

دور التكنولوجيا الرقمية في الحفاظ على التراث المعماري

Role of Digital Technology in Conservation of Architectural Heritage

م.م/ محمد أحمد رزق علي الشربيني

أ.م.د/ خالد علي عبد الهادي

مدرس مساعد بقسم العمارة بكلية الهندسة
بشيرا - جامعة بنها

أستاذ مساعد بقسم العمارة بكلية الهندسة
بشيرا - جامعة بنها

الملخص

للتكنولوجيا الرقمية أثر عميق في الطفرة الهائلة التي حدثت في أغلب مجالات العلوم والثقافة، نظراً لما تقدمه من إمكانات كبيرة على مستوى الدراسة والتطبيق، وما تتيحه من حلول سريعة و مختلفة للمشكلات، وما توفره من وسائل مبتكرة ومتعددة للعرض والإظهار، بالإضافة إلى ما تملكه من قدرة كبيرة على نشر المعلومات على أوسع نطاق، وفي أقل وقت ممكن، وبأكثر الطرق تنوعاً وجاذبية. ويعتبر التراث المعماري من أبرز المجالات التي تأثرت بالثورة الرقمية. لا سيما وأن التقنيات المتقدمة التي قدمتها هذه الطفرة فتحت أبواباً جديدة وكشفت آفاقاً أوسع وأتاحت إمكانات أكبر لدراسة هذا التراث، والاستفادة منه بأقصى صورة ممكنة على المستوى الثقافي والوجداني والسياحي والاقتصادي والنفعي. ويتناول هذا البحث بالدراسة دور هذه التقنيات الرقمية في تطور مجالات التراث المعماري المختلفة، بدءاً من التوثيق الدقيق لهذا التراث وفحصه ودراسته وتحليله، ومروراً بالأساليب المتقدمة للحفظ والترميم، وكذلك الوسائل المتقدمة للعرض المتحفي والأثري، وانتهاءً بالدعائية والإعلام والنشر والتعليم. بعرض تحديد سلبيات وإيجابيات هذه التطبيقات، للاستعانة بها بعد ذلك في صياغة الضوابط والمعايير اللازمة لهذا المجال.

الكلمات المفتاحية: التراث المعماري – التكنولوجيا الرقمية – الحفاظ – التوثيق الرقمي – العرض ثلاثي الأبعاد – الواقع الافتراضي – الواقع المدمج.

Abstract

There is no doubt that digital technology has a great impact on the boom that occurred in fields of science and culture. This technology has great potentialities at the level of study and practice, with its quick solutions to different problems, and its impressive variety of display methods and presentation techniques, in addition to its great ability to disseminate information widely, at a little time and with attractive ways. Architectural heritage is one of these areas that strongly affected by the digital revolution, because digital technology has explored broader horizons and provided greater abilities to the field of heritage, at its cultural, emotional, economic and functional levels. So this research tries to study the impact of digital technologies on the development of architectural

heritage field, especially at the level of documentation, analysis, maintenance, restoration, heritage presentation, and cultural and educational issues, In order to identify the advantages and disadvantages of these applications, for use later in formulation of standards and regulations for this field.

Key Words: Architectural Heritage, Digital Technology, Conservation, Digital Documentation, 3D Display, Virtual Reality, Augmented Reality.

١. مقدمة

شهد الربع الأخير من القرن العشرين طفرة هائلة في مجال الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات وصناعة الحواسب والأجهزة الرقمية، إلى الدرجة التي دعت الناقد البريطاني (الآن كيربي 2006 Alan Kirby) إلى إعلان انتهاء مرحلة ما بعد الحداثة Postmodernism كحقبة ثقافية، وبزوغ ما يعرف بعصر الحداثة الرقمية Digi-modernism ليهيمن على مختلف أشكال العلوم والآداب والفنون. كذلك فقد سجلت صناعة البرمجيات تطوراً كبيراً في العقد الأخير، خاصةً فيما يتعلق بالنمذجة والرسم ثلاثي الأبعاد 3D Modeling، والتحريك Animation وبناء البيئات الافتراضية Virtual Reality and Augmented Reality وإنتاج وتنسيق وتعديل الصور والأصوات والأفلام والمؤثرات البصرية. الأمر الذي كان له أبلغ الأثر على مختلف المجالات، خاصةً تلك المتعلقة منها بالتراث الثقافي بجانبيه المادي والمعنوي. حيث قدمت التقنيات الرقمية لهذا المجال في الحقبة الأخيرة العديد من الأفكار الجديدة والحلول المبتكرة لمشروعات الحفاظ والترميم، كما ساعدت في نشر التراث العالمي على نطاق واسع، لتصبح منجزات الحضارة الإنسانية متاحة للجميع لينهلوا منها، إما للدراسة أو البحث أو التعليم أو الثقافة أو السياحة أو غيرها.

٢. المشكلة البحثية والهدف

تتألف المشكلة البحثية في أن استخدام التقنيات الرقمية وغيرها من أدوات التكنولوجيا الحديثة في القضايا التراثية والثقافية والتاريخية قد يخضع في كثير من الأحيان لرؤيه وتجهيزات القائمين عليها، نظراً لما تتسم به هذه الأمور من خصائص فكرية ووجودانية وفلسفية ومعنوية، لذلك فهي قد تتأثر بما لهم من رؤى وأغراض وتحيزات واهتمامات واتجاهات وتيارات ثقافية وخلفيات معرفية، مما قد ينعكس بالسلب أو بالإيجاب على المتألقين، خاصةً من بين غير المتخصصين، نتيجة لعدم وجود ضوابط شاملة وواضحة تنظم هذا المجال، وتحكم مفاهيمه وأهدافه ومناهجه. وقد يرجع هذا الأمر لحداثة هذا المجال نسبياً، لا سيما في الدول الفقيرة والنامية، والتي تملك إرثاً ثقافياً ومعمارياً هائلاً يستلزم استغلال كافة السبل لتوثيقه وحفظه واستبقائه من أجل الأجيال القادمة.

لذلك يهدف هذا البحث إلى إلقاء الضوء على دور التكنولوجيا الرقمية في تطور المجالات المرتبطة بالتراث المعماري تحديداً، وذلك للتعرف على حدود إمكاناتها ومستويات تطبيقها وجوانب استخدامها ودرجات فعاليتها ومميزاتها وعيوبها، بعرض تبع أهم خصائصها الجوهرية وملامحها الرئيسية ومحدداتها الأساسية، للاعتماد عليها فيما بعد في صياغة الخطوط العريضة للضوابط المطلوبة بصورة سليمة. ويتم ذلك من خلال التعرف أولاً على مفهوم وأهمية التراث المعماري وأسباب تدهوره ومستويات التعامل معه ومراحل وخطوات الحفاظ عليه، وذلك تمهيداً لاستعراض دور التكنولوجيا الرقمية بعد ذلك في كل جانب من هذه الجوانب بصورة إجمالية، ومن ثم تحديد سلبياتها وإيجابياتها ومحدداتها العامة، والتي يمكن أن تشكل فيما بعد المحور الأساسي والدليل الرئيسي لأية معايير أو ضوابط يُزمع وضعها في المستقبل.

٣. التراث المعماري وأهميته

التراث هو كل ما ينتقل من جيل إلى جيل سواء كان في صورة مفاهيم أو أفكار أو معتقدات أو قيم أو فنون أو عادات أو تقاليد أو صياغات مادية. ويعتبر التراث امتداداً ثقافياً وقيمة تاريخية هامة وتعبيرأ عن روح الأمم والمجتمعات ومنبعاً من منابع الإبداع. والعمارة هي أحد أبرز مظاهر التراث المادي، وهي التعبير الصادق عن تاريخ المجتمع وثقافته. ويتمثل التراث المعماري في مجموعة المباني والمنشآت والتشكيلات والمفردات التي استمرت عبر الزمن، وأثبتت إصالتها وقيمتها في مواجهة تيارات التغيير المستمر. وبالتالي اكتسبت قبولاً عاماً وتسامت إلى أن أصبحت السجل الحي والمرجع البصري والدليل المادي الذي يؤرخ للمجتمعات ويجسد بيئتها، ويعكس واقع عصر مضى بظروفه الاجتماعية والاقتصادية والثقافية المختلفة. ويرغم أهمية هذا التراث وجاذبياً وثقافياً ووظيفياً وسياسياً، إلا أنه يمكن أن يتعرض للتدحر والتلف لأسباب عديدة، أبرزها العوامل الجوية والمياه الجوفية والتلوث والكوارث الطبيعية وضعف الوعي والإهمال وسوء الصيانة والسرقة والتخريب والحرائق والحروب وتقادم عناصر المبنى وتهالكها والتعديلات غير الوعائية عليها والسياسات الخاطئة أو القاصرة في التعامل معها. وهنا تظهر أهمية الحفاظ كمنهجية ضرورية لوقاية هذا التراث واستبقائه وإعادة إحيائه من جديد.

٤. الحفاظ على التراث المعماري

الحفظ - لغوياً - هو منع الشيء من الضياع وحمايته من التلف والفساد. وفي ضوء ذلك فإن الحفاظ الأثري يعني جميع الإجراءات التي تتخذ لمنع تدهور واضمحلال الأثر والعمل على صيانته واستباقائه ومن ثم إدارته وعرضه وإظهاره بما يضمن توصيل رسالته كاملة وبأفضل صورة ممكنة. وهي منظومة معدة، نظراً لأن المبنى يجب أن يظل قائماً، وأحياناً يجب أن يظل مستخدماً، كما ينبغي حماية الأدلة التاريخية والأثرية الموجودة في الموقع. وتتضمن منظومة الحفاظ مجموعة من الاستراتيجيات والسياسات، التي يندرج تحتها عدد من الأساليب والآليات المشتركة، والتي يتم الاختيار فيما بينها وفقاً لأهداف مشروع الحفاظ وظروف المنشأ وقيمة التارikhية والأثرية. وهي تدرج في مستوى التدخل أو درجة التعديل في المكونات المادية للمنشأ بدءاً من الحفظ (الحماية والوقاية) Preservation، والصيانة Maintenance، والتقوية والتدعم Consolidation، ومروراً بأعمال الترميم Restoration، والتطوير الجذري (استبقاء الواجهات) Façade Retention، وإعادة البناء Reconstruction، وإعادة الاستنساخ Replication، واستعادة الطابع Remolding، وتحrir المبنى من العناصر الداخلية Recreation، والتكميلة للأجزاء الناقصة والمفقودة Completion، وإعادة التجميع Anastylosis، وأعمال الإنقاذ (فك الأثر ونقله إلى مكان آخر) Salvation، وانتهاءً بمجموعة السياسات التي تربط المبنى بالمنطقة المحيطة، مثل أعمال الارتفاع بالمنطقة ورفع مستواها Upgrading، سواء بالتحويل والتغيير Alteration، أو بالإضافة Addition أو بملء الفراغات الموجودة بين المبني الأثري Infill، أو بإعادة استعمال المبني في وظيفة ملائمة Reuse، أو بالتجديد Renewal، أو بالإحلال الكامل أو التدريجي في وظيفة Total or gradual Replacement، أو الإزالة للمناطق المتدهورة المحيطة بالأثر Clearance.

٥. مراحل وخطوات مشروعات الحفاظ

يشتمل مشروع الحفاظ على عدد من الخطوات أو المراحل التي تتكامل معاً لتحقيق الهدف من المشروع، ويمكن إجمال أهم المراحل الأساسية في مشروعات الحفاظ كما يلي:

١-٥. الدراسات الأثرية والتاريخية الأولية: لتحديد قيمة المبنى، واستبيان الظروف التي وابت نشأته وتطور استعماله، والعناصر والمواد المكونة له، لتحديد الأسلوب الأمثل للتعامل معه.

٢-٥. أعمال الرفع والتوثيق ودراسات الوضع الراهن: عن طريق حصر وقياس وتسجيل عناصر المبنى ومكوناته المادية وتصويرها فوتografياً واحتبارها معملياً وعمل رسومات تفصيلية لها وتقارير متكاملة عنها، لتقدير مدى سلامتها واتزانها وتحديد خصائصها ورصد تلفياتها.

٣-٥. تحديد الأعمال الواجب إجراؤها: وفقاً للهدف الرئيسي من مشروع الحفاظ وفي ضوء ما توصلت إليه الدراسات الأولية، حيث يتم اتخاذ القرارات المناسبة لتحقيق واحد أو أكثر من الأهداف الأساسية التالية:

١-٣-٥. **الحفظ (الوقاية):** بحماية الأثر من العوامل المتباعدة في التدهور وتقليل تأثيرها ومنع التلفيات أو الانهيارات الناتجة عنها. عن طريق تطبيق عدد من الآليات مثل منع التدهور بالتحكم في البيئة المحيطة بالمبنى التاريخي، وكذلك الصيانة بالحماية المستمرة والعناية الدورية بالمنشأ، والصلب بتقوية العناصر الإنسانية الضعيفة والأليلة للسقوط وتدعم الأجزاء المفككة والهشة.

٢-٣-٥. **الترميم أو الاستعادة:** والتي تهدف إلى إصلاح المبنى التاريخي والعودة به إلى حالته التي كان يبدو عليها في حقبة مثالية من تاريخه. عن طريق إزالة العناصر الداخلية والتعديلات غير الظاهرة التي طرأت عليه في الفترات الأخرى، وتجميع العناصر الأثرية المفككة والمتناشرة وإعادة تركيبها كما كانت في وضعها الأصلي، واستكمال العناصر الناقصة أو المفقودة باستخدام نفس مواد البناء القديمة، بشرط احترام إسهامات العصور المختلفة في المنشأ إذا كانت تمثل قيمة.

٣-٣-٥. **إعادة التأهيل:** وهي الأعمال التي تهدف إلى رفع مستوى المبنى التاريخي في حالة تدهوره وعدم صلاحيته للاستخدام، وذلك بتهيئته وتجهيزه لإعادة استعماله في وظيفته الأصلية أو في وظيفة جديدة. عن طريق توفير التركيبات الكهروميكانيكية والأعمال التكميلية اللازمة، وإجراء التعديلات والإضافات والإزالتات الضرورية، التي تحقق متطلبات الاستعمال الجديد بما يضمن الحفاظ على القيمة الأثرية والتاريخية للمبنى.

٤-٣-٥. **إعادة البناء:** وتعني إعادة إنشاء المبانى التاريخية التي اندرت ولم تعد قائمة ولم يعد لها وجود، وذلك لاستعادة التراث المعماري الضائع والهوية المفقودة. لكن قد ينطوي ذلك على محاذير عديدة وقيود كثيرة، كما أن أغلب المواثيق الدولية لا تفضل اللجوء إليه تجنبًا لاحتمالية تزييف الحقائق التاريخية أو طمس الأدلة الأثرية الحقيقة.

٤-٥. تنفيذ أعمال الحفاظ: عن طريق إعداد الرسومات التنفيذية الازمة ودفاتر الشروط والمواصفات وخطة الإشراف على التنفيذ تبعاً للهدف من مشروع الحفاظ، وذلك تمهيداً للتنفيذ الفعلى للأعمال المطلوبة. مع ضرورة متابعة الأداء ومراجعةه بصورة منتظمة لقيمه وتطويره وتعديلاته عند الحاجة.

٥-٥. النشر والإعلام: حيث تؤكد المواثيق الدولية على أهمية وضع كل التقارير والمنشورات والدراسات والوثائق الخاصة بالمشروع في أرشيف ملحق بالمبنى أو في مكتبة أو مؤسسة عامة بحيث يمكن استغلالها في الأغراض البحثية والعلمية والثقافية والدعائية.

٦. الثورة الرقمية وتأثيرها في مجال التراث

الثورة الرقمية هي مصطلح يشير إلى التحول الذي حدث للتكنولوجيا من النظام الميكانيكي التقليدي Analog إلى النظام الرقمي Digital، وما ترتب على ذلك من تغيرات كاسحة تحقق في العقود الأخيرة بفضل ظهور الحواسيب المتقدمة والأجهزة والتقنيات الرقمية الحديثة وتطور تكنولوجيا الاتصالات. وكما كانت للثورة الزراعية والثورة الصناعية تأثيرات جمة على تطور الحياة في العصور السابقة، كانت الثورة الرقمية أيضاً ببدء عصر المعلومات. ولأنَّ كثيراً من الموثيق الدولي في مجال التراث تناول بأهمية الاستعانة بكل المعرفات والمهارات والعلوم التي يمكنها أن تسهم في دراسة وفهم التراث بشقيه المادي والمعنوي، كان من الطبيعي أن تسهم التكنولوجيا الرقمية بدورها في إتاحة العديد من التقنيات والإمكانات المفيدة للمجال. وهو ما كان بإذاناً بظهور وانتشار تخصص جديد يعرف باسم (التمثيل الرقمي للتراث Digital Heritage).

والتمثيل الرقمي Digitization هو مصطلح مشتق حديثاً يشير إلى عملية التحويل الرقمي أو إعادة صياغة الأجسام الحقيقة والصور والملفات والإشارات باستخدام مجموعات من النقاط المنفصلة، يمكن معالجتها بشتى الصور والتعديل عليها واستغلالها في العديد من الأهداف. وعلى هذا الأساس فالتمثيل الرقمي للتراث Digital Heritage يمكن تعريفه بأنه جميع الأعمال والأنشطة التي تستغل التكنولوجيا الرقمية والوسائل المتعددة وتقنيات الاتصالات وشبكات المعلومات ووسائل الإعلام المتقدمة في خدمة التراث الثقافي، وذلك لتوثيقه والحفظ عليه وحمايته من الزوال، أو إعادة إحيائه في حالة اندثاره، أو عرضه بأساليب متطرفة أكثر فاعلية وجاذبية، أو لاستغلاله في الأغراض الثقافية والإعلامية والعلمية والدعائية.

وقد يطلق على هذا المجال أيضاً التراث الافتراضي Virtual Heritage، وكلمة افتراضي تعني الشيء غير الحقيقي not real والذي يبدو في نفس الوقت حقيقياً، لأنَّه يحمل أبرز الصفات المرئية والخصائص الظاهرة التي تبدو بها الأشياء في الواقع. لذلك يشير هذا المصطلح في مضمونه إلى قدرة هذه التكنولوجيا الحديثة على إعادة تجسيد التراث من خلال أساليب النمذجة ثلاثية الأبعاد 3D Modeling وأفلام الحركة Animation وبرامج الواقع الافتراضي الواقع المدمج Virtual Reality and Augmented Reality والصور البانورامية وغيرها، والتي تم عملها اعتماداً على أجهزة الحاسوب والتقنيات الرقمية لإيجاد بيئات تفاعلية شبه واقعية تحاكي الواقع الأثري القائم أو المنشورة، وما يرتبط بها من جوانب إنسانية ومعنى.

٧. أبرز التقنيات الرقمية المستخدمة في مجال التراث

قدمت التكنولوجيا الرقمية العديد من الإمكانيات التي يمكن استغلالها في مجال التراث، سواء على مستوى الأجهزة والمعدات Hardware أو البرمجيات Software. وفيما يلي عرض لمجموعة من أبرز التقنيات الرقمية وثيقة الصلة بالتراث المعماري على وجه التحديد:

١-٧. أجهزة المسح ثلاثي الأبعاد 3D Scanners

هي تلك الأجهزة التي تقوم برصد وتوثيق مجسم حقيقي أو منشأ صغير أو مبني كبير أو موقع كامل، وتحويله إلى نسخة رقمية ثلاثية الأبعاد يمكن استغلالها بعد ذلك في العديد من الأغراض، نظراً لما تتسنم به من دقة في القياسات وقابلية الفحص من مختلف الجوانب والتحليل والتحويل والمعالجة بشتى الطرق. لذا يمكن الاستعانة بها في مراحل التوثيق

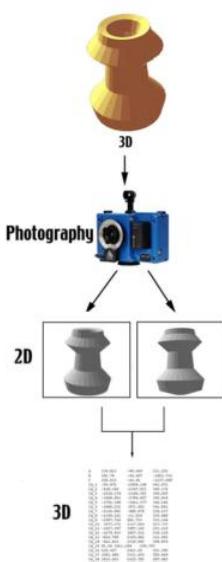


والرفع الماسحى للمباني الأثرية والتاريخية، سواء قبل أو أثناء أو بعد أعمال الحفاظ. وتوجد منها عدة أنواع تتباين في قدراتها واستخداماتها وطبيعة عملها. من أبرزها أجهزة المسح بالتلامس Contact Types والتي تقوم بجمع البيانات الخاصة بشكل ومقاسات العنصر عن طريق جسه وتحسس تفاصيله بالتلامس المادي المباشر، من خلال ذراع متحرك ملحق في طرفه مسبار يسجل إحداثيات الجسم. ويتميز هذا النوع بدقته العالية، لكن يعييه أنه بطيء ويطلب التلامس المباشر مع العنصر المراد مسحه، لذا يجب وضع هذه الحقيقة في الاعتبار عند التعامل مع العناصر الحساسة والدقيقة مثل القطع الأثرية ذات القيمة. كذلك لا يمكن لهذا النوع مسح مبنى كامل أو منشأً كبير وإنما يمكنه فقط التعامل مع العناصر الصغيرة أو المتوسطة الحجم.

أما أجهزة المسح الضوئي بأشعة الليزر 3D فهي لا تحتاج إلى التلامس مع الجسم المرصود. حيث تعتمد على حساب إحداثيات العناصر والأجسام عن



طريق إصدار شعاع ليزر من الجهاز ثم رصد انعكاسه على سطح الجسم بواسطة وحدة رصد Detector، ويتم تحويل البيانات الناتجة إلى ملف رقمي يتتألف من تجمعات نقطية Pointclouds، لكل نقطة منها إحداثيات متكاملة (X, Y, Z). ويوجد من هذه الأجهزة عدة أنواع أبرزها ما يعتمد على حساب الزمن منذ خروج الشعاع حتى ارتداده Time of Flight، وهو نوع يتميز بسرعته وقدرته على رصد وتسجيل العناصر التي تبعد عنه بمسافات طويلة، لكن يعييه مستوى دقته المنخفض، وعدم كفاءته في رصد الألوان والأسطح اللمعنة والرسومات المسطحة وأركان وحواف المباني. لذلك توجد أنواع أخرى تستخدم تقنيات مختلفة للتغلب على هذا النقص، مثل تقنية التثليث Triangulation (نظرًا للعلاقة الشكلية بين مصدر أشعة الليزر والجسم وكاميرا الرصد)، وهي تتميز بدقتها العالية في توثيق التفاصيل والزخارف، لكن يعييها أن مجال عملها محدود للغاية (حوالي متر أو مترين).



أما أجهزة المسح التصويري Photogrammetry فهي تعتمد في فكرتها على تقنية قديمة تطورت كثيراً فيما بعد، وهي تحويل الصور الفوتوغرافية للمنشأ إلى نموذج ثلاثي الأبعاد، عن طريق تقدير المقاسات واستنتاج أبعاد المبنى من هذه الصور بالاستعانة بالقواعد الهندسية ومفاهيم المنظور. ومن ثم فهي تحتاج على الأقل إلى صورتين من زاويتين مختلفتين، وكلما زاد عدد الصور كلما أمكن تحسين النموذج الناتج والوصول به إلى أعلى درجة ممكنة من الدقة. ولتحقيق ذلك يتم الاستعانة بأهداف أو نقاط مرجعية Target Points وقضبان قياسية Scale Bars لتسهيل وتدقيق عملية القياس. وتنتمي عملية الحساب آلياً إما أثناء عملية التصوير نفسها أو بعدها حسب ظروف الموقع. ويتميز هذا النوع من الأجهزة بكفاءته العالية في رصد الألوان والأسطح المعدنية اللمعنة والرسومات المسطحة والحواف (على عكس أجهزة المسح بالليزر). لذلك يفضل استخدام أكثر من جهاز أو تقنية في المشروع الواحد للاستفادة من مميزات كل نوع وتلافي السلبيات بقدر الإمكان.

ويتم الاستعانة بالملفات الرقمية الناتجة من هذه الأجهزة في العديد من الأغراض. حيث يمكن الاستفادة منها في الأبحاث الأولية ودراسات الوضع الراهن في مشروعات الحفاظ، خاصةً في أعمال التسجيل والرفع المعماري للمباني الأثرية والتاريخية قبل وبعد أعمال الترميم لتقييمها أولاً بأول. كذلك يمكن استغلالها في تصميم البيئات الافتراضية للموقع الأثري وذلك لاستخدامها في المتاحف والمعارض وأغراض الدعاية والجذب السياحي. كما يمكن الاستعانة بها في عمل أرشيف رقمي لخدمة الأهداف العلمية والثقافية. وتوجد العديد من المنظمات والمؤسسات الدولية المتخصصة في هذا الشأن، لعل من أبرزها منظمة (سيارك CyArk) والتي تهدف إلى التوثيق الرقمي لمواقع التراث الثقافي والأثري، وجمع وتصنيف وتخزين البيانات والملفات الناتجة عن مسحها وتصويرها وتسجيلها ونمذجتها، وذلك لعمل مكتبة افتراضية متكاملة من خلال موقع المنظمة على الإنترنت لتخزين وتجميع الرسومات والصور والمعلومات والمجسمات الخاصة بأشهر المنشآت التاريخية في العالم، للأغراض الترميمية والبحثية والمعرفية والتعليمية.



أيضاً يمكن استخدام هذا المحتوى الرقمي في صنع وبناء نسخ مادية حقيقة من العناصر الأثرية لوضعها في المتحف أو المتاحف أو لتزيين الميادين والفراغات العمرانية بها، بدلاً من وضع القطع الأصلية واحتمالية تعرضها للتدحرج أو للسرقة. ومن أمثلة ذلك ما



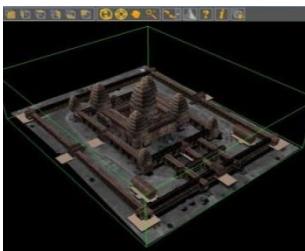
حدث مع تمثال الملك داود لميكيل أنجلو في فلورنسا، حيث تم نقله من ساحة بيازا ديلا سينيوريا إلى المتحف لحمايته، ثم تم عمل نسخة أخرى بدالة عنه ووضعها في موقعه القديم للحفاظ على الصورة البصرية للساحة. وقد يتطلب الأمر حفظ الأثر في مكانه وحظز الزيارة عنه لحمايته من أنفاس السائحين (مثل بعض مقابر الفراعنة في وادي الملوك)، ثم عمل نسخة أخرى بدالة عنه ووضعها في مكان آخر ليستمتع بها الزوار. إلا أن لهذا الاستنفاره وأسلوباته أيضاً كما سيتضح فيما بعد.

٢-٧ - برامج التمذجة والرسم ثلاثي الأبعاد : 3D Modeling

منذ ظهور برامج الرسم بمساعدة الحاسوب وهي تحقق يوماً بعد يوم تطويراً ملحوظاً من حيث سهولة استخدامها وإمكاناتها غير المحدودة. الأمر الذي جعلها تستخدم تقريرياً في معظم المجالات، لما تتميز به من قدرة على رسم المجسمات بدالة أبعادها الحقيقية، ومحاكاة أشكالها وتفاصيلها وملمسها وألوانها وإضاءاتها وظلاتها، ومشاهدتها من مختلف الزوايا والجوانب، ومعالجتها بشتى الطرق، بالإضافة إلى إمكانية استخراج المساقط التقليدية منها. وتعتبر هذه البرمجيات هي الأساس الذي يتم الاعتماد عليه بعد ذلك في إنتاج أفلام الحركة Animation والبيئات الافتراضية Virtual Environments والخدع السينمائية. ومجال التراث المعماري من أبرز المجالات التي يمكنها الاستفادة من هذه التقنية، إما في مرحلة التسجيل والتوثيق، أو في مرحلة العرض والإظهار، أو الفحص والتحليل، أو المقارنة

والاختبار، أو تخيل شكل العناصر المفقودة والمباني المندثرة. وكما أن هناك مقوله شهيرة مفادها أن الصورة خير من ألف كلمة، فكذلك الحال بالنسبة للرسومات ثلاثية الأبعاد، والتي يمكن القول بأنها أفضل في توصيل الفكرة من ألف مخطط ثنائي الأبعاد.

ويقول دونالد ساندرز (Sanders, D. 2008) مدير معهد التجسيد التخييلي للمنجزات التاريخية واحد من أبرز المتخصصين في هذا المجال، أن أحداث الماضي لم تقع أبداً في بعدين فقط، ومن ثم لا يمكن فهمها بشكل كامل واستيعابها على الوجه الصحيح من خلال الصور المسطحة فقط أو الخرائط والرسومات المنفصلة عن بعضها البعض، والتي في غالب الأحوال تعرض بقايا غير مكتملة للحضارات السابقة. لذلك يبدو جلياً لدى الذين خاضوا هذا المجال ضرورة الاستعانة بما توفره التقنيات الرقمية وبرامج التجسيد من إمكانات تثير الاهتمام، وما تتيحه من قدرة على فهم منجزات الماضي بصورة أعمق، والتجول خلالها ومشاهدتها كما كان يراها معاصروها، وإدراك ما يرتبط بالعناصر التاريخية والبقايا الأثرية من معانٍ ضمنية ورمزية يصعب تخيلها من المساقط والقطاعات فقط.



٣-٧ - تقنيات الواقع الافتراضي Virtual Reality



وهي تقنيات تعتمد على برمجيات النمذجة السابقة لخلق بيئات تحاكي الواقع المادي سواء كان موجوداً بالفعل في الحقيقة أو مُنْدَثِر ولم يُعْدَ له وجود أو كان مجرد خيال. ويتميز الواقع الافتراضي بالقدرة على التجول داخل النموذج ثلاثي الأبعاد بحرية تامة، ومشاهدته من مختلف الزوايا تماماً كما لو كان حقيقياً، مع إمكانية إضافة المؤثرات البصرية والسماعية والمعلومات المكتوبة والمرئية التي تزيد من متعة وجاذبية هذا المحتوى وقيمة العلمية. ولتعزيز هذه التأثيرات تتحقق بالمنظومة عدة معدات فرعية يمكنها أن تقرب للمستعمل الإحساس بواقعية البيئة الافتراضية بدرجات متفاوتة. وأبرز هذه المعدات: خوذات الرأس التفاعلية (HMD) والتي يتم ارتداؤها ورؤيتها البيئات الافتراضية من خلال شاشات مثبتة داخلها، بحيث تتغير زوايا الرؤية بمجرد تحريك الرأس، لذلك فهي تحقق مستوى عالي من الاندماجية Immersive. كذلك قد يتم الاستعانة بما يُعرف بالكهوف الافتراضية Virtual Caves، وهي حجيرة صغيرة يتم عرض البيئة الافتراضية على جدرانها بواسطة شاشات عرض أو أجهزة إسقاط تعمل مع بعضها البعض بشكل متكامل، بحيث تبدو الصورة للمستعمل كما لو كانت بيئه حقيقة. وذلك بالإضافة إلى أنظمة الصوت المحسنة، والتي تزيد الإحساس بواقعية البيئات الافتراضية، نظراً لأنها تبث الأصوات من مختلف الاتجاهات حسب المشاهد التي يتم عرضها.



ويتم التفاعل مع هذه البيئات بصور مختلفة، فبالإضافة إلى وسائل الإدخال التقليدية كلوحة المفاتيح والفأرة، يمكن استخدام أدوات أخرى مثل قفاز التحكم Data Glove، والذي يلبس في اليد ويكون متصلًا بالكمبيوتر، بحيث يقوم برصد حركات الأصابع واليد نفسها ويترجمها إلى أوامر معينة للكمبيوتر وفقاً لطبيعة البرنامج المستخدم معه. كذلك تم تطوير وسائل متقدمة للحركة داخل البيئة الافتراضية والتفاعل معها، أهمها دواسات الحركة متعددة الاتجاه Omni-directional Treadmill،

وهي مشاهة تسمح للشخص بالتحرك والسير في أي اتجاه وهو في مكانه، لتنبيح المستخدم التفاعل مع البيئة الافتراضية والتجول داخلها بقدميه والاندماج فيها بكل جسمه كأنها حقيقة تماماً. أيضاً تم تطوير أدوات أخرى يمكنها أن تنقل للمستعمل الإحساس بالحرارة أو الملمس بل وأحياناً الرائحة، وتسمى بوسائل الإحساس التفاعلية Tactile Feedback Facilities، والتي تهدف إلى توصيل إيحاء زائف بملمس العناصر الافتراضية، عن طريق تطبيق قوى ضغط واهتزازات وحركات باستخدام قفازات أو بدلة مستشعرات أو مقود أو ما شابه ذلك.



وقد استخدمت البيئات الافتراضية لأول مرة في مجال التراث عندما تم تصميم جولة افتراضية ثلاثية الأبعاد 3D Virtual Tour لقلعة دودلي في إنجلترا Dudley Castle كما كانت تبدو في عام ١٥٥٠، وذلك لصالح المتحف البريطاني. بحيث يمكن التفاعل معها والسير خلالها افتراضياً، بالاستعانة بالكمبيوتر وتأثيرات الليزر. وقد قام بتصميم هذا المشروع المهندس البريطاني كولين جونسون، وافتتحته الملكة إليزابيث الثانية رسمياً في يونيو ١٩٩٤. ثم توالي بعد ذلك تصميم الجولات الافتراضية المرتبطة بالتراث، والتي تم تصميمها إما للأغراض السياحية أو التعليمية أو الترفيهية أو الثقافية.

وفي مصر قام مجموعة من الخبراء في تسعينيات القرن العشرين بعمل محاكاة رقمية لمقبرة نفرتاري بالأقصر، وذلك في برنامج على الحاسوب يمكن عرضه بصورة مجسمة على شاشة كبيرة، بحيث تتيح للمشاهد التجول الافتراضي داخل المقبرة بشكل يماثل في متعته ودقته وواقعيته التجول الحقيقي. وكان من أهم الأساليب التي دعت إلى القيام بذلك هو التأثير السلبي للمس ولأنفاس السائحين وتذبذب الرطوبة النسبية على الرسوم الجدارية للمقبرة. ومن ثم كان التوثيق الرقمي للمقبرة حلاً فعالاً يتيح رؤيتها والتجول فيها والاستمتاع بنقوشها دون الإضرار بها نتيجة للمكوث فيها لمدد طويلة أو بأعداد كبيرة.

٤-٧ - تقنيات العرض ثلاثي الأبعاد 3D Display Devices

تقنيات العرض ثلاثي الأبعاد 3D Display هي الوسائل القادرة على توصيل الإحساس بالبعد الثالث وإعطاء صورة مجسمة للمشاهد سواء كان هذا التجسيم حقيقياً أو نوع من الخداع البصري. ويمكن استخدام هذه الأساليب في عرض الأفلام والصور والبيئات الافتراضية المرتبطة بالتراث المعماري، لإضفاء قدر كبير من الواقعية والإبهار والإقناع على هذه العروض، ولتبدي وكأنها حقيقة. ومن أبرز هذه الوسائل العرض الثنائي المجمس



Stereoscopic View. وتعتمد الفكرة الأساسية لهذا النوع من الصور (سواء كانت ثابتة أو متحركة) على فكرة عمل عيني الإنسان، أو مبدأ الرؤية المجسمة Stereopsis، حيث أن وجود عينين للإنسان وليس عين واحدة هو الذي يساعد على إدراك البعاد الثالث، نظراً لأن كل عين منها ترى مشهدآً مختلفاً طفيفاً عن الآخر. وعلى هذا الأساس يتم عمل هذه الصور المجسمة عن طريق عرض صورتين متداخلتين لنفس المشهد إدراهماً تم التقاطها من زاوية مختلفة بشكل بسيط عن الأخرى، بحيث يتم بواسطة تقنيات معينة مثل ارتداء نظارات خاصة أو شاشات

معينة أو خوذات للرأس فصل هذه الصورة المداخلة وعرض لقطة واحدة فقط بالنسبة للعين الواحدة، بحيث ترى العين اليمنى إحدى اللقطتين بينما ترى العين اليسرى اللقطة الأخرى. ثم يقوم مخ الإنسان بعد ذلك بترجمة هاتين اللقطتين إلى صورة تعطي الإحساس بالتجسيم.

كما توجد تقنيات أخرى أكثر تقدماً للعرض ثلاثي الأبعاد تعتمد على استخدام الضوء وقوانين البصريات. أبرزها العروض الهولوغرافية بأنواعها Holographic والعروض الفراغية Volumetric وغيرها. وتتميز هذه الأساليب بأنها أكثر وواقعية وإنقاضاً وتقرب بشدة من مظهر الأجسام الحقيقية. لكن برغم أن بعضها تحقق بالفعل ويستخدم في المتاحف إلا أن بعضها الآخر (الأكثر واقعية) لا يزال قيد البحث والتطوير داخل المعامل.



٥-٧ الواقع المدمج (المعزز) Augmented Reality

الواقع المدمج AR هو تقنية تقوم بإدخال رسومات الكمبيوتر والعناصر الافتراضية والنماذج ثلاثية الأبعاد على المشاهد الواقعية التي يتم التقاطها بالكاميرا للبيئة المادية الحقيقية، وذلك أثناء التصوير الحي المباشر لها، بحيث تكون هذه الرسومات المضافة ذات حساسية لمكونات الصورة المنقولة، تتأثر بأشكالها وتتغير بتغييرها. وهو لذلك يختلف عن الواقع التخييلي في أن الأخير لا يعمل على تعديل الصورة الواقعية وإنما يستبدلها ببيئة تخيلية تحاكي الواقع. وتستخدم هذه التقنية برامج التعرف على الأشكال Shape Recognition لتحديد العناصر التي يتم تصويرها في العالم الواقعي والتعرف عليها (تماثيل أو مباني أثرية أو نقاط مرجعية معينة Target Points). وب مجرد رصدها والتقاطها يتم بث المعلومات الخاصة بها أو التأثيرات المرئية المستهدفة أو الرسومات الافتراضية المطلوب إضافتها، بحيث تصبح الصورة الواقعية تفاعلية ويمكن معالجتها والتعامل معها رقمياً. وأحياناً يتشرط أن يتم تصوير العنصر من زوايا معينة حتى يمكن التعرف على شكله بسهولة وبدون أخطاء. ويتم تطبيق هذه التقنية عادةً بالاستعانة بخوذات الرأس أو النظارات أو أجهزة الكمبيوتر والهواتف المحمولة المتطرفة iPhone, iPad or Smartphones وغيرها. وتستخدم هذه التقنيات عادةً في العروض المتحفية والواقع الأثري والسياحية لتوفير المعلومات عن الأثر وإضافة بعض التأثيرات الافتراضية عليه (كتخيل شكله في المراحل التاريخية التي مررت عليه أو إضافة عناصر بشرية افتراضية إليه أو أي محتوى آخر) وذلك في نفس اللحظة وبأسلوب ينسم بالسرعة والجاذبية.

٦-٧ تقنيات تحليل الصور الرقمية Digital Image Processing

ظهرت هذه التقنيات وتطورت لملائحة التقدم السريع في تطبيقات الاستشعار عن بعد، ولتحقيق سرعة ودقة تحليل الصور الفضائية الملقطة من الأقمار الصناعية، وذلك لأغراض البحث عن الموارد الطبيعية والمعادن وأماكن المياه الجوفية وتجمعات البرتول والتقصي عن الآثار المندثرة والغارقة والمدفونة، وغير ذلك. ودراسة اكتشاف التغيرات Change Detection Study C.D.S تطبيقها عن طريق لغات البرمجة المختلفة. وهي تستخدم في المجالات التي تتطلب مقارنة صور نفس الأشياء بفارق زمني معين أو على مدار فترة محددة، مثل دراسة آثار الكوارث الطبيعية، وتحليل معلومات أقمار التجسس عن تحركات الجيوش، وتحليل صور الشواطئ والصفاف لدراسة معدل تأكلها، ودراسة معدلات الزحف العمراني على الرقعة الزراعية،

وما شابه ذلك. وفكرة المقارنة في كل هذه الاستخدامات هي أنه إذا تطابقت نقاط الصورتين (القديمة والأحدث) يقوم البرنامج بتحديد المساحات التي لم يحدث فيها تغيير بلون معين، أما في حالة وجود اختلافات فيقوم البرنامج بتحديدها بلون آخر أو إصدار رسالة تحذيرية أو أي إجراء آخر يتفق مع الهدف من البرنامج.

ويمكن استغلال هذه الفكرة في العديد من الجوانب المرتبطة بمجال الحفاظ الأثري. حيث يمكن مثلاً تصوير الأثر وعمل نسخة افتراضية منه سنويًا أو شهرياً أو قبل وبعد أعمال الترميم، بغرض الفحص الدقيق له والتقييس الدوري على حالته. لتحديد مدى تأثيره بعوامل التعرية والرطوبة والكوارث الطبيعية، ورصد مظاهر التدهور التي قد تعيشه أولاً، وقياس معدلات الهبوط، أو درجة تزايد الشروخ واتجاهها، أو مدى اتزان العناصر المعمارية أو تغير زوايا ميلها، أو تقييم أعمال الترميم للتأكد من صحتها، أو التثبت من عدم سرقته أو فقد أو اختفاء أي عنصر من عناصر المنشآء، أو غير ذلك من التطبيقات الهامة التي يمكن إجراؤها بشكل سريع ودقيق للحفاظ على القيمة الأثرية والتاريخية للمبني.

٧-٧ - تطبيقات تتعلق بالجوانب الجغرافية والجيولوجية المرتبطة بالتراث الأثري

نظم المعلومات الجغرافية هي وسيلة تعتمد على استغلال الحاسوب الآلي في تجميع ومعالجة وعرض وتحليل البيانات المرتبطة بموقع جغرافية، وذلك لاستنتاج معلومات هامة منها تساعد في اتخاذ القرارات الصحيحة بشأنها. وتستخدم هذه التقنية في مجال التراث المعماري في العديد من التطبيقات، أبرزها تسجيل الموقع الأثري والمبني التاريخية على مستوى المدن والأقاليم والدول وما يرتبط بذلك من بيانات. بحيث تكون متاحة لعمليات الاستفسار والاستعلام Query الخاصة بقواعد هذه البيانات Data Base، مع إمكانية مشاهدتها والتحليل الإحصائي لها والمعالجة البصرية لخرائطها وصور الأقمار الصناعية الخاصة بها، وغير ذلك من الإمكانيات والتطبيقات التي تقييد في تفسير المعلومات وحساب المؤشرات ووضع الاستراتيجيات لأعمال الحفاظ وإعادة التأهيل والارتقاء.

وترتبط بهذه الوسيلة العديد من التقنيات الأخرى التي يمكن أن تتكامل معها لتحقيق أهداف الحفاظ المعماري والسياحة الأثرية والدعائية الثقافية والدراسات التاريخية. أبرزها نظام تحديد المواقع الجغرافية التقاضي Differential Global Positioning System. وتنقسم هذه التقنية فقط في حالة العمل في موقع أثري كبرى المساحة ومتراوحة الأطراف. حيث يتم خلالها تحديد إحداثيات هذه المواقع والنقط المختلفة بطريقة دقة وسرعة بالاستعانة بالأقمار الصناعية. وهذا النظام يخضع للتطوير والتحسين الدائم، لرفع درجة دقة تحديد الموقع، وإتاحة العمل بكفاءة في الأماكن التي لها ظروف خاصة مثل وسط المدينة وتحت جذوع الأشجار الكثيفة وحتى داخل الأبنية. وباستخدام هذه التقنيات يمكن تحديد موقع العناصر الأثرية بدقة، وتوثيقها بكفاءة، وربطها بنظم المعلومات الجغرافية، واستغلالها في العرض الأثري والإرشاد السياحي.

كذلك توجد تقنية أخرى مفيدة في مجال الآثار، خاصة المندثرة والمدفونة، وهي تقنية (استكشاف طبقات الأرض بواسطه الرادار) GPR. وهي Ground-penetrating radar. وهي تقنية تستعين بالأشعة الكهرومغناطيسية والمجوّات الصوتية للكشف عن طبيعة وخصائص الطبقات المختفية تحت سطح الأرض على أعماقها المختلفة. ومن خلال الإشارات المنعكسة عن هذه الموجات يمكن تحديد سمات العناصر والأجسام المدفونة تحت سطح الأرض،

وكذلك الشروخ والشقوق، وتغيرات المواد المكونة للفترة الأرضية، وغير ذلك من الأمور التي يمكن الاستعانة بها في اكتشاف شكل الأطلال الأثرية وبقايا الحوائط والمنشآت المندثرة، بل ومن كملة أبىدت ودفت لمئات السنين تحت طبقات الأرض تنتظر من يكشفها وينقب عنها. وتميز هذه الوسيلة بأنها لا تحتاج في بحثها عن الآثار إلى القيام بأعمال حفر كبيرة يمكن أن تسبب إتلافاً للموقع التاريخية أو العناصر الأثرية الموجودة فيها، وما يستتبعه ذلك من جهد ضخم وتكاليف هائلة قد لا تسفر عن أي اكتشافات. حيث يمكن بواسطة هذه التقنية تحديد أماكن هذه الأطلال بل ورسم تصور كامل عن شكلها ومساحتها وأبعادها وخصائصها لاتخاذ القرارات المناسبة بشأنها.



٨. النتائج

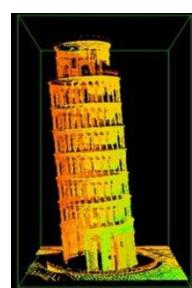
في ضوء ما سبق يتضح أن للتكنولوجيا الرقمية دوراً إيجابياً في المجالات المرتبطة بالتراث المعماري والحفظ الأثري، كذلك فإن لها أيضاً دوراً سلبياً كأي تقنية أخرى، ويمكن إجمال أهم هذه الإيجابيات والسلبيات فيما يلي:

١-٨ - إيجابيات استخدام التكنولوجيا الرقمية في منظومة الحفاظ

يتبلور الدور الإيجابي الذي يمكن أن تقوم به التكنولوجيا الرقمية في منظومة الحفاظ في سبعة محاور رئيسية، هي:



١-١-٨ إمكانية التوثيق الدقيق للتراث المعماري القائم: عن طريق أجهزة المسح ثلاثية الأبعاد والتصوير الرقمي وبرمجيات النمذجة لعمل تسجيل معماري دقيق لجميع المبني الأثري والتاريخية الممكنة، بغرض توفير مكتبة شاملة وأرشيف رقمي متكامل للتراث المعماري في كل بلد، وفي مختلف المراحل الزمنية الهامة التي مررت عليها، وذلك لللاستعانة به بعد ذلك في أعمال الحفاظ وللأغراض العلمية والثقافية والسياحية. ويتميز هذا النوع من التوثيق بسرعة وشموليته ودقته مقارنةً بأساليب التسجيل اليدوية التقليدية.



٢-١-٨ خدمة مشروعات الحفاظ والترميم: حيث يمكن للتكنولوجيا الرقمية أن تسهم بدور فعال في جميع مراحل مشروعات الحفاظ بدءاً من الدراسات التمهيدية والبحوث الأولية، ومروراً بالرفع الماسحي والتسجيل المعماري الدقيق للوضع الراهن قبل وأثناء وبعد أعمال الحفاظ، وانتهاءً بإعداد التصريحات المقترنة والمخططات اللازمة والعمل على تفويتها ثم تقييمها في النهاية. وتقيد المراحل الأولى للتوثيق في اكتشاف وتحديد مظاهر التلف والتدeterioration المختلفة التي أصابت المبني التاريخي، وفحصها وتحليلها بشكل دقيق. أما مراحل التوثيق التالية فتزيد (من خلال مقارنتها بما سبقها) في تقييم مدى صحة وسلامة الخطوات والإجراءات والقرارات المتخذة، والتأكد من نجاحها في تحقيق أهدافها، وعدم تأثيرها سلباً على القيمة الأثرية والتاريخية لمختلف عناصر المنشأ، وتعديلها أو التراجع عنها إذا ثبت أنها تشكل تهديداً للمبنى. كذلك يفيد التوثيق الرقمي الدوري في أعمال الصيانة المنتظمة لما تتميز به هذه التقنية من دقة وسرعة في جمع البيانات واستخراج النتائج.

٣-١-٨ الدراسات البحثية والفحوص العلمية: تتيح الأجهزة الرقمية والبرمجيات المتعددة من القدرات التي يمكن استغلالها في البحث والتنقيب عن الآثار، أو فحص ودراسة المشكلات الخاصة بالحالة الإنسانية والمعمارية للمباني التاريخية، أو استكشاف خصائصه وقيمة الأنثربولوجية والفنية، ومواطنه قوته وضعفه، واختبار الفرضيات المتعددة المرتبطة بشكله في العهود الماضية، أو طريقة بنائه وتنفيذها وأسلوب نحت التماثيل وعمل النقوش، والمقارنة بينها، وتحديد أنساب القرارات التي يمكن اتخاذها بشأنه، وأفضل الاستعمالات التي تتلاءم معه، إلى غير ذلك من الأبحاث التي يسهل إجراؤها عن طريق المحاكاة التخييلية للمنشاً أو التحليل الرقمي لعناصره.



٤-١-٨ التجسيد الافتراضي للتراث المعماري المندثر: يساعد هذا النوع من المشروعات على إشباع روح الفضول لدى الإنسان للتعرف على شكل الأزمنة الغابرة، واستعادة الصفحات المفقودة من سجل التاريخ البشري. ليس فقط فيما يختص بالآثار التي اندثرت تماماً ولم يعد لها وجود، وإنما أيضاً بالآثار التي لا تزال قائمة، من خلال استرجاع الأشكال الأصلية لها وتخييلها كما كانت تبدو في الحقب المثلالية من تاريخها. فلا يمكنفهم عمران الحضارات البائدة على الوجه الصحيح من خلال بقايا أثرية غير مكتملة، وإنما يجب أن نراه كما كان يراه أبناء هذه الحضارات كي ندرك أبعاده ومحدوداته بصورة أعمق. بالإضافة إلى القدرة على تجسيد السمات غير المادية المرتبطة بالأثر، مثل الطقوس والاحتفالات وسلوكيات المستعملين وطرق استخدام المبني، وهو ما يفيد في فهم دوافع التصميم وإدراك التأثيرات العميقية وغير المباشرة للثقافة على العمران.

٥-١-٨ تطوير أساليب العرض المتحفي والأثري: تفيد التقنيات الرقمية في الارتفاع بطرق العرض في المتاحف التراثية والمعارض التاريخية، بل والموقع الأثري نفسه ومرافق المعلومات الملحة بها، والسفارات والشركات السياحية والمؤسسات الدعائية وغيرها. حيث يمكن مثلاً عمل جولات افتراضية Virtual Tours في هذه الأماكن (باستخدام تقنيات الواقع الافتراضي أو الواقع المدمج) لتوصيل المعلومات للزوار بصورة جذابة ومقنعة تتنسم بالإبهار والمتعة والقدرة على محاكاة الواقع بكفاءة عالية. وتشكل هذه الجولات أحياناً بديلاً معقولاً للأماكن الحقيقية، في حالة ما إذا كانت هذه الآثار بعيدة جداً، أو يتعدد وضعها داخل المتاحف لكبر حجمها، أو اندثرت ولم تعد متاحة، أو يراد التعرف على شكلها الأصلي في الحقب الزمنية المختلفة التي مررت بها، أو يفضل عدم ارتياحها لأسباب أمنية أو تقنية أو لاحتمال انهيارها أو تأثيرها سلباً بهذا النوع من الزيارات، كما هو الحال مع بعض المقابر الفرعونية، والتي قد تتضرر بها الزيارات المتكررة والأفواج المتتالية من الزائرين، مما قد يؤثر على كفاءة النقوش والألوان بسبب بخار الماء المتتصاعد وأضواء آلات التصوير.

٦-١-٨ الأغراض التعليمية والثقافية والدعائية: أصبح استغلال النماذج ثلاثية الأبعاد في عرض وتحليل تاريخ العمارة والفنون وسياسات الحفاظ أمراً ضرورياً. حيث تتيح هذه التقنيات إمكانية رؤية أي مبنى أثري والتجول فيه سواء كان قائماً أو مندثراً، وسواء داخل البلاد أو خارجها. وتفحص تفاصيله ومقارنتها ببعضها البعض، وتحليل أساليب إنشاء وطرق البناء، دون الحاجة إلى الذهاب إلى المبنى نفسه، أو السفر إلى المنطقة التاريخية بعينها، وما قد يستلزم ذلك من وقت وتكلفة قد لا تكون متوفرة في كثير من المؤسسات

التعليمية. وفي بعض الحالات يمكن استغلال هذا المحتوى الرقمي لتصميم ألعاب إلكترونية جادة Serious Games للأغراض التعليمية والدراسية والترفيهية. أيضاً فإن الإنترن特 وفر للدارسين والهواة إمكانية الحصول على معلومات عن الأثر على أعلى قدر من الكفاءة والجاذبية، ودون الحاجة إلى التحرك من أماكنهم. وهو ما شجع العديد من الجامعات والمنظمات العالمية إلى تبني إنشاء موقع إلكترونية للتراث العالمي تتضمن صور ومعلومات ورسومات ثنائية وثلاثية الأبعاد حقيقة أو افتراضية، كأرشيف رقمي يتيح للراغبين إمكانية الاستمتاع من منازلهم بملامح هذا التراث دراسته وتحليله والاستعanaة به في درساتهم ومقاليthem ويشجعهم على الزيارة الفعلية له.



٧-١-٨ الاستنساخ وإعادة الإنتاج: عند عرض بعض العناصر أو القطع الأثرية الدقيقة في الهواء الطلق أو في الميدان أو الفراغات العمرانية أو المعارض المفتوحة أو حتى موقعها الحقيقة قد يؤدي ذلك إلى تعرضها للتلف أو الضرر بسبب العوامل الجوية المحيطة بها، كما قد تتعرض أيضاً للسرقة أو النهب أو التخريب. لذا قد يتم اللجوء أحياناً إلى نقل هذه العناصر الهامة (التي عادةً ما تكون تماثيل أو جداريات) إلى بيئه أكثر ملاءمة يمكن التحكم فيها لحفظ على الأثر (المتحف)، ثم إعادة إنتاج هذا الأثر Reproduction أو استنساخه Replication لعمل نسخة مطابقة منه ووضعها في هذه الأماكن بدلاً من الأصل. وتقييد التكنولوجيا الرقمية كثيراً في هذا الصدد، حيث يمكن الاستعanaة بها في عمل نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد للأثر، ثم استخدامه في عمل النسخة عن طريق إنتاجها بالطبعات ثلاثية الأبعاد مثلًا 3D Printers، والتي تستطيع تحويل النموذج الرقمي إلى مجسم مادي حقيقي (بنفس الحجم أو أصغر) بنفس دقة وسهولة طباعة الصور الملونة على الورق.

٨-٢- سلبيات استخدام التكنولوجيا الرقمية في منظومة الحفاظ

كما أن للتكنولوجيا الرقمية دور هام في حل المشكلات المرتبطة بالتراث المعماري وتحقيق أهداف الحفاظ وتطوير أساليبه، إلا أن لهذه الأداة عيوب أيضاً يمكن تلخيص أبرزها فيما يلي:

٨-٢-١ برغم ما ي带来的 النماذج الرقمية والبيئات الافتراضية من درجة اتقان عالية إلا أنها تعطي فقط إيحاءً قريباً من الواقع لكنها ليست بدليلاً عنه. إذا أنها مهما وصلت من تطور تقني قد لعب الماضي والإحساس بالمكان الأصلي Aura of the past and sense of place. وبالتالي فهي ليست بقيمة البناء المادي الفعلى، لكنها يمكن أن تقترب من بعض خصائصه وتتخاذ بعض مظاهره وصفاته الخارجية وتحل بعض مشكلاته.

٨-٢-٢ برغم أن النسخة الرقمية ليست بقيمة البناء الفعلى لكنها تحقق درجة عالية من الجاذبية والإبهار والإقناع أكثر من أساليب الرسم التقليدية، نظراً لما تتضمنه من مؤشرات بصيرية وسمعية وحسية، وما تحويه من معلومات ومعارف، وما تتميز به من قدرة على التفاعل مع المستخدم، بالإضافة إلى إمكانية نشر كل هذا على أوسع نطاق عن طريق الإنترنست. لذا فإن تأثيرها الثقافي والوجداني يقترب من تأثير المبنى التاريخي الحقيقي. بل ربما يفوقه أحياناً، إذ أن المبنى التاريخي الحقيقي لا يوجد منه سوى نسخة واحدة في مكان محدد، وبالتالي فإن تأثيرها مرتبط بمكانها وبكل من زارها وشاهدها فعلياً. أما

الصور والرسومات والنسخ الرقمية للأثر فإنها يمكن أن تنتشر بسرعة هائلة وعلى أوسع نطاق بفضل تطور وسائل الإعلام والاتصال، ومن ثم فإن تأثيرها لم يعد مقيداً بمكانها الأصلي أو يمن رآها في الواقع فقط، وإنما تجاوز ذلك ليضم سكان العالم أجمع، وأي خطأ أو تشويه أو تزييف لهذا المحتوى قد يسبب مشكلات ثقافية معقدة.

٣-٢-٨ برغم ما تقدمه التكنولوجيا الرقمية من إمكانات هائلة في مجال إحياء التراث المنشد، وتجسيده بصورة تخيلية للأغراض الثقافية والتعليمية والسياحية، إلا أن هذه الطفرة يمكن أن يكون لها أثراً سلبياً إذا ما استخدمت عن قصد أو بدون قصد في نشر تصورات مغلوطة أو اجتهادات خاطئة أو احتمالات غير موثوق فيها بشأن الملامح المفقودة والجوانب المجهولة من التراث المعماري. وتزداد حساسية هذا الموقف إذا ما ارتبط الأمر بصراعات سياسية أو جدل ثقافي أو خلافات فكرية تتعلق بالحقوق التاريخية للشعوب في أراضيها ومنجزاتها الحضارية. حيث يصبح لمشروعات الإحياء الرقمي حينئذ دور فعال ومحوري في التأثير على الرأي العام، نظراً لما تتمتع به هذه التقنية من قدرة على الإبهار والإقناع والانتشار على أوسع نطاق.

٤-٢-٨ مع أن انتشار المحتوى الرقمي المرتبط بالتراث المعماري على الإنترنت قد يشكل دعاية جيدة للحضارة التي أنتجته، إلا أنه يمكن أن يتسبب في انتهاء حقوق الملكية الفكرية لهذا التراث، وقد ينعكس هذا الأمر على مستوى الجنب السياحي للبلاد التي تملك هذا التراث في المستقبل، فالبديل يمكن أن يكون موجوداً في كل مكان، صحيح أنه ليس كالأصل في قيمته لكن له تأثير لا يمكن تجاهله.

٥-٢-٨ سهلت التكنولوجيا الرقمية كثيراً عمل العناصر الأثرية المقلدة، إلا إن الإفراط في استنساخ الآثار الموجدة أو تقليد التماثيل والمنشآت التاريخية القائمة بدون سبب وجيه أو هدف واضح قد يفقد الأصل قيمته وتفرده مع الوقت. فعندما تصبح نسخ الأثر موجودة وممتدة في كل مكان قد يقلل هذا من تفرد الأصل وندرته وتميزه ورونقه. كذلك قد يضر بالسياحة الأثرية، حيث تقل تدريجياً جاذبية المواقع والمنشآت التاريخية الأصلية، فالنسخ المقلدة متوفرة وقريبة وقد لا يمثل العيق الحقيقي للأثر أي أهمية بالنسبة لكثير من الزوار الذين سيكتفون بمشاهدة النسخة القريبة بدلاً من الأصل البعيد. أيضاً قد يؤدي الإفراط في هذا التقليد إلى الكثير من الخلط والتشوش عند غير المتخصصين، ويفتح الباب للتزييف والاجتهادات الخاطئة بينهم، ويعمق فكر النفل والاقتباس لديهم بدلاً من التجديد والإبداع والاختراع.

٩. الخلاصة والتوصيات

اهتمت هذه الدراسة بإلقاء الضوء على الدور الذي تلعبه التكنولوجيا الرقمية في المجالات المرتبطة بالتراث المعماري، حيث تم استعراض أبرز التقنيات وثيقة الصلة به، بدءاً من أجهزة المسح والتوثيق ثلاثي الأبعاد، ومروراً ببرمجيات النمذجة، وببيانات الواقع الافتراضي، والواقع المدمج، وأساليب العرض ثلاثي الأبعاد، وانتهاءً بتقنيات تحليل الصور الرقمية، ودراسة اكتشاف التغيرات، ونظم المعلومات الجغرافية، وتحديد المواقع، واستكشاف ما تحت سطح الأرض. ومن خلال هذا الاستعراض تم تحديد أهم الجوانب الإيجابية التي تميز استخدام التقنيات الرقمية في منظومة الحفاظ. حيث تبين أن دور هذه التقنيات يتبلور في سبعة محاور رئيسية هي توثيق التراث المعماري القائم، والمساهمة في أعمال الحفاظ والترميم، والدراسات البحثية والفحوص العلمية،

والتجسيد الافتراضي للتراث المعماري المندثر، وتطوير أساليب العرض المتحفي والأثري، واستنساخ العناصر الأثرية، وأخيراً الأغراض التعليمية والثقافية والدعائية. كذلك تبين أنه إلى جانب هذه المميزات توجد بعض السلبيات، أبرزها ا فقدان التمثيل الرقمي للتراث لعِقَد التاريخ والإحساس الأصلي بالمكان الحقيقي، واحتمالية شيوع وانتشار التصورات المضللة والاجتهادات الخاطئة بشأن الملامح الموجودة أو المندثرة من التراث، مما قد يؤثر سلباً على الرأي العام في القضايا السياسية المرتبطة بالتراث المفقود، وقد يؤدي شيوع هذا المحتوى الرقمي إلى تسهيل انتهاك حقوق الملكية الفكرية للمنجزات الحضارية الخاصة بكل شعب، كما يسهل عمل النسخ المقلدة من الأثر بأعلى درجة من الدقة والإتقان، مما قد قد يُسبب خلطاً لدى غير المتخصصين ويُفقد الأصل مع الوقت تفرده وتميزه وندرته ويضر بالسياحة الأثرية.

لذلك توصي الدراسة بضرورة استغلال هذه السلبيات والإيجابيات في وضع ضوابط ومعايير متكاملة لمجال التمثيل الرقمي للتراث Digital Heritage، وتحديد السياسات والاستراتيجيات العامة للمجال سواء على المستوى العالمي أو المحلي، بما يكفل تحديد أهدافه بوضوح، وتعظيم الاستفادة من إمكانات التكنولوجيا الرقمية ومميزاتها وتلافي عيوبها وسلبياتها قدر الإمكان. كما ينبغي أيضاً العمل على صياغة دلائل إرشادية Guide Lines منظمة ومدروسة وتنسم بالمرنة لكل تخصص من تخصصات هذا المجال، وذلك لتحديد أهدافه وشروطه وأولوياته ومحاذيره، وضمان استغلال التقنيات المرتبطة به على أفضل نحو ممكن، واتباع أحسن السبل والمناهج التي تحقق له أعلى درجة من الدقة والأمانة العلمية. وهو ما يستلزم إجراء المزيد من الدراسات والبحوث في كل تخصص من هذه التخصصات على حدة، لمحاولة تحديد مشكلاته والتوفيق بين جوانبه المتعارضة، وصياغة مناهجه وضوابطه ومواطيقه الأخلاقية بصورة سليمة.

المراجع:

- 1) Alan Kirby, 2009, Digi-Modernism, How New Technologies Dismantle the Postmodern and Reconfigure Our Cultural, The Continuum International Publishing Group Inc., New York.
- 2) Kalay, Y.; Kvan, T.; and Affleck, J. (Ed.). 2008. New Heritage: New Media and Cultural Heritage. New York: Routledge.
- 3) Hemsley, J.; Capellini, V.; and Stanke, G. (Ed.). (2004). Digital Applications for Cultural and Heritage Institutions. Great Britain: Ashgate.
- 4) Cameron, Fiona; Kenderdine, Sarah. (Ed.). (2007). Theorizing Digital Cultural Heritage. Cambridge: The MIT Press.
- 5) MacDonald, Lindsay; (Ed.). (2008). Digital Heritage: Applying Digital Imaging to Cultural Heritage, New York: Elsevier.
- 6) Barber, D.; Mills, J.; (2007) 3D Laser Scanning for Heritage: Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture. School of Civil Engineering and Geosciences, Newcastle University, UK.
- 7) Sanders, D. H.; (2008). Case Studies from the Portfolio of a long-time Practitioner. Archaeological Institute of America. www.archaeology.org/online/features/virtualheritage
- ٨) أشرف جعفر، (٢٠٠٤)، استخدام تقنيات الواقع الافتراضي في التسجيل الأثري ثلاثي الأبعاد التفاعلي للمقابر الفرعونية، مجلة البحث الهندسي بكلية الهندسة بشبرا
- ٩) أشرف جعفر، (٢٠٠٥)، تقييم مراحل تدهور الآثار عبر الزمن والحكم على جودة أعمال الترميم باستخدام أساليب الواقع الافتراضي، مجلة البحث الهندسي بكلية الهندسة بشبرا.