الذكاء الاصطناعي في الصناعة 4.0، الفرص والتحديات المستقبلية

محور المشاركة: تحديات تطبيق استراتيجيات الذكاء الاصطناعي في المؤسسات الصناعية، المتطلبات والمعوقات

مريم قشي [1]
جامعة الأمير عبد القادر للعلوم الإسلامية، كلية الشريعة والاقتصاد، قسنطينة، الجزائر، guechimeriem10@yahoo.fr [1]

Artificial Intelligence in Industry 4.0, Future Opportunities and Challenges

Meriem Guechi [1]
Emir Abdelkader University of Islamic Sciences, Shari'a And Economics Faculty, Constantine, Algeria [1]

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تبيين استخدام الذكاء الاصطناعي في الصناعة 4.0 مع تحديد أهم الفرص والتحديات المستقبلية التي يقدمها، حيث يعتبر الذكاء الاصطناعي حاليا ثورة هائلة في قطاع المعلومات والتكنولوجيا حول العالم.

خلصت الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يتكامل بشكل متزايد مع التطبيقات الصناعية المبتكرة، حيث تعمل مزايا الذكاء الاصطناعي الصناعي على تمكين المؤسسات الصناعية من تحسين الأداء التشغيلي والتجاري، مع زيادة المرونة والابتكار في الوقت نفسه. فعلا بدأت العديد من المؤسسات الصناعية العالمية في استخدام الذكاء الاصطناعي الصناعي، مما سيؤدي إلى تنامي سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي العالمي بصورة أكبر مستقبلا، غير أن النشر على نطاق واسع يتطلب اتباع نهج شامل ومتكامل، إضافة إلى العمل على إحداث تغييرات تنظيمية وفنية وتكنولوجية لازمة تعتبر أساس التنفيذ الناجح للذكاء الاصطناعي الصناعي.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، الذكاء الاصطناعي الصناعي، الصناعة 4.0، التصنيع الذكي

Abstract:

In light of the fact that artificial intelligence is currently regarded as a major revolution in the information and technology sector all over the world, the purpose of this study is to illustrate how it is used in Industry 4.0 while also identifying the most significant future opportunities and challenges that it presents.

The study came to the conclusion that AI is becoming more and more integrated with cutting-edge industrial applications, as the benefits of industrial AI allow industrial enterprises to boost flexibility and creativity while simultaneously improving operational and business performance. Indeed, many worldwide industrial institutions have started using industrial artificial intelligence, indicating that the global industrial artificial intelligence market will expand in the future. However, widespread adoption necessitates a complete and integrated approach, in addition to striving to bring about the required organizational, technical, and technological improvements that are regarded the foundation for successful industrial artificial intelligence implementation.

Keywords: Artificial intelligence, Industrial artificial intelligence, Industry 4.0, Smart manufacturing

المؤلف المرسل: **مريم قشي**، البريد الالكتروني: guechimeriem10@yahoo.fr

1. مقدمة:

يعتبر الذكاء الاصطناعي حاليا أحد أكثر التقنيات انتشارا، وهو مصطلح شامل يتضمن تقنيات متعددة مثل التعلم الآلي والتفكير والرؤية الحاسوبية ومعالجة اللغات الطبيعية التي تضيف الذكاء إلى التطبيقات، بشكل فردي أو جماعي (SPIRE, 2019, p. 02)، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحل المشكلات المعقدة بطريقة فعالة في العديد من الصناعات، ومن المتوقع أن تتوسع عائدات الذكاء الاصطناعي لحلول المؤسسات من 1.62 مليار دولار في 2018 إلى 31.2 مليار دولار في 2025 ، وهو ما يمثل 52.59 % من معدل النمو السنوي المركب (CAGR) (Iqbal, Anwarul Islam, Zayed, Haque Beg, & Khan Shahi, 2021, p. 46). تعد برامج التعرف ووضع العلامات، ومعالجة بيانات المرضى، وأنظمة تحديد المواقع العالمية GPS، والصيانة التنبؤية، واستخدام المنهجيات وذكاء الآلة للتنبؤ بالتهديدات المحتملة وإحباطها، والتوظيف الذكي، وأنظمة الموارد البشرية، مجرد أمثلة قليلة من العديد من حالات استخدام التطبيقات المؤسسية المتوقعة لدعم التطور الهائل للذكاء الاصطناعي.حيث تشير الإحصائيات إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي في مختلف القطاعات قد زاد بنسبة 270% خلال السنوات الأربع الماضية.

بالنسبة للمؤسسات الصناعية يعتبر التحول الرقمي عملية معقدة ومتعددة المراحل، إذ أجبرت العولمة والقدرة التنافسية المؤسسات على إعادة التفكير وابتكار عمليات الإنتاج الخاصة بها وفقًا لما يسمى بنموذج الصناعة 4.0 والتي ترتبط الآن بشبكة عالمية عن طريق نقل البيانات الرقمية (Dagnaw, 2020, p. 01). الصناعة 4.0 هو مصطلح يستخدم لوصف الثورة الصناعية الرابعة، تعتبر تقنيات التصنيع جزءا من هذه الثورة ومن بين التقنيات المدرجة في هذه المجموعة تقنيات مثل إنترنت الأشياء (IoT)، والأنظمة السيبرانية الفيزيائية (CPS)، والذكاء الاصطناعي (AI) (Banitaan, Al-refai, Almatarneh, & Alquran, 2023, p. 23). لقد أدى ظهور مبادرة الصناعة 4.0 إلى جعل بيئات التصنيع أكثر ديناميكية وترابطًا ولكنها أيضًا أكثر تعقيدًا بطبيعتها (SILVA PERES, et al., 2020, p. 01). حيث تواجه الصناعات الحديثة تحديات كثيرة مثل ارتفاع التكاليف، والتشغيل الآمن، والأداء والموثوقية، ومخاوف أمن البيانات، ودوران القوى العاملة، وما إلى ذلك. ومن أجل التعامل مع هذه القضايا، تتحول الصناعات بسرعة نحو التصنيع الذكي (Leea, Singha, Azamfara, & Pandharea, June 2020, p. 01) الذي يتضمن مزيجا من التقنيات والحلول المختلفة بما في ذلك الذكاء الاصطناعي.

مما سبق يمكن صياغة الإشكالية الرئيسية كما يلي: كيف يتم تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الصناعة 4.0؟ وما هي أهم الفرص والتحديات المستقبلية الناتجة عن ذلك؟

إن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقديم لمحة شاملة عن استخدام الذكاء الاصطناعي في الصناعة 4.0 إذ من المتوقع أن يكون الذكاء الاصطناعي محرك الثورة الصناعية الرابعة التي تعتبر ثورة نحو التصنيع الذكي مستقبلا، حيث أن نتائجها سيكون لها تأثير على كل البلدان بما في ذلك الدول النامية، إن معرفة متطلبات ومعوقات تطبيق الذكاء الاصطناعي في المؤسسات الصناعية أيضا هو أحد الأهداف الرئيسية للدراسة.

2. الذكاء الاصطناعي الصناعي . مفاهيم أساسية

1.2. تعريف الذكاء الاصطناعي الصناعي:

يعرّف قاموس أوكسفورد للغة الإنجليزية الذكاء الاصطناعي بأنه "نظرية وتطوير أنظمة الكمبيوتر القادرة على أداء المهام التي تتطلب عادة ذكاء بشري. "(Agrawal, Gans, & Goldfarb, 2019, p. 03) إذن الذكاء الاصطناعي هو قدرة الآلات، والخوارزميات، والأنظمة، وما إلى ذلك، على تقليد السلوك البشري الذكي في الهيكل والوظيفة والسلوك، ويتجلى في صورة ذكاء آلي مع سلوك ذكي (He & Ding, 2022, p. 02).

لقد تطور مجال الذكاء الاصطناعي مؤخرا بفعل عوامل دافعة رئيسية، والتي تشمل الانتشار الكبير والاستخدام المتسارع لشبكة الانترنت والأشكال الأخرى من الاتصال الرقمي كالجوال المحمول، الانخفاض الكبير في تكاليف الحوسبة، و الانخفاض في تكاليف رأس المال للتقنيات الرقمية (Ernst, Merola, & Samaan, 2018, p. 03)، أدت هذه التطورات إلى زيادة سريعة في طلبات براءات الاختراع الخاصة بالذكاء الاصطناعي عبر مكاتب البراءات المختلفة في جميع أنحاء العالم ونتيجة لذلك ظهر تدفق لا نهاية له من الخدمات والمنتجات الجديدة.

بالنسبة للذكاء الاصطناعي الصناعي فيعرف بأنه أي تطبيق للذكاء الاصطناعي يتعلق بالعمليات المادية أو أنظمة المؤسسة، حيث يركز على مساعدة المؤسسة في مراقبة سلوك هذه العمليات والأنظمة أو تحسينه أو التحكم فيه لتحسين كفاءتها وأدائها (Charrington, 2017, p. 05).

كما يُعرَّف الذكاء الاصطناعي الصناعي أيضا بأنه نظام منهجي يركز على تطوير حلول الذكاء الاصطناعي والتحقق منها ونشرها وصيانتها (بأشكالها المتنوعة) للتطبيقات الصناعية ذات الأداء المستدام .(SILVA PERES, et al., 2020, p. 220122)إذن يمكن القول أن الذكاء الاصطناعي الصناعي هو نموذج جديد يطبق علوم البيانات وخوارزميات الذكاء الاصطناعي والبرمجيات بالمجال الصناعي.

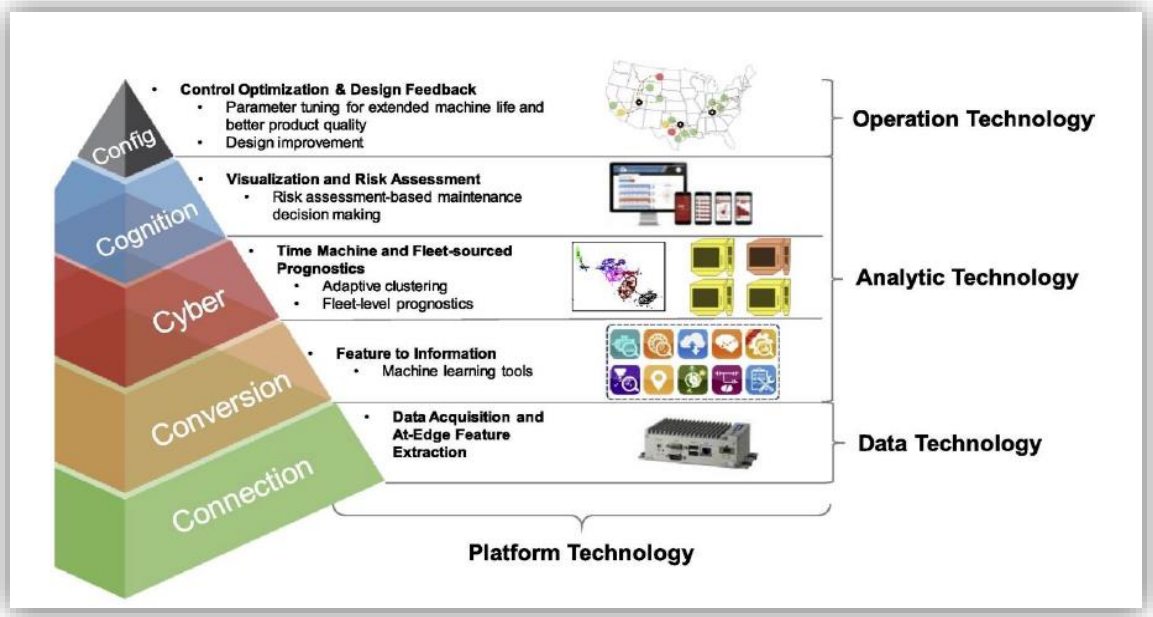
يشمل الذكاء الاصطناعي الصناعي على سبيل المثال التطبيقات المتعلقة بحركة البضائع وتخزينها، وإدارة سلسلة التوريد، والأتمتة والروبوتات في التصنيع، وأهم ما يميز الذكاء الاصطناعي الصناعي عن الأنواع الأخرى من الذكاء الاصطناعي هو أنه يركز على تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي أكثر من تركيزه على تطوير أنظمة بشرية. إضافة إلى ذلك، يركز الذكاء الاصطناعي الصناعي على خلق قيمة ملموسة من خلال مزيج من العوامل مثل زيادة الجودة وتحسين أداء المؤسسة (SILVA PERES, et al., 2020, p. 220122).

إن معظم حالات استخدام الذكاء الاصطناعي الصناعي تتمحور حول التقنيات التالية (Capgemini, 2019, p. 03):

- **التعلم الآلي**: قدرة الخوارزميات والتعليمات البرمجية على استخدام البيانات والتعلم تلقائيًا من أنماطها الأساسية دون برمجتها بشكل صريح.
- **التعلم العميق**: شكل متقدم من التعلم الآلي يستخدم الشبكات العصبية الاصطناعية لتحليل وتفسير الصور ومقاطع الفيديو.
- **الأجسام المستقلة**: عوامل اصطناعية –مثل الروبوتات التعاونية أو المركبات الموجهة ذاتية التحكم –التي يمكنها التعامل مع المهمة الموكلة إليها بمفردها.

يمكن للذكاء الاصطناعي الصناعي تحقيق أنظمة صناعية ذكية ومرنة من خلال أربع تقنيات تمكينية: تكنولوجيا البيانات، التكنولوجيا التحليلية، تكنولوجيا المنصات، وتكنولوجيا العمليات. كما يمكن أن تكون التقنيات الداعمة مثل التصنيع الإضافي، والواقع المعزز، والروبوتات المتقدمة حافزًا لتسريع الحركة نحو الصناعة 4.0(Lee, Singh, & Azamfar, 2019, p. 30).

شكل رقم 01: تقنيات التمكين للذكاء الاصطناعي الصناعي



Source: (Lee, Singh, & Azamfar, 2019, p. 32)

تعمل مزايا الذكاء الاصطناعي الصناعي على تمكين المؤسسات الصناعية من تحسين الأداء التشغيلي والتجاري، مع زيادة المرونة والابتكار في الوقت نفسه، وتشمل هاته المزايا (Charrington, 2017, p. 10):

- تعزيز الوعي والتنبؤ، من خلال السماح للمؤسسات بنمذجة الأنظمة الصناعية المعقدة، حيث يسمح الذكاء الاصطناعي الصناعي للمؤسسات بزيادة الجودة وتقليل وقت التوقف عن العمل وتجنب نفاذ المخزون وتقليل المخاطر.
- تخطيط أفضل واتخاذ القرار، من خلال مساعدة المؤسسات على تقييم فعالية السياسات المختلفة في بيئات ديناميكية لا يمكن التنبؤ بها، حيث يساعد الذكاء الاصطناعي الصناعي المؤسسات على زيادة كفاءة العمليات، وتحسين استخدام الأصول، وزيادة العائدات، وتحسين تصميم وإدارة الأنظمة المعقدة.
- كفاءة وإنتاجية أكبر، إذ يتيح الذكاء الاصطناعي الصناعي للمؤسسات تعزيز النتائج التي تحققها من خلال الأتمتة، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج وزيادة جودة المنتج وانخفاض تكاليف العمالة وتقليل الأخطاء وإعادة العمل وانخفاض استهلاك المواد وتقليل النفايات.

وفقا لتقرير McKinsey، شهدت المؤسسات التي تستخدم الذكاء الاصطناعي وفورات في التكاليف ونموا في الإيرادات. حيث لاحظ 16% ممن شملهم الاستطلاع انخفاضا بنسبة 10-19% في التكاليف، بينما شهد 18% زيادة بنسبة 6-10% في إجمالي الإيرادات (Mckinsey, 2020). إضافة لذلك يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحسن دقة التنبؤ في التصنيع بنسبة 10-20%، وهو ما يترجم إلى انخفاض بنسبة 5% في تكاليف المخزون وزيادة بنسبة 2-3% في الإيرادات(Chui, Henke, & Miremadi, 2018) .

من ناحية أخرى هناك فوائد اقتصادية للذكاء الاصطناعي الصناعي، إذ أن التوسع المتوقع في الذكاء الاصطناعي قد يؤدي إلى زيادة بنسبة 14% في الإنتاج الاقتصادي العالمي، مقاسا بالناتج المحلي الإجمالي، مقارنة بالتنبؤات الأساسية البالغة 114 تريليون دولار في عام 2030. وبالتالي، سيتم توليد 15.7 تريليون دولار إضافية. إن هاته الفوائد ستكون نتيجة لما يلي (PWC, 2020, p. 09):

- مكاسب إنتاجية من المؤسسات التي تعمل على أتمتة العمليات وزيادة عمل القوى العاملة الحالية باستخدام أنواع مختلفة من تقنيات الذكاء الاصطناعي.
- زيادة طلب المستهلكين، الناتج عن توفر منتجات وخدمات رقمية ومعززة بالذكاء الاصطناعي عالية الجودة.

2.2. تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي:

مع الثورة الصناعية 4.0 أصبحت الصناعات أكثر ذكاءً من خلال اعتماد أجهزة الاستشعار الذكية والأنظمة المترابطة وغيرها، حيث يتم تبادل كمية كبيرة من البيانات بين الأجهزة. وللتعامل مع مثل هذه الكمية الكبيرة من البيانات يعد الذكاء الاصطناعي الخيار الأفضل لأنه يسهل التصنيع الذكي، إذ يستخدم التصنيع الذكي نموذجًا قائمًا على البيانات معتمدا على الذكاء الاصطناعي والذي يتخذ قرار التصنيع والتنبؤ والتحسين في الوقت الفعلي في عملية التصنيع(vantage market research, 2022) . ومن ثم، دفع نمو الذكاء الاصطناعي في سوق التصنيع بصورة كبيرة، ووفقا لاستطلاع أجرته Deloitte حول اعتماد الذكاء الاصطناعي في التصنيع، تعتقد 93 %من الشركات التي شملتها الدراسة أن الذكاء الاصطناعي سيكون تقنية محورية لدفع النمو والابتكار في هذا القطاع، بينما 87 % اعتمدوا الذكاء الاصطناعي أو يخططون لذلك (Deloitte, 2019, p. 01).

يتم اعتماد الذكاء الاصطناعي الصناعي على نطاق واسع في المؤسسات الصناعية كما يلي:

- **التحليلات التنبؤية:** هو مصطلح مرادف للنمذجة التنبؤية، وهناك ثلاث نماذج رئيسية هي: نماذج تنبؤية، نماذج وصفية ونماذج القرار (Sharabov & Tsochev, 2020, p. 22)، حيث يتم استخدام الذكاء الاصطناعي وخوارزميات التعلم الآلي لاستخلاص رؤى من بيانات التصنيع مثلا حول جودة المنتج أو التنبؤات حول فشل المنتج في عملية الإنتاج، كشف الاحتيال، استهلاك الطاقة، اتجاهات السوق...

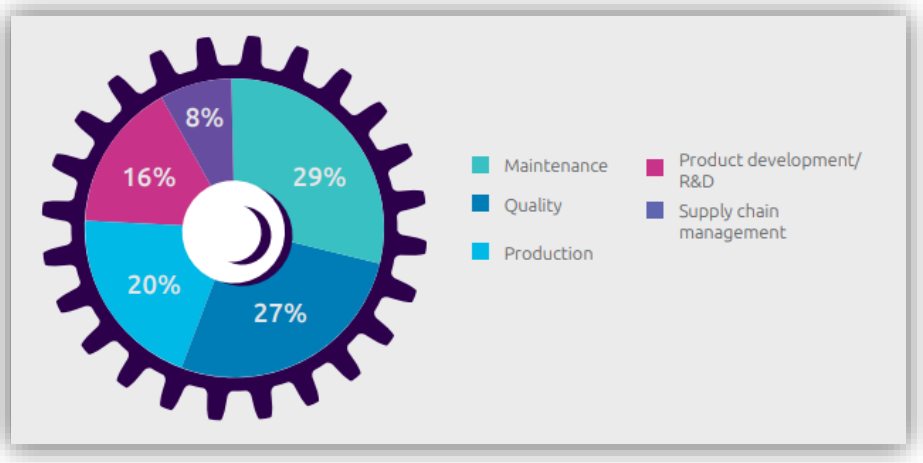
- **الصيانة الوقائية:** يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات من أجهزة الاستشعار والآلات الموجودة على أرضية المؤسسات الصناعية من أجل فهم كيف ومتى من المحتمل حدوث الأعطال. وبالتالي التأكد من توفر الموارد وقطع الغيار اللازمة لضمان الإصلاح السريع. (Marr, 2023). من ناحية أخرى يمكن التنبؤ بشكل أكثر دقة بمقدار وقت التوقف عن العمل الذي يمكن توقعه في عملية معينة وبالتالي تجنب خسائر مادية ومالية كبيرة عن طريق تجنب الاضطرابات غير المجدولة. مثلا، بلغ متوسط فترة التوقف عن العمل في منشآت التصنيع النموذجية 15 ساعة أسبوعيًا، مع خسائر تبلغ حوالي 20000 دولار أمريكي في الدقيقة من فترة توقف خط الإنتاج لشركات السيارات الكبيرة (Plathottam, Rzonca, Lakhnori, & Iloeje, 2023, p. 08).
- **الروبوتات الصناعية:** تعد الروبوتات الصناعية الدعامة الأساسية للتصنيع الحديث، إذ أن دمج الذكاء الاصطناعي في الروبوتات الصناعية الحالية لديه القدرة على تسهيل التغيير التدريجي في التعاون بين العمال البشريين والروبوتات ,Plathottam, Rzonca, Lakhnori) (Iloeje, 2023, p. 11 & ،, وهذا ما سيؤدي إلى تعزيز سرعة الإنتاج، ضمان الجودة وتقليل الخطأ. لقد نمت قيمة سوق الروبوتات الصناعية إلى حوالي 41.7 مليار دولار في عام 2021. ومن المتوقع أن يصل إلى 81.4 مليار دولار بحلول عام 2028. هذا معدل نمو سنوي مركب يبلغ 11.8% بين عامي 2022 و2028 (Uzzaman, 2023) .ووفقًا لتقرير صادر عن الاتحاد الدولي للروبوتات(IFR) ، سجلت الشحنات العالمية من الأذرع الروبوتية الصناعية رقمًا قياسيًا في عام 2018، حيث وصلت إلى 384000 وحدة .ومن بين الدول الرئيسية المستوردة كانت الصين أكبر سوق (بنسبة 35%)، تليها اليابان والولايات المتحدة، كما احتلت تايوان المركز السادس في العالم، ويعتبر تصنيع السيارات والإلكترونيات أكبر سوق لتطبيقات الأذرع الروبوتية الصناعية حيث يمثل حوالي 60٪، وهو أعلى من الصناعات الأخرى مثل المعادن والبلاستيك والمواد الغذائية(market prospects, 2023) .
- **الرؤية الحاسوبية والتعلم الآلي في التصنيع:** ترتبط تطبيقات الرؤية الحاسوبية للذكاء الاصطناعي في المجال الصناعي ارتباطًا وثيقًا بالروبوتات الصناعية، وغالبًا ما تتضمن عمليات فحص بصرية(Acerta, 2023) ، حيث تتضمن الرؤية الحاسوبية في التصنيع أنظمة تعمل بالطاقة الذكاء الاصطناعي يمكنها التقاط وتحليل وفهم المدخلات المرئية من العالم المادي (مثل المصانع والمواقع الصناعية الأخرى) لمساعدة البشر على اتخاذ الإجراءات المناسبة ومساعدتهم في عمليات الإنتاج المختلفة(Ahramovich, 2023) ، وغالبا ما يتم استخدام الرؤية الحاسوبية في التصنيع لفحص المنتج والجودة ، ومراقبة الهيكل ، وتتبع الأضرار أو الأخطاء، إذ تسمح الكاميرات للمصانع بفحص منتجاتها بحثا عن عيوب صغيرة يمكن أن تكون أكثر حساسية من العين البشرية.
- **التصنيع المستدام:** يستطيع الذكاء الاصطناعي الصناعي إنشاء أنظمة أكثر كفاءة للمساعدة في تقليل استخدام الطاقة في خط الإنتاج .تتطلب معظم مبادرات الاستدامة إصلاح خط الإنتاج، أو الاستثمار في مصادر الطاقة الخضراء، أو تنفيذ تقنيات أكثر كفاءة (Acerta, 2023). على سبيل المثال، تمكن المراقبة في الوقت الفعلي وتحليل البيانات الأنظمة الروبوتية من تحسين جداول الإنتاج وتعزيز إدارة المخزون وتبسيط عمليات سلسلة التوريد. وهذا يؤدي إلى انخفاض الإنتاج المفرط، وبالتالي تخصيص الموارد بكفاءة وتقليل التأثير البيئي الناجم عن الاستهلاك المفرط للموارد.(Gupta, 2023)
- **إدارة المخزون:** يتم تقييد كمية كبيرة من رأس المال في المخزون الذي يمثل 1.1 تريليون دولار نقدا أي ما يعادل 7 %من الناتج المحلي الإجمالي للولايات المتحدة(Acerta, 2023) ، يقدم الذكاء الاصطناعي حلولا عديدة كالتقليل من تكاليف الحفاظ على المخزون، تحسين عملية اتخاذ القرار، والقضاء على المخاطر، وتحسين عمل المستودعات، وزيادة الإنتاجية. وفقًا للإحصاءات، في عام 2020، حوالي 45.1% من الشركات استثمرت بالفعل في أتمتة المستودعات و40.1% في حلول الذكاء الاصطناعي (Kirianova، 2021).
- **تصميم العمليات والمنتجات:** يعمل الذكاء الاصطناعي على تغيير الطريقة التي نصمم بها المنتجات، تتمثل إحدى الطرق في إدخال موجز مفصل يحدده المصممون والمهندسون كمدخلات في خوارزمية الذكاء الاصطناعي (يشار إليها في هذه الحالة باسم "برنامج التصميم التوليدي")(Kushmaro, 2018) ، يكون الذكاء الاصطناعي هنا قادرا على حل تحديات التصنيع والهندسة الرئيسية من

خلال إنشاء حلول تصميم جديدة قد تكون مستحيلة أو لا يمكن تصورها. وسيمكن هذا الشكل من "الإبداع المشترك" بين البشر والتكنولوجيا الشركات المصنعة من إنشاء منتجات جديدة ومبتكرة وتقديم خدمات تلبي احتياجات العملاء بوقت أقل وبتكلفة أقل (AMFG, 2018).

- **إدارة سلسلة التوريد**: تعد إدارة سلسلة التوريد واحدة من أهم المهام في عملية التصنيع وواحدة من أكثر المهام تعقيدًا نظرًا لأن سلاسل التوريد يمكن أن تمتد إلى بلدان وقارات متعددة، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في التطبيقات التي تسهل سلاسل التوريد وتحسينها، مع الاستفادة من التحليلات التنبؤية وتحليل البيانات في الوقت الفعلي لإدارة مستويات المخزون وتخطيط الإنتاج (Plathottam, Rzonca, Lakhnori, & Iloeje, 2023, p. 09).

في دراسة قامت بها شركة Capgemini عام 2019 حول 300 مصنع عالمي في أربع قطاعات صناعية: السيارات، الصناعات التحويلية، والمنتجات الاستهلاكية، والفضاء والدفاع، وجدت أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي الخاصة بهاته العينة تركز على مجالين رئيسيين، الصيانة 29% والجودة 27%، بينما تبرز صناعة السيارات كأكبر مركز للتصنيع الذكي باستخدام نماذج الذكاء الاصطناعي في مراقبة الجودة، وتطوير المنتجات، والتصنيع، مثلا تستخدم شركة تصنيع السيارات جنرال موتورز التعلم الآلي لبناء سلع أكثر فعالية من حيث التكلفة والسرعة (Chopra, Singh, Sharma, & Mahto, 2021, p. 02).

شكل رقم 02: تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي في كبرى الشركات المصنعة 2019

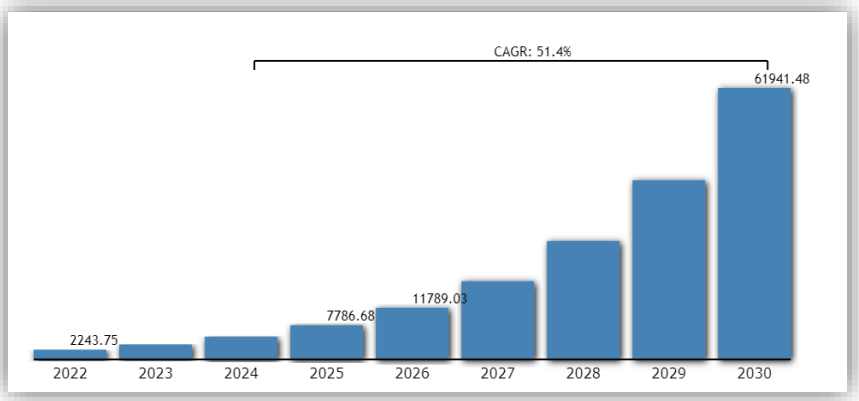


Source: (Capgemini, 2019, p. 18)

3. سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي العالمي:

قدر حجم الذكاء الاصطناعي في سوق التصنيع بحوالي 2243.75 مليون دولار أمريكي في عام 2022، ومن المتوقع أن يصل إلى 61941.48 مليون دولار أمريكي بحلول عام 2030. من المتوقع أن ينمو الذكاء الاصطناعي الصناعي بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ حوالي 51.40%خلال الفترة 2021 ـ 2030.

شكل رقم 03: حجم الذكاء الاصطناعي في سوق التصنيع 2022 ـ 2030 **الوحدة: مليار دولار**



Source: (vantage market research, 2022)

لقد ساعدت جائحة كوفيد 19 في تسريع تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي، كما أنها قدمت فرص نمو مربحة لسوق الذكاء الاصطناعي الصناعي العالمي، لقد أدركت المؤسسات الصناعية أنها بحاجة إلى قدرة عالية للاستجابة مع الجائحة، وبناء عمليات قوية واكتساب قدرات رائدة من خلال تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، وجدت شركة McKinsey أن الشركات التي تبنت هذه التقنيات في وقت مبكر شهدت بالفعل ميزة نمو في الإيرادات بنسبة 7% مقارنة بنظيراتها(Saxena, 2020) .

تهيمن أمريكا الشمالية وأوروبا حاليًا على سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي العالمي، وذلك بسبب قطاعاتها الصناعية الراسخة والتقدم التكنولوجي والأطر التنظيمية الداعمة، ومن المتوقع مستقبلا أن تحتفظ الولايات المتحدة الأمريكية بحصة سوقية كبيرة، وستتبعها أوروبا من حيث حصة الإيرادات، فالطلب على حلول الذكاء الاصطناعي في المنطقة مدفوع في المقام الأول بدول أوروبا الغربية، ومن المرجح أن تؤثر أوروبا بشكل كبير على السوق العالمية بسبب اعتماد الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع في أوروبا الشرقية (Transparency Market Research, 2022).

ومن المتوقع أن تشهد منطقة آسيا والمحيط الهادئ أيضا نموًا كبيرًا في السوق بسبب التصنيع السريع وزيادة اعتماد تقنيات الأتمتة والمبادرات الحكومية التي تشجع تنفيذ الذكاء الاصطناعي في مختلف الصناعات(Maximize Market Research, June 2023) ، علاوة على ذلك، فإن التطورات التكنولوجية في البحث والتطوير مع تدريب العمال على تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في المنطقة ستعزز من نمو الذكاء الاصطناعي الصناعي(Data Bridge Market Research, 2022) .

شكل رقم 04: سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي حسب المنطقة

Source: (Maximize Market Research, June 2023)

بالنسبة لأهم الشركات الفاعلة في سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي فأغلبها من الولايات المتحدة الأمريكية من بينها: Intel Corporation، Nvidia Corporatio، Alphabet Inc، IBM Corporation، Microsoft Corporation، General ،

، Cisco Systems، Rockwell Automation ،Aibrain ، General Vision Inc، Datarpm ،Electric Company Oracle Corporation. من ألمانيا: Siemens AG، SAP SE. من اليابان: Mitsubishi Electric Corporation.

جدول رقم 01: منتجات أهم الشركات الفاعلة في سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي

الشركة	تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي
Siemens AG	تعمل الشركة على زيادة الإنتاجية في قطاعي الصناعة والتصنيع إلى أقصى حد من خلال استكشاف قدرات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي. ولقد ركزت على الأتمتة الصناعية وتحليلات البيانات كمجالين ونتيجة لذلك، أصبحت المؤسسات الصناعية تعتمد على تقنيات سيمنز لخفض تكاليف الآلات، وتحسين الاتساق مع الأتمتة، وتقديم بيانات فورية لضبط سير العمل بسرعة.
IBM Corporation	تقدم الشركة التشغيل السحابي وأدوات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي بهدف تقليل أوقات الإنتاج والتكاليف للشركات. بينما يوفر IBM Watson مجموعة من الحلول الذكاء الاصطناعي، وبشكل خاص بالذكاء التنبؤي وخصائص التشغيل الآلي. أصبحت المؤسسات الصناعية الآن قادرة على توقع المخاطر المحتملة وتحديد أفضل طريقة لدمج تقنية الأتمتة.
Intel Corporation	تمنح إنتل المؤسسات الصناعية ميزة ذكية من خلال ربط تقنيات المعلومات والتشغيل والذكاء الاصطناعي معًا. في الصناعة التحويلية، استخدمت الشركة الذكاء الاصطناعي لإنشاء بيانات تمكن من ضبط سير العمل بسرعة. كما أصبحت المحاكاة والرؤية الآلية والصيانة التنبؤية أيضًا من مجالات الاهتمام لأدوات الذكاء الاصطناعي من إنتل.
Rockwell Automation	تروج الشركة لما تسميه "التصنيع الذكي" من خلال استخدام الذكاء الاصطناعي لتعزيز الأنظمة وتدابير الأمن السيبراني والجوانب الأخرى لعملية التصنيع. يستخدم منتج FactoryTalk Analytics LogixAI الخاص بالشركة قدرات تنبؤية للتنبؤ بالنكسات المحتملة وتشجيع التدابير الاستباقية والحفاظ على جودة المنتج.
General Electric Company	ساعد فريق الذكاء الاصطناعي في جنرال إلكتريك المؤسسات المصنعة على إعطاء الأولوية للكفاءة والسلامة، وهو متفرع ليشمل مختلف القطاعات، بما في ذلك الأتمتة ورؤية الكمبيوتر والروبوتات. وكانت إحدى نتائج هذه الجهود أنظمة الروبوتات المستقلة من جنرال إلكتريك، والتي تجعل أماكن العمل أكثر إنتاجية مع الأتمتة وتقنيات الذكاء الاصطناعي.

Source: (Daley, 2023)

تستخدم الشركات الرئيسية العاملة في سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي العالمي استراتيجيات مختلفة لزيادة تعزيز حصتها في السوق، بما في ذلك عمليات الدمج والاستحواذ والشراكات والمشاريع المشتركة واتفاقيات الترخيص وإطلاق منتجات جديدة للذكاء الاصطناعي الصناعي، مثلا في فيفري 2023 أكملت Xaba ، وهي شركة مقرها كندا مطورة للروبوتات التي تعمل بنظام الذكاء الاصطناعي ووحدة التحكم في الآلة، جولة من الاستثمار الأولي ، برعاية Hazelview Ventures وبمشاركة من Whiteshell Group Inc ، لجلب عمليات التصنيع التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي والروبوتات الذكية المستقلة إلى السوق (BlueWeave Consulting, 2023).

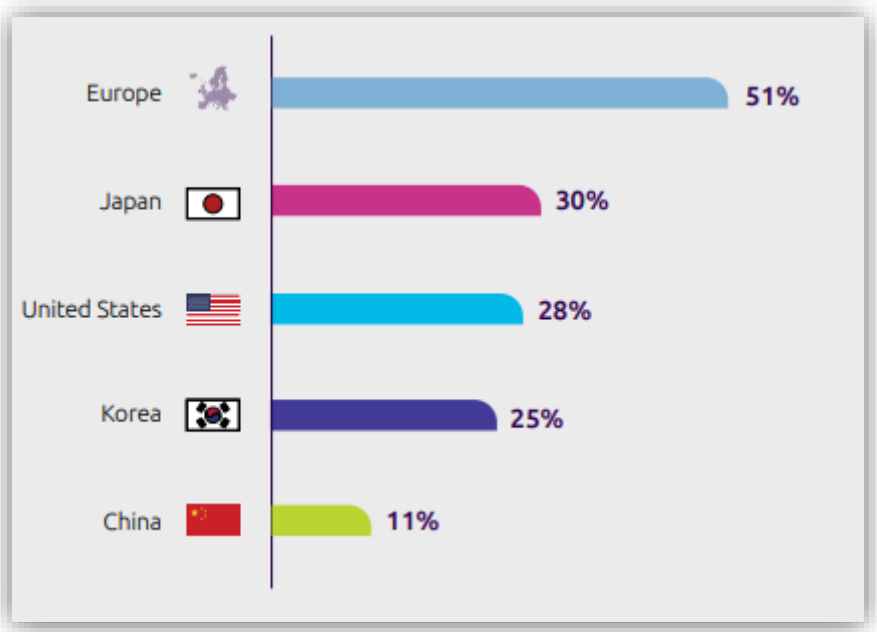
4.متطلبات وتحديات الذكاء الاصطناعي الصناعي:

استنادا إلى استطلاع عالمي تم إجراؤه من طرف المنتدى الاقتصادي العالمي على مدى السنوات الأربع الماضية لأكثر من 3000 مؤسسة عبر الصناعات والمناطق الجغرافية، يدرك عدد متزايد من المؤسسات الصناعية ضرورة العمل لتحسين كفاءاتها في مجال الذكاء الاصطناعي، حيث (World Economic Forum, December 2022, p. 04):

- يدرك 70% من المشاركين كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يولد قيمة للأعمال.
- 59%لديهم استراتيجية ذكاء اصطناعي مطبقة.
- يؤكد 57% أن مؤسساتهم تقوم بتجريب أو نشر الذكاء الاصطناعي.

تنفرد أوروبا بقيادة جميع الدول الصناعية الكبرى في تطبيق الذكاء الاصطناعي في عمليات التصنيع، تليها اليابان ثم الولايات المتحدة الأمريكية، إن أكثر من نصف المجموعة الأوروبية تنفذ حلول الذكاء الاصطناعي، تتصدر ألمانيا الطريق، حيث تنفذ 69% من مؤسساتها الصناعية حالة واحدة على الأقل لاستخدام الذكاء الاصطناعي الصناعي، تليها فرنسا بنسبة 47% ثم المملكة المتحدة بنسبة 33%. من المرجح أن يساعد الإدراك المتزايد لنطاق الذكاء الاصطناعي، إلى جانب الدعم المقدم من الحكومات عبر البلدان المؤسسات الصناعية في اعتماد الذكاء الاصطناعي الصناعي بصورة أكبر.

شكل رقم 05: أفضل المؤسسات الصناعية العالمية المطبقة للذكاء الاصطناعي الصناعي – حسب البلد/المنطقة



Source: (Capgemini, 2019, p. 08)

إن نجاح المؤسسات الصناعية في تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي مرتبط بقرارات تنظيمية، والعمل على إحداث تغييرات تجارية وفنية وتكنولوجية لازمة تعتبر أساس التنفيذ الناجح للذكاء الاصطناعي.

جدول رقم 02: متطلبات نجاح تطبيق الذكاء الاصطناعي الصناعي

أولا: إنشاء رؤية شاملة وحالات استخدام محددة	تعتبر هاته المرحلة الأساس لاستراتيجية تطبيق الذكاء الاصطناعي، على المؤسسات الصناعية تحديد أولويات استخدامها للذكاء الاصطناعي بطريقة منظمة وحسب النتائج المتوقعة، وأن تأخذ بعين الاعتبار إذا ما كان التطبيق على المدى القصير أو المتوسط أو الطويل. وتعد حالات الاستخدام المبكرة وعالية المستوى من عوامل النجاح الحاسمة لأنها تعمل على تعزيز اعتماد الذكاء الاصطناعي في جميع أنحاء المؤسسة.
ثانيا: توافر البيانات	يعد الحصول على البيانات الموثوقة والدقيقة أمرًا أساسيًا لتطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي بشكل فعال على عمليات المؤسسة. ومنه، على المؤسسات الصناعية القيام برسم خرائط البيانات الرئيسية الخاصة بهم، مثل مرافق الإنتاج والآلات والمنتجات ومصادر البيانات المرتبطة بها لفهم أحجام البيانات وسرعاتها وأصنافها. علاوة على ذلك، يتعين عليهم تحديد مقاييس جودة البيانات ومراقبتها بشكل منهجي لخلق الوعي بأهميتها، وهو ما يمثل في كثير من الأحيان تحديًا كبيرًا لتنفيذ الذكاء الاصطناعي.
ثالثا: التكنولوجيا الملائمة	يجب على المؤسسات الصناعية البدء في استخدام "البنية المرجعية الوظيفية"، التي تحدد الأدوات التي تحتاجها المؤسسة لجمع البيانات وتخزينها وإدارتها ومعالجتها، بالإضافة إلى أدوات التحليل الضرورية. واستنادًا إلى هذه البنية الوظيفية، يمكنهم تحديد متطلباتهم لتقييم التقنيات الأكثر ملاءمة المتاحة في السوق وكذلك تحديد الإعداد الفني والبنية التحتية التي يرغبون في استخدامها. هنا يجب التركيز بشكل خاص على إمكانات معالجة البيانات والتحليلات "للسلاسل الزمنية" للتعامل بشكل أفضل مع تدفقات البيانات من أجهزة الاستشعار في بيئة الإنتاج.
رابعا: الموهبة والتنظيم	يتطلب المزيد من البيانات والتقنيات الجديدة موظفين يتمتعون بمهارات تحليلية محددة في مجال التصنيع. على المؤسسات الصناعية العثور على الهيكل التنظيمي المناسب لتحقيق الاستخدام الفعال لهاته المهارات الجديدة إلى جانب مهارات المهندسين التقليديين. يجب أن يتألف فريق الذكاء الاصطناعي المركزي من علماء البيانات ومهندسي البيانات ومشرفي البيانات ومهندسي الحلول ومترجمي التحليلات.

خامسا: حوكمة عمليات الذكاء الاصطناعي	تعد حوكمة البيانات والنماذج التحليلية قدرة أساسية لتشغيل حلول الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في التصنيع. تحتاج المؤسسات الصناعية إلى تحديد ملكية البيانات والوصول إليها وأمانها بشكل صحيح جنبًا إلى جنب مع معايير أداء نموذج الذكاء الاصطناعي. علاوة على ذلك، يتعين عليهم ضمان عدالة نموذج الذكاء الاصطناعي وقابلية التفسير والقوة، بالإضافة إلى مراعاة الأخلاقيات والتنظيم.
سادسا: بناء الثقة في الذكاء الاصطناعي	على المؤسسات الصناعية بناء الثقة في البيانات والخوارزميات ليس فقط من خلال تثقيف القوى العاملة حول الذكاء الاصطناعي وقدراته وقيمته، بل وأيضا مخاطره وقيوده. وفي الوقت نفسه، يتعين عليهم إدارة مخاوف القوى العاملة لديهم وإنشاء رؤية مقنعة للتعاون الفعال بين الإنسان والآلة لمواجهة المخاوف من أن يحل الذكاء الاصطناعي محل آلاف الوظائف في التصنيع.

Sourc:(PWC, 2020, pp. 24-25-26)

يمكن القول أن هناك عاملان رئيسيان يدفعان الاتجاه نحو اعتماد الذكاء الاصطناعي في التصنيع، الأول هو طبيعة عمليات التصنيع نفسها التي تستخدم معدات كبيرة ومكلفة ونسبة كبيرة منها عبارة عن أنظمة قديمة، مما يجعل من غير المرجح استبدالها قبل نهاية عمرها الإنتاجي. أما العامل الثاني فهو مقاومة الإدارة العليا لإدخال تقنيات جديدة في العمليات والأنظمة التي تم تعديلها بشكل جيد (Leea, Singha, Azamfara, & Pandharea, June 2020, p. 28)، وبينما تشرع المؤسسات الصناعية في طريقها نحو الذكاء الاصطناعي الصناعي، ستواجه تحديات رئيسية تحول دون اعتماد الذكاء الاصطناعي والتوسع في التصنيع أهمها:

- **نقص القوى العاملة المتخصصة لأنظمة الذكاء الاصطناعي:**

الذكاء الاصطناعي مجموعة متزايدة من المعرفة التي ستحتاج إلى المزيد من الموظفين المتعلمين والمؤهلين لتصميم الأنظمة وإدارتها وتصحيح أخطائها، هناك قلق واسع النطاق بين المؤسسات الصناعية اليوم، فالعثور على موظفين يتمتعون بالمهارات اللازمة لتنفيذ هذه التقنيات وصيانتها ثبت أنه صعب نظرًا لأن تدريب القوى العاملة الحالية وخبراتها ستصبح قديمة حيث من المرجح أن تتطور القطاعات التكنولوجية بمعدل أسرع من أي وقت مضى (Chopra, Singh, Sharma, & Mahto, 2021, p. 04).

- **صعوبة الحصول على البيانات الدقيقة:**

تتطلب البيانات التي يتم الحصول عليها من الصناعة قدرًا كبيرًا من المعالجة المسبقة قبل استخدامها لتدريب نموذج الذكاء الاصطناعي/التعلم الآلي. وستكون البيانات المصنفة أكثر تكلفة بسبب الخبرة اللازمة لتصنيف البيانات والوقت اللازم للقيام بذلك. وتشمل التحديات الإضافية ندرة بعض البيانات المهمة يسبب بعض الأحداث مثل أعطال المعدات، وصعوبة التواصل بين أجهزة الاستشعار المختلفة، وتأثير ظروف الإنتاج على القياسات (Plathottam, Rzonca, Lakhnori, & Iloeje, 2023, p. 12). من ناحية أخرى، تعتمد خوارزميات الذكاء الاصطناعي على البيانات المقدمة. ولذلك فإن البيانات الكاملة والدقيقة ضرورية لاتخاذ القرار الآلي. يمكن أن تؤدي المشكلات المحتملة مثل ضعف جودة البيانات أو حتى التلاعب المتعمد إلى نتائج لا قيمة لها وحتى تأثيرات سلبية على مستخدم الخوارزمية (IEC, 2018, p. 67).

- **الأمن والخصوصية:**

من المهم جدا حماية صحة وخصوصية وسرية البيانات التي يتم جمعها وحيازتها ومشاركتها وتحليلها من قبل المؤسسات الصناعية عن طريق الأمن السيبراني. إذ يمكن أن يحدث اختراق أمني في أي طبقة من بنية الاتصالات أو حتى أثناء نقل البيانات من طبقة إلى أخرى. إن الهجمات الإلكترونية على أنظمة التحكم الصناعية قد تؤدي إلى تكاليف مالية كبيرة بالإضافة إلى مخاوف تتعلق بالسلامة بسبب احتمال حدوث أعطال خطيرة في المعدات (Plathottam, Rzonca, Lakhnori, & Iloeje, 2023, p. 13).

- **ارتفاع التكاليف:**

يعد تنفيذ الذكاء الاصطناعي أمرًا مكلفًا، خاصة عند إنشاء حل مخصص . وهذا يشمل المال وكذلك الوقت والموهبة والأدوات .هناك نقص في مواهب الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك علماء البيانات ومهندسي البرمجيات والمطورين ويزيد هذا النقص من الموارد المالية والوقتية اللازمة للتنفيذ. على الرغم من أن تطبيق الذكاء الاصطناعي الصناعي سيحتاج إلى إنفاق مالي كبير، إلا أن عائد الاستثمار سيكون هائلا، إذ يمكن أن تواجه المؤسسات تكاليف تشغيلية أرخص بكثير حين تتولى الأجهزة الذكية المهام اليومية (Chopra, Singh, Sharma, & Mahto, 2021, p. 02).

- **عدم التوافق بين قدرات الذكاء الاصطناعي والاحتياجات التشغيلية:**

غالبًا ما تختار المؤسسات الصناعية مشاريع الذكاء الاصطناعي بناءً على القدرات التقنية الحالية بدلاً من التركيز على التأثير على العمليات التجارية. حيث لا يتم دائمًا مراعاة التوافق بين نقاط الضعف في العمل وتقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل دقيق. لذلك، قد تكون حلول الذكاء الاصطناعي مجدية من الناحية الفنية ولكنها تفشل في حل مشكلة ذات صلة ومؤثرة في العمليات. وهذا يسبب عدم تطابق التوقعات ويعوق اعتمادها على نطاق أوسع في التصنيع (World Economic Forum, December 2022, p. 09).

- **صعوبة تكييف نماذج الذكاء الاصطناعي:**

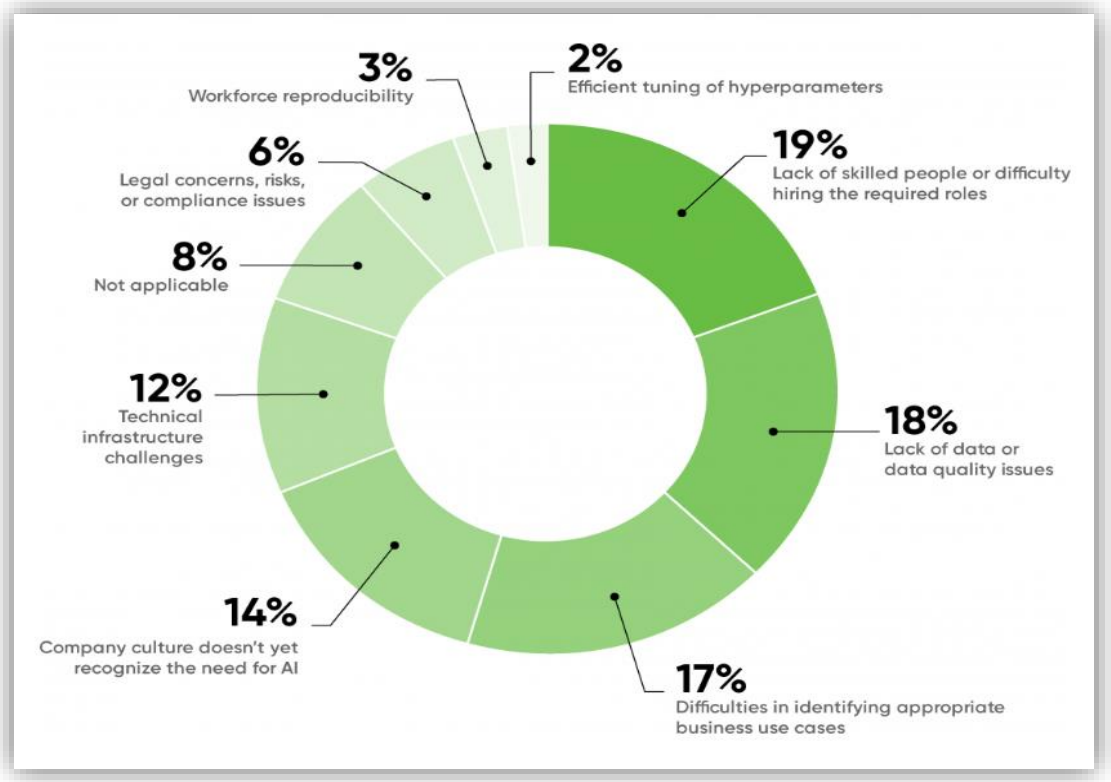
إن المصانع عبارة عن أنظمة هندسية معقدة، وتتطلب نماذج الذكاء الاصطناعي تصميمًا مخصصًا لكل عملية صناعية. ونتيجة لذلك، فإن تطبيق نماذج أو مسارات الذكاء الاصطناعي من حالة استخدام تصنيعية إلى أخرى ليس ممكنًا. ولا يزال تصميم مسار التعلم الآلي، فضلاً عن المعالجة المسبقة والتدريب والاختبار لنماذج الذكاء الاصطناعي، يتطلب تدخلاً يدوياً، وهذه العملية ليست مؤتمتة بالكامل بعد. علاوة على ذلك، تواجه المؤسسات الصناعية صعوبة في العثور على أجهزة وبرامج يمكن الوصول إليها تجاريًا وتتميز بخصائص الذكاء الاصطناعي الجاهزة التي لا تتطلب سوى تطوير بسيط (World Economic Forum, December 2022, p. 10).

- **عدم وجود منصات وأطر:**

إن الأطر التقنية والمنصات والأدوات والخدمات القابلة لإعادة الاستخدام والموحدة لتطوير الذكاء الاصطناعي لم تنضج بعد. على الرغم من توفير عدد قليل من أنظمة تعلم الذكاء الاصطناعي مفتوحة المصدر ومكتبات التعلم العميق من قبل عمالقة التكنولوجيا المشهورين، إلا أن أنظمة الذكاء الاصطناعي المعيارية والموحدة بالكامل من البنى والأطر ونماذج التطبيقات وأدوات التقييم والتصور والخدمات السحابية، قد تستغرق بعض الوقت للوصول إلى مستوى النضج المناسب (IEC, 2018, p. 67).

بصفة عامة، أظهرت الإحصائيات أن معوقات تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المؤسسات على المستوى العالمي يعود إلى أسباب عديدة أهمها: محدودية المهارات وقلة الكفاءات 19%، نقص البيانات أو مشاكل في جودة البيانات 18%، صعوبة تحديد حالات الاستخدام المناسبة 17%، ثقافة المؤسسة لا تعترف بعد بالحاجة إلى تطبيق الذكاء الاصطناعي 14%، تحديات البنية الرقمية التحتية 12%، المخاوف القانونية وقضايا الامتثال 6%.

شكل رقم 06: معوقات تبني تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المؤسسات على مستوى العالم



Source: (Loukides, 2021)

5. خاتمة:

عرضت هاته الورقة البحثية نظرة شاملة حول استخدام الذكاء الاصطناعي في الصناعة 4.0 وقد تم التوصل إلى النتائج التالية:

- تشير الصناعة 4.0 إلى استخدام الأتمتة وتبادل البيانات، وتشمل تقنيات مثل إنترنت الأشياء والحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي.
- يستخدم التصنيع الذكي نموذجًا قائمًا على البيانات معتمدا على الذكاء الاصطناعي والذي يتخذ قرار التصنيع والتنبؤ والتحسين في الوقت الفعلي في عملية التصنيع.
- الذكاء الاصطناعي الصناعي هو جزء من اتجاه أكبر نحو الإنتاج الآلي بالكامل. ومع تطور "المصانع الذكية"، تتمتع أنظمة الذكاء الاصطناعي بالقدرة على تغيير الطريقة التي تدير بها المؤسسات الصناعية خطوط إنتاجها، مما يتيح كفاءة أكبر من خلال تعزيز القدرات البشرية، وتوفير رؤى في الوقت الفعلي وتسهيل التصميم وابتكار المنتجات.
- يساعد الذكاء الاصطناعي الصناعي عددا لا يحصى من المؤسسات الصناعية على تحسين عمليات الإنتاج، وبالتالي تقليل التكاليف وزيادة الإنتاج. بالإضافة إلى ذلك، سيكون الذكاء الاصطناعي قادرا على مساعدة العلماء في تصميم المواد التي تتوافق مع المواصفات المطلوبة لإنتاج أكثر استدامة.
- سوق الذكاء الاصطناعي الصناعي العالمي في تنام مستمر وهو مقترن بزيادة اعتماد تقنيات الأتمتة في المؤسسات الصناعية، ومن ناحية أخرى بالمبادرات الحكومية التي تشجع تنفيذ الذكاء الاصطناعي في مختلف الصناعات.
- يحتاج تبني المؤسسات الصناعية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي ونجاحها في ذلك متطلبات عديدة أهمها وكخطوة أولى توافق تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصناعي مع أهدافها الاستراتيجية.

- لقد نجحت المؤسسات الصناعية الرائدة عالميا في استغلال الإمكانات المستمدة من الذكاء الاصطناعي وتنفيذ مجموعة واسعة من حالات الاستخدام للصحة والسلامة والجودة والصيانة وعملية الإنتاج وسلاسل التوريد، إدارة الموارد والطاقة، مما مكنها من اكتساب ميزة تنافسية في السوق، ومع ذلك هناك العديد من التحديات التنظيمية والتكنولوجية التي تزال تعيق نشر تطبيقات الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع.
- ستؤدي حلول الذكاء الاصطناعي المحددة للمؤسسات الصناعية إلى زيادة الطلب على الموظفين البشريين ذوي المهارات الرقمية العالية الذين سيقومون بتطوير ومراقبة وإدارة العمليات القائمة على الذكاء الاصطناعي.

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها يمكن تقديم التوصيات التالية:

- حتى تتمكن المؤسسات الصناعية بمرافقة الجامعات والمؤسسات البحثية من تنفيذ تحولها نحو استخدام الذكاء الاصطناعي بأكبر قدر ممكن وبسلاسة يجب توفير آليات تمويل ومبادرات دعم من طرف الحكومات، لذلك يعتبر الاستثمار في التعليم والمهارات الرقمية أولوية بالغة الأهمية خاصة في الدول النامية.
- وجوب تعزيز نهج تعاوني بين قادة الصناعة وخبراء التكنولوجيا والأكاديميين لتطوير القدرات المناسبة اللازمة لنشر الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي في التصنيع عالميا.
- على المؤسسات الصناعية بذل مجهودات خاصة للبقاء على اتصال بمجتمع الذكاء الاصطناعي الصناعي، بما في ذلك المؤسسات الصناعية الرائدة عالميا أو الأوساط الأكاديمية. ولأن التكنولوجيا تتقدم الآن بسرعة كبيرة، فالمؤسسات الصناعية التي لا تتحرك في مجال الذكاء الاصطناعي قريبا ستجد نفسها متخلفة وخارج المنافسة قبل أن تدرك ذلك.

المراجع المعتمدة:

Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2019). The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. the National Bureau. Retrieved from https://www.nber.org/books-and-chapters/economics-artificial-intelligence-agenda

Banitaan, S., Al-refai, G., Almatarneh, S., & Alquran, H. (2023). A Review on Artificial Intelligence in the Context of Industry 4.0. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 14*(02).

Capgemini. (2019). *Scaling AI in Manufacturing Operations: A Practitioners' Perspective.* Capgemini.

Chopra, M., Singh, S., Sharma, S., & Mahto, D. (2021). Impact and Usability of Artificial Intelligence in Manufacturing workflow to empower Industry 4.0. *1International Conference on Smart Systems and Advanced Computing (Syscom-2021), December 25–26, 2021*.

Chui, M., Henke, N., & Miremadi, M. (2018, July 20). *Most of AI's Business Uses Will Be in Two Areas*. Retrieved from Harvard Business Review: https://hbr.org/2018/07/most-of-ais-business-uses-will-be-in-two-areas

Ernst, E., Merola, R., & Samaan, D. (2018). *The economics of artificial intelligence: Implications for the future of work.* International Labour Organization.

He, Y., & Ding, H. (2022). Integrated Development of Artificial Intelligence and Economic Management. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2023*. doi:https://doi.org/10.1155/2023/9824520

Iqbal, M., Anwarul Islam, K., Zayed, N., Haque Beg, T., & Khan Shahi, S. (2021, December). Impact of Artificial Intelligence and Digital Economy on Industrial Revolution 4: Evidence from Bangladesh. *American Finance & Banking Review, 06*(01).

Lee, J., Singh, J., & Azamfar, M. (2019). Industrial Artificial Intelligence. *Manufacturing Leadership Journal*. Retrieved 07 12, 2023, from studylib: file:///C:/Users/Dell/Desktop/industrial%20&%20ai/IAIManufacturing_Leadership_Journal.pdf

Leea, J., Singha, J., Azamfara, M., & Pandharea, V. (June 2020). Industrial AI and Predictive Analytics for Smart Manufacturing Systems. In *Smart Manufacturing- Concepts and Methods*. Elsevier.

Plathottam, S., Rzonca, A., Lakhnori, R., & Iloeje, C. (2023). A review of artificial intelligence applications in manufacturing operations. *Journal of Advanced Manufacturing and Processing ·*.

Sharabov, M., & Tsochev, G. (2020). The Use of Artificial Intelligence in Industry 4.0. *PROBLEMS OF ENGINEERING CYBERNETICS AND ROBOTICS, 73*.

SILVA PERES, R., JIA, X., LEE, J., SUN, K., WALTER COLOMBO, A., & BARATA, J. (2020). Industrial Artificial Intelligence in Industry 4.0 - Systematic Review, Challenges and Outlook. *IEEE Access, 8*.

Acerta. (2023). *Industry 4.0 & artificial intelligence: 8 manufacturing applications for AI*. Retrieved from Acerta: https://acerta.ai/blog/artificial-intelligence-industry-4-0-5-manufacturing-applications-for-ai/

Ahramovich, A. (2023, May 23). *Computer vision in manufacturing: 9 use cases, examples, and best practices*. Retrieved from itransition: https://www.itransition.com/computer-vision/manufacturing

AMFG. (2018, August 10). *7 Ways Artificial Intelligence is Positively Impacting Manufacturing*. Retrieved from AMFG autonomous manufacturing: https://amfg.ai/2018/08/10/artificial-intelligence-manufacturing-impact/

Charrington, S. (2017). *Artificial Intelligence for Industrial Applications.* Cloud Pulse Strategies.

Dagnaw, G. (2020). Artificial Intelligence Towards Future Industrial Opportunities and Challenges. *African Conference on Information Systems and Technology, The 6th Annual ACIST Proceedings* . Kennesaw State University.

Daley, S. (2023, January 26). *11 AI in Manufacturing Examples to Know*. Retrieved from builtin: https://builtin.com/artificial-intelligence/ai-manufacturing-robots-automation

Data Bridge Market Research. (2022, January). *Global Artificial Intelligence (AI) in Manufacturing Market - Industry Trends and Forecast to 2029*. Retrieved from https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-artificial-intelligence-ai-in-manufacturing-market

Deloitte. (2019). *AI enablement on the way to smart manufacturing overview -Deloitte Survey on AI Adoption in Manufacturing.* Retrieved from Deloitte : https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/ai-manufacturing-application-survey.html

Gupta, S. K. (2023, August 11). *How Robot Use In Manufacturing Can Impact Environmental Sustainability*. Retrieved from Forbes: https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/08/11/how-robot-use-in-manufacturing-can-impact-environmental-sustainability/?sh=7cf8856a62ad

huihi. (45). jikji. *iioio*.

IEC. (2018). *Artificial intelligence across industries.* Switzerland: International Electrotechnical Commission.

Kirianova, M. (2021, august 15). *How to Use AI for Intelligent Inventory Management*. Retrieved from data science central: https://www.datasciencecentral.com/how-to-use-ai-for-intelligent-inventory-management/

Kushmaro, P. (2018, September 27). *5 ways industrial AI is revolutionizing manufacturing*. Retrieved from CIO: https://www.cio.com/article/222332/5-ways-industrial-ai-is-revolutionizing-manufacturing.html

Loukides, M. (2021, April 19). *AI Adoption in the Enterprise 2021*. Retrieved from Oreilly: https://www.oreilly.com/radar/ai-adoption-in-the-enterprise-2021/

market prospects. (2023, march 09). *How Will the Manufacturing Industry be Affected by AI Robots?* Retrieved from market prospects: https://www.market-prospects.com/articles/manufacturing-industry-be-affected-by-ai-robots

Marr, B. (2023, july 07). *Artificial Intelligence In Manufacturing: Four Use Cases You Need To Know In 2023*. Retrieved from Forbes: https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/07/07/artificial-intelligence-in-manufacturing-four-use-cases-you-need-to-know-in-2023/?sh=6c96157e3bd8

Maximize Market Research. (June 2023). *Industrial Artificial Intelligence Market Overview, Market Dynamics, Market Trends, Segmentation, Competitive Analysis for 2023-2029.* Maximize Market Research. Retrieved from Maximize Market Research: https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/industrial-artificial-intelligence-market/190965/

Mckinsey. (2020, November 17). *The state of AI in 2020*. Retrieved from Mckinsey: https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2020

PWC. (2020). *An introduction to implementing AI in manufacturing.* PWC - the Global Manufacturing and Industrialisation Summit (GMIS).

Saxena, A. (2020, December). *Intelligent manufacturing post COVID-19: The emergence of a new era*. Retrieved from Wipro: https://www.wipro.com/process-and-industrial-manufacturing/intelligent-manufacturing-post-covid-19-the-emergence-of-a-new-era/

SPIRE. (2019). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE in EU PROCESS INDUSTRY A VIEW FROM THE SPIRE cPPP*. Belgium: SPIRE.

Transparency Market Research. (2022). *Industrial artificial Intelligence AI market.* USA. Retrieved from https://www.transparencymarketresearch.com/industrial-artificial-intelligence-ai-market.html

Uzzaman, A. (2023, February 07). *How Companies Can Apply Robotics To Their Work*. Retrieved from Forbes: https://www.forbes.com/sites/forbesfinancecouncil/2023/02/07/how-companies-can-apply-robotics-to-their-work/?sh=f0fb5d14d80c

vantage market research. (2022, March). *AI in manufacturing market - global industry assessment and forecast*. Retrieved from vantage market research: https://www.vantagemarketresearch.com/industry-report/ai-in-manufacturing-market-1404

World Economic Forum. (December 2022). *Unlocking Value from Artificial Intelligence in Manufacturing.*