Al-Academy Journal
Issue 121
Journal homepage: https://jcofarts.uobaghdad.edu.iq
ISSN(Online) 2523-2029/ ISSN(Print) 1819-5229
DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1742

Strategies for the Conservation of Interior Spaces in Historic Buildings

Jamal Mohammed Hamid [a] *Sudad Hisham Hamid* [a]

[a] *University of Baghdad / College of Fine Arts/ Department of Interior Design*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ARTICLEINFO

Article history:
Received 19 Jun 2025
Received in revised form 29 Jun 2025
Accepted 30 Jun 2025
Published 1 April 2026

Keywords:
Strategies, Conservation, Historic Buildings

ABSTRACT

The study aims to explore modern strategies and methods appropriate for preserving the authenticity of interior spaces in historic buildings worldwide.

The study adopted the case study approach to analyze the study model, as it is the appropriate approach to achieve the current research objective and to arrive at accurate results. The theoretical framework includes the concept of strategy, methods for preserving interior spaces, and global applications through a review of relevant literature and sources. The analysis focused on the case study of the Notre Dame Cathedral, the main nave. The study consists of three chapters: methodology, theoretical framework, and research findings and recommendations.

The study concluded that modern conservation strategies utilize innovative tools and advanced materials to reduce the need for maintenance while preserving authenticity. They also offer a comprehensive approach that integrates historical, cultural, and social aspects, with the flexibility to adapt to modern changes.

Rapid changes require a balanced approach to the conservation of historic buildings, combining a scientific understanding of their physical and moral nature with traditional and modern techniques. Conservation methods, whether preventive, technical, or restorative, must adapt to the building's condition and its historical, environmental, physical, and cultural context

DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1742
Jamal Mohammed Hamid, Sudad Hisham Hamid: Strategies for the Conservation of Interior Spaces in Historic Buildings
Al-Academy Journal - Issue 121 -ISSN(Online) 2523-2029 /ISSN(Print) 1819-5229

أستراتيجيات الحفاظ على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية

جمال محمد حميد[1]
سداد هشام حميد[1]

الملخص:

تهدف الدراسة إلى استكشاف استراتيجيات وأساليب حديثة ملائمة للحفاظ على أصالة الفضاءات الداخلية في المباني التاريخية على مستوى العالم.

اعتمد البحث منهج دراسة الحالة لتحليل أنموذج الدراسة، كونه المنهج الملائم لتحقيق هدف البحث الحالي وللوصول إلى نتائج دقيقة تضمن الإطار النظري مفهوم الاستراتيجية واساليب الحفاظ على الفضاءات الداخلية والتطبيقات العالمية من خلال مراجعة الأدبيات والمصادر المتعلقة وتم التركيز في التحليل على دراسة حالة كنيسة كاتدرائية نوتردام الصحن الرئيسي وتكون البحث من ثلاثة فصول: المنهجية، الإطار النظري، ونتائج البحث والتوصيات.

لخصت الدراسة إلى أن استراتيجيات الحفاظ الحديثة تستخدم أدوات مبتكرة ومواد متقدمة لتقليل الحاجة إلى الصيانة مع الحفاظ على الأصالة، كما تقدم نهجًا شاملًا يدمج الجوانب التاريخية والثقافية والاجتماعية، مع مرونة للتكيف مع التغيرات الحديثة.

تتطلب التغيرات السريعة نهجًا متوازنًا للحفاظ على المباني التاريخية، يجمع بين الفهم العلمي لطبيعتها المادية والمعنوية مع التقنيات التقليدية والحديثة اذ يجب أن تتكيف أساليب الحفاظ، سواء الوقائية أو التقنية أو الترميمية، مع حالة المبنى وسياقه التاريخي، والبيئي، والمادي، والثقافي.

الكلمات الدالة: استراتيجيات، الحفاظ، الأبنية التاريخية.

الفصل الأول:

١-١ مشكلة البحث والحاجة اليه:

تعد الأبنية التاريخية رمزًا لهوية الشعوب الثقافية والتراث المعماري، وتحمل قصصًا تعكس تطور الإنسان عبر العصور. ومع مرور الزمن تتعرض هذه المعالم لعوامل التآكل والتلوث والتغيرات المناخية مما يهدد سلامتها واستدامتها وتظهر استراتيجيات الحفاظ من خلال أدوات مبتكرة تعزز من فعالية الترميم والصيانة، من خلال تطوير مواد جديدة تُستخدم في الفضاءات الداخلية مما يقلل الحاجة للصيانة الدورية وتقدم هذه الاستراتيجيات حلولًا فعالة لترميم عناصر التصميم والزخارف دون التأثير على أصالتها، مما يُطيل عمرها الافتراضي، رغم أن تطبيق هذه الأساليب لا يزال في مراحله الأولية في الدراسات فإن البحث مستمر في كيفية تعزيز قوة الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية، مما يساهم في الحفاظ على مكانتها وضمان استدامتها كي نتمكن من الحفاظ علي الفضاءات الداخلية للمباني التاريخية يجب أن يكون لدينا وعي كامل باستراتيجيات الحفاظ على المواقع ذات القيمة التاريخية بجميع عناصرها و من أهمها الابنية التاريخية المعماري و العمراني و من أجل إدراك أهميتها التاريخية والاجتماعية يجب أن نتعرف علي الأساليب المختلفة للحفاظ من خلال التنوع بالاستراتيجيات الخاصة بالحفاظ سواء كانت بالمنهجية العلمية او الادبية وتتضمن منه الوقائي، التقني، التقويمي التي تسهم في تعزيز استدامتها لأكثر من عمرها الافتراضي مما يقودنا إلى التساؤل الآتي: **كيف يمكن تطبيق استراتيجيات الحفاظ على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية**

١-٢أهمية البحث:

تتجلى اهمية البحث بالاتي:

توفير قاعدة معرفية للمهتمين في حقل التصميم الداخلي والعمارة عن الفضاءات الداخلية التاريخية العالمية وكيفية الحفاظ عليها من خلال استراتيجيات حديثة غير تقليدية وما تنتجه من امكانيات تساهم في اطالة عمر تلك الفضاءات والحفاظ على اصالتها.

[1] قسم التصميم الداخلي، كلية الفنون الجميلة، جامعة بغداد

٣- هدف البحث: الكشف عن استراتيجيات وأساليب حديثة ملائمة في الحفاظ على اصالة الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية العالمية.

١-٤ حدود البحث: يتحدد البحث الحالي ما يأتي:

الحد الموضوعي: دراسة الحفاظ على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية العالمية من خلال استراتيجيات وأساليب حديثة. للفضاء الداخلي لقاعة الصلاة في كنيسة نوتردام.

١-٤-٢ الحدود المكانية: يتحدد البحث في دراسة كاتدرائية نوتردام في فرنسا .

١-٤-٣ الحدود الزمانية: يتحدد البحث زمانياً بفترة انشاء كاتدرائية نوتردام من عام 1163 الى 1345 م

١-٥ تحديد المصطلحات

اولاً: الاستراتيجية:

لغة:

الْإِسْتْرَاتِيجِيَّة: كلمة أصلها الاسم المفرد المؤنث وجذرها إستراتيجية وجذعها إستراتيجية. مصدرها صناعي وتعني الخطة الموحدة والشاملة والمترابطة لقطاع معين والتي تهدف إلى ضمان تحقيق أهداف المخطط في الأجل الطويل. (Al-Raed Dictionary, 1970, p. 185).

اصطلاحا: عرفها لالاند منذُ عدة سنوات في العلوم الأخلاقية وعلى نحوٍ خاص في الاقتصاد السياسي وهي مجموعة قرارات متناسقة، تأخذ على كاهلها اتِّخاذ عامل يتحمل مسؤولياته، بمواجهة مختلف الاحتمالات التي يتوصّل إلى تصورها، سواء بموجب الظروف الخارجية أم بمقتضى فرضيه تدور حول سلوك عاملين آخرين معنيّين بقرارات كهذه. (Lalande, A., 2021, p. 156) كذلك تُعَرف الإستراتيجية على أنها تحديد الأهداف طويلة وقصيرة الأمد للمنظمة، واختيار طرائق التعرف وتخصيص الموارد الضرورية لتحقيق تلك الأهداف. (Ghali, 1997, p. 53).

التعريف الاجرائي: بأنها مجموعة الافعال والأساليب المستخدمة بهدف تحقيق أهداف معينة مخطط لها مسبقاً وتتسم تلك الأساليب والأفعال بالمرونة اذ أنها تأخذ بعين الاعتبار جميع العوامل التي المتوقع حدوثها والتي تؤثر على تطبيقها بشكل فعلي كما أنها قابلة للتطوير والتعديل لتناسب الأحداث الو اقعية المرتبطة بها.

ثانياً: الحفاظ:

لغة: الحفاظ مأخوذ من الفعل حفظ، وحفظ الشيء صانه وحرسه من الضياع والتلف، وحافظ عليه والحفاظ هو صون الشيء وحمايته، ويشير إلى الرعاية والاهتمام بما يُراد الحفاظ عليه (Lisan al-Arab, 1990, p. 123) وهو مصدر الفعل "حفظ"، ويعني السهر على حفظ النظام أو حراسته من كل ما من شأنه أن يمس به. (Al-Raed Dictionary, 1997, p. 325).

اصطلاحا: يعرف (فلدن براند) الحفاظ انه حقل علمي على درجة كبيرة من التخصص بحماية ووقاية الأبنية التاريخية والتراثية المميزة والحفاظ عليها من الإضرار التي تلحق بها ودراسة السبل الكفيلة لصيانة وإحياء المتضررة منها وفق أساليب علمية متطورة وإعادة تأهيلها لوظيفة. (Felden, 2003, p. 23) وتناول (هانس جورج) الحفاظ بانه يتطلب المعرفة والحوار مع التراث الثقافي لفهمه في السياقات المعاصرة. (George, 1960, pp. 80, 85) **التعريف الاجرائي: هو: صيانة الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية من خلال استراتيجيات وأساليب حديثة ومتطورة تساهم في تعزيز فضاءتها وحمايتها من الاضرار التي تواجهها بفعل عوامل البشرية والزمانية.**

ثالثاً: الفضاء الداخلي

لغة: الفضاء الداخلي: الفعل فَضا، يَفْضُو، فُضُوّا" فهو فاضٍ، المكان الخالي الواسع من الأرض، أو ما استوى من الأرض واتّسع، وقد فَضا المكان وأفضى إذا اتّسع، يقال أفضيت إذا خرجت إلى الفضاء، (Lisan Al-Arab Dictionary, 2003, p. 94) ويقال قد أفْضَى أي بمعنى خَرَجَ إلى الفضاء اما الداخلي: جذر الكلمة د-خ-أ يُستخدم لوصف ما هو ضمن أو داخل شيء. (Al-Wasit Dictionary 2004, p. 123).

اصطلاحاً: عرف(ching) الفضاء الداخلي بأنه "العنصر الأولي في لائحة المصمم الداخلي، يشكل من خلال العلاقة ما بين العناصر الهندسية وكيفية إدراكنا لها، ويرث الفضاء سماته الجمالية والحسية من العناصر الموجودة في حقله (Cheng, 1987,

pp. 10, 11) كما عرفه شارلز جينكز بأنه الجوهر الذي تشكلت حوله العمارة الحديثة، والتطورات التي حصلت عليه وإعطاءه الهوية والشخصية مُسبغةً عليه خصوصية أكبر، فمهما كان البُعد الذي يأخذه الفضاء فإنه يصبح الموضوع الذي تحاول الذات أن تتعامل معه، وتعطيه سماته التي تميزه (الكتاب العمارة بعد الحداثة (Jinks, 1980, pp. 70, 73).

التعريف الاجرائي: هو الحيز المعرف من خلال عناصره الانشائية والمكملة له، والتي تحدد فيما بعد هويته الخاصة التي يكتسبها من خلال وظيفته الادائية وقيمته الجمالية ويمنحها زمن انشاءه توصيفاً محدداً تراثياً او تاريخياً ليكون فيما بعد معلما بارزاً وشاخصاً حضارياً على ثقافة البلد.

رابعاً: الأبنية التاريخية:

لغة: تشتق كلمة (بنية) من الفعل الثلاثي (بنى) وتعني البناء أو الطريقة وكذلك تدل على معنى التشييد العمارة والكيفية التي يكون عليها البناء أو الكيفية التي شيد عليها (Al-Wasit Dictionary, 2004, p. 185) ولقد جاء في لسان العرب لابن منظور البِنْيَةُ والبُنْيَةُ ما بَنَيْتَهُ وهو التركيب او الهيئة البِنَى والبُنَى يقال بِنْيَةٌ ويقال البنى بضم المقصور مثل البنى يقال بنية وبنى وبنية بكسر الباء مقصور مثل بنى بيتاً (Lisan al-Arab, p. 187)

اصطلاحاً: عرف فيلدن المبنى التاريخي بأنه كل مبنى يعطينا الاحساس بالتعجب ويجعلنا نرغب في معرفة المزيد عن الناس والثقافة التي أنتجته واكسبته قيماً أثرية ومعمارية وتاريخية وجمالية ووثائقية روحية ورمزية، كما عرفه الماجدي والطائي في المجلة المعمارية العراقية بانه المبنى الذي يشعرك بالرغبة في معرفة كافة المعلومات عمن قام ببنائه وعن ثقافته التي أنتجته ويمتلك هذا المبنى قيم جمالية ومعمارية وتوثيقية وتاريخية وأثرية واقتصادية واجتماعية وسياسية ودينية ورمزية (Al-Majidi and Al-Taie 2015, Issue 4)

التعريف الاجرائي هي المباني التي تضم فضاءتها الداخلية قيماً وظيفية وجمالية اصيلة توثق حقباً زمنياً مختلفة وتكون شاهداً حياً على ثقافة المجتمع وما طرأت عليه من تغيرات اجتماعية ودينية و اقتصادية وسياسية وتزداد قيمة هذه الفضاءات الداخلية والأبنية عبر الزمن.

الفصل الثاني:

٢-١ المبحث الأول: مفهوم الاستراتيجية:

إن مفهوم الاستراتيجية في الحفاظ على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية يرتكز على مجموعة من الاساليب التي تهدف إلى حماية التراث العمراني وضمان استدامته للأجيال القادمة وان هذه الاستراتيجيات تنطلق من أهمية الأبنية التاريخية كمصدر للهوية الثقافية وشاهد على تطور المجتمعات عبر الزمن. ومن هذا المنطلق تتبنى الدول والمؤسسات الدولية خططًا محكمة تراعي الأبعاد التاريخية، العمرانية، والبيئية لتأمين استمرارية هذه الأبنية. تبدأ الاستراتيجية بتحديد القيمة التاريخية والمعمارية للفضاءات الداخلية للأبنية، ولا يمكن البدء بأي عملية ترميم أو حفاظ دون دراسة مستفيضة توضح الأهمية الثقافية والتاريخية للبناء. (Starkey, 2010, p. 45) كما يؤكد على ضرورة الاستفادة من الخبرات العالمية مع مراعاة خصوصية البيئة المحلية في عمليات التخطيط والتصميم العمراني (Jalal, 2006, p. 15) وتتضمن الاستراتيجيات أيضًا استخدام المواد والتقنيات الملائمة في استخدام المواد الأصلية أو ما يعادلها بما يضمن الحفاظ على الطابع الفريد للأبنية التاريخية ويمنع فقدانها لأي عنصر من عناصر أصالتها" (Al-Kilani, 2015, p. 79) ومع بداية تسعينيات القرن العشرين ظهرت تحديات جديدة في طرق الحفاظ على الأبنية التاريخية مما أدى إلى تبني أفكار واستراتيجيات حديثة خاصة بعد الثورة التكنولوجية التي ساعدت في تنفيذ العديد من هذه الأفكار. في الحفاظ على المباني التاريخية التي اكتسبت رمزية وقدسية نابعة من دورها الاجتماعي وموقعها. (Al-Husseini, 2016, p. 33)

ومما تقدم يتضح أن إستراتيجية الحفاظ على الأبنية التاريخية ينطوي على رؤية شمولية تأخذ بعين الاعتبار الجوانب التاريخية، الثقافية، والاجتماعية. ومن المهم أن تكون الاستراتيجيات مرنة وقابلة للتكيف مع الظروف المتغيرة لضمان حماية هذا الإرث القيم.

٢-٢ مفهوم الحفاظ:

يُعد التعامل مع الموروث العمراني وسيلة للحفاظ على ذاكرة المجتمع عبر إنقاذ المعالم التاريخية وضمان استمراريتها، مما يعكس هوية المجتمع وخصوصيته. ومع تسعينيات القرن العشرين ظهرت تحديات جديدة دفعت لتبني أساليب حديثة كـ"**الحفاظ الوقائي**"، مدعومة بالتكنولوجيا تعود فكرة الحفاظ إلى العصور القديمة، حيث ارتبطت بالإعمار وتعزيز السلطة، مما أكسب المباني الدينية رمزية وقدسية خاصة مستمدة من مكانتها الاجتماعية والدينية. (Tawfiq, 1971, p. 45) حيث ظهر مفهوم الحفاظ على التراث التاريخي لأول مرة في القرن التاسع عشر الميلادي حين استعمل المعماري (غوسيب فالادبير) أثناء ترميمه قوس تيتوس في الميدان الروماني عام 1821م حجر الرخامي ذو الشكل المثقب والمختلف بلونه عن الرخام الأصلي للقوس ليميز التدخلات الحديثة عن الشكل المتفتت والمتهرئ لرخام الزخارف والأعمدة القديمة كما قام بوضع رقعة صغيرة تذكر تاريخ هذه التدخلات. وقد اعتُبر احترام للبناء الأصلي، (Published lecture, 2006) في عام 1879م ظهر المعماري الإنكليزي (جون رسكن ووليم موريس) إذ قاما بإنشاء جمعية لحماية الأبنية التاريخية القديمة، التي كانت أهم أهدافها الترميمية إعطاء جميع المراحل التاريخية التي مرت على أي مبنى قديم قيمة متساوية، وبالتالي وجوب إتباع مفاهيم الحفاظ وقد كتب موريس منتقداً الافكار السابقة " إن الترميم ضمن هذا المفهوم ما هو إلا تعبير لطيف ومنمق مع أبشع أنواع التدنيس للمباني التاريخية" (Published lecture, 2006)) وشهدت هذه الحقبة تغييرات كبيرة على المستوى السياسي والاجتماعي والثقافي، مما أثر بشكل مباشر على كيفية التعامل مع التراث المعماري والثقافي. لقد تميزت هذه الفترة بظهور وعي أكبر بأهمية الحفاظ على المباني التاريخية وخاصة في أوروبا التي كانت تعاني من آثار الدمار الناجم عن الحرب العالمية الأولى وتترقب في الوقت نفسه الحرب العالمية الثانية. (Jennifer, 2022, p. 37)

وبذلك نجد أن فكرة الحفاظ تعود إلى عصور موغلة في القدم حيث ارتبطت بأعمار المباني الدينية لتعزيز سلطتها الدينية والدنيوية، مما أكسب تلك المباني الرمزية، والقدسية المستمدة من مكانها ووظيفتها الاجتماعية.

٣-١ المبحث الثاني: إستراتيجيات الحفاظ:

تتطلب التغيرات السريعة التي يشهدها العالم استراتيجيات فعالة للحفاظ على الأبنية والفضاءات الداخلية التاريخية، التي تمثل جزءًا من هوية وثقافة الأمم. تعتمد هذه الاستراتيجيات على نهج علمي متكامل يوازن بين القيم التاريخية للمباني ومتطلبات العصر. وتشمل الفهم العلمي لطبيعة المباني، وأهميتها الثقافية، والتعامل مع التحديات البيئية والمادية باستخدام تقنيات حديثة وتقليدية وتتنوع أنواع الحفاظ بين **الوقائي، والتقني، والتقويمي**، تبعًا لحالة المبنى وظروفه وكما يأتي:

أولاً- الحفاظ الوقائي:

يشير الحفاظ الوقائي إلى الإجراءات التي تُتخذ لحماية الفضاءات الداخلية للمباني التاريخية من الأضرار المحتملة قبل وقوعها، ويهدف هذا النوع إلى منع التدهور من خلال التقييم الدوري لحالة المباني، ومراقبة الظروف البيئية مثل الرطوبة والتلوث وتشمل هذه التدابير الصيانة الدورية للعناصر المعمارية والزخارف، واستخدام تقنيات مثل التصوير الحراري وأجهزة قياس الرطوبة لتحديد المشكلات مبكرًا (Al-Samri, 2022, p. 45). يُعتبر استخدام المواد الصديقة للبيئة في الصيانة من العناصر الأساسية، حيث يساهم في حماية المباني والبيئة معًا (Ali, 2023, p. 68). **في هذا السياق سنستعرض مجموعة من استراتيجيات للحفاظ الوقائي الذي يرتكز على المبادئ الأساسية واهمها:**

أ-الاستدامة البيئية:

ان الحفاظ الوقائي يتطلب تبني تقنيات مستدامة مثل أنظمة التحكم في المواد الصديقة للبيئة لتقليل الترميمات الجذرية والتي تُتعرض لها الفضاءات الداخلية بسبب الرطوبة ودرجة الحرارة التي تعد من أبرز العوامل المؤثرة على الفضاءات الداخلية، إذ تؤدي إلى تآكل المواد البنائية ونمو العفن، بينما تسبب التغيرات الحرارية تمدد المواد وانكماشها، مما يؤدي إلى التشققات (Peter, 2020, pp. 21-23).وتعد أنظمة التهوية الطبيعية والطاقة المتجددة حلولاً مستدامة فعالة، مثلما حدث في قصر الحمراء بإسبانيا، حيث ساهمت أنظمة التهوية في تقليل تأثير الرطوبة وحماية الزخارف الجدارية . (Carl's, 2020, p. 78). وكما موضح بالشكل رقم الشكل (2-1)

شكل(١) الزخارف الجدارية لقصر الحمراء. مصدر https://www.albayan.editors-choice /

ب- إدارة المخاطر:

تهدف إدارة المخاطر إلى حماية الفضاءات الداخلية من التهديدات الطبيعية والبشرية عبر خطط استباقية وتشمل هذه التهديدات الكوارث الطبيعية كالأعاصير والزلازل، التي تؤدي إلى تدهور المباني، والأنشطة البشرية مثل التخريب والتي تُلحق أضرارًا دائمة وتُعد الكوارث الطبيعية من أخطر التهديدات، إذ تؤدي إلى تآكل الجدران والأثاث (Abdul Aziz, 2022, p. 56). ولمواجهة هذه المخاطر، يتم الاعتماد على تقنيات حديثة مثل المواد النانوية لتعزيز متانة الأبنية (Brown, 2020, p. 12).

ثانياً-الحفاظ التقني:

يعتبر الحفاظ التقني للأبنية التاريخية عملية متكاملة تعتمد على دمج المعرفة التقنية والهندسة لضمان الحفاظ على قيمة وأصالة المباني التاريخية مع تحقيق الاستدامة على المدى الطويل حيث تسهم هذه العملية في توثيق الحالة الراهنة للمباني، مما يسهل التعرف على الأضرار والتخطيط الفعال لعمليات الحفاظ (Mitchell, 2019, p. 10). وفي عصرنا الحديث، تواجه عملية الحفاظ التقني تحديات بيئية وضغوط عمرانية، مما يتطلب استراتيجيات مبتكرة تجمع بين التراث الثقافي والتطور التكنولوجي (Brown, 2012, p. 15) التقنية مصدر مهارة، وفهم للعلاقات التقنية الموجودة بين المواد والأدوات، وتطور الحضارة. لقد شهد هذا المجال تطورًا علميًا كبيرًا في السنوات الأخيرة، حيث أصبحت التكنولوجيا أداة فعالة لتحليل المواد وتحديد خصائصها، مما يساهم في الحفاظ على العناصر التاريخية بشكل متوازن مع جوانبها الشكلية والوظيفية (Kraft, 2017, p. 22). وقد تم استخدام تقنيات حديثة مثل الماسحات الضوئية النانوية التي تُعتبر من التطورات الرائدة في هذا المجال لتحليل المواد الأصلية على المستوى الجزيئي. هذه التقنيات تتيح كشف الأضرار وإصلاحها دون التأثير على المكونات الأصلية (Kumar et al., 2023, p. 11). إن الحفاظ التقني يتطلب أيضًا تحسين إجراءات العمل لتحقيق الدقة والكفاءة العالية مما يفتح آفاقًا جديدة في شتى المجالات. من خلال هذه الأساليب، يمكن توثيق الحالة الحالية للمباني، مما يسهل التعرف على الأضرار والتخطيط لعمليات الحفاظ بشكل أفضل وتتضمن أحدث التقنيات المستخدمة في مجال الحفاظ التقني أساليب مبتكرة تساعد في اتخاذ قرارات صحيحة، مما يقلل من الأخطاء الفنية في ممارسات الحفاظ. هذه الاستراتيجيات تساهم في خلق توازن بين الأصالة والحداثة، مع الحرص على عدم فقدان الهوية الثقافية أثناء استخدام التقنيات الحديثة (Smith, 2020, p. 45). **وفي هذا السياق، يمكننا استعراض مجموعة من الأساليب الأساسية للحفاظ التقني، والتي ترتكز على التقنيات الحديثة التي تعزز من الاستدامة والحفاظ على القيمة الثقافية والاجتماعية للفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية.**

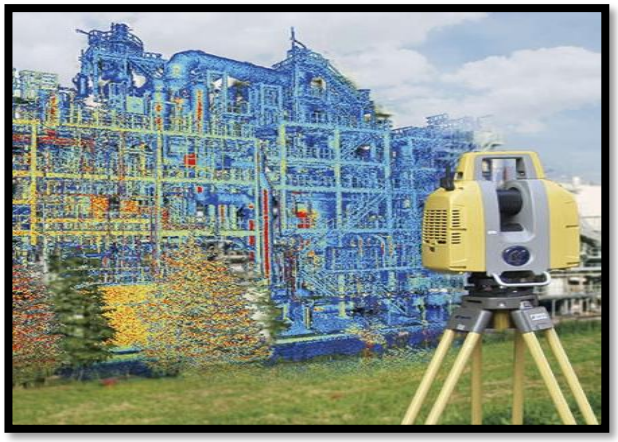
أ- الماسحات الضوئية النانوية:

تُعتبر تقنية الماسحات الضوئية النانوية من التطورات التكنولوجية الرائدة التي أحدثت نقلة نوعية في مجال الحفاظ على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية اذ تقدم هذه التقنية منظورًا جديدًا يجمع بين التكنولوجيا الحديثة والتراث المعماري، مما يُعزز من قيمة الدراسات التي تجمع بين العلم والفن وتتيح هذه التقنية الحفاظ على القيم الجمالية مثل النقوش والزخارف والألوان، بالإضافة إلى القيم الوظيفية مثل الأثاث والمقتنيات، من خلال دمج الحفاظ بالتكنولوجيا الحديثة مع الحرفية التقليدية (Al-Ali, 2021, p. 70).مع استمرار تطور هذه التقنيات، تزداد انتشارًا وفعالية، مما يساعد في حماية المزيد من

الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية حول العالم. تُتيح هذه التقنيات للمتخصصين فرصة دراسة التفاصيل الدقيقة للمباني التاريخية وترميمها دون الإضرار بها، مما يساعد على استعادة المباني القديمة والمحافظة عليها وفقًا للمعايير الأصلية. تعتمد هذه الأدوات على الكشف عن مشكلات التلف والتدهور المادي على مستوى الجزيئات، مما يمكّن من التدخل المبكر لإصلاح الأضرار باستخدام أدوات دقيقة للغاية تعتمد على مبادئ النانو تكنولوجي لتحليل الأسطح بدقة متناهية (Al-Hashemi, 2020, p. 125). تعد الماسحات الضوئية النانوية أداة فعّالة في تحليل المواد الإنشائية للمباني التاريخية، التي غالبًا ما تتكون من مواد طبيعية مثل الحجر والطوب والجص والخشب. هذه المواد تتعرض للتآكل على مر السنين بفعل عوامل مختلفة مثل الرطوبة والتلوث البيئي. باستخدام الماسحات النانوية، يمكن تحديد التكوين الكيميائي والفيزيائي لهذه المواد. على سبيل المثال، في عام 2021، تم تحليل جدران قصر الحمراء في إسبانيا باستخدام هذه التقنية للكشف عن التغيرات الكيميائية الناتجة عن تراكم الرطوبة، مما ساعد في وضع خطط دقيقة لمعالجة هذه المشكلة (Lewis, 2021, p. 96). توظف هذه التقنية تقنيات متطورة مثل أشعة الليزر والتصوير ثلاثي الأبعاد وأجهزة قياس الطيف الضوئي، مما يُساعد في الكشف عن تلف أجزاء من النقوش والمنحوتات الدقيقة ورصد التغيرات التي قد تؤثر على حالة المباني التاريخية . تتيح هذه الأدوات تحليلًا تفصيليًا للمواد مع الحفاظ على سلامة المبنى (Andrew, 2021, p. 29). رغم الفوائد العديدة للماسحات الضوئية النانوية، تواجه استخدامها عدة تحديات، أبرزها التكلفة العالية لهذه الأجهزة، حيث يتطلب تطبيقها استثمارات كبيرة. بالإضافة إلى ذلك، تحتاج هذه التقنية إلى خبراء متخصصين لتشغيلها وتحليل البيانات الناتجة عنها، مما يُعيق انتشارها على نطاق واسع (Mahmoud, 2021, p. 67)

ب-الماسحات النانوية الليزرية:

تعتبر الماسحات النانوية الليزرية أداة حيوية في الأبحاث العلمية والصناعية، حيث تلعب دورًا أساسيًا في فهم وتحليل الخصائص النانوية للمواد بشكل دقيق. تعتمد هذه الأجهزة على أشعة الليزر عالية الدقة لإجراء مسح شامل ودقيق للفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية. من خلال توجيه أشعة الليزر إلى الفضاء المستهدف، يتم قياس الانعكاسات الناتجة وتحليلها لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد تُظهر تفاصيل دقيقة مثل التشققات والنتوءات (Matthew, 2020, p. 50). وتستخدم الماسحات النانوية الليزرية بشكل واسع في تحليل النقوش الجدارية والزخارف في الفضاءات الداخلية للمباني التاريخية مثل المعابد القديمة حيث يتم مسح النقوش بدقة عالية مما يُعتبر حاسمًا لجودة النتائج. هذه التقنية تُقلل من الحاجة إلى التدخلات الفيزيائية في الفضاءات الداخلية مما يُساعد في الحفاظ على الأصالة ويقلل من الأخطاء التي قد تؤدي إلى فقدان تفاصيل تاريخية وتتميز هذه التقنية بعدة فوائد بيئية واقتصادية. فهي توفر الوقت والتكاليف مقارنة بالمسح التقليدي، مما يجعلها خيارًا مهما للحفاظ على الفضاءات التاريخية. ومع ذلك، تواجه هذه الأجهزة تحديات تتعلق بتكاليفها العالية واحتياجها لمهارات تقنية متقدمة مما يتطلب تدريب المتخصصين لتشغيلها وتحليل البيانات الناتجة عنها، على سبيل المثال تم استخدام هذه التقنية في ترميم برج بيزا المائل للكشف عن الشقوق الداخلية التي تهدد استقراره (John, 2021, p. 33). كما في الشكل رقم (٣).



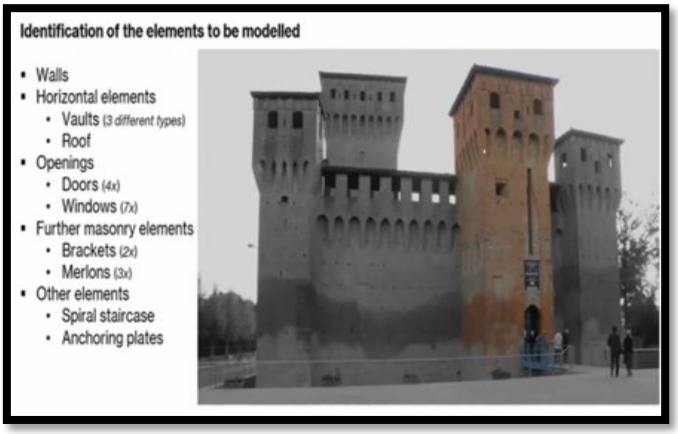
شكل رقم (٢) الماسح الضوئي النانوي مصدر/https://ivyrem.com

ج - أجهزة التصوير الطيفي النانوي:

تساعد أجهزة التصوير الطيفي النانوي في الكشف عن التدهور غير المرئي بالعين المجردة في الطبقات الداخلية للمواد حيث يمكن لهذه الأجهزة قياس تراكم الأملاح الناتج عن الرطوبة أو التلوث، مما يؤدي إلى تلف الألوان أو تآكل الجدران وعلى سبيل المثال، تم استخدام أجهزة التصوير الطيفي النانوي لتحليل الجدران الداخلية لكاتدرائية نوتردام بعد الحريق الذي وقع عام 1991 فقد أظهرت النتائج تراكم كميات كبيرة من الرطوبة والأملاح في الطبقات السفلية للجدران مما أدى إلى تدهور البنية الداخلية وبناءً على هذه النتائج تم تنفيذ خطة لترميم الجدران باستخدام مواد تقلل من امتصاص الرطوبة (Lambert, 2020, p. 45). اعتمدت العديد من الدول أجهزة التصوير الطيفي النانوي للحفاظ على الإرث الثقافي المستدام، نظرًا لكونها أداة صديقة للبيئة تسهم بشكل فعال في الحفاظ على أدق التفاصيل دون التأثير على خصائصها الأصلية ففي تركيا وتحديدا في مسجد السلطان احمد، تم استخدام هذه الأجهزة لتحليل الطبقات السطحية والداخلية للطلاء في الجدران حيث أظهرت النتائج أن المواد المستخدمة غير ملائمة بسبب التلوث الصناعي وسوء تخزينها، مما أدى إلى تفاعل كيميائي مع المكونات الطلاء وتسبب في تغير ألوانه وتم استخدامها في تحليل الألوان والنقوش في القباب والجدران الداخلية، حيث كشف التحليل عن بهتان في الألوان بناءً على ذلك، تم استخدام أصباغ طبيعية مشابهة للأصباغ الأصلية، مما ساعد في استعادة جمالية البناء (Ozdemir, 2020, p. 56).

د-أجهزة التصوير الثلاثي الابعاد:

تعتمد أجهزة التصوير الثلاثي الأبعاد النانوية على تقنيات الليزر والمسح الضوئي، حيث يتم توجيه شعاع ليزر دقيق على الفضاءات الداخلية المراد تحليلها لتُسجل الانعكاسات الناتجة عن هذا الشعاع لبناء نموذج ثلاثي الأبعاد دقيق، مما يتيح دراسة الهيكل بتفاصيله كافة، بما في ذلك المناطق المتضررة أو المفقودة، ويعطي صورة متكاملة للجزء المقصود بنفس الشكل والحجم (Evans, 2020, p. 67). تتيح النماذج الثلاثية الأبعاد تحليل الفضاءات الداخلية بطريقة غير مسبوقة يمكن من خلالها دراسة التفاعلات بين المواد المختلفة المستخدمة في البناء وتأثيرات العوامل البيئية عليها، مثل الرطوبة ودرجات الحرارة المرتفعة. تأتي أهمية استخدام تقنيات التصوير ثلاثي الأبعاد النانوية من قدرتها على التنبؤ بالمشكلات واتخاذ التدابير الوقائية اللازمة لحماية الأبنية التاريخية قبل وقوع الأضرار (Lewis, 2020, p. 60) ويمكن استخدام هذه الأجهزة في عمليات الترميم، حيث توفر بيانات دقيقة للغاية يمكن الاعتماد عليها بدلاً من الاعتماد على الرؤية البشرية، التي قد تكون محدودة أو غير دقيقة حيث توفر هذه التقنية مرجعًا موثوقًا لعمليات الترميم (John, 2021, p. 36).



شكل رقم (3) نمذجة التصور الثلاثي الابعاد للأبنية القديمة مصدر/http://spatiocap.com

الذكاء الاصطناعي:

في ظل التقدم التكنولوجي أصبح الذكاء الاصطناعي ركيزة أساسية في الحفاظ على التراث الثقافي بفضل قدرته على معالجة بيانات ضخمة تفوق القدرات البشرية. يستخدم الذكاء الاصطناعي لدراسة الأبنية التاريخية وتقييم حالتها والتنبؤ بالمخاطر المستقبلية وتطوير استراتيجيات ترميم دقيقة عبر أدوات مثل النمذجة ثلاثية الأبعاد وتحليل الصور بواسطة خوارزميات التعلم العميق. هذه التقنيات تمكن من إعادة بناء الأجزاء المفقودة افتراضياً باستخدام بيانات مماثلة مما يقلل الأخطاء البشرية ويحفظ

الموارد (Attia, 2023, p. 47). كما يسهم التوثيق الرقمي الدقيق في ضمان استدامة التراث المعماري مع تعزيز دقة الاستنتاجات عبر تحليل تفاصيل قد تكون غامضة للعين البشرية (Ibrahim, 2024, p. 369). هكذا يتجاوز الذكاء الاصطناعي دور التقنية المساندة ليصبح عنصراً محورياً في صون الهوية التاريخية.

• الترميم الافتراضي:

يعد الترميم الافتراضي تطورًا تقنيًا رائدًا أحدث تحولًا جذريًا في مجال الحفاظ على الأبنية التاريخية، لا سيما فضاءاتها الداخلية اذ يعتمد هذا النوع من الترميم على تقنيات الذكاء الاصطناعي وخوارزميات متقدمة لإعادة بناء الأجزاء المفقودة أو المتضررة رقميًا، مما يُمكّن فرق الترميم من تصور الشكل الأصلي لهذه الأبنية و استنتاج التفاصيل المفقودة بطريقة قائمة على البيانات التاريخية والتحليل التقني، مما يتيح محاكاة دقيقة تجمع بين الأجزاء المتضررة والبيانات المتعلقة بها. (Smith, 2020, p. 89)، تُمكّن هذه التقنية الباحثين من دراسة معطيات دقيقة حول المواد المستخدمة، الزخارف، والنظم الإنشائية، مما يُعزز فهم أساليب البناء التاريخية ويُحسن دقة الترميم. من خلال محاكاة تأثير التدخلات الهندسية على المباني قبل تنفيذها فعليًا، مما يُقلل من المخاطر والتكاليف، كما يُساهم ذلك في دراسة احتمالات تطور الأبنية التاريخية أو صمودها أمام عوامل الزمن (Gabriel, 2018, pp. 120-126). وتطبق عملية الترميم الافتراضي بجمع وتحليل البيانات المتوفرة عن الفضاءات الداخلية للمبنى التاريخي بما في ذلك الصور الأرشيفية، الرسومات اليدوية، المخططات الهندسية، والوصف الأدبي. ومثال على ذلك، مشروع ترميم كاتدرائية نوتردام بعد حريق 2019، حيث تم استخدام صور ثلاثية الأبعاد التقطها المعماري أندرو تالون قبل الحادث بسنوات، ما أدى إلى إنشاء نموذج افتراضي دقيق ساهم في تسريع العملية وتقليل تكاليفها (Bernard, 2021, p. 22) كما في الشكل رقم (٤)

شكل رقم (٤)عملية الترميم الافتراضي مصدر/http://spatiocap.com

• تقنية المواد الحديثة:

تعد تقنيات المواد الحديثة، من الركائز الأساسية في الحفاظ على الفضاءات الداخلية للمباني التاريخية والتراث المعماري. ومع تزايد التحديات التي تواجه المباني القديمة، أصبح استخدام تقنيات متطورة أمرًا ضروريًا لضمان استدامتها وحمايتها من عوامل التآكل والتدهور، والذي يعتمد بشكل كبير على اختيار المواد المناسبة التي تتماشى مع الخصائص الأصلية للمباني ومن أبرز المواد التكنولوجية الحديثة هي المواد النانوية اذ تعتبر وسيلة فعالة لتحسين جودة الترميم وزيادة متانة الأبنية لضمان فاعلية واستدامة عمليات الحفاظ. (Zayed, 2021, p. 88) حيث تلعب المواد النانوية دورًا محوريًا في عمليات الترميم الحديثة اذ تُستخدم الطلاءات النانوية لحماية الأسطح من التآكل والرطوبة مع الحفاظ على المظهر الأصلي للمبنى، هذه الطلاءات تشكل طبقات فائقة الرقة تُوفر حماية طويلة الأمد ضد العوامل البيئية دون التأثير على الشكل الخارجي. كما تُستخدم المواد النانوية لتحسين خصائص المواد التقليدية مثل زيادة مقاومة الهياكل وتقليل تأثير العوامل الجوية عليها. (Ali, 2022, p. 45) بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم المواد المركبة المدعمة بتقنيات النانو، مثل الألياف الزجاجية أو الكربونية، لتعزيز الهياكل التاريخية ما يجعلها مثالية في عمليات الحفاظ ومن الابتكارات الحديثة أيضًا الخرسانة النانوية القابلة للإصلاح الذاتي، والتي تحتوي على جسيمات نانوية قادرة على إصلاح الشقوق تلقائيًا. هذه التقنية تقلل الحاجة إلى الصيانة المستمرة، مما يجعلها خيارًا مثاليًا لترميم الفضاءات الداخلية والخارجية للمباني التاريخية. (Mahmoud, 2022, p. 112)

ثالثاً- الحفاظ التقويمي:

يعتبر الحفاظ التقويمي فرعًا محوريًا في علم الحفاظ على التراث المعماري، حيث يتناول دراسة الأساليب والتقنيات اللازمة لصيانة المباني التاريخية من خلال استخدام المواد التقليدية والحرف اليدوية كوسيلة للحفاظ على البنية المعمارية، مما يجعله مختلفًا عن الأساليب الحديثة التي تعتمد على التكنولوجيا. (Garcia, 2019, p. 47) ويعد مفهوم الحفاظ التقويمي على طبيعة متنوعة منها التقليدي كمنهج التفكير البسيط أو النمطي الذي يعتمد على معطيات معرفية جاهزة وتكرار الاستجابة للأحداث دون الغوص في مبرراتها، ولم يعد صاحبه يمتلك المرونة للبحث عن الجديد (Alaa, 2021, p. 95) والحفاظ التقويمي التقليدي هو عملية ثقافية وأخلاقية تتطلب احترامًا عميقًا للتراث وتتطلب تعاونًا وثيقًا بين المهندسين المعماريين، والمصممين، المؤرخين، والحرفيين لضمان تحقيق توازن بين الحفاظ على الطابع التاريخي وتلبية احتياجات المجتمع الحديث. (Al-Shafi'i, 2018, p. 78) تتطلب عملية الحفاظ التقويمي على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية جهدًا كبيرًا يمتد على مدى زمني طويل. ويرجع ذلك إلى طبيعة المواد المستخدمة في البناء، والأنماط الزخرفية، والتقنيات التقليدية التي قد تكون اندثرت بمرور الزمنا تعد من أكبر العقبات في الحفاظ على الفضاءات الداخلية بسبب نقص المعرفة بالأساليب الأصلية التي استخدمت في بنائها، مما يجعل إعادة تأهيلها تحديًا تقنيًا ومعرفيًا (Stewart, 1972, p. 89) وترتكز هذه المواد التقليدية المستخدمة في الحفاظ التقويمي على العديد من العناصر الطبيعية مثل الحجر، الطين، الجص، الأخشاب، والمعادن. يتم اختيار المواد بعناية لتكون مطابقة أو قريبة جدًا من تلك التي استخدمت في البناء الأصلي. في حالة استخراج الأحجار من مصادر محلية مشابهة لتلك التي استُخدمت في الماضي، ويتم تشكيلها يدويًا لتتناسب مع التفاصيل الدقيقة للمبنى.. (Al-Shafi'i, 2081, p. 112). ويركز هذا النهج على استخدام مواد وأساليب مشابهة في الحفاظ على التجربة الحسية والجمالية للفضاءات الداخلية، بما يعكس روح المكان في البناء الأصلي، لضمان الاتساق بين الماضي والحاضر. (Al-Shazly, 2020, p. 55) يتضح ان المنهج التقويمي يساهم في التواصل مع المحاكاة والتقليد يؤدي إلى توليد نتاجات جديدة لها طابع التواصل مع الماضي، يقوم المصمم باسترجاع العناصر والمفردات التصميمية السابقة وإعادة توظيفها بما يتلاءم مع مستجدات العصر من خلال التقنيات الحديثة، ذلك من اجل اغناء هوية التراث للوصول الى تصاميم تتسم بطابع تاريخي لاسيما في الفضاء الداخلي للأبنية التاريخية. (Zahraa, Sadad, 2025, p. 10) يبرز دور الحفاظ التقويمي الذي يسعى إلى تقييم وحماية الابنية التاريخية والتراثية متسلحًا بمبادئ ميثاق أثينا الذي وقع في عام 1931، حيث يوفر إطارًا عملياً يمكن الدول من تطوير اساليب فعالة لحماية الفضاءات الداخلية والابنية التاريخية الذي يؤكد على ضرورة حماية المباني التاريخية وصيانتها باستمرار ويدعو إلى ضرورة وجود اساليب متبعة في عمليات الحفاظ التقويمي **ويمكننا ان نلخص اساليب الحفاظ التقويمي بما يأتي:**

أ-الإبقاء: تتضمن هذه العملية اتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية الوضع القائم للمبنى، مع إجراء إصلاحات محدودة وضرورية فقط لمنع أي أضرار إضافية، الهدف منها تثبيت الحالة الحالية للمبنى دون تغيير في هيئته أو بنيته.

ب-التدعيم أو التقوية: يتمثل هذا الإجراء في تعزيز الهيكل الأصلي للمبنى من خلال إضافة مواد داعمة أو مثبتة تتلاءم مع المواد الأصلية للمبنى، الهدف منه ضمان استمرارية متانته وتماسك بنيانه بشكل ينسجم مع طبيعته الأصلية ويكون ذلك من خلال الإضافات الفيزيائية أو إضافة مواد مثبته أو لاصقة إلى النسيج الأصلي تتلاءم مع مواد المبنى الأصلية، وذلك لضمان متانته المستمرة وتكامل إنشاءه.

ج-الإعادة: تشير إلى الجهود المبذولة لإعادة المبنى إلى شكله الأصلي كما كان في فترة زمنية محددة و يمكن أن تشمل إعادة إنشاء العناصر المفقودة التي كانت جزءًا من تلك الفترة و يُراعى في هذا الإجراء احترام الإضافات من فترات تاريخية أخرى إذا كانت تحمل قيمة توثيقية، إلا إذا كانت ذات أهمية ضئيلة أو إذا كانت إزالة جزء معين ضرورية لتسليط الضوء على عناصر تاريخية أو أثرية أكثر أهمية.

د-إعادة التأهيل: تهدف هذه العملية إلى تكييف المبنى مع استخدام جديد مع الحفاظ على سماته التاريخية والثقافية. وتشمل التعديلات أو الإصلاحات أو الإضافات التي تُنفذ بطريقة تحافظ على هوية المبنى وقيمه المعمارية.

هـ -إعادة الإنتاج: تتضمن هذه العملية إنتاج نسخة طبق الأصل من عناصر المبنى المفقودة أو التالفة للحفاظ على انسجامه الجمالي. يتم اللجوء إلى هذا الإجراء عندما تكون العناصر الأصلية ذات أهمية كبيرة لكنها تعرضت للتلف الشديد أو لم يعد بالإمكان الحفاظ عليها بسبب ظروف بيئية، حيث يمكن نقل العنصر الأصلي إلى مكان آمن وصنع نسخة منه لتحل محله.

و-إعادة البناء: تُستخدم هذه العملية عندما يتعرض مبنى تاريخي أو جزء منه للدمار الكلي أو الجزئي نتيجة كارثة طبيعية أو حرب، اذ يتم إعادة البناء باستخدام المواد الأصلية المتبقية إن أمكن، أو بمواد جديدة مماثلة تحاكي شكل وخصائص المبنى الأصلي، مع الالتزام بالتفاصيل الدقيقة التي تميز حقبته التاريخية، وذلك في موقعه الأصلي. (Rasheed, 2021, p. 142). **ومما تقدم نجد أن الحفاظ على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية يتطلب تنفيذ إجراءات عملية تشمل نهجًا علميًا متكاملًا، يدمج بين التقنيات الحديثة والأساليب التقليدية. ويتم ذلك عبر ثلاثة مسارات رئيسية: الوقائي من خلال حماية المباني من العوامل البيئية، والتقني باستخدام التكنولوجيا الحديثة لصيانة الفضاءات الداخلية، والتقويمي بالاعتماد على أساليب تقليدية تتماشى مع السياق التاريخي، لضمان استدامة هذه المباني كرموز ثقافية وتاريخية عميقة الجذور.**

الفصل الثالث

٣-١ منهجية البحث:

اعتمد البحث منهج (دراسة الحالة) لتحليل أنموذج الدراسة، كونه المنهج الملائم لتحقيق هدف البحث وللوصول إلى نتائج دقيقة فهو يشخص الظاهرة المبحوثة تشخيصاً دقيقاً لتحليل المعلومات.

٣-٢ نموذج البحث:

تم اختيار كاتدرائية نوتردام في فرنسا كنموذج للبحث كونها تنطبق عليها استراتيجيات الحفاظ على الفضاءات الداخلية للأبنية التاريخية التي تم التطرق لها في الإطار النظري للبحث الحالي.

٣-٣اسباب اختيارنموذج البحث:

لغرض تحقق هدف البحث الحالي تم اختيار نموذج البحث (دراسة حالة) من خلال اعتماد على الأسلوب الانتقائي المتمثلة بنموذج (واحد) من الأبنية التاريخية العالمية التي تم صيانتها والحفاظ عليها وفق الاستراتيجيات الحفاظ غير التقليدية والذي تم اختيارها قصديا للأسباب الآتية:

١- لتوفير المعلومات عنها بشكل كافي .

٢- اظهار الانموذج المنتخب بقدرة الحفاظ على الفضاءات الداخلية بشكل مناسب وملائمة مع الدراسة الحالية .

٣- نظراً لتعرضها للحريق، فقد تم استخدام أساليب الحفاظ لإعادة ترميمها وتأهيل فضاءاتها الداخلية بمحدداتها الافقية والعامودية والتي ظهرت في الأساليب الحفاظ (الوقائي – والتقني – والتقويمي)

٣-٤ أداة البحث:

لتحقيق هدف البحث وتحليل نموذجه المنتخب، تم انشاء استمارة تحليل شملت محاور متعددة بناءً على الإطار النظري، الذي تضمن دراسة نظرية للمصادر والمراجع العربية والأجنبية في مجال التصميم الداخلي في الحفاظ على المباني التاريخية.

٣-٥ ثبات استمارة التحليل:

لغرض التأكد من ملاءمة استمارة التحليل وصحتها تم تطبيق أسلوب الاتساق عبر الزمن إذ قام الباحث بتحليل الانموذج بعد مرور (21) يوما على تحليل الأول وجد أن معامل الثبات بين التحليلين الأول والثاني عبر الزمن وبحدود نسبة (90%) اعتمدت كأداة للبحث بعد أن اكتسبت صدقها الظاهري وملاءمتها لخصوصية متطلبات البحث.

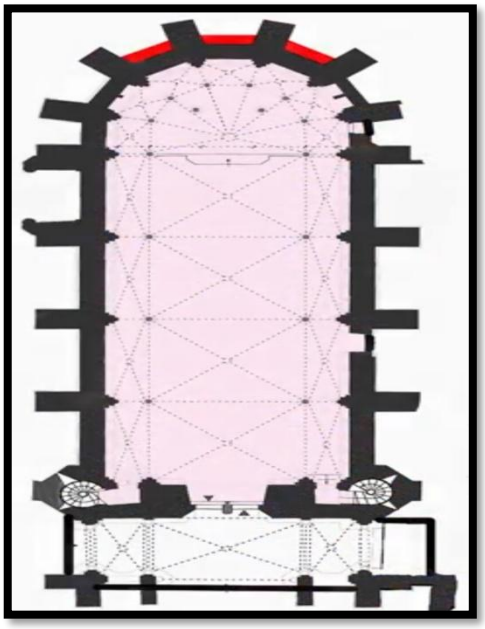
DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1742
Jamal Mohammed Hamid, Sudad Hisham Hamid: Strategies for the Conservation of Interior Spaces in Historic Buildings
Al-Academy Journal - Issue 121 -ISSN(Online) 2523-2029 /ISSN(Print) 1819-5229

٦-3 تحليل عينات:

٣-٦-١وصف الانموذج (الصحن الرئيسي لكاتدرائية نوتردام):

(وصف العام) **ملحق رقم (١)**

ت	الموضوع		التفاصيل
١	اسم الانموذج		كنيسة الكاتدرائية نوتردام
٢	الموقع		فرنسا / باريس/ شرق جزيرة نهر السين
٣	المساحة الكلية		6000 / متر مربع
	تاريخ الانشاء		1345.م
٥	تاريخ اخر ترميم بعد الحريق		2024.م
٦	الوصف المختار		الصحن الرئيسي
٧	أبعاد الصحن		الطول الصحن /60 متر عرض الصحن /13متر الارتفاع/ ٣٤ متر
٨	المحددات الفضائية		
	العناصر	المادة	اللون
	السقف	حجر جيري +اخشاب البلوط + رصاص +زخارف جصية	رمادي + بني خشبي
	الجدران	حجر الجيري+ الدعامات الطائرة +منحوتات وتماثيل	بيج ذهبي+ رمادي فاتح
	اعمدة	حجر جيري + تيجان منحوتة	ابيض عاجي +وردي
	الارضيات	حجر جيري +رخام +نقوش	رمادي فاتح+ ابيض
٨	العناصر الانتقالية		
	السلالم	حجر الجيري +خشب بلوط	رمادي + بيج بني غامق
	نوافذ	زجاج ملون +اطار حجري	ازرق + احمر +اخضر
	الابواب	خشب البلوط + نحاس	بني غامق+ ذهبي
٩	الإضاءة		
	الطبيعية	نوافذ الزجاجية +مصابيح الزيتية+ شموع	ازرق+ احمر + ذهبي نحاسي
	الاصطناعية	LED	ابيض+ شمسي



لشكل رقم(٥) مخطط الصحن الرئيسي لكنيسة الكاتدرائية نوتردام
المصدر / https://ar.m.wikipedia.or

٣-٦-٢ تحليل الانموذج:

١-المحور الرئيسي: (استراتيجيات الحفاظ على الفضاءات الداخلية التاريخية و أنواعها)

أ -الحفاظ الوقائي:

تحقق الحفاظ الوقائي في الفضاء الصحن الرئيسي لكاتدرائية نوتردام من خلال تطبيق إجراءات استباقية تعتمد على تقنيات حديثة وأنظمة استشعار حرائق تعمل كإنذار مبكر لحماية الفضاء الداخلي من الأضرار المحتملة ورغم التحديات المرتبطة بالاستخدام اليومي كونه مزارًا تاريخيًا يتعرض لكثافة بشرية عالية أثبت هذا النهج فعاليته في منع التدهور ومعالجة الأضرار بسرعة دون الحاجة إلى إغلاق المكان يعد الصحن الرئيسي القلب المعماري والرمزي للكاتدرائية حيث يضم أعمدة ضخمة ومنحوتات جدارية ملونة وأسقف خشبية وجصية مزخرفة بنقوش دقيقة بالإضافة إلى أرضيات من الحجر الجيري والرخام الملون وأقواس ونوافذ زجاجية ملونة. جميع هذه العناصر مجهزة بنظام استشعار متطور لاستجابة سريعة لأي طارئ مما يعكس فخامة العمارة التاريخية واستراتيجيات التقنيات الحديثة المستخدمة فيها.

– الاستدامة:

تميز ترميم الفضاء الصحن الرئيسي لكاتدرائية نوتردام بتحقيق استدامة مميزة عبر دمج الحلول العصرية مع القيم التاريخية الأصيلة، فقد اعتمد الفريق الترميم على إعادة بناء الأسقف الخشبية باستخدام خشب بلوط مستدام معزز بألياف كربونية متطورة مع تطبيق عوازل حرارية طبيعية صديقة للبيئة في الجدران الحجرية حيث تم اعتماد تقنيات التنظيف بالليزر غير الضارة مع مواد ترميم منخفضة الانبعاثات، بينما أعيد تأهيل الأرضيات بأحجار معاد تدويرها من أنقاض الكاتدرائية نفسها فضلًا عن ذلك تم تعزيز الأعمدة بمواد مركبة متينة تحافظ على طابعها التاريخي مع تطوير النوافذ بدمج الزجاج المعشق الأصلي مع طبقات عزل حراري حديثة كذلك فريق الصيانة لم يغفل عن معالجة الأبواب والسلالم التي أعيد استخدام أخشابها التاريخية بعد تحسين كفاءتها الطاقية وتضمن المشروع أيضاً تركيب أنظمة تحكم ذكية غير مرئية تُدير الإضاءة الداخلية والخارجية معًا مع مراعاة الأحداث والفعاليات لخلق تجربة بصرية متناغمة مع الرمزية التاريخية وايضاً تركيب منظومة تدفئة أرضية ذكية غير مرئية تعمل بالطاقة المتجددة ووضع شبكة من المستشعرات لمراقبة الظروف البيئية. هذه الرؤية الشمولية أنتجت فضاءاً داخلياً يجمع بين الأصالة والكفاءة، حيث تم الحفاظ على القيمة التاريخية مع تخفيض استهلاك الطاقة وتقليل النفايات الإنشائية مما جعل المشروع نموذجاً عالمياً رائداً في استراتيجيات الحفاظ الوقائي المستدام في تحقيق التوازن المثالي بين إحياء التاريخ وتقنيات الحديثة.

– إدارة مخاطر:

تم تحقيق التوازن والأمان المعماري مع الحفاظ على الهوية التاريخية في الفضاء الصحن الرئيسي للكاتدرائية من خلال حلول مبتكرة وفق استراتيجيات لإدارة المخاطر مع الحفاظ على قيمته الفنية، بدءًا من الجدران الحجرية التي حُصنت من الرطوبة عبر مواد عازلة متطورة مع دمج قنوات تصريف مياه غير مرئية، اما الأسقف الخشبية فقد تم إعادة ترميمها باستخدام تقنيات مقاومة للحريق تحافظ على الشكل الأصلي، مع إدماج أنظمة إطفاء ذكية داخل الهيكل. من حيث معالجة الأرضيات الرخامية عبر تقنيات تنظيف دقيقة، مع دمج شبكة تدفئة حديثة تحافظ على سلامة المواد التاريخية. فضلاعن ذلك فقد تم تدعيم الأعمدة والأقواس بمواد مركبة عالية القوة دون تغيير مظهرها التاريخي بينما زُودت النوافذ الزجاجية بطبقات حماية شفافة تحجب الأشعة الضارة مع الحفاظ على ألوانها الأصلية ايضاً قد تم إعادة بناء السلالم باستخدام المكونات الأصلية بعد تحسين متانتها مع إضافة أنظمة إضاءة طوارئ مدمجة المداخل الرئيسية والتي تضمنت الأبواب بتعزيزها بطلاءات نانوية مقاومة للحرارة مصممة بتقنيات تتناغم مع الطراز المعماري القديم شملت التحسينات شبكات مراقبة بيئية وأنظمة تهوية متطورة. أدت هذه الإجراءات إلى خفض المخاطر بشكل كبير مع الحفاظ على الجوهر التاريخي للفضاء، مما يبرز إمكانية الجمع بين الابتكار التقني واحترام الإرث الثقافي دون المساس بجمالياته أو أصالته.

• التنبؤ بالكوارث الطبيعية:

تم استخدام نظام حماية متكامل يجمع بين الأصالة التاريخية وأحدث تقنيات إدارة المخاطر بالتنبؤ بالكوارث قبل وقوعها ويعتمد هذا النظام على شبكة مراقبة متطورة تشمل مستشعرات حرارية وكاميرات متخصصة وأجهزة قياس بيئي وأجهزة رصد

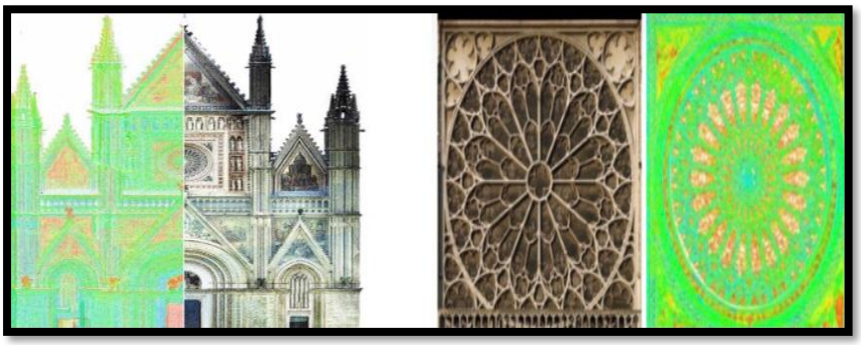
اهتزازات. وتم تصميم حلول حماية مخصصة لكل عنصر معماري في الصحن الرئيسي فقد تم تعزيز الجدران بعوازل متطورة والأسقف جهزت بمواد مقاومة للنيران مع أنظمة إطفاء مخفية والأعمدة دعمت بمواد كربونية حديثة غير مرئية بينما حُصنت النوافذ بتقنيات زجاج متقدمة مقاومة للصدمات ويشمل النظام أيضاً أنظمة استجابة سريعة مثل إطفاء آلي فوري وتحكم مناخي متكامل وبذلك حقق هذا النظام نتائج ممتازة في خفض المخاطر وحماية العناصر التاريخية مع استجابة فائقة السرعة للطوارئ

ب - الحفاظ التقني:

حققت استراتيجيات الحفاظ التقني توازناً بين القيمة الثقافية والتقنيات الحديثة في الصحن الرئيسي لكاتدرائية نوتردام لضمان استدامتها. في الأسقف وذلك باستخدام تقنية ماسحات ليزرية ثلاثية الأبعاد وأجهزة استشعار حراري لرصد التشققات والتغيرات الهيكلية، أما في تقنية الحفاظ على الأرضيات فقد تم استخدام أجهزة استشعار بأشعة غير مرئية لتحليل طبقاتها مع استخدام مواد عازلة للرطوبة نظرًا لقربها من نهر السين، لتوثيق الجدران تم استخدام ماسحات ضوئية عالية الدقة لرصد التشققات مع تطبيق تقنيات النانو لإصلاح المنحوتات دون المساس بالأصالة. ولقد استخدمت ألياف الكربون لتعزيز الهيكل ومعالجة الشقوق الدقيقة لتدعيم الاعمدة، أما السلالم فاعتمدت أنظمة مراقبة ذكية ومستشعرات لتحليل الاهتزازات مع شاشات توجيه ليزرية لإخلاء آمن. وفي الأبواب استخدمت تقنيات التحليل الرقمي لاستبدال التالف بمواد نانوية متوافقة مع التصميم التاريخي، بينما صُممت إضاءة ذكية LED لإبراز الزجاج الملون وتقليل التأثير الحراري ما يضمن استدامة الصحن واستيعاب الزوار.

تقنية الماسحات الضوئية:

تم استخدم تقنية الماسحات الضوئية في توثيق وإعادة بناء العناصر المعمارية للصحن الرئيسي لكنيسة نوتردام حيث غطت الجدران الحجرية المزخرفة والأسقف العالية والأرضيات والأعمدة والسلالم والأبواب الخشبية والمنافذ الزجاجية، اذ ساهمت هذه التقنية في كشف التشققات الخفية الناتجة عن الحريق في الجدران والأسقف وتحديد التشوهات الطفيفة في الأعمدة التي قد تهدد الاستقرار الهيكلي كما حللت التصدعات في الأرضيات الحجرية وانخفاضاتها بسبب الحرارة، اما بالنسبة للسلالم فقد وثقت الماسحات الضوئية التلف في المواد الخشبية والحجرية بينما حفظت تفاصيل النقوش الدقيقة على الأبواب والمنافذ عبر نماذج رقمية عالية الدقة مكنت الحرفيين من إعادة نحت الأجزاء التالفة أو المفقودة باستخدام قوالب مطابقة للأصل، وتم اعتماد أيضًا على مسح ضوئي سابق للحريق لمقارنة الحالة الراهنة بالهيكل التاريخي مما ساعد في ضمان إعادة البناء دون تشويه للتصميم الأصلي. كما في الشكل رقم (٦).



شكل رقم (٦) عملية الماسح الليزرية في كاتدرائية نوتردام www.nationalgeographicredirec.com

• تقنيات الماسحات الليزرية:

انتجت الماسحات الليزرية دورًا محوريا في إعادة بناء العناصر المعمارية للصحن الرئيسي لكنيسة نوتردام بدقة عالية من خلال مسح الأسطح الحجرية للجدران ومسح أجزاء الاسطح الخشبية والجصية وفقدان جزء كبير من الخواص الكيميائية لمادة الرصاص في الأسقف وتم الكشف عن وجود تشققات مجهرية وتشوهات هيكلية نتجت عن حريق 2019 مثل الانزياحات الطفيفة في الأعمدة وضعف في نقاط الربط بين الأحجار وهذا ما أدى الى تدخل انشائي في ترميم الاجزاء المتضررة وتعويضها بمواد معاد

تدويرها مثل الحجر الجيري والجص. اما في الأرضيات فقد حددت الماسحات الليزرية التصدعات والصبغات في البلاط الناجمة عن الحريق بينما وثقت تفاصيل النقوش المعقدة على الأبواب الخشبية والمنافذ الزجاجية عبر نماذج رقمية مكنت من خلالها إعادة إنتاج الأجزاء التالفة بدقة تطابق الأصل من ناحية المادة والشكل. كما في الشكل وقم (٧)

شكل رقم (٧) يوضح عملية الماسح الليزري داخل صحن الرئيسي للكاتدرائية نوتردام

• أجهزة الطيف النانوية:

ساهمت أجهزة الطيف النانوية في ترميم صحن كاتدرائية نوتردام، من خلال تحليل دقيق للمواد على مستوى الجزيئات، ففي الأسقف حددت أجهزة الطيف عمق الكاربون في الأجزاء الحجرية وتمت معالجتها بمواد مطابقة للأصل، أما الأجزاء الخشبية فاستبدلت بأخشاب مطابقة للنسيج الأصلي وفي الجدران الحجرية كشفت عن تغيرات كيميائية في الحجر الجيري مما استدعى استخدام مواد لاصقة عالية النقاء، وتم اعادة ترميم الاعمدة بمواد مركبة تحاكي قوة الحجر الأصلي بعد تحليل الشوائب المعدنية، وفي الأرضيات فقد تم رصد الشقوق المجهرية الناجمة عن الانهيارات عبر مجهر بينما الأبواب الخشبية أعيد نحت زخارفها الدقيقة باستخدام قوالب ثلاثية الأبعاد بعد تحليل التركيب الكيميائي للدهانات وفي النوافذ الزجاجية الملونة تم تحديد الأصباغ المتضررة وتم إنتاج زجاج جديد بألوان مطابقة لتلك المستخدمة في القرون الوسطى. كما موضح في الشكل رقم (٨)

شكل رقم (٨) يوضح عمل الية الطيف النانوي لغرض التحليل العناصر الانشائية

المصدر http://www.youtube.com/@CNRS

• أجهزة تصوير ثلاثي الابعاد:

أسهمت تقنية التصوير ثلاثي الأبعاد في توثيق وترميم عناصر الصحن الرئيسي للكاتدرائية بدقة عالية، مع الحفاظ على الهيئة الشكلية والجمالية والأصلية. ففي الأسقف وثقت الزخارف المنحوتة والنقوش الحجرية وكشفت عن التآكل أو فقدان الألوان مما سهل استعادتها. وقد كشف التصوير الفني عن التغيرات في النقوش الجدارية بسبب الرطوبة أو التلوث مما أتاح إعادة إنتاجها بدقة. وفي الأرضيات فتم تحليل أنماط البلاط التالفة بينما سجلت الأعمدة تشوهات في النقوش على تيجانها وقواعدها لدعم ترميمها بصورة مطابقةً للأصل. ومن ثم تم تحليل زخارف الدرابزين في السلالم وتغير ألوانها بينما رصدت التقنية

في الأبواب تشوهات النقوش الخشبية والمعدنية لتجديدها. وفي النوافذ وثقت تفاصيل الزجاج الملون ما ساهم في استعادته بأعلى دقة. وبذلك حافظت التقنية على القيمة التاريخية والجمالية للكاتدرائية عبر دمج الدقة العلمية مع الأصالة الفنية.

– الذكاء الاصطناعي:

اعتمدت استراتيجيات الحفاظ التقني على الذكاء الاصطناعي في ترميم صحن كاتدرائية نوتردام مما يحافظ على قيمتها الفنية التاريخية. ففي الأسقف استخدمت نمذجة محاكاة لتوزيع الأوزان على الأضلاع الحجرية مما يقلل المخاطر والتكاليف والتي أعيد بناء الأجزاء المتضررة من السقف الخشبي استنادًا إلى بيانات تاريخية اما الجدران فقد تم معالجة النقوش القديمة عبر مقارنة الصور مما يساعد في إعادة رسم النقوش المتضررة، كما يراقب الذكاء الاصطناعي تأثير الرطوبة ويصدر تنبيهات عند وجود خطر بالنسبة للأرضيات يقارن النظام الصور لتحديد التلف ويقدم تنبيهات، مراقبة الاعمدة لحفظ النقوش بدقة والسلالم تُصان عبر رصد التغيرات بمرور الوقت، كما هو الحال في الأبواب التاريخية يُعاد رسم زخارفها باستخدام الصور الأرشيفية، فضلاً عن الاهتمام بالإنارة من خلال تصميم أنظمة ذكية تعزز التجربة الروحية والجمالية حيث تمكنت أنظمة الذكاء الاصطناعي من تحويل الفضاء الداخلي لصحن الرئيسي إلى نظام ذكي يساهم في الحفاظ على التفاصيل الفنية التاريخية. كما موضح في الشكل رقم (٩)

شكل رقم (٩) ترميم الحصن الرئيسي لكنيسة نوتردام بالذكاء الاصطناعي
مصدر/https://support.google.com/legal/answer/346323

– الترميم الافتراضي:

ان ترميم كاتدرائية نوتردام اعتمد على تحليل البيانات التاريخية والمادية. حيث أُعيد بناء الهيكل الخشبي باستخدام صور أرشيفية لتحديد أنماط الدعامات والزخارف، مع تدعيمها بهياكل مخفية بأسلوب قوطي. وجرى إصلاح الجدران بمقارنة الصور القديمة والبيانات الميدانية واستعادة النقوش الجدارية من خلال الوثائق. فضلاً عن استعادة زخارف الأعمدة النباتية من خلال التفاصيل الارشيفية وتم تقوية القواعد بنماذج افتراضية، وفيما يخص السلالم فقد صممت وفق مخططات نادرة وكذلك الأبواب الخشبية نحتت نقوشها استنادًا للأوصاف والصور وايضاً النوافذ الزجاجية رممت بتجميع القطع باستخدام صور افتراضية دقيقة وأُضيفت الإنارة بالواقع المعزز لتعزيز المحاكاة بين الفرد والفضاء عبر نموذج افتراضي لضمان التناسق.

• تقليل الأخطاء:

تم استخدم تقنيات الترميم الافتراضي في كاتدرائية نوتردام لتقليل الأخطاء في عناصر الصحن. اذ تم تحليل البيانات من الصور الأرشيفية والمخططات الهندسية لضمان توافق الترميم مع الطبيعة التاريخية. في الأسقف الخشبية باستخدام مواد تتناسب مع التصميم القوطي. أما الجدران، فقد تم مطابقة النقوش القديمة مع الحالة الراهنة. فضلاً عن أعادة نحت زخارف الأعمدة النباتية باستخدام الرسومات الارشيفية مع تدعيم القواعد لتجنب تلف الحجر الأصلي. واما السلالم حددت تصميماتها الحلزونية وتم اختبار توزيع الأحمال. من اجل السلامة والامان واستعيدت تفاصيل الأبواب الخشبية ونقوشها الدينية بناءً على الأوصاف التاريخية. لجمع قطع النوافذ الزجاجية المكسورة، من خلال استخدم صور عالية الدقة لمحاكاة تأثير الإضاءة. واستند

الترميم إلى الخوارزميات والمحاكاة الرقمية، حيث تم تحليل الصور الأرشيفية لإعادة بناء الزخارف. بالمواد الحديثة افتراضيًا لتفادي التشوهات. كل ذلك ساهم في ضبط التوازن الوظيفي والجمالي في عملية الترقيم والحفاظ.

• التنظيم الشكلي:

اعتمد التنظيم الشكلي للصحن الرئيسي في كاتدرائية نوتردام على اسلوبين هما التقني والتقويمي بمقارنة وتحليل النسب الهندسية والانشائية ومن ضمنها الزخارف والنقوش مع أرشيف القرن الثالث عشر حيث أُعيدت الاسقف الخشبية بتطابق الأقواس المتقاطعة مع الرسومات التاريخية في زُخرفة الجدران الحجرية بمطابقة نقوشها بالأرشيف البصري وأُعيدت زخارف الأعمدة النباتية والمنحوتات باستخدام خوارزميات ثلاثية الأبعاد مستوحاة من أنماط العصور الوسطى بتنسيق متكامل مع الأسقف والجدران وحفظ التصميم الحلزوني للسلالم باستعادة نسب الدرجات وربطها بتوزيع الفسيفساء الأرضية ونُحتت الأبواب بتفاصيل قوطية دقيقة عبر تحويل الأوصاف النصية إلى أشكال رقمية وأُعيدت النوافذ الزجاجية الملونة بمطابقة أنماط الزخارف والألوان مع الصور الأرشيفية مما حافظ على الروح الجمالية للعمارة القوطية وتوازن بين الوظيفة الإنشائية والقيمة الفنية. كما موضح في الشكل رقم (١٠)

شكل رقم (١٠) يوضح تنظيم الاشكال في العمارة القوطية من داخل كاتدرائية نوتردام
مصدر/https://architecturequote.com/gothic-arch

– تقنية المواد الحديثة:

اعتمد ترميم الصحن الرئيسي في كاتدرائية نوتردام على دمج المواد الحديثة مع العناصر التاريخية عبر محاكاة تفاعلها مع الهيكل الأصلي. ففي الأسقف الخشبية اختبرت راتنجات مقوية وشرائح كربونية خفيفة افتراضيًا لتدعيم الهيكل دون تغيير مظهره القوطي. أما الجدران الحجرية فقد تم استخدم مواد حجرية متوافقة كيميائيًا مع الحجر الجيري القديم مع محاكاة التماسك بين الطبقات. وقد تم ترقيم قواعد الأعمدة بمركبات نانوية تحاكي خصائص الحجر الأصلي، بينما اختبرت افتراضيًا لتجنب التشوهات في السلالم لذا أدخلت سبائك تيتانيوم خفيفة داخل الهيكل الحجري لتحمل الأوزان مع الحفاظ على الشكل الحلزوني. أما الأبواب الخشبية فقد تم الحفاظ باستخدام ألياف زجاجية مقاومة للرطوبة مع محاكاة تأثيرها على النقوش الدينية. وقد تم استُبدل القطع المكسورة في النوافذ بزجاج مقوى مع طبقة عازلة غير مرئية، وتم تأكيد توافق هذه المواد مع البيئة البصرية والهيكلية للكاتدرائية مما ضمن متانة الترميم دون المساس بالأصالة.

• المادة الاصلية:

اعتمدت تقنية المواد الحديثة في ترميم الصحن الرئيسي لكنيسة نوتردام على دمج وإعادة المواد الأصلية بالأجزاء المتضررة كالخشب المنحوت والاحجار الجيرية والزجاج الملون مع مواد حديثة مثل شرائح الكربون والسبائك المعدنية والمركبات النانوية حيث دعمت الأسقف الخشبية بشرائح معدنية مخفية وأعيد نحت الزخارف عبر المسح الضوئي ثلاثي الأبعاد ومطابقة الأرشيف البصري واما الجدران فقد تم ترميمها باستخدام حجر جيري مطابق متوافقة كيميائيًا مع إعادة إنتاج النقوش وفق الصور

التاريخية كما عززت قواعد الأعمدة بمركبات نانوية وفي السلالم الحجرية وأعيد نحت الدرجات بحسب المخططات الأصلية واستخدمت في الأبواب الخشبية ألياف زجاجية مقاومة وأعيد إحياء النقوش المتوافقة مع النمط القوطي واستبدلت أجزاء النوافذ المكسورة بزجاج مصفح مطابق للألوان الأصلية اعتمادًا على تحليل الأطياف الضوئية ودُمجت تقنيات إضاءة LED مخفية مع نماذج ضوئية لمحاكاة تأثير الضوء الطبيعي على الزجاجيات والنقوش وحللت تركيبات الأصباغ والمواد الأصلية لإنتاج بدائل اختبرت قبل الترميم رقميا لضمان توافقها مع القيم الجمالية والهيكلية وبذلك تحقق الحفاظ على الهوية التاريخية كما موضح في شكل رقم (١١).

شكل رقم (١١) يوضح إعادة وترميم العناصر الاصلية مصدر https://rebatirnotredamedeparis.fr/

• الالياف الكربونية:

تم اعتماد تقنية الالياف الكربونية في ترميم الصحن كاتدرائية نوتردام بدمج الألياف الكربونية مع الخشب المنحوت والحجر الجيري والزجاج الملون حيث دعمت الأسقف بشرائح كربونية خفية وأعيدت زخارفها عبر المسح الضوئي الثلاثي الأبعاد ورممت الجدران بحجر جيري وألياف كربونية متوافقة كيميائيًا بينما عُززت الأعمدة بمركبات نانوية مع الحفاظ على الزخارف النباتية باستخدام المسح الليزري لغرض المطابقة مع الاصل ودعمت السلالم الحجرية بمعادن كربونية وأعيد نحت الدرجات بحسب المخططات الأصلية وزودت الأبواب الخشبية بألياف زجاجية مقاومة مع إعادة النقوش بدقة واستبدلت أجزاء النوافذ المتضررة بزجاج نانوي مصفح مقاوم للحرائق يلائم الظروف الخارجية كما تم دُمج إضاءة صناعية مخفية لمحاكاة الضوء الطبيعي على الزجاجيات والنقوش.

ج- الحفاظ التقويمي:

تحققت استراتيجيات الحفاظ التقويمي في صحن كاتدرائية نوتردام بإعادة بناء الأسقف بهياكل من خشب البلوط الفرنسي المشابه للأصل مع نحت الدعامات يدويًا وحفظ الزخارف عبر مسح ثلاثي الأبعاد. وتم استُبدل الحجارة المتآكلة بحجر جيري محلي مطابق للأصل وأُصلحت التشققات بمواد تقليدية وأُعيدت النقوش الجدارية بأصباغ طبيعية وتقنيات نحت يدوي. وتم تدعيم قواعد الأعمدة بمواد كلسية وتم تنُظيف الزخارف وأُعيد نحت التيجان يدويًا وفي الأرضيات تم استُبدل أجزاء الفسيفساء التالفة بحجارة مقطعة يدويًا، ونُحتت درجات السلالم لتطابق الأصل اما الأبواب أُصلحت بإضافة قطع خشبية جديدة، والنوافذ أُعيد تركيب زجاجها الملون المكسور بإطارات حجرية وزجاج بألوان مطابقة تاريخياً وتم توجيه الإضاءة عبر النوافذ الملونة مع استخدام مصابيح LED المخفية والشموع والمواقد الزيتية، لتعكس روح القرن الثالث عشر.

– إعادة التأهيل والحفاظ على الهوية:

تم ترميم صحن كاتدرائية نوتردام باستخدام استراتيجية جمعت بين الأساليب التقليدية والدراسات العلمية للحفاظ على الهوية التاريخية والجمالية حيث أعيد ترميم الأسقف باستخدام خشب البلوط الفرنسي ورممت الأعمدة والجدران يدويًا لاستعادة الزخارف وتنظيف الأسطح بدقة واستبدلت الحجارة التالفة في الأرضيات بقطع مستوحاة من الفسيفساء القوطي وأعيدت السلالم والأبواب طبقًا للمخططات القديمة مع نحت الزخارف القوطية يدويًا ورممت النوافذ الزجاجية الملونة للحفاظ على ألوانها التاريخية واعتمدت الإضاءة بشكل جزئي على الضوء الطبيعي والشموع لتعزيز الروحانية.

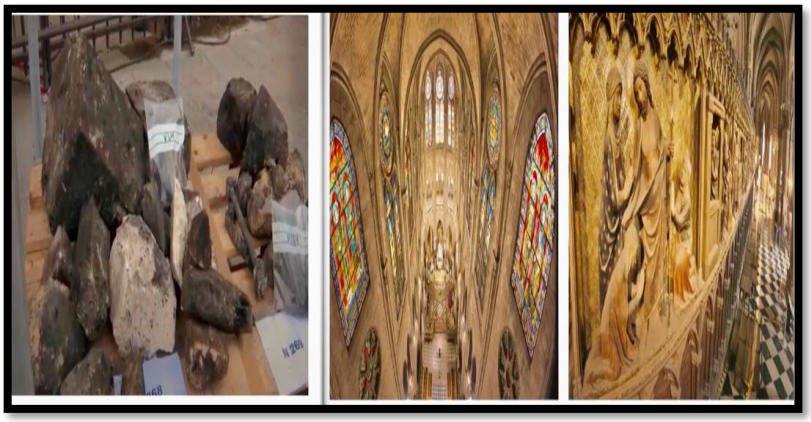
– إعادة بناء و انتاج تصنيع العناصر:

تميز ترميم كاتدرائية نوتردام بإعادة بناء العناصر المتضررة بالحرف اليدوية للحفاظ على قيمتها التاريخية وجمالها الأصلي، اذ أُعيد تشكيل هياكل الأسقف من خشب البلوط المجفف، ورُممت الزخارف الحجرية القوطية والجدران بأحجار أصلية ونقوش مستنسخة من الوثائق، وتم نُحت الأعمدة يدويًا لتعكس الطابع الأصلي، وتم ترميم الأرضيات بأحجار مقطعة يدويًا بألوان تاريخية متطابقة. وأُعيد ترميم السلالم وفق القياسات الأصلية مع زخرفة الدرابزين الخشبي والأبواب أُعيد إنشاؤها من خشب البلوط المجفف بزخارف قوطية. وأُعيد ترميم النوافذ الزجاجية بألوان تقليدية مع الحفاظ على القطع الأصلية. الإضاءة اعتمدت على الضوء الطبيعي والشموع لتعكس روح العصور الوسطى. كما موضح في شكل رقم (١٢)

شكل رقم (١٢) إعادة انتاج زجاج المنافذ الكاتدرائية نوتردام التاريخي مصدر/ https://rebatirnotredamedeparis.fr

• المحاكاة:

اعتمدت المحاكاة في تنفيذ استراتيجية الحفاظ التقويمي في الصحن الرئيسي لكاتدرائية نوتردام من خلال إعادة تدوير المواد الاصلية بعد دراسة دقيقة للزخارف والنقوش والاوان والاشكال والخامات من العصور الوسطى مما مكن من استعادة قيمتها الفنية والثقافية. من خلال خشب البلوط المجفف في السقوف مع نحت زخارف قوطية يدويًا. وتم ترميم الجدران بأحجار من المحاجر الأثرية وزينت بنقوش مستنسخة من الوثائق قديمة وتم ضمت الاعمدة يدويًا لضمان التناسق التاريخي مع الواقع وترميم الأرضيات باستخدام حجارة مقطعة يدويًا بألوان وأنماط تاريخية وصممت السلالم وفق القياسات الأصلية مع إضافة زخارف مستوحاة من الوثائق القديمة. اما الأبواب أعيد تدويرها وتصنيعها من خشب البلوط مع زخارف قوطية وأيضا النوافذ الزجاجية أعيد إنتاجها باستخدام تقنيات تقليدية لمطابقة الرسومات التاريخية اما الإضاءة تم تعزيزها بالضوء الطبيعي من النوافذ الزجاجية الملونة واستخدام الشموع والمواقد الزيتية في اروقة الصحن لإعادة أجواء العصور الوسطى. تمكنت هذه المحاكاة في إحياء العناصر التاريخية للكاتدرائية مع الحفاظ على روحها الأصيلة كما موضح في شكل رقم (١٣)



شكل رقم (١٣) يوضح محاكاة العناصر التاريخية مع الترميم الحديث مصدر/ https://architecturequote.com/gothic-arch

الفصل الرابع: النتائج والاستنتاجات

٤-١ نتائج البحث:

اسفر التحليل في اجراءات البحث الحالي ضمن مجريات الفصل الثالث عن مجموعة نتائج يمكن ادراجها على وفق محاور التحليل التي تضمنها استمارة التحليل وكالآتي:

1. أثبتت أنظمة الاستشعار المراقبة البيئية في الحفاظ الوقائي كفاءة عالية في منع التدهور السريع للعناصر المعمارية التاريخية مثل الأسقف الخشبية والجدران الحجرية والزجاج المعشق.
2. ساهمت تقنية المستشعرات وكاميرات المراقب في الكشف الفوري عن أي مخاطر تهدد الفضاء الداخلي مما يسمح بالتدخل السريع دون الحاجة إلى إغلاق الكاتدرائية أمام الزوار.
3. حققت استراتيجية الحفاظ التقني للمواد الحديثة في تحقيق توازن بين الأصالة التاريخية والابتكار التقني في تصميم الفضاءات الداخلي الكاتدرائية من خلال استخدام خشب البلوط المعزز بألياف الكربون لترميم الأسقف مما زاد من متانتها مع الحفاظ على النقوش في الشكل الأصلي.
4. تمكنت عمليات الترميم الافتراضي للفضاءات الداخلي الكاتدرائية على التناسق الهندسي للتصميم القوطي الأصلي في تسهيل تنظيم الاشكال المستوحى من الارشيف.
5. تمكنت التقنيات الحديثة من الحفاظ على الاعمدة وتعزيز قوتها بمواد مركبة غير مرئية مثل الألياف النانوية مما ساهم في تحسين تحملها دون تغيير مظهرها الأصلي في الفضاء الداخلي الكاتدرائية.
6. تحققت الاستدامة في الفضاء الداخلي للكنيسة من خلال إعادة تدوير المواد المتضررة للكاتدرائية أثناء ترميم الصحن الرئيسي من الحفاظ على اصالتها.
7. ساهمت التقنيات التقليدية المحلية من الحفاظ على الفضاء الداخلي الكاتدرائية من خلال إعادة إنتاج النوافذ الزجاجية الملونة بشكل يتناسب مع الخامة الأصلية للكاتدرائية، مما عزز الانطباع الجمالي للصحن الرئيسي.
8. تحقيق الحفاظ على التقاليد التصميمية المرتبطة بالعقائد الدينية من خلال محاكاة وتجسيد الأساليب الفنية للقرون الوسطى، مما يعزز الاتصال الروحي والثقافي في الكاتدرائية.
9. تم تعزيز الزجاج والألوان باستخدام مادة نانوية شفافة مما يزيد من تأثير الإضاءة ويضفي عمقًا على التجربة البصرية في الفضاء الداخلي لصحن الكاتدرائية.

٤-٢ الاستنتاجات:

1. توفير المستشعرات والكاميرات الذكية يُعد ضرورة للكشف الفوري عن المخاطر البيئية مما يسمح بالصيانة الوقائية دون إغلاق الموقع أمام الزوار وهو نهج يجمع بين الحماية والاستمرارية في فضاء الصحن الرئيسي.
2. ان استخدام مواد مركبة نانوية متطورة في تدعيم وتقوية الأعمدة والاسقف والجدران زاد من قدرتها على تحمل دون تغيير مظهرها الخارجي وقيمتها التاريخية في داخل الصحن الكاتدرائية.
3. ساهمت النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد المستوحاة من أرشيف في استعادة التفاصيل الهندسية الاصلية مما عزز التناسق الوظيفي والفني في ابراز القيمة التاريخية التصميم الأصلي.
4. نجاح تجربة الترميم الافتراضي في الكشف عن نقاط الضعف الخفية في جميع عناصر الفضاء الداخلي للصحن الرئيسي والسماح باختبار حلول هندسية كالتدعيم والترميم قبل التنفيذ مما قلل المخاطر وحافظ على الهيئة الشكلية للفضاء الداخلي دون تشويه.
5. إعادة تدوير المواد المتضررة في الكاتدرائية مثل الأحجار أو الخشب أدى إلى تحقيق تناغم داخل الفضاء مما يعكس الأصالة وتقليل الهدر وتعزيز الاستدامة التاريخية للصحن الرئيسي للكاتدرائية.
6. اسفرت استراتيجية الحفاظ التقويمي لصحن كاتدرائية نوتردام عن تحقيق توازن استثنائي بين اصالة والابتكار عبر محاكاة التي ميزت العصور الوسطى عن باقي العصور.

7. الاعتماد على الوثائق والأرشفة في الدراسات يساهم بشكل علمي في تحقيق التوافق بين اصالة الزخارف والنقوش والألوان مع اعمال الترميم لضمان الدقة والانسجام مع المعايير الأصلية.
8. أعادة ترميم النوافذ الزجاجية الملونة بتقنيات تقليدية مكنت من الحفاظ على الوظيفة الجمالية في الصحن الرئيسي عبر تفاعل الضوء مع الألوان والرسومات بشكل وثيق مع طبيعة الفضاء الاصلي.
9. العناصر البصرية من ألوان وإضاءة تلعب دورًا محوريًا في إبراز الفكرة التصميمية لكاتدرائية نوتردام لما تحمله من دلالات رمزية روحية تعزز التواصل مع الموروث.

٤-٣ المقترحات:

1. دراسة دور الإجراءات الوقائية في أنظمة التحكم للحفاظ على القيم الجمالية والرمزية للمباني الدينية في أوروبا والشرق الأوسط.
2. فاعلية استدامة التراث المعماري عبر دمج التكنولوجيا مع الأساليب التقليدية.

٥-٣ التوصيات:

1. بتطبيق استراتيجيات الحفاظ الوقائية لحماية الهياكل المادية للتراث المعماري مع اعتماد على التقنيات اللازمة للحماية من المخاطر الطبيعية كإجراءات احترازية.
2. التأكد من فاعلية استراتيجيات الحفاظ التقني الضمان الحفاظ المستدام على التراث المعماري والتركيز على تقليل الأضرار.
3. ضرورة استخدام نظم وبرامج متطورة لإدارة معلومات المباني التاريخية من خلال التعاون مع الجهات العلمية والمحلية المتخصصة في هذا المجال بشكل مباشر.

DOI: https://doi.org/10.35560/jcofarts1742
Jamal Mohammed Hamid, Sudad Hisham Hamid: Strategies for the Conservation of Interior Spaces in Historic Buildings
Al-Academy Journal - Issue 121 -ISSN(Online) 2523-2029 /ISSN(Print) 1819-5229

ملحق رقم (2)
استمارة محاور(النهائية)

متحقق ممتاز		%100 - %80	متحقق جيد جدا		%79 - %60
متحقق جيد		%69 - %40	متحقق مقبول		%39 - %20
غير متحقق		%19 - %0			

المحور الرئيس	المحور الأولي	المحور الثانوي	المحور الثانوي2	العناصر الإنشائية لفضاءات الأبنية التاريخية				العناصر الانتقالية					متحقق ممتاز	متحقق جيد جدا	متحقق جيد	متحقق مقبول	غير متحقق
				سقف	جدران	أرضية	أعمدة	سلالم	أبواب	شبابيك	الاضاءة						
استراتيجيات الحفاظ على الفضاءات الداخلية التاريخية وانواعها	الحفاظ الوقائي	الاستدامة															
		إدارة المخاطر	التنبؤ بالكوارث الطبيعية														
	الحفاظ التقني	الماسحات الضوئية	ماسحات ليزرية														
			أجهزة الطيف النانوية														
			أجهزة تصوير ثلاثية الابعاد														
		الذكاء الاصطناعي	معالجة وتحليل الفضاء الداخلي														
		الترميم الافتراضي	تقليل الاخطاء														
			التنظيم الشكلي														
		تقنية المواد الحديثة	المادة الاصلية														
			الياف كربونية														
	الحفاظ التقويمي	التنعيم والتقوية	تحقيق التوازن														
			مطابقة الأنماط الشكلية														
		اعادة التأهيل	الحفاظ على الهوية														
		إعادة الانتاج	تصنيع العناصر														
		إعادة البناء	المحاكاة														

Conclusions:

1. Providing smart sensors and cameras is essential for the immediate detection of environmental hazards, allowing for preventative maintenance without closing the site to visitors. This approach combines protection and sustainability within the main nave space.
2. The use of advanced nanocomposite materials to reinforce and strengthen the columns, ceilings, and walls increased their load-bearing capacity without altering their external appearance or historical value within the cathedral's nave.
3. D digital models inspired by archives contributed to the restoration of the original architectural details, enhancing the functional and artistic harmony of the original design while highlighting the historical value of the original design.
4. The success of the virtual restoration experiment in revealing hidden weaknesses in all elements of the main nave's interior space and allowing for the testing of engineering solutions such as reinforcement and restoration prior to implementation. This reduced risks and preserved the formal appearance of the interior space without distortion.
5. Recycling damaged materials in the cathedral, such as stone and wood, achieved harmony within the space, reflecting authenticity, reducing waste, and enhancing the historical sustainability of the cathedral's main nave. 6. The conservation strategy for the nave of Notre-Dame Cathedral achieved an exceptional balance between authenticity and innovation, emulating the elements that distinguished the Middle Ages from other eras.

6. Relying on documents and archives in the studies contributes scientifically to achieving consistency between the authenticity of the decorations, inscriptions, and colors and the restoration work, ensuring accuracy and consistency with original standards.
7. Restoring the stained-glass windows using traditional techniques enabled the preservation of the aesthetic function of the main nave through the interaction of light, colors, and drawings, closely reflecting the nature of the original space.
8. Visual elements, such as colors and lighting, play a pivotal role in highlighting the design concept of Notre-Dame Cathedral, as they carry symbolic spiritual connotations that enhance connection with heritage.

References:

1. Ahmad ibn Muhammad ibn Manzur (2013). *Lisan al-Arab (Part Fifteen)*. Cairo: Dar al-Maaref.
2. André Lalande (2001). *The Philosophical Encyclopaedia* (translated by Khalil Ahmad Khalil). Beirut-Paris: Awidat Publications. (Second Edition, Volume One), p. 156.
3. Tawfiq Ahmad Abd al-Jawad (1971). *History of Architecture and the Arts in Early Times* (Part One, Second Edition).
4. Gibran Masoud (1992). *Al-Raed Dictionary. Beirut: Dar al-Ilm Lil-Malayin*. (Seventh Edition), p. 185.
5. Thaer Yousef Zurayk (2006). *"International Conventions that Emerged to Preserve World Heritage."* A lecture published on the Aleppo Capital of Islamic Culture website.
6. Ali Yousef Ali (2021). *Challenges in the Preservation of Historic Buildings*. Amman: Dar al-Fikr, p. 32.
7. Abdul Aziz Ahmad Hassan (2022*). Natural Disaster Management and Its Impact on Cultural Heritage.* Riyadh.
8. Abdul Majeed Muhammad Hassan (2019). *The Use of Clay Bricks in the Restoration of Pharaonic Temples* (Second Edition). Egypt.
9. Rashid, Samer (2021). *Rehabilitation of Historic Buildings*. Amman: Dar Al-Amal, p. 142.
10. Al-Shazly Ahmad. *Preservation of Historic Buildings 2020*: An Applied Study. Cairo: Dar Al-Kutub Al-Masryia, p. 55.
11. Al-Sumairi Fahd Saleh (2022). *Heritage Preservation Strategies*. Riyadh: Publishing House.
12. Al-Mu'jam Al-Wasit, *Arabic Language Academy in Cairo*. (2004). (Fourth Edition). Cairo: Dar Al-Da'wa.
13. Muhammad Saeed Ali (2023). *Awareness and Architectural Heritage*. Cairo: Library of Culture.
14. Alaa Taleb and Sadad Hisham (2021). *Intellectual Luxury in Interior Design*. A published research paper in the International Geographic Education Review Journal, p. 95.
15. Ashraf Saleh Mohammed, (2009), "*Cultural Heritage in the Arab World (Causes of Destruction and Damage and Preservation Methods)"*, Al-Noor Foundation for Culture and Media, Humanities Research and Studies, Qatar. (p. 9).
16. Basma Mohammed Ibrahim, 2024, "*Artificial Intelligence Technology and Archaeology*", published research, The Egyptian Academic Journal, p. 369.
17. Jalal Abada (2006), "*The Contemporary Arab Architectural Scene - Present Reflections and Future Visions*", research paper presented at the Jeddah International Urban Forum, (2006), Jeddah.
18. Al-Ali, Mohammed Abdel Rahman, *"Applications of Nanotechnology in the Preservation of Architectural Heritage"*, 2021, Dar Al-Fikr Al-Arabi Publishing House, Egypt, p. 70.
19. Alia Atef Attia, 2023, *"The Artificial Intelligence Revolution in the Field of Cultural Heritage",* published research, p. 47.
20. Zahraa Nabil, Sadad Hisham, (2025) *("The Uniqueness of Arabic Calligraphy in Enhancing the Identity of the Interior Spaces of Contemporary Mosques,"* Journal of the University of Jordan, p. 10
21. Al-Shafi'i, Ahmed. *Islamic Heritage: An Applied Study in Architecture and Ornamentation,* 2018, Cairo: Dar Al-Fikr, p. 78
22. Mahmoud Sami Abdullah, (2020), *Modern Building Materials: Applications and Uses,* King Saud University, Saudi Arabia, p. 112
23. Al-Hashemi, Ahmed Saeed, (2020), *"Modern Techniques in Architectural Restoration: An Applied Study,"* Emirates Center for Scientific Research, United Arab Emirates, p. 125
24. The First Dubai International Conference and Exhibition *"Architectural Conservation between Theory and Practice,"* Dubai Municipality, p. 49
25. Al-Toukhi, Sawsan, (2004). *The Importance of Historic Areas and Their Impact on Social Interaction in the Scientific Research Group*
26. Yassin, A. M., et al. (2004). *The Problem of Site Coordination for Historical Environments in Egypt with the Idea of Preservation and Renewal.* In the scientific research collection of the First Dubai International Conference and Exhibition, "Architectural Conservation between Theory and Practice," Dubai Municipality, pp. 350-351.

27. Ghali Haider Ne'ma (1997). *Strategic Factors and Their Impact on Determining Investment Options - An Applied Study of a Sample of Industrial Companies Listed on the Baghdad Stock Exchange*. Unpublished master's Thesis, Al-Mustansiriya University, Baghdad, p. 53.
28. Allen, John Samuel (2022). *Conversation, Reconstruction, and Memory in 20th Century Europe.* Cornell University Press, p. 43.
29. Archibald, James Michael (2020). *Management in Cultural Heritage Preservation*. Oxford University Press.
30. Brand, Victoria Brandt. (2003). *Conservation Principles: Conservation and Sustainability Guideline.* Cambridge University Press, p. 23 .
31. Brown, Richard Paul. (2021). *Preservation of Historic Buildings.* United Kingdom, p. 15 .
32. Craft, Marianne Catherine. (2017). *Historical Preservation: An Introduction to Its History, Principles, and Practice USA*, p. 22 .
33. García, Juan Luis. (2021). *Environmental Control of Heritage Buildings*. Spain: 2nd edition, p. 96 .
34. George, Hans. (1960). *Truth and Method*. Berlin, p. 85 .
35. Hauser, Luisa Maria. (2017). *The Use of Solar Energy in the Restoration of Italian*
36. *Churches.* Italy: First Edition, p. 32 .
37. Jinks, Charles Alexander. (1980). *Language of Postmodern. Architecture*. Academe ice Press, London, pp. 70–73 .
38. Martinez, David Carlos. (2020). *Ventilation Systems in Historic Buildings*. Spain: 1st edition, p. 78 .
39. Mateo, Frank James. (2020). *The Science and Technology of Historic Preservation*. Springer,
40. Mitchell, George William. (2019). *Building Conservation: Guide to Historic Building Preservation*. United Kingdom .
41. Qing, Francis Dawn. (1987). *Architecture: Form, Space, and Order*. Vân Nostrand Reinhold, NY,
42. Rodriguez, Maria Jose. (2019). *Heritage Buildings and Seismic Hazards*. Cambridge: Cambridge University .
43. Schoen, Hans Peter (2020). *Technologies for Preserving Historic Buildings*. Germany: 1st edition,
44. Staniforth, Simon Alexander. (2013). *Risk Management for Cultural Heritage*. Getty Conservation Institute, p. 23 .
45. Starkey, John Richard. (2010). *Urban Heritage and Its Sustainability Oxford*: Oxford University Press, B
46. *International conventions and conservation strategies* https://whc.unesco.org**.**