المجلة العربية الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات
المجلد الخامس – العدد الأول (يناير – مارس 2025)

التوأمة الرقمية ودورها في توثيق وإحياء التراث الثقافي
دراسة مستقبلية

الدكتورة/ مروة عصام محمد
وزارة الثقافة
maro.elshorbagy@gmail.com

المستخلص:

تمثِّلُ تقنيّة التَّوأَمَة الرّقميّة وسيلةً حديثةً وفعّالةً لِحِفْظ وتوثيق التُّراث الثَّقافيّ بطُرقٍ تفاعُليّة ومُتطوّرة؛ إذ يتسنَّى للمُجتمعات الحِفاظ على تُراثِها الثَّقافيّ بشكلٍ دقيقٍ وشاملٍ؛ حيث يُمكِنُ استخدامُ التوأمةِ الرقميّة في تسجيلِ الصَّوت والفيديو والعروض الفنيّة والمسرحيّة، وتوثيقِ النُّصوص والصّور والرّسوم، وتوثيق العادات والتَّقاليدِ والتُّراث الشَّفهيّ، وذلك من خِلال إنشاءِ تطبيقاتٍ ومنصَّاتٍ رقميّة تفاعُليّة لاستكشاف التُّراث بشكلٍ مُبتكَرٍ، ممَّا يجعلُه أكثرَ جاذبيّة للجمهور ويُيسِّر نقلَه للأجيالِ القادمة، فَضْلا عن أنّ تقنيّة التَّوأمة الرقميّة تُتيحُ وصولاً أوسعَ للتُّراث الثّقافيّ؛ إذ يمكِنُ نشرُه ومشاركتُه عبرَ الشّبكة العنكبوتيّة وخلال وسائل التواصل الاجتماعي؛ ممَّا يُعزّز التواصل الثّقافيّ والتفاعُل بين الثَّقافات المُختلفة.

وعليه فهذا البحث يهدفُ إلى استكشاف كيفيّة توظيفِ تقنية التّوأمة الرقميّة في مجال حفظ التُّراث الثَّقافي، وتحليل أثرِها على العمليّات التَّقليديّة، وتقييم فَعاليّة استخدامِها في تَوثيقِ وإعادةِ إحياءِ التُّراث الثقافي، كما يُسلّط الضّوءَ على الفُرص التي تفتحُها التَّوأمةُ الرقميّة للمُجتمعاتِ المَحليّة في المُحافظة على هُويّتها الثّقافيّةِ وتعزيزِ الّتفاعُلِ مع التُّراث بِطُرقٍ جَديدة، مُستخدِما في ذلك المنهجَ الوصفيَّ التَّحليليَّ من أجل التُّعرف على أفضلِ المُمارسَات المُستخدمةِ في تقنيّةِ التَّوأمة الرَّقميّة لحفظ التُّراث الثقافيّ، وتحليل دورِ هذه التقنيّةِ لاستكشاف التّحديّاتِ والمعوّقاتِ التي قد تُواجه عمليّات توثيق التُّراث الثقافيّ باستخدام تلك التَّقنية، وذلك من أجلِ الوصولِ إلى تقديم تَوصيّاتٍ عمليّة لتعزيزِ استخدامِ تقنيّة التَّوأمةُ الرقميّة في المُستقبل، ومُحاولةِ إدراك مدى تأثيرها على الوعيِ الثّقافيّ والتُّراثيّ للمجتمعاتِ المحليّة، وقد أسفر ذلك عن

تاريخ استلام البحث: 2024/11/02 تاريخ إجازة البحث: 2024/12/10

مجموعةٍ من النتائج؛ أهمُّها: تقديمُ نماذج أو أدواتِ توثيقٍ جَديدةٍ قائمة على التَّوأمَةِ الرقميّة، إبرازُ الفوائدِ الثّقافيّة والتَّاريخيّة لاستخدام التَّوأمَةِ الرقميّة في حفظِ التُّراث؛ تحديدُ توجهاتٍ عمليّةٍ للمؤسَّسات المَعنيّة بِشأن كيفيّة تنفيذِ تقنيّةِ التَّوأمَةِ الرّقميّة في مشاريعِ حِفظ التُّراث، ومِن خِلال هذه النَّتائجِ توصل البحثُ إلى مجموعةٍ من التَّوصياتِ والمُقترَحاتِ من أبرزِها: أهمية تعزيز التَّعاون بين المؤسَّسات الثَّقافيّة والتّكنولوجيّة لتطوير وتنفيذ مشاريع توظيف التَّوأمَةِ الرقميّة في حفظ التراث، ضرورة تطوير أدوات ومنصَّات تقنيّة مُخصَّصة لتوثيق وحفظ التراث باستخدام تقنية التَّوأمَةِ الرقميّة تُلائمُ احتياجاتِ ومُتطلّبات مَجالِ حفظ التُّراث؛ توجِيه الاهتمامِ نحوَ المَعَاييرِ والمُمَارسات القِياسيَة؛ مِمَّا يُسهِم في تَوحيد الجُهود وضَمَان جَودة النّتائج.

الكلمات المفتاحية:

التَّوأمَة الرّقميّة؛ التُّراث الثَّقافيّ؛ الهُويّة الثّقافيّةِ

تمهيد:

التراث هو زاد الشعوب لحاضرها ومستقبلها الثقافي ومن هنا تأتي المحافظة عليه كثروة وطنية تستقي منها الأجيال المعرفة خاصة في ظل التطورات الحديثة والتكنولوجيا الرقمية، فاهتمام أي مجتمع بتراثه الأصيل يدل على وعي أفراده وثقافتهم، فربط الحاضر بالماضي يوضح لأجيال المستقبل الصور المضيئة لتراث الأمة على مر العصور. والتراث الثقافي ليس تراثًا ماديًا يتعلق بالمعالم والآثار بحسب، بل هو أيضا تراثًا غير ماديًا يضم كل ما يؤثر على الأمة ويعبر عن روحها ونبض حياتها وثقافتها، من عادات وتقاليد، وأغان وموسيقى شعبية وحكايات ومعارف تقليدية تتوارثها الأمة عبر أجيال وعصور مختلفة.

وفي العصر الرقمي، يواجه الحفاظ على التراث الثقافي تحديات متزايدة، بدءًا من التدهور المادي إلى التهديدات البيئية والبشرية، وقد ساهمت التكنولوجيات الحديثة الناشئة في حفظ التراث والمعالم الأثرية وأضافت له إمكانيات وأبعاداً جديدة، حيث سهّلت عمليات مراقبة المواقع الأثرية، وعمليات الحفر والتنقيب، والمحافظة على القطع الأثرية الأصلية بطريقة رقمية وآمنة، من خلال التوأمة الرقمية، إذ تتيح هذه التوائم الافتراضية دراسة وتحليل الكيانات وحمايتها من المخاطر، ومحاكاة لسيناريوهات وافتراضات تطويرية تكفل الحفاظ على المباني والمناظر الطبيعية التاريخية بشكل فعال، وهذا لا يساعد فقط في حماية تراثنا الثقافي، بل يضمن أيضًا التنمية الحضرية المستدامة التي تحترم تاريخ وهوية المجتمع، فضلًا عن استخدامها في الوصول الشامل إلى التراث الثقافي، عبر المنصات الإلكترونية وتجارب الواقع الافتراضي، التي تمكن الناس في مختلف أنحاء العالم من استكشاف فننا وثقافتنا والتعرف عليهما، بغض النظر عن مواقعهم الجغرافية، وبالتالي تعد التوائم الرقمية أداة قوية وحيوية للحفاظ على التراث والهوية المجتمعية وإدارتهما.

هدف البحث:

- توضيح كيفية توظيف تقنية التوأمة الرقمية في مجال حفظ التراث الثقافي وتقييم فعالية استخدامها في توثيقه وإعادة إحياءه بشكل تقني حديث.
- تقديم أنسب المقاييس والأدوات المعيارية الخاصة بممارسات حفظ وتوثيق جديدة للتوأم التراثي الرقمي.

- التعرف على أبرز الفوائد الاجتماعية والاقتصادية لتوظيف التقنيات الرقمية في حفظ التراث الثقافي
- استكشاف التحديات التي تواجه عمليات إدارة وحفظ التراث الثقافي باستخدام التوأمة الرقمية.
- زيادة الوعي المؤسسي وإدراكه بأهمية تطبيق تقنية التوأمة الرقمية للارتقاء بالخدمات المقدمة وتطورها وفقا لمتطلبات العصر.

أهمية البحث:

إن عملية دمج تقنية التوأمة الرقمية في التراث الثقافي يرفع من قيمته إلى مستويات جديدة ومستديمة، إذ لا تعد التوائم الرقمية أدوات للحفظ فحسب، بل تُستخدم أيضًا في إعادة البناء الرقمي للكيان المادي بدرجة عالية من الدقة، من خلال برمجيات وتقنيات متعددة، ومنصات رقمية لطرح العالم المادي والرقمي معا، مما يبرز بحثنا أهميته في:

1. الحفاظ على التراث الثقافي من خلال إنشاء نسخ رقمية دقيقة للحرف التقليدية والقطع الأثرية والمعالم التاريخية التراثية بشكل تفصيلي، لفهم التراث بطريقة آمنة تكفل صونه وحمايته على المدى البعيد.
2. توفير تجارب لمعارض تفاعلية جذابة وزيارات افتراضية تعزز من جاذبية المؤسسات الثقافية.
3. إدارة التراث بشكل جيد من خلال فاعلية اتخاذ القرارات الاستباقية الخاصة بصون الأصول التراثية.

مجال البحث:

التقنيات الرقمية الحديثة في مجال التراث الثقافي.

منهج البحث:

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي من أجل التعرف على أنواع وأشكال تقنية التوأمة الرقمية لحفظ التراث الثقافي، والتعرف على وظائفها الرئيسية وتحليل أفضل ممارساتها المستخدمة لاستكشاف أبرز التحديات والمعوقات التي قد تواجه عمليات إدارة التراث الثقافي باستخدامها، وذلك من أجل الوصول إلى توصيات ومقترحات عملية تؤيد استخدام هذه التقنية في المستقبل.

مشكلة البحث

بما أن التوائم الرقمية عبارة عن تمثيلات افتراضية دقيقة لأشياء أو أماكن أو أنظمة في العالم الحقيقي، فيواجه البحث إشكالية استكشاف كيفية تحليل دور تقنية التوأم الرقمي في الحفاظ على تراثنا وتاريخنا وثقافتنا، وكيفية إبراز فوائد توظيفها في المؤسسات ومشاريع حفظ التراث.

تساؤلات البحث

1. ما المقصود بتقنية التوأمة الرقمية مع تحديد أنواعها وأشكالها؟
2. ماهي الوظائف الرئيسة لتقنية التوأمة الرقمية في مجال التراث الثقافي بناءًا على خصائصها؟
3. هل هناك استراتيجيات محددة لتطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية؟
4. ما هي الفوائد المحتملة لتطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية، وماهي أبز التحديات وكيفية التغلب عليها؟

الدراسات السابقة:

- ناقشت دراسة (Marijana Ćosović,2022) كيفية توظيف مصطلح التوأمة الرقمية في التراث الثقافي، وأبرز التقنيات التمكينية لتفعيلها وفقا لمكوناتها وأنواعها وخصائصها من أجل إبراز أهميتها في الحفاظ على التراث الثقافي المادي، عارضًا في ذلك تقنية نمذجة معلومات البناء التراثية (HBIM) كواحدة من الطرق التقنية المهمة في الحفاظ على التراث الثقافي، لتكاملها وقدرتها على أتمتة تحليلات البيانات وعمليات المحاكاة في التوأم الرقمي، وأثرها البالغ في الحفاظ على مواقع التراث الثقافي وصيانة المباني التاريخية من الكوارث الطبيعية والبشرية، مستخدما في ذلك المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التطبيقي على كنيسة ميلانو بإيطاليا من أجل الوصول إلى إنشاء توأم رقمي يكفل توفير إدارة مستديمة لبيئة التراث الثقافي بطريقة متطورة.
- تناولت دراسة (Wolfram Luther,2023) الدورة الحياتية لتطبيق تقنية التوأمة الرقمية في المتاحف الافتراضية(VM) كأحد المؤسسات الثقافية، عارضا لأبرز التقنيات المستخدمة ومتطلبات تفعيلهم ومميزاتهم، والبيانات الوصفية المستخدمة من أجل تعريف ووصف المقتنيات الأثرية بطريقة رقمية وموحدة مقارنة بالمتاحف

المادية(PM)، مع التطرق لأبرز المعايير الدولية المقرر استخدامها لتفعيل تقنية التوأمة الرقمية في المتاحف الافتراضية، ومعايير تقييم فاعلياتها وجودتها، مستخدما المنهج الوصفي التحليلي للوصول إلى أهمية تطبيق التكنولوجيا الحديثة في مجال التراث الثقافي لضمان استدامته على مر العصور.

- قدمت دراسة (L. F. R. Correia,2023) مقترح لإنشاء توأم رقمي لـ(قلعة ساو جواو) التراثية بالبرتغال من خلال أبحاث علوم التصميم (DSR) كونها طريقة بحث أساسية لإنشاء وتقييم القطع الأثرية في بيئة تنظيمية لمعالجة مشاكل محددة، حيث تم تطوير قطعة أثرية منها بتقنية التوأمة الرقمية عبر رسم الخرائط ذو البعد الثلاثي، واستخدام تقنية الطائرات بدون طيار لرصد حالة الموقع التراثي ومواد البناء والعوامل البيئية والزمنية التي تأثرت بها مستخدما في ذلك المنهج التجريبي من أجل توثيق التراث الثقافي باستخدام التكنولوجيا القائمة على الكمبيوتر والتصور الرقمي لقطع التراث الثقافي أو المواقع التاريخية من ناحية، ومن ناحية أخرى لإعادة إعمار وإحياء التراث الثقافي، ونشره وجعله متاح وفي متناول المستخدم.

التعليق على الدراسات

- جاءت أهمية وأهداف الدراسات للكشف عن أهمية تقنية التوأمة الرقمية ودورها في مجال حفظ التراث الثقافي بطريقة تقنية حديثة، تكفل حمايته وإتاحته بطريقة فعالة وجذابة، إذ يتفق هذا الهدف مع أهداف البحث الحالي. كما اعتمدت هذه الدراسات على المنهج الوصفي التحليلي لجمع الحقائق والبيانات ومحاولة تفسيرها وتحليلها للكشف عن إجراءات وأساسيات العمل الموحدة التي تضمن إخراجه في صورة جيدة.

الاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة

- تنوعت الدراسات في تناولها لموضوع التوأمة الرقمية والتقنيات المستخدمة لتنفيذها على أنواع مختلفة من التراث، ودور التقنيات الحديثة في حفظه وإدارته، فمثلًا في دراسة (Wolfram Luther,2023) طبقت تقنية التوأمة الرقمية في المتاحف الافتراضية كأحد مؤسسات التراث الثقافي، بينما في دراسة (L. F. R. Correia,2023) تناولت بالتفصيل تطبيق نموذج توأم رقمي لقطعة أثرية من خلال استخدام تقنيات النمذجة ثلاثية الأبعاد، والطائرات بدون طيار، أما في دراسة (Marijana Ćosović,2022) أوضحت دور وخصائص

تقنية التوأم الرقمي وكيفية توظيفها في مجال التراث الثقافي مستخدما تقنية نمذجة معلومات البناء التراثية (HBIM) كواحدة من الطرق التقنية المهمة في الحفاظ على التراث الثقافي وتختلف تلك الدراسات عن بحثنا الحالي بأن بحثنا الحالي تناول الخطة الاستراتيجية لتطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية من حيث النواحي الإدارية والفنية والتقنية، فضلًا عن عرض رؤية توضيحية لطريقة توظيف تقنية التوأمة الرقمية على حرفة تقليدية(التلى)، مع التطرق لعرض فوائد تطبيقها على الاقتصاد وتحقيق عناصر التنمية المستدامة فيها، هذا بالإضافة إلى عرض أبرز المعايير الدولية الخاصة بالتوأمة الرقمية لضمان فاعلية تطبيقها وإدارة التراث الثقافي بكفاءة عالية.

التوأمة الرقمية مفاهيم وأساسيات

ماهي تقنية التوأمة الرقمية؟

هي تقنية تتعلق بتكنولوجيا المعلومات والاتصالات والذكاء الاصطناعي تشبه عملية المحاكاة في بعض الجوانب لكنها أكثر تفصيلًا، فهي تهتم بإنشاء نموذج افتراضي رقمي ثلاثي الأبعاد يمثل كافة مكونات الكائن الواقعي بدرجة عالية من التكامل والشمولية والدقة ليشمل دورة حياة الكائن كلها ويحاكي سلوك الكائن المادي ويتفاعل معه بطريقة مطابقة لما يقوم به الأصل، فهي نسخة إلكترونية طبق الأصل من الكائن المادي، يتم إنشاؤه وتطويره باستخدام البيانات الرقمية المرسلة من أجهزة الاستشعار عن بعد، والروبوتات، ونظم التصوير الضوئية والليزرية، والعديد من التقنيات الأخرى كالواقع المعزز والافتراضي والميتافيرس، والذكاء الاصطناعي، والحوسبة السحابية وإنترنت الأشياءIoT بشكل مستمر، فيسهل عملية تحليل البيانات والتحكم فيها، وتحقيق الكفاءة والجودة والتحسين المستمر فيعزز استخدامها في مختلف المجالات، كالصناعية والإنشائية والثقافية والأخير ما يهمنا في بحثنا، وبالتالي يمكن إنشاء وخلق توائم رقمية للكائنات والبرامج والناس والأماكن والأنظمة المختلفة.(Maulshree Singh,2021)

التوأمة الرقمية النشأة والتطور

هل هذه التقنية حديثة النشأة؟

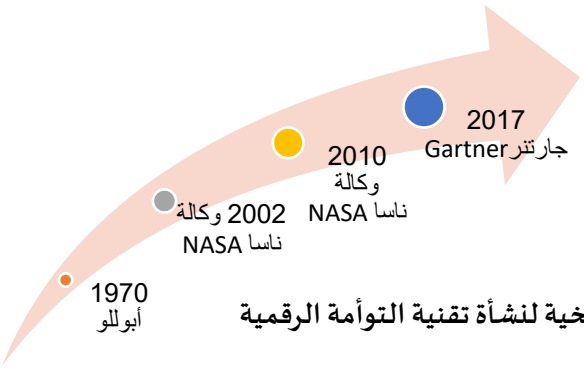
بالطبع لا، لأنها معروفة منذ ستينيات القرن العشرين. وتحديدًا عام 1970 عندما تم إطلاق أبولو 13 في أبريل 1970، وتعطلت خزانات الأكسجين في منتصف الرحلة. ولولا وجود توأم رقمي لسفينة الفضاء على الأرض، ما مكن الطواقم الأرضية والعلماء من التوصل إلى خطة إنقاذ

ناجحة، فهي واحدة من أشهر مهام الإنقاذ التي تمت تجربتها، بالرغم من أن التوأم لم يكن رقميًا حينها إلا أنه سمح للمهندسين باختبار أفضل الحلول الممكنة وهم على بعد يزيد على 300 ألف كم من المركبة الفضائية وأنقذهم.

وفي عام 2002 تم التعرف عليها وتقديمها في مركز التطورات التكنولوجية المعاصرة عندما قامت الإدارة الوطنية للملاحة ناسا NASA (National Aeronautics and Space Administration بتطبيقها على صناعة الطيران، والفضاء وعرفتها بأنها محاكاة متكاملة من حيث العناصر الفيزيائية والميكانيكية للطائرة للتنبؤ بأي إجهاد أو تشققات في الهيكل، من أجل إطالة العمر الإنتاجي المتبقي للطائرة.

وفي عام 2010 استخدمت ناسا مفهوما مشابها من قبل برنامج أبولو، حيث تم بناء مركبتين فضائيتين متطابقتين لتعكس كل منهما الأخرى وأطلقوا عليها اسم "Airframe Digital Twin" أو ADT، والذي كان يُعد نموذجا حسابيا لإدارة الطائرة طوال دورة حياتها بأكملها. إلى جانب المراقبة، إذ تم اقتراح نموذج تقنية التوأمة الرقمية DT أيضا لاستكشاف الفضاء المستدام وكذلك للأجيال القادمة من المركبات الفضائية.

وفي عام 2017 جذبت تقنية التوأمة الرقمية اهتمام العديد من الأوساط المهنية والأكاديمية، عندما أدرجتها شركة الأبحاث والاستشارات المتخصصة في مجال تكنولوجيا المعلومات Gartner كواحدة من ضمن أفضل الركائز التكنولوجية لتقنيات الثورة الصناعية الرابعة، وتوقعت الشركة أنه في عام 2021 ستستخدم نصف المنشآت الصناعية الكبرى تقنية التوأمة الرقمية، وتم تمثيل الكثير من الأشياء بتوائم رقمية عبر تقنية إنترنت الأشياء. (Singh, M,2021)

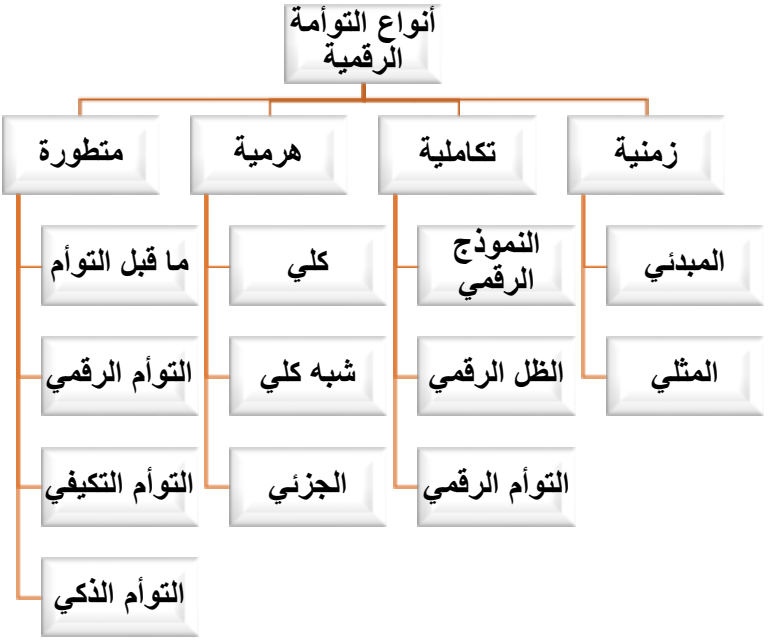


شكل (1) يوضح المراحل التاريخية لنشأة تقنية التوأمة الرقمية

التوأمة الرقمية أنواعها وأشكالها:

يتحدد نوع النموذج الرقمي للكيان المراد محاكاته، بناءًا على الهدف من الإنشاء والغرض منه، مما يترتب عليه عناصر محددة، وهي على النحو التالي:

1. الزمن (وقت إنشاء التوأمة الرقمية)
2. التكامل (مستوى التكامل)
3. التدرج (التسلسل الهرمي)
4. التطور (مستوى النضج).



شكل (2) يوضح أنواع التوائم الرقمية

1. وقت الإنشاء (الزمن)

هنا يتم تقسيم تقنية التوأمة الرقمية بناء على الوقت، حيث تبدأ بمرحلة قبل إنشاء النموذج وهي مرحلة إعداد وتصميم واختبار النموذج بناءًا على المعلومات التاريخية والتصميمات الأولية، لذلك يسمى التوأم الرقمي في هذه المرحلة بالتوأم المبدئي، مرورًا بمرحلة بعد التصميم،

وهي مرحلة الترابط والتطابق بين النموذجين، من خلال إجراء عمليات التقييم والمراقبة والتحسين، ويسمى التوأم الرقمي في هذه المرحلة بالتوأم المِثلي لأن الارتباط بين النموذجين (المادي، والرقمي) ثنائي الاتجاه، فأي تغييرات في أحدهما ستحدث على الآخر، وصولًا إلى المرحلة النهائية وهي مرحلة إنتاج النموذج الرقمي والتعامل معه. (Botín-Sanabria, D.M, 2022).

2. **مستوى التكامل DTs (التكاملية):**

تعددت أشكال التوأم الرقمي لهذا النوع وتمثلت في (Diego M. Botín-Sanabria,2022)

أ. النموذج الرقمي:Digital Model هو نموذج افتراضي، ولكن يتم تحسينه ونقل البيانات من وإلى النموذجيين المادي والرقمي يدويا، مما يؤدي إلى عدم انعكاس أي تغييرات أو تأثيرات في النموذجين المادي والرقمي مباشرة.

ب. الظل الرقميDigital Shadow : هو نموذج رقمي ثابت، يتم فيه التحسين ونقل البيانات بين النموذجين المادي ومثيله الافتراضي آليا، ولكن في اتجاه واحد، بمعنى أي تغيير في النموذج المادي سيؤدي إلى تحديث مثيله في النموذج الافتراضي، ولكن ليس العكس مما يجعله أكثر ملاءمة للتخطيط الاستراتيجي.

ت. التوأم الرقميDigital Twin : نموذج رقمي ديناميكي يتم فيه نقل البيانات بشكل آلي بالكامل أي ثنائي الاتجاه بين الكيانين المادي والرقمي وبالتالي، فإن أي تغيير في حالة الكيان المادي يؤدي مباشرة إلى تحديث في نسخته الافتراضية والعكس ويمكن وجود عدة توائم رقمية لنفس النظام الحقيقي لأغراض التشغيل والآخر لاكتشاف السيناريوهات المحتملة.

3. **التدرج (التسلسل الهرمي)**

وفي هذا النوع تتعدد أشكاله بناءًا على حجم الاحتياجات والامكانيات التي يمكن أن يقوم بها التوأم الرقمي، وعليه يتم تقسيمه إلى ثلاثة أشكال مختلفة تتمثل في:(Piromalis, D,2022)

أ. التوائم الجزئية (توأم المكون/ الجزء) تحتوي على عدد صغير من البيانات وتحاكي أصغر مكون/ وحدة في تصنيع النموذج كدرجات الحرارة والرطوبة والبنية التحتية، وتسمى على مستوى الوحدة Unit level ومفيدة في تحديد الوظائف.

ب. التوائم شبه الكلية (توأم المنتج / الأصل) تحاكي توائم الأصول لمكونين أو أكثر وتسمى على مستوى النظام System level تحتوي على جميع البيانات المهمة المستخدمة في النماذج الأولية من أجل التطوير وإجراء منتجات مزدوجة لكل مكون.

ت. التوائم المتكاملة المتعددة (توأم النظام / توأم العملية) تحاكي توائم الكيان ككل في العالم الحقيقي وتسمى على مستوى نظام الأنظمة System of Systems وتستخدم البيانات التاريخية للنموذج المادي وربطهم باستخدام الخوارزميات وتحليل البيانات أثناء أوقات التشغيل لتحسينه.

4. مستوى النضج / التطور(تحسينية/ التطويرية)

وهو النوع الذي يهتم بتطوير بيانات وبيئة التوأم المادي والرقمي معا، مما يترتب عليه تصنيفه إلى أربعة مستويات: (Matta and Lugaresi,2023)

أ. **مستوى ما قبل التوأم الرقمي:** وفي هذا المستوى يتم إنشاء النموذج الرقمي بغرض تقليل أي مخاطر فنية وحل المشكلات مسبقا.

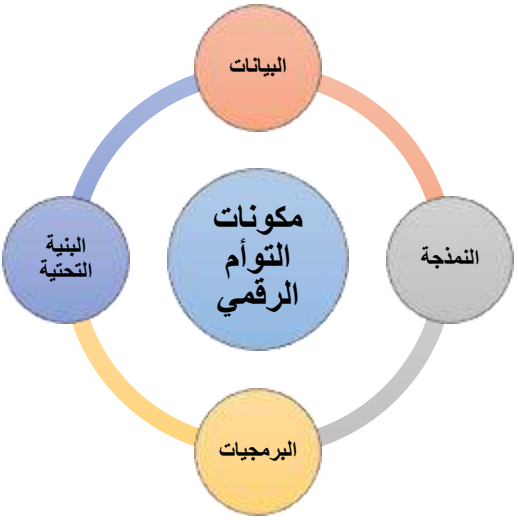
ب. **مستوى التوأم الرقمي**: يستخدم هذا النموذج الافتراضي في اتخاذ القرارات الخاصة بتطوير الأداء والمكونات والصيانة، كما يتم نقل البيانات على هذا المستوى ثنائي الاتجاه.

ج. **مستوى التوأم الرقمي التكيفي**: يوفر هذا المستوى واجهة مستخدم تكيفية بين التوأم المادي والرقمي، كونه لديه القدرة على التعلم من تفضيلات وأولويات المشغلين البشريين باستخدام التعلم الآلي الخاضع للإشراف، ومن خلال هذا المستوى يمكن التخطيط واتخاذ القرار في الوقت الفعلي أثناء العمليات.

د. **مستوى التوأم الرقمي الذكي:** يتمتع هذا المستوى بقدرة التعلم الآلي غير الخاضعة للإشراف، التي يمكن التعرف فيها على الأنماط في البيئة التشغيلية واستخدامها جنبا إلى جنب مع التعلم المعزز، ومن خلال هذا المستوى يمكن تحليلها ومراقبتها في الوقت الفعلي بشكل دقيق.

التوأمة الرقمية أساسيات ومكونات (Rainer and Thomas, 2019)

1. البيانات: وتشمل جمع كافة المعلومات المتعلقة بالكيان الذي يتم محاكاته، وتكون هذه البيانات دقيقة ومتنوعة وشاملة لكافة جوانب عملية الإنشاء (قبل-أثناء- بعد)، كما يتم دمجها مع بيانات التوأم الرقمي، مما يسمح بتحديث النموذج وتحسين دقته على مر الزمن.
2. النماذج ثلاثية الأبعاد (3D Models): تستخدم لإنشاء تمثيل ثلاثي الأبعاد (الطول- العرض- العمق) للكيان، مما يسمح بتفاصيل أكثر دقة وواقعية في المحاكاة، والتي تتنوع ما بين النموذج السطحي (لتمثيل الجزء الخارجي للكيان)، والنموذج الصلب (لتمثيل حجم الكيان بالكامل داخليا وخارجيًا) وذلك من أجل تحقيق الابتكار والتطوير. (شربيه، 2021)
3. البنية التحتية: وهي التي يمكن أن نطلق عليها البيئة الميتافيرسية كونها تجسد وترصد بيانات العالم الواقعي عبر الإنترنت من خلال تقنيات متعددة، كالنظم السحابية، والشبكات اللاسلكية وأجهزة الاستشعار المختلفة وتقنيات إنترنت الأشياء والروبوتات والبلوكتشين، وتطبيقات الواقع الافتراضي والمعزز، فهي بيئة ثلاثية الأبعاد نتمكن من خلالها إدارة الأصول المادية بطريقة جديدة تجمع بين التقنيات الحالية لبناء تجربة أكثر واقعية. (الشوربجي، 2023)
4. التكامل بين البرمجيات والخوارزميات: وهنا يستخدم خوارزميات وتقنيات متعددة كالذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة والتعلم العميق لتحليل البيانات المجمعة وتوقع السلوك والتنبؤ بالأداء المستقبلي لعملية إنشاء التوأم الرقمي لتوفير تجارب أكثر تفاعلية واختبار مختلف المواقف من أجل تحسين الأداء وزيادة الكفاءة والإنتاجية، وتقليل التكاليف واستخلاص رؤى جديدة لاتخاذ قرارات سليمة تساعد في تحقيق الأهداف بشكل أفضل ودعم التقنيات الخضراء.



شكل (3) المكونات الأساسية للتوأم الرقمي

التوأمة الرقمية مهام ووظائف (Adil, 2020):

1. التصميم والإنشاء: يمكن استخدام تصميم 3D الشامل للكيان المادي المراد توأمته من أجل التحقق من أن مواصفاته وتركيباته هي المطلوب تنفيذها من خلال مجموعة من البرامج التصميمية كا AutoCAD-Blender-3Maxأو من خلال أجهزة المسح الضوئي ثلاثية الأبعاد.
2. التشخيص يمكن لعمليات المحاكاة جنبا إلى جنب مع قراءات أجهزة الاستشعار المختلفة تحليل بعض البيانات التي يتعذر الوصول إليها مثل القوى والضغط والحرارة والرطوبة المختلفة المطبقة في أجزاء مختلفة من الكيان المادي من أجل اتخاذ القرارات بناءا على تلك البيانات.
3. التنبؤ، يمكن إجراء التنبؤ بدقة باستخدام الخوارزميات والتعلم العميق لتمديد عمر أدوات ومكونات الكيان المادي، بالإضافة إلى توفير معلومات عن كيفية التشغيل الدقيق وتقييم التأثيرات المحتملة للتغيرات والمساعدة في توقع الاتجاهات المستقبلية وتصميم خطط الصيانة الرشيدة للحد من الانقطاعات المحتملة للتشغيل غير المجدولة ويحسن من الكفاءة التشغيلية.

4. المراقبة والصيانة يمكن للتوأم الرقمي تحليل بيانات الأداء التي تم جمعها خلال فترة زمنية معينة وتحت ظروف مختلفة من أجل إجراء الصيانة الاستباقية المناسبة وزيادة الكفاءة الإنتاجية.

التوأمة الرقمية خصائص ومميزات (Matta and Lugaresi,2023):

وهذه التقنية كالتقنيات الحديثة الأخرى تتميز بعدة خصائص مختلفة، تتمثل في:

1) **الدقة العالية**: ويُقصد بها أن يكون النموذج التوأمي نسخة متطابقة من توأمه المادي من حيث الشكل الخارجي والداخلي أو المحتوى الوظائفي، وبدرجة عالية جدا من الدقة والموثوقية.
2) **الديناميكية**: وهي التي تشير إلى زمن التحديث والتعديل اللحظي للتوأم الرقمي بناءًا على التغيرات الواقعية في التوأم المادي، من أجل المساهمة في تحسين الأداء واتخاذ القرارات المناسبة.
3) **التطور الذاتي**: وهو يعني التحسين السريع للتوأم الرقمي من خلال التغذية المرتدة وتحليل البيانات التي تم جمعها بواسطة التوأم المادي طوال دورة حياته في نفس الوقت، مما يمكنا من معالجة المشكلات الطارئة.
4) **التعددية في الخصائص**: يعتمد التوأم الرقمي على مجموعة من خصائص التوأم المادي المختلفة والتي تتمثل في: الخصائص الهندسية مثل الشكل والحجم، والخصائص الخارجية مثل ملمس السطح ولمعانه، والخصائص الفيزيائية مثل النماذج الديناميكية الحرارية، ونماذج تحليل المجهود، والخصائص المادية مثل الصلابة، والقوة، والضعف، والتحمل.
5) **التعددية في التخصيص والتخصصات**: يمكن تخصيص التوائم الرقمية لتعكس خصائص المستخدمين والبيئات المختلفة، لتلبية الاحتياجات، وتوفير بيئة مثالية لتجربة تقنيات جديدة بشكل آمن.
6) **الإدارة الجيدة لدورة حياة الأصول**: تسهم التوأمة الرقمية في إدارة دورة حياة الأصول بشكل دقيق، إذ يجب أن يكون لكل كيان مادي توأم رقمي خاص به خلال مراحل حياته

وتصميمه المختلفة من أجل متابعة مراحل التطوير والاستخدام والصيانة عبر التوأم الرقمي في أي مكان في العالم، وتحسين أمان وسلامة المنتجات.

7) **الاستدامة البيئية:** تساهم التوأمة الرقمية في تقليل الأثر البيئي من خلال توفير بيئات تدريبية وتعليمية رقمية، تتيح تجربة مواقف مختلفة دون الحاجة للتعامل مع الأنظمة المادية.

مع كل هذه الخصائص تجعل تقنية التوأمة الرقمية أداة قوية لتحقيق وتطبيق التحول الرقمي، مما يجعلنا نطرح سؤالنا

هل تتميز تقنية التوأمة الرقمية بخصائص تختلف عن خصائص ومميزات التقنيات الحديثة الأخرى؟

نعم فالتوأمة الرقمية (Digital Twin)تقنية شاملة تتميز باشتراكها مع خصائص التقنيات الحديثة الأخرى مثل إنترنت الأشياء(IoT) ، الذكاء الاصطناعي(AI) ، والتحليل الكبير للبيانات (Big Data Analytics)، ولكنها تختلف عنها في بعض الجوانب الأساسية

وفيما يلي أوجه الفرق بين مميزات وخصائص التوأمة الرقمية وبعض مميزات وخصائص تلك التقنيات:

جدول (1) يوضح خصائص ومميزات تقنية التوأمة الرقمية وتقنية إنترنت الأشياء

تقنية التوأمة الرقمية (DT)	تقنية إنترنت الأشياء (IoT)
تستخدم تقنية إنترنت الأشياء في إنشاء النموذج الافتراضي، لتحليل أعمق وإمكانية أعلى بالتنبؤ بطرق جديدة ومختلفة	وهي البنية التحتية الأساسية لجمع البيانات من خلال شبكة الإنترنت والتي يمكن استخدامها في تطبيقات التوأمة الرقمية
خصائص ومميزات تقنية التوأمة الرقمية وتقنية الذكاء الاصطناعي	
تقنية التوأمة الرقمية (DT)	**تقنية الذكاء الاصطناعي (AI)**
تركز بشكل خاص على توفير نماذج رقمية دقيقة للكيانات المادية لتحسين الأداء والتوقع بالأعطال والمشكلات وتحقيق صيانة استباقية	تتعلق بمعالجة وتحليل البيانات لتطوير الأعمال البشرية، كالتعلم، والاستنتاج، واتخاذ القرارات بطريقة آلية

خصائص ومميزات تقنية التوأمة الرقمية وتقنية التحليل الكبير للبيانات	
تقنية التوأمة الرقمية (DT)	**تقنية التحليل الكبير للبيانات (Big Data Analytics)**
تستخدم التحليل الكبير للبيانات، في إنشاء نموذج مادي افتراضي	تركز على معالجة وتحليل البيانات لتوليد بيانات جديدة، والتنبؤ بالتقنيات المرتبطة بها كالتعلم الآلي والعميق
خصائص ومميزات تقنية التوأمة الرقمية وتقنيات الو اقع الافتراضي والمعزز	
تقنية التوأمة الرقمية (DT)	**تقنيات الو اقع الافتراضي والمعزز (AR&VR)**
ليست تجربة مستخدم في حد ذاتها، بينما هي أداة لتحسين الكيانات المادية باستخدام نماذج رقمية	تقنية VRتخلق بيئات افتراضية كاملة التفاعل وممتعة للمستخدم، بينما تقنية ARتضيف معلومات رقمية إلى الواقع

ونستخلص من تلك المقارنات، أن التوأمة الرقمية تجمع بين البيانات الواقعية والتحليل المتقدم لإنشاء نماذج افتراضية تمثل الكيانات المادية بدقة، مما يجعلها أداة قوية للتطوير والتحسين المستمر، وبهذه الطريقة، نرى كيف يمكن للتوأمة الرقمية أن تكون نموذجًا شاملًا يساعد على تحسين كفاءة الكيانات المادية بشكل أفضل.

الاختلافات الرئيسية بين التو ائم الرقمية والمحاكاة

هل هناك فرقًا بين تقنية التوأمة الرقمية والمحاكاة؟

غالباً ما يتم استخدام مصطلحي المحاكاة والتوأم الرقمي بالتبادل لكنهما شيئان مختلفان من حيث: (Adam Thelen and etc,2022)

1. تميل عمليات المحاكاة إلى استخدامها قبل أو أثناء أو بعد مرحلة التصميم لدورة حياة النموذج المادي، لأنها تعتمد على بيانات مفترضة لتغذية النماذج الافتراضية، مما تؤدي إلى نتائج غير دقيقة، لأن البيانات، قديمة، بينما تعتمد التوأمة الرقمية على بيانات حقيقية وحديثة من النموذج المادي طوال دورة الحياة بأكملها، فيوفر مستوى عالي من الدقة في التحليل والتنبؤ وكيفية العمل بها والعمل على تحسينه وصيانته بشكل استباقي.

2. يتم تصميم المحاكاة باستخدام أنظمة وبرامج حاسوبية متعددة كنظام CAD لنماذج مادية افتراضية لا تتضمن تحديثات في الوقت الفعلي، وعلى النقيض يتم إنشاء التوأم الرقمي من خلال نموذج مادي حقيقي عبر تقنيات متعددة كأجهزة الاستشعارات المختلفة وتقنيات إنترنت الأشياء وغيرها، مما يعكس الحالة الحالية للأصول المادية التي تمثلها بدقة
3. تتيح التوائم الرقمية إجراء اختبار تفاعلي لمواقف مختلفة، وعلى النقيض تتطلب عمليات المحاكاة تحديد المتغيرات قبل التشغيل لمراقبة النتائج.

ونستخلص مما سبق أن التوائم الرقمية أكثر تقدمًا، ويتم تحديثها ببيانات حقيقية، ويمكنها محاكاة نطاق أوسع من المواقف لتقديم رؤى أعمق مقارنة بعمليات المحاكاة التقليدية

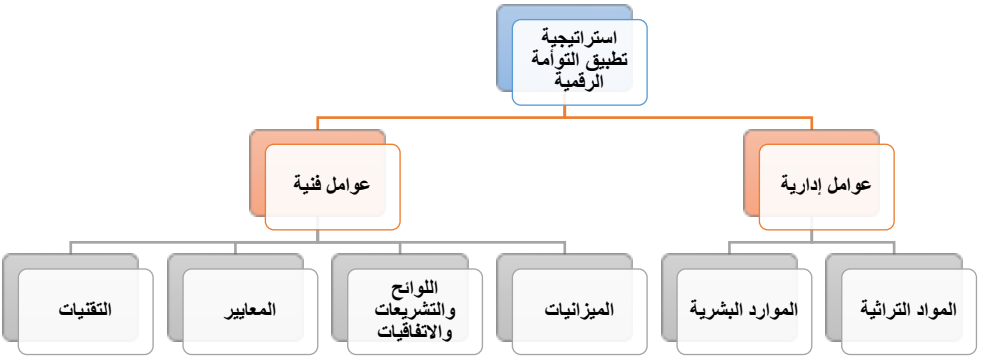
التوأمة الرقمية والتراث الثقافي

تشهد التكنولوجيا الحديثة، بما في ذلك التوأمة الرقمية تطورًا كبيرا، وتطبيق هذه التقنيات في مؤسسات حفظ التراث أمر بالغ الأهمية، إذ يعزز من قدراتها على توثيق وحفظ التراث بفعالية ودقة، خاصة مع التقنيات الحديثة مثل المسح الرقمي، التصوير ثلاثي الأبعاد، والواقع الافتراضي، كما تتيح التوأمة الرقمية إمكانية التفاعل مع العنصر التراثي، سواء من خلال الجولات الافتراضية للمواقع التاريخية أو عبر التطبيقات التفاعلية التي تعزز التعلم والتفاعل مع التراث، مما تساهم في نشر المعرفة بالتراث الثقافي وتقديمه للمجتمعات المحلية والدولية، من أجل الحفاظ على الهوية الثقافية، وزيادة الوعي الثقافي بأهمية التراث بطرق مبتكرة ومستدامة.(Luiz Felipe,2023)

استراتيجيات ومتطلبات تطبيق تقنية التوأمة الرقمية في مجال التراث الثقافي

كيف يمكن لنا إدارة التراث الثقافي وحفظه في ظل تطبيق تقنية التوأمة الرقمية؟

إن عملية تطبيق الاستراتيجيات وتحديد المتطلبات يساهم بشكل كبير في نجاح مشروع إدارة وحفظ التراث الثقافي في ظل تطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية، حيث يتطلب استراتيجية محكمة تتضمن السياسات والتعاون والإبداع والتدريب المستمر، من أجل الحفاظ على التراث الثقافي للأجيال القادمة بشكل ابتكاري وحديث، ويمكن توضيح الاستراتيجية من خلال محورين أساسيين: الإداري، والفني، من خلال المخطط التالي:



شكل (4) يوضح منهجية تطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية

ويتضح من خلال هذا المخطط، أن لتطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية يتطلب توافر مجموعة من الإجراءات والمتطلبات الأساسية لضمان النجاح والاستدامة، والتي تتمثل في:

1. تبدأ مرحلة تنفيذ مشروع إدارة وحفظ التراث باستخدام التوأمة الرقمية بالمواد التراثية، وذلك لفهم ودراسة كافة أشكال وأنواع التراث الموجود من أجل سهولة تحديد وتقييم العناصر والأشكال المراد توأمتها رقميا بناءًا على عدة اعتبارات كنوع التراث ماديا أو لا ماديا، الأهمية، العمر الزمني، البيئة المجتمعية والاستخدام...وهكذا.
2. لابد من تحديد الموارد البشرية ذات الصلة بإدارة وحفظ وإتاحة التراث، والذين يتمثلون في الجهات والأفراد المعنية بحفظ التراث سواء أكان أكاديميين أو فنيين وتكنولوجيين للتعاون معهم ومشاركتهم، وأيضا الشراكة المجتمعية لفئات مختلفة من خلال إشراكهم في عمليات الحفظ والتوثيق والرقمنة وتنظيم فعاليات عرض التوائم الرقمية، وذلك لتعزيز الشعور بالملكية والانتماء، فضلًا عن تدريب الموظفين الموجودين على استخدام التقنيات الحديثة بشكل كافٍ لضمان جودة وكفاءة تشغيل الأجهزة والبرمجيات والتقنيات المستخدمة.

3. توفير الدعم المالي الكافي لتغطية تكاليف الأجهزة، والبرمجيات، والتدريب، من خلال تحديد أولويات الإنفاق، والتنويع في مصادر التمويل عن طريق الشراكات مع القطاعات العامة والخاصة والهيئات الدولية والأهلية، بالإضافة إلى قبول التبرعات والمنح المحلية والدولية.
4. احترام ومراعاة اللوائح الداخلية للمؤسسات الثقافية، والالتزام بالقوانين والتشريعات الخاصة بعملية الاطلاع والمحافظة على الوثائق الرسمية للدولة وتنظيم أسلوب نشرها رقم 121 لسنة1975. (النشرة التشريعية، 1975) بحيث يضع رئيس الجمهورية نظاما يكفل حماية استعمال ونشر الوثائق والمستندات الرسمية التي تتعلق بالسياسات العليا للدولة، وقانون حماية البيانات الشخصية رقم 151 لسنة2020 الخاص بتأمين وحماية خصوصية البيانات الشخصية المعالجة الكترونيا لضمان حقوق الأفراد، وقانون حماية حقوق الملكية الفكرية رقم 82 لسنة 2002 الخاص بتنظيم حقوق الملكية الفكرية للمبتكرات والبرمجيات، حيث يؤثر على حماية التكنولوجيات المستخدمة في التوأمة الرقمية، وقانون تنظيم الاتصالات رقم 10 لسنة 2003 الخاص بتنظيم كافة الأنشطة المتعلقة بالاتصالات في مصر، وكيفية استخدام التكنولوجيات الرقمية والتوأمة الرقمية، وقانون مكافحة جرائم تقنية المعلومات رقم175 لسنة 2018 الخاص بمكافحة الجرائم الإلكترونية وحماية البيانات والشبكات، كما يشمل أيضاً التطبيقات التي تستخدم التوأمة الرقمية، وقانون حماية المستهلك رقم 181 لسنة 2018 الخاص بتنظيم حماية حقوق المستهلكين في مصر عند استخدام الخدمات الرقمية والمنتجات المتعلقة بالتوأمة الرقمية.

وهذه القوانين تسعى إلى توفير إطار قانوني شامل لتنظيم استخدام التكنولوجيات الحديثة.

5. ولأن صون التراث الرقمي يمثل تحديًا وفرصًا مهمة في العصر الرقمي، فيشمل جهودًا متعددة الجوانب للحفاظ على المعلومات والمواد الثقافية الرقمية، إذ يتم اعتماد عدة اتفاقيات ومبادرات تهدف إلى حماية وإدارة التراث الثقافي في العصر الرقمي، ومن أبرزها: (اتفاقية التراث العالمي لسنة 1972) الخاصة بحماية المواقع التاريخية والتراثية ذات القيم الاستثنائية، (الإعلان العالمي لليونسكو بشأن التنوع الثقافي2001) الذي

يؤكد على أهمية التنوع الثقافي في العالم ويشجع على حماية التراث الثقافي في جميع أشكاله، وخاصة الأشكال الرقمية؛ (اتفاقية اليونسكو لحماية التراث الثقافي غير المادي 2003)، حيث تركز هذه الاتفاقية على حماية التراث الثقافي غير المادي، والذي يشمل التقاليد الشفوية والممارسات الثقافية والمعرفة التقليدية. وتشجع على استخدام التكنولوجيا الرقمية لتوثيق هذه العناصر، و(مشروع ميثاق صون التراث الرقمي الذي اعتمدته منظمة اليونسكو عام 2003)، بهدف اتخاذ التدابير اللازمة من أجل صون التراث الرقمي والانتفاع به، فاندثار التراث بأي شكل من أشكاله يُمثل افقارا يلحق بالأمة؛ (مبادرة استدامة التراث الرقمي الصادرة عن منظمة الإيكروم 2021) الخاصة بانتقاء المواد التراثية الرقمية المستحقة للحفظ والصون طويل الأجل، فهي مبادرة تسعى لجمع ونشر استراتيجيات وأدوات حفظ التراث الرقمي واستخدامها الإبداعي، كما تهدف إلى تطوير مهارات الممارسين وتنمية قدراتهم في عملية الحفاظ على التراث الرقمي. ومن خلال هذه الاتفاقيات والمبادرات، يتم تعزيز التعاون الدولي لحماية التراث الثقافي الرقمي وضمان استدامته للأجيال القادمة.

6. وعن أهم المعايير والمقاييس الدولية التي تساعد في ضمان توافق التوأمة الرقمية مع متطلبات الجودة والكفاءة عبر مختلف المجالات والتطبيقات:

- **معيار ISO 10303 (STEP) ، (Standard for the Exchange of Product model data)**

وهو معيار للتبادل الإلكتروني لبيانات المنتج/ النموذج بين أنظمة الكمبيوتر المختلفة، إذ كان يركز في المقام الأول على تطبيقات التصميم والتصنيع، بل أصبح يُستخدم الآن بشكل رئيسي في الصناعات لإدارة وتبادل بيانات التصاميم الهندسية والنماذج ثلاثية الأبعاد عبر المنصات المختلفة، حيث يسمح بتبادل بيانات أنظمة التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) المختلفة ، وأنظمة التصنيع بمساعدة الكمبيوتر (CAM) ، وأنظمة الهندسة بمساعدة الكمبيوتر (CAE)، مما يسهل التعاون بين المجموعات الهندسية المختلفة، ويتيح تدفق البيانات بسلاسة بين مختلف مراحل دورة حياة المنتج، كما يضمن دقة وموثوقية البيانات المُتبادلة، مما يقلل من حدوث الأخطاء الهندسية، ويتكون هذا المعيار من خمسة أجزاء وهم: الجزء الأول(1) يقدم نظرة عامة عن المعيار والمبادئ الأساسية، له، ويعرف الجزء الثاني (21) طريقة ترميز

بيانات المنتج بشكل نصي واضح، أما عن الجزء الثالث(42) فيحدد كيفية تمثيل البيانات الهندسية والطوبولوجية، والجزء الرابع(203) مخصص لطريقة تبادل بيانات التصميم وكيفية التحكم في المكونات، والجزء الخامس(214) اهتم بتبادل بيانات التصميم الميكانيكي لصناعة السيارات، ويرجع تعدد هذه الإصدارات لإضافة التحسينات وتعزيز الكفاءة في العمل.

- **معيار Digital Twin Framework for Manufacturing ISO 23247**، وهو المعيار الدولي الذي يحدد المبادئ والمتطلبات الأساسية لصنع وصيانة التوأمة الرقمية في بيئات التصنيع، من أجل التوصل إلى المواصفات القياسية وإنشاء منتجات رقمية أكثر سرعة وكفاءة، فهو المعيار الذي يمكن تطبيقه واستخدامه في مختلف الكيانات والمنتجات كالمعدات والمواد وعمليات التصنيع والمرافق والبيئة والمستندات الداعمة، كما يساعد هذا المعيار في عمليات التصنيع لتحقيق الأهداف الوظيفية مثل تحسين كفاءة خطوط الإنتاج، والتحكم في الوقت الفعلي والمراقبة والصيانة التنبؤية والتكيف أثناء العملية وتحليلات البيانات الضخمة من أجل التحديث المستمر للبيانات التشغيلية والبيئية ذات الصلة، تحسين التنبؤ بالأعطال، وتقديم تحليلات متقدمة للبيانات المتعلقة بالأداء لخلق نموذج شامل يعكس الحالة الفعلية للأصول.(ISO,2021)، ويتكون هذا المعيار من أربعة أجزاء وهم : ISO 23247-1، وهو الخاص بالمبادئ والمتطلبات العامة والأساسية لتطوير التوائم الرقمية في التصنيع؛ وISO 23247-2، يختص بتكوين البنية الأساسية والطرق الوظيفية لتبادل البيانات لضمان التوافق بين النماذج الرقمية والأصول المادية ISO 23247-3، يختص بالتمثيل الرقمي لإدارة معلومات العناصر التصنيع الأساسية؛ ISO 23247-4، يهتم بالمتطلبات الفنية للتكامل مع أنظمة التصنيع والتركيز على تحسين الإنتاجية والجودة.(Guodong Shao,2023)
- **معيار ISO 21127 (CIDOC-CRM)** تم تصميمه في البداية كنظام لتوثيق التراث الثقافي وتم تطبيقه في المتاحف، ولكن تطور فيما بعد لتوثيق التراث في مختلف جوانبه مثل المواقع التاريخية والمعالم والتحف والمقتنيات الأثرية الملموسة أي التراث الثابت والمنقول وأخيرا تم استخدامه في التراث اللامادي غير الملموس، فهو المواصفة

الدولية الخاصة بتحديد المبادئ التوجيهية لتبادل المعلومات بين مؤسسات التراث الثقافي، لتوسيع نطاقها وتلبية احتياجات المؤسسات المعنية بحفظ التراث الثقافي، من خلال رصد بيانات وحالات ما كانت عليه قديما والحال الذي وصلت إليه أي في صورته الواقعية، وذلك من أجل إدارة التراث بشكل جيد، وتوفير مصدر معلوماتي دقيق لوصف وتوثيق التراث الثقافي على المستوى المحلي والدولي.

(https://cidoc-crm.orgNew version of ISO 211127 is announced | CIDOC CRM (cidoc-crm.org)

فعندما نتحدث عن المعايير في حياتنا الشخصية، نفكر في الجودة التي نتوقعها فيما حولنا من أشياء لكن المعايير الموجودة في العلوم والتكنولوجيا لها تأثير أكبر على حياتنا، إذ تحافظ المعايير في مجال العلوم والتكنولوجيا على مستوى التقدم والابتكار، مما تساعد المؤسسات على النجاح، كونها توحد الجهود وتضمن جودة النتائج، وتمنع المشاكل التكنولوجية من حدوثها، ومن جانب آخر توفر إطارًا موحدًا يمكن الاعتماد عليه لضمان توافقية الأنظمة وتكامل البيانات بسلاسة، وتحسين جودة الخدمات والمنتجات الرقمية، وتقليل الأخطاء والمشاكل الفنية، فيعزز الثقة والاعتمادية بين الشركاء الرقميين، كما تساهم في تقليل التكاليف والوقت المستغرق في تطوير وتنفيذ حلول التوأمة الرقمية، من خلال اتباع بروتوكولات وإرشادات موحدة ومعترف بها عالميًا.

7. وعن التكنولوجيات المستخدمة في التوأمة الرقمية لضمان فاعليتها في مجال التراث الثقافي هي: البيئة الميتافيرسية لدعم ممارسات نظام إدارة التراث وتحسين أداء المؤسسة الثقافية، فهي التي تشمل على تقنيات إنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، وتحليل البيانات الضخمة، والواقع المعزز والافتراضي، والنمذجة ثلاثية الأبعاد لتثمين التراث الثقافي ومساعدة الزوار في فهم التراث والأصول الأثرية بشكل تفاعلي وجذاب من أجل الترويج للسياحة الثقافية، وتمكين قدرات التحليل والمراقبة لتحسين القدرة التشغيلية، وتجنب حدوث مخاطر وتقديم رؤى قيمة في إدارة مخاطر التراث الثقافي.(James,2023)

وبتحقيق وتوفير هذه المتطلبات الإدارية والفنية، يمكن لمؤسسات حفظ التراث الثقافي أن تستخدم التوأمة الرقمية بفعالية، مما يعزز الحفاظ على الكنوز الثقافية والتراثية بطرق جديدة، لأن التوأمة الرقمية تضيف بُعدًا جديدًا للتفاعل مع التراث، وكأننا نتجول فيها بأنفسنا،

وبفضل التكنولوجيا، يمكن للتراث أن يظل حيًا، ليس فقط في الذاكرة، بل في حياتنا اليومية، مما يقوي من ارتباطنا بجذورنا ويخلق جسراً بين الماضي والحاضر.

أهمية وفوائد تطبيق التوأمة الرقمية في التراث الثقافي

لماذا نستخدم التوأمة الرقمية في التراث؟

نحن نعيش في عالمٍ رقمي نستخدم فيه التكنولوجيا بشكلٍ متزايدٍ للتواصل مع بعضنا البعض، والتراث الثقافي ليس بمعزل عن هذا التطور، كونه جزءًا أساسيا من هويتنا الثقافية ويعكس تقاليدنا المجتمعية وبفضل وسائل التكنولوجيا الحديثة يصبح التراث الثقافي جزءًا حيويًا من حاضرنا ومستقبلنا، ويتطور مع التكنولوجيا ليظل مصدر إلهام للأجيال القادمة، وعليه **تتلخص أهمية التراث الثقافي في:**

- الحفاظ على الهوية الثقافية
- زيادة فرص الاستثمار والسياحة
- تطوير العملية التعليمية

فبالتبعية نظرا لأهمية التراث الثقافي في حياتنا، ودور التقنيات الحديثة في الحفاظ عليه، يتضح أهمية تحويل سير العمل في المؤسسات الثقافية من المادية إلى الرقمية بالكامل، إذ يتضح ذلك من خلال بعض الفوائد الملموسة، والتي تتمثل في: (الشوربجي، 2023)

<u>وعن فوائد التوأمة الرقمية في المؤسسات التراثية نذكر ما يلي:</u>

1. تعزيز عملية صنع القرار والإدارة الرشيدة من خلال تحليل البيانات واختبارها وتقديم التقارير اللازمة لحفظ وصيانة التراث الثقافي قبل اتخاذ أي إجراء أو تنفيذ أي قرار، مما يضمن أعلى أداء في نظام العمل من خلال تقارير تقييم الأداء.
2. توفير الوقت وخفض التكلفة وتحسين الموارد من خلال نظامًا رقميًا لإدارة سير العمل، بما في ذلك نظم الحفظ والإتاحة الرقمية لمواد التراث الثقافي، مما يساعد في الحفاظ على الهوية الثقافية والتراث المتنوع وحمايته من التلف أو الضياع.
3. تعزيز مبدأ الثقة والشفافية من خلال فاعلية ودقة الخدمات المقدمة للمستفيدين، وجودة البيانات المتاحة فيُحسن من تجربة المستخدم لعناصر التراث الثقافي ويسهم في بناء حكومة ذكية تلبي الاحتياجات بشكل أفضل.

4. الحفاظ على البيئة من خلال تحقيق عنصر الأمن والسلامة، حيث يتم محاكاة الظروف والأحداث المختلفة كالسرقات والانفجارات والأعطال من أجل التنبؤ بها قبل حدوثها لتقليل المخاطر المحتملة، فضلًا عن تحسين صيانة الأجهزة والمعدات، وظروف البنية التحتية بشكل استباقي، لمعالجة المشكلات فور حدوثها.
5. المرونة والقدرة على التكيف والتي تتعلق بكيفية الحفاظ على التراث الثقافي في بيئة عصرية متطورة من خلال تطوير مهارات الموظفين والقياديين، سواء أكانت مهارات فنية أو تكنولوجية، للحفاظ على القيادة القوية التي تمكن من النمو المؤسسي، ويمكن تفعيلها من خلال منصات وبرامج تدريبية رقمية لتقليل التكاليف.

شكل (5) يوضح فوائد تطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية

تحديات وصعوبات تطبيق واستخدام التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية

كما هو الحال مع أي تقنية جديدة، تُعد مصدر قلق وتواجه تحديات مختلفة، ومن أبرز التحديات والإشكاليات التي تواجه عملية توظيف التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية والتي تعيق تحقيق الاستفادة الكاملة من هذه التقنية الواعدة، هي:

- التكلفة العالية للتكنولوجيا والبنية التحتية اللازمة لإنشاء وصيانة التوائم الرقمية، فتشكل عبئاً مالياً كبيراً على المؤسسات.
- تتطلب مهارات تقنية متقدمة، وهو ما قد يكون تحدياً للمؤسسات التي تفتقر إلى الخبرة في هذا المجال من الموظفين غير المؤهلين للتغيير التكنولوجي والتكيف معه.

- المخاوف التي تتعلق بالتوازن بين التوأمة الرقمية وتأثيرها على بيئة العمل، لأنه قد يكون من الصعب دمج التوأمة الرقمية مع الأنظمة الحالية دون تعطيل.
- هواجس الأمان والخصوصية، حيث يجب حماية البيانات الرقمية من الاختراق أو السرقة.

التوأمة الرقمية والاستدامة

هل هناك علاقة بين التوأم الرقمي والتنمية المستدامة؟

كيف يمكن للتوأم الرقمي أن يؤثر في الاستدامة البيئية للمؤسسات الثقافية؟

تُعد عملية تطبيق التوأمة الرقمية في المؤسسات الثقافية يفتح أفقًا جديدة لتحقيق الازدهار الاقتصادي وتعزيز الاستدامة والاعتناء بالبيئة والمستفيد، من خلال المراقبة والتحكم عن بُعد لتحسين الإدارة التشغيلية وصون المؤسسة الثقافية بكفاءة أكبر، وخلق نظام بيئي رقمي يُمكَّن من المحاكاة ويدعم الابتكار وتوفير البيئة الخضراء، فيقلل التكاليف، وتقديم الخدمات لمختلف الفئات وتحقيق المساواة بينهم، ويطيل من عُمر المقتنيات والأدوات المستخدمة، كما تسهم التوأمة الرقمية في تعزيز السياحة الثقافية عبر إنشاء تجارب افتراضية تفاعلية ذو درجة عالية من الأمان والخصوصية، مما يزيد من جذب المستخدمين والمترددين ويعزز الإيرادات السياحية الثقافية، بالإضافة إلى ذلك، تساهم في جذب الاستثمارات من القطاعين العام والخاص، مما يوفر تمويلًا أساسيًا لمشاريع الترميم والصيانة والتطوير، وتخلق فُرصًا للعمل من الجنسين في مجالات التكنولوجيا والأرشفة والحفاظ على التراث، وهذا من شأنه أن يعزز النمو الاقتصادي المحلي. (Kara,2021)، لذلك تمثل تطبيق التوأمة الرقمية خطوة استراتيجية نحو تحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة والرخاء المجتمعي من خلال دمج التكنولوجيا الحديثة مع الحفاظ على التراث الثقافي، ويمكن التعبير عن العلاقة بين التنمية المستدامة التوأمة الرقمية من خلال الشكل التالي

شكل (6) يوضح تحقيق مبادئ التنمية المستدامة في تقنية التوأمة الرقمية

يساعدنا تطبيق مبادئ التنمية المستدامة في حماية وصون التراث بشكل مستديم، لذلك سيتم عرض مبادئ التنمية المستدامة وكيفية توظيفها بشكل تناغمي مع تقنية التوأمة الرقمية على النحو التالي:

1. القضاء على الفقر، حيث يتم إنشاء نماذج لتوائم رقمية تسهم في توفير فرص عمل في مجالات الحفظ الرقمي والترميم والتوثيق، مما يوفر دخلاً للأشخاص.
2. القضاء على الجوع، إذ يتم استخدام التوأمة الرقمية لتوثيق تقاليد الزراعة المستدامة والممارسات الغذائية التقليدية التي يمكن أن تسهم في الأمن الغذائي المحلي.
3. الصحة الجيدة، وفيها يتم توثيق ومعالجة الممارسات الصحية التقليدية والمعرفة الطبية الشعبية التي يمكن أن تعزز الصحة في المجتمعات المحلية.

4. التعليم الجيد، استخدام التوأمة الرقمية لإنشاء موارد تعليمية تفاعلية ومتاحة للجميع لتعليم الأجيال الجديدة عن أنواع وأشكال التراث الثقافي ومدى أهمية الحفاظ عليه.

5. المساواة بين الجنسين، إشراك الشباب، والنساء في تطوير المهارات اللازمة لإنشاء محتوى تراثي رقمي.

6. المياه النظيفة والنظافة الصحية، إذ يتم توثيق وحفظ الممارسات التقليدية المتعلقة بإدارة المياه والنظافة، والتي قد تحتوي على معرفة مفيدة للحفاظ على الموارد المائية.

7. الطاقة النظيفة وبأسعار معقولة، وهنا يتم استخدام التوأمة الرقمية في توفير بدائل تقنية مستدامة.

8. العمل اللائق والنمو الاقتصادي: تطبق في صورة خلق وظائف جديدة في مجالات الترميم والحفظ والتوثيق والإتاحة الرقمية لمواد التراث، مما يدعم النمو الاقتصادي المحلي ويعزز السياحة الثقافية.

9. الصناعة والابتكار والبنية التحتية، يمكن تحسين البنية التحتية الثقافية، للمتاحف والمواقع الأثرية، وتعزيز الابتكار في طرق الحفظ والعرض، وتطوير الصناعات الثقافية.

10. الحد من أوجه عدم المساواة، من خلال مشاركة جميع فئات المجتمع، بما في ذلك الأقليات والمجتمعات المهمشة، في مشاريع حفظ وتوثيق التراث الثقافي الرقمي.

11. مدن ومجتمعات مستدامة، فباستخدام التوأمة الرقمية في التخطيط الحضري يمكن تحسين إدارة المواقع التراثية وضمان دمجها بشكل مستدام في الحياة الحضرية.

12. الاستهلاك والإنتاج، حيث يتم الحفاظ على المعارف التقليدية المتعلقة بالاستهلاك والإنتاج المستدامين، ونشر هذه المعارف عبر منصات رقمية للاستفادة منها في الوقت الحالي.

13. العمل المناخي، يتم استخدام التوأمة الرقمية في تحفيز استخدام الممارسات البيئية المستدامة.

14. الحياة تحت الماء، وفيه يتم توثيق وحفظ التراث الثقافي البحري، مثل تقاليد الصيد المستدام وإتاحة الثقافة المعرفية البحرية التقليدية، ونشرها عبر المنصات الرقمية

15. الحياة في البر، توثيق وحفظ المعارف التقليدية المتعلقة بإدارة الأراضي والغابات، وتعزيز استخدامها في السياسات البيئية.

16. السلام والعدل والمؤسسات القوية، تعزيز الشفافية والمساءلة في عمليات حفظ التراث الثقافي، وضمان إشراك المجتمعات المحلية في هذه العمليات بشكل عادل، مع توفير مبادئ الأمن والأمان وسلامة الخصوصية من الاختراقات.

17. عقد الشراكات، وفيها يتم تعزيز التعاون بين المؤسسات الحكومية والمنظمات غير الحكومية والقطاع الخاص والمجتمع المدني لتنفيذ مشاريع التوأمة الرقمية بشكل مستدام من خلال التعاون الرقمي والمنصات الإلكترونية.

وبتطبيق هذه المبادئ، يمكن للتوأمة الرقمية أن تكون أداة قوية لحفظ التراث الثقافي وتعزيزه

التوأم التراثي الرقمي والتطبيق

نموذج تراثي رقمي مقترح إنشائه بتقنية التوأمة الرقمية

هل يمكن توظيف تقنيات التوأم الرقمي في التراث الحرفي؟

نعم، يمكن توظيف تقنية التوأمة الرقمية (Digital Twin) في التراث الحرفي بطرق عديدة ومبتكرة، ولكن لفهم أفضل لمكانة التوأم الرقمي وعلاقته بالتراث الحرفي وعناصره المختلفة، يمكن أولًا توضيح الخطوات الرئيسة لإنتاج التوأم المادي من الحرفة التقليدية، وذلك لتسهيل عملية إنشاء نموذج رقمي افتراضي لعنصر تراثي تقليدي، موضحا المكونات والمتطلبات والأدوات وطريقة التصنيع.

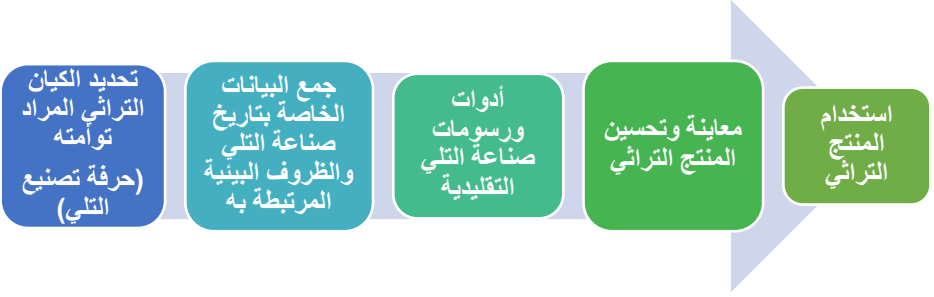
وقد وقع اقتراحنا على إحدى الحرف التراثية التقليدية وهي حرفة صناعة التلى، التي تتميز بإنتاجها اليدوي الدقيق والزخارف الجميلة النادرة التي نخشى عليها من الضياع أو الاندثار، فهي التي تُعد من القطع التراثية القيمة التي تعكس جزءاً من الثقافة المصرية الأصيلة، لأن الرموز المشغولة على النسيج هي من البيئة المصرية، وذو بُعد حضاري قديم، فهي عنصر تزييني فطري شعبي متوارث، له دلالة معينة ويعبر عن ثقافة منطقة وبيئة محددة، ومن أشهر تلك الرموز: الخط المنكسر الذي يرمز لنهر النيل، والمثلث الذي يرمز للجبال التي تكثر بين أسيوط وسوهاج موطن فن التلي، أما عن الخطوات التفصيلية لعملية إنتاج التوأم المادي للصناعة التقليدية المصرية القديمة تشمل:

- المواد والمكونات: حيث يُستخدم في حرفة التلي خيوط معدنية فضية أو ذهبية، بالإضافة إلى خيوط قطنية أو حريرية، وأيضا الابرة التي تستخدم في التزيين على أن تكون مسطحة، وطولها 4سم، وأحد طرفيها مدبدب والطرف الثاني به ثقبين، وتقوم

بصناعتها المرأة بنفسها أو الحرفيون، وكذلك النول الذي يُثبت عليه النسيج، ثم تثبيت الخيوط الأساسية المصنوعة من القطن أو الحرير على النول بشكل منتظم ومتساوي.

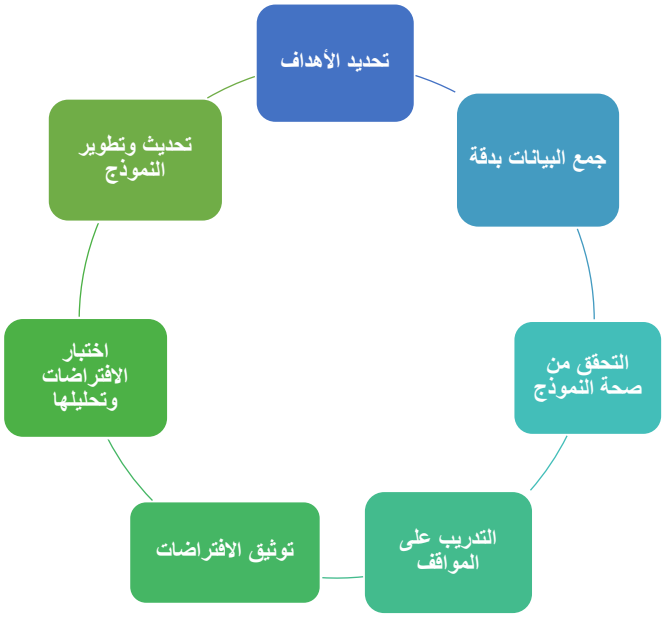
- تصميم النموذج ورسمه: وفيه يتم تحديد الشكل المراد نسجه على ورقة أو رسمه مباشرة على النول، حيث يمكن رسم الشكل باليد أو معالجته باستخدام الكمبيوتر سواء أكان من خلال استخدام تصاميم تقليدية جاهزة أو ابتكار تصاميم جديدة.
- التشغيل والتصنيع: وبمجرد تثبيت الخيوط الأساسية، يبدأ الحِرفي في تمرير الخيوط المعدنية الذي يبلغ عرضه 3مم في النسيج الشبكي أي عبر الخيوط الأساسية بشكل متقاطع لتشكيل أنماط زخرفية وأشكال هندسية مختلفة، كما يستخدم إبرة خاصة لتحريك الخيوط المعدنية بمهارة ودقة، لإنتاج تصاميم وأشكال مميزة أخرى كالنجوم والأزهار وغيرها، لذا يتطلب من الحرفي أن يكون لديه مهارة كافية وأن يتحلى بالصبر، حيث يتم العمل بدقة متناهية لضمان تناسق التصميم وجودته.
- المعاينة والاختبار: وفيه يتم فحص العمل بانتظام للتأكد من تطابقه مع التصميم، وإجراء التعديلات اللازمة لتصحيح أي أخطاء قد تحدث خلال النسج.
- المنتج التراثي النهائي وهو الشكل التطريزي الذي يكون على الأوشحة (الشالات النسائية) والأغطية (الطُرح) والملابس(الجلاليب) الخاصة بالمناسبات، فكان من الملابس الأساسية للعروس، والسيدات المقتدرات لارتدائها في المناسبات الدينية والاجتماعية، لإبطال الحسد حسب المعتقدات الشعبية.

وبهذه المراحل تضمنت كيفية إنتاج قطعة تلي ذات جودة عالية وتعكس دقة وإبداع الحرفي.



شكل (7) يوضح العناصر الأساسية لنشأة التوأم المادي لمنتج التلي التراثي

ولتوظيف حرفة صناعة التلي في التقنيات الحديثة يمكن أن تتم بعدة طرق تجمع بين التراث والابتكار، من أجل إسهامها في عملية إحياء هذه الحرفة التقليدية وإتاحتها وتسويقها بشكل عصري عبر المنصات الافتراضية، والشكل التالي يوضح الممارسات الأساسية لتفعيل محاكاة نموذج التوأم الرقمي



شكل (8) يوضح ممارسات تطبيق تقنية التوأمة الرقمية

ويتم ذلك من خلال عدة خطوات وهي:

- التنبؤ وتحديد النوع لبناء عملية التحول: فمن خلال البيانات والخصائص المجمعة عن المنتج التراثي التقليدي سواء أكانت خصائص داخلية أو خارجية من حيث الشكل، الحجم، الثقافة البيئية، المعتقدات الشعبية، عادات وتقاليد مجتمعية، الغرض وطبيعة الاستخدام، خصائص المواد المستخدمة، يمكن معالجة ودراسة هذه البيانات لدراسة واختيار نوع التوأم الرقمي الملائم لهذه الخصائص قبل بداية مرحلة التشغيل.

- التوثيق الرقمي لحرفة التلي التراثية: تتعدد التكنولوجيات الخاصة بالتوثيق، ولكن من أنسب تلك التقنيات، تقنية النمذجة والطابعات ثلاثية الأبعاد، لإنشاء نسخ رقمية مجسمة من الصناعة التقليدية التلي، بما في ذلك أدواتها كالإبر والنول، والأقمشة والخيوط، وذلك لضمان حفظ جميع تفاصيلها الدقيقة الخاصة، والمساعدة في حفظ الروح التراثية للتلي ولكن بلمسة عصرية مستديمة.
- بيئة افتراضية ميتافيرسية: إذ يمكن من خلالها توظيف حرفة التلي في التطبيقات التعليمية والثقافية وتحسين تجربة المستخدم وعملية التسويق الإلكتروني وذلك من خلال استخدام تقنيتي الواقع الافتراضي والمعزز عن طريق:

1. إنشاء ورش عمل افتراضية تتيح للباحثين والحرفيين الجدد دراسة وتعلم هذه الحرفة التقليدية، وكيفية صناعة التلي وعملية النسج والخياطة والطباعة دون الحاجة إلى المواد الفعلية، ومن أي مكان في العالم، مما يوفر في الوقت والجهد والتكلفة.
2. إتاحة قواعد بيانات رقمية تسهل من الوصول إلى المنتج التراثي والتعرف على خصائصه بشكل سريع.
3. توفير معارض افتراضية تمكن المستخدم من عرض المنتج التقليدي بشكل ثلاثي الأبعاد فيزيد من فرص الشراء ويصل إلى جمهور أوسع مقارنة بالصور التقليدية، حيث يمكن بيع منتجات التلي التقليدية والمعاصرة من خلال تجربة تسوق تفاعلية تجمع بين عرض المنتج التراثي وتاريخ الحرفة وفهم القيمة الثقافية المرتبطة بها، مما يزيد من وعيهم بأهمية الحفاظ عليه وإعادة إحيائه.

- المراقبة والتحليل: وهنا يتم مراقبة النموذج الرقمي لصناعة التلي في الوقت الفعلي لحالة النظام المادي من أجل تحليل الظروف المحيطة به من حيث العوامل البيئية والزمنية والاجتماعية لتحليل الأضرار المتوقعة والصعوبات الوارد حدوثها والتنبؤ بتأثيراتها السلبية على المنتج التراثي، مما يساعد في توثيق وحفظ هذه الصناعة التقليدية بطريقة صحيحة ويضمن الحفاظ على الأصالة.
- التجربة والاختبار والتطوير المستدام: وهنا يتم اختبار التوأم الرقمي للمنتج التراثي الفعلي من حيث الأداء والخصائص والغرض لتصميم توأم تراثي رقمي يجمع بين التقنيات التقليدية والتصاميم العصرية ويسهل التجريب عليه والإبداع فيه دون

الحاجة إلى إنتاج نماذج مكلفة، إذ يمكن أن تكون هذه الحرفة جزءًا من حركة الموضة التي تدعم الاستدامة من خلال تقديم منتجات تحمل قيمًا تراثية وتُصنع بطرق صديقة للبيئة.

بهذه الطرق، يمكن لحرفة التلي أن تستمر في التطور والازدهار، مع الحفاظ على جوهرها التراثي وتقديمها بأسلوب يتماشى مع متطلبات العصر الحديث.

الخاتمة

وأخيرا يتصف التراث بأنه عنصر معنوي قابل للتطور المستمر، ولهذا السبب، كثير من عناصر ذلك التراث يمكن أن يُفقد أو يُسلب مع مرور الوقت، فمع ظهور التقنيات الحديثة ظهر مصطلح التوأم الرقمي الذي يكفل استدامة التراث على المدى البعيد، حيث أصبحت تستخدم بشكل متزايد لتوثيق وتحليل وحفظ التراث الثقافي الثابت والمنقول، وهو أمر بالغ الأهمية لعملية إدارة واستعادة الإرث التاريخي للأجيال القادمة بشكل دقيق وفعال.

نتائج البحث

1. تعزيز استخدام هذه التقنية في المستقبل للتفاعل مع التراث بطرق جديدة بدلًا من الطرق التقليدية.
2. أهمية التوأمة الرقمية في إدارة التراث بشكل مرئي في الوقت الفعلي، إذ يمكن فهم الحالة التفصيلية للمؤسسة الثقافية بالكامل من خلال الإدارة المرئية.
3. أهمية تطوير البنية التحتية ومواكبة التطورات التقنية والتكنولوجية.
4. استكشاف المعوقات التي تواجه عمليات حفظ وإدارة توثيق التراث الثقافي باستخدام التوأمة الرقمية
5. التأثير الإيجابي لتقنية التوأمة الرقمية على الوعي الثقافي للمجتمعات المحلية

التوصيات

ومن خلال هذه النتائج توصلنا إلى مجموعة من التوصيات والمقترحات ومن أبرزها:

- تعزيز التعاون بين المؤسسات الثقافية والتكنولوجية لتطوير وتنفيذ مشاريع توظيف التوأمة الرقمية في حفظ التراث.
- توجيه الاهتمام نحو تطبيق المعايير والممارسات القياسية، مما يسهم في توحيد الجهود وضمان جودة النتائج.

- إلزام المؤسسات الثقافية باتخاذ كافة الإجراءات التقنية والتنظيمية لحماية البيانات وعدم اختراقها أو فقدانها.
- زيادة ميزانية المؤسسات الثقافية لتبني تطبيق تقنية التوأم الرقمي وإصدار القواعد واللوائح اللازمة لاستخدامها.
- تطوير وتحديث البنية التحتية للمؤسسات الثقافية لتوفير بيئة مناسبة تخدم فاعلية التوأمة الرقمية.
- ضرورة الاهتمام بتدريب وتأهيل العاملين في مجال التراث الثقافي على تكنولوجيا التوأم الرقمي والمهارات الرقمية الأخرى.

المراجع:

أولًا المراجع العربية:

الجريدة الرسمية. (2002). **قانون رقم 82 لسنة 2002 الخاص بإصدار قانون حماية الملكية الفكرية.** القاهرة. ع22 مكرر س45

شريبة، إباء نديم. (2021). **أهمية تطبيق تكنولوجيا التوائم الرقمية ومعوقاتها في المشاريع الهندسية في سوريا.** رسالة ماجستير. الجامعة الافتراضية السورية، سوريا.

الشوربجي، مروة عصام. (ديسمبر2023). الأرشيف وخدماته في عصر الميتافيرس وتقنياته. **المجلة العربية الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات، مج3، ع4، 141**-176.

محمد، محمد مصطفى جمعه خميس. (أكتوبر 2023). الدور المعدل لتقنية التوأمة الرقمية على العلاقة بين تقنية الميتافيرس وممارستي التشغيل والصيانة بنظام إدارة الأصول: دراسة تجريبية. **المجلة العلمية للبحوث الإدارية. ع4، ج2، 165-247.**

منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة اليونسكو. (2003، أغسطس). **مشروع ميثاق بشأن صون التراث الرقمي.** تقرير مقدم في المؤتمر العام في دورته الثانية والثلاثون. باريس

منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة اليونسكو. (2003). ***اتفاقية حماية التراث الثقافي غير المادي.*** *(2003)*. باريس: منظمة اليونسكو

منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة اليونسكو. (1972). *اتفاقية التراث العالمي، باريس: منظمة اليونسكو*

منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة اليونسكو. (2001 ،2 نوفمبر). **إعلان اليونسكو العالمي بشأن التنوع الثقافي.** المؤتمر العام لليونسكو في دورته الحادية والثلاثين. باريس

النشرة التشريعية. (سبتمبر1975). **قانون رقم 22 لسنة 1983 بتعديل بعض أحكام القانون رقم 121 لسنة 1975 الخاص بالمحافظة على الوثائق الرسمية للدولة.** القاهرة: المطابع الأميرية. ع9

ثانيًا المراجع الأجنبية:

Adam Thelen and etc., (30 September 2023). **A Comprehensive Review of Digital Twin - Part 1: Modeling and Twinning Enabling Technologies**. arXiv:2208.14197v2 [cs.CE]

Adil Rasheed, etc., . (28 January 2020). Digital Twin: Values, Challenges and Enablers from a Modelling Perspective. Digital Object Identifier 10.1109/**IEEE ACCESS.2020.2970143, Volume8.**

Andrea Matta, Giovanni Lugaresi. (December 2023). **Digital Twins: Features, Models, And Services**· Conference Paper, DOI: 10.1109/WSC60868.2023.10407260.

Botín-Sanabria. etc., (9 March 2022). **Digital Twin Technology Challenges and Applications: A Comprehensive Review.** 14, 1335. https://doi.org/10.3390/rs14061335

Guodong Shao,etc. (June 12-16, 2023). **An analysis of the new iso 23247 series of standards on digital twin framework for manufacturing**. Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC2023. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA

ISO. (1994). **Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange10303**. at http://www.iso.ch/cate/cat.html - search on 10303 to find a list of parts of the standard.

ISO. (2021). **Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing 23247**-1 First edition. at http://www.iso.ch/cate/cat.html

James Hutson, etc., (11 January,2023). **Digital Twins and Cultural Heritage Preservation: A Case Study of Best Practices and Reproducibility in Chiesa dei SS Apostoli e Biagio.** DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2429775/v1

Kara Van Malssen, etc., (November 2021). **The Digital Imperative: Envisioning The Path To Sustaining Our Collective Digital Heritage**. iccrom.org

Luther, W.; Baloian. (1 February 2023).**Digital Twins and Enabling Technologies in Museums and Cultural Heritage: An Overview**. 23, 1583. https://doi.org/10.3390/s23031583

Luiz Felipe Ribeiro Correia, etc.,(2023). **Toward a Digital Twin for Cultural Heritage.** Springer Nature Singapore Pte Ltd. V. Carvalho et al. (eds.), Advances in Tourism, Technology and Systems, Smart Innovation, Systems and Technologies 345, https://doi.org/10.1007/978-981-99-0337-5_35

Marijana Ćosović1, Mirjana Maksimović. (12 September 2022). **Application of the digital twin concept in cultural heritage.** 1st International Virtual Conference on Visual Pattern Extraction and Recognition for Cultural Heritage Understanding.

Piromalis, D.; Kantaros,. (: 7 July 2022) A. **Digital Twins in the Automotive Industry: The Road toward Physical-Digital Convergence.**, 5, 65. https://doi.org/10.3390/asi5040065

Rainer Stark, Thomas Damerau. (2019). **Digital Twin. The International Academy for Production Engineering** et al. (eds.), CIRP Encyclopaedia of Production Engineering, https://doi.org/10.1007/978-3-642-35950-7_16870-1

Singh, M.etc., (24 May 2021). **Digital Twin: Origin to Future**. 4, 36. https://doi.org/10.3390/asi4020036

ثالثًا المو اقع الإلكترونية

https://www.bing.com/ck/a?!&&p=94aa78821371fe37JmltdHM9MTcyMzA3NTIwMCZpZ3VpZD0xZWMwYzlkYS0yYjI1LTZlMzQtMTBiNy1kYmJhMmE1OTZmZGMmaW5zaWQ9NTIyNQ&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=1ec0c9da-2b25-6e34-10b7-dbba2a596fdc&psq=Fundamentals+of+STEP+Implementation&u=a1aHR0cHM6Ly9zdGVwdG9vbHMuY29tL3N0ZHMvc3RlcC9mdW5kaW1wbC5wZGY&ntb=1

https://cidoc-crm.org/

https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/

https://www.iccrom.org/ar/programmes /

Arab International Journal of Information Technology & Data
Vol. 5, No. 1 January - March 2025

Digital twinning and its role in documenting and reviving cultural heritage: a future study

Dr. Marwa Essam Mohamed
Ministry of Cultural
maro.elshorbagy@gmail.com

Abstract:

Digital twin technology represents a modern and effective means of preserving and documenting cultural heritage in interactive and advanced ways. Societies can preserve their cultural heritage accurately and comprehensively. Digital twinning can be used to record audio, video, artistic and theatrical performances, document texts, images and drawings, and document customs, traditions and oral heritage.This is done by creating applications and interactive digital platforms to explore heritage

In an innovative way, which makes it more attractive to the public and facilitates its transfer to future generations, in addition to the fact that digital twin technology provides broader access to cultural heritage. It can be published and shared across the Internet and through social media, which enhances cultural communication and interaction between different culturals.

Accordingly, this research aims to explore how to employ digital twin technology in the field of cultural heritage preservation, analyze its impact on traditional processes, and evaluate the effectiveness of its use in documenting and reviving cultural heritage. It also highlights the opportunities that digital twinning opens for local communities in preserving their cultural identity and enhancing interaction with heritage in new ways.

Using the descriptive and analytical approach in order to identify the best practices used in digital twin technology to preserve cultural heritage and analyze the role of this technology to explore the challenges and obstacles that may face the process of documenting cultural heritage using this technology, in order to arrive at providing practical recommendations to enhance the use of digital twin technology in the future.

And an attempt to realize the extent of its impact on the cultural and heritage awareness of local communities, and this has resulted in a set of results: The most important of which are: presenting new models or documentation tools based on digital twinning, highlighting the cultural and historical benefits of using digital twinning in heritage preservation.

Determine practical directions for concerned institutions regarding how to implement digital twin technology in heritage preservation projects. Through these results, the research reached a set of recommendations and proposals, the most prominent of which are:

The importance of strengthening cooperation between cultural and technological institutions to develop and implement projects employing digital twinning in heritage preservation. The necessity of developing specialized technical tools and platforms for documenting and preserving heritage using digital twin technology that suits the needs and requirements of the field of heritage preservation. Directing attention to standards and standard practices, which contributes to unifying efforts and ensuring the quality of results.

Keywords: Digital twinning; cultural heritage; cultural identity