دراسة مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية: دراسة ميدانية في بيئة الأعمال السعودية

إعـــــــداد

الدكتور/ عبدالعال مصطفى أبو الفضل

أستاذ المحاسبة المساعد بالمعهد العالي للدراسات التعاونية والإدارية

أستاذ المحاسبة المشارك بجامعة شقراء

المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية

كلية التجارة - جامعة مدينة السادات

المجلد الخامس عشر - العدد الرابع – ديسمبر ٢٠٢٣

التوثيق المقترح وفقًا لنظام APA:

أبو الفضل، عبدالعال مصطفى، (٢٠٢٣)، " دراسة مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية: دراسة ميدانية في بيئة الأعمال السعودية"، **المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية**، كلية التجارة، جامعة مدينة السادات، ١٥ (٤)، ١٢٢- ١٥٥.

ملخص البحث

لقد زاد الاعتماد على النظم الرقمي والتي تمثل الثورة الصناعية الرابعة والمتمثلة في العديد من التقنيات الرقمي مثل الحوسبة السحابية، والبيانات الضخمة وإنترنت الأشياء والروبوتات وأساليب التصنيع المعتمدة على الإنترنت والذكاء الاصطناعي وتقنية التوأم الرقمي، والتي سيكون لها تأثيرات كبيرة وهامة في مجال المحاسبة الإدارية وممارساتها، ويهدف البحث إلى معرفة مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الأعمال السعودية، والإجابة على اسئلة البحث، وقد تم التوصل الى أن تقنية التوأم الرقمي تساهم في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية، وفي مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية. ومن حيث ترتيب مدى مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية حسب درجة الأهمية النسبية جاءت مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية في المرتبة الأولى، وجاءت مرحلة التشغيل والصيانة في المرتبة الثانية، ثم جاءت مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات في المرتبة الثالثة الأخيرة من حيث الأهمية النسبية. وتوصى الدراسة بأهمية تبنى المنشآت لتقنية التوأم الرقمي حيث تقدم العديد من المزايا تنافسية للمنشآت الصناعية.

الكلمات المفتاحية: إدارة تكاليف دورة حياة المنتج، تقنية التوأم الرقمي، الثورة الصناعية الرابعة للمعلومات الرقمي.

Keywords: Managing product life cycle costs, digital twin, The fourth industrial revolution of digital information.

Abstract:

Reliance on digital systems has increased, which represents the fourth industrial revolution, represented by many digital technologies such as cloud computing, Big Data, Internet of Things, Robotics, Internet-Based Manufacturing Methods, Artificial Intelligence, and Digital Twin Technology. This will have important effects on the field of management accounting and its practices. The research aims to find out the extent to which digital twin technology contributes to managing the cost of the product life cycle to increase the competitiveness of industrial companies in the Saudi business environment. The study concluded that the digital twin technology contributes to managing the cost of the product life cycle at the stage of design, product development and engineering tests, stage of production and operations management. Stage of Operation and maintenance to increase the competitiveness of industrial companies in the Saudi business environment. And in terms of arranging the contribution of integration between the three stages of product life cycle management according to the degree of relative importance to increase the competitiveness of the industrial establishments, In the first order, in terms of relative importance, came stage of design, product development and engineering tests, In the second order came stage of maintenance and operation, In the third order and final came stage of production and operations management. The study recommends the importance of adopting the digital twin technology by enterprises, as it offers many competitive advantages to industrial establishments.

الإطار العام للبحث

1-1 مقدمة:

تتسم بيئة الأعمال الحديثة بالديناميكية والتطور المستمر، وتزايد حدة المنافسة والتكتلات والتحالفات وحالة عدم التأكد، بالإضافة للتطور التكنولوجي المتسارع، الأمر الذي أدى إلى ضرورة تطور المحاسبة الإدارية لكي تستطيع الإدارة في منشآت الأعمال من فهم طبيعة المشكلات التي تواجهها والمتطلبات المستحدثة، وتساعدها على تحليلها بطريقةٍ عليمة ومنطقية للوصول إلى الحلول المناسبة لمواجهة تلك التحديات وتعزيز قدرتها التنافسية من خلال الاهتمام بجودة المنتجات، والعملية الصناعية، والمعايير اللوجستية والتكاليف وغيرها (Chia et al., 2022)

ومع التقدم التقني والتطور المستمر لتقنيات المعلومات والأتمتة، وزيادة رقمنة الاقتصاد Digitalization of the Economy تم تطوير العديد ممن التقنيات مثل تعلم الآلة Machine Learning، البيانات الضخمة Big Data ، الحوسبة السحابيةCloud Computing ، إنترنت الأشياء Internet of Things ، والذكاء الاصطناعيArtificial Intelligence ، والتي لعبت دوراً مهماً في بيئة الإنتاج الحديثة، وأخيراً ظهرت تقنية التوأم الرقمي وهي تقنية تقوم على تحسين عملية تحليل وحل المشكلات وتوفير منتجات إفتراضية للمنتجات المادية من خلال الربط بين العالم المادي والعالم الافتراضي، وهو أمر ضروري لمحاكاة ومعرفة البدائل الممكنة حول الأداء والتكلفة والإنتاج والرقابة من خلال البيانات التي تمثل الحالة الفعلية للنظير المادي للمنتج في أي لحظة من دورة حياته (Yousefnezhad et al., 2020؛ Min et al., 2019)، وتدعم تقنية التوأم الرقمي إستراتيجيات التصنيع الذكية من حيث التصميم الذكي، والعمليات الذكية، والرقابة الذكية، والإدارة الذكية.

وتقنية التوأم الرقمي عبارة عن منتج برمجي يقوم بتجميع نموذج أولي افتراضي لكائن حقيقي من خلال جمع وتحليل البيانات الأولية حول كائن وعمليات حقيقية، أيضًا تسمح التوائم الرقمي بمحاكاة أي مواقف للعملية التكنولوجية والتنظيمية من أجل التنبؤ بتطور الموقف واتخاذ التدابير الوقائية preventive measures، وهذا في الغالب لا يسمح فقط بمنع حالات الطوارئ والقوة القاهرة، ولكن أيضًا لخفض تكاليف الإنتاج والإدارة وتعظيم العائد على الاستثمار، وهذا التأثير الإيجابي يساهم في ثقة العملاء ونمو القدرة التنافسية، ولقد أصبحت "المكاسب الرقميDigital wins"في العالم الحديث أحد المجالات الرئيسية للتحول الرقمي للإنتاج، بما في ذلك الصناعات ذات الصلة ودعم وصيانة عملية الإنتاج، يتطلب التحول الرقمي للإنتاج تغييرات في نظام إدارة المؤسسة.

2-1 مشكلة البحث:

شغلت فكرة محاكاة الواقع منذ القدم الكثير من العقول وتم صياغة عدد لا يحصى من النظريات حول تبنى نظرية المحاكاة وبناء واقع محاكى، ومنذ أن نشأت الحياة على الأرض صاغ الكثير من الفلاسفة والمفكرين والفيزيائيون العديد من النظريات حول هذا الموضوع (Barricelli et al.,2019)، ومع التطورات التكنولوجية وتطور تصميم المنتجات دائماً يحتاج المصمم إلى عمليات النمذجة بأشكالها المختلفة لاختبار وتقييم المنتجات والأنظمة وكذلك بيئات العمل، وكانت النماذج الفيزيائية لتمثيل المنتجات كأحد أهم الطرق الشائعة لفترة طويلة، ومازالت تمثل الطريقة التقليدية لاختبار المنتجات الصناعية والتحقق من كفاءة الأداء للمهام المحددة لها(Pang et al., 2021)، ولا يمكن إنكار مدى واقعيتها في التمثيل الحقيقي للمنتج بكامل تفاصيله أثناء عمليات الاستخدام الفعلي، ومع التطور التكنولوجي المتسارع في بيئة الأعمال الحديثة تطورت معه جميع أشكال النمذجة لتتيح للمصمم عدة خيارات متاحة للاستفادة منها أثناء عمليات التصميم والتطوير(Albert et al ., 2020)

ويشهد العالم تقدماً ملحوظاً في تعدد أساليب النمذجة بين وسائل نمذجة مادية ورقمية وإفتراضية ثلاثية الأبعاد ومحاكاة فعلية رباعية الأبعاد(Korovin, 2021)، وتُقدم هذه النوعيات من أساليب النمذجة حلولا عملية جديدة لتمثيل عملية التفاعل، وتقديم المعلومات التي يحتاجها المصمم وإيجاد حلول لكافة المشاكل التي قد تواجه المستخدم مستقبلا، كما أنها وسيلة فعالة في تدفق الكثير من المعلومات التي تساعد في نمذجة وصفية تحليلية للعناصر المختلفة داخل بيئات العمل، ومنها محاكاة وهيكلة الأنظمة المختلفة مما يتيح إجراء تحليلات

هيكلية لجميع العناصر بما فيها تواجد العنصر البشرى بشكل أكثر تفصيلا وكذلك تمكين المصمم من تحديد العلاقات بين المكونات المختلفة ومدى الترابط فيما بينها، وإجراء الاختبارات المختلفة عليها بدقة وفاعلية (Brylina et al ,.2020).

وتميزت التوائم الرقمي عن نظيراتها من نماذج المحاكاة والتمثيلات الافتراضية كونها أداة إستثنائية لمساعدة المصمم على عرض بيئات العمل الخاصة بتجارب التفاعل الحقيقي، وإجراء عمليات محاكاة للواقع الصناعي (Tomczyk & van der Valk,2022)، فتقنية التوأم الرقمي هو تمثيل إفتراضى ثلاثي الأبعاد لبيئة عمل حقيقية موجودة بالفعل أو في طور التصميم والإنشاء، ويُضاف عليها البُعد الرابع وهو عامل الزمن أثناء عمليات المحاكاة لتكوين نتائج واقعية ومدروسة بعناية (Tao et al.,2019)، ويمكن أن تحتوى بيئات العمل داخل تقنية التوأم الرقمي على كائنات متعددة مثل الآلات والمعدات وناقلات الحركة والأنظمة الروبوتية بجميع أنواعها (Xiang et al., 2022) وكذلك العنصر البشرى والمتمثل في المشغل الإنساني والذى هو مركز عملية التصميم، كما يمكن ربط التوائم الرقمي بنظيراتها الحقيقية في الوقت الفعلي، أو أن تكون مستقلة وتستخدم كعمليات محاكاة مستقلة وقائمة بذاتها (jones, 2021)

ويُعد تقنية التوأم الرقمي بمثابة مؤشر هام في عمليات القياس والتحقق وذلك بتصحيح جميع الأخطاء التي قد تحدث مستقبلا أثناء المراحل المبكرة من عملية التخطيط والتصميم وليس في المراحل المتقدمة كالتصنيع والإنتاج، وتقديم محاكاة لجميع بدائل السيناريوهات المحتمل حدوثها، ووضع خطة عامة للتطوير وحل المشكلات التي قد تطرأ فيما بعد، ومنها تكوين حلول مبتكرة غير تقليدية وإجراء التغييرات المطلوبة قبل البدء في عمليات التصنيع والإنتاج الفعلي، وزاد الاعتماد على النظم الرقمي والتي تمثل الثورة الصناعية الرابعة والمتمثلة في العديد من التقنيات الرقمي مثل الحوسبة السحابية، والبيانات الضخمة وإنترنت الأشياء والروبوتات وأساليب التصنيع المعتمدة على الإنترنت والذكاء الاصطناعي وتقنية التوأم الرقمي ، والتي سيكون لها تأثيرات كبيرة وهامة في مجال المحاسبة الإدارية وممارساتها(Busulwa, 2021. Yousefnezhad, et al.,2020)، وفي ظل إعتبار نظام المحاسبة الإدارية المصدر الرئيسي لتوفير المعلومات المفيدة والمؤثرة على عملية اتخاذ القرارات في دنيا الاعمال، أصبحت أساليب المحاسبة الإدارية التقليدية متقادمة ولا تساير متطلبات بيئة الاعمال الرقمي وتقنياتها، لذا يجب معرفة وفهم تأثيرات تقنية التوأم الرقمي على أحد ممارسات المحاسبة الإدارية وهي إدارة تكلفة دورة حياة المنتج.

وعليه يجب تنظيم عملية الإنتاج وإدارة الشركات بطريقة تجعل إستخدام الأصول التشغيلية أكثر كفاءة قدر الإمكان، ونتيجة لذلك تكون النتائج المالية للأنشطة في النطاق الأمثل، وسيكون الربح ذا قيمة قصوى، كذلك يجب تحسين عملية إدارة الشركة بحيث يتم تخصيص أقل وقت ممكن لاتخاذ قرارات الإدارة، لهذا من الضروري تحسين عملية جمع المعلومات من أجل التبني اللاحق لقرارات الإدارة على أساس مبدأ: "بأكبر قدر ممكن من الدقة، وبأسرع وقت ممكن ". as accurately as possible, as quickly as possible ويُظهر نظام الرقابة الحالي لنموذج العمليات في الشركات الكبيرة عدم عقلانية إنفاق الوقت والموارد الاقتصادية بسبب العمليات المتداخلة، والوظائف المتكررة، والافتقار إلى نظام الرقابة الأمثل في نماذج العمليات الفرعية من خلال أخذ وقت الموظفين وإبطاء عملية اتخاذ القرار، ولا يسمح النظام الحالي للشركات بأن تصبح أكثر تنافسية ويعمل على خلق صورة سلبية، وهذه العوامل بدورها تؤثر على النتائج المالية للشركات وبالتالي تقليل الأرباح. (Slepneva, T., Chernysheva, M., & Zaitseva, K. 2021)

وفي ضوء ما سبق يمكن تحديد مشكلة البحث في السؤال التالي: ما هو مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الأعمال السعودية؟ ويتفرع من هذا السؤال الأسئلة الفرعية التالية:

١. ما هو مفهوم تقنية التوأم الرقمي كأحد تقنيات الثورة الصناعية الرابعة؟
٢. كيف يساهم تطبيق تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج على زيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الأعمال السعودية من خلال المراحل التالية:

- هل تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية؟

- هل تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية؟
- هل تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية؟
- هل يساهم التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية؟

3-1 هدف البحث:

يهدف البحث إلى معرفة مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الأعمال السعودية، والإجابة على اسئلة البحث من خلال ما يلي:

- التعرف على ماهية ك تقنية التوأم الرقمي أحد تقنيات الثورة الصناعية الرابعة.
- مدى مساهمة ف تقنية التوأم الرقمي ي إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
- مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
- مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
- مدى مساهة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية.
- ترتيب المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية حسب درجة الأهمية النسبية.

4-1 أهمية البحث

يكتسب هذا البحث في الوقت الحاضر أهمية كبيرة بسبب رقمنة المجتمع وتطوير وتنفيذ التقنيات المبتكرة، من خلال المعلومات الرقمي للإنتاج الصناعي وإستخدام التقنيات المبتكرة، وروبوتات الإنتاج، وإستخدام أساليب الآلات، والذكاء الاصطناعي، والأجهزة الذكية، وكيفية الاستفادة من تطبيق تقنية التوأم الرقمي في تطوير أساليب المحاسبة الإدارية الحديثة القادرة على ربط جميع عمليات المنشآت الصناعية ككل على ممارسات المحاسبة الإدارية وخاصة أسلوب إدارة تكلفة دورة حياة المنتج، ولحداثة موضوع تقنية التوأم الرقمي والدور الذي يمكن أن تلعبه في دعم الميزة التنافسية للشركات الصناعية في الاقتصاد السعودي.

5-1 منهج البحث:

تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي من خلال دراسة الأبحاث والدراسات المنشورة وتحليل الإحصاءات وربطها بأهداف البحث وكذلك استخدام المنهج الإستنباطي لوضع إطار نظري لماهية و تقنية التوأم الرقمي أهميتها، وسوف يتم يطبق المنهج الاستقرائي لتجميع وتحليل البيانات اللازمة ولإختبار فروض البحث في الدراسة الميدانية.

6-1 خطة البحث:

للإجابة على أسئلة البحث وتحقيقاً لأهدافه ومتطلباته المنهجية تم تنظيم البحث على النحو التالي:

١. الإطار العام للبحث
٢. الإطار النظري. تقنية التوأم الرقمي
٣. الدراسات السابقة.
٤. دور تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج
٥. الدراسة الميدانية
٦. نتائج البحث والتوصيات

2. الإطار النظري

2-1 مفهوم تقنية التوأم الرقمي

طرحت الطبيعة المتعددة الأوجه للتكنولوجيا العديد من الأسئلة أهمها: هو كيف يتم تغيير الطريقة التي يعمل بها التصميم والتشغيل والتصنيع والتخطيط والمحاكاة والتنبؤ بشكل تقليدي؟ من هذا المنطلق انتقلت إ تقنية التوأم الرقمي لى ما بعد التصنيع وإلى العوالم الموحدة لإنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات، كما أن الأشياء الأكثر تعقيدا قد أصبحت مرتبطة بالقدرة على تقديم البيانات، والحصول على مكافئ رقمي يمنح علماء البيانات وخبراء تكنولوجيا المعلوماتِ الآخرين القدرةَ على تحسين عمليات النشر لتحقيق أعلى إنتاجية، وتبنى صعود إنترنت الأشياء IoT مفهوم تقنية التوأم الرقمي واصبحت تلك التقنية مهمة في بيئة الأعمال الحديثة.

وفقًا لـ (Tadviser,2020) عرف تقنية التوأم الرقمي بأنها منتج برمجي معقد ينشئ نموذجًا أوليًا افتراضيًا لأصول الإنتاج الحقيقية استنادًا إلى البيانات باستخدام مستشعرات إنترنت الأشياء. يعتقد RUSBASE أن "تقنية التوأم الرقمي" هو منتج برمجي معقد يقوم بإنشاء نموذج أولي افتراضي لكائن حقيقي، أو مجموعة من الكائنات أو العمليات، استنادًا إلى البيانات، لتحليل البيانات وتقييم الأداء، خلال دورة حياة الكائن الحقيقي بالكامل، وعرفت United Engine Corporation، تقنية التوأم الرقمي بأنه نظامًا رقميًا موحدًا وقابل للتعلم يصف تشغيل المنتج طوال دورة الحياة بأكملها the entire life cycle ، من التصميم إلى التشغيل، استنادًا إلى منهجيات معقدة ونماذج رياضية (United Engine Corporation,2020).

وتقنية التوأم الرقمي هو استنساخ إلكتروني لكائن حي أو آلة، يشتمل على رؤى تتعلق بالحجم والأجزاء والأداء وما إلى ذلك، ويخزن المعلومات الحالية والسابقة حول العنصر، الذي تم اكتشافه باستخدام أجهزة الاستشعار والمحركات، كما يتم إدخال هذه البيانات في النماذج التحليلية لإنتاج رؤى مهمة. (علي، محمد، ٢٠٢١).

وعرفت هيئة الحكومية الرقمي السعودية تقنية التوأم الرقمي بأنه" نموذج إداري مهمته سد الفجوة بين المكونات أو الأصول المادية والرقمي بهدف تحسين فهم الواقع الحالي للأشياء، وبالتالي صنع قرار أكثر دقة وأكثر كفاءة. كما يعني تقنية التوأم الرقمي تمثيل الأصول المادية، والأشخاص والعمليات يتم بناؤه بهدف دعم الأهداف الاستراتيجية الحالية أو تطوير أهداف جديدة" (هيئة الحكومية الرقمي السعودية، ٢٠٢١، ص: ٤)

وفي تعريف آخر هي نموذج افتراضي لحلول رقمية متكاملة مصممة لتمثيل الأصول المادية في الزمن الآني سواءً كانت موادًا أو أنظمة أو عمليات. تمكّن تقنية التوأم الرقمي الشركة من تحويل الكثير من العمليات التصنيعية إلى النظام الرقمي، بما في ذلك التصميم الهندسي للمشروع، وتخطيط تنفيذ الإنشاءات، وسلسلة التوريد، ومناولة المواد، وأعمال المرفق وصيانته، وفي الدوائر الهندسية ودوائر إدارة المشاريع. (مجلة عناصر، تطور التقنيات)

أما Almasan, et al فقد عرفا تقنية التوأم الرقمي بأنها" نسخة رقمية طبق الأصل لكائن حي أو آلة أو أجزاء منهما بحيث يتم ربط الجسم المادي مع نسخته الإفتراضة بطريقة تسمح بنقل البيانات بين الجزأين، و التوأم الرقمي نموذج مهمته سد الفجوة بين المكونات أوالأصول المادية والرقمية بهدف تحسين الواقع الحالي للأشياء، وبالتالي صنع قرارات أكثر دقة و كفاءة ويتم بناؤه بهدف دعم الأهداف الإستراتيجية الحالية أو تطوير أهداف جديدة (Almasan, et al, 2022

ويُعرف الباحث تقنية التوأم الرقمي بأنه توجهاً تقنياً جديداً وهو نسخة إلكترونية طبق الأصل لكائن حي أو آلة أو أجزاء منهما حيث يتم ربط الجسم الحقيقي(المادي) مع نسخته الإلكترونية الافتراضية بطريقة تسمح بنقل البيانات بين الجسمين، وبهذا نحصل على نسخة طبق الأصل تستجيب للعوامل الخارجية تتفاعل معها بطريقة مطابقة لما يقوم به الأصل.

وتقنية التوأم الرقمي الذي تم استنساخه على منصة افتراضية هو نسخة شبه رقمية من كائن مادي، إنه جسر بين العالم الرقمي والعالم المادي، ويتمثل إستخدامه الأساسي في تحسين أداء الأعمال، من خلال تحليل البيانات ومراقبة الأنظمة لمنع حدوث المشكلات وتفادي التوقف عن العمل، كما ستساعد عمليات المحاكاة التي تم إنشاؤها في إنشاء وتخطيط الفرص والتحديثات المستقبلية داخل الإجراء أو المنتج، وتُعد مزايا ابتكار تقنية التوأم الرقمي الافتراضي رائعة للشركات والحكومات. (Almasan, et al, 2022)

2-2 أهمية تقنية التوأم الرقمي في مجال المحاسبة الإدارية

اكتسبت تقنية التوأم الرقمي أهميتها لتأثيرها الهام على سد الفجوة Gap Theبين العالم الافتراضي والعالم المادي حيث توقعت شركة Grand View Research, inc بحلول عام ٢٠٢٥ م وصول السوق العالمي لهذه التقنية إلى ٢٦,٧ مليار دولار بمعدل نمو سنوي قد يبلغ ٣٨,٢٪، وهذا يتطلب ضرورة التفاعل التعاوني والذاتي فيما بين مصادر المعلومات المحاسبية بصفة عامة ومعلومات التكاليف بصفة خاصة عبر خطوط الإنتاج من خلال تجميع البيانات المتعلقة بالنظير المادي، ثم إستخدامها لإستخراج آليات بديلة مقترحة للتنفيذ وتوفير أساليب تنبؤية في المجال المحاسبي التكاليفي (Lee et al., 2021;Rojek et al., 2021)

ولقد قامت Gartner بإدراج تقنية التوأم الرقمي بإعتبارها رابع أفضل توجه تكنولوجي في عام ٢٠١٨ من بين التوجهات العشرة التي تساعد في بناء الشبكة الرقمي الذكية والتي ستساهم على تكامل الأشياء والخدمات والأشخاص والمحتوى ((Koulamas & Kalogeras, 2018; Min, et al., 2019)، وتعود الفوائد الهامة لبدء معظم المنظمات بتوأمة إجراءاتها ومنتجاتها وخدماتها عبر المحاكاة إلى كفاءة التوأم الرقمي، حيث تسعى المؤسسات لتسويق منتجاتها بشكل أسرع، وتطمح لمحاكاة السيناريوهات الافتراضية، ويتم إختبار المنتج من خلال طرق مختلفة، كما يمكن إستخدام تقنية التوأم الرقمي لتوقع نتائج مختلفة تعتمد على المعلومات المتغيرة، وهذا يشبه سيناريو تشغيل المحاكاة الموجود بانتظام في أفلام الخيال العلمي، حيث يتم عرض موقف محتمل داخل البيئة الرقمي مع البرمجة الإضافية وتحليلات البيانات، ويمكن للتوائم الرقمي تبسيط نشر إنترنت الأشياء بانتظام لتحقيق أعلى مستوى من الكفاءة، وكذلك مساعدة المهندسين في فهم المكان الذي يجب أن تذهب إليه الأشياء أو كيف تعمل قبل نشرها فعليًا.

والتوائم الرقمي لنظام الإنتاج هي نموذج رقمي لمنظمة حقيقية تجمع بين العمليات التكنولوجية والاقتصادية والإدارية واللوجستية وغيرها من العمليات لدورة تشغيل المنشأة، مما يجعل من الممكن تحليل حالة العمليات، وتحديد التبعية، وبالتالي تحسين مؤشرات الأداء الرئيسية للمنشأة. وتتمثل مهمة تقنية التوأم الرقمي للمنشأة في إختيار قرارات الإدارة واعتمادها في كل مرحلة من مراحل العملية التجارية أو الصناعية، وسيؤدي إستخدام التكنولوجيا الرقمي المزدوجة في الشركات إلى التخفيضات الكبيرة في تكاليف المعاملات، والاستغلال الأمثل للأنشطة الاستثمارية، وزيادة الكفاءة في استخدام الأصول وتطويرها، وتقليل المخاطر التشغيلية. /https://www.researchgate.net/publication

3-2 أنواع التوائم الرقمي الموجودة:

هناك العديد من أنواع التوأم الرقمي المختلفة، والتي يمكن أن تعمل جنبًا إلى جنب داخل نفس النظام. ففي حين أن البعض الآخر تكرر أجزاء واحدة منها، إلا أنها كلها حاسمة في توفير تمثيل افتراضي، والأنواع الأكثر شيوعًا من التوائم الرقمي تتمثل فيما يلي[١]:

١. التوائم المكونة: التوائم المكونة، أو أجزاء التوائم، هي التمثيل الرقمي لقطعة واحدة من النظام بأكمله. وهذه أجزاء أساسية من تشغيل أحد الأصول، مثل محرك داخل توربينات الرياح.
٢. توائم الأصول: في المصطلحات الرقمي المزدوجة، الأصول هي مكونين أو أكثر يعملان معًا كجزء من نظام أكثر شمولاً. وتمثل توائم الأصول تقريبًا كيفية تفاعل المكونات وإنتاج بيانات الأداء التي يمكنك تحليلها لاتخاذ قرارات مستنيرة.
٣. توائم النظام: مستوى أعلى من التجريد من توائم الأصول هي توائم النظام، أو التوائم الوحدة. ويوضح نظام التوأم كيف تعمل الأصول المختلفة معًا كجزء من نظام أوسع. وتتيح لك الرؤية التي توفرها تقنية النظام المزدوج اتخاذ قرارات بشأن تحسينات الأداء أو الكفاءة.
٤. التوائم العملية: تُظهر التوائم العملية البيئة الرقمي لكائن كامل وتوفر نظرة ثاقبة حول كيفية عمل مكوناته وأصوله ووحداته المختلفة معًا. على سبيل المثال: يمكن لعملية رقمية مزدوجة إعادة إنتاج طريقة تشغيل منشأة التصنيع بالكامل رقميًا والجمع بين جميع المكونات الموجودة داخلها.

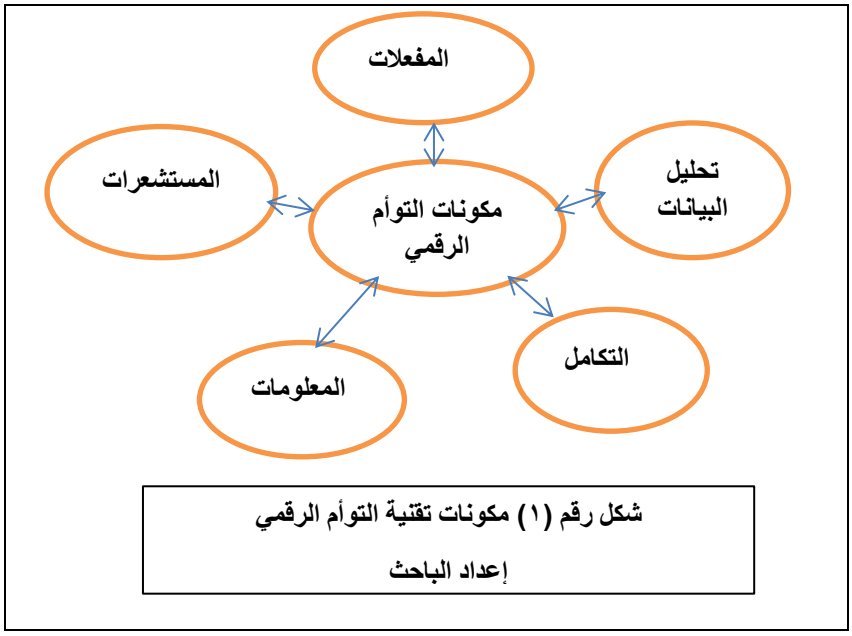
4-2 مكونات تقنية التوأم الرقمي :

تتكون تقنية التوأم الرقمي من المكونات الخمسة الرئيسية التالية[٢]:

١. المفّعلات: عندما يكون هناك ما يبرر إجراء ما في العالم الحقيقي، يقوم تقنية التوأم الرقمي بإنشاء الإجراء عن طريق المفّعلات، التي تخضع للتحكم البشري أيضًا، وتؤدي إلى بدء العملية على أرض الواقع
٢. تحليل البيانات: تُستخدم تقنيات التحليلات لتحليل البيانات من خلال عمليات المحاكاة الحسابية وإجراءات التصوّر التي يستخدمها تقنية التوأم الرقمي لإنتاج رؤية وتصور عالي الدقة.
٣. التكامل: ربط بيانات العالم الحقيقي التشغيلية والبيئية بمستشعرات مرتبطة ببيانات المؤسسة مثل فاتورة المواد ومواصفات التصميم والرسومات الهندسية وما إلى ذلك.
٤. المعلومات: دمج البيانات التشغيلية في العالم الحقيقي والتي تؤخذ من خلال المستشعرات مع البيانات من المؤسسة مثل BOM ومواصفات التصميم والرسومات الهندسية وما إلى ذلك.
٥. المستشعرات: ترسل المستشعرات إشارات تمّكن التوأم من التقاط البيانات التشغيلية والبيئية المتعلقة بالعملية على أرض الواقع.
٦. والشكل التالي رقم (١) يوضح مكونات تقنية التوأم الرقمي

[١] لمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع إلى: https://aws.amazon.com/ar/what-is/digital-twin/

[2] https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html



شكل رقم (١) مكونات تقنية التوأم الرقمي

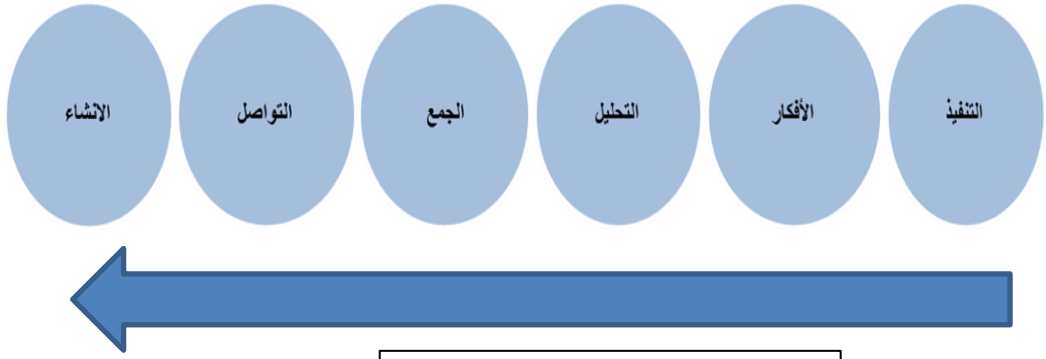
إعداد الباحث

5-2 آلية عمل تقنية التوأم الرقمي:

تعمل تقنية التوأم الرقمي عن طريق النسخ المتماثل رقميًا لأحد الأصول المادية في البيئة الافتراضية بما في ذلك وظائفه وميزاته وسلوكه، وتم بناء مفهوم تقنية التوأم الرقمي بحيث يمكنه الحصول على مدخلات من أجهزة استشعار ذكية تجمع المعلومات من نظير له في العالم الحقيقي(المنتج)، ويمكن إستخدام التمثيل عبر دورة حياة أحد الأصول بدءًا من إختبار المنتج الأولي وحتى التشغيل الفعلي وإيقاف التشغيل، ويُسمح ل تقنية التوأم الرقمي بمحاكاة الكائن المادي في الوقت الفعلي في العملية التي تقدم رؤى حول الأداء والمشكلات المحتملة، ولفهم كيفية عمل تقنية التوأم الرقمي من خلال الخطوات الست التالية: (Aaron & Lane, 2017)

١- الإنشاء: تجهيز العملية الواقعية بأجهزة استشعار تقيس المدخلات المهمة من العملية على أرض الواقع وما يحيط بها.
٢- التواصل: تكامل / اتصال سهل وسريع ولحظي ثنائي الاتجاه بين العملية المادية والمنصة الرقمي
٣- الجمع: تخزين البيانات في مستودع البيانات ومعالجتها وإعدادها للتحليل
٤- التحليل: يتم تحليل البيانات وتصويرها تول رؤية ّ لتطوير نماذج تكرارية د واضحة تساعد على اتخاذ وصنع القرار
٥- الأفكار (البصيرة) Insight: تم الخروج بأفكار واستنتاجات من خلال تحليل البيانات باستخدام لوحات المعلومات التي ستساعد على تحديد الجوانب التي تحتاج إلى التحقق أو التغيير
٦- التنفيذ: تم تحويل هذه الأفكار إلى مهام ا للتطبيق على أرض مجدولة تجهيزً الواقع بتعزيز العملية الرقمي لإدراك منافع التوأم الرقمي.

ويوضح الشكل رقم (٢) مراحل عمل تقنية التوأم الرقمي



شكل رقم (٢) آلية عمل تقنية التوأم الرقمي

إعداد الباحث

وتستخدم تقنية التوائم الرقمي العديد من التقنيات لتوفير نموذج رقمي للأصل منها ما يلي[٣]:

١. إنترنت الأشياء: يشير مصطلح IoT، أو إنترنت الأشياء، إلى مجموعة من الأجهزة المتصلة والوسائل التكنولوجية التي تيسر الاتصال بين الأجهزة والسحابة، وكذلك بين الأجهزة نفسها. وبفضل ظهور رقائق الكمبيوتر ميسورة التكلفة واتصالات النطاق الترددي العالي، أصبحت لدينا الآن مليارات الأجهزة المتصلة بالإنترنت. تعتمد التوائم الرقمي على بيانات مستشعر إنترنت الأشياء لنقل المعلومات من كائن العالم الحقيقي إلى كائن العالم الرقمي. ويتم إدخال البيانات في منصة برمجية أو لوحة معلومات حيث يمكنك رؤية تحديث البيانات في الوقت الفعلي.
٢. الذكاء الاصطناعي: الذكاء الاصطناعي هو أحد مجالات علوم الحاسب المخصص لحل المشكلات المعرفية المرتبطة بشكل شائع بالذكاء البشري، مثل التعلم وحل المشكلات والتعرف على الأنماط. التعلم الآلي هو عِلم تطوير الخوارزميات والنماذج الإحصائية التي تستخدمها أنظمة الكمبيوتر في تنفيذ المهام بدون تعليمات واضحة، اعتمادًا على الأنماط والاستدلال بدلاً من ذلك. تستخدم تقنية التوأم الرقمي خوارزميات التعلم الآلي لمعالجة الكميات الكبيرة من بيانات المستشعر وتحديد أنماط البيانات. يوفر الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي (AI/ML) رؤى البيانات حول تحسين الأداء والصيانة ومخرجات الانبعاثات والكفاءات.

5-2فوائد تقنية التوائم الرقمي :

تقدم تقنية التوائم الرقمي للمستخدمين العديد من الفوائد منها[٤]:

١. الأداء المُحسّن: تتيح لمسؤولين في الشركة المعلومات والرؤى في الوقت الفعلي التي توفرها التوائم الرقمي تحسين أداء المعدات أو المصنع أو المنشآة، كما يمكن التعامل مع المشكلات عند حدوثها، مما يضمن عمل الأنظمة في ذروتها وتقليل وقت التوقف عن العمل.
٢. قدرات تنبؤية: يمكن أن تقدم لك التوائم الرقمي رؤية مرئية ورقمية كاملة لمصنع التصنيع، مبنى تجاري، أو منشأة حتى لو كانت تتكون من آلاف القطع من المعدات، وتراقب المستشعرات الذكية إخراج كل مكون مما يؤدي إلى الإبلاغ عن المشكلات أو الأخطاء عند حدوثها بما يمكنك اتخاذ إجراء عند أول علامة على وجود مشاكل بدلاً من الانتظار حتى تتعطل المعدات تمامًا.

---

[٣] المرجع السابق

[٤] للمزيد يمكن الرجوع إلى: https://aws.amazon.com/ar/what-is/digital-twin/ ، https://www.identitymanagementinstitute.org/digital-twin-technology-benefits-and-challenges

٣. تتيح الإمكانات المتقدمة لجمع البيانات وتخزينها بمحاكاة شبه مطابقة للعالم الواقعي.
٤. استخدام سيناريوهات "ماذا لو" باستخدام الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي من أجل تحديد جميع النتائج المحتملة.
٥. المراقبة عن بُعد: الطبيعة الافتراضية للتوائم الرقمي تعني أنه يمكن للمسؤولين في الشركة مراقبة المرافق والتحكم فيها عن بُعد، كما تعني المراقبة عن بُعد أيضًا أنه يتعين على عدد أقل من الأشخاص التحقق من المعدات الصناعية التي يحتمل أن تكون خطرة.
٦. زيادة الكفاءة التشغيلية والمراقبة بشكل لحظي وتخفيض نفقات الصيانة التشغيلية وانقطاع التشغيل وإطلاق المنتجات بشكل أسرع.
٧. وقت الإنتاج المعجل: يمكنك تسريع وقت الإنتاج على المنتجات والمرافق قبل وجودها من خلال إنشاء نسخ رقمية متماثلة من خلال تشغيل السيناريوهات، كما يمكن للمسؤولين مراقبة كيف يتفاعل منتجاتهم أو منشأتهم مع حالات الفشل وإجراء التغييرات اللازمة قبل الإنتاج الفعلي.
٨. تقديم أفكار واضحة حول كيفية استخدام المنتجات والخدمات، وتوقع الفشل قبل حدوثه، ما يساعد المؤسسات في التحسين والتطوير المستمر للمنتجات..

وقد أصبحت تقنية التوأم الرقمي جزءً من عملية الرقابة عن بعد والرقابة على تنفيذ الاستراتيجيات من خلال إستخدام مقاييس الأداء اللحظية والبيانات والمنصات التي تدعم تقنية إنترنت الأشياء، كما تسمح بالمحاكاة الإفتراضية بتكرار العمليات إفتراضياً وبما يساعد على تحديد أكثر الطرق فعالية للتنفيذ والتأثير على إدارة المعلومات المحاسبية والرقابة الأمر الذي يساهم في تخفيض التكاليف ومن ثم تحسين مستوى الاداء في الشركة(Parmar et al.,2020) وتساهم تقنية التوأم الرقمي في توفير فرص جديدة لإدارة المنشأة لتطوير وظيفة الرقابة على العمليات وتوجيهها لحظياً من خلال الرقابة والتحكم عن بعد في تنفيذ الإستراتيجيات باستخدام بيانات مقاييس الأداء الفورية (Duan et al., 2021; Tao et al., 2018) ، ويرى Lin et al أنه سيكون هناك تأثير كبير لتقنية التوائم الرقمي على المحاسبة الإدارية من خلال تعزيز الأنشطة والإجراءات التنظيمية ومن ثم آليات الرقابة الأمر الذي يساهم على أنشطة الرقابة ومن ثم تحقيق الأهداف بأقل قدر من التدخل الخارجي. (Lin et al., 2022).

6-2 قدرات تقنية التوأم الرقمي:

تتضمن قدرات تقنية التوأم الرقمي المتقدمة ما يلي:(هيئة الحكومية الرقمي السعودية،٢٠٢١، ص: ٤)

١. التكامل: يمكن استخدامه بشكل مركزي أو نموذجيًا للعمليات، إذ يمكن ربطه بأنظمة أخرى مثل برنامج واجهة برمجة التطبيقات (API) وبرنامج تحليل الأحداث اللحظية. (Events Streams)
٢. البيانات: التطور في إنترنت الأشياء سهّل إمكانية مراقبة الأحداث والتحكم بها بشكل لحظي
٣. الذكاء الاصطناعي: استخدام تحليلات البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي لتحفيز فرص العمل واستخلاص تحليلات جديدة أكثر واقعية.
٤. تخطيط السيناريوهات (المحاكاة): القدرة على تقييم سيناريوهات معّقدة .(What If Scenarios)
٥. التخصيص (الاستغلال التجاري) : تحديد أهداف تجارية لدعم نماذج أعمال جديدة تركّز على تحقيق نتائج مضمونة مثل ضمانات أداء أصول محددة.

١. **الدراسات السابقة**

توقعت دراسة جارتنر (٢٠١٧) أنه بحلول عام ٢٠٢١ ستزداد كفاءة معظم الشركات الصناعية التي تستخدم تكنولوجيا التوائم الرقمي بنسبة ١٠٪. ضع في اعتبارك كيف يمكن لإنترنت الأشياء الصناعي والذكاء الاصطناعي ومعالجة البيانات الآلة machine data processing وغيرها من التقنيات المتقدمة أن تؤثر على أنشطة الشركات بتحقيق التخفيض في تكاليف التشغيل من خلال نمذجة العمليات التنظيمية ، وتحديد الطريقة الأكثر فعالية لإجراء العملية. ويمكن أن تساعد نمذجة modeling ظروف السوق والعرض والطلب على أساس تحليل سلوك المستهلك في تحسين المنتجات مع مراعاة تركيز العميل، وبالتالي يؤدي إلى زيادة القدرة التنافسية للمنتجات.(Garentr.2017) ، كما قدم (Min, et.al,2019) دراسة حالة استهدفت بناء

إطار لتقنية التوأم الرقمي المبني على تعلم الآلة في صناعة البتروكيماويات والتي تستخدم تقنية إنترنت الأشياء لتبادل المعلومات بين المصنع المادي ونموذج الافتراضي للتوأم الرقمي لرفع فعالية الرقابة على التكاليف الإنتاجية من خلال نموذج رياضي يحاكي مدخلات ومخرجات العملية الرقابية بأحد مصانع البتروكيماويات، وتوصلت الدراسة إلى أن تقنية التوأم الرقمي تساعد في تخفيض التكاليف الإنتاجية، وزيادة الربحية وتحسين التنمية المستدامة للشركات.

أما دراسة Pavlova فأوضحت بضرورة الإستناد إلى منصة نموذجية لتقييم إمكانيات إدخال الرقمنة على نطاق صناعي أو إنتاجي مع مراعاة العوامل التالية: وجود تكامل بين العمليات من البداية إلى النهاية للبيانات والمنتجات، إدارة المعلومات المستمرة على أساس أتمتة جمع البيانات ومعالجتها وتحليلها، ادارة دورة حياة المنتج، ضمان الأمن السيبراني، الإدارة التنبؤية لعمليات الإنتاج والأعمال، رقمنة كائنات النمذجة وعملياتها، أتمتة العمل والعمليات، إدارة الوثائق الإلكترونية، مرونة ثقافة الشركة والتفاعل مع الموظفين عن بعد في نظام الفروع باستخدام تقنيات الإنترنت (Pavlova,2020)، ويرى Fuller et al أن الشركات التي تستخدم ابتكارات وتقنيات "التوائم الرقمي" ستحصل على ميزة كبيرة عن باقي المنشآت على الأقل من حيث الربحية، وبالتالي في الكفاءة التشغيلية وخفض التكاليف. بالإضافة إلى المزايا والفوائد، فإن إدخال تقنية التوأم الرقمي يستلزم ظهور مشاكل نموذجية لا تعتمد على نطاق الشركة والمجال الهيكلي: وجود بنية تحتية جيدة لتكنولوجيا المعلومات؛ هناك حاجة إلى بيانات جيدة النوعية بكميات كافية، ويجب تحديث البيانات باستمرار، والثقة من وجهة نظر المنظمة ومن وجهة نظر المستخدم. (Fuller et al,2020)، واقترحت دراسة (Yousefnezhad et al., 2020) منهجاً لإدارة تكلفة دورة حياة المنتجات الذكية يعتمد على تقنية التوأم الرقمي باستخدام تقنية انترنت الأشياء بالتطبيق على دراسة حالة لمبنى ذكي داخل الحرم الجامعي الذكي بجامعة Aalto لاختبار المنهج المقترح، وتوصلت الدراسة إلى نتيجة هامة وهي أنه يمكن استخدام المنهج المقترح لإدارة تكلفة دورة حياة المنتجات الذكية في جميع بيئات العمل الذكية، وتناولت دراسة (Papanagnou, 2020) عمليات التصنيع الديناميكية والتي تتسم بانخفاض مستوى التنسيق، وزيادة درجة التعقيد، والحجم الكبير من البيانات الضخمة، وأفادت بأن تقنية التحول الرقمي من خلال استخدام تقنية انترنت الاشياء ساعدت على الرقابة على كل من الأصول في العام الإفتراضي، وتحسين الإنتاج المستقبلي في العمليات الصناعية، وقدمت الدراسة توأم رقمي لأحد خطوط تجميع السيارات يقوم على إعادة البيانات التي يتم التقاطها عبر تقنية انترنت الأشياء إلى تقنية التوأم الرقمي ليقوم بدوره بتمكين الشركات الصناعية من التفاعل مع الأداء وتحليله وقياسه في ذات اللحظة بالتزامن مع عملية التصنيع.

وهدفت دراسة (Rojek et al., 2021) إلى استخدام تقنية التوأم الرقمي في تطوير أساليب ونماذج تصميم العمليات التكنولوجية، ومحاكاة سير هذه العمليات بالاعتماد على الذكاء الاصطناعي، وقد تم استخدام قواعد القرار لتحديد هيكل العملية التكنولوجية بترتيب العمليات والإجراءات التكنولوجية بالاعتماد على الشبكات العصبية ومعلمات التصنيع الآلي ونماذج شجرة القرارات، وتوصلت الدراسة إلى نتيجة هامة وهي أن تقنية التوأم الرقمي تستند على مجموعة من العمليات المادية المنتقاة والتي تشمل الصميم البيئي وتخطيط الإنتاج والرقابة ورسم الخرائط الرقمي للعمليات المادية التي يتم نقلها إلى قاعدة البيانات الموحدة والمشفرة، والتي من خلالها يتم بناء نماذج الذكاء الاصطناعي والتي يتم تخزينها في قاعدة المعرفة بجانب وحدة رقابة النظام والتي تقوم بالرقابة على جميع الأنشطة، وسعت دراسة (فراج،٢٠٢١) إلى التعرف على أثر استخدام النظم الرقمي على المحاسبة الإدارية ودور المحاسبين الإداريين في ظل النظم الرقمي، وتوصلت الدراسة إلى أن خصائص بيئة التصنيع الرقمي تؤثر على المحاسبة الإدارية وبالتالي يجب تطوير وتحسين أساليب المحاسبة الإدارية لتواكب متطلبات بيئة التصنيع الرقمي. ولقد قامت شركة شيفرون (Chevron) بالولايات المتحدة الامريكية باستخدام تقنية التوأم الرقمي في تحسين التشغيل والتكلفة من خلال التنبؤ بمشاكل الصيانة في حقولها النفطية ومصافيها. ومن أجل استكمال هذه المبادرة، وّقعت شيفرون اتفاقية مع Microsoft Azure لتكون موّردًا رئيسيًا للخدمات السحابية. ستسمح الاتفاقية لشركة شيفرون بالوصول إلى البيانات في مستودع واحد بدلاً من وضعها في مستودعات مختلفة. تتوقع شيفرون تحقيق مدخرات ضخمة من خلال استثمارها في التوأم الرقمي. وتهدف الشركة إلى توصيل أجهزة استشعار في معظم معداتها ذات قيمة مرتفعة بحلول عام ٢٠٢٤ ، ما يسمح لها بالتنبؤ بمشاكل الصيانة في معداتها النفطية. (هيئة الحكومية الرقمي السعودية ،٢٠٢١،ص: ٢١)

وتناولت دراسة (Chia et al., 2022) كل من مفهوم تقنية التوأم الرقمي (باعتبارها نسخة افتراضية لحظية لعملية في العالم المادي) ومفهوم سلسلة تحويل بيانات الفعلية للمعدات (باعتبارها مؤشر كمي للأداء في نظام التصنيع المتجاوب)، حيث يمكن لهذه التقنيات الحديثة تقديم ميزة تنافسية من خلال الحصول على المعلومات المفيدة واتخاذ القرارات في جزء من الثانية لتحقيق قابلية تكيف متطورة، وعمل تغييرات في التصميم لدعم المتطلبات التي لا يمكن التنبؤ بها بشكل أفضل، وفي هذه الدراسة تم التطبيق على أحد المصانع النموذجية بمعهد سنغافورة لتكنولوجيا التصنيع (SIMTech) لتنفيذ تخطيط الإنتاج الذكي من خلال التخلص من نقاط الاختناق وتعظيم تدفق الإنتاج مقاساً بمعدل الإنتاجية على مدار اليوم والساعة، وتوصلت الدراسة إلى أن تخطيط الإنتاج الذكي بشكل فعال يساعد على التخلص من تباطؤ المعدات وحل نقاط الاختناق وزيادة الإنتاجية بمقدار ستة أضعاف دون توقف العملية الإنتاجية، وأظهرت دراسة إستطلاعية أجرتها مؤسسة جارتنر للأبحاث أنه من المتوقع بحلول عام ٢٠٢٢ أن يطبق أكثر من ثلثي الشركات التي طبقت تقنية انترنت الأشياء تقنية التوأم الرقمي في عمليات التصنيع (Gartner, 2019)، واستعرضت دراسة (Zheng et al., 2019) عدد من الدراسات التي تناولت منهجية تطبيق تقنية التوأم الرقمي بغرض فهم وتفسير خصائص هذه التقنية كأحد تقنيات الذكاء الاصطناعي في سياق مدى قوة وضعف هذه التقنية، وقد قدمت هذه الدراسة إطاراً مقترحاً عن كيفية تطبيق تقنية التوأم الرقمي على أسلوب إدارة تكلفة دورة حياة المنتج كأحد أساليب المحاسبة الإدارية الاستراتيجية، مع توصيف عملية تنفيذ النمذجة الإفتراضية بشكل كامل وإنشاء النظم الفرعية لتطبيق تلك التقنية، وقد توصلت الدراسة إلى أن تقنية التوأم الرقمي أصبحت التقنية الرائدة لتحقيق الدمج بين النماذج المادية والنماذج الإفتراضية وواحدة من أهم الإتجاهات الأساسية والرئيسية في التصنيع الذكي وبمثابة نظام نموذجي لتطبيق النظام المادي السيبراني.

1-3 تحليل الدراسات السابقة وأهم ما يميز هذه الدراسة:

تناولت الدراسات السابقة تقنية التوأم الرقمي كأحد تقنيات الثورة الصناعية الرابعة ومجالات تطبيقها وأنها أصبحت التقنية الرائدة لتحقيق الدمج بين النماذج المادية والنماذج الإفتراضية وواحدة من أهم الإتجاهات الأساسية والرئيسية في التصنيع الذكي وبمثابة نظام نموذجي لتطبيق النظام المادي السيبراني، كما أن لها العديد من المنافع في دعم القدرات التنافسية للمنشآت الصناعية من حيث تخطيط الإنتاج الذكي بشكل فعال يساعد على التخلص من تباطؤ المعدات وحل نقاط الاختناق وزيادة الإنتاجية والكفاءة التشغيلية وخفض التكاليف وبالتالي تحسين الربحية، إلا أنه لم يتضح للباحث دراسة مدى تأثير تقنية التوأم الرقمي على إدارة تكاليف دورة حياة المنتج لتعزيز الميزة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الأعمال العربية وهو ما يشكل فجوة بحثية تمثل مشكلة البحث والتي يسعى الباحث لدراستها.

2-3 فروض البحث:

في ضوء تحليل الدراسات السابقة أمكن التوصل لفرض البحث الرئيس وهو: تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية

وللوصول إلى نتيجة نهائية بشأن التحقق من هذا الفرض تم التوصل إلى الفروض الفرعية التالية:

- تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
- تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
- تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
- يساهم التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية.

4. دور تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج

تعمل تقنية التوأم الرقمي على إعطاء رؤية متعددة الابعاد لكيفية أداء الأصل المادي من خلال محاكاة القرارات والتنبؤ بها وتوصيلها بناء على ظروف البيئة الواقعية او المادية(Autodesk, 2021) ، حيث توفر هذه التقنية إمكانيات متعددة لتحسين الأداء والإنتاجية في العديد من المنشآت الصناعية، كما تقدم تقنية التوام الرقم مجموعة متنوعة من القدرات المتطورة من عمليات المحاكاة والتمثيل الرقمي بالإضافة إلى النماذج المركبة والمتطورة ذات القدرات التنبؤية العالية(Gabor et al., 2016) ، ويتمثل الغرض الرئيسي من استخدام تقنية التوأم الرقمي في المجال الصناعي في محاكاة السلوك المعقد والمتطور للنظام مع الأخذ في الحسبان التفاعلات البشرية والتأثيرات المتوقعة للعوامل الخارجية وقيود التصميم، وقد تم استخدام تقنية التوأم الرقمي في العديد من المجالات الصناعية (Cimino et al., 2019) والتي تتمثل في:

١. تحسين دورة حياة المنتجات.
٢. وضع نظام لتخطيط الإنتاج الآلي وتقييمه.
٣. إعادة تصميم العمليات الصناعية.
٤. تخطيط عمليات الإنتاج والرقبة عليه لتحسين وأتمتة عملية دعم اتخاذ القرار.
٥. التنبؤ بعمليات الصيانة وإدارتها.

ويقصد بتكلفة دورة حياة المنتج جميع التكاليف التي تكبدتها المنشأة كجزء من تكاليف المنتج على طول حياته. وتكلفة دورة حياة المنتج (LCC) تختبر العلاقة بين ما يدفعه العملاء للمنتج والتكلفة الإجمالية التي يتكبدها للحصول عليه .(Shank, Govindarajan ,2012 Steen, 2005).وترى (النشار ، ٢٠٠٥) أن اسلوب دورة حياة المنتج بتكامله مع أدوات إدارة التكلفة إستراتيجياً يساعد على خفض التكاليف وزيادة فعالية معلومات التكاليف في مجال إتخاذ القرارات في ظل مراعاة وجهة النظر التسويقية والإنتاجية، ويوضح الباحث أهمية مرحلتي المدخلات والمخرجات خلال دورة حياة المنتج وأن الموقف التنافسي سوف يتوقف على مدى فهم كيفية إدارة التكلفة الإستراتيجية بهدف إضافة قيمة أكبر لتكلفة الأنشطة.

ويرى الباحث ان أسلوب إدارة تكلفة دورة حياة المنتج يوفر معلومات ذات قيمة ملائمة لمتخذي القرارات عن المدخلات، والمخرجات، والتأثيرات البيئية الناتجة عن نظام معين خلال دورة حياته الكاملة، والبحث عن فرص خفض التكاليف متمثلة في توفير معلومات كاملة عن المنتج وتحديد الكيفية التي يضيف بها قيمة للعميل خلال المراحل الثلاث لإدارة تكلفة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية، ويعرض الباحث لدور تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في المراحل الثلاث السابقة على النحو التالي:

4-1 مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية:

يعتبر التحول الرقمي للاقتصاد العالمي عملية مكتملة حيث انتقلت المنافسة إلى مرحلة التصميم، وفي الإنتاج الصناعي هناك تحول رقمي لعمليات ونماذج الأعمال، والمفهوم الرئيسي لرقمنة القطاع الصناعي باستخدام الروبوتات الخاصة به للبيانات الضخمة والإنترنت الصناعي للأشياء والاصطناعي الذكاء أصبحوا "توائم رقمية" (Technet-NTI,2019). حيث كانت فرق العمل في مجال الاختبارات الهندسية سابقاً تمر بعملية تجربة وخطأ مطولة لإختبار تصنيع منتج جديد أو مطور في نظام موجود، وباستخدام التوائم الرقمي يمكن للمصنعين إختبار التكوينات المحدثة مع تقليل مخاطر الحسابات الخاطئة المكلفة، كما تعد محاكاة العديد من السيناريوهات المختلفة أسرع وأسهل من الاختبار الفعلي؛ فيستخدم فريق العمل المكون من المهندسين والفنيين التوائم الرقمي لتخطيط وإختبار خطوط الإنتاج الجديدة، هذا يعنى أنه يمكنهم العثور على المشكلات والمجالات المحتملة للتحسين قبل إنشاء النظام المادي، مما يوفر الوقت والمال والجهد المبذول، على نفس المنوال، يمكن تخطيط تصاميم المستودعات بسهولة وفعالية أكبر باستخدام التوائم الرقمي، ويمكن لتقنيات التصور الرقمي الافتراضي أن تجعل المشاكل أكثر وضوحا، كما أنها تساعد في تحسين التواصل داخل فريق العمل بأكمله (Durao et al., 2018)،

ومن خلال رقمنة أصول مقدمي الخدمات الصناعية باستخدام التوائم الرقمي، سيمنح تقنية التوأم الرقمي المصنعين الفرصة لبدء التصرف والتفكير بشكل مختلف، ولن تساعد كمية البيانات التي سيتم إنشاؤها باستخدام هذه التقنية الشركات المصنعة فقط في خفض جميع تكاليف التطوير التي تأتى مع اختبار المنتج، بل ستساعدهم على إتخاذ قرارات تعتمد على البيانات، من خلال إمتلاك الرفاهية لإتخاذ إجراءات مستقبلية لها تأثير إيجابى لأنها تستند إلى كميات هائلة من البيانات الدقيقة والمعدة سابقا، فإن معظم الشركات في القطاع الصناعي ستشهد عائد إستثمار إيجابي كبير إذا كانت ستستخدم هذه المحاكاة بشكل صحيح، والتحقق من صحتها بشكل متزامن، مما يتيح للمصممين التحقق من صحة تصميماتهم أثناء خطوات العمل على تطوير المنتجات/الأنظمة(Nokia, 2020)، وتساعد المعلومات التي توفرها ممارسات المحاسبة الإدارية على إتخاذ القرارات الصحيحة بشأن تطوير المنتج(Sakun et al., 2021)

وتساهم تقنية التوأم الرقمي من خلال التصميم القائم على الإعتمادية المصممين في المراحل المبكرة من دورة حياة المنتج على استكشاف وتقييم القرارات في ضوء تخفيض التكاليف وتقليل وقت تنفيذ العمليات وتحسين الجودة والأداء، كما يمكن أن يؤدي التكامل بين تقنية التوأم الرقمي ونماذج تقدير تكلفة دورة حياة المنتج إلى تحسين عملية جمع بيانات تكلفة دورة حياة المنتج(Jones et al., 2019) .

كما تساهم تقنية التوأم الرقمي في دعم المصممين الذين يستخدمون بنية البيانات التكيفية وتطبيقات علم الوجود(Ontology) لإنتاج نموذج التكلفة بطريقة تلقائية من المعلومات المستخرجة من البيانات طوال دورة حياة المنتج من خلال إلتقاطها بيانات التكلفة وأتمتة تدفق البيانات لتقدير التكلفة بطريقة تكيفية مع تحديد فرص خفض التكلفة على مدار دورة حياة المنتج بشكل فعال ومن ثم تخفيض التكلفة الإجمالية على مدار دورة حياة المنتج (Erkoyuncu et al., 2020) .

وفي مرحلة التصميم وهندسة الإنتاج يتم الإعتماد على تقنية التوأم الرقمي باستخدام مزيج من نمذجة بناء المعلومات وشبكة الإستشعار اللاسلكية لتزويد المصممين بمعلومات فورية أثناء التصميم(Al-Sehrawy et al., 2021) ، وقد استخدم Martinelli et al تقنية التوأم الرقمي في تقدير التكلفة خلال مرحلة التصميم الأولية(Martinelli et al ., 2019)، في حين تم استخدم Du et al تقنية التوأم الرقمي الإدراكي في توفير معلومات إنتقائية للمصممين ساهمت في تقليل الحمل الزائد للمعلومات وتحسين الكفاءة ، كم قد يكون لتقنية التوأم الرقمي القدرة على الإنتقال من مرحلة التصميم إلى مرحلة الإنتاج والعمليات بسهولة ويسر(Agrawal et al., 2022).

ومع تواجد العديد من المنتجات التي يصعب وضعها في نموذج إختبار تقليدي بسيط، وذلك لكثرة المتغيرات والقيود داخل تفاصيلها(Kong et al, 2021،) مثل الصناعات العملاقة كالسفن والطائرات وقواعد الصواريخ لإطالق الأقمار الصناعية، وأيضاً إجراء الاختبارات التي قد لا يمكن أن تحدث إلا مرة واحدة مثل التجارب الصواريخ النووية والصيانات العمالقة لتفادى أي أخطاء كارثية، ظهرت تقنيات نمذجة متعددة في السنوات الأخيرة، وتلعب دوراً أساسياً في دعم نمذجة المنتجات الصناعية بصورة رقمية وبتفاصيل دقيقة تقارب الواقع (Malik & Bilberg, 2019)

ويمكن العمل على تطوير مراحل عملية التصميم والتطوير والتصنيع بشكل كبير من خلا تقنيات التحليلات المتقدمة للبيانات ونمذجة الأنظمة الفيزيائية التشغيلية وإنترنت الأشياء IoT والذكاء الاصطناعي AI وتعلم الآلة ML؛ لذا تكون تقنية التوأم الرقمي أحدث تلك التقنيات المستخدمة في عمليات النمذجة والمحاكاة (Zohdi, 2021) ، حيث تتميز تقنية التوأم الرقمي بإنتاج العديد من الحلول الفعالة للكثير من المشاكل الفنية والتقنية وزيادة الكفاءة والجودة، ومن ثم مناقشة التوقعات المستقبلية المقترحة للمراقبة والتحسين (Kritzinger et al, 2018) وسيوفر المستقبل الرقمي فرصاً عديدة أمام المصمم لمواجهة التحديات داخل عمليات التصميم والتطوير للمنتجات المختلفة (Durão et al, 2018) حيث تثبت السيناريوهات الافتراضية أن المنتجات أكثر إستدامة وأعلى تنافسية

فعندما يتم دمج تلك التقنيات المستحدثة داخل مراحل عملية التصميم، هذا من شأنه تعزيز الكثير من العمليات والخطوات التمهيدية التي يحتاج فيها المصمم لرؤية مدى واقعية المنتج، ويمكن نمذجة المنتجات/الأنظمة حينها بما يتلاءم مع التقنيات المقترحة ومع خصائص خطوات العملية التصميمية (Židek

et al,2020) بداية من بيئة العمل المعرفية والتي بها يتم تحديد المشكلة وجمع المعلومات عنها ووضح مقترحات وأفكار للبحث، وكذلك العصف الذهني وتبادل الأفكار بين أعضاء فريق العمل ووضع المعايير والقيود العامة والتفكير في الحلول الممكنة لها واختيار الحل المناسب لكل منها، وبعد ذلك بيئة الإختبار والتحليل والتي تختص بإنشاء نموذج أولى للاختبار واكتشاف الأخطاء الواردة به وجمع التعليقات حول عملية إجراء تحسينات مبدئية وتطوير النموذج تبعاً للمقترح النهائي ونمذجة الفكرة المختارة بعد التطوير، يأتي بعدها بيئة تجريب إفتراضية وتختص بعمل إختبار وتقييم العينة الأولى والتوصل إلى القصور داخل المنتج/النظام وإجراء عملية صقل للتصميم ومنها إنشاء الحل النهائي والذى يتفادى جميع الأخطاء والمشاكل السابقة وينتج عن هذه المرحلة منتج مبدئي حقيقي، هنا تأتى بيئة تفاعل ذكية-تكاملية وبها مرحلة الحصول على النتائج العامة من جميع المراحل السابقة والمتضمنة سيناريو به سرد وافى لجميع ما حدث، وبعدها يأتي دور بيئة التفاعلات الحقيقية وعملية إطلاق المنتج/النظام النهائي للسوق الاستخدامية وبيان مدى استخدامه للحقيقة

تعتبر تقنية التوائم الرقمي أداة فاعلة لدعم عملية إتخاذ القرارات لتحسين الموثوقية و الأمان في التصميم ومن ثم تساهم في تحسين وتطوير الأداء (Farsi et al., 2021)، من خلال ودراسة الأداء وتحليله لإتخاذ القرارات المناسبة وتسهيل تدفق المعلومات عبر الحدود التنظيمية(Ramu et al., 2022)، واستنادا إلى تطبيقات العالم الحقيقي، يدرس المصنعون نماذج أعمال جديدة حيث يبيعون الخدمة بدلا من المنتج نفسه ثم يستخدمون تقنية التوأم الرقمي لمراقبة توافره وأدائه وتحسينهما، يُعرض على العملاء استخدام المنتج/النظام جنبا إلى جنب مع الصيانة الكاملة ً والتحسين التشغيلي بناءً على القدرات التنبؤية/الوصفية للتوأم الرقم، وتحتفظ الشركة المصنعة بملكية المعدات مع تقديم خدمة الصيانة على أساس التوأم الرقمى كنموذج أعمال أكثر ربحية وأكثر قابلية للإدارة، ومنها تحسين تجارب المستخدم وجودة الخدمات الصناعية باستخدام التوائم الافتراضية (Adamenko et al., 2020)

وبناء على ما سبق يرى الباحث أنه تقنية التوائم الرقمي تؤدي دوراً هاماً في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، حيث توفر فرصاً عديدة أمام المصمم في المراحل المبكرة من دورة حياة المنتج لإستكشاف وتقييم القرارات في ضوء تخفيض التكاليف وتقليل وقت تنفيذ العمليات وتحسين الجودة والأداء.

2-4 مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات

لقد كانت إدارة دورة حياة الأصول ALM Asset Lifecycle Management أحد مجالات التركيز الأولية لتنفيذ التوائم الرقمي، والمفهوم الأساسي للتوائم الرقمي ليس جديداً ويتضمن ذلك دمج النماذج الهندسية الافتراضية مع المنتج المادي أو المعدات في بيئة تسمح بتغيير وتحسين المنتج المصمم لهدف معين، ونظرا للتقدم والتطور في التقنيات التمكينية والنمذجة الافتراضية، فإننا نشهد تركيز متجدد على تنفيذ نموذج تقنية التوأم الرقمي والفوائد المرتبطة به التي يمكن اكتسابها باستخدام التوائم الرقمي التي تمثل المنتج وأنظمة الإنتاج، يمكن للمصممين والمصنعين تقليل الوقت والتكلفة المرتبطين بتجميع أنظمة إنتاج المصنع وتركيبها والتحقق من صحتها، بالإضافة إلى ذلك، عادةً ما يوفر تطبيق التوائم الرقمي لدارة الأصول فوائد قابلة للقياس الكمي للحفاظ على المعدات في الميدان (Global,2019)

وقد تم استخدام تقنية التوأم الرقمي في مرحلة الإنتاج والعمليات في مجال الرقابة على عمليات الإنتاج وإدارتها، والرقابة على جودة الإنتاج وسلامته، والرقابة على الآلات والمواد(Zhou et al., 2019) ، وبالنسبة لضمان القدرات والإمكانات الصناعية يقوم تقنية التوأم الرقمي بإلتقاط إجراءات المشغل الرئيس ومعالجتها لحظياً من خلال مراقبة عمليات التصنيع والتحكم فيها، وتقليل منحنى التعلم للعاملين الجدد، وفيما يتعلق بتطوير الإنتاج تعمل أدوات التحكم التنبؤية متعددة المتغيرات من خلال الاستجابة للتغيرات في شكل حلقة مغلقة على تقدم المنشأة بصفة مستمرة نحو قيودها المثلى، ولتحسين سلسلة القيمة تساعد تقنية التوأم الرقمي على دعم الموائمة والتجاوب السريع والفعال لتوريد المنتجات ذات الجودة لتلبية رغبات العملاء مع توفير المرونة التشغيلية لضبط الإنتاج، وتحسين العمليات من خلال النماذج عالية الجودة التي تقوم برصد الأداء غير الخطي لضمان التدفق والمحاكاة وتحسين الطاقة والموثوقية واستغلال فرص السوق من خلال تخطيط سلسلة التوريد وجدولة ومحاسبة الإنتاج، وزيادة إنتاجية الآلات من خلال تقليل الأعطال، وتخفيض المصروفات التشغيلية من خلال الرقابة المسبقة عبر تقنية إنترنت الأشياء (Agrawal et al., 2022)

وفي ظل بيئة تنافسية للغاية يتعين على شركات التصنيع إنشاء منتجات مخصصة وعالية الجودة وديناميكية من حيث حجم الإنتاج وأوقات تسليم أقصر، حيث تفرض متطلبات السوق الحديثة على الشركات تكييف عملياتها الإنتاجية باستخدام حلول عملية مرنة وفعالة، مما يؤدي إلى الحاجة إلى تطوير أنظمة إدارية ورقابية جديدة تساهم في زيادة الكفاءة والموثوقية والاستجابة، مع ضمان استقرار العملية والحفاظ على موارد الإنتاج (Borangiu et al,2019)

وتساهم تقنية التوأم الرقمي في اتخاذ العديد من القرارات كإنشاء خطوط إنتاج جديدة أو تقديم منتجات جديدة أو عمل تحسينات في المنتجات الحالية عن طريق المحاكاة لتقديم نظير إفتراضي لكل بديل ولكل حالة والتنبؤ بالسيناريوهات المرتبطة بالبدائل المختلفة للقرار، كما تساعد تقنية التوأم الرقمي إدارة المنشآت في عملية التخطيط فيما يتعلق بالمحاكاة لتحديد بدائل التكلفة والأسعار والسناريوهات المتعلقة بها وإتخاذ القرارات التي تحقق أهداف المنشأة المتعلقة بالإنتاج، وتساعد المعلومات التي توفرها ممارسات المحاسبة الإدارية على إتخاذ القرارات الصحيحة بشأن تطوير المنتج(Sakun et al., 2021)

تعتبر تقنية التوائم الرقمي أداة فاعلة لدعم عملية إتخاذ القرارات لتحسين الموثوقية و الأمان في مرحلة الإنتاج والعمليات ومن ثم تساهم في تحسين وتطوير الأداء (Farsi et al., 2021) ، كما يمكن أن تقدم تقنية التوأم الرقمي العديد من الفوائد من خلال تحديث سلسلة من مؤشرات الأداء الرئيسة المالية وغير المالية بشكل فوري ومتزامن، ويتم مقارنة الأداء الفعلي بالأداء المخطط كجزء من بطاقة الأداء المتوازن الشاملة على مستوى المنشأة للوقوف على وضع المنشأة ودراسته وتحليله لإتخاذ القرارات المناسبة لتنفيذ الإستراتيجيات وتسهيل تدفق المعلومات عبر الحدود التنظيمية(Ramu et al., 2020). كما تؤثر القدرة على تحليل البيانات بسرعة على سرعة اتخاذ القرارات الإدارية، مما يزيد بشكل عام من مرونة المنظمة والقدرة على الاستجابة السريعة للبيئة المتغيرة. مما يساهم في تحسين تكنولوجيا عمليات الإنتاج من خلال نظرائهم، كما يمكن للشركات تحديد الاختناقات في جميع مكونات أنشطة الإنتاج من خلال نمذجة الموقف modeling the situation، والتنبؤ بالنتائج المحتملة للقرارات وبالتالي توفير موارد المنظمة الرئيسية والوقت والمال.(Borangiu et al., 2019)

وبناء على ما سبق يرى الباحث أنه يمكن الإستفادة من التوائم الرقمي في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات وما تتمتع به من قدرات في نقل البيانات بين العالم المادي والعالم الإفتراضي وإستغلال فرص السوق من خلال تخطيط سلسلة التوريد وجدولة ومحاسبة الإنتاج، وزيادة إنتاجية الآلات وتخفيض المصروفات التشغيلية وإنتاج منتجات عالية الجودة وأوقات تسليم أقصر.

3-4 مرحلة التشغيل والصيانة

أما في مرحلة التشغيل والصيانة تم استخدام تقنية التوأم الرقمي بجانب تعلم الآلة لتحليل استخدامات الطاقة التشغيلية، كما ساهمت تقنية التوأم الرقمي في جمع وتحليل البيانات ودعم عملية إتخاذ القرارات خلال مرحلة التشغيل والصيانة (Austin et al., 2020)

دائماً ما تقوم فرق الصيانة بجمع المعلومات حول المنتجات/الأنظمة على مدى فترات طويلة، لتعزيز عمليات الصيانة الدورية، ولفهم طبيعة الأعطال المعتادة التي قد تحدث على فترات منتظمة، ومع تواجد جيل جديد من المنتجات/الأنظمة التي تدعم نمذجة التوأم الرقم، ومرتبطة ببعضها عن طريق تقنية إنترنت الأشياء، يمكن حينها للمهندسين متابعة كل هذه المعلومات بدمجها داخل عرض شامل للنظام على مدار الساعة، وضمان التزامن في الوقت الحقيقي بين جميع العناصر المكونة للنظام، حينها يصبح من السهل متابعة الأعطال وأي تغيير مفاجئ للنظام وتباين سلوكيات العناصر داخل بيئة العمل التفاعلية، ويكون المهندس على دراية تامة بأي تغيرات قبل أن تصبح مصدرا للتهديد بالخطر (Mark, 2022)

لا يخلو أي منتج/نظام/خدمة من ضرورة أعمال الصيانة بصورة ملحة، وبتضمين هذه التقنية داخل المؤسسات الصناعية يمكن للمصمم استخدام بيانات التوأم الرقم للتنبؤ بالأعطال المحتملة قبل حدوثها والتدخل ففي الوقت المناسب وفقاً للمعلومات المتاحة، نظراً لأن تقنية التوأم الرقمي يمكنه عمل نسخة رقمية إفتراضية لجميع عناصر ومكونات بيئة العمل، وكأنها عملية إنشاء خطوط إنتاج مماثلة إضافية كإحتياطى للاختبار والدعم الفني دون تكلفة، بالإضافة إلى إمكانية تدريب المهندسين وعمال الصيانة فيما يتعلق بكيفية تفكيك

الآلات وإصلاحها بالترتيب الصحيح، وكذلك استخدام الأجزاء المناسبة لتلك العملية، كل هذا دون التأثير على المعدات والالات المادية الموجودة في الواقع (Židek et al,2020)

ويرى الباحث أن تقنية التوأم الرقمي تُعد مفيدة على مدار دورة حياة المنتج بالكامل، حيث يتم بناؤها بشكل مثالي خلال الدراسة الأولية لتقييم جدوى نموذج العمليات للأصل، وبعد ذلك يتم استخدامه وتطويره في مرحلة التصميم والبناء والتشغيل التجريبي للأصل، ومن ثم يساهم في تسهيل عملية التصميم للأصل وتدريب العاملين القائمين على تشغيله، كما يتم استخدام تقنية التوأم الرقمي غي أغلب دورة حياة الأصل وأنشطة التشغيل والصيانة بما يساهم في إجراء عمليات تحسين الإختبارات والصيانة التنبؤية.

ومن منظور قيمة الاعمال وتحقيق الميزة التنافسية تساعد تقنية الوأم الرقمي على تحقيق العديد من المنافع والعوائد مثل تخفيض تكاليف التشغيل من خلال الكشف المبكر والصيانة الوقائية، لأن إكتشاف العيوب في المراحل المبكرة يمنح المنشآت المزيد من الوقت لدراستها وتحليلها وحلها ومن ثم تحقيق تكلفة تشغيل أقل والانتقال تجاه الصيانة الوقائية، كما أنه في ظل أعمال الصيانة والإصلاح تحتاج المنشآت إلى الإحتفاظ بكميات كبيرة من المخزون وتحمل تكاليف غير ضرورية، ولكن في ظل إستخدام تقنية التوأم الرقمي في التنبؤ بأعمال الصيانة يمكن لإدارة المنشآت التخطيط مقدماً للمواد والطاقم والمعدات بما يساهم في التعديل من خطوات سير العمل ويسمح بإكمالها بالتوازي بدلاً من القيام بها في شكل تسلسلي، مع إمكانية استخدام أسلوب Just in-time لتسليم المواد والمعدات (Austin et al., 2020)

وبناء على ما سبق يرى الباحث أنه يمكن الإستفادة من التوائم الرقمي في مرحلة التشغيل والصيانة من خلال التنبؤ بالأعطال المحتملة قبل حدوثها والكشف المبكر والصيانة الوقائية ومنع حدوث الأعطال ومن ثم عدم الإحتفاظ بكميات كبيرة من المخزون وتحمل تكاليف غير ضرورية.

5. الدراسة الميدانية:

تستهدف الدراسة الميدانية اختبار فرض البحث الرئيس وهو: مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في تخفيض التكاليف وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية من خلال اختبار مجموعة من الفروض الفرعية والتوصل إلى أدلة ميدانية تؤيد تلك الفروض في بيئة الأعمال السعودية أو لا تؤيدها.

5-1 الأساليب الإحصائية:

تم إستخدام الأساليب الإحصائية التالية في هذا البحث:

١. القياس الإحصائي الوصفي القائم على الحزم الإحصائية (SPSS) لوصف خصائص عينة البحث والحصول على المتوسطات الحسابية، والإنحرافات المعيارية، وتم الإعتماد على الوسط الحسابي الفرضي البالغ (٣) كمعيار لقياس وتقييم الدرجة المتحصل عليها وتقييمها من قبل المستجوبين.
٢. اختبار كولمجروف – سمرنوف "One-Sample Kolmogorov Smirnov Test"
٣. إختبار T لعينة واحدة لمقارنة المتوسطات المحسوبة مع متوسط القيم الجدولية المطبقة في هذا البحث لاختبار مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في تخفيض التكاليف وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في منشآت الاعمال السعودية.

5-2 مجتمع وعينة الدراسة:

يتمثل مجتمع الدراسة الميدانية من الأكاديميين، والمحاسبين الاداريين، وأخصائي تقنية معلومات لتوافر وتنوع الخبرات والوعي لديهم، وتم تحديد عينة عشوائية عددها (٢٤٠) مفردة من مجتمع الدراسة بواقع عدد (٨٠) استبانة لكل فئة.

3-5 وسيلة جمع البيانات:

تم الاعتماد في تجميع البيانات على استمارة استقصاء روعي في إعدادها البساطة والوضوح وسهولة الفهم، وتم تحكيمها من قبل مجموعة من المحكمين المتخصصين في المحاسبة في الجامعات حتى خرجت في صورتها النهائية، وقد تم استخدام مقياس ليكرت الخماسي، وتم تجميع عدد (٢٠٨) استبانة صحيحة بنسبة (٨٧٪) من إجمالي الاستبانات وهي نسبة جيدة لإجراء التحليل الاحصائي، ويعرض جدول رقم (١) توزيع استمارات الاستقصاء المستلمة من عينة الدراسة حسب فئات العينة والتي كانت على النحو التالي:

جدول رقم (١) توزيع استمارات الاستقصاء المستلمة من عينة الدراسة حسب فئات العينة

الفئات	إجمالي عدد الاستمارات			نسبة الردود الصحيحة
	الموزعة	المستلمة الصحيحة	المستلمة غير الصحيحة	
الأكاديميين	80	76	4	95%
محاسبي التكاليف والمحاسبين الاداريين	80	68	12	85%
إخصائي تقنية معلومات	80	64	16	80%
المجموع	240	208	32	87%

وكانت المصداقية على الاستبيان تبعا ألفا كرونباخ (٠,٩٤) وهي نسبة ممتازة كونها أعلى من النسبة المقبولة (٦٠٪)، وهذا يعني توافر درجة كبيرة من المصداقية في إجابات الأسئلة.

4-5 تحكيم الاستبيان:

تم تحكيم الاستبيان من قبل مجموعة من الأساتذة المختصين بهدف التأكد من سلامة عبارات الاستبيان من مختلف الجوانب، وبصفة خاصة في ما يتعلق بدقة صياغة الأسئلة والعبارات وتوزيع خيارات الإجابة لضمان ملائمتها لعملية المعالجة الإحصائية وصحة فروض البحث.

5-5 الفروض الإحصائية للبحث:

١. لا تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
٢. لا تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
٣. لا تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
٤. لا يساهم التكامل بين المراحل الثلاث بشكل جوهري في إدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية.
٥. لا توجد إختلافات جوهرية بين آراء المبحوثين حول مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية

5-6 التحليل الاحصائي للبحث:

5-6-1 قياس مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية:

تم قياس مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في تخفيض التكاليف وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية من خلال استبيان يتضمن مجموعة من الآليات التي تقيس ذلك. وقد تم إستخدام مقياس Likert ذو الخمس نقاط لتحديد أوزان العبارات التي تقيس مساهمة تقنية التوأم الرقمي على إدارة تكلفة دورة حياة المنتج وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في السعودية، وللتأكد من فروض البحث يمكن الإجابة على سؤال البحث الرئيس وهو: هل تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية؟

وقد تم إختبار فرض البحث وهو: مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية، حيث تم حساب المتوسط والإنحراف المعياري لإجابات المستجوبين ولسؤال الباحث؟ حيث تم حساب المتوسط العام للإجابات المتعلقة بكل مرحلة، ثم حساب متوسط الوزن لجميع المتوسطات بإستخدام إختبار T لعينة واحدة One Sample T- Test (الجداول من رقم ٢-٥).

5-6-2 اختبار فروض الدراسة الميدانية:

يسعى البحث لإختبار مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج وزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية، وللوصول إلى نتيجة نهائية بشأن التحقق من هذا الفرض تم إختبار الفروض الفرعية التالية:

1. **الفرض الأول:** لا تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.

يبين الجدول رقم (٢) نتائج مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية من خلال الوسط الحسابي والإنحراف المعياري واختبار T لعينة واحدة والأهمية النسبية.

جدول رقم (٢) نتائج مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية
لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية

البيان	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الأهمية النسبية	قيمة (T) المحسوبة	مستوى المعنوية
الفرض الأول	4.94	0.09	0.98	18.6	0.00

يتبين من الجدول رقم (١) أن قيمة الوسط الحسابي لمدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية بلغت (٤,٩٤) وبالمقارنة بالوسط الحسابي الفرضي البالغ (٣) كمعيار لقياس وتقييم الدرجة المتحصل عليها، وكذلك نتائج إختبار T لعينة واحدة والتي تشير لعدم وجود إختلافات جوهرية بين مفردات العينة، ومن ثم تم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل وهو: تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الأعمال السعودية.

2. **الفرض الثاني:** لا تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.

ويبين الجدول رقم (٣) نتائج مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية من خلال الوسط الحسابي والإنحراف المعياري واختبار T لعينة واحدة والأهمية النسبية.

جدول رقم (٣) نتائج مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات

لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية

البيان	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الأهمية النسبية	قيمة (T) المحسوبة	مستوى المعنوية
الفرض الثاني	4.21	0.18	0.91	18.1	0.00

ويتبين من الجدول رقم (٣) أن قيمة الوسط الحسابي لمدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية بلغت (٤,٢١) وبالمقارنة بالوسط الحسابي الفرضي البالغ (٣) كمعيار لقياس وتقييم الدرجة المتحصل عليها، وكذلك نتائج إختبار T لعينة واحدة والتي تشير لعدم وجود إختلافات جوهرية بين مفردات العينة، ومن ثم تم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل وهو : تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.

3. **الفرض الثالث:** لا تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.

يبين الجدول (٤) نتائج مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية من خلال الوسط الحسابي والإنحراف المعياري واختبار T لعينة واحدة والأهمية النسبية.

جدول رقم (٤) نتائج مدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة

لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية

البيان	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الأهمية النسبية	قيمة (T) المحسوبة	مستوى المعنوية
الفرض الثالث	4.76	0.12	0.95	18.4	0.00

ويتبين من الجدول رقم (٤) أن قيمة الوسط الحسابي لمدى مساهمة تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية بلغت (٤,٧٦) وبالمقارنة بالوسط الحسابي الفرضي البالغ (٣) كمعيار لقياس وتقييم الدرجة المتحصل عليها. وكذلك نتائج إختبار T لعينة واحدة والتي تشير لعدم وجود إختلافات جوهرية بين مفردات العينة، ومن ثم تم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل وهو: تساهم تقنية التوأم الرقمي بشكل جوهري في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.

4. **الفرض الرابع:** لا يساهم التكامل بين المراحل الثلاث بشكل جوهري في إدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية. ويبين الجدول (٥) نتائج مدى مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة تكلفة دورة حياة المنتج من خلال الوسط الحسابي والإنحراف المعياري واختبار T لعينة واحدة والأهمية النسبية وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول رقم (٥).

جدول رقم (٥) نتائج مدى مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية.

قياس مدى مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية.	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الأهمية النسبية	قيمة (T المحسوبة	مستوى المعنوية
الوسط الحسابي العام	4.64	0.13	0.95	18.4	0.00

ويتبين من الجدول رقم (٥) أن قيمة الوسط الحسابي لمدى مساهمة التكامل بين المراحل لإدارة دورة حياة المنتج وهي مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية بلغت (٤,٦٤) وبالمقارنة بالوسط الحسابي الفرضي البالغ (٣) كمعيار لقياس وتقييم الدرجة المتحصل عليها. وكذلك نتائج إختبار T لعينة واحدة والتي تشير لعدم وجود إختلافات جوهرية بين مفردات العينة، ومن ثم تم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل وهو: يساهم التكامل بين المراحل الثلاث بشكل جوهري في إدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية. ومن ثم قبول فرض البحث الرئيس: تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.

5. **الفرض الخامس:** لا توجد إختلافات جوهرية بين آراء المبحوثين حول مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية ولقياس عدم وجود إختلافات جوهرية بين آراء المبحوثين تم عمل اختبار كروسكال – والاس "Kruskal-Wallis Test" لاختبار جوهرية الإختلافات بين متوسطات فئات المبحوثين الثلاثة وكانت نتائج الإختبار كما هي موضحة في الجدول رقم (٦).

جدول رقم (٦) نتائج مدى مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية

الفئات	العدد	متوسط الرتب	درجات الحرية	كا²	مستوى المعنوية
الأكاديميون	76	62.3	2	2.61	3.12
محاسبي التكاليف والمحاسبين الاداريين	68	57.4			
أخصائي نظم المعلومات	64	60.1			
	208				

ويتبين من الجدول رقم (٦) نتائج التباين بين آراء المبحوثين في الفئات الثلاثة عن طريق إختبار "Kruskal-Wallis Test" حيث كانت قيمة كا² (٢,٦١) وهي أقل من مستوى المعنوية البالغ قدره (٣,١٢)، ومن هذا يتضح عدم وجود إختلاف بين آراء فئات عينة البحث، وبالتالي كانت آراء الفئات الثلاث الأكاديميين، محاسبي التكاليف والمحاسبين الإداريين، أخصائي نظم المعلومات آراء متوافقة وهو ما يعضد نتائج البحث.

ويمكن ترتيب مدى مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية حسب درجة الأهمية النسبية كما هي موضحة في الجدول رقم (٧)

جدول رقم (٧) ترتيب مدي مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية

للمنشآت الصناعية حسب درجة الأهمية النسبية

م	المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج	الوسط الحسابي	الأهمية النسبية	ترتيب الأهمية النسبية
1	مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية	4.94	0.09	1
2	مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات	4.21	0.18	3
3	مرحلة التشغيل والصيانة	4.76	0.12	2

ويتبين من الجدول رقم (٧) أن مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية جاءت في المرتبة الأولى من حيث الأهمية النسبية لمدى مساهمة التكامل بين بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية، وجاءت مرحلة التشغيل والصيانة في المرتبة الثانية، ثم جاءت مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات في المرتبة الثالثة الأخيرة من حيث الأهمية النسبية.

3-6-5 الخلاصة:

في ظل التقدم التقني والتطور المستمر لتقنيات المعلومات والأتمتة، وزيادة رقمنة الاقتصاد Digitalization of the Economy تم تطوير العديد ممن التقنيات مثل تعلم الآلة Machine Learning البيانات الضخمة Big Data، والحوسبة السحابية Cloud Computing، وإنترنت الأشياء Internet of Things، والذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence، والتي لعبت دوراً مهماً في بيئة الإنتاج الحديثة، وأخيراً ظهرت تقنية تقنية التوأم الرقمي وهي تقنية تقوم على تحسين عملية تحليل وحل المشكلات وتوفير منتجات افتراضية للمنتجات المادية من خلال الربط بين العالم المادي والعالم الافتراضي، وهو أمر ضروري لمحاكاة ومعرفة البدائل الممكنة حول الأداء والتكلفة والإنتاج والرقابة من خلال البيانات التي تمثل الحالة الفعلية للنظير المادي للمنتج في أي لحظة من دورة حياته، وتدعم تقنية التوأم الرقمي استراتيجيات التصنيع الذكية من حيث التصميم الذكي، والعمليات الذكية، والرقابة الذكية، والإدارة الذكية، ويخلص الباحث إلى أن التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية، وقد اختلفت درجات التأثير للتكامل بين المراحل الثلاث لإدارة تكلفة حياة المنتج، وكان التأثير الأكبر لمرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية.

6- نتائج البحث والتوصيات:

6-1 نتائج البحث:

توصل البحث إلى النتائج التالية:

١. تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
٢. تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
٣. تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية.
٤. يساهم التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية.
٥. من حيث ترتيب مدى مساهمة التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية حسب درجة الأهمية النسبية جاءت مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية في المرتبة الأولى، وجاءت مرحلة التشغيل والصيانة في المرتبة الثانية، ثم جاءت مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات في المرتبة الثالثة الأخيرة من حيث الأهمية النسبية.

٦. تم إجراء اختبار كروسكال – والاس "Kruskal-Wallis Test"وتبين عدم وجود إختلاف بين آراء فئات عينة البحث، وبالتالي كانت آراء الفئات الثلاث الأكاديميين، محاسبي التكاليف والمحاسبين الإداريين، إخصائي نظم المعلومات آراء متوافقة وهو ما يعضد نتائج البحث.
٧. قدمت هذه الدراسة إطارا نظرياً لم يسبق تقديمه في أي من الدراسات السابقة وبالتالي كانت نتائج هذه الدراسة مختلفة عن نتائج الدراسات السابقة..
٨. تساعد تقنية التوأم الرقمي في تحقيق العديد من المنافع والعوائد مثل تخفيض تكاليف التشغيل من خلال الكشف المبكر والصيانة الوقائية، ومن ثم تحقيق تكلفة تشغيل أقل والانتقال تجاه الصيانة الوقائية التي تقلل الإحتفاظ بكميات كبيرة من المخزون وتحمل تكاليف غير ضرورية.
٩. تقدم تقنية التوأم الرقمي فرصاً واعدة للمنشآت الصناعية لتعزيز قدراتها التنافسية في بيئة الأعمال الحديثة.
١٠. تساهم تقنية التوأم الرقمي في تخفيض تكاليف التصميم والإنتاج والصيانة للمنشآت الصناعية.
١١. تقدم تقنية التوأم الرقمي العديد من الحلول الفعالة للكثير من المشاكل الفنية والتقنية وزيادة الكفاءة والجودة.
١٢. أصبحت تقنية التوأم الرقمي التقنية الرائدة لتحقيق الدمج بين النماذج المادية والنماذج الإفتراضية وتعد من أهم الإتجاهات الرئيسية في التصنيع الذكي وبمثابة نظام نموذجي لتطبيق النظام المادي السيبراني.
١٣. تعمل تقنية التوأم الرقمي على الوصول إلى نماذج رقمية تساعد على تحسين عمليات التخطيط والرقابة وقياس وتقويم الاداء لتكون قادرة على جمع وتحليل البيانات في الوقت الحقيقي بالإضافة إلى زيادة قدرة الشركات في التصدي لتحديات المنافسة.

6-2 التوصيات:

توصى الدراسة بأهمية تبنى المنشآت لتقنية التوأم الرقمي حيث تقدم العديد من المزايا التنافسية للمنشآت الصناعية تتمثل في تحسين الكفاءة التشغيلية، الحد من المخاطر، تخفيض التكاليف، الابتكار التقني وغير التقني، زيادة حجم المبيعات، الرقابة على الأصول، أتمتة العمليات التشغيلية، والصيانة الوقائية للآلات قبل حدوث الأعطال، بالإضافة إلى التنبؤ بالتغيرات المستقبلية.

6-3 اقتراحات لبحوث مستقبلية:

١. دراسة مدى تأثير تقنية التوأم الرقم على ممارسات المحاسبة الإدارية.
٢. تطوير مقاييس محاسبية جديدة في ظل بيئة تقنية التوأم الرقمي.
٣. دور المحاسب الإداري في تحسين الأداء في بيئة تقنية التوأم الرقمي.
٤. التكامل بين أدوات ذكاء الأعمال وسلسلة الكتل في بيئة تقنية التوأم الرقمي في دعم الممارسات المحاسبية وتتطور دور المحاسبين والمراجعين.
٥. بناء نماذج للتوأم الرقمي على أساس البيانات الضخمة في المنشآت المختلفة.
٦. كيفية استخدام تقنية التوأم الرقمي في تخفيض التكاليف وتحسين الأرباح لتعزيز التنمية المستدامة للمشروعات الصغيرة والمتوسطة.
٧. استخدام تقنية التوأم الرقمي في تطوير أساليب ونماذج تصميم العمليات التكنولوجية في المنشآت الصناعية.

مراجع البحث

المراجع العربية

١. النشار، تهأني محمود (٢٠٠٥)، " إستخدام اسلوب دورة حياة المنتج في تحسين التكاليف : إطار مقترح"، مجلة كلية التجارة للبحوث العلمية، العدد الاول، المجلد الثأني والاربعين، كلية التجارة - جامعة الاسكندرية.
٢. علي، محمد، (٢٠٢١) ما هو تقنية التوأم الرقمي وما فائدته؟.. عوالم خفية، العين الإخبارية ، الثلاثاء ٢٥/٥/٢٠٢١ https://al-ain.com/article/what-digital-twin-hidden-worlds
٣. فراج، منال حامد، (٢٠٢١)، إنعكاسات إستخدام النظم الرقمي على المحاسبة الإدارية والتحديات التي تواجه المحاسبين الإداريين: دراسو ميدانية، مجلة البحوث التجارية، كلية التجارة، جامعة الزقازيق، ٤٣(٤)، ١٣٩-١٨١.
٤. مجلة عناصر. تطور التقنيات https://www.aramco.com/ar/creating-value/technology-development/in-house-developed-technologies/digitalization/digital-technologies
٥. هيئة الحكومية الرقمي السعودية (٢٠٢١)، التوأم الرقمي: دراسة استطلاعية.

المراجع الأجنبية

Adamenko, D., Kunnen, S., & Nagarajah, A. (2020). Digital Twin and product lifecycle management: What is the difference? Product Lifecycle Management Enabling Smart X, 150–162. https://doi.org/10.1007/978-3-030- 62807-9_13

Agrawal, A., Fischer, M., & Singh, V. (2022). Digital Twin: From Concept to Practice. arXiv preprint arXiv:2201.06912

Albert, J. A., Owolabi, V., Gebel, A., Brahms, C. M., Granacher, U., & Arnrich, B. (2020). Evaluation of the pose tracking performance of the Azure Kinect and Kinect v2 for Gait Analysis in comparison with a gold standard: A pilot study. Sensors, 20(18), 5104. https://doi.org/10.3390/s20185104

Almasan, P., Ferriol-Galmés, M., Paillisse, J., Suárez-Varela, J., Perino, D., López, D., ... & Barlet-Ros, P. (2022). Digital twin network: Opportunities and challenges. arXiv preprint arXiv:2201.01144.

Al-Sehrawy, R., Kumar, B., & Watson, R. (2021). A digital twin uses classification system for urban planning & city infrastructure management. J. Inf. Technol. Constr., 26, 832-862.

Alsharari, N. M. (2021). Management Accounting Practices and E-Business Model in the US Walmart Corporation. Accounting and Finance Innovations, 3.

Anshari, M., Almunawar, M. N., & Masri, M. (2022). Digital Twin: Financial Technology's Next Frontier of Robo-Advisor. Journal of Risk and Financial Management, 15(4), 163.

Austin, M., Delgoshaei, P., Coelho, M., & Heidarinejad, M. (2020). Architecting smart city digital twins: Combined semantic model and machine learning approach. Journal of Management in Engineering, 36(4), 04020026.

Autodesk. (2021). https://www.autodesk.com/solutions/digital-twin/architecture-engineering-construction.

Barricelli, B. R., Casiraghi, E., & Fogli, D. (2019). A survey on Digital Twin: Definitions, characteristics, applications, and design implications. IEEE Access, 7, 167653–167671. https://doi.org/10.1109/access.2019.2953499

Borangiu, T., Trentesaux, D., Thomas, A., Leitão, P., & Barata, J. (2019). Digital transformation of manufacturing through cloud services and resource virtualization. Computers in Industry, 108, 150- 162. https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.006

Brylina, O. G., Kuzmina, N. N., & Osintsev, K. V. (2020). Modeling as the foundation of Digital Twins. 2020 Global Smart Industry Conference (GloSIC). https://doi.org/10.1109/glosic50886.2020.9267 812

Chia, B. C. L., Yuen, K. Y., & Woon, K. S. (2022). Digital Twin for Overall Equipment Effectiveness in Intelligent Production Planning. Available at SSRN 4076633.

Cimino, C., Negri, E., & Fumagalli, L. (2019). Review of digital twin applications in manufacturing. Computers in Industry, 113, 103130..

Duan, J. G., Ma, T. Y., Zhang, Q. L., Liu, Z., & Qin, J. Y. (2021). Design and application of digital twin system for the blade-rotor test rig. Journal of Intelligent Manufacturing, 1-17.

Durão, L. F., Haag, S., Anderl, R., Schützer, K., & Zancul, E. (2018). Digital twin requirements in the context of industry 4.0. Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0, 204–214. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01614-2_19

Erkoyuncu, J. A., del Amo, I. F., Ariansyah, D., Bulka, D., & Roy, R. (2020). A design framework for adaptive digital twins. CIRP annals, 69(1), 145-148.

Farsi, M., Ariansyah, D., Erkoyuncu, J. A., & Harrison, A. (2021). A digital twin architecture for effective product lifecycle cost estimation. Procedia CIRP, 100, 506-511.

Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. IEEE Access, 8, 108952-108971. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358

Gabor, T., Belzner, L., Kiermeier, M., Beck, M. T., & Neitz, A. (2016, July). A simulation-based architecture for smart cyber-physical systems. In 2016 IEEE international conference on autonomic computing (ICAC), 374-379.

Gartner. (2019). "Gartner Survey Reveals Digital Twins Are Entering Mainstream Use." Gartner. 2019. https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-20- gartner-surveyreveals-digital-twins-are-entering-mai.

Gartner (2017). Prepare for the impact of digital twins. https://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins/

Global, E. Y. (2019, December 4). How a digital twin can model product life cycle management complexity. EY. Retrieved August20, 2022, from https://www.ey.com/en_gl/consulting/how-a- digital-twin-can-model-product-life-cycle- management-complexity

Jiang, F., Ma, L., Broyd, T., & Chen, K. (2021). Digital twin and its implementations in the civil engineering sector. Automation in Construction, 130, 103838.

Jones, D. E., Snider, C., Kent, L., & Hicks, B. (2019, July). Early stage digital twins for early stage engineering design. In Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design, (Vol. 1, No. 1, pp. 2557-2566). Cambridge University Press.

Jones, D. (2021). Artificial Cognitive Systems: The next generation of the Digital Twin. an opinion. Digital Twin, 1, 3. https://doi.org/10.12688/digitaltwin.17440.1

Kong, T., Hu, T., Zhou, T., & Ye, Y. (2021). Data Construction Method for the applications of Workshop Digital Twin System. Journal of Manufacturing Systems, 58, 323–328. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.02.003

Korovin, G. (2021). Modeling the digital transformation of the region's industry. Lecture Notes in Information Systems and Organisation, 49–55. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73261-5_5

Koulamas, C., & Kalogeras, A. (2018). Cyber-physical systems and digital twins in the industrial internet of things [cyber-physical systems]. Computer, 51(11), 95-98.

Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. IFAC-PapersOnLine, 51(11), 1016-1022.

Lee, D., Lee, S. H., Masoud, N., Krishnan, M. S., & Li, V. C. (2021). Integrated digital twin and blockchain framework to support accountable information sharing in construction projects. Automation in construction, 127, 103688.

Lin, L., Athe, P., Rouxelin, P., Avramova, M., Gupta, A., Youngblood, R., ... & Dinh, N. (2022). Digital-twin-based improvements to diagnosis, prognosis, strategy assessment, and discrepancy checking in a nearly autonomous management and control system. Annals of Nuclear Energy, 166, 108715.

Liu, M., Fang, S., Dong, H., & Xu, C. (2021). Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. Journal of Manufacturing Systems, 58, 346-361.

Malik, A. A., & Bilberg, A. (2019). Complexity-based task allocation in human-robot collaborative assembly. Industrial Robot: the international journal of robotics research and application.

Mark. (2022, February 23). Digital Twins and the power of Predictive Maintenance: Zuken En. Zuken English. Retrieved August 20, 2022, from https://www.zuken.com/en/blog/digital-twins- and-the-power-of-predictive-maintenance/

Martinelli, I., Campi, F., Checcacci, E., Presti, G. M. L., Pescatori, F., Pumo, A., & Germani, M. (2019). Cost estimation method for gas turbine in conceptual design phase. Procedia CIRP, 84, 650-655.

Min, Q., Lu, Y., Liu, Z., Su, C., & Wang, B. (2019). Machine learning based digital twin framework for production optimization in petrochemical industry. International Journal of Information Management, 49, 502-519.

Nokia. (2020). How Digital Twins are driving the future of Engineering. Nokia. Retrieved August 20, 2022, from https://www.nokia.com/networks/insights/tech onology/how-digital-twins-driving-future-of- engineering/

Onaji, I., Tiwari, D., Soulatiantork, P., Song, B., & Tiwari, A. (2022). Digital twin in manufacturing: conceptual framework and case studies. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 1- 28.

Opoku, D. G. J., Perera, S., Osei-Kyei, R., & Rashidi, M. (2021). Digital twin application in the construction industry: A literature review. Journal of Building Engineering, 40, 102726.

Pavlova, I.V. (2020). Trends and examples of corporate digitalization. Vestnik MIRBIS, 2(22), 187-194. https://doi.org/10.25634/MIRBIS.2020.2.22

Pang, T. Y., Pelaez Restrepo, J. D., Cheng, C.- T., Yasin, A., Lim, H., & Miletic, M. (2021). Developing a digital twin and digital thread framework for an 'industry 4.0' shipyard. Applied Sciences, 11(3),1097. https://doi.org/10.3390/app11031097

Parmar, R., Leiponen, A., & Thomas, L. D. (2020). Building an organizational digital twin. Business Horizons, 63(6), 725-736.

Papanagnou, C. I. (2020). A digital twin model for enhancing performance measurement in assembly lines. In Digital Twin Technologies and Smart Cities,). Springer, 53-66.

Ramu, S. P., Boopalan, P., Pham, Q. V., Maddikunta, P. K. R., Huynh-The, T., Alazab, M., ... & Gadekallu, T. R. (2022). Federated learning enabled digital twins for smart cities: Concepts, recent advances, and future directions. Sustainable Cities and Society, 79, 103663.

Rojek, I., Mikołajewski, D., & Dostatni, E. (2021). Digital twins in product lifecycle for sustainability in manufacturing and maintenance. Applied Sciences, 11(1), 31.

Sakun, A. Z., Prystemskyi, O., & Kartashova, O. (2021). Innovative Paradigm of Management Accounting and Development of Controlling in the Entrepreneurship. Universal Journal of Accounting and Finance, 9(4), 548-564.

Shank, J. K., & Govindarajan, V. (2012). Strategic Cost Management and Value Chain. Retrieved from http://www. Study mode.com/essays/strategic-costmanagement-And the value

Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. (2019). Digital Twin in industry: State-of-the- art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), 2405–2415. https://doi.org/10.1109/tii.2018.2873186

Technet-NTI (2019). Digital twins in the high-tech industry. Expert and analytical report. https://technet nti.ru/article/ekspertno-analiticheskij-doklad-cifrovye-dvojniki-v-vysokotehnologichnoj promyshlennosti

Tomczyk, M., & van der Valk, H. (2022). Digital Twin Paradigm Shift: The journey of the digital twin definition. Proceedings of the 24th International Conference on Enterprise Information Systems. https://doi.org/10.5220/0010997600003179

Tadviser (2020). Digital twin of organization, DTO. https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%BA_(Digital_Twin_of_Organization,_DTO)

Ukko, J., Saunila, M., Nasiri, M., Rantala, T., & Holopainen, M. (2022). Digital twins' impact on organizational control: perspectives on formal vs social control. Information Technology & People, 35(8), 253-272.

United engine corporation (2020). Moscow enterprise UEC is completing the first stage of implementation of "digital twins". https://www.uecrus.com/rus/presscenter/odk_news/?ELEMENT_ID=3251&sphrase_id=13018.

West, S., Stoll, O., Meierhofer, J., & Züst, S. (2021). Digital twin providing new opportunities for value co-creation through supporting decision-making. Applied Sciences, 11(9), 3750.

Xiang, F., Fan, J., Ke, S., & Zuo, Y. (2022). Digital twin-driven service collaboration. Digital Twin Driven Service, 33–58. https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91300- 3.00002-4

Yousefnezhad, N., Malhi, A., Kinnunen, T., Huotari, M., & Främling, K. (2020, July). Product lifecycle information management with digital twin: a case study. In 2020 IEEE 18th International Conference on Industrial Informatics (INDIN) (Vol. 1, pp. 321-326). IEEE.

Zheng, Y., Yang, S., & Cheng, H. (2019). An application framework of digital twin and its case study. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 10(3), 1141-1153.

Zhou, C., Luo, H., Fang, W., Wei, R., & Ding, L. (2019). Cyber-physical-system-based safety monitoring for blind hoisting with the internet of things: A case study. Automation in construction, 97, 138-150.

Židek, K., Piteľ, J., Adámek, M., Lazorík, P., & Hošovský, A. (2020). Digital Twin of Experimental Smart Manufacturing Assembly System for Industry 4.0 Concept. Sustainability, 12(9), 3658. https://doi.org/10.3390/su12093658.

Zohdi, T. I. (2021). A digital-twin and machine-learning framework for the design of Multiobjective Agrophotovoltaic Solar Farms. Computational Mechanics, 68(2), 357–370. https://doi.org/10.1007/s00466- 021-02035-z

قائمة استقصـــــــــــــــاء

يقوم الباحث بإعداد بحث بعنوان: " دراسة مدى تأثير تقنية التوأم الرقمي على إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لتعزيز الميزة التنافسية للشركات الصناعية: دراسة ميدانية في بيئة الأعمال السعودية"

ويهدف هذا البحث إلى دراسة مدى تأثير تقنية التوأم الرقمي على إدارة تكلفة دورة حياة المنتج لتعزيز الميزة التنافسية للشركات الصناعية: دراسة ميدانية في بيئة الأعمال السعودية. ونظراً لأن قيمة ونجاح أي بحث علمي لا يتحقق إلا من خلال ربط الجانب الأكاديمي والجانب الميداني، لذا فإن الباحث يحاول من خلال قائمة الاستقصاء معرفة وجهة نظر سيادتكم في الأمور الواردة بالقائمة.

ويؤكد الباحث على أن مساهمتكم في هذا البحث عن طريق تخصيص بعض من وقتكم الثمين وإمدادنا بالبيانات المطلوبة هو الأساس الذي سيترتب علية نجاح هذا البحث ونؤكد لسيادتكم أن هذه البيانات لن تستخدم إلا في أغراض البحث العلمي فقط.

ويشكر الباحث سيادتكم جزيل الشكر لحسن تعاونكم معه في العمل على خدمة وإنجاح هذا البحث العلمي.

الباحث: عبدالعال مصطفى ابو الفضل

أستاذ المحاسبة المشارك

aabuelfadl@su.edu.sa

أولاً : البيانات الشخصية :

التخصص: الأكاديميون ( ) محاسبي التكاليف والمحاسبين الاداريين ( ) إخصائي تقنية معلومات ( )

السؤال الأول: هل تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارت الهندسية لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية من خلال المجالات التالية:

م	الفقرات	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماماً
1	تساهم تقنية التوأم الرقمي في دعم المصممين الذين يستخدمون بنية البيانات التكيفية وتطبيقات علم الوجود لإنتاج نموذج التكلفة بطريقة تكيفية من المعلومات المستخرجة من البيانات طوال دورة حياة المنتج من خلال إلتقاطها بيانات التكلفة وأتمتة تدفق البيانات لتقدير التكلفة بطريقة تكيفية					
2	تساهم تقنية التوأم الرقمي في دعم المصممين على تحديد فرص خفض التكلفة على مدار دورة حياة المنتج بشكل فعال ومن ثم تخفيض التكلفة الإجمالية على مدار دورة حياة المنتج					
3	يتم الإعتماد على تقنية التوأم الرقمي باستخدام مزيج من نمذجة بناء المعلومات وشبكة الإستشعار اللاسلكية لتزويد المصممين بمعلومات فورية أثناء التصميم					

م	الفقرات	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماماً
4	تساهم تقنية التوأم الرقمي في تقدير التكلفة خلال مرحلة التصميم الأولية					
5	تساهم تقنية التوأم الرقمي الإدراكي في توفير معلومات إنتقائية للمصممين تقلل الحمل الزائد للمعلومات وتحسين الكفاءة					
6	يساهم في اختيار بديل التصميم الذي يحقق أعلى قيمة حالية للأموال المستثمرة عن طريق تخفيض القيمة الحالية لتدفقات التكاليف في المراحل المبكرة من دورة حياة المنتج					
7	تساهم تقنية التوأم الرقمي من خلال التصميم القائم على الإعتمادية المصممين في المراحل المبكرة من دورة حياة المنتج على استكشاف وتقييم القرارات في ضوء تخفيض التكاليف					
8	تساهم تقنية التوأم الرقمي من خلال التصميم القائم على الإعتمادية المصممين في المراحل المبكرة من دورة حياة المنتج على تقليل وقت تنفيذ العمليات					

السؤال الثاني: هل تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية من خلال المجالات التالية:

م	الفقرات	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماماً
1	تساعد تقنية التوأم الرقمي في تخفيض التكاليف الإنتاجية					
2	توفر تقنية التوأم الرقمي معلومات كاملة عن المنتج وتحديد الكيفية التي يضيف بها قيمة للعميل					
3	تساهم تقنية التوأم الرقمي في الرقابة على عمليات الإنتاج وإدارتها					
4	تساهم تقنية التوأم الرقمي في الرقابة على جودة الإنتاج وسلامته، والرقابة على الآلات والمواد					
5	تساهم تقنية التوأم الرقمي على الإنتقال من مرحلة التصميم إلى مرحلة الإنتاج والعمليات بسهولة ويسر					
6	تساهم تقنية التوأم الرقمي على تقييم القرارات في ضوء تخفيض تكاليف التشغيل					
7	تساهم تقنية التوأم الرقمي على تقليل وقت تنفيذ العمليات					

8	تساهم تقنية التوأم الرقمي على تحسين جودة المنتجات وجودة الأداء.					
9	يؤدي التكامل بين تقنية التوأم الرقمي ونماذج تقدير تكلفة دورة حياة المنتج إلى تحسين عملية جمع بيانات تكلفة دورة حياة المنتج					
10	تساعد تقنية التوأم الرقمي في تخطيط الإنتاج الذكي و التخلص من تباطؤ المعدات وحل نقاط الاختناق وزيادة الإنتاجية					

السؤال الثالث: هل تساهم تقنية التوأم الرقمي في إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للشركات الصناعية في بيئة الاعمال السعودية:

م	الفقرات	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماماً
1	تساهم تقنية التوأم الرقمي بجانب تعلم الآلة في تحليل استخدامات الطاقة التشغيلية.					
2	تساهم تقنية التوأم الرقمي في جمع وتحليل البيانات ودعم عملية إتخاذ القرارات خلال مرحلة التشغيل والصيانة					
3	تساهم تقنية التوأم الرقمي في إجراء عمليات تحسين الإختيارات والصيانة التنبؤية.					
4	تساعد تقنية الوأم الرقمي على تخفيض تكاليف التشغيل من خلال الكشف المبكر والصيانة الوقائية					
5	تستخدم تقنية التوأم الرقمي في التنبؤ بأعمال الصيانة يمكن ادارة المنشآة التخطيط مقدماً للمواد والطاقم والمعدات والتعديل من خطوات سير العمل ويسمح بإكمالها بالتوازي					
6	تساهم تقنية التوأم الرقمي في الانتقال تجاه الصيانة الوقائية					

السؤال الرابع: هل يساهم التكامل بين المراحل الثلاث لإدارة دورة حياة المنتج: مرحلة تصميم وتطوير المنتج والإختبارات الهندسية، مرحلة الإنتاج وإدارة العمليات، ومرحلة التشغيل والصيانة لزيادة القدرة التنافسية للمنشآت الصناعية في بيئة الأعمال السعودية من خلال المجالات التالية:

م	الفقرات	موافق تماماً	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق تماماً
1	تساهم تقنية التوأم الرقمي على إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصميم المنتج على تعزيز الميزة التنافسية					
2	تساهم تقنية التوأم الرقمي على إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة تصنيع المنتج على تعزيز الميزة التنافسية					
3	تساهم تقنية التوأم الرقمي على إدارة تكلفة دورة حياة المنتج في مرحلة الصيانة والتشغيل على تعزيز الميزة التنافسية					