

تأثير التصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية

The impact of smart manufacturing on achieving production flexibility

م.د أمير غانم وادي
Amir Ghanem Wadi
 جامعة كربلاء كلية الإدارة والاقتصاد
University of Karbala

وفاء عبد الحسين خميس
Wafaa Abdul Hussein Khamis
 جامعة كربلاء كلية الإدارة والاقتصاد
University of Karbala
Wafaa.abdulhussein@s.uokerbala.edu.iq

المستخلص

يهدف البحث الحالي بيان تأثير التصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية، اذ كانت هناك مشكلتين رئيسيتين في شركة الفرات الاوسط في مصنع انتاج الصودا والكلور عينة الدراسة وهما كالاتي: عدم تحقيق المرونة الانتاجية وفق المتطلبات الاساسية لها، فضلا عن عدم تبني تقنيات التصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية في المصنع انتاج الصودا والكلور . عدم تبني التصنيع الذكي في المصنع المذكور اعلاه، واعتمد الباحث على منهجين وهما منهج دراسة الحالة لتحليل قائمة الفحص الخاصة بالتصنيع الذكي وقائمة الفحص الخاصة بالمرونة الانتاجية وتشخيص الفجوات، والمنهج الوصفي التحليلي لمعرفة مدى تأثير التصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية في المصنع واستخدم بعض الأساليب الاحصائية مثل

، وأستخدم الباحث برنامج المرجح والنسبة المئوية للمطابقة وحجم فجوة التطبيق لتشخيص الفجوات في قوائم Excel 2016 و SPSS

26 المتوسط

الفحص .

الكلمات المفتاحية : التصنيع الذكي الثورة الصناعية الرابعة المرونة الانتاجية المرونة التصنيعية

Abstract

The current research aims to demonstrate the impact of smart manufacturing in achieving production flexibility, as there were two main problems in the Middle Euphrates Company in the soda and chlorine production plant, the study sample, which are as follows: Failure to achieve production flexibility according to its basic requirements, in addition to not adopting smart manufacturing techniques in achieving production flexibility in the soda and chlorine production plant. . Failure to adopt smart manufacturing in the above-mentioned factory, and the researcher relied on two approaches, namely the case study approach to analyze the checklist for smart manufacturing and the checklist for production flexibility and diagnose gaps, and the descriptive analytical approach to know the extent of the impact of smart manufacturing in achieving production flexibility in the studied factory, and the researcher used the Excel 2016 and SPSS 26 programs and used some statistical methods such as the weighted average and percentage, For matching and the size of the application gap to diagnose gaps in the checklists.

Keywords: smart manufacturing, fourth industrial revolution, production flexibility, manufacturing flexibility

1- المقدمة: نشهد في عصرنا هذا ثورة تقنية متسارعة تسهم في دفع عجلة الصناعة التحويلية نحو افاق جديدة، وهي افاق التصنيع الذكي ، يعد هذا النموذج محوريا لمواكبة ايقاع الطلب المتزايد والتنافس الشديد في الاسواق على مستوى العالم ، فضلا عن تلبية تطلعات الانتاج الذي يتسم بالكفاءة والمصمم وفقا لمتطلبات الطلب الفردي ،تأتي تقنيات التصنيع الذكي والانظمة الذكية المدمجة ضمن إطار الثورة الصناعية الرابعة لتمنح المؤسسات الصناعية

مرونة غير مسبوقه تشمل جميع جوانب العمليات التشغيلية، وتحقيق الابداع والابتكار (Sajjad. Et al,2021:1)

مع انتشار الإنترنت، شهد التصنيع الذكي ثورة تقنية من خلال استخدام التكنولوجيا مثل الحوسبة السحابية أمن البيانات الأنظمة السبرانية والفيزيائية، إضافة إلى إنترنت الأشياء، فتحت هذه التقنيات آفاقاً لبيئة تعاونية، تسهل التواصل الفعال وتبادل الموارد والقدرات الصناعية المختلفة. في السنوات القليلة الماضية، خصوصاً في الصين، ظهر نموذج جديد للتصنيع يستفيد من هذه التقنيات، يعرف بالتصنيع الذكي، والذي يعد نموذجاً يركز على تقديم الخدمات من خلال دمج التكنولوجيا الصناعية بتكنولوجيا المعلومات على نطاق واسع. هذا النموذج يتميز بقدرته على تكامل الموارد والقدرات الصناعية مع مركزية العمليات الإنتاجية في الإدارة (Wan et al, 2020:2).

2. منهجية البحث

1-2 مشكلة البحث: تبرز المشكلة العامة من عدم قدرة المنظمات العراقية في التنافس مع المنظمات العالمية، رغم إدخالها الأساليب التصنيع الحديثة المشابهة، وذلك نتيجة للمخاوف العامة لدى المنظمات العراقية والقطاع الصناعي بوجه خاص - في الخوض في بيئة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحديثة، ومن مواكبة التوجه نحو دمج قواعد بياناتها مع الشبكة الاعمال عبر التقنيات كالتصنيع الذكي والإنترنت. هذا بدوره يسبب فجوة في تكامل البيانات فيما بينها . بالنسبة لعينة الدراسة، وهو مصنع انتاج الصودا والكلور، نجد منافسة بين مصنع انتاج الصودا والكلور والشركات العربية والعالمية للسيطرة على الأسواق المحلية، على الرغم من امتلاك المصنع الأساليب التصنيع الجديدة، إلا أنه يواجه نقصاً في أنظمة تقنية المعلومات والاتصالات في بعض مستويات شبكة الاعمال المرتبط بها، الأمر الذي يسبب اختلافاً في مستويات إنتاجيته، حيث يمكن تشخيص مشكلتين رئيسيتين تتمثل بالاتي

-عدم تحقيق المرونة الانتاجية وفق المتطلبات الاساسية لها، فضلاً عن عدم تبني تقنيات التصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية .

-عدم تبني التصنيع الذكي في المنظمات الصناعية العراقية بشكل عام والمصنع المبحوث بشكل خاص فضلاً عن عدم تبنيها أياً من أنظمة التصنيع الذكي الموجه نحو الخدمة والمتصلة بشبكة الانترنت.

2-2 أهمية البحث: تكمن أهمية الدراسة في أهمية متغيراته، ومن الجوانب الآتية:

- 1- الارتباط الوثيق لمتغيرات الدراسة بعدة قطاعات في المجال الأكاديمي والصناعي مثل إدارة عمليات الإنتاج والهندسة الصناعية وتقنية المعلومات والاتصالات يتطلب دمج المفاهيم الهندسية والتقنية مع المبادئ الإدارية بطريقة واضحة .
- 2- يتزامن البحث مع الحاجة الملحة لدى المنظمات العراقية لإجراء تعديلات أساسية على إجراءاتها العامة وعلى الإنتاجية بشكل خاص، من خلال الافادة من التقنيات المعاصرة (التصنيع الذكي)، وذلك بهدف تحقيق غاياتها بتميز والمنافسة مع المنظمات العالمية .

3 -الطرح الحديث المتغير التصنيع الذكي كأسلوب إنتاجي واعد، الذي انتشر حوار عميق حوله في الأوساط الأكاديمية والصناعية في الأعوام الأخيرة الأمر الذي يمنحه أهمية بارزة في البحوث العلمية والصناعية

2-3 هدف البحث: تضمنت اهداف البحث ما يلي:

1. اختبار طبيعة العلاقة بين متطلبات التصنيع الذكي وتحقيق المرونة الانتاجية في شركة الفرات الإنتاج الصودا والكلور.
- 2 -اختبار تأثير توافر متطلبات التصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية في شركة الفرات العامة.
- 3 -قياس الفجوة بين الواقع الفعلي في مصنع انتاج الصودا والكلور والتصنيع الذكي.
- 4 -قياس الفجوة بين الواقع الفعلي في مصنع انتاج الصودا والكلور والمرونة الإنتاجية.

2-4 فرضيات البحث: لغرض التوصل لمشكلتي الدراسة وتحقيق أهدافه، يمكن صياغة فرضيتين لكل منهج:

- تحليل منهج دراسة الحالة

1 -الفرضية الأولى: لا توجد فجوة في تطبيق التصنيع الذكي في المصنع المبحوث.

2 - الفرضية الثانية: لا توجد فجوة تطبيق للمرونة الانتاجية في المصنع المبحوث .

- تحليل المنهج الوصفي التحليلي

3- الفرضية الثالثة: لا توجد علاقة ارتباط معنوية ذات دلالة إحصائية بين التصنيع الذكي والمرونة الانتاجية في المصنع المبحوث .

4- الفرضية الرابعة: لا يوجد تأثير معنوي ذو دلالة إحصائية للتصنيع الذكي في المرونة الانتاجية في المصنع المبحوث .

2-5 هيكلية البحث: تضمن البحث أربعة مباحث رئيسة تشكل الإطار العام والمنهج الموضوعي لمتطلبات البحث، يتناول المبحث الأول الإطار المفاهيمي التصنيع الذكي، والمبحث الثاني يتناول الإطار المفاهيمي المرونة الانتاجية، أما المبحث الثالث تناول الجانب العملي.

2-6 الحدود المكانية والزمانية للبحث: تحدد البحث مكانياً على موقع مصنع الصودا والكلور، بينما استغرقت المدة الزمنية التي قامت بها الباحثة بأجراء البحث من 2024/9/8 إلى تاريخ 2024/9/10

2- المبحث الأول: الإطار المفاهيمي التصنيع الذكي

1-3 الجذور التاريخية: يمر العالم الآن بثورة تكنولوجية، يشار إليها غالباً بـ(الثورة الرابعة- الصناعة 4.0 - الثورة الصناعية- - الإنترنت الصناعي- التصنيع الذكي)، من شأنها أن تغير جذرياً طريقة العيش والعمل والتواصل، وإن التحول يحدث بالفعل في جميع جوانب الأعمال التجارية، ولا يزال يتعين زيادة وتيرة استخدام الشركات للروبوتات بشكل متزايد في خطوط الإنتاج أو الخوارزميات لتحسين الخدمات اللوجستية وإدارة المخزون وتنفيذ وظائف الأعمال الأساسية الأخرى. يؤدي التقدم التكنولوجي إلى خلق عصر جديد للأتمتة والتي سيتم نشر آلات أكثر ذكاء ومرونة على نطاق أوسع من أي وقت مضى في مكان العمل (ShaturaeV,2022:2).

2-3 مفهوم التصنيع الذكي : يعد التصنيع الذكي نقلة نوعية تدمج بين الإنتاج التقليدي وتكنولوجيا المعلومات المتطورة، مما يعزز تحولاً جذرياً في قطاع التصنيع، يستخدم هذا النهج التكنولوجيا الرقمية والأنظمة الذكية للارتقاء بالإنتاجية، التخصيص، والجودة مع الحد من التكاليف، بفضل ابتكارات مثل البيانات الضخمة والتوأم الرقمي، بات التصنيع الذكي ركيزة أساسية للتطور المستقبلي في الصناعة العالمية (Dong et.al,2023:1).
 إذ بين (Gajdzik) بان التصنيع الذكي هو مصطلح يُشير إلى التحول الذي يحدث في قطاع الصناعة نتيجة لاستخدام التكنولوجيا الحديثة والمتقدمة ويتم استخدام الأجهزة المتصلة بالإنترنت والذكاء الاصطناعي والتحليل الضخم لتحسين العمليات وتحقيق أقصى قدر من الكفاءة والإنتاجية. (Gajdzik, 2022:1). يُعد التصنيع الذكي نقلة نوعية تدمج بين الإنتاج التقليدي وتكنولوجيا المعلومات المتطورة، مما يعزز تحولاً جذرياً في قطاع التصنيع، يستخدم هذا النهج التكنولوجيا الرقمية والأنظمة الذكية للارتقاء بالإنتاجية، التخصيص، والجودة مع الحد من التكاليف، بفضل ابتكارات مثل البيانات الضخمة والتوأم الرقمي، بات التصنيع الذكي ركيزة أساسية للتطور المستقبلي في الصناعة العالمية (Dong et.al,2023:1) .

3-3 أهمية التصنيع الذكي: لقد ازدادت أهمية التصنيع الذكي في القرن الحادي والعشرين بسبب العديد من المزايا التي يقدمها، فالتصنيع الذكي يمكنه تلبية حاجات ورغبات الزبائن في أي وقت وأي مكان بفضل الاستجابة السريعة التي يوفرها يعتمد التصنيع الذكي على استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي، والإنترنت الأشياء والتحليلات الضخمة لتحسين عمليات التصنيع، وبفضل هذه التكنولوجيا، يمكن للشركات تحسين تخطيط المنتجات وإنتاجها بشكل أكثر فعالية ودقة، تعزيز الاستدامة في المنظمات إذ يكون لها دور في تأخذ قراراتها. مما يسمح لها بتلبية احتياجات العملاء بشكل فعال (Tubis et al,2021:1)

وأشار (Stawiarska et al,2021:1) إلى أن أهمية التصنيع الذكي تكمن في الآتي:
 في عالم يتميز بالتقدم التكنولوجي السريع والتنافس الشديد بين الصناعات، يبرز التصنيع الذكي كعنصر حيوي لتحقيق الاستدامة والكفاءة، إنه يمكن الشركات من الإنتاج بطريقة أكثر مرونة وتجاوباً مع المتطلبات المتغيرة للسوق، مع التقليل من النفقات وزيادة الكفاءة.

1. زيادة القدرة التنافسية: حيث أن التحول الرقمي للتصنيع الذكي يزيد من القدرة التنافسية حيث يكون له تأثير مباشر عبر سلاسل القيمة المحلية والعالمية في البلدان منخفضة التكلفة وكذلك البلدان المرتفعة التكلفة.

2. استغلال الفرص وتقليل المخاطر: التحول نحو التصنيع الذكي يقدم للشركات فرصًا عظيمة لتلبية توقعات الزبائن بدقة، تعزيز كفاءة الإنتاج، وتحسين جودة المنتجات لكن، يتطلب هذا التحول الانتباه الشديد لأمن المعلومات نظرًا لزيادة مخاطر الهجمات السيبرانية المرتبطة بالاتصالات الشبكية لمواجهة هذه المخاطر من الضروري تحصين الشبكات الناقلة والعمل على رفع وعي الموظفين بأهمية حماية البيانات وطرقها (Finance,2015:2).

3-4 أهداف التصنيع الذكي: في البيئة الاقتصادية العالمية، تواجه الصناعات التحولية تحديات وفرص كبيرة، دفعت المؤسسات الصناعية لتعزيز قدراتها التنافسية وتحقيق أهدافها وفقًا لمعايير TQCSEFK، وذلك يشمل تحقيق السرعة في الوصول إلى السوق، توفير منتجات ذات جودة عالية، خفض التكاليف، تقديم خدمات متميزة، ضمان بيئة نظيفة، زيادة المرونة، وتحسين المعرفة. هذا يتأتى عبر استكشاف وتطبيق تقنيات ونماذج التصنيع المتطورة. أشار (Huang & Solvqng,2016:31) إلى بعض الاهداف الرئيسية للتصنيع الذكي وهي

1. **زيادة الإنتاجية:** يهدف التصنيع الذكي إلى زيادة سرعة وكفاءة العمليات الصناعية، ويتحقق ذلك من خلال تطوير وتنفيذ أنظمة الإنتاج الآلي التي تستخدم الروبوتات والامتة لتقليل الخطأ البشري وزيادة سرعة الإنتاج .
2. **تقليل التكاليف:** يسعى التصنيع الذكي إلى تقليل التكاليف المرتبطة بعمليات الإنتاج عن طريق تحسين الكفاءة والتحكم في التكاليف. وباستخدام تقنيات مثل التحليلات الضخمة والمعلوماتية الصناعية، يتمكن الصانعون من تحديد المجالات التي يمكن تحسينها وتقليل الهدر والتكاليف غير الضرورية .
3. **زيادة مرونة الإنتاج:** يهدف التصنيع الذكي إلى جعل عمليات الإنتاج أكثر مرونة لمواجهة التغيرات والطلبات السريعة في السوق، عن طريق استخدام التكنولوجيا المرنة والامتة، يمكن تخصيص وتعديل سلسلة الإنتاج بسرعة لتلبية احتياجات الزبائن .

3-5 خصائص التصنيع الذكي: يدمج التصنيع الذكي التقنيات المتطورة والامتة لإنشاء عملية إنتاج متطورة بفضل استخدام الأنظمة الذكية وتحليل البيانات الضخمة، يُحسن من سرعة ودقة القرارات، معززًا الجودة وخفضًا للتكاليف، حيث أشار (Wang,et al 2016:2) إلى خصائص التصنيع الذكي هي :

1. **التكامل الأفقي** في ضوء شبكات القيمة لتسهيل التعاون بين الشركات.
 2. **التكامل الرأسي** للأنظمة الفرعية الهرمية داخل المصنع لإنشاء تصنيع مرن وقابل لإعادة التشكيل النظام أما (Finance 2015:1) أشار إلى خصائص التصنيع بأنها
 3. **التكامل الهندسي الشامل** عبر سلسلة القيمة بأكملها لدعم تخصيص المنتج من خلال الهندسة في جميع أنحاء سلسلة القيمة بأكملها، مع الأخذ في الحسبان ليس فقط عملية الإنتاج ولكن أيضًا المنتج النهائي – أي دورة حياة المنتج بأكملها.
 4. **التسريع** في ضوء التقنيات الآسية، رغم أنها ليست جديدة حقًا من حيث تطورها التاريخي، أصبحت الآن فقط قادرة على تطبيقها على نطاق واسع في السوق نظرًا لانخفاض تكلفتها وحجمها.
- 3-6 تقنيات التصنيع الذكي:** يمثل موضوع التصنيع الذكي مكانة مهمة في عالم إدارة الأعمال وصناعة التصنيع الحديثة على المستوى العالمي، يركز البحث في هذا المجال على تطوير نظم التصنيع الذكي التي تعتمد على التكنولوجيا المتقدمة ومبادئ التصنيع الذكي، كما يدرس الباحثون إمكانات التصنيع الذكي والتحديات التي تواجه تطبيقه في مختلف الصناعات، وتشمل جهود البحث أيضًا تحليل سبل تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية وتقليل التكاليف، باستخدام تقنيات مثل التحليلات الضخمة والذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا الإنترنت الأشياء، كما يهدف البحث إلى فهم التحديات التي تواجه تطبيق التصنيع الذكي في مختلف الصناعات وتقديم حلول شاملة لدعم الشركات والصناعات في استخدام التقنيات الذكية لتحسين أدائها وتحقيق التنمية المستدامة (Oke & Fernandes ,2020:1). هناك ثمانية ركائز رئيسية للتصنيع الذكي كما يأتي

أولاً: أنترنت الأشياء : هي تقنية مبتكرة تقوم على ربط الأشياء الفعلية بشبكة الإنترنت لتبادل البيانات والتفاعل بشكل ذكي، تتيح هذه التقنية للأشياء الاستشعار والتواصل مع بيئتها، مما يسهل التفاعل القابل للبرمجة عبر الإنترنت. تلعب إنترنت الأشياء دورًا حيويًا في ربط العالم الرقمي بالعالم الفعلي، وتعزز الكفاءة، وتحسن الاتصال، وتثري تجربة المستخدم في مجالات متنوعة مثل الصناعة والزراعة والرعاية الصحية والبيئة والمدن الذكية والنقل والطاقة (Al-shmmari et al,2019:2).

ثانياً: الذكاء الاصطناعي : هو القدرة التي تمتلكها الآلات والمعدات على التفكير والتعلم والعمل بشكل يشبه قدرات البشر، بالرغم من بدايات مفهوم الذكاء الاصطناعي في عام 1956 إلا أنه اكتسب أهميته الحالية (Dhamija & Bag,2020:2-3).

ثالثاً: الواقع المعزز والواقع الافتراضي: الواقع المعزز من التقنيات البارزة في التصنيع الذكي حيث يمزج بين المعلومات الرقمية والمعلومات المشتقة من البيئة المحيطة لعرضها معا من خلال صورة مركبة، يتم إنشاء بيئة الواقع المعزز باستخدام الادوات مثل الهواتف الذكية والنظارات الذكية التي تسمح بعرض المعلومات الافتراضية في العالم الحقيقي (Mohamed et al,2022:303).

رابعاً: البيانات الضخمة: يشير مصطلح البيانات الضخمة الى حجم كبير جداً من البيانات والمعلومات التي تتجاوز القدرة التقليدية على معالجتها وإدارتها حيث يأتي هذا الحجم الهائل من البيانات مع تحديات خاصة في تخزينه ومعالجته والحصول على القيمة منه (Flores et al,2018:379).

خامساً: الانظمة السيبرانية الفيزيائية: تشير الى مجموعة كبيرة ومتنوعة من الانظمة التي يتم فيها دمج المكونات المادية والحسابية الاساسية ضمناً مع بعضها البعض لتحسين القدرة على التكيف والكفاءة والموثوقية وسهولة استخدام الانظمة الفيزيائية حيث تستخدم أحدث تقنيات المعلومات والاتصالات والتحكم لتحسين ادارة شبكات الطاقة وتشغيلها (Zhou et al,2019:1).

سادساً: الروبوتات: الروبوتات هو اختراع يعتمد على تقنية الذكاء الاصطناعي ويعد مسانداً للعنصر البشري في مختلف المجالات سواء كانت الصناعية ، خدمية أم ترفيهية، تاريخياً يعود بداية تطوير الروبوتات الى عام 1961 على يد شركة جنرال موتورز في الولايات المتحدة الامريكية (Othman et al ,2016:137).

سابعاً: الحوسبة السحابية: تعد الحوسبة السحابية نموذجاً متقدماً لتوفير الخدمات التقنية ، تقدم الحوسبة السحابية العديد من التطبيقات والمواد مثل التخزين والذاكرة والمعالجة والخوادم للمستخدمين عبر الانترنت حسب الطلب حيث تعد بيئة مناسبة لتلبية حاجات المستخدمين والشركات (Aljwari,2022:3).

ثامناً: التصنيع الاضافي: التصنيع الاضافي او الطباعة ثلاثية الابعاد هو عملية تصنيع تستخدم تقنيات التصنيع الرقمي لبناء اجزاء ثلاثية الابعاد من خلال إضافة مواد بطريقة تدريجية حيث تعتمد هذه العملية على نماذج رقمية ثلاثية الابعاد وتستخدم مجموعة متنوعة من المواد مثل البلاستيك والمعادن والاحبار الحيوية ،تستخدم التقنية في عدة صناعات مثل الطب والفضاء والصناعات الصغيرة والمتوسطة (Prees&Beer,2015:2).

3-7 أبعاد التصنيع الذكي :

اولاً: الذكاء التكنولوجي: هو مصطلح يشير الى القدرة التكنولوجية على تنفيذ العمليات الذكية والمعقدة بطرق مشابهة للذكاء البشري ،يتم تحقيق ذلك من خلال استخدام التكنولوجيا مثل الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي وغيرها من التقنيات الحديثة (Chen et al,2016:75).

ثانياً: الذكاء التنظيمي: الذكاء التنظيمي يشير الى القدرة البشرية (الفكرية) الشاملة للمنظمة في معالجة المعرفة والمعلومات وتحويلها الى قيمة مضافة ،يمكن النظر الى الذكاء التنظيمي من منظورين مترابطين: الذكاء التنظيمي كعملية ديناميكية يتعلق بتحسين الاداء وتطوير العمليات ،والذكاء التنظيمي كمنتج ثابت يتعلق بالمعرفة والخبرات المتراكمة في المنظمة (Unland,1994:934).

ثالثاً: الذكاء الاستراتيجي: هو عملية منهجية ومستمرة لاستكشاف الاتجاهات وبيئة السوق مع استخدام أنظمة تحليلية قوية تضمن توليد المعرفة والادوات الرقمية لاتخاذ قرارات طويلة الاجل واستعداد المنظمة للتحديات التي لا يمكن التنبؤ بها في المستقبل (Gitelman et al,2021:294).

رابعاً: ذكاء العمليات: قدرة الافراد على أدراك ما يحدث في العمليات المختلفة واتخاذ القرارات المناسبة بناء على ذلك يعد ذكاء العمليات مهارة هامة في العمل والتفكير التنظيمي ، حيث يمكن للأفراد الذكاء في هذا المجال أن يقدموا اقتراحات بناءة ويتعلموا مع المشاكل المعقدة بكفاءة (Pal&Tourani,2004:181).

خامساً: ذكاء المنتجات: المنتجات الذكية هي تطور حديث في عالم التكنولوجيا ،حيث تعتمد على التكنولوجيا الحديثة وتكون قادرة على التفاعل مع المستخدمين وبيئتهم ، تعد هذه المنتجات مزيجاً من الاجهزة والبرمجيات الذكية التي تجعلها قادرة على جمع البيانات وتحليلها والتعلم منها لتحسين أدائها (Buurman,1997:212).

3- المبحث الثاني: الإطار المفاهيمي المرونة الإنتاجية

4-1 التطور التاريخي للمرونة الإنتاجية: يعود تاريخ مفهوم المرونة الإنتاجية إلى فترة الثمانينيات والتسعينيات، حيث استخدم هذا المصطلح لوصف تغيرات أسلوب العمل في تلك الفترة، وتم النظر إلى المرونة كحل للتحديات الاقتصادية التي تواجهها الدول مثل أستراليا وغيرها (Scott, 1988:9).

أوضح (العوادي 5:2016) تصنيف تطور المرونة الإنتاجية وفقاً للفرات الزمنية وتحديد التطور الذي حدث على مدى ثلاثة فترات زمنية، وهي كما يلي:

أ- الفترة الأولى (1980-1989) تركزت على فهم مفهوم المرونة الإنتاجية وتطويره، وتم التركيز بشكل أساسي على تحديد أنواع المرونة والظروف التي تتطلب الحاجة إلى التكيف.

ب- الفترة الثانية (1990-1999) تمثل متابعة للمدة الأولى، حيث استمر البحث في مفاهيم المرونة الإنتاجية، ولكن التركيز الأكبر كان على قياس المرونة وتطبيقها بطرق صحيحة وفقاً لمعايير محددة.

ت- الفترة الثالثة (2000-2010) ركزت على التحديات التي واجهتها في المديتين السابقتين وسبل التغلب عليها لتحديد مفهوم واضح للمرونة الإنتاجية.

4-2 مفهوم المرونة الإنتاجية: على مدار العقد الماضي، واجهت شركات الإنتاج ابتكاراً تكنولوجياً متزايداً وأسواقاً أكثر تنافسية، تعمل التكنولوجيا المتغيرة باستمرار على تحفيز ابتكارات المنتجات والعمليات مما يوفر للعملاء المزيد من الخيارات والمنتجات المزيد من الطرق للمنافسة كل هذه التغييرات تؤدي في النهاية إلى زيادة التعقيد وعدم اليقين في بيئة الإنتاج وتخلق تحديات جديدة للإدارة على سبيل المثال، فإن إدارة سلسلة التوريد الشائعة حالياً مدفوعة في الغالب بتوفر تكنولوجيا المعلومات الجديدة، مثل أنظمة تخطيط موارد المؤسسة، اقترحت الأدبيات تطوير المرونة الإنتاجية للتعامل مع بيئة الإنتاج المتغيرة باستمرار والمضطربة بشكل متزايد، يعتقد الكثيرون أن المرونة الإنتاجية العالية يمكن أن تمكن الشركات من الاستجابة لتغيرات السوق السريعة بشكل أسرع وبجهد وتكلفة أقل (Chang et al, 2002:3).

أن مفهوم المرونة الإنتاجية ليس من المفاهيم المعاصرة فله جذور تاريخية قديمة تمتد إلى أقدم العصور وقد استخدم مفهوم المرونة سابقاً في استخدامات مختلفة قبل تطبيقه في الإنتاج .

حيث اشار (Mayer et al, 2023:8030) الى المرونة الإنتاجية بأنها قدرة النظام على التكيف والتعامل مع مجموعة متنوعة من المهام المختلفة بكفاءة وفعالية، تعد هذه المرونة أساسية في بيئة العمل الحديثة التي تتطلب تطوراً وتغييراً سريعاً في المهام والمتطلبات .

4-3 أهمية المرونة الإنتاجية: عملية تطوير المنتجات الجديدة وتصميمها بطريقة سهلة الإنتاج لها أهمية متزايدة عبر العشرين عاماً الماضية، لقد تمكنت الشركات من تطوير منتجات كبيرة ومتنوعة بسرعة بفضل التركيز على مرونة الإنتاجية وتحسين عملية التطوير.

المرونة الإنتاجية تمثل أهمية كبيرة في البيئة الإنتاجية الحديثة تساعد المرونة في تحقيق التوافق والانسجام مع التغيرات البيئية ومتطلبات العملية الجديدة، بواسطة تحقيق التوافق والانسجام، يمكن لنظام الإنتاج التكيف مع الظروف الجديدة بفعالية وسرعة علاوة على ذلك، المرونة الإنتاجية تتيح إمكانية إعادة تكوين موارد الإنتاج بطريقة تمكنها من إنتاج منتجات مختلفة بكفاءة وجودة عالية (Tilstra et al, 2008:2).

4-4 عمليات تحسين المرونة الإنتاجية: تعزيز المرونة الإنتاجية يمثل جهود الشركة في تحسين قدرتها التنظيمية على التكيف مع التغييرات المتوقعة وغير المتوقعة في عملياتها وإجراءاتها، مثل تغييرات الطلب واحتمالية الفشل الداخلي، يمكن تصنيف المرونة

إلى ثلاثة مستويات هي المرونة التشغيلية، والمرونة الإنتاجية، والمرونة الاستراتيجية وتوجد أيضًا ثلاثة معايير لتحسين المرونة الإنتاجية، وهي الأهداف الاستراتيجية، ونمط المرونة، ودرجة التحسين (Ngamsirijit,2008:22):

1. الأهداف الاستراتيجية: تتضمن الأهداف الاستراتيجية تحسين رضا الزبائن، وزيادة القدرة التنافسية، وتحسين الأداء التشغيلي، وتقليل حالات عدم اليقين في التصنيع وسلسلة التوريد.

2. نمط المرونة: تشمل طرق تعزيز المرونة التكيف وإعادة التعريف وتقديم الخدمات المصرفية والتقليل.

3. درجة التحسين: تشمل درجة التحسين الاستثمار الهيكلي، وتحسين العمليات، وتطوير الموارد، وتخطيط الموارد.

4-5 تصنيف ابعاد المرونة الإنتاجية: نمت الأدبيات الأكاديمية حول المرونة الإنتاجية على مدى العقود الثلاثة الماضية، حيث تم التركيز على فهم طبيعة المرونة وتطوير التدابير والمعايير لأنظمة الانتاج المرنة، المرونة الإنتاجية تشير إلى قدرة الشركات على التكيف والتعامل مع التحديات والمتغيرات التي تواجهها في السوق وعمليات الإنتاج (Chou et al,2010:711).

هناك اتفاق عام بين الباحثين على أن مرونة الإنتاجية مفهوم متعدد الأبعاد ومع ذلك، فإنهم يختلفون حول الأبعاد الأساسية التي ينبغي أن تكون عليها، حيث صنف (D'Souza & Williams,2000:578) أبعاد المرونة الإنتاجية (D'Souza & Williams,2000:578) إلى:

1. المرونة الاستراتيجية: بعض الأبعاد التي حددها الباحثون ذات طبيعة استراتيجية وتشمل الأمثلة تنوع خط الإنتاج، وابتكار المنتجات، والاستجابة لمواصفات العملاء، والقدرة على التكيف الاستراتيجي.

2. المرونة التكتيكية: البعض الآخر تكتيكي بطبيعته، قد تتضمن الأمثلة استيعاب الاختلافات أو النقص في المكونات أو المواد الخام وتعديل توجيه المهام لتجاوز الآلة أو العملية المعطلة.

توجه Terkaj إلى تصنيف أبعاد المرونة الإنتاجية (4: Terkaj et al,2009) إلى:

1. الأبعاد الأفقية أو المراحل: تعتمد على تطوير الموارد والقدرات المادية والبشرية في مراحل متتالية يتم تقسيم العملية الإنتاجية إلى عدة مراحل، حيث يتم تنفيذ كل مرحلة بشكل مستقل ومتكامل مع الأخرى.

2. الأبعاد العمودية أو الهرمية: تشير إلى هيكل التنظيم الذي يتم فيه التدفق الرأسي للمعلومات والقرارات من أعلى الهرم الإداري إلى الأسفل والعكس بالعكس هذا يساعد في تنظيم وتسيير فرق العمل والتحكم في العمليات بفاعلية.

بناءً على الأدبيات المتاحة والمختلفة واستنادًا إلى وجهات النظر المختلفة، يمكننا أن نرى أن هناك اتفاقًا يمضي نحو بعض أبعاد المرونة الإنتاجية، ورغم وجود بعض الاختلافات الطبيعية بين الدراسات، إلا أن الاتفاق يتمحور حول بعض الجوانب الأساسية للمرونة الإنتاجية، يُعزى تلك الاختلافات إلى توجه الدراسة واحتياجاتها الفريدة. لذا، يمكن عدّ هذه الأبعاد الأكثر اقترابًا من وجهات نظر الباحثين وقد توفر إطارًا شاملًا لفهم المرونة الإنتاجية وتحقيق أهدافها.

أولا : مرونة الحجم

تعد مرونة التحكم في الحجم أحد أهم أصناف المرونة الإنتاجية، وقد زاد الاهتمام بتحسين القدرة على مرونة التحكم في الحجم منذ نهاية الثمانينيات. وقد قدمت العديد من الدراسات المفاهيمية والتجريبية من أجل تحسين مرونة التحكم في الحجم كمؤشر لقدرة النظام على العمل بشكل رابح في مستويات مختلفة من حجم الإنتاج. فعلى سبيل المثال، تعني مرونة التحكم في الحجم العالية وجود نقطة تعادل منخفضة للجزء المصنوع، عرفت من قبل العديد من الباحثين فقد عرف (Mendes & Machado,2015:4) بأن مرونة الحجم هي قدرة النظام على تحمل التغيرات في مستوى الإنتاج الإجمالي بدون تكبد عقوبات

انتقالية كبيرة أو تأثيرات سلبية على أداء المنظمة، وهي تتيح للشركات الاستجابة بسرعة وبكفاءة لتغيرات الطلب الإجمالي، سواء كانت زيادة أو تناقصاً في المستويات.

وبين (سلطان، 2016:9) بأن مرونة الحجم تعبر عن قدرة نظام الإنتاج على تغيير وتعديل مستوى الإنتاج الإجمالي دون أن تتأثر عملية التحويل ذاتها بأخطاء كبيرة أو تغيرات جذرية في نتائج الأداء اي، تهدف مرونة الحجم إلى تحقيق توازن بين التكاليف والقدرة على تلبية احتياجات السوق وتفضيلات الزبائن.

ثانياً: مرونة المزيج:

أهمية مرونة المزيج لا تُقل عن أهمية المرونة السابقة، حيث تُعد هي الركيزة الأساسية للمؤسسات التي تسعى للحصول على الميزة التنافسية في مواجهة التغيرات البيئية، هناك اختلافات بين الباحثين في تسميتها، حيث يُشار إليها أحياناً بمرونة المنتج وتدخل في نفس السياق. حيث عرفا (Olhager & Hallgren) مرونة مزيج المنتجات بأنها قدرة نظام الإنتاج على التكيف مع التغيرات في تكوين المنتجات، فهي تعكس القدرة على إنتاج تشكيلة واسعة من المنتجات أو الاختلافات بتكاليف تحويل منخفضة مفترضة (Hallgren & Olhager, 2009:2).

بينما عرف (Goyal & Netessine, 2011:4) مرونة المزيج او ما يسمى بمرونة مزيج المنتج بأنه القدرة على إنتاج منتجات متعددة بنفس الطاقة، والقدرة على إعادة تخصيص السعة بين المنتجات استجابة للطلب المحقق.

أشار (D'Souza & Williams, 2000:580) الى مرونة المزيج بانها أحد ابعاد المرونة الموجهة خارجياً حيث يمثل هذا البعد قدرة نظام الإنتاج على إنتاج عدد من المنتجات المختلفة وتقديم منتجات جديدة، اقترح الباحثون استخدام مزيج المنتجات وتعديل المنتج كمكونات لهذا البعد من مرونة الإنتاج.

ثالثاً : مرونة العملية

تعد مرونة العملية مهمة في بيئة الأعمال الديناميكية حيث يحدث التغيير بسرعة، وتسمح للشركة بأن تكون قادرة على التأقلم والاستجابة بسرعة لتلك التغييرات حيث عرف (Parker & Wirth, 1999:2) مرونة العملية بأنها تشير إلى القدرة على تغيير نوعية المنتجات أو تكوينها بسرعة وسهولة دون التأثير على جدولة الإنتاج أو تأخيرها.

أشار (D'Souza & Williams) الى مفهوم مرونة العملية بأنها تشير إلى قدرة النظام على التكيف واستيعاب التغيرات والاضطرابات في عملية الإنتاج، من بين أمثلة هذه التغيرات والاضطرابات التي قد تحدث في العملية هي أعطال الآلات التي يمكن أن تؤثر على خط الإنتاج وتسبب تأخيراً في التصنيع، والتغيرات في جداول الإنتاج بسبب تغير في الطلب أو احتياجات العملاء، وتغيرات في التسلسل الوظيفي أو ترتيب العمليات المختلفة في سلسلة التصنيع (D'Souza & Williams, 2000:580).

بين (Parker & Wirth, 1999:5) الغرض من مرونة العملية يتضمن تحقيق تقليل في أحجام الدفعات وتكاليف المخزون، بالإضافة إلى ذلك، يمكن خفض الاعتماد الزائد على الآلات والمعدات التي تفوق الحاجة الفعلية، وتوفير حماية ضد تقلبات السوق عن طريق تلبية التحولات في الطلب على مزيج المنتجات المطلوبة من السوق.

رابعاً: مرونة المنتج الجديد

اكتسبت مرونة المنتج الجديد أهمية كبيرة في إدارة العمليات، حيث تعزز قدرة المنظمات على تحسين مكانتها التنافسية. يتم ذلك عن طريق تجاوب المنتج مع حالات عدم التأكد البيئي والتغيرات في طلب المستهلكين نتيجة تغير أذواقهم باستمرار.

عرف (Ismael, 2023:112) مرونة المنتج الجديد بأنها قدرة نظام الانتاج على تصنيع مجموعة متنوعة من أجزاء المنتج باستخدام نفس المعدات وهذا يسمح بالاستجابة السريعة لتقلبات السوق والتغيرات المستمرة في البيئة التي يتعامل بها النظام ويشمل ذلك إدخال منتجات جديدة بسرعة وتغيرات مفاجئة في الطلب على المنتجات والتعديلات المتكررة على المنتجات الحالية.

تشير مرونة المنتج الجديد الى المرونة في المنتجات الجديدة التي يتم تقديمها في نظام الإنتاج حيث تتميز هذه المنتجات بعدم التجانس وعدم تحمل نظام الإنتاج لتكاليف نقل عالية عندما يكون هناك تبديل منتجات، كما أنها لا تؤثر على أداء النظام الإنتاجي بشكل عام، يعبر مفهوم المنتج الجديد عن المنتج الذي يحتوي على خصائص وظيفية مختلفة عن المنتجات الحالية (Raouf&:115). (Iswadi, 2020).

خامسا : مرونة المكانن

مرونة المكانن تعني القدرة على أداء مجموعة متنوعة من العمليات على نفس الماكينة، المكانن المتخصصة تكون أقل مرونة بينما تكون المكانن متعددة الغرض أو العامة أكثر مرونة، مما يسمح بتنوع الإنتاج دون تكلفة عالية أو فترات زمنية طويلة للتحويل بين العمليات.

واوضح (Jain & Raj,2013:126) مرونة المكانن تعني قدرتها على تنفيذ مجموعة واسعة من العمليات الإنتاجية وأجزاء العمليات المختلفة، وكلما زاد التنوع في العمليات والأجزاء المتنوعة، زادت مرونة الماكينة في تلبية احتياجات الإنتاج المتنوعة، يتحقق ذلك عن طريق استخدام تقنيات وأدوات متقدمة تمكن الماكينة من تغيير عملية الإنتاج بسهولة وسرعة ودون التأثير السلبي على أدائها العام.

سادسا : مرونة مناولة المواد

تعنى مرونة مناولة المواد القدرة على نقل المنتجات المختلفة بين مراكز المعالجة المختلفة بطرق اقتصادية وفعالة، بما في ذلك تحميل وتفريغ المواد الخام، ونقلها بين الآلات، وتخزينها بحدود إمكانيات المنظمة المصنعة بأقل قدر من النفايات (سلطان, 2022: 6). أوضح (Souza& Williams,2000:584) يتم وصف هذا الجانب بأنه قدرة الشركة على نقل الأجزاء والمواد بطريقة فعالة وكفاءة خلال العملية.

تتميز أنظمة مناولة المواد بعدة وظائف مختلفة، حيث يتم (Devise& Pierreval,2000:211) أشاره استخدام بعضها للتخزين وبعضها الآخر للنقل تستخدم هذه الأنظمة البيانات الآتية:

- وزن وأبعاد الأجزاء
- عدد الأجزاء

- عدد الآلات ومحطات العمل
- مسافة النقل

بين (Mufadhol et al 2023:2) مرونة مناولة المواد بأنه التكيف السلس والسريع لعملية تحريك وتخزين وتداول المواد في صناعة الانتاجية، تهدف مرونة مناولة المواد إلى تحقيق أقصى استفادة من الطاقات الإنتاجية وتجنب الازدحام والتأخير في مراحل الانتاج، يتم تحقيق ذلك عن طريق تنظيم الحركة والتخزين بطرق فعالة وتوفير أنظمة تكنولوجية قوية للتحكم والإبلاغ، تعتبر مرونة مناولة المواد أحد عوامل النجاح الرئيسية في تحقيق كفاءة عملية الانتاج وتلبية توقعات الزبائن.

3. المبحث الثالث: الجانب العلمي

5-1 مقياس قائمة الفحص: تعد قائمة الفحص أداة لجمع وتسجيل البيانات بسهولة ومباشرة، حتى تتسجم مع نوع البيانات التي يراد جمعها وفي مجموعات مصنفة وفقاً لغرض الدراسة (Rusdiyantoro,2019:42).

تم تصميم قائمة الفحص لتحديد مدى تطابق التنفيذ الفعلي في المصنع وتحديد الفجوات، ومن أجل تحقيق دقة عالية في تحليل النتائج، تم استخدام المقياس الثلاثي كما موضح في الجدول (1) مع الأوزان المقابلة له.

جدول (1) مقياس تحديد درجة المطابقة وحجم الفجوة

ت	فقرات المقياس	وزن الفقرة (الدرجة)
1	موجود	3
2	موجود جزئياً	2
3	غير موجود	1

الجدول من اعداد الباحث

5-2: وصف قائمة الفحص: تم إعداد قائمة الفحص بناءً على مجموعة من المعايير العالمية المعتمدة لقياس متغيرات الدراسة، والتي تتضمن (التصنيع الذكي، المرونة الإنتاجية) تم عرض القائمة على مجموعة من المحكمين للتحقق من دقتها. تم تصور العملية الإنتاجية من خلال تقديم إطار عمل يوضح الأبعاد الرئيسية لمتغيرات الدراسة وعدد الفقرات في كل بعد، كما مبين في الجدول (2):

جدول (2) وصف قائمة الفحص المعتمدة لقياس متغيرات الدراسة

المتغيرات	المتطلبات	عدد الفقرات	المصدر

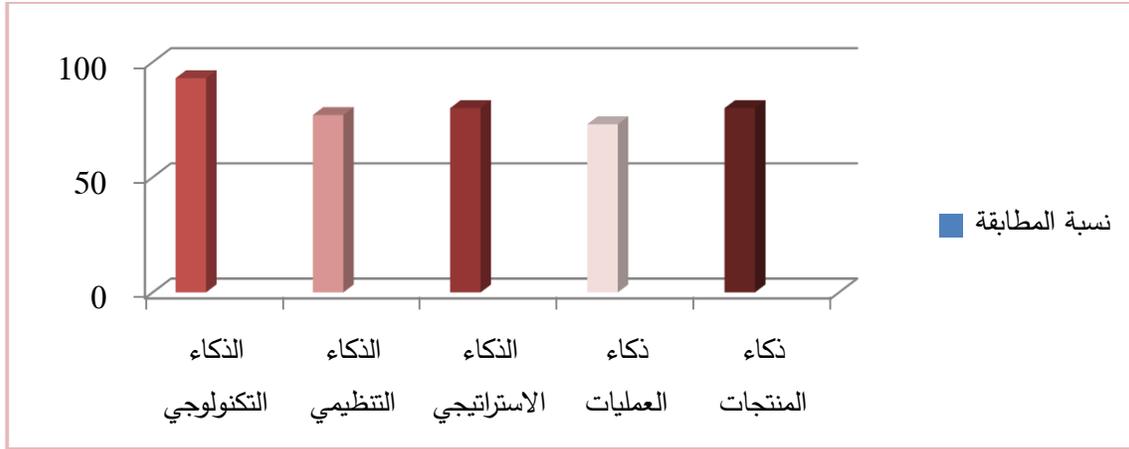
2003 & Tanabe, Watanabe	5	الذكاء التكنولوجي	التصنيع الذكي
Jung, 2009	6	الذكاء التنظيمي	
Djamil et al 2024	5	الذكاء الاستراتيجي	
et al 2020 Fedushko	5	ذكاء العمليات	
& Hikmat 2021 Odeh	5	ذكاء المنتجات	
2023,Iqbal	4	مرونة الحجم	المرونة الانتاجية
Fernandes, 2012	4	مرونة المزيج	
Rubmann et al,2015	4	مرونة العملية	
Sarfraz et al,2023	4	مرونة المنتج الجديد	
2001 Mohamed,	4	مرونة المكان	
& Pierreval, 2000 Devise	4	مرونة مناولة المواد	

المصدر: من اعداد الباحث استنادا الى الادبيات المشار اليها.

1. التصنيع الذكي: يتضمن (5) متطلبات ب (26) فقرة وكانت النتائج كما مبينة في الجدول (3): الجدول (3) يوضح ملخص نتائج مستوى التطبيق لمعايير التصنيع الذكي في المصنع

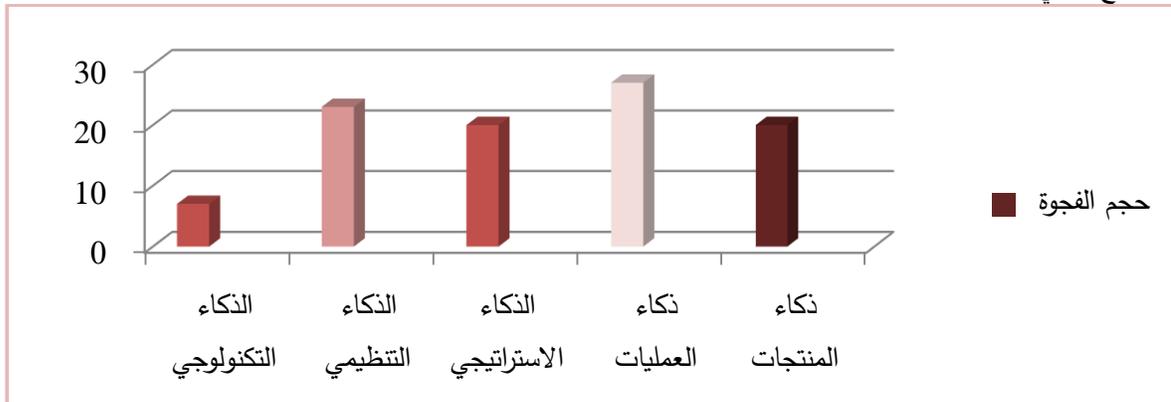
المتطلبات	الوسط الحسابي	نسبة المطابقة	مقدار الفجوة
ذكاء التكنولوجي	2.8	%93	%7
ذكاء التنظيمي	2.3	%77	%23
ذكاء الاستراتيجي	2.4	%80	%20
ذكاء العمليات	2.2	%73	%27
ذكاء المنتجات	2.4	%80	%20

الجدول من اعداد الباحث



الشكل (1) الرسم البياني لمستوى التطبيق لمتطلبات التصنيع الذكي: الشكل من اعداد الباحث

وفي ضوء النتائج النهائية في الشكل (1) لتقييم المعايير نلاحظ ان اعلى تطبيق حققه المصنع، هو معيار (ذكاء التكنولوجي) بتحقيقه نسبة 93% حيث يتطلب من ادارة المصنع النظر في تعزيز نقاط القوة التي حققت نتائج مرضية، والنظر في نتائج التقييم الضعيفة ودراسة اسبابها ومعالجتها وايجاد الحلول المناسبة لها. اما الشكل (2) فيوضح حجم الفجوة لمعايير التصنيع الذكي.



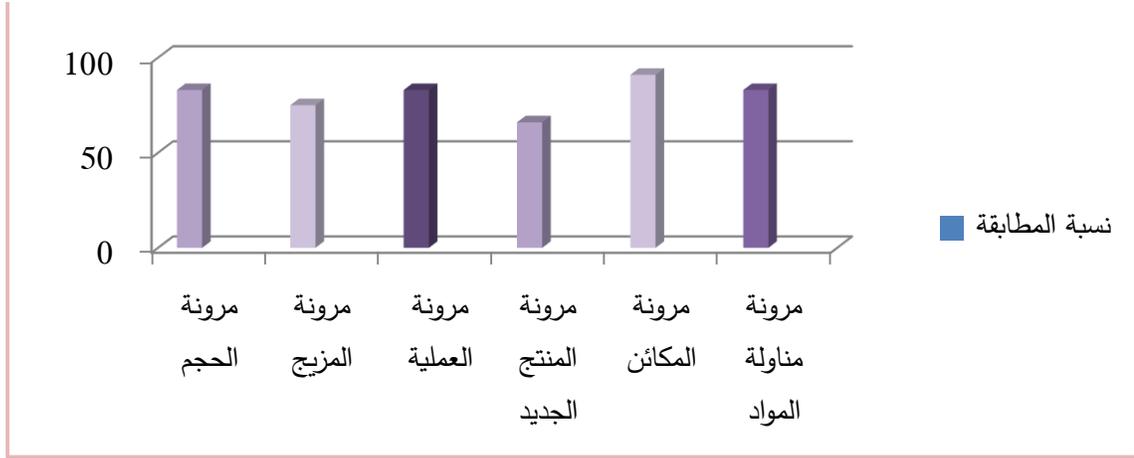
الشكل (2) يوضح مقدار حجم الفجوة لمعايير التصنيع الذكي. الشكل من اعداد الباحث

حيث نلاحظ من الشكل ان المعايير (التنظيمي، العمليات) حققت اعلى فجوة، أما معيار الذكاء التكنولوجي فقد حقق اقل مقدار وهو (7) لذلك على ادارة المصنع ان تعزز الجوانب الايجابية وتعالج الجوانب السلبية. **2. المرونة الانتاجية :** تحليل قائمة الفحص وقياس حجم الفجوة لمتطلبات المتغير التابع المرونة الانتاجية وتفسير النتائج، وبلغت عدد فقرات قائمة الفحص (24) فقرة لـ (6) متطلبات .

الجدول (4) يوضح ملخص نتائج مستوى التطبيق لمعايير التصنيع الذكي في المصنع

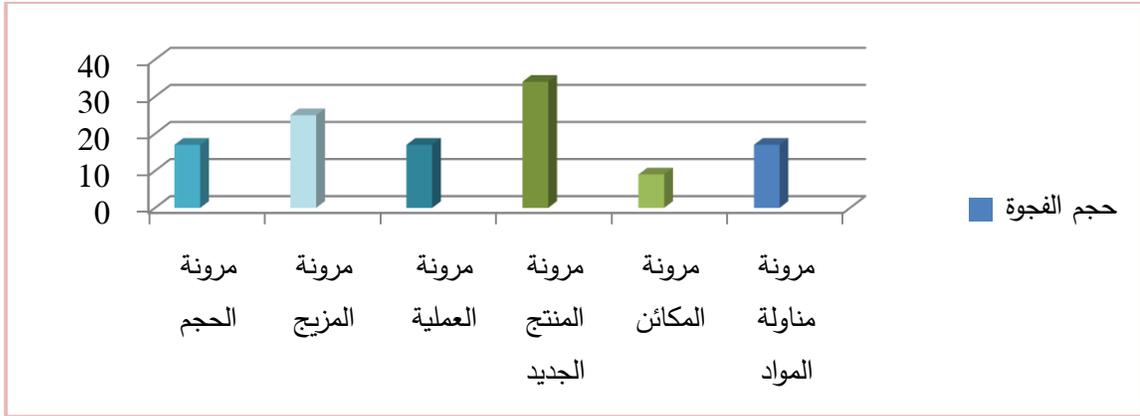
المتطلبات	الوسط الحسابي	نسبة المطابقة	مقدار الفجوة
مرونة الحجم	2.5	83%	17%
مرونة المزيج	2.25	75%	25%
مرونة العملية	2.5	83%	17%
مرونة المنتج الجديد	2	66%	34%

9%	91%	2.75	مرونة المكائن
17%	83%	2.5	مرونة مناولة المواد



الشكل (3) الرسم البياني لمستوى التطبيق لمعايير المرونة الانتاجية الشكل من اعداد الباحث

في ضوء النتائج النهائية في الشكل (3) لتقييم المعايير نلاحظ أن أعلى تطبيق حققه المصنع هو (مرونة المكائن بنسبة 91%)، وهذا يشير الى دور المكائن في تحقيق التميز. ثم يلحقه معيار (مرونة الحجم ومرونة العملية ومرونة مناولة المواد بنسبة 83%)، حيث يتطلب من ادارة المصنع النظر في تعزيز نقاط القوة التي حققت نتائج مرضية، والنظر في نتائج التقييم الضعيفة ودراسة اسبابها ومعالجتها.



الشكل (4) حجم الفجوة لمعايير المرونة الانتاجية. من اعداد الباحث

أما الشكل (4) فيوضح مقدار حجم الفجوة لمعايير المرونة الانتاجية. نلاحظ من الشكل (18) ان معيار مرونة المنتج الجديد حققت أعلى نسبة فجوة تطبيق بمقدار (34%)، وقد حققت اقل فجوة تطبيق لمعيار مرونة المكائن بمقدار (9%) لذلك على إدارة المصنع أن تعزز الجوانب الايجابية وتعالج الجوانب السلبية.

3-5 قياس علاقة الارتباط والتأثير بين متغيرات البحث

المحور الاول: اختبار علاقة الارتباط بين متغيرات الدراسة

فرضية عدم الوجود: لا توجد علاقة ارتباط ذات دلالة معنوية بين التصنيع الذكي والمرونة الانتاجية.

ولأجل قبول الفرضية من عدمها استخدم معامل الارتباط سبيرمان واستخدام احصائية الاختبار (t) للتحقق من معنوية العلاقة بين التصنيع الذكي (X)، والمرونة الانتاجية (Y).

جدول (5) نتائج علاقة الارتباط بين متغيري الدراسة

المتغير المستقل المتغير التابع	التصنيع الذكي (X)	قيمة المحسوبة (t)	قيمة الجدولية (t)
المرونة الانتاجية (Y)	0.819	2.856	2.01505
القرار	رفض الفرضية الرئيسية وقبول الفرضية البديلة توجد علاقة ارتباط ذات دلالة معنوية بين التصنيع الذكي والمرونة الانتاجية		

الجدول من اعداد الباحث وفقا لنتائج الحاسوب

يتضح في ضوء النتائج في الجدول (5) وجود علاقة ارتباط طردية قوية وذات دلالة احصائية على مستوى المعنوية (5%) بين التصنيع الذكي والمرونة الانتاجية اذ بلغت قيمة معامل الارتباط بينهما (0.819) ، وان ما يدعم ذلك قيمة (t) المحسوبة لعلاقة الارتباط بين المتغيرين وبالبالغة (2.856) ، وهي اكبر من قيمة (t) الجدولية البالغة (2.01505) ، وهذا مما يدل على قبول فرضية البديلة ، وهذا يعني وجود علاقة ارتباط ذات دلالة احصائية بمستوى معنوية (1%) بين التصنيع الذكي والمرونة الانتاجية ، وان النتيجة مقبولة بدرجة ثقة قدرها (95%*) .

المحور الثاني: اختبار التأثير بين متغيرات الدراسة

فرضية عدم الوجود (H0): لا يوجد تأثير ذات دلالة احصائية للتصنيع الذكي في المرونة الانتاجية.

لاختبار الفرضية المذكورة انفاً يجري اعتماد اسلوب (تحليل الانحدار الخطي البسيط)، يتضمن الجدول (6) لقياس تأثير التصنيع الذكي على تحقيق المرونة الانتاجية، والذي تم بناءه وفق الصيغة الاتية:

$$Y = 0.142 + 0.819 * X$$

الجدول (6)

نتائج تحليل الانحدار البسيط لاختبار تأثير التصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية

المتغير المستقل	مصدر التباين	مجموع المربعات	متوسط المربعات	القيم الثابتة A	معامل الانحدار β	قيم F		معامل التحديد (R ₂)	مستوى الدلالة (P)
						الجدولية	المحسوبة		
التصنيع الذكي (X)	الانحدار	0.721	0.721	0.142	.8190	4.95	8.157	.6710	.0460
	البواقي	0.088	0.354						
	الكلي	1.075							

المصدر: من اعداد الباحث وفقاً لنتائج الحاسوب

يتضح من النتائج الواردة في الجدول اعلاه ثبوت معنوية معامل انحدار التصنيع الذكي والبالغة ($\beta=0.819$) بمستوى معنوية (5%) ، وان ما يدعم ذلك قيمة (F) المحسوبة لمعامل الانحدار البالغة (8.157) وهي اكبر من قيمة (F) الجدولية البالغة (4.95) ، وهذا يدل على رفض فرضية عدم الوجود (H_0) بدلالة تحقيق تأثير ذو دلالة معنوية للتصنيع الذكي في تحقيق المرونة الانتاجية .

6- الاستنتاجات: هذا المبحث أهم الاستنتاجات الميدانية التي تم استخلاصها عن طريقه اجراء الجانب الميداني بمباحثه الثلاث على مستوى مصنع الصودا والكلور عينة الدراسة، وعلى النحو الآتي:

1. إن حرص الشركات على تأصيل التصنيع الذكي في برامجها سيضمن تحقيق التغيرات الجذرية في مرونتها الانتاجية، ويتطلب ذلك استيعاباً حقيقياً لاستجابة البيئة وتشخيصها اولاً، وتبني اليات العمل ومشاركة الموارد والمعرفة والمعلومات بين مختلف مجالات التصنيع ثانياً.
 2. إن المرونة اصبحت اليوم تشكل ضرورة استراتيجية للإنتاجية وليس خياراً من بين مجموعة من الخيارات الاستراتيجية التي تواجه الشركات إذ إنها ستجد من بين أهم اسباب اعاقه وعرقلة نشاطهم هو عدم امتلاك شركاتهم الادوات والمنهجيات الحديثة التي تسمح لها بتحسين أسرع، وتكيف أكثر مع متغيرات البيئة مقارنة مع شركات مماثلة لها.
 3. تأكيد سمة البقاء والنمو للشركات بوصفها احدى التحديات التي تواجهها الشركات المتنافسة في البيئة الحالية المعقدة أو سريعة التغيير ، وأن ذلك يستلزم فهماً حقيقياً لذلك التناغم والانسجام المطلوب بين استراتيجيات ومنهجيات التصنيع الذكي والمرونة الانتاجية، وبما يضمن تحقيق الاستدامة في تميز الشركات عن غيرها.
- 8-التوصيات:** يعتمد هذا المبحث على عرض أهم التوصيات والارشادات لإدارة مصنع الصودا والكلور عينة البحث، وعلى النحو الآتي:

1. يفرض الواقع النظري والعملية ضرورة قيام الشركات عامة وشركة الفرات للصناعات /مصنع انتاج الكلور والصودا ميدان الدراسة خاصة بعملية معقدة للبيئة وتحليلها بما يمكن أن يعزز خبرتهم في تطوير الرؤية الاستراتيجية وتعزيز مفاهيم التصنيع الذكي باتجاه متطلبات السوق والبيئة وضرورة تناسق فلسفتها وعملها مع تلك التغيرات الحاصلة في بيئاتها وهذا يستلزم تطوير برامجها التدريبية اتجاه ذلك.
2. أن واقع الحال يفرض على الشركات التي تعيش في بيئة معقدة أن تتبنى منهجية تعزز مقدرات الابداع نحو التصنيع الذكي ومن خلال تبني الذكاء التكنولوجي في الوصول الى كل ما يتطلب من ذكاءات في برامجها إذا ما رغبت في المنافسة الحقيقية والاستفادة من تلك المزايا التي تحققها هذه المنافسة والمحافظة على تلك المزايا التنافسية مستقبلاً.
3. من الضروري تبني مصنع انتاج الصودا و الكلور ميدان الدراسة لمنهجية خاصة في مجال تعزيز اليات الذكاء التنظيمي في هيكلها واقسامها وثقافتها تتسجم مع الاثار التي تحقق التغيرات الجذرية في مجال التصنيع الذكي، وذلك بالسعي الى تطبيق المرونة العالية كأداة مهمة للوصول الى الانتاجية العالية.

1. Aljwari, F. K. (2022). Challenges of Privacy in Cloud Computing. *Journal of Computer and Communications*, 10(12), 51-61.
2. Al-Shammari, H. Q., i8ujilawey, A. Q., El-Gorashi, T. E., & Elmirghani, J. M. (2019). Service embedding in IoT networks. *IEEE Access*, 8, 2948-2962.
3. Buurman, R. D. (1997). User-centred design of smart products. *Ergonomics*, 40(10), 1159-1169.
4. Chang, S. C., Lin, N. P., & Sheu, C. (2002). Aligning manufacturing flexibility with environmental uncertainty: evidence from high-technology component manufacturers in Taiwan. *International Journal of Production Research*, 40(18), 4765-4780.
5. Chen, H., Zhang, G., Zhu, D., & Lu, J. (2015). A patent time series processing component for technology intelligence by trend identification functionality. *Neural Computing and applications*, 26, 345-353.
6. Chou, M. C., Chua, G. A., & Teo, C. P. (2010). On range and response: Dimensions of process flexibility. *European Journal of Operational Research*, 207(2), 711-724.
7. Devise, O., & Pierreval, H. (2000). Indicators for measuring performances of morphology and material handling systems in flexible manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, 64(1-3), 209-218.
8. Dhamija, P., & Bag, S. (2020). Role of artificial intelligence in operations environment: a review and bibliometric analysis. *The TQM Journal*, 32(4), 869-896.
9. Dong, C., Luo, J., Hong, Q., Chen, Z., & Chen, Y. (2023). A dynamic distributed edge-cloud manufacturing with improved ADMM algorithms for mass personalization production. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 35(8), 101632.
10. D'Souza, D. E., & Williams, F. P. (2000). Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions. *Journal of operations management*, 18(5), 577-593.
11. Finance, A. T. C. C. (2015). Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Finance, audit tax consulting corporate: Zurich, Swiss*, 1-12.
12. Flores, M., Maklin, D., Golob, M., Al-Ashaab, A., & Tucci, C. (2018). Awareness towards industry 4.0: key enablers and applications for internet of things and big data. In *Collaborative Networks of Cognitive Systems: 19th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2018, Cardiff, UK, September 17-19, 2018, Proceedings 19* (pp. 377-386). Springer International Publishing.
13. Gajdzik, B. (2022). Frameworks of the maturity model for industry 4.0 with assessment of maturity levels on the example of the segment of steel enterprises in Poland. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), 77.
14. Goyal, M., & Netessine, S. (2011). Volume flexibility, product flexibility, or both: The role of demand correlation and product substitution. *Manufacturing & service operations management*, 13(2), 180-193.
15. Hallgren, M., & Olhager, J. (2009). Flexibility configurations: Empirical analysis of volume and product mix flexibility. *Omega*, 37(4), 746-756.
16. Huang, T., Solvang, W. D., & Yu, H. (2016, June). An introduction of small-scale intelligent manufacturing system. In *2016 International Symposium on Small-scale Intelligent Manufacturing Systems (SIMS)* (pp. 31-39). IEEE.
17. Ismael, I. K. (2023). The mediating role of process flexibility in the relationship between smart manufacturing and new product design processes. *Baghdad College of Economic Sciences University Journal (BCESUJ)*, 71(1), 105-122.
18. Jain, V., & Raj, T. (2013). Ranking of flexibility in flexible manufacturing system by using a combined multiple attribute decision making method. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 14, 125-141.

19. Mayer, S., Sotto, L. F. D. P., & Garcke, J. (2023). The elements of flexibility for task-performing systems. *IEEE Access*, 11, 8029-8056.
20. Mohamed, O. Y., Zahran, A. K. S., & Ryad, M. M. (2022). The Role of Industry 4.0 Technologies in Design Process Management. *International Design Journal*, 12(2), 299-310.
21. Mufadhol, N. I., Hartoyo, B., & Kumbarasari, S. (2023). RANCANG BANGUN TROLI PENGANGKUT SPAREPART KAPAL LAUT BERKAPASITAS 1 TON. *JME (Jurnal Mekanika dan Energi)*, 3(1), 1-7.
22. Ngamsirijit, W. (2008). Manufacturing flexibility improvement: case studies and survey of Thai automotive industry (Doctoral dissertation, University of Nottingham).
23. Oke, A., & Fernandes, F. A. P. (2020). Innovations in teaching and learning: Exploring the perceptions of the education sector on the 4th industrial revolution (4IR). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(2), 31.
24. Othman, F., Bahrin, M. A., & Azli, N. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *J Teknol*, 78(6-13), 137-143.
25. Othman, F., Bahrin, M. A., & Azli, N. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *J Teknol*, 78(6-13), 137-143.
26. Pal, H. R., Pal, A., & Tourani, P. (2004). Theories of intelligence. *Everyman's science*, 39(3), 181-192.
27. Parker, R. P., & Wirth, A. (1999). Manufacturing flexibility: Measures and relationships. *European journal of operational research*, 118(3), 429-449.
28. Raouf, R. A., & Iswadi, A. M. (2020). Role of Manufacturing Flexibility in Enhancing the Customer's Satisfaction-A Case Study on Al-Karwanji/Kirkuk. *TANMIYAT AL-RAFIDAIN*, 39(128), 109-128.
29. Sajjad, A., Ahmad, W., Hussain, S., & Mehmood, R. M. (2021). Development of innovative operational flexibility measurement model for smart systems in industry 4.0 paradigm. *IEEE Access*, 10, 6760-6774.
30. Scott, A. J. (1988). Flexible production systems and regional development. *International journal of urban and regional research*, 12(2), 171-186.
31. Shaturaev, J. (2022). Economies and management as a result of the fourth industrial revolution: An education perspective. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*, 3(1), 51-58
32. Stawiarska, E., Szwajca, D., Matusek, M., & Wolniak, R. (2021). Diagnosis of the maturity level of implementing Industry 4.0 solutions in selected functional areas of management of automotive companies in Poland. *Sustainability*, 13(9), 4867.
33. Terkaj, W., Tolio, T., & Valente, A. (2009). Focused flexibility in production systems. *Changeable and reconfigurable manufacturing systems*, 47-66.
34. Tilstra, A. H., Backlund, P. B., Seepersad, C. C., & Wood, K. L. (2008, January). Industrial case studies in product flexibility for future evolution: an application and evaluation of design guidelines. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 43284, pp. 217-230).
35. Tubis, A. A., & Werbińska-Wojciechowska, S. (2021). Risk management maturity model for logistic processes. *Sustainability*, 13(2), 659.
36. Unland, R. (1994). Organizational intelligence and negotiation based DAI systems: Theoretical foundations and experimental results (No. 35). *Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik*.
37. Wang, Ke. 2020. "Migration Strategy of Cloud Collaborative Computing for Delay-Sensitive Industrial IoT Applications in the Context of Intelligent Manufacturing." *Computer Communications*, 10.1016/j.comcom.2019.12.014. Elsevier 150(November 2019)-413-20. Doi: 10.1016/j.comcom.2019.12.014

38. Zhou, Z., Wang, B., Dong, M., & Ota, K. (2019). Secure and efficient vehicle-to-grid energy trading in cyber physical systems: Integration of blockchain and edge computing. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 50(1), 43-57.

1. التصنيع الذكي: يمثل تكامل التكنولوجيا المتقدمة، الذكاء التنظيمي، تطوير المنتجات، تحسين العمليات والتخطيط الاستراتيجي لأنشاء بيئة إنتاجية تستجيب بفعالية لمتطلبات السوق المتغيرة. وتم اعتماد الابعاد الرئيسية الاتية لقياس متغير التصنيع الذكي.

المطابقة			الفقرات	
غير موجود	موجود جزئياً	موجود	1_الذكاء التكنولوجي	ت
			الخطأ البشري للتحكم الالي في العمليات بدقة عالية مما يقلل من احتمال PLC تستخدم إدارة المصنع .	1
			يستخدم المصنع احدث برامج نظم التحكم والرصد لتحسين السلامة والانتاجية .	2
			يتبنى المصنع تركيب الاجهزة الذكية التي تتيح جمع البيانات في الوقت الحقيقي وتحليلها لتكتشف بذلك الاعطال وتتنبأ بالصيانة الوقائية .	3
			يستخدم المصنع بيانات الاجهزة الذكية للتنبؤ بالتوقيت الامثل لأجراء صيانة المعدات	4
			يوفر المصنع تأمين البنية التكنولوجية ضد التهديدات السيبرانية خصوصاً ان المصنع يعتبر من المنشأة الحساسة التي يجب حمايتها بشكل جيد .	5
غير موجود	موجود جزئياً	موجود	2_الذكاء التنظيمي	ت

			يوفر المصنع نظم تدفق المعلومات بشكل سلس بين الادارات المختلفة داخل المصنع .	6
			تتبنى ادارة المصنع تشجيع ثقافة التعلم المستمر ليس فقط على مستوى الافراد ولكن ايضاً على مستوى الفرق والادارات .	7
			يوجد في المصنع قواعد بيانات لحفظ البيانات لحفظ الوثائق والبروتوكولات والمهارات والخبرات التي تميز المصنع عن منافسيه وتمكن الوصول اليها بفعالية .	8
			تعزيز التعاون بين الوحدات التنظيمية المختلفة لتحقيق اهداف المصنع بشكل موحد ومتناغم .	9
			تتبنى ادارة المصنع تشجيع تبني فكر الابتكار بين الموظفين بحيث يعاد تقييم العمليات والانظمة باستمرار من اجل تحسينها .	10
			يتبنى المصنع تطبيق منهجيات مثل (التصنيع المرن) لتبسيط العمليات وتحسين جودتها والقضاء على الهدر .	11
غير موجود	موجود جزئياً	موجود	3_نكاء العمليات	ت
			تنفيذ المصنع نظم قياس ومراقبة حالة التشغيل بشكل مستمر للاطمئنان على العمليات وتحديد الاختلالات .	12
			يستخدم المصنع الروبوتات وأنظمة التحكم الالي لأجراء عمليات دقيقة ومعقدة مما يقلل حوادث ويحسن الانتاجية .	13
			يوجد في المصنع اجهزة استشعار متقدمة لكشف التسريبات او القياسات غير الطبيعية في حالة الضغط او الحرارة وتفعيل الانذارات .	14
			تعمل ادارة المصنع على جمع البيانات من جميع جوانب التشغيل واستخدام الذكاء الاصطناعي للتعلم من هذه البيانات وتحسين عمليات المصنع وفقاً لذلك .	15
			تعمل ادارة المصنع على ربط سلسلة التوريد بنظم المعلومات الداخلية للمصنع لتحسين تدفق المواد الخام ومراقبة المخزون وتحسين توقيت التسليم ,	16
غير موجود	موجود جزئياً	موجود	4_نكاء الاستراتيجي	ت
			تعمل ادارة المصنع على تحديد الاهداف طويلة المدى والتطلعات مثل التوسع في السوق او تحسين ابتكارات العمليات .	17
			تتبنى ادارة المصنع بناء استراتيجية تتيح التكيف مع التغيرات السريعة في الطلب على المنتج والتغيرات التنظيمية والتطورات التكنولوجية .	18
			تعمل ادارة المصنع على وضع سيناريوهات للمخاطر المحتملة مثل التقلبات في الاسعار وتعطل سلاسل التوريد او حوادث العمل .	19
			يتبنى المصنع دمج الممارسات البيئية في العمليات الصناعية لضمان التزام المصنع بالمعايير البيئية .	20

			تعمل ادارة المصنع على دراسة اداء المنافسين وتحليل الفرص والتهديدات في السوق وتطوير استراتيجيات لتحسين السوق والنمو	21
غير موجود	موجود جزئيا	موجود	5_ ذكاء المنتجات	ت
			يستخدم المصنع انظمة ذكية قائمة على اجهزة الاستشعار وتمكين البيانات لضمان اعلى مستويات الجودة في الانتاج .	22
			تنفيذ المصنع نظم تتبع رقمية لرصد الانتاج والتوزيع مما يتيح تتبع المنتجات من المصنع الى الاستخدام النهائي .	23
			يتبنى المصنع ربط الأنظمة والمعدات في سلسلة الانتاج بشبكة معلوماتية تتيح تجميع وتحليل البيانات التحكم في الجودة والقضاء على العيوب .	24
			تعمل ادارة المصنع على تطوير علاقات تعاون مع الموردين والموزعين لتحسين الابتكار في المنتجات والعمليات .	25
			تعمل ادارة المصنع على تحسين العمليات لإنتاج كميات أكبر بتكلفة اقل لتوفير منتجات ذات اسعار تنافسية وجذب شريحة أكبر من الزبائن.	26

2. المرونة الانتاجية: قدرة النظام الانتاجي في مصنع معين على الاستجابة بشكل فعال للتغيرات المتعلقة بالطلب والتكنولوجيا والسوق المتغير .

غير موجود	موجود جزئيا	موجود	1_ مرونة الحجم	ت
			يوجد في المصنع الآلات القادرة على انتاج مختلف الاحجام وفقا للطلب .	27
			يمتلك المصنع قابلية تعديل شراء الكميات حسب شروط الموردين	28
			يمتلك المصنع القدرة على فحص الانتاج والمخزون لمواكبة الطلب المتغير .	29
			يعمل نظام الانتاج في المصنع على التنبؤ بطلبات الزبائن بشكل دقيق.	30
غير موجود	موجود جزئيا	موجود	2_ مرونة الماكينة	ت
			يمتلك المصنع نظام تنصيب الماكائن وتهيئتها والانتقال بين العمليات بسرعة نسبية .	31
			يمتلك العاملين في المصنع المهارات اللازمة لبرمجة الماكائن بكفاءة .	32

			يستخدم المصنع مكائن قادرة على العمل لساعات طويلة ومستمرة .	33
			يملك المصنع القدرة على اعداد جدولة الانتاج عند تعديل المكائن .	34
غير موجود	موجود جزئيا	موجود	3_ مرونة المزيج	ت
			يركز المصنع على تنوع المنتجات .	35
			يملك المصنع خطوط انتاج مرنة لدعم المنتجات الجديدة بتكاليف منخفضة .	36
			يملك المصنع السرعة في توفير منتجات مبتكرة بأسعار معقولة .	37
			يملك المصنع المرونة في الانتاج لملائمة تفضيلات الزبائن المتقلبة.	38
غير موجود	موجود جزئيا	موجود	4_ مرونة العملية	ت
			يملك المصنع القدرة على تغيير تسلسل الخطوات في عملية الانتاج حسب الحاجة .	39
			يستخدم المصنع مسارات مختلفة لتقديم نوع محدد من المنتجات .	40
			يملك المصنع أنظمة متطورة للكشف والفحص لضمان التزام المنتجات بأعلى معايير الجودة .	41
			توظيف العمليات بأشكال مختلفة للمحافظة على جودة المنتج وبكلفة معتدلة .	42
غير موجود	موجود جزئيا	موجود	5_ مرونة المنتج الجديد	ت
			يملك المصنع القدرة على تقديم عدد كبير من المنتجات الجديدة سنويا.	43
			يمكن للمصنع تطوير منتجات جديدة في وقت قصير .	44
			يقدم المصنع منتجات جديدة ويحافظ على أداء نظام الانتاج .	45
			يقدم المصنع منتجات جديدة وتصاميم تحافظ على متوسط تكلفة الوحدة المنتجة .	46

غير موجود	موجود جزئيا	موجود	6_ مرونة مناولة المواد	ت
			يمتلك المصنع المرونة في التعامل مع مختلف الاحجام المادية .	47
			سهولة التحديث والتغيير في اساليب المناولة .	48
			يستخدم المصنع التكنولوجيا لتحسين الدقة والكفاءة في المناولة .	49
			يستخدم المصنع انظمة المعلومات لتحليل ومراقبة تدفق المواد	50