دور التقنيات الرقمية في ترميم وصيانة النحت الجداري بمعابد الكرنك

The Role of Digital Technologies in the Restoration and Conservation of relief Sculptures in the Karnak Temples

أ.د/ عبدالمؤمن شمس الدين القرنفيلي

أستاذ النحت الفراغي والميداني وعميد كلية الفنون التطبيقية, جامعة بنها

Prof. Dr. / Abdelmoamen Shams El-din El-karanfeily

Professor of space and field sculpture and dean of the faculty of applied arts, Benha University

Abdelmoemen.abdelkhalek@fapa.bu.edu.eg

أ.م.د/ ساره عبدربه محمد عبده

رئيس قسم النحت والتشكيل المعماري والترميم, كلية الفنون التطبيقية, جامعة بنها

Ass.prof. Dr. / Sara A.Abdoh

Head of the Department of Sculpture, Architectural Formation and Restoration, Faculty of Applied Arts, Benha University

S.mohammed@fapa.bu.edu.eg

م/ شروق حسني سعيد مصطفى مرعي

معيدة بقسم النحت والتشكيل المعماري والترميم, كلية الفنون التطبيقية, جامعة بنها

Shrouk Hosney Said Moustafa Marey

Demonstrator in the Department of Sculpture, Architectural Formation and Restoration, Faculty of Applied Arts, Benha University

Shrouk.hosni@fapa.bu.edu.eg

ملخص البحث

تُعتبر معابد الكرنك من الآثار الفريدة والمهمة التي تحمل بين جدرانها لغة تاريخية وفنية تمثل جزءًا حيويًا من التراث المصري , فهي مركز ثقافي وديني رئيسي في العصور القديمة، حيث تعكس هذه المعابد تطورًا تاريخيًا غنيًا وتنوعًا في العمارة والفنون, وهو ما يظهر بشكل ضخم خاصةً على أعمال النحت الجداري التي تزين كافة حوائط وأعمدة ذلك المعبد الكبير والتي تروي الحكايات والأحداث التي مر بها الملوك والآلهة على مر العصور, فتلك النقوش هي الوثائق الأساسية لفهم تاريخ وحكايات بناء وتطور المعبد والقصص الدينية والحربية المختلفة لملوكه وآلهته.

ولذلك كان لهذه الأعمال الجدارية أهمية لا تُقدر بثمن, ولذلك أيضًا يُشكل إندثار تلك الجداريات وتعرضها للتلف خطرًا كبيرًا يهدد القيمة الجمالية للمعبد كما يهدد إندثار القصص التي توثقها تلك الأعمال الجدارية. ولكن نظرًا للمواثيق الدولية التي تحول بين المرمم وبين نسب التدخل في الأعمال الآثرية فنجد أنفسنا عاجزين أمام ترميم أو استكمال تلك الجداريات للحفاظ على قيمتها الآثرية, ولهذا كان لابد من التوصل إلى حلول أخرى تؤدي إلى الحفاظ على تلك الجداريات دون المساس الفعلي لها.

ونظرًا لأن التطور التكنولوجي يؤثر على كافة المجالات ويساهم بشكل كبير في خدمة الإنسان, فقد جاء التقدم التكنولوجي ليُقدم للترميم تقنيات جديدة يستطيع تطويعها لتحقيق أهدافه, فنتج عن ذلك التطور ظهور النحت الرقمي وملحقاته. ونظرًا للارتباط الوثيق بين مجاليّ النحت والترميم فنتج عن ذلك ظهور ما يعرف بالترميم الافتراضي.

ومن هنا فإن هذه الدراسة تسعى لتقديم محاولات لإعادة إحياء بعض أعمال النحت الجداري داخل مجموعة معابد الكرنك التي تعرضت للتلف حتى تحميها من الإندثار عن طريق إعادة تشكيلها مرة أخرى ببرامج النحت الرقمي وترميم التالف منها افتراضيًا حتى تصبح في أقرب صورة لحالتها الأصلية والذي يفيد أيضًا في توثيقها توثيقًا آثريًا افتراضيًا لا يندثر. هذا إلى جانب محاولة الدراسة للوصول إلى حلول وأفكار مختلفة لعرض وتقديم النموذج المعاد ترميمه افتراضيًا.

Abstract

The Karnak temples stand as unique and significant monuments, encapsulating a historical and artistic narrative that forms an integral part of Egypt’s cultural heritage. As one of the major cultural and religious centers of ancient times, these temples reflect a rich historical evolution and diversity in both architecture and the arts. This is especially evident in the relief sculptures that adorn the walls and columns, depicting stories and events experienced by kings and gods throughout the ages. These inscriptions serve as primary records, offering insight into the history of the temple's construction, its development, and the religious and military exploits of its rulers and deities.

The importance of these reliefs is immeasurable, and any damage to them poses a serious threat not only to the aesthetic value of the temple but also to the historical narratives they convey. However, international conventions prohibit restorers from making direct interventions on archaeological works, leaving us with the challenge of preserving these invaluable scenes without physically altering them.

Technological advancements, which impact a wide array of fields and contribute significantly to humanity, have introduced new techniques to the realm of restoration. One such advancement is the development of digital sculpture, closely tied to the fields of sculpture and restoration, leading to the emergence of virtual restoration.

This research aims to explore methods of reviving some of the damaged relief scenes within the Karnak temple by reshaping them digitally through advanced sculpture programs. The goal is to virtually restore these reliefs as closely as possible to their original state, thereby protecting them from deterioration while creating a form of virtual archaeological documentation that endures over time. Additionally, the researcher seeks to propose various solutions and ideas for displaying and presenting the virtually restored models

مشكلة البحث:

كيف يمكن استخدام التكنولوجيا في إعادة إحياء أعمال النحت الجداري أو صياغة تخيل أقرب إلى ما كانت عليه قبل تعرضها للتلف دون إتمام صيانة فعلية لها ؟

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في:

١- محاولة لإحياء ما تم فقده من أعمال النحت الجداري والحفاظ عليها من الإندثار.

٢- المساهمة في خلق صياغات بنائية أقرب لواقع صور النحت الجداري القديم.

٣- إلقاء الضوء على التقنيات الحديثة المستخدمة في مجال الترميم الافتراضي.

أهداف البحث :

١- تطويع التقنيات الحديثة في عمل نماذج تصميمية للترميم الافتراضي لأعمال النحت الجداري بمعابد الكرنك.

٢- استخدام التكنولوجيا وتقنيات الترميم الافتراضي لترميم وإحياء أعمال النحت الجداري بمعابد الكرنك.

منهج البحث :

يتبع البحث المنهج التاريخي والمنهج التطبيقي.

الكلمات المفتاحية :

الترميم الافتراضي , الفورموتوجرافي , المسح الرقمي , الواقع الافتراضي , الواقع المعزز

المقدمة

ارتبط مجالي النحت والترميم ببعضـــهما منذ القدم، حيث زاد اهتمام العلماء بصـــيانة وترميم القطع النحتية والمباني الأثرية كلما زادت قيمتها. وهذا التطور في مجال النحت أثر بالتبعية في تطور علم الترميم، وصـــولاً إلى أحدث تقنيات النحت الرقمي. ففن النحت، كأقدم الفنون البشـــرية، تطور مع العصـــور بفضـــل تطور الأدوات والمعدات. ومع التطور الســـريع للتكنولوجيا، ظهرت تقنيات النحت الرقمي التي أضـــافت إمكانيات ومعالجات نحتية جديدة وغير مســـبوقة، تجمع بين العلم والأساليب التقليدية. وبذلك يمكننا وضع تعريف لمفهوم النحت الرقمي بأنه:-

النحت الرقمي هو فن يتم فيه اسـتخدام البرمجيات التي تُقدم الأدوات اللازمة للنحت والتي تُظهر العمل النحتي كما لو كان مصـــنوعًا من مادة حقيقية مثل خامة الطين وهو أحد نواتج الإبداع والتطور التكنولوجي التي ســـاعدت على إطلاق فكر النحات الإبداعي للمزيد من التجربة والتعبير.

ويمكن القول أيضًا بأنه تعبير فني استُحدث في مطلع النصف الثاني من القرن العشرين والذي يمكن من خلاله تنظيم العلاقة بين الكتلة والفراغ داخل الحاسب الآلي كوسيط إبداعي والأجهزة والتطبيقات المتخصصة من أجل إنتاج نمذج ثلاثية الأبعاد في واقع افتراضي أو لإنتاج نماذج واقعية من خلال استخدام تطبيقات تتحكم في معدات وآلات التشكيل في الخامات المتنوعة.

ولما كان الترميم موضوع اهتمام الباحثين منذ القدم، بدءاً من المصريين القدماء الذين قاموا بترميم تمثال أبو الهول، وتطور الترميم ليشـمل اسـتخدام المواد الكيميائية. ومع ظهور التكنولوجيا الحديثة، نشـأ مفهوم الترميم الافتراضـي، الذي يعتمد على برامج تكنولوجية حديثة مثل النمذجة ثلاثية الأبعاد لاســتكمال الأجزاء المفقودة من القطع الأثرية. هذه التقنيات تتيح إخراج التصـاميم الرقمية إلى الواقع باسـتخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وماكينات CNC , فقد أحدث ظهور الترميم الافتراضـي إلى حدوث طفرة في مجالي الترميم والتوثيق، مما يسهم في الحفاظ على الآثار إلى الأبد.

الإطار النظري للبحث :

الترميم الافتراضي

هو علم نتج عن الثورة التكنولوجية للنحت الرقمي والمسح الضـوئي وتكنولوجيا الحاسب الآلي حيث وفروا لنا إمكانية عمل تصـورات كاملة لعمليات الصـيانة والعلاج والحصـول على رؤية مسبقة لآثر تلك العمليات داخل واقع افتراضـي عن طريق برامج الحاسب الآلي حيث يمكننا بعد ذلك التيقن من ناتج التدخل الترميمي و مظهره قبل تطبيقه على أرض الواقع.

ومن أشهر برامج النحت الرقمي والتي يمكن استخدامها في الترميم الافتراضي :-

زي- براش (Z-Brush) :-

برنامج Z-Brush يُعد عملاق النحت الرقمي، ويستخدم لإنتاج شخصيات مجسمة بدقة عالية، ويجمع بين النحت ثلاثي الأبعاد والبعدين ونصف. هو الأكثر شعبية بين مصممي النحت الرقمي، ويستخدم في إنشاء منحوتات شديدة التعقيد وكثيرة التفاصيل. يدخل البرنامج في إنتاج الأفلام والألعاب، يتيح البرنامج أيضًا إمكانية توصيله بأجهزة الإنتاج المختلفة مثل الطابعات ثلاثية الأبعاد وماكينات الCNC .

شكل (١) يوضح جداريات نحت بارز ببرنامج Z-Brush

ومما ماسبق يتضح لنا أهمية النحت الرقمي وتقنياته في مجالات عديدة حتى أصبح ذو شأن وأهمية كبيرة وآثر على المجالات المختلفة, أما عن أهمية النحت الرقمي في مجال الترميم فيندرج تحت النقاط التالية :-

١- تحقيق الاستنساخ الآثري دون الحاجة إلى التعامل المباشر مع الآثر أو إلى القوالب ودون تعريضه لأي مخاطر وكذلك إمكانية إنتاج أعداد غير محدودة من النسخ للقطعة الآثرية بنفس الجودة الأصلية دون الإخلال بأي من تفاصيلها,وهو ما يعرف بِـ **(الفورموتوجرافي)**.

٢- السياحة الرقمية حيث أصبح بإمكاننا عرض الصور الرقمية للآثار سواء قطعة محددة أو موقع كامل أو حتى إعادة بناؤه في العالم الإفتراضي لعرضه على السياح داخل متحف رقمي. وانتشرت المتاحف الرقمية مؤخرًا ومن أمثلتها متحف اللوفر الرقمي.

شكل(٢) متحف اللوفر الرقمي

٣- تسجيل وحفظ التراث الثقافي العالمي حيث ساهمت تقنيات النحت الرقمي وكذاك المسح الرقمي في خلق بيانات رقمية ثلاثية الأبعاد عالية الدقة للتراث بهدف حفظها على المدى البعيد وإتاحة نسخ رقمية منها يمكن إجراء الدراسات والبحوث عليها وكذلك حفظها إلى الأبد في سجلات رقمية وإمكانية تداولها بسهولة.

٤- الإستفادة من تقنيات المسح الرقمي والنحت الرقمي في إمكانية إعادة خلق الأجزاء التي تم فقدها من بنية الآثر رقميًا للحفاظ عليه من الهدم والإندثار لتحقيق الترميم الافتراضي.

كثيرًا ما تعرضت عمليات الترميم الأثري لانتقادات بسبب الأضرار التي ألحقتها بالقطع الأثرية. وغالبًا ما يتم التركيز على الآثار ذات البناء المتكامل، حتى وإن كانت أقل قيمة حضـــارية من المعالم الأثرية المفقودة أو المنهارة. هنا تأتي أهمية الترميم الافتراضـــي، الذي يعيد الحياة للآثار دون المســاس المباشــر بها، مما يحافظ على مبدأ الأصــالة ويحقق التوثيق التاريخي. في عصر الرقمنة، تُسجل حالة الآثار بدقة، مما يساعد في رصد التغيرات التي تطرأ عليها. يتطلب ذلك تعاون الحرفيين الرقميين والماديين لاستخدام التكنولوجيا والمهارات اليدوية معًا لحفظ التراث الثقافي باستخدام البرامج الحاسوبية وأجهزة الإخراج ثلاثية الأبعاد.

ومن أهم ملحقات النحت الرقمي التي ساهمت في مساعدة المرمم أجهزة المسح الضوئي" التي يستخدمها للحصول على نسخة رقمية من القطع الأثرية. تتيح أجهزة المسح ثلاثي الأبعاد للمُرمم نقل الأشكال المجسمة إلى الحاسوب بطريقة سهلة وسريعة، مما يسهل عملية الترميم الافتراضية حيث يتم تحليل الكتلة الحقيقية إلى مجموعة نقاط لبناء نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد.كما تُستخدم ماكينات النمذجة الرقمية لتحويل التصميمات الافتراضية إلى نماذج واقعية باستخدام تقنيات التصنيع بالحاسب، مثل التحكم الرقمي CNC والطابعات ثلاثية الأبعاد. فتُعد هذه الأدوات مثالية للنمذجة ولها تطبيقات واسعة في مجالات متعددة كالفضاء والنحت والطب.

وقد انتشر استخدام الترميم الافتراضي في كافة أنواع القطع الآثرية ومنها ترميم المنسوجات الآثرية افتراضيًا. ومن الأمثلة التي اســـتخدمت تقنيات الترميم والأجهزة الحديثة في المنحوتات ثلاثية الأبعاد ما قامت به مجموعة من الباحثين بإعادة إعمار بعض النماذج الفنية القيمة في مدينة (سانت بطرسبرج) حيث قاموا بترميم النماذج التالية:-

١/ تمثال "حواء عند ينبوع الماء"

إحدى الدراســات التي تمت على أســاس الترميم الافتراضـــي كانت إعادة إعمار تمثال فُقد بالكامل من مزرعة ســيرجيفيكا الواقعة في سانت بطرسبرج- روسيا نتيجة الحرب الوطنية الكبرى، تمثال من الزنك في القرن التاسع عشر يصوّر "حواء عند ينبوع المياه"، وتم اكتشــاف قطعه تحت الأرض أثناء أعمال البناء في عام ٢٠٠٧. كانت هذه القطع متناثرة بشــكل لا يســمح بتنفيذ إعادة إعمار هذا التمثال باســتخدام الأســاليب التقليدية.ولكن تمكنوا من إعادة تجميع التمثال باســتخدام تقنية المســح الثلاثي الأبعاد بالليزر والمحاكاة الحاســوبية والطباعة ثلاثية الأبعاد ، مما ســمح للجمهور بالتعرف على مظهر التمثال الأصلي.

شكل (٣) يوضح أجزاء من التمثال يميناً و النسخة يسارًا بعد الترميم

٢/ استكمال نجمة صغيرة من الحديد الزهر

كان النموذج عبارة عن نجمة صغيرة (١٠ سم) من الحديد الزهر والتي تُعتبر عنصرًا زخرفيًا في سياج القبر لدير القديس ألكسندر نيفسكي في سانت بطرسبرج – روسيا. والتي كانت تعاني من التدهور الشديد بسبب التآكل وقد فقدت بعض العناصر الصغيرة. فقد تم إعادة إنشاء عناصر فردية من النجمة باستخدام مزيج من التقنيات الحديثة. فقاموا أولًا بتحليل التركيب الكيميائي للنجمة ثم قاموا بإزالة التآكل من سطح النجمة باستخدام تقنيات التنظيف بالليزر، ونفخ الرمل، والمعالجات الكيميائية.شكل **وبعد ذلك قاموا بعملية المسح ثلاثي الأبعاد للحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد للنجمة باستخدام الماسح الليزري Konica Minolta V-910 وبعد ذلك تم نمذجة الشعاع المفقود للنجمة بواسطة برنامج Zbrush. ثم قاموا بطباعتها ولصقها بالنجمة الرئيسية.

شكل (٤) على اليمين صورة توضيحية لحالتها المتدهورة ويساراً النجمة بعد استكمال الجزء المفقود ببرنامج Z-Brush

بعض التقنيات التي تساعد في تحقيق الترميم الافتراضي :-

أولاً :- تقنيات الواقع المعزز Augmented reality (AR):-

الواقع الافتراضي (VR) هو تقنية تأخذ المستخدم إلى بيئة جديدة غير الواقع المتواجد به في الحقيقة، حيث تمنحه البرمجيات الشعور بواقعية الوجود في هذه البيئة. أما الواقع المعزز (AR)، فهو يجمع بين العناصر الافتراضية والواقع الحقيقي، مما يسمح للمستخدم برؤية الكائنات الافتراضية في الوقت الحقيقي في البيئة المحيطة به.

في مجال الترميم الافتراضي، يسهم استخدام الواقع المعزز في تعزيز فهم المستخدمين للآثار التالفة والثقافة عبر التفاعل مع بيئة افتراضية تمثلها. يمكن استخدام هذه التقنية بشكل فعّال دون الحاجة إلى معدات مكلفة، لكن لها قيودها مثل ضعف شدة الضوء الذي يؤثر على دقة التتبع ويجعل من الصعب تسجيل النماذج الثلاثية الأبعاد بشكل صحيح.

استخدام الواقع المعزز في مجال الترميم الافتراضي:-

يساعد نظام الترميم الافتراضي القائم على AR المستخدمين على إدراك المنحوتات التالفة بشكل مميز والتعرف على الثقافة من خلال التفاعل مع بيئة افتراضية أعيد بناؤها. يمكن استخدام هذا النظام دون الحاجة إلى معدات باهظة الثمن ، لأنه لا يلزم سوى أجهزة حوسبة شائعة. ومع ذلك ، من بين هذه النتائج الإيجابية ، فإن النظام له حدوده ، حيث يمكن أن تظهر المشكلات عندما تكون شدة الضوء ضعيفة ، مما يؤثر على مستوى دقة التتبع ويجعل تسجيل النموذج ثلاثي الأبعاد المعاد بناؤه أمرًا صعبًا.

وكنموذج على تطبيق تكنولوجيا الواقع المعززAR في مجال الترميم الافتراضي "استعادة تمثال في الكنيسة السوداء – براسوف (رومانيا) باستخدام تقنيات الواقع المعزز"

تعرضت الكنيسة لعدة كوارث واستعرق ترميمها ما يقرب من ١٠٠ عام ونتج عن ذلك دمار التماثيل الخارجية للكنيسة ولذلك قاموا ب استخدام تقنية النمذجة الرقمية استنادًا على الصور لإنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للنحت التالف بمساعدة برامج الكمبيوتر, ثم قاموا باستخدام عدة تطبيقات تدمج التصور ثلاثي الأبعاد للتمثال مع مبنى الكنيسة باستخدام تقنية AR فأصبح بإمكان المشاهد تصور التمثال (النحت الافتراضي) في موقعه الأصلي باستخدام الكمبيوتر اللوحي أو الكمبيوتر المحمول.

شكل (٥) يوضح استخدام تقنيات الواقع المعزز والكمبيوتر اللوحي لرؤية التمثال المفقود في موقعه الأصلي

وبين الواقع الافتراضي والواقع المعزز يوجد ما يسمى بالواقع المختلط MR Mixed Reality وهو نظام يجمع العالم المادي مع البيئات الافتراضية والمعلومات الرقمية, والهدف منه ربط الأشياء المادية والافتراضية.

ومن أمثلة استخدام الواقع المختلط في مجال الآثار ما قام به باحث الماجستير (رامي حماد) حين أقام أول تجربة بحثية بعنوان (واقع مختلط على نظاره هولوجرام للإرشاد المتحفي) من خلال مرشد سياحي افتراضي. ففكرته عباره عن نظارة يرتديها الزائر ويرى من خلالها الملك توت عنخ آمون يتحرك داخل قاعته الظهور داخل القاعة الخاصة بأغراضه، ويتجول معه ويسرد للزائر تاريخه، ويظهر فى المشهد آلهة فرعونية وحراس، كما يمكن تحريك التماثيل واستكشافها ومشاهدة صور وفيديوهات خاصة بالقطع المتحفية.

شكل(٦) يوضح أحد الزوار وهو يشاهد بالنظارة تجربة توت عنخ آمون

ثانيًا: تكنولوجيا الهولوغرام :-

الهولوغرافيا هي تقنية تستخدم الليزر لإنتاج واقع افتراضي ثلاثي الأبعاد. تتألف الكلمة من "هولو" بمعنى الكل و"غرافيا" بمعنى الرسم، وتشير إلى تصوير ثلاثي الأبعاد يظهر في الفضاء عبر تسجيل إحداثيات معقدة للمناطق الشفافة والمظلمة. الهولوغرام هو صورة ثلاثية الأبعاد تتكون باستخدام الليزر وتُخزن على سطح مستوٍ يُدعى اللوحة الهولوغرافية. عند إضاءة هذا السطح بشعاع ليزر مشابه للشعاع الأصلي، يمر الشعاع من خلال المناطق الشفافة ويتم امتصاصه في المناطق المظلمة، مما يخلق صورة مركبة تشبه الصورة الأصلية.

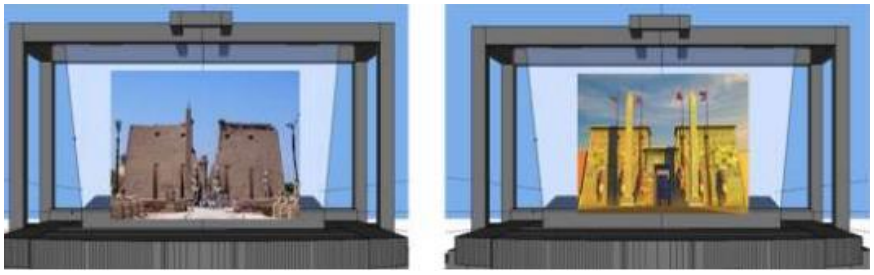
نموذج على استخدام الهولوغرام في مجال الترميم الافتراضي :-

وقد تم استخدام الهولوغرام لإنشاء نموذج افتراضي لمعبد الأقصر في حالته الأصلية، حيث قاموا بإنشاء صورة هولوغرافية لهذا النموذج على موقع المبنى الأثري الأصلي. بحيث تتطابق الصورة الافتراضية مع واجهة المعبد وتتكامل معًا كزخرفة حية لتعيد للمعبد رونقه الأصلي, وقد اتبعوا الخطوات التالية لتنفيذ المقترح :-

١- إعداد نسخة افتراضية من المبنى الأثري في شكله الأصلي بعد إجراء عمليات الترميم للأجزاء المفقودة افتراضيًا ليظهر كما كان في وقت بنائه باستخدام برنامج 3D Max.

٢- استخدام أجهزة العرض (البروجيكتور) لنقل الصورة الافتراضية إلى شاشة بيضاء مسطحة.

٣- بناء مسرح على بعد ١٠ أمتار من الواجهة(والتي أبعادها ٢٣.٦ ارتفاع ٦٤x م عرض) أبعاده (٢.٣*٦.٤ م) وتجهيز مقاعد للزوار على بعد ١٠ أمتار منه ثم وضع جهاز العرض والشاشة البيضاء عموديًا بحيث لا تصبح مرئية للجمهور ثم قاموا بتزويد المسرح بثلاث طبقات من أفلام المعدن الشفافة بزاوية ميل ٤٥ درجة. تبدأ أجهزة العرض في نقل الصورة الافتراضية للواجهة التي تسقط على الشاشة البيضاء فتنعكس الصورة الهولوغرافية لواجهة المعبد على الشرائح الشفافة وحينها تتداخل الصور بين الواجهة الحقيقية والافتراضية للمعبد فنظهر للمشاهد بشكل متكامل ومتناغم.

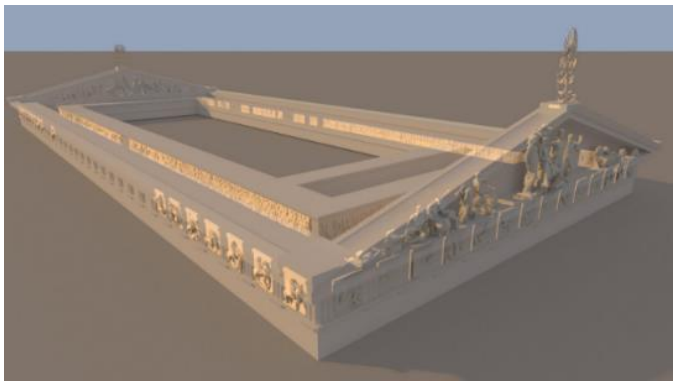


شكل (٧) يظهر واجهة المعبد قبل وبعد الهولوغرام

ثالثًا: الاستنساخ الآثري (الفورموتوجرافي):-

معبد البارثينون:-

يُعد البارثينون في أثينا أحد أقوى الرموز البصرية من العصور القديمة، رغم أنه أصبح أطلالاً وفقد معظم ثرواته. لقد شهد إعادة تشكيل، إهمال، تدمير، وتفكيك، مما أثر على تقديرنا لطبيعته الأصلية. لذلك، اتجهت الجهود لإنشاء نماذج رقمية لتماثيل البارثينون بهدف خلق تجربة افتراضية تقربنا من رؤية البارثينون كما كان في السابق. اعتمدت هذه الجهود على تماثيل متحف بازل في سويسرا، حيث تم مسح المقتنيات رقمياً، بما في ذلك الأفاريز والميتوبيس وعمود كارياتيد. شملت العملية مسحاً رقمياً وتصوير فيديو ومعالجة البيانات ودمجها لإعادة تجميع التماثيل بالبارثينون الافتراضي.



شكل (٨) يوضح معبد البارثينون بعد ترميمه افتراضيًا.

رابعًا : الطباعة على ألواح شفافة

من التقنيات التي استُخدمت أيضًا هي ترميم واستكمال الأجزاء المفقودة من الآثار افتراضيًا عبر برامج الحاسب ثلاثية الأبعاد ثم طباعتها وعرضها على ألواح شفافة مُثبتة بجوار الآثر لتكون خير ديل على حالته الأصلية مع الحفاظ على قيمته التاريخية والآثرية دون المساس الفعلي له حيث تظهر الألواح كنافذة يطل منها الآثر بماضيه المجيد.

شكل(٩) يوضح النصب التذكاري بالنمسا – كارونتوم بعد استكماله بالألواح الشفافة

وكل الطرق والأساليب التي سبق ذكرها استُخدمت لتسهيل القيام بعمليات الترميم الافتراضي , ولكن هل يمكن استكمال الأجزاء المفقودة من الأعمال الفنية والمنحوتات وترميمها افتراضيًا عبثًا دون أن تحكمنا طرق وأساليب محددة ؟! بالتأكيد لا, فالترميم الافتراضي خُلق ليتفادى المرممون به الأخطاء التقليدية ولذلك توجد عدة طُرق يمكن اتباعها للقيام بعملية الترميم الافتراضي ومنها :-

أولا: الترميم بالمشابهة

تعتمد الطريقة على إيجاد آثار مطابقة تمامًا للآثر المراد ترميمه ويكون محفوظ في حالة جيدة، حيث يتم إجراء مسح رقمي للجزء المفقود وإلحاقه بالنموذج المراد ترميمه مع مراعاة التوافق الزمني والتاريخي والشخصي. يتميز هذا النهج بأنه خالٍ من نسب التخمين والخطأ ويعتبر من الطرق الأسهل والأكثر دقة, وتتم عملية الترميم الافتراضي بالمشابهة بإتباع الخطوات التالية :-

١/ إجراء مسح رقمي للجزء المفقود من الآثر المراد ترميمه عن طريق مسح هذا الجزء من الآثر البديل المطابق له.
٢/ تصدير الصورة الرقمية إلى إحدى برامج المعالجة لمعالجتها والتأكد من مسح كافة الأجزاء والتفاصيل بدقة.
٣/ إرسال النموذج الرقمي إلى ماكينات النمذجة في حالة الرغبة في طباعة العمل أو الجزء المُرمم.

وفي حالة صعوبة إجراء عمليات المسح الرقمي فستقوم عمليات التصوير الفوتوغرامتري وبرامج النحت ثلاثي الأبعاد بالقيام بهذه المهمة عوضًا عنها واستكمال باقي الخطوات.

ثانيًا: الترميم بالاستنباط

تتمثل الطريقة في استنباط السمات الشكلية للجزء المفقود بناءً على دراسة الفترة الزمنية التي ينتمي إليها الآثر، ثم رسم الجزء المفقود رقميًا باستخدام برامج النحت الرقمي ثلاثي الأبعاد وتصديره لماكينات التحكم الرقمي. تعتبر هذه الطريقة من الطرق الصعبة التي تتطلب خبرة فنية وتشكيلية، وتعتمد على قدرة النحات على استقراء الخصائص الفنية للآثر. يمكن إتمام هذه الطريقة بإجراء المسح الرقمي للآثر ثم رسم الجزء المفقود ببرامج النحت ثلاثي الأبعاد بناءً على الدراسات المرتبطة بالآثر

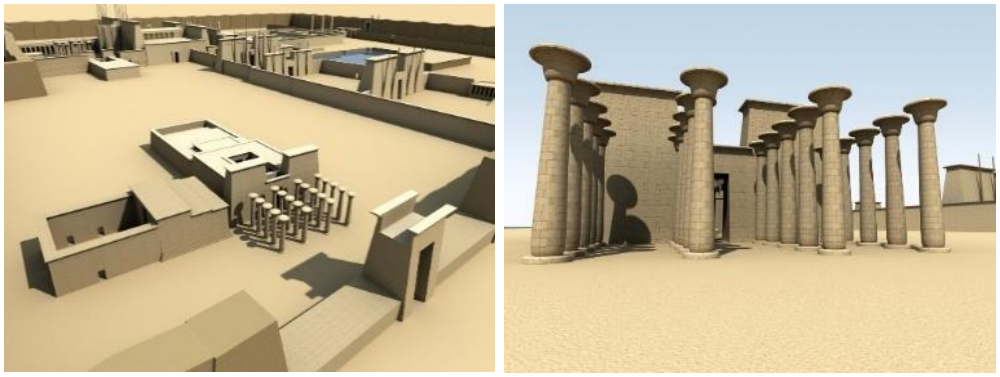
والقياسات الخاصة، أو بتنفيذ الآثر بأكمله ببرامج النحت ثلاثي الأبعاد باستنادٍ إلى الدراسات المرتبطة بالآثر والقياسات الخاصة به.

تتم عملية الترميم الافتراضي بالإستنباط بإتباع الخطوات التالية :-

١- يتم أخذ القياسات الأساسية والتفصيلية من الآثر ككل ثم المنطقة المفقودة بالتفصيل.
٢- أجراء تسجيل فوتوغرافي حيث يتم فيها أخذ صور للآثر بالكامل من كافة المساقط بواسطة كاميرا عالية الدقة ثم أخذ صور مفصلة للمنطقة المفقودة.
٣-يتم عمل مسح التاريخي للآثر لتحديد المدرسة التي ينتمي إليها ومرجعيته التاريخية.
٤-البدء في رسم الجزء المفقود بواسطة برامج النحت الرقمي ثلاثية الأبعاد, وبعد الانتهاء من نحت الجزء المفقود يكون الآثر بالجزء المفقود أصبح كاملًا داخل واقع افتراضي ويمكن تنفيذه بواسطة ماكينات التحكم الرقمي في أي وقت.

نظراً لأهمية مجموعة معابد الكرنك وقميتها الآثرية الكبيرة كما ذكرنا في الفصـــل الأول, اتجهت الأنظار نحوها دائماً لمحاولة ترميمها وتوثيق كافة التفاصـــيل الخاصـــة بها وهو ما جعل جامعة كاليفورنيا تتجه إلى تصـــميم مشـــروع رقمي لمجموعة معابد الكرنك Digital karnak وتم إطلاق هذا الموقع على الإنترنت في عام ٢٠٠٨ والذي يضـــم تصـــميمات تشبه إلى حد كبير الماكيتات ثلاثية الأبعاد ولكن بكافة التفاصيل الخاصة بمجموعة معابد الكرنك حتى الآثار التي اندثرت الآن ولا يتبقى منها سوى أطلال مثل مسلة حتشبسوت وغيرها.

وعلى الرغم من إتقان هذا المشـــروع وما يحمله من جماليات و تفاصـــيل دقيقة إلا أن هذه النماذج تفتقر أعمال النحت الجداري الذي تمتاز به في الأساس كافة أرجاء معابد الكرنك وهي النقطة التي لاقت تهميشًا كبيرًا في هذا المشروع الضخم ليصبح توثيقًا كاملاً للمعبد. فحوائط وجدران المعابد ليست كتل حجرية مصمته بلا نقوش أو أعمال جدارية.



شكل (١٠) يوضح معبد خنسو داخل مشروع Digital Karnak والتي تظهر فيه الجدارن خالية تمامًا من النقوش

فإذا تم إضافة الجداريات الخاصة بمعبد الكرنك على هذا المشروع الضخم بعد أن يتم تنفيذها بالنحت الرقمي مع استكمال الأجزاء المفقودة (قدر المستطاع) سيكون هنالك توثيق رقمي متكامل للمعبد , كما أن هذا العمل يفيد أيضا في توحيد جميع القطع المبعثرة في المتاحف حول العالم مع المعبد. ومن هُنا جاء اهتمام الدراسة بتسليط الضوء على أعمال النحت الجداري وتطبيق تقنيات الترميم الافتراضي على بعض منها بمعابد الكرنك.

التجربة العملية :

التطبيق الأول

وصف تاريخي للجدارية :-

هي عبارة عن منظر نحت جداري بارز يُزين أحد أعمدة المعبد المزدوج لتحتمس الرابع والذي يبلغ إرتفاعه حوالي ٥ أمتار وعرضه ١ متر .حيث يظهر الملك تحتمس الرابع وهو يعانق الإلة آمون, فنرى على اليمين الإله آمون–رع وهو يرتدي تاج آمون (تاج الريشتين) وهو عبارة عن تاجاً يخرج منه شكلان متوازيان، مستطيلان ودائريّا الطرف، ربما يمثلان ريشتان عظيمتان من ذيل الصقر ويرتدي اللحية الإلهية ونقبة قصيرة, وبجانبه الملك تحتمس الرابع مرتديًا التاج الأبيض تاج مصر العليا واللحية الملكية ونقبة قصيرة مُمسكًا بيده اليمنى مفتاح الحياة الأبدية "عنخ".

– زُين المنظر والنقوش بالألوان التي كان يستخدمها المصري القديم (حمراء وصفراء لجسد الملك والإله , زرقاء و خضراء لتزيين النقوش), و تشير النقوش إلى احتفال تحتمس الرابع باليوبيل (الحب – سد) وهو احتفال مصري قديم يحتفل فيه بسيادة الفرعون المستمرة لمصر.

شكل (١١) يوضح الجدارية في وضعها الحالي

وصف آثري لحالة الجدارية :

تظهر على الجدارية مظاهر التلف والفقد لمعظم أجزاؤها وهي:-

مع أجزاء من كف اليد الأيمن والأيسر للإله آمون وكذلك – معظم ملامح الإله آمون وجزء من غطاء الرأس الذي يرتديه أجزاء من الساقين.

– معظم ملامح الملك تحتمس الرابع وجزء من غطاء الرأس الذي يرتديه, منطقة الحوض ومعظم أجزاء الساقين للملك, معظم أجزاء ذراع الملك اليمنى وكف اليد الأيمن بالكامل, أجزاء متفرقة من النقوش والكتابات و جزء من بدن العمود.

طريقة الترميم الافتراضي التي استخدمتها الدراسة :

اعتمدت الدراسة على أسلوب الاستكمال بالمشابهة, حيث تفقدت الدراسة الجداريات التي تظهر على أعمدة المعبد المزدوج لتحتمس الرابع ووجدت أن اللوحات تتشابه كثيرًا في بعض الأجزاء وتتكرر باختلافات طفيفة, كما أن جميعها تعود إلى نفس الفترة الزمنية وكذلك تتمتع بنفس الأسلوب الفني المستخدم ولهذه الأسباب استخدمت الدراسة التشابه كآداة لاستكمال الأجزاء المفقودة.

شكل (١٢) يوضح بعض الأعمدة التي استعانت بها الدراسة في أسلوب الاستكمال بالمشابهة.

خطوات تنفيذ التطبيق:

المرحلة الأولى (مرحلة النحت الرقمي وإعادة بناء الأجزاء المفقودة) :-

نظرًا لصعوبة إجراء عملية مسح ليزر ثلاثي الأبعاد على النماذج المختارة فقامت الدراسة بإعداد نسخة افتراضية من الجدارية بشكلها الأصلي في وقت بنائها, ولهذا تتبعت الخطوات التالية :-

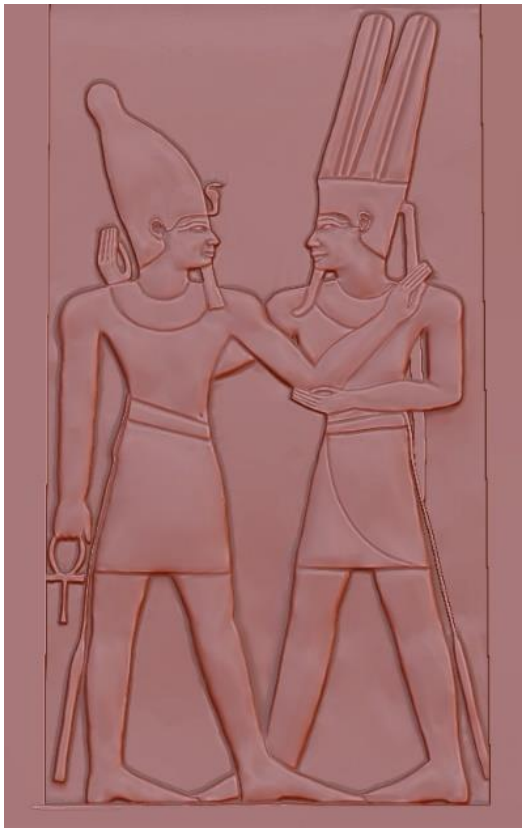
١- تم تصدير الصورة إلى برنامج Z-brush , ثم قامت الدارسة بوضع كتلة مبدئية على شكل متوازي مستطيلات بأبعاد تُحاكي أبعاد العمود الحقيقي , والبدء في إسقاط الخطوط الخارجية على أحد أوجه العمود.

٢- البدء في عملية التشكيل تمامًا كالتشكيل التقليدي بخامة الطين ولكن الآن باستخدام الطين الرقمي والاستعانة بالفرش

(brushes) والأدوات المختلفة التي يوفرها البرنامج للاستفادة منها في التشكيل للمهام المختلفة, حيث قامت الدارسة أولًا بنحت الكتل الأساسية ثم التفاصيل الدقيقة فالأدق, ومن أهم الفرش التي قامت الدارسة باستخدامها في عملية التشكيل :-

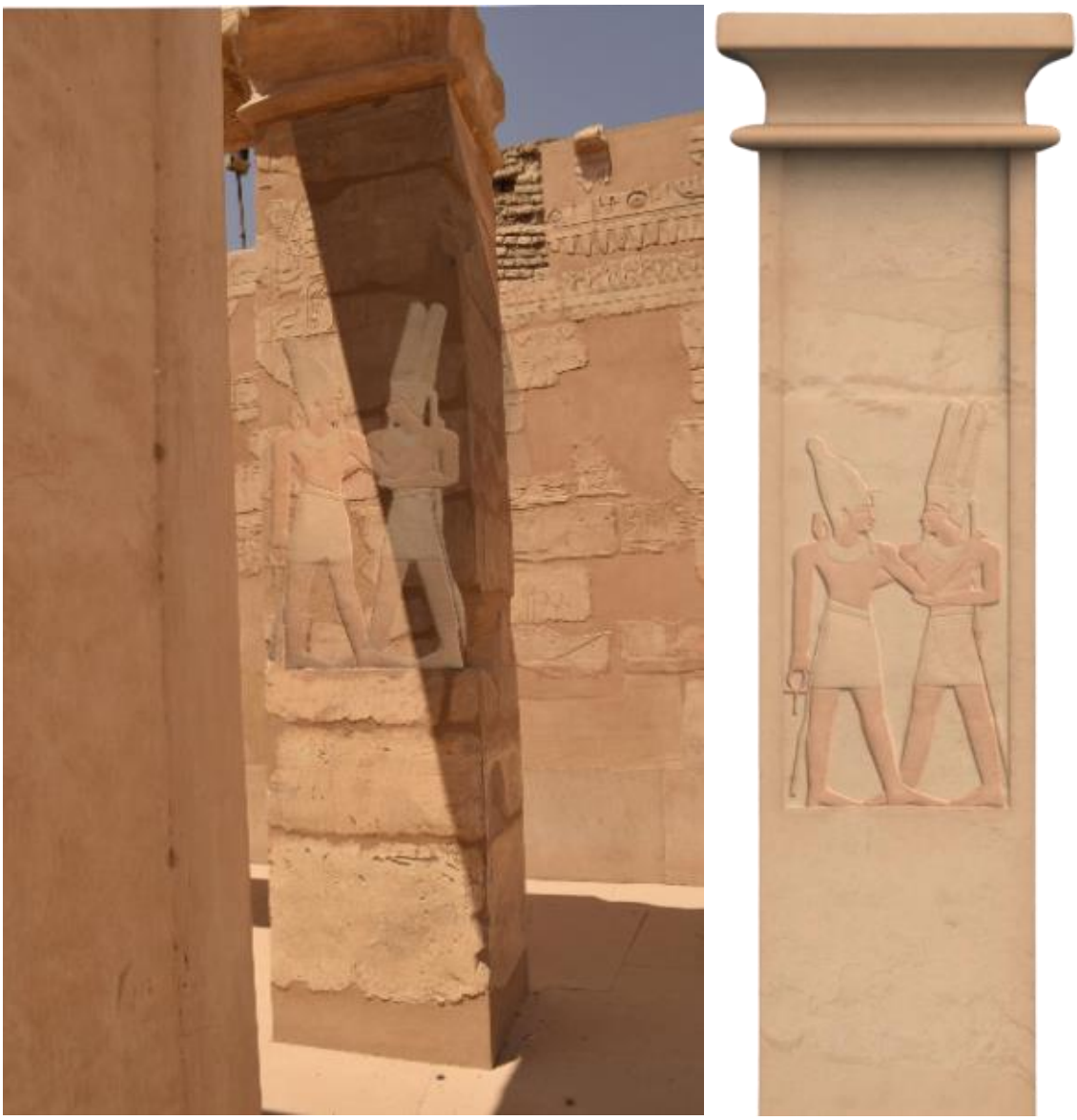
- Claybuildup :- والتي تستخدم لإضافة كتل الطين.
- move :- لتحريك الأجزاء المختلفة.
- mask :- تستخدم للتحكم في أجزاء محددة دون التأثير على أجزاء أخرى
- flatten :- تقوم بتسطيح الأسطح المرتفعة بشكل أكثر من المطلوب.
- Smooth :- فرشاة تستخدم لتنعيم الأسطح.

بعد الانتهاء من تفاصيل الجدارية تم وضع الماتريال المناسبة وإضافة الألوان ثم عمل ريندر باستخدام برنامج substance painter بعد وضع الاضاءات المناسبة.



شكل (١٣-أ) الجدارية داخل برنامج zbrush

شكل (١٣-ب) الجدارية بعد إضافة الخامة والألوان إليها



شكل (١٤أ،ب) يوضح تخيل للجدارية على العمود وكذلك بعد ترميمها داخل المعبد

٣- كما قامت الدارسة بخلق QR-Code للجدارية بعد ترميمها ليكون مرجعًا داخل المعبد ليستطيع كافة الزوار رؤيتها افتراضيًا والإطلاع على شرح مختصر لوصف الجدارية تاريخيًا.

التطبيق الثاني

وصف تاريخي للجدارية :-

شكل (١٥) يوضح الجدارية في وضعها الحالي

هي عبارة عن منظر نحت جداري بارز يُزين الصرح الثاني والذي يُعد الجدار الغربي لقاعة الأساطين.
ويظهر فيه الملك رمسيس الثاني على اليمين وهو يرتدي التاج المزدوج (سخمتي) واللحية الملكية ونقبة قصيرة,و يقدم القرابين للإله آمون الذي يظهر وهو يرتدي تاج آمون (تاج الريشتين) مسكاً بيده اليمنى مفتاح الحياة الأبدية "عنخ" ويمسك بعصا تُسمى "صولجان واس" في يده اليسرى, ويليه الإله خنسو إله القمر ويظهر ممسكًا بكلتا يديه بعصا (الصولجان) ومقمعة (الفلّاح) وخصلة الشعر الجانيسة, مرتديًا لحية منحنية مستعارة (اللحية الإلهية) وتاج على شكل هلال يعلوه قرص القمر.
– زُين المنظر والنقوش بالألوان التي كان يستخدمها المصري القديم (حمراء وصفراء وزرقاء) ولكن يصعب التعرف على كافة الألوان لضياع آثر البعض تماماً.

وصف آثري لحالة الجدارية :

في الشكل السابق تظهر الجدارية في حالتها الآن بعد تعرضها لعمليات ترميم , فهي فالشكل التالي تظهر كما كانت في شهر أبريل لعام ٢٠٢١, ومن هنا نرى أن الترميم اقتصر فقط على وضع طبقات من الملاط لسد الفجوات الكبيرة بالجدارية دون التطرق للأجزاء المفقودة من تفاصيل النحت الخاصة بالجدارية.

شكل (١٦) يوضح الجدارية قبل ترميمها عام ٢٠٢١

تظهر على الجدارية مظاهر التلف والفقد لمعظم أجزاؤها وهي:-

- معظم ملامح وجه الملك رمسيس الثاني حيث يظهر الجزء السفلي مفقود تمامًا من النقبة وكذلك الذراعان.
-أما الإله آمون فتظهر بعد التكسيرات في أجزاء من التاج وملامح الوجه والذراع الأيسر.
- كما يظهر على جسد الإله خنسو فقد في جزء منه وكذلك جزءًا من الرأس وملامح الوجه.

طريقة الترميم الافتراضي التي استخدمتها الدراسة :-

اعتمدت الدراسة على الجمع بين أسلوبي الاستكمال بالمشابهة والاستنباط, حيث تتبعت الدراسة أعمال النحت الجداري الأخرى على نفس بوابة الصرح واستخدمتها مرجعًا لاستكمال الأجزاء المفقودة.

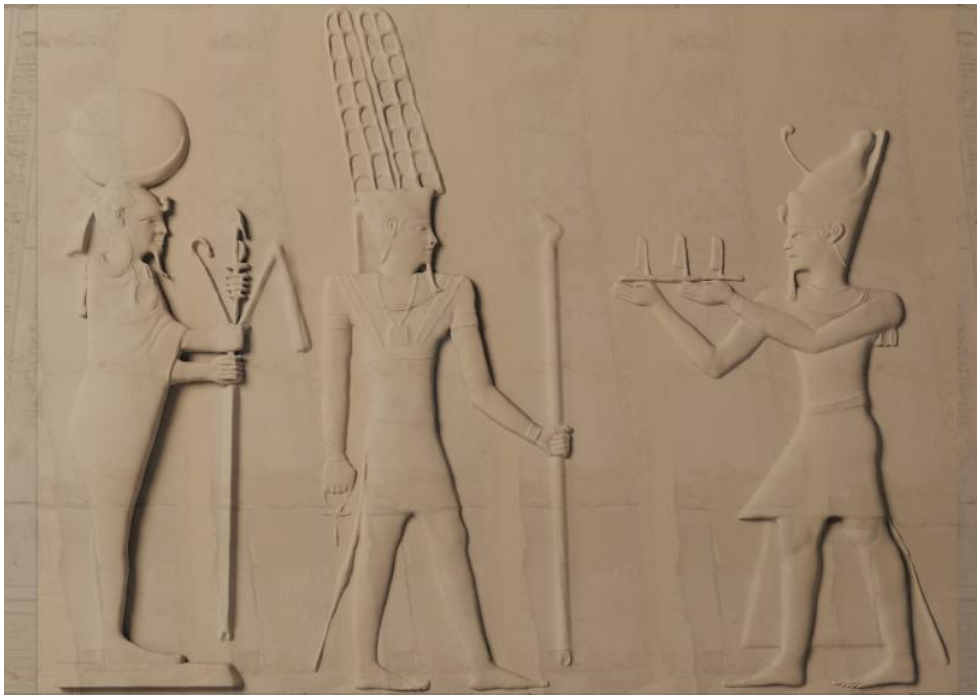
خطوات تنفيذ التطبيق:

١- تم تصدير الصورة إلى برنامج Z-brush , وقامت الدارسة بوضع كتلة مبدئية على شكل متوازي مستطيلات بأبعاد تُحاكي أبعاد الجدارية الأصلية والبدء في إسقاط الخطوط الخارجية عليها.

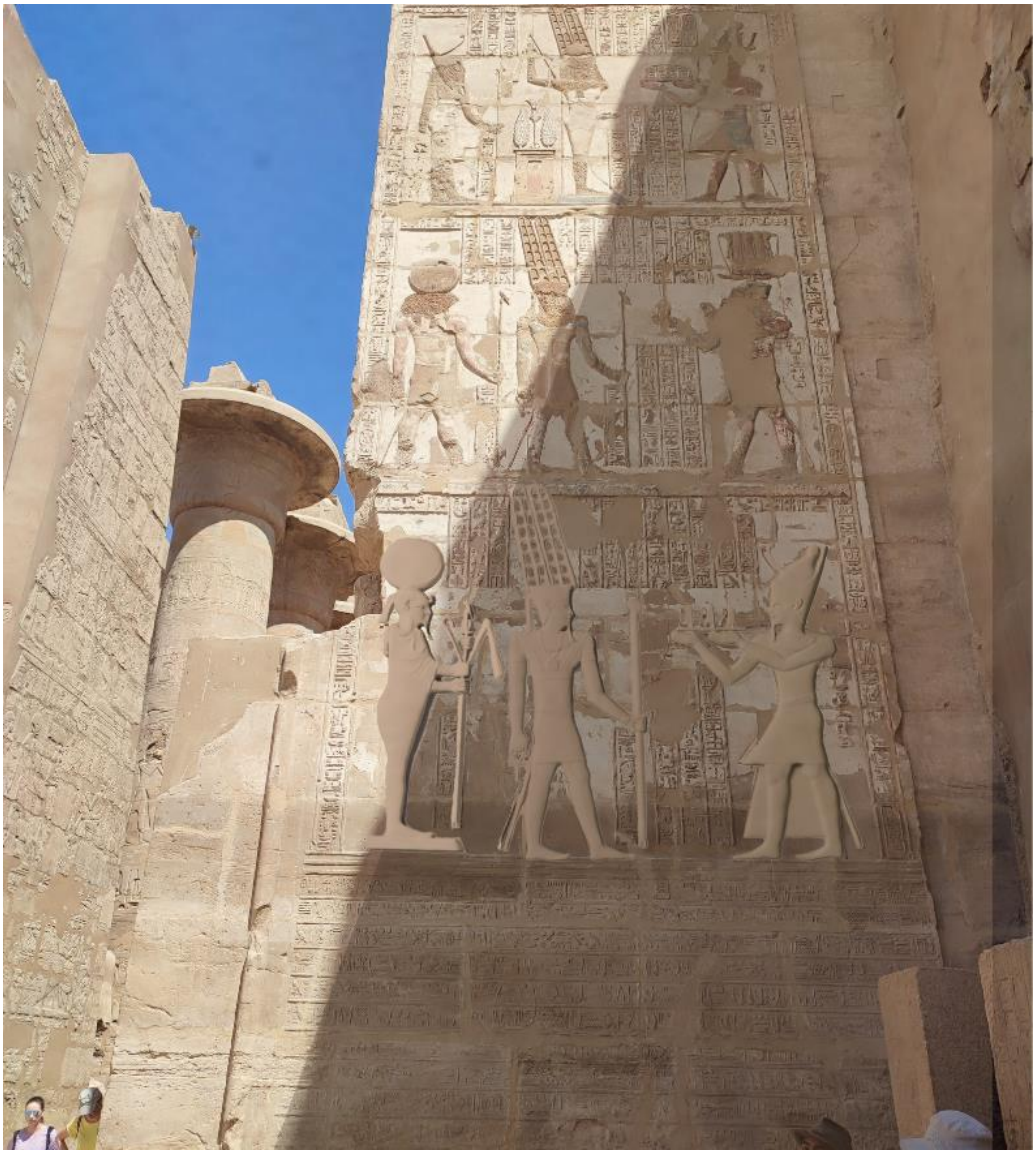
٢- البدء في عملية التشكيل تمامًا كالتشكيل التقليدي بخامة الطين ولكن الآن باستخدام الطين الرقمي والاستعانة بالفرش (brushes) والأدوات المختلفة السابق ذكرها.

٣- بعد الانتهاء من تفاصيل الجدارية تم وضع الماتريال المناسبة وإضافة الألوان ثم عمل ريندر باستخدام برنامج maya بعد وضع الاضاءات المناسبة.

شكل (١٧) الجدارية داخل برنامج z–brush



شكل (١٨) الجدارية بعد إضافة الخامة إليها



شكل (١٩) يوضح تخيل للجدارية بعد ترميمها داخل المعبد

٤- كما قامت الدارسة بخلق QR-Code للجدارية بعد ترميمها ليكون مرجعًا داخل المعبد ليستطيع كافة الزوار رؤيتها افتراضيًا والإطلاع على شرح مختصر لوصف الجدارية تاريخيًا.

النتائج والتوصيات:

وقد تمثلت نتيجة البحث في التأكيد على أن التطور التكنولوجي في محال النحت كان له قدرة عالية على مساعدة المرمم النحات على استعادة التفاصيل المفقودة للنحت الجداري لترميمه افتراضيًا بدقة عالية مما يعزز فهم المشاهد للسمات الأصلية للفن المصري القديم دون المساس الفعلي له, والذي وفر لنا أيضًا وسيلة فعالة للتوثيق والحفاظ على المعلومات من الضياع.

لذلك جاءت توصيات الباحثة كالتالي:

- تطبيق الترميم الافتراضي على مواقع أثرية أخرى لتقييم فعاليته وتطويره بشكل مستمر.
- زيادة التعاون بين المؤسسات البحثية والأثرية الدولية لتبادل المعرفة والتقنيات في مجال الترميم الافتراضي.
- التأكيد على دور النحات الرقمي في عمليات الترميم الافتراضية وتوفير الدعم الكافي له للقيام بمهامه من توثيق وترميم افتراضي للمعالم الآثرية الهامة.

المراجع العربية :

١) ابراهيم, مروان عبدالله حسين –ترميم وصيانة المنحوتات الحجرية في بعض العمائر المصرية القديمة(بحث في النشأة والتطور)– رسالة ماجستير – كلية الفنون التطبيقية–جامعة حلوان –٢٠٠٤.

1) Ibrahim, Marwan Abdullah Hussein, Tarmeem w Sayana Al-Manhutat Al-Hajariyya Fi Ba'd Al-Ama'er Al-Masriyya Al-Qadima (Bahth Fi Al-Nasha' wa Al-Tatawor), Risalat Majisteer- Kuliat Al-Fonoon Al-Tatbeeqiyya- Gamiet Helwan- 2004.

٢) ابراهيم, مروان عبدالله حسين– تعويض الأجزاء المفقودة في المنحوتات الحجرية الآثرية باستخدام تقنيات النحت الرقمي–رسالة دكتوراة– كلية الفنون التطبيقية– جامعة حلوان–٢٠٠٩.

2) Ibrahim, Marwan Abdullah Hussein- Ta'weez AlAjza' AlMafqooda Fi AlManhutat AlHajariyya AlAthariya Bi Istikhdam Taqniyat Al-Nahut Al-Raqami- Risalat Doktura- Kuliat Al-Fonoon Al-Tatbeeqiyya- Gamiet Helwan- 2009.

٣) الجريان, ندى بنت سعود بن سعد –رؤية معاصرة لفن الجداريات في ضوء التقنية الرقمية–رسالة ماجستير– كلية التربية –جامعة أم القرى–السعودية –٢٠١٣ .

3) Al-Jaryan, Nada bint Saud bin Saad- Ro'ya Mu'asira Lifan AlJudariyat Fi Daw' AlTaqniya AlRaqamiya- Risalat Majisteer- Kuliat AlTarbiyah- Jami'at Umm AlQura- Saudi Arabia-2013.

٤) السعيد, دعاء جمال محمد –النحت بين الواقع الافتراضي وفلسفة النحات المعاصر– رسالة دكتوراة – كلية الفنون التطبيقية– جامعة دمياط –٢٠١٩.

4) Al-Saeed, Doaa Jamal Mohamed- Alnaht Bayn AlWaqi' AlIftiradi wa Falsafat Alnahat AlMu'asir- Risalat Doktura - Kuliat AlFonoon AlTatbeeqiyya -Gamiet Damietta-2019.

٥) أيوب, منال هلال -الفورموتوجرافي الاستنساخ بلا قوالب في عالم النحت الرقمي ودوره في حل معوقات النحت التقليدي- بحث منشور- مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية, ع٩ -٢٠١٨.

5) Ayoub, Manal Hilal- AlFormotografi AlIstinsakh Bila Qawalib Fi 3alam AlNaht AlRaqami wa Dawru Fi Hall Mu'awqat AlNaht AlTaqleediy- Bahth Manshur - Majalat Al'Imara walFunun walUloom alInsaniyya, aladad 9 (2018).

٦) بيكي، جيمس- الآثار المصرية في وادي النيل (آثار الأقصر شرقًا وغربًا)، الجزء الثالث -ترجمة لبيب حبشي وشفيق فريد-٢٠١٠.

6) Becky, James- AlAthar AlMasriyya Fi Wadi Al-Nil (Athar Al-Luxor Sharqan wa Gharban), Juz' Al-Thalith. Tarjamah Labib Habashi wa Shafiq Farid. 2010, p70-75.

٧) جلقيل, الطيب -"الترميم الإيحائي" منهجًا لترميم بقايا المواقع الآثرية -مجلة دراسات وأبحاث -العدد ٢٥ ديسمبر - ٢٠١٦.

7) Jalqil, Al-Tayeb. "AlTarmeem AlIhayyi" Minhajan LiTarmeem Baqaya AlMawaqi' AlAthariyya- Majalat Dirasat wa Abhath- aladad 25 december2016.

٨) سمندر, أسرار عباس- الواقع الافتراضي بين العلم والفن- الاسكندرية- دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر- ٢٠٢١.

8) Smandar, Asrar Abbas- AlWaqi' AlIftiradi Bayn AlilIm walFann- Alexandria- Dar AlWafa' Ledunya AlTibaa wa Al-Nashr- 2021.

٩) عبدالحكيم,محمد محمد-النحت البارز بين الأدوات التقليدية والبرمجة الرقمية - فنون جميلة -جامعة أسيوط- بحث منشور-.

9) Abdulhakim, Mohamed Mohamed- AlNaht AlBariz Bayn AlAdawat AlTaqleediyya wa AlBarmajah AlRaqamiyya- Fonon gamila - jamieat Assiut- Bahth Manshur.

١٠) عمرو,محمد سامح - اتفاقيات اليونسكو في مجال حماية التراث الثقافي من منظور الدول العربية: "دراسة قانونية تأصيلية وتحليلية" -المجلة العربية للثقافة -ع ٥٢ -المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم -تونس٢٠٠٨.

10) Amr, Mohamed Samih- Ittifaqiyat AlYunesco Fi Majal Himayat AlTurath AlThaqafi Min Manzur AlDuwal AlArabiyya: "Dirasah Qanuniyya Ta'siliyya wa Tahliliyya"- AlMajalah AlArabiyya LilThaqafah, adad 52- AlMunazzamah AlArabiyya Littarbiyah wa AlThaqafah wa Al'Ulum- Tunis-2008.

English references

11) Abdoh, S.A. "Deformed Statues of Ramses II: A Study of Disruptive Restorations in Egypt in the 21st Century." *Conservation Science in Cultural Heritage* (July 2021).

12) Butnariu, Silviu, Alex Petre Orman, and Cristian Cezar Postelnicu. "Virtual Restoration of Deteriorated Religious Heritage Objects Using Augmented Reality Technologies." *European Journal of Science and Theology* 9, no. 2 (April 2013).

13) Parfenov, Vadim, Sergei Igoshin, Dmitriy Masaylo, Alexey Orlov, and Dzmitry Kuliashou. "Use of 3D Laser Scanning and Additive Technologies for Reconstruction of Damaged and Destroyed Cultural Heritage Objects." *Quantum Beam Science* (2022).

14) Safy El Deen, Ahmed Mohamed, and Fatma Ahmed Mohamed Hussein. "Using Hologram Technology in Constructing Virtual Scenes in Archaeological Sites to Support Tourism in Egypt." *Majalat Aleimarat Walfunun Waleulum Al'iinsania* 5, no. 20 (2020).

15) Tchou, Christopher, Nathan Yun, Philippe Martinez, Timothy Hawkins, Andrew Jones, Brian Emerson, and Paul Debevec. "Digital Reunification of the Parthenon and its Sculptures", 4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage* (2003).

16) https://digitalkarnak.ucsc.edu/ accessed 3/11/2023 3 pm

17) https://petitegalerie.louvre.fr/visite-virtuelle/saison5 / accessed 11/5/2023 11 pm

18) https://www.elbalad.news/3085597 accessed 11/12/2023 4 pm

19) https://www.facebook.com/148348001894185/posts/2443619515700344 Accessed 2/11/2023 11:39pm

20) https://www.facebook.com/reel/3598305300439555 accessed 11/1/2024 4 pm

21) https://www.instagram.com/ahmed_kamal_farag/ accessed 27/4/2024 11:39 PM

22) https://www.louvre.fr/en/online-tours#virtual-tours accessed 11/5/2023 11 pm