الدور المُعدل لتقنية التوأمة الرقمية على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول - دراسة تجريبية

د. محمد مصطفى جمعة خميس محمد *

(*) **د. محمد مصطفى جمعة خميس محمد:** مدرس المحاسبة والمراجعة بالمعهد المصرى لأكاديمية الاسكندرية للادارة والمحاسبة وتتمثل الاهتمامات البحثية في نظم المعلومات المحاسبية والمحاسبة الادارية والتكاليف

E-mail: ggomaa320@gmail.com

ملخص البحث:

استهدف البحث دراسة واختبار أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وأثر تبنى تقنية التوأمة الرقمية كمتغير مُعدل على هذه العلاقة، ولتحقيق هدف البحث تم إجراء دراسة تجريبية لغرض اختبار فروض البحث. وتوصلت نتائج البحث فى ظل التحليل الأساسى إلى وجود أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، كما توصلت أيضاً إلى أن هذا الأثر يزداد بشكل أكثر إيجابية على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية. وتوصلت النتائج أيضاً فى ظل تحليل الحساسية إلى نفس النتائج التى تم التوصل إليها فى ظل التحليل الأساسى، وهو ما يشير بأن نتائج تحليل الحساسية تدعم بدرجة كبيرة نتائج التحليل الأساسى. وأخيراً عرض البحث أهم التوصيات ومجالات البحث المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: تقنية الميتافيرس – تقنية التوأمة الرقمية – نظام إدارة الأصول.

Abstract

The research aimed to study and test the effect of applying Metaverse technology on the operation and maintenance practices of the Asset Management System, and the effect of adopting Digital Twin technology as a modified variable on this relationship. To achieve the goal of the research, an Experimental Study was conducted for the purpose of testing the study hypotheses. The results of the research, in light of the basic analysis, concluded that there is a positive impact of the applying of the Metaverse technology on the operations and maintenance practices of the Asset Management System. And also found that this effect increases more positively on the operations and maintenance practices of the Asset Management System in light of the adoption of the Digital Twin technology. The results were also reached under the sensitivity analysis to the same results that were reached under the basic analysis, which indicates that the results of the sensitivity analysis greatly support the results of the basic analysis. Finally, the research presented the most important recommendations and future research.

Keywords: Metavers Technology; Digital Twin Technology; Asset Management System**.**

١- مقدمة البحث

أطلقت منظمة المعايير الدولية International Standards Organization (ISO) سلسلة جديدة من المعايير الخاصة بإدارة الأصول، ومنها المعيار رقم ISO 55000 والذى عرف إدارة الأصول بأنها مجموعة من الأنشطة المنظمة التى تقوم بها المنشأة لتحقيق وإدراك القيمة من الأصول من خلال تبنى جميع العمليات التي تدعم وتحقق هدف إدارة الأصول، بهدف الوصول إلى توازن الأداء المرتبط بالأصول والتكلفة والمخاطر(Macchi et al.,2018; Kans & Galar,2017; Polenghi et al.,2021). وبُناءً عليه، حظيت إدارة دورة حياة الأصول باهتمام كبير من الناحية النظرية والعملية لاعتبارها أحد أهم مصادر الميزة التنافسية لتحقيق التصنيع الذكى المستدام، ولمساعدة المنشآت على تحسين كل من ممارستى التشغيل والصيانة، وعمليات صنع القرار، وإدارة المخاطر، فضلاً عن زيادة معدل العائد على الاستثمار، وتحقيق الأداء المستدام (Gitelman et al.,2021; Maletic et al.,2020; Bao et al.,2022; Banamtuan et al.,2020).

ومع التقدم الهائل لتقنيات الثورة الصناعية الرابعة، أصبحت الرقمنة بصفة عامة بمثابة اللغة والعصب الرئيسى فى العديد من التعاملات، والتى جعلت البيانات وأنظمة معالجتها وتحليلها من الأمور الضرورية للمنشآت التى ترغب فى الحفاظ على ميزتها التنافسية فى الأجل الطويل. ففى ظل بيئة الأعمال الحديثة، وجدت العديد من الدراسات (Tchana et al.,2019; Götz et al.,2020; Kamble et al., 2022; Kans & Galar,2017) أن الرقمنة الصناعية المستمرة توفر العديد من المزايا لتحسين قدرة المنشآت الصناعية على جمع وتحليل كميات كبيرة من البيانات والمعلومات من مختلف العمليات ومصادر البيانات، وهو ما يعتبر من أهم المتطلبات الأساسية لاكتشاف عمليات التشغيل والصيانة داخل نظام إدارة الأصول لتحسين الأداء التشغيلى، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وتحقيق أهداف الاستدامة.

ومن هذا المنطلق، أصبحت تواجه المنشآت الصناعية العديد من التحديات، لعل أبرزها ضرورة رقمنة ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، لتحسين كفاءة وفعالية هاتين الممارستين فى صياغة استراتيجية المنشأة. ففى الآونة الأخيرة، لم يعد مقياس قوة الشركة فى حجم ما تمتلكه من أصول مادية Physical Assets فقط، بل تُقاس بقدرتها وكفائتها على رقمنة واستدامة جميع الأصول سواء الملموسة أو غير الملموسة والعمليات المتعلقة بها طوال دورة حياتها، الأمر الذى

يستدعى ضرورة وحاجة المنشآت إلى تعديل استراتيجيتها بانتظام، والتي بدورها تتطلب رد فعل متزامن من جانب نظام إدارة الأصول (Khamaksorn et al.,2021; Gitelman et al.,2021).

ومن ناحية أخرى، سمحت العديد من الأحداث التى شهدها العالم خلال السنوات الأخيرة بما فى ذلك جائحة كورونا Covid 19 إلى تسريع عملية التحول إلى الحياة الرقمية، والمساهمة فى تغيير ثقافة العمل لدى البشر من خلال الاعتماد على تقنيات العمل الافتراضية. فقد أجبرت فترة الوباء المنشآت على تطوير التقنيات الرقمية والتقنيات الغامرة مثل الواقع الافتراضى[١] Virtual Reality (VR)، والواقع المعزز[٢] Augmented Reality (AR)، وإنترنت الأشياء[٣] Internet of Things (IOT)، وسلاسل الكتل[٤] Blockchain، والحوسبة السحابية[٥] Cloud Computing، والروبوتات Robotics، وغيرها من التقنيات الرقمية المتكاملة ذات الإمكانات الهائلة فى شتى ومختلف المجالات والقطاعات، لما لها من أثر قوى على العديد من إيماءات الاتصال فى العالم الرقمى الحالى، الأمر الذى جعل المنشآت تعطى الأولوية للعالم الافتراضى، لتصبح المنصات الافتراضية فى القريب العاجل هى الوضع الطبيعى والأمثل لعمل المنشآت (Aharon et al.,2022; Zallio & Glarkson,2022; Ghosh et al.,2023).

وفى سياق سعى واهتمام العديد من الممارسين والأكاديميين نحو تطوير وتعظيم الاستفادة من التقنيات الافتراضية لبناء عالم يجمع بين التقنيات الرقمية المختلفة، وإحداث تكامل بين العالم المادى والعالم الافتراضى، ظهرت تقنية الميتافيرس "Metaverse" كأحد ابتكارات تكنولوجيا المعلومات،

---

(١) **يُعرف الواقع الافتراضى (VR)** بأنه بيئة اصطناعية بديلة ومنفصلة تماماً تم إنشاؤها بطريقة رقمية، والتى من خلالها يشعر المستخدمين بأنهم منغمسون في عالم مختلف ويعملون بطرق مماثلة تماماً كما هو الحال في البيئة المادية المحيطة، وذلك بمساعدة الأجهزة المتخصصة متعددة الحواس مثل خوذات الرأس وسماعات الرأس وأجهزة المشي متعدد الاتجاهات (Mystakidis,2022).

(٢) **يُعرف الواقع المعزز (AR)** بأنه تجربة يقوم من خلالها المصممين بإنشاء مدخلات تتضمن كل من الصوت والفيديو والرسومات المجسمة ودمجها بنظام تحديد المواقع العالمى GPS، وكذا التقنيات الرقمية التى ترصد التغيرات التى تطرأ على بيئة المستخدم فى الوقت الفعلى، بهدف تحسين العالم المادى للمستخدمين، وتوفير معلومات وخدمات تفاعلية متاحة في البيئة المادية للمستخدم في الوقت الفعلي (الجزار، ٢٠٢٢ ; Oh et al.,2023).

(٣) **تُعرف تقنية إنترنت الأشياء (IOT)** بأنها التقنية التى تسد الفجوة بين العالم المادى والرقمى من خلال مزامنة تدفق المعلومات مع التدفق المادى لزيادة تكامل الأنشطة والعمليات الخاصة بالمنشأة، من خلال توفير قدرات تحديد الهوية والاستشعار والمعالجة للتواصل مع الأجهزة والخدمات الأخرى عبر الإنترنت (خميس،٢٠٢١).

(٤) **تُعرف سلسلة الكتل (Blockchain)** بأنها دفتر أستاذ رقمى موزع ؛ يهتم بتسجيل كافة المعاملات وتخزين المعلومات بشكل غير قابل للتعديل أو التغيير، كما أنه يقوم بتسجيل المعاملات بشكل زمنى متقارب مع الوقت الفعلى لحدوث الحدث (Akyildirim et al.,2020).

(٥) **تُعرف الحوسبة السحابية (Cloud Computing)** بأنها برنامج خادم أو بمثابة تقنية خدمية تعمل على تحويل برامج تقنية المعلومات من منتجات إلى خدمات، مما يتيح للمستخدم تخزين البيانات على خوادم الحوسبة السحابية فى صورة ملفات يمكن الوصول إليها فى أى وقت ومن أى مكان(خميس،٢٠٢١).

والتى من خلالها يتم التجسيد الافتراضى من خلال مجسمات ثلاثية الأبعاد لعالمنا المادى بكل ميزاته وخصائصه، والقدرة على انتقال هذه المجسمات افتراضياً إلى أى مكان دون الانتقال فعلياً من العالم الحقيقى، الأمر الذى سيجعل هذه التقنية تلعب دوراً بارزاً فى جميع العمليات الصناعية، ولا سيما فى ممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات بنظام إدارة الأصول من خلال تجميع البيانات اللازمة تلقائياً فور حدوثها وإمداد نظام المعلومات المحاسبى بها فى الوقت الفعلى، وتخفيض الوقت المستغرق ما بين حدوث الحدث وتسجيله، مما يؤدى إلى تحسين كفاءة المنشأة فى إدارة وتتبع الآلات والمعدات، وتحقيق وفورات فى تكلفة التشغيل والصيانة، وتحسين عملية التنبؤ وإدارة المخاطر، وإنشاء الأصول الرقمية وإدارتها، ومراقبة المعاملات بين قواعد البيانات الضخمة، وزيادة الجودة والرقابة على العمليات والمنتجات (Al-Ganbri,2022; Pamucar et al.,2022; Cheng et al.,2022).

وعلى الرغم من المنافع المترتبة على استخدام تقنية الميتافيرس، إلا أن تطبيقها يواجه العديد من التحديات خاصةً فيما يتعلق بتعقد وتعدد أشكال البيانات المكانية، وصعوبة تحقيق التخزين الذاتى للبيانات نتيجة عدم وجود تمثيل رقمي في الوقت الفعلي للأصل المادى فى البيئة الافتراضية، الأمر الذى يجعل النموذج الأولي الرقمي للكائن الافتراضى الذي تم إنشاؤه في عالم الميتافيرس لا يعكس بدقة المشهد الحقيقي بسبب صعوبة إجراء تجربة المحاكاة الحقيقية بشكل كامل للحصول على البيانات في الوقت الفعلي (Lv et al.,2022; Lee & Kundu,2022; Cheng et al.,2022; Mourtzis et al.,2022).

وبُناءً عليه، ظهرت تقنية التوأمة الرقمية Digital Twins (DT) كتمثيل رقمي لكيانات العالم الحقيقي لقدرتها على إنشاء نسخ رقمية ذات درجة عالية من التكامل والوعى للكيانات والأنظمة المادية والتواصل التفاعلى الحقيقى معها، واعتمادها كأحد قطاعات البنية التحتية لتقنية الميتافيرس، واستخدامها كبوابة رئيسية لدخول وانغماس المستخدمين في العالم الافتراضي، فمن خلالها تتمكن المنشآت الصناعية من إعادة بناء النسخ الافتراضية للآلات والمعدات والعمليات، نظراً لقدرتها على مزامنة الأصول التشغيلية والعمليات والأنظمة مع العالم الحقيقي، والمراقبة والتصور والتحليل والتنبؤ عن بُعد، والتحقق من المعالجة العملية للبيانات، واتخاذ القرارات المتعلقة بممارستى التشغيل والصيانة فى وقت واحد فى كل من العالم المادى والعالم الافتراضى، مما يؤدى فى النهاية إلى تقديم

خدمات ذات جودة فى الوقت الفعلى للمستخدمين، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وتحسين الإنتاجية، والكفاءة التشغيلية (Huynh-The et al.,2023; Tao et al.,2018).

وبُناءً عليه، تحظى تقنيتى الميتافيرس، والتوأمة الرقمية فى الأونة الأخيرة باهتمام الكثير من الباحثين، لدورهما الكبير فى دعم ممارسات نظام إدارة الأصول لتحسين الأداء التشغيلى للمنشأة، من خلال إثراء الأساليب والأدوات التى يستخدمها الممارسين فى تكوين إطار عمل متكامل تُدمج فيه الأصول المادية مع البرمجيات لتجميع البيانات وتحليلها ومعالجتها والاتصال بها بكفاءة من أجل مراقبة الأصول وتتبعها، مما يتيح الوصول إلى الآثار الرقمية اللازمة لتحقيق التحسين المستمر لممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات بنظام إدارة الأصول.

٢- مشكلة البحث:

فى ضوء ما سبق، وعلى الرغم من الاهتمام المتزايد من قبل الباحثين والممارسين بضرورة دمج التقنيات التكنولوجية الحديثة مع ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول للتحقق من أداء الأصول، وتحسين كفاءة المنشأة فى استخدام الموارد، وتحقيق المرونة والكفاءة التشغيلية، ومن ثَم تخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، إلا أن المنشآت الصناعية مازالت تعتمد بشكل أساسى على بيانات الآلات والمعدات المادية، بدلاً من استخدام النماذج الرقمية الإفتراضية، كما أنها مازالت تتبع الأساليب والإجراءات التقليدية فى الفحص الدوري على الآلات والمعدات، بدلاً من استخدام التقنيات الحديثة لمراقبة ومحاكاة ممارستى التشغيل والصيانة لهذه الآلات، الأمر الذى يستدعى ضرورة استغلال قدرات تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى التوأمة الرقمية لتحسين الأداء التشغيلى للمنشأة بصفة عامة، وما سيطرأ من تغيير جوهرى فى المنهجية والأساليب المتبعة فيما يتعلق بممارستى التشغيل والصيانة بصفة خاصة.

وبُناءً عليه، يُمكن التعبير عن مشكلة البحث فى كيفية الإجابة نظرياً وعملياً على الأسئلة التالية؛ هل يؤثر تطبيق تقنية الميتافيرس إيجابياً على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول؟، وهل يؤثر تطبيق تقنية الميتافيرس إيجابياً على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول؟، وهل يختلف ذلك الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية كمتغير مُعدل على هذه العلاقة؟، وهل يختلف ذلك الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية كمتغير مُعدل على هذه العلاقة؟. وأخيراً، إذا كانت الدراسات السابقة وتجارب بعض الدول تؤكد

على الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، واختلاف ذلك الأثر فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية كمتغير مُعدل على هذه العلاقة، فهل توجد أدلة تجريبية على هذه العلاقة فى بيئة الممارسة المهنية المصرية؟.

٣- هدف البحث:

إنطلاقاً من مشكلة البحث، فإن هذا البحث يستهدف بصفة أساسية دراسة واختبار الدور المُعدل لتقنية التوأمة الرقمية على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وذلك من خلال دراسة واختبار أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، بالإضافة إلى دراسة واختبار أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية فى بيئة الممارسة المهنية المصرية اعتماداً على دراسة تجريبية على عينة من المنشآت الصناعية المصرية.

4- أهمية ودوافع البحث:

تنبع أهمية البحث من الناحية العلمية لكونه يواكب ويسلط الضوء على تقنيتى الميتافيرس والتوأمة الرقمية كأحد أهم تقنيتين حديثتين فى مجال تكنولوجيا المعلومات، ولمردودهما الفعال على تحديث وتطوير الأنظمة الحالية داخل المنشآت بصفة عامة، وتحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول ورفع كفاءة العملية التشغيلية، وتخفيض التكاليف التشغيل والصيانة، وتحسين الأداء التشغيلى داخل المنشآت الصناعية بصفة خاصة، كما يعتبر البحث من أوائل الدراسات المحاسبية باللغة العربية – على حد علم الباحث– الذى تطرق لمناقشة أهمية وأثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، ودور تقنية التوأمة الرقمية كمتغير مُعدل على هذه العلاقة. ومن ثَم يعتبر البحث الحالى بمثابة إضافة علمية للمكتبة العربية خاصةً فى ظل التطور التكنولوجى الكبير لتقنيات الثورة الصناعية الرابعة لتوفير كافة الظروف المواتية لتطبيق هاتين التقنيتين، وتطويرهما، وظهورهما بصورتهما الكاملة فى المستقبل القريب لتحقيق التحول والتشغيل الرقمى للأنظمة والعمليات. كما تكمن أهمية البحث العملية فى سعيه إلى اختبار فروضه من خلال دراسة تجريبية، يمكن أن تصل لنتائج تساهم إيجابياً فى تحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول من خلال تحفيز المنشآت على الاستفادة من التطورات الحديثة فى التقنيات الرقمية من خلال إرساء وتوظيف تقنيتى الميتافيرس والتوأمة الرقمية داخل بيئة التصنيع، واستخدامهما كاستراتيجيتين تشغيليتين تساهم فى توليد نماذج أولية افتراضية تكون بمثابة

أدوات تحليل فعلية على لوحة قياس بصرية واحدة بنظام المعلومات المحاسبى، مما يسمح بالمحاكاة الافتراضية للتصنيع، والرقابة المرئية لعمليات التشغيل والصيانة للآلات والمعدات، وتحسين النماذج المادية لنظام إدارة الأصول بشكل مستمر ومتكرر.

وتتعدد دوافع البحث إلا أن أهم هذه الدوافع يتمثل فى محاولة دراسة مشكلة البحث واختبار فروضه وفق منهجية علمية تجريبية منضبطة، تتلافى قدر الممكن سلبيات الدراسات الميدانية الاستقصائية، والتوصل إلى نتائج فعالة تسهم فى إضافة واقع تقنى حديث داخل بيئة الممارسة المهنية المصرية.

5- حدود البحث:

وفقاً لأهداف البحث ومشكلته، يقتصر هذا البحث على دراسة واستخدام تقنية الواقع المختلط كأحد أشكال تقنية الميتافيرس والتى تتضمن كل من الواقع الافتراضى والواقع المعزز، دون التعرض لباقى الأشكال الأخرى. كما يركز البحث على استخدام التوأمة الرقمية كأحد أنواع التوائم الرقمية، وبالتالى يخرج عن نطاق الدراسة باقى الأنواع الأخرى للتوأمة. ويقتصر البحث على دراسة أثر تطبيق تقنيتى الميتافيرس والتوأمة الرقمية على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول فقط، دون التعرض لباقى المراحل والممارسات الأخرى لنظام إدارة الأصول. ويركز البحث على استخدام الآلات والمعدات كأحد أنواع الأصول الإنتاجية الملموسة طويلة الأجل داخل المنشآت الصناعية، وبالتالى يخرج عن نطاق الدراسة باقى الأنواع الأخرى للأصول. ويقتصر البحث على المنشآت الصناعية كبيرة الحجم فقط، وبالتالى يخرج عن نطاقه المنشآت الصغيرة ومتوسطة الحجم والمنشآت التجارية والخدمية. وأخيراً، فإن قابلية نتائج البحث للتعميم مشروطة بضوابط تحديد مجتمع وعينة الدراسة.

6- خطة البحث:

فى ضوء مشكلة البحث الحالية وتحقيقاً لأهدافه، ووفقاً لحدوده، يتم تقسيم ما تبقى منه على النحو التالى: (٧) التأصيل النظرى لمتغيرات البحث، و(٨) تحليل وتقييم الدراسات السابقة واشتقاق فروض البحث، و(٩) منهجية البحث، و(١٠) نتائج اختبار فروض البحث فى ظل التحليل الأساسى، و(١١) تحليل الحساسية و(١٢) نتائج البحث والتوصيات ومجالات البحث المقترحة.

٧- التأصيل النظرى لمتغيرات البحث

٧-١- التأصيل النظرى لتقنية الميتافيرس "Metaverse"

يميل العالم فى الوقت الراهن إلى الاستفادة من مستوى التطور الهائل الذي يشهده مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لإزالة الحواجز بين العالم المادي والعالم الافتراضي أو الرقمى في محاولة لتحسين التفاعل بين البشر والآلات دون الاستغناء عن أى منهما، إيماناً بضرورة وجود كلا الطرفين. وتعتبر تقنية الميتافيرس أحد أحدث التطورات التي تُعبر عن عالم ما بعد الواقع في بيئة دائمة متعددة المستخدمين تدمج الواقع المادي مع الافتراضية الرقمية، وتعتمد أفكارها على تكامل التقنيات القادرة على التفاعل متعدد الحواس مع البيئات الافتراضية والأجهزة الرقمية والأشخاص مثل الواقع الافتراضي (VR)، والواقع المعزز (AR) ، والواقع المختلط[٦] Mixed Reality (MR)، والواقع الممتد[٧] Extended Reality (XR)، والتوأمة الرقمية Digital Twins، وسلسلة الكتل Blockchain (Al-Ganbri,2022; Aharon et al.,2022; Mystakidis,2022; Pamucar et al.,2022; Trunfio & Rossi,2022).

وجدير بالذكر، أنه لا توجد بداية محددة لظهور مصطلح الميتافيرس "Metaverse"[٨] بسبب مروره بالعديد من المراحل والاكتشافات التقنية التى تم تطويرها على مدار العقدين الماضيين حتى ظهرت الصورة التقريبية للعالم ما وراء التقليدى، والتى يُمكن إرجاعها إلى عام ١٩٩٢ عندما جاء أول استخدام لهذه التقنية فى رواية الخيال العلمى "Snow Crash" للكاتب Neal Stephenson والتى أظهر من خلالها تفاعل البشر كشخصيات خيالية (أفاتار) مع بعضهم البعض فى فضاء افتراضى ثلاثى الأبعاد مشابه تماماً للعالم الحقيقى (Aharon et al.,2022; Oh et al.,2023; Jaung, 2022; Ghosh et al.,2023). وسرعان ما أصبح مصطلح الميتافيرس"Metaverse" شائعاً خاصةً بعد أن قامت شركة فيسبوك Facebook فى أكتوبر ٢٠٢١ بتغيير إسمها الشهير إلى ميتا "Meta" إيماناً منها بأهمية الواقع الإفتراضي في المستقبل، ومن ثَم تزايد اعتماد تقنية

---

(٦) **يُعرف الواقع المختلط (MR)** بأنه مصطلح يتضمن كل من الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز(AR) ، وتم اعتباره على أنه تكرار متقدم للواقع المعزز (Alizadehsalehi & Yitmen, 2021).

(٧) **يُعرف الواقع الممتد (XR)** بأنه مصطلح شامل يتضمن كل من الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز (AR) والواقع المختلط (MR) في جميع جوانب عمله، فمن خلاله يتم تمثيل البيانات وعرضها من خلال سلسلة من التقنيات الغامرة والبيئات الإلكترونية والرقمية، مما يسمح بتفاعل الأشخاص بصورة كلية أو جزئية في بيئة رقمية اصطناعية تم إنشاؤها بواسطة التكنولوجيا (Mystakidis,2022).

(٨) بدأ تعريف مصطلح "**Metaverse**" من خلال تقسيمه إلى شقين؛ حيث يعنى الشق الأول "Meta" إلى (ما وراء)، ويعنى الشق الثانى "Verse" إلى (العالم أو الكون)، وبالتالى فإن مصطلح الميتافيرس"Metaverse" عبارة عن مساحة رقمية لا نهائية توجد كامتداد محاكاة للعالم المادى (Oh et al.,2023).

الميتافيرس فى العديد من المجالات والصناعات ووسائل التواصل الإجتماعي (Facebook,2021).

وقد عرف الرئيس التنفيذي لشركة ميتا "Meta" مارك زوكربيرج، تقنية ميتافيرس Metaverse بأنها مزيج من الواقع الإفتراضي والواقع المعزز والذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence(AI)، والتى توفر للمستخدمين مساحات افتراضية ثلاثية الأبعاد يُمكن من خلالها الإنتقال من كائن إلى آخر، ومن عالم إلى آخر (Allam et al.,2022). فى حين عرفها Huynh-The et al. (2023) بأنها عبارة عن عالم افتراضي ثلاثي الأبعاد أو مجموعة متنوعة من العوالم الرقمية تُمكن المستخدمين من إجراء تجربة غامرة Immerse من خلال القيام بالعديد من الأنشطة التفاعلية والتعاونية بين عوالم افتراضية مختلفة مما ينعكس بالفعل على العالم الحقيقى. وعرفتها دراستى (Zallio & Glarkson,2022; Schumacher, 2022) بأنها مجموعة من البيئات الافتراضية والمساحات الرقمية بما فى ذلك التجارب ثلاثية الأبعاد المتداخلة، والتى تتيح للأشخاص القدرة على الاتصال والتواصل الاجتماعي والعمل مع أشخاص آخرين غير موجودين فعلياً، من خلال تمثيلهم وتجسيدهم افتراضياً فى أجسام رقمية قابلة للتكوين تكون بمثابة نسخة طبق الأصل من الشخص الحقيقى عن طريق ما يسمى بالصور الرمزية داخل بيئة رقمية عبر شبكات الويب العالمية. وهو ما اتفق مع تعريف دراستى (Al-Gnbri,2022; شحاته وأخرون ،٢٠٢٢) بأن تقنية الميتافيرس عبارة عن نسخة رقمية لعالمنا المادى المحسوس يمكن الوصول إليها عبر الإنترنت، وبفضل كل من الواقع الافتراضى والواقع المعزز، سيتيح هذا العالم الموازى زيادة التفاعلات البشرية بدرجة كبيرة من خلال تحريرها من القيود المادية.

وبُناءً عليه، يرى الباحث أنه من الصعب تحديد تعريف محدد ومتفق عليه لتقنية الميتافيرس، فلا شك أنها تقنية متطورة تقدم إمكانات وتحديات للمستقبل القريب، وربما إعادة تعريف كيفية عيش البشر في العالم المادي، ولكن يُمكن تعريفها على أنها عالم افتراضي بميزات لم تتم رؤيتها بعد في العالم الحقيقي مما يجعلها ظاهرة رقمية جديدة تشمل جميع التقنيات والثقافات الرقمية، وتكون بمثابة أداة متطورة تُمكن المستخدمين من فهم العالم المادي بشكل أفضل.

ومن ناحية أخرى، تناولت دراسات (Huynh-The et al.,2023; Mourtzis et al.,2022; Kemec,2022 ;على، ٢٠٢٢) البنية المادية لتقنية الميتافيرس، وأوضحت أنها تشتمل على سبع طبقات كما يلى؛ طبقة **البنية التحتية** وهى التى تُمثل الطبقة الأساسية فى البنية

المادية لتقنية الميتافيرس، وتتضمن كل من 5G، 6G، Wi Fi، والحوسبة السحابية، ووحدات المعالجة المركزية، ووحدات معالجة الرسومات. بينما تعتبر **اللامركزية** بمثابة الطبقة الثانية وتتضمن الحوسبة المتطورة، والذكاء الاصطناعي، وتقنية سلسلة الكتل blockchain . وتأتى بعد ذلك طبقة **الواجهة البشرية** والتى تتضمن الأجهزة المستخدمة للاتصال مثل الهاتف المحمول، والساعات الذكية، والنظارات الذكية، والأجهزة القابلة للارتداء، والشاشة المثبتة على الرأس، والإيماءات، والصوت، وحزمة الأقطاب الكهربائية. وتعتبر **الحوسبة المكانية** بمثابة الطبقة الرابعة لتقنية الميتافيرس وتشتمل على التصور، والنمذجة ثلاثية الأبعاد، والواقع الافتراضى (VR)، والواقع المعزز(AR) ، والواقع الممتد (XR)، ورسم الخرائط الجغرافية. ويُمثل **الاقتصاد الافتراضى** الطبقة الخامسة ويتضمن أدوات التصميم المختلفة، وأسواق الأصول الرقمية، والتجارة الإلكترونية. فى حين تعتبر طبقة **الاكتشاف** بمثابة الطبقة السادسة وتتمثل فى شبكات الإعلان، والمتاجر الافتراضية، والتصنيفات، والأفاتار، وروبوت الدردشة. وتأتى طبقة **الخبرة** فى المرتبة السابعة والأخيرة والتى تحتوى على التعلم، والألعاب، ومحاكاة العملية الصناعية، وإدارة المدن الذكية، وإدارة الأصول واللوجيستيات، وعقد الاجتماعات والفعاليات، والرياضات الإلكترونية، والتسوق، والمهرجانات.

فى حين أشارت دراسة شحاته وأخرون (٢٠٢٢) بأن البنية المادية لتقنية الميتافيرس تشتمل على ثلاث مكونات أو طبقات أساسية وهم كالتالى؛ **الطبقة المادية** والتى تعتبر ذات أهمية كبيرة لضمان قابلية التوسع والوصول من كل مكان إلى الميتافيرس، وتشتمل هذه الطبقة على جميع الأجهزة اللازمة لدعم الوظائف التشغيلية الخاصة بعمليات التواصل والتخزين لتقنية الميتافيرس. وتأتى بعد ذلك **الطبقة الافتراضية** والتى توفر عالماً موازياً من خلال صور مجسمة للمستخدمين، والتى يتمكنوا من خلالها من التفاعل مع بعضهم البعض أو مع الكيانات الأخرى، كما أنها تقوم بمحاكاة بيانات وتحليلات العالم الحقيقى وتعكسه فى الوقت الحقيقى باستخدام تقنية التوأمة الرقمية Digital Twins (DT). وأخيراً، تأتى **طبقة التفاعل** والتى تعتبر بمثابة جسر لربط مستخدمي العالم المادى بالعالم الافتراضى، ومن خلال هذه الطبقة يُمكن للمستخدمين تحميل مدخلاتهم فى العالم المادى الذى يتم ترجمته فى النهاية إلى إجراءات محددة فى العالم الافتراضى.

وبشأن خصائص تقنية الميتافيرس، وبحسب ما أشارت دراسات (الخولى، ٢٠٢٢ –Huynh The et al.,2023; Mourtzis et al.,2022; Dionisio et al.,2013) أن هناك أربع خصائص تتسم بها تقنية الميتافيرس والتى تتمثل فى؛ **خاصية الثبات** Persistence والتى من

خلالها توجد الميتافيرس بغض النظر عن المكان والزمان، **وخاصية التوفر** Availability والتى من خلالها يتمكن المستخدمين من تسجيل الدخول فى وقت واحد دون الاشتراط بوجود حد أقصى لعدد المشاركين أو المستخدمين، **وخاصية التزامن** Synchronicity والتى من خلالها يُمكن للمستخدمين التفاعل مع بعضهم البعض داخل بيئتهم الافتراضية فى الوقت الفعلى كما يتفاعلون تماماً فى العالم المادى، وأخيراً تأتى **خاصية قابلية التشغيل البينى** Interoperability لتُسهل لتقنية الميتافيرس السماح للمستخدمين باستخدام العناصر الافتراضية الخاصة بهم عبر تجاربهم المختلفة، وتمكينهم من التحرك بسلاسة بين المواقع دون انقطاع عبر النظام.

وفيما يتعلق بالاستخدامات المتوقعة لتقنية الميتافيرس، ففى الآونة الأخيرة كان هناك الكثير من الجدل والنقاش حول مستقبل استخدامات تقنية الميتافيرس، وإمكانية أثر تطبيقها فى العديد من المجالات كالتعليم والصحة والنقل والسياحة والثقافة والفن والأزياء والاقتصاد والتصنيع والبيع بالتجزئة والمدن الذكية والخدمات اليومية. ونتيجة لذلك أشارت دراسة Mourtzis et al. (2022) أن قيمة سوق تقنية الميتافيرس ستبلغ ٤٢٦.٩ مليار دولار أمريكي بحلول عام ٢٠٢٧، بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ ٤٧.٢٪. ومن ثَم، وجدت دراسات (Belk et al.,2022; Ghosh et al.,2023; Xi et al.,2022; Lee et al.,2021; Trunfio & Rossi,2022) أن تقنية الميتافيرس ستحدث ثورة فى مجال الطب والرعاية الصحية الذكية لدعم وتطوير الصناعة الطبية والتجارب السريرية لمراقبة الحالة الصحية للمرضى عن بُعد، والتنبؤ بالحالة الصحية للمرضى، واتخاذ الإجراءات الوقائية فى الوقت المناسب.

أما بالنسبة لأثر تطبيق تقنية الميتافيرس على قطاع النقل، أشارت دراسات (Chen & Yao, 2021; Pamucar et al.,2022; Lv et al.,2022; Trunfio & Rossi,2022) أن هناك مزايا وفرص هائلة لتفعيل أنظمة النقل الذكية، وبصفة خاصة داخل المدن الذكية باستخدام تكنولوجيا الميتافيرس من خلال توفير أساس منطقى لصانعي القرار وواضعي السياسات لتقييم مزايا وعيوب بدائل النقل المختلفة، والتى تساعد فى اختبار خوارزمية القيادة التلقائية لتدريب الذكاء الاصطناعي عليها، والسماح بتنفيذ المركبات المستقلة داخل الميتافيرس واستخدامها سواء في العالم المادى أو الافتراضي. كما تستخدم فى مراقبة أنظمة الأمن والسلامة على الطرق، وأنظمة إدارة إضاءة الشوارع الذكية، وأنظمة وقوف السيارات الأوتوماتيكية، والبوابات الذكية، وأنظمة المراقبة بالفيديو الداخلية والخارجية.

وفيما يخص قطاع العقارات، أشارت دراسة Kemec (2023) إلى أن سوق العقارات الرقمية شهد نمواً كبيراً فى الآونة الأخيرة، نتيجة تداول المستخدمين الأراضى والمنازل الافتراضية بسهولة عبر تقنية الميتافيرس، مما أدى إلى ظهور أصول رقمية بالقوائم المالية تتمثل فى العقارات الرقمية والتى عادةً ما يتم ربطها بالرموز غير القابلة للاستبدال Non-Fungible token (NFTs)[٩] نظراً لندرتها ولضمان الحفاظ على قيمتها بمرور الوقت، وبالتالى يمكن استخدام الممتلكات داخل تقنية الميتافيرس كمكان افتراضي لتشييد المباني أو لعقد الأحداث الرقمية مثل المعارض الفنية وعروض الأزياء.

وفيما يتعلق بمستقبل مهنة المحاسبة والمراجعة فى ظل تقنية الميتافيرس، أوضحت دراستى (Al-Gnbri, 2022; Al-Gnbri,2022) أن تقنية الميتافيرس تُمثل تطوراً رأسياً لمهنة المحاسبة والمراجعة، من خلال توفيرها بيئة تفاعلية ذات إمكانات هائلة يُمكن استخدامها في التعليم والتدريب على إجراءات المحاسبة والمراجعة. علاوة على ذلك، يؤدى تطبيق تقنية الميتافيرس إلى إنشاء أصول رقمية جديدة والاستثمار فيها نتيجة وجود شركات افتراضية قائمة بذاتها تُمثل وتُجسد بيئتها المادية الحقيقية، الأمر الذى سيكون له أثار محتملة على تخطيط عملية المراجعة وجمع الأدلة، مما يتطلب ضرورة وجود قياسات محاسبية لتوفير الأدوات والطرق المناسبة للافصاح عنها. وأضافت دراسة شحاته وآخرون (2022) أن استخدام تقنية الميتافيرس سيؤدى إلى حدوث تغييرات جوهرية فى شكل ومحتوى التقارير المالية وطرق إعدادها وتوقيتها، من خلال مساهمتها فى توفير الدعم الكافى لتقديم أشكال مختلفة للتقارير المالية، وتعزيز إمكانية الوصول إليها والتفاعل معها، وتحويل ممارسات إعداد التقارير الحالية للشركات إلى تقارير تفاعلية، مما يسمح بإجراء تحديثات فى الوقت الفعلى، ومن ثَم اتخاذ العديد من القرارات.

أما على مستوى بيئة الأعمال الصناعية، أشارت دراسات (الجزار، ٢٠٢٢ Fraga et al.,2018; Castellanos & Newball,2019; Del Amo et al.,2018; Palmarini et al.,2018) إلى الدور الفعال لتقنيتى الواقع الافتراضى والواقع المعزز فى تحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول من خلال دعم اتخاذ القرارات الاستباقية لتحسين إدارة عمليات

(٩) أشارت دراسة Lee et al.,(2021) إلى أن ظهور تقنية الميتافيرس أدى إلى تسليط الضوء على الأصول الرقمية مما سمح بتداول الرموز المميزة غير القابلة للاستبدال (NFTs) التي أنشأها الذكاء الاصطناعي مثل OpenSea و Rarible، والسماح لحاملي هذه الرموز بتداول الأشياء أو السلع مع بعضهم البعض بسهولة، على غرار تداول الأشياء التقليدية الأخرى ذات القيم المالية.

وممارسات التشغيل والصيانة للآلات والمعدات، ومساهمتهما فى توفير المعلومات الرقمية اللازمة لتبسيط عملية حل المشاكل، وعرض تصورات المنتج، وتوفير نماذج سهلة الاستخدام لإنشاء محتوى تدريبى للمستخدمين، والمساعدة فى تحسين كفاءة ومرونة إجراءات الإنتاج والتشغيل، ورفع كفاءة الفنيين والمهندسين في تنفيذ مهام الصيانة الفنية، وتمكينهم من إجراء الإصلاحات غير المعقدة دون الحاجة فعلياً إلى تدريب مسبق، بالإضافة إلى قدرتها فى القضاء على الوجود المادى للخبراء والاستشاريين داخل مواقع التصنيع المتعددة للمنشأة، ومن ثَم تحقيق وفورات هائلة فى تكلفة التشغيل والصيانة.

ويخلص الباحث مما سبق، إلى أن تقنية الميتافيرس أثبتت وجودها فى العديد من المجالات نظراً لقدرتها على السماح للمستخدمين بالتواصل الإجتماعي والعمل عن بُعد، والسماح للمنشآت بأتمتة عملياتها وكيفية إدارة أصولها وتبسيط سلاسل التوريد الخاصة بها، مما سيجعلها بمثابة عالماً جديداً تماماً سيقضي فيه الأشخاص وقتاً مختلفاً عما قد يقضونه في العالم المادي.

٧-٢- التأصيل النظرى لتقنية التوأمة الرقمية Digital Twins (DT)

ظهر مصطلح التوأمة الرقمية لأول مرة فى عام ٢٠٠٣، عندما قامت الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء National Aeronautics and Space Administration (NASA) بتطبيقها على صناعة الطيران، وعرفتها الوكالة حينذاك بأنها محاكاة واقعية متعددة المتغيرات لنظام حقيقي، بهدف زيادة التقارب بين العالمين المادى والافتراضى (Corradini & Silvestri,2022; Trauer et al., 2020; Huang et al.,2021). وفى عام ٢٠١٧، جذبت تقنية التوأمة الرقمية اهتمام العديد من الأوساط المهنية والأكاديمية، عندما أدرجتها شركة الأبحاث والاستشارات المتخصصة فى مجال تكنولوجيا المعلومات Gartner كواحدة من ضمن أفضل عشر اتجاهات تكنولوجية استراتيجية مستقبلية، وتصنيفها أيضاً ضمن أفضل الركائز التكنولوجية لتقنيات الثورة الصناعية الرابعة، وتوقعت الشركة أنه بنهاية عام ٢٠٢١، ستستخدم نصف المنشآت الصناعية الكبرى تقنية التوأمة الرقمية، وسيتم تمثيل مليارات الأشياء بتوائم رقمية نتيجة توصيل ما يقرب من ٢٠ مليار جهاز عبر تقنية إنترنت الأشياء(Perno et al.,2022; Qiu et al., 2019; Segovia & Alfaro,2022).

ومن ثَم، عرفها المعهد الوطنى للمعايير والتكنولوجيا National Institute of Standard and Technology (NIST) بأنها عبارة عن تمثيل إلكتروني أو رقمي لكيان معين سواء كان هذا

الكيان مادياً أو محتملاً في العالم الحقيقي (Stączek et al.,2021). فى حين عرفتها دراسة Khalaj et al., (2022) بأنها نموذج افتراضي يتوافق تماماً مع الكيانات المادية في العالم الحقيقي، لوصف ونمذجة خصائص وسلوك وأداء هذه الكيانات عبر التكنولوجيا الرقمية في الوقت الفعلي. كما عرفت دراسة O'Sullivan et al., (2020) التوأم الرقمى بأنه نسخة افتراضية من أصل مادى يعكس تصرفات التوأم المقابل له، لوضع التصورات والمقارنات والمشاكل المتعلقة بالنسخة المادية، بدءاً من التصميم وحتى الإنتاج. وبُناءً عليه، يرى الباحث أن تقنية التوأمة الرقمية عبارة عن مجموعة من النماذج تتبادل من خلالها الكيانات المادية والافتراضية كل من البيانات والمعلومات فى عملية تزامن شبه لحظية، والتى بدورها تقوم برصد أول بأول حالة وسلوك الكائنات المادية في الواقع الافتراضى، ومحاكاتها والتنبؤ بها وتشخيصها والرقابة عليها.

وبالنسبة لخصائص تقنية التوأمة الرقمية؛ وبُناءً على التعريفات السابقة، أشارت دراسة (Tao et al., 2018) إلى أن لتقنية التوأمة الرقمية ثلاث خصائص أساسية وهم: (١) الانعكاس الحقيقى للمساحة الافتراضية عن المساحة المادية في الوقت الفعلي من خلال الحفاظ على التزامن الفعلى والدقة الكبيرة للتوأم الرقمى مع المساحة المادية، و(٢) التفاعل والتقارب؛ ويمكن تفسير هذه الخاصية من خلال ثلاثة جوانب كالتالى: (أ) التفاعل والتقارب في الواقع المادي، والتى من خلالها يتم اتصال البيانات ببعضها البعض خلال المراحل المختلفة للمكون المادى، مما يسمح بتدفق كامل للبيانات الخاصة بالعناصر والخدمات، و(ب) التفاعل والتقارب بين البيانات التاريخية وبيانات الوقت الفعلي، وذلك بسبب شمولية بيانات تقنية التوأمة الرقمية التى تم تجميعها من جميع المصادر والأنظمة المختلفة للمنشأة، و(ج) التفاعل والتقارب بين الواقع المادي والواقع الافتراضي، من خلال المحاكاة الكاملة، والتمثيل الرقمى الكامل بين الواقع المادى والافتراضى. (٣) التطور الذاتي، ومن خلال هذه الخاصية تتمكن التوائم الرقمية من تحديث البيانات في الوقت الفعلي، بحيث تخضع النماذج الافتراضية للتحسين المستمر من خلال مقارنة الواقع الافتراضي مع الواقع المادى بالتوازي.

أما فيما يتعلق بأنواع الرقمنة المزدوجة، أشارت دراستى (Lee et al.,2021; Errandonea et al., 2020) إلى أن هناك ثلاثة أنواع من التوأم الرقمية، تتمثل فى كل من النموذج الرقمي والظل الرقمي والتوأمة الرقمية. حيث يعتبر النموذج الرقمي بمثابة عملية نسخ رقمي لكيان مادي، وهذا النوع من التوائم لا يؤدى إلى حدوث تفاعل بين الميتافيرس والعالم المادى. أما الظل الرقمي فهو عبارة عن تمثيل رقمي لكيان مادي، وبمجرد حدوث أى تغيير فى الكيان المادي،

يتغير الظل الرقمي وليس العكس. أما النوع الثالث يتمثل فى التوأمة الرقمية، والذى من خلاله يكون كل من العالم المادى والميتافيرس قادران على التأثير على بعضهما البعض، وحدوث أي تغيير في أي منها سيؤدي إلى تغيير في الآخر.

وفيما يتعلق بالبنية المعمارية لتقنية التوأمة الرقمية، أشارت دراستى (Segovia & Alfaro,2022; Stączek et al.,2021) إلى أنه لا يوجد إجماع حول التصميم المعمارى لتقنية التوأمة الرقمية، ولكن يجب أن تحتوى فى أبسط تصميم لها على ثلاثة أجزاء على الأقل وهم؛ المكون المادى Physical Component، ونسخة افتراضية من هذا المكون Virtual Component، والطبقة الخاصة بالاتصال لتبادل البيانات ثنائية الاتجاه بينهما. فى حين اقترحت دراسات (Tao & Zhang,2017; Huang et al.,2021; Minerva et al.,2020) أنه يمكن زيادة مكونات البنية التحتية لتقنية التوأمة الرقمية، لتتكون من أربع طبقات؛ حيث تشير الطبقة الأولى إلى الطبقة المادية والتى تتضمن الكيانات الحقيقية، مثل الأشياء والأصول والمنتجات والموظفين والمعدات والمرافق والأنظمة والعمليات الموجودين بشكل موضوعي في الفضاء المادي، وتتمثل الطبقة الثانية فى النسخة الافتراضية للطبقة المادية ويطلق عليها الطبقة الرقمية، وهى عبارة عن نماذج مبنية بأبعاد متعددة، بما في ذلك التصميم الهندسى والسلوك والقواعد لإنشاء نسخ رقمية من الأشياء المادية. وتأتى فى الطبقة الثالثة أنظمة الخدمة والاتصال ويطلق عليها الطبقة الإلكترونية باعتبارها منصة خدمات متكاملة، تعمل على تلخيص وظائف نظام معلومات المنشأة، والأدوات والنماذج والخوارزميات، وتجميعها ومعالجتها وتخزينها لتشكيل خدمات مركبة لمتطلبات محددة من كل من المكون المادى والافتراضى. وتأتى طبقة البيانات فى المرحلة الرابعة والأخيرة والتى من خلالها تتكامل بيانات كل من المكون المادى، والمكون الافتراضى، ونظام الخدمة والاتصال، والبيانات المدمجة للأجزاء الثلاثة، بالإضافة إلى الطرق الحالية للنمذجة والتحسين والتنبؤ، مما يسمح بتقارب البيانات الموجودة في كل من المساحات المادية والافتراضية ودمجهما معاً، ومن ثَم توفير معلومات أكثر شمولاً واتساقاً.

ومن حيث استخدامات تقنية التوأمة الرقمية، فقد أصبح لتقنية التوأمة الرقمية العديد من الاستخدامات فى جميع المجالات فى الآونة الأخيرة. فعلى مستوى قطاع الرعاية الصحية، ساهمت التوأمة الرقمية فى تحسين عمليات الرعاية الصحية الرقمية وتخفيض تكلفتها من خلال الجمع بين المرضى والأطباء والمتخصصين في نظام صحي ذكي وشامل وقابل للتطوير لمراقبة الحالة

الصحية للمرضى عن بُعد، والتنبؤ بالمشاكل الصحية للمرضى لتحسين أداء التشخيص الصحى، وصياغة خطة علاج شاملة للمرضى، واتخاذ الإجراءات الوقائية فى الوقت المناسب، واستخدامها أيضاً فى الصيانة التنبؤية والإصلاح المستمر للمعدات الطبية (Elayan et al.,2021; Fuller et al.,2020; Perno et al.,2022; Rathore et al.,2021; Lee et al.,2021).

وفيما يتعلق بمجال النقل والمواصلات، ومجال الرقابة البيئية، أشارت دراسات (Huang et al.,2021; Shahzad et al.,2022; Lv & Xie,2021; Fuller et al.,2020; Perno et al.,2022; Lee et al.,2021; Segovia & Alfaro,2022) إلى أنه يُمكن استخدام التوأمة الرقمية بشكل كبير فى مراقبة أنظمة الأمن والسلامة على الطرق، والتحكم فى حركة المرور، وتخفيض الانبعاثات الكربونية. كما يُمكن استخدامها فى مراقبة استهلاك الطاقة والتنبؤ بها، ومراقبة التربة والمياه، والاعتماد عليها أيضاً فى مجال مكافحة الحرائق والتنبؤ بالكوارث الطبيعية لضمان تحقيق إنذار مبكر، واتخاذ الإجراءات الوقائية فى الوقت المناسب.

أما على مستوى بيئة الأعمال الصناعية، فقد أوضحت دراسات (Stączek et al.,2021; Shahzad et al.,2022; Rathore et al.,2021 Minerva et al.,2020; Voipio et al.,2021) أن من المتوقع أن يكون لتقنية التوأمة الرقمية أثر جوهرى على العديد من الأنشطة والعمليات داخل المنشأة، حيث يُمكن استخدامها فى رقمنة عمليات التصنيع واللوجيستيات والتخطيط وجدولة الإنتاج، وذلك لقدرتها على تخزين ومعالجة البيانات المتدفقة من الأصول المادية المتصلة، وتحليلها ونمذجتها لمحاكاة الأصول، ومراقبتها والتنبؤ بحالتها وسلوكها، مما يُمكن المستخدمين من الحصول على صورة أوضح للأداء في العالم الحقيقي، وظروف التشغيل الخاصة بأصل التصنيع من خلال البيانات شبه اللحظية التي يتم التقاطها من الأصل واتخاذ قرارات التشغيل الاستباقية، وتوفير محاكاة افتراضية مستمرة لمراحل التصنيع على خطوط الإنتاج لتتبع المنتجات والآلات ومراقبتهم عن بُعد، والتنبؤ بأداء أنشطة وعمليات التصنيع لضمان جودة تصنيع المنتج، وتحسين كفاءة العمليات الصناعية، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وتحسين الأداء التشغيلى. وهو ما أكدت عليه دراسة (Ukko et al.,(2022 بأن تقنية التوأمة الرقمية ساعدت المحاسبين الإداريين فى تسهيل عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بإدارة التكلفة وتحسين الأداء التشغيلى من خلال تطبيق ممارسات المحاسبة الإدارية الإستراتيجية مثل التكلفة على أساس النشاط، وبطاقة الأداء المتوازن

للأداء، والتكلفة المستهدفة، مما يحقق الاستجابة السريعة لمتطلبات الإنتاج فى الوقت المناسب، وتلبية المتطلبات والظروف المتغيرة في كل من المصنع وسلسلة التوريد واحتياجات العملاء.

وفى نفس السياق، أكدت دراسات (Corradini & Silvestri,20222; Fuller et al.,2020; Shahzad et al.,2022; Lu et al.,2020) على أن تقنية التوأمة الرقمية يمكنها توفير جميع المعلومات اللازمة لاتخاذ القرارات التشغيلية دون رؤية الآلة قيد التشغيل فعلياً، كما يمكنها توفير بعض المعلمات الإضافية التي لا تتم مراقبتها ولكن يمكن استنتاجها من خلال البيانات المعروفة، مما يمنح المستخدمين بنية تحتية جيدة لتنفيذ نظام فعال للتحكم فى الآلات عن بُعد، ومن ثَم تسهيل عملية تشخيص المشاكل، وتجنب الأخطاء نتيجة التتبع المستمر للآلة لحظة بلحظة. وبُناءً عليه، يخلص الباحث إلى أن جوهر التوأمة الرقمية هو تجميع البيانات من نظيرها المادى ومعالجتها فى الوقت المناسب، مما يعكس فى الوقت الفعلى ما يحدث فى العالم المادى لهذا العالم الافتراضى.

٧-٣- التأصيل النظرى لنظام إدارة الأصول Assets Management System (AMS)

أدى التطور السريع لتقنيات الثورة الصناعية الرابعة ومنصات الإنترنت الصناعى إلى تحفيز المنشآت على تغيير سياستها ونظرتها التقليدية نحو إدارة الأصول، وأصبح هناك تغيير جذرى فى عملية إدارة الأصول، من آلة واحدة إلى أنظمة متكاملة، ومن مرحلة استخدامها إلى نهاية دورة حياتها، وتحول أعمال تشغيل الأصول وصيانتها من التفتيش التقليدى المنتظم إلى إدارة ممارستى التشغيل والصيانة التى تعتمد على البيانات اللحظية والصيانة التنبؤية، مما يؤدى إلى تخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وتحسين معدل العائد على الأصول، وتحسين الأداء التشغيلى (Bao et al.,2022).

وبُناء عليه، عرفت دراسة Weerasekara et al., (2022) نظام إدارة الأصول على أنه مجموعة استراتيجية متكاملة من العمليات الشاملة مثل (المالية، والإدارة، والهندسة، والتشغيل، والصيانة) لتحسين كفاءة وفعالية الأصول، وتخفيض وإدارة التكاليف، وتحسين القدرة التنافسية للمنشأة، فى حين عرفتها دراسة EL-Akruti et al., (2013) بأنه النظام الذى يخطط ويتحكم فى الأنشطة المتعلقة بالأصول وعلاقتها لتوفير ضمان توافق أداء الأصول مع الاستراتيجية التنافسية للمنشأة، ولما يتمتع به هذا النظام من إمكانات كبيرة للتأثير على جميع جوانب أنشطة دورة حياة

الأصول من الفكرة إلى التصميم وحتى التخلص منها، الأمر الذى يلبى فى النهاية الاستراتيجية التنافسية للمنشأة.

واستكمالاً لما سبق، ترى دراسة Attencia & Mattos (2022) أن عملية إدارة دورة حياة الأصول عبارة عن مجموعة من الأنشطة المرتبطة بأهداف العمل، والتى تتكون من خمس مراحل رئيسية وهم كالتالى؛ **مرحلة الاقتناء** (Acquisition): وهى تلك المرحلة التى تشمل جميع الأنشطة التى يتضمنها التحليل المالى والفنى والتخطيط لاقتناء أصول جديدة، **ومرحلة الاختبار** (Commissioning): وهى المرحلة التى تُمثل جميع الأنشطة المرتبطة بتركيب الأصول واختبارها وتشغيلها، **ومرحلة التشغيل** (Operation): والتى من خلالها يتم تحديد كيفية استخدام الأصل وتطويعه لتحقيق الأهداف، **ومرحلة الصيانة** (Maintenance): وهى التى تتضمن جميع الأنشطة المتعلقة بمدى فعالية المنشأة فى الحفاظ على وصيانة الأصول لضمان جودة الأداء الخاصة بها، **ومرحلة التخلص** (Demobilization): والتى تشتمل على جميع الأنشطة المتلعقة بايقاف التشغيل، واستبدال أو بيع الأصول.

وبُناء عليه، يرى الباحث أن نظام إدارة الأصول ما هو إلا عملية نموذجية تُسهل القرارات والإجراءات والأنشطة الخاصة بأصول المنشأة، وبالتالى فهو يعتبر بمثابة استراتيجية متكاملة لتطوير ممارسات تشغيل أصول المنشأة وصيانتها باستخدام مجموعة من أنشطة الرقابة والتخطيط لتحديد نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات لتقييم الوضع التنافسى للمنشأة ودعم تخطيطها الاستراتيجى.

وفيما يتعلق بالتحديات التى تواجه نظام إدارة الأصول فى الآونة الأخيرة خاصةً فى ظل رقمنة بيئة التصنيع الحديثة، ترى دراسة Götz et al., (2020) أن أهم تحدى يواجه المنشآت الصناعية يتمثل فى عدم قدرتها على توفير إطار عمل متكامل يتضمن الأداء الفعال لإدارة ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول باعتبارهما شرطين أساسيين لتخفيض التكاليف التشغيلية، وتحسين أداء المنشأة، وقدرتها التنافسية. وهو ما أتفق مع دراستى (Maletic et al.,2020; EL-Akruti et al.,2013) بأن عدم الإلتزام بتطبيق نظام فعال لإدارة ممارستى التشغيل والصيانة يؤدى إلى انخفاض الحصة السوقية للمنشأة، وفقدان سمعتها بسبب عدم التزامها بتسليم منتجاتها فى المواعيد المحددة، الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى الأثر السلبى على كل من الأداء التشغيلى، والأداء المالى للمنشأة.

وفى نفس السياق، أشارت دراسات (Polenghi et al.,2021; Campos et al.,2016; Qiu et al.,2019; Whyte et al.,2015; Gitelman et al.,2021) إلى أن هناك العديد من التحديات التى يواجهها نظام إدارة الأصول، لعل أهمها يتمثل فى نقص البيانات المتعلقة بالأصول فى الوقت الفعلى نتيجة عدم التجانس التكنولوجي لممارستى التشغيل والصيانة الآلات والمعدات بنظام إدارة الأصول، وعدم دمج أنظمة المعلومات المختلفة لدعم إدارة دورة حياة الأصول بأكملها، مما يترتب عليه حدوث العديد من المشاكل التى تتعلق بزيادة تكاليف التشغيل والصيانة، ونقص الإنتاجية، وعدم الكفاءة فى تتبع الأصول ومراقبتها.

لذا يتفق الباحث مع الدراسات السابقة، ويرى أن هناك قصور كبير فى دعم المنشآت لتكنولوجيا المعلومات لإنشاء نظام فعال لإدارة وتطوير الأصول الرقمية والممارسات المرتبطة بها. وبُناءً عليه، يخلص الباحث إلى أن سياسة أهداف وخطة إدارة الأصول الاستراتيجية يجب أن تعكس رؤية ورسالة المنشأة، وذلك من خلال التطوير المستمر لممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة أصول المنشأة لتحقيق الاستدامة فى جميع جوانب العمل، والقدرة على تحويل الأهداف التشغيلية والتكتيكية والاستراتيجية للمنشأة إلى أهداف محددة لإدارة الأصول، مما يحقق المواءمة المستمرة لاستراتيجية إدارة الأصول مع استراتيجية المنشأة ككل.

٨- تحليل وتقييم الدراسات السابقة، واشتقاق فروض البحث.

تحقيقاً لهدف البحث، سيتناول الباحث فى هذه الجزئية تحليل وتقييم الدراسات السابقة الخاصة بدور تقنية التوأمة الرقمية كمتغير مُعدل على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وسيتم تقسيم وتصنيف الدراسات السابقة إلى مجموعتين على النحو التالى؛ حيث يتناول فى المجموعة الأولى تحليل أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، واشتقاق فرضى البحث الاول والثانى (H1)،(H2). ويتناول فى المجموعة الثانية تحليل أثر تطبيق تقنية التوأمة الرقمية على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، واشتقاق فرضى البحث الثالث والرابع (H3)،(H4).

٨-١- المجموعة الأولى: الدراسات التى تناولت أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول واشتقاق فرضى البحث الأول والثانى.

أدى الانتشار الهائل لتقنية سلسلة الكتل Blockchain، وتكنولوجيا إنترنت الأشياء (IOT)، والزيادة في عدد أجهزة الواقع المختلط (XR) إلى تكوين بيئة مناسبة لتقنية الميتافيرس، والتى تسمح تقنياتها بالتفاعل متعدد الحواس والاتصال الذكي بين الأشخاص والعمليات والبيانات والأشياء (Kemec,2022; Aharon et al.,2022). ونتيجة لهذا التطور، أكدت دراستى (Ludwig et al.,2021; Obermair et al.,2020) على أنه أصبح لزاماً على المنشآت الصناعية ضرورة رقمنة وآتمتة بيئة التصنيع لديها، وزيادة مرونة الإنتاج، وتحسين كفاءة المستخدمين فى التعامل مع الأصول، وزيادة قدرتهم على التكامل مع أنظمة تكنولوجيا المعلومات الحديثة داخل المنشأة، خاصةً بعد تعرض المنشآت فى الآونة الأخيرة للعديد من التحديات والتى قد يترتب عليها تحميل المنشأة بمزيد من التكاليف الإضافية. كما تناولت دراسة Chang et al., (2017) أن ضرورة التواجد المادى للخبراء داخل مواقع التصنيع لتقديم الاستشارات الفنية، أو لدعم المستخدمين لحل مشكلة ما، لم يعد بمثابة الحل الأمثل فى بيئة التصنيع الحديثة نظراً لكثرة عدد المصانع ومواقع التصنيع، وأضافت أيضاً أن الاتصال الصوتي قد يكون غير كافياً إذا كانت المشكلة معقدة ويصعب وصفها، أو إذا كان الفنى الموجود فعلياً في الموقع ليس لديه الكفاءة الكافية لوصف المشكلة.

وبُناءً عليه، أشارت دراسة Buń et al., (2021) إلى أنه من المتوقع أن يكون لتقنية الميتافيرس أثر جوهرى على العديد من الأنشطة والعمليات داخل المنشأة، من خلال تحسين كفاءة العمليات التشغيلية، وتطوير عمليات جديدة ومبتكرة، كما سيؤدى تطبيقها إلى تحسين قدرات العاملين ودعمهم بجميع الأنظمة والأدوات والتقنيات المتطورة لتحقيق التفاعل الواقعى بينهم وبين الآلات، وتحسين الرقابة على عمليات التشغيل والصيانة، مما يسمح بسهولة وسرعة تحميل البيانات والصور ومقاطع الفيديو إلى التقارير الحالية بنظام معلومات المنشأة. وبشكل أكثر تحديداً، وجدت الدراسة أن تقنيات الواقع المعزز (AR) تساهم فى تقديم الدعم الكامل للمتخصصين والخبراء من خلال تبادل البيانات عبر الإنترنت، وتحقيق التواصل عن بُعد مع أعضاء الفريق الآخرين، مما يُسهل عملية الوصول إلى الموارد والأدلة اللازمة لحل المشاكل المتعلقة بالعملية التشغيلية، كما أن استخدامها يؤدى إلى تسريع العمليات بشكل كبير، ويعمل على تحسين كفاءة المستخدمين فى

تشغيل الآلات والتحكم فيها عن بُعد، وتوفير اتصالات صوتية ومرئية تساهم فى دعم عمل الخبراء عن بُعد فى مجال صيانة وتشغيل الآلات، الأمر الذى أدى إلى تحقيق وفورات كبيرة فى التكلفة نتيجة تخفيض الوقت اللازم لحل المشاكل بنسبة ٤٠%، وتخفيض التكاليف الإضافية الناتجة عن ضرورة الوجود المادى للخبراء بنسبة تصل إلى ٧٠%، وتخفيض الأعطال والمشاكل الناتجة عن التوقف عن العمل أو تلف الآلات والماكينات بنسبة ٣٠%.

ومن ثَم، يتفق الباحث مع الدراسات السابقة على أن تقنية الميتافيرس وفرت الدعم الكامل لتحقيق العمل عن بُعد مع الخبراء والاستشاريين، حتى فى المواقع البعيدة جغرافياً، فمن خلال الوصول المستمر والسريع إلى موارد قاعدة البيانات؛ مثل النصوص، والصور، والرسوم البيانية، ومقاطع الفيديو، والنماذج ثلاثية الأبعاد، وملفات الوسائط المتعددة، فقد أصبح لدى كل من المستخدمين والخبراء رؤية أفضل للمشكلة تمكنهم من معرفة الاصلاحات وأعمال الصيانة التى يجب إجراؤها، مما يؤدى فى النهاية إلى تحسين ممارستى التشغيل والصيانة، وتخفيض التكاليف المرتبطة بهما، ومن ثَم تحسين الأداء التشغيلى.

وفى نفس السياق، تناولت دراسة Mourtzis et al., (2022) أن تضمين تقنية ميتافيرس لتقنية سلسلة الكتل Blockchain، وأدوات الذكاء الاصطناعى سيعيد تشكيل مشهد التصنيع وإدارة الأصول بالكامل، حيث يُمكن للمستخدمين التعرف بسهولة على أكثر طرق التصنيع كفاءة وأماناً من خلال وضع الأصول فى عملية محاكاة داخل إطار عمل تقنية الميتافيرس دون إجراء اختبارات فعلية كبيرة، بالإضافة إلى قدرتها على توفير العديد من قنوات التعاون من خلال المساحة المشتركة لتبادل الأفكار التى تتضمنها هذه التقنية مما يؤدي إلى تحسين رؤية الإدارة تجاه إدارة ممارستى التشغيل والصيانة، وفهم أفضل لعمليات سلسلة التوريد نتيجة العروض ثلاثية الأبعاد بدايةً من تصنيع المنتجات وحتى تسليمها وبيعها للعملاء. وهو ما يراه الباحث، يتفق مع نتائج دراستى (Lee & Kundu,2022; Siyaev & Jo,2021) بأن الغرض من تطبيق تقنية الميتافيرس في التصنيع الذكى يتمثل فى تحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول من خلال المراقبة والتحكم عن بُعد للعمليات التشغيلية، واستكشاف الأخطاء وإصلاحها، واستخدام المحاكاة عبر الواقع الافتراضى فى تدريب المستخدمين والمديريين الجدد.

وتأكيداً على ما سبق، استهدفت دراسة Zallio & Glarkson (2022) استكشاف الأثر الاجتماعي للميتافيرس على مجموعة من خبراء الصناعة، بهدف تحديد الاتجاهات التي يتعين على

الشركات القيام بها، وتوصلت النتائج إلى أن تقنية ميتافيرس لا تحل محل العالم الحقيقي ولكن تُمكن المستخدمين من فهم العالم المادي بشكل أفضل من خلال تصميم نماذج تفاعل جديدة، وتطوير أساليب استكشافية جديدة، والكشف عن وتطوير الأفكار التي يصعب فهمها. وهو ما توصلت إليه دراسة Oh et al., (2023) بأن العوالم الافتراضية يُمكن أن تُسهل التفاعلات الداعمة، وتوفر العديد من المنافع للمستخدمين من خلال مزج الأنشطة الافتراضية مع أشكال أخرى من الأنشطة غير المتصلة بالإنترنت وخلق تجارب مشتركة بين المستخدمين، كما توفر البيئات ثلاثية الأبعاد في العوالم الافتراضية إشارات مرئية حية للمستخدمين حول محيطهم، مما يزيد من الاحساس المعزز بالوجود الاجتماعي بين المستخدمين كواحدة من الآليات الأساسية لتقنية الميتافيرس.

ويخلص الباحث من تحليل دراسات هذه المجموعة إلى أن تقنية ميتافيرس تُعد وبلا شك بمثابة الثورة التكنولوجية القادمة فى تحسين ممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات داخل قطاع التصنيع لقدرتها على زيادة الإنتاجية والكفاءة، وتحسين التنبؤ بالمخاطر، والرقابة المستمرة على العمليات، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وبتحليل هذه الدراسات منهجياً، اتضح اعتماد بعضها على أسلوب الدراسة التجريبية، وهو ما يبرر توجه الباحث لاختيار الدراسة التجريبية لاختبار العلاقة محل الدراسة فى بيئة الممارسة المصرية.

وبُناء علي ذلك يعتقد الباحث بإمكانية وجود أثر لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، انطلاقاً مما تم التوصل إليه من إمكانية أنه كلما تمكنت المنشأة من تطبيق تقنية الميتافيرس كلما زادت كفائتها فى تحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول. وهو ما يبرر توجه الباحث لتبنى اتجاه هذه العلاقة بالاتساق مع الدراسات السابقة فى هذا الصدد. وبالتالى، يمكن اشتقاق الفرضين الأول والثانى للبحث على النحو التالى:

H1: يؤثر تطبيق تقنية الميتافيرس إيجابياً على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول.

H2: يؤثر تطبيق تقنية الميتافيرس إيجابياً على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.

٨-٢-المجموعة الثانية: الدراسات التى تناولت أثر تطبيق تقنية التوأمة الرقمية على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول واشتقاق فرضى البحث الثالث والرابع

تسعى معظم المنشآت الصناعية إلى تحسين ممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات من خلال تحقيق التشغيل السليم لها، للحفاظ على سير العملية التشغيلية بشكل منتظم، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وإطالة العمر الإنتاجى لتلك الأصول. ومن أجل تحقيق ذلك، طالب العديد من الممارسين والباحثين في الآونة الأخيرة بضرورة الاهتمام بتقنية التجميع الرقمي من خلال الانتقال التدريجي من التجميع الرقمي للواقع المادى إلى التجميع الرقمي للواقع الافتراضى والمعزز، ومن التجميع الرقمي للنماذج الرقمية إلى التجميع الرقمى القائم على التوأمة الرقمية، لما توفره هذه التقنيات من فرص ومزايا هائلة فى العديد من المجالات، ولا سيما فى التصميم والإنتاج والتصنيع والصيانة (Qiu et al.,2019; Huang et al.,2021).

ونتيجة للتحديات التى تواجهها تقنية الميتافيرس فى معالجة البيانات المكانية المتعددة، والمشاكل المتعلقة بمواءمة قابلية التشغيل البينى الناتجة عن اختلاف مزامنة البيانات بين العالمين المادى والافتراضى فيما يخص طريقة وتكرار التحديث ومستوى التفاصيل التي يتم التقاطها، أشارت دراسات (Lv et al.,2022; Alqaily et al.,2022; Mourtzis et al.,2022; Allam et al.,2022 ;Hashash et al.,2022) إلى ضرورة تطبيق تقنية التوأمة الرقمية جنباً إلى جنب مع تقنية الميتافيرس باعتبارها أحد الركائز الأساسية لها، ولقدرتها على تخفيض أبعاد البيانات، وتمثيل سمات الكيانات المادية متعددة الأبعاد إلى العالم الافتراضى، ومزامنة البيانات الخاصة بحالتها وخصائصها في الوقت الفعلي، وتحسين كفاءة استرجاع المعلومات وتجنب فقدانها، ولقدرتها أيضاً على توفير الأتصال المستمر بين التوأم المادى ونظيره الرقمى لضمان استمرار النشاط الافتراضى حتى لو انقطع الاتصال مؤقتاً بالميتافيرس، الأمر الذى يوفر الدعم الكامل للمستخدمين لتحسين عملية اتخاذ القرارات أثناء إدارة وتشغيل الأصول.

ففى الآونة الأخيرة، أصبحت تقنية التوأمة الرقمية تُمثل اتجاهاً جديداً للعديد من الشركات متعددة الجنسيات في تخطيط وجدولة أعمالها، باعتبارها أحد أهم التقنيات الهامة والقوة الدافعة للرقمنة الصناعية المستمرة، ولما أحدثته من نقلة نوعية كبيرة فى دعم وتحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول بالمنشأة بسبب دورة حياتها الكاملة من الواقعية إلى الافتراضية،

وقدرتها على التحكم في الإجراءات الحقيقية من خلال الإجراءات الافتراضية (Xiangdong et al.,2020; Erkoyuncua et al.,2020). وهو ما أتفقت عليه دراستى (Ran et al.,2022; Huang et al.,2021) بأن العديد من الشركات الكبيرة مثل General Electric، وSiemens، وPTC ، وTesla، قامت بتبنى تقنية التوأمة الرقمية لقدرتها الفائقة على التشغيل المتزامن لأنظمة الإنتاج الافتراضية والفعلية، وتحسين الاتصال بين الجزئين المادي والافتراضى فى الوقت الفعلى، بهدف تحسين أداء العمليات، وتحقيق المرونة فى العملية الإنتاجية، وتعزيز القدرة التنافسية.

وفيما يتعلق بدورها فى تعزيز التصنيع الرقمى والرقمنة الصناعية، هدفت دراسات (He & Bai, 2020; Tao et al.,2018; Li et al., 2022; Onaji et al.,2022; Cimino et al.,2019; Kamble et al.,2022; Lu et al.,2020) إلى تقديم إطار مقترح يجمع بين التصنيع الذكى والتوأمة الرقمية، لجعل العمليات التشغيلية أكثر كفاءة وذكاءً، وفي الوقت نفسه، لمراقبة حالة الآلات ومعدات الإنتاج، والتنبؤ بالفشل المحتمل في الوقت المناسب. وتوصلت إلى أن تقنية التوأمة الرقمية يُمكنها استيعاب حالة أنظمة التصنيع الذكية في الوقت الفعلي، والتنبؤ بفشل النظام من خلال تشخيص حالة وسلوك الآلات والمعدات وإعطاء انذار مبكر للمستخدمين، وذلك بسبب كفاءة نموذج المحاكاة الافتراضية فى تحديد ما إذا كان النموذج المادي سينتج عنه أخطاء أو انحرافات بُناءً على بيانات الحالة في الوقت الفعلي، مما يؤدى إلى تخفيض معدلات الفشل الناتجة عن أعطال الآلات والمعدات، وتحسين مؤشرات الصيانة والإنتاج، وتخفيض تكاليف التشغيل، وزيادة مرونة عملية التصنيع.

وفى نفس السياق، وفيما يتعلق بدعمها لممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، أتفقت دراسات (perno & Hvam,2020; Guo et al.,2018; Haag & Anderl,2018; Liu et al.,2019; Cia et al.,2017; Vachálek et al.,2017) على قدرتها الهائلة خلال مرحلة الإنتاج فى إنشاء خط تصنيع افتراضى لتتبع جميع عمليات الإنتاج، وكذلك حالة وسلوك الآلات والمعدات المستخدمة فى العملية الإنتاجية، وتجميع كافة البيانات التشغيلية فى الوقت الفعلى من خط الإنتاج لعملية التصنيع بأكملها، لتوفير صورة كاملة تضمن تقديم أساس منطقى لتحليل هذه البيانات لتحسين جودة الإنتاج والإنتاجية، مما يساعد المستخدمين فى التنبؤ بالأعطال، وتقليص وقت العمليات الإنتاجية، وتحسين العمليات التشغيلية، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، ومن ثَم تحسين الأداء التشغيلى. وأضافت إليهم دراسات (Xiangdong et al., 2020; Rathore et

al.,2021; Boschert & Rosen,2018; Vathoopan et al.,2018) أن تقنية التوأمة الرقمية تعتبر أحد التقنيات الحديثة التى أدت إلى حدوث تغيير استراتيجى فى عمليات الصيانة من خلال الانتقال من الصيانة الدورية التقليدية التى تعتمد على العمل التفاعلى إلى الصيانة المخططة، الأمر الذى يجعلها بمثابة استراتيجية صيانة وقائية أو استباقية، وذلك لقدرتها على الإدارة الفعالة للمخاطر المحتملة الناتجة عن الأعطال والتوقف المفاجئ للإنتاج، مما يتيح للمستخدمين حل المشاكل بشكل استباقى، والحد من أعمال الصيانة المجدولة وغير الضرورية.

واستكمالاً لدورها الفعال فى تخفيض تكاليف الصيانة، وجدت دراسة (Monostori et al., 2016) أن تطبيقها أدى إلى تحقيق زيادة فى الأرباح التشغيلية للمنشآت الصناعية تتراوح ما بين ١٧-٢٠%، وزيادة فى نسبة الالتزام بمواعيد التسليم من ١٩% إلى ٩٣%، وتخفيض انحرافات الوقت اللازم للإنتاج من ١٧٪ إلى ٢٪، وذلك نتيجة تحسين جودة المعلومات المستخدمة فى جدولة الإنتاج، واتباع استراتيجيات التصنيع القائم على البيانات. وهو ما اتفق مع دراسة (O'Sullivan et al., 2020) بأن تكاليف صيانة الآلات والمعدات تُمثل أكثر من ٣٠% من تكاليف التشغيل السنوية للمنشأة، كما تُمثل ما بين ٦٠-٧٥% من تكلفة دورة حياة الآلة، وتوصلت الدراسة إلى أن نتيجة اتباع المنشآت لاستراتيجية الصيانة الاستباقية التى توفرها تقنية التوأمة الرقمية أدى إلى تخفيض تكاليف الصيانة بنسبة تصل إلى ٣٠%، وتخفيض وقت أعطال الآلات والمعدات بنسبة تصل إلى ٧٥% مقارنةً بممارسات الصيانة التقليدية المجدولة.

وبُناءً عليه، يتفق الباحث مع الدراسات السابقة، ويخلص إلى أنه كلما زاد تعقيد ممارستى التشغيل والصيانة داخل المنشأة، كلما زادت المنافع التى يمكن الحصول عليها من تبنى تقنية التوأمة الرقمية، من خلال قدرتها على تحقيق التقارب الرقمى بين بيانات كل من الواقع المادى والافتراضى للآلات والمعدات، مما يُمكن المنشأت الصناعية من إجراء محاكاة كاملة لعمليات الإنتاج وتحسينها من خلال إجراء تعديلات على التوأم الرقمى لخط الإنتاج أو التصنيع، وتفعيل عمليات الصيانة الاستباقية، مما يساهم فى تخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وتقليص وقت أعطال الإنتاج، ومن ثَم تحسين الأداء التشغيلى.

وفيما يتعلق بمزايا تطبيق تقنية الواقع الافتراضى (VR) فى ظل تبنى التوأمة الرقمية لتطوير التصنيع الذكى، أوضحت دراسات (Errandonea et al.,2020; Burghardt et al.,2020; Dallel et al.,2023) أن الهدف من التكامل بين تقنيتى الواقع الافتراضى والتوأمة الرقمية يتمثل

فى تسجيل حركة وسلوك جميع العمليات التشغيلية فى البيئة الافتراضية، والتى سيتم إعادة تشغيلها لاحقاً بشكل فعلى بواسطة الآلات والروبوتات فى العالم المادى، والمساهمة فى تصميم أتمتة العمليات التشغيلية وتنفيذها ومراقبتها في الوقت الفعلي، وتقديم سيناريو حقيقى لتصميم وتقييم مكان العمل التعاونى بين العمال والروبوتات. وأشارت النتائج إلى أن استخدام الواقع الافتراضى (VR) فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية أدى إلى تحسين قدرة المستخدمين على محاكاة واختبار الأصول الافتراضية، وتصحيح أخطاء النظام الافتراضى، والتحكم فى وتحسين العمليات، والتنبؤ بسلوك النظام وتحسينه، وذلك من خلال نقل المعلومات بشكل آنى بين النظام الافتراضى والعالم المادى، مما يساهم فى زيادة كفاءة الإنتاج، وتفادى العديد من المخاطر والمشاكل الناتجة عن توقف أو تعطل الآلات والمعدات، وتحسين الصيانة التنبؤية. واتفقت معهم دراسات (Lee et al.,2021; Kamble et al.,2022; Pérez et al. 2020) بأن التكامل بين تقنيتى الواقع الافتراضى (VR) والتوأمة الرقمية يعتبر بمثابة أرضية اختبار افتراضية لتصميم الروبوتات الجديدة، والتى تسمح لمصممى الروبوتات بعمل محاكاة افتراضية ثلاثية الأبعاد لسير عملها، وفحص ودراسة سلوكها قبل التنفيذ المادى، مما يسمح بتدريب المستخدمين عن بُعد، وإعداد دراسات الجدوى الخاصة بإدارة التكاليف، وتحسين العمليات المستقبلية.

وفى نفس السياق، أوضحت دراسة Ran et al.,(2022) أن التوأمة الرقمية ساعدت تقنية الواقع الافتراضى (VR) على رفع كفاءة الممارسين فى التعرف على إجراءات التشغيل الفعلية للآلات والمعدات داخل مواقع التصنيع، وتنمية مهارات وقدرات العمال الجدد على فهم حالة الإنتاج وسير عمل سلسلة التوريد، والدعم والتدخل الاستباقى السريع فى حل المشاكل المتعلقة بتعطل الآلات والمعدات، وتقديم الحلول والتوصيات عن بُعد أثناء إجراء عمليات الصيانة، ومن ثَم استئناف العملية التشغيلية. وفى النهاية أكدت الدراسة على أنه بمجرد تشغيل الآلات والمعدات داخل المصنع، تقوم تقنية التوأمة الرقمية بجمع كافة المعلومات الخاصة ونقلها مباشرة إلى النظام الافتراضى، مما يسمح لمستخدمى الميتافيرس عبر الواقع الافتراضى من فهم حالة الآلات والمعدات عن بُعد وبشكل لحظى، كما يقوم نظام الأعطال بإرسال جميع المعلومات الخاصة بالمشكلة تلقائياً إلى الأجهزة الذكية المحمولة، ونظام معلومات المنشأة لضمان انتظام سير العملية الإنتاجية، وبما يحقق المزامنة الكاملة للبيانات بين التقنيتين.

واستكمالاً لما سبق، أشارت دراسات (Talkhestani et al.,2019; Shao & Helu,2020; Yang et al.,2022; Alizadehsalehi & Yitmen, 2021) إلى أن تقنية التوأمة الرقمية تلعب دوراً فعالاً فى دعم الأنظمة الافتراضية لتقنية الميتافيرس من خلال قدرتها على التشغيل المتزامن لأنظمة الإنتاج الافتراضية والمادية، الأمر الذى ساهم خلال مرحلة التصميم فى تقليل الأخطاء أثناء عملية التشغيل الافتراضى للآلات والمعدات المادية، مما يسمح للمستخدمين بتسريع عملية إدخال منتجات جديدة، وتخفيض تكلفة تصميم المنتج، وتسريع الجدول الزمنى لإنتاج المنتج. أما فى مرحلة التشغيل، فقد كان لها دور هائل فى إمكانية تتبع جميع عمليات التشغيل وتمثيلها رقمياً وتداولها عبر النظام الافتراضى بشكل فورى، مما يساهم فى تخفيض تكاليف التشغيل، وتخفيض وقت إنتاج المنتج، وزيادة سرعة تسليم المنتجات للعملاء، وتحسين العمليات التشغيلية، وزيادة جودة الإنتاج. وخلال مرحلة الصيانة، وجدت الدراسات أن البيانات التى تم الحصول عليها من مراقبة ومحاكاة حالة وسلوك الآلات والمعدات الخاصة بالتصنيع ساهمت فى تحقيق التحكم المرئى عن بُعد للأصول المادية، مما يسمح لمستخدمى تقنية الميتافيرس بتحسين وتطوير أنظمة الصيانة الوقائية، والصيانة التنبؤية. وأضافت لهم دراسة Perno & Hvam, (2020) أن تقنية التوأمة الرقمية ساهمت فى تفعيل دور تقنية الميتافيرس فى تحسين عمليتى التشغيل والصيانة من خلال قدرة أجهزة الاستشعار الموجودة على الأصل المادي فى تغذية نموذج التعلم الآلى الخاص بتقنية التوأمة الرقمية ببيانات محدثة في الوقت الفعلي، الأمر الذى يُمكن مستخدمى تقنية الميتافيرس من استغلال هذه البيانات فى محاكاة العديد من السيناريوهات المتعلقة باختبار الآلات والمعدات فى إنتاج منتجات جديدة داخل البيئة الرقمية، وتجنب إجراء عمليات الاختبار الحقيقية على خطوط الإنتاج فى العالم المادى، وتصميم البرامج التعليمية لتدريب العمال والفنيين عن بُعد، وتبسيط وسائل الحصول على التعليمات عن بُعد، مما يساهم فى تجنب المخاطر المتعلقة بتعرض الآلات للتلف نتيجة أخطاء المتدربين على الأصول الحقيقية، ومن ثَم تخفيض تكاليف التدريب، وتحسين كفاءة العملية التشغيلية.

وبُناءً عليه، يتفق الباحث مع غالبية الدراسات السابقة على أن التطورات في تكنولوجيا المعلومات مكنت التوائم الرقمية من إعادة تشكيل العالم المادي إلى فضاء رقمي افتراضي، لتقديم الدعم الفني لبناء وتطبيق تقنية الميتافيرس من خلال تكوين استنساخ رقمي للعالم الحقيقي وإعادة إنتاجه بنفس الميزات الحقيقية للكائنات المادية، وتوفير استجابات واقعية بُناءً على المعلومات

والبيانات المادية التي تم تجمعيها وتحليلها في الوقت الفعلي، مما يضمن المراقبة المستمرة لتوفير احتياجات المستخدمين، وتحقيق أعلى جودة ممكنة لإجراء تجارب واقعية داخل البيئة الافتراضية، وتوفير كافة الموارد اللازمة لتحسين ممارسات إدارة الأصول بصفة عامة، وممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات بصفة خاصة.

ومن ثَم، يخلص الباحث إلى أن معظم المنشآت الصناعية استفادت بشكل كبير من إمكانات تكنولوجيا الميتافيرس والتوأمة الرقمية كمنصتين رقميتين للذكاء الاصطناعي فى التخلص تدريجياً من نماذج التشغيل التقليدية بسبب قدرتهما الفائقة على توليد الرؤى اللازمة لدعم الأنشطة الخاصة بالتشغيل والصيانة لتحسين نظام إدارة الأصول، ولتوفير واجهة ثلاثية الأبعاد متطورة وغامرة، تعزز تعايش المستخدمين في توائم افتراضية للعالم المادي وتلغي الحاجة إلى التفاعل الحقيقى. لذا، يرى الباحث أن التفاعل بين تقنيتى الميتافيرس والتوأمة الرقمية يُمكن أن ينتج متغيراً تفاعلياً (معدلاً) من شأنه أن يؤثر على قوة و/ أو اتجاه العلاقة التأثيرية مجال (H1) و (H2) مقارنةً بتجاهل ذلك الأثر التفاعلى، وبُناءً على ذلك يُمكن اشتقاق الفرضين الثالث والرابع للبحث على النحو التالى:

H3: يختلف الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه.

H4: يختلف الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه.

٩- منهجية البحث

يستهدف هذا الجزء لعرض منهجية البحث بهدف اختبار فروضه تجريبياً. وفى سبيل تحقيق هذا الهدف سيعرض الباحث لكل من؛ أهداف الدراسة التجريبية، ومجتمع وعينة البحث، ونموذج البحث، وتوصيف وقياس متغيرات البحث، وأدوات وإجراءات الدراسة التجريبية، والتصميم التجريبى المستخدم، وإجراءات المعالجة. وذلك على النحو التالى:

٩-١- أهداف الدراسة التجريبية

تستهدف الدراسة التجريبية[١٠] اختبار فروض البحث المتعلقة بأثر تطبيق تقنية الميتافيرس على كل من ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وكذلك الفروض المتعلقة بأثر تطبيق تقنية

[١٠] قام الباحث باختيار الدراسة التجريبيةExperimental Study لاختبار فروض الدراسة، ونتيجة لعدم إمكانية الحصول على المعلومات والبيانات اللازمة من مفردات الدراسة إلا من خلال إجراء تجربة معينة، كما أن هذا النوع من التجارب الميدانية Field Experiments هو الذى يُمكن استخدامه فى الأبحاث التى ترتبط بالواقع العملى

الميتافيرس على كل من ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية فى بيئة الممارسة المهنية المصرية.

٩-٢-مجتمع وعينة البحث

يشتمل مجتمع البحث على مجموعة من الممارسين تتضمن كل من المحاسبين، والمهندسين، بالإضافة إلى محللى البيانات، ومحللى ومصممى نظم المعلومات، العاملين بقطاع صناعة الأجهزة الكهربائية، وصناعة الأجهزة الإلكترونية، وقطاع صناعة السيارات. وقد تم اختيار هذه القطاعات بالتحديد نظراً لاعتمادها على التقنيات التكنولوجية الحديثة فى تصنيع منتجاتها، ولإدراكهم بمدى أهمية هذه التقنيات، وتكنولوجيا الذكاء الاصطناعى فى مراقبة عمليات التصنيع، وتبسيط ورقمنة إجراءات العمل، مما يؤثر على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة أصول المنشأة، قياساً على (Ran et al.,2022; O'Sullivan.,2020; perno & Hvam,2020; Bao et al.,2022; Dallel et al.,2023; Voipio et al.,2021; Fuller et al.,2020; Polini & Corrado,2019; Buń et al.,2021; Lee & Kundu, 2022). وقد تم اختيار عينة انتقائية تحكمية من هذا المجتمع، ضمنت ١٨٠ مفردة روعى فيها توافر عنصر الخبرة كى تتناسب مع متطلبات البيانات المطلوب الحصول عليها، ومن ثَم تم تقسيم عينة البحث إلى ثلاث مجموعات مستقلة بواقع ٦٠ قائمة لكل حالة من الحالات الثلاث الافتراضية وذلك للإجابة على الأسئلة التى تلى تلك الحالات والمرتبطة بأثر متغيرات الدراسة على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول. ويوضح الجدول رقم (١) التالى عدد القوائم الموزعة لكل مجموعة عينة من العينات الثلاث، بالإضافة إلى عدد ونسبة القوائم المستلمة، وعدد ونسبة القوائم والردود السليمة والصادقة[١١].

والتى تتمثل غالبيتها فى البحوث المحاسبية والاقتصادية، ومن ثَم إمكانية تعميم نتائج هذه التجارب الميدانية وتطبيقها فى الواقع العملى (Abdel-Khalik & Ajinkya,1979).

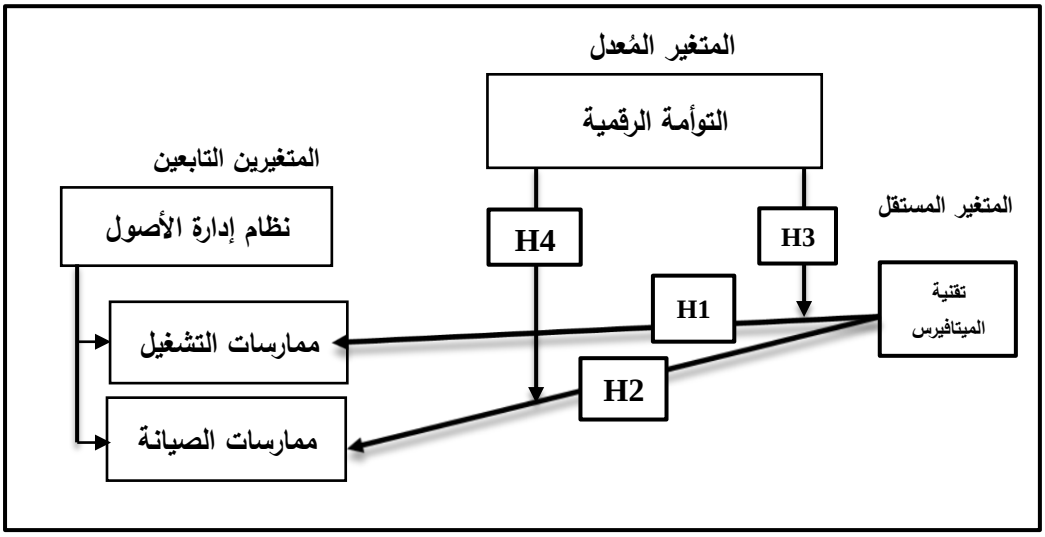
(١١) تم التأكد من الإجابة على جميع أسئلة الحالات التجريبية، واستبعاد القوائم غير المكتملة، أو غير الصادقة، من خلال تضمين الحالات التجريبية سؤال رقم (٥) الذى يختبر العلاقة محل الدراسة والصدق فى آن واحد، حيث تم سؤال مفردات العينة عن مدى موافقتهم على أن الإجراءات التى اتبعتها المنشأة تؤدى إلى تحقيق التوازن الفعال بين الأداء والتكاليف والمخاطر.

جدول رقم (١): بيان بالردود على الحالات التجريبية الموزعة والمستلمة والصحيحة

بيان	عدد الحالات التجريبية الموزعة	عدد الحالات التجريبية المستلمة	نسبة الردود إلى اجمالى الحالات الموزعة	عدد الحالات التجريبية السليمة	نسبة الردود السليمة إلى المستلمة
العينة الأولى: الحالة التجريبية الأولى	٦٠	٤٣	%٧١.٦٦	٤٠	%٩٣.٠٢
العينة الثانية: الحالة التجريبية الثانية	٦٠	٤٥	%٧٥	٣٨	%٨٤.٤٤
العينة الثالثة: الحالة التجريبية الثالثة	٦٠	٤١	%٦٨.٣٣	٣٩	%٩٥.١٢

٩-٣- نموذج البحث

يظهر نموذج البحث لتوضيح العلاقة بين المتغيرات كما يتضح بالشكل رقم (١) التالى:



شكل ١: نموذج البحث

المصدر: إعداد الباحث

٩-٤- توصيف وقياس متغيرات البحث

بالرجوع إلى فروض البحث، يتضح أن متغيرات البحث تتكون من متغير مستقل يتمثل فى تقنية الميتافيرس، ومتغيرين تابعين يتمثلان فى ممارستى التشغيل وممارسات الصيانة بنظام إدارة

الأصول. بالإضافة إلى متغير مُعدل يتمثل فى تقنية التوأمة الرقمية. وتم توصيف هذه المتغيرات وقياسها على النحو التالى:

تعتبر تقنية الميتافيرس بمثابة المتغير المستقل للبحث ويُمكن وصفها بأنها عبارة عن مجموعة من البيئات الافتراضية التى تدمج الواقع المادي مع الافتراضية الرقمية (Aharon et al.,2022; Mystakidis,2022; Pamucar et al.,2022; Schumacher,2022). ويتم قياس المتغير المستقل من خلال إمداد مفردات العينة بثلاث حالات تجريبية تحتوى على معلومات عما إذا كان يتم تطبيق تقنية الميتافيرس بالمنشأة أم لا، قياساً على (Oh et al.,2023; Akour et al., 2022; Jaung,2022; Xi et al.,2022; Buń et al.,2021).

فى حين تعتبر ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول بمثابة المتغيرين التابعين فى البحث ويمكن وصفهما بأنهما الممارسات التى من خلالها يتم تحديد كيفية استخدام الأصل، والحفاظ عليه وصيانته، لضمان جودة الأداء الخاصة به، ولتوفير ضمان توافق هذا الأداء مع الاستراتيجية التنافسية للمنشأة (Weerasekara et al.,2022; Attencia & Mattos,2022; EL-Akruti et al., 2013). ويتم قياس وتقييم ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل التحليل الأساسى من خلال إجابات وردود أفعال مفردات العينة على مجموعة من الأسئلة المتعلقة بممارستى التشغيل والصيانة، ومن ثَم المقارنة بين الردود والإجابات من خلال استخدام القيم من ١ إلى ٥ لمقياس ليكارت ذو خمس نقاط، حيث يشير رقم (١) إلى "لا أوافق تماماً"، بينما يشير الرقم (٥) إلى "أوافق تماماً"، قياساً على (Maletic et al.,2020)، وكذلك سؤال مفردات العينة عن تقديرهم لاجمالى النسبة المئوية لاحتمالية تحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل تحليل الحساسية من خلال مقياس ليكرت مكون من عشرة درجات تتفاوت من (١-١٠) حيث تشير الدرجة ١ إلى نسبة مئوية منخفضة جداً، بينما تشير الدرجة ١٠ نسبة مئوية مرتفعة جداً لممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول قياساً على (Yang et al.,2022; Biller & Biller,2023).

وأخيراً، تعتبر تقنية التوأمة الرقمية بمثابة المتغير المُعدل فى الدراسة ويمكن وصفها بأنها نموذج افتراضي يتوافق تماماً مع الكيانات المادية في العالم الحقيقي، لوصف ونمذجة خصائص وسلوك وأداء هذه الكيانات عبر التكنولوجيا الرقمية في الوقت الفعلي (Qiu et al., 2019). ويتم قياسه من خلال إمداد مفردات العينة بثلاث حالات تجريبية تحتوى على معلومات عما إذا كان يتم

تبنى تقنية التوأمة الرقمية أم لا، قياساً على (Polini & Corrado,2020; Yang et al. 2022; Liu et al.,2019; Cia et al.,2017; Alizadehsalehi & Yitmen, 2021).

٩-٥- أدوات وإجراءات الدراسة

تعتمد الدراسة التجريبية على ثلاث حالات تجريبية مدعومة بقائمة استقصاء تشتمل على مجموعة من الأسئلة، والتى روعى عند تصميمها أن تكون واضحة ومحددة لمعرفة ردود المستقصى منهم عن توافر متغيرات الدراسة لتجميع المشاهدات اللازمة وإثبات دلالة العلاقة، ولإجراء هذه الحالات (الموضحة بملحق البحث) استرشد الباحث بالدراسات التالية (Cheng et al.,2022; Lv et al.,2022; Lee & Kundu,2022; Talkhestani et al.,2019; Shao & Helu,2020; Yang et al.,2022; Buń et al.,2021; Ludwig et al.,2021; Obermair et al.,2020; Fraga et al.,2018; Castellanos & Newball,2019; Palmarini et al.,2018; perno & Hvam,2020; Guo et al.,2018; Haag & Anderl,2018; Liu et al.,2019; Cia et al.,2017; Vachálek et al.,2018; O'Sullivan et al.,2020; Siyaev& jo, 2021; Weerasekara et al.,2022; Ran et al.,2022; Polini & Corrado,2019; Maletic et al.,2020; Dallel et al.,2023; Aloqily et al.,2022; Khalaj et al.,2022; Yang et al.,2022) فى تصميم الحالات وصياغة الأسئلة التى سيحصل منها الباحث على ردود مفردات العينة. واشتملت الحالات التجريبية على ما يلى:

القسم الأول: يستهدف التعرف على بعض خصائص عينة البحث من خلال الاستفسار عن الأسم، والوظيفة الحالية، والمؤهل الدراسى، والحصول على الدراسات العليا، وعدد سنوات الخبرة فى مجال العمل، وكذلك المصطلحات المرتبطة بمتغيرات البحث.

القسم الثانى: يشتمل على ثلاث حالات افتراضية، والتى تتضمن بيانات خاصة بمنشأة افتراضية مصرية؛ تعمل فى صناعة الأجهزة الكهربائية والإلكترونية. وتم تقسيم عينة المشاركين إلى ثلاث مجموعات مستقلة، وتوزيع الحالات التجريبية عليهم عن طريق القيام بالزيارات الميدانية لمنشآت العينة وتسليم واستلام الحالات التجريبية من المشاركين فى التجربة، والتأكيد عليهم بقراءة كل حالة تجريبية جيداً فى ظل ما يتاح لهم من معلومات، وإبداء الرأى عن أثر تطبيق متغيرات البحث على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول. وفيما يلى الحالات العملية الثلاث للدراسة التجريبية

(الموضحة بملحق البحث) للحصول على ردود وإجابات من المشاركين فى الدراسة وذلك على النحو التالى:

الحالة الافتراضية الأولى: وهى عبارة عن حالة افتراضية لمنشأة صناعية كبيرة الحجم تتبع كافة الإجراءات والأساليب التقليدية لمراقبة وتتبع سلوك وخصائص الآلات والمعدات، وإجراءات صيانتها، وتهدف هذه الحالة للتعرف على واستقصاء رأى العينة الأولى من المشاركين حول أثر تطبيق هذه الإجراءات والأساليب على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول.

الحالة الافتراضية الثانية: وهى عبارة عن حالة افتراضية لمنشأة صناعية كبيرة الحجم تفترض تطبيق تقنية الميتافيرس لتتبع ومراقبة سلوك الآلات والمعدات أثناء العملية التشغيلية، ولجدولة أنشطة الصيانة، وتهدف هذه الحالة للتعرف على واستقصاء رأى وردود العينة الثانية من المشاركين حول أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول.

الحالة الافتراضية الثالثة: وهى تلك الحالة لمنشأة صناعية كبيرة الحجم تفترض تطبيق كل من تقنية الميتافيرس والتوآمة الرقمية للحصول على مزامنة كاملة للمعلومات وواجهات وأنظمة المعلومات المختلفة فى الوقت الفعلى بين الآلة فى الواقع الافتراضى والآلة فى بيئتها المادية، وتهدف هذه الحالة للتعرف على واستقصاء رأى وردود العينة الثالثة من المشاركين حول أثر ودور تطبيق تقنية التوأمة الرقمية على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول.

ولتحقيق الأهداف السابقة، تم تقسيم الأسئلة للحالات الافتراضية الثلاث فى ظل التحليل الأساسى إلى مجموعتين، حيث تتضمن المجموعة الأولى على الأسئلة من (١-١) إلى (١-٧) والتى تهدف إلى التعرف على أثر ودور الإجراءات والأساليب التى اتخذتها المنشأة لتحسين نظام إدارة الأصول فيما يتعلق بممارسات التشغيل. فى حين تتضمن المجموعة الثانية على الأسئلة من (٢-١) إلى (٢-٧) والتى تهدف إلى التعرف على أثر ودور الإجراءات التى اتخذتها المنشأة لتحسين نظام إدارة الأصول فيما يتعلق بممارسات الصيانة. ولأغراض تحليل الحساسية، يأتى السؤال رقم (٣) للتعرف على تقدير عينة المشاركين فى كل حالة إلى النسبة المئوية لاحتمالية تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول. فى حين يأتى السؤال رقم (٤) للتعرف على تقدير عينة المشاركين فى كل حالة إلى النسبة المئوية لاحتمالية تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.

٩-٦- التصميم التجريبى المستخدم وإجراءات المعالجة

تهدف الدراسة التجريبية إلى اختبار فروض البحث، وللقيام بالدراسة التجريبية بشكل ملائم تم إعداد ثلاث حالات افتراضية كما تم توضحيها أعلاه للحصول على ردود وإجابات المشاركين فى الدراسة، وفيما يلى الجدول رقم (٢) التالى الذى يوضح تحليلاً لملخص أسئلة كل حالة عملية والمعالجة المناظرة لها.

جدول رقم (٢): تحليل لأسئلة الحالة العملية والمعالجة المناظرة لها

أسئلة الحالة العملية	المعالجة المناظرة للحالة
الحالة الأولى: مجموعة أسئلة حول مدى موافقة المجموعة الأولى من العينة على دور الإجراءات والأساليب التى اتخذتها المنشأة فى تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول، ومجموعة أخرى من الأسئلة حول مدى موافقتهم على دور الإجراءات والأساليب التى اتخذتها المنشأة فى تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.	**المعالجة الأولى** عدم تطبيق التقنيات الرقمية الحديثة لمراقبة وتتبع سلوك وحالة الآلات والمعدات، واتباع الأساليب التقليدية فى ممارسة إجراءات التشغيل والصيانة الخاصة بنظام إدارة الأصول.
الحالة الثانية: مجموعة أسئلة حول مدى موافقة المجموعة الثانية من العينة على دور الإجراءات والأساليب التى اتخذتها المنشأة فى تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول، ومجموعة أخرى من الأسئلة حول مدى موافقتهم على دور الإجراءات والأساليب التى اتخذتها المنشأة فى تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.	**المعالجة الثانية** تطبيق تقنية الميتافيرس لمراقبة وتتبع سلوك وحالة الآلات والمعدات، مع عدم تبنى تقنية التوأمة الرقمية فى ممارسة إجراءات التشغيل والصيانة الخاصة بنظام إدارة الأصول.
الحالة الثالثة: مجموعة أسئلة حول مدى موافقة المجموعة الثالثة من العينة على دور الإجراءات والأساليب التى اتخذتها المنشأة فى تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول، ومجموعة أخرى من الأسئلة حول مدى موافقتهم على دور الإجراءات والأساليب التى اتخذتها المنشأة فى تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.	**المعالجة الثالثة** تطبيق تقنية الميتافيرس لمراقبة وتتبع سلوك وحالة الآلات والمعدات، فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية فى ممارسة إجراءات التشغيل والصيانة الخاصة بنظام إدارة الأصول.

وبُناءً عليه، سوف يتم إجراء مقارانات بين مجموعات المعالجات لبيان أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة، وكذلك أثر تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية على نظام إدارة الأصول فيما يتعلق بممارستى التشغيل والصيانة، حيث تتم مقارنة الحالة الافتراضية الأولى بالحالة الافتراضية الثانية لمعرفة أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، فى حين تتم مقارنة الحالة الافتراضية الثانية بالحالة الافتراضية الثالثة لمعرفة أثر ودور تطبيق تقنية التوأمة الرقمية على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول.

١٠-نتائج اختبار فروض البحث

يستهدف هذ الجزء من البحث تناول وصف عينة البحث، وتحديد نوع وتوزيع مجتمع البحث، ونتيجة اختبار الصدق والثبات، والتحليل الإحصائى لنتائج اختبار فروض البحث فى ظل التحليل الأساسى، واختبارات إضافية لاختبار فروض البحث فى ظل التحليل الأساسى من خلال الاعتماد على برنامج مايكروسوفت إكسل لتفريغ الردود على الحالات التجريبية، ثم تم اجراء الاختبارات الإحصائية باستخدام برنامج التحليل الإحصائى IBM SPSS 22 و برنامج Minitab 17. وذلك على النحو التالى:

١٠-١- وصف عينة البحث

يحتوى القسم الأول من الدراسة على أسئلة عامة تستهدف التعرف على بعض خصائص عينة البحث، وقد بلغت نسبة المشاركين فى العينة الأولى من قطاع الأجهزة الكهربائية ٦٧.٥%، فى حين بلغت ١٧.٥% من قطاع الأجهزة الإلكترونية، وكانت ١٥% بالنسبة لقطاع صناعة السيارات. ومن حيث التحليل الوصفى للوظيفة الحالية للمشاركين فى العينة الأولى، أتضح أن نسبة ٤٧.٥% من المشاركين كانوا من المحاسبين، ونسبة ١٢.٥% كانوا من محللى البيانات ومصممى النظم، ونسبة ٤٠% كانوا من المهندسين بمختلف تخصصاتهم. فى حين أظهر التحليل الوصفى لنفس المجموعة أن نسبة الحاصلين على دراسات عليا تتنوع بين دبلوم، وماجستير، ودكتوراه بلغت ٤٧.٥% من إجمالى عينة هذه المجموعة. واتضح من تحليل عدد سنوات الخبرة للممارسين أن ١٥ مشارك أى بنسبة ٣٧.٥% لديهم خبرة أقل من ٥ سنوات، كما اتضح أن هناك ١٨ مشارك من الممارسين أى بنسبة ٤٥% لديهم خبرة مابين من ٥ -١٠ سنوات، واتضح أن هناك ٧ مشاركين من الممارسين أى بنسبة ١٧.٥% لديهم خبرة أكثر من ١٠ سنوات.

وبالنسبة للتحليل الوصفى للعينة الثانية من المشاركين، أتضح أن نسبة ٥٨% من المشاركين من قطاع الأجهزة الكهربائية، ونسبة ٢٦.٣% من قطاع الأجهزة الإلكترونية، ونسبة ١٥.٧% بقطاع صناعة السيارات. ومن حيث الوظيفة الحالية؛ أتضح أن نسبة ٣٩.٥% من المشاركين كانوا من المحاسبين، ونسبة ١٥.٨% كانوا من محللى البيانات ومصممى النظم، ونسبة ٤٤.٧% كانوا من المهندسين بمختلف تخصصاتهم. فى حين أظهر التحليل الوصفى لنفس المجموعة أن نسبة الحاصلين على دراسات عليا تتنوع بين دبلوم، وماجستير، ودكتوراه بلغت ٣٩.٤% من إجمالى عينة هذه المجموعة. واتضح من تحليل عدد سنوات الخبرة للممارسين أن ١٠ مشاركين أى بنسبة

٢٦.٣% لديهم خبرة أقل من ٥ سنوات، كما اتضح أن هناك ١٩ مشارك من الممارسين أى بنسبة ٥٠% لديهم خبرة مابين من ٥ –١٠ سنوات، واتضح أن هناك ٩ مشاركين من الممارسين أى بنسبة ٢٣.٧% لديهم خبرة أكثر من ١٠ سنوات.

وبالنسبة للتحليل الوصفى للعينة الثالثة من المشاركين، أتضح أن نسبة ٦١.٥% من المشاركين من قطاع الأجهزة الكهربائية، ونسبة ٢٥.٦% من قطاع الأجهزة الإلكترونية، ونسبة ١٢.٩% بقطاع صناعة السيارات. ومن حيث الوظيفة الحالية؛ أتضح أن نسبة ٣٦% من المشاركين كانوا من المحاسبين، ونسبة ١٨% كانوا من محللى البيانات ومصممى النظم، ونسبة ٤٦% كانوا من المهندسين بمختلف تخصصاتهم. فى حين يتضح من عينة المشاركين فى المجموعة الثالثة أن نسبة الحاصلين على دراسات عليا تتنوع بين دبلوم، وماجستير، ودكتوراه بلغت ٢٨.٢% من إجمالى عينة هذه المجموعة. واتضح من تحليل عدد سنوات الخبرة للممارسين أن ٧ مشاركين أى بنسبة ١٨% لديهم خبرة أقل من ٥ سنوات، كما اتضح أن هناك ٢٠ مشارك من الممارسين أى بنسبة ٥١% لديهم خبرة مابين من ٥ –١٠ سنوات، واتضح أن هناك ١٢ مشاركين من الممارسين أى بنسبة ٣١% لديهم خبرة أكثر من ١٠ سنوات.

لذا يخلص الباحث مما سبق إلى أن التحليل الوصفى للعينة يوضح أن هناك نسبة كبيرة من المشاركين على دراية بأحدث الموضوعات المحاسبية سواء على المستوى المهنى أو الأكاديمى وفقاً لما تشير به خصائص العينة من المؤهل الدراسى ونسبة الحاصلين على الدراسات العليا وخبرتهم فى مجال العمل وكما هو مدرج بملحق البحث رقم (٢).

١٠-٢- تحديد نوع توزيع مجتمع البحث

تم الاعتماد على اختبار كلوموجروف سمينروف Kolmogorov- Smirnov لدراسة إعتدالية التوزيع الإحتمالى، ولتحديد ما إذا كانت البيانات التى سيتم الاعتماد عليها فى الدراسة مسحوبة من مجتمع توزع مفرداته توزيعاً طبيعياً أم لا، وذلك من أجل تحديد ما إذا كان سيتم إجراء الاختبارات المعلمية Paramertic Tests أو الاختبارات اللامعلمية Non Paramertic Tests. وأظهرت نتائج هذا الاختبار (Test of Normality) أن قيمة P-Value تبلغ (0.000) أى أقل من مستوى المعنوية ٥% لجميع المتغيرات محل الدراسة؛ مما يعنى رفض فرض العدم (القائل بأن بيانات العينة مسحوبة من مجتمع تتبع بياناته التوزيع الطبيعى) وقبول الفرض البديل (القائل بأن بيانات

العينة مسحوبة من مجتمع لا تتبع بياناته التوزيع الطبيعى). وبُناءً عليه، سيعتمد الباحث على الاختبارات اللامعلمية لاختبار فروض البحث.

١٠-٣- نتيجة اختبار الصدق والثبات

يقوم الباحث بإجراء اختبار كرونباخ ألفا Cronbach's Alpha لقياس الصدق والثبات، حيث يقيس هذا الاختبار مدى ثبات إجابات أفراد العينة على الأسئلة المقدمة لهم، واختبار مدى الموثوقية فى استجاباتهم، ومدى صلاحية بيانات الدراسة للتحليل الإحصائى لمعرفة مدى إمكانية تعميم النتائج التى تم الحصول عليها من العينة على مجتمع البحث. ويأخذ هذا المعامل قيماً تتراوح بين الصفر والواحد الصحيح (٠-١٠٠%)، ويُعد معامل كرونباخ ألفا مقبولاً فى حالة تجاوزه ٥٠%، بينما يُعد جيداً من حيث الصدق والثبات فى حالة بلوغه ٦٠%، ويعتبر فى حالة جيدة جداً من الصدق والثبات إذا تجاوز نسبة ٧٠% (Maletic et al.,2020; Oh et al.,2023; Akour et al.,2022). هذا وقد أوضحت نتائج التحليل الإحصائى لعينة المجموعة الأولى على مجموعتي الأسئلة من (١-١ حتى ١-٧)، ومن (٢-١ حتى ٢-٧) الخاصتين بممارستى التشغيل والصيانة أن قيمة معامل كرونباخ ألفا لهما بلغت (٠.٧٦٢)، (٠.٧٧٤) على التوالى. فى حين أوضحت نتائج التحليل الإحصائى لعينة المجموعة الثانية على نفس الأسئلة أن قيمة معامل كرونباخ ألفا بلغت (٠.٧٨٤)، (٠.٨٣٣). وأخيراً أوضحت نتائج التحليل الإحصائى لعينة المجموعة الثالثة أن قيمة معامل كرونباخ ألفا لهما بلغت (٠.٨٤٦)، (٠.٨٦٣)، وهو ما يشير إلى ثبات وصدق وإجادة استمارة الاستقصاء بالدراسة التجريبية.

١٠-٤- التحليل الإحصائى لنتائج اختبار فروض البحث فى ظل التحليل الأساسى

ينقسم التحليل الإحصائى لفروض البحث فى ظل التحليل الأساسى إلى جزئين: حيث يختص الجزء الأول من التحليل الإحصائي باختبار فرضى البحث الأول والثاني؛ وهما ما إذا كان تطبيق تقنية الميتافيرس يؤثر إيجابياً على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول من ناحية. ومن ناحية أخرى، ما إذا كان تطبيق تقنية الميتافيرس يؤثر إيجابياً على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول، ويتم التحقق من صحة الفرضين باستخدام اختبار مان ويتنى Maan- Whitney Test اللامعلمي لعينيتين مستقلتين لإجراء المقارنات الثنائية بين ردود الأفراد المشاركين فى العينة الأولى على الحالة الأولى، والأفراد المشاركين فى العينة الثانية على الحالة الثانية، وذلك لاختبار مدى وجود فروق معنوية فى شدة الموافقة بين العينتين محل الدراسة. وقبل اجراء هذا الاختبار سوف

يستخدم الباحث اختبار ويلكوكسون Wilcoxon Signed – Rank Test اللامعلمى، وذلك للتعرف على مدى موافقة وقبول كل من العينة الأولى والثانية على وجود تحسين في ممارستى التشغيل والصيانة وفقا لكل حالة افتراضية بشكل منفصل.

ويختص الجزء الثاني من التحليل الإحصائي باختبار فرضى البحث الثالث والرابع؛ وهما ما إذا كان الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول يختلف بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه من ناحية، وما إذا كان الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول يختلف بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه من ناحية أخرى. ويتم التحقق من صحة الفرضين باستخدام اختبار مان ويتنى Maan– Whitney Test اللامعلمي لعينيتين مستقلتين لإجراء المقارنات الثنائية بين ردود الأفراد المشاركين فى العينة الثانية على الحالة الثانية، والأفراد المشاركين فى العينة الثالثة على الحالة الثالثة، وذلك لاختبار مدى وجود فروق معنوية فى شدة الموافقة بين العينتين محل الدراسة. وقبل اجراء هذا الاختبار سوف يستخدم الباحث اختبار ويلكوكسون Wilcoxon Signed – Rank Test اللامعلمى، وذلك للتعرف على مدى موافقة وقبول كل من العينة الثانية والثالثة على وجود تحسين في ممارستى التشغيل والصيانة وفقا لكل حالة افتراضية بشكل منفصل.

١٠-٤-١- التحليل الإحصائى لنتائج اختبار فرض البحث الأول فى ظل التحليل الأساسى

استهدف الفرض الأول اختبار ما إذا كان يوجد أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول. وبدايةً، تم استخدام اختبار ويلكوكسون Wilcoxon Signed – Rank Test اللامعلمى لاختبار مدى قبول وموافقة أفراد كل من العينة الأولى والثانية على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل، ومن ثَم إذا وافق أفراد العينة المشاركين في الحالة الثانية على وجود تحسين في ممارسات التشغيل في مقابل رفض أفراد العينة المشاركين في الحالة الأولى على وجود تحسين في ممارسات التشغيل، فإن هذا يعطي مؤشراً مبدئياً على أن تطبيق تقنية الميتافيرس يساهم فى تحسين ممارسات وإجراءات التشغيل بنظام إدارة الأصول. وتتمثل فروض هذا الاختبار على النحو التالى:

فرض العدم: $H0: M1 \leq 3$ أى أن وسيط ردود العينة يشير بعدم موافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بعد اتباع الإجراءات السابقة لهذه الحالة.

الفرض البديل: H1: M1 > 3 أى أن وسيط ردود العينة يشير بموافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بعد اتباع الإجراءات السابقة لهذه الحالة.

ويوضح الجدول رقم (٣) التالى نتائج اختبار ويلكوكسن Wilcoxon Signed – Rank Test:

جدول ٣: نتائج اختبار ويلكوكسن فى ظل التحليل الأساسى للأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل للحالتين التجريبيتين الأولى والثانية

	الحالة التجريبية	حجم العينة	الوسيط	مستوى المعنوية (P-Value)	القرار
الأولى	السؤال من (١-١) إلى (١-٧)	٤٠	١.٤٢٨	٠.٨٠٣	قبول فرض العدم
الثانية	السؤال من (١-١) إلى (١-٧)	٣٨	٣.٧١٤	٠.٠٠٠	رفض فرض العدم

ويوضح الجدول رقم (3) السابق أن قيمة P – Value وفقاً لنتيجة اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الأولى الخاصة بالحالة التجريبية الأولى كانت (0.803) أى أكبر من ٥%، كما أن وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل كان أقل من ٣، وبالتالى يتم قبول فرض العدم ورفض الفرض البديل H1. وهو ما يشير إلى عدم موافقة أفراد العينة الأولى على وجود تحسين فى ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول. فى حين بلغت قيمة P – Value وفقاً لنتيجة اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الثانية الخاصة بالحالة التجريبية الثانية (0.000) أى أقل من ٥%، كما كان وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل أكبر من ٣، وبالتالى يتم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل H1. وهو ما يشير إلى موافقة أفراد العينة الثانية على أن تطبيق تقنية الميتافيرس أدى إلى تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول. ومن ثَم أظهرت نتائج اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test أن هناك مؤشر مبدئى على وجود أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول.

وللتحقق من صحة الفرض الأول إحصائياً، وللإجابة على سؤال البحث الأول، استخدم الباحث اختبار مان ويتنى Maan– Whitney Test للمقارنة الثنائية بين العينتين الأولى والثانية، لتحديد مدى وجود فروق معنوية في شدة الموافقة بين العينتين. ولاختبار هذا الفرض تم إعادة صياغته فى صورة فرض عدم Ho، وذلك على النحو التالى:

Ho: لا يوجد أثر إيجابي لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول.

وتم صياغة الفرض إحصائياً كما يلى:

فرض العدم : H0: M1= M2 أى أن وسيط ردود العينة الأولى يساوى وسيط ردود العينة الثانية.
الفرض البديل: H1: M1 ≠ M2 أى أن وسيط ردود العينة الأولى لا يساوى وسيط ردود العينة الثانية.

وقد كانت قاعدة هذا الاختبار أنه إذا كانت قيمة P – Value أكبر من أو تساوى ٥%، فإن وسيط العينة الأولى يساوى وسيط العينة الثانية، أى عدم وجود اختلاف فى شدة الموافقة بين العينتين. أما إذا كانت قيمة P – Value أقل من ٥% فإن وسيط العينة الأولى لا يساوى وسيط العينة الثانية أى يوجد اختلاف فى شدة الموافقة بين آراء العينتين. ويوضح الجدول رقم (٤) التالى نتائج الاختبار الإحصائى للفرض الأول H1 وفقاً لاختبار مان ويتنى للعينتين معاً.

جدول ٤: نتيجة اختبار الفرض الأول لمان ويتنى Maan– Whitney Test لعينتين مستقلتين

	متوسط الرتب		إحصائية الاختبار	مستوى المعنوية (P–Value)
الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل	العينة الأولي	العينة الثانية		
من (١–١) إلى (١–٧) للعينتين الأولى والثانية	٢٠.٥٠	٥٩.٥٠	٧.٦١٨–	٠.٠٠٠

ويوضح الجدول رقم (٤) السابق أن قيمة P – Value وفقاً لنتيجة اختبار مان ويتنى Maan– Whitney Test (0.000) أى أقل من ٥%، مما ينتج عنه رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل، وهو ما يعني أن هناك فروق معنوية بين وسيطى العينتين الأولى والثانية، كما يتضح للباحث من خلال مقارنة متوسطى الرتب للعينتين أن هناك زيادة فى متوسط الرتب للعينة الثانية مقارنةً بمتوسط الرتب للعينة الأولي، وهو ما يشير إلي أن هناك أثر إيجابي لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول، وبالتالى قبول فرض البحث الأول. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه العديد من الدراسات (Fraga et al.,2018; Castellanos & Newball,2019; Buń et al.,2021; Lee & Kundu,2022; Siyaev & Jo,2021; Del Palmarini et al.,2018 Amo et al.,2018;) التى اتفقت على وجود أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول نتيجة تحسين كفاءة وقدرة المنشأة على تتبع جميع عمليات التشغيل وتمثيلها رقمياً وتداولها بشكل فورى، وتحقيق المزامنة الكاملة للمعلومات فى الوقت الفعلى بين الآلات فى البيئة الرقمية والآلات فى الواقع المادى، ووضع الآلات والمعدات فى عملية محاكاة دون إجراء اختبارات فعلية عليها، مما يسمح للمستخدمين بتحسين ومراقبة ومحاكاة وتوقع وتشخيص سلوك العملية التشغيلية، ومن ثَم تقليص وقت العملية الإنتاجية،

وزيادة سرعة تسليم المنتجات للعملاء، وتخفيض تكاليف التشغيل، وتحسين العمليات التشغيلية، وزيادة جودة الإنتاج.

١٠-٤-٢- التحليل الإحصائى لنتائج اختبار فرض البحث الثانى فى ظل التحليل الأساسى

استهدف الفرض الثانى اختبار ما إذا كان يوجد أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول. وبدايةً، تم استخدام اختبار ويلكوكسون Wilcoxon Signed – Rank Test اللامعلمى لاختبار مدى قبول وموافقة أفراد كل من العينة الأولى والثانية على الأسئلة الخاصة بإجراءات وممارسات الصيانة، ومن ثَم إذا وافق أفراد العينة المشاركين في الحالة الثانية على وجود تحسين في ممارسات الصيانة في مقابل رفض أفراد العينة المشاركين في الحالة الأولى على وجود تحسين في ممارسات الصيانة، فإن هذا يعطي مؤشراً مبدئياً على أن تطبيق تقنية الميتافيرس يساهم فى تحسين ممارسات وإجراءات الصيانة بنظام إدارة الأصول. وتتمثل فروض هذا الاختبار على النحو التالى:

فرض العدم: $H0: M1 \leq 3$ أى أن وسيط ردود العينة يشير بعدم موافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بعد اتباع الإجراءات السابقة لهذه الحالة.

الفرض البديل: $H1: M1 > 3$ أى أن وسيط ردود العينة يشير بموافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بعد اتباع الإجراءات السابقة لهذه الحالة.

ويوضح الجدول رقم (٥) التالى نتائج اختبار ويلكوكسن Wilcoxon Signed – Rank Test:

جدول ٥: نتائج اختبار ويلكوكسن فى ظل التحليل الأساسى للأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة للحالتين التجريبيتين الأولى والثانية

الحالة التجريبية		حجم العينة	الوسيط	مستوى المعنوية (P-Value)	القرار
الأولى	السؤال من (٢-١) إلى (٢-٧)	٤٠	١.٥٧١	٠.٧٢٠	قبول فرض العدم
الثانية	السؤال من (٢-١) إلى (٢-٧)	٣٨	٣.٦٤٣	٠.٠٠٠	رفض فرض العدم

ويوضح الجدول رقم (٥) السابق أن قيمة P – Value وفقاً لنتيجة اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الأولى الخاصة بالحالة التجريبية الأولى كانت (0.720) أى أكبر من ٥%، كما أن وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة كان أقل من ٣، وبالتالى يتم قبول فرض العدم ورفض الفرض البديل H1. وهو ما يشير إلى عدم موافقة أفراد العينة الأولى على وجود تحسين فى ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول. فى حين بلغت قيمة P –

Value وفقاً لنتيجة اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الثانية الخاصة بالحالة التجريبية الثانية (0.000) أى أقل من ٥%، كما كان وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة أكبر من ٣، وبالتالى يتم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل H1. وهو ما يشير إلى موافقة أفراد العينة الثانية على أن تطبيق تقنية الميتافيرس أدى إلى تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول. ومن ثَم أظهرت نتائج اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test أن هناك مؤشر مبدئى على وجود أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.

وللتحقق من صحة الفرض الثانى إحصائياً، والإجابة على سؤال البحث الثانى، استخدم الباحث اختبار مان ويتنى Maan– Whitney Test للمقارنة الثنائية بين العينتين الأولى والثانية، لتحديد مدى وجود فروق معنوية في شدة الموافقة بين العينتين. ولاختبار هذا الفرض تم إعادة صياغته فى صورة فرض عدم Ho، وذلك على النحو التالى:

Ho: لا يوجد أثر إيجابي لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.

وتم صياغة الفرض إحصائياً كما يلى:

فرض العدم: H0: M1= M2 أى أن وسيط ردود العينة الأولى يساوى وسيط ردود العينة الثانية.

الفرض البديل: H1: M1 ≠ M2 أى أن وسيط ردود العينة الأولى لا يساوى وسيط ردود العينة الثانية.

وفيما يلى الجدول رقم (٦) التالى الذى يوضح نتائج الاختبار الإحصائى للفرض الثانى H2 وفقاً لاختبار مان ويتنى للعينتين معاً.

جدول ٦: نتيجة اختبار الفرض الثانى لمان ويتنى Maan– Whitney Test لعينتين مستقلتين

	متوسط الرتب		إحصائية الاختبار	مستوى المعنوية (P–Value)
الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة	العينة الأولي	العينة الثانية		
من (٢–١) إلى (٢–٧) للعينتين الأولى والثانية	٢٠.٥٥	٥٩.٤٥	٧.٦٣١–	٠.٠٠٠

ويوضح الجدول رقم (٦) السابق أن قيمة P – Value وفقاً لنتيجة اختبار مان ويتنى Maan– Whitney Test (0.000) أى أقل من ٥%، مما ينتج عنه رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل، وهو ما يعني أن هناك فروق معنوية بين وسيطى العينتين الأولى والثانية، كما يتضح للباحث من خلال مقارنة متوسطى الرتب للعينتين أن هناك زيادة فى متوسط الرتب للعينة الثانية

مقارنةً بمتوسط الرتب للعينة الأولي، وهو ما يشير إلي أن هناك أثر إيجابي لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول، وبالتالى قبول فرض البحث الثانى. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسات (Ludwig et al.,2021; Chang et al.,2017; Buń et al.,2021; Obermair et al.,2020) التى اتفقت على وجود أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول نتيجة تحقيق التحكم المرئى عن بُعد للأصول المادية، وتغيير استراتيجية عمليات الصيانة لتصبح استباقية بدلاً من كونها دورية، والقدرة على استكشاف الأخطاء وإصلاحها، والتنبؤ بأعطال الآلات والمعدات قبل حدوثها، مما يسمح بتحسين مؤشرات الصيانة، وتخفيض معدلات الفشل الناتجة عن أعطال الآلة، وتخفيض الوقت اللازم لحل المشاكل، وتخفيض تكاليف الصيانة، والتخلص من الوجود المادى للخبراء والاستشاريين داخل مواقع التصنيع.

١٠-٤-٣- التحليل الإحصائى لنتائج اختبار فرض البحث الثالث فى ظل التحليل الأساسى

استهدف الفرض الثالث اختبار ما إذا كان الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول يختلف بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه. وبدايةً، استخدم الباحث اختبار ويلكوكسون Wilcoxon Signed – Rank Test اللامعلمى، لاختبار مدى موافقة وقبول أفراد العينة الثالثة المشاركين في الحالة الثالثة على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل، ومقارنتها بمدى قبول أفراد العينة الثانية على تلك الأسئلة، ولاستنتاج مؤشر مبدئى على مدى مساهمة تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية فى تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول مقارنةً بعدم تبنيها. وتتمثل فروض هذا الاختبار على النحو التالى:

فرض العدم: $H0: M1 \leq 3$ أى أن وسيط ردود العينة يشير بعدم موافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بعد تبنى تقنية التوأمة الرقمية.

الفرض البديل: $H1: M1 > 3$ أى أن وسيط ردود العينة يشير بموافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بعد تبنى تقنية التوأمة الرقمية.

ويوضح الجدول رقم (٧) التالى نتائج اختبار ويلكوكسن Wilcoxon Signed – Rank Test:

جدول ٧: نتائج اختبار ويلكوكسن فى ظل التحليل الأساسى للأسئلة الخاصة بممارسات الشغيل للحالة التجريبية الثالثة

الحالة التجريبية الثالثة	حجم العينة	الوسيط	مستوى المعنوية (P-Value)	القرار
من (١-١) إلى (١-٧)	٣٩	٤.٥٦٨	٠.٠٠٠	رفض فرض العدم

ويوضح الجدول رقم (٧) السابق أن قيمة P – Value وفقاً لنتيجة اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الثالثة كانت (0.000) أى أقل من ٥%، كما كان وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل أكبر من ٣، وبالتالى يتم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل. وهو ما يشير إلى موافقة أفراد العينة الثالثة على أن تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية أدى إلى تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول. وبمقارنة نتائج الجدول رقم (٧)، بنتائج وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل وفقاً لنتائج اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الثانية فى الجدول رقم (٣) السابق، أتضح للباحث أن وسيط ردود العينة الثالثة على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل كان أكبر من وسيط ردود العينة الثانية على الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل، الأمر الذى يشير بوجود مؤشر مبدئى على أن هناك أثر أكثر إيجابية لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية مقارنةً بتطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل عدم تبنى تقنية التوأمة الرقمية.

وللتحقق من صحة الفرض الثالث إحصائياً، والإجابة على سؤال البحث الثالث، استخدم الباحث اختبار مان ويتنى Maan- Whitney Test للمقارنة الثنائية بين العينتين الثانية والثالثة، لتحديد مدى وجود فروق معنوية في شدة الموافقة بين العينتين. ولاختبار هذا الفرض تم إعادة صياغته فى صورة فرض عدم Ho، وذلك على النحو التالى:

Ho: لا يختلف الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه.

وتم صياغة الفرض إحصائياً كما يلى:

فرض العدم: H0: M1= M2 أى أن وسيط ردود العينة الثانية يساوى وسيط ردود العينة الثالثة.

الفرض البديل: H1: M1 ≠ M2 أى أن وسيط ردود العينة الثانية لا يساوى وسيط ردود العينة الثالثة.

ويوضح الجدول رقم (٨) التالى نتائج الاختبار الإحصائى للفرض الثالث H3 وفقاً لاختبار مان ويتنى للعينتين معاً.

جدول ٨: نتيجة اختبار الفرض الثالث لمان ويتنى Maan- Whitney Test لعينتين مستقلتين

	متوسط الرتب		إحصائية الاختبار	مستوى المعنوية (P-Value)
الأسئلة الخاصة بممارسات التشغيل	العينة الثانية	العينة الثالثة		
من (١-١) إلى (١-٧) للعينتين الأولى والثانية	١٩.٥٥	٥٧.٩٥	٧.٥٦٢-	٠.٠٠٠

أظهرت نتائج اختبار مان ويتنى Maan- Whitney Test بالجدول رقم (٨) السابق أن قيمة P – Value كانت (0.000) أى أقل من ٥%، مما ينتج عنه رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل، وهو ما يعني أن هناك فروق معنوية بين وسيطى العينتين الثانية والثالثة، كما يتضح للباحث من خلال مقارنة متوسطى الرتب للعينتين أن هناك زيادة فى متوسط الرتب للعينة الثالثة مقارنةً بمتوسط الرتب للعينة الثانية، وهو ما يشير إلي أن أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية كان أكثر إيجابية مقارنةً بأثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول فى ظل عدم تبنى تقنية التوأمة الرقمية، وبالتالى قبول فرض البحث الثالث.

١٠-٤-٤- التحليل الإحصائى لنتائج اختبار فرض البحث الرابع فى ظل التحليل الأساسى

استهدف الفرض الرابع اختبار ما إذا كان الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول يختلف بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه. وبدايةً، استخدم الباحث اختبار ويلكوكسون Wilcoxon Signed – Rank Test اللامعلمى، لاختبار مدى موافقة وقبول أفراد العينة الثالثة على الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة، ومقارنتها بمدى قبول أفراد العينة الثانية على تلك الأسئلة، ولاستنتاج مؤشر مبدئى على مدى مساهمة تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية فى تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول مقارنةً بتطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل عدم تبنى تقنية التوأمة الرقمية. وتتمثل فروض هذا الاختبار على النحو التالى:

فرض العدم: $H0: M1 \leq 3$ أى أن وسيط ردود العينة يشير بعدم موافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بعد تبنى تقنية التوأمة الرقمية.

الفرض البديل: $H1: M1 > 3$ أى أن وسيط ردود العينة يشير بموافقتهم على وجود تحسين فى ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بعد تبنى تقنية التوأمة الرقمية.

ويوضح الجدول رقم (٩) التالى نتائج اختبار ويلكوكسن Wilcoxon Signed – Rank Test:

جدول ٩: نتائج اختبار ويلكوكسن فى ظل التحليل الأساسى للأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة للحالة التجريبية الثالثة

الحالة التجريبية الثالثة	حجم العينة	الوسيط	مستوى المعنوية (P-Value)	القرار
من (٢-١) إلى (٢-٧)	٣٩	٤.٥٧١	٠.٠٠٠	رفض فرض العدم

أوضح الجدول رقم (٩) السابق أن قيمة P – Value وفقاً لنتيجة اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الثالثة كانت (0.000) أى أقل من ٥%، كما كان وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة أكبر من ٣، وبالتالى يتم رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل. وهو ما يشير إلى موافقة أفراد العينة الثالثة على أن تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية أدى إلى تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول. وبمقارنة نتائج الجدول رقم (٩)، بنتائج وسيط ردود العينة على الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة وفقاً لنتائج اختبار Wilcoxon Signed – Rank Test للعينة الثانية فى الجدول رقم (٥) السابق، أتضح للباحث أن وسيط ردود العينة الثالثة على الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة كان أكبر من وسيط ردود العينة الثانية على الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة، الأمر الذى يشير بوجود مؤشر مبدئى على أن هناك أثر أكثر إيجابية لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية مقارنةً بتطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل عدم تبنى تقنية التوأمة الرقمية.

وللتحقق من صحة الفرض الرابع إحصائياً، والإجابة على سؤال البحث الرابع، استخدم الباحث اختبار مان ويتنى Maan– Whitney Test للمقارنة الثنائية بين العينتين الثانية والثالثة، لتحديد مدى وجود فروق معنوية في شدة الموافقة بين العينتين. ولاختبار هذا الفرض تم إعادة صياغته فى صورة فرض عدم Ho، وذلك على النحو التالى:

Ho: لا يختلف الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه.

وتم صياغة الفرض إحصائياً كما يلى:

فرض العدم: H0: M1= M2 أى أن وسيط ردود العينة الثانية يساوى وسيط ردود العينة الثالثة.

الفرض البديل: H1: M1 ≠ M2 أى أن وسيط ردود العينة الثانية لا يساوى وسيط ردود العينة الثالثة.

ويوضح الجدول رقم (١٠) التالى نتائج الاختبار الإحصائى للفرض الرابع H4 وفقاً لاختبار مان ويتنى للعينتين معاً.

جدول ١٠: نتيجة اختبار الفرض الرابع لمان ويتنى Maan- Whitney Test لعينتين مستقلتين

	متوسط الرتب		إحصائية الاختبار	مستوى المعنوية (P-Value)
الأسئلة الخاصة بممارسات الصيانة	العينة الثانية	العينة الثالثة		
من (٢-١) إلى (٢-٧)	١٩.٥٨	٥٧.٩٢	٧.٥٥٤-	٠.٠٠٠

أظهرت نتائج اختبار مان ويتنى Maan- Whitney Test بالجدول رقم (١٠) السابق أن قيمة P – Value كانت (0.000) أى أقل من ٥%، مما ينتج عنه رفض فرض العدم وقبول الفرض البديل، وهو ما يعني أن هناك فروق معنوية بين وسيطى العينتين الثانية والثالثة، كما يتضح للباحث من خلال مقارنة متوسطى الرتب للعينتين أن هناك زيادة فى متوسط الرتب للعينة الثالثة مقارنةً بمتوسط الرتب للعينة الثانية، وهو ما يشير إلي أن أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية كان أكثر إيجابية مقارنةً بأثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل عدم تبنى تقنية التوأمة الرقمية، وبالتالى قبول فرض البحث الرابع.

ويخلص الباحث من خلال النتائج التى تم التوصل إليها فيما يتعلق باختبار فرضى البحث الثالث والرابع، إلى وجود اتفاق فى آراء عينتى البحث الثانية والثالثة على أن هناك أثر ايجابى لتقنية الميتافيرس على كل من ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، ولكن أتضح للباحث أن هذا الأثر يزداد بشكل أكثر إيجابية فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية، من خلال ملاحظة أن هناك زيادة فى درجة موافقة أفراد العينة الثالثة عن درجة موافقة أفراد العينة الثانية على الأسئلة الخاصة بممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، مما يدل على أن العلاقة

الإيجابية لأثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول تزداد بشكل أكبر فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية.

ومن ثَم، تتفق النتائج السابقة مع نتائج دراسات (perno & Hvam,2020; Guo et al.,2018; Haag & Anderl,2018; Monostori et al.,2016; Banamtuan et al.,2020; Bao et al.,2022; Liu et al.,2019; Cia et al.,2017; Vachálek et al.,2018) بأن تقنية التوأمة الرقمية تلعب دوراً كبيراً فى دعم ورفع كفاءة مرحلتى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول نتيجة لقدرتها على توفير كافة البيانات التشغيلية فى الوقت الفعلى لعملية التصنيع بأكملها، لتحقيق صورة كاملة تضمن تحقيق الأداء الطبيعى لعملية التصنيع، وتساهم فى تقديم أساس منطقى لتحليل هذه البيانات لتحسين جودة العملية الإنتاجية، والتنبؤ بالأعطال، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وزيادة معدل العائد على الأستثمار، وزيادة معدل العائد على الأصول، ومن ثَم تحسين الأداء التشغيلى، وزيادة الأرباح التشغيلية. وبما يتفق أيضاً مع دراسات (Errandonea et al.,2020; Burghardt et al.,2020; Ran et al.,2022 ; Dallel et al.,2023; Perno & Hvam,2020; Pérez et al. 2020) أن تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية أدى إلى تحسين قدرة المستخدمين على محاكاة واختبار الأصول الافتراضية، والرقابة على العمليات، والتنبؤ بسلوك النظام وتحسينه، وتصحيح أخطاء النظام الافتراضى، بسبب مزايا هذا التكامل فى نقل المعلومات بشكل آنى بين النظام الافتراضى والعالم المادى، مما يساهم فى زيادة كفاءة الإنتاج، وتفادى العديد من المخاطر والمشاكل الناتجة عن توقف أو تعطل الآلات والمعدات، والدعم والتدخل الاستباقى السريع فى حل هذه المشاكل، وتقديم الحلول والتوصيات عن بُعد أثناء إجراء عمليات الصيانة، ومن ثَم تحسين الصيانة التنبؤية.

١٠-٥- اختبارات إضافية لاختبار فروض البحث فى ظل التحليل الأساسى

قام الباحث بإعداد اختبارات إضافية لمزيد من التحليل، ولدعم وتأكيد النتائج التى تم التوصل إليها باستخدام اختبارى ويلكوكسون و مان ويتنى، فيما يخص أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وأثر تطبيق تقنية التوأمة الرقمية كمتغير مُعدل على العلاقة محل الدراسة. لذا قام الباحث باختبار الأثر الإيجابى لتقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول، وأثر تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول من خلال اجراء اختبار توكى Tykey Pairwise

Comparisons كأحد الاختبارات البُعدية لإيجاد الفروق الحرجة Significant Honestly Difference Test(HSD)، ولاكتشاف ما إذا كان هناك فروق واختلافات بين متوسطات المعالجات والحالات المقارنة (سليمان، ٢٠٠٧)، وكما هو موضح فى الجدول رقم (١١) التالى:

جدول ١١: نتيجة اختبار Tukey للحالات التجريبية الثلاث بالنسبة لممارسات التشغيل

```
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

TREATMENT   N    Mean  Grouping
3          39   4.5824  A
2          38   3.6729     B
1          40   1.5857        C

Means that do not share a letter are significantly different.
```

```
Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference  Difference       SE of
Adjusted
of Levels     of Means   Difference       95% CI       T-Value   P-
Value
2 - 1           2.0872       0.0760  (1.9067; 2.2677)     27.48
0.000
3 - 1           2.9967       0.0755  (2.8174; 3.1760)     39.71
0.000
3 - 2           0.9095       0.0764  (0.7279; 1.0911)     11.90
0.000

Individual confidence level = 98.08%
```

ويوضح الجدول السابق أن قيمة P – Value (0.000) لجميع الفروق بين متوسطات المجموعات للحالات الثلاث المستخدمة فى البحث كانت أقل من ٥%، فقد أوضح الاختبار أن الحالة التجريبية الثالثة هى الأفضل مقارنةً بباقى الحالات التجريبية الأخرى، ويليها الحالة الثانية، ثم تأتى الحالة الأولى فى المرتبة الثالثة بمتوسط أقل مقارنةً بالحالتين الثانية والثالثة، مما يؤكد على أن أثر تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية يكون أكثر إيجابية على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول.

كما قام الباحث باجراء اختبار توكى Tykey Pairwise Comparisons لاختبار الأثر الايجابى لتقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول، وأثر تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول،

ولاكتشاف ما إذا كان هناك فروق واختلافات بين متوسطات المعالجات والحالات المقارنة، وكما هو موضح فى الجدول رقم (١٢) التالى:

جدول ١٢: نتيجة اختبار Tukey للحالات التجريبية الثلاث بالنسبة لممارسات الصيانة

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

TREATMENT	N	Mean	Grouping
3	39	4.5678	A
2	38	3.6692	B
1	40	1.5464	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
2 - 1	2.1227	0.0648	(1.9688; 2.2767)	32.76	0.000
3 - 1	3.0213	0.0644	(2.8684; 3.1743)	46.94	0.000
3 - 2	0.8986	0.0652	(0.7437; 1.0535)	13.78	0.000

Individual confidence level = 98.08%

ويوضح الجدول السابق أن قيمة P – Value (0.000) لجميع الفروق بين متوسطات المجموعات للحالات الثلاث المستخدمة فى الدراسة كانت أقل من ٥%، فقد أوضح الاختبار أن الحالة التجريبية الثالثة هى الأفضل مقارنةً بباقى الحالات التجريبية الأخرى، ويليها الحالة الثانية، ثم تأتى الحالة الأولى فى المرتبة الثالثة بمتوسط أقل مقارنةً بالحالتين الثانية والثالثة، مما يؤكد على أن أثر تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية يكون أكثر إيجابية على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.

١١- تحليل الحساسية

يعتبر تحليل الحساسية[١٢] (Sensitivity analysis) إحدى المنهجيات التى يتم الاعتماد عليها لاختبار مدى حساسية النتائج التى تم الحصول عليها باستخدام التحليل الأساسى لفروض البحث، وللتحقق من مدى قوة ومتانة هذه النتائج. وبُناءً عليه، قام الباحث باستخدام تحليل الحساسية إعتماداً على إعادة اختبار فروض البحث عن طريق تغيير طريقة قياس المتغير التابع، وذلك بسؤال مفردات العينة للسؤالين رقم (٣)، و(٤) للتعبير عن تقديرهم لاجمالى النسبة المئوية لاحتمالية تحسين ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول.

وأخيراً، يخلص الباحث من خلال الجدول رقم (١٣) التالى مقارنة بين نتائج اختبار فروض الدراسة التجريبية فى ظل تحليل الحساسية مقارنةً بالتحليل الأساسى، والتى أظهرت تحليل نتائجها أن نتائج تحليل الحساسية تدعم تماماً نتائج التحليل الأساسى.

جدول ١٣: مقارنة بين نتائج التحليل الأساسى وتحليل الحساسية

فروض الدراسة	اختبار الفروض فى ظل التحليل الأساسى		اختبار الفروض فى ظل تحليل الحساسية	
	P-Value	نتيجة الاختبار	P-Value	نتيجة الاختبار
H1: يؤثر تطبيق تقنية الميتافيرس إيجابياً على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول.	0.000	تم قبول الفرض	0.000	تم قبول الفرض
H2: يؤثر تطبيق تقنية الميتافيرس إيجابياً على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول.	0.000	تم قبول الفرض	0.000	تم قبول الفرض
H3: يختلف الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه.	0.000	تم قبول الفرض	0.000	تم قبول الفرض
H4: يختلف الأثر الإيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بحسب ما إذا تم تبنى تقنية التوأمة الرقمية من عدمه.	0.000	تم قبول الفرض	0.000	تم قبول الفرض

(١٢): يمكن إجراء تحليل الحساسية من خلال إعادة اختبار فروض البحث ولكن على مدار فترات زمنية مختلفة، أو من خلال إعادة اختبار فروض البحث على مجتمع أو عينة مختلفة، أو من خلال استخدام مقاييس بديلة للمتغير المستقل أو التابع أو كليهما (أبو العلا، ٢٠٢٢).

12- النتائج والتوصيات ومجالات البحث المستقبلية

استهدف البحث دراسة واختبار أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، بالإضافة إلى دراسة واختبار الدور المُعدل لتقنية التوأمة الرقمية على هذه العلاقة فى بيئة الممارسة المهنية المصرية اعتماداً على دراسة تجريبية على عينة من المنشآت الصناعية المصرية، وتوصل البحث فى شقه النظرى إلى أهمية تطبيق تقنية الميتافيرس كأحد التكنولوجيات الرقمية الحديثة للذكاء الاصطناعى التى تساهم فى تحسين ممارسات التشغيل والصيانة الخاصة بالآلات والمعدات، ومن ثَم التحول إلى الإدارة الذكية للأصول، كما توصل البحث إلى أن تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية يلعب دوراً فعالاً فى مساعدة المنشآت الصناعية على إنشاء نسخة افتراضية للآلات والمعدات داخل المنشأة، ومن ثَم التفاعل والتمثيل الرقمى لبيانات هذه النسخة مع نظيرها المادى بطريقة ثنائية الاتجاه، مما يسمح بتحسين أداء ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول من خلال إعطاء نظرة شاملة عن أصول المنشأة، وفهم أنشطتها، وتطوير استراتيجيتها، وتوفير كافة المعلومات اللازمة التى تُمكنهم من مراقبة ومحاكاة تشغيل الأصول لحظة بلحظة، والتحكم بها كاستراتيجية فعالة لتحسين جودة عمليات الإنتاج، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة، وتحسين عملية إدارة المخاطر.

فى حين توصل البحث فى شقه التجريبى من خلال التحليل الأساسى على عينة من الممارسين إلى وجود أثر إيجابى لتطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، كما توصل إلى أن أثر تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى تقنية التوأمة الرقمية كان أكثر إيجابية على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول مقارنةً بأثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول فى ظل عدم تبنى تقنية التوأمة الرقمية. فى حين استهدفت الدراسة من خلال إجراء تحليل الحساسية لاعادة اختبار فروض الدراسة عن طريق تغيير طريقة قياس المتغير التابع، وتوصلت النتائج فى ظل تحليل الحساسية إلى نفس النتائج التى تم التوصل إليها فى ظل التحليل الأساسى، وهو ما يشير إلى أن نتائج تحليل الحساسية تدعم تماماً نتائج التحليل الأساسى.

وعليه، يوصى الباحث بالآتى: ينبغى على المنشآت ضرورة توفير البنية التحتية اللازمة لدعم تطبيق تقنيتى الميتافيرس والتوأمة الرقمية، وتوفير الدعم الفنى والتقنى المناسب للمستخدمين، والاستمرار فى تحديث وتطوير نظم المعلومات والأجهزة والبرامج والشبكات لتلبية متطلبات التقنيتين

لدعم أساليب وممارسات المحاسبة الإدارية المتعلقة بتحسين الكفاءة التشغيلية لنظام إدارة الأصول من ناحية، وتخفيض وترشيد تكاليف التشغيل والصيانة من ناحية أخرى، فضلاً عن تحسين الأداء المستدام، كما ينبغى على المنشآت إجراء العديد من الدورات والبرامج التدريبية المتخصصة للمحاسبين والمهندسين للتدريب على كيفية استخدام تكنولوجيا الميتافيرس والتوأمة الرقمية والإستفادة من دورهما الفعال فى تغيير الأساليب المتبعة لمراقبة وتتبع الآلات والمعدات، وتحسين وتطوير ممارستى التشغيل والصيانة المرتبطة بنظام إدارة الأصول، كما ينبغى على الحكومات والدول بعقد المزيد من المؤتمرات العلمية والندوات وورش العمل لتوجيه أنظار المنشآت نحو تعظيم الاستفادة من استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعى والتى أصبحت واقع يفرض نفسه فى مختلف القطاعات والمجالات، ومدى ارتباطهم بالوظائف المستقبلية التى سيشهدها العالم فى المستقبل القريب، كما يوصى الباحث بضرورة تفعيل دور الجامعات المصرية ومراكز البحث العلمى فى تأهيل جيل جديد من الخريجين يكون قادراً علمياً وعملياً على مواكبة التطورات التكنولوجية المتسارعة التى تشهدها بيئة الأعمال الرقمية والاستفادة منها فى مختلف التخصصات والمجالات.

وأخيراً يقترح الباحث العديد من مجالات البحث التى يُمكن إجراؤها فى المستقبل ومنها، أثر تطبيق تقنية الميتافيرس فى ظل تبنى التوأمة الرقمية على نظام إدارة المخزون- دراسة حالة، وأثر التكامل بين تقنيتى الميتافيرس والتوأمة الرقمية فى ظل تبنى تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على الأداء المستدام- مع دراسة تجريبية، ومدى فعالية استخدام تقنية الميتافيرس كأحد التقنيات المقترحة لتحسين جودة المعلومات المحاسبية- دراسة تجريبية، وأثر التكامل بين تقنيتى الميتافيرس والتوأمة الرقمية على محددات الإفصاح المحاسبى بشأن الأصول الرقمية- دراسة تحليلية تجريبية، وإطار مقترح لمدى فعالية التكامل بين تقنيتى التوأمة الرقمية وسلاسل الكتل فى الحد من المخاطر السيبرانية المرتبطة بتقنية الميتافيرس- دراسة تجريبية، وأثر تطبيق تقنية التوأمة الرقمية على أداء سلاسل التوريد الرقمية- دراسة تجريبية، ودراسة تحليلية لفحص استجابة سوق الأوراق المالية لافصاحات الشركات بشأن اعتماد تقنية الميتافيرس.

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية

أبو العلا، أسامة مجدى فؤاد. (٢٠٢٢). محددات العلاقة بين اعتراف عميل المراجعة بالأصول الرقمية وجودة حكم مراقب الحسابات على مستوى الخطر المتلازم لها: دراسة تجريبية. ***مجلة الاسكندرية للبحوث المحاسبية***. جامعة الاسكندرية- كلية التجارة- قسم المحاسبة والمراجعة، ٣(٦): ١-٦٦.

الجزار، محمود أحمد جودة. (٢٠٢٢). الواقع المعزز كأحد الحلول الفعالة لتدعيم الترابط بين التصميم والإنتاج. ***مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية***. جامعة بنها- كلية الفنون التطبيقية، ٧(٣١): ٥٣٠-٥٤٤.

الخولى، سحر عبد المنعم محمود. (٢٠٢٢). معالجة تقنيات الميتافيرس وشبكات الجيل الخامس فى مواقع الصحف العربية والأجنبية: دراسة تحليلية. ***مجلة البحوث الإعلامية***. جامعة الأزهر- كلية الإعلام، ٦٢(١): ١٢٧-٢٠٠.

خميس، محمد مصطفى جمعة. (٢٠٢١). أثر تطبيق تقنية إنترنت الأشياء فى ظل تبنى الحوسبة السحابية على نظام إدارة المخزون. ***مجلة الاسكندرية للبحوث المحاسبية***. جامعة الاسكندرية- كلية التجارة- قسم المحاسبة والمراجعة، ١(٥): ١٤٠١-١٤٤١.

سليمان، أسامة ربيع أمين. (٢٠٠٧). **دليل الباحثين فى التحليل الإحصائى للبيانات باستخدام برنامج Minitab**. قسم الإحصاء والرياضة والتأمين. جامعة المنوفية - كلية التجارة بشبين الكوم.

شحاته، محمد موسى على، و يوسف، مى مغاورى على، و عطية، نورهان صبحى محمد. (٢٠٢٢). ***مدخل مقترح لاستخدام تقنية Metaverse كأحد ابتكارات تكنولوجيا المعلومات فى تحسين جودة التقارير المالية بالبيئة المصرية "بين محددات الاستخدام... ومزايا ومخاطر التطبيق"***. المؤتمر العلمى الدولى الأول لقسم المحاسبة والمراجعة، رؤية الفكر المالى والإدارى فى عصر الرقمنة لتحقيق التنمية المستدامة ٢٠٣٠. جامعة مدينة السادات، كلية التجارة.

على، شفق أحمد على. (٢٠٢٢). تغطية تقنية ميتافيرس فى عينة من الفيديوهات العربية والإنجليزية على اليوتيوب: دراسة تحليلية كيفية. ***مجلة البحوث الإعلامية***. جامعة الأزهر– كلية الإعلام، ٦٣(١): ١٠١–١٦٨.

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية

Abdel-Khalik, A.R., & Ajinkya, B. B., (1979), "Empirical Research in Accounting, A Methodological Viewpoint", ***American Accounting Association.***

Aharon, D. Y., Demir, E., & Siev, S., (2022). Real returns from unreal world? Market reaction to Metaverse disclosures. ***Research in International Business and Finance***. 63(3), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101778.

Akour, I. A., Al-Maroof, R. S., Alfaisal, R., & Salloum, S. A., (2022). A conceptual framework for determining metaverse adoption in higher institutions of gulf area: An empirical study using hybrid SEM-ANN approach. ***Computers and Education: Artificial Intelligence***. 3, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100052.

Akyildirim, E., Corbet, S., Sensoy, A., & Yarovaya, L., (2020). The Impact of Blockchain Related Name Changes on Corporate Performance. ***Journal of Corporate Finance***. 65(4), 1-72. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101759.

Al-Gnbri, M. K. A., (2022). Internal Auditing in Metaverse World: Between the Prospects of Virtual Reality and the Possibilities of Augmented Reality. ***The Indonesian Accounting Review***. 12(2), 125-134. https://doi.org/10.14414/tiar.v12i2.2848.

Al-Gnbri, M. K. A., (2022). Accounting and Auditing in the Metaverse World from a Virtual Reality Perspective: A Future Research. ***Journal of Metaverse***. 2(1), 29-41.

Alizadehsalehi, S., & Yitmen, I., (2021). Digital twin-based progress monitoring management model through reality capture to extended reality technologies (DRX). ***Smart and Sustainable Built Environment***. 12(1), 200-236. https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2021-0016.

Allam, Z., Sharifi, A., Bibri, S. E., Jones, D. S., & Krogstie, J., (2022). The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability

in Urban Futures. ***Smart Cities***. (5), 771–801. https://doi.org/10.3390/smartcities5030040.

Aloqaily, M., Bouachir, O., Karray, F., Al Ridhawi, I., & El Saddik, A., (2022). Integrating Digital Twin and Advanced Intelligent Technologies to Realize the Metaverse. ***IEEE Consumer Electronics Magazine.*** (99), 1-8. https://doi.org/10.1109/MCE.2022.3212570.

Attencia, G., & Mattos, C., (2022). Adoption of digital technologies for asset management in construction projects. ***Journal of Information Technology in Construction***. (27), 619-629. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.030.

Banamtuan, O., Zuhroh, D., & Sihwahjoeni, (2020). Asset Management and Capital Ownership on Firm Value: Through Profitability. ***AFRE Accounting and Financial Review***. 3(1), 83-92.

Bao, Y., Zhang, X., Zhou, T., Chen, Z., & Ming, X., (2022). Application of Industrial Internet for Equipment Asset Management in Social Digitalization Platform Based on System Engineering Using Fuzzy DEMATEL-TOPSIS. ***Machines***. https://doi.org/10.3390/machines10121137.

Belk, R., Humayun, M., & Brouard, M., (2022). Money, possessions, and ownership in the Metaverse: nFTs, cryptocurrencies, web3 and wild markets. ***Journal of Business Research***. 153, 198-205. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.08.031.

Biller, B., & Biller, S., (2023). Implementing Digital Twins That Learn: AI and Simulation Are at the Core. ***Machines***. 11(4). https://doi.org/10.3390/machines11040425.

Boschert, S., & Rosen, R., (2018). Next Generation Digital Twin. https://www.researchgate.net/publication/325119950.

Buń, P., Grajewski, D., & Górski, F., (2021). Using augmented reality devices for remote support in manufacturing: A case study and analysis. ***Advances in Production Engineering & Management***. 16 (4), 418-430. https://doi.org/10.14743/apem2021.4.410.

Burghardt, A., Szybicki, D., Gierlak, P., Kurc, K., Pietru´s, P., & Cygan, R., (2020). Programming of Industrial Robots Using Virtual Reality and Digital Twins. ***Applied Scince***. https://doi.org/10.3390/app10020486.

Cai, Y., Starly, B., Cohen, P., & Lee, Y. S., (2017). Sensor data and information fusion to construct digital-twins virtual machine tools

for cyber-physical manufacturing. ***Procedia Manufacturing***. 10, 1031 – 1042.

Campos, J., Sharmab, P., Jantunenc, E., Bagleed, D., & Fumagallie, L., (2016). The challenges of cybersecurity frameworks to protect data required for the development of advanced maintenance. ***Procedia CIRP***. 47, 222-227. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.059.

Castellanos, M. J., & Navarro-Newball, A. A., (2019). Prototyping an augmented reality maintenance and repairing system for a deep well vertical turbine pump. ***International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)***. 36-40. https://doi.org/ 10.1109/CONIELECOMP.2019.8673254.

Chang, Y. S., Nuernberger, B., Luan, B., & Hollerer. T., (2017). Evaluating Gesture-Based Augmented Reality Annotation. ***IEEE***. https://doi.org/10.1109/3DUI.2017.7893337.

Chen, C., & Yao, M. Z., (2021). Strategic use of immersive media and narrative message in virtual marketing: Understanding the roles of telepresence and transportation. ***Psychology & marketing - Wiley Interscience***. 39(3), 524-542. https://doi.org/10.1002/mar.21630.

Cheng, S., Zhang, Y., Li, X., Yang, L., Yuan, X., & Li, S. Z., (2022). Roadmap toward the metaverse: An AI perspective. ***The Innovation***. 3(5). https://doi.org/10.1016/j.xinn.2022.100293.

Cimino, C., Negri, E., & Fumagalli, L., (2019). Review of digital twin applications in manufacturing. ***Computer in Industry***. 113(C). https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103130.

Corradini, F., & Silvestri, M., (2022). Design and testing of a digital twin for monitoring and quality assessment of material extrusion process. ***Additive Manufacturing***. 51, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102633.

Dallel, M., Havard, V., Dupuis, Y., & Baudry, D., (2023). Digital twin of an industrial workstation: A novel method of an auto-labeled data generator using virtual reality for human action recognition in the context of human–robot collaboration. ***Engineering Applications of Artificial Intelligence.*** https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105655.

Del Amo, I.F., Erkoyuncu, J.A., Roy, R., & Wilding, S. (2018). Augmented reality in maintenance: An information-centred design framework, ***Procedia Manufacturing***, 19, 148-155, https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.01.021.

Dionisio, J. D. N., Burns, W. G., & Gilbert, R., (2013). 3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current ąatus and Future Possibilities. ***ACM Computing Surveys***. 45(3), 1-38. http://dx.doi.org/10.1145/2480741.2480751.

El-Akruti, K., Dwight, R., & Zhang, T., (2013). The strategic role of Engineering Asset Management. ***International Journal of Production Economic***. 146(1), 227-239. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.002.

Elayan, H., Aloqaily, M., & Guizani, M., (2021). Digital Twin for Intelligent Context-Aware IoT Healthcare Systems. ***IEEE Internet of Things Journal***. 8(23), 16749 – 16757. https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3051158.

Erkoyuncua, J. A., Amoa, I. F. D., Ariansyaha, D., Bulkaa, D., Vrabic, R., & Roy, R., (2020). A design framework for adaptive digital twins. ***CIRP Annals – Manufacturing Technology***. 69, 145-148. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.04.086.

Errandonea, I., Beltrán, S., & Arrizabalaga, S., (2020). Digital Twin for maintenance: A literature review. ***Computers in Industry***. https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103316.

Facebook, (2021). Introducing Meta: A Social Technology Company. https://about.fb.com/news/2021/10/facebook-company-is-now-meta/.

Fraga, P., Fernandez, T. M., Blanco, Ó & Vilar, M. A., (2018). A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard. ***IEEE Access***. 6, 13358 – 13375. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2808326.

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.2020.299835.

Ghosh, I., Alfaro-Cortes, E., Gamez, M., & García, N., (2023). Do travel uncertainty and invasion rhetoric spur Metaverse financial asset? – Gauging the role of media influence. ***Finance Research Letters.*** 51, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103434.

Gitelman, L. D., Gavrilova, T. B., & Kozhevnikov, M. V., (2021). Asset Management Tools in The Digital Enveronment. ***Safety and Security Engineering IX.*** https://doi.org/10.2495/SAFE210031.

Götz, C. S., Karlsson, P., & Yitmen, I., (2020) Exploring applicability, interoperability and integrability of Blockchain-based digital twins

for asset life cycle management. ***Smart and Sustainable Built Environment***. 11(3), 532-558. https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2020-0115.

Guo, F., Zou, F., Liu, J., & Wang, Z., (2018). Working mode in aircraft manufacturing based on digital coordination model. ***The International Journal of Advanced Manufacturing Technology***. 98(1), 1547-1571. https://doi.org/10.1007/s00170-018-2048-0.

Haag, S., & Anderl, R., (2018). Digital twin – Proof of concept. ***Manufacturing Letters***. 15, 64–66. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.02.006.

Hashash, O., Chaccour, C., Saad, W., Sakaguchi, K., & Yu, T., (2022). Towards a Decentralized Metaverse: Synchronized Orchestration of Digital Twins and Sub-Metaverses. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.14686.

He, B., & Bai, K., (2020). Digital twin-based sustainable intelligent manufacturing: a review. ***Advanced in Manufacturing***. 9(1), 1-21. https://doi.org/10.1007/s40436-020-003025.

Huang, Z., Shen, Y., Li, J., Fey, M., & Brecher, C., (2021). A Survey on AI-Driven Digital Twins in Industry 4.0: Smart Manufacturing and Advanced Robotics. ***Sensors***. 21(19), 1-35. https://doi.org/10.3390/s21196340.

Huynh-The, T., Pham, Q., Pham, X., Nguyen, T. T., Han, Z., & Kim, D., (202٣). Artificial intelligence for the metaverse: A survey. ***Engineering Applications of Artificial Intelligence***. 117, 1-22. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105581.

Jaung, W., (2022). Digital forest recreation in the metaverse: Opportunities and challenges. ***Technological Forecasting & Social Change.*** 185, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122090.

Kamble, S., Gunasekaran, A., Parekh, H., Mani, V., Belhadi, A., & Sharma, R., (2022). Digital twin for sustainable manufacturing supply chains: Current trends, future perspectives, and an implementation framework. ***Technological Forecasting & Social Change.*** 176, 1-13. https://doi.org/ 10.1016/j.techfore.2021.121448.

Kans, M., & Galar, D., (2017). The Impact of Maintenance 4.0 and Big Data Analytics within Strategic Asset Management. ***6th International Conference on Maintenance Performance Measurement and Management.*** 96-104.

Kemec, A., (2022). From Reality to Virtuality: Re-discussing Cities with the Concept of the Metaverse. ***International Journal of Management and Accounting***. 4(1), 12-20. https://doi.org/10.34104/ijma.022.00120020.

Khalaj, O., Jamshidi, M. B., Hassas, P., Hosseininezhad, M., Mašek, B., Štadler, C., & Svoboda, J., (2022). Metaverse and AI Digital Twinning of 42SiCr Steel Alloys. ***Mathematics***. *11*(1), 1-23. https://doi.org/10.3390/math11010004.

Khamaksorn, A., Nimmolrat, A., Mahat, N., & Thinnukool, O., (2021). An IDEF0 Functional Planning Model for the Development of an Asset Management Framework: A Case Study of Chiang Mai University**.** ***Journal of Construction in Developing Countries.*** https://doi.org/10.21315/jcdc-12-20-0249.

Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P., (2021). All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. ***Journal of Latex Class Files,*** 14(8), 1-66.

Lee, J., Kundu, P., (2022). Integrated cyber-physical systems and industrial metaverse for remote manufacturing. ***Manufacturing Letters***. 34,12-15. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2022.08.012.

Li, L., Lei, B., & Mao, C., (2022). Digital twin in smart manufacturing. ***Journal of Industrial Information Integration***. 26, 1-18. https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100289.

Liu, J., Zhou, H., Tian, G., Liu, X., & Jing, X., (2019). Digital twin-based process reuse and evaluation approach for smart process planning. ***The International Journal of Advanced Manufacturing Technology***. 100,1619–1634. https://doi.org/10.1007/s00170-018-2748-5.

Lu, Y., Liu, C., Wang, K. I. K., Huang, H., & Xua, X., (2020). Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues. ***Robotics and Computer Integrated Manufacturing***. 61, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101837

Ludwig, T., Stickel, O., Tolmie, P., & Sellmer, M. (2021). shARe-IT: Ad hoc remote troubleshooting through augmented reality, ***Computer Supported Cooperative Work (CSCW)***. 30, 119-167, https://doi.org/ 10.1007/s10606-021-09393-5.

Lv, Z., & Xie, S., (2021). Artificial intelligence in the digital twins: State of the art, challenges, and future research topics. https://doi.org/10.12688/digitaltwin.17524.1.

Lv, Z., Shang, W. L., & Guizani, M., (2022). Impact of Digital Twins and Metaverse on Cities: History, Current Situation, and Application Perspectives. ***Applied Scince***. https://doi.org/10.3390/app122412820.

Lv, Z., Xie, S., Li, Y., Hossain, M. S., & El Saddik, A., (2022). Building the metaverse using digital twins at all scales, states, and relations. ***Virtual Reality & Intelligent Hardware***. 4(6), 459–470.

Lv, Z., Qiao, L., Li, Y., Yuan, Y., & Wang, F., (2022). BlockNet: Beyond reliable spatial Digital Twins to Parallel Metaverse. ***Patterns***. 3(5), 1-9.https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100468.

Macchi, M., Roda, I., Negri, E., Fumagalli, L., (2018). Exploring the role of Digital Twin for Asset Life Cycle Management. ***International Federation of Automatic Control (IFAC).*** https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.415.

Maletic, D., Maletic, M., Al-Najjar, B., & Gomišcek, B., (2020). An Analysis of Physical Asset Management Core Practices and Their Influence on Operational Performance. ***Sustainability.*** https://doi.org/ 10.3390/su12219097.

Minerva, R., Lee, G. M., & Crespi, N., (2020). Digital Twin in the IoT Context: A Survey on Technical Features, Scenarios, and Architectural Models. ***IEEE***. 108(10), 1785-1824. https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2998530.

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihn, W., & K. Ueda, K., (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. ***CIRP Annals - Manufacturing Technology.*** 65(2), 621-641. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005.

Mourtzis, D., Panopoulos, N., Angelopoulos, J., Wang, B., Wang, L., (2022). Human centric platforms for personalized value creation in metaverse. ***Journal of Manufacturing Systems.*** 65, 653–659. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.11.004.

Mystakidis, S., (2022). Metaverse. ***Encyclopedia***. 2, 486–497. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031.

Obermair, F., Althaler, J., Seiler, U., Zeilinger, P., Lechner, A., Pfaffeneder, L., Richter, M., & Wolfartsberger, J., (2020). Maintenance with

Augmented Reality Remote Support in Comparison to Paper- Based Instructions: Experiment and Analysis. ***IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)***. 942-974. https://doi.org/10.1109/ICIEA49774.2020.9102078.

Oh, H. J., Kim, J., Chang, J. J. C., Park, N., & Lee, S., (2023). Social benefits of living in the metaverse: The relationships among social presence, supportive interaction, social self-efficacy, and feelings of loneliness. ***Computers in Human Behavior***. 139, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107498.

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***. 35(8), 831-858. https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2027014.

O'Sullivan, J., O'Sullivan, D., & Bruton, K., (2020). A case-study in the introduction of a digital twin in a large-scale smart manufacturing facility. ***Procedia Manufacturing***. (51), 1523–1530. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.212.

Palmarini, R., Erkoyuncu, J. A., Roy, R., & Torabmostaedi, H., (2018). A systematic review of augmented reality applications in maintenance. ***Robotics and Computer–Integrated Manufacturing***. 49, 215–228. http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.002.

Pamucar, D., Deveci, M., Gokasar, I., Tavana, M., & Koppen, M., (2022). A metaverse assessment model for sustainable transportation using ordinal priority approach and Aczel-Alsina norms. ***Technological Forecasting & Social Change.*** 182, 1-18. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121778.

Pérez, L., Rodríguez-Jiménez, S., Rodríguez, N., Usamentiaga, R., & García, D.F., (2020). Digital twin and virtual reality based methodology for multi-robot manufacturing cell commissioning. ***Applied Scince***. http://dx.doi.org/10.3390/app10103633.

Perno, M., & Hvam, L., (2020). Developing a Framework for Scoping Digital Twins in the Process Manufacturing Industry. ***IOS Press***. 13, 475-486. https://doi.org/doi:10.3233/ATDE200185.

Perno, M., Hvama, L., & Haug, A., (2022). Implementation of digital twins in the process industry: A systematic literature review of enablers and barriers. ***Computers in Industry.*** 134, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103558.

Polenghi, A., Roda, I., Macchi, M., & Pozzetti, A., (2021). Information as a key dimension to develop industrial asset management in manufacturing. ***Journal of Quality in Maintenance Engineering***. https://doi.org/10.1108/JQME-09-2020-0095.

Polini, W., & Corrado, A., (2020). Digital twin of composite assembly manufacturing process. ***International Journal of Production Research***. 58(17), 5238-5252. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1714091.

Qiu, C., Zhou, S., Liu, Z., Gao, Q., & Tan, J., (2019). Digital assembly technology based on augmented reality and digital twins: a review. ***Virtual Reality & Intelligent Hardware***. 1(6), 597-610.

Ran, W., Yimin, H., & Yang, Z., (2022). Application of Digital Twins to Flexible Production Management: Taking a Shandong Factory as an Example. ***Mobile Information Systems.*** https://doi.org/10.1155/2022/6099409.

Rathore, M. M., Shah, S. A., Shukla, D., Bentafat, E., & Bakiras, S., (2021). The Role of AI, Machine Learning, and Big Data in Digital Twinning: A Systematic Literature Review, Challenges, and Opportunities. ***IEEE***. (9), 32030 – 32052. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3060863.

Schumacher, p., (2022). The metaverse as opportunity for architecture and society: design drivers, core competencies. ***Architectural Intelligence.*** 1(11), 1-20. https://doi.org/10.1007/s44223-022-00010-z.

Segovia, M., & Alfaro, J. G., (2022). Design, Modeling and Implementation of Digital Twins. ***Sensors.*** 22(14), 1-30. https://doi.org/10.3390/s22145396.

Shahzad, M., Shafiq, M. T., Douglas, D., & Kassem, M., (2022). Digital Twins in Built Environments: An Investigation of the Characteristics, Applications, and Challenges. ***Buildings***. https://doi.org/10.3390/buildings12020120.

Shao, G., & Helu, M., (2020). Framework for A Digital Twin in Manufacturing: Scope and Requirment. ***Journal Pre-proofs***. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2020.04.004.

Siyaev, A., Jo, G., (2021). Towards Aircraft Maintenance Metaverse Using Speech Interactions with Virtual Objects in Mixed Reality. ***Sensors***. https:// doi.org/10.3390/s21062066.

Stączek, P., Pizon, J., Danilczuk, W., & Gola, A., (2021). A Digital Twin Approach for the Improvement of an Autonomous Mobile Robots (AMR's) Operating Environment—A Case Study. ***Sensors***. 21(23), 1-17. https://doi.org/10.3390/s21237830.

Talkhestani, B. A., Jung, T., Lindemann, B., Sahlab, N., Jazdi, N., Schloegl, W., & Weyrich, M., (2019). An architecture of an Intelligent Digital Twin in a Cyber-Physical Production System. ***Automatisierungstechnik***, 67(9), 762–782. https://doi.org/10.1515/auto-2019-0039.

Tao, F., & Zhang, M., (2017). Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor Paradigm Towards Smart Manufacturing. ***IEEE Access***. 5, 20418-20427. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2756069.

Tao, F., Member, S., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A.Y.C., (2018). Digital Twin in Industry: State-of-the-Art. ***IEEE Transactions on Industrial Informatics***. 15(4), 2405 – 2415.

Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., & Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F., (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. ***International Journal Advanced Manufacturing Technololgy***. (94), 3563–3576.https://doi.org/ 10.1007/s00170-017-0233-1.

Tchana, Y., Ducellier, G., & Remy, S., (2019). Designing a unique Digital Twin for linear infrastructures lifecycle management. ***Procedia CIRP***. 84, 545-549. https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.176.

Trauer, J., Recksiek, S. S., Engel, C., Spreitzer, K., & Zimmermann, M., (2020). What is A Digital Twin? – Definitions and Insights from an Industrial Case Study in Technical Product Deveolpment. ***Proceedings of the Desgin 2020 16th International Design Conference***. 757–766. https://doi.org/10.1017/dsd.2020.15.

Trunfio, M., & Rossi, S., (2022). Advances in Metaverse Investigation: Streams of Research and Future Agenda. ***Virtual Worlds***. (1), 103-129. https://doi.org/10.3390/virtualworlds1020007.

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.

Vachálek, J., Bartaisky, L., Rovny, O., & Sismisova, D., (2017). The Digital Twin of an Industrial Production Line Within the Industry 4.0 Concept. ***IEEE***. https://doi.org/10.1109/PC.2017.7976223.

Vathoopan, M., Johny, M., Zoitl, A., & Knoll, A., (2018). Modular Fault Ascription and Corrective Maintenance Using a Digital Twin. ***International Federation of Automatic Control***. https://doi.org/ 10.1016/j.ifacol.2018.08.470.

Voipio, V., Elfvengren, K., Korpela, J., & Vilko, J., (2021). Driving competitiveness with RFID-enabled digital twin: case study from a global manufacturing firm's supply chain. ***Measuring Business Excellence***. 27(1), 40-53. https://doi.org/10.1108/MBE-06-2021-0084.

Weerasekara, S., Lu, Z., Ozek, B., Isaacs, J., & Kamarthi, S., (2022). Trends in Adopting Industry 4.0 for Asset Life Cycle Management for Sustainability: A Keyword Co-Occurrence Network Review and Analysis. ***Sustainability***. https://doi.org/10.3390/ su14191223.

Whyte, J., Stasis, A., & Lindkvist, C., (2015). Managing change in the delivery of complex projects: Configuration management, asset information and 'big data'. ***International Journal of Project Management***. 34(2), 339-351.

Xi, N., Chen, J., Gama, F., Riar, M., & Hamari, J., (2022). The challenges of entering the metaverse: An experiment on the effect of extended reality on workload. ***Information Systems Frontiers***. 12, 1-22. https://doi.org/10.1007/s10796-022-10244-x.

Xiangdong, X., Bo, L., & Jiannan, G., (2020). Asset Management of Oil and Gas Pipline System Based on Digital Twin. ***International Federation of Automatic Control***. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.04.163.

Yang, B., Yang, S., Lv, Z., Wang, F., & Olofsson, T., (2022). Application of Digital Twins and Metaverse in the Field of Fluid Machinery Pumps and Fans: A Review. ***Sensors***. https://doi.org/10.3390/s22239294.

Yang, J., Langley, R. S., Andrade, L., (2022). Digital twins for design in the presence of uncertainties. ***Mechanical Systems and Signal Processing***. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.109338.

Zallio, M., & Clarkson, P. J., (2022). Designing the metaverse: A study on inclusion, diversity, equity, accessibility and safety for digital immersive environments. ***Telematics and Informatics.*** 75, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101909.

ملاحق البحث

ملحق رقم (١): الحالات التجريبية

السادة الأفاضل/

تحية طيبة وبعد،،،،،،

يقوم الباحث بعمل دراسة تجريبية على حالة افتراضية لإحدى الشركات فى مجال صناعة الأجهزة الكهربائية والالكترونية، وذلك بهدف اختبار أثر تطبيق تقنية الميتافيرس على ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، والدور المُعدل لتقنية التوأمة الرقمية على هذه العلاقة. وفى سبيل ذلك يعرض الباحث رؤية واستراتيجية المنشأة والنظام المتبع فى إدارة الأصول. والمطلوب من سيادتكم التكرم بدراسة الحالة جيداً والإجابة على الأسئلة الملحقة بها.

ويقدر الباحث مسبقاً حسن تعاونكم ومساهمتكم البناءة فى إثراء المعرفة المحاسبية والأكاديمية، من خلال التعرف على وجهات نظر سيادتكم على الحالات التجريبية محل الدراسة، حيث لا توجد اجابات صحيحة واجابات خاطئة وإنما هى مجرد تقدير وحكم شخصى، وأن جميع الإجابات تعامل بسرية تامة وتستخدم لأغراض البحث العلمى فقط.

وتفضلوا بقبول فائق الاحترام والتقدير،،،،،،،،

الباحث

أولاً: البيانات الشخصية

- الأسم (اختيارى): .....
- المؤهل الدراسى: ☐ بكالوريوس تجارة بكالوريوس حاسبات ومعلومات ☐ بكالوريوس هندسة
- الوظيفة الحالية: ☐ محاسب مالى ☐ محاسب تكاليف/ إدارى
  ☐ محلل بيانات ☐ محلل ومصمم نظم
  ☐ مهندس انتاج/ تشغيل/صيانة ☐ مهندس برمجيات/ اتصالات
- الحصول على الدراسات العليا: ☐ دبلوم الدراسات العليا ☐ ماجستير
  ☐ دكتوراه ☐ أخرى
- عدد سنوات الخبرة: ☐ أقل من ٥ سنوات ☐ من ٥-١٠ سنوات ☐ أكثر من ١٠ سنوات

ثانياً: أهم المصطلحات الفنية المرتبطة بالدراسة:

الواقع الافتراضى (virtual reality): هو عبارة عن بيئة اصطناعية بديلة ومنفصلة تماماً تم إنشاؤها بطريقة رقمية، والتى من خلالها يشعر المستخدمين بأنهم منغمسون في عالم مختلف ويعملون بطرق مماثلة تماماً كما هو الحال في البيئة المادية المحيطة، وذلك بمساعدة الأجهزة المتخصصة متعددة الحواس مثل خوذات وسماعات الرأس وأجهزة المشي متعدد الاتجاهات.

الواقع المعزز (Augmented reality) : هو عبارة عن التقنية التي توفر معلومات وخدمات تفاعلية متاحة في البيئة المادية للفرد في الوقت الفعلي من خلال مزج واقعى متزامن لمحتوى رقمى من البرمجيات والكائنات الحاسوبية مع العالم الحقيقى.

تقنية الميتافيرس (Metaverse): هى عبارة عن مساحة رقمية لا نهائية توجد كامتداد لمحاكاة العالم المادى.

تقنية التوأمة الرقمية (Digital Twins): عبارة عن نموذج افتراضي يتوافق تماماً مع الكيانات المادية في العالم الحقيقي، لوصف ونمذجة خصائص وسلوك وأداء هذه الكيانات عبر التكنولوجيا الرقمية في الوقت الفعلي.

تقنية إنترنت الأشياء (Internet of Things): هى التقنية التى تسد الفجوة بين العالم المادى والرقمى من خلال مزامنة تدفق المعلومات مع التدفق المادى لزيادة تكامل الأنشطة والعمليات الخاصة بالمنشأة، من خلال توفير قدرات تحديد الهوية والاستشعار والمعالجة للتواصل مع الأجهزة والخدمات الأخرى عبر الإنترنت.

نظام إدارة الأصول (Assets Management System): عبارة عن مجموعة من الأنشطة المرتبطة بأهداف العمل التى تسعى إلى تحديد الأصول المطلوبة، وتحقيق الكفاءة التشغيلية فيما يخص عمليتى التشغيل والصيانة، والتخلص من الأصول أو تجديدها لتحقيق أهداف المنشأة بكفاءة وفعالية.

ثالثاً: الحالات التجريبية

حالة (١)

تعد الشركة (س) واحدة من أكبر المنشآت المصرية الرائدة فى صناعة الأجهزة الكهربائية والالكترونية. وتتمثل رؤية المنشأة فى تطوير وتصنيع منتجات مبتكرة وصديقة للبيئة. فى حين تهدف استراتيجيتها إلى ضرورة مواءمة استراتيجية إدارة الأصول مع استراتيجية المنشأة، إيماناً منها بأن استراتيجية إدارة الأصول تعكس رؤية وقيم ورسالة المنشأة من خلال تطوير خطط إدارة الأصول، ودعم ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وتقييم المخاطر المرتبطة بالأصول بصفة مستمرة، وتضمين هذه المخاطر فى جميع الأنشطة التى يمكن أن تؤثر على أداء الأصول، مما يؤدى فى النهاية إلى تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنشأة.

وفى الفترة الأخيرة، لاحظت إدارة المنشأة أن هناك زيادة كبيرة فى التكاليف الخاصة بتشغيل الآلات والمعدات الصناعية، كما لاحظت أيضاً حدوث الكثير من الأعطال المفاجئة بالآت ومعدات المصنع أثناء التشغيل مما يستدعى توقف الإنتاج، واستبدال وتغيير الأجزاء والقطع التالفة لإعادة التشغيل مرة أخرى، ومن ثَم زيادة تكاليف الصيانة، وقد يزداد الأمر صعوبةً عندما لا تتوافر قطع الغيار فى الأسواق المحلية، مما يستدعى استيرادها من الخارج، وهو ما يؤدى إلى تأخير استئناف عملية التشغيل، وتأخير تنفيذ برامج التشغيل والصيانة عما كان مخطط لها، وتحميل المنشأة بتكاليف إضافية. وفى بعض الأحيان، قد تضطر إدارة المنشأة إلى استدعاء الخبراء والاستشاريين نتيجة لوجود عطل فنى كبير فى أحد الآلات أو معدات المصنع، وهو ما يترتب عليه أيضاً تحميل المنشأة بتكاليف إضافية أخرى. الأمر الذى دعى المنشأة للقيام بعقد العديد من الاجتماعات وجلسات العصف الذهنى لتحويل الأهداف الاستراتيجية للمنشأة ككل إلى أهداف محددة لإدارة الأصول، من خلال إجراء عملية مراجعة شاملة عن مدى أهمية كل أصل إنتاجى داخل العملية التشغيلية، ولفهم المشاكل الحالية المتعلقة بالآلات والمعدات الموجودة على خطوط الإنتاج بالمنشأة،

تمهيداً لتبنى سياسات تطويرية لإدارة الأصول الإنتاجية بالمنشأة فيما يخص ممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات.

وفى سبيل تحسين نظام إدارة الأصول فيما يتعلق بممارستى التشغيل والصيانة، قامت المنشأة باتخاذ الإجراءات التالية:

– استغلال نظام المعلومات المحاسبى الخاص بالمنشأة لمراقبة عملية تشغيل الآلات والمعدات داخل مصانعها من خلال الاستثمار فى البرامج الحديثة لتحقيق الربط الرقمى بين الآلات التحكم العددى بالكمبيوتر (CNC) بنظام معلومات المنشأة.

– اتباع إجراءات النسخ الالكترونى الاحتياطى للبيانات والمعلومات المالية الخاصة بتشغيل وصيانة الآلات والمعدات. وفى بعض الأحيان يتم التسجيل اليدوى للمهام والإجراءات المتعلقة بالعملية التشغيلية، والتى لم يتم توثيقها إلكترونياً بشكل كامل.

– الاهتمام بالتدريب الدورى للعاملين والمهندسين والمحاسبين على تكنولوجيا التصنيع الحديثة، من أجل رفع كفاءة العملية التشغيلية لأثرها الإيجابي على خفض تكلفة التشغيل وزيادة جودة الإنتاج.

– قيام إدارتى البحوث والتطوير والجودة بشكل مستمر بابتكار العديد من الوسائل الجديدة، وعمل التصميمات الهندسية لوضع نموذج محاكاة ملائم لمواجهة التحديات التى تتعلق بإدارة العملية التشغيلية.

– قيام إدارة الصيانة باتخاذ إجراءات الصيانة بصفة دورية وحسب خطة زمنية موضوعة تُحدد طبقاً لتوصيات الشركة المنتجة، وكما هو مذكور فى كتيب التشغيل والصيانة للحفاظ على سير عمل الآلات أثناء التشغيل، ومحاولة تجنب الأعطال والتوقف المفاج أثناء العملية التشغيلية.

– اهتمام إدارة الصيانة بصفة مستمرة بتدريب وتأهيل الفنيين على أداء أعمال الصيانة الروتينية اليومية، لتعزيز قدرتهم على تنفيذ بعض مهام الصيانة الأساسية، لضمان إبقاء الآلات والمعدات ضمن شروط التشغيل المعيارية، كما تهتم بتدريب مهندسى الصيانة والفنيين على الصيانة الذاتية من خلال استخدام حواسهم الشخصية من الملاحظة بالنظر أو بالشم أو بالسمع، للتأكد من سلامة الآلات والمعدات، ومراجعة القراءات المختلفة لعدادات التشغيل.

فى ضوء قراءتك للحالة السابقة برجاء التكرم بالإجابة على الأسئلة التالية والتى توضح مدى موافقتك على العبارات التالية:

الرقم	العبـــــارات	درجة الموافقة				
		أوافق تماماً	أوافق	محايد	لا أوافق	لا أوافق تماماً
١	**هل ترى أن الإجراءات التى اتخذتها المنشأة فى الحالة السابقة لتحسين نظام إدارة الأصول فيما يتعلق <u>بممارسات التشغيل</u> أدت إلى:**					
١-١	التخلص من التحديات الخاصة بعدم التجانس التكنولوجى، وعدم دمج أنظمة المعلومات المختلفة لدعم ممارسات التشغيل؟					
١-٢	تحقيق المزامنة الكاملة للمعلومات فى الوقت الفعلى بين الآلات فى البيئة الرقمية والآلات فى الواقع المادى، وتتبع جميع عمليات التشغيل وتمثيلها وتداولها رقمياً؟					
١-٣	تخفيض تكاليف التشغيل، وتحسين كفاءة العمليات التشغيلية؟					
١-٤	سهولة تعرف المستخدمين على أكثر طرق التصنيع كفاءةً وأماناً؟؟					
١-٥	زيادة جودة الإنتاج، وتقليص وقت إنتاج المنتج، والإلتزام بمواعيد التسليم المحددة، وزيادة الأرباح التشغيلية؟					
١-٦	زيادة قدرة المنشأة على إنشاء نماذج أعمال جديدة، ووضع مؤشرات تنبؤية أكثر دقة، لتخفيض المخاطر، وتحسين الكفاءة والمرونة الإنتاجية؟					
١-٧	انشاء محتوى تدريبى لتنمية مهارات وقدرات المستخدمين الجدد عن بُعد لفهم حالة الإنتاج وسير عمل سلسلة التوريد؟					
٢	**هل ترى أن الإجراءات التى اتخذتها المنشأة فى الحالة السابقة لتحسين نظام إدارة الأصول فيما يتعلق <u>بممارسات الصيانة</u> أدت إلى:**					
٢-١	تحقيق التحكم المرئى للآلات والمعدات عن بُعد، وتغيير استراتيجية عمليات الصيانة لتصبح استباقية بدلاً من كونها دورية ؟					
٢-٢	استكشاف الأخطاء وإصلاحها، والتنبؤ بأعطال الآلات					

	والمعدات قبل حدوثها؟					
٢-٣	جدولة أنشطة الصيانة، وتفادى التوقف المفاجئ للعمليات، والتخلص من أنشطة الصيانة غير الضرورية؟					
٢-٤	تصميم البرامج التعليمية لرفع كفاءة العمال والمهندسين على تنفيذ مهام الصيانة الفنية عن بُعد، وتجنب المخاطر المتعلقة بتعرض الآلات للتلف نتيجة أخطاء المتدربين، ومن ثَم تخفيض تكاليف التدريب؟					
٢-٥	التخلص من الوجود المادى للخبراء والاستشاريين داخل مواقع التصنيع، وتحقيق التواصل معهم عن بُعد؟					
٢-٦	تخفيض معدلات الفشل الناتجة عن أعطال الآلة؟					
٢-٧	تحسين مؤشرات الصيانة، وتخفيض الوقت اللازم لحل المشاكل، ومن ثَم تخفيض تكاليف الصيانة؟					
٣	ما هو تقديرك للنسبة المئوية لاحتمالية تحسين ممارسات التشغيل بنظام إدارة الأصول بعد اتباع الإجراءات السابقة لهذه الحالة؟ %١٠ %٢٠ %٣٠ %٤٠ %٥٠ %٦٠ %٧٠ %٨٠ %٩٠ %١٠٠ منخفض جداً متوسط مرتفع جداً					
٤	ما هو تقديرك للنسبة المئوية لاحتمالية تحسين ممارسات الصيانة بنظام إدارة الأصول بعد اتباع الإجراءات السابقة لهذه الحالة؟ %١٠ %٢٠ %٣٠ %٤٠ %٥٠ %٦٠ %٧٠ %٨٠ %٩٠ %١٠٠ منخفض جداً متوسط مرتفع جداً					
٥	وفقاً للحالة المعروضة: هل تتوقع أن الإجراءات التى اتبعتها المنشأة ستؤدى إلى تحقيق التوازن الفعال بين الأداء والتكاليف والمخاطر؟ □ نعم □ لا					

حالة (٢):

تعد الشركة (س) واحدة من أكبر المنشآت المصرية الرائدة فى صناعة الأجهزة الكهربائية والالكترونية. وتتمثل رؤية المنشأة فى تطوير وتصنيع منتجات مبتكرة وصديقة للبيئة. فى حين تهدف استراتيجيتها إلى ضرورة مواءمة استراتيجية إدارة الأصول مع استراتيجية المنشأة، إيماناً منها بأن استراتيجية إدارة الأصول تعكس رؤية وقيم ورسالة المنشأة من خلال تطوير خطط إدارة الأصول، ودعم ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وتقييم المخاطر المرتبطة بالأصول بصفة مستمرة، وتضمين هذه المخاطر فى جميع الأنشطة التى يمكن أن تؤثر على أداء الأصول، مما يؤدى فى النهاية إلى تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنشأة.

وفى الفترة الأخيرة، لاحظت إدارة المنشأة أن هناك زيادة كبيرة فى التكاليف الخاصة بتشغيل الآلات والمعدات الصناعية، كما لاحظت أيضاً حدوث الكثير من الأعطال المفاجئة بالآت ومعدات المصنع أثناء التشغيل مما يستدعى توقف الإنتاج، واستبدال وتغيير الأجزاء والقطع التالفة لإعادة التشغيل مرة أخرى، ومن ثَم زيادة تكاليف الصيانة، وقد يزداد الأمر صعوبةً عندما لا تتوافر قطع الغيار فى الأسواق المحلية، مما يستدعى استيرادها من الخارج، وهو ما يؤدى إلى تأخير استئناف عملية التشغيل، وتأخير تنفيذ برامج التشغيل والصيانة عما كان مخطط لها، وتحميل المنشأة بتكاليف إضافية. وفى بعض الأحيان، قد تضطر إدارة المنشأة إلى استدعاء الخبراء والاستشاريين نتيجة لوجود عطل فنى كبير فى أحد الآلات أو معدات المصنع، وهو ما يترتب عليه أيضاً تحميل المنشأة بتكاليف إضافية أخرى. الأمر الذى دعى المنشأة للقيام بعقد العديد من الاجتماعات وجلسات العصف الذهنى لتحويل الأهداف الاستراتيجية للمنشأة ككل إلى أهداف محددة لإدارة الأصول، من خلال إجراء عملية مراجعة شاملة عن مدى أهمية كل أصل إنتاجى داخل العملية التشغيلية، ولفهم المشاكل الحالية المتعلقة بالآلات والمعدات الموجودة على خطوط الإنتاج بالمنشأة، تمهيداً لتبنى سياسات تطويرية لإدارة الأصول الإنتاجية بالمنشأة فيما يخص ممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات.

وفى سبيل تحسين نظام إدارة الأصول فيما يتعلق بممارستى التشغيل والصيانة، قامت المنشأة باتخاذ الإجراءات التالية:

– تكوين فريق التحسين والتطوير والذى تضمن كل من مدير المشروع، وعدد ٢ مهندس تشغيل، وعدد ٢ مهندس صيانة، وعدد ٢ مهندس برمجيات، وعدد ٤ محاسبين لإدارة وتحليل البيانات المحاسبية. وتعيين محلل للبيانات لاستخراج البيانات وتجميعها، وتفسير وتحليل مشاكل البيانات، وبناء النماذج التنبؤية والنظم التحليلية، وانشاء التقارير الدورية، كما تم تعيين أخصائى ذكاء اصطناعى للأشراف على مشروع التطوير والتحسين.

– شراء الأجهزة الخاصة بالواقع الافتراضى والواقع المعزز والمتمثلة فى الأجهزة القابلة للإرتداء، وسماعات وخوذ الرأس الخاصة بالواقع الافتراضى (VR)، ونظارات HoloLens 2 AR الذكية، للتحكم فى تشغيل وصيانة الآلات والمعدات.

– اختيار فريق التطوير لآلة واحدة كبيرة الحجم على أحد خطوط إنتاج المنشأة، ومن ثَم قيام المصممون بإنشاء نموذج مجسم ثلاثى الأبعاد لهذه الآلة، لإمكانية دمجها بقاعدة البيانات وأجهزة الاستشعار الخاصة بتكنولوجيا إنترنت الأشياء كنموذج أولى لمحاكاتها عبر تقنية الميتافيرس.

– تركيب الأجهزة الخاصة بتكنولوجيا إنترنت الأشياء والتى تضمنت الحساسات وأجهزة الاستشعار و RFID tag، والبلوتوث، وشبكات WSN، وكاميرات Wi–Fi لاسلكية، ووضعها على جميع الأجزاء المتعلقة بالآلة وربطها بنظام المعلومات المحاسبى الخاص بالمنشأة (الأوراكل)، وتثبيت البرامج الخاصة بها تمهيداً لاستقبال الكميات الكبيرة من البيانات التى يُمكن استخدامها وتحليلها، ومحاكاتها عبر تقنية الميتافيرس.

– استخدام الحوسبة السحابية عن طريق شبكة الإنترنت 5G، لتخزين وتحليل ومعالجة البيانات الضخمة وغير المتجانسة التى تنتجها أجهزة الاستشعار المدمجة والمثبتة على الآلة.

– شراء البرامج المتخصصة فى مكافحة الفيروسات، والمخاطر المتعلقة بالأمن السيبرانى، واتباع اجراءات النسخ الالكترونى الاحتياطى للبيانات والمعلومات المحاسبية بشكل منتظم.

– استخدام برنامج Microsoft Dynamics 365 Remote Assist كأداة مخصصة للواقع الافتراضى والواقع المعزز، للتعرف على الإجراءات الموجودة في المكان الذي ينبغي إنجاز المهمة فيه من خلال مسح رموز الاستجابة السريعة (QR Code)، والسماح بنقل الإرشادات المرئية فى شكل ملفات Pdf تحتوي على وثائق الآلة الرقمية، وتعليمات التشغيل والصيانة، وجميع البيانات والمعلومات المتعلقة بالآلة، بالإضافة إلى إرسال لقطات الشاشة مدعومة بالتعليقات التوضيحية فى شكل أسهم، ورسوم بيانية على الصور المتعلقة بجزء معين من الآلة.

– تجهيز المستخدمين بكل من نظارات الواقع المعزز HoloLens 2 التى تعمل بنظام تشغيل Windos 10، وتطبيق Apzumi Spatial كأحد التطبيقات القائمة على الذكاء الاصطناعى والتى تستخدم تقنيات الواقع الافتراضى والمعزز لتغيير موقع التعليمات والإجراءات في مساحة عمل المستخدمين، ونقلهم إلى أماكن محددة بالقرب من الآلة أو خط الإنتاج، للحصول على الإرشادات والإجراءات الواجب اتباعها.

فى ضوء قراءتك للحالة السابقة برجاء التكرم بالإجابة على الأسئلة التالية والتى توضح مدى موافقتك على العبارات التالية:

(تم سؤال أفراد العينة الثانية نفس الأسئلة المرافقة للحالة الأولى)

حالة (٣):

تعد الشركة (س) واحدة من أكبر المنشآت المصرية الرائدة فى صناعة الأجهزة الكهربائية والالكترونية. وتتمثل رؤية المنشأة فى تطوير وتصنيع منتجات مبتكرة وصديقة للبيئة. فى حين تهدف استراتيجيتها إلى ضرورة مواءمة استراتيجية إدارة الأصول مع استراتيجية المنشأة، إيماناً منها بأن استراتيجية إدارة الأصول تعكس رؤية وقيم ورسالة المنشأة من خلال تطوير خطط إدارة الأصول، ودعم ممارستى التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول، وتقييم المخاطر المرتبطة بالأصول بصفة مستمرة، وتضمين هذه المخاطر فى جميع الأنشطة التى يمكن أن تؤثر على أداء الأصول، مما يؤدى فى النهاية إلى تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنشأة.

وفى الفترة الأخيرة، لاحظت إدارة المنشأة أن هناك زيادة كبيرة فى التكاليف الخاصة بتشغيل الآلات والمعدات الصناعية، كما لاحظت أيضاً حدوث الكثير من الأعطال المفاجئة بالآت ومعدات المصنع أثناء التشغيل مما يستدعى توقف الإنتاج، واستبدال وتغيير الأجزاء والقطع التالفة لإعادة التشغيل مرة أخرى، ومن ثَم زيادة تكاليف الصيانة، وقد يزداد الأمر صعوبةً عندما لا تتوافر قطع الغيار فى الأسواق المحلية، مما يستدعى استيرادها من الخارج، وهو ما يؤدى إلى تأخير استئناف عملية التشغيل، وتأخير تنفيذ برامج التشغيل والصيانة عما كان مخطط لها، وتحميل المنشأة بتكاليف إضافية. وفى بعض الأحيان، قد تضطر إدارة المنشأة إلى استدعاء الخبراء والاستشاريين نتيجة لوجود عطل فنى كبير فى أحد الآلات أو معدات المصنع، وهو ما يترتب عليه أيضاً تحميل المنشأة بتكاليف إضافية أخرى. الأمر الذى دعى المنشأة للقيام بعقد العديد من الاجتماعات وجلسات العصف الذهنى لتحويل الأهداف الاستراتيجية للمنشأة ككل إلى أهداف محددة لإدارة الأصول، من خلال إجراء عملية مراجعة شاملة عن مدى أهمية كل أصل إنتاجى داخل العملية التشغيلية، ولفهم المشاكل الحالية المتعلقة بالآلات والمعدات الموجودة على خطوط الإنتاج بالمنشأة، تمهيداً لتبنى سياسات تطويرية لإدارة الأصول الإنتاجية بالمنشأة فيما يخص ممارستى التشغيل والصيانة للآلات والمعدات.

وفى سبيل تحسين نظام إدارة الأصول فيما يتعلق بممارستى التشغيل والصيانة، قامت المنشأة باتخاذ الإجراءات التالية:

– تكوين فريق التحسين والتطوير والذى تضمن كل من مدير المشروع، وعدد ٢ مهندس تشغيل، وعدد ٢ مهندس صيانة، وعدد ٢ مهندس برمجيات، وعدد ٤ محاسبين لإدارة وتحليل البيانات المحاسبية. وتعيين أخصائى فى علم البيانات لحل مشاكل انخفاض جودة البيانات، وتنوع بيانات الآلات بنظام معلومات المنشأة، كما تم تعيين أخصائى ذكاء اصطناعى، وأخصائى توأمة رقمية للأشراف على مشروع التطوير والتحسين.

– شراء الأجهزة الخاصة بالواقع الافتراضى والواقع المعزز والمتمثلة فى الأجهزة القابلة للإرتداء، وسماعات وخوذ الرأس الخاصة بالواقع الافتراضى (VR)، ونظارات HoloLens 2 AR الذكية، للتحكم فى تشغيل وصيانة الآلات والمعدات.

– اختيار فريق التطوير لآلة واحدة كبيرة الحجم على أحد خطوط إنتاج المنشأة كنموذج أولى للبدء فى تطبيق تقنية التوأمة الرقمية، وكحالة تجريبية لبناء توائم رقمية لجميع الآلات والمعدات الإنتاجية على خطوط الإنتاج داخل المصنع.

– تركيب الأجهزة الخاصة بتكنولوجيا إنترنت الأشياء والتى تضمنت الحساسات وأجهزة الاستشعار و RFID tag، والبلوتوث، وشبكات WSN، وكاميرات Wi–Fi لاسلكية، ووضعها على جميع الأجزاء المتعلقة بالآلة وربطها بنظام المعلومات المحاسبى الخاص بالمنشأة (الأوراكل)، وتثبيت البرامج الخاصة بها تمهيداً لاستقبال الكميات الكبيرة من البيانات التى يُمكن استخدامها وتحليلها للآلة التى يتم توأمتها، ومحاكاتها عبر تقنية الميتافيرس.

– استخدام الحوسبة السحابية كخدمة عن طريق شبكة الإنترنت 5G، لتخزين وتحليل ومعالجة البيانات الضخمة وغير المتجانسة التى تنتجها أجهزة الاستشعار المدمجة والمثبتة على الآلة.

– شراء البرامج المتخصصة فى مكافحة الفيروسات، والمخاطر المتعلقة بالأمن السيبرانى، واتباع اجراءات النسخ الالكترونى الاحتياطى للبيانات والمعلومات المحاسبية بشكل منتظم، وتطبيق تقنية البلوكتشين لتخزين وتشفير البيانات والمعاملات المكانية متعددة الأبعاد، ولحماية التوائم الرقمية داخل الميتافيرس.

– بعد الإنتهاء من وضع الحساسات وأجهزة الاستشعار وتحديد الأجهزة الإضافية للقارئ وبرمجتها، وعمل اختبارات مسبقة، وتحديد نقاط التحكم في القراءة لتقييم أداء الأجهزة والحساسات، قام فريق التطوير بالبدء فى تطبيق التوأمة الرقمية على الآلة محل التجربة، من خلال اتباع الخطوات التالية:

- تجميع كافة البيانات الخاصة بتشغيل الآلة من خلال أجهزة الأستشعار المختلفة، والتى تضمنت على سبيل المثال كل من السرعة، درجة الاهتزاز، درجة الحرارة، الغاز، الزيت، الوقود، الطاقة المحركة، الانبعاث الصوتى، عزم الدوران، محركات الاحتراق الداخلى، البراغى، الصواميل، قراءات العدادات، أجهزة إنذار الأعطال، وتواريخ صيانة الآلة، والعمر الافتراضى لها، كما تم إضافة البيانات الخاصة بإنتاج المنتج، وبيانات سلسة التوريد، لإنشاء نظرة شاملة عن سير عمل وتشغيل الآلة، لتصميم منهجية استراتيجية تكون بمثابة الأساس للنمذجة المستقبلية فى العالم الافتراضى.
- إجراء اختبار تجريبى للتعرف على مدى قدرة تحكم أجهزة الاستشعار فى تدفق معلومات علامات أجهزة الاستشعار إلى نظام المعلومات الخاص بالمنشأة، وللتأكد مما إذا كان يمكن الحفاظ على اتصال البيانات فى الوقت الفعلى، ولتحقيق التفاعل والتطبيق التجريبى بين المستخدم والآلة داخل المصنع، من خلال اختبار مبدئى على قراءات التردد الزمنى لإشارة الاهتزاز.
- قام بعد ذلك أخصائيين الذكاء الاصطناعى والتوأمة الرقمية بتصميم برنامج لنظام إلكترونى ذكى لإدارة الآلة المادية من خلال انشاء نموذج ثلاثى الأبعاد فى البيئة الافتراضية باستخدام تقنية التوأمة الرقمية، مع مراعاة توافق كل منهما فى الحجم والشكل وجميع الجوانب الأخرى المادية المتعلقة بالآلة، والتأكد من أن كل منهما يعمل فى وقت واحد، ثم يتم تصحيحهما معاً فى النظام الافتراضى، بهدف بناء وتقديم البيئة الواقعية بنسبة ١:١ للنمذجة ثلاثية الأبعاد.
- بعد ذلك، تم عمل برمجة مستمرة للنموذج ثلاثى الأبعاد لتطويره بشكل متكرر، للتأكد من اتساق مادة النموذج مع البيئة المادية من حيث البيانات الأساسية الخاصة بإدارة الآلة، والتأكد من درجة قرب التأثير المرئى من الواقع، وللسماح بتصحيح أخطاء نظام البرنامج وتحسينه لتأكيد التشغيل المنتظم للآلة أثناء العملية التشغيلية، ولتنفيذ عملية المحاكاة للنظام من خلال المشهد الافتراضى.

- حصل فريق التطوير بعد اكتمال التطبيق على قاعدة بيانات تحتوي على وسائط متعددة (ملفات ونصوص وصور ومقاطع فيديو)، ونماذج تفاعلية ثلاثية الأبعاد متحركة، كما حصل على دعم النظام بحد أقصى ٢٠٠٠٠ نقطة لجمع البيانات، وبحد أقصى ٧٥ إطاراً فى الثانية فى جميع العمليات، كما بلغ فرق مزامنة التوقيت ما بين المشهد الافتراضى والأصلى حوالى ٢٠٠ مللى فى الثانية.

– بعد الحصول على توأم رقمى للآلة محل التجربة، استخدام فريق التطوير ببرنامج Microsoft Dynamics 365 Remote Assist كأداة مخصصة للواقع الافتراضى والواقع المعزز، للتعرف على الإجراءات الموجودة في المكان الذي ينبغي إنجاز المهمة فيه من خلال مسح رموز الاستجابة السريعة (QR Code). والسماح بنقل الإرشادات المرئية فى شكل ملفات Pdf تحتوي على وثائق الآلة الرقمية، وتعليمات التشغيل والصيانة، وجميع البيانات والمعلومات المتعلقة بالآلة، بالإضافة إلى إرسال لقطات الشاشة مدعومة بالتعليقات التوضيحية فى شكل أسهم، ورسوم بيانية على الصور المتعلقة بجزء معين من الآلة.

– تجهيز المستخدمين بكل من نظارات الواقع المعزز HoloLens 2 التى تعمل بنظام تشغيل Windos 10، وتطبيق Apzumi Spatial كأحد التطبيقات القائمة على الذكاء الاصطناعى والتى تستخدم تقنيات الواقع الافتراضى والمعزز لتغيير موقع التعليمات والإجراءات في مساحة عمل المستخدمين، ونقلهم إلى أماكن محددة بالقرب من الآلة أو خط الإنتاج، للحصول على الإرشادات والإجراءات الواجب اتباعها.

فى ضوء قراءتك للحالة السابقة برجاء التكرم بالإجابة على الأسئلة التالية والتى توضح مدى موافقتك على العبارات التالية:

(تم سؤال أفراد العينة الثالثة نفس الأسئلة المرافقة للحالة الأولى والثانية)

ملحق البحث رقم (٢) الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة الأولى

ملحق البحث رقم (٢)

الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة الأولى

البيان	العينة المستهدفة داخل كل قطاع			المؤهل الدراسى			الوظيفة			الدراسات العليا					بسنوات الخبرة		
		عدد	%		عدد	%		عدد	%	دبلوم	ماجستير	دكتوراه	عدد	%	اقل من ٥ سنوات	من ٥ الى ١٠	اكثر من ١٠ سنوات
المجموعة الأولى	الأجهزة الكهربائية	٢٧	٦٧,٥%	بكالوريوس تجارة	١٣	٤٨,١٥%	محاسبين بمختلف التخصصات	١٣	٤٨,١٥%	١	١	١	٨	٩٧,١٥%	٥	٦	٦
				بكالوريوس حاسبات	٢	٧,٤٠%	محللى بيانات ومصممى نظم	٢	٧,٤٠%	-	-	-	-	-	٢	-	-
				بكالوريوس هندسة	١٢	٤٤,٤٥%	مهندسين بمختلف التخصصات	١٢	٤٤,٤٥%	٥	١	-	٦	٤٢,٨٥%	٤	٦	٢
				اجمالى القطاع	٢٧	١٠٠%		٢٧	١٠٠%	١١	٢	١	١٤	١٠٠%	١١	١٣	٣
	الأجهزة الالكترونية	٧	١٧,٥%	بكالوريوس تجارة	١	٥٧,١٥%	محاسبين بمختلف التخصصات	١	٥٧,١٥%	٣	-	-	٣	٧٥%	٣	١	-
				بكالوريوس حاسبات	١	١٤,٢٨%	محللى بيانات ومصممى نظم	١	١٤,٢٨%	-	-	-	-	-	١	-	-
				بكالوريوس هندسة	٢	٢٨,٥٧%	مهندسين بمختلف التخصصات	٢	٢٨,٥٧%	-	١	١	٢	٧٥%	-	١	١
				اجمالى القطاع	٧	١٠٠%		٧	١٠٠%	٣	١	٣	٤	١٠٠%	٤	٢	١
	السيارات	١	٢,٥%	بكالوريوس تجارة	٢	٣٣,٣٣%	محاسبين بمختلف التخصصات	٢	٣٣,٣٣%	١	-	-	١	١٠٠%	-	١	١
				بكالوريوس حاسبات	٢	٣٣,٣٣%	محللى بيانات ومصممى نظم	٢	٣٣,٣٣%	-	-	-		-	-	٢	-
				بكالوريوس هندسة	٢	٣٣,٣٣%	مهندسين بمختلف التخصصات	٢	٣٣,٣٣%	-	-	-		-	-	-	٢
				اجمالى القطاع	١	١٠٠%		١	١٠٠%	١	-	-	١	١٠٠%	-	٢	٢
اجمالى عدد		٤٠	-		٤٠	-		٤٠	-	١٥	٣	١	١٤	-	١٥	١٥	٧
اجمالى %		-	١٠٠%		-	١٠٠%		-	١٠٠%	٣٧,٥%	٧,٥%	٢,٥%	-	٤٢,٥%	٣٧,٥%	٣٧,٥%	١٧,٥%

الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة الثانية

البيان	العينة المستهدفة داخل كل قطاع			المؤهل الدراسى			الوظيفة			الدراسات العليا					سنوات الخبرة		
		عدد	%		عدد	%		عدد	%	دبلوم	ماجستير	دكتوراه	عدد	%	أقل من ٥ سنوات	من (٥- ١٠)	أكثر من ١٠ سنوات
المجموعة الثانية	الأجهزة الكهربائية	٢٢	٤٨%	بكالوريوس تجارة	١٠	٤٥,٥%	محاسبين بمختلف التخصصات	١٠	٤٥,٥%	١	١	-	٥	٤٥,٥%	١	٥	٤
				بكالوريوس حاسبات	٣	١٣,٥%	محللى بيانات ومصممى نظم	٣	١٣,٥%	١	-	-	١	٩%	٣	-	-
				بكالوريوس هندسة	٩	٤١%	مهندسين بمختلف التخصصات	٩	٤١%	٣	٢	-	٥	٤٥,٥%	٣	١	٢
				إجمالى القطاع	٢٢	١٠٠%		٢٢	١٠٠%	٨	٣	-	١١	١٠٠%	٧	٩	٦
	الأجهزة الالكترونية	١٠	٢١,٣%	بكالوريوس تجارة	٣	٣٠%	محاسبين بمختلف التخصصات	٣	٣٠%	١	-	-	١	٥٠%	١	٢	-
				بكالوريوس حاسبات	٢	٢٠%	محللى بيانات ومصممى نظم	٢	٢٠%	-	-	-	-	-	-	٢	-
				بكالوريوس هندسة	٥	٥٠%	مهندسين بمختلف التخصصات	٥	٥٠%	١	-	-	١	٥٠%	-	٥	-
				إجمالى القطاع	١٠	١٠٠%		١٠	١٠٠%	٢	-	-	٢	١٠٠%	١	٩	-
	السيارات	٦	١٥,٧%	بكالوريوس تجارة	٢	٣٣,٣٣%	محاسبين بمختلف التخصصات	٢	٣٣,٣٣%	-	-	-	-	-	٢	-	-
				بكالوريوس حاسبات	١	١٦,٦٧%	محللى بيانات ومصممى نظم	١	١٦,٦٧%	-	-	-	-	-	-	١	-
				بكالوريوس هندسة	٣	٥٠%	مهندسين بمختلف التخصصات	٣	٥٠%	١	١	-	٢	١٠٠%	-	-	٣
				إجمالى القطاع	٦	١٠٠%		٦	١٠٠%	١	١	-	٢	١٠٠%	٢	١	٣
إجمالى عدد		٣٨	-		٣٨	-		٣٨	-	١١	٤	-	١٥	-	١٠	١٩	٩
إجمالى %		-	١٠٠%		-	١٠٠%		-	١٠٠%	٢٨,٩%	١٠,٥%	-	-	٣٩,٤%	٢٦,٣%	٥٠%	٢٣,٧%

الخصائص الديموغرافية لعينة الدراسة الثالثة

البيان	العينة السليمة داخل القطاع			المؤهل الدراسى			الوظيفة			الدراسات العليا					سنوات الخبرة		
		عدد	%		عدد	%		عدد	%	دبلوم	ماجستير	دكتوراه	عدد	%	أقل من ٥ سنوات	من (٥- ١٠)	أكثر من ١٠ سنوات
المجموعة الثالثة	الأجهزة الكهربائية	٢١	%٦١,٨	بكالوريوس تجارة	٨	%٣٣,٣٣	معاصين بمختلف التخصصات	٨	%٣٣,٣٣	٢	٢	-	٤	%٤٠	٢	٦	-
				بكالوريوس حاسبات	٤	%١١,١٧	محللى بيانات ومصممى نظم	٤	%١١,١٧	-	-	-	-	-	١	٣	-
				بكالوريوس هندسة	١٢	%٥٠	مهندسين بمختلف التخصصات	١٢	%٥٠	٤	٢	-	٦	%٦٠	-	٥	٧
				اجمالى القطاع	٢٤	%١٠٠		٢٤	%١٠٠	٦	١	-	١٠	%١٠٠	٣	١٤	٧
	الأجهزة الألكترونية	١٠	%٢٩,١	بكالوريوس تجارة	٥	%٥٠	معاصين بمختلف التخصصات	٥	%٣٥٠	-	-	-	-	-	١	٣	١
				بكالوريوس حاسبات	٢	%٢٠	محللى بيانات ومصممى نظم	٢	%٢٠	-	-	-	-	-	١	١	-
				بكالوريوس هندسة	٣	%٣٠	مهندسين بمختلف التخصصات	٣	%٣٠	—	١	-	١	%١٠٠	-	١	٢
				اجمالى القطاع	١٠	%١٠٠		١٠	%١٠٠	-	١	-	١	%١٠٠	٢	٥	٣
	السيارات	٥	%١٢,٩	بكالوريوس تجارة	١	%٢٠	معاصين بمختلف التخصصات	١	%٢٠	-	-	-	-		١	-	-
				بكالوريوس حاسبات	١	%٢٠	محللى بيانات ومصممى نظم	١	%٢٠	-	-	-	-		١	-	-
				بكالوريوس هندسة	٣	%٦٠	مهندسين بمختلف التخصصات	٣	%٦٠	-	-	-	-	-	-	١	٢
				اجمالى القطاع	٥	%١٠٠		٥	%١٠٠	-	-	-	-	-	٢	١	٢
إجمالى عدد		٣٩	-		٣٩	-		٣٩	-	٦	٥	-	١١	-	٧	٢٠	١٢
اجمالى %		-	%١٠٠		-	%١٠٠		-	%١٠٠	%١٥,٤	%١٢,٨	-	-	%٢٨,٢	%١٨	%٥١	%٣١

مخرجات التحليل الإحصائى

نتيجة اختبار الفرض الأول لـ Maan- Whitney

Mann-Whitney Test

Ranks

	CODE1_2	N	Mean Rank	Sum of Ranks
H1	1.00	40	20.50	820.00
	2.00	38	59.50	2261.00
	Total	78		

Test Statistics[a]

	H1
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	820.000
Z	-7.618
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable: CODE1_2

نتيجة اختبار الفرض الثانى لـ Maan- Whitney

Mann-Whitney Test

Ranks

	CODE1_2	N	Mean Rank	Sum of Ranks
H2	1.00	40	20.55	822.00
	2.00	38	59.45	2259.٠0
	Total	78		

Test Statistics[a]

	H2
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	822.000
Z	-7.631
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable: CODE1_2

نتيجة اختبار الفرض الثالث لـ Maan- Whitney

Mann-Whitney Test

Ranks

	CODE2_3	N	Mean Rank	Sum of Ranks
H3	2.00	38	19.55	743.00
	3.00	39	57.95	2260.00
	Total	77		

Test Statistics[a]

	H3
Mann-Whitney U	2.000
Wilcoxon W	743.000
Z	-7.562
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable: CODE2_3

نتيجة اختبار الفرض الرابع لـ Maan- Whitney

Mann-Whitney Test

Ranks

	CODE2_3	N	Mean Rank	Sum of Ranks
H4	2.00	38	19.58	744.00
	3.00	39	57.92	2259.00
	Total	77		

Test Statistics[a]

	H4
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	744.000
Z	-7.554
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable: CODE2_3