دور التقنيات الحاسوبية في تحقيق الإنارة المثلى لتحسين الأداء الوظيفي للمتحف حالة دراسية (متحف دمشق)[1]

المهندس محمّد يونس يونس [2]
الدكتور المهندس نضال المحّمد [3]
الدكتور المهندس محمّد منون [4]

الملخص

تلعب الإنارة الدور الأهم في الفراغ المعماري حيث أنها من أهم اعتبارات التصميم وومن المفترض وضعها بعين الاعتبار لتحقيق أفضل أداء استخدامي للمبنى، فالإنارة تدخل في صلب

العمل المعماري، ويتم اللجوء إليها في تحديد شكل الفراغات ولونها وملمس سطوحها، لكن العوامل الخارجية (كالمناخ)، والعوامل الداخلية (نوع أو وظيفة الفراغ) يصعّب الموضوع على المصمم لأنه بحاجة إلى السيطرة على كلا الإنارتين الطبيعية والصناعية، لذا برز دور الإنارة كعنصر مهم للدراسة من قبل المصمم خلال عملية التصميم.

و تعتبر المتاحف من أكثر أنواع المباني تأثرا بالإنارة لتنوع الوظائف الداخلية فيها ولحساسيتها للإنارة إذ أن معروضاتها ذات طابع أثري، وقد برز دور الحاسب حديثا في دراسة أداء الإنارة في المباني المتحفية، إن كان في مرحلة التصميم، أو في مرحلة تقييم مبنى قائم كما سنقوم في هذا البحث باستخدام برنامجي (ECOTECT – Desktop RADIANCE) بتقييم أداء الإنارة في متحف دمشق ووضع توصيات خاصة لتحقيق الأداء الأمثل فيه.

الكلمات المفتاحية: الإنارة الطبيعية – الإنارة الصناعية – المتاحف – متحف دمشق – التحليل باستخدام الحاسب – Desktop RADIANCE – ECOTECT.

[1] أعد البحث في سياق نيل شهادة الماجستير للمهندس محمّد يونس يونس بإشراف الدكتور نضال المحمّد والدكتور محمّد منون – قسم التصميم المعماري – كلية الهندسة المعمارية – جامعة تشرين.

[2] مهندس معماري وعضو هيئة فنية في قسم التصميم المعماري – كلية الهندسة المعمارية – جامعة دمشق

[3] دكتور في قسم التصميم المعماري – كلية الهندسة المعمارية – جامعة تشرين

[4] دكتور في قسم علوم البناء والتنفيذ – كلية الهندسة المعمارية – جامعة تشرين.

The role of computer technologies in achieving optimum lighting to improve the functional performance of museum Case Study (Damascus Museum)[1]

Eng. Mohammed Younes Younes[2] **Dr. Nidal Al-Mohammed**[3]

Dr. Mohamed Mannon[4]

Abstract

Lighting plays the most important role in the architectural space as it is one of the most important design considerations and is supposed to be taken into account to achieve the best usable performance of the building, as lighting is at the heart of architectural work, and it is used to determine the shape of the spaces, their color and the texture of their surfaces, but external factors (such as climate) And the internal factors (type or function of the space) make the matter difficult for the designer because he needs to control both natural and – Artificial lighting, so the role of lighting has emerged as an important element to study by the designer in the design process.

Museums are considered one of the types most affected by the diversity of their internal functions and their sensitivity to lighting (exhibits). The role of computers has recently emerged in the study of lighting management in museums, whether it is in the design phase, or in the phase of evaluating an existing building as we will in this research use the programs (ECOTECT - Desktop RADIANCE), studying of lighting management in Damascus museum and proposal of special recommendations achieve the best usable performance.

Key words: Natural Lighting – Artificial Lighting - Museums - Damascus Museum - Computer Analysis - ECOTECT - Desktop RADIANCE.

[1] Paper prepared in the context of master degree by Eng. Mohammed Younes Younes and supervision by Dr. Nidal Al-Mohammed and Dr. Mohamed Mannon.

[2] Architect and educational staff member ,design department, Faculty of Architecture, Damascus University.

[3] Professor, design department, Faculty of Architecture, Tishreen University.

[4] Professor, Construction and Building Sciences department, Faculty of Architecture, Tishreen University

المقدمة:

يعتبر الضوء من المواضيع المهمّة التي بحثت من قبل المعماريين والمختصين، وله الدور الأكبر في تحديد الفراغات المعمارية وأدائها وتلعب الفتحات دورا أساسيا في ذلك حيث أن اختلاف مساحتها وتوضعها يتحكم بنفوذية الضوء مما يؤكد على أهمية العلاقة بينها وبين الإنارة الداخلية لتحقيق الأداء الوظيفي الأفضل وتعتبر دراسة الإنارة من أهم الخطوات التي يجب القيام بها في عملية التصميم، كما يمكن دراسة الأداء الوظيفي لمبنى قائم باستخدام تقنيات الحاسب والتي لها دورا كبيرا في تحقيق الإنارة المثلى لتحسين الأداء الوظيفي للمبنى.

مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في أن دراسة الإنارة كانت من الأمور الثانوية في المباني العامة السورية والمتاحف بالخصوص[1]

و ذلك بحكم الفترات الزمنية والمتغيرات الطبيعية والتصميمية أو ربما تغير وظيفة المبنى على مدار حياته ولما للمتاحف من طبيعة حساسة للضوء بسبب المقتنيات الأثرية الموجودة فيها، بالإضافة لصعوبة التنسيق بين الإنارة الطبيعية والصناعية مما ينعكس سلبا على الفراغ الداخلي للمتحف.

أهمية البحث:

تتجسد أهمية البحث في الدراسة المقدمة لتحقيق الإنارة المثلى في الفراغ المعماري وذلك لتحسين الأداء الوظيفي للمبنى ودراسة متحف دمشق كحالة دراسية وذلك من خلال إبراز أهمية الضوء والإنارة في التصميم المعماري لهذا المتحف، وأهمية الإنارة الطبيعية كعنصر أساسي يلعب دوراً ايجابيا في مباني المتاحف من خلال طريقة توظيفه وأسلوب إدخاله إلى الفراغ، كما يبين البحث أهمية الإنارة الصناعية كعنصر أساسي أو مشارك مع الإنارة الطبيعية في إكمال العنصر الوظيفي والتشكيلي في المتحف، وتكمن أهمية البحث أيضا في إبراز أهمية الحاسب في دراسة الإنارة وطرح مفهوم جديد لها وبالتالي اختيار الحلول التصميمية المناسبة لمتحف دمشق الوطني والذي هو من أهم المتاحف في الجمهورية العربية السورية.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

- إبراز أهمية الإنارة في المباني العامة والمتاحف بالخصوص.
- دراسة وتقييم الإنارة في متحف دمشق الوطني.
- التأكيد على أهمية استخدام تكنولوجيا الحاسب في عملية دراسة الإنارة.
- اقتراح بعض الحلول التي تساهم في تحسين أداء الإنارة في متحف دمشق الوطني.

الضوء أو النور وأثره على الإنسان والعمارة:

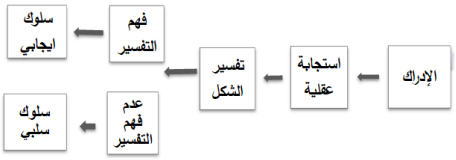
يعتبر الضوء العنصر الأساسي للقيام بعملية الرؤية وهو [جزء من طيف واسع من الأمواج الكهرومغناطيسية]. [يشمل الطيف الكهرومغناطيسي أشعة غاما، أشعة إكس، الأشعة فوق البنفسجية، الطيف المرئي، الأشعة تحت الحمراء، موجات الرادار، موجات FM، موجات التلفزيون والراديو، موجات نقل القوى].[2]

ويعتبر الضوء العنصر الأساسي في إدراك الفراغ في العمارة وبالخصوص في فراغات العرض المتحفية حيث أن العملية الإدراكية وبالأخص الإدراك البصري تأثيراً مهماً على السلوك الإنساني، وذلك لأن أي إدراك بصري

[1] طكو – علا، عمارة الأبنية الثقافية في سوريا في القرن العشرين (حالة دراسية:المتاحف واقعها وآفاق تطورها)– رسالة ماجستير – جامعة حلب – 2013م

[2] Peter Tregenza ,David Loe – The Design of Lighting – book – 2013.

لعنصر ما يؤدي إلى إعطاء معنى وبعد إعطاء الإنسان معنى للعنصر الذي يراه ينتج عنه سلوك معين يعبر به عن فهمه أو عدم فهم هذا العنصر وبالتالي فإما أن يكون سلوك ايجابي يدعم البيئة أو سلوك سلبي قد يؤثر على البيئة المشيدة فيشوهها ويخربها لعدم استيعابه العناصر الموجودة فيها وذلك حسب الشكل[1]



الشكل (1) يوضح أثر إدراك الإنارة على السلوك
المصدر (شحّود– رؤى– دراسة تأثير الإضاءة على تصميم المباني السكنية مثال مدينة اللاذقية – رسالة ماجستير – جامعة دمشق – 2013 م)

صفات الضوء:

للضوء صفات نوعية تؤثر في إدراك الإنسان وتتحكم به ومن خلال التحكم بالضوء يمكن بقدر الإمكان تلافي حدوث الإجهاد وهو الانعكاس السلبي الأكبر للإنارة غير الجيدة على الإنسان، حيث تعتبر عملية الرؤية في حال الأعمال التي تحتاج تركيز بصري، مختلفة عن عملية الرؤية المعتادة، أي أن العملية التي تحتاج لتركيز بصري تحتاج لبذل جهد عضلي لعين الإنسان، وكلما زادت التفاصيل كلما زاد الجهد العضلي للعين، وفي حال الإنارة السيئة تصبح عملية التأقلم مع التركيز أصعب سواء كان العيب بكمية الإنارة أو أنواع الأجهزة، وإن التكيف في ظروف متغيرة يكون كبيرا لدرجة أن ظروف الإنارة السيئة قد لا تؤثر أحيانا على المشاهد في نفس اللحظة أو أثناء العمل، إنما تسبب الشعور بالتعب بعد فترة طويلة نتيجة تراكم الإجهاد وتعرف هذه الأعراض بالإجهاد البصري.[3]

وتكمن **صفات الضوء** فيما يلي:

كمية الضوء:

تعتبر كمية الضوء من العناصر الهامة في عملية الإنارة وذلك للوصول لعملية معينة وضمن ظروف خاصة لتحقق أداء ناجح للإنارة.[4]

تعتبر الظروف المحيطة أو البيئة ذات أهمية للوصول لمستويات سطوع معينة وذلك للقيام بأداء بصري جيد حيث أن الأداء البصري يكمن في إدراك العناصر والتفاصيل على الرغم من التغير الحاصل في البيئة المحيطة فمثلا عندما تكون كمية الإنارة الطبيعية جيدة يمكن إدراك تفاصيل العنصر المعروض ولكن في حال أصبحت هذه الإنارة غير كافية يجب التحكم بها فمثلا في حالة المتاحف فإن تغير ظروف الإنارة على مدار النهار قد تؤثر على فهم التفاصيل المراد التأكيد عليها، فيتم مثلا تفعيل الإنارة الصناعية في أوقات معينة من النهار لتدعم الإنارة الطبيعية أو قد يتم التحكم بكمية الإنارة الطبيعية الداخلة من النوافذ.

الشكل (2) يوضح إنارة فراغ العرض نفسه في ظروف مختلفة حيث تم ضبط الإنارة في الحالة على اليمين (لوحات واضحة المعالم)، ولم يتم ضبطها على اليسار(لوحات مبهمة المعالم) حيث كانت بمستوى إنارة أعلى من اللازم،. المصدر (من عمل الباحث)

نوعية الضوء:

[قد تكون الإنارة منتظمة وتعطي ظلالا خفيفة وأقل وضوحا ويسمى الضوء في هذه الحالة بالضوء المنتشر].[5]

[3] شحّود– رؤى– دراسة تأثير الإضاءة على تصميم المباني السكنية مثال مدينة اللاذقية – رسالة ماجستير – جامعة دمشق – 2013 م

[4] Peter Tregenza ,David Loe – The Design of Lighting – book – 2013.

[5] rudiger ganslandt Harald Hofmann – Hand book of lighting design

[و قد تكون الإنارة موجهة على عنصر معين وتعطي ظلالا متعددة ويسمى الضوء في هذه الحالة بالضوء المباشر].[5]

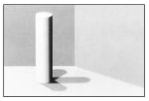
و يمكن المقارنة بين الضوء المباشر والمنتشر:

الضوء المباشر	الضوء المنتشر
– يكون مصدر الضوء في هذه الحالة نقطيا. – نقول في حالة الإنارة الطبيعية أو النهارية بأن الشمس هي مصدر الضوء المباشر. – نقول في حالة الإنارة الصناعية ليلا بأن عنصر إنارة صناعي نقطي يفي بالغرض كمصدر إنارة مباشر. – يمكن دعم الإنارة الطبيعية بإنارة صناعية كمصدر إنارة مباشر نهارا. – يتصف الضوء المباشر بإنتاجه لظلال للأجسام وانعكاسات على الأجسام البراقة. – لا ينتج الضوء المباشر فقط ظلالا وانعكاسات إنما يفتح مجالات أكبر لمصممي الإنارة باختيار زوايا واتجاهات الحزم الضوئية حيث أنه قادر على التحكم بها فللضوء المضبوط بشكل محكم تأثيرا كبيرا على كامل الفراغ.	– يكون مصدر الضوء في هذه الحالة سطحا. – نقول في حالة الإنارة الطبيعية أو النهارية بأن السماء هي مصدر الضوء المنتشر. – نقول في حالة الإنارة الصناعية ليلا بأن سقف مضيء صناعي يفي بالغرض، أو ربما ضوء منعكس من سقف أو جدار مضيء. – يمكن دعم الإنارة الطبيعية بإنارة صناعية كمصدر إنارة منتشر نهارا. – يتصف الضوء المنتشر بأنه منتظما وخافتا ليعطي ظلالا وانعكاسات للأجسام المرئية. – تقل نسبة الضوء المنتشر عند تلقي الجدران للقليل من الضوء أو عند امتصاصه على السطح بشكل كبير بمعامل انعكاس منخفض للمحيط أو البيئة ويمكن استخدامه لتأثيرات دراماتيكية بإنارة شديدة.

ونلاحظ في الصور التالية كيف أن لظروف الإنارة أن تؤثر في الإدراك لتأثيرها في فهم التفاصيل والظلال مثلا

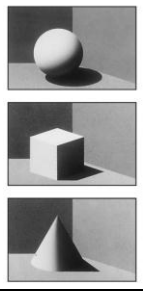
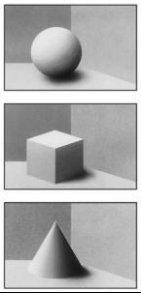
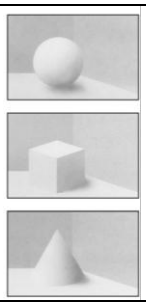
الشكل (3) في حالة إنارة منتظمة مع الضوء المنتشر تكون الظلال أخف وأقل وضوحاً.

المصدر (Hand book of lighting design)



الشكل (4) في حالة إنارة موجهة، مع الضوء الموجه فإن الأجسام ضمن الفراغ ستلقي ظلالاً متعددة.

المصدر (Hand book of lighting design)

		
ينتج الضوء الموجه ظلالاً واضحة وتأثيرات تشكيل قوية. تم التشديد على الأشكال والتراكيب السطحية، بينما يمكن إخفاء التفاصيل بالظلال.	تُنتج الإنارة التي تتضمن كل من الإنارة المنتشرة والمباشرة ظلالاً خفيفة. يمكن تمييز الأشكال والتراكيب بوضوح، ولا توجد ظلال مربكة.	تنتج الإنارة المنتشرة ظلالاً مهملة، وتكون الأشكال والتراكيب السطحية مميزة بشكلٍ ضعيف

الشكل (5) إدراك الأشكال ثلاثية البعد ضمن ظروف إنارة مختلفة.

المصدر (Hand book of lighting design)

خصائص الضوء أو الإنارة:

من أهم الحالات التي يمكن ضبطها في مرحلة دراسة الإنارة وقد تحول دون قيام الأداء الأمثل وبالتالي تؤثر على عملية الرؤية وإدراك الفراغ:

البريق:

[يحدث البريق عند سقوط الضوء على السطح اللامع من السطوح ويعتبر البريق من السمات الأساسية للضوء الموجه ويكون تأثيره سلبا على السطوح الملساء] حيث يعتمد البريق على كثافة الضوء أو على الضوء كعنصر مساعد ولكن لا يعتمد عليه بشكل أساسي حيث أن الاعتماد الأكبر يكون على الانعكاس أو الانكسار فمثلا: [مصباح الهالوجين منخفض الفولتية والذي هو مصباح ذو ضوء مضغوط جدا، يخلق انعكاسات ذات سطوح أكبر من

المصابيح ذات الضوء الأقل انضغاطا، ويعتبر البريق مربكا عند تسببه للوهج][6]

الوهج:

[هو انخفاض الأداء البصري، وحدوث الاضطراب الذاتي الذي يشعر به الأفراد عبر مستويات إنارة زائدة أو تباينات صارمة في مستوى الإنارة ضمن مجال الرؤية، وكلما كان الوهج محدودا ومقبولا كلما كانت الإنارة جيدة] [6]

عندما يحدث الوهج ينخفض الأداء البصري ويحدث اضطراب ذاتي عند المشاهد بسبب مستويات إنارة أكثر من المعتاد أو نتيجة تباين أو اختلاف في مستوى الإنارة ضمن مجال الرؤية وفي حال انخفاض الأداء البصري يتم تطبيق الوهج الفيزيولوجي حيث أن الضوء الناتج من الوهج يفوق اللمعان ويقلل من كفاءة الرؤية.[6]

الوهج المباشر:

يكون مصدر الوهج مرئيا في مجال العملية البصرية وتعتمد حالة الوهج في هذه الحالة على شدة الإنارة في مصدر الوهج وتباين الإنارة فيه وحجم الإنارة وقربها من العملية البصرية.

الوهج المنعكس:

يتم عكس مصدر الوهج في العملية البصرية إلى المحيط ويعتمد هذا الشكل من الوهج على ما سبق في الوهج المباشر إضافة لبريق العنصر وموضع السطح العاكس.

اللون واللمعان:

يتم إدراك الإنارة عادة على أنها سطوع ولكن يتم في تلك العملية إدراك اللون والذي هو العنصر المعتمد على التركيب الطيفي للضوء حيث يمكن رؤية الضوء على أنه ملون [6]

ويتم انتاج اللون بقدرة المادة على امتصاص مجالات طيف معينة وعكس لون معين وهو لون الجسم الذي نراه.

بالإضافة لأهمية اختيار الألوان ضمن الوسط المنار فإن اختيار اللامع منها هو الأكثر تأثيرا فمثلا لنأخذ اللون الأزرق أو الأخضر كمثال، في حال استخدام مصباح متوهج على الرغم من خصائصه الجيدة فإن الألوان ستبدو رمادية بينما تبدو ساطعة وواضحة عند استخدام مصباح فلورسنت أبيض

شبيه بضوء النهار وذلك حسب الحالة المراد التعبير عنها في فراغ العرض. [7]

يتأثر إدراك اللون أيضا بزاوية وكمية الضوء الوارد على العنصر المدرك فكلما تغيرت زاوية الإنارة ودرجة حرارة الإنارة ومستوى شدة الإنارة بأوقات مختلفة، كلما تغير إدراك اللون في عملية الرؤية. [8]

الإنارة الطبيعية:

تلعب الإنارة الطبيعية دورا مهما وأساسيا في العمارة وتلعب الدور الأكبر في تحديد الأبعاد المعمارية وخلق الفراغات السليمة والمناسبة لحياة الإنسان واستمرارية نشاطاته على أكمل وجه وسلامة.[9]

---

[6] rudiger ganslandt Harald Hofmann – Hand book of lighting design.

[7] شحّود– رؤى– دراسة تأثير الإضاءة على تصميم المباني السكنية مثال مدينة اللاذقية – رسالة ماجستير – جامعة دمشق – 2013 م

(8) Michel, L. Light: the shape of space – 1995.

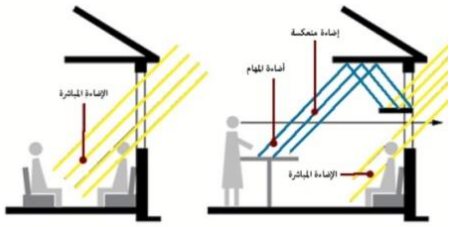
[9] Peter Tregenza ,David Loe – The Design of Lighting – book – 2013.

يتم الاعتماد على الإنارة الطبيعية في أغلب المباني المعمارية أكثر من الإنارة الصناعية لما لها من فوائد بالإضافة لأنها طاقة متجددة وتحقق مبدأ الاستدامة.

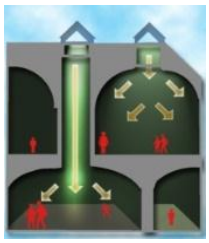
تعتبر الإنارة الطبيعية العنصر الأساسي في الإنارة في الفراغات المعمارية ولكن قد يقل استخدامها في حال لا يمكن السيطرة عليها أو في حال كانت الفراغات حساسة جدا للأشعة فوق البنفسجية أو تحت الحمراء كما في المشافي العقيمة وأيضا المتاحف التي هي صلب البحث حيث أن المتاحف تعرض عناصر حساسة للضوء وتستخدم الإنارة الطبيعية عادة في المتاحف في باقي الفراغات التي لا تحتوي معروضات كالممرات والقسم الإداري مثلا وإذا تم استخدامها في فراغات العرض يتم التحكم بها بحيث لا تؤثر بشكل مباشر بالمعروضات.

تؤمن الإنارة الطبيعية رابطاً مباشراً مع البيئة الخارجية كما أنها أكثر من مجرد إضافة نوافذ أو مناور كبيرة، إنما تشكل دمجاً حكيماً لاستراتيجيات التصميم، كالكسب الحراري، الوهج، التنوع في توافر الضوء، واختراق الحزمة المباشرة إلى المبنى، طرق تشكيل الظل، المواد المستخدمة وانعكاس الضوء عنها، حيث أن فن وعلم الإنارة الطبيعية ليس بكيفية تأمين ما يكفي من الإنارة بقدر ما هو كيفية عملها بدون تأثيراتها المحتملة غير المرغوبة.[10]

ويمكن التحكم بالإنارة الطبيعية بعد طرق منها استخدام الكاسرات التي يمكن إضافتها على مبنى قائم، أو استخدام الإنارة العلوية أو التحكم بعمق الفراغات الداخلية وذلك في عملية التصميم أو التعديل الداخلي.



الشكل (6) توزيع الإنارة الطبيعية باستخدام الكاسرات.
المصدر (شحّود– رؤى– دراسة تأثير الإضاءة على تصميم المباني السكنية مثال مدينة اللاذقية – رسالة ماجستير – جامعة دمشق – 2013 م)



الشكل (7) توزيع الإنارة الطبيعية باستخدام إنارة علوية
المصدر (مصدر الشكل 6)

الإنارة الصناعية:

وهي الإنارة التي تعتمد على مصدر صناعي غير طبيعي.

تعتبر مهمة الإنارة الصناعية إلى جانب تأمين المشاهدة وظروف الرؤية الطبيعية عند أداء الأعمال والنشاطات المختلفة، مراعاة الناحية الجمالية [11] طالما أن الضوء عنصراً هاماً في أشكال الفنون الذي يمكن بواسطته إظهار الفن المعماري والتأكيد على عناصره، وتنظيم الفراغ، وإنشاء صورة فنية معينة والتأثير على انفعالات وانطباعات الإنسان.

وقد تكون هذه الإنارة عامة أو موضعية أو بنائية (مشادة في أصل البناء) أو تزيينية. [12]

[10] Peter Tregenza ,David Loe – The Design of Lighting – book – 2013.

[11] Derek Phillips – Lighting Modern Buildings – 2000

[12] خوري–غريس ,توكلنا–غيداء, الأحمر–مها, الحرستاني–ربيع, قبيسي– مصطفى –التصميم الداخلي للمفروشات2 – دار قابس 2002

هناك العديد من أنواع أجهزة الإنارة المستعملة ونذكر منها أهم أجهزة الإنارة المستعملة في فراغات المتاحف وهي كما في الجدول الآتي:

نظام الإنارة المستعمل	نوع الإنارة	أفضل مصادر الضوء المستعملة
مصابيح الأسقف المضيئة	موجهة ومنتشرة	الفلورسنت الأنبوبية
المصابيح غير المباشرة	موجهة ومنتشرة	الفلورسنت الأنبوبية
المصابيح المجوفة	منتشرة	الفلورسنت الأنبوبية
غسالات الجدران* أو الـ wallwasher	موجهة ومنتشرة	– الفلورسنت – الفورسنت المدمجة – هالوجين عالي الجهد
السبوتات	موجهة ومنتشرة	هالوجين عالي الجهد
الليدات LED	منتشرة	مصابيح الـ LED الخاصة

***غسالات الجداران:** هي مصادر إنارة خطية توفر مساحة إنارة كبيرة لذا يقال بأن هذا النوع من أنظمة الإنارة يعتمد مبدأ غسل الجدران بالضوء، أي توفير سطح منار على جدار ما من أجل العرض، ومن هنا أتت تسميتها بغسالات الجدران أو ال .Wallwasher [13].

الشكل (8) الإنارة باستخدام الأسقف المضيئة.

الشكل (9) الإنارة باستخدام غسالات الجدران.

الشكل (10) الإنارة باستخدام الـ LED والسبوتات معا.

المصدر (Good Lighting for Museums, Galleries and Exhibitions - 18)

الإنـــارة وتحقيـــق الأداء الأمثـــل فـــي الفـــراغ المعماري:

لا يتحقـق الأداء الـوظيفي الأمثـل للفـراغ الـداخلي باستخدام الإنارة بشكل تلقائي إنما بعد دراسة عميقة قد توجـه المعمـاري لاسـتخدام إحـدى الإنـارتين الطبيعيـة أو الصناعية أو المشاركة بين الإنارتين الطبيعية والصناعية والتكامل فيما بينهما والتحكم بهما أيضا.

ومن طرق دراسة الإنارة أثناء التصميم أو بعد التصميم لمبنـى يـراد تقييمـه هـو استخدام تقنيات الحاسب التي قد تلعب دورا كبيرا في هذا المجال وخاصة في مجال التحكم بأداء الإنارة.

دور التقنيات الحاسوبية في دراسة الإنارة:

يعتبر الحاسب منذ وجوده ثورة في عالم التكنولوجيا وقد برزت أهميته في جميع مجالات الحياة وتطور استخدامه مـع الـزمن وبالخصـوص فـي مجـال العمـارة حيـث تـم استخدامه في نمذجة المباني للحصول على رسومات كاملة للمبنـى المنمـذج كمسـاقط وواجهـات ومقـاطع وغيرهـا، واستخدم لحساب الكميات والمواصفات والدراسات التنفيذية، كما برز دوره مؤخرا في السنوات الأخيرة في الدراسة البيئية للمبنـى المصمم لتقييمـه أو اقتراح تعديلات تؤول بـه إلـى أداء أفضـل، إن كـان فـي مجـال التهويـة أو الإنـارة أو الصـوت وغيرهـا، حيـث أن البحـث هنـا يتنـاول أهميـه

(13) Good Lighting for Museums, Galleries and Exhibitions – 18 – book – 2010

الحاسب في دراسة الإنارة على المبنى المتحفي وانعكاسها على الأداء الوظيفي للمبنى.

يدرس الحاسب أيضا الحالات التي تم ذكرها سابقا في البحث كالبريق والتوهج واللون واللمعان ويجعل المبنى قيد التجريب على الحاسب حيث يمكن التحكم بهذه الحالات بما يصل إلى إنارة مثلى في الفراغ.

هناك العديد من البرامج الحاسوبية التي تدرس الإنارة في المباني ومنها برنامج ECOTECT وبرنامج DESKTOP RADIANCE LIGHTING وهما البرنامجان اللذان سيتم استخدامهما في هذه الدراسة

– قبل الانتقال إلى الحالة الدراسية (متحف دمشق) يمكن العودة إلى دراسة مرجعية سابقة والواردة في ملحق البحث حيث استخدمت البرنامجين معا.

ننتقل إلى الحالة الدراسية المحلية حيث تم استخدام البرنامجين معا كما في الدراسة السابقة.

متحف دمشق الوطني:

تم اتباع منهجية البحث ذاتها في الدراسة المرجعية:

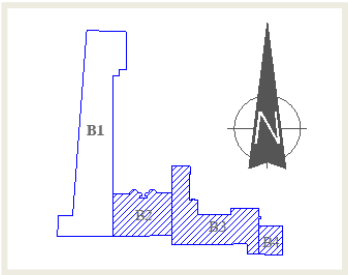
1 – التعريف بالمتحف.

2 – دراسة المتغيرات المؤثرة في الدراسة.

3 – التحليل باستخدام الحاسب.

1 – التعريف بالمتحف:

يقع متحف دمشق على ضفة نهر بردى وسط العاصمة السورية دمشق، بين مبنى جامعة دمشق ومبنى التكية السليمانية على مقربة من جسر السيد الرئيس وهو من أهم المتاحف السورية وأكبرها وأشهرها ويشكل بأقسامه العديدة متاحف عديدة في متحف واحد ويعتبر مرجع توثيقي وتاريخي وحضاري مهم على مستوى الشرق الأوسط والعالم. [14]



الشكل (11): القسم المهشّر هو القسم المتاح دراسته من العرض في متحف دمشق،(القسم البيزنطي).
المصدر (المديرية العامة للآثار والمتاحف)

المبنى مغلق حاليا بشكل جزئي ويقتصر القسم المفتوح منه على بعض القاعات أو الفراغات التابعة لجناح الآثار السورية في العصور اليونانية والرومانية والبيزنطية بالإضافة للحديقة المفتوحة للزوار.

لقد تعرضت المعروضات بشكل عام لأشعة الشمس مما أثر على نوعيتها وبالتالي تم إفراغ بعض قاعات المتحف منها إلى المستودعات وإغلاق هذه القاعات [15]

الشكل (12): تغير لون المعروضات في متحف دمشق (العناصر التزيينية فوق بغض الفتحات)، المصدر (توثيق الباحث)

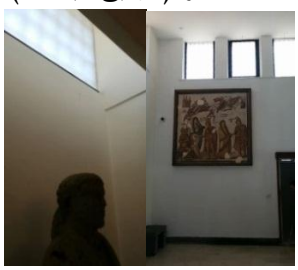
أما خزن العرض الموجودة فهي جيدة نوعا ما ومحكمة الإغلاق ومجهزة بأجهزة إنارة صناعية.

(14) – زهدي – بشير – المتاحف – دراسات ونصوص قديمة – دمشق 1988

(15) – المديرية العامة للآثار والمتاحف – وثائق ومجلدات الكترونية – مديرية شؤون المتاحف – دائرة التطوير المتحفي –تشرين الثاني – 2017

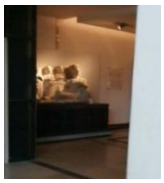
الشكل (13– 14): بعض صور خزن العرض في متحف دمشق.

المصدر (توثيق الباحث)



الشكل (15– 16): على اليمين، بعض اللوحات المعروضة على الجدران الداخلية للواجهة الجنوبية لمتحف دمشق تحت النوافذ مباشرة ونلاحظ في الصورة على اليسار معالجة النافذة بمادة تخفف من نفوذية الإنارة الطبيعية الداخلة للفراغ فوق التمثال، المصدر (توثيق الباحث)

يمكن ملاحظة اعتماد المبنى على الإنارة الطبيعية من خلال نوافذ علوية بالإضافة لإنارة صناعية علوية أو موضعية.



الشكل (17): منحوتة في متحف دمشق منارة صناعيا بأجهزة إنارة صناعية ذات لون برتقالي غير مناسب يغير من حالة المنحوتة التي تبدو عليها في حالتها الطبيعية من دون هذه الإنارة الصناعية، حيث أن ألوانها تصبح أغمق عند تشغيل هذه الأجهزة، المصدر (توثيق الباحث)

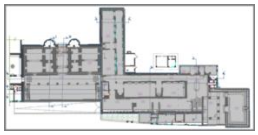
الشكل (18–19): النوافذ الغالبة على واجهات متحف دمشق. المصدر (توثيق الباحث)

تغلب على جدران المتحف الداخلية، الجدران ذات الأكساء الإسمنتي المطلي بالأبيض والذي قد يقوم بدوره بزيادة مستوى الإنارة في الفراغ وستتم نمذجة معلومات المبنى كافة على الحاسب للقيام بدراسة أداء الإنارة في المتحف.

يعتمد المتحف كإنارة صناعية على عناصر إنارة متعددة سيتم التعرف عليها.

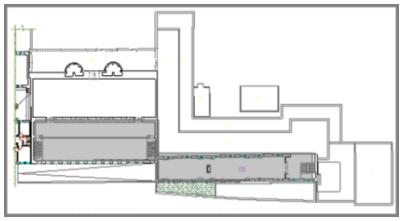
الفراغات المستهدف دراستها من المتحف:

وهي فراغات العرض في الطابقين الأرضي والأول من القسم المتاح دخوله من المتحف (القسم البيزنطي) كما هو موضح في المساقط التالية لكلا الطابقين الأرضي والأول.



الشكل (20): فراغات العرض المستخدمة في الطابق الأرضي في متحف دمشق وهي الفراغات الملونة باللون الرمادي.

المصدر (المديرية العامة للآثار والمتاحف وعمل الباحث)



الشكل (21): فراغات العرض المستخدمة في الطابق الأول في متحف دمشق وهي الفراغات الملونة باللون الرمادي.

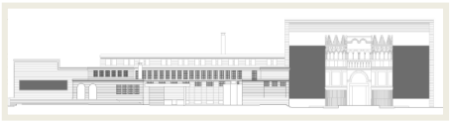
المصدر (المديرية العامة للآثار والمتاحف وعمل الباحث)

2 – دراسة المتغيرات المؤثرة في الدراسة:

دراسة الفتحات:

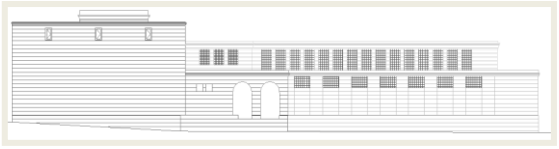
تم دراسة واجهة المتحف والفتحات بعد رسمها من حيث الشكل والتوضع.

وبالتالي شكل الواجهتين الخارجيتين الشمالية والشرقية حيث لم يتم توثيق الواجهتين الجنوبية والغربية بسبب الجوار وإغلاق القسم الإسلامي.



الشكل (22): الواجهة الشمالية لمتحف دمشق (واجهة المدخل) نلاحظ الفتحات العلوية والصغيرة الحجم.

المصدر (المديرية العامة للآثار والمتاحف وعمل الباحث)



الشكل (23): الواجهة الشرقية لمتحف دمشق والتي تشبه واجهة الدخول بأسلوب الفتح.

المصدر (المديرية العامة للآثار والمتاحف وعمل الباحث)

نفوذية الإنارة الطبيعية:

بعد دراسة الفتحات تمت مراقبة المتحف بين فترة الصباح إلى بعد الظهيرة في الساعة الثالثة ظهرا بسبب تراجع أشعة الشمس تدريجيا من مرحلة الأوج إلى مرحلة الغروب وبسبب اغلاق المتحف بعد هذا الوقت في الساعة الرابعة، وتمت المراقبة في يوم صيفي مشمس وحالة سماء غائمة غير صافية تجنبا لأشعة الشمس القوية باعتبار أن البحث يدرس الإنارة وليس الإشعاع.

من ذلك نلاحظ أكثر الأماكن إنارة على مدار اليوم

حيث أن مستويات الإنارة في الفراغات تخلق حالة التوهج المربك ولا تعاني معروضات المتحف من البريق لأن أغلب المعروضات مصنوعة من مواد غير عاكسة.

ومما سبق من معلومات تم جمعها من القائمين على المتحف بالإضافة إلى الزيارات المتكررة للمتحف، والملاحظة الدقيقة، ولإثبات ذلك علميا تم لاحقا التأكيد على ذلك من خلال تحليل الحاسب لإنارة المتحف.

تعتبر الفتحات من العناصر المهمة لدراسة نفوذية الإنارة الطبيعية لذا يتم نمذجتها حاسوبيا كمدخلات للبرامج

أجهزة الإنارة الصناعية المستعملة:

تختلف أجهزة الإنارة الصناعية تبعا لنوعها وتوضعها في المتحف وقد تم نمذجة ذلك على الحاسب كمدخلات، لمعرفة تأثيرها على أداء الإنارة، وهي عناصر إنارة تعطي اللون الأبيض وبالبرتقالي وهي أنواع غير مرغوبة لشدة سطوعها[16] وتأثيرها على المعروضات كما تم استخدام عناصر إنارة بنظام الـ LED فوق بعض المعروضات عند النوافذ الشمالية التي تم إغلاقها. [17]

الشكل (24-25):عناصر إنارة مختلفة تعطي اللون الأبيض والبرتقالي في متحف دمشق، المصدر (توثيق الباحث)

يتم الاعتماد على أجهزة الإنارة الصناعية هذه، في العديد من الفراغات وبالخصوص حيث الفتح في الواجهة الجنوبية وقد تحدث المسؤولين عن المتحف بأن أجهزة الإنارة هذه ليست فعالة باستثناء عناصر الـ LED والسبب يعود إلى اللون البرتقالي للنور الصادر عنها حيث أنها

[16] Good Lighting for Museums, Galleries and Exhibitions – 18 – book – 2010

(17) – المديرية العامة للآثار والمتاحف – وثائق ومجلدات الكترونية – مديرية شؤون المتاحف – دائرة التطوير المتحفي –تشرين الثاني – 2017

تغير من ملامح المعروضات أثناء مرحلة الزيارة ولا تعطي الانطباع المطلوب وقد أثرت على المدى البعيد على لون المعروضات بشكل كامل.

دراسة المتغيرات		
دراسة الفتحات	نفوذية الإنارة الطبيعية	أجهزة الإنارة الصناعية
بالنسبة للواجهة الشمالية فهي تحوي فتحات بنسبة قليلة بالنسبة للقسم البيزنطي وتعتمد بشكل عام على الفتحات العلوية متوسطة الحجم وتم إغلاق البعض منها إغلاق كامل. تعتبر الواجهة الجنوبية شبيهة بالواجهة الشمالية من حيث الفتح ولكن بنسبة أكبر ولا يمكن رسمها لأنها مغلقة في بعض الأماكن وغير مستمرة أما الواجهة الشرقية فهي أيضا نفس نظام الفتح ولكن ليس على طول الواجهة إنما تصبح مغلقة بنسبة كبيرة كلما اتجهنا للجنوب وبالنسبة للواجهة الغربية فهي مغلقة بالقسم الإسلامي للمتحف المغلق حاليا	لوحظ أعلى نفوذ للإنارة الطبيعية في الطابق الأول في أوقات الصباح ولا تصل شمس الشرق بشكل جيد بسبب عدم وجود فتح على قاعات العرض في الطابق الأول من الواجهة الشرقية أما في أوقات الظهيرة يتعرض الجدار الشمالي فقط لأكثر فترة إنارة.	أجهزة إنارة تعطي اللون الأبيض والبرتقالي وهي أنواع غير مرغوبة لشدة سطوعها وتأثير لونها على المعروضات كما أنه قد تم استخدام أجهزة إنارة بنظام الـ LED فوق بعض المعروضات وبالخصوص عند النوافذ الشمالية التي تم إغلاقها

3 – التحليل باستخدام الحاسب:

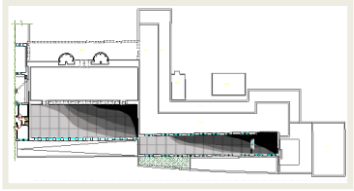
بعد نمذجة المتحف كثلاثي أبعاد تتم عملية التحليل حيث تم تدعيم البرنامج بمعلومات المتحف كالموقع الجغرافي والذي بدوره يعطي المناخ، وتم نمذجة الكتلة بالمواد المستخدمة في الواقع كمواد بناء وإكساء، ونمذجة كل من الفتح والإغلاق وأجهزة الإنارة الصناعية.

من برنامج **ECOTECT**:

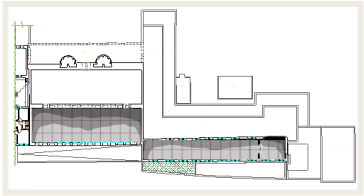
تم الوصول لما يلي فيما يخص دخول نور الشمس مع اعتبار أجهزة الإنارة الصناعية في النمذجة:

ينفذ نور الشمس في الطابق الأرضي في اوقات الصباح بين 8:00 و9:30 صباحا على الجدار الشمالي من الداخل ولا تصل شمس الشرق إلى الجدار الغربي بسبب المسقط الطولي وعمق فراغ العرض، وفي أوقات الظهيرة بين 1:00 و3:00 ظهرا ينفذ على الجدار الشمالي أيضا.

الحد الاعلى لنفوذ نور الشمس حدث في الطابق الأول في اوقات الصباح بين 8:00 و9:30 صباحا على الزاوية الشمالية الغربية من فراغ العرض ولا تصل شمس الشرق بشكل جيد بسبب عدم وجود فتح على قاعات العرض في الطابق الأول من الواجهة الشرقية أما في أوقات الظهيرة بين 1:00 و3:00 ظهرا ينفذ على الجدار الشمالي فقط.



الشكل (26): نفوذية الإنارة الطبيعية في الطابق الأكثر تعرضا للنور في متحف دمشق، وهو الطابق الأول في فترة الصباح، حيث أن تدرجات الرماديات تمثل التدرج في مستوى الإنارة، ويرمز اللون الأقتم لأخفض مستوى إنارة، المصدر (عمل الباحث)

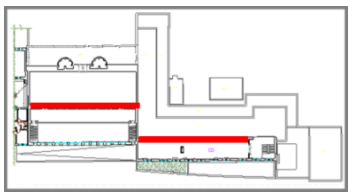


الشكل (27): نفوذية الإنارة الطبيعية في الطابق الأول في فترة الظهيرة في متحف دمشق، المصدر (عمل الباحث)

تم اختيار الجدار الشمالي الاكثر حرجا في متحف دمشق في القسم البيزنطي بسبب الساعات الممتدة من الشمس المباشرة خلال السنة.

وباعتبار أن القاعات عبارة عن فراغات شبه مفتوحة على بعضها فيمكن اعتبار الجدار الشمالي الداخلي جدارا مشتركا لجميع القاعات المفتوحة حاليا.

سيتم اعتماد يوم 21 حزيران كيوم لدراسة الإنارة الطبيعية باعتباره يوم الانقلاب الصيفي في نصف الكرة الشمالي حيث تقع سوريا لاعتماده أحد مدخلات برنامج ECOTECT وذلك إضافة للمنطقة والساعة 1:00 باعتبارها الزمن الوسطي بين الشروق والغروب.



الشكل (28): شكل يوضح موقع الجدار الأكثر حرجا في متحف دمشق (الجدار الشمالي) والذي يتعرض لأكثر ساعات إنارة سنوية استنتاجا من الملاحظة في الزيارة ومن تحليل برنامجECOTECT وذلك لأخذه جدار مرجعي تتم دراسة الإنارة عليه في برنامج Desktop RADIANCE، المصدر (عمل الباحث)

الشكل (29): أثر الإنارة الطبيعية على الجدار الشمالي الأكثر تأثرا بالإنارة بشكل واقعي على اليسار وتجريدي (من Ecotect) على اليمين في متحف دمشق. المصدر (عمل الباحث)

من برنامج Desktop RADIANCE:

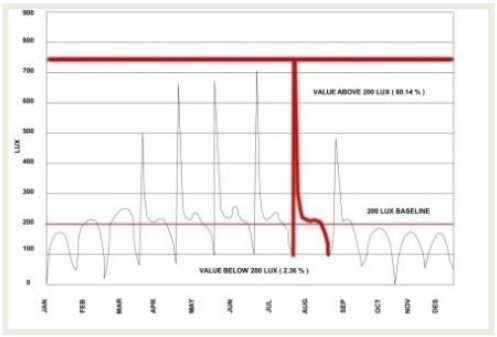
تم حساب مستوى الإنارة في النقطة المرجعية الرئيسية للمتحف باستخدام desktop radiance تمت المحاكاة لكل ساعات نور النهار في يوم نموذجي (21) من كل شهر ولمدة سنة كاملة.

وصلت ساعات الإنارة الكلية في السنة 8350000 *lux-hr/year* بدون اعتبار أجهزة الإنارة الصناعية و 8364400 lux hr/year في حال تم اعتبار أجهزة الإنارة الصناعية، حيث أن هذه المستوى في الحالتين هو تقريبا ضعفي الحد الأعلى لساعات الإنارة المنصوح بها وهي 480000lux-hr/year للمعروضات متوسطة الحساسية للضوء تبعا لمعايير IES *.

تم حساب متوسط كمية الإنارة 314 lux بدون اعتبار أجهزة الإنارة الصناعية ومعها أيضا بفروق ضئيلة, والتي هي أعلى من الحد الأعلى لمتوسط كمية الإنارة المنصوح به والذي هو 200lux للمعروضات متوسطة الحساسية للضوء.

– مستوى الإنارة خلال ساعات نور النهار أعلى من 200lux في أكثر من 60 % من السنة.

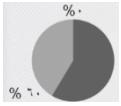
أعلى قيم الإنارة حدثت بشكل أعظمي خلال ساعات الظهر خلال السنة , بأعلى قيمة في 21 آب في الساعة الحادية عشرة ظهرا.



الشكل (30): أعلى قيم كمية الإنارة في السنة حدثت في الـ 21 من شهر آب إذ يمثل محور الـ X أشهر السنة، ومحور الـ Y مستوى كمية الإنارة بالـ LUX وذلك من برنامج RADIANCEيمكن تلخيص ما سبق من عملية المحاكاة على البرنامجين في الجدول التالي

*LUX: *اللُّكس أو الشمعة العيارية وهي وحدة قياس شدة الضوء في نظام الوحدات الدولي

توقيت أعلى نفوذية للإنارة الطبيعية	المكان الأكثر تأثرا بالإنارة الطبيعية فى وقت الذروة	مستوى الإنارة فى المكان الأكثر تأثرا بالإنارة الطبيعية فى وقت الذروة دون اعتبار الإنارة الصناعية	مستوى الإنارة نفسه فى حال تم اعتبار الإنارة الصناعية (لمعرفة مدى تأثيرها)
في اوقات الصباح بين 8:00و 9:30 صباحا أما في أوقات الظهيرة بين 1:00و 3:00 ظهرا.	في الطابق الأرضي في اوقات الصباح على الجدار الشمالي ولا تصل شمس الشرق إلى الجدار الغربي بسبب المسقط الطولي وعمق فراغ العرض وفي أوقات الظهيرة على الجدار الشمالي أيضا	lux-hr/year 8350000	lux-hr/year 8364400 لهذه الإنارة تأثير سلبي ضئيل

متوسط كمية الإنارة السنوي	مقارنة النتيجة بمعيار IES	توقيت أعلى قيم لكمية الإنارة	نسبة تحقيق الأداء الأمثل
lux 314	مستوى الإنارة تقريبا ضعفي الحد الأعلى المنصوح به وهو lux-hr/year 480000 للمعروضات متوسطة الحساسية للضوء. ومتوسط كمية الإنارة كان أعلى من الحد الأعلى لمستوى الإنارة المنصوح به والذي هو 200 lux للمعروضات متوسطة الحساسية للضوء.	أعلى قيمة في 21 آب في الساعة الحادية عشرة ظهرا.	 لم يحقق بنسبة أكثر من 60% من أيام السنة لذا فقد تحقق فقط 40% من أيام السنة. -يمثل الرمادي الفاتح الأداء الأمثل للإنارة.

هي منظمة تطوير معايير معتمدة بموجب إجراءات

*IES: Illuminating المعهد الوطني الأمريكي Engineering Society

النتائج والتوصيات:

النتائج:

- التأكيد على أهمية المتاحف كمباني عامة تلعب الإنارة دورا مهما بها وبأدائها الوظيفي على مدار حياتها كمباني هامة وحساسة للإنارة ولأطول فترة ممكنة.
- ضرورة التحكم بالإنارة الطبيعية في المتاحف لأنها سلاح ذو حدين فهي تحمل عناصر مؤثرة في المعروضات بشكل سلبي كالأشعة فوق البنفسجية لذا فإن الإنارة الطبيعية مهمة جدا ولكن يجب استخدامها بحذر في هذا النوع من المباني الهامة.
- ضرورة اختيار عنصر الإنارة الصناعي المناسب للعنصر المنار حيث أن استخدام عناصر الـ LED في متحف دمشق كان اختيارا موفقا في بعض الأماكن بينما لم يكن اختيار باقي عناصر الإنارة الصناعية اختيارا سديدا.
- أهمية تكنولوجيا الحاسب في دراسة الإنارة لمبنى قائم لتقييم حالة أداء الإنارة لوضع حلول تصميمية أفضل.
- تكمن أهمية تكنولوجيا الحاسب في دراسة الإنارة وطرح مفهوم جديد لها وبالتالي اختيار الحلول التصميمية المناسبة للحالة الدراسية في متحف دمشق الوطني والذي هو من أهم المتاحف في الجمهورية العربية السورية.
- تتعرض معروضات متحف دمشق لنسبة كبيرة من الإنارة في السنة حيث لا يتحقق الأداء الأمثل لعملية العرض فيه.
- المشكلة الاكبر في الحالة الدراسية هي نفوذ نور الشمس فوق مناطق العرض وأن نور الشمس قد يدمر المجموعة الفنية القيمة.

- حقق متحف دمشق 40% من أداء الإنارة الأمثل فقط على مدار السنة وتعتبر نسبة ضئيلة بالنسبة لمبنى بهذا الطابع المهم.

التوصيات:

يوصي البحث بـ:

- ضرورة إجراء دراسات بحثية وتصميمية لموضوع الإنارة بشقيها الطبيعي والصناعي في مرحلة التصميم ووضع المخططات مما يهدف إلى الارتقاء بمباني المتاحف إلى القيام بوظيفتها على أتم وجه والوصول لأداء أمثل لعملية العرض فيها وأيضا القدرة على معرفة أسلوب الفتح المناسب.
- التحكم بدخول الإنارة الطبيعية بإضافة أجهزة تظليل خارجية للنوافذ لتقليل دخول النور والحرارة , وعند الامكان وجود اشجار ومناطق نباتية لترشيح النور والتزويد بالتظليل.
- استخدام زجاج ذو نفوذية منخفضة للأشعة فوق البنفسجية واختيار الملون والغامق منه لتقليل مستويات الإنارة.
- ان لم يكن من الممكن تقليل مستويات الإنارة إلى 200LUX في المتحف في بعض الفراغات , يفضل استخدام الفراغات لعرض المواد الاقل حساسية للنور (مثل الحديد , الحجر , الزجاج والسيراميك).
- استخدام نظام النافذة النشطة حيث يمكن التحكم بالشفافية وضبطها من 1% إلى 70% اعتمادا على الظروف الخارجية.
- ضرورة إعادة توزيع المعروضات ضمن المتحف اعتمادا على دراسة الإنارة.
- ضرورة اختيار أجهزة الإنارة الصناعية المناسبة باعتبار سيتم الاعتماد بشكل كبير على الإنارة الصناعية حيث يفضل استبدال أجهزة الإنارة المستخدمة في متحف دمشق بأنواع أخرى كالسبوتات والمصابيح المجوفة والـ LED فوق المعروضات والمنحوتات، واستخدام غسالات الجدران في أماكن توضع اللوحات(الفسيفساء) على الجدران.

المراجع References

- **المديرية العامة للآثار والمتاحف – وثائق ومجلدات الكترونية – مديرية شؤون المتاحف – دائرة التطوير المتحفي – تشرين الثاني – 2017**
- **خوري – غريس , توكلنا – غيداء , الأحمر – مها , الحرستاني – ربيع , قبيسي – مصطفى، التصميم الداخلي للمفروشات 2 – دار قابس – 2002**
- **زهدي – بشير – المتاحف – دراسات ونصوص قديمة – دمشق – 1988**
- **سلامة – محمد– الصوتيات المعمارية والكهرباء (الإنارة) – أيار – 1995**
- **شحّود– رؤى– دراسة تأثير الإضاءة على تصميم المباني السكنية مثال مدينة اللاذقية – رسالة ماجستير – جامعة دمشق – 2013 م**

- طكو– عـلا، عمـارة الأبنيـة الثقافيـة فـي سـوريا فـي القـرن العشرين (حالة دراسية:المتاحف واقعها وآفاق تطورها)– رسالة ماجستير – جامعة حلب – 2013م
- **Derek Phillips - Lighting Modern Buildings - 2000**
- **GANSLANDT, R.؛ HOFMANN, H. Hand book of lighting design. Pertelsmann international group company, Germany , 1992, 289.**
- **Good Lighting for Museums, Galleries and Exhibitions – 18 – book - 2010**
- **Liliana o. beltran – Umesh Atre – evaluating the daylight performance of three museum galleries – july Portland - 10- 14 -2004**
- **Michel, L. Light: the shape of space – book - 1995**
- **Peter Tregenza, David Loe - The Design of Lighting – book - 2013**

Received	**2021/4/25**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2021/6/29**	**قبول البحث للنشر**

البرامج المستخدمة:

- Autodesk ECOTECT Software
- Desktop RADIANCE Software