الثورة الصناعية 0.4

Industry 4.0

شيريفي عبد الكريم [1]، كباش ايمان [2]،

[1] جامعة العلوم والتكنولوجيا هواري بومدين ، كلية الهندسة الميكانيكية وهندسة العمليات (الجزائر)، abdelkrim.cherifi@usthb.edu.dz

[2] جامعة العلوم والتكنولوجيا هواري بومدين ، كلية الهندسة الميكانيكية وهندسة العمليات (الجزائر)، imenkebache012@gmail.com

تاريخ الإرسال: 2025/12/16 تاريخ القبول:2025/06/18 تاريخ النشر: ديسمبر/2025

الملخص:

تشكل الثورات الصناعية محطات رئيسية في مسيرة تطور البشرية، حيث أحدثت كل واحدة منها تحولات جذرية في أساليب الإنتاج وأشكال العمل وأنماط الحياة. بدأت الثورة الصناعية الأولى في القرن الثامن عشر باعتماد الطاقة البخارية والآلات الميكانيكية، مما أدى إلى انتقال المجتمعات من الاقتصاد الزراعي إلى الصناعي. تلتها الثورة الثانية في القرن التاسع عشر، التي استندت إلى استخدام الكهرباء والنفط، وأسهمت في ظهور خطوط الإنتاج والصناعات الثقيلة. أما الثورة الثالثة، التي انطلقت في منتصف القرن العشرين، فقد جلبت الحوسبة والإلكترونيات والإنترنت، مما عزز الأتمتة والكفاءة. ومع مطلع القرن الحادي والعشرين، جاءت الثورة الصناعية الرابعة بتقنياتها الذكية، مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والطباعة ثلاثية الأبعاد، لتمثل اندماجًا بين العوالم الرقمية والبيولوجية. هذه الثورات ليست مجرد تطور تقني، بل هي أيضًا قوة دافعة وراء التحولات الاقتصادية والاجتماعية الكبرى.

الكلمات المفتاحية : الهندسة الصناعية, الميكانيك, الروبوتات, الصناعة 4.0, انترنيت الأشياء, الذكاء الصناعي.

Abstract :

The industrial revolutions mark milestone junctures in the advancement of human history, as each revolution pioneered essential transformations in production methods, labor forms, and lifestyles. The first industrial revolution started in the 18th century with the introduction of steam power and mechanized equipment, resulting in the transition of societies from agrarian to industrial economies. The second revolution in the nineteenth century came along, characterized by electricity and oil usage, and this was largely responsible for the advent of production lines and heavy industry. The third revolution, which began in the mid-twentieth century, introduced computing, electronics, and the internet, and hence greater automation and efficiency. At the start of the 21st century, the fourth industrial revolution introduced the onset of intelligent technologies like artificial intelligence, the Internet of Things, and 3D printing, which signify a fusion of the biological and digital worlds. All these

المؤلف المرسل: شيريفي عبد الكريم ، الإيميل المهني: abdelkrim.cherifi@usthb.edu.dz

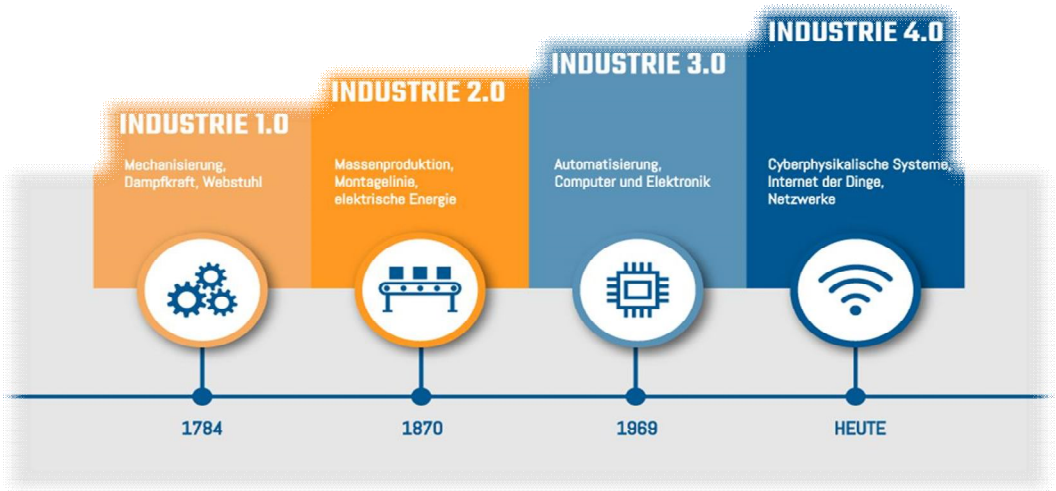
revolutions are not merely breakthroughs in terms of technology, but they also constitute key drivers of deep-rooted economic as well as social transformations.
Keywords: Industrial Engineering, Mechanics, Robotics, Industry 4.0, Internet of Things, Artificial Intelegance.

مدخل (Introduction):

الصناعة 0.4، المعروفة أيضًا بالثورة الصناعية الرابعة، تشير إلى التحول الرقمي الشامل في مجال التصنيع والصناعات الأخرى.

تتميز هذه المرحلة بدمج التقنيات الذكية مثل إنترنت الأشياء (IoT) والذكاء الاصطناعي (AI) وتحليل البيانات الضخمة والروبوتات المتقدمة، مما يؤدي إلى إنشاء "مصانع ذكية" حيث تتواصل الآلات والأنظمة مع بعضها البعض لاتخاذ قرارات مستقلة وتحسين عمليات الإنتاج. يهدف هذا التكامل إلى تحقيق كفاءة أعلى، ومرونة أكبر، وإنتاجية محسّنة في العمليات الصناعية.

كيف تختلف الصناعة الرابعة عن الأولى و الثانية و الثالثة ؟



الصناعة 4.0 تختلف جوهريًا عن الثورات الصناعية السابقة من حيث التقنيات المستخدمة، وتأثيرها على العمليات الصناعية، وطبيعة التحولات التي أحدثتها. فهي تعد مرحلة متقدمة من التطور الصناعي، تتميز بدمج التقنيات الرقمية والفيزيائية والبيولوجية بطرق غير مسبوقة. هذا التكامل يشمل استخدام الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والروبوتات المتقدمة، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والتكنولوجيا الحيوية، والحوسبة الكمومية، وغيرها من التقنيات الحديثة. تهدف هذه الثورة إلى إنشاء "مصانع ذكية"، حيث تتواصل الآلات والأنظمة البعض، مع بعضها وتتخذ قرارات مستقلة بناءً على تحليل البيانات في الوقت الفعلي، مما يؤدي إلى تحسين الكفاءة والمرونة في عمليات الإنتاج.

كانت الثورات الصناعية السابقة تركز على تطوير تقنيات محددة أدت إلى تحولات كبيرة في طرق الإنتاج. فالثورة الصناعية الأولى، التي ظهرت في أواخر القرن الثامن عشر، اعتمدت على الطاقة البخارية والآلات الميكانيكية. أدى ذلك إلى التحول من الإنتاج اليدوي إلى الإنتاج الميكانيكي، مما ساهم في تأسيس المصانع الأولى ونشوء الاقتصاد الصناعي. كانت هذه الثورة بداية عصر الصناعة من خلال استخدام موارد الطاقة بطريقة مبتكرة لتسريع وتيرة الإنتاج.

في المقابل، الثورة الصناعية الثانية، التي بدأت في أواخر القرن التاسع عشر، اعتمدت على الكهرباء كمصدر رئيسي للطاقة، بالإضافة إلى تطوير المحركات الكهربائية وخطوط الإنتاج. ساهمت هذه الثورة في إحداث طفرة في الإنتاج الضخم وتوسع الصناعات الثقيلة، مثل صناعة السيارات والصلب. ركزت على تحسين الكفاءة وخفض تكاليف الإنتاج من خلال تكرار العمليات بشكل منظم ومنهجي.

أما الثورة الصناعية الثالثة، التي ظهرت في منتصف القرن العشرين، فقد أدخلت الإلكترونيات، الحواسيب، والإنترنت إلى العمليات الصناعية. أدى ذلك إلى رقمنة الإنتاج، حيث تم استخدام الأجهزة الرقمية وأتمتة العمليات لتحسين الإنتاجية بشكل كبير. أصبحت المصانع تعتمد على أنظمة مبرمجة يمكنها التحكم في العمليات بشكل دقيق ومستمر، مما ساعد على تقليل الأخطاء وزيادة الكفاءة.

ما يميز الثورة الصناعية الرابعة هو السرعة غير المسبوقة للتطورات التكنولوجية، والنطاق الواسع للتأثيرات، والتعقيد المتزايد للتحديات التي تفرضها. فهي لا تقتصر على تحسين عمليات الإنتاج فحسب، بل تمتد لتشمل تغييرات جذرية في نماذج الأعمال، وسلاسل القيمة، وحتى في طبيعة العمل نفسه. كما أنها تؤثر على مختلف القطاعات، من التصنيع إلى الخدمات، ومن الرعاية الصحية إلى الزراعة، مما يجعل تأثيرها شاملاً وعميقاً على المجتمعات والاقتصاديات العالمية.

بالإضافة إلى ذلك، تُحدِث الثورة الصناعية الرابعة تغييرات في كيفية تفاعل البشر مع التكنولوجيا، حيث أصبح من الممكن دمج التقنيات في أجسامنا من خلال الأجهزة القابلة للارتداء أو الزرع، مما يطمس الخطوط الفاصلة بين الإنسان والآلة. هذا التطور يثير تساؤلات أخلاقية واجتماعية حول الخصوصية، والأمان، ومستقبل العمل، مما يتطلب من المجتمعات، والحكومات، والشركات التعاون لوضع أطر تنظيمية وسياسات تضمن الاستخدام المسؤول والمستدام لهذه التقنيات.

ما هي التكنولوجيا المستعملة في الصناعة 4.0 ؟

- **الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي:**

تعتبر تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي أدوات قوية في تحليل البيانات الضخمة المجمعة من الحساسات والأجهزة الصناعية، وتساهم هذه التقنيات بشكل كبير في تحسين كفاءة العمليات الصناعية والصيانة الوقائية.

أهم التطبيقات:

1. **الصيانة التنبؤية:**

تعتمد الصيانة التنبؤية على تحليل البيانات الحية التي تجمعها الحساسات من المعدات الصناعية. من خلال قياس المعايير مثل: الاهتزاز، الحرارة، والضغط ، يتم تحديد أي نمط غير طبيعي قد يشير إلى احتمال حدوث عطل قريب.

مثال عملي : إذا كانت محركات المصانع الثقيلة مزودة بحساسات لقياس الاهتزاز، فإن زيادة غير طبيعية في هذه الاهتزازات قد تشير إلى ضرورة إجراء صيانة قبل حدوث العطل.

2. **التشخيص الذكي:**

يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي تحليل البيانات التاريخية لتحديد الأسباب الجذرية للمشاكل، مما يساعد المهندسين في تشخيص الأعطال بشكل أسرع وأكثر دقة.

مثال عملي : في حال توقف مضخة صناعية عن العمل، يمكن للنظام تحليل البيانات السابقة لتحديد ما إذا كان السبب هو انسداد في الأنبوب أو مشكلة أخرى.

3. **تحسين الأداء:**

يمكن للأنظمة الذكية ضبط معايير تشغيل المعدات بشكل تلقائي لتحقيق أعلى مستوى من الأداء بأقل استهلاك للطاقة.

مثال عملي : من خلال ضبط سرعة ناقلات الحزام بناءً على معدل الإنتاج المطلوب، يمكن تقليل الفاقد وتحسين الكفاءة العامة.

- **إنترنت الأشياء:**

يساعد إنترنت الأشياء في ربط المعدات والأجهزة عبر شبكة الإنترنت، مما يسمح بجمع البيانات ومشاركتها في الوقت الفعلي.

أهم التطبيقات:

1. **المراقبة الفورية:**

يتم جمع البيانات المستمرة من الحساسات المترابطة وإرسالها إلى أنظمة مركزية للمراقبة، مما يتيح متابعة حالة المعدات بشكل لحظي.

مثال عملي :يمكن لمصنع مراقبة درجة حرارة معدات التبريد في الوقت الفعلي. في حال تجاوزت درجة الحرارة الحد المسموح به، يصدر إنذار تلقائي.

2**إدارة المعدات عن بُعد:**

باستخدام تقنيات إنترنت الأشياء، يمكن للمهندسين التحكم في المعدات الصناعية عن بُعد، مما

يعزز من سرعة الاستجابة وفعالية الصيانة.

مثال عملي: في حال اكتشاف مشكلة، يمكن للمهندس إيقاف خط الإنتاج عن بُعد عبر تطبيقات متصلة.

3. **التكامل مع الذكاء الاصطناعي:**

من خلال دمج بيانات إنترنت الأشياء مع تقنيات الذكاء الاصطناعي، يمكن تحليل الأنماط وتحسين الأداء بشكل مستمر.

مثال عملي: يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي التنبؤ بفشل أحد المكونات بناءً على تحليل بيانات الحساسات، مما يتيح التخطيط المسبق للصيانة

- **الروبوتات الذكية:**

تُستخدم الروبوتات الذكية في الصناعات لتنفيذ مهام متنوعة تشمل الفحص، والصيانة، والنقل بكفاءة عالية، مما يقلل من الأخطاء البشرية ويزيد من الكفاءة.

أهم التطبيقات:

1. **التعاون مع البشر:**

في بيئات العمل المختلطة، تقوم الروبوتات بتنفيذ المهام المتكررة والمتعبة، بينما يتفرغ البشر للمهام الأكثر تعقيدًا.

مثال عملي: قد يتولى الروبوت نقل القطع الثقيلة داخل المصنع، بينما يقوم العامل بتركيب الأجزاء النهائية.

2. **الصيانة الذاتية:**

الروبوتات مجهزة بحساسات لقياس حالتها الداخلية، مما يسمح لها بإجراء صيانة ذاتية عند الحاجة، وبالتالي تقليل الأعطال المفاجئة.

مثال عملي: في حال اكتشاف حاجة إحدى الأذرع للزيت، يقوم الروبوت بإجراء الصيانة بشكل تلقائي.

3. **الفحص التلقائي:**

باستخدام الكاميرات وأجهزة الاستشعار، يمكن للروبوتات فحص المنتجات واكتشاف العيوب في العمليات الإنتاجية.

مثال عملي: روبوت مزود برؤية حاسوبية يقوم بفحص جودة اللحام في أنابيب الغاز للتأكد من خلوها من التشققات.

- **الطباعة ثلاثية الأبعاد:**

تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد تصميم وتصنيع أجزاء معقدة عبر إضافة طبقات متتابعة، مما يسهل الابتكار في العمليات الإنتاجية.

أهم التطبيقات:

1. **النماذج الأولية السريعة:**

تساعد الطباعة ثلاثية الأبعاد المهندسين في إنشاء نماذج أولية لتقييم التصميمات قبل البدء في الإنتاج الكبير.

مثال عملي :طباعة نموذج أولي لصمام هيدروليكي لاختباره قبل بدء التصنيع بالجملة.

2. **تصنيع قطع الغيار المخصصة:**

توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد القدرة على إنتاج قطع الغيار عند الطلب بدلاً من تخزين كميات كبيرة، مما يقلل من التكاليف ويزيد من الكفاءة.

مثال عملي :طباعة قطعة غيار لمضخة صناعية بدلاً من انتظار عملية الشراء التقليدية.

3. **إنتاج الأجزاء المعقدة:**

يمكن للمهندسين تصميم أجزاء معقدة بدقة عالية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، مما يتجاوز القيود التي تفرضها الطرق التقليدية.

مثال عملي :طباعة مكونات خفيفة الوزن لمحركات الطائرات.

- **تحليل البيانات الضخمة:**

تُعتبر البيانات الضخمة مصدرًا مهمًا لتحليل كفاءة الإنتاج والمعدات. تساعد هذه البيانات في اتخاذ قرارات مستنيرة وتوقع الأعطال المستقبلية.

أهم التطبيقات:

1. **التنبؤ بالأعطال:**

يمكن تحليل البيانات لاكتشاف الأنماط التي قد تشير إلى احتمال وقوع عطل في المعدات.

مثال عملي :يمكن اكتشاف أن الاهتزاز المتزايد في محرك معين يشير إلى تآكل في المحامل، مما يساعد في تحديد موعد للصيانة.

2. **تحسين سلسلة الإمداد:**

من خلال تحليل البيانات، يمكن التنبؤ باحتياجات المواد الخام وتجنب أي نقص قد يؤثر على عملية الإنتاج.

مثال عملي :يمكن تحليل بيانات الإنتاج السابقة للتنبؤ بالكميات المطلوبة من الطلاء في الأسبوع المقبل.

- **الواقع المعزز والواقع الافتراضي:**

أهم التطبيقات:

1. **التدريب الافتراضي:**

باستخدام الواقع الافتراضي، يمكن تدريب المهندسين على صيانة المعدات دون الحاجة لاستخدام

المعدات الفعلية، مما يقلل من التكاليف ويحسن مهاراتهم.

مثال عملي :تدريب مهندس على صيانة محرك توربيني عبر محاكاة افتراضية.

2. **التوجيه الميداني:**

يوفر الواقع المعزز إرشادات حية أثناء تنفيذ الصيانة، مما يساعد الفنيين في إتمام المهام بسرعة ودقة.

مثال عملي :عرض تعليمات على نظارات الواقع المعزز أثناء فحص مضخة لتوضيح خطوات الصيانة المطلوبة.

- **الاتصالات المتنقلة والشبكات G5 :**

تسهم الشبكات G 5 في تحسين الاتصال الفوري بين الأجهزة والأنظمة، مما يعزز الكفاءة ويساهم في إدارة العمليات الصناعية عن بـُعد.

أهم التطبيقات:

1. **التشغيل عن بـُعد:**

تمكّن شبكات G 5 من التحكم في المعدات الصناعية عن بـُعد بشكل سريع وفعال، مما يقلل من وقت الاستجابة.

2. **تحليل البيانات اللحظي:**

تتيح الشبكات الحديثة نقل البيانات في الوقت الفعلي، مما يعزز القدرة على تحليل البيانات فورًا واتخاذ قرارات دقيقة.

- **الأنظمة السيبرانية الفيزيائية:**

يدمج هذا النظام بين الأنظمة المادية والتقنيات الرقمية للتحكم بشكل أكثر دقة في العمليات الصناعية.

مثال عملي :يمكن استخدام الأنظمة السيبرانية لتحسين التحكم في خطوط الإنتاج بناءً على البيانات الحية وتحليلها بشكل تلقائي.

العلاقة بين الصناعة 0.4 و التصنيع:

تتمثل العلاقة بين الصناعة 0.4 و التصنيع في التحول الرقمي الشامل الذي يعيد تشكيل كيفية إجراء العمليات الصناعية، ويعتمد بشكل رئيسي على دمج تقنيات متقدمة لزيادة الكفاءة، المرونة، وجودة الإنتاج. فيما يلي تفصيل العلاقة بين الصناعة 0.4 والتصنيع:

1. الأتمتة الذكية وتحسين الكفاءة

تساهم الروبوتات الذكية و الذكاء الاصطناعي في تقليل الاعتماد على العمل البشري في المهام المتكررة والدقيقة ، مثل تجميع الأجزاء، مما يعزز الإنتاجية ويقلل من الأخطاء البشرية.

الذكاء الاصطناعي يحلل البيانات الضخمة التي تجمعها الحساسات ويستخدمها لتحسين الصيانة التنبؤية، حيث يقوم بتحديد الأعطال المحتملة قبل وقوعها، وبالتالي يقلل من فترات التوقف غير المخطط لها.

في المصانع الحديثة، يمكن للروبوتات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي التعامل مع مهام مثل تركيب الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية أو تجميع السيارات، مع ضمان كفاءة أعلى وسرعة أكبر من العمل البشري.

2. الصيانة التنبؤية وتقليل التوقفات

من خلال إنترنت الأشياء، يتم ربط المعدات والأجهزة في المصانع بشبكة الإنترنت لجمع البيانات بشكل مستمر حول الأداء. هذه البيانات يتم تحليلها باستخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل الأنماط والتنبؤ بالأعطال قبل حدوثها، مما يسمح بإجراء صيانة وقائية فعّالة.

في مصانع الحديد أو الأسمنت، يمكن أن تكشف الحساسات التي تقيس الاهتزازات أو الحرارة أو الضغط عن أي تغييرات غير طبيعية في المعدات، مثل المحركات أو الأنابيب. في هذه الحالة، يستطيع النظام التنبؤ بأن العطل قد يحدث قريبًا وتنبيه المهندسين لإجراء الصيانة قبل أن يحدث التوقف غير المخطط له.

3. تحسين سلسلة الإمداد والإنتاج المرن

تقنيات تحليل البيانات الضخمة تساعد في تحسين إدارة سلسلة الإمداد، حيث يمكن للأنظمة الرقمية تتبع تدفق المواد الخام والمنتجات الجاهزة بشكل فعال وتحليل احتياجات الإنتاج. كما يمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصنيع قطع.

4. الغيار عند الطلب :

مما يقلل من الحاجة لتخزين قطع غيار غير مستخدمة ويساهم في تقليل التكاليف.

في مصانع الإلكترونيات، يمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج قطع غيار أو نماذج أولية بسرعة ودقة، مما يقلل من فترات الانتظار ويرفع من مستوى الاستجابة للطلب المتغير.

5. المصانع الذكية والتكامل الرقمي

في الصناعة 0.4، يتم دمج الأنظمة السيبرانية الفيزيائية التي تجمع بين الأنظمة الرقمية والفيزيائية، مما يتيح للمصانع التفاعل بشكل ذكي مع البيئة المحيطة. يتم استخدام البيانات الحية التي تجمعها الحساسات للتحكم في العمليات الصناعية وتحسين الأداء بشكل مباشر.

ففي خطوط الإنتاج، يمكن للنظام السيبراني في مصنع ذكي تعديل سرعة سير الإنتاج أو تخصيص الموارد وفقًا للطلب اللحظي، مما يساهم في تقليل الفاقد وتحسين إنتاجية المصنع.

6. تحسين الجودة وتقليل الأخطاء

تستخدم أنظمة الفحص التلقائي التي تعتمد على تقنيات مثل الرؤية الحاسوبية و الروبوتات الذكية لفحص جودة المنتجات بشكل دقيق. كما أن الواقع المعزز يساعد في تحسين الكفاءة في فحص المعدات

وصيانتها. يمكن للفنيين أن يتلقوا إرشادات مباشرة عبر نظارات الواقع المعزز خلال عمليات الصيانة، مما يقلل من الأخطاء ويزيد من سرعة الأداء.

في مصانع إنتاج السيارات، يتم استخدام الكاميرات وأجهزة الاستشعار للكشف عن عيوب اللحام أو الفجوات في أجزاء الهيكل، مما يضمن تحسين الجودة بشكل أكبر.

7. التواصل الفوري باستخدام شبكات 5G

تسهم شبكات 5G في تحسين الاتصال بين الأجهزة والمعدات في المصانع، مما يسمح بنقل البيانات في الوقت الفعلي.

هذه السرعة العالية في نقل البيانات تعزز القدرة على اتخاذ القرارات بشكل أسرع وأكثر دقة، مما يساهم في تحسين كفاءة العمليات الصناعية وتقليل أوقات الاستجابة.

يمكن للمهندس الذي يعمل في ميدان التصنيع استخدام تقنيات 5G لمراقبة أنظمة الإنتاج عن بعُد وتعديل المعايير أو إيقاف الإنتاج بشكل فوري في حال حدوث مشكلة.

8 . تحقيق استدامة أكبر في التصنيع

من خلال دمج تقنيات مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد و الذكاء الاصطناعي، يمكن للمصانع تحسين استهلاك الطاقة والموارد بشكل أكثر كفاءة. الأنظمة الذكية تستطيع تعديل معايير التشغيل لتقليل الفاقد وضبط استخدام الطاقة بما يتناسب مع مستوى الإنتاج المطلوب.

في المصانع التي تعتمد على تقنيات الطاقة المتجددة، يمكن للذكاء الاصطناعي التنبؤ بمستويات الطاقة اللازمة وضبط العمليات تلقائيًا بحيث لا يتم هدر الطاقة.

الصناعة 0.4 تحدث تحولاً جوهريًا في التصنيع من خلال دمج تقنيات ذكية تساهم في تحسين الأتمتة، الصيانة، الفحص، وسلاسل الإمداد. النتائج هي زيادة الكفاءة، تقليل التكاليف، تحسين الجودة، وتعزيز الاستدامة. هذه الثورة التكنولوجية تجعل التصنيع أكثر مرونة وأذكى، مما يسمح للمصانع بالاستجابة بسرعة أكبر للتغيرات في السوق وتوقع الأعطال قبل حدوثها.

العلاقة بين الإنسان و الصناعة 0.4:

تتمثل العلاقة بين الإنسان و الصناعة 0.4 في تحول شامل في كيفية تفاعل البشر مع التكنولوجيا داخل بيئات العمل الصناعية. إذ أن الثورة الصناعية الرابعة تدمج تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، الروبوتات الذكية، والطباعة ثلاثية الأبعاد في العمليات الصناعية، مما يغير بشكل جذري طبيعة العمل الصناعي. وفيما يلي أهم أبعاد هذه العلاقة:

التعاون بين الإنسان والآلة

في الصناعة 0.4، يقوم الإنسان والروبوتات الذكية بالتعاون في بيئات العمل. بينما تقوم الروبوتات بأداء المهام المتكررة أو الخطرة، يتفرغ البشر للمهام الأكثر تعقيداً أو التي تتطلب اتخاذ قرارات استراتيجية. هذا التعاون يُحسن الكفاءة ويزيد من الإنتاجية.

1. **الذكاء الاصطناعي والدعم الذكي**

يساهم الذكاء الاصطناعي(AI) في تحسين اتخاذ القرارات البشرية في العمليات الصناعية.عبر تحليل البيانات الضخمة، يقدم الذكاء الاصطناعي توصيات تنبؤية، مما يمكن البشر من اتخاذ قرارات أكثر دقة وفعالية في مجالات مثل الصيانة التنبؤية وتحسين أداء المعدات.

2. **تدريب المهندسين والفنيين باستخدام تقنيات الواقع الافتراضي الواقع المعزز**

يمكن للمهندسين والفنيين الاستفادة من تقنيات الواقع الافتراضيVR و الواقع المعزز AR في التدريب، مما يساعدهم على اكتساب المهارات دون الحاجة إلى استخدام المعدات الفعلية. يوفر الواقع الافتراضي بيئة محاكاة آمنة للتدريب على صيانة المعدات المعقدة، بينما يمكن للواقع المعزز أن يوجه الفنيين في الميدان عبر إظهار تعليمات حية أثناء تنفيذ الصيانة.

3. **التمكين من العمل عن بعُد وإدارة المصانع**

توفر شبكات 5G وتقنيات إنترنت الأشياء IoT الاتصال الفوري بين الأشخاص والمعدات في المصانع.هذا يعني أن المهندسين والمشرفين يمكنهم إدارة العمليات الصناعية عن بعُد، مما يعزز من المرونة ويزيد من القدرة على الاستجابة السريعة لأي مشاكل قد تنشأ.

4. الصيانة الذكية والمرونة في العمل

تتيح الصيانة التنبؤية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي للمصانع التحسين التلقائي لأداء المعدات وتقليل الأعطال المفاجئة. يشجع هذا التوجه على مزيد من المرونة في بيئة العمل، حيث يستطيع الموظفون التركيز على مهام أكثر ابتكاراً بدلاً من التفاعل مع الأعطال الطارئة.

5. التحولات في طبيعة العمل

مع اعتماد تقنيات الصناعة 0.4، يتغير دور الإنسان في بيئة العمل الصناعية بشكل ملحوظ. حيث يتحول التركيز من العمل اليدوي أو المهام الروتينية إلى مهام أكثر استراتيجية وتحليلية. وبالتالي، هناك حاجة متزايدة لتطوير مهارات القوى العاملة في مجالات مثل تحليل البيانات، البرمجة، والتفاعل مع أنظمة الذكاء الاصطناعي.



6. القيم الأخلاقية والاجتماعية

تثُير الثورة الصناعية الرابعة أيضًا تساؤلات أخلاقية واجتماعية تتعلق بالخصوصية والأمان ومستقبل العمل. إذ أن التكامل بين الإنسان والتكنولوجيا، خاصة في مجالات مثل الأجهزة القابلة للارتداء و الزرع التكنولوجي، يثير قضايا حول كيفية تأثير هذه التكنولوجيات على حقوق الإنسان ومستقبل العمل.

العلاقة بين الإنسان و الصناعة 0.4 هي علاقة تكاملية، حيث تصبح التكنولوجيا المساعدة قوة موجهة لتحسين كفاءة العمل وتعزيز الإنتاجية. التكنولوجيا لا تحل محل الإنسان، بل تدعمه في اتخاذ قرارات أفضل، مما يتيح للإنسان التركيز على المهام الإبداعية والمعقدة. في المقابل، يتطلب هذا التحول من البشر اكتساب مهارات جديدة للتفاعل بفعالية مع الأنظمة الذكية، مما يعزز من فرصهم في بيئات العمل المستقبلية.

البرامج والمواقع المستخدمة في التحكم في الصناعة 0.4:

تتطلب الصناعة 0.4 أدوات وتقنيـات متقدمة لتحسين الكفـاءة والإنتاجية في العمليات الصناعية. تشمل هذه الأدوات البرامج والمواقع التي تُستخدم لإدارة وتحليل البيـانات، التحكم في العمليات، تحسين الأداء، ومراقبة الأنظمة الصنـاعية. في هذا المقـال، نستعرض بعض من البــرامج والمواقع المهمة المستخدمة في الصناعة 0.4.

1. برامج إدارة التصنيع والعمليات

تُستخدم برامج إدارة التصنيع MES لمراقبة وتنسيق عمليات الإنتاج في الوقت الفعلي. تسهم هذه البرامج في تحقيق تكامل بين الأنظمة المختلفة في المصنع، مثل آلات الإنتاج، أنظمة إدارة المخزون، وأنظمة تخطيط الموارد المؤسسية ERP .

أمثلة على **MES**:

- **Siemens Opcenter** برنامج لإدارة التصنيع يقدم أدوات لتحسين الكفاءة وتقديم رؤية شاملة للعمليات الإنتاجية.
- **Rockwell Automation FactoryTalk** يوفر تحليلات البيانات في الوقت الفعلي ويعمل على تحسين عمليات التصنيع.

أنظمة التحكم في العمليات الصناعية 2.

تتضمن أنظمة التحكم في العمليات الصناعية (أنظمة التحكم الصناعي) كل من أنظمة التحكم المنطقي القابل للبرمجة (المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة)، وأنظمة التحكم الموزعة، وهي أدوات أساسية في الصناعة 4.0. تتحكم هذه الأنظمة في عمليات التصنيع والآلات والمعدات الصناعية بشكل دقيق وفعال.

أمثلة على أنظمة التحكم الصناعي :

بوابة سيمنس المتكاملة للأتمتة: أداة متكاملة لتصميم وبرمجة وتوثيق المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة وواجهات الإنسان والآلة.

استوديو أتمتة روكويل 5000:بيئة برمجة تُستخدم لإنشاء برامج التحكم للأنظمة الصناعية.

3.الأنظمة القائمة على السحابة

تعتمد الصناعة 4.0 بشكل كبير على التخزين السحابي لمعالجة وتحليل كميات ضخمة من البيانات القادمة من الآلات والمعدات.

تُستخدم الأنظمة السحابية لتخزين وتحليل البيانات عن بُعد، مما يوفر مرونة في الوصول إلى المعلومات واتخاذ قرارات مستنيرة

أمثلة على أنظمة سحابية:

منصة مايكروسوفت أزور لإنترنت الأشياء: منصة سحابية توفر الأدوات اللازمة لإدارة أجهزة إنترنت الأشياء وتحليل البيانات.

خدمات أمازون السحابية لإنترنت الأشياء: خدمة سحابية توفر بيئة للتحليل وإدارة البيانات في الوقت الفعلي، مما يعزز من إمكانية مراقبة الأداء بشكل مرن.

4. أنظمة إنترنت الأشياء

تسهم تقنيات إنترنت الأشياء في ربط المعدات والآلات عبر الإنترنت لجمع البيانات في الوقت الفعلي. توفر هذه الأنظمة معلومات دقيقة عن حالة الآلات وتساعد في اتخاذ قرارات فورية.تُستخدم في مراقبة المعدات، تحسين العمليات، وكذلك في الصيانة التنبؤية.

أمثلة على أنظمة إنترنت الأشياء:

منصة تينغ وركس من شركة بي تي سي: منصة لتطوير وتكامل حلول إنترنت الأشياء الصناعية.

منصة مايندسفير من سيمنس: منصة مفتوحة تتيح ربط المعدات والأجهزة عبر الإنترنت، وتحليل البيانات الصناعية باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي.

5.الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات

تساعد تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات في تحسين الأداء التنبؤي، مثل الصيانة التنبؤية والتنبؤ بمشاكل الإنتاج تُستخدم هذه الأدوات لتحليل البيانات الضخمة المستخلصة من الآلات والمعدات وتقديم رؤى مستقبلية لتسهيل اتخاذ القرارات.

أمثلة على أنظمة الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات:

منصة واتسون لإنترنت الأشياء من آي بي إم: يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات إنترنت الأشياء والتنبؤ بأعطال المعدات.

الذكاء الاصطناعي من غوغل كلاود: يقدم أدوات لتحليل البيانات الضخمة وتحقيق رؤى تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين الكفاءة.

6. البرامج الخاصة بالصيانة الذكية

تتمثل برامج الصيانة التنبؤية في التنبؤ بأوقات حدوث الأعطال قبل وقوعها، مما يساعد في تقليل التوقفات المفاجئة وزيادة عمر المعدات

أمثلة على برامج الصيانة التنبؤية:

برنامج أبتايك: يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات وتقديم توصيات بشأن صيانة المعدات.

برنامج سيفكو: نظام يقدم صيانة قائمة على تحليل البيانات وتحسين الأداء التنبؤي للمعدات.

7. أنظمة الواقع المعزز والواقع الافتراضي

تستخدم تقنيات الواقع المعزز والواقع الافتراضي لتوفير تدريب افتراضي، وكذلك للمساعدة في عمليات الصيانة والتوجيه في المصنع. باستخدام هذه التقنيات، يمكن للمهندسين والفنيين تلقي إرشادات حية أثناء أداء المهام، مما يقلل من الأخطاء ويحسن الكفاءة

أمثلة على الواقع المعزز والافتراضي:

مايكروسوفت هولولينز: يستخدم الواقع المعزز لتوفير تجربة تعليمية وتحليل في الوقت الفعلي.

منصة فوفوريا من بي تي سي: منصة للواقع المعزز تقدم أدوات لدعم الإنتاج والصيانة في بيئات صناعية.

8. أنظمة إدارة سلاسل الإمداد

تلعب أنظمة إدارة سلاسل الإمداد دورًا كبيرًا في تحسين تدفق المواد والمنتجات داخل المصانع. تستخدم هذه الأنظمة الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات لتحسين التنبؤ بالطلب وتقليل الفاقد

أمثلة على أنظمة إدارة سلاسل الإمداد:

التخطيط المتكامل للأعمال من إس إيه بي: يقدم حلولًا متكاملة لتحسين التخطيط وإدارة سلاسل الإمداد باستخدام تحليلات البيانات في الوقت الفعلي.

منصة إدارة سلسلة التوريد من أوراكل: منصة لإدارة سلاسل الإمداد وتحسين التواصل بين الموردين والعملاء.

9أنظمة التحكم عن بُعد

يساعد استخدام أنظمة التحكم عن بُعد في مراقبة وإدارة العمليات الصناعية من مسافات بعيدة. باستخدام تقنيات مثل الجيل الخامس وإنترنت الأشياء، يمكن للمشغلين مراقبة وتحليل بيانات العمليات في الوقت الفعلي، مما يسمح باتخاذ قرارات سريعة.

أمثلة على أنظمة التحكم عن بُعد:

برنامج تيم فيور لإنترنت الأشياء:يوفر التحكم عن بُعد في المعدات ويتيح المراقبة في الوقت الفعلي.

تقنيات زيبرا:تقدم حلول تحكم عن بُعد للمصانع الصناعية لزيادة الإنتاجية وتحسين الاستجابة للطوارئ.

تساهم هذه البرامج والمنصات في تحقيق التكامل بين التقنيات الذكية والعمليات الصناعية، مما يساهم في تحسين كفاءة الإنتاج وتقليل التكاليف.بالإضافة إلى ذلك، تُعد هذه الأدوات حيوية في التحول نحو الصناعة 4.0، حيث توفر مرونة أكبر، وتحسينات في الصيانة، وزيادة في أوقات العمل الفعالة عبر التطبيقات المتقدمة في الذكاء الاصطناعي، الواقع المعزز، والتحليل التنبؤي.

الخاتمة:

تمثل الصناعة 0.4 نقطة تحول حاسمة في تاريخ التطور الصناعي، حيث تجمع بين تقنيات الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء الروبوتات، والطباعة ثلاثية الأبعاد لتشكل مستقبلًا جديداً في بيئات العمل. هذه الثورة لا تقتصر على تحسين الإنتاجية والكفاءة فقط، بل تتعدى ذلك لتخلق فرصًا جديدة في مجال التدريب، العمل عن بُعد، والتفاعل بين الإنسان والتكنولوجيا. من خلال تفعيل هذه التقنيات المتقدمة، أصبحت المصانع أكثر ذكاءً ومرونة، مما يعزز قدرتها على التكيف مع التغيرات السريعة في السوق واحتياجات العملاء. ومع استمرار تطور هذه التقنيات، يتطلب الأمر تكاتف الجميع من شركات وحكومات ومجتمعات لضمان توظيفها بشكل مسؤول وآمن، لتحقيق استدامة اقتصادية واجتماعية تعود بالنفع على كافة الأطراف.

المراجع:

1 . السيد، أحمد .(1202) الصناعة 0.4: الثورة الصناعية الرابعة وتأثيرها على الإنتاج والتشغيل .دار الفكر العربي.
2 .حسن، محمد .(0202) دور الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء في الصناعة 0.4 .مجلة الهندسة الصناعية، العدد 35، ص 45-60.
3 .الثورة الصناعية الرابعة: التحديات والفرص – "تأليف :كلاوس شواب 4. **التحول الرقمي في التصنيع: إنترنت الأشياء والثورة الصناعية الرابعة** – "تأليف :أحمد السيد

1. Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution.* World Economic Forum.
2. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Industrie 4.0: Réaliser la transformation numérique de la production.* Académie allemande des sciences et de l'ingénierie.
3. Berger, R. (2014). *The Industrie 4.0 Transition.* Roland Berger Strategy Consultants.
4. Baumgartner, M. (2021). *L'industrie 4.0 et l'avenir de la production manufacturière.* Revue Française d'Automatisation Industrielle, vol. 58, pp. 32-47.
5. Oracle. (s.d.). *What is Industry 4.0?* Oracle.