

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

اسم الطالب

سلطان محمد الزهراني

SULTAN MOHMMED ALZAHIRANI

222001597

مشروع تخرج - 1

كلية الإدارة - جامعة ميدأوشن

إشراف

د. عبد الرحيم نادر

عضو هيئة التدريس- كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

2025

جدول المحتويات

3	1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
4	1.1. المقدمة
5	1.2. مشكلة الدراسة
5	1.2.1. فجوات على المستوى النظري:
5	1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي:
6	1.3. أهمية الدراسة
6	1.3.1. على المستوى النظري:
7	1.3.2. على المستوى التطبيقي:
8	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، وتقليل 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 أنظمة 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 الحقل الأكاديمي 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 (Balasubramanian، 2023).

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 (Ekwomadu، 2024).

- 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
- 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
- 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
- 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>
- 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

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