الطرق العلمية الحديثة لتوثيق وفحص وتحليل المقتنيات المتحفية مع تطبيقات عملية على بعض القطع الأثرية

Modern Scientific Approaches for Documentation, Examination and Analysis of Museum Artifacts With Application on Some of Archaeological Objects

م.د/ هناء أحمد عبد الهادى الجعودى

مدرس بقسم ترميم الاثار- كلية الاثار- جامعة الأقصر

Dr. Hanaa A. Al-Gaoudi

Lecturer in Conservation Department, Faculty of Archaeology, Luxor University, Egypt

hanaa.ahmed@farch.luxor.edu.eg

ملخص البحث:

تزخر المتاحف العالمية بشكل عام والمتحف المصرى بالقاهرة بشكل خاص بالعديد من الآثار والتى تمثل إرث الماضى الذى يجب أن ينتقل إلى الأجيال القادمة، والمتحف مؤسسة تربوية تعليمية ثقافية وترفيهية دائمة، تعمل على خدمة المجتمع من خلال قيامها بجمع وحفظ وعرض وصيانة التراث الحضاري والتاريخي الإنساني والطبيعي وتحافظ عليه وتعرضه بأساليب شيقة وممتعة. يعتبر التوثيق العلمي أول وأهم خطوات البدء فى تناول أى أثر بالعلاج والترميم، كما يعتبر نوعاً من أنواع الحفظ لحالة الأثر فى مختلف مراحله قبل وأثناء وبعد الترميم. كما تعتبر الفحوص والتحاليل العلمية بإستخدام الأجهزة العلمية الحديثة من العمليات الضرورية التى يجب إجراؤها قبل وضع برنامج العلاج والصيانة للقطع الأثرية ، إذا أنه يلعب دوراً كبيراً فى التعرف على المواد التى يتكون منها الأثر وأسباب التلف والتدهور, وبالتالى فى اختيار المواد المناسبة للعلاج.

ويهدف هذا البحث إلى التعرف على بعض الطرق العلمية الحديثة لتوثيق و فحص وتحليل المقتنيات المتحفية بشكل عام والمنسوجات والسجاد الأثرى بشكل خاص مع عرض تطبيقات عملية لهذه الطرق على بعض القطع الأثرية.

ومن الطرق العلمية الحديثة لتوثيق القطع الأثرية التوثيق ببرنامج الرسم Auto CAD& Adobe illustrator، التصوير بالأشعة السينية وتحت الحمراء والفوق البنفسجية والتوثيق بالليزر الماسح ثلاثي الأبعاد. ومن أهم طرق الفحص والتحليل المستخدمة فى فحص المقتنيات المتحفية بشكل عام والمنسوجات والسجاد الأثرى بشكل خاص، الميكروسكوبات بأنواعها مثل الميكرسكوب الضوئى ، المجسم، المستقطب, ذوالأشعة فوق البنفسجيه والمرئية والميكرسكوب الألكترونى الماسح والتحليل بحيود وتفلور الأشعة السينية ،الإمتصاص الذرى ،الرامان ، التحليل بقياس الإنعكاس الطيفى للضوء المرئى ، التحليل بطيف الأشعة تحت الحمراء والتحليل الكروماتوجرافى, والذى يعتبر من الطرق الحديثة والدقيقة في التعرف على أنوع الأصباغ العضوية فى المخطوطات و المنسوجات والسجاد الأثري.

الكلمات المفتاحية :

المقتنيات المتحفية, الفحوص والتحاليل العلمية, التوثيق والتسجيل العلمى, النسيج الأثرى

Abstract

International museums in general, and the Cairo Egyptian Museum in particular, are rich in many antiquities, which represent the legacy of the past, which must be passed on to future generations. The museum is an educational and recreational institution, which works to serve society by collecting, preserving and presenting the antiquities in interesting and fun ways.

Scientific documentation is the first and most important steps to start with when restore or conserve any object. It is also considered a kind of preservation of the state of the artefact in its various stages before, during, and after restoration. Scientific examinations and analyzes using modern scientific equipments are also considered among the necessary operations that must be carried out before setting up a treatment and maintenance program for antiquities, as it plays a major role in identifying the materials that make up the antiquity and causes of damage and deterioration, and thus in choosing the appropriate materials for treatment.

This research aims to identify and present modern scientific methods for documenting, examining and analyzing museum objects in general, and archaeological textiles and carpets in particular, with practical applications for that on some artefacts.

Among the modern methods of documenting museum artefacts, documentation using software like Auto CAD & Adobe illustrator, X-ray Radiography, infrared IR, UV detections, and 3D laser scanner. The most important methods of examination and analysis of museum collections in general, textiles and carpets in particular, various types of microscopes such as optical, polarizing, (UV-Vis) and Scanning Electron (SEM) microscopy, X-ray fluorescence, Atomic absorption, Raman, Fiber Optics Reflectance Spectroscopy (FORS), infrared spectroscopy (FTIR) and High-performance liquid chromatography (HPLC), which is an accurate method for identifying the organic dyes in ancient manuscripts, textiles and carpets.

Keywords:

Museum Objects, Scientific Investigation and Analysis, Documentation, Archaeological Textiles.

المقدمة

يمثل التراث الثقافى والطبيعى النقطة المرجعية وهوية الشعوب وهو إرث الماضى الذى يجب أن ينتقل إلى الأجيال القادمة. أعمال قيمتها فى كونها شواهد تاريخية وفنية وثقافية تمثل لنا اليوم تراثاً معترفاً به لحمايته وحفظه واستغلاله فى فروع متعددة. هذا التراث الضخم الذى يحمل الطابع التاريخى والأثرى والفنى و الذى تم جمعه بالمتاحف وينتشر فى كل أنحاء العالم فقد عهد إلى حفظه وصيانته إلى أصحاب الخبرة والكفاءة من الكوادر الفنية والعلمية من علماء الآثار والمهندسين المعمارين ومؤرخي الفن وخبراء الترميم وخبراء فى مختلف المجالات التى تتعلق بالحفاظ على التراث.

ولقد أصبحت عمليات صيانة وترميم الآثار فى الوقت الحالي تقوم على أساس علمي دقيق ووفق قوانين ثابتة , ويقوم بها المتخصصين, ليس فقط من أجل ترميم القطعة الأثرية ولكن أيضا للمحافظة عليها وحمايتها مستقبلًا. ويعتبر التوثيق العلمي أول وأهم خطوات البدء فى تناول أى أثر بالعلاج والترميم، كما يعتبر نوعاً من أنواع الحفظ لحالة الأثر فى مختلف مراحله قبل وأثناء وبعد الترميم. كما تعتبر الفحوص والتحاليل العلمية بإستخدام الأجهزة العلمية الحديثة من العمليات الضرورية التى يجب إجراؤها قبل وضع برنامج العلاج والصيانة للقطع الأثرية ، إذا أنه يلعب دوراً كبيراً فى التعرف على المواد التى يتكون منها الأثر و أسباب التلف والتدهور, وبالتالى فى اختيار المواد المناسبة للعلاج.

ومن هذا المنطلق يهدف هذا البحث بشكل رئيسى إلى التعرف على أهم الطرق العلمية الحديثة لتوثيق وفحص وتحليل المقتنيات المتحفية بشكل عام والمنسوجات الأثرية بشكل خاص مع عرض تطبيقات عملية لبعض هذه الطرق على بعض نماذج متنوعة من القطع الأثرية وبخاصة النسجية منها. فضلا عن التعرف على معنى وأهمية التوثيق والتسجيل العلمى للمقتنيات المتحفية وطرقه التقليدية والحديثة.

ومن الطرق العلمية الحديثة المستخدمة فى توثيق القطع الأثرية التوثيق ببرنامج الرسم Auto CAD& Adobe illustrator، التصوير بالأشعة السينية وتحت الحمراء والفوق البنفسجية والتوثيق بالليزر الماسح ثلاثي الأبعاد. ومن أهم طرق الفحص والتحليل المستخدمة فى فحص المقتنيات المتحفية بشكل عام والمنسوجات الأثرية بشكل خاص، الميكروسكوبات بأنواعها مثل الميكرسكوب الضوئى والمجسم والمستقطب والالكترونى الماسح والميكرسكوب ذوالأشعة فوق البنفسجيه والمرئية والميكرسكوب الألكترونى الماسح والتحليل بحيود وتفلور الأشعة السينية ،الإمتصاص الذرى ،الرامان ، التحليل بقياس الإنعكاس الطيفى للضوء المرئى، و التحليل بواسطة طيف الأشعة تحت الحمراء والتحليل الكروماتوجرافى والذى يعتبر من الطرق الحديثة والدقيقة في التعرف على أنوع الأصباغ العضوية فى المخطوطات و المنسوجات والسجاد الأثري.

التوثيق العلمى للمقتنيات المتحفية, تعريفه، أهميته وأساليبه التقليدية

التوثيق العلمى يعرف بأنه هو التسجيل والحصول على كل المعلومات الثابتة المتاحة المتعلقة بالقطعة الأثرية بما في ذلك خصائصها الطبيعية، تاريخها، توصيفها، أبعادها، أشكال الزخارف التي يحتوي عليها، المشاكل التي تعاني منها وكيفية معالجة هذه المشاكل. والتوثيق العلمى للمقتنيات المتحفية له أهمية قصوى سواء فيما يخص المقتنيات المعروضة أو المخزنة أوالتى تخضع لعمليات الترميم والصيانة للعديد من الأسباب التالية:

1. حصر ما بداخل المتاحف من القطع الأثرية والتعرف على ماهيتها وتحديد أماكن تواجدها.
2. معرفة هل فقدت قطعة من القطع الأثرية المحفوظة بالمتحف.
3. ثبات ملكية القطع مما يساعد على الحد من عمليات تهريب الآثار والإتجار غير المشروع فيها.
4. استحداث وإستيفاء معلومات عن المقتنيات الأثرية (نص غير مترجم ،أبعاد غير محددة)
5. تحديث البيانات بخصوص حالة الأثر لأنها تختلف طبقًا للعديد من الأمور (عامل الزمن ،الظروف البيئية المحيطة بالأثر، المادة المصنوع منها، كيفية تناول الأثر أو التعامل معه ، طرق التخزين ، طريقة العرض من حيث كون الفتارين تتناسب مع درجات الحرارة والرطوبة والإضاءة المناسبة للأثر.
6. توفير قاعدة بيانات يمكن الإستفادة منها في إعداد سيناريوهات العرض المتحفي للمتاحف الجديدة المزمع إنشاؤها أو في حالة تجديد العرض المتحفي لمتحف قائم بالفعل وكذا يمكن الإستفادة من تلك القاعدة المعلوماتية في اختيار القطع الأثرية الخاصة بالمعارض سواء الداخلية أو الخارجية.
7. يعد توثيق وتسجيل الآثار هو الوسيلة الوحيدة لعمل سجل للآثار يمكن الرجوع إليه في حالة تدمير أو فقدان تلك الآثار نتيجة للحروب أو لعمليات إرهابية. ومثال ذلك على المستوى المحلي (متحف ملوي بمحافظة المنيا بجمهورية مصر العربية) في حالة عدم وجود سجلات لمتحف ملوي لن يكون هناك وسيلة لإستعادة ما تم فقده من آثار. وينطبق نفس الأمر على الصعيد العالمي على آثار متحف العراق التي تم تدميرها أثناء الحرب ونهبها وسلبها حيث أن تسجيل وتوثيق هذه الآثار هو السبيل الوحيد لإستعادة ما تبقى منها دون تدمير, كما أنه هو المرجع الوحيد المتبقي لما تم تدميره من آثار .وينطبق الأمر ذاته أيضًا على الكوارث الطبيعية التي قد تلحق ضررًا بالآثار، لذلك لا بد من التسجيل والتوثيق العلمي الدقيق.

8. يعتبر التوثيق والتسجيل العلمي للقطعة الأثرية هو أول مراحل الترميم السليم حيث أنه خطوة هامة تسبق غيرها من مراحل الترميم, وهي تعني تسجيل وتوثيق كل ما يخص الأثر المراد ترميمه بداية من تاريخ الأثر وأهميته الفنية والتاريخية وأبعاده وأشكال الزخارف التي يحتويها, وكذلك ما يعاني منه الأثر من مظاهر تلف مختلفة وطريقة العلاج المقترحة. لذا فإن التوثيق والتسجيل العلمي له أهمية قصوى لأخصائى الترميم حيث أنه (١) يساعده فى تحديد مظاهر و درجة وأماكن التلف, مما يساعد فى سرعة إجراء عمليات الصيانة .(٢) وضع استراتيجية الصيانة والحماية الدائمة للأثر. (٣) مساعدة اخصائى الترميم والصيانة على القيام بدور الصيانة الوقائية، حيث أن التلف الناتج عن عوامل التلف الغير منتظمة يمكن معالجتها بسهولة أكثر فى مراحله الأولى. لذا فان تسجيل التلف فى بدايته والصيانة الدورية للأثر تقدم معلومات هامة توضح الحاجة لعمل صيانة وقائية مبكرة وتساعد على وضع خطة العلاج المناسبة للأثر. (٤) توثيق أعمال الصيانة الناجحة وغير الناجحة, حيث أن توثيق أعمال الصيانة غير الناجحة لها نفس أهمية توثيق العمل الناجح, وذلك لتجنب إعادة استخدام الطرق أو المواد التي ثبت عدم فاعليتها.(٥) عمليات التوثيق والتسجيل العلمية التي تتم قبل وأثناء وبعد المعالجة للأثر وترميمه تعتبر مرجعًا عند النشر العلمي للأثر. كما يعد التوثيق حماية لأخصائى الترميم عن أداؤه في عمليات الترميم والصيانة.

ومن العناصر الهامة التى يجب على أخصائى الترميم والصيانة توثيقها علمياً أثناء تناول القطعة الأثرية بالعلاج والصيانة ما يلي:

1. **الحالة الحالية أو الراهنة للقطعة الأثرية قبل العلاج**: ويجب أن يتضمن ذلك أي شقوق، إزهار أو تشوه فى القطعة ؛ أي علامة تدل على التلف أو الإستخدام، الإضافات ، الترميم السابق ؛ أماكن العيوب الفيزيائية ، والتغيير الكيميائي والمواد الناتجه عنه ؛ التغيير فى الأبعاد، تغيير اللون، التلف البيولوجى بواسطه الحشرات والفطريات والحيوانات إلى أي مدى إن وجد، وهل السطح الأصلي للقطعة لا يزال موجودا ؛ وكيف كانت حالته, وماهى التقنية المستخدمة فى الفحص مثل العدسات المكبره وخلافه. الظروف البيئية التى توجد فيها القطعة الأثرية عادة ينبغي أن تكتب أيضاً في هذا التقرير، بما في ذلك درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، مستويات الإضاءة، التلوث، الموقع داخل المؤسسة، ومواد التعبئة والتغليف، إذا كانت مخزنة. كل ذلك يساعد على عمل تقرير حالة بشكل جيد.

2. **تحليل المواد المكونة للقطعة الأثرية** ومعرفة تركيبها فضلاً عن التكنولوجيا المستخدمة في صناعتها. حيث يساعد ذلك بشكل حاسم على فهم حالة القطعة. كما أنه من الضروري جداً توثيق التقنيات المستخدمة فى التعرف على المواد وطرق صناعة وزخرفة القطعة الأثرية و التي تشتمل على التحاليل الكيميائية حيث أنه قد تتداخل نتائجها مع المزيد من الدراسة التحليلية الأخرى للقطعة ، وحتى لا يكون هناك تساؤل دائم من الآخرين عن الكيفية التي تم بها تحديد هوية القطعة الأثرية .

3. **أساليب الترميم والصيانه المتبعة فى علاج القطعة الأثرية:** فكل مرحلة من مراحل الترميم والصيانة التي يقوم بها المتخصص على القطعة الأثرية ينطوي على قدر معين من الخطر أو التلف الذى قد يلحق بالقطعة الأثرية، حتى الأساليب المتطورة فى العلاج ربما تسبب رد فعل غير متوقع على الفور أو على المدى البعيد. لذلك فمن الضرورى توثيق طريقة العلاج حيث أنها سوف تؤثر على طريقة تفسير التدهور الذى ربما يحدث للقطعة. كذلك توثيق طرق العلاج المتبعة يسمح لأخصائى الترميم أيضا برصد وتقييم فعالية العلاج على المدى البعيد. ،بالإضافة إلى ضرورة توثيق أي تغيرات تحدث في ظروف بيئة الأثر، سواء في المخزن أو فى قاعات العرض. ويمكن أن تتضمن أساليب الترميم والصيانة أيضاعلى إضافة أو إزالة مواد، ومن المواد التي يمكن إزالتها من القطعة الأثرية نواتج الصدأ، التآكل أوالمواد التى استخدمت قديما فى أعمال الترميم والصيانة والتى يمكن أن تشتمل على معلومات عن طريقة استخدام الأثر وعلاجه فى الماضي وبالتالي يجب أن يتم توثيقها بعناية مع الاحتفاظ بعينة من هذه المواد .

4. **المواد المستخدمة في أعمال الصيانة والترميم:** ينبغي أن لا يقتصرتوثيق المواد على الأسماء العامة فقط لتلك المواد التي أستخدمت على القطعة الأثرية والمقصود منها البقاء في القطعة مثل المواد اللاصقة والمقوية. هناك مواد أخرى تكون على اتصال مع القطعة وليس المقصود أن تظل بالقطعة الاثرية، مثل المحاليل الكهربائية والموجات فوق الصوتية فيجب أيضا أن يتم توثيق المواد المستخدمة لإجراءها، فأي مادة غريبة تكون على اتصال بالأثر ربما تؤدي إلى تلفه. كما يجب أيضاً توثيق المواد المستخدمة فى عملية الصيانة الوقائية سواء فى التعبئة أو تغليف الأثر جيداً. من الهام أيضا أنه عند توثيق المواد المستخدمة فى ترميم وصيانه الأثار تجنب كتابة مصطلحاتها باللغة العامية أو الغير محددة, بل يجب كتابة الأسماء التجارية السليمة و خصائص المواد الكيميائية والأرشادات العامة ومخاطر استخدامها على الأقل مرة واحدة أثناء عملية التوثيق، كما يمكن كتابة أسماء المواد بالشكل المختصر وذلك لتوفير المكان والوقت الكافى لعمليه التوثيق، ولكن يجب أن تكون هذه الأسماء المختصرة موحدة ومتعارف عليها عالمياً. ولن يكون هناك أهمية أو مميزات لتسجيل وتوثيق المواد المستخدمة فى ترميم وصيانة المواد الأثرية إذا لم يتمكن اخصائى الترميم أو الباحث في المستقبل من التعرف على نوعية هذه المواد التى استخدمت من قبل. ومن الهام أيضا ان يشتمل التوثيق على أسم الشركة المصنعة و / أو المورد، فقد يكون لكل مصنع صيغة كيميائية مختلفة لمنتج واحد معين والذي يؤثر على كيفية أداء هذه المواد وتفاعلها مع المواد الأثرية.

5. **تقرير حالة القطعة الأثرية بعد العلاج والترميم:** عند اكتمال علاج القطعة الأثرية يجب توثيق حالة القطعة مرة أخرى من أجل المقارنة بين حالتها قبل المعالجة وبعده . ويعتبر هذا شكل من أشكال التحقق ما إذا كانت القطعة قد تحسنت فعلا بعد المعالجة، والأهم من ذلك ما إذا كانت قد استقرت حالتها بعد الإنتهاء من عملية العلاج والصيانة. كذلك من الضرورى جداً أن يتضمن التوثيق التوصيات التى يجب أن تراعى عند عرض أو تخزين القطعة الأثرية من حيث ضرورة توفير الظروف الجوية والبيئية المناسبة لبقاء القطعة وضمان عدم تعرضها للتلف على المدى الزمنى البعيد, وهو ما يعرف بالصيانة الوقائية.

6. **التفاصيل الإدارية:** وهذه الفئة من المعلومات يجب أن تتضمن ما يلي :

- التواريخ المختلفة : متى تم إجراء أعمال الصيانة والترميم لكل جزء من أجزاء القطعة الاثرية.
- أسم أخصائى الترميم والصيانة ورقمه القومى أو أى أرقام أخرى لتحديد الهويه.
- مقدار الوقت الذي سوف يتطلبه كل مرحلة من مراحل الصيانة المختلفة.
- تاريخ دخول القطعة إلى معمل الترميم وتاريخ الإنتهاء من العمل بها .
- أسم صاحب العهدة أو المالك أو العميل.
- الموقع التى كانت موجودة به القطعة الأثرية قبل نزولها إلى معمل الترميم بما في ذلك رقم الغرفة، رقم الفاترينة ورقم الرف.
- بالنسبة للأعمال الفنيه المعروفة (مثل اللوحات الفنية) يجب أن يتم تسجيل عنوانها أو إسمها، والفنان الذى صنعها وتاريخ صنعها.

الطرق التقليدية للتسجيل والتوثيق العلمى للمقتنيات المتحفية:

من الطرق الشائعة الإستخدام لتوثيق أعمال الصيانة والترميم للقطع الأثرية طريقتان هما: الطريقة النصية والطريقة المرئية, وكلاهما يمكن أن يكون في عدة أشكال وعادة ما يستخدموا جنبا إلى جنب. وأختيار الطرق التي يتم توثيق العمل بها ترجع لتقدير أخصائى الترميم والتى تقوم على أساس حالة القطعة التى يعمل بها.

وهناك نوعان من الشكل الذى يمكن كتابة الوثائق النصية به أثناء عملية تسجيل اعمال الصيانة، النص الحر أى التوثيق بالكتابة بأسلوب مقالى أو فى شكل قائمة فحصية مختصرة Abbreviation Check list، وكلاهما له مزاياه وعيوبه,

ويمكن إستخدامهما مجتمعين أو كلٌ على حدى. ويعتبر الجمع بين الأسلوبين فى التوثيق هو الأدق والأفضل. وطريقة التوثيق بكتابة التقارير ليس متفق عليها عالمياً, ولا يتم الإلتفات إليها دائماً, على الرغم من كونها من الأمور الهامة جداً بالنسبة لأخصائيي الترميم والصيانة. والتوثيق الجيد هو الذى يجب أن يحكى قصة كاملة عن القطعة الأثرية منذ لحظة اكتشافها, والمراحل التى مرت بها قبل وصولها إلى المتحف أو المخزن الأثرى, وأثناء وجودها بمعمل الترميم، ويجب أن يمد التوثيق كلاً من الباحث وأمين المتحف وأخصائى الترميم فى المستقبل بأكبر قدر من المعلومات عن القطعة الأثرية بقدر الامكان.

الطريقة الأخرى لتوثيق حالة القطعة الأثرية ومراحل علاجها وصيانتها, هى التوثيق بصرياً أو مرئياً ، ويعتبر التصوير الفوتوغرافي من أهم هذه الطرق، و هو واحد من أكثر الطرق فاعلية، ويتم فيه إستخدام الكاميرات والعدسات المختلفة لتصوير الأثر بكل محتوياته وأبعاده، ويعطي صوره مقربه تفصيليه للأثر من جميع الجوانب والأجزاء التي يظهر بها التلف, ويتم الإستعانة بتلك الصور في عمليات الترميم. ويستمر التسجيل الفوتوغرافي في كل المراحل قبل وأثناء وبعد عمليات الترميم. وتستخدم الكاميرات الرقمية digital- camera والتي يتم توصيلها بأجهزة كمبيوتر لتعطي تصور كامل للأثر. وهناك نوع آخر من الوثائق البصرية هو التوثيق بالرسومات التوضيحية, والتي عادة ما تكون مرسومة بمقياس الرسم١:١. وهذه الرسوم التوضيحية يمكن استخدامها مفردة أو لإستكمال التصوير الفوتوغرافي, وتستخدم عادة لتوضيح المعلومات التى يصعب الحصول عليها من الصور الفوتوغرافية. على سبيل المثال الأماكن التى تم ترميمها بالخياطة فى النسيج الأثرى ، واختلاف نوع وسمك الخيوط المستخدمة وتفاصيل أخرى مثل موقع ومدى التلف المفصل في تقرير الحالة أو العلاج . ويتم التوثيق بالرسومات التوضيحية على أفرخ من البولى ايثلين بواسطة أقلام الفلومستر. والرسوم التوضيحية قد تكون لكامل القطعة الأثرية أو لإجزاء مفصلة فيها, ويمكن إرفاقها مع صور فوتوغرافية عامة ومفصلة. وعادة ما تعتبر الرسوم التوضيحية مفيدة لتوثيق حالة القطعة قبل العلاج أكثر من استخدامها فى التوثيق بعد العلاج حيث عادة ما يستخدم أخصائى الترميم التوثيق بالتصويرالفوتوغرافى بعد العلاج.

أهم الطرق العلمية الحديثة للتسجيل والتوثيق العلمى للمقتنيات المتحفية:

لقد تغيرت عمليات التوثيق العلمى للمقتنيات الأثرية المتحفيه داخل عالمنا القائم على التكنولوجيا بشكل كبير نظراً لإدخال أجهزة الكمبيوتر في مكان العمل على مدى الثلاثين إلى الأربعين عاماً الماضية. ويمكن تغيير السجلات الخاصة بأعمال الترميم والصيانة بشكل إيجابي إذا كان أخصائيو الترميم والصيانة على دراية تامة بالتطورات التى تحدث بالكمبيوتر والتكنولوجيا الرقمية. ويجب تحديد وسائل تسجيل الأثار وضرورة العناية بالعامل البشري وتأهيله علمياً ليكون صالحاً لعملية التسجيل وفقا للأساليب الحديثة. ومن أهم الطرق العلمية الحديثة المستخدمة فى التوثيق العلمى للمقتنيات المتحفية ما يلى:

1. التوثيق ببرامج الكمبيوتر الحديثة (برنامج الرسم الهندسى) (Auto CAD& Adobe illustrator)

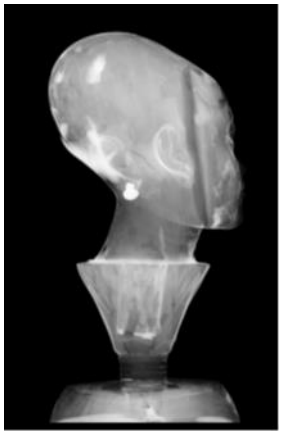
يأتى استخدام برنامج الأوتوكاد فى عمليات توثيق الآثار فى المرتبة الاولى، ضمن البرامج التى تعتمد على الرسم بالخطوط المعلومة الأبعاد، ويأتى ذلك من خلال عمل خريطة لمظاهر التلف المختلفة وتدعيمها ببيانات رقمية "كمية" عن نسبة هذه المظاهر، والذى له الأثر الكبير فى إعطاء فرصة أكبر من الدراسة غير المتلفة للأثر، وذلك لدراسة مدى حالة الأثر ودرجة تلفه وكذلك عناصره الزخرفية. ولقد كان FITZNER&HEINRICHS أول من قام بهذا الأسلوب فى التوثيق عام ١٩٩٥ حيث طبق هذا الأسلوب على المبانى الحجرية وقام بالعديد من الأبحاث حول هذا الموضوع.

التصوير بالأشعة السينية X- ray Radiography

الأشعة السينية عبارة عن أشعة كهروماغناطيسية ذات أطوال موجية قصيرة جداً ولها نفس طبيعة الضوء. ويعتمد الأساس العلمى للتصوير بالأشعة السينية على قدرتها على اختراق الأجسام والمواد المختلفة وإظهار ما يقع تحت الطبقة السطحية من طبقات تختلف فى طبيعتها عن الطبقة السطحية وإظهار ما بها من عيوب مختلفة والتى لا تكون مرئية بالعين المجردة ، ويتم التسجيل على أفلام حساسة يتم من خلالها الحصول على صور بالحجم الطبيعى للجسم الذى يتم تصويرة. فمثلا الجزء الضعيف المحتوى على شروخ أو فقد يظهر بلون أسود على الورق الحساس ، أما الأماكن ذات الحالة الجيدة فيمكننا رؤيتها بلون فاتح على هذا الفيلم. وتعتمد قوة اختراق الأشعة السينية للأجسام على طاقة هذه الأشعة، فكلما كانت طاقة الأشعة السينية كبيرة, كانت قدرتها أكبر على الأختراق.

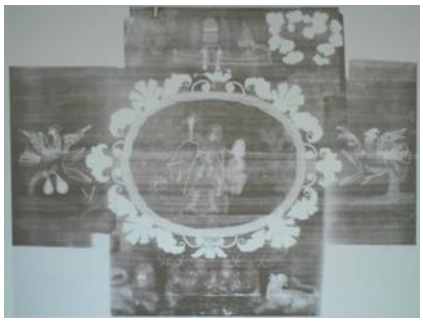
وتتميز الصورة الناتجة عن التصوير بمثل هذه الاشعة فى عملية التداخل فى الشفافية بين سطح الحامل وبين طبقات التصوير. وتأتى هذه الأشعة لتلعب أيضاً دوراً هاماً فى إظهار المراحل المختلفة التى تميز بناء العمل والمواد المستخدمة ، حتى إنها تتيح أحياناً التميز بين الأجزاء الأصلية من القطعة من الأجزاء التى أعيد استكمالها. بالإضافه الى أن هذه الطريقة تحدد ما تحتويه القطعة الأثرية من أجسام غريبة مع اتجاه كل منها مثل المسامير الحديدية والخوابير الداخلية . وتكشف طبقات الرسومات متعددة العصور (حيث كان يتم تصوير فوق تصوير آخر) بالإضافة إلي توضيح الأجزاء التى تم ترميمها . ويمكن لهذا النوع من التصوير تحديد مسار الشروخ والكسور سواء كانت الشروخ سطحية ظاهرة أو شروخ غير مرئية. فضلًا عن أن التصوير بالأشعة السينية تعتبر طريقة مفيدة وغير متلفة لدراسة المنسوجات والسجاد الأثرى قبل وبعد الترميم واظهار تفاصيل الزخرفة وطريقة صناعة القطعة والأوجه المختلفة التى كانت مستخدمة فيها قديما ونوع الغرز أو العقد المستخدمة والترميمات السابقة وطرق تنفيذها والتغيرات المتلفة التى يمكن أن تحدث للقطعة النسجية, مما يساعد فى وضع خطة العلاج والترميم المناسبة, صورة (١)، بالإضافة إلى استخدام هذا الفحص فى دراسة المعادن الأثرية فى تحديد مناطق اللحام ومعرفة أماكن الصدأ وسمكها والتعرف على وجود زخارف أسفل طبقات نواتج التلف وتحديد أماكن الترميمات السابقة. وأيضا فى التعرف على الحدود الخارجية للأثر المستخرج من الحفائر والمغطى بالكامل بجزء من التربة. حيث يساعد التصوير بالأشعة السينية فى التعرف على حدوده وكذلك ما بداخله ومعرفة ما قد تحويه تلك الآثار بداخلها قبل فتحها ودون الإضرار بها. كما أن التصوير بالأشعة السينية يعتبر طريقة مفيدة وغير متلفة لدراسة وتوثيق المومياوات للحصول على معلومات منها بغرض الصيانة والبحث ، ويعتبر التصوير بالأشعة السينية من أفضل الطرق فى تحديد مدي التلف الداخلى فى المومياء وحالة الهيكل العظمى لها وحالة النسيج الجلدي. بالإضافة إلى أنها تعطينا معلومات عن الفترة التى تم فيها التحنيط، طبقا للطريقة التى تم بها. والدراسات الأشعاعية تعطينا أيضاً معلومات عن وجود طبقات من ملح النطرون أو وجود طبقات الراتنجات فى تجاويف المومياء وتظهر مواد الحشو مثل الطين والكتان ويتم تحديد عمر المومياء بواسطة فحص الهيكل العظمى بالأشعة. والأشعة السينية تخترق المادة الأثرية بمعدلات مختلفة حسب كثافة المادة وسمكها. والفحص بالأشعة السينية يكون من لقطات أمامية وجانبية تغطي جسم القطعة بالكامل وتكون متداخلة. ومن الأفضل أن يتعلم أخصائي الصيانة كيفية إجراء هذا التصوير بنفسه وكذلك عمليات التحميض للصور وكيفية دراسة ما يظهر من خلال صور الأشعة السينية. وعند استخدام هذا النوع من التوثيق بالتصوير يجب أن يتم توثيق ظروف تشغيل الجهاز مثل الجهد المستخدم، نوع الفيلم، مصدر الاشعة وزمن تعرض القطعة الأثرية للتصوير بالاشعة.

أ



ب

ج



د

لوحة (١) (أ)توضح صورة فوتوغرافية لرأس توت عنخ أمون البارزة الخارجة من زهرة اللوتس- الاسرة ١٨- المتحف المصرى، (ب) توضح صورة الفحص بالاشعة السينية لرأس توت عنخ أمون (دوناتيلا كافيتسالى,٢٠٠٨) ، (ج) توضح صورة فوتوغرافية لقطعة من النسيج المطرز من القرن ١٧م - متحف أشمولين بأكسفورد، (د) توضح صورة الفحص بالاشعة السينية للقطعة السابقة (Mary ,2017 M,Brooks)

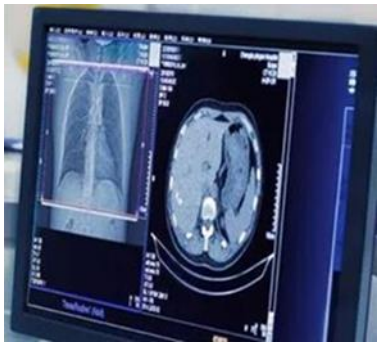
2. الفحص بالأشعة المقطعية CT Scan

التصوير بالاشعة المقطعية Computed Tomography -والمعروف أيضا بالتصوير الطبقى المحورى- هى تقنية طبية تستخدم الأشعة السينية والكمبيوتر لإنشاء صور ثلاثية الأبعاد لجسم الانسان، ولكنه مختلف عن الأشعة السينية التقليدية التى تستخدم لتصوير الأجزاء الكثيفة كالعظام، فهو يعطى تفاصيل للأنسجة الرخوة كالأنسجة العضلية والأوعيه الدموية أو الأعضاء كالدماغ. كما أنه يقوم بتصوير مقاطع عرضية للجسم بينما تعطى الأشعة السينية التقليدية صور مسطحة ثنائية الابعاد. والفكرة الأساسية لجهاز CT Scan يعمل على توجيه أشعة إكس على جسم الإنسان أو القطعة الأثرية, مع تحريكه حركة دائرية حول مركز الجسم لأخذ المئات من الصور على زوايا مختلفة, ويتم تجميع الصور الناتجة فى ذاكرة الكمبيوتر الذى يقوم بدوره بتجميعها وتكوين صورة ثلاثية الأبعاد للجسم. ولقد كان أول استخدام للأشعة المقطعية فى اظهار أنسجة الدماغ، حيث يستطيع اظهار أى جرح أو نزيف ناتج عن حادث أو ارتطام . وكانت هذه العملية تحتاج الى ٤.٥ دقيقة للمسح ودقيقة ونصف للمعالجة للحصول على صورة واحدة فقط، ولكن مع تطور العلم ازدادت سرعة الحصول على النتائج حيث أن الجيل الأخير للجهاز يحتاج إلى ثانية واحدة فقط لإنجاز ذلك.

ولقد استخدم الفحص بالأشعة المقطعية CT Scan بشكل أساسى فى عملية فحص المومياوات، فهو يوفر تحليلاً مقطعيا للمومياء علي قدر كبير من الدقة، ويعطي معلومات عن سبب وفاة المومياء ، ومعرفة عمرها عند موتها ومعرفة جنسها ، وأيضا التركيب الداخلي للمومياء وما تحتوية من لفافات الكتان المستخدمة فى ملأ الفراغات والتجاويف الداخلية وكذلك يساعد على معرفة أسلوب التحنيط ، ويقوم هذا النوع من الفحص بتصوير جماجم المومياوات الملفوفة ومن خلاله يمكن رؤية الجلد علي الجمجمة والرأس. ولقد كانت أول دراسة للمومياوات المصرية بهذا الأسلوب بواسطة harwood-nash

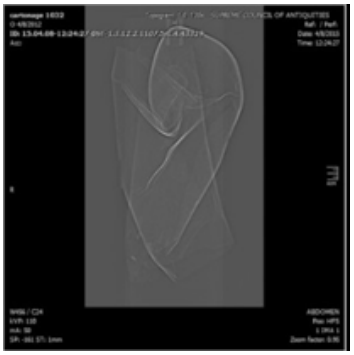
في تورنتو عام ١٩٧٧ وتم فحص ١٠٠ مومياء مصرية وقتها. حديثاً استخدم الفحص بالأشعة المقطعية CT Scan لفحص مومياء الملك رمسيس الثالث (الفرعون الثاني من الأسرة العشرين - حوالي ١١٨٦ إلى ١١٥٥ قبل الميلاد) وأثبتت النتائج أنه قد تم اغتياله عن طريق قطع حلقه. ويعتقد أن زوجته الملكة تيى هى من قامت بذلك لرغبتها فى أن يجلس ابنها بنتاويرت على العرش. ولقد كان الجرح عميقًا جدًا لدرجة أنه قطع الظهر مباشرة إلى فقرات الرقبة. وكشف التصوير المقطعي اللاحق لمومياء رمسيس الثالث أن إصبع القدم الكبير الأيسر قد تم قطعه أيضًا بفأس قبل وقت قصير من وفاته، هذا الأمر جعل العلماء يتساءلون عما إذا كان هذا نتيجة لعدة أشخاص يحاولون قتله بأسلحة مختلفة، لوحة (٢,أ, ب). كما تم استخدام الفحص بالأشعة المقطعية CT Scan لفحص قناع مومياء من الكارتوناج من مقتنيات المتحف المصرى بالقاهرة، صورة(٢) حيث كان فى حالة سيئة جداً من الحفظ, تغطيه الأتساخات والاتربة بشكل كامل, فضلاً عن أنه كان مطوياً بشكل عشوائى على غير طبيعته التى من المفترض أن يكون عليها. حيث أوضحت نتائج الفحص بالأشعة المقطعية CT Scan عدم وجود بقايا آدمية بداخلة, وكذلك الطريقة التى تم بها طى الكارتوناج وعدد طبقات الحامل الكتانى. ولقد ساعدت نتائج الفحص فى الإجابة على العديد من الإسئلة الهامة والتى توقف عليها بشكل كبير نجاح عمليات علاجه وصيانته لوحة (٢,ج, د)

أ



ب

ج



د

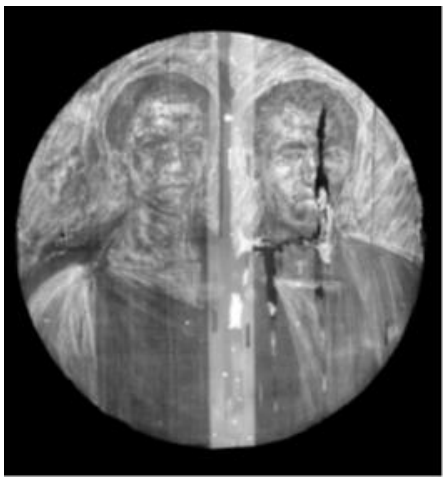
لوحة (٢) (أ) توضح صورة فوتوغرافية لمومياء الملك رمسيس الثالث. صورة (ب) توضح نتيجة الفحص CT Scan للمومياء السابقة.(- (https://www.thesun.co.uk/tech/9798456/ct-scan-ancient-egyptian-pharoah-murdered-by-wife/)
(ج) توضح جهاز الفحص بالأشعة المقطعية CT Scan أثناء فحص قناع مومياء من مقتنيات البدروم بالمتحف المصرى بالقاهرة. (د) توضح نتيجة الفحص CT Scan لقناع المومياء.

3. التصوير بالأشعة تحت الحمراء

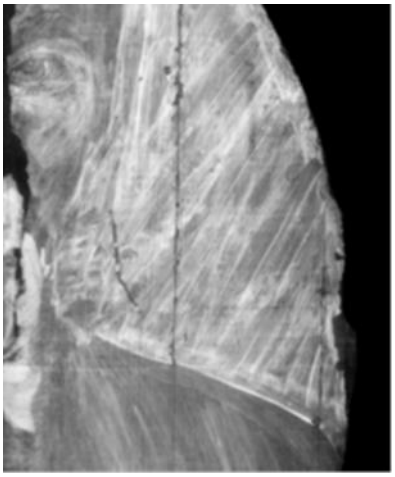
تعتمد هذه التقنية على أساس أن العديد من الألوان تكون شبه شفافة فى إنعكاس الأشعة تحت الحمراء ، فيتيح لنا مشاهدة وفحص فى نفس وقت إنعكاس الأشعة على القطعة بطول موجات لايمكن رؤيتها بالعين المجردة) ٨٠٠ - ٢٠٠٠ نانوميتر (والذى يسمح أيضا بإظهار الطبقات الجصية وأعمال الترميم المستخدم فيها الألوان السابقة أو إعادة التلوين. كما أن التصوير بالأشعة تحت الحمراء تتيح التمييز بين الألوان التى تبدو للعين المجردة متشابهة من خلال تمثيلها بدرجاتها المختلفة. وكذلك

فى توضيح الكشف عن عمليات الصنفرة التى تتم للسطح والطبقات الجصية, وأيضاً عمليات الترميم السابقة التى استخدمت فيها الألوان وذلك بهدف تحديدا دقيقا لحالة الحفظ الخاصة بالقطعة. فضلا عن أن هذا النوع من التصوير يساعد فى الكشف عن الطبقات الاصلية underdrawing إذا ما كانت مغطاة بطبقات أحدث، حيث أنه يكشف عن المواد القائمة على الكربون مثل الجرافيت، الفحم والحبر والتى غالباً ما كانت تستخدم لخلق الرسوم الأولية للوحات الفنية وهو ما يسمى ب underdrawing ، فهو الرسم التخطيطى الأول من التكوين على طبقة التحضير، فعندما تخترق الأشعة طبقات التصوير وتضرب الخطوط السواد المعروفة بunderdrawing يتم امتصاصها فتنعكس مرة أخرى من خلال الأرضية البيضاء(طبقة التحضير) فترى underdrawing كمنطقة سوداء فوق أرضية بيضاء، حيث أنه بذلك يعطى إنطباع عن مرحلة العملية الأبداعية للفنان، كما أن التصوير بالأشعة تحت الحمراء يمكن أن يكشف التوقيعات والتواريخ التى من الممكن أن تكون تحت طبقات التصوير، فضلاً عن استخدام الأشعة تحت الحمراء فى الكشف عن مدى أصالة اللوحات الفنية وكذلك الشقوق التى ربما تتواجد بها. بالإضافة إلي أنه يكشف عن الرسومات أو الكتابات التي تكون قد تأثرت بعوامل الزمن فلم تعد تري بالعين المجردة, لإختفاء ملامحها وخطوطها وألوانها. ولقد قام المعهد العالى للصيانة والترميم ISCR- روما – إيطاليا بالتعاون مع المجلس الاعلى للآثار(بالمتحف المصرى) عبر دورات تدريبية لترميم مقتنيات المتحف المصرى بالقاهرة بعمل فحص بالأشعة تحت الحمراء لبورتريه أو صورة الأخوين من العصر الرومانى، وهوعبارة عن رسم على الخشب باستخدام أسلوب الشمع المنصهر، ارتفاعه ٦٠ سم، من القرن الثانى الميلادى ومعروض بالمتحف المصرى بالقاهرة، حيث أوضحت نتائج الفحص ضربات الفرشاة التى تشكل الرداء الأحمر التى تظهر إلى حد كبير شبه شفافة و تظهر بشكل مميز علامات داكنة استخدمت كتظليل . وأيضاً فإن ضربات الفرشاة الخاصة بتسريحة الشعر ومنطقة اللحية وعلامات التظليل نستطيع رؤيتها وقراءاتها بشكل أفضل . ويظهر الدبوس الماسك للرداءالأحمر للشخص الموجود على اليسارأنه قد استخدم فى تنفيذه طبقات رقيقة جدا من اللون على الرداء بعد الانتهاء من تلوينه, لوحة (٣).

أ



ب



ج

د

لوحة (٣) (أ) توضح صورة فوتوغرافية لبورتريه أو صورة الأخوين من العصر الرومانى، القرن الثانى الميلادى، المتحف المصرى بالقاهرة، صور (ب، ج، د) توضح صور لنتائج الفحص بإنعكاس الأشعة تحت الحمراء للبورتريه. (دوناتيلا كافيتسالى,٢٠٠٨)

4. التصوير بالأشعة فوق البنفسجية

يساعد التصوير بالأشعة فوق البنفسجية ذات الطول الموجى القريب ٣٨٠ نانوميتر على إظهار أمراض السطح الخارجي مثل وجود تقشر أو تشرخ في القشرة السطحية للأثر والتى تكون غير ظاهرة للعين المجردة , كذلك تكشف عن المناطق المعاد ترميمها, وذلك لإختلاف المواد والألوان المستعملة، فكل مادة ولون يتغير لونها تحت هذه الأشعة. صورة(٤). كما يفيد التصوير بالأشعة فوق البنفسجية فى التعرف على بعض أنواع الأصباغ الأثرية مثل الانديجو حيث أن لكل لون منها تصرف مميز لها عند فحصها بالأشعة الفوق بنفسجية، فضلا عن فائدتها فى التعرف على تكنيك صباغة الألياف الأثرية.

أ

ب

لوحة (٤) (أ) توضح صورة فوتوغرافية بالضوء المرئي للوحة زيتية يظهر بها مادونا القوطية مع طفل بعد روجير فان دير فايدن. (ب) التصوير بوميض الأشعة فوق البنفسجية للصورة السابقة ، يتضح بها بعض المناطق المظلمة في الصورة والناتجة عن المواد المستخدمة فى اعادة لمسات الفنان retouches، رقم A02 ، معرض اللوحات التابع لأكاديمية الفنون الجميلة فيينا، النمسا.

5. التسجيل بالليزر ثلاثي الأبعاد : 3D Laser Scanning

أسهمت تكنولوجيا ماسح الليزر ثلاثى الأبعاد فى الحصول على نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد غاية فى الدقة ، ممايتيح معه الحصول أيضاً على معلومات هندسية وحسابية خاصة بالقطع الأثرية فى خطوة واحدة. ولقد كان بداية استخدامه منذ عام ١٩٩٧ كونه وسيله سريعة وقادره علي الرسم المجسم ثلاثي الأبعاد للمبني الأثري, وبقدرته علي توضيح الفراغ الداخلي , ونمط وشكل تراصف الاحجار stratigraphic وبقدرته علي توثيق الرسومات المعقدة في المبني الأثري. تزود تقنية الليزرثلاثية الأبعاد أمناء المتاحف والباحثين وعلماء الآثار بأدوات جديدة لإلتقاط صور ثلاثية الأبعاد للقطع الأثرية أو الفنية وبتفاصيل دقيقة وكثيرة جدا مقارنة بالصور ثنائية الأبعاد التقليدية. تمكنهم بعد ذلك من دراستها أو ترميمها أوأرشفتها بسهولة وبدون الحاجة الى اللمس المباشرللقطعة الأثرية. وعلى الرغم من ندرة الدراسات التى تناولت تطبيق تقنية الماسح ثلاثى الأبعاد فى مجال المنسوجات والسجاد الأثرى، إلا أن المحاولة الأولى كانت عام ٢٠٢١ حيث استخدم Kamil Zyła وآخرون-٢٠٢١) تقنية الماسح ثلاثى الأبعاد فى تصوير وتوثيق الملابس التاريخية فى إمارة بخارة فى أوزباكستان (أواخر القرن ١٩).

وهناك العديد من المميزات لإستخدام الماسح ثلاثي الأبعاد في مجالات علم المتاحف والآثار منها (١) التوثيق والحصول على الكثير جدا من التفاصيل, حيث أن الماسح ثلاثي الأبعاد أكثر دقة من العين المجردة ويمكنه التقاط مستوى عالٍ من التفاصيل رقميًا. كما يمكن للمتاحف الآن إنشاء أرشيفات ثلاثية الأبعاد خاصة بها وتخزين نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد لمقتنياتها بأكملها ، بدلاً من الاعتماد على مجرد صور ثنائية الأبعاد. (٢) الحفاظ على التراث الثقافي. حيث أن بعض المواقع التاريخية معرضة للخطر ، سواء من النزاعات المسلحة أو الكوارث الطبيعية أو التقادم الطبيعى للأثر, فمن الممكن استخدام الماسح ثلاثي الأبعاد للأحتفاظ بالأحداثيات ثلاثية الأبعاد الدقيقة لتلك المواقع التاريخية.(٣) تحسين الوصول إلى المتاحف والتراث الثقافي , حيث يفتح المسح ثلاثي الأبعاد الأبواب لزيارات المتحف الأفتراضي, حيث يمكن لأي شخص زيارة المعروضات من منزله دون عناء أو مشقة. (٤) ترميم واستنساخ القطع الأثرية في المتاحف في جميع أنحاء العالم. حيث يتزايد استخدام المسح الضوئي ثلاثي الأبعاد في تحديد تفاصيل القطعة الأثرية وتوثيقها قبل أي أعمال ترميمية. وكذلك فى عملية الترميم , حيث أنه مفيد في تخيل الأجزاء المفقودة من المبنى أو القطعة الأثرية. فضلاً عن أهمية الماسح الضوئى ثلاثى الأبعاد فى أستنساخ مجسمات مطابقة للقطعة الأثرية أو أستنساخ كافة العناصر المعمارية. (٥) التسجيل بالليزر ثلاثي يتم باستخدام شعاع الليزّر بدون لمس سطح الأثر، فيتّم نقل أحداثيّات العناصر المنعكس عليهًا بمعلوميةٌ مكان الماسحة.

وينّقسم ماسح الليزّر إلى ثلاثة انواع:

الماسح الليزّري الأرضى الثابت (Fixed Terrestrial Laser Scanning)

الماسح الليزّري المحمول على عربة (Kinematic Terrestrial Laser Scanning)

الماسح الليزّري الجوى (Air bone Laser Scanning)

يعّمل نظام الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد بعد توقيعٌ أحداثيّات المبنى و أحداثيّات تمركز الماسحة التى يجّب أن تتداخل بحيثٌ تغطى كامل السطح الممسوح لضمان نقل جميعٌ النقاط وتمهيدًاً لعمليةٌ النمذجة التى تنتج عن نقل البيانّات للكمبيوٌتر عبر برمجيّات معينّة و يتّم قراءة بيانّات الماسح الليزّري عبر برمجيّات معينّة تحولها إلى أمتدادات ملفات الكاد و3D MAX ،.

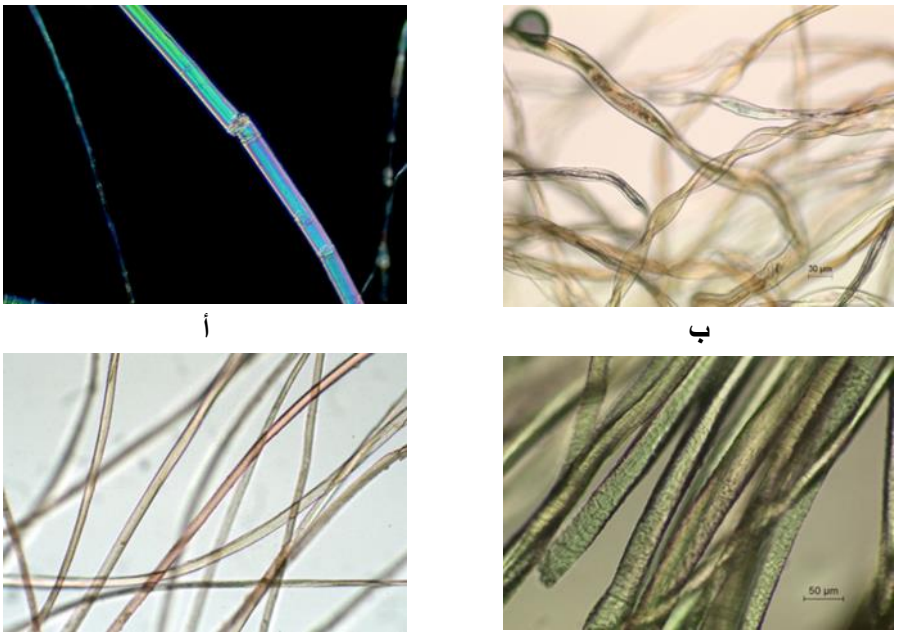
- وبعد الأنتهاء من تسجيل وتوثيق القطعة الأثرية بالطرق العلمية السابقة ، من الهام جداً أن يتمكن الباحث من الحصول على المعلومات الكاملة الموثقة عن القطعة الأثرية التى يرغب فى دراستها بسهولة ويسر, ويتم ذلك بعمل قاعدة للبيانات على الحاسوب الآلى يسهل الإطلاع عليها, ويجب أيضاً أن تكون كل ما تم توثيقة من قبل أخصائى الترميم والصيانة للقطعة الأثرية مرافقاً للقطعة نفسها عن طريق كتابة ذلك بشكل مختصر على بطاقة البيانات أوالفيشة وإرفاقها مع القطعة فى مكان عرضها أو تخزينها.

أهم طرق الفحوص والتحاليل العلمية الحديثة للمقتنيات المتحفية:

الطرق العلمية لفحص القطع الاثرية:

1. الفحص بالمجهر الضوئي : Light Microscope

يعتمد الفحص بالمجهر الضوئي على عدسات عينية وشيئية , وتعتمد قوة التكبير النهائية على قوة تكبير كل منهما . وقوة التكبير النهائية تساوى حاصل ضرب قوة تكبير العدسة الشيئية × قوة تكبير العدسة العينية . وتعتمد الرؤية فى هذا المجهر على الضوء النافذ خلال العينة المراد فحصها . ولذلك يجب أن توضع العينة على شريحة زجاجية, وأن تكون العينة رقيقة جدا, لكي تسمح بنفاذ الضوء خلالها . ولذلك فهو لا يصلح لفحص العينات المعتمة أو السميكة المقطع . ويستخدم هذا المجهر فى معرفة التفاصيل الخاصة بسطح الأثر ، حيث إنه قد يصل لحالة من الاتساخات التى قد تتسبب فى طمس زخارفه ، وفى هذه الحالة يصعب ملاحظة ما يشتمل عليه الأثر من زخارف أو كتابات . لذلك يستخدم المجهر الضوئي فى الكشف عن تلك الزخارف لمحاولة إظهارها والتعرف على مواضعها أثناء البدء فى الترميم . كما يستخدم فى التعرف على نوع الألياف النسجية ، ويكشف المجهر الضوئى عن مدى متانة ورقة وسمك الخيوط المستخدمة فى صناعة القطعة النسجية مما قد يفيد فى الكشف عن حالتها والطرق العلمية لعلاجها وترميمها, لوحة (٥). كذلك يمكن فحص شريحة رقيقة Thin-Sections من بعض المواد الأثرية مثل الأحجار أو الفخار وكذلك يمكن عمل قطاعات عرضية لدراسة التركيب الطبقى لبعض المواد الأثرية مثل قطاعات الطبقات اللونية.



أ ب

ج د

لوحة (٥) توضح صور بالمجهر الضوئى للألياف الأثرية (أ) ألياف الكتان. (ب) ألياف القطن. (ج) ألياف الحرير.(د) ألياف الصوف.

2. الفحص بالمجهر المستقطب: Polarized Microscope

يعرف المجهر المستقطب بالمجهر البتروجرافى، ويستخدم فى دراسة الصفات البصرية للمواد المتبلورة، وهو يختلف عن المجهر العادى فى احتوائه على جزئين اضافيين يعرفان بإسم المستقطبين أو منشورى نيكول Nicole prisms٠ ويعتمد الفحص بالمجهر المستقطب على دراسة الخواص البصرية أو الضوئية لكل معدن،أى كيفية تفاعل المادة أو المعدن مع الضوء الساقط عليها. فمن المعروف أن الضوء يتذبذب بحرية فى جميع الأتجاهات الممكنة فى الهواء أو فى أى غاز آخر، وكذلك السوائل والزجاج فى حالة عدم وجود أى عائق. يحدث إنكسار أو إنحراف لحزمة ضوئية نتيجة لأى تغيير يحدث

فى سرعة الضوء فى أثناء مروره من وسط إلى آخر. وتتوقف سرعة الضوء على معامل الانكسار فقط لكل من هذه الأوساط ولا تتوقف على إتجاه الضوء. و يستخدم المجهر المستقطب فى مجال الآثار فى تحديد نوع مواد البناء الأثرية عن طريق دراسة المكونات المعدنية لها سواء الأساسية أو الثانوية والمواد الرابطة من خلال شرائح رقيقة. كما يستخدم فى التعرف على التاريخ التشوهى الذى مر به الصخر، التعرف على الشروخ فى المواد والتى تكون غير مرئية بالعين المجردة، لتحديد التلف الداخلى اعتمادا على الخصائص البصرية للمعادن وكذلك تحديد التلف الميكانيكى للحبيبات المعدنية الناشئة عن الضغوط, التعرف على وجود الأملاح ، دراسة الخواص البتروجرافيه للصخور القديمة والتى تفيد للمقارنة مع صخور المحاجر الحديثة والتى يمكن الأستعانة بها فى عمليات الأستكمال. كما يستخدم المجهر المستقطب فى فحص المواد الأثرية العضوية مثل الألياف(نسيج- لوحات زيتية) لمعرفة ما بها من تلف.

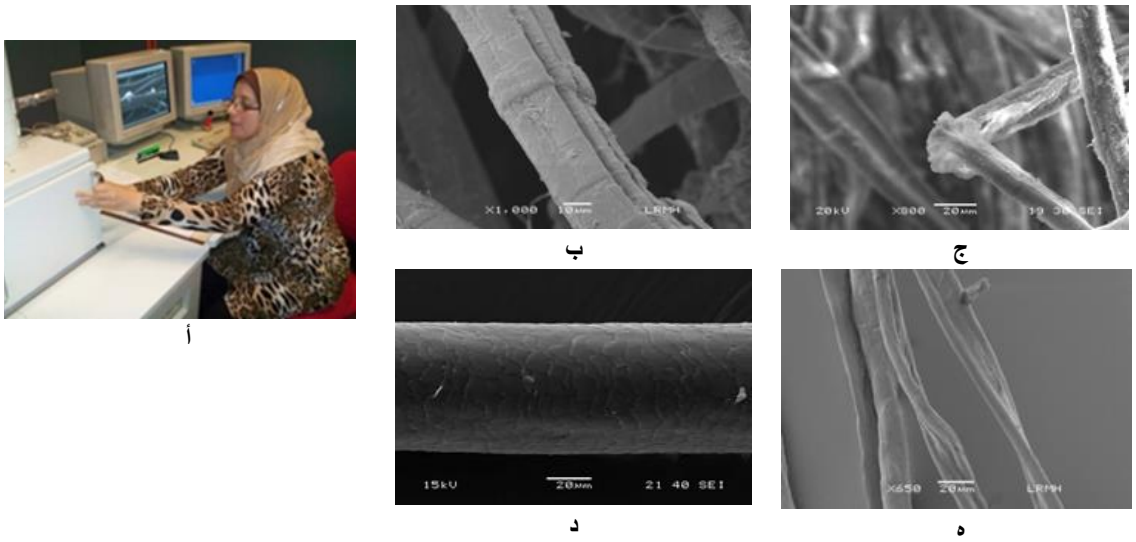
الفحص بالمجهر المجسم Stereo Microscope

كلمة استيريو تعنى صورة مجسمة ثلاثية الأبعاد. والمجهر المجسم من البصريات ذات الجودة العالية وهو من أحدث المجاهر ثلاثية الأبعاد المستخدمة فى عملية فحص القطع الأثرية. ويختلف المجهر المجسم عن المجهر الضوئي فى أن مصدر الضوء يكون مركزاً على سطح العينة (من أعلى), ولذلك يمكن فحص الأجسام المعتمة , كما أنه مزود بحامل متحرك يمكن بمساعدته فحص جزء ما على الأثر نفسه دون الحاجة إلى أخذ عينة منه. والمجهر المجسم مزود بنفس وسائل الإخراج المستخدمة فى المجهر الضوئي. ويستخدم المجهر المجسم فى التعرف على نوع الألياف المكونة لقطعة النسيج ، وإتجاه وطريقة الغزل. كما يستخدم فى دراسة ومعرفة الأسلوب المستخدم فى صناعة وزخرفة المنسوجات الأثرية، وفى الكشف عن طبيعة الألوان الموجودة, والتفرقة بينها وبين الاتساخات الموجودة على سطح هذه المنسوجات. فضلا عن استخدام المجهر المجسم فى دراسة مشكلة تأكل وصدأ الزجاج وتلف وتدهور المعادن.

3. المجهر الالكترونى الماسح: Scanning Electron Microscope (SEM-EDX)

يعتبر من أهم التقنيات الحديثة الهامة التى لا غنى عنها فى مجال الترميم بصفه خاصة ومجال الآثار بصفة عامة ، حيث يمكن استخدامه لدراسة حالة مادة الأثر قبل إجراء عمليات الحفظ والصيانة, وذلك للتعرف على مدى التغير فى الخواص الكيميائية أوالمعدنية وكذلك الخواص الفيزيائية والتى تترتب على أساسها تحديد درجة التلف وكذلك دراسة ميكانيكية حدوثه. كما يعتبر المجهر الالكترونى الماسح من أكثر الأجهزة المستخدمة فى عمليات الفحوص الخاصة بالمنسوجات ,حيث أنه يعتبر من التحاليل غير المتلفه Non – destructive methods، وذلك نظرا لضآلة حجم العينة التى يحتاجها الجهاز للفحص والدراسة. كما إنه يفيد بشكل كبير فى التعرف على مدى ومقدار التلف الحادث بالعينة. حيث يستخدم فى تصوير عينات من ألياف النسيج المراد فحصه، سواء كانت من خيوط السدى أو اللحمة ، وذلك للتعرف بشكل واضح ودقيق على نوع الألياف وحالتها وتحديد مدى تدهورها وتعرضها للتلف، لوحة (٦). كما أن الفحص بالمجهر الالكترونى الماسح يفيد فى تحاليل الألياف المتقصفة وإعطاء صورة واضحة لحالتها. وتصل قوة التكبير فى هذا النوع من الميكروسكوبات إلى ٢٠٠,٠٠٠ مرة , وهناك بعض الأنواع المتطورة ذات قوة تكبير تصل إلى مليون مرة . فى حين تصل قوة التكبير أقصاه فى الميكروسكوبات العادية إلى ١٥٠٠ مرة. ويرجع ذلك الفرق فى قوة التكبير إلى استخدام عدسات مغناطيسية تقوم بالمسح الالكتروني الشامل للعينة, ولذلك تغطى العينات العضوية بطبقة رقيقة من الذهب, حتى يتم التخلص من الشحنات المتراكمة على سطح العينة, والتي قد تتفاعل مع المجال المغناطيسي بالجهاز. ويمكن استخدام المجهر الالكترونى الماسح فى تصوير وتحليل العينة فى نفس الوقت، حيث يمكن التحكم فى الأشعة السينية المتولدة نتيجة اصطدام الالكترونات بسطح العينة المراد دراستها, وبتجميع هذه الأشعة وتحليلها يمكن معرفة مكونات العينة. كما يستخدم هذا المجهر الالكترونى الماسح فى دراسة

وملاحظة وجود بعض التلف البيولوجى فى المادة الأثرية من خلال وجود بعض المكونات الفطرية أو البكتيرية داخل مكونات الأثر, وكذلك اختبار فاعلية مواد الترميم مثل معرفة تغلغل مادة التقوية داخل الألياف النسجية أو أى مادة أثرية, وأيضاً تأثير عوامل التقادم على مواد الترميم والتعرف على مدى التلف الذي حل بها. كذلك يمكن التعرف على التغير فى شكل الحبيبات والتشوه فى بلورات بعض المعادن المكونة للحجر.



لوحة (٦) توضح صور بالمجهر الالكترونى الماسح لألياف أثرية.(أ) أثناء القيام بعملية الفحص بمعامل تحاليل المركز القومى للبحوث بميلانو بإيطاليا. (ب) ألياف الكتان. ويتضح بها شكل العقد المميزة للألياف. (ج) التلف الحادث بألياف الكتان. (د) ألياف الصوف ويتضح بها شكل الحراشيف المميزة للألياف. (هـ) ألياف القطن ويتضح بها الشكل الأسطوانى المميز للألياف.

4. المجهر الالكترونى النافذ : Transmission Electron Microscope (TEM)

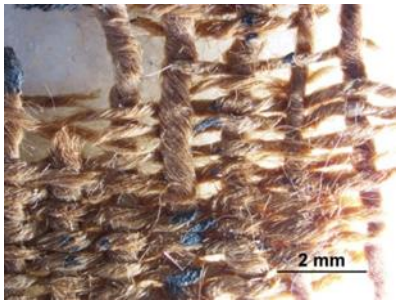
تعتمد التقنية التى يعمل بها المجهر الالكترونى النافذ على نفاذ شعاع من الالكترونات من عينة رقيقة جدا، ويتفاعل معها ، حيث تتكون الصورة من تفاعل الالكترونات النافذة من العينة حيث يمكن أن تكبر الصورة وتركز على شاشة فلوريسنت أو على طبقة من فيلم فوتوغرافى، أو أن ترصد بواسطة كاميرا فيديوCCD٠ وتعتبر عملية تجهيز العينة للفحص بالمجهر النافذ معقد بعض الشئ، حيث يتطلب ذلك أن تكون العينة بسمك لا يتجاوز بضعة مئات النانومترات، فالجهاز يعتمد على تكوين الصورة بواسطة الألكترونات والتى ليس لها القدرة الكبيرة على الاختراق كأشعة اكس، هذا بالاضافة الى ان إعداد العينة يستغرق وقتاً كبيراً, ومن المحتمل أن يحدث بعض التغيرات فيها أثناء التحضير والأعداد. ويستطيع المجهر الالكترونى النافذ أن يكون صور بدقة تحليلية عالية جدًا أكبر بكثير من تلك التى يمكن أن نحصل عليها من المجهر الضوئى التقليدى, والسبب فى ذلك يعزى إلى الطول الموجى القصير المصاحب للألكترونات. هذه الدقة جعلته أداة تحليلية هامة تستخدم فى العديد من المجالات العلمية فى الفيزياء والبيولوجى وعلوم المواد فضلاً عن استخدامه فى فحص العينات الأثرية حيث يمكن من خلاله التعرف على التراكيب الكيميائية للعينة والتركيب البنائى والمورفولوجى للأحجار وفى دراسة طبقات التحضير والألوان فى حالة المنسوجات الأثرية الملونة.

5. مجهر الاشعة فوق البنفسجيه والمرئية Ultraviolet and visible (UV-Vis) Microscope

يتضمن الفحص المجهري UV-VIS ، الذي يُختصر أحيانًا إلى الفحص المجهري للأشعة فوق البنفسجية ، استخدام مجهر مركب مع الأشعة فوق البنفسجية بالإضافة إلى الضوء المرئي. حيث يستخدم التفلور والوميض الفسفورى لدراسة خصائص المواد الأثرية العضوية أو غير العضوية ، حيث يمكن للمواد إظهار هذه الخصائص ، بناءً على تركيبها الكيميائي. يعمل استخدام الضوء فوق البنفسجي ، بطول موجته القصيرة ، على تحسين جودة الصورة الملتقطة للعينة, مما يساعد على سبيل

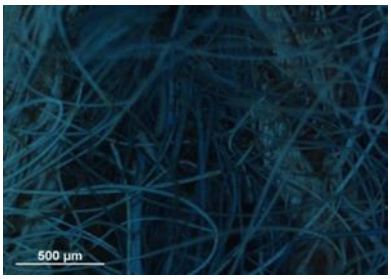
المثال على سهولة التمييز بين الطبقات العضوية وغير العضوية من المواد في المقطع العرضي، وكذلك فى العينات المفردة بسبب تفاعل الضوء مع الجزيئات داخل العينة نفسها. و تُستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في تحليل اللوحات ، ومقارنة الصور المرئية والأشعة فوق البنفسجية للمقاطع العرضية للمساعدة في تحديد طبقات الطلاء المختلفة.كما يستخدم UV-VIS فى الفحص الدقيق للألياف الأثرية والتعرف بدقة على الدرجات اللونية للمصبوغ و الملون منها, ولكنه لا يسمح بالتمييز بين الأنواع المختلفة للأصباغ. كما يفيد الفحص أيضاً بهذا المجهر فى التعرف على التراكيب النسجية واتجاه برم الخيوط وطريقة تنفيذ الزخارف بالمنسوجات الأثرية وتساعد الأشعة الفوق البنفسجية فى التعرف على المواد الغريبة العالقة بالعينة الأثرية, لوحة (٧).

أ



ب

ج



د

لوحة (٧) توضح صور الفحص بمجهر الأشعة فوق البنفسجيه والمرئية لألياف أثرية بمعامل تحاليل المركز القومى للبحوث بفلورانس بإيطاليا. (أ) أثناء القيام بعملية الفحص. (ب) التركيب النسجى وتكنيك الزخرفة فى عينة من ألياف الكتان الأثرى. (ج) الفحص بالأشعة المرئية لألياف أثرية مصبوغة. (د) الفحص بالأشعة فوق البنفسجيه لنفس الألياف المصبوغة السابقة.

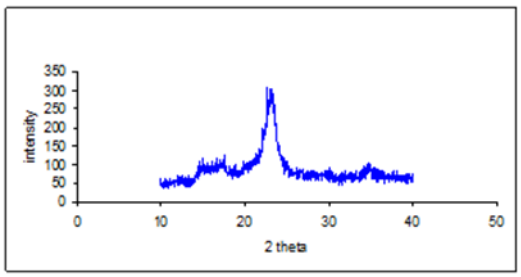
الطرق العلمية لتحليل المواد المستخدمة فى صناعة القطع الاثرية :

1. التحليل بحيود الأشعة السينية : X- Ray Diffraction

الأشعة السينية عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية عالية التردد لها نفس طبيعة الضوء . وهى ذات طول موجي قصير , وتقع فى المنطقة بين أشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية بالنسبة للطيف الكهرومغناطيسي . والوحدة المستخدمة فى القياس فى هذه المنطقة هى الانجستروم (الانجستروم عبارة عن ١٠ -٨سم) حيث تتراوح أطوال الأشعة السينية المستخدمة فى دراسة المواد من ٠,٥ : ٢,٥ انجستروم A Angstrom. تعتمد طريقة التحليل بواسطة حيود الأشعة السينية على الأبعاد العمودية(d) للمسطحات الذرية المتوازية للبناء البلورى للمواد(المسافة العمودية بين ذرتين عموديتين فى مستويين متوازيين) فى البناء البلورى للمادة. ويمكن التعرف على قيمة (d) من خلال انعكاس أوحيود الأشعة السينية بواسطة الذرات الموجودة فى المستويات الذرية طبقا لقانون براج. ويتم تسجيل الأشعة المنعكسة تسجيلاً آليا بواسطة جهاز " الدفراكتوميتر " , ويكون التسجيل فى شكل رسم بياني لشدة الإنعكاسات المسجلة مقارنة بزاوية الإنعكاس لكل الإنعكاسات التى أعطتها الأسطح الذرية للبناء البلوري للمادة , ويسمى هذا التسجيل نمط حيود الأشعة السينية X- Ray Diffraction Pattern . ويعتبر من حيث موقع الإنعكاسات وشدة كل منها مميز للتركيب البلوري للمادة وبالتالي للعينة . وبمقارنة النتائج التى يحصل عليها من هذا التحليل بنتائج عينات قياسية معروفة التركيب يمكن التعرف على مكونات العينة . ويعتبر التحليل

بحيود الأشعة السينية من الطرق غير المتلفة , ويعطى النتائج فى صورة مركبات , ويفيد فى التعرف على مكونات طبقة الجسو والملاط والمونات، دراسة عينات الاحجار المنفصلة فى صورة قشور والمغطاه بأملاح، دراسة مواد التطعيم ، دراسة الألوان وأرضيات التصوير فى اللوحات الزيتية والأيقونات، دراسة مركبات الصذأ والفخار والسيراميك. كما يفيد التحليل بحيود الأشعة السينية فى التعرف على نواتج تلف الألياف السليلوزية. لوحة(٨).

أ



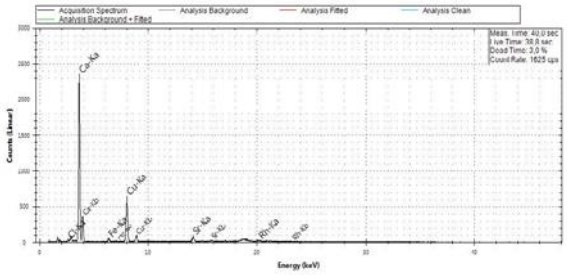
ب

لوحة (٨) (أ) توضح جهاز التحليل بحيود الأشعة السينية XRD chamber بمعامل تحاليل قسم الكمياء غير العضوية بجامعة ايوانينا باليونان. (ب) نمط حيود الأشعة السينية لعينة من ألياف الكتان الأثرية ويتضح بها التلف الحادث فى بوليمر السليلوز.

2. التحليل بتفلور الأشعة السينية : X- Ray Fluorescence

تعتمد هذه الطريقة على إثارة الذرات والتى تعنى انتقال الألكترونات من مدارها إلى المدار الأعلى والفرق فى الطاقة ينطلق على هيئة أشعة سينية. ويستخدم التحليل بتفلور الأشعة السينية فى التعرف على العناصر الموجودة فى العينة مثل الأتربة والمواد المتراكمة على الألياف النسجية ودراسة المواد الحجرية والفخارية والزجاجية والمعدنية وكذلك التعرف على المونات والألوان فى التصوير الجدارى واللوحات الزيتية. ويتيح استخدام جهاز التحليل بتفلور الأشعة السينية المتنقل (PXRF) الحصول على نتائج دقيقة عن مكونات القطعة الأثرية وهى فى مكانها وبدون الحاجة لأخذ عينة من الأثر, لوحة (٩).

أ



ب

لوحة (٩) (أ) توضح جهاز التحليل بتفلور الأشعة السينية المتنقل PXRF أثناء القيام بتحليل مكونات الألوان فى قناع مومياء بقسم الترميم بالمتحف المصرى.(ب) نمط تفلور الأشعة السينية لعينة من اللون الأزرق بالقناع ويتضح أنه عبارة عن الأزرق المصرى.

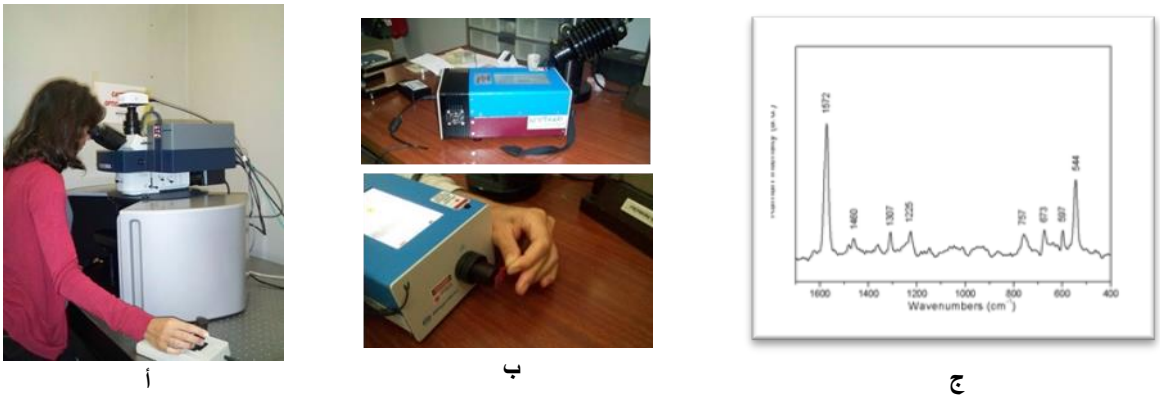
3. التحليل بالإمتصاص الذرى Atomic Absorption Analysis

يعتمد الأساس العلمي لهذه الطريقة على تجهيز عينة وإذابتها فى محلول عياري , ثم إثارة الذرات داخل العينة إما حرارياً بواسطة لهب, وإما كهربياً بواسطة فرن من الجرافيت وهى الطريقة الأحدث , فتقوم هذه الذرات بإمتصاص كمية من الطاقة ثم تبعثها . وبقياس كمية الطاقة الممتصة يتم التعرف على العنصر وكميته . ويعتبر هذا التحليل تحليلاً كمياً عن طريقه نستطيع معرفة نسب العناصر فى العينة , ومن خلاله نستطيع معرفة أكثر من ٦٠ عنصر من مكونات العينة الواحدة بدقة

عالية جداً تصل إلى جزء من المليون وبالتالى يمكن معرفة مكونات العينة حتى ولو كانت بنسبة ضئيلة جداً. ولكن من عيوب هذه الطريقة أنها مكلفة جداً , حيث أن كل لمبة تعطى طيف أو ضوء لعنصر معين واحد فيتطلب ذلك عدد من اللمبات مثل الذهب – الفضة – النحاس. والتحليل بواسطة الإمتصاص الذرى يستخدم للمواد غير العضوية فقط مثل الألوان المستخدمة فى زخرفة المنسوجات الأثرية واللوحات الفنية وفى التصوير الجدارى وطبقات المونة والشيد والمعادن والفخار والأحجار. كما يعتبر التحليل بالإمتصاص الذرى من الطرق المتلفة للعينة الأثرية حيث يجب أن يتم اذابتها أولاً فى أحد الأحماض ولذلك يجب أن تكون آخر الطرق المستخدمة فى التحليل.

4. التحليل بمطياف الرامان Raman Spectroscopy

وهذه التسمية تعود إلى مكتشفها العالم الهندى Raman والذى قام بقياس التشتت الناتج عن ضوء أحادى اللون عندما يسقط على العينة. و يعتبر التحليل بالرامان من التحاليل الغير متلفة. وهو نوع من أنواع التحليل الطيفى بإستخدام الليزر بعدد من الأطوال الموجية في مناطق طيف الأشعة فوق البنفسجية (٣٢٥ نانومتر) ، المرئية (٧٨٠ نانومتر ، ٦٣٣ نانومتر ، ٥٣٢ نانومتر و ٤٧٣ نانومتر) وفي مناطق الأشعة تحت الحمراء القريبة (١٠٦٤ نانومتر). ويجب الحرص الشديد عن اختيار الطول الموجى للفحص بمطياف الرامان وخاصة عند تحليل المواد العضوية. ويستخدم التحليل بمطياف الرامان على نطاق واسع في دراسات التراث الثقافي, وقد استخدم بنجاح فى التعرف على التركيب الكيميائى لجزئ المادة مثل التعرف على المواد الغير عضوية ومنها على سبيل المثال أنواع الألوان والمونات والاحجار وغيرها. وكذلك التعرف على التركيب الكيميائى للمواد العضوية مثل الراتنجات والشموع والأصباغ الأثرية وكذلك طبقات التصوير فى حالة المنسوجات الملونة.فضلا عن قدرته فى التعرف على نواتج تلف القطعة الاثرية. ومن مميزات تحليل العينات الأثرية بإستخدام الرامان قدرته على التعرف على نوعية المواد الأثرية بإستخدام عينة صغيرة جدًا, و بدون الحاجة إلى معالجة كيميائية أو فيزيائيه للعينة، ويجب مقارنة نتائج تحليل العينة الأثرية بعينه أخرى قياسية. وبعض أجهزة الرامان لها ذراع خارجي أو محمولة مما يجعلها مناسبة لفحص القطعة الأثرية دون أخذ عينة. لوحة (١٠).



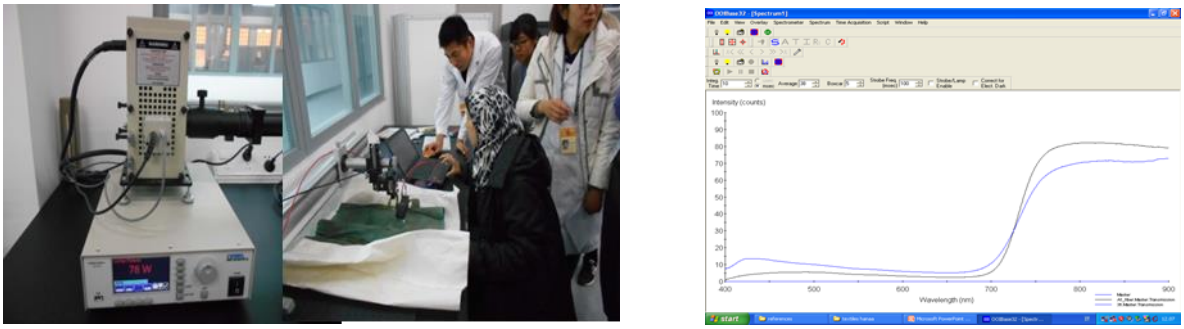
أ ب ج

لوحة (١٠) (أ) توضح جهاز التحليل بمطياف الرامان Raman Spectroscopy اثناء القيام بتحليل مكونات الاصباغ فى عينات من النسيج الاثرى، بمعامل تحاليل المركز القومى للبحوث بميلانو بإيطاليا. (ب) توضح جهاز التحليل بمطياف الرامان المتنقل أو المحمول. (ج) طيف التحليل بمطياف الرامان لعينة من ألياف أثرية مصبوغة بصبغة الأنديجو الزرقاء.

5. التحليل بقياس الإنعكاس الطيفى للضوء المرئى Fiber Optics Reflectance Spectroscopy, FORS

يعتبر من التحاليل السريعة الغير متلفة للآثار, ولا تحتاج إلى أخذ عينات من القطعة الأثرية, حيث يمكن حمل الجهاز إلى موقع القطعة الأثرية. ويعتمد التحليل بجهاز FORS على قياس وتسجيل الضوء المنعكس من سطح العينة الأثرية باستخدام مقياس الطيف spectrometer . ويشير طيف الضوء المنعكس إلى البيانات من النطاق المرئي إلى نطاق الأشعة تحت

الحمراء القريبة (١٦٥٥-٤٠٠ نانومتر). ويعتبر التحليل ب FORS من التحاليل الهامة والدقيقة والسريعة فى معرفة مكونات المواد الغير عضوية مثل الألوان والمونات والأحجار والمعادن وغيرها فضلا عن استخدامه فى تحليل المواد العضوية كالألياف والأصباغ والمخطوطات وغيرها لوحة (١١)، وذلك بمقارنة نتائج تحليل العينة الأثرية بأخرى قياسية معلومة. ويمكن للمعلومات التى يحصل عليها من هذا النوع من التحليل أن تساعد في تحديد المكان الذي قد يتطلب المزيد من التحليل التفصيلي بالأجهزة الأخرى. كما يتيح التحليل بجهاز FORS رصد التغييرات فى القيم اللونية الأثرية خلال عمليات التنظيف مما يسمح بعملية تقييم موضوعى لمستوى التدخل المطلوب وأخيرا فإن نتائج التحليل بFORS تعتبر نقطة انطلاق لعملية رصد مستمرة لحالة الحفظ لأسطح القطع الأثرية.



أ ب

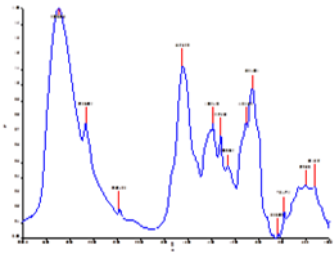
صورة رقم(١١) (أ) توضح جهاز تحليل الإنعكاس الطيفى للضوء المرئى(FORS)أثناء القيام بتحليل مكونات الأصباغ فى قطعة من النسيج الأثرى. بمعامل تحاليل متحف القصر ببكين بالصين. (ب) توضح طيف التحليل بFORS لعينة من ألياف أثرية مصبوغة بصبغة الأنديجو الزرقاء. وأخرى قياسية.

6. التحليل بالأشعة تحت الحمراء FTIR (Fourier Transform Infra Red)

هي تقنية التحليل الطيفي الإهتزازي وتوصف بأنها تقنية الإمتصاص التي تنبعث منها ترددات الأشعة تحت الحمراء (IR) من المنطقة القريبة ١٤٠٠٠-٤٠٠٠ سم-١ ، ومنطقة منتصف الأشعة تحت الحمراء ٤٠٠٠-٤٠٠ سم-١ ومنطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة ٤٠٠ــ ١٠ سم-١وهى من طرق التحليل الكيفية المستخدمة للتعرف على المجموعات الفعالة الموجودة بجزيئات المواد العضوية والغير عضوية, حيث يتم إعداد العينة بخلطها مع بروميد البوتاسيوم وصحنها , ثم تكبس فى مكبس خاص لتكوين قرص شفاف دائرى سمك ١ -٢ مم وقطر حوالى ١,٣ سم ويوضع هذا القرص بجهاز التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء, ليجرى عليه التحليل حيث يتم تسجيل الأهتزازات الناتجة عن وجود المجموعات الفعالة على شكل رسم بياني يمثل العلاقة ما بين النفاذية أو الإنعكاس والرقم الموجى ومن خلال أماكن حزم الامتصاص"Bonds" يمكن التعرف على المجموعات الفعالة بالمركب العضوي Function groups, وذلك بالرجوع إلى الجداول القياسية، ويتم أخذ جميع التسجيلات فى ظروف تشغيل واحدة ثابتة. ويستخدم التحليل بالأشعة تحت الحمراء فى دراسة وتحليل الأحبار، الألوان، الأصباغ، الألياف النسجية ، والمواد المختلفة المستخدمة فى تحنيط المومياوات. كما تستخدم فى التعرف على أنواع الورنيشات والراتنجات واللواصق والغراء والزيوت والشموع وجميع الوسائط اللونية، فضلًا عن استخدامها فى اختبار مواد التقوية المستخدمة فى عملية الترميم ومدى استقرارها وصلاحيتها فى ذلك. كما تستخدم فى التعرف على نواتج تلف المواد الأثرية المختلفة. ويتيح استخدام تكنيك التحليل بFTIR- ATR المحمول الحصول على نتائج سريعة ودقيقة وبدون الحاجة لأخذ عينة من القطعة الأثرية. كما أنه مفيد فى تحليل العينات المعتمة والشفافة على حد سواء لوحة (١٢)

أ

ب



ج

لوحة (١٢) (أ) توضح جهاز التحليل بالأشعة تحت الحمراء(FTIR) ٠ (ب) أثناء القيام بتحليل عينة من ألياف نسيج أثرى بجهاز التحليل المحمول أو المتنقل FTIR- ATR بمعامل تحاليل المركز القومى للبحوث بفلورانس بإيطاليا. (ج) طيف التحليل بFTIR- ATR لعينة من ألياف الكتان الأثرى.

7. التحليل الكروماتوجرافى Chromatographic Analysis

وهى إحدى الطرق التى تستخدم للفصل والتعرف وصفياً وكمياً لمخلوط من المكونات العضوية ويوجد عدة أنواع من التحليل الكروماتوجرافى هي:

١ – التحليل الكروماتوجرافى الورقى Paper Chromatography

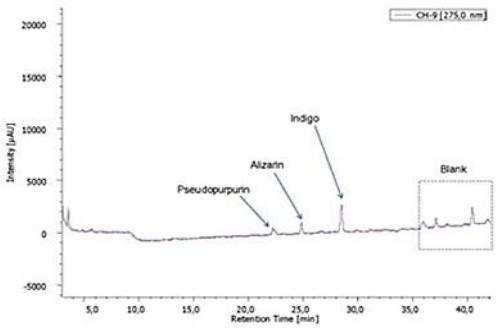
٢ – التحليل الكروماتوجرافى باستخدام الطبقة الرقيقة Thin Layer Chromatography

٣ – التحليل الكروماتوجرافى الغازي السائل Gas Liquid Chromatography

٤ – التحليل الكروماتوجرافى السائل High Performance Liquid Chromatography(HPLC)

HPLC هو أحد أهم الطرق المستخدمة فى الكيمياء التحليلية, حيث أن له القدرة على فصل وتمييز وعد المركبات الموجودة فى أى عينة, فهو جهاز يعتمد على الفصل الفيزيائى للمادة الفعالة, ويستخدم التحليل بHPLC بشكل أساسى فى التعرف على أنواع الأصباغ الأثرية فى المخطوطات والمنسوجات والسجاد فضلاً عن الكشف عن نواتج التلف بهذه الأصباغ، لوحة (١٣). وتعتمد عملية التعرف عليهما على استخدام عينات قياسية معلومة يتم تحليلها تحت نفس ظروف تحليل الأصباغ الأثرية. فضلا عن استخدامه فى التعرف على الوسائط اللونية بأنواعها والراتنجات والورنيشات والبقايا العضوية وأحبار الكتابة العضوية. وكذلك يفيد هذا التحليل فى التعرف على البوليمرات الصناعية المستخدمة فى تقوية المواد الأثرية. وبشكل عام فإن التحليل الكروماتوجرافى لم يقتصر استخدامه على تحليل العينات الأثرية الملموسة بل امتد ليشمل تحليل مكونات الهواء الموجود فى جو المتاحف، حيث استخدم التحليل الكروماتوجرافى فى قياس المركبات العضوية المتطايرة وكذلك فى قياس نسبة تركيز حمض الأسيتيك والفورميك فى البيئة المتحفية.

أ



ب

لوحة (١٣) (أ) توضح جهاز التحليل الكروماتوجرافى السائل(HPLC/DAD) بمعامل تحاليل المركز القومى للبحوث ببيزا بإيطاليا. (ب) نتائج التحليل بHPLC/DAD) لعينة من ألياف مصبوغة باللون الأرجوانى من نسيج أثرى حيث أوضحت النتاج أن الألياف مصبوغة بطريقة الصباغة المزدوجة من الأنديجو والفوة.

خلاصة البحث

- عملية صيانة وترميم القطع الأثرية المتحفيه عملية أو وظيفة مشتركة بين أمين المتحف وأخصائى الترميم وأخصائى الفحوص والتحاليل، ومن الهام جداً أن يتعاون ويقدر ويحترم كل منهم وظيفة ومسئولية كل منهم الآخر وذلك للحفاظ على القطع الأثرية.
- تعتبر المتاحف المكان الأمين الذى تحفظ فيه تراث البشرية الحضارى والفنى والطبيعى والصناعى على مر العصور التاريخية المختلفه.
- يعتبر التوثيق العلمى الدقيق للمقتنيات المتحفية له أهمية قصوى على الصعيد الأثرى والترميمى.
- التوثيق العلمى خلال مراحل العلاج والصيانه للقطع الأثرية وثيقة حماية لأخصائى الترميم والصيانه عن أداؤه فى عمله و مرجعًا عند النشر العلمي للأثر.
- ساعدت التكنولوجيا الحديثة فى تطور وسائل وأساليب التوثيق والتحاليل العلمية للمقتنيات المتحفية بشكل ملحوظ.
- أصبح حالياً من الهام والضرورى جداً للمتاحف الهامة فى جميع أنحاء العالم أن تضم فريقاً من العلميين (الكيميائين والفيزيائين) وذلك للمساعدة فى إجراء عملية الفحوص والتحاليل العلمية للقطع الأثرية قبل إجراء عمليات العلاج والصيانة لها.
- الفحوص والتحاليل العلمية للمقتنيات المتحفية من الخطوات الهامة جداً إجراؤها, وذلك للحصول على كل المعلومات الخاصة بحالة ونوع المواد المستخدمة وتكنيك صناعة وأسباب ومظاهر تلف القطعة الأثرية فضلاً عن اهميتها لوضع برنامج العلاج والصيانة الملائمة لها.
- أهمية إجراء أكثر من نوع من الفحوص والتحاليل العلمية للقطعه الأثرية طبقا لحالتها, وذلك للتأكد من سلامة النتائج قبل البدء فى عمليات العلاج والصيانة.

المراجع

المراجع العربية

• حسن صلاح عبد المولى "دراسة علمية تطبيقية لعلاج وصيانة العملات الاثرية المنتشلة من بيئة بحرية – مع التطبيق العملي على نماذج مختارة" رسالة ماجيستير – قسم ترميم الاثار- كلية الاثار – جامعة القاهرة – ٢٠١٥.

• دوناتيلا كافيتسالى: الحفاظ على الفن المصرى عبر دورات تدريبية لترميم مقتنيات المتحف المصرى بالقاهرة- (المعهد العالى للصـــيانة والترميم ISCR- روما – ايطاليا بالتعاون مع المجلس الاعلى للاثار(بالمتحف المصـــرى) , القاهرة- ترجمة مؤمن محمد عثمان – ٢٠٠٨.

• سحر محمد اسماعيل" دراسة مقارنة لتقنية وعلاج وصيانة الاقنعة الجنائزية الخشبية والكارتوناجية فى مصر القديمة تطبيقا على نماذج مختارة"، رسالة دكتوراة- قسم ترميم الاثار- كلية الاثار – جامعة القاهرة- ٢٠١٥.

• عبد الرازق عبد الشافي "دراسات تجريبية بيولوجية علي المومياوات وأساليب العلاج والصيانة – تطبيقا على بعض المومياوات الأثرية" - رسالة ماجيستير – قسم ترميم الاثار- كلية الاثار- جامعة القاهرة- ٢٠٠٦

• عبد الرحمن السروج : دراسة تجر يبية وتطبيقيه للطرق الحديثُة المستخدمة عالميا في فحص وترميم وصيانة اللوحات الزيتيةُ , رسالة دكتوراه, - كلية الأثار –جامعة القاهرة- ٢٠٠٢

• محمد معروف : " السجاد الايرانى بين العلاج والترميم " - رسالة ماجستير – كلية الأثار – جامعة القاهرة – ١٩٩٦ . ص ٨٧

• نبيل أحمد عبد التواب" راسة علمية تطبيقية في ترميم وصيانة النقوش الجدارية في واجهات بعض المقابر الأثرية من أثار التجوية"- رسالة دكتوراه, قسم ترميم الاثار - كلية الأثار –جامعة القاهرة – ٢٠٠٣

• نور محمد عبد الحميد" دراسة تقنية وتلف الطبقات الملونة والمذهبة على أقنعة المومياوات وطرق علاجها وصيانتها، تطبيقا على أحد النماذج المختارة"- رساله ماجيستير- قسم ترميم الاثار – كلية الاثار – جامعة القاهرة-٢٠١٣.

• هناء أحمد عبد الهادى الجعودى" دراسة تطبيقية فى علاج وصيانة الأكفان الكتانية الأثرية تطبيقا على مختارات من المتحف المصرى " رسالة ماجستير- كلية الآثار- قسم ترميم الآثار ترميم الآثار -جامعة القاهرة -٢٠٠٦

• ياسمين صبري محمود حجازي" تقييم استخدام الوسائل التكنولوجية في توثيق المباني الآثرية"- Journal Of Al Azhar University Engineering Sector, Vol. 13, No. 46, 2018, 237-246

المراجع الأجنبية

• Alice Grant, Joséphine Nieuwenhuis, Toni Petersen," International Guidelines for Museum Object Information" In "International Council of Museums, International Committee for Documentation (Cidoc), Paris, 1995.

• Anne Ambourouè Avaro, Alain Godonou," Documentation of Museum Collections. Why? How? In "A Guide for Documentation Work for Museums in Developing Countries" Practical Guide, UNESCO, Iccrom and Epa, 2010, Pp1-18.

•Brooks, M.M., O'Connor, S.A., X-radiography of Textiles, Dress and Related Objects (Butterworth-Heinemann conservation series), Oxford, UK., 2007, 360pp.

• Brunetti, B.G., " Science and Technology For The Conservation of The European Cultural Heritage, European Communities, 2003.

Costanza Miliani, Francesca Rosi, Brunetto Giovanni Brunetti, Antonio Sgamellotti," In Situ Noninvasive Study of Artworks: The Molab Multitechnique Approach, Accounts of Chemical Research 728-738 June 2010 Vol. 43, No. 6.

•Daniela Pinna, Manika Galeotti, Rocco Mazzeo," Scientific Examination for the investigation of Paintings ", A Handbook for Conservator-restorer.; European project EU-ARTECH ,2008.

•Gulmini, M.A., Idone, E. Diana, D. Gastaldi, D. Vaudan, M. Aceto," "Identification of Dyestuffs in Historical Textiles: Strong and Weak Points of A Non-Invasive Approach", Journal of Dyes and Pigments, 93, 2013, 136-145.

•Greaves, P.H & Saville, B,P. "Microscopy of Textile Fibers", Bios Scientific Publishers, Ltd, 1995.

• Hanaa, A. AL-Gaoudi "Physical Chemical Studies of Archaeological Decorated Textiles with Pigments and the Best Methods of Restoring and Conserving them", PhD thesis, University of Ioannina, Greece, 2013.

• Hanaa A. Al-Gaoudi, Painted Ancient Egyptian Mummy Cloth of Khonsuemrenep From Bab El-Gasus Excavation: Scientific Analysis and Conservation Strategy, Scientific Culture, Vol. 6, No. 2, 2020, pp. 49-64, DOI: 10.5281/zenodo.3724852.

• Hanaa A. Al-Gaoudi, Archaeological Painted and Dyed Textiles: Studying Variations and Morphological Characteristics Using Microscopy Techniques, Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science, Vol. 18, No. 1, pp. 1-9, 2021.
•Howell G. M. Edwards. Ben Stern, Susana E. Jorge Villar . A. Rosalie David," Combined FT–Raman Spectroscopic and Mass Spectrometric Study of Ancient Egyptian Sarcophagal Fragments," Anal Bioanal Chem (2007) 387: 829–836.
•Kamil Z, Jacek Ke˛sik, Filipe Santos, Ginevra House, Scanning of Historical Clothes Using 3D Scanners: Comparison of Goals, Tools, and Methods, Applied Science, 2021, 11, 5588. https://doi.org/10.3390/app11125588.
• Karen Thompson , Margaret Smith and Frances Lennard, A Literature Review of Analytical Techniques For Materials Characterisation of Painted Textiles—Part 1: Categorizing Painted Textiles, Sampling and The Use of Optical Tools, Journal of the Institute of Conservation, 2017, Vol. 40, No. 1, 64–82, http://dx.doi.org/10.1080/19455224.2016.1269355.
•Karapanagiotis, I. Minopoulou, E. Valianou, L. Daniilia, Sr. Chryssoulakis, Y. "Investigation of The Colourants Used In Icons of The Cretan School of Iconography", Anal. Chim. Acta 2009, 647, 231–242
•Loïc Bertrand, Marine Cotte, Marco Stampanonie and et al." Development and Trends in Synchrotron Studies of Ancient and Historical Materials", Physics Reports 519 ,2012, 51–96
•Margaret Smith , Karen Thompson and Frances Lennard, A Literature Review of Analytical Techniques For Materials Characterisation of Painted Textiles—Part 2: Spectroscopic and Chromatographic Analytical Instrumentation, Journal of The Institute of Conservation, 2017, Vol. 40, No. 3, 252–266,
• Mary M, Brooks," X-Radiography of Historic Textiles", IIC-ITCC Palace Museum, Textile Conservation Course, Beijing, November 2017.
•Maurizio Aceto, Angelo Agostino, Gaia Fenoglio and et al.," Characterisation of colourants on illuminated manuscripts by portable fibre optic UV-visible-NIR reflectance spectrophotometry", Anal. Methods, Royal Society of Chemistry, 2014, 6, 1488.
• Michelle Moore, "Conservation Documentation and the Implications of Digitization", Journal of Conservation And Museum Studies, Issue 7, 2001.
• Mohamed DALLEL," Méthodes D'analyse Des Biens Culturels", Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne, Master 2, CRBC.
•Morgan , H. Cruick shank , P. : " The Conservation of The Shroud of Resti – an 18th Dynasty , Linen Book of The Dead " , In Conservation In Ancient Egyptian Collection , London , 1995 , P. 3.
•Newman, R., Some Applications of Infrared Spectroscopy in the Examination of Painting Materials, JAI, VOL.19, No.1, 1979, PP.42-62
• Pollard, A. M., Batt, C.M., Stern, B. S. M.," Analytical Chemistry in Archaeology" Cambridge University Press, 2007.
• Polonca Ropret, Silvia A. Centeno c, Peter Bukovec, Raman Identification of Yellow Synthetic Organic Pigments in Modern and Contemporary Paintings: Reference Spectra and Case Studies," Spectrochimica Acta Part A 69 (2008) 486–497 . https://doi.org/10.1080/19455224.2017.1365739
• Robertson, J., Grieve, M .; " Forensic Examination of Fibres " , 2nd Edition , Ltd , Padstow , Uk , Francis , 1999 .

• Salvant, J. Williams, M., Ganio, F. Casadio and et al." A Roman Egyptian Painting Workshop: Technical Investigation of The Portraits From Tebtunis, Egypt", University of Oxford, Archaeometry, 2017.
• Sara J. Wolf, Jessica S. Johnson," Conservation Treatment" In "Nps Museum Handbook, Part I", 2001, Pp8-33.
•Singer, P. Wylie , A. : " The Conservation of A Fourth Century Ad Painted Egyptian Mummy Shroud " , The Conservation , London , N19 , 1995 , P. 61 .
• Sophia Sotiropoulou, Daniilia,"Material Aspects of Icons. A Review on Physicochemical Studies of Greek Icons", ACCOUNTS OF CHEMICAL RESEARCH, Vol. 43, No. 6, 2010, 877-887.
.• Timar Balazsy , A. Eastop , D. ; " Methods of Investigation Used In Textile Conservation " , In " Chemical Principles of Textile Conservation " , Butterworth, Heineman , London , 1998 , P.386.
•Zoi Eirini Papliaka, Alexandros Konstanta, Ioannis Karapanagiotis," FTIR Imaging and HPLC Reveal Ancient Painting and Dyeing Techniques of Molluskan Purple", Archaeol Anthropol Sci (2017) 9:197–208.

المواقع الألكترونية

-https://www.thesun.co.uk/tech/9798456/ct-scan-ancient-egyptian-pharoah-murdered-by-wife/ (15/ 7/2021).