

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

ماجستير ادارة الاعمال



أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية على تقليل الأعطال غير المخططة في

معدات المناجم: دراسة ميدانية في الشركة السعودية للتعدين (معادن).

إعداد الطالب/ عبدالله علي عوضه عبوش الغامدي

الرقم الجامعي/٢٥٢٠٠٠٣١٣

إشراف/

د. الفيصل عبد الحميد محمد حسن

د.فايز جراد

العام الدراسي:2025

٣	مقدمة:
٤	مشكلة الدراسة
٥	أهمية الدراسة:
٦	أهداف الدراسة:
٨	تساؤلات الدراسة
٩	فروض الدراسة:
٩	الفروض الفرعية:
١٠	الدراسات السابقة:
١٥	الفجوة البحثية:
١٦	المنطلقات النظرية للدراسة:
١٦	المنهجية وطرق البحث:
٢١	ثانياً: مجتمع وعينة الدراسة
٢١	رابعاً: أداة الدراسة
٢٥	المراجع

مقدمة:

تُعد الصيانة بمفهومها الحديث أحد الأعمدة الرئيسية لضمان استمرارية العمليات الصناعية والإنتاجية، إذ لم تعد تقتصر على إصلاح الأعطال بعد وقوعها، بل أصبحت نشاطاً استراتيجياً متكاملًا يهدف إلى المحافظة على كفاءة المعدات، وإطالة عمرها التشغيلي، وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة، وقد تطور مفهوم الصيانة في العقود الأخيرة من "عملية إصلاح" إلى "نظام إدارة" يعتمد على أسس علمية وفنية دقيقة، تسهم في تحقيق استقرار الأداء التشغيلي وتقليل زمن التوقف، وتُعد الصيانة الوقائية من أهم صور هذا التطور، كونها تُنفذ وفق خطط زمنية مسبقة للحد من الأعطال المفاجئة، ما يعزز استمرارية الإنتاج وكفاءة التشغيل. [Gomes et al., 2023]

لقد أصبح تطبيق الصيانة الوقائية ضرورة ملحة في ظل الثورة الصناعية الرابعة (Industry 4.0) وما صاحبها من تطور في التقنيات الرقمية والأنظمة الذكية. فالصناعات الحديثة تعتمد اليوم على أنظمة مترابطة تُدار من خلال أجهزة استشعار وشبكات إنترنت الأشياء (IoT)، تتيح مراقبة حالة المعدات في الزمن الحقيقي والتنبؤ بالأعطال قبل وقوعها، وهذه التحولات التقنية أسهمت في تحويل الصيانة من نمطها التقليدي إلى منظومة ذكية قائمة على البيانات والتحليل المستمر، مما جعلها أداة فاعلة في تحسين الكفاءة الكلية للمعدات (OEE) وتقليل فترات التوقف غير المخطط لها [Novarika et al., 2024].

وفي ظل التنافس الصناعي العالمي، أصبح خفض التكاليف التشغيلية وتحسين الموثوقية التشغيلية هدفًا استراتيجيًا تسعى إليه المؤسسات، وتُعد الصيانة الوقائية من أبرز الأدوات التي تمكّن المنشآت من تحقيق هذا الهدف، إذ تعمل على تفادي الأعطال المفاجئة التي تسبب خسائر إنتاجية ومادية كبيرة، وأن تطبيق الصيانة الوقائية في شركة صناعية إندونيسية أدى إلى رفع موثوقية المكونات الميكانيكية إلى أكثر من ٨٥٪، وخفض تكاليف الصيانة بنسبة تجاوزت ٧٦٪ خلال ثلاث سنوات، مما يبرز الأثر الاقتصادي الإيجابي لاعتماد هذه الأنظمة في بيئات التشغيل الصناعية. (Febriani et al., 2025)

إن البعد الإداري والمهني يشكل ركيزة أساسية في فعالية أنظمة الصيانة الوقائية، فقد أوضحت دراسة Castillo Correa (2021) أن اعتماد خطة صيانة منتظمة، مدعومة ببرامج تدريب وتطبيق منهجية (5S)، يؤدي إلى تحسين كفاءة الخدمات ورفع مستوى رضا العملاء في المؤسسات الصناعية، ويُستفاد

من ذلك أن نجاح الصيانة الوقائية لا يرتبط فقط بالأدوات والمعدات، بل أيضًا بتأهيل الكوادر البشرية وتنمية ثقافة الصيانة داخل المؤسسة.

من هنا تنبع أهمية هذه الدراسة التي تسعى إلى تحليل أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بأبعادها المختلفة على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم في شركة معادن. فالدراسة تسعى إلى بناء فهم علمي وتطبيقي يربط بين كفاءة أنظمة الصيانة الوقائية ونتائجها التشغيلية في بيئة التعدين، بما يسهم في سد فجوة معرفية قائمة في الأدبيات، ويعزز من تطبيق الممارسات الحديثة في إدارة الصيانة الصناعية.

مشكلة الدراسة

تُعد الصيانة الوقائية من الركائز الأساسية في إدارة العمليات الصناعية الحديثة، إذ تمثل إستراتيجية فعّالة للحفاظ على كفاءة المعدات وضمان استمرارية الإنتاج دون توقفات غير متوقعة، ومع التطور الصناعي والتكنولوجي الكبير في منشآت التعدين، أصبحت الأعطال غير المخططة من أبرز التحديات التي تواجه الشركات الكبرى، لما تسببه من خسائر مادية وتشغيلية، وتراجع في الإنتاجية، وارتفاع في تكاليف الإصلاح والصيانة الطارئة، أن ضعف تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية يؤدي إلى انخفاض كبير في موثوقية المعدات الصناعية وزيادة عدد التوقفات المفاجئة، مما ينعكس سلباً على كفاءة العمليات الإنتاجية واستقرارها (Gomes et al., 2023).

تتميز بيئة التعدين بأنها بيئة تشغيلية قاسية تتعرض فيها المعدات لضغوط واهتزازات عالية وظروف بيئية قاسية، ما يجعلها أكثر عرضة للأعطال المفاجئة. وعلى الرغم من أهمية تطبيق أنظمة صيانة وقائية فعّالة، فإن العديد من شركات التعدين لا تزال تعتمد على أساليب الصيانة العلاجية أو التصحيحية بعد وقوع العطل، مما يؤدي إلى زيادة زمن التوقف وتكاليف التشغيل، وأشارت دراسة Novarika et al. (2024) إلى أن ضعف تنظيم جداول الصيانة الوقائية في شركات المناولة والتشغيل يؤدي إلى انخفاض الكفاءة التشغيلية للمعدات بنسبة كبيرة، فإن غياب نظام صيانة وقائية متكامل يؤدي إلى مشكلات مشابهة، بل أكثر حدة بسبب طبيعة المعدات الثقيلة المستخدمة في الاستخراج والمعالجة المعدنية.

أظهرت عدة دراسات سابقة أن تبني برامج الصيانة الوقائية يحقق نتائج ملموسة في تحسين الأداء الصناعي، مثل دراسة Febriani et al. (2025) التي توصلت إلى أن تطبيق الصيانة الوقائية في آلة Punching أدى إلى خفض تكاليف الصيانة بنسبة ٧٦.٤٪ ورفع موثوقية المكونات إلى نحو ٨٥٪. كما بينت دراسة Al-Duais et al. (2022) أن تحديد الفواصل الزمنية المثلى للصيانة الوقائية وفق توزيع ويبل (Weibull Distribution) يسهم في تحسين موثوقية الآلات وإطالة فترة التشغيل بين الأعطال.

ورغم التطور الصناعي في المملكة العربية السعودية، إلا أن العديد من المنشآت، وخاصة في مجال التعدين، لا تزال تواجه تحديات في تفعيل أنظمة الصيانة الوقائية بصورة علمية ومتكاملة، فبحسب دراسة القبي ونصر (2021) وبيك وآخرون (2024)، فإن ضعف الاهتمام بتخطيط الصيانة وتدريب الكوادر الفنية يؤدي إلى ارتفاع معدلات الأعطال وانخفاض الكفاءة الإنتاجية في المنشآت الخدمية والصناعية. كما أوصت دراسة Thamma et al. (2025) بضرورة دمج التقنيات الحديثة مثل المتحكمات المبرمجة (PLC) وأنظمة المراقبة الذكية (HMI) في تطبيق الصيانة الوقائية للحد من الأخطاء البشرية وتحسين كفاءة الصيانة.

انطلاقاً من نتائج الدراسات السابقة، ومن خلال الملاحظة العملية لقطاع التعدين في المملكة العربية السعودية، يتبين أن شركة معادن رغم ريادتها في قطاع التعدين تواجه تحديات في تقليل الأعطال غير المخططة الناجمة عن قصور في تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بصورة منهجية ومتكاملة وتتمثل مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيس الآتي:

ما أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بأبعادها المختلفة على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم بالشركة السعودية للتعدين (معادن)؟

أهمية الدراسة:

تعتمد أهمية هذه الدراسة على إسهاماتها النظرية والتطبيقية فيما يلي:

أولاً: الأهمية العلمية:

- ✗ تسهم الدراسة في إثراء الأدبيات العلمية في مجال إدارة الصيانة الصناعية من خلال تناول أثر أنظمة الصيانة الوقائية في بيئة صناعية متقدمة مثل قطاع التعدين في المملكة العربية السعودية.
- ✗ تقدم إطارًا نظريًا وتحليليًا يربط بين مفاهيم الصيانة الوقائية وأثرها على الكفاءة التشغيلية والموثوقية الإنتاجية للمعدات.
- ✗ تساعد على توسيع الفهم العلمي حول العلاقة بين الصيانة الوقائية وتقليل الأعطال غير المخططة، من خلال دراسة ميدانية مدعومة بالتحليل الإحصائي.
- ✗ تمثل مرجعًا علميًا للباحثين والدارسين في مجالات الهندسة الصناعية وإدارة الإنتاج والصيانة لإجراء دراسات مستقبلية مشابهة في قطاعات صناعية مختلفة.
- ✗ توضح أهمية التكامل بين التكنولوجيا الحديثة) مثل IoT والذكاء الصناعي (وممارسات الصيانة الوقائية في تحقيق أعلى مستويات الكفاءة التشغيلية.

ثانيًا: الأهمية العملية:

- ✗ تمكن إدارة الشركة السعودية للتعيين (معادن) من وضع سياسات فعّالة لتطبيق الصيانة الوقائية تضمن تقليل الأعطال المفاجئة وتحسين استمرارية التشغيل في المناجم.
- ✗ تساعد في رفع كفاءة استغلال الموارد الإنتاجية من خلال تقليل فترات التوقف وتحسين جاهزية المعدات، مما ينعكس إيجابًا على إنتاجية الشركة وربحياتها.
- ✗ تساهم في تقليل تكاليف الصيانة والإصلاح الطارئ من خلال التحول من أسلوب الصيانة العلاجية إلى الصيانة الوقائية المخططة.
- ✗ تقدم نموذجًا عمليًا يمكن تطبيقه وتعديله في شركات التعدين والصناعات الثقيلة الأخرى في المملكة العربية السعودية وخارجها.

✕ تعزز من قدرات الكوادر الفنية والإدارية من خلال تبني أساليب حديثة لإدارة الصيانة المعتمدة على البيانات والتقنيات الذكية.

✕ تدعم توجهات رؤية المملكة ٢٠٣٠ في تطوير القطاع الصناعي ورفع كفاءته التشغيلية عبر تطبيق أنظمة الإدارة الحديثة والتحول التقني في الصيانة والإنتاج.

أهداف الدراسة:

هدفت هذه الدراسة إلى دراسة أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بأبعادها (تخطيط الصيانة الدورية، وجدولة عمليات الفحص والمعاينة، وإدارة قطع الغيار، وتدريب الكوادر الفنية، واستخدام التقنيات الحديثة في التنبؤ بالأعطال) على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم بالشركة السعودية للتعدين (معادن).

وتتفرع من هذا الهدف العام عدة أهداف فرعية، من أبرزها:

١. تحليل مدى فعالية برامج الصيانة الوقائية المطبقة في الشركة في الحد من التوقفات المفاجئة وتحسين جاهزية المعدات التشغيلية.

٢. دراسة العلاقة بين كفاءة تخطيط وجدولة الصيانة الوقائية وبين معدل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم.

٣. قياس أثر تطوير مهارات الكوادر الفنية وبرامج التدريب على تحسين تنفيذ خطط الصيانة وتقليل الأخطاء التشغيلية.

٤. تقييم دور استخدام التقنيات الحديثة مثل أنظمة المراقبة الذكية وإنترنت الأشياء (IoT) في التنبؤ بالأعطال وتحقيق استدامة تشغيل المعدات.

٥. تحديد أثر إدارة قطع الغيار والصيانة المسبقة في تقليل زمن التوقف وتقليل تكاليف الإصلاح

الناتجة عن الأعطال المفاجئة.

٦. اقتراح نموذج تكاملي لتطبيق الصيانة الوقائية يضمن استمرارية كفاءة المعدات ورفع مستوى

الموثوقية الإنتاجية في بيئة التعدين.

تساؤلات الدراسة

ما أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بأبعادها المختلفة على تقليل الأعطال غير المخططة في
معدات المناجم بالشركة السعودية للتعدين (معادن)؟

الأسئلة الفرعية:

✕ ما مدى فعالية تخطيط وجدولة الصيانة الوقائية في الحد من الأعطال غير المخططة

بمعدات المناجم؟

✕ إلى أي مدى تسهم برامج الفحص والمعاينة الدورية في رفع جاهزية المعدات التشغيلية

وتقليل التوقفات المفاجئة؟

✕ ما أثر تدريب وتأهيل الكوادر الفنية على تحسين تنفيذ عمليات الصيانة وتقليل الأخطاء

التشغيلية؟

✕ كيف يؤثر استخدام التقنيات الحديثة) مثل أنظمة المراقبة الذكية وإنترنت الأشياء (IoT على

التنبؤ بالأعطال وتقليل الأعطال غير المخططة؟

✕ ما دور إدارة قطع الغيار وتوافرها في الوقت المناسب في تقليل زمن التوقف وتحسين

استمرارية التشغيل؟

✕ إلى أي مدى يؤدي التكامل بين عناصر نظام الصيانة الوقائية إلى تحسين الموثوقية

التشغيلية للمعدات وتقليل الأعطال المفاجئة في بيئة التعدين؟

فروض الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة على تساؤلاتها يمكن صياغة الفرضيات التالية:

هناك أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بأبعادها المختلفة على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم بالشركة السعودية للتعدين (معادن).

الفروض الفرعية:

- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق تخطيط وجدولة الصيانة الوقائية على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق برامج الفحص والمعاينة الدورية على رفع جاهزية المعدات وتقليل التوقفات المفاجئة.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لـ تدريب وتأهيل الكوادر الفنية على تحسين كفاءة تنفيذ عمليات الصيانة وتقليل الأعطال التشغيلية.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام التقنيات الحديثة) مثل أنظمة المراقبة الذكية وإنترنت الأشياء (IoT) على التنبؤ المبكر بالأعطال وتقليل الأعطال غير المخططة.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لـ إدارة قطع الغيار وتوافرها في الوقت المناسب على تقليل زمن التوقف الناتج عن الأعطال.
- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لـ تكامل عناصر نظام الصيانة الوقائية على تحسين الموثوقية التشغيلية وتقليل الأعطال المفاجئة في بيئة التعدين.

الدراسات السابقة:

دراسة (Febriani et al., 2025)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق الصيانة الوقائية بأبعادها (تحديد فترات الصيانة، تحسين موثوقية المكونات، وتقليل تكاليف الأعطال) على خفض زمن التوقف وتكاليف الصيانة في ماكينة Punching في شركة PT. XYZ ، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من بيانات أداء الماكينة ومكونات الصيانة (bearing ، spring ، coil) خلال فترة ثلاث سنوات.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق الصيانة الوقائية أدى إلى رفع مستوى الموثوقية للمكونات إلى نحو ٨٥٪ وخفض تكاليف الصيانة بنسبة ٧٦.٤٢٣٪، من ١,٨٥١,٨٠٩,٨١٤ روبية إلى ٤٣٦,٦٠٨,٣٣٧ روبية خلال ثلاث سنوات.

وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد خطة صيانة وقائية دورية تعتمد على تحليل الموثوقية لكل مكون لضمان استمرارية الإنتاج وتقليل الأعطال المستقبلية.

دراسة (El Khiate et al., 2025)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق الصيانة التنبؤية بأبعادها (استخدام تحليل بيانات المستشعرات في الوقت الحقيقي، التنبؤ بالأعطال المبكرة، وتحسين دورات الصيانة) على رفع موثوقية محركات الديزل وتقليل الأعطال المفاجئة، و استخدمت الدراسة المنهج التحليلي الكمي، حيث تم تحليل بيانات أعطال أسطول من محركات الديزل باستخدام اختبار Kolmogorov–Smirnov (K–S) لتحديد أفضل التوزيعات الاحتمالية وتقدير معالماتها النسبية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق الصيانة التنبؤية أدى إلى تحسين معالمات توزيع Weibull، حيث انخفضت قيمة β من ١.٣١ إلى ١.٢٦ وارتفعت قيمة η من ٦٢٧.١٦ إلى ١٠٧٣.٩٧، مما يعكس انخفاض وتيرة الأعطال وإطالة دورة حياة المحرك.

وأوصت الدراسة باعتماد أنظمة المراقبة الذكية المبنية على تحليل البيانات اللحظي لتشخيص الأعطال مبكرًا، وتحسين تخطيط الصيانة بما يقلل التكاليف ويرفع كفاءة وأداء المحركات...

دراسة (Gomes et al., 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق الصيانة الوقائية ومنهجية "انعدام الأعطال بالاعتماد على الحالة الأساسية" (Zero Breakdown by Base Condition) بأبعادها (التفتيش الدوري، التشحيم، الضبط المسبق، واستبدال المكونات قبل الأعطال، إضافة إلى المراقبة المستمرة لحالة المعدات) على رفع مستوى توافر وموثوقية المعدات الصناعية وتقليل الأعطال والتوقفات غير المخطط لها، واستخدمت الدراسة المنهج التطبيقي التحليلي، وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق برامج الصيانة الوقائية المنتظمة والمراقبة المستمرة لحالة المعدات باستخدام تقنيات تحليل الاهتزازات، والتصوير الحراري، وتحليل الزيت، أسهم بشكل ملحوظ في تقليل الأعطال غير المتوقعة وزيادة جاهزية المعدات التشغيلية.

وأوصت الدراسة باعتماد مزيج من الصيانة الوقائية والصيانة المعتمدة على الحالة كأساس لتحقيق أقصى درجات الموثوقية وتجنب التوقفات المفاجئة، مما يعزز كفاءة العمليات الإنتاجية ويخفض التكاليف التشغيلية..

دراسة (Li et al., 2020)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام أسلوب المحاكاة مونت كارلو (Monte Carlo Simulation) في تحليل عملية تغير أداء الأنظمة وتحديد الفاصل الزمني الأمثل للصيانة الوقائية (PM) من خلال أبعاده (تكلفة الصيانة لكل وحدة زمن، معدل الأعطال، التوافر الأدائي، والمرونة الاحتمالية للنظام) ، و استخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النموذج القائم على محاكاة مونت كارلو يتيح فهماً أدق لتغيرات الأداء المستمرة في الأنظمة متعددة الحالات (Continuous Multistate Systems)، ويساعد في تقليل معدل الأعطال وتحسين توافر الأداء والمرونة التشغيلية للنظام. كما أظهرت دراسة حالة على عنقود حوسبي (Computer Cluster) فعالية النموذج في تحقيق تحسينات ملموسة في أداء النظام وكفاءة الصيانة.

وأوصت الدراسة باعتماد منهجيات التحليل الاحتمالي القائمة على المحاكاة في تصميم جداول الصيانة الوقائية، لضمان تحقيق أعلى كفاءة تشغيلية وأدنى تكلفة ممكنة على المدى الطويل.

دراسة (Castillo Correa, 2021)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر إدارة الصيانة الوقائية بأبعادها (خطة الصيانة المنتظمة، خطة التدريب، وتطبيق منهجية S_o) على رفع مستوى رضا العملاء في قطاع السيارات بمدينة بيورا

استخدمت الدراسة المنهج الكمي التطبيقي ذو التصميم شبه التجريبي (Pre-experimental Design)، وغطت عينة مكونة من ٣٠ عميلاً إضافةً إلى بيانات الشركة قيد الدراسة، مع الاعتماد على الملاحظة المباشرة كأداة رئيسية لجمع البيانات وتحليلها.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق إدارة الصيانة الوقائية ساهم بشكل واضح في تحسين كفاءة الخدمات المقدمة ورفع مستوى رضا العملاء، حيث أظهر التحليل الإحصائي باستخدام اختبار (t-student) أن الفروق في مستوى الرضا كانت ذات دلالة إحصائية وأقل من هامش الخطأ المعتمد، مما يؤكد فعالية تطبيق الصيانة الوقائية في تعزيز جودة الخدمة.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني مؤسسات قطاع السيارات برامج صيانة وقائية متكاملة تشمل تدريب العاملين وتطبيق منهجيات التحسين المستمر مثل S_o لزيادة رضا العملاء واستدامة جودة الخدمة..

دراسة (Al-Duais et al., 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تحديد الفواصل الزمنية المثلى للصيانة الوقائية باستخدام الصيغ الرياضية المعتمدة على توزيع ويبل (Weibull Distribution) على تقليل زمن الأعطال المتوقع وزيادة موثوقية وكفاءة عمل الآلات، استخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي، حيث تم اشتقاق دوال الموثوقية (Reliability Function)، ومعدل الأعطال (Failure Rate)، ومتوسط الزمن بين الأعطال (MTBF) قبل وبعد تنفيذ عمليات الصيانة الوقائية، وذلك باستخدام بيانات فعلية لعمليات الصيانة وزمن التوقف الناتج عن الأعطال وأزمنة الإصلاح والصيانة الوقائية.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق الصيانة الوقائية وفق الفواصل الزمنية المثلى المستخرجة من التوزيع الإحصائي ويبل يؤدي إلى تحسين موثوقية الآلات وزيادة متوسط فترة التشغيل بينها، مما يقلل من الأعطال المفاجئة ويعزز الأداء التشغيلي.

وأوصت الدراسة باعتماد النماذج الرياضية والتوزيعات الاحتمالية في تحديد جداول الصيانة الوقائية بدلاً من الاعتماد على الخبرة أو الجداول الزمنية الثابتة، لتحقيق أعلى كفاءة تشغيلية وأقل زمن توقف ممكن.

دراسة (Novarika et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تقنيات الثورة الصناعية الرابعة (Industry 4.0) بأبعادها (إنترنت الأشياء IoT، الذكاء الاصطناعي AI، والتوائم الرقمية Digital Twins) على تحويل ممارسات الصيانة الوقائية نحو نهج استباقي قائم على البيانات بما يساهم في تقليل التوقفات غير المخططة وتحسين فعالية المعدات التشغيلية، و استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي .

وتوصلت النتائج إلى أن الاعتماد على تقنيات إنترنت الأشياء لتحليل بيانات المعدات في الزمن الحقيقي، واستخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بالأعطال، وتطبيق التوائم الرقمية لمحاكاة الأداء التشغيلي أدى إلى رفع دقة عمليات الصيانة، وتقليل الأعطال المفاجئة، وزيادة الكفاءة الكلية للمعدات (OEE).

وأوصت الدراسة بضرورة تبني المؤسسات الصناعية إستراتيجيات رقمية متكاملة تدمج تقنيات الثورة الصناعية الرابعة ضمن أنظمة الصيانة الوقائية، مع تطوير الكفاءات البشرية والبنية التحتية الرقمية لضمان تحقيق أقصى استفادة من هذه التقنيات في تحسين الأداء وخفض زمن التوقف والتكاليف التشغيلية.

دراسة (Thamma et al., 2025)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تصميم نظام صيانة وقائية باستخدام المتحكمات المنطقية المبرمجة (PLC) ووواجهة التشغيل والمراقبة (HMI) بأبعاده (الأتمتة الصناعية، تقليل الأخطاء البشرية، تقليل التوقفات التشغيلية، وتحسين كفاءة الصيانة) على رفع كفاءة أنظمة التشغيل والصيانة في المنشآت الصناعية.

استخدمت الدراسة المنهج التطبيقي التجريبي، وتكونت العينة من نظام تحكم صناعي نموذجي تم تصميمه ومحاكاته باستخدام برنامجي Step 7 و WinCC، مع ربط واجهة HMI بوحدة PLC عبر بروتوكولي MPI أو PROFIBUS.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق نظام الصيانة الوقائية المؤتمت باستخدام PLC و HMI يساهم بفاعلية في تحسين الأداء التشغيلي، وتقليل فترات التوقف غير المخطط لها، ورفع مستوى الموثوقية التشغيلية، من خلال أتمتة عمليات الصيانة الدورية ومتابعة حالة المعدات في الزمن الحقيقي.

وأوصت الدراسة باعتماد أنظمة التحكم الآلي وبرمجيات المحاكاة في تصميم وتنفيذ خطط الصيانة الوقائية داخل المنشآت الصناعية، وتدريب الكوادر الفنية على استخدام تقنيات PLC و HMI لتعزيز الكفاءة والإنتاجية وتقليل التكاليف التشغيلية...

دراسة (بيك وآخرون، ٢٠٢٤)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر أنشطة الصيانة بأبعادها (الوقائية، العلاجية، والمخططة) على رفع مستوى الفاعلية الإنتاجية في محطة كهرباء الخليج بمدينة سرت ، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكوّنت العينة من العاملين في محطة كهرباء الخليج سرت بمختلف التخصصات، حيث تم توزيع (١٤٨) استبانة واسترجاع (١١٦) استبانة صالحة للتحليل الإحصائي. تم تحليل البيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (SPSS) بالاعتماد على الأساليب الإحصائية مثل المتوسطات الحسابية، والانحراف المعياري، ومعامل الارتباط والانحدار. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن أنشطة الصيانة لها أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$ على الفاعلية الإنتاجية بالمحطة، حيث بلغ معامل التحديد $(R^2) = 0.552$ مما يشير إلى أن 55% من التغير في الفاعلية الإنتاجية يُعزى إلى أنشطة الصيانة، كما بلغت درجة التأثير $(B = 0.657)$ ، أي أن زيادة درجة واحدة في مستوى الاهتمام بالصيانة تؤدي إلى ارتفاع الفاعلية الإنتاجية بمقدار (0.657) .

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز برامج الصيانة الوقائية والمخططة، وتطوير مهارات العاملين في مجال الصيانة، وتخصيص موارد كافية لضمان استمرارية كفاءة التشغيل ورفع الإنتاجية في محطة كهرباء الخليج سرت.

دراسة (القبى ونصر، ٢٠٢١)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر أنشطة الصيانة بأبعادها (الصيانة الوقائية، الصيانة العلاجية، والصيانة المخططة) على رفع مستوى الكفاءة الإنتاجية في محطة كهرباء الخليج بمدينة سرت. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكوّنت العينة من العاملين في محطة كهرباء الخليج سرت بمختلف التخصصات، حيث تم توزيع (١٤٨) استبانة واسترجاع (١١٦) استبانة صالحة للتحليل. واستخدم الباحثان الأساليب الإحصائية المناسبة مثل المتوسطات الحسابية، والانحراف المعياري، ومعامل الارتباط، والانحدار، وتم تحليل البيانات باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS).

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن هناك علاقة ارتباط عالية وذات اتجاه طردي بين أنشطة الصيانة بشكل عام والكفاءة الإنتاجية، كما تبين أن العلاقة بين الصيانة الوقائية والكفاءة الإنتاجية علاقة متوسطة الارتباط وذات اتجاه طردي، وكذلك العلاقة بين الصيانة العلاجية والكفاءة الإنتاجية كانت متوسطة الارتباط وذات اتجاه طردي

الارتباط	وذات	اتجاه	طردي	أيضًا.
----------	------	-------	------	--------

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الاهتمام بأنشطة الصيانة المختلفة، خاصة الصيانة الوقائية والمخططة، لما لها من أثر مباشر في رفع كفاءة الأداء والإنتاج بالمحطة، إضافة إلى تطوير برامج تدريب العاملين وتحديث أنظمة الصيانة بما يواكب متطلبات التشغيل الحديثة.

الفجوة البحثية:

تتفق غالبية الدراسات السابقة مثل دراسات (Febriani et al., 2025)، (Gomes et al., 2023)، و (Novarika et al., 2024) في تركيزها على أهمية الصيانة الوقائية كأداة استراتيجية لرفع كفاءة التشغيل وتقليل الأعطال المفاجئة والتكاليف التشغيلية. وقد أجمعت هذه الدراسات على أن تطبيق خطط الصيانة الوقائية بشكل منظم يؤدي إلى تحسين الموثوقية التشغيلية للمعدات ورفع معدل التوافر وتقليل زمن التوقف، وهي نتائج تتسق مع هدف الدراسة الحالية في قياس أثر أنظمة الصيانة الوقائية على تقليل الأعطال غير المخططة في قطاع التعدين. كما يتوافق التوجه المنهجي بين معظم هذه الدراسات في استخدام المنهج الوصفي التحليلي وتحليل البيانات الكمية لاختبار العلاقات الإحصائية بين متغيرات الصيانة والأداء التشغيلي.

تختلف الدراسة الحالية عن أغلب الدراسات السابقة في بيئة البحث ومجال التطبيق؛ فبينما ركزت دراسات مثل (Castillo Correa, 2021) على قطاع السيارات، و (Gomes et al., 2023) على الصناعة التحويلية، و (Novarika et al., 2024) على معدات مناولة المواد، فإن الدراسة الحالية تتناول قطاع التعدين في المملكة العربية السعودية، وهو قطاع يتميز ببيئة تشغيلية قاسية تتطلب تطبيقات خاصة من أنظمة الصيانة الوقائية نظرًا لاستخدام معدات ثقيلة في ظروف بيئية وجغرافية صعبة.

تركز العديد من الدراسات السابقة على أبعاد محددة من الصيانة الوقائية مثل تخطيط الفترات المثلى (Al-Duais et al., 2022) أو استخدام النماذج الرياضية والتوزيعات الاحتمالية (Li et al., 2020)،

أو دمج التقنيات الذكية مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي (Novarika et al., 2024). أما الدراسة الحالية فتميزت بتبني منظور شامل للصيانة الوقائية من خلال تناولها خمسة أبعاد رئيسية : تخطيط الصيانة، الفحص والمعاينة، تدريب الكوادر الفنية، إدارة قطع الغيار، واستخدام التقنيات الحديثة في التنبؤ بالأعطال. هذا التكامل في الأبعاد يهدف إلى بناء نموذج تفسيري متكامل يربط بين مكونات نظام الصيانة الوقائية وتأثيرها الجماعي على الأعطال غير المخططة، وهو ما لم تتناوله الدراسات السابقة بشكل شامل ومتزامن.

على الرغم من أن معظم الدراسات السابقة استخدمت الأسلوب الكمي التحليلي، فإنها تفاوتت في منهجية جمع البيانات ومستوى التحليل. فبعضها اعتمد على بيانات تشغيلية فعلية للآلات (مثل دراسة Febriani et al., 2020 و Al-Duais et al., 2022) بينما اعتمدت أخرى على دراسات حالة أو تصميمات شبه تجريبية (Castillo Correa, 2021). أما الدراسة الحالية فتستخدم المنهج الوصفي التحليلي القائم على المسح الميداني والاستبانة الموجهة للعاملين في شركة معادن، مما يسمح بتحليل إدراكي وتطبيقي في آن واحد.

من خلال تحليل أوجه الاتفاق والاختلاف، يمكن تحديد الفجوة البحثية الرئيسة في أن الدراسات السابقة لم تتناول بعمق العلاقة بين أنظمة الصيانة الوقائية وتقليل الأعطال غير المخططة في بيئة التعدين تحديداً، خاصة ضمن الشركات العربية والخليجية الكبرى مثل شركة معادن .

المنطلقات النظرية للدراسة:

أولاً: مفهوم الصيانة وأهميتها في المؤسسات الصناعية

تُعد الصيانة من أهم العناصر الداعمة لاستمرارية النشاط الإنتاجي في المؤسسات الصناعية والخدمية، إذ تهدف إلى المحافظة على جاهزية المعدات والأجهزة وتقليل الأعطال المفاجئة التي قد تؤدي إلى توقف العملية الإنتاجية وتكبّد المؤسسة خسائر مادية كبيرة. ويُعرف مفهوم الصيانة بأنه "مجموعة الأنشطة المخططة والمنفذة للحفاظ على أداء المعدات في حالتها المثلى أو إعادتها إلى تلك الحالة عند حدوث خلل". وتشمل هذه الأنشطة عمليات الفحص، والتنظيف، والتزييت، والمعايرة، والإصلاح أو الاستبدال عند الضرورة.

تُعد الصيانة عنصراً أساسياً في تحقيق الموثوقية التشغيلية (Operational Reliability) وضمان الاستمرارية الإنتاجية. فالمعدات الصناعية، وخاصة في بيئات التعدين، تعمل في ظروف قاسية تشمل درجات حرارة مرتفعة، وضغوط تشغيل عالية، واحتكاك ميكانيكي مستمر، مما يجعل الأعطال غير المخططة أمراً محتملاً إن لم يتم تطبيق برامج صيانة فعالة. لذا، فإن اعتماد نظام صيانة متكامل يساهم في تقليل فترات التوقف وتحسين الإنتاجية الإجمالية للمنشأة.

ثانياً: مفهوم وأنواع الصيانة

تطورت مفاهيم الصيانة عبر العقود الماضية لتواكب التحولات التكنولوجية والتنافس الصناعي. وتنقسم الصيانة بوجه عام إلى عدة أنواع رئيسية:

١. **الصيانة العلاجية: (Corrective Maintenance)** وهي التي تُجرى بعد حدوث العطل، بهدف إصلاح الخلل وإعادة المعدة إلى العمل. ورغم بساطتها، إلا أنها تؤدي إلى توقفات غير مخططة وخسائر كبيرة في الإنتاجية.

٢. **الصيانة الوقائية: (Preventive Maintenance)** وهي محور هذه الدراسة، وتُعرف بأنها "مجموعة من الإجراءات الدورية المخططة مسبقاً، التي تُجرى بهدف منع الأعطال قبل وقوعها". وتشمل عمليات الفحص المنتظم، والتزييت، والمعايرة، واستبدال الأجزاء قبل نهاية عمرها التشغيلي المتوقع.

٣. **الصيانة التنبؤية: (Predictive Maintenance)** وهي تعتمد على تقنيات المراقبة الذكية وجمع البيانات باستخدام أجهزة الاستشعار، لتحليل الحالة الفعلية للمعدة والتنبؤ بموعد العطل قبل وقوعه.

٤. **الصيانة الإنتاجية الشاملة: (Total Productive Maintenance – TPM)** وهي فلسفة متكاملة تهدف إلى تحقيق "صفر أعطال" من خلال مشاركة جميع العاملين في المؤسسة في أنشطة الصيانة والتحسين المستمر.

ثالثاً: الصيانة الوقائية – المفهوم والخصائص

تمثل الصيانة الوقائية خطوة انتقالية من الأسلوب التقليدي (العلاجي) إلى الأسلوب الاستباقي في إدارة المعدات. فهي لا تنتظر حدوث العطل، بل تُخطط له مسبقًا لتجنبه. وتتميز الصيانة الوقائية بعدة خصائص رئيسية:

١. **التخطيط المسبق:** حيث يتم وضع جدول زمني دوري لعمليات الفحص والصيانة بناءً على ساعات التشغيل أو عدد الدورات الإنتاجية.
٢. **الاستمرارية:** فهي عملية مستمرة تتكرر بشكل منتظم لضمان الحفاظ على المعدات في أفضل حالاتها.
٣. **الاعتماد على البيانات:** إذ تعتمد على سجلات الأعطال السابقة وتاريخ أداء المعدات لتحديد الفترات المثلى للصيانة.
٤. **تحقيق الكفاءة الاقتصادية:** حيث تقلل من تكاليف الإصلاحات الكبيرة وتجنب المؤسسة خسائر التوقف المفاجئ.

رابعاً: أهمية تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية في بيئة التعدين

تُعد صناعة التعدين من أكثر الصناعات تعرضاً للأعطال التشغيلية نتيجة طبيعة عمل المعدات الثقيلة وظروف التشغيل القاسية. فمعدات المناجم تعمل تحت ضغط مرتفع، في بيئات تحتوي على الغبار والرطوبة والحرارة، مما يزيد من احتمالية تآكل المكونات الميكانيكية وتلف الأجزاء الحيوية. لذلك، فإن تطبيق نظام صيانة وقائية متكامل يساهم في:

- تقليل الأعطال غير المخططة التي تؤدي إلى توقف خطوط الإنتاج.
- رفع مستوى الموثوقية التشغيلية للمعدات.
- إطالة العمر الافتراضي للآلات والأجهزة.
- تحسين جودة الإنتاج نتيجة ثبات أداء المعدات.
- خفض تكاليف الصيانة الطارئة وزمن الإصلاح.

وفي حالة الشركة السعودية للتعيين (معادن)، التي تمتلك وتشغل مجموعة من المناجم ومصانع المعالجة المعدنية، فإن انتظام الصيانة الوقائية يُعد من العوامل الحاسمة لاستمرارية الإنتاج وتحقيق الكفاءة الاقتصادية.

خامساً: أبعاد أنظمة الصيانة الوقائية

تشمل أنظمة الصيانة الوقائية عدة أبعاد مترابطة تشكل إطاراً تكاملياً لتحقيق هدفها الأساسي، ومن أبرز هذه الأبعاد:

١. **تخطيط وجدولة الصيانة:** تحديد مواعيد الصيانة بناءً على العمر التشغيلي للمعدات، وتحليل بيانات الأعطال السابقة، وتخصيص الموارد البشرية والفنية لتنفيذ الخطة دون التأثير على سير الإنتاج.
٢. **الفحص والمعاينة الدورية:** إجراء عمليات تفقد منتظمة للمعدات للكشف عن العلامات المبكرة للتآكل أو التلف. وتُعد هذه المرحلة بمثابة “الإنذار المبكر” الذي يمنع الأعطال المفاجئة.
٣. **تدريب وتأهيل الكوادر الفنية:** إذ تعتمد كفاءة الصيانة الوقائية على مهارة العاملين وقدرتهم على استخدام أدوات الفحص الحديثة وتفسير نتائجها بشكل صحيح.
٤. **إدارة قطع الغيار:** توافر قطع الغيار في الوقت المناسب يقلل زمن التوقف الناتج عن الصيانة، ويضمن استمرارية التشغيل دون تأخير.
٥. **استخدام التقنيات الحديثة:** مثل أنظمة المراقبة الذكية وإنترنت الأشياء (IoT) والذكاء الاصطناعي، التي تتيح تتبع أداء المعدات في الزمن الحقيقي والتنبؤ بالأعطال قبل وقوعها.

سادساً: الأعطال غير المخططة ومؤشرات

الأعطال غير المخططة (Unplanned Failures) هي تلك التي تحدث دون سابق إنذار وتتسبب في توقف مفاجئ للعمليات الإنتاجية. ويُعد تقليلها أحد الأهداف الرئيسية لأنظمة الصيانة الوقائية. ومن أبرز مؤشرات الأعطال غير المخططة:

- ارتفاع معدل التوقف المفاجئ للمعدات.
- زيادة عدد أوامر الإصلاح الطارئة.

- انخفاض معدل التوافر التشغيلي.(Availability)
- ارتفاع تكاليف الصيانة غير المجدولة.

إن ربط هذه المؤشرات ببرامج الصيانة الوقائية يساعد على تقييم فاعلية النظام وتحديد نقاط الضعف في إدارة الصيانة.

سابعاً: العلاقة بين الصيانة الوقائية والكفاءة التشغيلية

تشير الأدبيات إلى وجود علاقة طردية موجبة بين مستوى تطبيق الصيانة الوقائية وارتفاع الكفاءة التشغيلية للمؤسسة. فكلما كانت أنشطة الصيانة الوقائية أكثر تنظيماً واستباقية، كلما انخفضت الأعطال غير المخططة، وزادت موثوقية المعدات واستمرارية الإنتاج. كما أن الصيانة الوقائية تُسهم في تحقيق الكفاءة الاقتصادية من خلال تقليل تكاليف الصيانة الطارئة وتكاليف الخسارة الناتجة عن التوقف. وتُعد هذه العلاقة جوهرية في بيئة التعدين حيث ترتبط الإنتاجية ارتباطاً مباشراً باستمرارية المعدات العاملة في مواقع الاستخراج والمعالجة.

المنهجية وطرق البحث:

ستعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره الأنسب لدراسة أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم بالشركة السعودية للتعدين (معادن). سيتم استخدام هذا المنهج لوصف واقع ممارسات الصيانة الوقائية الحالية في الشركة، وتحليل مدى تأثيرها في رفع كفاءة التشغيل وتقليل التوقفات المفاجئة، كما سيتم جمع البيانات من خلال الاستبانة كأداة رئيسية، والتي ستُوجّه إلى العاملين في الإدارات الفنية والهندسية والصيانة داخل الشركة، وذلك بهدف الحصول على بيانات كمية يمكن تحليلها إحصائياً لقياس العلاقات بين المتغيرات المستقلة (أبعاد أنظمة الصيانة الوقائية) والمتغير التابع (الأعطال غير المخططة).

وسيتم لاحقاً استخدام الأساليب الإحصائية المناسبة لتحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS، مثل المتوسطات الحسابية، والانحراف المعياري، وتحليل الارتباط والانحدار المتعدد لاختبار فروض الدراسة. كما سيتم التحقق من صدق وثبات أداة القياس من خلال معامل كرونباخ ألفا، والتأكد من ملاءمتها لقياس المتغيرات محل الدراسة، ويسعى إلى تقديم نموذج تطبيقي مقترح لتحسين فعالية أنظمة الصيانة

الوقائية في قطاع التعدين، يهدف إلى تقليل الأعطال غير المخططة ورفع الكفاءة الإنتاجية بما يتوافق مع أفضل الممارسات الصناعية الحديثة.

ثانياً: مجتمع وعينة الدراسة

سيتمّون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في الإدارات ذات العلاقة بالصيانة والتشغيل والإنتاج في الشركة السعودية للتعدين (معادن)، وبالأخص العاملين في محطات ومواقع المناجم التي تعتمد بشكل مباشر على المعدات الثقيلة والأنظمة الميكانيكية والكهربائية في عملياتها التشغيلية، ويُقدّر عدد أفراد مجتمع الدراسة بنحو (420) موظفًا ما بين مهندسين وفنيين ومشرفين وإداريين يعملون ضمن فرق الصيانة والتشغيل في مواقع التعدين المختلفة التابعة للشركة داخل المملكة العربية السعودية.

أما عينة الدراسة فستُختار باستخدام الأسلوب العشوائي الطبقى (Stratified Random Sampling) لضمان تمثيل جميع الفئات الوظيفية ذات العلاقة بموضوع البحث. وستتراوح حجم العينة بين (١٥٠-١٨٠) مفردة وفقاً لحجم المجتمع الكلي ونسبة الثقة المطلوبة في نتائج التحليل الإحصائي. وسيتم توزيع استبانة إلكترونية وورقية على أفراد العينة بعد التحقق من صدقها وثباتها، على أن تُسترجع الاستبانات الصالحة للتحليل فقط .

رابعاً: أداة الدراسة

سيتم الاعتماد في هذه الدراسة على الاستبانة (Questionnaire) كأداة رئيسة لجمع البيانات الميدانية من أفراد عينة الدراسة، نظراً لملاءمتها لطبيعة الموضوع وسهولة تطبيقها على فئة واسعة من العاملين في مواقع التعدين التابعة للشركة السعودية للتعدين (معادن). وستُصمم الاستبانة بطريقة علمية منظمة بهدف قياس أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بأبعادها المختلفة على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم.

ستتألف الاستبانة من جزأين رئيسيين:

- **الجزء الأول:** يتناول البيانات العامة للمشاركين مثل (الوظيفة، المؤهل العلمي، عدد سنوات الخبرة، القسم الذي يعمل فيه المشارك).

• الجزء الثاني :يحتوي على مجموعة من العبارات التي تقيس متغيرات الدراسة، موزعة على

عدد من المحاور تمثل أبعاد أنظمة الصيانة الوقائية وهي:

١. تخطيط وجدولة الصيانة الوقائية.

٢. الفحص والمعاينة الدورية للمعدات.

٣. تدريب وتأهيل الكوادر الفنية.

٤. إدارة قطع الغيار وتوافرها.

٥. استخدام التقنيات الحديثة في التنبؤ بالأعطال.

كما يتضمن محورًا خاصًا لقياس المتغير التابع وهو مستوى تقليل الأعطال غير المخططة.

وسيتم استخدام مقياس ليكرت الخماسي (Likert Scale) لتقدير استجابات المشاركين، بحيث تتراوح الإجابات من (١ = أعارض بشدة) إلى (٥ = أوافق بشدة). وستُعرض أداة الدراسة على مجموعة من المحكمين الأكاديميين والمتخصصين في إدارة الصيانة والهندسة الصناعية للتحقق من صدق المحتوى، كما سيتم حساب معامل الثبات باستخدام اختبار كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) لضمان اتساق الإجابات ودقة القياس.

الأساليب الإحصائية المستخدمة

ستعتمد الدراسة على مجموعة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية بهدف تحليل البيانات واختبار فروض الدراسة، وذلك باستخدام برنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، لما يوفره من دقة وكفاءة في معالجة البيانات وتحليلها.

أولاً: الأساليب الإحصائية الوصفية

سيتم استخدام الأساليب الوصفية بهدف وصف خصائص مجتمع وعينة الدراسة وتحليل استجابات المشاركين، وتشمل ما يلي:

التكرارات والنسب المئوية لوصف البيانات الديموغرافية للمشاركين (الوظيفة، الخبرة، المؤهل العلمي، القسم).

المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لقياس اتجاهات وآراء المبحوثين نحو متغيرات الدراسة وتحديد مستوى تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية في الشركة.

معامل الالتواء والتفرطح (Skewness & Kurtosis) للتحقق من مدى اعتدال التوزيع الإحصائي للبيانات ومدى صلاحيتها لإجراء التحليل الاستدلالي.

ثانياً: الأساليب الإحصائية الاستدلالية

سيتم استخدام الأساليب الاستدلالية بغرض اختبار فروض الدراسة وبيان قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات المستقلة (أبعاد أنظمة الصيانة الوقائية) والمتغير التابع (تقليل الأعطال غير المخططة)، وتشمل:

☒ معامل الارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient) لقياس درجة وقوة العلاقة بين المتغيرات.

☒ تحليل الانحدار البسيط والمتعدد (Simple & Multiple Regression Analysis) لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد الصيانة الوقائية على تقليل الأعطال غير المخططة، وكذلك قياس الأثر الكلي للنموذج.

☒ اختبار (T-test) لمقارنة المتوسطات بين مجموعات مختلفة من العينة إذا اقتضى الأمر (مثل الفروق حسب الخبرة أو التخصص).

☒ اختبار تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) لمعرفة ما إذا كانت هناك فروق ذات دلالة إحصائية في استجابات المشاركين تبعاً للمتغيرات الديموغرافية.

☒ اختبار الثبات باستخدام معامل كرونباخ ألفا (Cronbach's Alpha) للتحقق من مدى اتساق العبارات الداخلية في أداة الدراسة.

حدود الدراسة:

- **حدود موضوعية:** تركز الدراسة على أثر تطبيق أنظمة الصيانة الوقائية بأبعادها (تخطيط الصيانة، الفحص والمعاينة، تدريب الكوادر، إدارة قطع الغيار، والتقنيات الحديثة) على تقليل الأعطال غير المخططة في معدات المناجم.

– **حدود مكانية:** تُجرى هذه الدراسة في الشركة السعودية للتعدين (معادن)، وبالتحديد في محطات

ومواقع المناجم التابعة لها داخل المملكة العربية السعودية.

– **حدود زمانية:** تتم الدراسة خلال العام الأكاديمي ٢٠٢٥م.

المراجع

- ✖ القبي، الطيب محمد علي، و نصر، فرج علي عمار. (٢٠٢١). علاقة الصيانة بزيادة الكفاءة الإنتاجية بمحطة كهرباء الخليج بمدينة سرت. مجلة آفاق اقتصادية، ع١٤ ، ٢٢ - ٤٧. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1168091>
- ✖ بيك، محمد ميلاد، اسميو، أحمد حميده، و حبريشة، حمزة امحمد. (٢٠٢٤). تصميم برنامج لإجراء الصيانة الوقائية باستخدام PLC و HMI. مجلة جامعة الزيتونة الدولية، ع٢٩ ، ٣٠٦ - ٣٢٨. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1540659>

- ✖ Al-Duais, F. S., Mohamed, A., Jawa, T. M., & Sayed-Ahmed, N. (2022). Optimal Periods of Conducting Preventive Maintenance to Reduce Expected Downtime and Its Impact on Improving Reliability. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2022/7105526>
- ✖ Castillo Correa, T. A. (2021). *Preventive maintenance to enhance the level of customer satisfaction in the automotive sector of Piura, Peru*. 1(1), 20–30. <https://doi.org/10.62319/concordia.v.1i1.2>
- ✖ El Khiate, M., Samri, H., Ech-Chhibat, M., & Znaidi, Z. (2025). *Study of the Contribution of Predictive Maintenance for Diesel Engine Reliability Improvement*. 1–6. <https://doi.org/10.1109/icccsc66714.2025.11135347>
- ✖ Febriani, Z., Prasetyaningsih, E., & Muhammad, C. R. (2025). Penerapan Preventive Maintenance untuk Mereduksi Downtime Pada Mesin Punching. *Jurnal Riset Teknik Industri*, 23–32. <https://doi.org/10.29313/jrti.v5i1.6421>
- ✖ Gomes, C., Soares, J., Lucio, J., Ribeiro, L., Gallegos, R. A. P., & Gonçalves, R. (2023). Implementation of preventive maintenance routines and the “zero breakdowns by base condition” methodology in an organization. *MOJ Applied Bionics and Biomechanics*. <https://doi.org/10.15406/mojabb.2023.07.00194>
- ✖ Li, R., Li, R., & Zhang, X. (2020). Preventive Maintenance Interval Optimization for Continuous Multistate Systems. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2020/2942940>
- ✖ Novarika, W., Arfah, M., & Khoir, R. A. (2024). Analysis of Preventive Maintenance on Forklifts and Reach Trucks by Calculating Mean Time

Between Failure and Mean Time to Repair at PT. DSV Solutions Indonesia. *Proceeding of International Conference on Science and Technology UISU.*, 143–149. <https://doi.org/10.30743/x4ca2p37>

- ☒ Thamma, R., Olaniba, O. S., Romano, B., & Siddiqy, S. (2025). Industry 4.0-Driven Preventative Maintenance Optimization: A Strategic Path to Minimize Downtim. *International Journal Emerging Technology and Advanced Engineering*. https://doi.org/10.46338/ijetae0825_02

Mid Ocean University

College of Management

Master of business administration



**The Impact of Implementing Preventive Maintenance Systems on
Reducing Unplanned Equipment Failures in Mining Machinery: A Field
Study at the Saudi Mining Company (Ma'aden)**

Prepared by:

Abdullah Ali Awadah Aboush Al-Ghamdi

Student ID:

252000313

Supervision:

Dr. Al-Faisal Abdelhamid Mohamed Hassan

Dr. Fayez Jarad

1447-2025