الاستفادة من انظمة المحاكاة الافتراضية لتطوير فاعلية المنتج

Utilizing Virtual Simulation Systems to Enhance Product Effectiveness

أ.د/ محمود عبد النبي محمد

أستاذ بقسم المنتجات المعدنية والحلي- كلية الفنون التطبيقية-جامعة حلوان

Prof. Mahmoud Abd El Naby Mohamed

Professor in metal products and Jewelry Dept- Faculty of Applied Arts, Helwan University, Egypt

MAHMOUD_AHMED02@a-arts.helwan.edu.eg

أ.د / وسام انسي ابراهيم

أستاذ ورئيس قسم تصميم المنتجات- كلية الفنون التطبيقية -جامعة بدر

Prof. Wesam Onsy Ibrahim

Professor and Head Department of Products - Faculty of Applied Arts, Badr University

Wesam.onsy@buc.edu.eg

م/ منة الله محسن عمران

المعيد بكلية الفنون التطبيقية قسم تصميم المنتجات - جامعة بدر

Assist.Lect. Mennat-Allah Mohsen Omran

Teaching assistant in Faculty of applied arts Badr university – Egypt

Mennatallah.mohsen@buc.edu.eg

ملخص البحث:

مع التطور السريع للذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة والحوسبة السحابية، أصبحت التكنولوجيا الذكية اتجاهًا عالميًا ويظهر أحد أهدافها هو تحسين مستوى الأداء الرقمي والشبكات والذكاء في الصناعة. في العقود الماضية، تطورت المحاكاة من تقنية تقتصر إلى حد كبير على خبراء الكمبيوتر وعلماء الرياضيات إلى أداة قياسية يتم استخدامها للإجابة على أسئلة التصميم والهندسة المتعددة. للوصول لتطبيق التكنولوجيا الحديثة على مراحل المنتج المختلفة، ومن هنا يجب مراعاة دورة حياه المنتج بأكملها وتطبيق التكنولوجيا الحديثة علي المنتج بداية من مرحلة التصميم وصولا للتصنيع والإنتاج.

بما ان طرق التصميم التقليدية واختبار المنتج أصبحت لا تفي بشكل كامل ما يطرأ على المنتجات من حاجة مستمرة للتطوير، فأصبح من الضروري تدخل التكنولوجيا الحديثة للمساعدة في تطوير المنتج بداية من مراحله الاولي.

الكلمات المفتاحية:

(المحاكاة – الواقع الافتراضي – الواقع المعزز – الواقع المختلط -الاستمرارية الافتراضية – الواقع ممتد - تكنولوجيا التوأمة الرقمية)

Abstract:

With the rapid advancement of artificial intelligence, big data, and cloud computing, smart technology has emerged as a global trend. Its aim is to boost digital performance, networking capabilities, and intelligence within the industry. Over recent decades, simulation has transitioned from a technique primarily used by computer experts and mathematicians to a standard tool for addressing a wide range of design and engineering questions. To effectively

apply modern technology throughout the various stages of a product, it's crucial to consider the entire product lifecycle, from design through to manufacturing and production.
As traditional design methods and product testing no longer fully accommodate the ongoing need for product development, integrating modern technology has become essential for supporting product development right from the initial stages

Keywords:
(Simulation – virtual reality – Augmented reality -mixed reality - virtuality continuum – Extended reality – Digital twin Technology)

مقدمة:

الابتكار يأتي لتلبية احتياجات الإنسان، ويعتمد على الإبداع. تتضمن عملية تصميم المنتجات تحديد المواصفات، إنشاء التصميمات التفصيلية، واختبارها. في حال عدم نجاح الاختبارات، تُجرى تعديلات ويتم اختبارها مجددًا. المحاكاة تلعب دورًا هامًا في هذا السياق، حيث تقلل من التكاليف والوقت اللازمين للاختبارات المادية. المحاكاة تعني تقليد الأنظمة والعمليات الواقعية باستخدام نماذج افتراضية على الكمبيوتر، مما يساعد في التحقق من أداء المنتجات في ظروف محددة. تطورت المحاكاة لتشمل الواقع الافتراضي، الذي يتيح رؤية وتفاعل المستخدم مع بيئات افتراضية بواسطة نظارات خاصة وأجهزة استشعار، والواقع المعزز، الذي يدمج العناصر الافتراضية مع البيئة الحقيقية لتمكين المصممين من اختبار تصميماتهم في سياقات واقعية دون الحاجة للتنفيذ الملموس.

قد جاء موضوع البحث لدراسة أهمية التكنولوجيا الحديثة في:

مساعدة المصمم علي تطوير المنتج والوصول لأفضل النتائج مع توفير الوقت والتكلفة الخاصة بعملية التطوير.

مشكلة البحث:

عملية التصميم تحتاج الي التطوير المستمر والدائم في مراحلها المختلفة بداية من التصميم ووصولا للتصنيع وما بعده من متابعة المنتج بعد البيع وردود فعل المستخدمين.

يمكن صياغة مشكله البحث في: محدودية الاستفادة من أنظمة المحاكاة الافتراضية في اختبار فاعلية المنتجات.

هدف البحث:

دراسة أهمية أنظمة المحاكاة الرقمية في اختبار المنتجات وتطوير التصميم.

أهمية البحث:

إتاحة الفرصة لمصمم المنتجات للاستفادة من استخدام وتجربة التكنولوجيا الرقمية في تصميم المنتجات

فروض البحث:

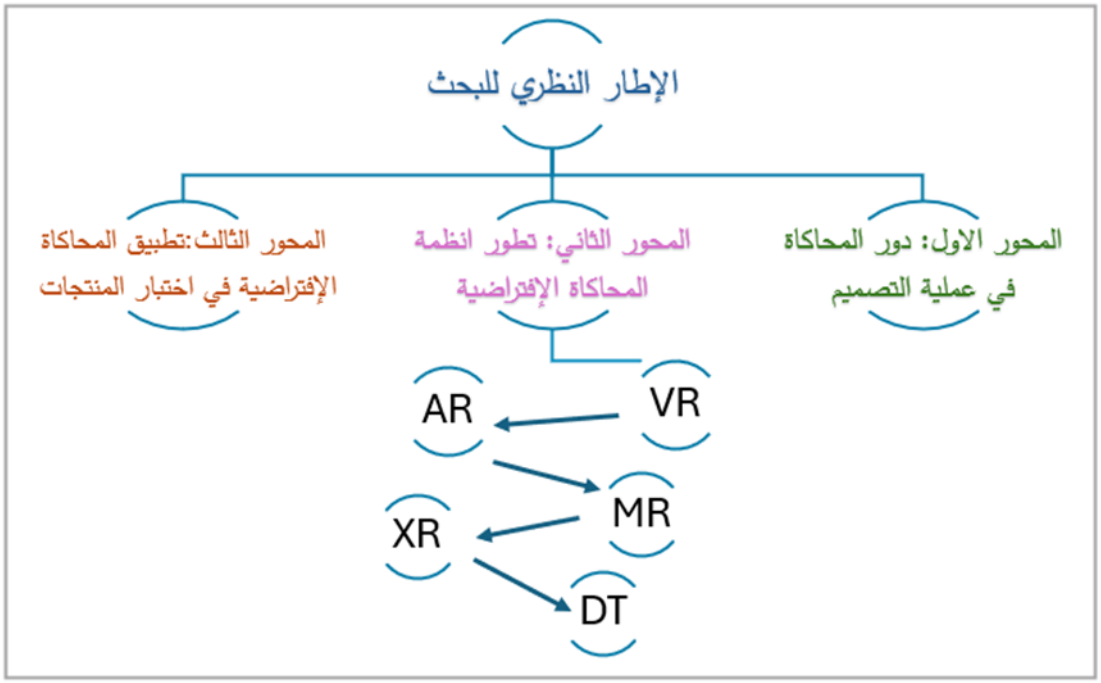
يفترض البحث أن الأساليب التكنولوجية المبتكرة والمتطورة تساعد على اختبار المنتجات وفاعليتها وبالتالي الوصول لأفضل النتائج في عملية التصميم.

حدود البحث:

تشمل دراسة الأنظمة الافتراضية المتاحة وقت الدراسة.

الإطار النظري للبحث

يتناول البحث عدة محاور رئيسية والتي تم توضيحها في الشكل (1)

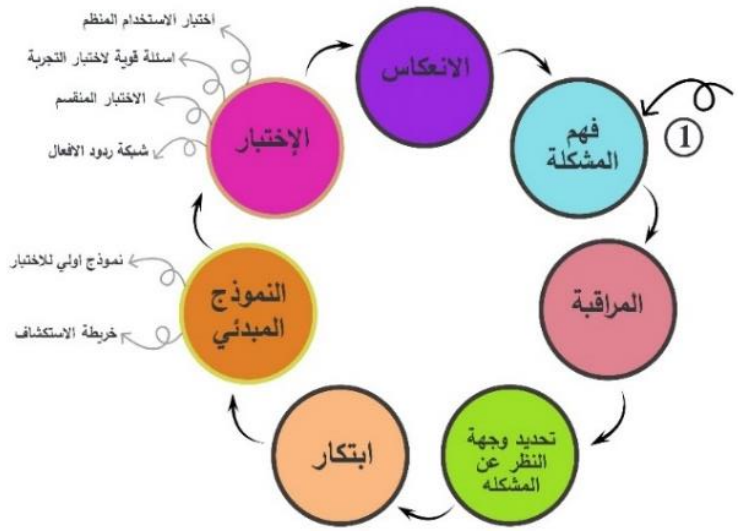


الشكل (1): يوضح المحاور الرئيسية للبحث
المصدر: الباحث

تتعد مراحل التفكير التصميمي كجزء من عمل المصمم وما تحتويه المراحل من أدوات لمساعدة المصمم في فهم وتحليل وبناء جميع ما يخص المنتج او الخدمة. ويظهر في كتاب "صندوق الأدوات للتفكير التصميمي","**Design thinking toolbox" المراحل السبع للتفكير التصميمي او ما تعرف "مراحل التصميم"** كما هو موضح في الشكل (2).

في مراحل التصميم، يتم بدايةً فهم المشكلة وجمع المعلومات ذات الصلة بالمنتج والمستخدم. يلي ذلك المراقبة والتحليل العميق للاحتياجات. ثم يتم تحديد وجهة نظر التصميم وتلخيص النتائج وتبلور الفكرة. تلعب مرحلة وضع أفكار التصميم دورًا هامًا في توليد الأفكار واختيار الأفضل منها. يتبع ذلك إنشاء نموذج مبدئي للمنتج للاختبار.

يظهر الدور الأساس للمحاكاة في ترجمة الأفكار التصميمية إلى نماذج أولية واختبارها على مجموعة من المستخدمين الحقيقيين. مع التقدم التكنولوجي أصبح النموذج الافتراضي جزءًا أساسيًا في عملية التصميم وبذلك لتحسين النماذج وتهيئة الفرصة للتعلم والتطور. في النهاية، تأتي مرحلة الانعكاس التي تقدم المساعدة للمراحل السابقة من خلال مشاركة أصحاب المصلحة المعنيين.



الشكل (2) يوضح مراحل عملية التصميم والأدوات المستخدمة في مرحلة الاختبار والنموذج المبدئي

المصدر: Lewrick, M., Link, P., & Leifer, L. (2020)

أهمية المحاكاة:

تم تعريف **مصطلح المحاكاة وفقا (للأكاديمية الملكية الاسبانية)** بإنه **" تمثيل شيء ما من خلال التظاهر (شيء غير حقيقي) او تقليد لشيء لما هو ليس عليه"**. فهي تمثيلا للواقع سواء من خلال نموذج حقيقي او رقمي(افتراضي) يتم التفاعل معه بنفس طريقة التفاعل في الواقع مع وجود بعض الشروط.

لا يمكن للمحاكاة ان تقلل من دول المصمم في وضع الحلول التصميمية والوصول للخصائص الأفضل للمنتج سواء كانت وظيفية او ارجنومية او جمالية او فنية وغيرها وتتبين أهميتها في:

- دراسة المنتج واكتشاف مشكلات التصميم مع طرح جميع الحلول والبدائل المبتكرة واختيار الأفضل للمنتج والمستخدم
- الحصول على أفضل النتائج اثناء العملية التصميمة في اقل وقت واعلي دقة وذلك مقارنا بالطرق التقليدية.

دور المحاكاة الافتراضية فى تصميم المنتجات

كما أشار جيمينو وبويرتا(2007) **يمكن تصنيف النماذج الأولية** حسب الطريقة التي يتم إنشاؤها بها الي:

- **النماذج الفعلية** تشير إلى إنشاء نماذج حقيقية باستخدام المواد الفعلية لبيان شكل وحجم المنتج.
- **النماذج الافتراضية** تعني إنشاء نماذج افتراضية باستخدام الحاسوب والبرامج المخصصة غالبًا في بيئة افتراضية. يتيح هذا التقنية تقييم المنتج في سياق وظيفي محاكي دون الحاجة إلى تصنيع النموذج الفعلي أولاً.

تأتي المحاكاة الافتراضية كبديل فعال وآمن للتجارب المادية حيث تسمح البيئة الافتراضية للمصممين بإجراء اختبارات وتفاعلات متعددة مع المنتجات والأنظمة، دون الحاجة إلى إنشاء نماذج فعلية. يتم تصميم العالم الافتراضي لتمثيل سلوك المنتج وتفاعلاته بشكل واقعي، مما يتيح إجراء اختبارات وتحليلات دقيقة(Zhang et al.,2021) .

المحور الثاني: تطور انظمة المحاكاة الإفتراضية

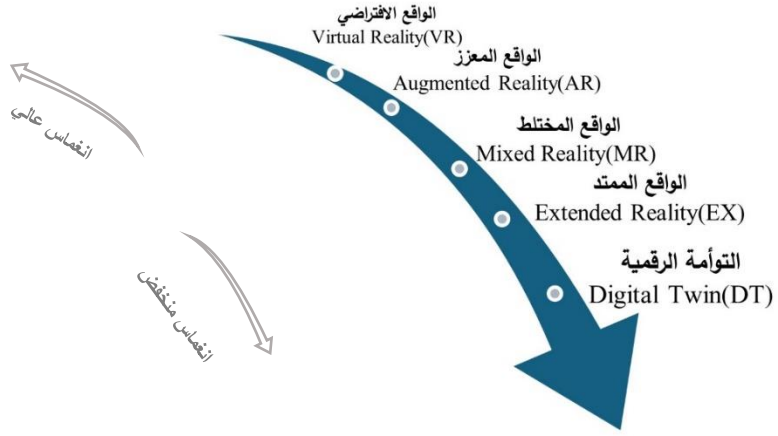
تطورت بيئات العمل الافتراضية ومكوناتها التي يلجأ اليها المصمم في تمثيل مختلف المجسمات والتفاعلات والبيئات مثل (الواقع الافتراضي- الواقع المعزز- الواقع المختلط- الواقع الممتد). تختلف كل من هذه التصنيفات فيما بينها من حيث طريقة محاكاة وعرض المجسمات وطريقة تقديمها للمستخدم، ولكن تتوافق جميعها في المساعدة على تعزيز ما يعرف **بالاستمرارية الافتراضية (virtuality continuum)** لرؤية التفاعلات المتنوعة والانتقال بسلاسة بين كل من البيئة الواقعية والافتراضية بناء علي تنوع حالات التصميم.

اقترح **ميلجرام وكيشينو عام 1994** مصطلح **الاستمرارية الافتراضية (virtuality continuum)** التي عملت لأكثر من عقدين كإطار مرجعي لتصنيف الحقائق المختلفة. فهي نقطة البداية لتصنيف مجموعة واسعة من الواقعيات وتتراوح تصنيفاتها بين **البيئات الحقيقية (Real Environments)** التي تتمثل في الواقع المحيط بالمستخدم **والبيئات الافتراضية (Virtual Environments)** والتي يتفاعل معها المستخدمون في الوقت الحقيقي من خلال واجهة تكنولوجية كما هو موضح في الشكل (3).

الشكل (3) يعبر عن مؤشر الاستمرارية الافتراضية

المصدر:Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2019)

يقوم المصمم بالتنقل بين البيئات الواقعية والافتراضية لمساعدته في رؤية التصميم ودراسة جميع الأبعاد المتعلقة بالمنتج. يحتاج المصمم لاستخدام تكنولوجيات مساعدة متنوعة مثل الواقع الافتراضي (VR) والواقع المختلط (MR) والواقع المعزز (AR) لتحقيق هذا الهدف. يظهر في الشكل (4) تطور مراحل المحاكاة من الواقع الافتراضي وصولا للتوأمة الرقمية كأعلي مستويات المحاكاة الواقعية. فيما يلي يتم عرض أساليب المحاكاة والاختلافات فيما بينها ومدي الحاجة الي استخدام كل منهم اثناء عملية التصميم.



الشكل (4) يبين تدرج تقنيات المحاكاة من حيث الانغماس

الواقع الافتراضي (VR)

يعد الواقع الافتراضي أكثر التقنيات شهرة وهو الأساس الأول الذي بني عليه التقنيات الأخرى حيث يقوم بخداع حواس المستخدم ليصدق أنه في مكان آخر والشعور بالتواجد في بيئة مختلفة.

وفقا لشيرمان وكريغ، يتم تعريف الواقع الافتراضي على أنه:**"وسيط يتكون من محاكاة حاسوبية تفاعلية تستشعر موقف وأفعال الشخص المشارك وتستبدل او تعزز ردود الفعل من واحد أو إلى أكثر من الحواس، مما يعطي الشعور بالانغماس العقلي أو الوجود في المحاكاة (عالم افتراضي)"**. وفقا لتالمان يمثل الواقع الافتراضي تكنولوجيا قادرة على نقل الشخص إلى بيئة مختلفة دون الحاجة إلى تحريكه جسديا.

خصائص ومميزات الواقع الافتراضي:

يمثل كل من التفاعل والانغماس الخصائص المميزة للواقع الافتراضي وتتبين الاختلافات فيما بينها من حيث:

التفاعل

قدرة المستخدم على التفاعل مع العالم الافتراضي والتحرك فيه ومشاهدته من زوايا مختلفة والتفاعل مع العناصر الموجودة فيه.من خلال الادوات التالية:

- نظارات الرأس
- الملابس المتصلة بأسلاك لنقل الحركة
- قفازات الألياف البصرية وأجهزة التتبع ومستشعرات الحركة.

الانغماس

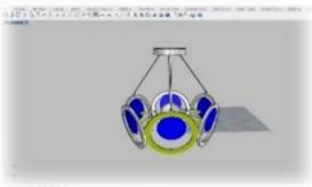
-يزيد من شعور المستخدم بأنه في مكان غير المكان الحقيقي، حيث يشعر بالوجود داخل بيئة افتراضية.

-يمكن قياسه من خلال قدرة المستخدم على التفاعل والتواصل مع العناصر الموجودة في الواقع الافتراضي بنفس الطريقة التي يتفاعلون بها في العالم الحقيقي.

يتراوح تصنيف أنظمة الواقع الافتراضي بناءا علي درجة الانغماس علي النحو التالي

أ) **الواقع الافتراضي المغمور**:يتم الفصل تماما عن العالم الحقيقي والشعور بالتواجد في بيئة افتراضي بالكامل

ب) **الواقع الافتراضي الشبه مغمور**: لا يفصل تمامًا عن العالم الحقيقي



ج) **الواقع الافتراضي غير المغمور**: يعتمد على رؤية البيئة الافتراضية دون الشعور بالتواجد داخلها

<u>الواقع المعزز AR</u>

تتمثل فكرة الواقع المعزز في إضافة معلومات رقمية إلى عناصر من العالم الحقيقي، مع الحفاظ على سيطرة العالم الحقيقي على العناصر المضافة. يمكن تعريف الواقع المعزز أو Augmented reality على أنه **"تحسين لبيئة العالم الحقيقي باستخدام طبقات من الصور التي تم إنشاؤها بواسطة الكمبيوتر ويظهر هذا التحسين من خلال جهاز مثل الهاتف او غيره"** (جوتنتاج، 2010؛ جونغ وآخرون، 2015).

أساليب عرض عناصر الواقع المعزز:

هناك نوعان من أساليب عرض عناصر الواقع المعزز وهم:

مميزات وعيوب الواقع المعزز:

- من مميزات تكنولوجيا الواقع المعزز:

- تمكين المستخدم من التفاعل مع العالم الرقمي في الوقت الحقيقي وتعزز المعرفة وتمكن المشاركة عن بُعد.
- إمكانية التطبيق في مجالات متنوعة منها التعليم ورفع مستوي المعرفة والتعلم والصحة وتحسين التدخلات الطبية والصناعة وتحقيق الزيادة في الإنتاجية والتصميم بهدف مشاركة التجارب والمعلومات وتحسين تجربة المستخدم.

- اما التحديات التي تواجه تكنولوجيا الواقع المعزز تتمحور في العديد من الاتجاهات منها:

- تحديات الأمان والخصوصية نظر لإمكانية حدوث اختراقات وتركيز الاستخدام على الترفيه والألعاب
- معوقات الأداء والتفاعل مع حدوث إرهاق رقمي نتيجة للتفاعل المطول مع الأجهزة الرقمية أو نظارات الواقع المعزز وحجمها الكبير نسبيا مما يجعلها غير ملائمة للارتداء بشكل يومي مثل النظارات العادية.

على الرغم من هذه التحديات، من المتوقع أن تتطور تكنولوجيا الواقع المعزز مع مرور الوقت وتحسين الأبحاث والابتكارات في هذا المجال.

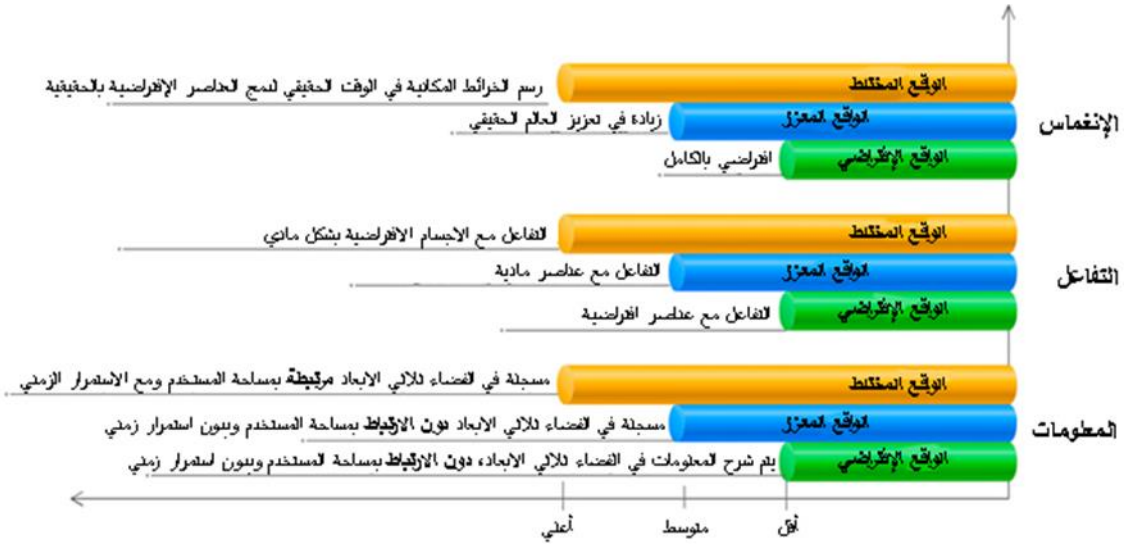
الواقع المختلط MR:

تم تعريف مصطلح الواقع المختلط او (MR) لأول مرة في عام 1994 من قبل ميلجرام وهو يشير إلى حالة يتم فيها مزج العالمين الفعلي والافتراضي حيث يتم دمج كلاً من العناصر المادية والرقمية معا

من منطلق **"**الاستمرارية الافتراضية"(virtuality continuum) جاء تعريف مليجرام للواقع المختلط بإنه: **" نقاط مختلفة من السلسلة التي يتم فيها دمج الكائنات الحقيقية والافتراضية "**. وقد عرف كل من تشيوك وفرناندو واخرين (2009) الواقع المختلط(MR) **بإنه" يشير إلى التقنيات ذات الانغماس الواقعي التي يتفاعل فيها المحتوى الاصطناعي مع المستخدمين والعالم الحقيقي"**.

مميزات تقنية الواقع المختلط:

توفر تقنية الواقع المختلط تفاعلًا قويًا مع المستخدم وتمكنه من الانغماس المزدوج بين العالم الواقعي والافتراضي، مما يساعده في استكشاف وفهم المفاهيم المختلفة مثل الواقعية والخيالية بشكل أفضل. تتراوح درجات التفاعل والانغماس والمعلومات بين كل من التقنيات المحاكاة كما هو موضح في الشكل (5).

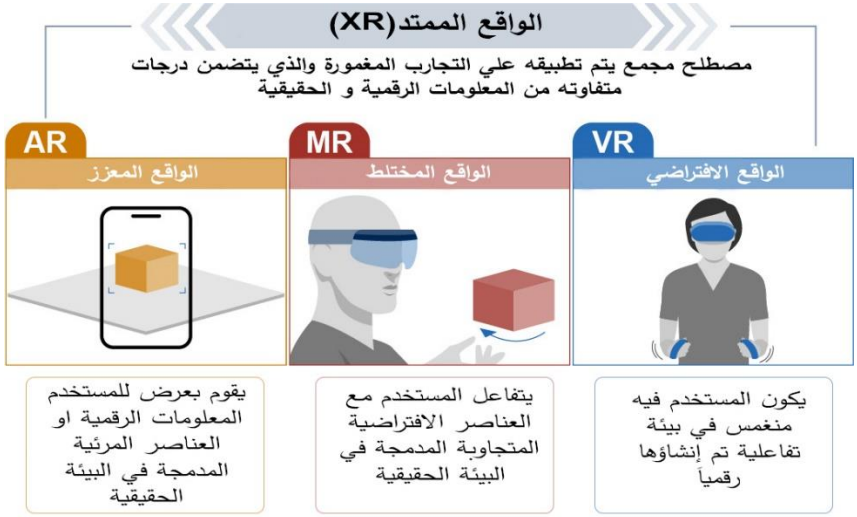


شكل(5) يوضح تراوح درجات التفاعل والانغماس والمعلومات

المصدر: Aruanno, B.; Garzotto, F. MemHolo: . 2019

الواقع الممتد (Extended Reality) (XR):

ظهر الواقع الممتد نتيجة للتطور أنظمة المحاكاة السابقة وهو يشير الي أي تجربة غامرة فيضم جميع البيئات الواقعية والافتراضية فهو المظلة التي تشمل كل من **الواقع الافتراضي** (VR) **والواقع المختلط** (MR) و**الواقع المعزز** (AR) معا كما يظهر في الشكل (6).



الشكل (6)

المصدر:(https://www.gao.gov/products/gao-22-105541)

التوأمة الرقمية(Digital twin)

يشير مصطلح التوأمة الرقمية الي إنشاء نموذج رقمي شامل يمثل المنتج او النظام بدقة عالية ويستخدم لتحسين العمليات والتنبؤ بالفشل في جميع مراحل دورة حياة المنتج.

ولدت التوأمة الرقمية كمرآة للمادية في عام 1960. اقترح Grieves التوأمة الرقمية كمفهوم للنموذج، وقد كان ذلك تاكيدا على أن جميع الأنظمة تكون مزدوجة في الطبيعة.

كما قام جون فيكرز بالإشارة الي النموذج المزدوج بالتوأمة الرقمية وهو الاسم الذي صاغه من الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA) في عام 2010.

تهدف التوأمة الرقمية إلى تحقيق غايتين رئيسيتين وهم:

1- **الغاية التنبؤية:** تتيح إنتاج تحليلات قائمة على البيانات لتوقع سلوك المنتجات في المستقبل وتحسين التخطيط والاختبارات.

2- **الغاية الاستجوابية**: تتيح للمستخدمين فحص حالة النظام الحالية والسابقة وعرض قراءات المستشعرات، ويمكن استخدام هذه البيانات للكشف عن الأخطاء وتحقيق ترابطات أخرى.

تعد النمذجة والمحاكاة جزء من بناء التوأمة الرقمية وهي عملية قياسية في تطوير النظام لدمج العالم المادي والافتراضي في جميع مراحل دورة حياة المنتج. وقد عرف "فاي تاو" وآخرون التوأمة الرقمية وطرحوا لها أبعادًا في تصميم المنتجات. تمثل هذه الأبعاد العناصر الأساسية في عملية التوأمة الرقمية والتي تظهر في الشكل (7).

تبدأ عملية التوأمة الرقمية بوجود كيان مادي يُمثِّل المنتج الفعلي والذي يتم جمع بيانته وإرسالها عبر وسائل الاتصال المختلفة مثل (Wi-Fi -QR code)إلى منصة جمع البيانات. يتم استخدام هذه البيانات لبناء مرآة افتراضية تُمثِّل الكيان الافتراضي للمنتج.

الشكل(7) الابعاد الخمسة للتوأمة الرقمية

المصدر:الباحث

استخدام التوأمة الرقمية يتمتع بعدة مميزات، ومنها:

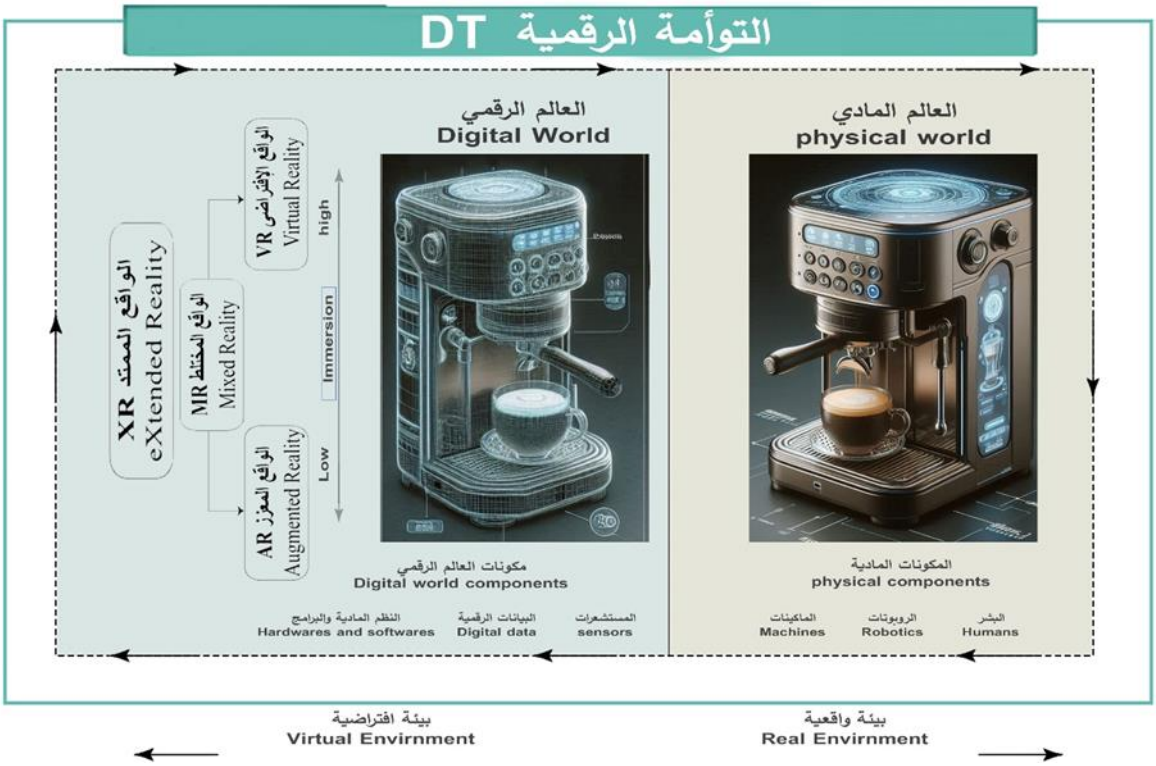
1- يمكن رؤية تكرار المنتجات في مختلف مراحل الحياة، مما يساعد على فهم الاتصال بين المراحل المختلفة وتأثيرها على تصميم المنتجات المستقبلية.

2- يوجد تشابه بين أجيال المنتجات، حيث يتشابه هيكلها ووظيفتها جزئيًا، مما يتيح استخدام معلومات التصميم من المنتج الحالي في تطوير المنتجات الجديدة.

3- تساعد النصائح المقدمة من مرحلة التشغيل الحالية للمنتج في فهم مخاطره ونقاط الفشل وتوقيت التشغيل والصيانة بشكل أفضل، وتساعد في تحديد الأنظمة التي يجب تحسينها.

4- يمكن دعم مهام التصميم واستخدام البيانات وتقديم اقتراحات فعالة لتصميم المنتجات المستقبلية.

ويظهر في **الشكل (8)** اطار العمل ومكونات كل من العالم المادي و الرقمي للمنتجات و علاقة كل من المنتج المادي (هو منتج فعلي موجود ويعمل) و المنتج المرئي (هو مرآة رقمية للمنتج المادي) والانتقال بينهما يمثل التوأمة الرقمية.



شكل(8): يوضح مكونات البيئة المادية والرقمية والانتقال بينهما

المصدر: الباحث

المحور الثالث: تطبيق المحاكاة الإفراضية في اختبار المنتجات

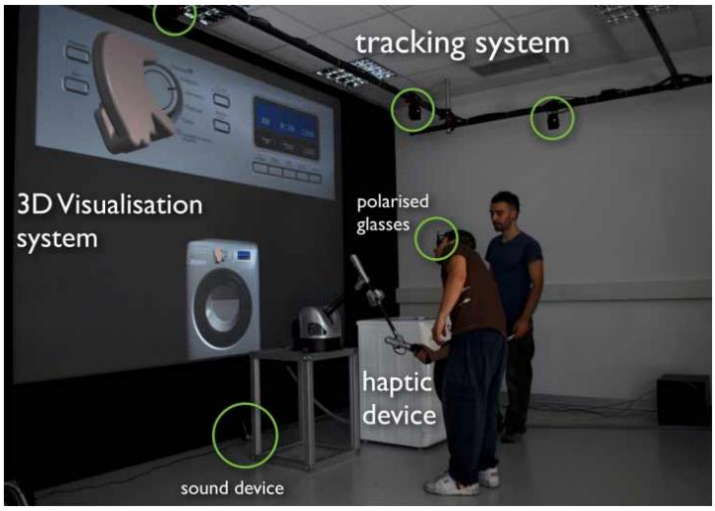
تجربة(1): استخدام تكنولوجيا الواقع الافتراضي لتحليل تفاعلات المستهلكين بطريقة واقعية علي جهاز كهربائي منزلي (غسالة)

هدف التجربة: تحليل تفاعلات المستهلكين بطريقة واقعية وتساعد على تحسين تصميم المنتجات وفهم تأثيرها على تجربة المستهلك. تم التنفيذ عن طريق إنشاء نموذج افتراضي لغسالة، بما في ذلك عناصر التفاعل مثل الدرج، الباب، الأزرار، ومقبض ضبط البرنامج كما هو موضح في الشكل (9). يتميز النموذج بأنه متعدد الحواس حيث:

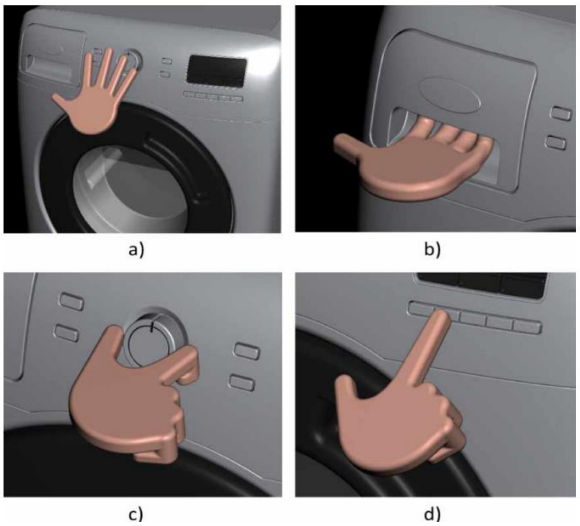
- تستخدم القناة البصرية التصوير الثلاثي الأبعاد حيث وجود كاميرا التتبع لتوفير مظهر طبيعي، مع تتبع المستخدم.

- توفر التغذية اللمسية ردود فعل قوية استنادًا إلى موقع اليد في البيئة الافتراضية شكل (10).
- تدمج التغذية السمعية الصوت من خلال إصدار أصوات من مكونات المنتج، على الرغم من عدم عرضها بتقنية الثلاثي الأبعاد.

النتيجة: أظهرت التجربة أن النماذج الافتراضية يمكن أن تحل محل النماذج الفعلية بفعالية لاختبار التفاعلات، مما يتيح التفاعل الطبيعي للمستخدم من خلال الرؤية واللمس والسمع.



الشكل (9): يوضح استخدام تكنولوجيا الواقع الافتراضي لتجربة تفاعل المستخدمين



الشكل (10): يبين تفاعل المستخدم مع المنتج و توفير التغذية اللمسية

المصدر: Ma, X., Tao, F., Zhang, M., Wang, T., & Zuo, Y. (2019).

تجربة (2): استخدام عملية تطوير تعتمد على التوأمة الرقمية

هدف التجربة: تعاون بين شركة "ألتير" الهندسية"Altair" وشركة صناعة ماكينات القهوة "لا سيمبالي" "La Cimbali" لتعزيز تطوير احد منتجاتها شكل(11) باستخدام عملية تطوير تعتمد على التوأمة الرقمية. تدمج هذه الطريقة بين البيانات والمحاكاة وإنترنت الأشياء لتحسين أداء المنتجات وكفاءتها. باستخدام منصةAltair ، تهدف La Cimbali إلى تقليل الاختبارات الفيزيائية، وتسريع الوقت للوصول إلى السوق، وتحسين كفاءة الطاقة في ماكيناتها القهوة. تدعم هذه الابتكارات التزام Gruppo Cimbali بتقديم منتجات عالية الجودة واحتضان التحول الرقمي في عمليات التطوير الخاصة بها

النتيجة: تبين الفوائد العديدة لاستخدام التوأمة الرقمية في عملية التصميم. فقد ساهمت تجربة شركة "La Cimbali " في:

1- مساعدة المهندس والمصمم في توقع سلوك الآلات وتحسين كفاءتها وحجم التسخين قبل الاختبارات الفعلية، مما أدى إلى تقليل فقد الطاقة بنسبة 20٪ في منتجاتهم الأحدث.

2- ساهمت التوائم الرقمية في تقديم منتجات متسقة ومتفوقة، وتقليل عدد النماذج الأولية والوقت والتكاليف المرتبطة بالاختبارات الفعلية،

3- توفير اكبر للوقت والذي وصل إلى 30٪ في دورة التطوير، وتمكين الشركة من إجراء تحليلات سوقية دقيقة أكثر.

الشكل (11)

المصدر: https://www.comunicaffe.com/altair-and-gruppo-cimbali-use-digital-twin-driven-development-process-to-boost-barista-business/

ويتبين في الجدول التالي النقاط الفارقة بين كل من أنظمة المحاكاة:

أوجه المقارنة	الواقع الافتراضي VR	الواقع المعزز AR	الواقع المختلط MR	الواقع الممتد XR	التوأمة الرقمية DT
الاستخدام	تعزيز شعور المستخدم بالتواجد في بيئة افتراضيه مختلفة عن واقع المستخدم	تعزيز واقع المستخدم بعناصر افتراضية	تعزيز تفاعل المستخدم مع العناصر الافتراضية المضافة إلي الواقع الحقيقي	يدعم التجارب المعقدة فهو المظلة التي تضم استخدام VR- AR-MR معا	تمثيل المنتج في الوقت الحقيقي بنموذج رقمي يساعد في تحسين العملية والتنبؤ بالفشل في دورة حياة المنتج.
جهاز العرض	النظارات الذكية او الاجهزة المثبتة علي الراس	(الاجهزة المثبته علي الراس - الاجهزة الذكية(مثل هواتف المحمول)	الاجهزة المثبتة علي الراس	النظارات الذكية -الاجهزة المثبتة علي الراس – الأجهزة الذكية	يضم أدوات المحاكاة من حواسيب بالإضافة الي مستشعرات واتصالات لنقل البيانات بين كل من المنتج الفعلي و الافتراضي
البيئة	افتراضية بالكامل	يتم دمج عناصر البيئة الحقيقية والعناصر الافتراضية معا			تضم نموذج رقمي وحقيقي للمنتج

المنظور	تغير العناصر الإفتراضيه مكانها وحجمها طبقا لمنظور المستخدم في البيئة الإفتراضية	تتصرف الأجسام الافتراضية بناءً على منظور المستخدم في العالم الحقيقي			يتغير بناءا على تحكم المستخدم بالحاسوب
التفاعل	تفاعل افتراضي	يتم من خلال الحركة واللمس والتفاعلات الصوتية التي تتم على الهواتف الذكية	يسمح بالتفاعل المادي مع عناصر العالم الواقعي والافتراضي	يشمل عناصر التفاعل الموجودة في VR-AR-MR	يتم التفاعل بين الانسان و الالات من خلال مزيج من العناصر الافتراضية والمادية.
الانغماس	انغماس عالي في عالم افتراضي بالكامل	انغماس منخفض فيتم إضافة عناصر افتراضية مع هيمنة العالم الحقيقي	انغماس منخفض فيتم إضافة عناصر افتراضية لواقع المستخدم والسماح بالتفاعل معها	يضم مميزات الانغماس الموجودة في VR-AR-MR	تضمن الانغماس إنشاء بيئة افتراضية عالية الدقة مع دمج البيانات في الوقت الفعلي و تمكين التفاعلات الغامرة, تعزيز فهم الكيانات المادية, وتحسين تجربة المستخدم الإجمالية داخل التمثيل الرقمي للمنتج.
المجالات	تعتبر الألعاب الإلكترونية هي اكثر المجلات شهرة	تطبيقات الهواتف والألعاب والصناعة	يتم الاستعانة به في المجالات المعقدة التي تتطلب تفاعل العناصر الافتراضية	في المجلات التي تتطلب دمج مختلف أساليب المحاكاة منها تصميم المنتجات و الصناعة وغيرها	تصميم المنتجات ومتابعة المنتجات اثناء التشغيل والصناعة وأجهزة الملاحة

المصدر: الباحث

نتائج البحث:

يظهر البحث أهمية استخدام التكنولوجيا الرقمية في العديد من المجالات خاصا مجالات التطوير. فعملية تعزيز وتطوير المنتج تطلب الكثير من الخطوات والتكلفة لبناء منتج فعلي يتم احداث الاختبار عليه. من خلال النماذج الافتراضية تمكن المصمم من إيجاد بديل يحل محل النماذج الفعلية في الاختبار.

كان لتطور وتقدم تقنيات المحاكاة والتكنولوجيا الحديثة الأثر الواضح في تعزيز عمليات تصميم المنتجات وتحسينها بما يتناسب مع متطلبات السوق واحتياجات المستهلكين. ويمكن تحديد نتائج البحث في النقاط التالية وهي:

- التكنولوجيا الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي والمحاكاة الافتراضية أساسية لتحسين عمليات تصميم المنتجات.
- الحاجة المستمرة للتطور واعتماد التكنولوجيا الحديثة لدعم تطوير المنتجات.
- دور حيوي للمحاكاة في تقليل التكاليف والوقت في اختبارات المنتجات وتحسين أدائها.
- تطبيق التكنولوجيا على جميع مراحل دورة حياة المنتجات من التصميم إلى الإنتاج.
- نقل التكنولوجيا نحو الواقع الافتراضي والواقع المعزز لاختبار التصميمات بشكل فعال.
- تطور المحاكاة وتوسع استخدامها في مجالات التصميم والهندسة

التوصيات:

- تطبيق أنظمة المحاكاة في عملية تصميم وتطوير المنتجات
- المفاضلة بين أساليب المحاكاة واختيار المناسب لطبيعة المنتج ومرحله التطوير
- دراسة التطورات المستمرة لتكنولوجيا التوأمة الرقمية في عملية تصميم منتج جديد وليس عملية تطوير منتج قائم فقط.
- تطبيق الشركات والمصانع استخدام التكنولوجيا الرقمية لاختبار تصميم المنتج وتقليل تكلفة الإنتاج والصيانة

المراجع

المراجع العربية:

1- أسامة ندي، مينا إسحاق, التوأم الرقمي: منهجيات نمذجة بيئة العمل أثناء عمليات التصميم والتطوير. مجلة التصميم الدولية,2022

1. Nada, O. A. E. (2022). Digital Twin: Methodologies for modeling the Work Environment during the Design and Development processes. *International Design Journal*, *12*(5), 225-242.

المراجع الأجنبية:

1. Lewrick, M., Link, P., & Leifer, L. (2020). The design thinking toolbox: A guide to mastering the most popular and valuable innovation methods. John Wiley & Sons.
2. Liu, B.: Integration of physical and virtual prototyping. PhD Thesis. Loughborough University (2011)
3. Hoyos, J. R., & Sevilla, G. (2017, July). Simulation as a Pedagogical Strategy in Product Design. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 83-91). Springer, Cham.

4. Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2019). The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. *Journal of business research*, *100*, 547-560.
5. Raja'a, M., & Farid, F. (2016). Computer-based technologies in dentistry: types and applications. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, *13*(3), 215.
6. Yung, R., & Khoo-Lattimore, C. (2019). New realities: a systematic literature review on virtual reality and augmented reality in tourism research. *Current issues in tourism*, *22*(17), 2056-2081.
7. Aggarwal, R., & Singhal, A. (2019, January). Augmented Reality and its effect on our life. In 2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence) (pp. 510-515). IEEE.
8. Milgram, P., Kishino, F.: A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Trans. Inf. Syst. E77-D(12), 1321–1329 (1994).
9. Aruanno, B.; Garzotto, F. MemHolo: Mixed reality experiences for subjects with Alzheimer's disease. Multimed. Tools Appl. 2019, 78, 13517–13537
10. Hehenberger, P., & Bradley, D. (Eds.). (2016). Mechatronic futures: challenges and solutions for mechatronic systems and their designers. Springer.
11. Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S., & Alves, A. (Eds.). (2017). *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. doi:10.1007/978-3-319-38756-7
12. Milgram, P., Kishino, F.: A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Trans. Inf. Syst. E77-D(12), 1321–1329 (1994)
13. Cheok, A. D., Haller, M., Fernando, O. N. N., & Wijesena, J. P. (2009). Mixed reality entertainment and art. *International Journal of Virtual Reality*, *8*(2), 83-90.
14. Aruanno, B.; Garzotto, F. MemHolo: Mixed reality experiences for subjects with Alzheimer's disease. Multimed. Tools Appl. 2019, 78, 13517–13537
15. Hehenberger, P., & Bradley, D. (Eds.). (2016). Mechatronic futures: challenges and solutions for mechatronic systems and their designers. Springer.
16. Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S., & Alves, A. (Eds.). (2017). *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. doi:10.1007/978-3-319-38756-7
17. Li, S., Wang, J., Rong, J., & Wei, W. (2022). A digital twin framework for product to-be-designed analysis based on operation data. Procedia CIRP, 109, 179-184.
18. Ma, X., Tao, F., Zhang, M., Wang, T., & Zuo, Y. (2019). Digital twin enhanced human-machine interaction in product lifecycle. *Procedia Cirp*, *83*, 789-793.

مواقع الإنترنت:

1- https://www.comunicaffe.com/altair-and-gruppo-cimbali-use-digital-twin-driven-development-process-to-boost-barista-business/
2- https://www.gao.gov/products/gao-22-105541