Journal of Applied Arts & Sciences
مجلة الفنون والعلوم التطبيقية
جامعة دمياط Damietta University
كلية الفنون التطبيقية

نحو منهجية تصنيع الأثاث في ظل الثورة الصناعية الرابعة

Towards a Furniture Manufacturing Methodology in Light of the Fourth Industrial Revolution

أسماء محمد طه فوده
باحث دكتوراه بكلية الفنون التطبيقية - جامعة دمياط - مدير مراكز تكنولوجيا الأثاث – وزارة الصناعة
حاتم محمد فتحي إدريس
أستاذ إدارة إنتاج الملابس الجاهزة المتفرغ - كلية الفنون التطبيقية - جامعة دمياط
عبير حامد سويدان
أستاذ أساسيات التصميم الداخلي والأثاث - كلية الفنون التطبيقية – جامعة دمياط
سارة فتحي احمد فهمي
استاذ التصميم البيئي التصميم الداخلي والاثاث - كلية الفنون التطبيقية-جامعة دمياط

ملخص البحث:-
يستهدف البحث الحالي تقديم تصور مقترح لمنهجية تصنيع الأثاث في ظل الثورة الصناعية الرابعة، من خلال التعرف على خصائص التحول الرقمي وأثر تطبيق تقنيات الصناعة ٤,٠ مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير قطاع الأثاث، وتحسين جودة الإنتاج وكفاءته، استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لمناسبته لطبيعة البحث، من خلال تحليل الأدبيات السابقة ونماذج الصناعات الذكية، واستعراض التجارب العالمية ذات الصلة، وتوصلت الدراسة إلي ضرورة دمج التقنيات الرقمية في العمليات الإنتاجية لتلبية متطلبات العملاء المتغيرة، ووجود حاجة إلى إعداد الكوادر البشرية القادرة على التعامل مع بيئات التصنيع الذكي، إضافة إلى أهمية تبني الاستدامة في التصميم والإنتاج، وأوصت الدراسة إلي ضرورة دعم التعاون بين المصانع والمؤسسات التعليمية لتطوير الحلول التقنية، وتشجيع الاستثمار في البحث والتطوير، وتحديث المناهج التعليمية لتواكب مهارات الثورة الصناعية الرابعة، وتفعيل نظم ذكية في خطوط الإنتاج تساهم في تقليل الهدر وتعزيز الكفاءة التنافسية في قطاع الأثاث.

الكلمات المفتاحية :
الثورة الصناعية الرابعة – التصنيع الذكي – صناعة الأثاث – الذكاء الاصطناعي .

١ ـ مقدمه:

ظهر مصطلح "Industry 4.0" لأول مرة في إطار استراتيجية الصناعة الألمانية بمعرض "هانوفر"، حيث لقي اهتماماً كبيراً من قبل الحكومة الألمانية ودول أوروبية أخرى، ويعني هذا المصطلح تطبيق الأنظمة الفيزيائية السيبرانية Cyber-Physical Systems في التصنيع، بينما عرّفته شركة جنرال إلكتريك بأنه "الإنترنت الصناعي " Industrial Internet.وبالفعل، تم تطبيق العديد من تقنيات التصميم والتشغيل المتعلقة بالثورة الصناعية الرابعة بشكل عملي، ما جعلها محوراً لاهتمام الباحثين والكتاب.

ويشار للثورة الصناعية الرابعة التي نعيشها اليوم بمصطلح "Industry 4.0"، وتعد امتداداً للثورات الصناعية الثلاث السابقة التي شهدها العالم على مدار نحو ٢٠٠ عام، وبدأت الثورة الصناعية الأولى في نهاية القرن السابع عشر، حيث أسهمت محركات البخار والطاقة المائية في إحداث نقلة نوعية بميكنة الإنتاج، وتلتها الثورة الصناعية الثانية، التي قادها هنري فورد من خلال تطوير خطوط التجميع، ما أتاح

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

الإنتاج الضخم، أما الثورة الصناعية الثالثة، فقد ظهرت منذ السبعينيات، وكانت مدفوعة بالاستخدام المكثف للكمبيوتر وأتمتة عمليات التصنيع إلى جانب تزاوج علوم الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات.

واليوم نقف على مشارف ثورة تكنولوجية شاملة، ستغير أنماط الحياة والعمل والتفاعل البشري، كما ستعيد تشكيل أسلوب عمل المنظمات وتفاعلها مع بيئاتها، وتتميز هذه الثورة عن سابقاتها بدمج التقنيات المادية والرقمية والبيولوجية، وتتضمن مزيجاً من التقنيات، مثل: الذكاء الاصطناعي والروبوتات، وتكنولوجيا النانو، وإنترنت الأشياء، والتكنولوجيا الحيوية، والحوسبة السحابية والضبابية، والطباعة ثلاثية الأبعاد، وتحليلات البيانات الضخمة.

وأصبحت تطبيقات الثورة الصناعية الرابعة الآن القوة التكنولوجية السائدة، مما يفرض على المنظمات الاستعداد لاستيعابها بغية الحفاظ على قدرتها التنافسية والبقاء في سوق مليء بالتحديات، فالتطورات التكنولوجية لا تؤثر فقط على أداء المنظمات وبيئة عملها على المدى القصير، بل تمتد لتؤثر على استمراريتها واستدامتها في المستقبل. (١:ص٩١٠)

وتتسم الثورة الصناعية الرابعة بدمج تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي، والروبوتات، وإنترنت الأشياء في شتى القطاعات الصناعية، ومن بينها صناعة الأثاث، وتُحدث هذه التقنيات تحولًا جذريًا في مجالات التصميم، والإنتاج، والتوزيع، حيث يُسهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة عمليات التصنيع، وتحليل تفضيلات المستهلكين بدقة، ما يمكّن من إنتاج تصميمات أثاث معقدة ومخصصة بدرجة عالية. كما تتيح هذه التقنيات تطوير النماذج الأولية بسرعة وكفاءة، وهو ما يسهم في تسريع دورة الإنتاج، ومن خلال تبني هذه الحلول الرقمية، تستطيع شركات الأثاث تقليص التكاليف، ورفع مستويات الكفاءة، وتقديم منتجات تلبي احتياجات العملاء بشكل أكثر دقة وتفردًا. ويتعدى تأثير هذه التقنيات الجوانب التشغيلية، ليشمل تعزيز جودة المنتجات، وزيادة القدرة على التخصيص حسب الطلب، ورفع مستوى تفاعل العملاء مع العلامات التجارية. (٢: ص٢٥٧)

وتتمثل الغاية الأساسية من هذه الثورة في رقمنة عمليات التصنيع وتكاملها، بما يدعم التحول إلى بيئة صناعية ذكية. وعليه، فإن تبني هذه التقنيات لم يعد خيارًا، بل ضرورة استراتيجية لصناعة الأثاث كي تحافظ على تنافسيتها وتلبي متطلبات المستهلكين المتغيرة في العصر الرقمي.

١-١مشكلة البحث :

تواجه صناعة الأثاث التقليدية في العصر الراهن تحديات متزايدة بفعل التحولات العميقة التي فرضتها الثورة الصناعية الرابعة، والتي تعتمد على دمج تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، والطباعة ثلاثية الأبعاد، والنمذجة الرقمية في مختلف مراحل الإنتاج. ورغم الإمكانات الكبيرة التي توفرها هذه التقنيات لتحسين جودة المنتج، وزيادة الكفاءة التشغيلية، وتخصيص التصميمات وفقًا لاحتياجات المستهلك، إلا أن هناك فجوة واضحة بين ما تتيحه هذه الثورة من فرص، وبين الواقع التطبيقي في منهجيات تصنيع الأثاث، خاصة في البيئات الصناعية التي لم تواكب بعد هذا التطور التقني المتسارع.

ويُلاحظ أن العديد من مصانع الأثاث لا تزال تعتمد على أساليب تقليدية في التصميم والإنتاج، مما يحدّ من قدرتها على المنافسة في السوق العالمي، ويقلل من قدرتها على التفاعل مع المتغيرات الحديثة في أذواق المستهلكين. كما أن غياب إطار منهجي متكامل يوضح كيفية دمج تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في مراحل تصنيع الأثاث يُشكل عائقًا أمام تحقيق التحول الرقمي الفعّال في هذا القطاع الحيوي، ومن هنا تبرز مشكلة الدراسة في التساؤل التالي:

ما المنهجية المناسبة لتطوير تصنيع الأثاث بما يتماشى مع متطلبات الثورة الصناعية الرابعة؟

١-٢أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

- وصف ملامح المنهجية المناسبة لتصنيع الأثاث في ضوء مستجدات وتقنيات الثورة الصناعية الرابعة.
- تحليل تأثير أدوات وتقنيات الثورة الصناعية الرابعة (كالذكاء الاصطناعي، الطباعة ثلاثية الأبعاد، إنترنت الأشياء) على مراحل التصميم والإنتاج في مصانع الأثاث.
- اعداد تصور مقترح لمنهجية تصنيع أثاث ذكية تتسم بالمرونة والكفاءة وتلبي متطلبات السوق المعاصر.

١-٣ فروض البحث:

يفترض البحث ما يلي:

- أن تبني تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في تصنيع الأثاث يسهم في تحسين كفاءة الإنتاج وجودة التصميم.
- أن وجود منهجية واضحة ومتكاملة لتطبيق هذه التقنيات يُسهم في دعم القدرة التنافسية لمصانع الأثاث.
- أن اعتماد نموذج تصنيع ذكي يُلبي احتياجات المستهلك المتغيرة، ويزيد من مستوى التخصيص في المنتجات النهائية.

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

١-٤ أهمية البحث:

تتجلى أهمية البحث في:

- مساهمته في سد الفجوة بين الصناعة التقليدية للأثاث ومتطلبات الثورة الصناعية الرابعة من حيث الرقمنة والتكامل الذكي في الإنتاج.
- تقديمه حلولاً عملية لمصنعي الأثاث بهدف تحسين الأداء وتقليل التكاليف عبر منهجيات إنتاجية متقدمة.
- إثرائه للمجال الأكاديمي والصناعي من خلال ربط المعرفة النظرية بالممارسات التطبيقية المعاصرة.
- إمكانية توظيف مخرجات البحث كنقطة انطلاق لتطوير سياسات التصنيع الذكي في قطاع الأثاث محليًا ودوليًا.

١-٥ منهجية البحث:

لتحقيق أهداف البحث والإجابة على فروضه، سيتم اعتماد المنهج الآتي:

المنهج الوصفي التحليلي :وذلك من خلال جمع البيانات وتحليل الأدبيات النظرية والدراسات السابقة المتعلقة بتقنيات الثورة الصناعية الرابعة، بهدف وصف وتحليل مدى تأثير هذه التقنيات على مراحل تصنيع الأثاث، والتوصل إلى ملامح منهجية إنتاجية متكاملة تسهم في تلبية متطلبات السوق وتحقيق الكفاءة والجودة في المنتجات.

١-٦ حدود البحث:

- **الحدود الموضوعية**: يشمل البحث تقنيات الثورة الصناعية الرابعة ذات الصلة بتصنيع الأثاث، مثل: (الذكاء الاصطناعي- إنترنت الأشياء- الطباعة ثلاثية الأبعاد- تعلم الآلة- الروبوتات- النمذجة الرقمية والتصنيع الذكي).
- **الحدود الزمنية** :يغطي البحث الفترة الممتدة من بدايات تطبيق تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في قطاع الصناعة، وحتى الوقت الحاضر، مع التركيز على أحدث المستجدات التكنولوجية في هذا المجال.

٢- الثورة الصناعية الرابعة: Industry Definition

٢-١ مفهوم الثورة الصناعية الرابعة :

تسهم الثورة الصناعية الرابعة في إعادة تشكيل آلية عمل المؤسسات والمنظمات الصناعية من خلال تقديم حلول لتحديد المخاطر والفرص الاستثمارية في التقنيات الحديثة، مما يتيح لها اختيار التقنيات التي تتناسب بشكل أفضل مع احتياجاتها.

وطُرِح مصطلح "الثورة الصناعية الرابعة" لأول مرة في عام ٢٠١١ من قِبَل جامعة برلين الحرة، ويُعرّف بأنه "نظام جديد لتنظيم وإدارة سلاسل القيمة عبر كامل دورة حياة المنتج." (٣: ص.ص٤١: ٤٤)

كما وصف الثورة الصناعية الرابعة بأنها تتجسد في مبادئ تصميمية واتجاهات تكنولوجية رئيسية، حيث توفّر المبادئ التصميمية إطارًا لتطوير المعرفة والإجراءات اللازمة لدعم انتقال مؤسسات التصنيع نحو هذا التحول الصناعي، في حين أن الاتجاهات التكنولوجية تمثّل الابتكارات الرقمية المتقدمة التي تقود تطور تقنيات التصنيع الحديثة، والمعروفة باسم الثورة الصناعية الرابعة. (٤: ص.ص ٤١١-٤١٣)

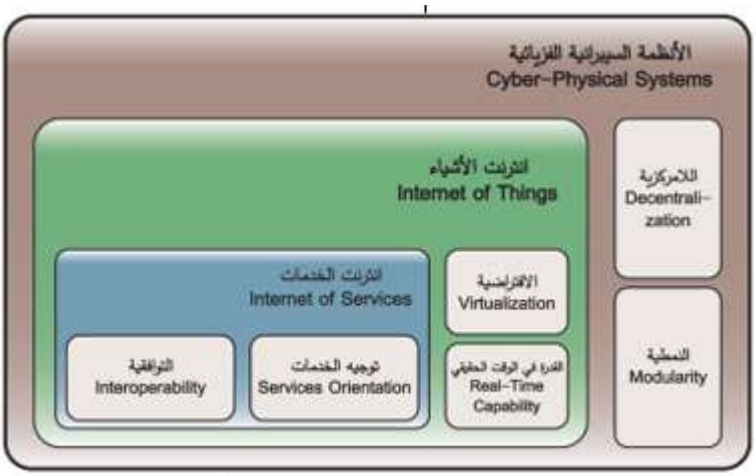
وتعرف بأنها "عملية تحويل نظام الإنتاج من خلال دمج عالم الإنترنت الذي تمثله تكنولوجيا المعلومات والعالم الحقيقي الذي كان موضوع الثورة الصناعية الأولى والثانية، أي أنها تربط العالم المادي (عملية الإنتاج) بالعالم الالكتروني (الانترنت والكمبيوتر). (٥: ص.ص ٣- ٤)

وبناءً على ما سبق، يتضح أن هذه المفاهيم تمثل الأسس العلمية للثورة الصناعية الرابعة، التي تهدف إلى دمج العالم الواقعي بالعالم الافتراضي، وانطلقت الثورة من فكرة التحول الرقمي الشامل في قطاع الصناعة، والذي يسهم في تطوير قدرات الإنتاج والتأثير على حياة الأفراد والمجتمعات، مما يساعد في تحقيق تطور اقتصادي ملموس، وتعد هذه التحولات محركًا للنمو الاقتصادي والابتكار المجتمعي، وهو ما ينعكس على جودة الحياة بشكل عام.

٢-٢ مبادئ تصميم الثورة الصناعية الرابعة:

يشتمل إطار الثورة الصناعية الرابعة على ستة مبادئ تصميمية، نذكرها فيما يلي: اللامركزية، والمحاكاة الافتراضية، وقابلية التشغيل البيني والتوافقي، والقدرة في الوقت الفعلي، والنمطية، وتوجيه الخدمة، وتسمى هذه المبادئ مبادئ التصميم" لأنها تساهم في عملية التصميم أو الانتقال بالصناعات المشتركة إلى تقنيات الثورة الصناعية الرابعة. ويوضح الشكل (١)المبادئ التصميمية في بيئة النظم الفزيائية السيبرانية التي تمثل إطار الثورة الصناعية الرابعة.

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)



شكل (١) مبادئ تصميم وإطار الثور الصناعية الرابعة

Source: Sangmahachai, K.(2015)Kasetsart energy and technology management center. Available at: http://www.wise.co.th/wise/Knowledge_Bank/References/Everything_4/Revolution_to_Industry_4 .pdf .

وتتمثل أهم مبادئ تصميم الثورة الصناعية الرابعة فيما يلي:

١. **اللامركزية:(Decentralization)**

تتيح الأنظمة الذكية للأجهزة اتخاذ قرارات مستقلة دون تحكم مركزي، مما يُعزز من مرونة الإنتاج ويُقلل من التكاليف والوقت. (٦: ص٥٧)

٢. **المحاكاة الافتراضية:(Virtualization)**

تدمج بيانات المستشعرات مع نماذج رقمية للمصنع، لتشكيل نسخة افتراضية تراقب العمليات وتدعم اتخاذ القرارات الفورية بكفاءة وأمان.(٧: ص٤)

٣. **قابلية التشغيل البيني:(Interoperability)**

تعتمد على التواصل بين الأنظمة الذكية والبشر، لتبادل البيانات وتنفيذ المهام بانسجام، ما يُعزز الكفاءة ويُقلل من الأخطاء.(٨: ص٥)

٤. **النمطية:(Modularity)**

تسمح بتعديل أو إعادة ترتيب وحدات الإنتاج بسرعة، مما يمنح مرونة في الاستجابة للتغيرات السوقية دون التأثير على سير الإنتاج. (٩: ص٦٠)

٥. **الاستجابة في الوقت الفعلي (Real-Time Capability):**

تمكّن من مراقبة وتحليل البيانات فور حدوثها، لاتخاذ قرارات سريعة وتحقيق التفاعل الفوري مع المتغيرات. (١٠: ص٦)

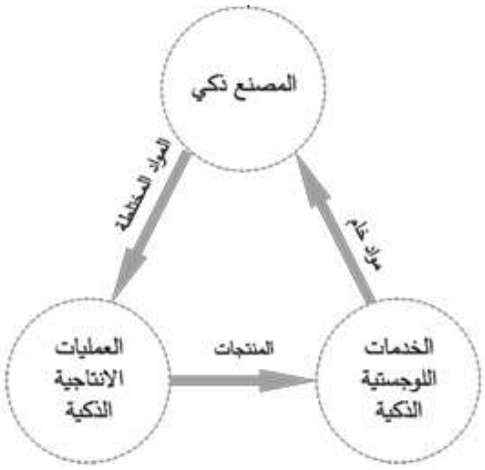
٦. **توجيه الخدمة:(Service Orientation)**

تُوفّر الخدمات الصناعية والتقنية عبر الإنترنت، ما يُعزز التكامل بين الشركات والعملاء والموردين، ويدعم التفاعل الديناميكي في بيئة رقمية مرنة.

٢-٣ السمات الرئيسية للثورة الصناعية الرابعة: The (Main Characteristics for Industry)

تشمل الثورة الصناعية الرابعة ثلاثة محاور رئيسية مترابطة تعمل في إطارها: المصنع الذكي، والإنتاج الذكي، واللوجستيات الذكية، كما يوضحه الشكل (٢):

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)



شكل (٢) السمات الأساسية للثورة الصناعية الرابعة (١١: ص١٧٠)

Source: Zhou K, Liu T, Liang L.(2016).From hyperphysical systems to industry 4.0: Make future manufacturing become possible. International Journal of Manufacturing Research. vol (11), pp.167-188.

نظام الإنتاج في الثورة الصناعية الرابعة، حيث يصبح التصنيع الذكي جوهر هذا النظام، وذلك لتلبية الطلب المتزايد على منتجات مخصصة.

٢-٤ مكونات الثورة الصناعية الرابعة:

أدت الثورة الصناعية الرابعة إلى تغييرات جذرية في تصميم وإنتاج المنتجات عبر الربط المتكامل بين الأنظمة المختلفة وتعزيز الوصول إلى المعلومات، حيث يُستعان بتقنيات مثل الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة في إدارة عمليات الإنتاج بشكل مستقل وذكي، وتتميز هذه الثورة بقدرتها على دمج الأنظمة الافتراضية والفيزيائية والتكنولوجية، مما يفتح آفاقاً لتعزيز النمو الاقتصادي وتحسين مستوى الحياة، ومن المتوقع أن تُحدث الثورة الصناعية الرابعة تحولاً في هيكل الاقتصاد العالمي، خاصةً في تجديد القطاع الصناعي القائم على الابتكار. وقبل مناقشة تأثيراتها الاقتصادية، وفيما يلي سيتم مكوناتها بإيجاز كما يوضحه الشكل(٣): (١٢: ص٦٥)

ومن الشكل التالي يتضح أن المصنع الذكي يُعد عنصراً رئيسياً في البنية التحتية المستقبلية، حيث يعتمد على أنظمة وعمليات إنتاج متقدمة تهدف إلى رفع كفاءة التصنيع، كما تتضمن هذه البنية تجهيز شبكات توزيع متطورة لتسهيل التدفقات اللوجستية وتعزيز التخطيط الفعّال داخل المصنع. كما يركز الإنتاج الذكي على إدارة لوجستيات الإنتاج وتنسيقها على مستوى القطاع الصناعي، حيث يتمكن العاملون من التفاعل مع الآلات من خلال واجهات تكنولوجية تعتمد على التواصل بين الإنسان والآلة (H2M). كما يتم تطبيق التقنيات ثلاثية ورباعية الأبعاد (3D/4D) لدعم العمليات الصناعية وتوفير حلول مبتكرة لتخصيص المنتجات.

وتعمل اللوجستيات الذكية بدورها عبر الإنترنت وشبكات تكامل الموارد اللوجستية، مما يرفع كفاءة تدفقات الموارد على جانبي العرض والطلب. وبهذا يمكن للمؤسسات الوصول إلى دعم لوجستي متطور يعزز من دقة وسرعة التوصيل، ويشكل التنسيق بين هذه المحاور الثلاثة أساس

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

شكل (٣) مكونات الثورة الصناعية الرابعة

المصدر: المجلس الاقتصادي والاجتماعي الأردني: الثورة الصناعية الرابعة وسوق العمل الأردني٢٠٣٠، عمان، الأردن، ٢٠٢٤م، ص٦٥.

٢-٣-١ الذكاء الاصطناعي: Artificial (Intelligence)

يعنى الذكاء الاصطناعي بمحاكاة القدرات العقلية البشرية من خلال خوارزميات متقدمة تمكّن الحواسيب من التعلم، حل المشكلات، التعرف على الأنماط، واتخاذ القرارات، بالإضافة إلى قدرات مثل الترجمة الصوتية والبصرية. وتتنوع تطبيقاته من أنظمة بسيطة إلى تقنيات تفهم نوايا المستخدم وتُحاكي التفكير البشري.

يُستخدم على نطاق واسع في مجالات مثل التصنيع، الصحة، والتمويل، مما يسهم في رفع الكفاءة وتقليل الأخطاء، مع تأثير واضح على سوق العمل. ومن المتوقع أن ينمو سوق الذكاء الاصطناعي من ٣٨٧ مليار دولار عام ٢٠٢٢ إلى أكثر من ١٣٩٤ مليار دولار في ٢٠٢٩، بمعدل نمو سنوي ٢٠,١%.

٢-٤-٢ الروبوتات:(Robotics)

الروبوتات هي أنظمة ميكانيكية مبرمجة تؤدي مهام متنوعة بدقة وكفاءة، وقد تطورت من أدوات بسيطة إلى أجهزة ذكية بفضل الدمج مع الذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية.

وتُستخدم في البيئات الصناعية الخطرة والمعقدة، وتتميز بالمرونة، والقدرة على التعاون مع البشر، بل والتعلم منهم، مما يُمكّنها من أداء وظائف دقيقة مثل التعرف على الوجوه أو تقليد حركة اليد، كما باتت الروبوتات المتقدمة جزءًا محوريًا في بناء "المصانع الذكية"، حيث تُسهم في تحسين الإنتاجية، خفض التكاليف، وزيادة القدرة على التكيف مع احتياجات العملاء، مما يعزز التحول نحو التشغيل الآلي المتكامل في مختلف الصناعات، كما هو موضح في شكل (٤).

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

شكل (٤) فائدة الروبوتات المتقدمة

Source:7wData Team. 10/10/2024. What is the Internet of Things (IoT)? Meaning & Definition. BLOG on 7wData Site. What is the Internet of Things (IoT)? Meaning & Definition | 7wData.

ويتضح مما سبق أنه يمكن الاستفادة من تقنية الروبوتات المتقدمة خلال برنامج تصميم المنتج في مراحل التصنيع حيث يعمل على اتمام عملية التصنيع في أسرع وقت وأقل مجهود وأعلي جودة. وذلك لان ما يميز الروبوتات المتقدمة هو الذكاء اللامركزي الذي يسمح للأجهزة والمعدات باتخاذ القرارات واتخاذ الإجراءات بشكل مستقل دون تدخل بشري.

٢-٤-٣ إنترنت الأشياء: (Internet of things)

إنترنت الأشياء هو نظام ذكي يربط الأجهزة المتنوعة عبر شبكة رقمية تتيح التفاعل وتبادل البيانات دون تدخل بشري مباشر. تعتمد هذه التقنية على مستشعرات وأجهزة متصلة قادرة على جمع البيانات البيئية وتحليلها، مما يعزز من كفاءة التشغيل وجودة الخدمات في قطاعات متعددة مثل التصنيع، الصحة، الزراعة، والمدن الذكية.

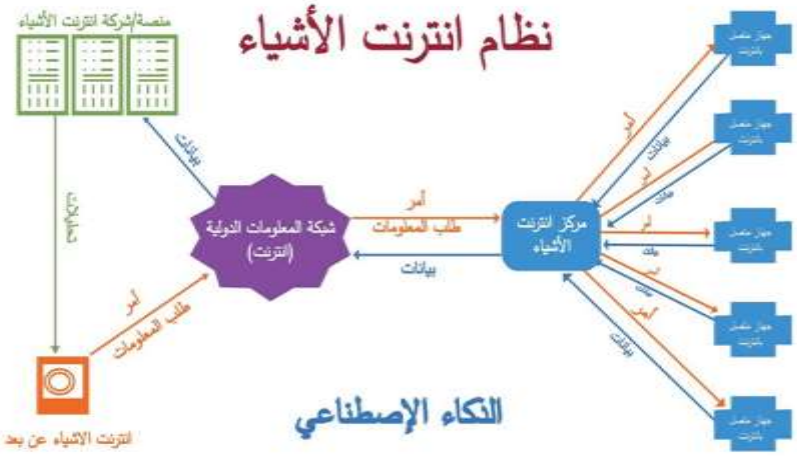
ويُعد إنترنت الأشياء من الركائز الأساسية للثورة الصناعية الرابعة، إذ يسهم في بناء أنظمة متكاملة ذات قدرة عالية على المراقبة والتحكم الذكي، ويُعرف بأنه شبكة من الكيانات المادية والرقمية التي تتواصل عبر بروتوكولات الإنترنت، وتستخدم الحوسبة السحابية لتحليل البيانات من مصادر مختلفة. (١٣: ص٦٦)

ووفقًا لـ(Porter & Heppelmann (2014 ، يتكون نظام إنترنت الأشياء من:

- **العناصر المادية** :الأجهزة والمكونات الذكية.
- **العناصر الرقمية** :البرامج وتحليلات البيانات.
- **وسائل الاتصال** :الشبكات التي تتيح الربط والتفاعل بين هذه العناصر.

وتُسهم هذه المكونات مجتمعة في تطوير المنتجات الذكية، من خلال تتبع الأداء، وتحليل الاستخدام، وتحسين الكفاءة التشغيلية، مما يمنح المؤسسات مرونة أكبر في التعامل مع البيانات واتخاذ القرار، كما هو موضح بالشكل (٥) :

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)



شكل (٥) النظام البيني لإنترنت الأشياء

Source: Porter, M.E., Heppelmann, J.E(2014). How smart connected products are transforming competition. Harvard Business Review, November,1, available at: https://hbr.org/2014/11/how-smart-connectedproductsare-transforming-competition.

ويمكن الاستفادة من تقنية انترنت الأشياء خلال برامج التصميم في ربط جميع مراحل عمليات التصميم حيث أنه يمكن نقل البيانات عبر الشبكة والتحديث بشكل فعال في الوقت الفعلي وهذه البيانات على سبيل المثال بحوث السوق والمستهلك خلال مرحلة الدراسة يمكن انتقالها خلال جميع المراحل والوصول اليها في الوقت الفعلي. فتعمل تقنية إنترنت الأشياء على تحسين العمليات لتصبح أكثر إنتاجية وحماية وأكثر ربحية وأسرع. وتوفر طرقاً لتتبع سلوكيات العملاء لتحقيق أقصي تأثير.

٢-٤-٤ البيانات الضخمة (Big Data) :

تشير البيانات الضخمة إلى كميات هائلة من المعلومات التي تُنتَج باستمرار من مصادر متعددة كالأفراد، الآلات، والشركات، والتي تفوق قدرة أنظمة التخزين التقليدية على معالجتها، وتُعد هذه البيانات من العناصر الأساسية في الثورة الصناعية الرابعة، لما توفره من دعم في اتخاذ قرارات استراتيجية مبنية على تحليلات دقيقة.

ويسهم تحليل البيانات الضخمة في كشف الأنماط والسلوكيات غير المرئية بالطرق التقليدية، مما يُحسن الكفاءة التشغيلية ويرفع من فعالية الأداء، خاصة في مجالات مثل التصنيع، الرعاية الصحية، التسويق، والقطاع المالي. (١٤: ص١٥)

وفي سياق تصميم المنتجات، يمكن توظيف البيانات الضخمة في جمع وتحليل معلومات السوق والعملاء والموردين، ومشاركتها مع فرق التصميم، مما يساعد في اتخاذ قرارات دقيقة في الوقت الحقيقي، وتعزيز الابتكار والمرونة في تطوير المنتجات.

٢-٤-٥ البلوكشين: (Block Chain)

البلوكشين هو نظام رقمي آمن يعتمد على بنية موزعة تُسجل فيها البيانات في كتل مترابطة ومشفرة، مما يمنع التلاعب ويضمن الشفافية والثقة. كل معاملة تُوثَّق بشكل دائم ويمكن لجميع الأطراف المعنية الوصول إليها. تُستخدم هذه التقنية في العديد من القطاعات مثل البنوك، التعليم، وسلاسل التوريد، لما توفره من أمان، مصداقية، وتبسيط للعمليات المعقدة، إلى جانب تقليل الأخطاء وتحسين الكفاءة التشغيلية . (١٥: ص٦٦)

٢-٤-٦ الطباعة ثلاثية الأبعاد: (3D Printer)

ظهرت الطباعة ثلاثية الأبعاد كابتكار صناعي يعتمد على إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد باستخدام برامج تصميم أو ماسحات ضوئية، وتُطبع عبر تقنيات تعتمد على ترسيب أو صهر المواد طبقة تلو الأخرى. تُستخدم هذه التقنية حاليًا في مجالات متعددة، منها الطب (الأطراف الصناعية، الأنسجة، الأدوية)، والهندسة، والإلكترونيات الدقيقة، حيث تتيح إنتاج مكونات عالية الدقة وتعزز من الابتكار وسرعة الإنتاج، مع الحفاظ على الخصائص الميكانيكية للمواد حتى في التفاصيل الدقيقة . (١٦: ص١٥٠)

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

٢-٤-٧ الواقع المعزز: (Augmented Reality)

الواقع المعزز هو تقنية تدمج العناصر الرقمية مع البيئة الحقيقية، لتوفير تجربة تفاعلية تُسهم في تحسين أداء المهام من خلال عرض معلومات إضافية في السياق الواقعي. ويُستخدم في مجالات متعددة منها الألعاب، التعليم، والتصميم الصناعي، ويُتوقع أن تتجاوز استثماراته ٦٠ مليار دولار، مع أكثر من مليار مستخدم عالميًا.(١٧: ص٥٥١)

تعتمد تقنية AR على إسقاط محتوى افتراضي غير ملموس في العالم الواقعي عبر أجهزة مزوّدة بكاميرات، كهواتف ذكية أو نظارات ذكية، حيث تُعرض الصور أو البيانات أو الرسوم التوضيحية فوق البيئة الفعلية. وتُعد من تقنيات الثورة الصناعية الرابعة التي تعزز من تفاعل المستخدم مع البيئة، عبر مزج المدخلات الحسية مثل الصوت والصورة والموقع الجغرافي، دون فصل المستخدم عن العالم الواقعي، على عكس الواقع الافتراضي الذي يُنشئ بيئة رقمية منفصلة بالكامل، كما هو موضح في الشكل (٦)

شكل (٦) أدوات إنشاء بيئة الواقع المعزز (١٨: ص٣٠٤)

المصدر: زهران، أحمد خالد سعيد، ومحمد، أسامة يوسف، ورياض، محمد محمد(٢٠٢٢). تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في إدارة عمليات التصميم، مجلة التصميم الدولية، ١٢(٢)، ٢٩٩- ٣١١

٢-٤-٨ الحوسبة السحابية: (Cloud Computing)

أصبحت الحوسبة السحابية عنصراً أساسياً في التكنولوجيا الحديثة، إذ تُعنى بتخزين البيانات ومعالجتها واستعادة الوثائق واستضافة المواقع عبر الإنترنت من خلال السحابة، التي تعتمد على خوادم تُقدمها شركات الخدمات عبر الإنترنت. أتاحت مراكز البيانات المتطورة بنية تحتية قوية لهذه التقنية، مما سمح بتوفير تطبيقات مبتكرة ومساحات تخزين واسعة تعتمد على تقنيات ويب ٢,٠ و٣,٠، وتُصنّف خدمات الحوسبة السحابية إلى ثلاثة أنواع: (١٩: ص٦٦)

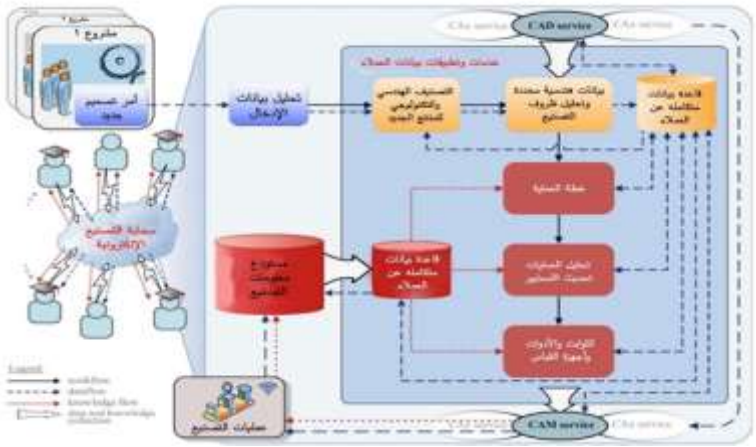
⇦ البنية التحتية كخدمة(IaaS) ": والتي تقدم خوادم وأنظمة تشغيل وأجهزة افتراضية وشبكات.

⇦ المنصة كخدمة(PaaS) ": والتي تُستخدم لتطوير وصيانة البرمجيات، وتوفر قواعد البيانات وأدوات ذكاء الأعمال.

⇦ البرامج كخدمة (SaaS) ": والتي تتيح للمستخدمين الوصول إلى التطبيقات عبر الإنترنت باشتراك. مع تزايد اعتماد المؤسسات على الحوسبة السحابية، من المتوقع أن ينمو سوقها من ٢٧٢ مليار دولار في ٢٠١٨ إلى ٦٢٣ مليار دولار في ٢٠٢٣.

ومن خلال المهام الضرورية للبيئة التعاونية الحديثة لتخطيط العمليات داخل الثورة الصناعية الرابعة ومكوناتها الرئيسية فإنه يؤدي إلى النموذج توضيحي للنظام القائم على الحوسبة السحابية لتخطيط العملية كما يوضحه الشكل(٧) :

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)



شكل (٧) نموذج نظام تخطيط العمليات القائم على السحابة الالكترونية

Source: Visual Components Team. 12/10/2024. 3D Manufacturing Simulation Software: The Ultimate Guide. BLOG on Visual Components Site 3D Manufacturing Simulation Software: The Ultimate Guide (Videos Included) - Visual Components.

٢-٥ تحديات الثورة الصناعية الرابعة:

تُعد الثورة الصناعية الرابعة محطة فارقة في تاريخ البشرية، فهي لا تقدم مجرد اختراعات تقنية، بل تُحدث تحولات عميقة في مختلف جوانب الحياة، من الاقتصاد إلى التعليم والصحة. ورغم ما تحمله من فرص كبيرة في تعزيز الإنتاجية وتحسين جودة الحياة، فإنها تطرح مجموعة من التحديات المعقدة التي تتطلب استعدادًا مؤسسيًا وتشريعيًا وإنسانيًا لمواجهتها (٢٠:ص ٥٨) ، وفيما يلي عرض لأهم التحديات التي تواجه الثورة الصناعية الرابعة: (٢١: ص.ص١١: ١٢)

١. التحديات الإلكترونية:

تُعد الهجمات السيبرانية من أخطر التهديدات المصاحبة للثورة الصناعية الرابعة، حيث تهدد أمن البيانات والأنظمة الحيوية. وتوصي التقارير العالمية بضرورة تطوير منظومات الحماية الرقمية وتعزيز السياسات الأمنية للحفاظ على الخصوصية وسلامة البنية التحتية.

٢. تحديات الذكاء الاصطناعي:

يثير تطور الذكاء الاصطناعي مخاوف بشأن مستقبل الوظائف ودور الإنسان. ورغم تفوق الآلات في تنفيذ المهام المعقدة، إلا أن "القوة الناعمة" التي تتمثل في المشاعر والمهارات الاجتماعية تظل من خصائص الإنسان. ومن هنا تبرز أهمية تمكين المرأة والقيادات الإنسانية لموازنة البعد التكنولوجي.

٣. التحديات الاقتصادية:

تشمل التفاوت في توزيع الثروة وزيادة الفجوة بين الدول. وتُشير التقارير إلى آثار الأزمات المالية وضرورة مراجعة السياسات الاقتصادية بما يحقق العدالة والابتكار ويُعزز النمو الشامل والمستدام.

٤. التحديات الجيوسياسية:

في ظل بيئة عالمية متعددة الأقطاب، تزداد احتمالات الصراعات الدولية، ما يؤثر سلبًا على التعاون التقني وتبادل المعرفة. ويتطلب التغلب على هذه التحديات تفعيل التعاون السياسي لتحقيق الاستقرار والتكامل التنموي.

٥. التحديات البيئية والمستقبلية:

تشمل التغير المناخي، تدهور النظم البيئية، وتزايد الكوارث الطبيعية. ويُحذر المختصون من أن التقنيات غير المنضبطة، مثل الذكاء الاصطناعي، قد تُهدد مستقبل البشرية، ما يستدعي تبني سياسات بيئية واقتصادية مسؤولة تضمن استدامة الحياة على كوكب الأرض.

٣- صناعة الأثاث

تُعد صناعة الأثاث من أقدم وأهم الصناعات التي تلعب دورًا محوريًا في تلبية احتياجات الأفراد وتحسين جودة الحياة. وقد شهد هذا القطاع تطورات ملحوظة على مستوى تقنيات التصميم وأساليب الإنتاج، لا سيما في ظل التحول العالمي نحو مفاهيم الثورة الصناعية الرابعة، فقد انتقلت صناعة الأثاث من النماذج التقليدية إلى نماذج أكثر تقدمًا تعتمد على

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

المصانع الذكية والتقنيات الرقمية، مما أحدث نقلة نوعية في طبيعة العمليات الصناعية.

ويُبرز هذا التحول مدى أهمية توظيف التكنولوجيا الحديثة في تحسين جودة المنتجات وكفاءة الأداء، بدءًا من تصميم الأثاث وتخصيصه حسب رغبات العملاء، وصولًا إلى عمليات التصنيع الذكية باستخدام الأنظمة الرقمية والروبوتات، والتي تُسهم في رفع مستوى الإبداع والإنتاجية، مع القدرة على تلبية احتياجات السوق المتغيرة بشكل سريع وفعّال. (٢٢: ص٥١)

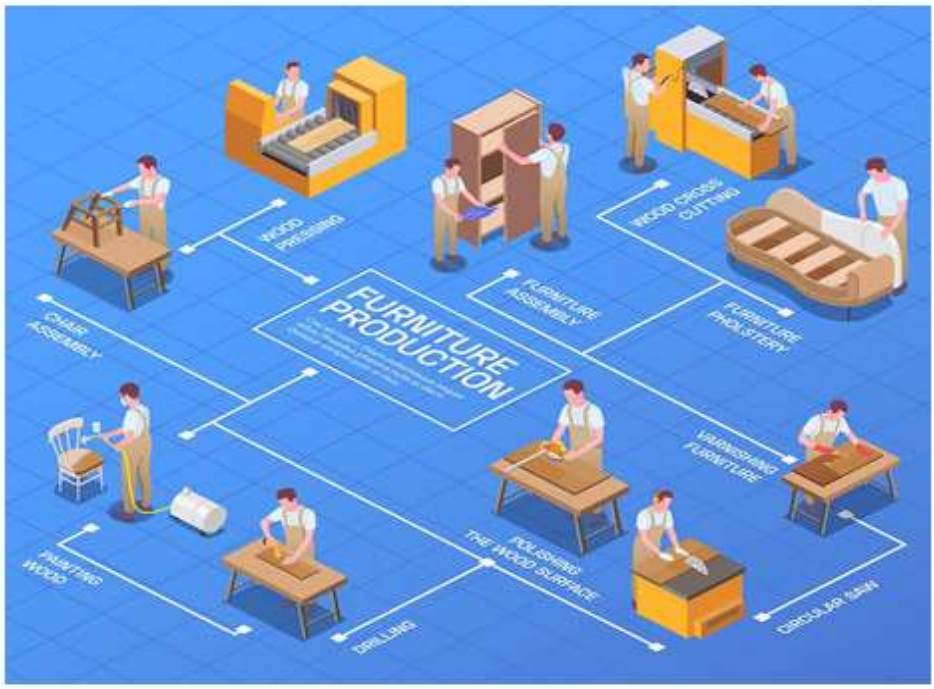
٣-١المصنع التقليدي:

يعتمد المصنع التقليدي على تسلسل إنتاجي محدود، يتميز بانخفاض معدلات الإنتاج وارتفاع الحاجة إلى الصيانة. كما تُتخذ القرارات فيه بناءً على الخبرة التراكمية دون إجراء تحليلات دقيقة للبيانات، مما يؤدي إلى تكرار نماذج العمل التقليدية دون متابعة دقيقة لتحديث الكفاءات أو تطويرها.

وتعتمد هذه المصانع غالبًا على تكنولوجيا محدودة، تقتصر على أنظمة أساسية ومعدات تقليدية، إلى جانب استخدام العمليات اليدوية، مما يتسبب في إهدار الوقت والجهد، ويقلل من كفاءة الخدمات. هذا النمط من الإنتاج يجعل المصانع أقل قدرة على مواكبة التغيرات المتسارعة في السوق، وقد يعرضها لاختلالات هيكلية تؤثر على استمراريتها التنافسية. (٢٣: ص٢٥٩)

٣-٢ المصنع الذكي:

يعتمد المصنع الذكي على تسلسل إنتاجي متطور، يتميز بارتفاع معدلات الإنتاج. كما تُتخذ القرارات فيه بناءً على الانظمة الذكية التي تعتمد على التحليلات الدقيقة للبيانات. شكل (٨) يوضح نموذج لأحد المصانع الذكية



شكل (٨) نموذج لمصنع تقليدي لصناعة الأثاث

Source: https://cdn.vectorstock.com/i/1000x1000/00/39/furniture-production-isometric-flowchart-vector-26380039.webp

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

شكل رقم (٩) نموذج من المصنع الذكي

Source: https://cdn.vectorstock.com/i/1000x1000/00/39/furniture-production-isometric-flowchart-vector-26380039.webp

٣-٣ مراحل تصنيع الأثاث التقليدي وتصنيع الأثاث بمساعدة الروبوتات:

جدول (١) مقارنة مراحل تصنيع الأثاث التقليدي وتصنيع الأثاث بمساعدة الروبوتات

المرحلة	تصنيع الأثاث التقليدي	تصنيع الأثاث بمساعدة الروبوتات
التصميم والتخطيط	استخدام برامج تصميم ثلاثية الأبعاد (3D) وبرامج ثنائية الأبعاد (2D) الإنشاء تصاميم تحتاج إلى وقت أطول للتصميم وتعديلها .	يُسهم استخدام برامج الذكاء الاصطناعي (AI) في تعزيز قدرات الحواسيب والآلات الرقمية على أداء مهام متقدمة تدعم المصممين في تطوير تصميمات ونماذج مبتكرة ومتعددة. وتتمثل هذه العملية في إدخال أوصاف نصية يحددها المصمم، ليقوم البرنامج بتوليد تصورات بصرية متنوعة بناءً على تلك المدخلات. ومن الأمثلة على ذلك تطبيق"Midjourney" ، الذي يُعد شريكًا إبداعيًا في عملية التصميم، إذ يساهم في تحسين النتائج عبر توظيف التحليل الحاسوبي والبيانات الذكية.
تحضير الأخشاب الخام	التحضير اليدوي باستخدام أدوات يدوية يمكن أن يكون هناك فاقد عالي واستهلاك مواد أكثر .	استخدام الروبوتات والآلات المتقدمة لتقطيع وتحضير الأخشاب بدقة عالية لتقليل الفاقد والتحسين في استخدام المواد.
تقطيع الأخشاب	القطع يتم يدويا أو باستخدام آلات تقليدية قد يكون هناك اختلاف في الدقة والوقت.	استخدام الروبوتات (RoboCut) له القدرة على تنفيذ عمليات القطع بدقة قدرة على التعامل مع تصميمات معقدة .

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

الصنفرة وتحضير الأسطح	عمليات الصنفرة وتحضير الأسطح تتطلب وقتا أطول ويتم يدويا قد تكون هناك اختلافات في الجودة واللون. 	الروبوتات (RoboSand) يمكنها تنفيذ عمليات الصنفرة وتحضير الأسطح بدقة عالية وسرعة تجفيف سريع وتحقيق تجانس في السطح.
الحفر والغراء	الحفر والغراء يتم يدوياً وقد يتطلب المزيد من الوقت، ويمكن أن يكون هناك اختلاف في الدقة والتوجيه. 	استخدام الروبوتات للحفر والتطبيق الدقيق للغراء، تقليل الفاقد وزيادة الدقة.
التشطيب والطلاء	التشطيب والطلاء يمكن أن يتم يدوياً أو بآلات تقليدية، قد تكون هناك اختلافات في الجودة واللون. 	تنفذ الروبوتات عمليات التشطيب والطلاء بدقة عالية، وتجفيف سريع وتحقيق تجانس في اللون.
التجميع	التجميع يتم يدوياً بواسطة العمال، يمكن أن يستغرق وقتاً أطول وقد تكون هناك اختلافات في القوة.	الروبوتات تكون من عدد قليل من الأذرع وأجهزة الاستشعار الأساسية التي يمكنها تنفيذ عمليات التجميع بدقة عالية وسرعة تجميع دقيق وقوي.

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

الكشف عن العيوب والجودة	الكشف عن العيوب يتم يدوياً وممكن أن يكون أقل دقة، ويمكن أن يكون صعبة التوثيق. 	تستخدم الروبوتات أنظمة الاختبارات للكشف عن العيوب بدقة عالية، وتوثيق دقيق للجودة.
التعبئة والشحن	تتم التعبئة والشحن يدوياً وقد يكون معرضاً لأخطاء التعبئة، ويمكن أن يستغرق وقتاً أطول. 	تنفذ الروبوتات عمليات التعبئة والشحن بكفاءة، وتقليل خطأ التعبئة بدقة وسرعة وكفاءة عالية .

المصدر: من إعداد الباحثة

يتضح من المقارنة السابقة في الجدول (١)، أن هناك فروقات جوهرية بين أساليب التصنيع التقليدية وتلك المعتمدة على التقنيات الحديثة، وتحديدًا الروبوتات، في صناعة الأثاث. وتُبرز كيف أن التحول نحو التصنيع الذكي لا يقتصر فقط على الأتمتة، بل يشمل إعادة هيكلة كاملة لمنظومة الإنتاج، بدءًا من مرحلة التصميم وحتى التعبئة والشحن.

ففي النظام التقليدي، تعتمد العمليات على التدخل البشري بدرجة كبيرة، مما يؤدي إلى تفاوت في الجودة، واستهلاك أكبر للوقت والموارد، واحتمالية أكبر لوقوع الأخطاء. كما أن محدودية الأدوات المستخدمة تؤثر على القدرة على الابتكار والتنوع في المنتجات.

أما في المقابل، فإن إدماج الروبوتات والتقنيات الذكية في التصنيع أتاح مستوى عاليًا من الدقة، والسرعة، والكفاءة في الأداء. إذ أصبحت الروبوتات قادرة على تنفيذ عمليات

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

معقدة مثل التقطيع، والتجميع، والكشف عن العيوب بجودة متسقة يصعب تحقيقها يدويًا. كما أسهمت أدوات الذكاء الاصطناعي في دعم مرحلة التصميم بمرونة وابتكار أكبر، ما يُعزز من استجابة الصناعة لاحتياجات العملاء المتغيرة بسرعة.

وتشير هذه الفروقات إلى أهمية تبني منهجية تصنيع حديثة قائمة على التكنولوجيا المتقدمة، بما يعزز القدرة التنافسية في السوق، ويقلل من الهدر، ويرفع من مستوى الجودة، مما يجعل من التحول الرقمي في صناعة الأثاث ضرورة استراتيجية وليست مجرد خيار.

٤- منهجية تصنيع الأثاث في ظل الثورة الصناعية الرابعة:

تقوم منهجية تصنيع الأثاث في ظل الثورة الصناعية الرابعة على الدمج الفعّال بين التقنيات الرقمية المتقدمة والعمليات الإنتاجية، من أجل الوصول إلى نموذج تصنيع ذكي يتميز بالكفاءة، والدقة، والتخصيص العالي، والاستدامة، وتستند هذه المنهجية إلى مجموعة من المبادئ والمراحل الأساسية التي تتكامل فيما بينها، وتشمل:

١. التصميم الذكي المعتمد على الذكاء الاصطناعي:

يعتمد التصميم في هذه المنهجية على أنظمة ذكاء اصطناعي قادرة على توليد تصورات ونماذج تصميمية بناءً على مدخلات نصية أو بصرية يقدمها المصمم، وتساعد هذه النماذج الذكية في تسريع مرحلة التصميم، واختبار بدائل متعددة، وتحليل تفضيلات العملاء بشكل دقيق.

٢. التكامل بين النمذجة الرقمية والمحاكاة:

يتم استخدام تقنيات مثل التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)والمحاكاة الافتراضية

(Digital Twins) لنمذجة المنتج قبل تصنيعه، مما يسمح باختبار المتانة والجودة وسهولة التصنيع في بيئة رقمية، وتقليل الأخطاء في مرحلة التنفيذ الفعلي.

٣. التصنيع المؤتمت باستخدام الروبوتات:

تُعتمد الروبوتات الصناعية المتقدمة في مراحل تقطيع الأخشاب، التثبيت، الصنفرة، الطلاء، والتجميع، وتتميز هذه الروبوتات بالدقة العالية، والقدرة على تنفيذ المهام المتكررة والمعقدة، مما يقلل من الهدر في المواد، ويضمن تجانس وجودة المنتج النهائي.

٤. دمج تقنيات إنترنت الأشياء:(IoT)

تُستخدم أجهزة استشعار ذكية لمراقبة أداء المعدات، تتبع سير العمل، والتحكم في ظروف التصنيع (مثل الرطوبة والحرارة)، مما يرفع من كفاءة الإنتاج ويساعد في الصيانة التنبؤية وتقليل التوقفات المفاجئة.

٥. تحليل البيانات الضخمة لدعم اتخاذ القرار:

يتم جمع وتحليل كميات ضخمة من البيانات من مختلف مراحل الإنتاج لاستخلاص رؤى قابلة للتطبيق، مثل تحسين سلاسل التوريد، وتحليل جودة المنتج، وتوقع الطلب، مما يتيح تحسينًا مستمرًا وتخطيطًا دقيقًا.

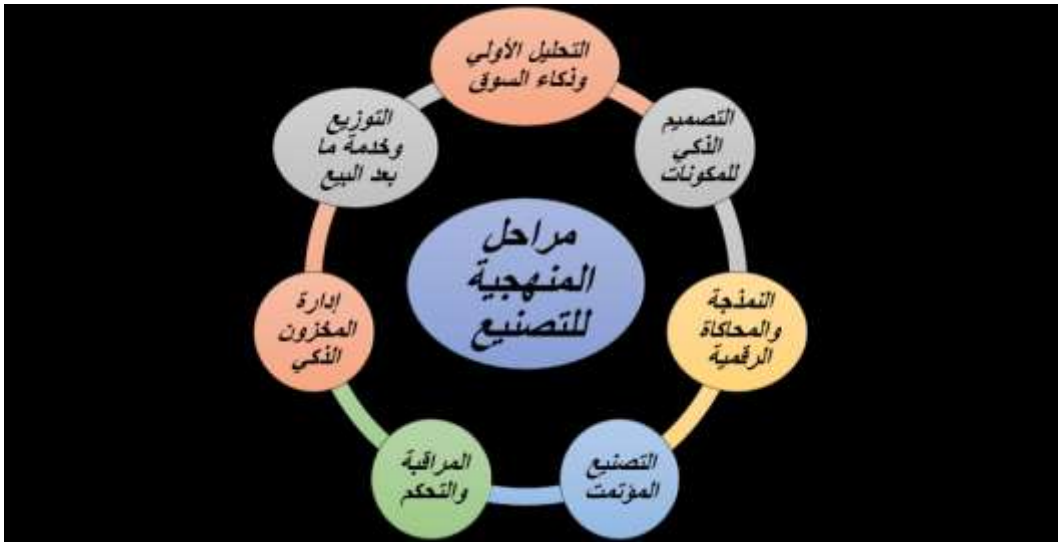
٦. التصنيع المرن حسب الطلب:

تُتيح هذه المنهجية تخصيص المنتجات وفقًا لاحتياجات العملاء من خلال أنظمة إنتاج مرنة، تُمكّن من تصنيع وحدات فردية أو صغيرة بكفاءة تضاهي الإنتاج الكمي، ما يُعزز من رضا العملاء وتنوع المنتجات.

٤-١ مراحل محددات المنهجية المقترحة للتصنيع:

سنتناول المراحل المختلفة للمنهجية المقترحة لتصنيع الأثاث باستخدام تقنيات الثورة الصناعية الرابعة، وستتم مناقشة كل مرحلة بالتفصيل، مع التركيز على التقنيات المستخدمة في كل مرحلة من مراحل الإنتاج بدءًا من التحليل الأولي للسوق وصولاً إلى التوزيع والخدمة ما بعد البيع.

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)



شكل (١٠) مراحل محددات المنهجية المقترحة
المصدر: من إعداد الباحثة

جدول (٢) عرض تفصيلي لأهم هذه المراحل موضحة في الجدول التالي:

المرحلة	الوصف التفصيلي	التقنية المستخدمة
التحليل الأولي وذكاء السوق	دراسة احتياجات العملاء وتوجهات السوق من خلال منصات تحليل البيانات	الذكاء الاصطناعي + البيانات الضخمة
التصميم الذكي للمكونات	إنشاء نماذج أولية رقمية وتصميمات مخصصة باستخدام أدوات AI والواقع المعزز	التصميم بمساعدة الحاسوب + CAD Midjourney + AR
النمذجة والمحاكاة الرقمية	اختبار التصميم في بيئة افتراضية وتحليل الأداء قبل التصنيع الفعلي	التوأمة الرقمية + Digital Twin المحاكاة الافتراضية
التصنيع المؤتمت	استخدام الروبوتات لأداء عمليات التقطيع، التجميع، الصنفرة، الطلاء	RoboCut – RoboAssembly – RoboPaint
المراقبة والتحكم	متابعة الجودة وكفاءة التشغيل بشكل لحظي	إنترنت الأشياء + نظم الرؤية بالحاسوب
إدارة المخزون الذكي	تتبع الخامات والمنتجات الجاهزة وتوقع الطلبات المستقبلية	RFID + الذكاء التنبؤي
التوزيع والخدمة ما بعد البيع	تعبئة ذكية وتوصيل موجه بالذكاء الاصطناعي + دعم فني افتراضي	الروبوتات اللوجستية + الواقع المعزز AR

المصدر: من إعداد الباحثة

٥- النتائج التوصيات:

٥-١ نتائج البحث

- يعزز دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، الروبوتات، والطباعة ثلاثية الأبعاد في مراحل تصميم وإنتاج الأثاث بشكل كبير من كفاءة العملية الإنتاجية، ويساهم في تقليل الفاقد وتحقيق تخصيص دقيق للمنتجات.
- ضرورة تطوير الكوادر البشرية في قطاع صناعة الأثاث من خلال ورش العمل والدورات التدريبية التي تركز على المهارات الرقمية وتشغيل الأنظمة الذكية، وهذا سيسهم في تحسين أداء العاملين ورفع مستوى الإنتاجية والجودة.
- يساهم استخدام تقنيات التصميم التوليدي القائمة على الذكاء الاصطناعي في تقديم حلول تصميم مبتكرة تأخذ في

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

اعتبارها الوظيفة والجمال والمتانة، مما يعزز القدرة على إنتاج قطع أثاث متميزة ومتنوعة.

- أهمية تشجيع المصانع على بناء بنوك معلومات رقمية لسهولة الوصول إلى المواصفات الفنية وتحليل تكاليف المواد ومرونة التعديل في عمليات الإنتاج، ويعزز هذا التحول من كفاءة العملية الإنتاجية ويساهم في توفير التكاليف.

٥-٢ التوصيات:

يوصي هذا البحث بما يلي:

- بناء جسور تعاون بين المؤسسات الأكاديمية ومصانع الأثاث لإجراء أبحاث تطبيقية تسهم في تطوير العمليات الصناعية وتقديم حلول ذكية ومرنة.
- تطوير قنوات رقمية تفاعلية تتيح للعملاء تخصيص الأثاث ومتابعة مراحل تصنيعه، بما يعزز من تجربة العميل ويزيد من ولائه للمنتج.
- تشجيع مصانع الأثاث على إنشاء أقسام R&D متخصصة لابتكار حلول جديدة، وتحسين المنتجات بالاستفادة من البيانات الضخمة والتحليلات التنبؤية.
- إعداد دراسات توضح المردود الاقتصادي من التوفير في النفقات وزمن العمليات نتيجة لتطبيق المنهجية.

المراجع:

1. Morteza Ghobakhloo (2018): "The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 29 Issue: 6, pp.910-936.

٢. سمير، علا محمد؛ وإبراهيم، مها محمود؛ ورموزي، أحمد مصطفي؛ وعبد الحسيب، إسراء مجدي (٢٠٢٤): منهجية تصميم مصنع الأثاث الذكي في ظل الثورة الصناعية الرابعة .*مجلة التراث والتصميم*، ٤(٢٤)، ٢٥٧-٢٦٠.

3. Jacobi, H.-F.; Landherr, M (2013): Bedeutung des Treibers Information's- und Kommunikationstechnik für die Wettbewerbsfähigkeit industrieller Produktion In: Westkämper, Berlin: Springer, pp. 41-44

4. Vogel-Heuser, B., & Hess, D (2016): Guest editorial: Industry 4.0–prerequisites and visions. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 13, pp. 411–413

5. Um, Jung-Sup (2019): "Drones as Cyber-Physical Systems Concepts and Applications for the Fourth Industrial Revolution", Springer Nature Singapore, Singapore, pp.3-4.

6. Schlick, J., P. Stephan, M. Loskyll, and D. Lappe: Industry 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Bauernhansl, T., M. ten Hempel and B. Vogel-Heuser, eds., (2014): Industry 4. 0 in Produktion, Automatisierung und Logistic. Anwendung, Technology und Migration, 57–84.

7. Gorecky, D., M. Schmitt and M. Loskyll, (2014): MenschMaschineInteraktion in Industry 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl, T., M. ten Hempel and B. Vogel Heuser, 2014: Industry 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistic: Anwendung, Technology, Migration

8. Palma J, Bueno U, Storolli W, Schiavuzzo P, Cesar F, Makiya I. Os (2017): principals da Indústria 4.0 e so impactors a sustentabilidade da cadeia de valor empresarial. In: 6th International Workshop– Advances in Cleaner Production. 24th to 26th May. São Paulo. Brazil, pp. 1-8

9. Schlick, J., P. Stephan, M. Loskyll, and D. Lappe: Industry 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Bauernhansl, T., M. ten Hempel and B. Vogel-Heuser, eds., (2014): Industry 4. 0 in Produktion, Automatisierung und Logistic. Anwendung, Technology und Migration, 57–84.

10. Palma J, Bueno U, Storolli W, Schiavuzzo P, Cesar F, Makiya I. Os (2017): principals da Indústria 4.0 e so impactors a sustentabilidade da cadeia de valor

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

empresarial. In: 6th International Workshop– Advances in Cleaner Production. 24th to 26th May. São Paulo. Brazil, pp. 1-8

11. Zhou K, Liu T, Liang L. (2016): From hyperphysical systems to industry 4.0: Make future manufacturing become possible. International Journal of Manufacturing Research. Vol (11), pp.167-188.

١٢. المجلس الاقتصادي والاجتماعي الأردني(٢٠٢٤). الثورة الصناعية الرابعة وسوق العمل الأردني٢٠٣٠، عمان، الأردن.

13. Gao, W.; Zhang, Y.; Ramanujan, D.; Ramani, K.; Chen, Y.; Williams, C.B.; Wang, C.C.L.; Shin, Y.C.; Zhang, S.; Zavattieri (2015): The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. Compute. Des., 69, 65–89.

14. Mohd Aiman Kamarul, Mohd Fauzi Othman, nor Hayati nor Azli, Muhamad Farihin Talib (2016): INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. Centre for Artificial Intelligence and Robotic, University Technology Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia.

١٥. المجلس الاقتصادي والاجتماعي الأردني(٢٠٢٤). الثورة الصناعية الرابعة وسوق العمل الأردني٢٠٣٠، عمان، الأردن.

١٦. ضيف، عفت توكل (٢٠٢٤). الأثاث الرقمي وتكنولوجيا الطباعة الثلاثية والرباعية الأبعاد. *مجلة الفنون والعلوم التطبيقية*، جامعة دمياط، ١١(٤)، ١٤٧- ١٥٩.

17. Mikalef P, Pappas I, Krogstie J, Giannakos M (2018): Big Data analytics capabilities: A systematic literature review and research agenda. Information Systems and e-Business Management. Vol (16), pp.547-578

١٨. زهران، أحمد خالد سعيد؛ ومحمد، أسامة يوسف؛ ورياض، محمد محمد(٢٠٢٢). تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في إدارة عمليات التصميم، *مجلة التصميم الدولية*، ١٢(٢)، ٢٩٩- ٣١١.

١٩. المجلس الاقتصادي والاجتماعي الأردني(٢٠٢٤). الثورة الصناعية الرابعة وسوق العمل الأردني٢٠٣٠، عمان، الأردن.

٢٠. بدران، عبد الله (٢٠١٨). الثورة الصناعية الرابعة الشغف بالمستقبل الغامض. *مجلة التقدم العلمي*، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، ع(١٠٣).

٢١. وطفة، علي أسعد(٢٠١٩). الثورة الصناعية الرابعة: تحديات أم فرص، كلية التربية، جامعة الكويت، متاح علي: https://www.researchgate.net/publication/349105626_althwrt_alsnayt_alrabt_frs_wthdyat

٢٢. عواد، إسماعيل؛ وعبد الرحمن، دعاء، وصابر، إيمان صابر(٢٠١٨). أثر استخدام التقنيات الحديثة في التصميم الداخلي لأجنحة عرض الأثاث. *مجلة الفنون والعلوم التطبيقية*، جامعة دمياط، ٥(٢)، ٤١- ٦١.

٢٣. سمير، علا محمد؛ وإبراهيم، مها محمود؛ ورموزي، أحمد مصطفي؛ وعبد الحسيب، إسراء مجدي (٢٠٢٤): منهجية تصميم مصنع الأثاث الذكي في ظل الثورة الصناعية الرابعة .*مجلة التراث والتصميم*، ٤(٢٤)، ٢٥٧-٢٦٠.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

Abstract:
The current research aims to present a proposed vision for a furniture manufacturing methodology in light of the Fourth Industrial Revolution. This research explores the characteristics of digital transformation and the impact of implementing Industry 4.0 technologies, such as artificial intelligence, the Internet of Things, and 3D printing, on developing the furniture sector and improving production quality and efficiency. The study utilized a descriptive-analytical approach, given its suitability for the nature of the research. This approach was based on an analysis of previous literature and smart industry models, and a review of relevant global experiences. The study concluded that digital technologies must be integrated into production processes to meet changing customer requirements. It also highlighted the need to prepare human resources capable of handling smart manufacturing environments, as well as the importance of adopting sustainability in design and production. The study recommended supporting collaboration between factories and educational institutions to develop technical solutions, encouraging investment in research and development, updating educational curricula to keep pace with the skills of the Fourth Industrial Revolution, and implementing smart systems in production lines that contribute to reducing waste and enhancing competitiveness in the furniture sector.

Keywords: Fourth Industrial Revolution - Smart Manufacturing - Furniture Industry - Artificial Intelligence.

(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)