التوأم الرقمى وأثره على تصميم المنتجات وعمرها الافتراضى

Digital twin and its impact on product design and shelf life

أ.م.د/ هيثم محمد جلال محمد

أستاذ مساعد بقسم التصميم الصناعى -كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان

Assist.Prof.DrHaitham Muhammad Jalal Muhammad

Assistant Professor, Department of Industrial Design, Faculty of Applied Arts, Helwan University

haitham_Kamal@a-arts.helwan.edu.eg

الملخص

تتمثل (أهمية) البحث فى تسليط الضوء على تقنية مستحدثة من شأنها زيادة العمر الافتراضى للمنتجات وهى تقنية " التوأم الرقمى". تقليل تكلفة التصـميم، والاختبار، وعينات المنتج، وتقليل تكلفة التشـغيل. التنبؤ بأعطال المنتج قبل حدوثها وتقليل تكلفة صـــيانتها. حماية العامل عند اســـتخدام بعض الماكينات الخطرة. مراقبة المنتج أو النظام عن بعد دون الحاجة الى التواجد بجانبه. وكان من **(أهداف)** البحث تطوير أسلوب صيانة المنتجات الى التقنية الرقمية " التوأم الرقمى" لما لها من كبير الأثر فى اطالة العمر الافتراضـــى للمنتج، الحفاظ على ســـلامته وتحســـين أداؤه فى العمل وحماية المســـتخدم، تقليل تكاليف كل من (التصميم، الانتاج، الصيانة). تحقيق الأمان فى جميع اختبارات المنتج. تدريس تلك التقنية لطلاب تخصص التصميم الصناعى لما لديهم من الخبره التى تساعدهم على فهم تلك التقنية، وتنفيذها بصوره مبسطة غير معقدة.

أما أهم **(النتائج)** فكانت توضيح تقنية جديدة للمصمم الصناعى ظهرت فى العالم من شأنها تطوير أسلوب صيانة المنتجات الى الصـيانة الرقمية أولاً، وتوضـيح أهمية تلك التقنية فى اطالة العمر الافتراضـى للمنتج، تقليل تكاليف التصـميم، الانتاج، الصـيانة، التخلص من مشـكلة التوقف المفاجىء للمنتج أثناء العمل. التوصـل لمنهجية أو مراحل للتوأمة الرقمية فى مجال التصـميم الصـناعى. وكانت **(التوصـيات)** الاهتمام بدراسـة تقنية " التوأمة الرقمية " لأن من شـأنها تسـهيل عملية التصـميم والانتاج، ادخال تلك التقنية للمقررات التى يدرسها طلاب التخصص، اهتمام المصمم الصناعى بتقنية " الواقع الافتراضى" بجميع أنواعها لما لها من كبير الأثر فى اثراء العملية التصميمية.

الكلمات المفتاحية

التوأم الرقمى ،تصميم المنتجات،العمر الافتراضى .

Abstract

(The importance of) is the research to highlight a new technology that increases the life -long life of the products, which is the 'Digital twin' technology. Reducing the cost of design, testing, product samples, and reducing operating cost. Predicting the product breakdowns before it happens and reduces the cost of its maintenance. Protect the worker when using some dangerous machines. Monitor the product or the system remotely without the need to be next to it.

One of the (goals) was the research to develop the method of maintenance of products to the digital technology 'digital twin' because of its great impact on prolonging the life of the product, maintaining its safety and improving its performance and protecting the user, reducing the costs of both (design, production, maintenance). Achieving safety in all product tests. Teaching that technology for students of industrial design for their experience that helps them to understand that technology, and implement it in a simplified, uncomplicated manner.

As for the most important (results), it was an explanation of a new technology for the industrial designer that appeared in the world that would develop the method of maintenance of products to digital maintenance first, and to clarify the importance of that technology in prolonging the default life of the product, reducing design costs, production, maintenance, and getting rid of the problem of sudden stopping of the product during the work. Access to a methodology.

Keywords
digital twin، deign، shelf life

موضوع البحث :
دائماً ما يبحث المصمم والمستخدم عن كيفية الحصول على منتج عمره الافتراضى طويل، وكيف للمستخدم أن يدرك عمر القطع أو الأجزاء الداخليه أو الخارجية للمنتج، وكثيراً ما تتعطل منتجات سيارة مثلاً بسبب اهمال الصيانة لها، ومن الممكن اذا تعطل أو تلف جزء فى المنتج يؤدى ذلك الى اتلاف أجزاء أخرى، وتكون الخسارة والتكلفة اكبر بكثير من تلف جزء واحد فقط، فظهر الواقع الافتراضى والنمذجة الرقمية للمنتجات فكان يجب الربط بين المنتج الرقمى والمنتج الحقيقى، وعمل وصل وترابط بينهم بحيث يشعر كل منهما بالآخر وهذا هو مايسمى بالتوأم الرقمى Digital Twin وكان هدفه الأول والاخير هو سلامة المنتج وسلامة اجزاؤه والحفاظ عليها من التلف والحفاظ عليها من التوقف، وضمان الامان ايضاً للمستخدم، وسيوضح الباحث كل جوانب تلك التقنية الجديدة فى مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات، ومدى اهمية ذلك لدارسى التصميم الصناعى.

إشكالية البحث
تتمثل الاشكالية فى احتياج المصمم لما يساعده فى التعرف على العمر الافتراضى للمنتج بأجزاؤه، ومنع حدوث عطل مفاجىء للنظام أو المنتج، وتتمثل الاشكالية ايضا فى كيفية تقليل تكلفة الاختبار وتقليل تكاليف الانتاج، وكيفية حل أى مشكلة تطرأ على المنتج وحلها فى زمن قليل، كيفية تدريب العمال على المنتجات أو الانظمة التى تتسم بالخطورة، وكيفية تدريب طلاب التخصص على تلك التقنية.

إدعاء البحث
يدعى البحث أنه يمكن للمصمم اطالة العمر الافتراضى للمنتج بدون اى تكلفة زائدة، وأن المصمم يستطيع معرفة المشكلات التى سوف تحدث للمنتج مستقبلياً، بل ويستطيع أيضاً حلها قبل تفاقمها وتعطل أو توقف المنتج عن العمل، ويدعى البحث أنه يمكن تدريب العمال افتراضيا على منتجات خطرة أو انظمة خطرة للحفاظ على النفس البشرية، وأنه يمكن تدريس تلك التقنية لطلاب تخصص التصميم الصناعى وتصميم المنتجات لما يدرسه الطلاب بالفعل من مقررات تخدم تلك التقنية " التوأمة الرقمية".

أهمية البحث:
١- تسليط الضوء على تقنية مستحدثة من شأنها زيادة العمر الافتراضى للمنتجات وهى تقنية " التوأم الرقمى".
٢- تقليل تكلفة التصميم، والاختبار، وعينات المنتج، وتقليل تكلفة التشغيل.
٣- التنبؤ بأعطال المنتج أو المصنع أو النظام قبل حدوثها وتقليل تكلفة صيانتها.

٤- حماية العامل عند استخدام بعض الماكينات أو المنتجات أو الأنظمة الخطرة.

٥- مراقبة المنتج أو النظام عن بعد دون الحاجة الى التواجد بجانبه.

٦- الحث على تدريس تلك التقنية فى تخصص التصميم الصناعى، وتخصص تصميم المنتجات لأن طلاب ذلك التخصص بالفعل يدرسون بعض المقررات الهامة التى تخدم تقنية " التوأم الرقمى"، وتلك المقررات هى (الواقع الافتراضى، تكنولوجيا النانو، كمبيوتر جرافيك، رسم هندسى وميكانيكى، ميكاترونيكس، نظرية الالات، نظم ميكانيكة وهيدروليكية، هندسة البرمجيات، التصميم التفاعلى والمواد الذكية. فكل تلك المقررات الدراسية يدرسها طالب التخصص خلال سنوات الدراسة وهى مقررات ذات أهمية كبيرة بل وأساسية لتقنية " التوأم الرقمى"، ومما لا شك فيه أن هناك تخصصات أخرى ستشارك المصمم الصناعى فى بناء أو تطبيق تلك التقنية سنذكرها لاحقاً.

أهداف البحث:

١- تطوير أسلوب صيانة المنتجات الى التقنية الرقمية " التوأم الرقمى" لما لها من كبير الأثر والأهمية فى اطالة العمر الافتراضى للمنتج، الحفاظ على سلامة المنتج وتحسين أداؤه فى العمل وحماية المستخدم أيضاً من تلف جزء قد يسبب مشكلة.

٢- تقليل تكاليف كل من (التصميم، الانتاج، الصيانة، أى تفقات زائدة .... الخ) لانه يتم اختبار عينة رقمية من المنتج أولاً قبل العينة الحقيقية.

٣- التخلص من مشكلة التوقف المفاجىء للمنتج أثناء العمل بسبب انهيارات داخليه أو تلف أو تصدعات أو أجزاء انتهى عمرها الافتراضى.

٤- تحقيق الأمان فى جميع اختبارات المنتج لأن كثير من الاختبارات تتسم بالخطورة.

٥- ادخال وتدريس تلك التقنية لطلاب تخصص التصميم الصناعى وتصميم المنتجات لما لديهم من الخبره التى تساعدهم على فهم تلك التقنية، وتنفيذها بصوره مبسطة غير معقدة.

٦- توضيح مراحل التوأمة الرقمية بالتفصيل فى مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات " تصنيف الباحث".

منهج البحث

يقوم البحث على المنهج التحليلى والاستقرائى.

الاطار الزمنى للبحث:

لإثبات الإدعاء يجب إتباع خطة للوصول إلى الهدف:

يفكر الإنسان عندما يواجه إشكالية ما، فإذا توفرت بعض معلومات تتعلق بالإشكالية فإن المفكر يستند إلى هذه المعلومات، وقد يطلب المزيد منها ليصل إلى العناصر غير المعروفة فى الإشكالية، ونعبر عن هذا فى لغة المنطق بقولنا: إن المفكر ينتقل من المقدمات إلى النتائج، وهذا هو الإستدلال. فالإستدلال بمفهومه العام هو العملية العقلية التى تتم بواسطتها الإنتقال من المجهول إلى المعلوم، فيجب فى البداية التعرف على تاريخ تلك التقنية وعلاقتها بمجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات، وأثرها الايجابى فى عملية التصميم والعمر الافتراضى . **فهناك عدة محاور للبحث وهى:**

١- مفهوم التوأم الرقمى Digital Twin.

٢- تاريخ التوأم الرقمى.

٣- كيف يعمل التوأم الرقمى، التقنيات المستخدمة فيه.

٣-١- آلية عمل التوأم الرقمى.

٤- فائدة التوأم الرقمى.

٥- التخصصات والعلوم المكونة للتوأم الرقمى.

٦- المكونات الرئيسية للتوأم الرقمى.

٦-١- أنواع المستشعرات " الحساسات ".

٦-٢- بعض تطبيقات المستشعرات فى المنتجات.

٧- أنواع التوأم الرقمى.

٨- الصناعات التى تستخدم التوأم الرقمى.

٩- بعض تطبيقات التوأم الرقمى.

١٠- تحليل النتائج وتفسيرها " المناقشة ".

- النتائج.
- التوصيات.
- المراجع.

المقدمة

يتم إنشاء التوائم الرقمية لأي جسم أو كيان أو نظام، بعد إرسال النسخة الرقمية كل المعلومات المتغيرة المرتبطة بها بشكل متواصل إلى الكيان الافتراضي. وجاء ذلك في ظل توفر مليارات المستشعرات، وكاميرات الفيديو الذكية، والإنترنت فائق السرعة .

ويتيح نقل البيانات بسهولة للكيان الرقمي (الافتراضي) أن يوجد في ذات الوقت مع الكيان المادي باستخدام أجهزة الاستشعار.

المفاهيم الأساسية:

أولاً: التوأم الرقمى Digital Twin:

هو جسر يربط العالم المادى والعالم الرقمى معاً، وهو نسخة افتراضية لجسم مادى او منتج او كيان أو نظام، حيث يقوم بتوقع نتائج العملية او النظام أو المنتج قبل القيام بها عن طريق تحليل البيانات ومراقبة الأنظمة لتفادى المشاكل قبل حدوثها بالاعتماد على الذكاء الاصطناعى والتعلم الآلى وتحليل البيانات التى ينطلق منها ليشكل نموذجا للمحاكاة الرقمية، عن طريق عمل نسخة رقمية لمنتج ما نسخة طبق الاصل للمنتج الحقيقى ويتم التحكم فى المنتج الحقيقى عن طريق توأمها الرقمى " النسخة الرقمية على الحاسب".

ثانياً: " تصميم المنتجات "Product design:

هي عملية تخطيط وتطوير المنتجات لإخراجها بشكل آمن وجذاب للمستخدم مع مراعاة البيئة والصحة والسلامة، وتأدية وظائفها المحددة بأفضل صورة ممكنة، تمر تلك العملية بعدة مراحل من إيجاد الأفكار لإنتاج المنتجات وحل المشكلات لتصميم منتجات وأنظمة وخدمات مبتكرة، تمكن الشركة أو المؤسسة من النجاح التجاري وتوفر ظروف معيشية

أفضل .كما يشمل المجال مجموعة واسعة من الصناعات، منها: تصميم المنتجات الإلكترونية والأثاث والألعاب والأدوات المنزلية، وأدوات النقل والتغليف والأجهزة الكهربائية والمنتجات الطبية.

ثالثاً: " العمر الافتراضى " End of life:

هو قدرة منتج ما على أداء وظيفته المطلوبة على مدى فترة طويلة في ظل ظروف الاستخدام العادية دون الحاجة إلى الإنفاق الزائد على الصيانة أو الإصلاح. في المقابل... يشمل طول العمر أكثر من مجرد خصائص المواد للمنتج. يشير كوبر إلى أن سلوك المستخدم والاتجاهات الاجتماعية والثقافية الأوسع تلعب أدوارًا مهمة في طول عمر المنتج. توضح الفقرات أدناه تعريفات عمر المنتج الفعلي والمتوقع.

الاطار الزمنى للبحث:

١- مفهوم التوأم الرقمى Digital Twin:

- هو منتج رقمى غير حقيقى يحاكى سيناريوهات العالم الحقيقى المتنوعة لمساعدة المؤسسات والمصانع والشركات فى فهم التأثيرات المحتملة وتحسين الانتاج، والتمييز بين مشكلات جودة المنتج.
- **التوأم الرقمى بالانجليزية Digital Twin** :

هو نسخة افتراضية رقمية لأصل مادى أو غير حى، عن طريق سد الفجوة بين العالم المادى والع الم الرقمى، فيتم نقل البيانات بسهولة مما يسمح للكيان الافتراضى أن يتواجد فى وقت واحد مع الكيان المادى الحقيقى.

- التوأم الرقمى هو نسخة رقمية افتراضية على الحاسب طبق الأصل من المنتج المادى " التوأم الفعلى أو الحقيقى" أو لعمليات أو لأشخاص أو اماكن أو أنظمة أو اجهزة التى يمكن استخدامها لأغراض مختلفة، ويوفر هذا المنتج الرقمى العناصر والداتا والمعلومات لفهم كيفية عمل واستمرارية منظومة مزودة بانترنت الاشياء طوال دورة حياة تلك المنظومة أو المنتج.

٢- تاريخ التوأم الرقمى:

فكرة التوأمة الرقمية لم تتبلور، إلا عندما نشر الباحث في وكالة الفضاء الأميركية (ناسا) "جون فيكرز" مقال خريطة الطريق عام ٢٠١٠، إلا أن الأكاديمي الأميركي "مايكل جريفز" هو أول من بدأ بتداولها قبل ذلك بثماني سنوات. وفي عام ٢٠١٧، تزايد الاهتمام "بالتوأمة الرقمية" حيث وضعته مؤسسة "غارتنر" للأبحاث ضمن قائمة أهم ١٠ توجهات تكنولوجية مستقبلية. لكن فكرة التوأمة تعود إلى عام ١٩٧٠ حينما أنقذ مهندسو وكالة "ناسا" مركبة " أبولو ١٣" الفضائية من انفجار خزان الأوكسجين فيها، عبر استخدامهم أسلوب المحاكاة، وإنشائهم توأماً مماثلاً للمركبة في المحطة الأرضية. وسمحت تلك الخطوة للمهندسين باختبار أفضل الحلول الممكنة، وهم على بعد أكثر من ٣٠٠ ألف كيلومتر من المركبة الفضائية، في ما يمكن اعتباره أحد التطبيقات المبكرة للتوأمة الرقمية. وتعتمد "ناسا" حالياً على "التوائم الرقمية" لتطوير عملها، واستكشاف المشكلات وإصلاحها، وتفادي الأخطاء.

٣- كيف يعمل التوأم الرقمى، التقنيات المستخدمة فيه: يتم بناء مفهوم التوأم الرقمى بحيث يمكنه الحصول على مدخلات من اجهزة استشعار تجمع المعلومات من نظير له فى العالم الحقيقى حيث يسمح لنا هذا التوأم الرقمى بمكاحاة المنتج أو الكائن المادى فى الوقت الفعلى فى العملية التى تقدم رؤى حول الاداء والمشكلات المحتملة.

يمكن أيضـــا أن يتم تنظيم التوأم الرقمى اعتمادا على نموذج نظيره المادى، وفى هذه الحالة يمكن أن ينتقد التوأم أثناء تحسين المنتج.

٣-١- آلية عمل التوأم الرقمى:

أولا: الانشاء:

تجهيز المنتج بالمستشعرات الالكترونية التى تقيس المدخلات المهمة عن المنتج وحالته فى بيئته على أرض الواقع.

ثانياً: التواصل:

التكامل والاتصال السهل والسريع اللحظى ثنائى الاتجاه بين المنتج المادة وتوأمه الرقمى.

ثالثاً: الجمع:

تخزين البيانات فى مستودع للبيانات ومعالجتها واعدادها للتحليل.

رابعاً: التحليل:

يتم تحليل البيانات وتصويرها لتطوير نماذج تكرارية تولد رؤية واضحة للمنتج تساعد على اتخاذ وصنع القرار.

خامساً: الأفكار:

يتم الخروج بأفكار واستنتاجات من خلال تحليل البيانات باستخدام لوحات المعلومات التى ستساعد على تحيد الاجزاء التى تحتاج الى التحقق أو التغيير.

سادساً: التنفيذ:

يتم تحويل هذه الأفكار الى مهام مجدولة تجهيزا للتطبيق على المنتج أو المصـــنع أو المعدة او الماكينة، بتعزيز العملية الرقمية لادراك منافع التوام الرقمى.

٤- فائدة التوأم الرقمى:

١- تحسين أداء استخدام المنتج.

٢- تحليل البيانات السابقة والحالية حول المنتج، ومراقبة الأنظمة لمنع حدوث المشكلات وتفادى التوقف عن العمل.

٣- تساعد عملية المحاكاة هذه على تخطيط الفرص وعمر المنتج، والتحديثات المستقبلية له.

٤- يمكن التعديل على التوأم الرقمى بكل سهولة قبل الانتاج.

٥- يعتبر التوأم الرقمى كنموذج أولى Prototype رقمى قبل عمل النموذج الفيزيائى الحقيقى.

٦- يقلل تكاليف الانتاج لأنه عندما تكون المنتجات صحيحة فى أول تشغيل لها سيتحقق التوفير فى تكاليف الانتاج.

٧- عدم وجود متطلبات لاختبارات مادية مكلفة للمنتجات.

٨- تقليل مشـاكل جودة المنتج، لانه يحاكى سـيناريوهات العالم الحقيقى المتنوعة لمسـاعدة المؤسـسـات فى فهم التأثيرات المحتملة، وتحسيت عمليات الانتاج، والتمييز بين مشكلات الجودة ان وجدت.

٩- تخفيض التفقات الاضافية، وتحسين موثوقية المنتج والمعدات، وتقليل وقت التوقف، ويطيل عمر المنتج.

١٠- يحسـن تدريب العمال والموظفين فى المصـانع على أن يكونوا مسـتعدين للتعامل مع المعدات والاجهزة التى لا يمكن التدريب عليها عمليا.

١١- تحسن الفعالية والانتاجية.

١٢- تقليل تكاليف الصيانة حيث يتنبأ التوأم الرقمى باخفاقات الصيانة من خلال المستشعرات التى تلتقط البيانات حول عوامل الخطر المختلفة، وسيناريوهات التشغيل ويساعد فى تخفيض النفقات.

٥- التخصصات والعلوم المكونة للتوأم الرقمى:

٥-١- انترنت الاشياء IOT:

التطور فى انترنت الأشياء سهل امكانية مراقبة الاحداث والتحكم بها بشكل لحظى، يشير مصطلحIoT 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. وهذا معناه أن الأجهزة التي نستخدمها يوميًا مثل فرش الأسنان والمكانس الكهربائية والسيارات والآلات يمكنها استخدام أدوات الاستشعار لجمع البيانات والتجاوب بذكاء مع المستخدمين.

إن إنترنت الأشياء يُدمج "الأشياء" اليومية مع الإنترنت. يضيف مهندسو الكمبيوتر أدوات استشعار ومعالجات إلى الأشياء اليومية منذ التسعينيات. إلا أن التقدم كان بطيئًا في البداية لأن الرقائق كانت ضخمة وكبيرة الحجم. فقد استُخدمت رقائق كمبيوتر منخفضة الطاقة تسمى علامات RFID لأول مرة لتتبع المعدات باهظة الثمن. ومع تقلص حجم الأجهزة الحاسوبية، أصبحت هذه الرقائق أيضًا أصغر حجمًا وأسرع وأكثر ذكاءً بمرور الوقت.

٥-٢- الذكاء الاصطناعى AI:

استخدام تحليل البيانات الضخمة فى الذكاء الاصطناعى لاستخلاص تحليلات جديدة اكثر واقعية.

يشير مصطلح (AI) إلى الذكاء الاصطناعي وهي الأنظمة أو الأجهزة التي تحاكي الذكاء البشري لأداء المهام والتي يمكنها أن تحسن من نفسها استنادًا إلى المعلومات التي تجمعها لقد أصبح الذكاء الاصطناعي مصطلحًا شاملاً للتطبيقات التي تؤدي مهام مُعقدة كانت تتطلب في الماضي إدخالات بشرية مثل التواصل مع العملاء عبر الإنترنت. غالبًا ما يُستخدم هذا المصطلح بالتبادل مع مجالاته الفرعية، والتي تشمل التعلم الآلي والتعلم العميق .ومع ذلك، هناك اختلافات.. على سبيل المثال، يُركز التعلم الآلي على إنشاء أنظمة تتعلم أو تحسّن من أدائها استنادًا إلى البيانات التي تستهلكها. ومن المهم أن نلاحظ أنه على الرغم من أن كل سُبل التعلم الآلي ما هي إلّا ذكاء اصطناعي، فإنه ليس كل ذكاء اصطناعي يُعد تعلمًا آليًا.

٥-٣- تخطيط السيناريوهات " المحاكاة ":

هى القدرة على تقييم سيناريوهات معقدة، يصف تخطيط السيناريو وتصوره وتحليله والتنبؤ به وترتيبه طريقة التخطيط الاستراتيجي التي توظفها بعض المنظمات لوضع خطط مرنة طويلة الأجل.

من تطبيقات تخطيط السيناريو الأكثر شيوعًا ما ينتجه المحللون من محاكاة لصانعي السيارات. تجمع هذه الطريقة بين الحقائق المعروفة، وتشتمل على معلومات شبه كاملة عن المنتج وعمره الافتراضى وقدرات تحمله ... الخ.

٦- المكونات الرئيسية للتوأم الرقمى:

هناك خمس مكونات رئيسية للتوأم الرقمي:

١- المفعلات " المحركات ":

عندما يكون هناك ما يبرر اجراء ما فى العالم الحقيقى، يقوم التوأم الرقمى بانشاء الاجراء عن طريق المحركات والاجهزة التى تحول الطاقة الى حركة التى تخضع للتحكم البشرى أيضاً، وتؤدى الى بدء العملية على أرض الواقع.

٢- تحليل البيانات:

تستخدم تقنية تحليل البيانات من خلال عمليات المحاكاة الحسابية واجراءات التصور التى يستخدمها التوأم الرقمى لانتاج رؤية وتصور عالى الدقة.

٣- التكامل:

ربط بيانات العالم الحقيقى التشغيلية والبيئة بمستشعرات مرتبطة ببيانات المؤسسة مثل فاتورة المواد ومواصفات التصميم والرسومات الهندسية وما الى ذلك.

٤- المعلومات:

دمج البيانات التشغيلية فى العالم الحقيقى والتى تؤخذ من خلال المستشعرات مع البيانات من المؤسسة ومواصفات التصميم والرسومات الهندسية وما الى ذلك.

٥- المستشعرات:

ترسل المستشعرات اشارات تمكن التوأم من التقاط البيانات التشغيلية والبيئية المتعلقة بالمنتج على أرض الواقع.

٦-١- أنواع المستشعرات " الحساسات ":

المستشعرات Sensors " الحساسات" الرقمية المستخدمة فى التوأم الرقمى:

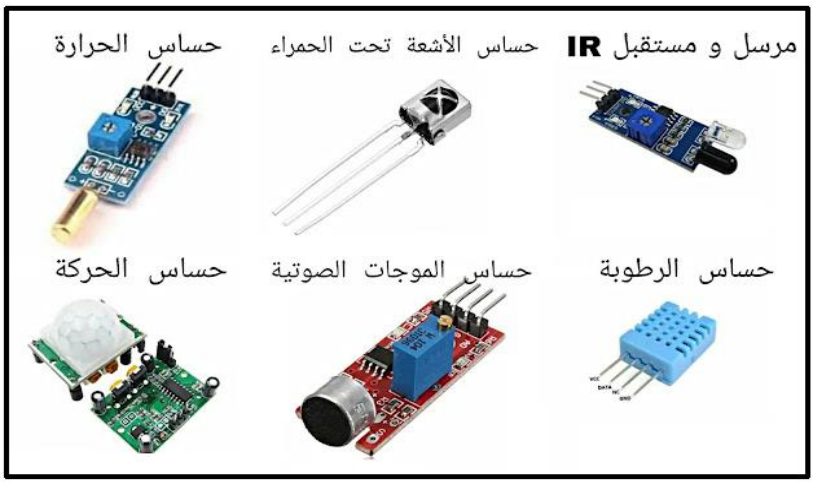
◄ **تعريفها**: المستشعرات هي أجهزة صغيرة للغاية قد تحتاج إلي عدسات مكبرة في بعض الأحيان حتى تراها ولكن لديها قدرة عالية للغاية على كشف الحالة المحيطية، وهناك العديد من أنواع المستشعرات ومنها المستشعرات الرقمية، مثال صغير على المستشعرات لتعرف ما هي ،إذا قمت بزيارة أحد الفنادق أو البنوك أو الشركات الكبرى ستجد دائماً أجهزة صغيرة معلقة بالأعلى وما لا يعرفه الكثيرين أن تلك الأجهزة عبارة عن مستشعرات تقوم بقياس درجة الحرارة داخل المكان لتقوم بإطلاق تحذير في حالة الحرائق والخطر وفي بعض الدول المتقدمة يوجد مستشعرات مثل تلك ولكن الهدف منه هو قياس احتمالية حدوث الزلازل.

المستشعر تطلق على الأجهزة التي يمكن أن نجدها اليوم في عالمنا في كل مكان، سواء في المنزل أو السيارة أو المكتب، وتعمل على تسهيل حياتنا بطريقة لم تكن موجودة من قبل، يمكن تعريف المستشعر بأنه جهاز أو وحدة تساعد في اكتشاف أي تغييرات في الكمية المادية مثل الضغط أو القوة أو الكمية الكهربائية مثل التيار أو أي شكل آخر من أشكال الطاقة، وبعد مراقبة التغييرات، يرسل المستشعر المدخلات المكتشفة إلى معالج دقيق، وبناءً على تلك المدخلات، ينتج المستشعر إشارة مخرجات قابلة للقراءة، والتي يمكن أن تكون إما بصرية أو كهربائية ... الخ.

◄ **أنواع المستشعرات Sensors أو " المجسات ":**

هناك أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار التي يشيع استخدامها في تطبيقات مختلفة. تُستخدم كل هذه المستشعرات لقياس إحدى الخصائص الفيزيائية مثل درجة الحرارة والمقاومة والسعة والتوصيل ونقل الحرارة وما إلى ذلك (شكل ١).

- حساس الأشعة تحت الحمراء.
- مجسات درجة الحرارة والمزدوجات الحرارية.
- مستشعر القرب.
- مستشعر تأثير هول.
- مجسات بالموجات فوق الصوتية.
- أجهزة استشعار التسارع والجيروسكوب.
- مقياس الضغط.
- مستشعر خلية الحمل.
- مستشعر الضوء.
- مستشعر اللون.
- مستشعرات تعمل باللمس.
- كاشف الحركة PIR ومستشعر الاهتزاز.
- جهاز الكشف عن المعادن وتدفق المياه ومستشعر معدل ضربات القلب.
- مستشعر التدفق والمستوى.
- مستشعر الدخان والضباب والغاز والإيثانول والكحول.
- حساس الرطوبة ورطوبة التربة والمطر.



شكل ١: يوضح بعض أنواع المستشعرات " الحساسات "

◄ شرح لبعض أنواع المستشعرات Sensors:

١- مستشعرات درجة الحرارة:

يعد مستشعر درجة الحرارة من أكثر أجهزة الاستشعار شيوعًا والأكثر استخدامًا ، ومستشعر درجة الحرارة كما يوحي الاسم يستشعر درجة الحرارة ، أي أنه يقيس التغيرات في درجة الحرارة ، وهو من أهم أنواع المستشعرات التناظرية، تُستخدم هذه الأنواع في كل مكان تقريبًا والتطبيق العملي لجهاز استشعار درجة الحرارة الأول هو أجهزة قياس درجة

حرارة جسم الإنسان، يتم تصنيف مستشعرات درجة الحرارة أيضًا إلى أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار مثل الثرمستورات أو منظمات الحرارة وأجهزة استشعار درجة الحرارة الرقمية وبعض الأنواع الأخرى، ويتم استخدامه للتحكم في درجة حرارة أي جهاز بناءً على متطلبات التطبيقات الصناعية بحيث يستشعر التغير في درجة حرارة الدوائر الكهربائية داخل الأجهزة المختلفة

٢- مجسات الأشعة تحت الحمراء:

تُسمى شرائح الصور الصغيرة التي تحتوي على خلية ضوئية تُستخدم لإصدار وكشف ضوء الأشعة تحت الحمراء مستشعرات الأشعة تحت الحمراء ، وتستخدم مستشعرات الأشعة تحت الحمراء عمومًا لتصميم تقنية التحكم عن بعد، يمكن استخدام مستشعرات الأشعة تحت الحمراء لاكتشاف العوائق في السيارة الآلية وبالتالي التحكم في اتجاه السيارة الآلية. هناك أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار التي تعمل بهذه الطريقة ، ولكن أبسط الأنواع وأكثرها استخدامًا في حياتنا هو جهاز التحكم عن بعد الخاص بالتلفزيون.

٣- أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية:

تستخدم مستشعرات الموجات فوق الصوتية لقياس المسافة أو وقت السفر باستخدام الموجات فوق الصوتية ، ويتم استخدام مصدر لإصدار الموجات فوق الصوتية وبعد وصول الموجة إلى الهدف تنعكس الموجات ويقوم الكاشف بجمع الإشارة مرة أخرى ، ووقت السفر بين الموجة المرسلة و يتم قياس الموجة المنعكسة باستخدام جهاز استشعار الموجات فوق الصوتية، يستخدم جهاز الاستشعار بالموجات فوق الصوتية عنصرًا واحدًا للإرسال والاستقبال.

٤- مستشعر تأثير "هول":

المستشعر الذي يعمل على مبدأ التأثير المغناطيسي يسمى مستشعر Hall Effect ، في هذا النوع يكون المجال المغناطيسي هو المدخل والإشارة الكهربائية هي الإخراج ، حيث يتم تطبيق مجال مغناطيسي خارجي لتنشيط مستشعر تأثير Hall ، ويعتمد ذلك أن جميع المغناطيسات لها خاصيتان مهمتان وهما كثافة التدفق والقطبية وكثافة التدفق المغناطيسي دائمًا حول كائن ما. لذلك سيكون خرج مستشعر التأثير دالة على كثافة التدفق، من التطبيقات المهمة لهذا النوع من أجهزة الاستشعار في السيارات لقياس المسافة والسرعة والوقوف والتحكم في الأكياس الهوائية داخل السيارة أو الكشف عن سرعة نظام فرامل السيارة ، كما تستخدم هذه المستشعرات في نظام تحديد المواقع .GPS و اخرين.

٥- مستشعر " حساس التسارع":

إن هذا المستشعر الرقمي أو الحساس الرقمي متواجد في أغلب الهواتف الذكية وهو يستخدم بصورة أساسية في تطبيق البوصلة ويساعدك هذا المستشعر على تحديد الاتجاه الموجه له هاتفك وفي حالة إن كان هاتفك الذكي يعمل باللمس تأكد أن هذا المستشعر متواجد بداخله وهو مفيد للغاية ووجوده في أغلب الهواتف أصبح أمر أساسي

٦- مستشعر تحديد الاتجاه " الجيروسكوب":

إن وجود هذا المستشعر مرتبط بالمستشعر السابق فهم يكملوا بعضهم البعض فمن خلال مستشعر الجيروسكوب سيتمكن هاتفك من تحديد ثلاث اتجاهات وعلى أساسهم سيتمكن من معرفة الاتجاه الرابع ومن الجدير بالذكر أيضاً أصدقائي أن هذا الحساس متواجد في جميع الهواتف الذكية فمن دونه لن تكتمل عملية الاستخدام لتطبيق البوصلة على هاتفك.

٧- البارومیتر:

هذا المستشعر لن تجده في الكثير من الهواتف الذكية ولكنه متواجد باستمرار مع خبراء الطقس ووظيفته بسيطة للغاية ولكنها في غاية الأهمية حيث يستخدم لقياس درجات الضغط الجوي ومعرفة التغيرات التي ستحدث في حالة الطقس ولكن الأمر مقتصر على التغيرات قصيرة الأجل فقط وليس على المدى البعيد هذا بالإضافة إلي أن هذا المستشعر يستخدم كأداة علمية بحته.

٨- مستشعر القرب:

عندما تقوم بالتحدث في هاتفك وبمجرد وضع الهاتف على أذنيك من أجل البدء في الاستماع والرد ستلاحظ عزيزي القارئ بأن شاشة الهاتف يتم إغلاقها على الفور وهذا تجنباً للضغط على شاشة الهاتف وتنفيذ أي أمر غير مرغوب به ،كل تلك العملية تتم من خلال مستشعر القرب هذا وهو موجود في جميع الهواتف الذكية.

٦-٢- بعض تطبيقات المستشعرات فى المنتجات:

مثال١: المستشعرات التى تستخدم فى السيارات:

هناك أنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار المستخدمة في السيارات، ولكن من الضروري معرفة عمل هذه المستشعرات. من أجل وظيفة هذه المستشعرات ، قمت هنا بإدراج بعض أجهزة الاستشعار الشائعة المستخدمة في السيارات والتي تشمل ما يلي:

- حساس تدفق الهواءMass airflow sensor
- حساس سرعة المحركEngine Speed Sensor
- حساس الأكسجينOxygen Sensor
- حساس الطرقKnock Sensor
- حساس سائل التبريدCoolant Sensor
- حساس الضغط المطلقManifold Absolute Pressure (MAF) Sensor
- حساس درجة حرارة الوقودFuel Temperature Sensor
- حساس الجهدVoltage sensor
- حساس موضع عمود الكاماتCamshaft Position Sensor
- حساس الثروتلThrottle Position Sensor
- حساس سرعة السيارةVehicle Speed Sensor

وطبقت شركة BMW التوأم الرقمى على بعض موديلاتها الحديثة بالفعل، وتم توصيل تلك الحساسات بانترنت الاشياء بالتوأم الرقمى للسيارة لاجراء الصيانة لها ومعرفة المشاكل الحالية والمستقبلية.

مثال٢: المستشعرات التى تستخدم فى المصانع:
- حساسات العبور والفحص – حساسات الحرارة – حساسات الضغط – حساسات معدل الجريان والتدفق – حساسات الفصل والوصل – الحساسات الرقمية والتشابهية – الحساسات البصرية – حساسات الضوء والظلام – الحساسات العاكسة – حساسات الاشعة البينية – الحساسات اللونية – حساسات الليزر- الحساسات الفوق صوتية – حساسات الرطوبة – الحساسات السعوية – الحساسات الكهروكيميائية.

٧- أنواع التوأم الرقمى:

هناك العديد من أنواع التوأم الرقمية المختلفة، والتي يمكن أن تعمل جنبًا إلى جنب داخل نفس النظام. ففي حين أن بعض التوائم الرقمية تكرر أجزاء واحدة فقط من كائن، إلا أنها كلها حاسمة في توفير تمثيل افتراضي. والأنواع الأكثر شيوعًا من التوائم الرقمية هي التالية.

٧-١- التوائم المكونة أو " المنفصل ":

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.

٧-٢- توائم الأصول:

في المصطلحات الرقمية 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.

٧-٣- توائم النظام " التوأم المركب":

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.

٧-٤- التوائم العملية " المنشآت":

تُظهر لك توائم العملية البيئة الرقمية 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.

٨- الصناعات التى تستخدم التوأم الرقمى:

٨-١- السيارات

تستخدم صناعة السيارات التوأمة الرقمية لانشاء نماذج رقمية للسيارات، فيمكن أن يمد التوأم الرقمى المصمم بالسلوك الجسدى للسيارة بالاضافة الى التوائم الرقمية البرمجية والميكانيكية والكهربية للسيارة، وتكون فيه الصيانة ذات قيمة لان التوأم الرقمى يمكنه تنبيه مركز الخدمة والصيانة أو المستخدم عندما يجد مشكلة فى أداء السيارة ويمده أيضاً بموعد الصيانة لكل جزء من الأجزاء.

٨-٢- التصنيع:

تستخدم التوأمة الرقمية عبر دورة حياة التصنيع بأكملها، من التصميم والتخطيط والاختبار الى الصيانة. ويسمح النموذج الرقمى بمواقبة المعدات والالات والماكينات فى جميع الاوقات " الوقت الحقيقى الفعلى"، وتحليل بيانات الاداء التى توضح كيفية عمل جزء معين أو حتى كيفية عمل المصنع والنظام بأكلمه.

٨-٣- الطاقة:

تستخدم فى نطاق الطاقة لدعم التخطيط الاستراتيجى للمشاريع وتحسين الاداء ودورات الحياة للنظام، وتستخدم فى محطات تنقية المياه على نظاق واسع، ومن أهم استخداماتها فى مجال الطاقة هو استخدامها فى محطات الطاقة النووية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية.

٨-٤- البناء:

تقوم فرق البناء بانشاء توائم رقمية لتخطيط المشاريع السكنية والتجارية، ولبيان البنية التحتية بشكل أفضل، ولمراقبة درجات الحرارة فى الأبنية وجودة الهواء داخل الغرف ولمحكاة المدن كاملة.

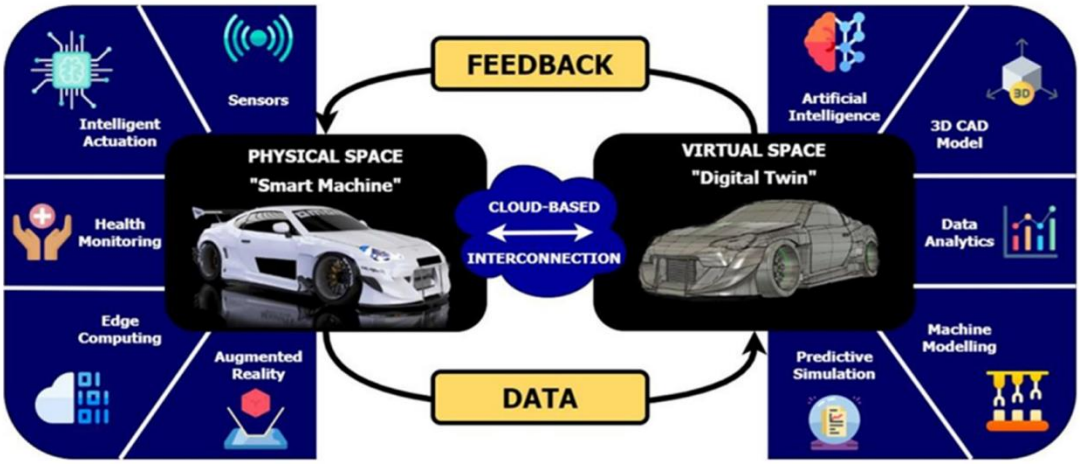
٨-٥- الرعاية الصحية:

تستخدم التوأمة الرقمية فى الرعاية الصحية لعدة حالات، وتشمل بناء توائم افتراضية لمستشفيات بأكملها ومرافق الرعاية الصحية الاخرى، والمختبرات، والاجسام البشرية لنمذجة الأعضاء وتشغيل المحاكاة لاظهار كيفية استجابة المرضى لعلاجات محددة.

٩- بعض تطبيقات التوأم الرقمى:

٩-١- شركة " تسلا " للسيارات الكهربائية:

لا يحتاج سائقو مركبات "تيسلا" الكهربائية للذهاب إلى ورش الصيانة لإصلاح مركباتهم، وذلك لأن "توأمها الرقمي" يتولى ذلك حتى قبل وقوع المشكلات فيها. وابتكرت شركة "تيسلا" الأميركية "توائم رقمية" لمركباتها، عبر قيام المستشعرات المثبتة على المركبات بإرسال واستقبال المعلومات من وإلى الكيانات الرقمية عبر الإنترنت فائق السرعة. وتسمح البيانات التي يتم جمعها بتتبع حالة عمل السيارة، واكتشاف المشكلات قبل حدوثها. ولم تكتف قطر بإنشاء ملاعب لكرة القدم لاستضافة مباريات كأس العالم لكرة القدم، لكنها أقامت "نسخاً رقمية" من تلك الملاعب بكل تفاصيلها الموجودة فعلياً على الأرض (شكل ٢).

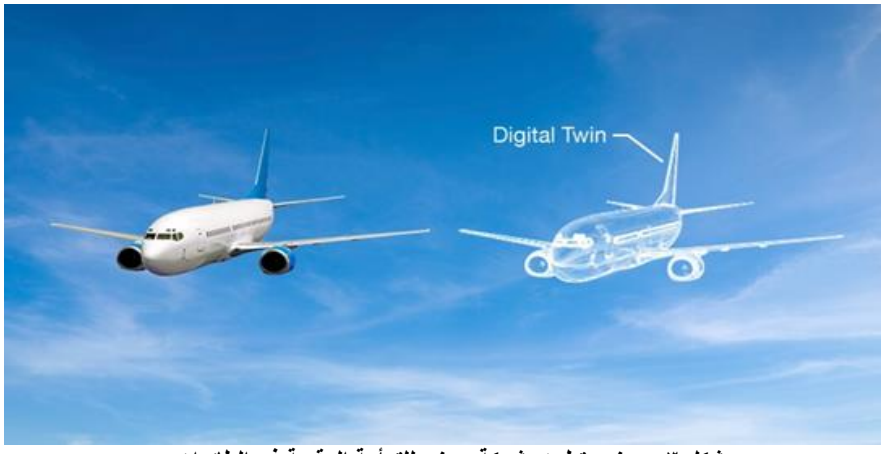


شكل ٢: يوضح تطبيق شركة تيسلا للتوأمة الرقمية فى السيارات

٩-٢- شركة " بوينج " للطائرات:

كما تعمل شركة "بوينغ" لإنتاج الطائرات التجارية والعسكرية على استخدام "التـوأم الرقمـي" لتصـنيع طـائرة جديـدة بعـد تشـغيل عمليـات المحاكـاة للتنبـؤ بـأداء مختلـف مكونات الطائرة علـى مـدار دورة حيـاة المنـتج. وسـمح ذلـك لمهندسـي "بوينـغ" بـمعرفة الوقت المتوقع لفشل المنتجات، وتحقيق ما يصل إلى ٤٠% مـن التحسين في جودة الأجـزاء والأنظمة التي يتم بناؤها لطائرات معينة، وتبحث شـــركة "بوينغ" اســـتخدام "التوأم الرقمي" لتحقيق معادلة مثالية لوزن البضـائع لتحديد حمولة شـحن آمنة ما سـيزيد من عائدات الشـحن لكل رحلة، ويتلقى "التوأم الافتراضـي" للأرض عبر مستشعرات ذكية تغطي الأرض معلومات آنية مستمرة عن الضوء والجاذبية والمغناطيسية والحرارة والرطوبة والأمطار، مما يوفر كميات هائلة من البيانات.

تستخدم الخطوط الجوية السويسرية منصة رقمية يطلق عليها Aviator وهي من إنتاجLufthansa Technik ، بيانات كل طائرة من أسطول الطيران السويسري مخزنة في ذلك النظام على شكل نموذج محاكاة رقمي مطابق للوضع الحالي لأي طائرة... وبالتالي يساعد ذلك النظام على إجراء الصيانة الإستباقية وحماية الطائرة من أي أعطال غير متوقعة...عن طريق متابعة حالة التوأم الرقمي لأي طائرة (شكل ٣)



شكل ٣: يوضح تطبيق شركة بوينج للتوأمة الرقمية فى الطائرات

١٠- تحليل النتائج وتفسيرها " المناقشة ":

◄ عرف الباحث تلك تقنية " التوأم الرقمى " لعدم حدوث تداخل فى المفاهيم على أنها:

... خلق منتج رقمى 3d على الحاسب الالى يحاكى ويطابق ويماثل المنتج الحقيقى، أى عمل منتج افتراضـى مجسم على الكمبيوتر يماثل ويطابق المنتج الفيزيقى الحقيقى فى كل شىء فى الوزن والحجم واللون والخامة والقوة ويطابقه فى أجزاؤه وطرق تجميعها، ويطابقه فى المواصفات الفنية والتقنية، ويطابقه فى ظروفه البيئية والتشغيلية، حتى أنه يطابقه فى العمر الافتراضـى له فهو منتج طبق الأصـل للمنتج الحقيقى ولكنه رقمى Digital على الحاسـب، بحيث يشـعر المنتج الرقمى " التوأم الرقمى" بكل شـــىء يحدث للمنتج الحقيقى الفيزيائى دون حاجة المراقب أو الانســـان أو العامل الى التواجد بجوار المنتج الحقيقى لمراقبته، أى تتم المراقبة عن بعد لسـيارة مثلاً عن طريق توأمها الرقمى على الحاسـب. والنسـخة الرقمية هى التى تتحكم فى المنتج الحقيقى عن طريق مستشعرات " حساسات " Sensors لكل شىء للحرارة والضغط والرطوبة والحركة والوزن ... الخ، وتحول تلك الداتا المســتقبلة من المنتج الحقيقى الى بيانات ترســل للمنتج الرقمى ليتثنى للمنتج الرقمى تحديد العيوب والمخاطر واتخاذ القرار بتبديل جزء او تغييره أو عمل صيانه له.

◄ **العلوم الهامة لتطبيق التوأم الرقمى فى مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات (تصنيف الباحث):**

١- رسام 2D و 3D على الحاسب الآلى " المصمم الصناعى":

لرسم المنتج رسومات تنفيذية وتفصيلية رسم ثنائى الأبعاد، وتحويل ذلك الى 3D Model كنسخة طبق الأصل من المنتج الحقيقى بكل مواصـــفاته الهندســـية والتقنية، وانشـــاء نســـخة المحاكاة ويتم ذلك بعد برامج منها Catia، Rhino ، Solidworks وغيرهم من البرامج.

٢- مهندس بيانات:

يتضـــمن هذا الدور الجمع بين مهارات البرمجة وتقنيات تحليل البيانات، مهارات التعاون القوية بصـــاحب المصـــنع أو المؤسسة التى تمد المهندس بمعلومات كاملة عن المنتج، تطوير نماذج أولية سريعة للحلول الابداعية التى تختبر الفرضيات مع المستخدمين النهائيين.

٣- مطور محاكاة بالاشتراك مع المصمم الصناعى:

يطور تطبيقات التوأم الرقمى ويقدم المنتجات بســـرعة مع الحفاظ على الجودة العالية، يقود فريق المطورين المبتدئين، ويضع المعايير والتوجيه. تحليل احتياجات المستخدم، تصميم البرامج واختبارها وتطويرها، يقدم توصيات ترقية البرامج، توثيق كل جانب من جوانب تصميم المنتج أو النظام كمرجع للصيانة والتحديثات المستقبلية.

◄ **أهمية تقنية " التوأم الرقمى" من وجهة نظر الباحث:**

١- التعليم المستمر لحالة المنتج الراهنة والمستقبلية:

يمكن للتوأم الرقمى أن يتعلم باستمرار ويجدد معلوماته باستمرار ويطور من نفسه، طبقا للبيانات والمعلومات التى يحصل عليها مع الوقت، وبالتالى يمكن ان يحل محل الجسم المادى فى كثير من الاحيان

٢- القدرات التنبؤية لسلوك واعطال المنتج:

يمكن أن يقدم التوأم الرقمى رؤية رقمية مرئية كاملة لمصـنع أو منتج معين خاص بالمصـنع نفسـه، حتى وان كانت تتكون من الاف القطع، وتراقب المستشعرات الذكية اخراج كل مكون مما يؤدى الى الابلاغ عن كل المشكلات الحالية والمحتملة أو الأخطاء عند حدوثها وقبل حدوثها، ويمكنها اتخاذ اجاء عند اول علامة على وجود مشـــاكل بدلا من الانتظار حتى تتعطل المعدة تماما أو تفاقم المشكلة أو العطل.

٣- المراقبة عن بعد خصوصا فى الأعمال الخطرة وحماية الانسان:

يمكن مراقبة النســـخة الحقيقية من المنتج عن بعد والتحكم فيها أيضـــا عن بعد عن طريق عدد قليل من الاشـــخاص دون تعرض أى شـــخص لأى خطرمهما كانت نوع المهمة أو المنتج والتحقق من المعدات الصـــناعية التى يحتمل أن تكون خطرة.

٤- التعجيل فى الانتاج:

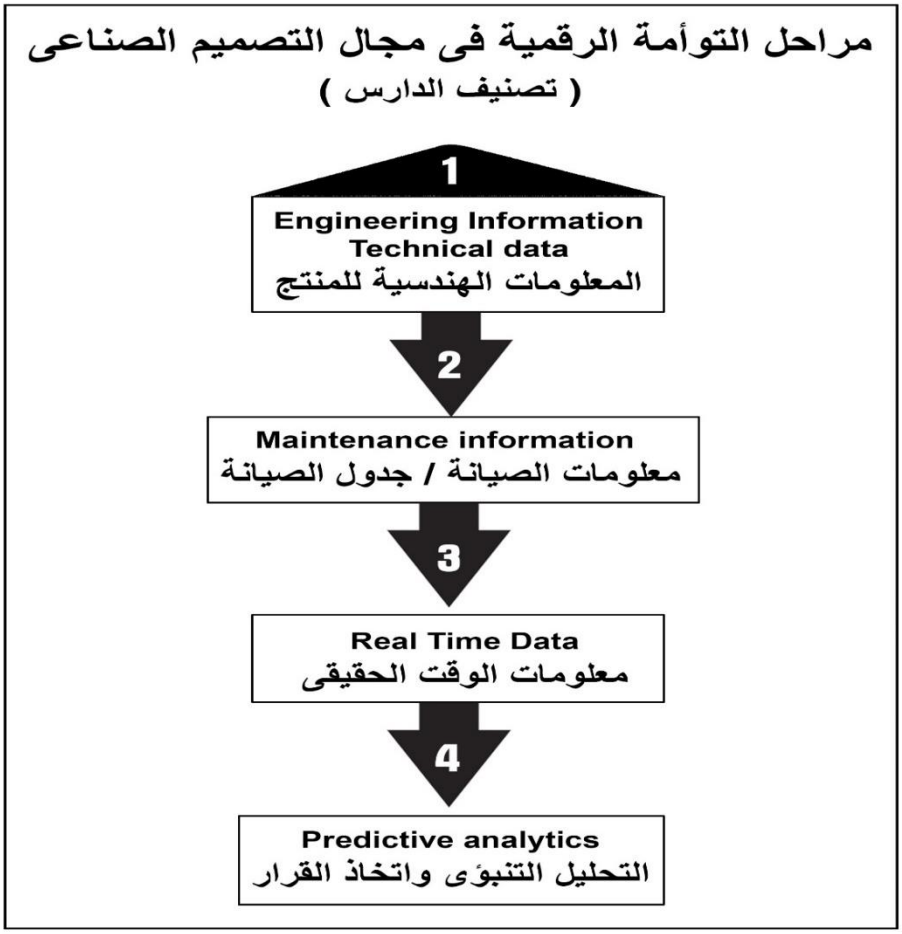
يمكن تسـريع وقت الانتاج للمنتج قبل وجوده الحقيقى من خلال انشـاء نسـخ رقمية مماثلة للمنتج وتشـغيل السـيناريوهات، فيمكن ان نرى كيف يتفاعل المنتج مع حالات الفشـــل واجراء التغييرات اللازمة قبل الانتاج الفعلى كأنه انتاج رقمى افتراضى

◄ مراحل التوأمة الرقمية فى مجال التصميم الصناعى (تصنيف الباحث):

يتضـح من الشـكل التالى مراحل التوأمة الرقمية عندما تطبق على تخصـص التصـميم الصـناعى وتصـميم المنتجات، وقد صنف الباحث وحدد تلك المراحل لبيان تفاصيل كل مرحلة بدقة حتى لا يحدث تداخل فى المفاهيم الخاصة بالتوأمة الرقمية فى هذا المجال، وحتى يسـهل على أى مصـمم أو باحث فهم تلك المراحل فى الشـكل التالى (شـكل ٤) التى سـيتم شـرحها بالتفصيل من قبل الدارس بناءا على احتياج تخصص التصميم الصناعى لتلك التكنولوجيا.

● تطبيق مفهوم التوأم الرقمى للطلاب والدارسين بالقسم:

يرى الدارس أنه يجب ادخال تلك التكنولوجيا أو ادراجها بان تكون تابعه لمقررات القســم العلمى ســواء بمقرر جديد او اضــافة ذلك المفهوم بكل جوانبه الى مقررات يتم تدريســها بالقســم العلمى لما لها من الاهمية الكبرى فى عملية تصــميم وتصنيع المنتجات بمساعدة بعض التخصصات الاخرى التى تم ذكرها فى البحث.



شكل ٤: يوضح المراحل التى صنفها الباحث للتوأمة الرقمية فى مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات

فيما يلى شـرح مفصـل للمراحل السـابقة ليتثنى للدارسـين والمصـممين والمهتمين بالتوأمة الرقمية فهم تلك التكنولوجيا بوضوح:

١- المرحلة الأولى: المعلومات الهندسية Egineering Information:

جمع المعلومات الهندســـية والمعلومات التقنية عن المنتج مثل أبعاد المنتج العامة، أبعاد وقياســـات الأجزاء الداخلية والخارجية، وسمك كل خامة فى المنتج، وسمك ونوع الطلاء " المعالجة الخارجية والداخلية للمنتج "، أماكن اللحام، أماكن الثقوب والمسامير، الأعصاب ان وجدت ومواصفاتها، أنواع المواتير المستخدمة بكامل مواصفاتها الفنية، علاقات الفك والتركيب، الأجزاء المتحركة فى المنتج، تحمل المنتج للحرارة والأتربة والضغط ... الخ من المواصفات الهامة والأساسية عن المنتج أو المعدة أو المصنع أو النظام.

٢- المرحلة الثانية: معلومات الصيانة " جدول الصيانة الدورية ":

هدف تلك المرحلة اصلاح أو استبدال جزء أو قطعة من المنتج أو النظام ومعرفة عمر تشغيلها الافتراضى أثناء التشغيل "الصـيانة الدورية "، والمحافظة على المنتج من التلف وجعله فى وضـع التشـغيل دائماً، وهناك " صـيانة وقائية " وهى مختلفة عن الصيانة الدورية للمنتج، وهناك صيانة مخططة، وصيانة وقائية، والصيانة العلاجية للمنتج او النظام.

فكل جزء داخلى وخارجى فى المنتج يتم وضـــع Tag Number له وهو بمثابة رقم أو بطاقة تعريف لذلك الجزء بكل مواصفاته الفنية والميكانيكية ... الخ، والـــ Tag Number هو همزة الوصل بين المنتج الحقيقى ونظيره الرقمى لأنه كل المواصفات المسجلة فى Tag Number تدرج وتسجل على نفس الجزء فى توأمه الرقمى. والـــ Tag Number هو نفس الرقم الموجود فى الرسومات الهندسية والتنفيذية.

٣- معلومات الوقت الحقيقى Real Time data:

يتم ذلك من خلال المستشعرات أو مايسمى بالـــ " سينسور " أو الحساسات Sensors التى تنقل حالة كل جزء بدقة سواء كانت حساسات حرارية أو حساسات ضغط أو حساسات ليزر أو حساسات للصوت أو حساسات للون أو حساسات رطوبة الخ عن طريقة انترنت الأشـياء الى توأمه الرقمى على الحاسـب ليتثنى للتوأم الرقمى اتخاذ القرار المناسـب بناءا على كل المغذيات والمراحل السابق ذكرها، فالحساسات تعمل أولاً كتغذية راجعة للمعلومات من المنتج الحقيقى الى الرقمى، وتعمل بعد ذلك كمنفذ للقرار المتخذ من قبل التوأم الرقمى تجاه المنتج الحقيقى.

فالزمن الحقيقي أو نظام التشغيل فى الزمن الحقيقى RTOS أو الوقت الفعلي عن طريق أنظمة تكنولوجيا المعلومات التي يمكنها تقديم نتائج معينة بشـكل موثوق خلال فترة زمنية محددة مسـبقًا، تقدم تطبيقات الزمن الحقيقي رد فعل أو اسـتجابة لحدث خارجي بطريقة قابلة للتنبؤ بتأخيرها ، تحتاج الكثير من تطبيقات الزمن الحقيقي لقوة حســاب عالية الســرعة، كما تغطي الكثير مدى واسع من المهمات مع الاختلاف بالاعتماديات الزمنية.

٤- التحليل التنبؤى واتخاذ القرار Predictive Analytics:

تحليل المشـكلة الموجودة فى المنتج أو النظام وتحديد سـبب العطل، يعد التحليل التنبؤي واحد من مجالات التحليل التي تتطلب استخدام التقنيات الحديثة في الحصول على البيانات والمعلومات، فعلى اختلاف أنواع التحليل يتم التحليل التنبؤي باستخدام عدد من التقنيات الحديثة التي تتمثل فيما يلي:

- تقنية التنقيب عن البيانات المتوفرة والمتاحة سواء البيانات التاريخية أو البيانات الحالية للمنتج.
- تقنية الاعتماد على الإحصاءات للوصول إلى خطط مستقبلية فعالة في الحصول على نتيجة إيجابية وتوقع لسلوك المنتج.

- التعلم الآلي والذي يعتمد على اســـتخلاص المعلومات المتعلقة بالتحليل التنبؤي من خلال تقنيات التعلم الآلية والحاسب الآلي.
- الذكاء الاصطناعي من أكثر التقنيات التي تساعد في تحقيق الأهداف المرغوب فيها من عملية التحليل التنبؤي.

فتستخدم المصانع التحليلات التنبؤية لمراقبة معدات خط الإنتاج ومراقبة المنتجات من أجل تحسين معدّل النقل والكشف عن الأحداث غير الاعتيادية وإبراز عيوب المعدات والمنتجات، وتستخدم شركات التصنيع التحليلات التنبؤية في مراقبة الآلات، وتحديد حالتها، والتنبؤ بمتطلبات الصـــيانة، توفر التحليلات التنبؤية إجابات في الوقت الفعلي. حيث إن نماذج التحليلات التنبؤية المدرَّبة تستطيع استيعاب البيانات في الوقت الفعلي وتوفير إجابات فورية.

يتم تنفيذ القرار عن طريق المستشعرات التى تتحكم فى كل جزء من المنتج أو النظام سواء مواتير أو كامات أو مفاصل الخ.

النتائج:

١- توضيح تقنية جديدة للمصمم الصناعى ظهرت فى العالم وهى " التوأمة الرقمية " التى من شأنها تطوير أسلوب صيانة المنتجات الى الصيانة الرقمية أولاً، وتوضيح أهمية تلك التقنية فى كيفية اطالة العمر الافتراضى للمنتج

٢- تقليل تكاليف التصميم، الانتاج، الصيانة، أى نفقات زائدة.

٣- التخلص من مشكلة التوقف المفاجىء للمنتج أثناء العمل بسبب انتهاء العمر الافتراضى أو حدوث أعطال مفاجأة.

٤- تحقيق الأمان فى جميع اختبارات المنتج وخاصة التى تتسم بالخطورة.

٥- العمل على ادخال وتدريس تلك التقنية لطلاب تخصص التصميم الصناعى وتصميم المنتجات لما لديهم من الخبره التى تساعدهم على فهم تلك التقنية، وتنفيذها بصوره مبسطة غير معقدة.

٦- عمل منهجية أو مراحل للتوأمة الرقمية بشىء من التفصيل فى مجال التصميم الصناعى وتصميم المنتجات " تصنيف الباحث"، لما يوجد من تداخل أو عدم فهم لمراحل تلك التقنية بوضوح.

التوصيات:

١- الاهتمام بدراســة تقنية " التوأمة الرقمية " لأن من شــأنها تســهيل عملية التصــميم والانتاج، ومن شــأنها تقليل تكاليف التصميم والانتاج والصيانة.

٢- ادخال تلك التقنية للمقررات التى يدرسها طلاب التصميم الصناعى، وتصميم المنتجات لأنهم بالفعل يدرسون مقررات عديدة تفيد فى تنفيذ تلك التقنية على أرض الواقع.

٣- اهتمام المصمم الصناعى بتقنية " الواقع الافتراضى" بجميع أنواعه لما لها من كبير الأثر فى العملية التصميمية.

٤- عمل ورش عمل تضم المصمم الصناعى وتخصصات هندسية أخرى كنوع من التعاون المشترك بين التخصصات لانتاج ما يفيد كل التخصصات معاً.

المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

1- محمود جمعة، سمر (دكتور)، ٢٠٢٢م - أهمية التقنية الحديثة للحاسب فى منظومة التعليم الجامعى – بحث منشور فى " مجلة التراث والتصميم " مجلة تصدر عن " الجمعية العربية للحضارة والفنون الاسلامية" – المجلد الثانى – العدد الثانى عشر – مصر.

mahmud jumeat, samar (duktur), 2022m - 'ahamiyat altaqniat alhadithat lilhasib faa manzumat altaelim aljamieaa - bahath manshur faa " majalat alturath waltasmim " majalatan tasadur ean " aljameiat alearabiat lilhadarat walfunun alaslamiati" - almujalad althaanaa - aleadad althaania eashar - masr

2- محمد أحمد هاشم، ايمان (دكتور)، ٢٠٢٣م – دور تكنولوجيا النانو فى تحسين خواص المنتجات وزيادة عمرها الافتراضـــى – بحث منشــور فى مجلة " العمارة والفنون والعلوم الانســانية " – المجلد الثامن – العدد الســابع والثلاثون – مصر.

hamad 'ahmad hashim, ayman (duktur), 2023m - dawr tiknulujia alnaanu faa tahsin khawas almuntajat waziadat eumriha alaiftiradaa - bahth manshur faa majala " aleimarat walfunun waleulum alansania " - almujalad althaamin - aleadad alsaabie walthalathun - masr.

٣- زكريا محمد علي، محمد - "التصميم والواقع الافتراضي "، ٢٠١٤م - التحليل الرقمي للنظم الحيوية كمدخل لتصميم الأسقف المعدنية المرنة للمنشآت المستدامة، " رسالة دكتوراه " كلية الفنون التطبيقية - جامعة' حلوان – مصر.

zakariaa muhamad ealay, muhamad - "altasmim walwaqie alaftiradii ", 2014m - altahlil alraqamii lilnuzum alhayawiat kamadkhal litasmim al'asquf almaediniat almurinat lilminshat almustadamati, " risalat dukturah " kuliyat alfunun altatbiqiat - jamieata' hulwan - masr.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

4- Delbrügger, T., Lenz, L.T., Losch, D. and Roßmann, J., 2017, September. A navigation framework for digital twins of factories based on building information modeling. In 2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (pp. 1-4). IEEE.

5- Dawkins, O., Dennett, A. and Hudson-Smith, A., 2018, January. Living with a Digital Twin: Operational management and engagement using IoT and Mixed Realities at UCL's Here East Campus on the Queen Elizabeth Olympic Park'. GISRUK.

6- Patterson, E.A., Taylor, R.J. and Bankhead, M., 2016. A framework for an integrated nuclear digital environment. Progress in Nuclear Energy, 87, pp.97-103.

ثالثاً: مراجع الانترنت:

7- https://www.esri.com/en-us/digital-twin/overview

8- https://al-ain.com/article/what-digital-twin-hidden-worlds

9- https://learn.microsoft.com/ar-sa/azure/digital-twins/how-to-manage-twin

10- https://mawhopon.net/?p=22530

11- https://www.skylineuniversity.ac.ae/ar/blog/digital-twin