First Libyan International Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

ترميم وصيـانـة المبـاني الأثـرية بتطبيق تكنولوجيا النـانو والطرق العلمية الحديثة

البـاحثة 1/ أ.م. سـبنا المرضي ابراهيم حبيب الله
جـامعة بنغازي – كلـية الهندسة – القسم المدني
الايميـل / sarasara201311@yahoo.com

البـــاحثة 2/ م. سهيلة المرضي ابـراهيم الامـيـر
جامعة عمر المختار– كلية الهندسة – قسم العمارة
الايميل / suhilaelmardi@gmail.com

مستخلص البحث:

تشكل المباني الأثرية في ليبيا كنزاً حضاريا ثميناً حيث تتعرض للمشاكل البيئية والاقتصادية والاجتماعية وغيرها مما يؤثر على عمرها الافتراضي وعلى كفاءتها واستدامتها. وتكمن مشكلة البحث ان هناك قصور في كفاءة مواد الترميم المستخدمة حالياً وكذلك كثير من طرق ووسائل الترميم القديمة والتقليدية يسبب العديد منها تلف لهذه المباني الأثرية وما تحويه من لوحات فنية جداريه ، لذلك يهدف البحث لدراسة واستعراض اسهامات العلم الحديث في التطور التكنولوجي والأساليب المستخدمة في ترميم وصيانة وحماية المباني الأثرية. ويتناول البحث دراسة استخدامات وبعض مميزات وعيوب هذه الأساليب والتطبيقات وأهمها علم النانو تكنولوجي ، وقد حققت تلك التقنية فتح كبير في هذا المجال. وكذلك هناك الاساليب العلمية الحديثة الأخرى مثل تقنية والليزر والأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء واستخدامها في مجال الترميم وصيانة المباني الأثرية بأدق تفاصيلها وبالشكل الذي تعجز عنه الطرق التقليدية في تحقيق نتائج إيجابية مقارنة بالطرق القديمة. ويخلص البحث الى اهمية تطبيق هذه الاساليب الحديثة محلياً من اجل الحفاظ على الموروث التاريخي والحضاري لهذه المباني الأثرية واستدامتها وبالتالي تطور وازدهار السياحة.

الكلمات الدالة: (الترميم, الصيانة، المباني الأثرية ، النانو تكنولوجي)

1 المقدمــة:

شهدت السنوات الأخيرة تطورات علمية وتكنولوجية متسارعه ، حيث أحدثت تكنولوجيا النانو نقلة هائلة عند تحضير العلماء لمواد نانومترية جديدة يمكن استخدامها في عملية ترميم وصيانة المباني الأثرية ، كما أسهم العلم الحديث في تطور الأساليب المستخدمة في فحص وعلاج وتوثيق الآثار والمقتنيات التاريخية ، ومن هذه الأساليب والتطبيقات العلمية الحديثة في هذا المجال استخدام أجهزة الفحص والكشف على الآثار والتصوير باستخدام أشعة الليزر والاشعة تحت الحمراء والاشعة السينية، وكذلك استخدامها في تنظيف الآثار وترميمها وتعويض اجزاءها المتآكلة بأدق تفاصيلها وبالشكل الذي تعجز عنه الطرق التقليدية في تحقيق نتائج إيجابية مقارنة بالطرق القديمة.

2.0* مشكلة البحث:

في ظل الوضع الراهن أصبحت الآثار الليبية مهددة بالزوال، وعدم ترميم وصيانة المباني الأثرية من أهم الأسباب. وتكمن مشكلة البحث، ان هناك قصور في كفاءة مواد الترميم المستخدمة حالياً وكذلك كثير من طرق ووسائل الترميم القديمة والتقليدية حيث يسبب العديد منها تلف للآثار سواء كانت مباني أثرية أو ما تحويه من مقتنيات تاريخية (قطع أثرية ، لوحات فنية جداريه).

2.1* صور لنماذج بعض المبانى الأثرية الليبية التي تحتاج للترميم والصيانة:

شكل (1) القصر التركي ببنغازي

شكل (2) قلعـة طبرق

شكل (3) قصر نالوت

شكل (4) قلعـة غات

[المصدر : //archiqoo.com/sites/Libya_ar.php

[https:

2.2* صور لنماذج بعض اللوحات الفنية الجدارية الأثرية التي تحتاج للترميم والصيانة :

شكل (5) قطعة فسيفساء ليبية مهملة افيـلا سيرينا

شكل (6) قطعة من الفسيفساء مهملة – شحات

[المصدر : مجلة المدونات الليبية، (2018)]

3.0* هدف البحث:

يهدف البحث لدراسة واستعراض اسهامات العلم الحديث في تطور التكنولوجيا والمواد والطرق المستحدثة في ترميم وصيانة وحماية المباني الأثرية لتوظيف تطبيقاتها والاستفادة منها محلياً.

4.0* أهمية البحث:

يبين البحث مدى أهمية توظيف تطبيقات تكنولوجيا النانو والطرق العلمية الحديثة لأغراض ترميم وصيانة المباني الأثرية الليبية للحفاظ عليها لأكبر عدد قادم من السنوات بحالة أقرب الى الأصلية ليتمتع بها أكبر عدد من الناس والأجيال القادمة ويكونون فكرة واضحة عن الحضارات السابقة.

5.0* منهجية البحث:

أتبع في البحث المنهج الاستقرائي (الاستنباطي) ويشمل التعريف بالطرق العلمية الحديثة ودراسة استخدامات وبعض مميزات وعيوب هذه الأساليب والتطبيقات وأهمها تكنولوجيا النانو، وكذلك عرض بعض النماذج والتجارب الناجحة عربيا وعالميا في هذا المجال.

6.0* الدراسـة البحثيـة:

6.1* تعريف المبنى الأثري :

هو كل عقار أنتجته الحضارات المتعاقبة من عصور ما قبل التاريخ وحتى قبل 100 عام . ولا يحق للمالك فى حالة عدم نزع ملكية العقار استغلاله أو إحداث أى تغيير، كذلك لا يجوز هدمها على الإطلاق فى أى حال.

6.2* مفهوم ترميم وصيانة المباني الأثرية :

إن مفهوم الترميم (Restoration) هو وكما عرفها ميثاق مؤتمر فينيسيا لمنظمة الايكوموس/comos عام 1964 في المادة التاسعة منه . بأنه عملية متخصصة بدرجة عالية من التقنية هدفها حماية وكشف القيمة الجمالية والتاريخية للمباني الأثرية. وتستند تلك العملية إلى احترام المادة الأصلية والوثائق الحقيقة. كما يجب أن يكون العمل الإضافي الذي يلزم القيام به متميزاً عن التكوين المعماري الأصلي ويحمل طابعاً عصرياً, على أن تتم عمليات الترميم من خلال دراسات أثرية وتاريخية للمبنى قبل قيام عملية الترميم. وتستند عمليات الترميم إلى كافة العلوم المحيطة بالحياة بما فيها الكيمياء والجيولوجيا والبيولوجيا والعمارة والهندسة وغيرها من العلوم التي تخدم بشكل مباشر الواقع البشري وحضارته

.

أن الحفاظ على الهيكل المعماري للمباني الاثرية هو احد أهم مظاهر الحضارة البشرية حيث تختص عملية الترميم بالجزء المكمل لها وهو الحفاظ على الهيكل الإنشائي والمظهر الخارجي والداخلي وتستند بذلك إلى بحوث وتقنيات تعطي السلامة المتكاملة للكتل والهياكل للمباني وتمتد إلى تفاصيلها الجزئية . لذا فان عملية الترميم هي مجال تتداخل فيه مختلف العلوم والتخصصات مع اشتراك مختصين آخرين بعلوم أخرى لتكوين مفهوم يحيط بالهيكل إحاطة متميزة تؤدي به إلى مفهوم أخر هو الحفاظ عليه(Preservation). ومصطلح صيانة (Conservation) يعبر عن تطور ميدان ترميم وصيانة الآثار، وأصبح هذا المصطلح في الوقت الحاضر يربط بين مصطلح الحفظ (Preservation) والترميم.[1]

6.2.1* الأساليب المتبعة في ترميم وصيانة المباني الأثرية: وتنقسم الى النوعيات التالية: [2]

أ) الترميم المعماري : ويتضمن اقامة المباني الاثرية المنهارة واستبدال الاجزاء المتآكلة بمواد حديثة تتماثل مع المواد الأثرية في طبيعتها وشكلها ومظهرها ، وتكملة الأجزاء الناقصة لضرورة التدعيم او تحميل اجزاء آيلة للسقوط او ابرز خصائص معمارية ذات دلالة معينة.

ب) الترميم الهندسي : ويتضمن تدعيم وحقن وعزل الأساسات وإقامة الحوائط الساندة وصلب السقوف والأعتاب وحل المشكلات المترتبة على مياه الرشح والنشع، وغير ذلك من اعمال هندسية انشائية تضمن بقاء المباني وعدم اختلال توازنها . وفي جميع هذه الحالات يجب استخدام مواد تتلائم في خواصها الطبيعية مع المواد الأثرية وبحيث لا يترتب على استخدامها اية اضرار جانبية في المستقبل.

ج) الترميم الدقيق : ويتضمن جميع الأعمال الخاصة بملء الشقوق والفجوات وحقن الشروخ وتثبيت القشور السطحية وترميم وعلاج النقوش الجدارية والزخارف والحليات وتنظيف وتثبيت الألوان وتجميع وتقوية الكتل الحجرية واستخلاص الأملاح وترميم جميع العناصر المعمارية المرتبطة بالنحت والنقش والتصوير.

6.2.2* الاعتبارات الواجب مراعاتها في عمليات ترميم وصيانة المباني الأثرية: [2]

يجب ان تتم اعمال الترميم والصيانة في اطار القواعد الآتية:

1) تحديد المواد الداخلة في تركيب المبنى الثري المراد ترميمه وصيانته،
2) تحديد عوامل التلف السائدة كبداية لدراسة تأثيراتها وكيفية تلافي اخطارها،
3) تحديد نوع التلف ودراسة الظروف التي تواجد فيها او تأثر بها المبنى الأثري،
4) دراسة الاساليب المتبعة في الترميم والصيانة لاستبعاد المتلف منها وإيقاف العمل به،
5) استحداث والتوصية باستخدام مواد اكثر مقاومة لعوامل التلف في عمليات الترميم والصيانة،
6) تحديد مواصفات المواد الواجب استخدامها في عمليات الترميم والصيانة واستحداث الأساليب المناسبة،
7) فحص المنتجات التجارية المستخدمة في الترميم والصيانة للوقوف على مدى ملائمتها لمواد المبنى الاثري

6.2.3* المبادئ العامة لعمليات ترميم وصيانة المباني الأثرية: [2]

1) عدم القيام بأعمال الترميم والصيانة التى يترتب عليها محو او تغيير او تشويه او طمس الخصائص المادية والمعنوية للمبنى الأثري من حيث الشكل والمظهر والسمات والخصائص المعمارية والفنية،
2) عدم القيام بأعمال الترميم والصيانة التي قد تؤدي الى اضعاف او الأضرار بالمواد الداخلة في تركيب المبنى الأثري ، و اختيار مواد ترميم مستدامة تكفل الاستمرارية وبحيث لا تتفاعل كيميائيا معها،
3) عدم الإفراط في عمليات الترميم والاكتفاء بالقدر الضروري منها لضمان بقاء المبنى الأثري،
4) القيام بأعمال الترميم بالكيفية والطريقة التى تسهل معها التفرقة بين الأجزاء المرممة والغير مرممة،
5) يجب استخدام مواد الترميم والصيانة التي تسهل ازالتها دون الاضرار بعناصر المبنى الأثري وذلك عندما يراد تعديل أسلوب الترميم والصيانة،
6) عدم البدء في عمليات الترميم والصيانة إلا بعد الدراسة المستفيضة والمعرفة بخواص وتأثير المواد التي سيجرى استخدامها على المواد الداخلة في تركيب المبنى الأثري ، وضرورة اشتراك المسئول عنها والمتخصص في مادتها العلمية،
7) يجب مداومة التفتيش والرقابة على المباني الأثرية حتى يمكن القيام بعمليات الترميم والصيانة في الوقت المناسب ، ومنع سؤ الاستعمال الذي يعتبر من اكثر الأسباب فتكا بالمباني الأثرية.

6.3 * الطرق العلمية الحديثة لترميم وصيانة الآثار:

6.3.1 * استخدام المواد النانوية (تكنولوجيا النانو Nano Technology)

ذكر عالم الفيزياء الأمريكي البروفسور ريتشارد فينمان عام 1965 أنه من الممكن تغيير خواص أية مادة وتعظيم سماتها وخواصها عن طريق إعادة ترتيب ذراتها

بالشكل الذي يأتي معه الحصول على خواص فريدة تختلف تماما عن سماتها الأصلية قبل إعادة هيكلتها، وبذلك فجر ثورة لقبها العالم الياباني نوريو تانيغوتشي في عام 1974 بلقب تكنولوجيا النانو، وتطورت الأبحاث حتى تم في عام 2003 معرفة اسرار هذه التكنولوجيا والتحكم بعالم المواد النانوية.

6.3.1.1 * تعريف النانو : مصطلح نانو مشتق من الكلمة الإغريقية نانوس "Nanos" وتعني قزم، وتعرف على انها وحدة قياس مترية دقيقة ومتناهية في الصغر وتعادل واحد من الف مليون من المتر.

6.3.1.2 * مفهوم علم النانو : هو علم يهتم بالتعامل مع المواد في مستواها الذري والجزيئي بمقياس لا يتعدى 100 نانومتر، ويهتم أيضا باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لمواد النانو .[3].

6.3.1.3 * مفهوم النانو تكنولوجي:

فهي تشمل الأبحاث والتطورات التقنية على المستويات الذرية والجزيئية في مجال طولي 1-100 نانومتر، لتوفير فهم أساسي للظواهر والمواد على مقياس النانو وهي التي تصنع وتستخدم تركيبات لديها خصائص فريدة نظرا لصغر حجمها.[4]

6.3.1.4 * تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الآثار:

أ) حماية المباني الأثرية من التلوث البيئي:

- حماية الآثار من الملوثات البيئية والتي أصبحت تشكل خطرًا حقيقيًّا عليها، فاستخدام المواد النانومترية في عملية ترميم المباني الأثرية ، لها أثر أقوى بكثير من المواد التقليدية، ومنها النانو بارالويد والنانو سيليكا مع المواد الحجرية، والنانو سليلوز مع المواد الخشبية .
- تتميز هذه المواد بقدرتها الفائقة على التغلغل داخل الأثر ومن ثَم إصلاح الشروخ العميقة التي لا تصل إليها المواد التقليدية، مما يحد من احتمالية عودة الشرخ.
- تمثل عازل اكثر من رائع ضد العوامل الجوية من تفاوت درجات الحرارة اليومي والفصلي وكذلك اي احتكاكات للرمال التي تصطدم بجسم الأثر مثلا الناتجة عن الرياح أو عوامل التلوث البيئي. [5]

ب) عمليات تنظيف الآثار :

- واستخدمت المواد النانوية في عمليات تنظيف اللوحات الفنية الجدارية من المواد التي تم استخدامها في الماضي كمواد تقوية لتلك اللوحات. والورنيشات التي استخدمت لحماية طبقات التلوين وكذلك كلواصق للرسوم الجدارية.
- يستخدم نانو أكسيد التيتانيوم في عمل حماية ذاتية لعدد من المواد، حيث يشكل طبقة حامية على السطح كثيفة ومتجانسة دون حدوث غلق كامل للمسام كما لم يسبب تغير لوني، وأثبت فاعلية كبيرة في القضاء على النمو الفطري، وطرد الأتربة.[5]
- كما يتم استخدام المواد النانوية Carbon Nonomaterials والأنزيمات في تنظيف الآثار، حيث تؤدي إلي نتائج عالية جداً وخصوصاً مواد النانو المحتوية على مجموعة الكربوكسيد الوظيفية التي تمكن من تغليف الإتساخات بشكل جيد وتدخل في التجاويف والثنايات وتقوم بحذفها من على السطح.

ج) عمليات تقوية وعزل الآثار:

تعتبر عمليات التقوية من أهم عمليات العلاج والصيانة التي لها دور كبير في الحفاظ على المواد الأثرية بمختلف أنواعها، وذلك من خلال تطبيق استخدام المواد النانوية في مجال التقوية للتغلب على الكثير من العوائق التي تواجه المواد الأثرية.

- يستخدم Nano Lime في تقوية الآثار الجيرية ويستخدم مع الكحل حتى يعطي فاعلية أكثر في تكوين المادة المقوية على الأسطح حتى يتغلغل داخلها ويقويها. [6]
- تستخدم معلقات نانو أكسيد الباريوم لتقوية الصور الجدارية.
- استخدمت أيضاً معلقات النانو هيدروكسيد الكالسيوم والباريوم لتقوية الاحجار الأثرية الضعيفة بالتطبيق بالفرش الناعمة واستخدام الورق الياباني.
- وينصح باستخدام النانو هيدروكسيد الماغنيسيوم مع النانو هيدروكسيد الكالسيوم لتقوية الحجر الجيري الدولوميتي لتشابههما مع مكونات هذه الأحجار.[6]

د) عمليات التعقيم ومقاومة الكائنات الحية:

- ووجد أنه عند اضافة حبيبات النحاس النانوية إلى البوليمرات السليكونية فإن هذا المركب يحمي الأحجار

من التلف الميكروبيولوجي ، كما أن له القدرة على إيقاف ومنع نموه،

- أيضا عند إضافة تلك الجزيئات لخليط من المواد المقوية مع المبيدات أعطي نتائج جيدة في منع تكوين المستعمرات البيولوجية،
- كما جعل هذا المركب عينات الأحجار طاردة للماء مع عدم حدوث تغيرات في ألوان الحجر الرملي والرخام والجص [7]،
- وكذلك تتم معالجة النموات البكتيرية باستخدام جسيمات الفضة النانوية وجسيمات الذهب النانوية وقد وجد

أن لهم تأثير قاتل على البكتريا خاصة بكتريا E.Coli.

6.3.1.5 * تحديات استخدام تكنولوجيا النانو:

– تكمن في مدى إمكانية السيطرة على الذرات بعد تجزئة المواد المتكونة منها. فهي تحتاج بالتالي إلى أجهزة دقيقة جدا من جهة حجمها ومقاييسها وطرق رؤية الجزيئات تحت الفحص،

– كما أن صعوبة التوصل إلى قياس دقيق عند الوصول إلى مستوى الذرة يعد صعوبة أخرى تواجه هذا العلم الجديد الناشئ،

– بالإضافة ما يزال هناك جدل ومخاوف من تأثيرات تقنية النانو، وضرورة ضبطها،

– يشكل ارتفاع تكلفتها حاليا عائقًا أمام استخدامها بكثافة في الترميم الأثري.

6.3.1.6 * تطبيق تقنية النانو – جير في ترميم المباني الأثرية (نموذج عربي)

شكل (7) مبنى سبيل الحوريات الروماني بترا – الأردن

[المصدر: مجلة المدينة نيوز (نوفمبر 2015)]

مشروع ترميم وإعادة تأهيل مبنى سبيل الحوريات الروماني في الأردن، حيث أن كتل الأحجار الجيرية

المتهالكة بمبنى السبيل والتي تعانى تلفاً شديداً تم معالجتها كيميائياً باستخدام تقنية النانو هيدروكسيد الكالسيوم أو المعروفة بالنانو– جير لإجراء عمليات التقوية.

6.3.1.7 * تطبيق تقنية النانو في ترميم كاتدرائية بيزا – إيطاليا (نموذج عالمي)

شكل (8) ترميم كاتدرائية بيزا باستخدام تكنولوجيا النانو– ايطاليا

[المصدر : https: //Arabic. Euronews.com]

تم استخدام جسيمات النانو الدقيقة في الترميم لربط البنية الداخلية لحجارة الكاتدرائية وهي بشكل رئيسي الرخام الذي يحتوي على مسامات صغيرة جدا للتمكن من الدخول عميقا فيها ومعالجتها.

6.3.2 * استخدام أشعة الليزر في مجال الآثار:

وكلمة LASER اختصار لعبارة Amplification by stimulated emission of light ويعرف على أنه حزمة ضوئية ذات فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق موجاتها بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلي نبضة ضوئية ذات طاقة عالية.[8]

تم اكتشاف أشعة الليزر في بداية القرن العشرين(1960) وتطورت الأبحاث التي تتناول تلك الأشعة وتطبيقاتها، واستخدم في عام (1972) في مجال ترميم الآثار.

6.3.2.1 * تقسم قوة الليزر إلى ثلاثة أنواع وهم [9]:

النوع الأول: وهو الليزر ذو القوة العالية والذي إذا لم يستخدم بحذر قد يدمر الأثر ويكون عادة من نوع Nd: YAG lasers

- ويستخدم هذا الليزر في التنظيف والفحص وباستخدام ليزر أكسمير Excimer Laser يمكن إزالة المواد المسببة للاتساخ بأقل كمية من الحرارة.
- يوظف هذا النوع في تقنية استخدام induced breakdown spectroscopy (LIBS)– Laser وهي تقنية بسيطة وسريعة تستخدم في مجال التحاليل والتعرف على تركيب عدد كبير من مكونات الرسوم الملونة والأيقونات وملونات الخزف والزجاج والمنحوتات والمعادن.

النوع الثاني: وهو ليزر ذو قوة معتدلة ولكنه ينتج أيضا طاقة مرتفعة.

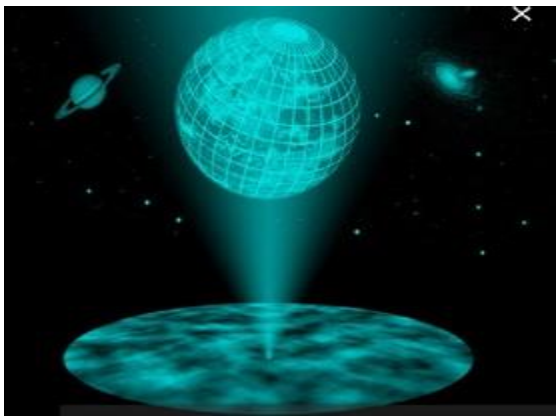
* ويستخدم في فحص الآثار مثال لذلك الفحص بالفلور وبالرامان سبكتروسكوبي Raman spectroscopy & fluorescence

النوع الثالث: وهو ليزر ذو قوة منخفضة كالليزر المستخدم للمسح الضوئي والليزر ثلاثي الأبعاد

- ويستخدم لعمل نماذج ثلاثية الأبعاد للمواقع الأثرية، فهناك تصوير القطع المجسمة ثلاثية الأبعاد كطريقة واقعية لتسجيل القطع مختلفة الأبعاد، وباستخدام ما يسمي الهولوجرام Hologram يمكن تسجيل قطعة أثرية أو

مبني أثري بقياسات دقيقة، وصور والوان دقيقة للغاية، ورصد ميول الأعمدة بالمعابد. ومن خلاله يتم التحليل الطيفي لعناصر المواد الأثرية، كما يتم من خلاله رفع بصمة الآثار المعارة لبلاد أخري وكشف أي تلاعب أو تزوير بالآثار.

- واستخدم ليزر الأشعة فوق البنفسجية في تقنية التنظيف للأعمال الفنية بشكل آمن وذو كفاءة عالية مستخدمين induced breakdown Laser– spectroscopy (LIBS) كأداة للتشخيص وللسيطرة على العملية.
- وباستخدام ليزر أكسمير Excimer laser pulses يتم إزالة مواد التقوية التي سبق تطبيقها على الأثر.



شكل (9) تصوير القطع المجسمة ثلاثية الأبعاد بجهاز الهولوجرام

[المصدر:

www.triplespark.n/render/img/scifl/holograph

[https: //et

6.3.2.2 * بعض مزايا استخدام تقنية الليزر في تنظيف الأسطح:

- ✓ ذات كفاءة عالية في إزالة الملوثات غير العضوية والعضوية وأسود الكربون من أعلي المخطوطات.
- ✓ لا تسبب احتكاك مباشر أو اتصال بسطح القطعة كما هو الحال في التنظيف التقليدي، وبذلك يمكن استخدامها مع الأسطح الهشة أو الضعيفة حتى دون تقويتها.
- ✓ يمكننا من الاستغناء عن المواد الكيميائية ومعالجة القطعة بها.
- ✓ يتميز التنظيف بالليزر بدقته ويستخدم بدرجة عالية من التحكم والانتقائية.
- ✓ لا ينتج عنه أي آثار ميكانيكية أو يتولد عنها حرارة ويسمح بمعالجة المساحات الكبيرة.

6.3.3 * الفحص باستخدام الأشعة تحت الحمراء: [9]

تمت أول محاولة لاستخدام هذه التقنية في سنة 1930 وكان وقتها التصوير بالأشعة تحت الحمراء Infra-red radiography (IRR) مقصور على الأشعة ذات الطول الموجي المتراوح بين900–700 نانوميتر.

6.3.3.1 * بعض مميزات استخدام الأشعة تحت الحمراء:

- ✓ تعتبر تقنية غير متلفة للمواد الأثرية،
- ✓ القدرة على اختراق طبقات التلوين وذلك اعتمادا على نوع الصبغة وطبقة الورنيش،
- ✓ وتتيح لنا صورة واضحة عن حالة الحامل والتوقيعات وطبقات الدهان المختلفة والرسوم،
- ✓ الكشف عن تغير نية الفنان أثناء تنفيذ العمل الفني،

- ✓ يمكن إزالة مواد التقوية التي سبق تطبيقها على الأسطح الأثرية الملونة .

6.3.3.2 * تطبيقات استخدام الأشعة تحت الحمراء :

- يمكن الاستفادة من الكاميرات الرقمية التي عن طريقها نحصل على صور ذات طول موجي يتراوح

بين 2000–800 نانوميتر وهي تعتبر تقنية غير متلفة للمواد الأثرية ، وتستخدم تلك الأشعة على نطاق واسع في فحص أنواع الصبغات وكذلك الحوامل بأنواعها المختلفة من خشب وقماش ورسوم الكهوف والورنيشات والمواد الرابطة المختلفة.

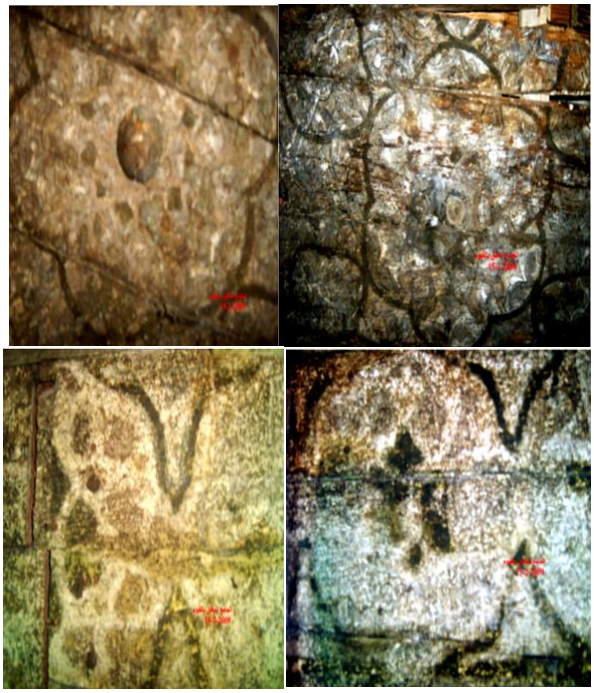
- استخدم جهاز الليزر دايود 785 وللحصول على بيانات عن أي لوحة فنية في أقل من خمس دقائق باستخدام الأشعة فوق الحمراء، كذلك يستخدم هذا الليزر في عملية المسح الأثري. وهي تقنية دقيقة وتنقل صورة طبوغرافية واضحة للأماكن المحيطة بالعمل الفني.
- يساعد أيضا جهاز Computed X-Ray CT Scan (Tomography) في تحليل الصور الجدارية الملونة وغيرها بجمع معلومات عن خواص تركيب سطح المادة وبعمل صور وفيديوهات لتوثيق القطع الأثرية تساعد كثيرا في عمليات الصيانة والترميم واظهار ما بالقطع من تشققات دقيقة ومختفية وغير ظاهرة للأعين[10]

6.3.3.3 * عيوب طريقة استخدام الكاميرات الرقمية : [9]

- استغراق وقت طويل لتركيب الصور باستخدام البرامج المختلفة،
- ضرورة قرب الكاميرات من العمل الفني المراد فحصه ويتم ذلك عن طريق استخدام السقالات أو وضع الكاميرات مثبتة على طائرات مما ينتج عنه تشوهات هندسية الأبعاد وفي الإضاءة،
- وكذلك في تحقيق إضاءة موحدة مما يجعل من الصعب الاعتماد على هذه الطريقة.

ولذلك استعيض عنها باستخدام تقنيات الليزر على نطاق واسع في فحص المواد التاريخية والأثرية

6.3.3.4 * نموذج لتطبيق التقنيات الحديثة باستخدام ليزر الأشعة فوق البنفسجية في اظهار زخارف الجامع المعلق بالفيـوم – مصر:



الاشكال (11,10) توضح الزخارف النباتية على السقف الخشبي للجامع قبل وبعد تطبيق تقنيات التنظيف والمعالجة [المصدر: مجلة العمارة والفنون ، العدد العاشر]

6.3.4 * تطبيقات الاشعة السينية في فحص الآثار: [9]

تُستخدم الأشعة السينية لفحص الأثر والكشف عن مكوناته الداخلية، مما يسهل الكشف عن الشروخ الداخلية في القطع ومعرفة تركيبة الأثر بشكل واضح، مما يسهل ترميمه بنفس التقنية التي صُنع بها، وذلك من خلال ما تم إنجازه في مجال الأشعة السينية ومنها الفلورية X-Ray fluorescence

وهو جهاز تحليل طيفي محمول يمكنه دراسة الآثار في مكانها دون أي تغيير في الصفات التركيبية واللونية للأثر، وبما يضمن سلامته، وبكفاءة عالية تضاهي الأجهزة المعملية المتعارف عليها.

7.0* استنتاجات البحث:

في ظل الوضع الراهن، ونتيجة لتدهور حالة المباني الأثرية في ليبيا وتهديدها بالزوال من جراء العوامل المختلفة واهمها عدم الترميم والصيانة الدورية لها، فأن تبني استخدام تكنولوجيا النانو والطرق العلمية الحديثة لترميم وصيانة المباني الأثرية والسعي لتوظيف تطبيقاتها والاستفادة منها محليا سيكون له دور فعال في هذا المجال، حيث قدمت التقنيات الحديثة اجهزة متطورة ومواد نانومترية ذات كفاءة عالية وأساليب غير متلفة للأثر مقارنة بالتقنيات التقليدية الميكانيكية أو الكيميائية. وذلك من اجل الحفاظ على الموروث التاريخي والحضاري القيم واستدامته.

وبناء على دراسة البحث نستنتج الآتي:

1) أحدثت تكنولوجيا النانو نقلة هائلة عند تحضير العلماء لمواد نانومترية جديدة يمكن استخدامها في عملية ترميم المباني الأثرية ، لها أثر أقوى بكثير من المواد التقليدية وذات مميزات وخصائص فريدة، ساهمت بدور فعال من خلال تطبيقاتها في عمليات التنظيف وحماية الآثار من التلوث البيئي، وعمليات تقوية وعزل الآثار، وفي التعقيم ومقاومة الكائنات الحية.

2) طبقت تكنولوجيا الليزر في تنظيف سطح الأثر وحمايته ، وبواسطة جهاز الفحص بالليزر أمكن الحصول على صورة ثلاثية الأبعاد لأي مبنى اثري ويُستخدم لعلاج الشقوق وتعويض الأجزاء الناقصة من القطع الأثرية بمواد مطابقة للمواد المصنوعة منها القطع وبنفس شكلها الأصلي،

3) للأشعة تحت الحمراء دور في فحص التركيبات الجزيئية للمواد المكونة للأثر، وخاصة الأحجار والأخشاب القديمة ومواد الطلاء؛ كخطوة مهمة باتجاه عملية الترميم، وكذلك تستخدم تطبيقاتها في المسح الأثري والتوثيق،

4) الأشعة السينية ، تُستخدم لفحص الأثر والكشف عن مكوناته الداخلية، مما يسهل ترميمه بنفس التقنية التي صُنع بها، ومن خلال جهاز التحليل الطيفي المحمول يمكن دراسة الآثار في مكانها دون أي تغيير في الصفات التركيبية واللونية للأثر.

8.0* التوصيـات:

أ) يجب على مسئولي الصيانة والترميم الحفاظ على المباني الأثرية باستخدام أفضل الوسائل والطرق التي يمكن توظيفها لهذا الغرض واختيار الأنسب لاستدامتها،

ب) ضرورة استجلاب التكنولوجيات الحديثة مثل (النانو، الليز، الاشعة تحت الحمراء والأشعة

السينية) وتطبيقها والاستفادة منها محلياً في مجال ترميم وصيانة المباني الأثرية وما تحويه من مقتنيات اثرية،

ت) توجيه البحوث العلمية والتطبيقية الى علوم النانو تكنولوجي لإيجاد منظومة متكاملة من تطبيقات النانو في العلوم بمختلف تخصصاتها ولتوظيفها في العلوم الهندسية بمختلف تخصصاتها المعمارية والمدنية والبيئية.

ث) تطوير أساليب ترميم وصيانة المباني الأثرية المستخدمة حالياً من خلال ابتكار ونقل وتوطين التكنولوجيا

الحديثة ، وتفعيل دور البحث العلمي في حل المشاكل والمعوقات التي تواجه قطاع السياحة والآثار محليا باستخدام تكنولوجيا النانو والطرق العلمية الحديثة.

ج) أهمية زيادة وعي المعماريين المتخصصين في مجال ترميم وصيانة المباني الأثرية بإمكانات تطبيقات النانو والطرق الحديثة من خلال المؤتمرات والندوات محليا وعالميا لتبادل الخبرات ومواكبة التطور.

ح) ضرورة العمل على دراسة سلبيات ومحاذير تكنولوجيا النانو والتوعية بمخاطرها وكيفية تفاديها او تقليل آثارها وكذلك الطرق العلمية الحديثة الأخرى.

9.0* المراجـــع:

[1] عبد الهادي، محمد ، دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية ، مكتبة زهراء الشرق ، القاهرة (1997).

[2] عبد المعز شاهين ، ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية ، مكتبة عين الجامعة ، القاهرة.

[3] Leydecker, S. Nano Material in Archetecture,Germany, (2008) .

[4] الصالحي والضويان، "مقدمة في تقنية النانو"، إصدار بمناسبة انعقاد ورشة عمل أبحاث النانو في الجامعات، المملكة العربية السعودية، ص8 ، (2007) .

[5] احمد، سيد، "دارسة مقارنة لتقييم فاعلية كلا من المركبات التقليدية والمركبات النانوية المستخدمة في التنظيف والحماية الذاتية لأسطح بعض الآثار الحجرية"، رسالة ماجستير غير منشورة، ص 110،166، (2014).

[6] حنفي، ياسر ، "دارسة تقوية الآثار الحجرية باستخدام تكنولوجيا النانو"، رسالة ماجستير غير منشورة، ص 42-55 ، (2014) .

[7] Conti and others , Study and use of organic and inorganic nano structured consolidants in the conservation and treatment of archaeological burial textiles, (2011) .

[8] http://www.wikidia/laser technology.

[9] أبو كرورة، أماني، "بعض التطبيقات العلمية الحديثة الواجب استخدامها في مجال ترميم وصيانة القطع الأثرية"(مجلة العمارة والفنون) :10

[10] Nassef and others , Surface and stratigraphic elemental analysis of an ancient Egyptian cartonnage using laser induced breakdown spectroscopy (LIBS), (2016) .