The Use of Building Information Modeling to Achieve the Sustainability of Residential Buildings (Lighting Case Study)

Dr. Jamal Omran*
Maya Ibraheem**

(Received 18 / 5 / 2023. Accepted 5 / 7 / 2023)

□ ABSTRACT □

Energy is one of the most important issues that attracts the attention of the whole world, although the interest in it is still very limited. Among them is to reduce energy demand, as energy consumption in buildings represents about 40% of global energy use, as energy consumption is increasing rapidly all over the world.
The research aims to study the importance of using Building Information Modeling (BIM) in analyzing the energy of residential buildings in general and natural lighting in particular, where at first the modeling was done using the Revit program and then exporting the file in (gbXML) format to study the daylight coefficient for the different areas within the building Using (Ecotect) and then calculating the amount of incoming radiation using the (Insight) program, so that we can calculate the amount of solar radiation that enters through windows and doors, The study was carried out on a residential suburb project in Tartous Governorate, where three cases were assumed for the dimensions of windows and doors, and a study of the amount of solar radiation entering through them was conducted, then a comparison was made between all these results for the three cases and different floors, as was obtained through (Ecotect) programs on the amount of lighting operation Industrial electrical, where savings rates were calculated for each of the studied cases. The results indicated that the savings rate in the first case was 38%, 44.5% for the second case, and 49% for the third case. Visual modeling was also used by (Dynamo) in estimating the cost of each modification and its reflection on the cost for the three cases studied.

Keywords: Building Information Modeling, Visual Programming, Daylight Factor, solar radiation, Sustainability.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Associate Professor, Department of Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia , Syria , E-mail: j-omran@tishreen.edu.sy**
****Postgraduate student, Department of Construction Management, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria , E-mail: mayaibraheem1996@gmail.com**

استخدام نمذجة معلومات البناء في تحقيق استدامة المباني السكنية دراسة حالة الإنارة

د. جمال عمران*

مايا ابراهيم**

(تاريخ الإيداع 18 / 5 / 2023. قُبِل للنشر في 5/ 7 / 2023)

□ ملخّص □

تعد الطاقة من أهم القضايا التي تستقطب اهتمام العالم أجمع، رغم أن الاهتمام بها لا يزال محدودا للغاية، ففي ظل ندرة موارد الطاقة وزيادة الطلب عليها نلاحظ ضرورة تسليط الضوء على تحليل طاقة المبنى بشكل عام وأهمية دراسة الإنارة الطبيعية التي تشكل مورد أساسي للطاقة والتي يمكن الاستفادة منها لتخفيف الطلب على الطاقة، حيث يمثل استهلاك الطاقة في المباني حوالي 40% من استخدام الطاقة العالمي ويتزايد استهلاك الطاقة بسرعة في جميع أنحاء العالم.

يهدف البحث إلى دراسة أهمية استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في تحليل الطاقة للمباني السكنية بشكل عام والإنارة الطبيعية بشكل خاص، حيث في البداية تمت النمذجة باستخدام برنامج (Revit) ثم تصدير الملف بصيغة (gbXML) ليتم دراسة معامل ضوء النهار للمناطق المختلفة ضمن المبنى باستخدام (Ecotect) ثم حساب مقدار الإشعاع الساقط باستخدام برنامج (Insight) ليتثنى لنا حساب كمية الاشعاع الشمسي الذي يدخل من خلال النوافذ والأبواب، الدراسة تمت على مشروع ضاحية سكنية في محافظة طرطوس حيث تم افتراض ثلاث حالات لأبعاد النوافذ والأبواب وأجريت دراسة كمية الاشعاع الشمسي الداخل من خلالها ثم تمت المقارنة بين هذه النتائج جميعها بالنسبة للحالات الثلاث والطوابق المختلفة كما تم الحصول من خلال برامج (Ecotect) على مقدار تشغيل الإنارة الكهربائية الصناعية حيث تم حساب نسب التوفير لكل حالة من الحالات المدروسة، دلت النتائج أن نسبة الوفر في الحالة الأولى كانت 38% و44.5% للحالة الثانية والحالة الثالثة 49%كما تم الاستعانة بالنمذجة البصرية بواسطة (Dynamo) في تقدير كلفة كل تعديل حاصل وانعكاسه على الكلفة للحالات الثلاثة المدروسة.

الكلمات المفتاحية: نمذجة معلومات البناء، النمذجة البصرية، معامل ضوء النهار، الإشعاع الشمسي، الاستدامة.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*أستاذ مساعد – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

E-mail: j-omran@tishreen.edu.sy

**طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية. E-mail: mayaibraheem1996@gmail.com

مقدمة:

يعتبر مفهوم الاستدامة من المفاهيم المستحدثة نسبيا في المعالجة السياسية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية، حيث يشكل موضوع الاستدامة بمختلف مفاهيمه أهمية كبيرة على الصعيد الدولي، وخاصة في الآونة الأخيرة وذلك بعد أن كاد العالم يتجه نحو مجموعة من الكوارث البشرية والبيئية المحتملة، مما أدى إلى تغير النظرة العامة والاعتراف بأن المشاكل البيئية لا تنفصل عن مشاكل الرفاهية البشرية والتنمية الاقتصادية.

في مؤتمر قمة الأرض التابع للأمم المتحدة للبيئة والتنمية والمنعقد في ريو دي جانيرو في عام 1992م، خرج المؤتمر بتعريف للتنمية المستدامة كالتالي: "إدارة الموارد الاقتصادية بطريقة تحافظ على الموارد الطبيعية بحيث لا تؤدي إلى تدهورها، للمحافظة على رصيد ثابت بطريقة فعالة من الموارد الطبيعية مثل التربة والمياه الجوفية والكتلة البيولوجية، وذلك لكي تمكن الأجيال المقبلة أن تعيش حياة كريمة أفضل".

التنمية المستدامة تتكون من ثلاثة عناصر هي: العنصر الاقتصادي الذي يركز على تحقيق النمو الاقتصادي، والعنصر الاجتماعي الذي يركز على تحقيق العدالة الاجتماعية في توزيع الدخل وتحقيق الرفاهية الاجتماعية، والعنصر البيئي الذي يتعلق بحماية البيئة من خلال الحفاظ على قاعدة الموارد المالية والبيولوجية وعلى النظم البيئية.

يحاول هذا البحث تسليط الضوء على موضوع أهمية استخدام BIM في دراسة الإنارة الطبيعية للمباني السكنية بهدف الوصول لمباني أكثر استدامة وتقليل استخدام الطاقة الكهربائية للإنارة.

1. الدراسات السابقة:

تم تسليط الضوء على قضايا الاستدامة والمباني الخضراء من قبل الباحثون من خلال تقليل عدد الموارد المستهلكة في تشييد المبنى وتشغيله واستخدامه(Ragheb, El-Shimy et al. 2016) كما قام بعض الباحثون مثل(Jiménez-Roberto, Sebastián-Sarmiento et al. 2017) بفحص الأداء لمشروع بناء في كولومبيا من حيث الاستدامة باستخدام منصة BIM لتحديد الاستهلاك للطاقة الكهربائية والانبعاثات الكربونية للمواد وإجمالي الطاقة المدمجة في المشروع باستخدام المحاكاة بالإضافة إلى ذلك سيتم إنشاء تصميمات بديلة وتحليل النتائج مع مراعاة الجدوى الاقتصادية للسيناريوهات المقترحة.

لتحقيق الهدف تم تصميم مشروع لمبنى في مدينة بوغوتا العاصمة التي تتكون من تسع طوابق وطابق سفلي بمساحة إجمالية قدرها $11400m^2$ وهذا المبنى مخصص للاستخدام كمكتب، تم في البداية انشاء نموذج BIM للمبنى باستخدام برنامج18 ArchiCAD وبعدها تحليل للطاقة المستهلكة وانبعاث الكربون. وأشارت نتائج الدراسة إلى وفورات محتملة في الطاقة الكهربائية.

أجريت دراسة من قبل الباحثان بدراسة جدوى إنشاء تكامل بين BIM وأدوات تحليل الطاقة والإنارة(Jalaei and Jrade 2014)

كما قام بعض الباحثون بدراسة برامج ال BIM حيث الباحثان(Oduyemi and Okoroh 2016)، قاموا بدراسة حالة مبنى سكني باستخدام برنامج Ecotect ودمج الباحث(Omran 2020)استراتيجيات التصميم المستدام مع أدوات نمذجة معلومات البناء(BIM) حيث سمح هذا الدمج لنموذج BIM مع استراتيجية تصميم مستدامة إجراء تحليلات محددة للاستدامة، باستخدام ظروف وخصائص البناء الفعلية واستخدم لهذا الدمج برنامج Revit ،والباحثون Kurian, Milhoutra et al. 2016) والبعض الأخر استخدام برنامج Energyplus بتصميم مبنى مكاتب مكون من ثلاث طوابق باستخدام برنامج المحاكاة لدراسة تأثير مختلف المغلفات وتقنيات التظليل للمبنى، وضحت الباحثة (Celina

2020) مرونة واتساق تحليل الطاقة الذي تم اجراؤه باستخدام عمليات المحاكاة القائمة على BIM مثل Revit, Insight, Green Building Studio، تم استخدام هذه الأدوات لدراسة أداء الطاقة والراحة الحرارية لمبنى قائم لتقليل الاعتماد على النظام الميكانيكي للمبنى وتجربة جميع بدائل التصميم الممكنة قبل تنفيذ التصميم النهائي.

ناقش الباحثون (Kota, Haberl et al. 2014) استخدام BIM لبناء محاكاة الأداء والتركيز بشكل أساسي على كيفية دمج تحليل ضوء النهار في بيئة BIM مع أدوات محاكاة الإضاءة النهارية. تقدم هذه الورقة التطوير والتحقق من صحة نموذج أولي لدمج أداة BIM مع أدوات تحليل ضوء النهار. Radiance & DAYSIM،والباحثان(Hasan and Akter 2019) درسا استهلاك الطاقة لمبنى سكني وكلفة الاستهلاك باستخدام برامج ال BIM وتم إجراء تحليل الطاقة لمبنى سكني نموذجي مؤلف من طابقين باستخدام برنامج Revit 2017 وإجراء تحليل الطاقة باستخدام برنامج Green Building Studio حيث تم نقل الملف باستخدام صيغةgbXML.

وبعد الاطلاع على نتائج الدراسات السابقة نبين أهمية استخدام تقنيات نمذجة معلومات البناء BIM في الوصول لمباني أكثر استدامة انطلاقاً من مرحلة التصميم ومدى تأثير ذلك على الكلفة الحالية للبناء وكلفة استخدام الطاقة خلال العمر الاقتصادي للمبنى حيث تم توطين التقنية على حالة الدراسة للضاحية السكنية في محافظة طرطوس.

أهمية البحث وأهدافه:

2. أهمية البحث:

يمثل هذا البحث أهمية كبيرة في قطاع الأبنية من حيث توفير الطاقة والاستفادة القصوى من ضوء الشمس خلال النهار في توفير الإضاءة وماله من فوائد كبيرة في شتى المجالات وتأتي هذه الاهمية من كون البحث يعالج مشكلة حقيقية تعاني منها أغلب المباني الموجودة في سورية وبالتالي الحاجة إلى كميات كبيرة من الطاقة من أجل التدفئة والإنارة، وتمس هذه الدراسة حاجة المجتمع للنهوض به وتحقيق التنمية المستدامة، وإدارة الموارد بكفاءة وفعالية، وتحسين نوعية الحياة للمواطنين وتركز على أهمية BIM في مرحلة التصميم في التغلب على هذه المشاكل قبل البدء بتنفيذ وتشغيل المبنى.

3. أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى

- دراسة واقع بعض المباني المشيدة في سورية وتحليل الطاقة لهذه المباني ودراسة الوفر الاقتصادي الناتج عن عملية التحليل هذه في مجال الإنارة.
- تسليط الضوء على تحليل الطاقة ضمن بيئة BIM التعاونية بالاعتماد على دراسة حالة لتوضيح المتطلبات وتقييم الأداء الوظيفي لأدوات الBIM لتحقيق هذه المتطلبات.
- استكشاف مدى ملائمة BIM لتحليل الاستدامة في المباني السكنية.

إن هذا البحث سيشكل نواة لأي خطوة في مسار اعتماد تكنولوجياBIM لإجراء تحليل طاقة للمباني السكنية حيث أنه يوفر قاعدة المعلومات الأساسية والضرورية للبدء بعملية التحليل وخاصة في مجال تحليل الإنارة.

طرائق البحث ومواده:

1. جمع بيانات البحث:

تم جمع كافة البيانات والمخططات اللازمة للدراسة من مشروع الضاحية السكنية (عقدة الشيخ سعد) المؤلفة من عشرين مبنى، الواقعة في محافظة طرطوس ويتألف كل مبنى من طابق ارضي وست عشر طابق متكرر يبلغ الارتفاع الكلي (55.7m) تبلغ المساحة الطابقية ($745\ m^2$) كل طابق يتألف من ثمانية شقق بمساحة طابقية للشقة الواحدة ($70\ m^2$) وفيما يلي مسقط الموقع العام للضاحية السكنية المدروسة:

الشكل (1) وصف الموقع العام مع توضع الكتل (المخطط التنظيمي)

2. تحليل البيانات:

تم استخدام أدوات الدراسة وهي:

- ✓ برنامج Autodesk Revit 2020: أداة تطبيق الـBIM يساعد على النمذجة ثلاثية الابعاد3D و محاكاة نموذج الطاقة Building Energy Modeling (BEM) .
- ✓ برنامج Autodesk Insight 2020: أداة تمكن من تحليل الطاقة للمباني السكنية (الإشعاع الشمسي – انبعاث الكربون – ضوء النهار).
- ✓ برنامج Autodesk Ecotect Analysis 2011: أداة تمكن من تحليل طاقة المبنى بأكمله والأداء الحراري واستغلال المياه والأشعة الشمسية وحساب الإضاءة الطبيعية والظلال والانعكاسات.
- ✓ برنامج Autodesk Dynamo 2020: أداة للنمذجة البصرية Visual Programming والمدمجة ضمن برنامج الـ Revit والتي تم الاستعانة بها لتسهيل عملية التنبؤ بالكلفة وانعكاسها على تكاليف المشروع الكلية.
- ✓ برنامج Excel: أداة تمكننا من تحليل البيانات التي نحصل عليها.

4.منهجية العمل:

النموذج المدروس هو الضاحية السكنية وتمت دراسة ثلاثة حالات لأبعاد النوافذ وهي كالتالي:

نوع الفتحة	الحالة الأولى	الحالة الثانية	الحالة الثالثة
W1	150*160	170*180	220*180

W2	110*120	120*200	140*200
WD1	160*210	180*220	220*220

واعتمدت المنهجية التالية لمراحل العمل لكل حالة من الحالات الثلاثة المذكورة:

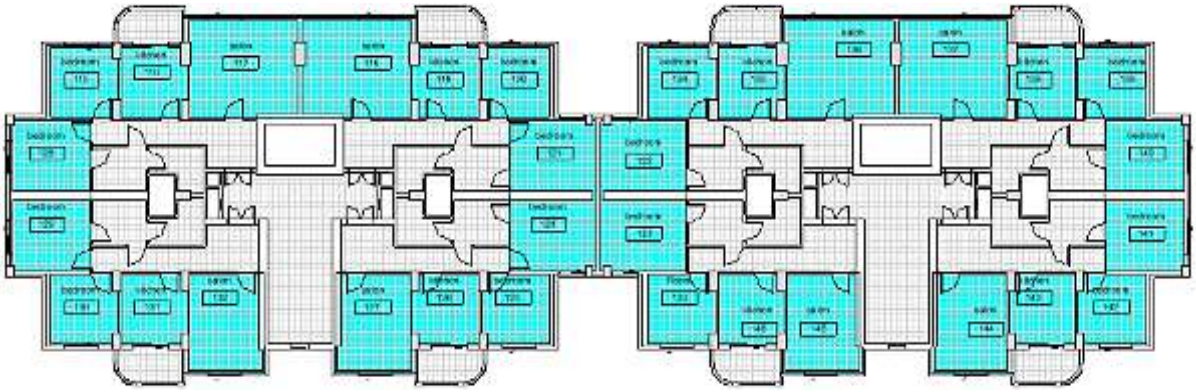
النتائج والمناقشة:

اعتماداً على ما تم جمعه من البيانات السابقة يبين الشكل التالي نتائج نمذجة الضاحية السكنية على برنامج Revit:

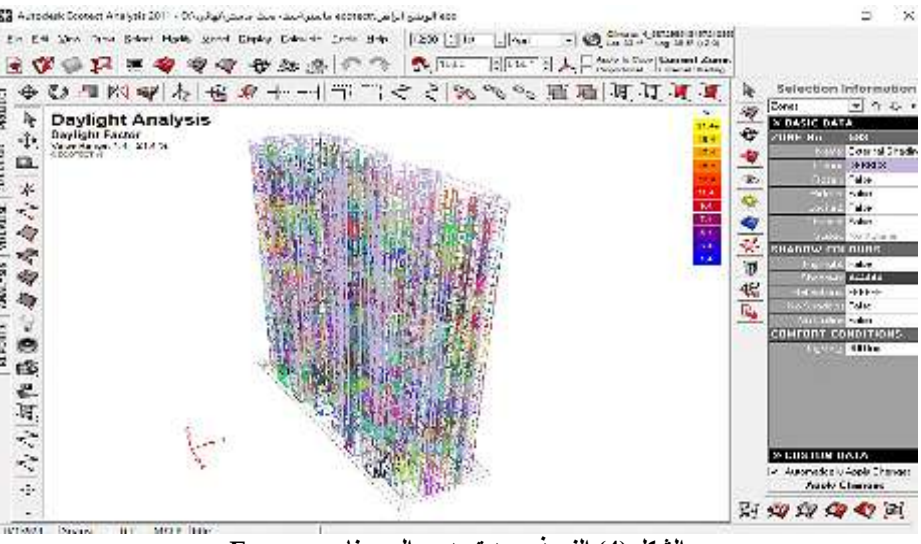
الشكل (2) نتائج نمذجة على برنامج Revit

1. مناقشة النتائج:

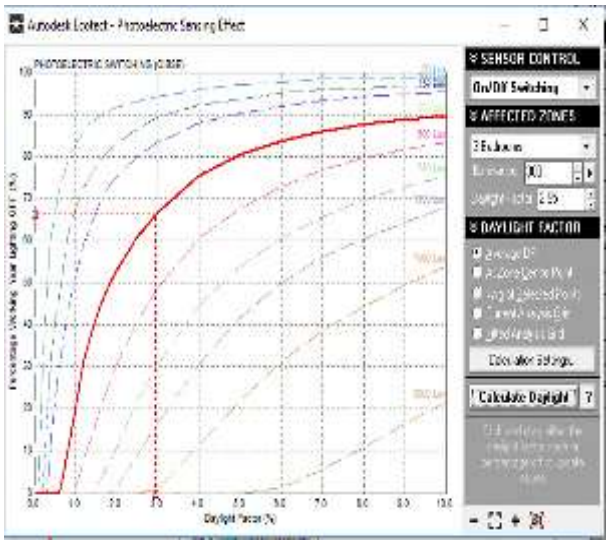
في البداية تمت دراسة معامل ضوء النهار (Daylight factor) باستخدام برنامج Autodesk Ecotect Analysis 2011 حيث تم تصدير الملف بصيغة gbXML وتمت دراسة المناطق التالية من كل طابق:



الشكل (3) المناطق التي تمت دراستها باستخدام برنامج Ecotect



الشكل (4) النموذج بعد تصديره إلى برنامج Ecotect



الشكل (5) مخطط Daylight factor على برنامج Ecotect

البارامترات المؤثرة على هذا المعامل كانت على الشكل التالي:

1- الطابق المدروس التابعة له المنطقة.
2- نوع المنطقة(غرفة نوم-غرفة استقبال-مطبخ.....)
3- الواجهة الواقعة فيها الفتحة.
4- رقم المنطقة من أجل تخصيص حساب المعامل.

من أجل غرفة النوم ذات رقم المنطقة /4/ حيث أن الفتحات واقعة على الواجهة الغربية كان معامل ضوء النهار على الشكل التالي:

الطابق	رقم المنطقة	المنطقة	الواجهة التابعة لها المنطقة	Daylight factor
الارضي	4	bedroom	West	4.29%

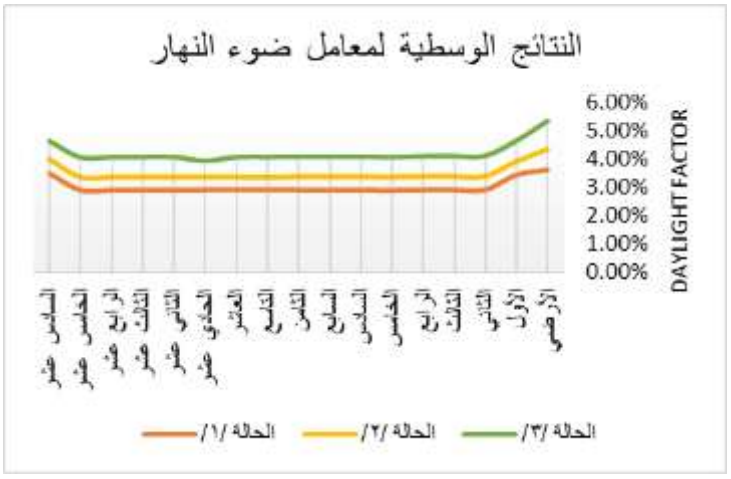
النتائج النهائية لمعامل ضوء النهار بعد تجميعها وذلك للحالات الثلاثة المدروسة للطابق الأرضي للمناطق المختلفة:

الجدول رقم /1/ قيم معامل ضوء النهار للحالات المدروسة

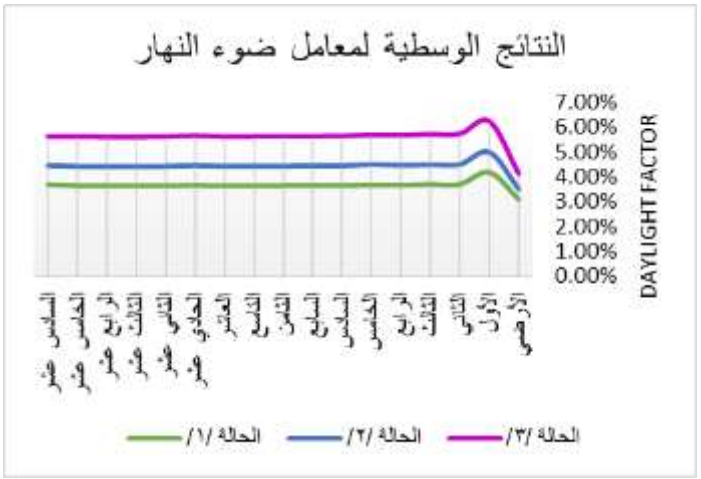
الحالة /1/	الحالة /2/	الحالة/3/
2.95%	3.61%	4.61%
4.29%	5.04%	6.07%
2.28%	2.28%	2.28%
1.66%	2.12%	2.74%
0.25%	0.25%	0.26%
0.10%	0.01%	0.06%
1.89%	2.44%	2.44%
0.07%	0.07%	0.07%
0.51%	0.84%	0.84%
2.55%	2.56%	2.56%
1.77%	2.26%	2.94%
0.39%	0.39%	0.39%
0.01%	0.01%	0.01%
1.87%	2.40%	3.03%
0.06%	0.06%	0.06%
0.59%	0.93%	0.93%
3.19%	3.84%	4.85%
2.95%	3.18%	3.39%
0.25%	0.25%	0.25%
1.80%	2.30%	2.30%
0.38%	0.37%	0.38%
0.03%	0.03%	0.03%
1.95%	2.51%	3.31%
0.06%	0.06%	0.06%
0.54%	0.90%	0.90%
0.06%	0.36%	0.36%
1.91%	2.47%	3.24%
0.06%	0.08%	0.10%
0.02%	0.02%	0.02%
1.77%	2.27%	2.84%
0.01%	0.01%	0.01%
0.48%	0.79%	0.80%

مقارنة النتائج الوسطية للمعامل (Daylight factor) للواجهات الأربعة:

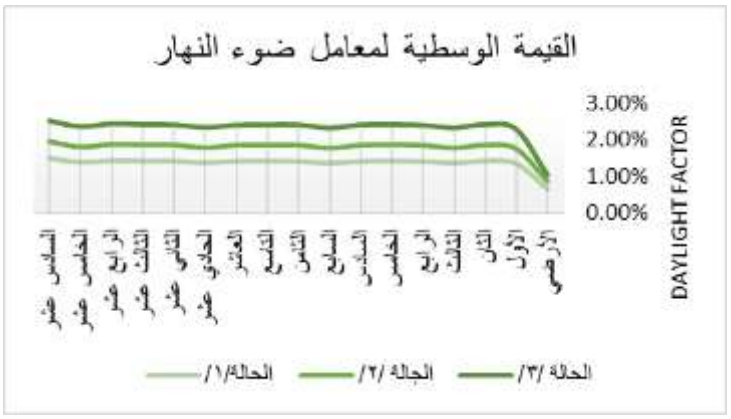
يتأثر هذا المعامل بالمناخ السائد في المنطقة وبالنسبة لحالتنا تمت دراسة مناخ محافظة طرطوس كما يتأثر باليوم الذي تتم فيه الدراسة حيث تم تحديد يوم 2023/2/2 من أجل دراسة قيمة هذا المعامل، وأيضا ارتفاع الطابق وأبعاد النوافذ.



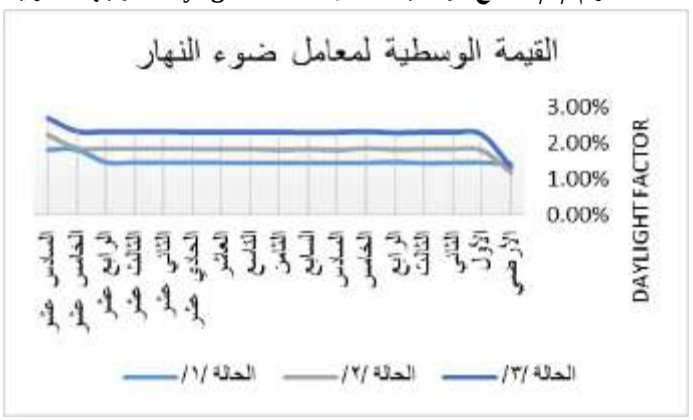
المخطط رقم /1/ النتائج الوسطية لمعامل Daylight factor للواجهة الغربية



المخطط رقم /2/ النتائج الوسطية لمعامل Daylight factor للواجهة الشرقية



المخطط رقم /3/ النتائج الوسطية لمعامل Daylight factor للواجهة الجنوبية



المخطط رقم /4/ النتائج الوسطية لمعامل Daylight factor للواجهة الشمالية

من المخططات الناتجة نلاحظ أنه كلما زادت ابعاد النوافذ كلما زادت نسبة دخول ضوء الشمس إلى المبنى أي العلاقة طردية بين زيادة أبعاد النوافذ ودخول ضوء الشمس ومعامل أبعاد النوافذ هو الأكثر تأثيراً على النتائج حيث نلاحظ تأثير الارتفاع على معامل ضوء النهار فبلغت نسبة هذا المعامل في الحالة الثالثة 1.04% في الطابق الأرضي ومع زيادة الارتفاع أصبحت النسبة في الطابق الأول 2.28% وبلغت أكبر نسبة لها 2.51% في الطابق الأخير.

معامل ضوء النهار هو توافر الضوء الطبيعي داخل المبنى. يتم تحديده من خلال خط العرض لموقع البناء وظروف البيئة الخارجية للمبنى. ضوء النهار يتأثر بالعديد من العوامل مثل اتجاه البناء، الموقع والطقس، وما إلى ذلك عندما يتم تغيير الاتجاه من الشرق إلى الغرب إلى الشمال والجنوب علماً أنه تمت دراسة التوجه للحالة المدروسة وتم متابعة الدراسة بعد تحديد التوجه المثالي(Wassouf and Omran 2023).

يتم حساب عامل ضوء النهار (DF) على النحو التالي (Acosta, Navarro et al. 2013):

$$DF = \frac{E_i}{E_0} * 100\%$$

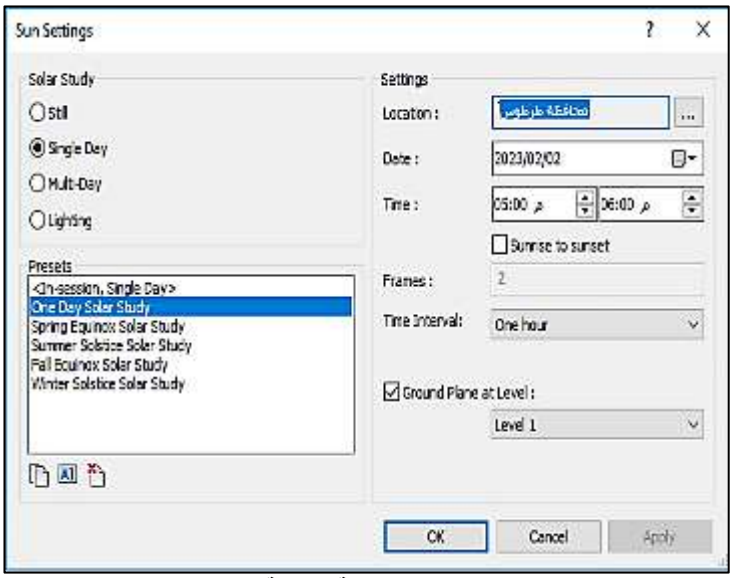
حيث أن E_i: هي مقدار الإنارة الطبيعية الداخلية.

E_0: هي مقدار الإنارة الطبيعية الخارجية.

في هذا البحث نحن نريد حساب كمية الإنارة الطبيعية الداخلية وبما أن معامل ضوء النهار تمكننا من الحصول عليه من برنامج Ecotect وكذلك يمكننا الحصول على مقدار الانارة الخارجية والتي تمثل مقدار الإشعاع الساقط على الواجهة المدروسة باستخدام برنامج Autodesk Insight 360 وبالتالي يمكن حساب مقدار الإنارة الطبيعية الداخلية من المعادلة التالية:

$$E_i = DF * E_0$$

مقدار الانارة الطبيعية الخارجية يتم حسابها على الشكل التالي:



الشكل /6/ يمثل إعدادات الطقس لعملية الدراسة على برنامج Insight

الشكل /7/ يمثل مقدار الاشعاع الساقط على السطح

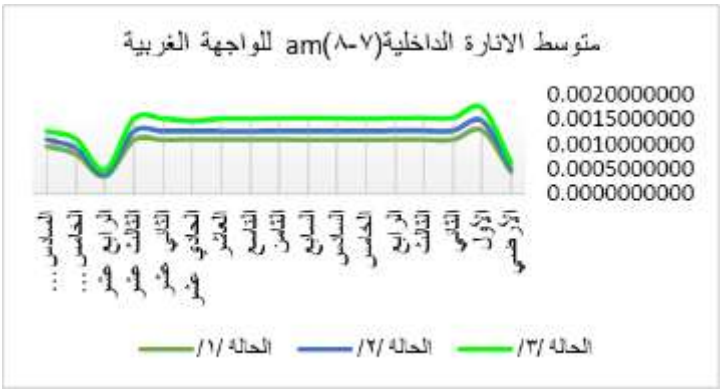
تمت دراسة فترات مختلفة خلال اليوم لساعات محددة لكامل الواجهات وبعدها تم تصدير النتائج إلى برنامج Excel وتجميعها على الشكل التالي:

الجدول رقم /2/ مقدار الاشعاع الشمسي الساقط للطابق الأرضي

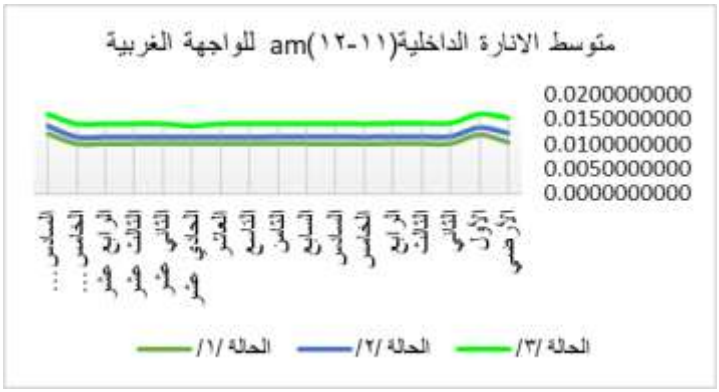
02/02/2023			(7-8) am	(11-12) am	(3-4) pm	(5-6) pm
رقم المنطقة	المنطقة	الواجهة التابعة لها المنطقة	مقدار الإشعاع الساقطkwh/m2	مقدار الإشعاع الساقطkwh/m2	مقدار الإشعاع الساقطkwh/m2	مقدار الإشعاع الساقطkwh/m2
3	bedroom	West	0.011736855	0.285183956	0.038010085	0.000942376
4	bedroom	West	0.011736855	0.285183956	0.038010085	0.000942376
31	bedroom	East	0.037528587	0.345793209	0.168177745	0.003538378
32	bedroom	East	0.037528587	0.345793209	0.168177745	0.003538378
10	bedroom	South	0.019587582	0.267971653	0.106608648	0.001880741
11	kitchen	South	0.019587582	0.267971653	0.106608648	0.001880741
14	salon	South	0.027486325	0.345760463	0.168521129	0.003548468
23	salon	South	0.027373225	0.345754713	0.168102398	0.003535806
24	kitchen	South	0.022363595	0.259261217	0.14727104	0.003189263
25	bedroom	South	0.022363595	0.259261217	0.14727104	0.003189263
26	bedroom	South	0.009000368	0.068910103	0.211694046	0.007017337

38	bedroom	South	0.024365166	0.251498713	0.142460856	0.003028661
39	kitchen	South	0.024365166	0.251498713	0.142460856	0.003028661
42	salon	South	0.027377755	0.052423724	0.036318454	0.001129346
51	salon	South	0.02749699	0.058869279	0.044206081	0.001472523
52	kitchen	South	0.018187564	0.052533046	0.037430343	0.001192518
53	bedroom	South	0.018187564	0.052533046	0.037430343	0.001192518
54	bedroom	South	0.009000368	0.068910103	0.211694046	0.007017337
1	bedroom	North	0.010042566	0.040815386	0.026013114	0.000819834
2	kitchen	North	0.010042566	0.040815386	0.026013114	0.000819834
5	salon	North	0.012352192	0.052413856	0.037211915	0.001183035
15	salon	North	0.012352192	0.052413856	0.037211915	0.001183035
17	kitchen	North	0.010356486	0.058869279	0.044206081	0.001472526
18	bedroom	North	0.010356486	0.058869279	0.044206081	0.001472526
21	bedroom	North	0.006145251	0.052212036	0.036081914	0.001120841
29	bedroom	North	0.010444668	0.345709375	0.168492629	0.003538378
30	kitchen	North	0.010444668	0.345709375	0.168492629	0.003538378
33	salon	North	0.012352192	0.2607686	0.102836766	0.00211403
43	salon	North	0.012352192	0.2607686	0.102836766	0.00211403
45	kitchen	North	0.010000073	0.10074099	0.043134235	0.001347595
46	bedroom	North	0.010000073	0.10074099	0.043134235	0.001347595
49	bedroom	North	0.006145251	0.052212036	0.036081914	0.001120841

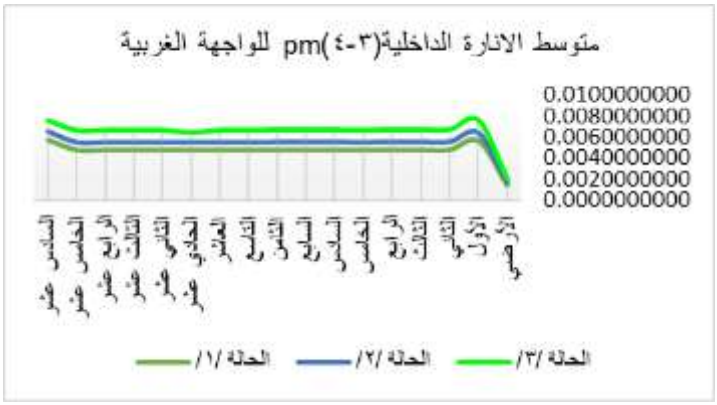
مقارنة متوسط الإنارة الداخلية للحالات الثلاثة بفترات مختلفة بالنسبة للواجهة الغربية:



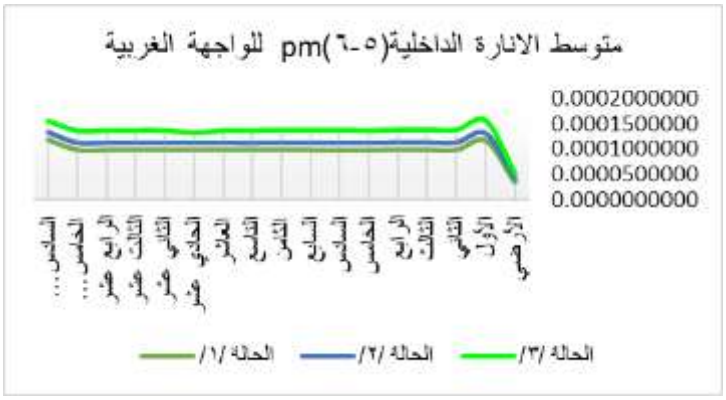
المخطط رقم /5/ متوسط الإنارة الداخلية am (7-8) للواجهة الغربية



المخطط رقم /6/ متوسط الإنارة الداخلية am (11-12) للواجهة الغربية



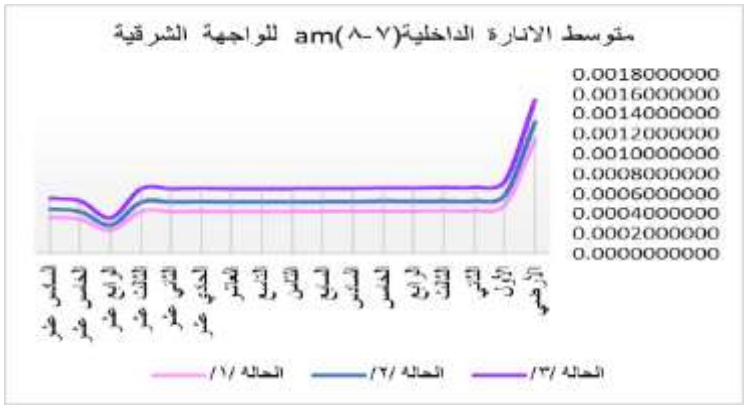
المخطط رقم /7/ متوسط الإنارة الداخلية pm (3-4) للواجهة الغربية



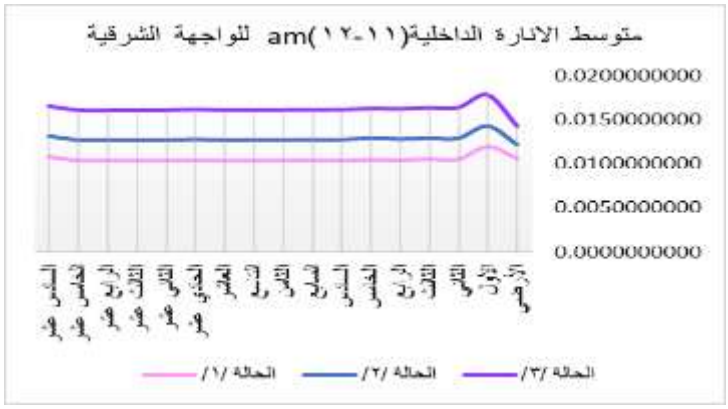
المخطط رقم /8/ متوسط الإنارة الداخلية pm (5-6) للواجهة الغربية

من المخططات السابق نستنتج أن تأثير أبعاد النوافذ إيجابياً على مقدار أشعة الشمس التي تدخل إلى داخل المبنى ونلاحظ أن مقدار الإنارة الداخلية التي تدخل في الفترة 12–11صباحاً تكون هي الأعلى حيث بلغت في الحالة المثالية الحالة الثالثة 1.6% وبمقارنة ذلك مع الحالة الثانية والأولى فكانت على الترتيب 1.36%،1.21% وهذا يدل على أهمية وتأثير تغيير أبعاد النوافذ على متوسط الإنارة الداخلة للحيز ثم ينخفض هذا المعامل بسبب تغير توقيت الدراسة حيث بلغت نسبة الإنارة الداخلية خلال الفترة 4–3 مساءاً 0.58% للحالة الأولى و 0.66%، 0.76% للحالة الثانية والثالثة على التوالي.

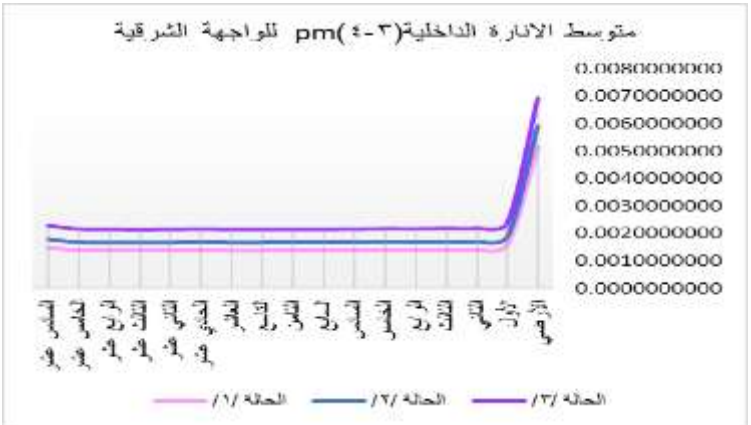
مقارنة متوسط الإنارة الداخلية للحالات الثلاثة بفترات مختلفة بالنسبة للواجهة الشرقية:



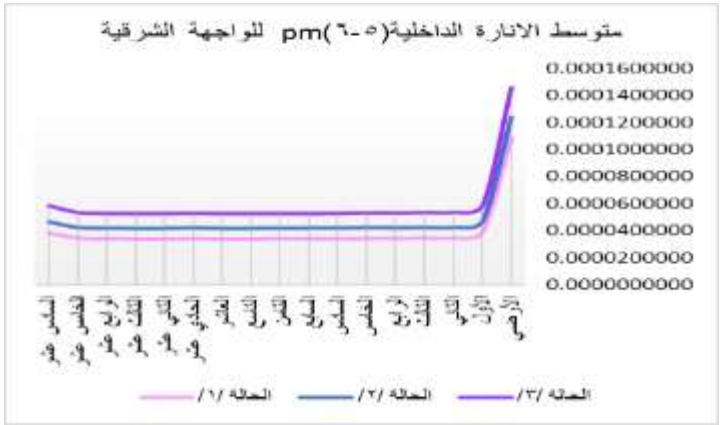
المخطط رقم /9/ متوسط الإنارة الداخلية am (7-8) للواجهة الشرقية



المخطط رقم /10/ متوسط الإنارة الداخلية am (11-12) للواجهة الشرقية



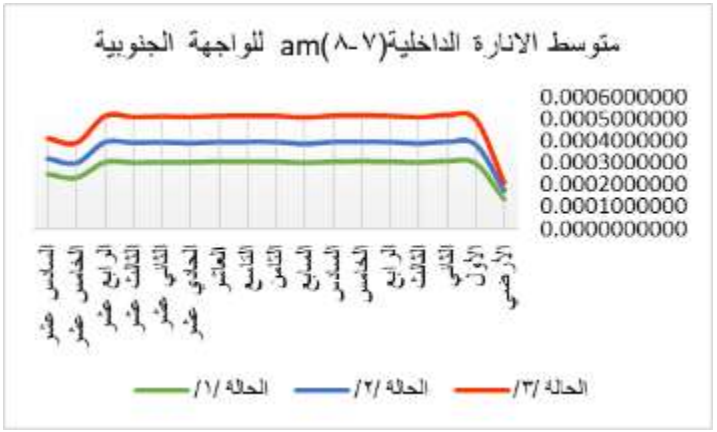
المخطط رقم /11/ متوسط الإنارة الداخلية pm (3-4) للواجهة الشرقية



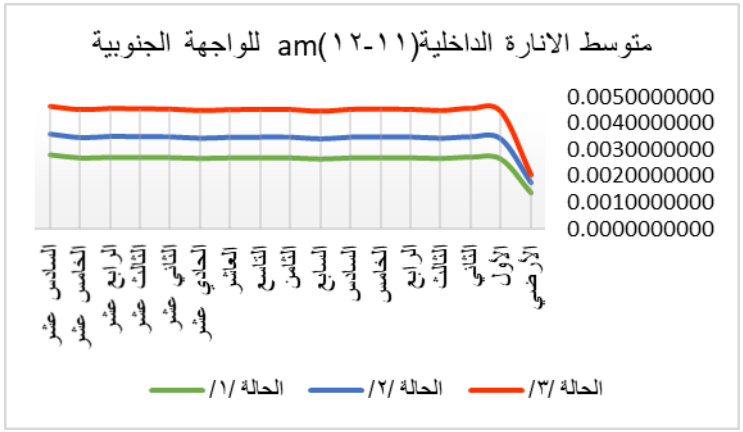
المخطط رقم /11/ متوسط الإنارة الداخلية pm (5-6) للواجهة الشرقية

من المخططات السابق نستنتج أن تأثير أبعاد النوافذ إيجابياً على مقدار أشعة الشمس التي تدخل إلى داخل المبنى ونلاحظ أن مقدار الإنارة الداخلية للطابق الأرضي والأول مرتفعة مقارنة بالطوابق الأخرى التي تبقي شبه ثابتة لكامل الطوابق وذلك بسبب تعرض الواجهة بالكامل لأشعة الشمس وعدم وجود أي عناصر تمنع دخول الشمس حيث بلغت في أعلى فترة لها 1.19%، 1.43%، 1.78% للحالات الثلاثة على التوالي خلال الفترة 11–12 صباحاً.

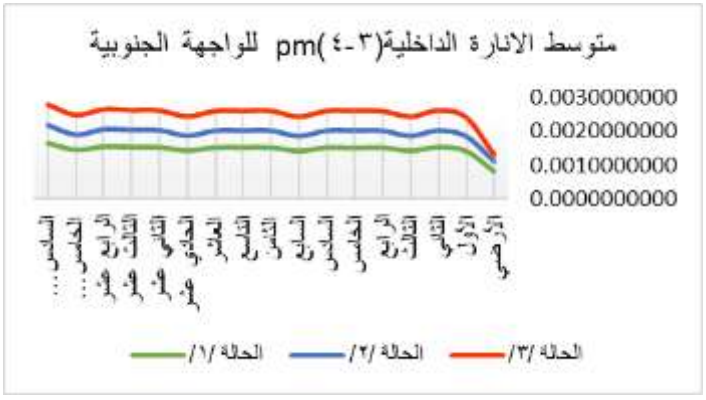
مقارنة متوسط الإنارة الداخلية للحالات الثلاثة بفترات مختلفة بالنسبة للواجهة الجنوبية:



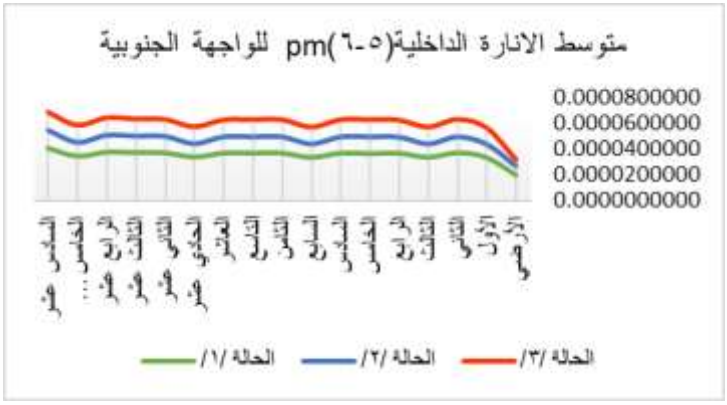
المخطط رقم /13/ متوسط الإنارة الداخلية am (7-8) للواجهة الجنوبية



المخطط رقم /15/ متوسط الإنارة الداخلية am (11-12) للواجهة الجنوبية



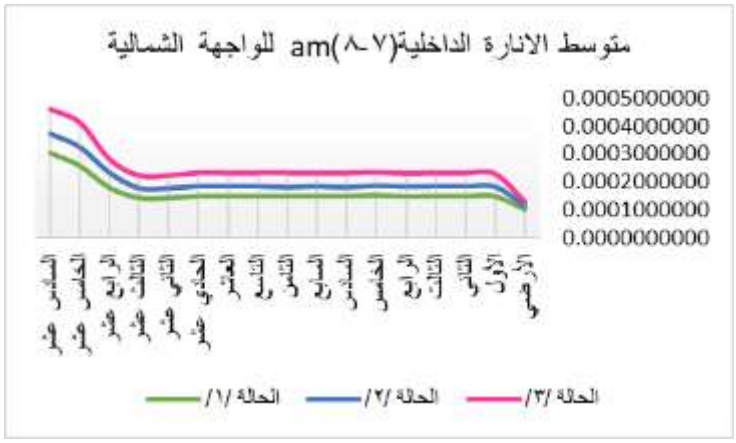
المخطط رقم /15/ متوسط الإنارة الداخلية pm (3-4) للواجهة الجنوبية



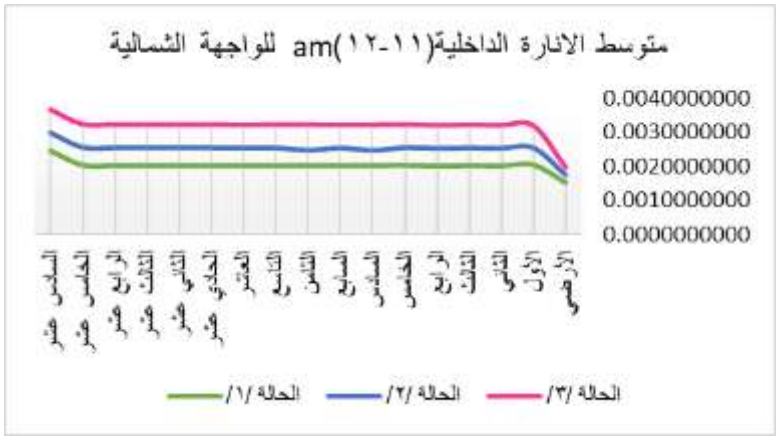
المخطط رقم /16/ متوسط الإنارة الداخلية pm (5-6) للواجهة الجنوبية

من المخططات السابق نستنتج أن تأثير أبعاد النوافذ إيجابياً على مقدار أشعة الشمس التي تدخل إلى داخل المبنى ونلاحظ أن مقدار الإنارة الداخلية التي تدخل إلى المناطق التابعة للواجهة الجنوبية تكون منخفضة للطوابق الأرضية ثم ترتفع لبقية الطوابق وهذا يتعلق بحركة الشمس بالنسبة لهذه الواجهة حيث من المفترض وبناءً على النتائج السابقة كلما زاد الارتفاع يزداد متوسط الإنارة الداخلية ولكن في الفترة 7–8 صباحاً نلاحظ انخفاض متوسط الإنارة للطوابق الأخيرة وذلك بسبب تأثير سمت الميل للشمس على الأرض.

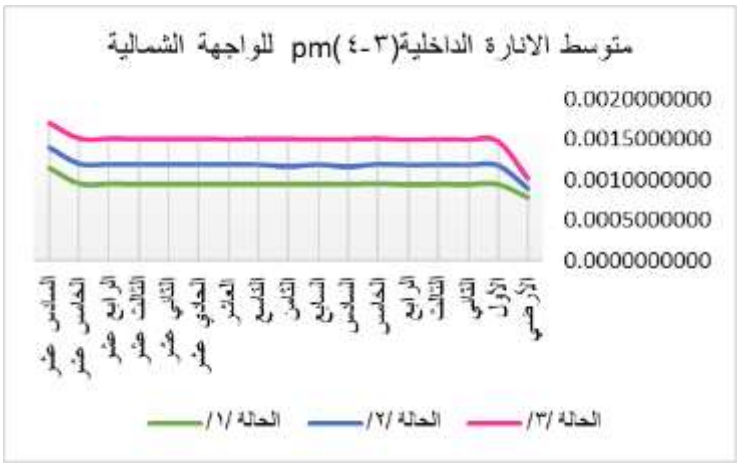
مقارنة متوسط الإنارة الداخلية للحالات الثلاثة بفترات مختلفة بالنسبة للواجهة الشمالية:



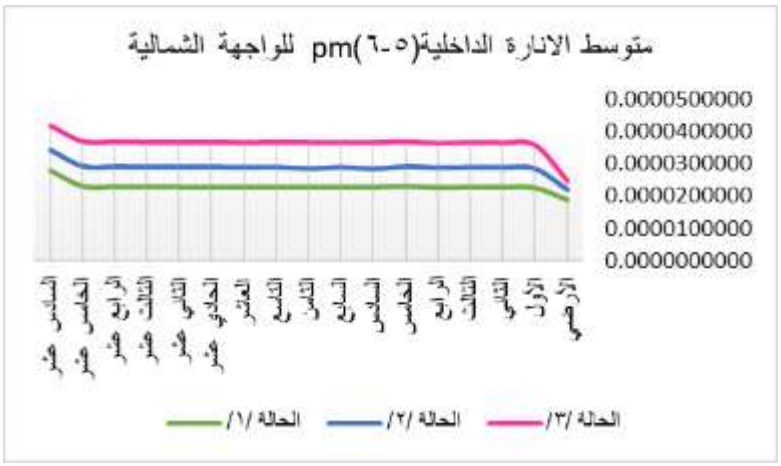
المخطط رقم /17/ متوسط الإنارة الداخلية am (7-8) للواجهة الشمالية



المخطط رقم /18/ متوسط الإنارة الداخلية am (11-12) للواجهة الشمالية



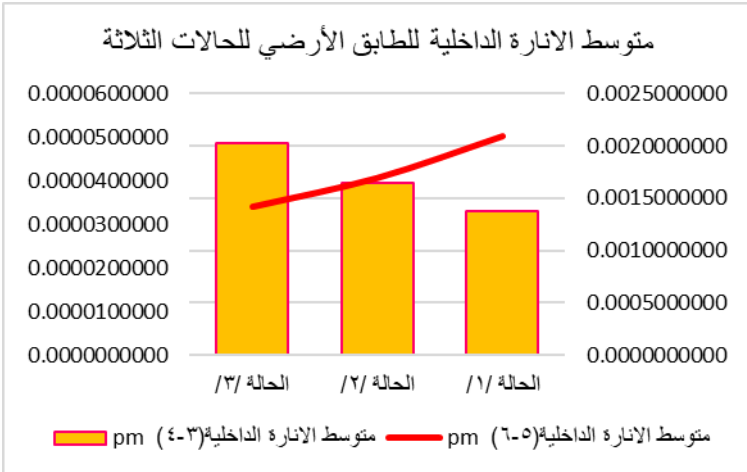
المخطط رقم /19/ متوسط الإنارة الداخلية pm (3-4) للواجهة الشمالية



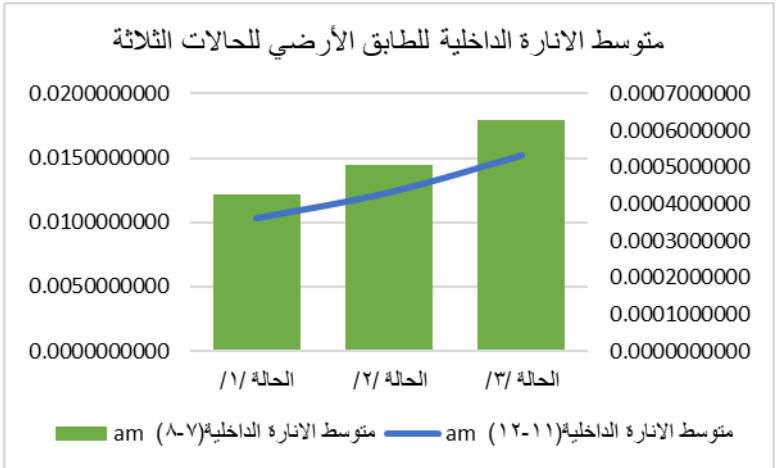
المخطط رقم /20/ متوسط الإنارة الداخلية pm (5-6) للواجهة الشمالية

من المخططات السابقة يتضح أن لحركة الشمس ومسارها على الأرض تأثير على قيم المعاملات حيث نلاحظ أن الواجهة الشمالية هي أقل تعرض لأشعة الشمس خلال الفترات المختلفة حيث بلغت أعلى قيمة لها 0.35% في الحالة المثالية لأبعاد النوافذ خلال الفترة 11–12 صباحاً.

في حال أردنا المقارنة بالنسبة لطابق واحد للواجهة الغربية للحالات الثلاثة بالتواقيت المختلفة سنحصل على المخطط التالي:



المخطط رقم /21/ متوسط الانارة الداخلية للطابق الأرضي للحالات الثلاثة خلال فترتين



المخطط رقم /22/ متوسط الانارة الداخلية للطابق الأرضي للحالات الثلاثة خلال فترتين

من المخططات 22،21 نلاحظ أن أكبر قيمة لمتوسط الإنارة خلال الفترة 7-8 كانت 0.06% و 1.52% للفترة 11-12 و0.2% و 0.01% للفترات 3-4، 5-6 على التوالي.

من ميزات برنامج Ecotect يعطينا نسبة التوفير في الإنارة بالنسبة لكل منطقة من المناطق والواجهة التابعة لها وبالاعتماد على معامل ضوء النهار وكانت النتائج كالتالي:

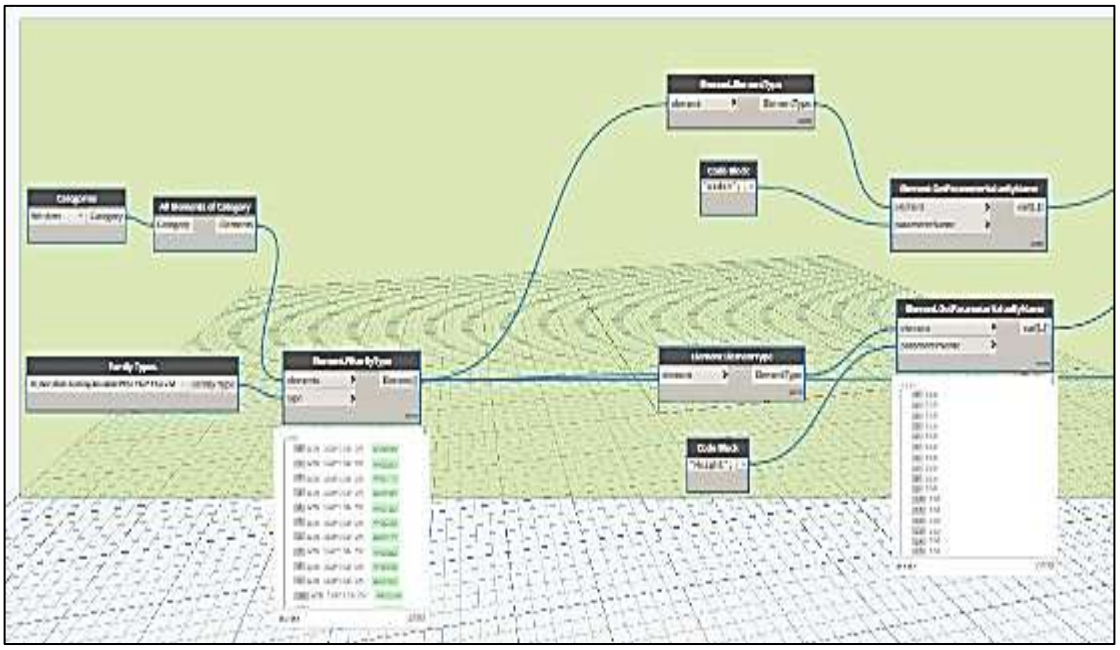
الجدول رقم /3/ نسبة الوفر في الطاقة الكهربائية المستخدمة للإنارة وذلك للحالات الثلاثة

الطابق	الحالة الأولى	الحالة الثانية	الحالة الثالثة
الأرضي	26.23%	30.11%	32.79%
الأول	38.13%	44.40%	49.00%
الثاني	38.09%	45.04%	49.71%
الثالث	38.10%	44.13%	48.70%
الرابع	38.19%	44.71%	49.58%
الخامس	38.58%	45.13%	49.80%
السادس	38.43%	45.01%	47.87%
السابع	38.32%	44.13%	48.66%
الثامن	38.44%	45.04%	49.79%
التاسع	38.49%	44.80%	49.80%
العاشر	38.43%	45.11%	49.62%
الحادي عشر	38.70%	44.41%	48.60%
الثاني عشر	38.43%	45.20%	49.78%
الثالث عشر	38.48%	45.41%	49.94%
الرابع عشر	38.60%	45.61%	50.23%
الخامس عشر	38.64%	45.11%	49.40%
السادس عشر	42.79%	47.52%	53.56%
نسبة التوفير	**37.94%**	**44.17%**	**48.64%**

5.دراسة تغيرات الكلفة الناتجة عن تغيير أبعاد النوافذ:

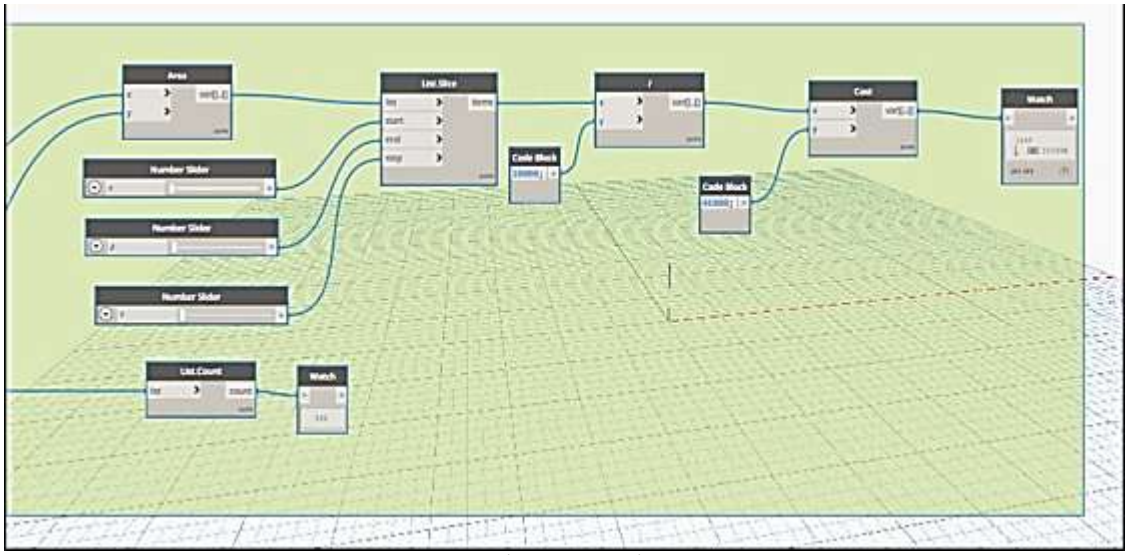
من أجل إجراء هذه الدراسة تم الاستعانة ببرنامج Dynamo الذي يعتمد على البرمجة البصرية حيث تم تشكيل مجموعة من العقد آلية العمل لهذه العقد على الشكل التالي:

تقوم أولا باستيراد النوافذ المشكلة للغلاف الخارجي وذلك من خلال النوع فنحصل من خلالها على ارقام التعريف الخاصة بها (ID)



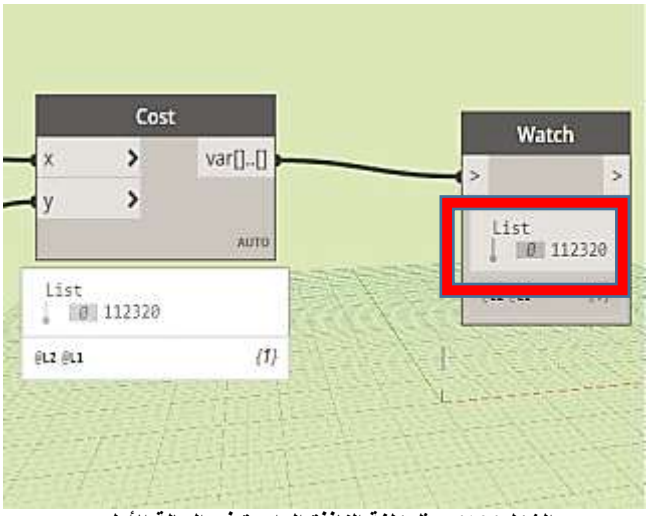
الشكل /8/ يمثل أرقام تعريف النوافذ ID الخاصة بكل نافذة

الخطوة التالية تتمثل في الحصول على ابعاد هذه النوافذ من اجل حساب المساحة والتي سيتم ضربها بكلفة المتر المربع من هذه النوافذ وذلك للحالات الثلاثة المدروسة

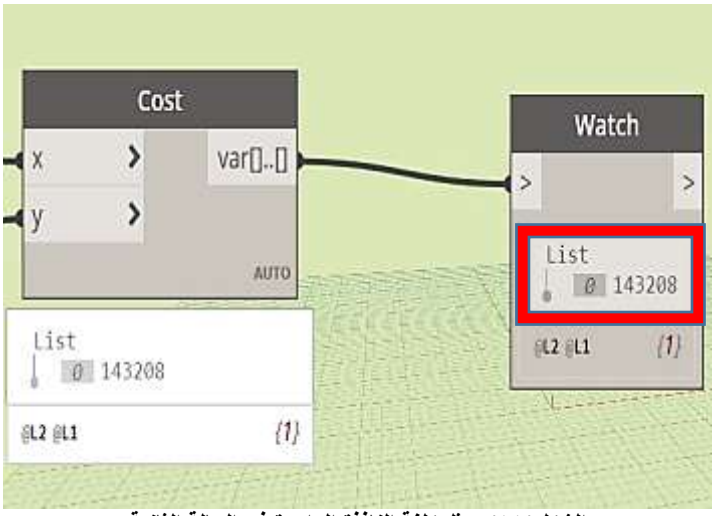


الشكل /9/ يمثل أبعاد النوافذ المأخوذة من نموذج Revit

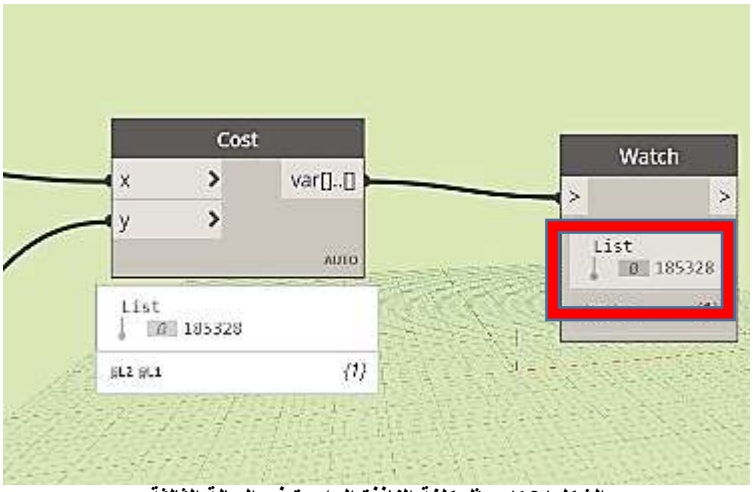
وسيتم عرض نتائج الكلفة بعد اجراء التعديلات الموافقة للحالات المدروسة:



الشكل /10/ يمثل كلفة النافذة الواحدة في الحالة الأولى



الشكل /11/ يمثل كلفة النافذة الواحدة في الحالة الثانية



الشكل /12/ يمثل كلفة النافذة الواحدة في الحالة الثالثة

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تشكل منهجية الـBIM تكنولوجيا فعالة في مجال إدارة الطاقة في المشاريع والتي تمتلك مزايا كثيرة تساهم في الحد من استهلاك الطاقة السنوية والوصول لمباني صديقة للبيئة، ونستنتج من ذلك ما يلي:

1- أهمية تطبيق نمذجة معلومات البناء للحصول على استراتيجيات مختلفة لتحليل الطاقة للمباني السكنية والتنبؤ بكمية الطاقة المستهلكة سنويا مثل الطاقة الكهربائية وكيف يمكن دراسة الانارة الطبيعية للمنطقة الموجود فيها المبنى دون الحاجة لجمع بيانات عن المناخ حيث تأخذ أقرب مرصد للطقس.

2- دراسة معامل ضوء النهار Daylight factor باستخدام برنامج Ecotect 2011 للمبنى بعد تقسيمه إلى مناطق والذي يمثل النسبة بين الإنارة الداخلية إلى الإنارة الخارجية حيث يتأثر هذا المعامل بأبعاد النوافذ وارتفاع الطابق.

3- دراسة الاشعاع الشمسي الساقط على السطح باستخدام إحدى إضافات برنامج Revit وهو برنامج Insight 360حيث يمكننا من معرفة كمية أشعة الشمس على الواجهة وهو يتأثر بالوقت الذي تتم فيه الدراسة وتوجه المبنى والارتفاع للطابق.

4- دراسة الاستفادة القصوى من ضوء الشمس في مرحلة التصميم يساهم في توفير تكاليف استخدام الطاقة الكهربائية.

5- دراسة تغير الكلفة عند تغيير أبعاد النوافذ باستخدام برنامج Dynamo وكيف ستؤثر هذه الكلفة على كلفة النافذة الواحدة.

6- أشارت نتائج الدراسة أن نسبة الوفر في الحالة الأولى كانت 38% و44.5% للحالة الثانية والحالة الثالثة 49%.

التوصيات:

1. التركيز على أهمية تحديد ابعاد النوافذ ومساحتها نظرا لتأثيرها الكبير على كمية الإضاءة الطبيعية العابرة من خلالها والتي يمكن الاستفاده منها للتقليل من استخدام أنظمة الضاءة الصناعية.
2. اقتصر البحث فقط على دراسة ابعاد النوافذ وتأثيرها على الانارة الطبيعية مما لا يعني اهمال معامل الانتقال الحراري للنوافذ وتأثير نوع الزجاج على تكاليف استهلاك الطاقة.
3. الاهتمام بمرحلة التصميم واعطائها الوقت الكافي في الدراسة وخاصة الدراسات الحرارية للحد من الاستهلاك والاستفادة المثلى من ضوء الشمس والذي يعد من الموارد الطبيعية للانارة .
4. التأكيد على ضرورة الاعتماد على مواد بناء ذات عازلية جيدة في الجهات الشرقية والغربية وذات إيصالية حرارية جيدة في الجهة الجنوبية.
5. التدريب المستمر للعاملين في مجال البناء وكافة الأطراف على استخدام برمجيات منهجية الBIM ، والعمل على دمج مفاهيم أنظمة في برامج التعليم في الجامعات وورشات العمل مما يضمن دخول المهندسين لسوق العمل في المستقبل تتمتع بالمهارات المطلوبة.

References:

1. Acosta, I., J. Navarro and J. J. Sendra (2013). "Predictive method of the sky component in a courtyard under overcast sky conditions." Solar energy **89**: 89-99.
2. Celina, F. (2020) "Energy Analysis with Revit Insight and Green Building Studio".
3. Hasan, M. R. and J. Akter (2019). Energy Performance Analysis of a Residential Building: A Case Study on a Typical Residential Building at Mohammadpur in Dhaka, Bangladesh.
4. Jalaei, F. and A. Jrade (2014). "Integrating Building Information Modeling (BIM) and Energy Analysis Tools with Green Building Certification System to Conceptually Design Sustainable Buildings." Itcon **19**: 494-519.
5. Jiménez-Roberto, Y., J. Sebastián-Sarmiento, A. Gómez-Cabrera and G. L.-d. Castillo (2017). "Analysis of the environmental sustainability of buildings using BIM (Building Information Modeling) methodology." Ingeniería y competitividad **19**(1): 241-251.
6. Kota, S., J. S. Haberl, M. J. Clayton and W. Yan (2014). "Building Information Modeling (BIM)-based daylighting simulation and analysis." Energy and Buildings **81**: 391-403.
7. Kurian, C. P., S. Milhoutra and V. George (2016). Sustainable building design based on building information modeling (BIM). 2016 IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON), IEEE.
8. Oduyemi, O. and M. Okoroh (2016). "Building performance modelling for sustainable building design." International Journal of Sustainable Built Environment **5**(2): 461-469.
9. Omran, J. (2020). "How to Achieve Sustainable Building Design and Operation with Building Information Modeling".
10. Ragheb, A., H. El-Shimy and G. Ragheb (2016). "Green architecture: A concept of sustainability." Procedia-Social and Behavioral Sciences **216**: 778-787.

11. Wassouf, M. and J. Omran (2023). "The Use of Building Information Modeling (BIM) by Studying Building Orientation in Design to Reach more Sustainable Buildings." Tishreen University Journal -Engineering Sciences Series **44**(6): 221-247.