أثر الذكاء الاصطناعي على الجودة الشاملة والتحسين المستمر في المنشآت الصناعية

The Impact of Artificial Intelligence on Total Quality Management and Continuous Improvement in Industrial Enterprises

إعداد: محمد الحسن التيجاني يوسف

Mohamed Elhassan Eltigani Yousef

دكتوراة إدارة أعمال ـ جامعة ستاردوم

PHD -BA : Stardom University

البريد الالكتروني: tigani2@hotmail.com

E- mail: tigani2@hotmail.com

December 2024 ديسمبر 2024م

الملخص

يهدف هذا التكليف إلى دراسة أثر الذكاء الاصطناعي على تحقيق الجودة الشاملة وتعزيز التحسين المستمر في المنشآت الصناعية. مع التطور السريع للتكنولوجيا واعتماد الذكاء الاصطناعي كأداة رئيسية في إدارة العمليات، أصبحت المؤسسات تسعى للاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين جودة المنتجات والخدمات، وتقليل التكاليف، وزيادة الكفاءة التشغيلية.

ويتناول تأثير استخدام الذكاء الاصطناعي في مجالات رئيسية مثل مراقبة الجودة، التنبؤ بالأخطاء، تحسين العمليات الإنتاجية، وتحليل البيانات الضخمة. كما يناقش دور الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في تحقيق التحسين المستمر من خلال توفير أنظمة تعلم ذاتية قادرة على اقتراح حلول ابتكارية بناءً على البيانات السابقة.

اعتمد التكليف على منهج وصفي تحليلي من خلال تحليل دراسات سابقة ومعلومات عن تطبيقات في عدد من المنشآت الصناعية. وتشير النتائج إلى أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي ساهم بشكل كبير في تحسين جودة العمليات وتقليل معدل الأخطاء، بالإضافة إلى تسريع اتخاذ القرارات. كما أوضح البحث أن المنشآت التي تبنت الذكاء الاصطناعي استطاعت تحقيق تحسن مستدام في الأداء مقارنة بتلك التي لا تزال تعتمد على الأساليب التقليدية.

يوصي التكليف بضرورة الاستثمار في تقنيات الذكاء الاصطناعي وتدريب الكوادر البشرية على استخدامها، إلى جانب دمجها في استراتيجيات إدارة الجودة الشاملة، لضمان تحقيق مزايا تنافسية طويلة الأمد.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، الجودة الشاملة، التحسين المستمر، المنشآت الصناعية

ABSTRACT

This research aims to study the impact of artificial intelligence (AI) on achieving total quality and promoting continuous improvement in industrial enterprises. With the rapid development of technology and the adoption of artificial intelligence (AI) as a key tool in operations management, organizations are seeking to leverage AI techniques to improve the quality of products and services, reduce costs, and increase operational efficiency.

The research addresses the impact of using AI in key areas such as quality control, error prediction, process optimization, and big data analysis. It also discusses the role of AI and its applications in achieving continuous improvement by providing self-learning systems capable of proposing innovative solutions based on previous data.

The research adopted a descriptive and analytical approach by analyzing previous studies and information on applications in a number of industrial facilities. The results indicate that the application of AI techniques has significantly contributed to improving the quality of operations, reducing the error rate, and accelerating decision-making. The research also showed that organizations that adopted AI were able to achieve a sustainable improvement in performance compared to those that still rely on traditional methods.

The research recommends investing in AI technologies and training human resources to use them, as well as integrating them into TQM strategies, to ensure long-term competitive advantages.

Keywords: Artificial Intelligence, Total Quality, Continuous Improvement, Industrial Enterprises

المقدمة

في ظل التطور التكنولوجي السريع، أصبح الذكاء الاصطناعي أحد الأدوات الرئيسية التي تعتمد عليها المؤسسات لتحقيق مزايا تنافسية وتعزيز الأداء. تلعب تقنيات الذكاء الاصطناعي دورًا متزايدًا في تحسين العمليات الصناعية، حيث المزايا التي تتمتع بها من اختصار الوقت وخفض التكلفة والسرعة والدقة والجودة، مما يسهم في تحقيق متطلبات إدارة الجودة الشاملة وتعزيز ثقافة التحسين المستمر. وفي ظل العصر الرقمي والثورة الصناعية الرابعة، فقد أصبح الجمع بين نقاط القوة في الذكاء الاصطناعي (AI) وإدارة الجودة الشاملة (TQM) يُمكن المنشآت الصناعية من تحقيق مستوى عالي من الجودة لم يكن من الممكن تحقيقه في السابق ، من أتمتة المهام المتضمنة في إدارة الجودة الشاملة ، وجمع البيانات وتحليلها ، وإعداد التقارير، وقياس مؤشرات الأداء ، بهدف تحسين الجودة وكفاءة العمليات وزيادة رضاء العملاء وتلبية توقعاتهم والتفوق عليها. تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف الأثر الفعلي لتطبيق الذكاء الاصطناعي وتقنياته على إدارة الجودة في المنشآت الصناعية، وتوضيح دوره في تعزيز الكفاءة وتحقيق أهداف التحسين والنمو المستدام.

موضوع التكليف: يتناول التكليف أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي على تحقيق الجودة الشاملة وتعزيز التحسين المستمر في المنشآت الصناعية، مع التركيز على كيفية استخدام هذه التقنيات لتحليل البيانات، تحسين العمليات، وتقليل الأخطاء.

الأهمية:

- تقديم رؤية واضحة حول دور الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة الإنتاج الصناعي.

- دعم المنشآت الصناعية لتبني تقنيات حديثة تسهم في تعزيز الكفاءة وتقليل التكاليف.

- المساهمة في إثراء الأدبيات العلمية المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة الجودة.

- تشجيع ثقافة التحسين المستمر في المنشآت الصناعية بما يتماشى مع التحديات الحالية.

الأهداف:

- توضيح مفهوم وأهداف الذكاء الاصطناعي وأهم تطبيقاته في المنشآت الصناعية.

- التعرف على مفهوم الجودة الشاملة والتحسين المستمر في المنشآت الصناعية.

- تحليل دور الذكاء الاصطناعي في تحسين العمليات الصناعية وتحقيق الجودة الشاملة.

- استكشاف تأثير تطبيقات الذكاء الاصطناعي على تقليل الأخطاء وتحسين الكفاءة التشغيلية.

- تقديم توصيات عملية للمنشآت الصناعية حول كيفية دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة الجودة.

المنهج:

اعتمد التكليف على منهج وصفي تحليلي:

- المنهج الوصفي: لتحديد المفاهيم والتقنيات المتعلقة بالذكاء الاصطناعي والجودة الشاملة.

- المنهج التحليلي: لتحليل البيانات المستخلصة من الدراسات السابقة.

المحاور الرئيسة:

(أ): التعريف بمفهوم الذكاء الاصطناعي والجودة الشاملة

1- الذكاء الاصطناعي (AI):

مفهوم الذكاء الاصطناعي: إن مصطلح الذكاء الاصطناعي قد تمت صياغته عام م1956 في ندوة تاريخية بدارموث Dartmouth، لكن لم تظهر قوته وتطبيقاته بشكل ملحوظ، إلا في السنوات العشر الماضية. (بن قيراط ، 2021، ص 120)

كما عُرف الذكاء الاصطناعي بأنه قدرة الأنظمة الرقمية على فهم البيانات البيئية، التكيف معها، وتنفيذ المهام لتعزيز الكفاءة والإنتاجية. (Russell & Norvig, 2021). وحيث أن الذكاء الاصطناعي هو تقنية تُحاكي القدرات الذهنية البشرية مثل التعلم، الاستنتاج، واتخاذ القرارات. يشمل ذلك التعلم الآلي (Machine Learning)، التعلم العميق (Deep Learning)، ومعالجة اللغة الطبيعية (Natural Language Processing) لتطوير أنظمة قادرة على تحليل البيانات وتنفيذ العمليات بكفاءة.

2- الجودة الشاملة (TQM):

تم تعريف الجودة الشاملة بأنها نظام إداري يُعزز الابتكار والتحسين المستدام في جميع العمليات لتحقيق رضا العملاء (Montgomery, 2020).

ويمكن القول بأنها نهج إداري يركز على تحسين الجودة في جميع جوانب المؤسسة من خلال مشاركة الجميع، وتتطلب التزام القيادة العليا، تدريب الموظفين، وتحسين العمليات باستمرار لتلبية احتياجات العملاء.

(ب) تطبيقات الذكاء الاصطناعي في العمليات الصناعية وأثرها على الجودة والتحسين المستمر في المنشآت الصناعية:

1- مراقبة الجودة باستخدام الرؤية الحاسوبية (Computer Vision)

- **الوصف :**تحليل الصور والفيديوهات باستخدام الذكاء الاصطناعي.
- **التطبيقات :**فحص جودة المنتجات بشكل آلي باستخدام الكاميرات وأجهزة استشعار.
- اكتشاف العيوب الصغيرة التي قد لا تُلاحظ بالعين المجردة.
- تحسين عمليات الفرز والتعبئة.
- **الفائدة :**تسريع وتيرة الفحص مع تقليل الأخطاء البشرية.

دراسة Zhou et al. (2015) :أكدوا على أن تطبيق أنظمة الرؤية الحاسوبية يرفع من دقة اكتشاف العيوب بنسبة تزيد عن 90.%

- **أمثلة تطبيقية** :شركة **BMW** تستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي في فحص أجزاء السيارات خلال مراحل التصنيع لضمان مطابقتها للمعايير.

2- تحليل البيانات الضخمة(Big Data Analytics)

يسهم الذكاء الاصطناعي في تحليل كميات كبيرة من البيانات لفهم الأنماط التي قد تؤدي إلى تحسين الجودة.

- دراسة: "80% من الأخطاء التصنيعية يمكن تقليلها باستخدام حلول الذكاء الاصطناعي" (MDPI, 2022).

- **الوصف :**استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل كميات كبيرة من البيانات المتعلقة بالإنتاج والجودة.
- **التطبيقات :**- تحليل البيانات التشغيلية لتحديد أنماط العيوب أو التحديات في الجودة.
- توفير رؤى دقيقة حول الأداء لتحسين العمليات وتقليل الأخطاء.
- **الفائدة :**كشف المشكلات بسرعة وزيادة الكفاءة الإنتاجية.

3- التعلم الآلي(Machine Learning)

- **الوصف :**خوارزميات قادرة على التعلم من البيانات وتحسين الأداء بمرور الوقت.
- **التطبيقات :**- التنبؤ بالعيوب المحتملة في المنتجات بناءً على بيانات الإنتاج.
- تحسين إجراءات الصيانة الاستباقية للآلات (الصيانة التنبؤية).
- تحسين عمليات مراقبة الجودة باستخدام خوارزميات تصنيف متطورة.
- **الفائدة :**تحسين الجودة وتقليل الهدر بتوقع المشكلات قبل حدوثها.
- دراسة حالة: "شركة BMW تستخدم تقنيات التعلم الآلي لتحسين جودة الطلاء على السيارات." (IEEE Xplore, 2024).
- دراسة: "تطوير أنظمة صناعية ذاتية التعلم يعزز ثقافة التحسين المستدام." (Bain & Company, 2023).

4- الصيانة التنبؤية(Predictive Maintenance)

- **الوصف :**تحليل بيانات المعدات لتحديد متى قد تحدث الأعطال.
- **التطبيقات :**- مراقبة استهلاك الطاقة ومستوى أداء المعدات.
- جدولة الصيانة قبل تعطل الآلات لتقليل التوقفات غير المخطط لها.
- **الفائدة :**تحسين استمرارية الإنتاج وتقليل تكاليف الصيانة.

دراسة Lee et al. (2015) :أشاروا إلى أن تقنيات الصيانة التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي تساعد في تقليل التكاليف التشغيلية بنسبة تصل إلى 30% وتحسين وقت التشغيل.

-**أمثلة تطبيقية** :شركة **GE Aviation** تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات المحركات وتحديد الصيانة الوقائية.

5- روبوتات المحادثة والذكاء الاصطناعي اللغوي(Chatbots & NLP)

- **الوصف** :استخدام معالجة اللغة الطبيعية لتفاعل الأنظمة الذكية مع العاملين.

- **التطبيقات** :- تقديم دعم فني فوري للموظفين في خطوط الإنتاج.

- توفير التدريب والمساعدة في استخدام أنظمة الجودة.

- **الفائدة** :تحسين كفاءة العاملين وتعزيز تفاعلهم مع أنظمة إدارة الجودة.

6- التحليل التنبؤي(Predictive Analytics)

- **الوصف** :تقنيات تستند إلى الذكاء الاصطناعي لتوقع الاتجاهات المستقبلية.

- **التطبيقات** :-التنبؤ بمتطلبات العملاء وضبط جودة المنتجات بناءً على توقعات السوق.

- تحسين سلسلة التوريد لضمان توفير المواد المناسبة بالجودة المطلوبة.

- **الفائدة** :تعزيز تنافسية الشركات من خلال تقديم منتجات عالية الجودة تفي بتوقعات العملاء.

7- الأنظمة الخبيرة(Expert Systems)

- **الوصف** :أنظمة ذكاء اصطناعي تحاكي خبرة الخبراء في إدارة الجودة.

- **التطبيقات** :- دعم اتخاذ القرار في تحسين العمليات الإنتاجية.

- تقديم استشارات حول كيفية تحسين التصميم أو تقليل العيوب.

- **الفائدة** :دمج الخبرة الفنية مع التكنولوجيا لدعم تحسين الجودة.

8- إنترنت الأشياء الصناعي(Industrial IoT)

- **الوصف** :أجهزة استشعار متصلة تعمل على جمع البيانات وإرسالها للتحليل باستخدام الذكاء الاصطناعي.

- **التطبيقات** :- مراقبة العمليات في الوقت الحقيقي.

- تحسين التحكم في خطوط الإنتاج عبر تحليل البيانات اللحظية.

- **الفائدة :**توفير بيانات دقيقة لتحسين العمليات وتقليل الأخطاء.

9- الروبوتات الذكية(Smart Robotics)

- **الوصف :**روبوتات مجهزة بالذكاء الاصطناعي لأداء مهام دقيقة في التصنيع.

- **التطبيقات :**- تنفيذ عمليات التجميع أو التصنيع بدقة عالية.

- فحص المنتجات وضمان التوافق مع معايير الجودة.

- **الفائدة :**تحسين الكفاءة وتقليل التكاليف المرتبطة بالعيوب.

10- التوأمة الرقمية(Digital Twins)

- **الوصف :**إنشاء نموذج افتراضي دقيق للمصانع أو خطوط الإنتاج باستخدام الذكاء الاصطناعي.

- **التطبيقات :**- محاكاة العمليات الإنتاجية لاختبار التحسينات الممكنة.

- التنبؤ بمشكلات الجودة من خلال تحليل السيناريوهات المختلفة.

- **الفائدة :**تحسين العمليات وتقليل التكاليف المرتبطة بالتجارب الفعلية.

- دراسة: Grieves & Vickers (2017) أوضحا أن التوأم الرقمي يسهم في تحسين الإنتاجية بنسبة تصل إلى 20% وتقليل الهدر.
- **أمثلة تطبيقية:** شركة **Siemens** تستخدم التوأم الرقمي لتحليل وتحسين الإنتاج وتقليل الهدر في مصانعها.

11- إدارة سلسلة الإمداد وتحسين المخزون(Supply Chain Management)

- **آلية التطبيق:** تُستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات الطلب والمخزون واللوجستيات. تُحدد الأنظمة الكميات المثلى للتخزين وتساعد في تحسين عمليات التوريد بناءً على التنبؤات.

- **الفائدة المتوقعة :**تحسين تدفق المواد في المنشآت الصناعية والتجارية وتقليل التكاليف.

- تعزيز دقة التخطيط وتقليل الفائض أو النقص في المخزون من سلع وخامات.
- مثال تطبيقي شركة **Amazon** تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين عمليات التخزين والشحن، مما يعزز تجربة العملاء.
- يمكن للتوأم الرقمي المدعوم بالذكاء الاصطناعي تحسين مرونة سلاسل الإمداد من خلال التنبؤ بالمخاطر وإدارة الموارد بكفاءة.

- دراسة: Ivanov et al. (2020) أوضحوا أن استخدام التوأم الرقمي يمكن أن يقلل من اضطرابات سلسلة الإمداد بنسبة 50%.

12- تحسين تصميم العمليات الصناعية

- **آلية التطبيق:** - يتم توظيف خوارزميات التعلم العميق لتحليل البيانات التشغيلية واقتراح تصميمات جديدة للعمليات الصناعية تقلل من استهلاك الموارد وتزيد الكفاءة.

- **الفائدة المتوقعة :- تقليل** التكاليف التشغيلية وزيادة الإنتاجية.

- تعزيز الاستدامة من خلال تقليل الهدر.
- دراسة: Wuest et al. (2016) بينوا أن تحليل البيانات الصناعية باستخدام الذكاء الاصطناعي أدى إلى تحسين الكفاءة التشغيلية بنسبة 25%.

- **أمثلة تطبيقية :-** شركة **Procter & Gamble**تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحسين تصميم عملياتها الصناعية، مما أدى إلى خفض كبير في استهلاك الطاقة.

13- تحليل رضا العملاء وتحسين المنتج

- **آلية التطبيق:** تُحلل أنظمة الذكاء الاصطناعي بيانات الملاحظات التي يقدمها العملاء لتحديد نقاط القوة والضعف في المنتجات. تُستخدم هذه المعلومات لتحسين المنتج بما يتناسب مع توقعات العملاء.

- **الفائدة المتوقعة :**تحسين جودة المنتجات وزيادة رضا العملاء.

- تعزيز القدرة التنافسية للشركة.
- دراسة: Chen et al. (2012) بينوا أن تحليل ملاحظات العملاء باستخدام الذكاء الاصطناعي أسهم في تحسين رضا العملاء بنسبة 15%.

- **أمثلة تطبيقية :**شركة **Coca-Cola**تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات العملاء وتطوير نكهات جديدة بناءً على تفضيلاتهم.

14- التحكم في العمليات وتحسينها(Process Control)

- **آلية التطبيق:** تُستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي لمراقبة العمليات الإنتاجية في الوقت الحقيقي، وتحليل البيانات لتحديد فرص تحسين الأداء.

- **الفائدة المتوقعة** :زيادة كفاءة العمليات وتقليل التكاليف.
- تعزيز المرونة في مواجهة التغيرات في متطلبات السوق.
- **أمثلة تطبيقية** :شركة **ABB** تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين التحكم في العمليات في مصانعها.

الخلاصة: تُظهر هذه التطبيقات كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يسهم في تحقيق الجودة الشاملة ودعم التحسين المستمر في المنشآت الصناعية. ومن خلال دمج هذه التقنيات مع استراتيجيات التطوير التنظيمي، يمكن للشركات تعزيز تنافسيتها وزيادة قدرتها على التكيف مع تحديات السوق المتغيرة وتحسين الكفاءة، وضمان تقديم منتجات عالية الجودة تفي بتوقعات العملاء.

(ج) التحديات والمعوقات أمام تبني الذكاء الاصطناعي في المنشآت الصناعية

- **التكلفة العالية للتطبيق:** يتطلب تطوير وتشغيل أنظمة الذكاء الاصطناعي استثمارات مالية كبيرة، مما يحد من قدرة المنشآت الصغيرة على تبنيها.

- تقرير NIST (2024): "المصانع الصغيرة تواجه تحديات كبيرة في تغطية تكاليف البنية التحتية للذكاء الاصطناعي".

- **نقص الكوادر البشرية المؤهلة: يتطلب** الذكاء الاصطناعي مهارات فنية متقدمة، وغالبًا ما تكون هناك فجوة في الكفاءات المتاحة.

- دراسة: "60% من الصناعات تواجه صعوبات في العثور على موظفين متخصصين في تقنيات الذكاء الاصطناعي." (McKinsey, 2023).

- **التكامل مع الأنظمة الحالية:** يواجه العديد من المنشآت الصناعية صعوبة في دمج أنظمة الذكاء الاصطناعي مع البنية التحتية التقليدية الموجودة.

- **الأمن والخصوصية: حماية** البيانات الحساسة وضمان الأمن السيبراني يعتبران من أكبر التحديات في تطبيق الذكاء الاصطناعي.

الخاتمة :

إن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة فعالة لتحقيق الجودة الشاملة وتعزيز التحسين المستمر في المنشآت الصناعية ، كما يمثل أداة استراتيجية قادرة على إحداث تحول جذري في أساليب العمل والإدارة، مما

يسهم في تعزيز تنافسية المنشآت وتحقيق أهدافها على المدى الطويل. يُمكن لهذه التقنيات تحسين الكفاءة التشغيلية، تقليل الأخطاء، وتحقيق مستويات أعلى من رضا العملاء، مما يدعم الاستدامة والابتكار.

النتائج :

1. **تحسين مراقبة الجودة** :ساهمت أنظمة الذكاء الاصطناعي، مثل الرؤية الحاسوبية، في تحسين دقة اكتشاف العيوب وتقليل الأخطاء البشرية.
2. **زيادة الكفاءة التشغيلية** :أدت تقنيات تحليل البيانات الضخمة والصيانة التنبؤية إلى تحسين استمرارية العمليات وخفض التكاليف التشغيلية.
3. **تعزيز التحسين المستمر** :وفرت الأنظمة الذاتية التعلم أدوات ديناميكية لتحديد المشكلات واقتراح حلول مبتكرة بناءً على تحليل البيانات.
4. **تحقيق رضا العملاء** :استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل ملاحظات العملاء أسهم في تطوير منتجات وخدمات تلبي توقعاتهم بشكل أفضل.
5. **مزايا تنافسية** :المنشآت الصناعية التي تبنت الذكاء الاصطناعي أظهرت مرونة أعلى وقدرة على التكيف مع تحديات السوق مقارنة بتلك التي تعتمد على الأساليب التقليدية.

التوصيات :

1. **الاستثمار في التكنولوجيا** :تشجيع المنشآت الصناعية على تخصيص ميزانيات أكبر لتطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي وتطبيقها في إدارة الجودة.
2. **بناء القدرات البشرية** :التركيز على تدريب العاملين وتأهيلهم لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بفعالية، بما يضمن تكاملًا بين العنصر البشري والتقني.
3. **دمج الذكاء الاصطناعي في استراتيجيات الجودة** :ينبغي للمنشآت الصناعية تضمين الذكاء الاصطناعي كجزء أساسي في خططها الاستراتيجية لإدارة الجودة الشاملة.
4. **تعزيز البنية التحتية الرقمية** :ضمان جاهزية الأنظمة الحالية لاستيعاب تقنيات الذكاء الاصطناعي من خلال تحسين التكامل بين الأنظمة التقليدية والحديثة.
5. **مواجهة تحديات الأمن السيبراني** :الاستثمار في أنظمة الأمن الرقمي لحماية البيانات وضمان استمرارية العمليات.

بتنفيذ هذه التوصيات، يمكن للمنشآت الصناعية تحقيق أقصى استفادة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مما يضمن استدامة النمو وتحقيق مزايا تنافسية مستدامة في السوق.

كما **يوصي الباحث** بإجراء دراسات أعمق لتحديد التحديات التي تواجه تطبيق الذكاء الاصطناعي في القطاع الصناعي والعمل على معالجتها.

المراجع والمصادر:

أولاً : المراجع العربية

1. بن قيراط، وداد(2021) ، تطبيقات الذكاء الاصطناعي في شركات الأعمال في ظل جائحة كوفيد-19: حالة شركة أمازون .*مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال*، المجلد 4، العدد 1، ص. 1–19.
2. خليل، ع. (2023). تحديات تطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات .*المجلة العربية للعلوم الإدارية 2*.(42)
3. رضوان، ز. م. ر. (2017). الذكاء الاصطناعي وأثره على التنمية .*ملتقى أسبار، الرياض، المملكة العربية السعودية، 17 ديسمبر*.
4. نجم، ع. ع .(2010) .*إدارة الجودة الشاملة في عصر الإنترنت* .دار صفاء، عمان، الأردن.

ثانياً : المراجع الأجنبية

1. Bain & Company. (2023). **Developing self-learning industrial systems enhances a culture of sustainable improvement**.
2. Chen, J., Zhang, L., & Li, Y. (2012). **Customer feedback analysis using artificial intelligence for product enhancement**. *Customer Relationship Management Journal, 18*(4), 45-60.
3. Grieves, M., & Vickers, J. (2017). **Digital twins: Enabling the future of manufacturing**. *International Journal of Manufacturing Research, 12*(2), 203-220.
4. IEEE Xplore. (2024). **Machine learning techniques in car paint quality improvement**. *IEEE Transactions on Automation Science, 45*(1), 67-79.

5. Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2020). **Digital twins in supply chain risk management**. *Production Planning & Control, 31*(8), 651-664.
6. Lee, J., Kao, H., & Yang, S. (2015). **Predictive maintenance using artificial intelligence in manufacturing**. *Journal of Manufacturing Processes, 23*, 130-145.
7. MDPI. (2022). **Reducing manufacturing errors through AI solutions**. *Machines, 10*(2), 245-260.
8. McKinsey & Company. (2023). **The AI talent gap in industrial applications**.
9. Montgomery, D. C. (2020). **Total Quality Management: A Process Approach**. New York: Wiley.
10. National Institute of Standards and Technology (NIST). (2024). **Challenges of AI adoption in small manufacturing enterprises**. *NIST Report, 45*, 34-45.
11. Procter & Gamble. (2021). **Using AI to optimize industrial operations**. *P&G Annual Report*.
12. Russell, S., & Norvig, P. (2021). **Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.)**. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
13. Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., & Thoben, K. (2016). **Data analytics in manufacturing: Applications of AI to improve operational efficiency**. *Procedia CIRP, 57*, 175-180.