية بمدينة الرياض.

الدراسات السابقة:

دراسة (Er-Ratby et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين الإنتاجية الصناعية من خلال الصيانة التنبؤية بأبعاده (التنبؤ بفشل الآلات، تقليل التكاليف، تحسين الكفاءة التشغيلية) على أداء الأعمال في صناعة التصنيع، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من 50 شركة صناعية في قطاع التصنيع، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في الصيانة التنبؤية يسهم بشكل كبير في تقليل التكاليف وزيادة كفاءة المعدات وتحسين الأداء العام، وأوصت الدراسة بضرورة تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي في أنظمة الصيانة لتقليل الأعطال غير المتوقعة وتحسين الإنتاجية.

دراسة (Rao et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فعالية التعلم العميق، أساليب التجميع، وكشف الشذوذ في الصيانة التنبؤية بأبعاده (الدقة، التحديد، الاسترجاع) على استراتيجيات الصيانة في بيانات التصنيع، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي المقارن، وتكونت العينة من مجموعة من النماذج الخوارزمية المستخدمة في تحليل البيانات الصناعية (مثل بيانات الاستشعار وبيانات التشغيل)، وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود اختلافات في فعالية الخوارزميات من حيث الدقة والقدرة على الكشف عن الأنماط الشاذة، وأوصت الدراسة بضرورة تحسين جودة البيانات وزيادة قدرة النماذج على التعميم، بالإضافة إلى توسيع استخدام الاتجاهات الحديثة في التعلم الآلي لتحسين استراتيجيات الصيانة.

دراسة (Rani et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فعالية استخدام خوارزمية AdaBoost في تصنيف أنواع توقف الآلات بشكل تنبؤي بأبعاده (الدقة، الكفاءة، الكشف المبكر) على تحسين الإنتاجية والكفاءة في صناعة النسيج، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي القائم على التعلم الآلي، وتكونت العينة من بيانات التشغيل لآلات الحياكة (مثل سرعة الآلات وبيانات التوقف)، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النظام المقترح حقق دقة تصل إلى 92% في تصنيف أنواع التوقف، مما يساعد في الكشف المبكر عن الأعطال وتنفيذ الصيانة في الوقت المناسب، وأوصت الدراسة بضرورة تطبيق هذا النظام لتحسين الإنتاجية وتقليل التكاليف في صناعة النسيج.

دراسة (Kshirsagar et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فعالية خوارزميات التعلم الآلي (Random Forest، AdaBoost، Gradient Boosting، SVM) في التنبؤ بصيانة الآلات مع دمج خوارزمية تحسين Cuckoo Search لتحسين دقة التنبؤ بأبعاده (الدقة، الكفاءة، تقليل التوقف) على استراتيجيات الصيانة الاستباقية في الصناعات، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي القائم على مقارنة الخوارزميات وتحسينها، وتكونت العينة من بيانات تشغيل الآلات الصناعية، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن دمج خوارزمية Cuckoo Search مع خوارزميات التعلم الآلي يعزز دقة التنبؤ بصيانة الآلات، مما يساعد في تقليل التوقف وتحسين الإنتاجية، وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد استراتيجيات صيانة استباقية باستخدام هذه التقنيات لتحسين استدامة العمليات الصناعية.

دراسة (Mohapatra, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيق الذكاء الاصطناعي التوليدي في الصيانة التنبؤية بأبعاده (التنبؤ بالفشل، تحسين جداول الصيانة، الكفاءة التشغيلية) على تحسين استراتيجيات الصيانة وتقليل التوقف غير المخطط له في الصناعات، واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي المقارن بين استراتيجيات الصيانة التفاعلية والوقائية والصيانة التنبؤية، وتكونت العينة من بيانات تشغيل وصيانة معدات صناعية تشمل قراءات الاستشعار، سجلات الصيانة، وظروف البيئة، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النماذج المدعومة بالذكاء الاصطناعي التوليدي مثل الشبكات التوليدية المتنافسة (GANs) والتعلم المعزز أثبتت فاعليتها في التنبؤ بالفشل وتحسين جداول الصيانة، مما يؤدي إلى تقليل التوقف غير المخطط له وزيادة الإنتاجية، وأوصت الدراسة بتوسيع تطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي في الصيانة التنبؤية وتبني تقنيات أكثر تطوراً لتعزيز الكفاءة وتقليل التكاليف التشغيلية.

دراسة (Ram et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير الصيانة التنبؤية وتحليل الإنتاج باستخدام التقنيات المتقدمة مثل التعلم الآلي وتحليل البيانات في الوقت الفعلي على تحسين كفاءة التصنيع، وتنظيم جداول الصيانة، وتحسين استخدام الموارد في الصناعات، واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي القائم على مقارنة التقنيات الرقمية في التصنيع، وتكونت العينة من بيانات العمليات التصنيعية باستخدام أجهزة الاستشعار وأدوات الإنترنت (IoT)، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تكامل الصيانة التنبؤية وتحليل الإنتاج مع استخدام مبدأ فعالية المعدات الكلية (OEE) يساهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وضمان جودة المنتج وتحسين تخصيص الموارد، وأوصت الدراسة بتوسيع استخدام التقنيات الرقمية وتحليل البيانات لتحسين استراتيجيات الصيانة وتعزيز استدامة العمليات التصنيعية.

دراسة (Khan, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فعالية تحليل البيانات في الصيانة التنبؤية بأبعاده (التعلم الآلي، إنترنت الأشياء، الذكاء الاصطناعي) على تحسين إدارة الصيانة وتقليل التوقف غير المخطط له وزيادة الكفاءة التشغيلية في الصناعات التحويلية، واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي المنهجي في مراجعة الأدبيات الحالية وتقنيات التنبؤ المستخدمة، وتكونت العينة من دراسات وتقارير عن تطبيقات الصيانة التنبؤية باستخدام تقنيات البيانات المتقدمة، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تكامل تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء يعزز دقة التنبؤ بالفشل ويقلل التوقف غير المخطط له، وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار في هذه التقنيات لتطوير أنظمة الصيانة وتحقيق كفاءة أعلى في العمليات التصنيعية.

دراسة (Simi & Resmi, 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فعالية الكشف عن الشذوذ القائم على الأوتونيكودر وتصنيف الأشجار القرار باستخدام الخصائص المستخرجة في الصيانة التنبؤية بأبعاده (دقة التصنيف، تقليل التوقف، تقليل تكاليف الصيانة) على تحسين أداء وموثوقية الآلات وتقليل التوقف غير المخطط له في البيئات الصناعية، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي القائم على استخدام الخوارزميات المتقدمة مثل الأوتونيكودر، وتقنيات التجميع (k-shape)، وتصنيف الأشجار القرار، وتكونت العينة من بيانات مجموعة NASA الخاصة بمحامل الآلات، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الإطار المقترح حقق دقة 95% باستخدام خوارزمية التصنيف المدعومة (Gradient Boost Classifier)، مما يساهم في تحسين موثوقية الآلات وتقليل التكاليف التشغيلية، وأوصت الدراسة بتبني هذا الإطار في تطبيقات الصيانة التنبؤية لتعزيز الإنتاجية وتحقيق كفاءة أعلى.

دراسة (Mathew & Kaur, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيق تقنيات التنقيب عن البيانات في الصيانة التنبؤية بأبعاده (تحليل البيانات، تحسين العمليات، التفاعل بين الإنسان والآلة) على تحسين جودة الإنتاج وموثوقية الأنظمة في الصناعة التحويلية، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي القائم على تحليل بيانات الإنتاج من خلال تقنيات التحليل المتقدمة، وتكونت العينة من بيانات تتعلق بأداء المعدات وأدوات الإنتاج في بيئات صناعية، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن استخدام الصيانة التنبؤية يساعد في تقليل التوقف غير المخطط له، وتحسين التفاعل بين الإنسان والآلة، وأوصت الدراسة بتطوير أنظمة مراقبة التآكل للمعدات لتحقيق تحسينات إضافية في الجودة والموثوقية.

دراسة (Al-Said et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على فعالية استخدام نهج هجين من الشبكات العصبية التلافيفية (CNN) والشبكات العصبية طويلة المدى (LSTM) في الصيانة التنبؤية بأبعاده (دقة التنبؤ، تقليل التوقف غير المخطط له، تحسين موثوقية المكونات) على تحسين التنبؤ بفشل المكونات في الأنظمة الصناعية، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي القائم على تطبيق تقنيات التعلم العميق على بيانات مفتوحة من مجموعة MetroPT الخاصة بوحدات إنتاج الهواء في مركبات المترو، وتكونت العينة من بيانات الأداء الخاصة بالمكونات في هذه الأنظمة، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النموذج الهجين CNN-LSTM حقق دقة عالية تصل إلى 92% في التصنيف الثنائي و97% في التصنيف المتعدد، مما يبرز

تفوق هذا النموذج على الأساليب الأخرى، وأوصت الدراسة باستخدام هذا النهج الهجين لتحسين التنبؤ بالصيانة وتقليل التكاليف التشغيلية في الصناعات.

دراسة (Meira et al., 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيقات الصيانة التنبؤية (PdM) وتقنياتها في التعامل مع حالة المعدات الصناعية بأبعاده (التقنيات، التطبيقات الواقعية، الأساليب المستخدمة، التحديات) على تحسين كفاءة الأداء الصناعي في ظل الثورة الصناعية 4.0، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لاستكشاف تقنيات وأساليب الصيانة التنبؤية وتطبيقاتها في الواقع الصناعي، وتكونت العينة من مجموعة من الصناعات التي طبقت تقنيات الصيانة التنبؤية مثل أنظمة الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق الصيانة التنبؤية يساعد في تحسين الإنتاجية وتقليل الفاقد، وأوصت الدراسة بضرورة مواجهة التحديات المتعلقة بالتكامل بين الأنظمة المختلفة وزيادة استخدام تقنيات الصيانة التنبؤية لتحسين أداء المعدات في الصناعات الحديثة.

دراسة (Onuegbu & Idriss, 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير تقنيات الصيانة التنبؤية على الكفاءة التشغيلية في الشركات الناشئة في مجال التصنيع بأبعاده (عملية التنفيذ، تأثير العمليات، التحديات والعقبات) على تحسين الأداء وتقليل التوقف في هذه الشركات، واستخدمت الدراسة المنهج النوعي من خلال إجراء مقابلات شبه هيكلية مع 22 مشاركاً من مؤسسي الشركات، ومديري العمليات، وفنيي الصيانة، وتكونت العينة من ممثلين عن الشركات الناشئة في التصنيع، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنيات الصيانة التنبؤية ساهمت بشكل كبير في تحسين الكفاءة التشغيلية من خلال تقليل التوقف، وزيادة الإنتاجية، وتحسين استخدام الموارد، وأوصت الدراسة بتجاوز التحديات التكنولوجية والمالية والإدارية من خلال التخطيط الجيد، ودمج الأنظمة بشكل مناسب، وتوفير التدريب والدعم اللازم.

دراسة (STAN et al., 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيق نموذج التوأم الرقمي المبني باستخدام MATLAB للتنبؤ ومنع الأعطال في خطوط الإنتاج المرنة بأبعاده (جمع البيانات، اتخاذ قرارات الصيانة، تقليل التوقف) على تحسين كفاءة الصيانة وتقليل التوقف في عمليات الإنتاج، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي باستخدام أدوات التوأم الرقمي في MATLAB، وتكونت العينة من بيانات خطوط الإنتاج المرنة التي تم جمعها من المعدات والأنظمة المختلفة، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن استخدام التوأم الرقمي ساعد في اتخاذ قرارات صيانة دقيقة بناءً على البيانات الحية، مما أسهم في تقليل التوقف وتحسين أداء

الإنتاج، وأوصت الدراسة بتطبيق هذه التقنيات في صناعات أخرى لتحقيق كفاءة أكبر وتقليل الأعطال غير المخطط لها.

دراسة (Petroutsatou & Ladopoulos, 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تصميم نظام ذكي متكامل لمراقبة حالة المعدات بناءً على إنتاجيتها وتوفير بيانات تشخيصية تساعد في تحسين عملية الإنتاج، وتنفيذ الصيانة في الوقت المناسب، وزيادة العمر "الاقتصادي" للمعدات، واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي باستخدام أجهزة الاستشعار وتقنيات الشبكات اللاسلكية لجمع بيانات أداء المعدات، وتكونت العينة من معدات البناء التي تم تركيب أجهزة استشعار عليها لمراقبة حالتها، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النظام المقترح ساعد في تحسين كفاءة الصيانة وتقليل التأثيرات البيئية السلبية، مما أسهم في تقليل تكاليف المعدات وزيادة استدامتها، وأوصت الدراسة بتوسيع استخدام هذه الأنظمة الذكية في مشاريع البناء لتحقيق كفاءة أعلى وتقليل التكاليف البيئية.

الفجوة البحثية

تتفق الدراسة الحالية مع العديد من الدراسات السابقة في أن الصيانة التنبؤية تسهم بشكل كبير في تحسين الإنتاجية وتقليل التكاليف التشغيلية. على سبيل المثال، دراسة (Er-Ratby et al., 2024) أكدت على أن تطبيق الذكاء الاصطناعي في الصيانة التنبؤية يمكن أن يسهم في تقليل التكاليف وزيادة كفاءة المعدات، وهو ما يتماشى مع النتائج المتوقعة في الدراسة الحالية التي تركز على تأثير الصيانة التنبؤية على زيادة الإنتاجية في الصناعات الهندسية. ومع ذلك، بينما تركز دراسات مثل دراسة (Rani et al., 2024) على استخدام خوارزميات محددة مثل AdaBoost لتحسين الدقة في تصنيف التوقعات، فإن الدراسة الحالية تتعامل مع مفهوم أوسع يشمل كافة الأبعاد مثل التنبؤ بالأعطال، وتحليل البيانات، وتحسين جداول الصيانة.

تختلف الدراسة الحالية عن بعض الدراسات الأخرى مثل (Rao et al., 2024) التي ركزت على خوارزميات التعلم العميق في تحسين استراتيجيات الصيانة، حيث إن دراستنا تركز أكثر على الصيانة التنبؤية وتطبيقاتها في الصناعات الهندسية بشكل عام، مع التركيز على تحليل بيانات استشعار الآلات لتوقع الأعطال المحتملة. في المقابل، تركز دراسات مثل (Kshirsagar et al., 2024) على دمج الخوارزميات المختلفة مثل Cuckoo Search و AdaBoost في تحسين دقة التنبؤ، بينما لا

تركز دراستنا بشكل كبير على دمج الخوارزميات ولكن على تطبيقات عملية أكثر لصيانة المعدات في بيئات صناعية محددة.

الفجوة الأخرى تكمن في كيفية معالجة بعض الدراسات مثل (Mohapatra, 2024) لتطبيق الذكاء الاصطناعي التوليدي مثل GANs في التنبؤ بالفشل وتحسين جداول الصيانة. في حين أن الدراسة الحالية تركز على أبعاد الصيانة التنبؤية بشكل تقليدي، فإن استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي في دراسات أخرى يمثل تقدماً تقنياً يمكن أن يعزز من دقة وفعالية الصيانة التنبؤية، وهي نقطة تحتاج إلى مزيد من البحث والتطوير في سياق الصناعات الهندسية بمدينة الرياض.

من جهة أخرى، دراسة (Ram et al., 2024) تناولت تأثير التكامل بين الصيانة التنبؤية وتحليل الإنتاج على تحسين الكفاءة التشغيلية في الصناعات التصنيعية باستخدام أدوات التحليل في الوقت الفعلي مثل الإنترنت الأشياء. بينما تتفق الدراسة الحالية مع أهمية التكنولوجيا الحديثة، فإنها تركز بشكل أكبر على تأثير الصيانة التنبؤية على الإنتاجية في الصناعات الهندسية بشكل عام، دون التركيز المباشر على أدوات الإنترنت الأشياء في البيانات التشغيلية.

أخيراً، في حين أن العديد من الدراسات مثل (Meira et al., 2022) استكشفت تطبيقات الصيانة التنبؤية في ظل الثورة الصناعية 4.0، إلا أن الدراسة الحالية تركز أكثر على تأثير هذه التطبيقات في الشركات الصناعية في مدينة الرياض. الفرق الأساسي هنا هو أن دراستنا تتعامل مع بيئة محلية محددة في الرياض، مما يشير إلى وجود فجوة في التطبيقات العملية للصيانة التنبؤية في صناعات محددة في مناطق معينة.

المنطلقات النظرية للدراسة:

تعريفات الدراسة اصطلاحياً:

1. **الصيانة التنبؤية:** الصيانة التنبؤية هي مجموعة من الأنشطة التي تهدف إلى استخدام تقنيات تحليل البيانات والتنبؤات المستقبلية لتحديد الأعطال قبل حدوثها في المعدات أو الآلات. تعتمد هذه العملية على مراقبة الأداء الفعلي للمعدات واستخدام الخوارزميات مثل التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات التنبؤية مما يسمح بإجراء الصيانة قبل حدوث الأعطال (Er-Ratby et al., 2024).

2. **الذكاء الاصطناعي:** الذكاء الاصطناعي هو فرع من علوم الكمبيوتر يهدف إلى تطوير أنظمة قادرة على محاكاة العمليات العقلية البشرية مثل التعلم، والتحليل، واتخاذ القرارات. في مجال الصيانة التنبؤية، يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات الضخمة والتنبؤ بالأعطال بناءً على الأنماط السابقة (Mohapatra, 2024).
3. **التعلم الآلي:** التعلم الآلي هو فرع من الذكاء الاصطناعي يركز على تطوير الخوارزميات التي تمكن الأنظمة من التعلم والتحسين بناءً على البيانات دون الحاجة إلى برمجة محددة مسبقاً. في الصيانة التنبؤية، يستخدم التعلم الآلي لتحليل البيانات المستخلصة من الأجهزة والمعدات لتحديد الأنماط التي تشير إلى حدوث الأعطال (Khan, 2024).
4. **تحليل البيانات:** تحليل البيانات هو عملية استخراج المعلومات والأنماط من البيانات الخام باستخدام أدوات إحصائية وتقنيات التحليل. في سياق الصيانة التنبؤية، يُستخدم لتحليل بيانات التشغيل وأداء المعدات لتحديد الأنماط التي يمكن التنبؤ من خلالها بموعد حدوث الأعطال (Ram et al., 2024).
5. **تحسين جداول الصيانة:** تحسين جداول الصيانة يتضمن جدولة الأنشطة الصيانة بناءً على التنبؤات والتوقعات الخاصة بعمر المعدات ومستوى أدائها، مما يسمح بتقليل فترات التوقف غير المخطط لها وتحسين استخدام الموارد (Simi & Resmi, 2023).

تعريفات الدراسة إجرائياً:

1. **الصيانة التنبؤية:** في إطار الدراسة، تُعرف الصيانة التنبؤية بأنها عملية استخدام البيانات الفعلية المستخلصة من الآلات والمعدات الصناعية في مدينة الرياض لتنبؤ الأعطال المستقبلية. ويتم استخدام تقنيات مثل التحليل الإحصائي والتعلم الآلي لتحليل البيانات واتخاذ قرارات صيانة استباقية.
2. **الذكاء الاصطناعي:** يُعرف الذكاء الاصطناعي في هذه الدراسة بتطبيق تقنيات الحوسبة الذكية لتحليل البيانات المجمعة من المعدات الصناعية، بحيث يمكن للنظام التنبؤ بالأعطال المستقبلية وتحسين قرارات الصيانة في الوقت الفعلي.
3. **التعلم الآلي:** في هذه الدراسة، يُستخدم التعلم الآلي لتحليل بيانات الأداء من المستشعرات المدمجة في الآلات. يتم تدريب الخوارزميات على الأنماط التاريخية للأعطال لتقديم تنبؤات دقيقة حول الأعطال المستقبلية، مما يساعد في تحديد متى يجب إجراء الصيانة.
4. **تحليل البيانات:** يتم تعريف تحليل البيانات في هذه الدراسة كعملية استخراج المعلومات المتاحة من الأنظمة التشغيلية للمعدات، وذلك باستخدام أدوات تحليل البيانات المتقدمة مثل التحليل

الإحصائي وتحليل الاتجاهات في الأداء لتحديد الأنماط التي قد تشير إلى حدوث الأعطال في المستقبل.

5. **تحسين جداول الصيانة:** في هذه الدراسة، يتم تحسين جداول الصيانة من خلال تطوير أنظمة قادرة على تحديد الأوقات المثلى للصيانة بناءً على تحليل البيانات التنبؤية للأداء، مما يساهم في تقليل التوقفات غير المخططة وتحسين استخدام المعدات في الشركات الصناعية بمدينة الرياض.

المنهجية وطرق البحث:

تستخدم هذه الدراسة **المنهج الوصفي التحليلي**، الذي يعد من أكثر المناهج المناسبة لدراسة الظواهر التي تتعلق بتطبيقات الصيانة التنبؤية في الصناعات الهندسية. يعتمد المنهج الوصفي على جمع البيانات وتحليلها للوصول إلى استنتاجات تساعد في فهم دور الصيانة التنبؤية في تحسين الإنتاجية. كما يعتمد المنهج التحليلي على تفسير وتحليل البيانات المتاحة لاستخلاص العلاقات بين المتغيرات المختلفة مثل التنبؤ بالأعطال، تحليل البيانات، وتحسين جداول الصيانة.

مصادر جمع البيانات

- الطريقة الكمية: سيتم استخدام الاستبيانات لجمع البيانات من الشركات الصناعية بمدينة الرياض التي تعتمد على تقنيات الصيانة التنبؤية، سيتضمن الاستبيان مجموعة من الأسئلة المغلقة والموضوعية حول تأثير الصيانة التنبؤية على تحسين الإنتاجية، تقليل الأعطال، وتحسين كفاءة المعدات.
- تحليل البيانات الثانوية: سيتم جمع البيانات الثانوية من التقارير الفنية وسجلات الصيانة السابقة لشركات صناعية تمثل القطاع المستهدف في الدراسة، مما تساعد هذه البيانات في فهم أثر الصيانة التنبؤية على تقليل التوقفات غير المخططة وزيادة الكفاءة التشغيلية.

أدوات الدراسة:

ستعتمد هذه الدراسة على **الاستبيان كأداة رئيسية** لجمع البيانات من الشركات الصناعية بمدينة الرياض. سيتكون الاستبيان من مجموعة من الأسئلة المغلقة التي تهدف إلى جمع معلومات حول تأثير الصيانة التنبؤية على تحسين الإنتاجية، تقليل الأعطال، وتحسين كفاءة المعدات. كما يتضمن الاستبيان بعض

الأسئلة المفتوحة التي تسمح للمستجيبين بتقديم ملاحظاتهم حول تحديات الصيانة التنبؤية في بيئات العمل. سيتم توزيع الاستبيان على الموظفين المعنيين بالصيانة والتشغيل، مثل الفنيين ومديري الأقسام في مجموعة متنوعة من الشركات الصناعية، عبر البريد الإلكتروني أو المقابلات الشخصية.

وسيتم استخدام مقياس ليكرت الخماسي لتقييم استجابات المشاركين، حيث تتراوح الإجابات من (موافق بشدة) إلى (غير موافق بشدة)، مما يسهل تحليل البيانات بطريقة كمية واستخلاص استنتاجات دقيقة. بالإضافة إلى ذلك، سيتم التحقق من صدق وثبات الاستبيان من خلال عرضه على مجموعة من الخبراء والمتخصصين لضمان دقة الأسئلة وملاءمتها لأهداف الدراسة.

الأساليب الإحصائية المستخدمة

تعتمد هذه الدراسة على مجموعة من الأساليب الإحصائية الكمية لتحليل البيانات المستخلصة من الاستبيان، وذلك باستخدام برنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) لضمان دقة النتائج واستخلاص استنتاجات علمية موثوقة. تشمل الأساليب الإحصائية المستخدمة ما يلي:

الإحصاء الوصفي (Descriptive Statistics):

يتم استخدامه لتقديم ملخص شامل للبيانات المجمعة من خلال المتوسط الحسابي، الانحراف المعياري، التكرارات، والنسب المئوية.

اختبار الصدق والثبات (Reliability and Validity Tests):

يتم التحقق من صدق الاستبيان من خلال عرضه على مجموعة من الخبراء لضمان ملاءمته لأهداف الدراسة.

يتم استخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لاختبار ثبات الاستبيان، مما يضمن قياساً متسقاً للمتغيرات المختلفة في الدراسة.

تحليل الارتباط (Correlation Analysis):

يتم استخدام معامل الارتباط بيرسون (Pearson Correlation) لتحديد درجة العلاقة بين المتغيرات.

حدود الدراسة:

- ← **حدود موضوعية:** تركز الدراسة على **الصيانة التنبؤية** بأبعادها المختلفة (التنبؤ بالأعطال، تحليل البيانات، تحسين جداول الصيانة) في **الصناعات الهندسية** في تعزيز الإنتاجية .
- ← **حدود زمنية:** سيتم إجراء الدراسة خلال الفترة 2024 إلى 2025 م .
- ← **حدود مكانية :** تقتصر الدراسة على الشركات الصناعية في مدينة الرياض.
- ← **الحدود البشرية:** تقتصر الدراسة على جمع البيانات من الموظفين المتخصصين في قسم الصيانة وإدارة العمليات داخل الشركات الصناعية بمدينة الرياض، مثل الفنيين، مهندسي الصيانة، ومديري الأقسام الصناعية.

المراجع

- Al-Said, S., Findık, O., Assanova, B., Sharmukhanbet, S., & Baitemirova, N. (2024). Enhancing Predictive Maintenance in Manufacturing: A CNN-LSTM Hybrid Approach for Reliable Component Failure Prediction (pp. 137–153). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51997-0_11
- Er-Ratby, M., Kobi, A., Sadraoui, Y., & Kadiri, M. S. (2024). The Role of Predictive Maintenance Optimization Techniques in Enhancing Industrial Productivity. 1–6. <https://doi.org/10.1109/icoa62581.2024.10753723>
- Khan, A. S. (2024). Utilizing Data Analytics for Predictive Maintenance in Manufacturing: A Systematic Review on Achieving Operational Excellence. 1(01), 56–67. <https://doi.org/10.70937/itej.v1i01.7>
- Kshirsagar, P. S., Vispute, S., Dekate, A., & Khardekar, A. (2024). Optimized Manufacturing and Construction Site Machines Maintenance Prediction using Machine Learning and Crayfish Algorithm.

International Journal For Multidisciplinary Research.
<https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i05.28248>

- Mathew, A., & Kaur, S. (2024, July). Predictive Maintenance for Manufacturing Using Data Mining Techniques. In 2024 2nd World Conference on Communication & Computing (WCONF) (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/wconf61366.2024.10692226>
- Meira, J., Pons, E. P., Domínguez, J. P., Marreiros, G., & Ramos, C. (2021). Predictive maintenance through data-driven approaches. In Proceedings of the III Workshop on disruptive information and communication technologies for innovation and digital transformation (pp. 13-25). Ediciones Universidad de Salamanca. <https://doi.org/10.14201/0aq03111326>
- Mohapatra, A. (2024). Generative AI for Predictive Maintenance: Predicting Equipment Failures and Optimizing Maintenance Schedules Using AI. Int. J. Sci. Res. MANA, 12, 1648-1672. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v12i11.ec03>
- Onuegbu, C., & Idriss, H. (2022). The Influence of Predictive Maintenance Technologies on Operational Efficiency in Manufacturing Startups. 1(2), 40–50. <https://doi.org/10.61838/kman.jtesm.1.2.5>
- Petroutsatou, K., & Ladopoulos, I. (2022). Integrated Prescriptive Maintenance System (PREMSYS) for Construction Equipment Based on Productivity. 1218. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1218/1/012006>
- Ram, M. V., Sharma, N., Joshi, A., & Vermani, A. (2024). Predictive Maintenance and Production Analysis in Smart Manufacturing (pp. 234–244). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61891-8_23
- Rani, A. J., Prithivirajan, V., Shiney, S. A., Babaiah, Ch., Swamy, H., & Sivagamidevi, G. (2024). Enhancing Predictive Maintenance in

Industrial IoT through Machine Learning Models. 1–6.
<https://doi.org/10.1109/asiancon62057.2024.10837788>

- Rao, A. V. S. S., Kulkarni, S., Bhatia, D., Sambasivarao, L. V., & Singh, K. (2024). Advanced Machine Learning Algorithms for Predictive Maintenance in Industrial Manufacturing Systems. South Eastern European Journal of Public Health, 716–723.
<https://doi.org/10.70135/seejph.vi.2057>
- Simi, T., & Resmi, N. G. (2023, August). A Robust Data-Driven Predictive Maintenance Framework for Industrial Machinery using Explainable Machine Learning Techniques. In 2023 9th International Conference on Smart Computing and Communications (ICSCC) (pp. 138-143). IEEE
<https://doi.org/10.1109/icsc59169.2023.10335030>
- STAN, C., Oprea, M., & Stan, A. (2023). Predictive maintenance of a flexible production line implemented in matlab. Romanian Journal of Petroleum & Gas Technology, 4(2), 251–258.
<https://doi.org/10.51865/jpgt.2023.02.24>

Mid-Ocean University

College of Management

Specialization: Business Administration



**The Role of Predictive Maintenance
in Enhancing Productivity in Engineering Industries: An
Applied Study on Industrial Companies in Riyadh**

Preparation:

Sultan Othman Alshaikhi

Student ID 243002118

Supervision:

Dr. Al faisal Abdelhameed Mohamed

Dr. Fayez Ali Jrad

1446 – 2025