مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(1) 2022

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (1) 2022

مساحة الفتحات الزجاجية المناسبة لتحقيق الإضاءة الطبيعية الكافية للمباني السكنية بطرطوس وعلاقتها مع الأبعاد التصميمية للفراغ المعماري

أ.د.سلمان محمود*

م.بتول عيسى**

(تاريخ الإيداع 12 /9 /2021 . قُبِل للنشر في 18 /1 /2022)

□ ملخّص □

نظراً لأهمية موضوع الإضاءة الطبيعية في الراحة البصرية ضمن الفراغات المعمارية، وارتباط تحقيق الإضاءة الكافية بمجموعة من العوامل الفرعية، والعلاقة القائمة بين (مساحة الفتحات الزجاجية) و(استهلاك الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد).

وبالاستفادة من التقنيات الحاسوبية الحديثة في عالم العمارة، تمحور البحث حول التوصل إلى الأبعاد المناسبة للفتحات الزجاجية التي تحقق الإضاءة الطبيعية المناسبة ضمن الفراغ المعماري المرتبط بموقع جغرافي معين. منطلقاً من الإشكالية البحثية القائمة على نقص الدراسات المحلية التي تحدّد شروط تصميم الفتحات الزجاجية الملائمة للإضاءة، ونمطية التصميم المعماري للمباني السكنية التي يشيدها القطاع العام.

وذلك بتطبيق برامج المحاكاة البيئية على نموذج إسكاني ينفذه القطاع العام في سورية كحالة دراسية وهو مشروع السكن العمالي في طرطوس.

وقد توصل البحث إلى مجموعة من العلاقات الرقمية التي تربط مساحات الفتحات الزجاجية بواجهة الفراغ المعماري وتصميم الفراغ الداخلي.

الكلمات المفتاحية: عامل الإضاءة الطبيعية – مستويات الإضاءة – المحاكاة البيئية

* أستاذ دكتور - كلية الهندسة المعمارية - جامعة دمشق – دمشق - سورية

** طالبة دكتوراه - كلية الهندسة المعمارية - جامعة دمشق – دمشق - سورية

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(1) 2022

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (1) 2022

The area of suitable glass openings to achieve adequate natural lighting for residential buildings in Tartous and its relationship with the design dimensions of the architectural space

Dr.Salman Mahmoud *
Eng.Batoul Issa **

(Received 12 / 9/ 2021 . Accepted 18 / 1/ 2022)

□ ABSTRACT □

Given the importance of the issue of natural lighting in visual comfort within architectural spaces, and the relationship of achieving adequate lighting to a set of sub-factors, and the relationship between (the area of glass openings) and (the energy consumption required for heating and cooling).

Taking advantage of modern computer technologies in the world of architecture, the research focused on reaching the appropriate dimensions of the glass openings that achieve appropriate natural lighting within the architectural space associated with a specific geographical location. Starting from the research problem based on the lack of local studies that define the conditions for designing glass openings suitable for lighting, and the stereotyping of the architectural design of residential buildings built by the public sector.

By applying environmental simulation programs to a housing model implemented by the public sector in Syria as a case study, a employees housing project in Tartous.

The research found a set of digital relationships that link the spaces of the glass openings to the facade of the architectural space and the design of the interior space.

key words: natural light factor- light levels- Environmental Simulation.

*Professor - Faculty of Architecture - Damascus University - Damascus – Syria
**PhD student - Faculty of Architecture - Damascus University - Damascus - Syria

1- المقدمة:

تشكل الإضاءة الطبيعية أحد العوامل الهامة في الراحة البصرية ضمن الفراغات المعمارية، ويرتبط تحقيق الإضاءة الكافية بمجموعة من العوامل، كما تؤثر مساحة الفتحات الزجاجية على استهلاك الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد.

ومع تطور تقنيات الحاسوب والنمذجة والمحاكاة البيئية أصبح بالإمكان الاستفادة من توظيف برامج المحاكاة البيئية للتوصل إلى القيم الرقمية المناسبة لتحديد أبعاد الفتحات الزجاجية المناسبة لتحقيق الإضاءة الطبيعية الكافية في الفراغ المعماري في كل موقع جغرافي.

خاصة في حالة المساكن الشعبية، كالمشاريع التي تنفذها المؤسسة العامة للإسكان ومنها نموذج السكن العمالي الذي تجري عملية المحاكاة عليه في البحث.

- تتجلّى أهمية البحث في الاستفادة من التقنيات الحاسوبية الحديثة في تحديد المساحات الزجاجية المناسبة لتحقيق الإضاءة الطبيعية الصحية ضمن الفراغات المعمارية ضمن موقع جغرافي محدد، بما يضمن توفير الوقت والجهد اللازم للحسابات اليدوية.

- المشكلة البحثية: نقص الدراسات المحلية التي تحدّد شروط تصميم الفتحات الزجاجية الملائمة للإضاءة، ونمطية التصميم المعماري للمباني السكنية التي يشيدها القطاع العام من حيث فرض أبعاد غير ملائمة للفكر الشكلي والجمالي الخاص بالمصمم.

- فرضية البحث: يفترض البحث أنه يمكن باستخدام تقنية المحاكاة البيئية التوصل إلى الأبعاد المناسبة للفتحات الزجاجية التي تضمن الإضاءة الطبيعية الجيدة والراحة البصرية ضمن الفراغات المعمارية.

- هدف البحث: يهدف البحث إلى التوصل للأبعاد التصميمية المثالية لمساحات النوافذ في الغلاف الخارجي للمبنى بما يضمن تحقيق الإضاءة الطبيعية المناسبة بتطبيق برنامج المحاكاة البيئية ECOTECT على النموذج المعماري المتمثّل بمشروع إسكان العاملين في طرطوس.

- منهجية البحث: اعتمد البحث المنهج النظري للتوصل إلى تحديد المعايير الرقمية اللازمة لتصميم الفتحات الزجاجية، والمنهج التطبيقي التحليلي باستخدام برنامج المحاكاة البيئية ECOTECT للتوصل إلى العلاقات التصميمية للفتحات الزجاجية مع تصميم الواجهات والفراغ الداخلي، المرتبط مع الموقع الجغرافي المحدد: طرطوس.

2- الإطار النظري:

من خلال بناء قاعدة معلوماتية تُعرِّف بالمفاهيم المحورية للبحث حول: الإضاءة الطبيعية، برامج المحاكاة البيئية، التعريف بالحالة الدراسية.

2-1- الإضاءة الطبيعية

تحدد الأشعة الضوئية المنعكسة عن السطوح الأشكالَ وألوانَها، ما يساعد على فهم الحجوم المشكلة للفراغ. وبالتالي فإن انخفاض الأشعة الضوئية أو زيادتها المسببة للإبهار وتركيب هذه الاشعة تحدّد جودة الرؤية والإحساس بالراحة.

يؤثر ضوء النهار بشكل مباشر على الرفاهية والإنتاجية والشعور العام بالرضا لدى المستخدمين، وله آثار نفسية إيجابية عليهم.

تتصف الإضاءة الطبيعية بأنها متغيرة بحسب حركة الشمس والسحب، وهذه التغيرات بدرجاتها وألوانها المختلفة ضرورية للحفاظ على ذكاء الفرد وتكيّفه مع المكان الذي يعيش فيه.

يتميز الضوء الطبيعي بحالتين:

-ضوء النهار: في حالة السماء الغائمة حيث تختفي الأشعة الشمسية.

-ضوء الشمس: الصادر عن الأشعة الشمسية المباشرة.

يُحلَّل ضوء النهار الذي يصل إلى الفراغ الداخلي إلى ثلاث مكونات أو مركبات:

- مركبة السماء Sky Component(SC): الضوء الصادر من الجزء المرئي من السماء في هذه النقطة.

- المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية Externally Reflected Component(ERC): الضوء المنعكس عن أسطح واجهات المباني المقابلة.

- المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية Internally Reflected Component(IRC): الضوء الواصل إلى الفراغ الداخلي والمنعكس عن الأسطح الداخلية.

ويتم التعبير عن مجموع هذه المكونات الثلاثة بقيمة هي عبارة عن نسبة مئوية تسمى عامل ضوء النهار DF (أو عامل الإضاءة LF) وتساوي كمركبات مختلطة مجموع: (مركبة السماء + مركبة الانعكاسات الخارجية + مركبة الانعكاسات الداخلية)

DF = SC + ERC + IRC حيث تستخدم هذه القيمة في تصميم المباني لتقييم مستويات الإضاءة الطبيعية الداخلية، وتحديد كفاية كمية الضوء التي تدخل المبنى لاستخدامات المساحة الداخلية. (Sharaf,2014, p1,2)

بالتالي فإن مصدر الإضاءة المستخدمة في تصميم الإضاءة الداخلية الطبيعية إما السماء (ضوء النهار) أو الشمس. وتُحَدَّد قيمة معامل ضوء النهار في حالات الإضاءة الطبيعية للفراغات المعمارية، كما يلي:

جدول (1) معامل ضوء النهار في حالة الإضاءة الطبيعية من النوافذ في الأبنية السكنية (الباحث) بالاستفادة من مصدر (3)

الفراغ المعماري	معيشة	غرف النوم	المطبخ
معامل ضوء النهار %	1	0.5	2

يجب الانتباه أثناء تصميم النوافذ إلى أنها تقوم بثلاث وظائف، الإنارة والتهوية والتشميس، ويدخل منها الضجيج في نفس الوقت ولذلك يجب دراستها بعناية من خلال التركيز على النقاط التالية:

- إضاءة عناصر المبنى بالإضاءة الطبيعية.
- زيادة الإضاءة الطبيعية أو الصناعية حتى تقارب الحد الطبيعي في الخارج.
- السماح لأشعة الشمس النفاذ داخل المبنى لمدة ساعة على الأقل يومياً.
- التحكم في توزيع الشبابيك بما يضمن الخصوصية.
- محاولة إيجاد شباكين في كل غرفة، موزعين على حائطين لتجنب حدوث زغللة بصرية داخل الفراغ المعماري.
- مراعاة ارتفاعات المباني والمسافات بينها أثناء تخطيط المواقع كيلا تحجب المباني الضوء عن بعضها.
- نظافة الزجاج وأي عوامل أخرى يمكن أن تؤثر على درجة نقائه، ودرجة شفافية الزجاج.

– مساحة القضبان وحاجب الشباك وأي عوائق يمكن أن تقلل من المسطح المؤثر للشباك كقضبان الحماية.

يتوقف التوزيع الفعلي لشدة الإضاءة على:

– عمق الغرفة: حيث تقل شدة الإضاءة كلما بعدت المسافة عن الشباك ويمكن عموماً الاعتماد على الإضاءة الطبيعية حتى مسافة 6–7,5 متر من مصدر الضوء وهذا يتوقف على شكل الفتحة ومساحتها وعوامل كثيرة منها ارتفاع السقف وحدود الجوار.

– وضع الفتحات: يسمح الشباك ذو الارتفاع الكبير للضوء بالدخول إلى عمق داخل الغرفة أكثر من الشباك ذو الارتفاع الصغير بنفس المساحة. ويمكن استخدام العواكس في إسقاط الاشعة الضوئية إلى مسافات أعمق داخل الفراغ وذلك بعكسها على السقف.

– إكساء الأسطح الداخلية: من أهم العوامل التي تساعد على التحكم في الضوء. فالأسطح ذات الألوان الفاتحة تعكس الضوء وتوزعه بانتظام كما تقلل من شدة اللمعان المتعب للعين. (دليل العمارة والطاقة، 1998، ص 135–149)

يرتبط بتحقيق الإضاءة الجيدة أيضاً مفهوم سوية الإنارة Light Level، وهي قيمة تقدر بالـ Lux للدلالة على كمية الضوء في الفراغ المعماري، ويؤخذ في الحسبان عند حسابها ثبات الإضاءة واستقرار الضوء وتجنب الإبهار المزعج. وتحدد اللجنة الدولية للإضاءة (CIE) سوية الإضاءة المناسبة المناسبة بـ 500 Lux للمطابخ وصالات الجلوس، و50 Luxلغرف النوم. (السنباني، 2016، ص568)

كما تشكّل نسبة مساحة فتحة الإضاءة إلى مساحة واجهة الفراغ WWR (window to wall Ratio) أحد العوامل الهامة في تحقيق الإضاءة المناسبة، لأنه يتحكم بكمية ضوء النهار النافذ إلى داخل الفراغ، ويؤثر على مقدار الكسب الحراري من الشمس والتحكم بمقدار الطاقة المنتقلة عبر النوافذ وكفاءة التهوية الطبيعية. ويعرّف بأنه المساحة الكلية لجميع فتحات الواجهة الشفافة باستثناء الإطار مقسومة على مساحة الجدار الخارجي. (فيسر، 2016، ص13)

يجب أن تؤخذ النسبة المثلى من النافذة إلى الجدار (WWR) في الاعتبار في المراحل المبكرة لتصميم مبنى فيما يتعلق بشكل وتوجه وتوزيع وأبعاد الفتحات الزجاجية.(Shaeri, 2019, p1)

تهدف عملية تحليل الإضاءة الطبيعية إلى تحديد كمية الضوء الطبيعي الداخل إلى الفراغات المعمارية بما يحقّق السلامة البصرية وإمكانيات الاستفادة القصوى من ضوء النهار الطبيعي بما يمكّن من توفير الطاقة المصروفة على الإنارة. وذلك عن طريق معرفة قيمة المتغيّر: عامل الإضاءة LF (Light Factor). والذي تم الاستناد في تحديده إلى دليل الطاقة المصري الذي يحدد قيمه التصميمية وفق الجدول (1).

وما يرتبط بتحديد هذه القيم من متغيرات تابعة ومستقلة، وما ينعكس عنها من علاقة بين مساحة المسطحات الزجاجية المعرضة للبيئة الخارجية، ومساحة الواجهات والتي تنعكس بالقيمة WWR

2–2– مفهوم وأهمية تقنية المحاكاة البيئية:

المحاكاة الحاسوبية هي تقنية تنبؤية، يُهدَف منها إلى تخمين ما ستكون عليه نتائج القياسات التي تعتمد على رؤية مفاهيمية أو نموذج لنظام حقيقي حتى إن لم يكن هذا النظام موجوداً بالفعل. أي أنها عملية تمثيل ونمذجة لمجموعة من الحالات تقليداً لمواقف واقعية، للتعمق فيها واستكشاف نتائجها عن قرب. وقد بدأت

الاستعانة بالنماذج الرقمية للوصول إلى عدد أكبر من البدائل التصميمية، كحل لضرورة إيجاد إطار تطبيقي واضح لمفاهيم الاستدامة في العمارة. (Estman,2008)

تعدّدت برامج المحاكاة والنمذجة القائمة على مبدأ تجريد نموذج واقعي، ومحاكاة سلوكه الحقيقي بشكل رقمي بإدخال المعادلات اللازمة ضمن البرنامج. ويتم اختيار برنامج للعمل بحسب إتاحته ضمن في البلاد والإمكانات المتوفرة فيه والهدف الذي تسعى إليه عملية النمذجة. وقد تم اختيار برنامج المحاكاة ECOTECT من إصدارات شركة Autodesk الذي هو أداة حاسوبية لمحاكاة المباني والتحليل البيئي Building Simulation Tool &Environmental analysis ضمن هذا البحث كونه يغطي مجموعة من وظائف المحاكاة والتحليل لفهم كيفية أداء المبنى لناحية التصميم والتشغيل، من خلال الإمكانات التالية:

- تصميم بيئي: تصميم وتحليل حراري، أحمال للتدفئة والتبريد، تحليل الطاقة الشمسية، الظلال، الرياح والهواء، الإضاءة الطبيعية والصناعية، التحليل الصوتي.
- تقييم كميات الطاقة المتوقع صرفها في المبنى وبالتالي تكاليف هذه الكميات.
- نموذج معماري ثلاثي الأبعاد، وجدولة البيانات المطلوبة.

كما أن البرنامج متاح في سورية، حيث تتضمّن مدخلاتُه المناخية مدينة دمشق مع إمكانية إضافة مناطق أخرى. وقد تم اللجوء إلى تطبيق المناخ العالمي ميتيونورم meteonorm7.3 للحصول على بيانات الطقس لمدينة طرطوس على شكل لاحقة epw التي يعتمدها البرنامج.

2-3- مشروع إسكان العاملين في طرطوس:

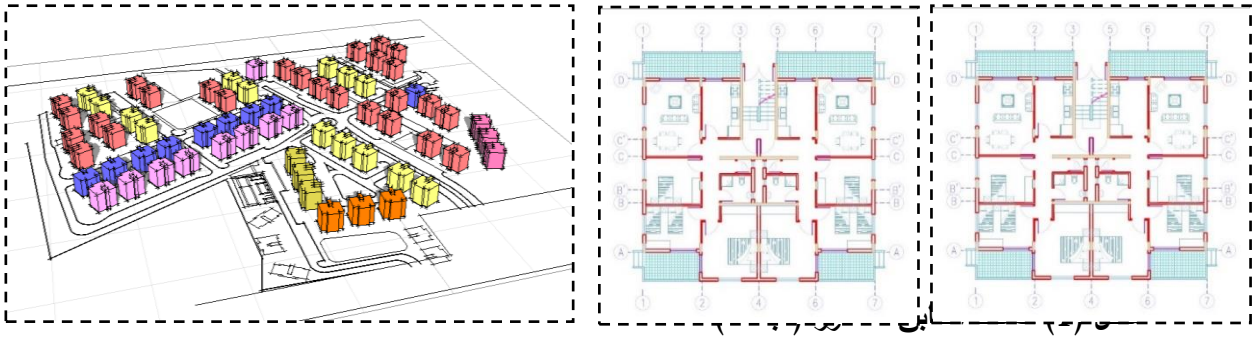
تقع مدينة طرطوس على الساحل السوري، وتتراوح معدلات درجات الحرارة فيها بين 17 درجة مئوية لمعدل درجة الحرارة الصغرى و25 درجة مئوية لمعدل درجة الحرارة العظمى ويتراوح معدّل الرطوبة النسبية السنوي فيها بين 61-68 % وتغلب عليها الرياح الغربية.

(تم الحصول على البيانات المناخية على شكل متوسطات شهرية للمدينة للأعوام العشرة الأخيرة بين 2009-2019 من المديرية العامة للأرصاد الجوية بدمشق، بالاستناد إلى قيم محطة الرصد المناخي ذات الرمز: TART0050. وتمت مطابقة بيانات برنامج meteonorm المناخية معها للتحقق من دقتها، حيث تبينت دقة نتائج البرنامج.

تتصف مباني الضاحية العمالية نموذج A في طرطوس بنموذج تصميم معماري موحد، حيث يتألف المبنى من أربعة طوابق يحتوي كلٌّ منها على شقتين متناظرتين بمساحة 125م2 لكل منها، تأخذ هذه النماذج 7 اتجاهات في الموقع العام بالنسبة لدوران محور تناظر المبنى المار من مدخله عن اتجاه الشمال الجغرافي.

تم اختيار السكن العمالي للدراسة كنموذج للمساكن الشعبية التي تنفذها المؤسسة العامة لما لتجربتها من أهمية تجعلها حالة جديرة بالدراسة، وخاصة في مجال تطوير عملها بما يتوافق مع التقنيات المتاحة وثورة المعلومات في المجال الهندسي، وينعكس إيجاباً على جودة تصميم المسكن وكفاءة أدائه، بالإضافة إلى تحسين طريقة العمل الفني في المؤسسة بما يوفر الوقت والجهد والكلف المادية.

خاصة وأنها تعامل معاملة الوحدة الإدارية تشريعياً، ولها الحرية التصميمية في مجال دراسة مشاريعها معمارياً وعمرانياً، حيث أنها تعتمد الأسس التخطيطية الصادرة عن وزارة الإسكان والمرافق وليست ملزمة بنظام ضابطة معين، الأمر الذي يمنحها مرونة في تصميم النماذج المعمارية التي تبنيها.



شكل (1) مساقط الطابق الأرضي والمتكرر (الباحث)

شكل (2) منظور عام للموقع يبين كتل النماذج بحسب الاتجاه والبالغة 7 اتجاهات (الباحث باستخدام برنامج Ecotect)

2-4- مستخلص الإطار النظري وصياغة مؤشرات القياس

بنتيجة الدراسة النظرية تم تحديد المعايير الواجب قياسها لتحقيق الإضاءة الطبيعية المناسبة، وهي:

1- معامل ضوء النهار %

2- سوية الإضاءة المناسبة حسب اللجنة الدولية للإضاءة (CIE)

3- لدراسة الوضع الراهن لمساحة الفتحات الزجاجية تم تجزئة القيمة المقبولة لعامل الإضاءة إلى مجالات:

جدول (2) القيم التقريبية الوسطية للمستويات المقبولة لعامل الإضاءة (الباحث)

	ضعيف (*)	مقبول (**)	جيد (***)
المطبخ	0.5-0	1.4-0.51	2-1.4
المعيشة	0.35-0	0.75-0.36	1-0.76
النوم	0.3-0	0.4-0.31	0.5-0.41

3- الإطار التحليلي (الحالة الدراسية):

3-1-المحدّدات التصميمية لعملية الدراسة:

برغم أن الدراسة تتعلق بالإضاءة الطبيعية فقط، لكن يتميز برنامج المحاكاة بتعامله مع المدخلات المناخية بشكل متكامل كشرط لمعالجة المنطقة الحرارية (Thermal Zone). لذلك لابد من الأخذ بعين الاعتبار الظروف المرتبطة بالرطوبة النسبية التصميمية (60%) وسرعة الهواء ودرجة الحرارة التصميمية (20-22 درجة مئوية) بالإضافة إلى: الموقع الجغرافي لعيّنة الدراسة- المواصفات التصميمية للنموذج المدروس- العدد الوسطي لشاغلي المسكن(5أفراد) - نوع الفراغ ووقت إشغاله - مواد البناء (الزجاج الشفاف المفرد المستخدم في مباني إسكان العاملين)

3-2 - آلية تحليل الإضاءة الطبيعية وفق البرنامج

إن عملية تحليل الإضاءة هي عملية معقدة نظراً لتداخل مجموعة كبيرة من العوامل فيها، خاصة مع ضرورة استثناء موضوع الإضاءة الناتجة عن الإشعاع الشمسي المباشر.

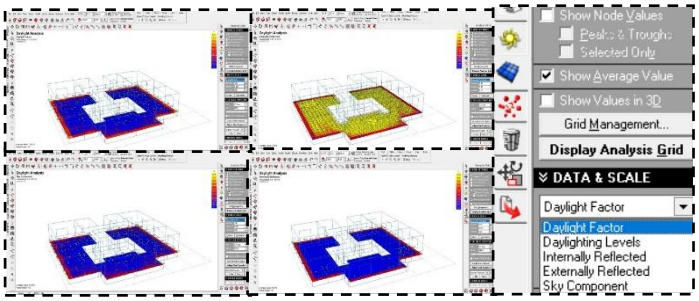
يعتمد البرنامج طريقة Building Research Establishment (BRE) Split-Flux method في حساب عامل الإضاءة، والتي تقوم على افتراض أنه، مع تجاهل ضوء الشمس المباشر، هناك ثلاث مكونات منفصلة للضوء الطبيعي يصل إلى أي نقطة داخل المبنى (مبينة بالقسم النظري):

- مكون السماء (SC) (مركّبة السماء:Sky Component)
- المكون المنعكس خارجياً (ERC) – مركّبة الانعكاس الخارجي:External Reflection Component
- المكون المنعكس داخلياً (IRC) (مركّبة الانعكاس الداخلي: Internal Reflection Component)

يتم النظر بشكل منفصل لهذه المكونات الثلاثة بسبب أن كلاً منها يتأثر بعناصر مختلفة داخل التصميم. وبالتالي يتم إعطاء عامل ضوء النهار كنسبة مئوية هي مجموع هذه المكونات الثلاثة. وتقوم هذه الطريقة على اعتبار أنه لكي تكون أداة التصميم مفيدة، يتم حساب قيم عامل ضوء النهار بشكل عام باستخدام توزيع إضاءة السماء الملبدة بالغيوم القياسي من أجل تمثيل أسوأ سيناريو يتم تصميم الإضاءة في الفراغ المعماري من أجله. ما يعني أن هذه القيمة لن تتغير بتواريخ أو أوقات مختلفة. وبما أن نموذج السماء الملبدة بالغيوم يختلف فقط مع الارتفاع، فلن يتأثر بتدوير النقطة الشمالية ضمن موقع جغرافي محدد وإنما يؤثر على مستويات الإضاءة. هذا يجعلها خاصية للتصميم نفسه، وليس البيئة المحلية. وبالتالي، فإن المتغيرات الوحيدة التي تؤثر على عوامل ضوء النهار هي التصميم والمواد التي يتكون منها.

وتكون مخرجات البرنامج كالتالي:

- مستويات الإضاءة الطبيعية Day light Levels
- مركبة الانعكاس الداخلي Internally Reflection
- مركبة الانعكاس الخارجي externally Reflection
- مركبة السماء Sky component



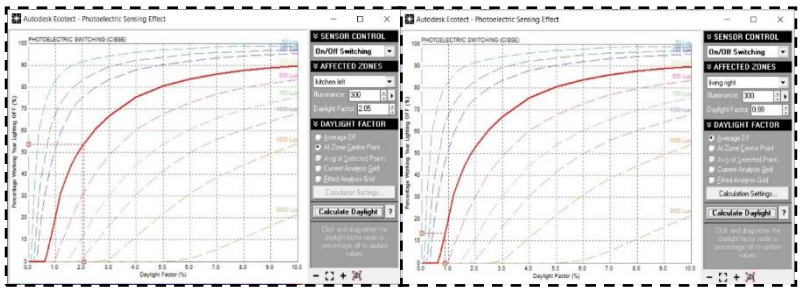
شكل(3) واجهة البرنامج عند تحليل مركبات الإضاءة

- عامل الإضاءةLF : ويعبر عن كمية ضوء النهار التي تدخل وترتد داخل مساحة الغرفة، وهو بشكل عام دالّة لحجم كل فتحة نافذة، وما يرتبط بها من حجم السماء المرئية من كل نافذة والانعكاس الكلي للأسطح الداخلية.

وبما أن العلاقات المتبادلة بين كل عناصر الإضاءة المذكورة أعلاه معقدة، فإن متوسط عامل ضوء النهار هو ناتج حسابي يقدم دلالة على متوسطات القيم للغرفة الواحدة. وتكون مخرجاته على نوعين:

1-عامل الإضاءة الوسطي Average: وهو عامل الإضاءة المتوسط لجميع نقاط الغرفة. (المعتمد في بحثنا)

2- عامل الإضاءة المركزي At Zone Center Point: وهو قيمة الإضاءة في نقطة مركزية من الغرفة وتكون القيمة في هذه النقطة غالباً عالية.



شكل(4) واجهة البرنامج عند تحليل عامل الإضاءة

تتم عملية محاكاة الإضاءة الطبيعية lighting analysis وفق خطوات برمجية قائمة على مراحل، حيث يجري تصميم شبكة تحليل الإضاءة بما يناسب الفراغات المعمارية المُراد تحليل عامل الإضاءة لها، ومن ثم اتباع خطوات التحليل ضمن نوافذ متلاحقة في البرنامج تحدد سير العمل البرمجي بالانتقال من قائمة التحليل (calculate) إلى خطوات تحليل الضوء الطبيعي (Natural light levels) ويقع على عاتق المصمم قراءة الناتج وتحليلها واستقراء النتائج.

3-3- الدراسة التطبيقية لمتغيرات الإضاءة الطبيعية

1- حساب مساحة الفتحات الزجاجية للتحقق من مطابقتها لمعايير آشري في التهوية:

يهدف حساب مساحة الجزء الصافي من الفتحات الزجاجية في كل غرفة إلى التحقق من مطابقة مساحتها لمعيار آشري (4% من مساحة ارض الغرفة) في التهوية. وذلك لأن البحث غير مختَصّ بتحليل ومحاكاة الهواء الطبيعي ضمن الفراغات المعمارية، ولكن يأخذ بعين الاعتبار معيار آشري كمحدد يجب ألاّ تقل مساحة الفتحات عن قيمته بهدف عدم تجاوز هذه النقطة أثناء تصميم الفتحات الملائمة للإضاءة. وقد تبيّن أن جميع الفتحات الزجاجية في النموذج التحليلي بأبعادها الحالية تحقق النسبة المطلوبة.

الغرفة	مساحة أرض الغرفة م2	المساحة المطلوبة (4%) حسب أشري /م2	مجموع مساحات الفتحات الزجاجية م2	نسبة مساحة الفتحات لأرض الغرفة %	التحقق
المطبخ	10.1	0.40	2.64	26%	محقق
المعيشة	19.7	0.79	5.88	30%	محقق
نوم1	12	0.48	1.69	14%	محقق
نوم2	11.4	0.46	5.65	50%	محقق
نوم3	17.6	0.70	4.56	26%	محقق

جدول (3) نسبة مساحة الفتحات الزجاجية لواجهات النموذج لمساحة أرض الغرفة (الباحث)

2- تحليل الإضاءة الطبيعية في نماذج السكن العمالي السبعة حسب التوجيه الراهن:

تمت دراسة وتحليل عامل الإضاءة الطبيعية لكل فراغ معماري ضمن المسكن في نماذج السكن العمالي السبعة حسب التوجيه الراهن، والتوصل إلى قيم معامل الإضاءة الطبيعية LF الوسطية (جدول رقم 4- ص13)

وقد أظهرت النتائج الرقمية بحسب التوجيه الحالي أن الفراغات الداخلية لمشروع السكن العمالي تتحقق فيها عوامل الإضاءة المناسبة بين مجالي: مقبول إلى جيد. ويعود ذلك لمساحة الفتحات الزجاجية الكبيرة فيها.

مع الأخذ بعين الاعتبار أن كافة النماذج تتخذ اتجاهات متغيرة عن الاتجاهات الرئيسية، وبعض الفراغات تتخذ فتحاتها اتجاهين، كلاهما ثانوي. مما يجعل الاستدلال على تحقيق معامل الإضاءة الطبيعية أمراً غير دقيق. لذلك سيتم في سبيل تحديد البدائل تدوير المسقط في الاتجاهات الرئيسية.

3- تحليل الإضاءة الطبيعية في نماذج السكن العمالي حسب الاتجاهات الرئيسية والفرعية:

نظراً لكون نماذج السكن العمالي في وضعها الراهن تتخذ اتجاهات غير منتظمة لا يمكن منها الاستدلال الدقيق على إمكانيات تحقيق عوامل الإضاءة المناسبة، فقد تمت دراسة معامل الإضاءة للفراغات المعمارية باعتماد تدوير محور تناظر المسقط وفق الاتجاهات الجغرافية الرئيسية والفرعية، فتم بذلك الحصول على 8 حالات لمعامل إضاءة لكل فراغ شكلت منطلقاً لدراسة العلاقة بين مساحة الفتحات الزجاجية ومساحات

واجهات الفراغات المعمارية بهدف التوصل إلى البدائل والعلاقات المناسبة بين العناصر التصميمية التي تحقق عوامل الإضاءة الطبيعية المناسبة.

ويبين (جدول رقم 5–ص14) نموذجاً عن عوامل الإضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية لمبنى إسكان العاملين بعد تدويره بالاتجاهات الجغرافية الرئيسية والفرعية. مع متغير واحد هو التوجيه، والمحافظة على مادة البناء ومساحة الفتحات وموقعها.

كما تم بشكل متزامن تحليل العوامل التابعة لعامل الإضاءة الطبيعي لكامل المسقط، كما يلي:

جدول (6) العوامل التابعة لعوامل الإضاءة لكامل المسقط (الباحث)

النموذج			1	2	3	4	5	6	7	8
زاوية دوران محور البناء عن الشمال/ درجة			0	45	90	135	180	(225)-135	(270)-90	(315)-45
day ligt factor	عامل ضوء النهار	%	3.8	3.8	3.79	3.58	3.81	3.57	3.8	3.8
ligt levels	مستويات الاضاءة	Lux	323.01	323.01	321.99	304.64	324.25	303.2	323.01	323.23
internal reflection	مركبة الانعكاس الداخلي	%	1.13	1.13	1.12	1.13	1.14	1.1	1.13	1.13
external reflection	مركبة الانعكاس الخارجي	%	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.05	0.07	0.01
sky component	مركبة السماء	%	2.61	2.61	2.61	2.41	2.61	2.41	2.61	2.61

وقد تبين وجود اختلاف في قيم مركبات الإضاءة الطبيعية ومستوياتها على مستوى الطابق الذي يتضمن شقتين برغم تقارب هذه القيم فيما بينها، الأمر الذي تطلب دراسة تفصيلية للعوامل التابعة لعامل الإضاءة على مستوى الفراغ المعماري للتحقق من أكثر العوامل تأثيراً في عامل الإضاءة الطبيعية والقرارات التصميمية الواجب اتخاذها لتحقيقه.

تُبيِّن مناقشة نتائج عوامل الإضاءة الطبيعية ضمن الفراغات المعمارية في الحالتين السابقتين ما يلي:

– تحقق مساحة الفتحات الزجاجية وفق التصميم الراهن عامل الإضاءة في كافة الفراغات المعمارية، بدرجات متقاربة بين عامل إضاءة مقبول وعامل إضاءة جيد. ويعود ذلك إلى المساحات الزجاجية الكبيرة في الواجهات.

– تتصف الفراغات متعددة الواجهات التي تحتوي فتحات زجاجية في كلا الواجهتين بصعوبة تحليل عامل الاضاءة فيها مقارنة بالفراغات ذات الفتحة الزجاجية الواحدة.

– لا تؤثر الخيارات التصميمية المتعلقة بموقع النافذة وشكلها وتموضعها، في حالة الاضاءة الطبيعية النهارية على تغيير عامل الإضاءة الطبيعي الوسطي حيث يرتبط هذا العامل بمساحة الفتحة الزجاجية فقط.

– تؤثر الخيارات التصميمية المتعلقة بموقع النافذة وشكلها وتموضعها على قيمة مستويات الإضاءة (light levels–LL) التي تحدد توزع الإضاءة في الفراغ الداخلي وتجانسها، والراحة البصرية الناتجة عنها.

– بيّن تحليل النتائج الرقمية لعوامل الإضاءة للفراغات الداخلية بالنسبة لشكل الحل التصميمي الراهن ما يلي:

1– بالنسبة لفراغ **المطبخ**: يشكل المجال الممتد بين الاتجاهين الشمالي والجنوبي عبر الشرق المجال الأفضل لتحقيق عامل الإضاءة لفراغ المطبخ.

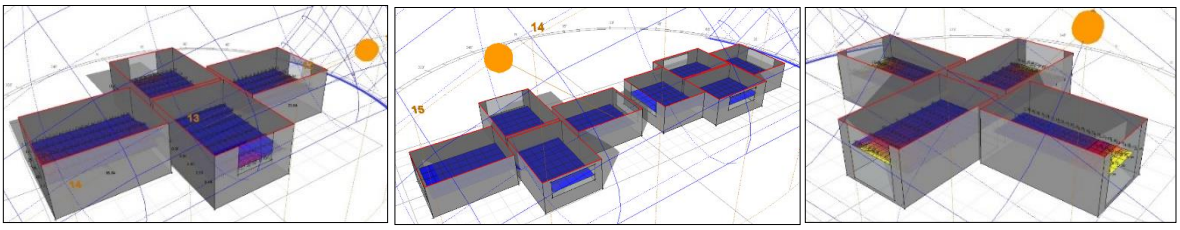
2– بالنسبة لفراغ **المعيشة**: يحتوي فراغ المعيشة في النموذج العمالي على فتحتين زجاجيتين تتوزعان على واجهتين متعامدتين، ولذلك تم الاستدلال على القيمة الأفضل لتحقيق عامل الإضاءة من خلال مقارنة قيمة عامل الإضاءة الأعلى المرتبط باتجاه إحدى الفتحتين الزجاجيتين. حيث تبين أن فراغات المعيشة التي يتحقق فيها أعلى عوامل إضاءة هي الموجهة بالاتجاهات الرئيسية في حين تقل عوامل الإضاءة عند الانحراف بالاتجاهات الفرعية. ويمنح المجال الشرقي عامل الإضاءة أفضلية في القيمة على المجال الغربي. ويشكل المجال الممتد بين الاتجاهين الشمالي الشرقي والجنوبي الشرقي المجال الأفضل لتحقيق عامل الإضاءة لغرف المعيشة.

3– بالنسبة لفراغ **النوم**: يحقق الاتجاه الشمالي الشرقي المجال الأفضل لتحقيق عامل الإضاءة لغرف النوم

بالتالي فإن نصف الدائرة الممتد بين اتجاهي الشمال والجنوب عبر الشرق، يحقق المجال الأفضل لقيمة معامل الإضاءة الطبيعي الوسطي لمختلف الفراغات المعمارية.

4- التوصل إلى البدائل التصميمية لتحقيق الإضاءة الطبيعية الجيدة من خلال تعديل الفتحات الزجاجية:

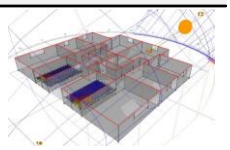
تم تعديل مساحات المسطحات الزجاجية لتحقيق قيمة معامل الإضاءة الوسطي المناسبة للفراغ المعماري، باستخدام فتحة زجاجية واحدة لكل فراغ. وذلك للتوصل إلى النسبة الأفضل لعلاقة الفتحات الزجاجية بواجهات الفراغات المعمارية بما يحقق عامل الإضاءة ومستويات الإضاءة المناسبة والتجانس الجيد في التوزيع

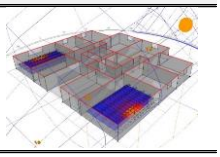


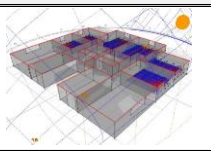
(الجدول رقم 7-8)

شكل(5) أشكال توضيحية لعملية تحليل مستويات الإضاءة للفراغات المعمارية

جدول (7) الجدول النهائي لقيم مساحات الفتحات الزجاجية التي تحقق جودة الإضاءة الداخلية وعلاقتها مع مساحة واجهة الفراغ وأرضه

مطبخ	واجهات الفتحات الزجاجية	الواجهة الأقصر			
		شمال	شرق	جنوب	غرب
	مساحة الفراغ م2	10.00	10.00	10.00	10.00
	مساحة واجهة الفراغ م2	7.67	7.67	7.67	7.67
	مساحة الفتحات م2	3.08	2.64	2.4	2.64
	نسبة مساحة الفتحات لواجهة الفراغ% wwr	0.40	0.34	0.31	0.34
	نسبة مساحة الفتحات لمسقط الفراغ %	0.30	0.26	0.24	0.26

معيشة	واجهات الفتحات الزجاجية	الواجهة الأطول				الواجهة الأقصر			
		شمال	شرق	جنوب	غرب	شمال	شرق	جنوب	غرب
	مساحة الفراغ م2	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70
	مساحة واجهة الفراغ ذات الفتحة الزجاجية م2	15.34	15.34	15.34	15.34	10.92	10.92	10.92	10.92
	مساحة الفتحات م2	3.84	3.36	3.72	4.32	4.9	4.29	4.76	5.18
	نسبة مساحة الفتحات لواجهة الفراغ% wwr	0.25	0.22	0.24	0.28	0.32	0.28	0.31	0.34
	نسبة مساحة الفتحات لمسقط الفراغ %	0.19	0.17	0.19	0.22	0.25	0.22	0.24	0.26

نوم	واجهات الفتحات الزجاجية	الواجهة الأطول				الواجهة الأقصر			
		شمال	شرق	جنوب	غرب	شمال	شرق	جنوب	غرب
	مساحة الفراغ م2	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
	مساحة واجهة الفراغ ذات الفتحة الزجاجية م2	10.92	10.92	10.92	10.92	8.85	8.85	8.85	8.85
	مساحة الفتحات م2	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
	نسبة مساحة الفتحات لواجهة الفراغ% wwr	0.19	0.19	0.19	0.19	0.15	0.15	0.15	0.15
	نسبة مساحة الفتحات لمسقط الفراغ %	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

(الباحث)

جدول (8) مستويات الإنارة الناتجة حسب الفتحات الزجاجية المعدلة (الباحث)

مستويات الإنارة ligt levels(LL) الناتجة مع نوافذ البدائل حسب الاتجاهات الرئيسة																	
المتغير		الوظيفة حسب التوجيه															
		شمال				شرق				جنوب				غرب			
			معيشة				معيشة				معيشة				معيشة		
		مطبخ	ضلع طويل	ضلع قصير	نوم	مطبخ	ضلع طويل	ضلع قصير	نوم	مطبخ	ضلع طويل	ضلع قصير	نوم	مطبخ	ضلع طويل	ضلع قصير	نوم
معدل عامل الاضاءة النهاري day light factor average (DLF)	%	3.78	3.61	2.59	1.44	4.39	2.19	4.09	1.19	4.1	4.23	2.71	1.4	6.27	2.29	4.06	0.93
مستويات الاضاءة ligt levels(LL)	Lux	302	289	207	115	351	196	328	135	328	338	217	112	298	183	325	75

5- تحليل مؤشر الإضاءة الطبيعية للفراغات التصميمية:

- بيّنت النتائج الرقمية أن معامل الإضاءة الطبيعي الوسطي LF المعتمد في الأدبيات النظرية لتحقيق الإضاءة الطبيعية ضمن الفراغات المعمارية، هو عبارة عن قيمة وسطية غير مرتبطة بشكل الغرفة وعلاقة النافذة معها، بل بمساحة الغرفة ومساحة الفتحة الزجاجية فقط. وبالتالي فهو غير كافٍ لتحقيق الإضاءة الطبيعية المناسبة للفراغات الداخلية، حيث أن الإضاءة الطبيعية في هذه الحالة يمكن ألاّ تشمل كافة مساحة الغرفة.

وأن تعزيز حالة الإضاءة الطبيعية يتطلب تحقيق عامل إضافي هو مستويات الإضاءة الطبيعية Light Levels-LL، الذي يرتبط بعلاقة وثيقة مع الخيارات التصميمية لشكل الفتحة الزجاجية ومساحتها وموقعها.

ويرتبط بهذه القيمة متغير ثانوي آخر هو معدل عامل الإضاءة النهاري day light factor average (DLF).

حيث يبيّن تحليل النتائج الرقمية للمسطحات الزجاجية التي تم اقتراحها في البدائل التصميمية التي تحقق معامل الإضاءة الطبيعي الوسطي LF، أنه يمكن تحقيق عامل الإضاءة بمساحات زجاجية صغيرة، بينما يكون توزع الإضاءة داخل الفراغ المعماري غير متجانس ولا يصل بالضرورة إلى مختلف نقاط الفراغ المعماري.

وبناء على ذلك تم تعديل مجموعة الخيارات التصميمية المؤثرة على مساحات الفتحات الزجاجية والمواقع الأفضل لها من الواجهة وعلاقتها بشكل الفراغ المعماري حسب الاتجاهات الجغرافية، من خلال تعديل إعدادات شبكة التحليل الضوئي وإعادة التجربة عدة مرات مع ارتفاعات مختلفة للشبكة للتوصل إلى الخيارات التصميمية المرتبطة بشكل الفتحة الزجاجية وموضعها كارتفاع جلسة النافذة، وموقعها بالنسبة للجدار ومساحتها التي تحقق مستويات الإضاءة المطلوبة للفراغات المعمارية (مبينة بالجدول 7)

وقد تبين أن غرف النوم تتطلب عامل إضاءة ومستويات إضاءة صغيرة ويمكن تحقيق هذه القيم من خلال فتحات زجاجية صغيرة، إلاّ أنها لا تحقق تجانساً في توزيع الإضاءة في الفراغ الداخلي ولذلك تمت إعادة تصميم شبكة الإضاءة الداخلية بما يحقق أكبر تقارب بين مستويات الإضاءة على نقاط شبكة التحليل.

تم التوصل بنتيجة تحليل كافة العوامل السابقة إلى الجدول التالي الذي يبين القيمة المناسبة لعلاقة مساحة الفتحات الزجاجية المعرضة للبيئة الخارجية بمساحة واجهة الغرفة بما يحقق معامل الإضاءة الطبيعي الوسطي LF المطلوب وسوية الإنارة المناسبة LL لكل فراغ معماري حسب الاتجاه.

3-النتائج

3-1- النتائج العامة:

- إن تحديد الإضاءة الطبيعية الأمثل للفراغ الداخلي هي عملية معقدة عند الأخذ بكافة جوانبها. حيث يوجد مجموعة من العوامل المتداخلة المؤثرة على عامل الإضاءة وهي: مركبات الإضاءة النهارية الثلاثة، ومستويات الإضاءة وتجانس توزيعها ضمن الغرفة. ويجب عدم الخلط بين بين ضوء النهار الطبيعي وأشعة الشمس المباشرة غير

المرغوبة، ويجب تصميم الإنارة الطبيعية بحيث تضمن توزيع متساو داخل الفراغات المعمارية لضمان الراحة البصرية.

- عامل الإضاءة Light Factor-LF هو مؤشر على جودة الإضاءة في الفراغ الداخلي ولكنه ليس قيمة قطعية نهائية، خاصة مع تغير شكل التصميم. ولذلك إن اعتماد مبدأ المحاكاة يؤمن صورة شاملة عن مختلف الاحتمالات الممكنة لعامل الإضاءة مع تغير فتحات النوافذ خاصة مع صعوبة العمل اليدوي لحساب عامل الإضاءة.

- يشكل عامل مستويات الإضاءة Light Levels-LL العامل الحاسم في تحديد الشكل التصميمي للفتحة الزجاجية، وموقعها في الواجهة. وهو العامل الذي يربط بين شكل تصميم الفتحة الزجاجية وعمق الغرفة والذي يجب أن يحقق بالتوازي مع عامل الإضاءة.

- بالرغم من أن الطرق التقليدية لدراسة الإضاءة تقوم على حساب الإضاءة في نقطة معينة أو عدة نقاط ضمن الفراغ، إلاّ أن هذه الطريقة قد تعطي دلالة عامة ليست دقيقة لتجانس توزع الإضاءة في الغرفة، ولتحقيق مستويات الإضاءة السليمة يجب تغطية مساحة الغرفة عن طريق تصميم شبكة تحليل إضاءة يتم من خلالها دراسة تجانس توزيع الإضاءة. ويحدد ارتفاع شبكة التحليل، مستويات الإضاءة من الأرض حتى سقف الغرفة.

- تحقق الفتحات الزجاجية القيمة الأفضل للإضاءة الطبيعية عندما تتوضع على الواجهة الطويلة للفراغ، ويجب زيادة مساحتها عندما تكون على الواجهة القصيرة لنفس الاتجاه.

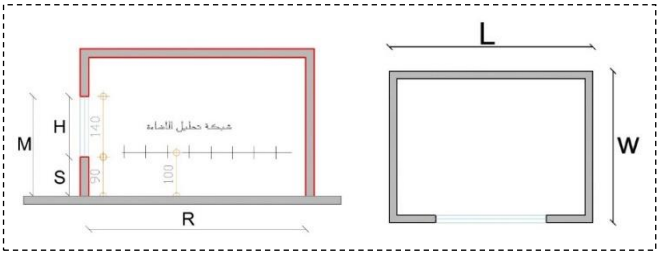
3-2- النتائج الرقمية التصميمية

- تكون كمية الإضاءة الطبيعية في الفراغ الداخلي متقاربة عندما تكون متوسط نسبة عرض الغرفة إلى طولها (W/L) أقل من 57%، سواء كانت الفتحة الزجاجية على الواجهة الطويلة أو القصيرة. 57%> (W/L)

- إن الارتفاع الوسطي الأفضل لجلسة النافذة (S) الذي يتيح الانتشار الأفضل للضوء هو 85-90 سم.

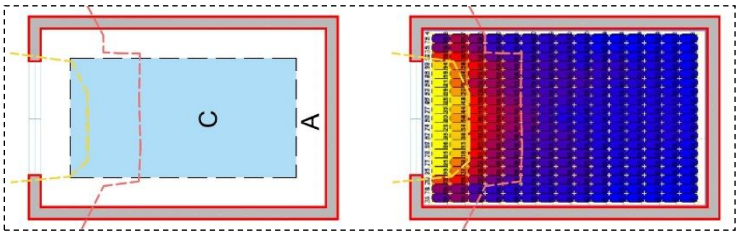
- إن الارتفاع الوسطي الأفضل لأعلى النافذة (H) الذي يتيح الانتشار الأفضل للضوء هو 140 سم.

- تم التوصل إلى العلاقة التي تربط عمق الغرفة بارتفاع الفتحة الزجاجية بما يضمن وصول الإضاءة إلى أعمق نقطة في الغرفة: $R = (2.4-2.7)\ M$



شكل (6) تمثيل لترميز أبعاد الغرفة الداخلة في العلاقات التصميمية التي تحقق مؤشر الإضاءة /مسقط-مقطع/(الباحث)

– إن المساحة من الفراغ المعماري (C) التي تتوافق مع قيمة معامل الإضاءة الطبيعي لكي تكون حالة الإضاءة مناسبة، يجب ألاّ تقل عن 50% من مساحة الفراغ المعماري (A) ويكون موقع هذه المساحة في مركز مسقط الفراغ المعماري. وتبلغ قيمة معامل الإضاءة الوسطي في هذه المساحة 2٪ على الأقل. C= (50%) A



شكل (7) المساحة Cالمتوافقة مع قيم الإضاءة المثالية في الفراغ المعماري (الباحث)

– الشرق هو الاتجاه الأفضل في تحقيق الإضاءة الطبيعية الداخلية للفراغات المعمارية، يتلوه الشمالي والجنوبي ومن ثم الغربي. وتبلغ نسبة (wwr) التي تعبر عن علاقة مساحة المساحات الزجاجية اللازمة لتحقيق الإضاءة المناسبة مع مساحة واجهة الفراغ التي يتضمنها حسب التوجيه ووظيفة الفراغ كما يلي:

1 – بالنسبة لغرفة المعيشة: المعايير المطلوبة: LL = 500 Lux – LF = 1

نسبة مساحة الفتحات الزجاجية اللازمة لتحقيق الإضاءة المناسبة في الجهة الشمالية 25% من مساحة الواجهة – في الجهة الشرقية 22% من مساحة الواجهة – في الجهة الجنوبية 24% من مساحة الواجهة – في الجهة الغربية 28% من مساحة الواجهة. وذلك عندما تكون الفتحات الزجاجية على الضلع الطويل للفراغ.

2 – بالنسبة لغرفة المطبخ: المعايير المطلوبة: LL = 500 Lux – LF = 2

نسبة مساحة الفتحات الزجاجية اللازمة لتحقيق الإضاءة المناسبة في الجهة الشمالية 32% من مساحة الواجهة – في الجهة الشرقية 28% من مساحة الواجهة – في الجهة الجنوبية 31% من مساحة الواجهة – في الجهة الغربية 34% من مساحة الواجهة. وذلك عندما تكون الفتحات الزجاجية على الضلع القصير للفراغ.

3 – بالنسبة لغرفة النوم: المعايير المطلوبة: LL = 50 Lux – LF = 0.5

تتميز القيم المطلوبة لتأمين الإضاءة الطبيعية في غرف النوم بأنها صغيرة، وبالتالي فإنه تحقيقها باستخدام فتحات زجاجية صغيرة لكن المساحات الزجاجية الصغيرة لا تحقق التجانس الضوئي الجيد ضمن الغرفة، ولذلك كان هدف المحاكاة لغرف النوم تحقيق أكبر إمكانية توازن في تقارب قيم نقاط شبكة تحليل الإضاءة، وتشكل نسبة مساحات الفتحات الزجاجية البالغة 15% من مساحة واجهة الضلع الطويل و19% من مساحة واجهة الضلع القصير القيمة المناسبة لتحقيق ذلك.

4- التوصيات:

لم يعد الاهتمام بالتصميم البيئي شعاراً بل ضرورة، خاصة مع المتغيرات الاقتصادية وأزمات الطاقة التي رافقت الحرب على سورية، مما يخلق حاجة إلى تطوير آليات التصميم البيئي وخاصة في مجال عمل القطاع الحكومي لما له من دور في تأمين الوحدات السكنية في سورية. وما يرتبط بذلك من دراسة كافة المفردات المعمارية ذات العلاقة بالتصميم المناخي بصورة تلبي احتياجات الراحة لشاغلي الفراغ المعماري. لذلك يوصي البحث بـ:

- الاستفادة من إمكانات الكوادر الفنية والهندسية من المبرمجين لتطوير أداة برمجية محلية إسوة بالبرامج العالمية تعتمدها الجهات العاملة في هذا المجال (نظراً لوجود صعوبات تتعلق باستخدام البرامج وعدم إتاحتها في سورية)

- ضرورة أن توفر المديرية العامة للأرصاد الجوية والجهات الإدارية الأخرى (كالاستشعار عن بعد) بيانات دقيقة ومعتمدة للمناخ في مختلف الأقاليم المناخية في سورية وأن تكون متاحة للاستخدامات العلمية. (حيث واجه البحث صعوبة في الحصول على المعلومات المناخية الكاملة، حيث تفتقر بيانات مديرية الأرصاد الجوية إلى تحديد قيم الإشعاع الشمسي مما اضطرنا للجوء إلى البرامج المناخية المستخدمة عالمياً.)

- استخدام البرمجيات الخاصة بالمحاكاة البيئية بدءاً من المراحل الأولى للعملية التصميمية وإدخال برامج المحاكاة البيئية في البرامج والخطط التدريسية لكليات العمارة والفروع الهندسية المرتبطة بها. وإقامة الورشات والدورات التدريبية من قبل نقابة المهندسين لتأهيل الكوادر الفنية لتأهيل الكوادر الفنية لاستخدام هذه البرامج.

5- الخاتمة:

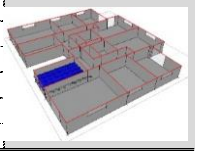
تعتبر الفتحات الزجاجية نقطة الضعف الأكبر في غلاف المبنى وعنصراً هاماً في موضوع التحكم البيئي المناخي، حيث تؤثر على مجموعة من العوامل البيئية كالإضاءة والراحة الحرارية ضمن الفراغات المعمارية، وتختلف أشكالها التصميمية بحسب الواجهات والموقع الجغرافي. وتشكل تقنية المحاكاة البيئية منهجية جيدة للتوصل إلى التصميم المثالي لها بما يوفر الكلف المادية والوقت.

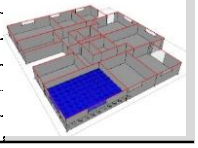
ويشكل الضوء الطبيعي عنصراً هاماً في تحقيق الراحة الإنسانية وتوفير الطاقة المصروفة على الإضاءة الصناعية، مما يستوجب دراسة أبعاد الفتحات الزجاجية التي تمكن من تحقيق تجانس الضوء والتوزيع السليم بما يتوافق مع خصوصية كل موقع جغرافي وحركة الشمس فيه وظروف الإضاءة النهارية.

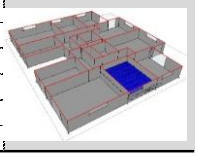
جدول (4) نموذج عن جداول دراسة معامل الإضاءة الطبيعية LF في نماذج السكن العمالي حسب التوجيه الراهن (الباحث)

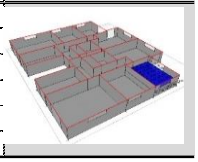
معامل الإضاءة الطبيعية LF الوسطية في نماذج السكن العمالي حسب التوجيه الراهن								
المسكن	وظيفة الفراغ	**النموذج 1 - البناء A31**	**النموذج 2 - البناء A53**	**النموذج 3 - البناء A36**	**النموذج 4 - البناء A19**	**النموذج 5 - البناء A63**	**النموذج 6 - البناء A57**	**النموذج 7 - البناء A62**	**رقم النموذج والبناء**
		114	**-66**	**73**	**26**	**26**	**85**	**(-6)174**	**زاوية الانحراف عن الشمال/ درجة**
يسار	**مطبخ**	جنوب - غرب	شمال - شرق	شمال - غرب	شمال - غرب	جنوب شرق	شرق	شمال	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.53	1.46	1.26	1.86	0.11	0.94	1.97	معامل الإضاءة الوسطي
	معيشة	شمال غرب - جنوب غرب	شمال شرق - جنوب شرق	شمال - غرب	شمال غرب - شمال شرق	جنوب شرق - جنوب غرب	جنوب - شرق	شمال - شرق	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.71	2.05	1.70	2.61	0.16	1.32	2.77	معامل الإضاءة الوسطي
	نوم1	شمال - غرب	جنوب شرق	شمال - شرق	شمال شرق	جنوب غرب	جنوب	شرق	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.35	0.83	0.68	1.05	0.06	0.53	1.12	معامل الإضاءة الوسطي
	نوم 2	شمال غرب - شمال شرق	جنوب شرق - جنوب غرب	شمال - شرق	شمال شرق - جنوب شرق	شمال غرب - جنوب غرب	جنوب - غرب	جنوب - شرق	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.53	2.17	2.47	3.72	0.13	1.24	3.63	معامل الإضاءة الوسطي
	نوم 3	شمال غرب - شمال شرق	جنوب شرق - جنوب غرب	شمال شرق - جنوب شرق	جنوب - شرق	شمال - غرب	جنوب - غرب	جنوب - شرق	توجيه الفراغ
		0.58	1.68	0.84	1.57	0.13	1.08	1.94	معامل الإضاءة الوسطي
يمين	**مطبخ**	جنوب - غرب	شمال - شرق	شمال غرب	شمال - غرب	جنوب شرق	شرق	شمال	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.53	1.52	1.20	1.93	0.12	0.97	1.97	معامل الإضاءة الوسطي
	معيشة	جنوب غرب - جنوب شرق	شمال شرق - شمال غرب	جنوب - غرب	شمال غرب - جنوب غرب	جنوب شرق - شمال شرق	شمال - شرق	شمال - غرب	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.71	2.06	1.70	2.61	0.16	1.36	2.77	معامل الإضاءة الوسطي
	نوم1	جنوب شرق	شمال غرب	جنوب غرب	جنوب غرب	شمال شرق	شمال	غرب	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.29	0.83	0.69	1.05	0.06	0.58	1.12	معامل الإضاءة الوسطي
	نوم 2	جنوب شرق - شمال شرق	شمال غرب - جنوب غرب	جنوب غرب - جنوب شرق	جنوب - غرب	شمال شرق - شمال غرب	شمال - غرب	جنوب - غرب	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.53	2.99	1.43	2.75	0.23	1.98	3.63	معامل الإضاءة الوسطي
	نوم 3	جنوب شرق - شمال شرق	شمال غرب - جنوب غرب	جنوب غرب - جنوب شرق	جنوب شرق - جنوب غرب	شمال شرق - شمال غرب	شمال - غرب	جنوب - غرب	توجيه الفتحات الزجاجية
		0.33	1.15	1.39	2.05	0.08	0.68	1.94	معامل الإضاءة الوسطي

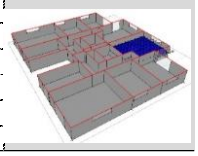
جدول (5) نموذج عن جداول دراسة معامل الإضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية لنموذج السكن العمالي وفق لاتجاهات الرئيسية والفرعية للشقة يمين المدخل (الباحث)

المدخل يمين(2-4-6-8)	النموذج	1	2	3	4	5	6	7	8
	الشمال عن البناء محوردوران زاوية/ درجة	0	45	90	135	180	(225)-135	(270)-90	(315)-45
مطبخ	الفراغ واجهات	شمال	غربشمال	غرب	غرب جنوب	جنوب	شرق جنوب	شرق	شرقشمال
	الزاحية الفتحات واجهات	شمال	غربشمال	غرب	غرب جنوب	جنوب	شرق جنوب	شرق	شرقشمال
	م الفراغ صاحة2	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	م الفراغ واجهة صاحة2	7.67	7.67	7.67	7.67	7.67	7.67	7.67	7.67
	م الفتحات صاحة2	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
	الفراغ لواجهة الفتحات صاحة نسبة% wwr	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
	الفراغ لمسقط الفتحات صاحة نسبة%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	الوسطي الإضاءة معامل%	2.05	1.75	0.98	1.75	2.05	1.82	1.07	1.81

المدخل يمين(2-4-6-8)	النموذج	1	2	3	4	5	6	7	8
	الشمال عن البناء محوردوران زاوية/ درجة	0	45	90	135	180	(225)-135	(270)-90	(315)-45
معيشة	الفراغ واجهات	شمال-غرب	غربشمال - جنوب	جنوب-غرب	شرق جنوب - جنوب	جنوب-شرق	شرق جنوب -شمال	شمال-شرق	شرقشمال -شمال
	الزاحية الفتحات واجهات	شمال-غرب	غربشمال - جنوب	جنوب-غرب	شرق جنوب - جنوب	جنوب-شرق	شرق جنوب -شمال	شمال-شرق	شرقشمال -شمال
	م الفراغ صاحة2	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70	19.70
	م الفراغ واجهة صاحة2	26.26	26.26	26.26	26.26	26.26	26.26	26.26	26.26
	م الفتحات صاحة2	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76
	الفراغ لواجهة الفتحات صاحة نسبة% wwr	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
	الفراغ لمسقط الفتحات صاحة نسبة%	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
	الوسطي الإضاءة معامل%	2.77	2.37	1.32	2.37	2.77	2.45	1.45	2.46

المدخل يمين(2-4-6-8)	النموذج	1	2	3	4	5	6	7	8
	الشمال عن البناء محوردوران زاوية/ درجة	0	45	90	135	180	(225)-135	(270)-90	(315)-45
نوم1	الفراغ واجهات	غرب	غرب جنوب	جنوب شرق	شرق جنوب	شرق	شرقشمال	شمال	غربشمال
	الزاحية الفتحات واجهات	غرب	غرب جنوب	جنوب شرق	شرق جنوب	شرق	شرقشمال	شمال	غربشمال
	م الفراغ صاحة2	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
	م الفراغ واجهة صاحة2	9.44	9.44	9.44	9.44	9.44	9.44	9.44	9.44
	م الفتحات صاحة2	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
	الفراغ لواجهة الفتحات صاحة نسبة% wwr	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	الفراغ لمسقط الفتحات صاحة نسبة%	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
	الوسطي الإضاءة معامل%	1.12	0.95	0.53	0.95	1.12	0.99	0.58	0.99

المدخل يمين(2-4-6-8)	النموذج	1	2	3	4	5	6	7	8
	الشمال عن البناء محوردوران زاوية/ درجة	0	45	90	135	180	(225)-135	(270)-90	(315)-45
نوم2	الفراغ واجهات	جنوب-غرب	شرق جنوب - جنوب	جنوب-شرق	شرق جنوب شرقشمال	شالشرق	شرقشمال-غربشمال	شمال-غرب	غربشمال-غرب جنوب
	الزاحية الفتحات واجهات	جنوب-غرب	شرق جنوب - جنوب	جنوب-شرق	جنوب-شرقشمال	شالشرق	شرقشمال-غربشمال	شمال-غرب	غربشمال-غرب جنوب
	م الفراغ صاحة2	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40
	م الفراغ واجهة صاحة2	19.76	19.76	19.76	19.76	19.76	19.76	19.76	19.76
	م الفتحات صاحة2	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56
	الفراغ لواجهة الفتحات صاحة نسبة% wwr	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	الفراغ لمسقط الفتحات صاحة نسبة%	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
	الوسطي الإضاءة معامل%	3.39	2.32	0.97	2.63	3.63	3.54	2.11	2.79

المدخل يمين(2-4-6-8)	النموذج	1	2	3	4	5	6	7	8
	الشمال عن البناء محوردوران زاوية/ درجة	0	45	90	135	180	(225)-135	(270)-90	(315)-45
نوم3	الفراغ واجهات	جنوب-غرب	شرق جنوب - جنوب	جنوب-شرق	شرق جنوب شرقشمال	شالشرق	شرقشمال-غربشمال	شرق جنوب	غربشمال-غرب جنوب
	الزاحية الفتحات واجهات	جنوب-غرب	شرق جنوب - جنوب	جنوب-شرق	شرق جنوب شرقشمال	شالشرق	شرقشمال-غربشمال	شرق جنوب	غربشمال-غرب جنوب
	م الفراغ صاحة2	17.60	17.60	17.60	17.60	17.60	17.60	17.60	17.60
	م الفراغ واجهة صاحة2	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52	16.52
	م الفتحات صاحة2	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24
	الفراغ لواجهة الفتحات صاحة نسبة% wwr	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
	الفراغ لمسقط الفتحات صاحة نسبة%	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
	الوسطي الإضاءة معامل%	1.99	1.90	1.08	1.91	2.05	1.49	0.74	1.95

6- المصادر:

- المصادر العربية:

1. السنباني، ع، ع.؛ العابد، ع.؛ ومحمود، س. 2013، *الاعتبارات البصرية وأسس دراسة الإضاءة عند تصميم المباني السكنية – على مثال: اليمن*. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، مجلد: 29، عدد:1. دمشق، سورية، 561-578.

2. فيسر، ف.، بريتزبان، آ. 2016، *الدليل الارشادي لكفاءة استخدام الطاقة في البناء للشرق الأوسط وشمال إفريقيا، برنامج تحسين كفاءة الطاقة في الأبنية لحوض البحر المتوسط (MED-ENEC) والاتحاد الاوروبي*. الاتحاد الأوروبي، ص:32.

3. محرم، ع. س.؛ باسيلي، ج.؛ عبد القادر، م.؛ فوزي، و.؛ السيد، ص.؛ الوكيل، ش. ا؛ وآخرون. 1998، *دليل العمارة والطاقة*، جهاز تخطيط الطاقة. مصر.165

- المصادر الأجنبية:

4. ASHRAE, A. 2004, *Standard 55- 2004*: *Thermal environmental conditions for human occupancy*, Refrigerating and Air-conditioning Engineering, Atlanta, GA.

5. SHARAF, F, M. 2014, *Daylighting: An alternative approach to lighting buildings*. *Journal of American Science*, vol[10], no[4], 1-5.

6. SHAERI, J.; HABIBI, A.; YAGHOUBI, M.; & CHOKHACHIAN, A. 2019, *The Optimum Window-to-Wall Ratio in Office Buildings for Hot-Humid, Hot-Dry, and Cold Climates in Iran*. *Environments*, MDPI, 1-16.