

7-2023

## Genetic Algorithm Theory in Simulation Programs as A Tool for Improving the Environmental Performance of Office Buildings

Somaia Mohamed Arafa

*Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Egypt,*  
somaiaarafa93@gmail.com

Esraa Mohamed Elazab

*Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Egypt*

Nanees Abd Elhamid Elsayyad

*Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Egypt*

Follow this and additional works at: <https://mej.researchcommons.org/home>



Part of the [Architectural Engineering Commons](#), and the [Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Arafa, Somaia Mohamed; Elazab, Esraa Mohamed; and Elsayyad, Nanees Abd Elhamid (2023) "Genetic Algorithm Theory in Simulation Programs as A Tool for Improving the Environmental Performance of Office Buildings," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 48 : Iss. 1 , Article 17.

Available at: <https://doi.org/10.58491/2735-4202.3033>

This Original Study is brought to you for free and open access by Mansoura Engineering Journal. It has been accepted for inclusion in Mansoura Engineering Journal by an authorized editor of Mansoura Engineering Journal. For more information, please contact [mej@mans.edu.eg](mailto:mej@mans.edu.eg).

## Original Study

# Genetic Algorithm Theory in Simulation Programs as A Tool for Improving the Environmental Performance of Office Buildings

Somaia Mohamed Arafa\*, Esraa Mohamed Elazab, Nanees Abd Elhamid Elsayyad

Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Egypt

### Abstract

Globally, a large proportion of a building's energy is consumed to achieve thermal comfort, as promoting energy efficiency and environmental sustainability of buildings is an important global goal. Therefore, the new building regulations are geared explicitly toward energy-saving projects. However, there are usually many competitive priorities, such as maximizing energy use in office buildings, leading to the complex multi-objective optimization topic. The main objective of this research was to reduce the energy consumed for cooling load in the office buildings in the city of Cairo, which is located in a hot desert climate. This was achieved by optimizing ten different design variables with DesignBuilder (version 6.1) and applying thermal comfort with the Thermal Comfort CBE tool based on the ASHRAE Standard55 system.

Using the regression method, a sensitivity analysis (SA) of 10 design variables was used to assess their effect on both cooling and thermal comfort loads. The variables were divided into two groups according to their importance, where the genetic algorithm (GA) was applied to the group of high importance to reach the optimal solution for the two goals that represent the problem of the office building in the study; after confirming the adoption of the high importance group, the improvement is still considered to determine the most appropriate values. Therefore, a comparison has been made of three potential solutions for the highly important variables to determine if any additional reduction in cooling loads and thermal comfort can be achieved to choose the optimal solution that will be applied and analyzed in the office building to achieve the two goals separately, first (reduce the cooling load) and to reduce annual energy consumption and secondly (reduce the number of hours of thermal discomfort) to reach an optimized human thermal comfort.

**Keywords:** Office buildings, Genetic algorithm, Energy, Cooling load, Thermal comfort, Sensitivity analysis, Optimization

الطاقة في الصيف.

ووفقاً للتقرير السنوي لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (NREA) لعام 2019 ، حددت مصر هدفاً لتوليد 42٪ من توليد الكهرباء من خلال مصادر متجددة (ANNUALREPORT, 2019)، وسيكون لقطاع البناء قاعدة أساسية، حيث أن المباني السكنية والمؤسسات (الإدارية والتجارية) مسؤولة عن حوالي 60٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء في مصر (ABDELAZIM ET AL., 2017) و من المتوقع أن يزداد استهلاك المبنى ، حيث كان تزايد في العقد الماضي من 150 جيجاوات/ ساعة في عام 2009 إلى 217 جيجاوات/ ساعة في عام 2017، نتيجة

## 1 المقدمة

واجه مصر تحديات كبيرة في استهلاك الطاقة في المباني المكتبية حيث شهدت السنوات الأخيرة زيادة في أعداد المباني الإدارية التي لا تتلاءم مع الظروف المناخية المحيطة حيث تبين أن هذه المباني تستهلك 40٪ من إجمالي الطاقة لها في معالجة الهواء والماء ، والإنارة 37٪ ، والمعدات المكتبية 12٪ ، بينما تستخدم 11٪ الباقية في تشييد وتصنيع مواد البناء. (LIU ET AL., 2010) ومع ذلك ، تتطلب مباني المكاتب أنظمة تبريد باهظة الثمن ، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في استهلاك

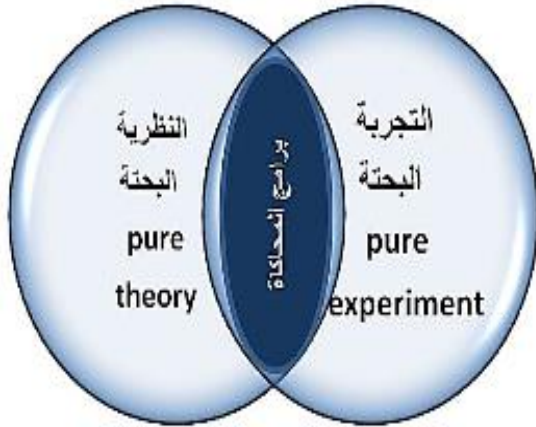
# ت

Received: 31 July 2022; Revised: (27 November 2022); Accepted: (05 December 2022)  
Available online: 27/07/2023

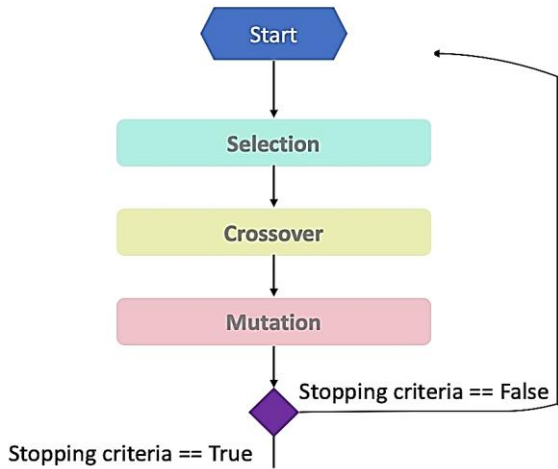
\* Corresponding author: Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Egypt  
E-mail addresses: [somaiaarafa93@gmail.com](mailto:somaiaarafa93@gmail.com) (S.M. Arafa),

<https://doi.org/10.58491/2735-4202.3033>

2735-4202/© 2023 Faculty of Engineering, Mansoura University. This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



شكل 1. تأتي برامج المحاكاة وسط بين التجربة البحتة والنظرية البحتة بتصريف الباحث



شكل 2. خطوات الخوارزمية الجينية، المصدر (Karan, 2021)، بتصريف الباحث

### 3 الهدف :

تهدف الدراسة إلى وضع منهجية تطبيقية لزيادة كفاءة طاقة التبريد والراحة الحرارية في المباني الإدارية باستخدام تحليل الحساسية Sensitive Analysis (SA) واتباع نظرية الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms) باستخدام برامج وأدوات المحاكاة مما يساعد على اتخاذ قرارات تصميمية مناخية صحيحة، بحيث يرى المصمم بوضوح نتائج قراراته التصميمية قبل تنفيذها .

### 4 المنهجية:

المنهج التجريبي ودراسة الحالة: تطبيق الدراسات التحليلية والنظرية على حالة تم اختيارها وفقاً لمجموعة من المعايير بهدف تقليل الطاقة الكلية بشكل عام وطاقة التبريد بشكل خاص والوصول إلى راحة حرارية للحالة الدراسية .  
تتلخص الدراسة العملية باعتماد ثلاث مراحل أساسية تهدف إلى تحسين العديد من معايير التصميم البيئي للمباني الإدارية ملخصة في مخطط كالاتي:

للمنمو السكاني، وبالتالي زيادة عدد المباني (IRENA, 2018)، ومع ارتفاع درجات الحرارة الخارجية بسبب تأثير الاحتباس الحراري وقصور مستوى الراحة الحرارية (CAPONIGRO ET AL., 2020). فإنه على النحو الأمثل، سيتم تقليل احتياجات المبنى من الطاقة إلى الحد الأدنى قبل إدخال مصادر الطاقة المتجددة من خلال استراتيجيات سلبية، لأنها من أكثر الطرق فعالية لتقليل احتياجات طاقة التبريد في المباني، خاصة في مصر، حيث سوق الطاقة المتجددة غير ناضج بما فيه الكفاية (CAUSONE ET AL., 2017).

لذا وجب تقليل هذه النسب الكبيرة عن طريق تطبيق استراتيجيات التصميم البيئي (السلبية)، باستخدام برامج المحاكاة للمساعدة على اتخاذ قرارات تصميمية مناخية سليمة، حيث يرى المصمم بوضوح نتائج قراراته التصميمية، قبل عملية تنفيذ التصميم وذلك للوصول لمباني موفرة للطاقة والتي تهدف إلى تقليل استهلاك الطاقة الإجمالي اللازم لتشغيلها.

يعد مجال المحاكاة من المجالات المهمة في مرحلة التصميم البيئي مما يتيح للمعماري اختيار التصميمات وتعديلها لتحسين أداءها في عدة مجالات قبل التنفيذ وبذلك يمكن تلافي العديد من المشاكل قبل وقوعها مما يساهم في رفع مستوى جودة المباني. وتستخدم المحاكاة - بصفة عامة - بواسطة المهندسين والفيزيائيين للتنبؤ بتصريف منتج ما تحت ظروف محددة. وتعتبر هذه التقنيات وسط بين التجربة البحتة PURE EXPERIMENT والنظرية البحتة PURE THEORY، كما يظهر في شكل (LÖHNER, 2008) 1

تعتمد تقنية الخوارزميات الجينية على التطور، تستخدم في العمارة لحل المشكلات المعقدة بين الوظيفة والكتلة. حيث تم استلهام الخوارزميات الجينية من الانتقاء الطبيعي، من نظرية التطور الداروينية. حيث تم تطوير الخوارزميات الجينية خصيصاً لمعالجة المشكلات والوصول للحل الأمثل (OPTIMIZATION) في المواقف التي يمكن أن يتم تحديد عناصر المشكلات بوضوح ووضع معايير يمكن من خلالها تحديد الحل الأفضل. وتوجد في الخوارزمية الجينية العديد من العناصر الرئيسية اللازم تحديدها مثل: «عدد الكروموسومات بالعينة لكل جيل - POPULATION OF CHROMOSOMES»، و«معايير اختيار الأصلح - SELECTION ACCORDING TO FITNESS» لتحديد أي الكروموسومات يستطيع البقاء وأبهم غير صالح، و«درجة التداخل لإنتاج جيل جديد CROSSOVER TO PRODUCE NEW OFFSPRING» التي تمنع بعض الكروموسومات الصالحة من التطور، و«الطفرات العشوائية، وبالتالي يمكن تلخيص الخوارزمية إلى ثلاثة عمليات رئيسية؛ اختيار العينة الأصلح وفقاً للمعايير المحددة ((SELECTION)، ودرجة التداخل بينها ((CROSSOVER، وحدث الطفرات ((MUTATIONS). وإذا لم تف النتيجة بالمعايير، يتم تكرار تلك العمليات باستخدام الجيل الجديد كعينة جديدة للكروموسومات وهكذا. كما هو موضح في شكل 2 (SCM, 2003)

### 2 المشكلة البحثية :

تكمن مشكلة البحث في القصور في التصميم البيئي والمناخي للمباني الإدارية باستخدام برامج المحاكاة حيث نجد إهمال المصمم المعماري لمحاكاة أداء المبنى ودراسة المعالجات المناخية أثناء مرحلة التصميم للمساعدة على اتخاذ قرارات تصميمية مناخية سليمة، حيث يرى المصمم بوضوح نتائج قراراته التصميمية، قبل مرحلة التنفيذ، وذلك تجنباً للمشكلات البيئية.

## 5 الفرضيات:

- يساعد استخدام برامج وأدوات المحاكاة في المباني الإدارية حديثة الإنشاء في إيجاد حلول للتحديات التي تؤثر على الطاقة والراحة الحرارية.
- الجمع بين تحليل الحساسية والتحسين القائم على المحاكاة باتباع نظرية الخوارزمية الجينية يجعل التحسين optimization أكثر فاعلية ويقلل بشكل كبير من وقت المحاكاة الإجمالي لتحسين الأداء الحراري والطاقة في المباني الإدارية الحديثة في القاهرة الجديدة.
- استخدام برامج المحاكاة أثناء مرحلة التصميم تساعد على اتخاذ قرارات تصميمية بيئية ومناخية صحيحة حيث يرى المصمم بوضوح نتائج قراراته التصميمية قبل مرحلة الإنشاء لتفادي المشاكل البيئية.

## 6 الدراسات السابقة:

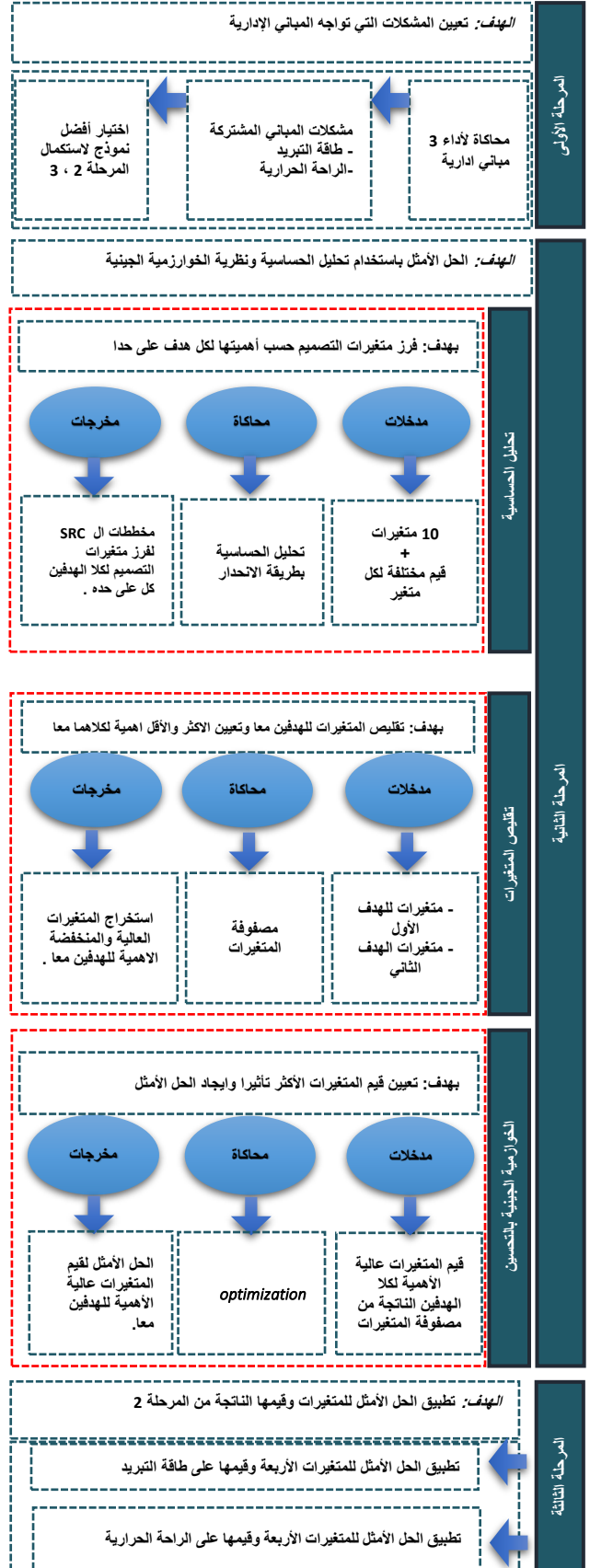
يسعى الباحثون باستمرار إلى تحديد أفضل الطرق لبناء المباني الموفرة للطاقة أو زيادة كفاءة الطاقة في المباني القائمة، ولتحقيق هدف كفاءة الطاقة، يحتاج المهندسون المعماريون ومصممي المباني إلى أدوات تصميم فعالة لتحليل وفهم السلوك المعقد لاستخدام الطاقة في المباني، لذا فإن محاكاة طاقة المباني مهمة لدراسة كفاءة الطاقة في المباني حيث تعد برامج المحاكاة الحاسوبية أدوات تحليلية فعالة لأبحاث الطاقة في المباني وتقييم التصميم المعماري (SCM, 2003).

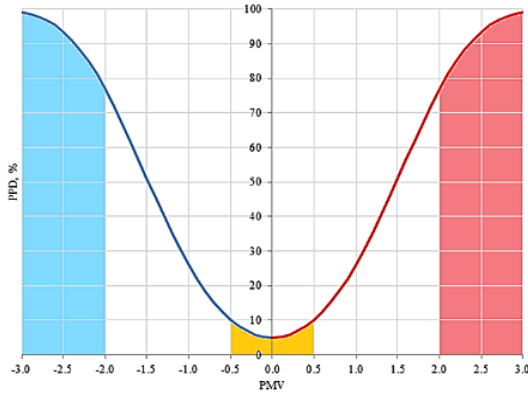
سيتم سرد ملخص لثلاثة نماذج لدراسات سابقة تم فيها استخدام طرق مختلفة بواسطة برامج المحاكاة لحل المشاكل البيئية:

لتحديد التصميم الأكثر عملية ووفراً، طبقت مجموعة من الباحثين طرق التصميم السلبي. كان هدفهم هو الجمع بين أجهزة التظليل الخارجية والمظاريب ذاتية التظليل في مبنى فندي مكون من 10 طوابق يقع في منطقة شديدة الحرارة والرطوبة في المملكة العربية السعودية. تم استخدام DesignBuilder لأداء النمذجة ومحاكاة الطاقة. على الرغم من أن المبنى الأساسي لم يكن به غطاء شمسي، فقد تم تركيب عازل من الألياف الزجاجية في الجدران والأسقف بينما كانت النوافذ مزودة الزجاج وفقاً للإرشادات السعودية. تشير النتائج إلى أن التظليل المقترح خفض الاستخدام السنوي للطاقة بنسبة 20.5%. قدر الباحثون أن هناك حاجة إلى عامين لتسديد التكاليف الإضافية التي تكبدها استخدام التظليل السلبي (Alhuwayil, 2019).

قامت دراسة أخرى ببناء نموذج محاكاة يسمى آنذاك MEEDI ثم التحقق من صحته، وإنشاء رسم بياني بوضوح نتائج تحليل الحساسية البارامترية لكفاءة الطاقة في مناخات متنوعة عبر تشيلي. يقيس MEEDI الاستخدام الشهري لطاقة المباني، وهي عملية تُعرف باسم ISO-13790، وتستخدم عمليتين لقياس مكاسب الحرارة الشمسية وتدفق الحرارة عبر الأرضية. ثم تم تقييم الجدوى الاقتصادية لهذه الطريقة لمغلفات البناء. تشير النتائج إلى أن الاختلافات في تصميم المبنى يمكن أن يكون لها تأثير مباشر على إجمالي كفاءة الطاقة. يمكن تحقيق فوائد الكفاءة المجدية وتقليل انبعاثات الكربون بتكاليف معقولة من خلال تغييرات بسيطة في مواد غلاف المبنى. اعتماداً على مكان وجودهم في تشيلي والمستوى العام للكفاءة، تراوحت أوقات الاسترداد من 5 إلى 27 عاماً. أقر الباحثون أنه بينما يمكن استخدام نموذج MEEDI لقياس الطلب الدقيق على الطاقة ضمن نمذجي منزل تشيلي، لأنه مرن بدرجة كافية لتمكين اختبار مجموعة واسعة من السيناريوهات. وبالتالي، يمكن أن توفر مقاييس الكفاءة لمجموعة متباينة من ظروف درجات الحرارة، وأنظمة الطاقة (Simon et al., 2019).

- باستخدام DesignBuilder، تمت محاكاة ثلاث قاعات للرسم في الحرم الجامعي في دراسة أجريت في جامعة المنصورة في مصر. كان الغرض من ذلك هو تعزيز كفاءة الطاقة داخل هذه القاعات وفقاً لثلاثة معايير: التحسين الفردي أو متعدد الأهداف، والتحسين البيئي أو المحوسب، والتصميم المحدد أو بالكامل مع تجاهل متطلبات ضوء النهار، أشارت النتائج إلى أن وظائف نظام التهوية، وتحسين المظلات المعلقة وفتحات النوافذ، وبنافذة الزجاج المنخفضة، قللت من أحمال التبريد بنسبة من 26% إلى 31% بالمقارنة مع الحالة الأساسية (Alhuwayil, 2019). استخدمت دراسة أخرى DesignBuilder لمحاكاة الأداء الحراري لمنزل ريفي مساحته 145 متراً مربعاً في بكين، شمال الصين. كان الهدف هو تنفيذ تعديلات الطاقة السلبية لغلاف المبنى لتقليل الطاقة المستهلكة سنوياً لأغراض التدفئة. كانت



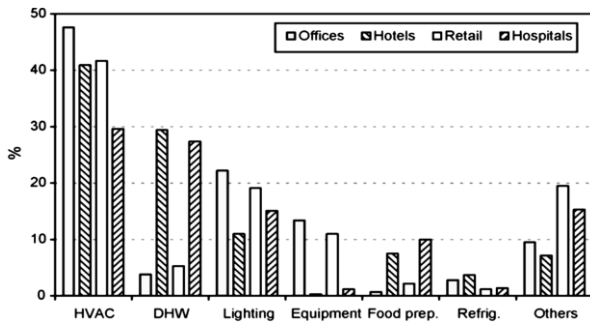


شكل 3. يوضح العلاقة بين  $PMV$  و  $PPD$  ، وحدود كل منهما المصدر (CIOP-PIB)

ثانياً: الطاقة:

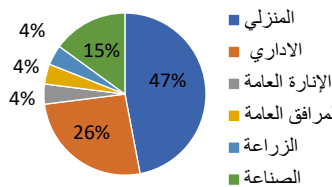
- استهلاك الطاقة في المباني الإدارية

حدثت زيادة كبيرة في الوعي بمشكلة النقص الحادث في موارد الطاقة على المستوى العالمي، ويمكن القول بأن الطاقة لم تلعب في العصور القديمة مثل الدور الهام الذي تلعبه في الوقت الحاضر في كافة المجالات الحياتية حتى صارت تؤثر على تغيير وتطوير توجهات الأمم تجاه الحصول عليها ومتابعة مصادرها وتركيز الدراسات على كيفية الحفاظ عليها واستخدامها. وكما هو موضح في الشكل 4 فإن المباني الإدارية هي الأكثر استهلاكاً للطاقة حيث تستهلك نسبة كبيرة مقارنة بباقي المباني في التبريد والتدفئة تصل إلى نسبة 48% بالإضافة إلى أعلى نسبة استهلاك في الإضاءة حيث تصل إلى 25%.



شكل 4. استهلاك الطاقة عن طريق الاستخدام النهائي للطاقة في أنواع المباني المختلفة المصدر: (EIA)

ويتم استهلاك الكهرباء من قبل مستخدمين نهائيين مختلفين في الاقتصاد المصري موزعين بين الاستخدامات المنزلية بنسبة 47% والصناعية 15% والإدارية والحكومية 26%، فيما يستخدم الباقي من قبل قطاع الزراعة والإنارة العامة والمرافق العامة بنسبة 4% كما هو موضح في شكل 4 (IRENA, 2019).



شكل 5. استهلاك الكهرباء حسب القطاع عام 2016 المصدر: (EEHC)

أبرز التعديلات استبدال النوافذ التقليدية بنوافذ ذات زجاج مزدوج وتركيب عازل حراري داخل المبنى. أشارت النتائج إلى أن هذه التعديلات وفرت 60% من الطاقة المستهلكة لأغراض التدفئة (Samaan et al., 2018).

يعد ضمان أن تكون المباني أكثر كفاءة في استخدام الطاقة أمراً ضرورياً إذا كان الاستخدام المستقبلي للطاقة مستداماً. وللحصول على الأداء الحراري الأمثل، يجب أن تكون هناك تصميمات جديدة ومبتكرة لتشييد المباني. لتحقيق ذلك، يلزم وجود برامج فعالة ودقيقة يمكنها التنبؤ بشكل صحيح بأداء المباني في ظروف متباينة. ومع ذلك، فإن البرامج الحالية غير كافية. لتعزيز التنبؤ باستخدام الطاقة داخل المباني وخفض تكاليف تشغيلها (Liang et al., 2017).

أغلب الدراسات السابقة التي تهدف إلى تحسين أداء الطاقة أو الأداء الحراري اعتمدت منهجية التطبيق العملي فيها للتحسين على أحد ما يلي: افتراض تعديلات وتحديثات للمباني للمساعدة على تقليل الطاقة أو تحقيق الراحة الحرارية

- استخدام تحليل الحساسية
- اعتماد الحل الأمثل

لذا سيقوم هذا البحث على استكمال ما توصل إليه الباحثون من تطوير أساليب التحسين (متعدد الأهداف) لحل مشكلة ارتفاع طاقة التبريد وعدم تحقق الراحة الحرارية وذلك عن طريق تحليل الحساسية S.A. واتباع نظرية الخوارزمية الجينية GA معاً حيث إن عملهما معاً سيكون أكثر تأثيراً في ضبط اختيار المتغيرات variables وقيمها values، لضمان دقة اختيار الحل الأمثل

## 7 العوامل البيئية المؤثرة على المباني الإدارية

تعتبر الطاقة و الإضاءة و الراحة الحرارية و التهوية هي أحد أهم المحاور التي يدور حولها فكرة المباني البيئية عامة والمباني الإدارية خاصة وسوف نناقش العاملين المهمين لهذا البحث وهما الطاقة والراحة الحرارية.

أولاً: الراحة الحرارية:

اليوم، يتم تعريف الراحة الحرارية على أنها "تلك الحالة الذهنية التي تعبر عن الرضا عن البيئة الحرارية" في معايير ASHRAE 55 و ISO 7730 المعترف بها عالمياً لتقييم البيئات الداخلية. لتقييم هذه الحالة، يجب على المهندسين أولاً تحديد الإحساس الحراري أو التوازن الحراري الذي قد يشعر به سكان البيئة الداخلية في ظل عدم الرضا الحراري الذي يعاني منه الأشخاص. يمكن التعبير عن حدود الراحة هذه بواسطة مؤشرات  $PMV$  أو  $PPD^2$ .  $PMV$  هو مؤشر يهدف إلى التنبؤ بالقيمة المتوسطة للتبريد للتبريد لمجموعة من الأشخاص على مقياس إحساس حراري من سبع نقاط من أجل الامتثال لـ ASHRAE 55، فإن الحد الحراري الموصى به على مقياس من 7 نقاط لـ  $PMV$  يتراوح بين 0.5 و 0.5. يتوسع ISO 7730 في هذا الحد، مما يعطي نطاقات بيئات داخلية مختلفة.

من خلال  $PMV$ ، يمكننا توقع الإحساس الحراري للأشخاص، لكن هذا لا يرسم الصورة كاملة. نحتاج أيضاً إلى النظر في مستوى رضا الأشخاص في مكان ما، للحصول على فكرة أكثر شمولية حول ما إذا كان يمكن تحقيق الراحة الحرارية وكيف يمكن تحقيقها. لهذا، تم تطوير معادلة أخرى لربط  $PMV$  بالنسبة المئوية المتوقعة من غير الراضين ( $PPD$ ).

يعطي  $PPD$  أساساً النسبة المئوية للأشخاص المتوقع أن يشعروا بعدم الراحة المحلية. يمكن أن يتراوح  $PPD$  من 5% إلى 100%، اعتماداً على  $PMV$  المحسوب. ستختلف قيم الراحة هذه اعتماداً على مكان تواجد المستخدم في المبنى. من أجل أن تتوافق نطاقات الراحة مع المعايير، يجب ألا تكون النقطة المشغولة في المخطط أعلى من 20%  $PPD$ . كما يوضح شكل 3 (Al-Addous et al., 2020).

<sup>2</sup> -PPD: predicted percentage of dissatisfied

<sup>1</sup> - PMV: predicted mean vote



## 8 آليات التعامل مع تحديات مشكلة الطاقة والراحة الحرارية

أولاً . التصميم البيئي كحل للمشكلات

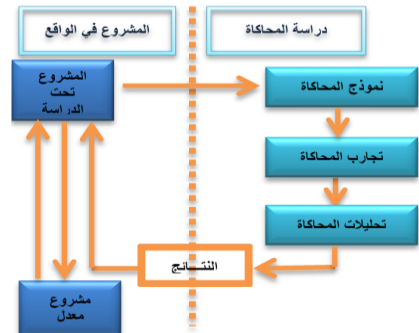
أصبح الآن في عالمنا الحديث اهتمام بشأن ارتفاع درجات الحرارة وزيادة استهلاك الطاقة الكهربائية المستمر ، فأصبح التصميم والتخطيط لمباني موفرة للطاقة هدف مهم. ومن أهم استراتيجيات تحسين كفاءة الطاقة هو الحد من حمل التدفئة - والتبريد ، فهذه الاستراتيجيات لوحدتها تستطيع تخفيض استهلاك الكهرباء في المبنى الى حد كبير وخلق بيئة داخلية مريحة وصحية.

وتعتبر علاقة التوازن بين الإنسان والمكان أحد الشروط الواجب توافرها لتحقيق ذلك التنمية التي تضع في اعتبارها المعايير البيئية والمحددات التنموية الثابتة ، وللقيام بعمل نموذج بيئي متكامل يحقق مفهوم التنمية البيئية ؛ تؤخذ قضايا معينة بعين الاعتبار ومنها التالي:

- كيفية حل المشكلات البيئية عن طريق التعلم من الوسائل التقليدية .
  - حسن التصرف في إدارة الموارد البيئية المتاحة والتحكم في إنفاقها
  - الحفاظ على الطاقة ومصادرها .
  - الاستفادة بأقصى درجة من الطبيعة والتعلم والاندماج معها .
  - الاستعمال الأمثل لوسائل التكنولوجيا الحديثة.
- وتم العمل في مجال الدراسة باختبار الحفاظ على الطاقة كأحد تلك القضايا، نظراً لأهميتها في تحقيق التصميم البيئي للمباني الادارية (الشراح، 2000).

ثانياً . برامج المحاكاة للتصميم البيئي كحل للمشكلات

استخدام الطاقة وجودة الهواء الداخلي والراحة الحرارية والبصرية للعاملين في المباني الإدارية تتأثر إلى حد كبير بالقرارات المتخذة في المراحل الأولى من التصميم، غالباً عن طريق الاختيارات التي يتم إجراؤها حتى قبل بدء التصميم. وقد ظهر العديد من تطبيقات الحاسب الآلي تقيد في جميع المراحل التصميمية، تطبيقات تساعد في عملية تحديد المشكلة وتعريفها ، وأخري في تحليل العملية التصميمية نفسها وكذلك تطبيقات تساعد في عملية التقييم ، والعديد منها المساعد في التصميم البيئي ، ولكي يتم التوصل إلى نتائج دقيقة ومرضية وتحقق الهدف المرجو منها عند تصميم مشروع ما ، مثال: (الراحة الحرارية – تخفض نسب الطاقة.. إلخ) يجب إتباع أسلوب معين عند التصميم ويتم هذا الأسلوب على عدة مراحل كما هو موضح في شكل 5 .



شكل 6. مراحل التصميم باستخدام المحاكاة

ومع التطور المستمر لبرامج الحاسب لم تعد البرامج قاصرة علي التحليل المناخي فقط بل شملت دراسة السلوك البيئي الكامل للمبني حيث ظهر العديد من برامج المحاكاة التي أعطت تقييماً لآداء المبني علي مدار العام عن طريق تمثيل التبادل الحراري بين الفراغ الخارجي والداخلي ، مع تمثيل السلوك المناخي من حركة الشمس والرياح والضوء والإظلال والخواص الحرارية للمواد وذلك للتنبؤ بالنظام الذي يمثله المبني، ومن هنا جاءت أهمية برامج المحاكاة البيئية والتي تعطي مؤشرات لتقييم وسائل الاكتساب الحراري بنسبة خطأ مقبولة وذلك لتمكين المصمم من تقييم البدائل المختلفة لينتقي الأفضل منها سواء لتوفير الطاقة أو لتوفير بيئة مناسبة ولتوضيح التعبيرات الطارئة في كميات الطاقة المختلفة (AL-HAGLA, 2000).

ثالثاً . نظرية الخوارزمية الجينية بواسطة برامج المحاكاة كحل للمشكلات

تقدم الخوارزميات الجينية حلاً فعالاً للمشكلات التصميمية عن طريق البحث في تلك المشكلات وتحسين الحلول. فحينما تتطلب العمارة أن تكون متكيفة مع محيطها، من الممكن للخوارزمية الجينية البحث في الاحتمالات العديدة الممكنة للتكيف، والحصول على الحلول الأصلح. كما يمكن أيضاً للخوارزمية الجينية معالجة مشاكل متعددة خاصة بالمباني، مثل الأداء الإنشائي والميكانيكي والحراري والضوئي والصوتي للمبني.

بالرغم من ذلك، تظل الخوارزمية الجينية أداة جيدة لتحسين الحلول وتعد أهم مزايا الخوارزمية في العمارة التكيفية؛ هي أن الخوارزمية يمكن أن تضمن ملائمة الحل وفقاً للمعيار المحدد عن طريق البحث في عدد كبير جداً من الاحتمالات الممكنة بعشوائية. وبالطبع يمكن للمرء الجدال في أن البحث العشوائي عن الحل لن ينتج الحل الأصلح بالضرورة، ولكن مع وجود نظام الإقصاء للجينات (الحلول) غير الصالحة وفقاً «للمعيار المحدد - FITNESS CRITERIA» التي يمكن أن يكون معتمد على البيئة المحيطة مثل الإشعاع الشمسي وغيره مما يضمن عدم بقاء الحلول العشوائية غير الصالحة ولا تستطيع أن تمرر جيناتها إلى الجيل (السلسلة الحسابية) الجديدة. ولكن أحد عيوب تلك الخوارزميات أنها تستغرق الكثير من الوقت لحل المشكلات، ويمكن التغلب على ذلك بتحليل كل مشكلة إلى عناصر أبسط وحل كل منها على حدة، مع تقليل عدد الطفرات الممكنة (Wang and Zhai, 2016).

## 9 تحليل الحالة الدراسية

### 9-1 أسباب اختيار الدراسة

المبنى الذي تم اختياره هو أحد نماذج الاتجاهات المعاصرة لتصميم المباني الإدارية فهناك قدر هائل من نشاط البناء الإداري بنفس الاتجاهات التصميمية في المدن الجديدة بمصر خاصة ، حيث تتشابه غالباً تصميم نماذج المباني الإدارية ، وقد تم اختيار الحالة وفقاً للمعايير التالية الموضحة في جدول 1.

جدول 1. معايير اختيار الحالة

م	المعيار	الوصف والتقييم
1-	سهولة الوصول للحالة الدراسية	سهولة الوصول للحالة الدراسية سواء لمستخدمي الحالة الدراسية أو الوصول للموقع والبيانات الخاصة بالمشروع ، كانت من العناصر الهامة في اختيار الحالة الدراسية.
2-	توافر البيانات.	يعتبر عامل توافر البيانات من العوامل الرئيسية التي أثرت على اختيار الحالة موضع الدراسة حيث إن الباحث يمكنه الوصول بسهولة إلى الموقع وأخذ القياسات المناسبة وكذلك سهولة الوصول إلى الرسومات الخاصة بالنماذج الخاصة بالمشروع.
3-	أهمية موقع الحالة للبحث.	تم اختيارها واحدة من الحالة في مدينة القاهرة الجديدة ، حيث إنها واحدة من المدن الجديدة التي يكثر فيها المباني الإدارية.
4-	الحجم الكمي من المباني التي لها نفس النموذج ويمكن تطبيق نفس الحالة عليها	من أهم مميزات الحالة الدراسية هي وجود نموذج متكرر من الحالة الدراسية يمكن الاعتماد عليه في القياس على باقي النماذج للحصول على نتائج ذات أثر كبير. وهذا التكرار قد يكون في أحد العناصر التالية أو كلهم : الشكل -التوجيه

2-2 برامج وادوات المحاكاة المستخدمة :

- 1 برنامج : DESIGNBUILDER 6.1 تم استخدام البرنامج للتحليل لأنه يستخدم أحدث محرك محاكاة ENERGYPLUS والذي تم التحقق من صحته لحساب مجموعة من المباني حيث تم استخدامه في تطبيق نظرية الخوارزمية الجينية ((GENETIC ALGORITHM (GA) خوارزمية جينية (GA) على أساس طريقة NSGA-II ، والتي تُستخدم على نطاق واسع كأسلوب "سريع ومتعدد الأهداف" يوفر علاقة جيدة بين مجموعة حلول متقاربة جيداً وموزعة جيداً .
- 2 أداة الراحة الحرارية (CBE THERMAL COMFORT TOOL (CENTER FOR THE BUILT ENVIRONMENT) : تم استخدام الاداة في حساب PMV و PPD للراحة الحرارية واستخراج المخططات السيكرومترية و PSYCHROMETRIC CHART والمقارنة بين الحالة الأساسية والمعدلة.

## 10 . منهجية الدراسة

## 3-9 الملامح المعمارية والعمرانية لمنطقة الدراسة

### - الموقع العام

يقع مجمع المباني الادارية CAIRO BUSINESS PARK في القاهرة الجديدة الظاهر في شكل 6، على امتداد مدينة الرحاب 0.18 كيلومتر ، المشروع محاط بشكل مباشر بالطرق الرئيسية: طريق القاهرة\_ السويس، الطريق الدائري بالقاهرة الجديدة ش 90.

وتبلغ مساحة أرض المشروع بالكامل 75,615 مترًا مربعًا تقسم الى مكاتب 90,000 م تجاري 20000 م 2 موقف سيارات 90,000 م. يحتوي المشروع على عدد المباني 42 عمارة. يحتوي المشروع على 19 تصميم من المباني(كلاسيك وحديث) تقسم حسب الغرض منها الى 12 نموذج كما يظهر في الشكل 3 التالي الاداري يتمثل في النموذج (A-C-B). وقد تم اختيار وحدة مكتبية في مجمع حديقة المباني الإدارية في القاهرة الجديدة تقع الوحدة في الطابق الرابع الأخير للمبنى الاداري الذي يحتوي على أربعة أدوار ، تحتوي الوحدة على 6 فراغات مكتبية رئيسية بالإضافة لمالحق الخدمات كما هو موضح في المسقط الاقفي. مساحة الوحدة = 563 م<sup>2</sup>، موضح في شكل 7. مخطط الموقع العام ومسميات المباني شكل 7.



شكل 7. مخطط الموقع العام ومسميات المباني  
بواسطة برنامج النيزاين بلندر

المصدر : *Misr Italia Properties*

### 4-9 مواصفات مواد البناء للمبني

جدول 2 يوضح وصف مواد بناء الوحدة المكتبية المختارة للدراسة. والتي تتميز واجهاتها بالبناء الزجاجي بالكامل حيث نسبة النافذة الى الجدار WINDOW- TO-WALL RATIO تقارب 100%. و جدول 3 يوضح خواص زجاج الواجهات

جدول 2. مواصفات مواد بناء المكتب الاداري

العنصر	اسم الطبقات	السمك	التوصيل الحراري
الحوائط الداخلية	دهان خفيف	20	0.1600
	طرطشة أسمنتية	20	0.72
	طوب حراري	120	0.6
	طرطشة أسمنتية	20	0.72
	دهان خفيف	20	0.1600
	الأرضية	طرطشة أسمنتية	20
الخرسانة المسلحة		200	2.3
رمل		60	0.33
مونة		20	0.88
بلاط		20	1.3
السقف		طرطشة اسمنتية	20
	الخرسانة المسلحة	200	2.3
	بيتومين	30	0.17
	بوليوريثين	50	0.02
	رمل	60	0.33
	مونة	20	0.88
بلاط	20	1.3	

جدول 3. مواصفات زجاج الواجهات

نوع زجاج الواجهات	SHGC	Light transmission	U-value(W/m2.Co)
زجاج شفاف ابيض	.812	0.88	6,1

طبقاً للمنهجية المقترحة لدراسة الحالة التي تعتمد على 3 مراحل، سيتم سرد كل مرحلة على حدة.

### 1-10 المرحلة الأولى

تم اختيار ثلاث نماذج لوحات ادارية تقع في الطابق الاخير لمباني مكاتب ادارية، الاختيار تم بشكل عشوائي للمباني الثلاثة، جميعها في اتجاهات مختلفة ومتقاربة الى حد ما في المساحة، ولها نفس التصميم الخارجي الذي يعتمد على الزجاج بنسبة 100% للواجهات الأربعة كما يظهر في جدول 4..

اتضح من محاكاة اداء المباني الثلاثة الاشترار في بعض النتائج كالاتي :

- درجات الحرارة الداخلية للفراغ عالية جدا مما يؤثر على الراحة الحرارية.
- ارتفاع معدل طاقة التبريد ويرجع السبب الى ارتفاع درجات الحرارة.
- استهلاك الطاقة الكلي عالي للمكاتب الثلاثة وذلك لزيادة نسبة طاقة التبريد مما أدى الى استهلاك عالي للكهرباء.

حددت المحاكاة السابقة مشكلة ارتفاع درجة الحرارة كسبب لارتفاع استهلاك طاقة التبريد في مباني المكاتب ويلاحظ أن هذه المشكلة ناتجة عن ارتفاع اكتساب الإشعاع الشمسي من خلال واجهات المبنى الزجاجية بالكامل في ظل الظروف المناخية الحارة الجافة مما يعوق تحقق الراحة الحرارية. لذا سيتم محاولة إيجاد الحلول المثلى لحل المشكلتين الاساسيتين للمبنى الإداري من منظور التصميم البيئي .

جدول 4. النماذج الثلاثة المختارة

النموذج الاول B23	النموذج الثاني L-27	النموذج الثالث C33
المساحة: 551 m <sup>2</sup>	المساحة: 554 m <sup>2</sup>	المساحة: 563 m <sup>2</sup>

### وتتلخص المشكلات في الآتي :

- عدم تحقق الراحة الحرارية للفراغ الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة الداخلية ويرجع السبب الى الاكتمال الشمسي العالي للوجهات الزجاجية.
- طاقة التبريد المرتفعة الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة وعدم تحقق الراحة الحرارية .

مما سبق يتضح أن أفضل نتائج مقارنات المباني الادارية الثلاثة بالنسبة لأداء المبنى هو مبنى الحالة الاولى (B23) وذلك يتضح من نتائج المقارنات السابق ، لذا سيتم اعتماد المبنى(B23) في الدراسة اللاحقة لمعالجة ما يعيق المبنى للوصول الى أفضل تصميم بيئي يساعد في حل المشاكل البيئية التي يعاني منها المبنى.

### 10-2 المرحلة الثانية:

(حل المشكلات التي تواجه الحالة الدراسية بتطبيق تحليل الحساسية والخوارزميات الجينية لإيجاد الحل الأمثل).

جدول 5. قيم متغير نوع الزجاج

الانتقالية الحرارية U-Value (W/m2·K)	انتقالية الضوء Light Transmission	انتقالية الشمس Solar Transmission	نوع الزجاج
2.511	0.505	0.49	زجاج مزدوج أزرق أرجون سمك 13/6 مم Dbl Blue 6/13mm Arg
2.556	0.83	0.22	زجاج شفاف مزدوج برونزي أرجون سمك 13/3 مم Dbl Clr Low Iron 3/13mm Arg
1.49	0.75	0.7	زجاج معتم عاكس أبيض أرجون بسمك 13/6 مم Dbl Elec Abs Bleached 6/13mm Arg
1.49	0.13	0.14	زجاج معتم عاكس ملون أرجون سمك 13/6 مم Dbl Elec Ref Colored 6/13mm Arg
1.3	0.6	0.42	زجاج مزدوج عاكس أبيض أرجون سمك 13/6 مم Dbl LoE Elec Ref Bleached 6/13mm Arg
0.68	0.35	0.24	زجاج ثلاثي سيجا أزرق بدون ظل SageGlass Climatop Blue No Tint
1.05	0.6	0.57	زجاج شفاف ثلاثي أرجون سمك 13/3 مم Trp LoE Clr 3/13mm Arg

تشرح هذه المرحلة عملية تحسين العديد من معايير تصميم المبنى الإداري في المنطقة ذا المناخ الصحراوي ( الحار جاف ) في القاهرة الجديدة ، ويعتمد ذلك على استخدام برنامج DesignBuilder لمحاكاة الأداء الحراري للمبنى الأساسي الذي تم اعتماده فيما سبق، وتقييم حساسية متغيرات التصميم لأحمال التبريد والراحة الحرارية ، بهدف الوصول لحل مُحسّن ( أمثل ) لمتغيرات التصميم . وذلك سوف يتم بإجراء تحليل الحساسية ( SA Sensitivity Analysis ) واتباع نظرية الخوارزميات الجينية ( Genetic Algorithms ) باستخدام التحسين Gas Optimization لإيجاد الحل الأمثل solutions .

### 10-2-1 اجراء تحليل الحساسية (SENSITIVITY ANALYSIS)

يوضح تحليل الحساسية العلاقة بين متغيرات التصميم والأهداف المرجوة. يمكن إجراء عدة طرق له، مثل اختبار حساسية اتساع فورييه (سريع) (FAST) (Fourier amplitude sensitivity testing) ، (Morris)، والانحدار (Regression). في هذا البحث ، سيتم استخدام طريقة الانحدار لأنها ميزة موجودة في برنامج DesignBuilder وهي طريقة شاملة يمكن تطبيقها للحصول على استجابات للنماذج المعقدة. وفي مثل هذه الحالات ، فإن العامل المهم في تحليل الحساسية هو معامل الانحدار القياسي (SRC) الذي يحدد المتغيرات الأكثر والأقل أهمية . الأهداف هي حمل طاقة التبريد cooling energy والراحة الحرارية Thermal Comfort according ASHRAE- 55 بينما متغيرات التصميم هي التي سأستعرض بتوضيحها في السطور القادمة.

■ يجب مراعاة عدة نقاط للتأكد من أن DesignBuilder تقدم نتائج دقيقة:

- عادة ما يكون حجم عينة عمليات المحاكاة العشوائية من 1.5 إلى 10 أضعاف عدد المتغيرات بينما يوصي برنامج DesignBuilder بحجم عينة يساوي أو يزيد عن 10 مرات من عدد المتغيرات. في هذا البحث ، كان هناك 10 متغيرات رئيسية ، التي قد تحتوي كل منها على قيم محتملة تتراوح بين 5\_10 أو أكثر. ومن ثم تم اختيار حجم العينة ليكون 100 مرة عدد المتغيرات أي ما يعادل 1000 محاكاة عشوائية.
- عند تحديد المتغيرات ، توصي DesignBuilder بترتيب قيمها وفقاً لما إذا كانت تتزايد أو تتناقص ، مثل طلب عزل السقف عن طريق زيادة أو تقليل قيمة U ذات الصلة.
- توصي DesignBuilder أيضاً بعدم استخدام الخيارات التي لها نفس القيمة عند إجراء تحليل الحساسية. على سبيل المثال ، لن يؤدي تغيير مكان العزل في السقف إلى تغيير قيمة U للسقف ، وبالتالي لم يتم تضمين هذه الخيارات في تحليل الحساسية.

■ متغيرات التصميم variables وقيمها values سيتم اخذ عشرة متغيرات تصميمية لكل منها قيمها المتغيرة و التي تهدف الى تحسين الأداء الحراري العام للمناخ الصحراوي لفحص تأثيرها على أحمال التبريد والراحة الحرارية في المباني الادارية.

### 1. إتجاه المبنى الإداري Building Orientation

قيم المتغير : تم تدوير تصميم الهيكل الأساسي من 0 درجة إلى 360 درجة في خطوات تبلغ قيم تغيرها 5 درجات مع ملاحظة أن المبنى الأساسي به دوران 45 درجة ناحية الشمال الشرقي.

### 2. نوع الزجاج Glassing Type

قيم المتغير : خصائص ومواصفات مواد الزجاج لها تأثير كبير على أداء الطاقة. لذلك تم فحص عدة أنواع من الزجاج موضحة في جدول 5 يقدم الجدول مواصفات أنواع مختلفة من الزجاج.

### 3. عزل السقف Thickness of Roof Insulation

قيم المتغير : تم اختبار تأثير زيادة سماكة طبقة العزل الحراري . يوضح جدول 6 التالي كيف تتغير قيمة \* U value للسقف مع زيادة سماكة العزل.

جدول 6. جدول يوضح سماكة عزل السقف وقيم U التابعة لها

سماكة عزل السقف	(U-VALUE (W/M2·K)
5سم ( الحالة الأساسية )	0.419
7.5سم	0.305
10سم	0.24
12.5 سم	0.198
15سم	0.168

### 4. . نسبة النوافذ إلى الجدار Window-to-Wall Ratio

قيم المتغير : تعتبر النوافذ عنصر مهم في غلاف المبنى ولها تأثير كبير على أحمال التبريد والراحة الحرارية. هذا لأنها تسهل اكتساب الطاقة من أشعة الشمس مع زيادة معدل التسريب والتوصيل الحراري بين البناء والبيئة الخارجية. تم حساب نسب النافذة إلى الجدار بقسمة إجمالي مساحة المبنى الزجاجي على مساحة الجدار الخارجي. لذلك ، تم فحص نسب النافذة إلى الجدار من 0٪ إلى 100٪ في خطوات من 1٪ .

### 5. نوع تظليل النافذة Window Shading Type

قيم المتغير : أجهزة تظليل النوافذ هي أدوات تغطي سطح زجاج النوافذ الذي يمكن فتحه أو غلقه للسماح بدخول الأشعة أو منعها ، أو جزء منها ، اعتماداً على خصائص الانعكاس والنفذية. لذلك ، تم اختبار أنواع مختلفة موزعات الظلال بخصائص إضاءة مختلفة لتحديد تأثيرها على أحمال التبريد والراحة الحرارية، انظر جدول 7



جدول 7. قيم متغير التظليل

2000	840	1.3	صبة خرسانية جافة ثقيلة (الحالة الأساسية) Heavyweight dry concrete cast
720	840	0.22	صبة خرسانية خفيفة الوزن Lightweight dry concrete cast
500	840	0.7	خرسانة خفيفة جدا Very lightweight concrete
-	-	-	بدون جدران داخلية (مكتب مفتوح) No partition

جدول 9. قيم متغير التظليل الخارجي

السيناريوهات Scenarios	خصائصها Characteristic
الحالة الأساسية للمبنى	No shading بدون تظليل
1	Overhangs 1 m كاسرات عمودية 1 متر
2	Overhangs 2 m كاسرات عمودية 2 متر
3	Louvres 1 m شرائح عرضية 1 متر
4	Louvres 1.5 m شرائح عرضية 1.5 متر
5	Overhang (1 m) + Louvre (1 m) + Side fins كاسرات عمودية 1 متر و شرائح عرضية 1م و زعانف جانبية
6	Overhang (1 m) + Side fins كاسرات عمودية 1 متر و زعانف جانبية

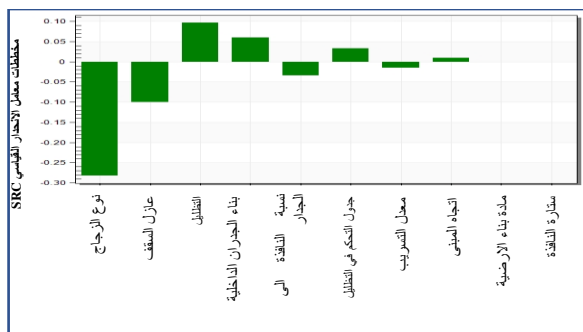
جدول 10. قيم متغير مادة بناء الارضيات

المادة	التوصيلية Conductivity (W/m·K)	الحرارة النوعية Specific Heat (J/kg·K)	الكثافة Density (kg/m <sup>3</sup> )	U-Value (W/m <sup>2</sup> ·K)
الخشب Wood	1.4	1200	650	2.9
الموكيت Moquette	0.06	1360	186	1.96
البورسلين Porcelain	1.3	840	2300	3.6
البلاط tiles	0.05	1000	380	2.2

نتائج تحليل الحساسية (SA) Sensitivity Analysis

- الهدف الأول: حمل التبريد (cooling load)

تشير مخططات معامل الانحدار القياسي SRC لحمل التبريد كما يظهر في شكل 9 أن المدخلات والمخرجات كانت مرتبطة بشكل مباشر، وتأثر الهدف objective بشكل كبير (نوع الزجاج الواجهات، عازل السقف و التظليل) على التوالي وتأثر بشكل معتدل (بناء الجدران الداخلية، نسبة النافذة الى الجدار % و جدول التحكم في التظليل) على التوالي، اما باقي المتغيرات من (معامل التسريب، اتجاه المبنى، مادة بناء الارضية ونوع ستارة النافذة) لم يكن لها تأثير ملحوظ على حمل التبريد وبالتالي يمكن تجاهل هذه المدخلات.



شكل 9. مخطط SRC تحليل الحساسية لحمل التبريد، المصدر: DesignBuilder

السيناريوهات Scenarios	خصائصها Characteristic
الحالة الأساسية	No shading بدون تظليل
1	High reflectance-Low transmittance shade تظليل عالي الانعكاس - نفاذية منخفضة
2	Medium reflectance-Low transmittance shade انعكاس متوسط - تظليل منخفض النفاذية
3	Medium reflectance-Medium transmittance shade متوسط الانعكاس - تظليل متوسط النفاذية
4	Low reflectance-Low transmittance shade انعكاس منخفض - تظليل منخفض النفاذية
5	Low reflectance-Medium transmittance shade انعكاس منخفض - تظليل متوسط النفاذية
6	Low reflectance-High transmittance shade انعكاس منخفض - تظليل عالي النفاذية

6. معدل التسريب (تسرب الهواء) (Infiltration Rate) قيم المتغير: يتم تعريف معدل التسرب على أنه تسرب الهواء إلى المبنى من البيئة الخارجية من خلال الشقوق والفتحات والأبواب. يقاس بتغير الهواء في الساعة (ac / h) تم اختبار معدلات تسرب مختلفة من 0.25 إلى 1.5 (تيار متردد / ساعة).

7. جدول التحكم الزمني Window Shading Schedule

قيم المتغير: تم اختبار 10 جداول للتحكم في فتح تظليل النافذة.

8. بناء الجدران الداخلية Partition construction قيم المتغير: تم اختبار تأثير تغير الكتلة الحرارية للجدران الداخلية. يوضح جدول 8 مواصفات الكتل الحرارية التي تم اختبارها لبناء الجدران الداخلية.

9. التظليل الخارجي Local (External) Shading

قيم المتغير: يتكون التظليل الخارجي من نماذج مبنية على السطح الخارجي للنافذة في مظروف المبنى مثل البروزات overhangs وستائر شرائحية louvres والزعانف او الشفرات الجانبية fins side تم اختبار سيناريوهات مختلفة باستخدام كل نوع على حدة أو مجتمعة، انظر جدول 9

10. مادة بناء الأرضيات Floor construction

قيم المتغير: تم اختبار تأثير تغيير مادة بناء الأرضيات بأنواع مختلفة. يوضح جدول 10 كيف تتغير قيمة U للأرضية مع تغيير نوع المادة

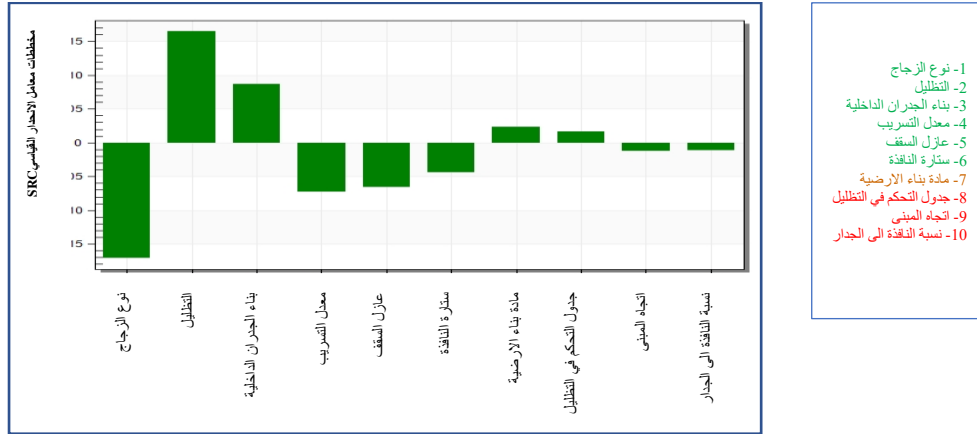
جدول 8. قيم متغير الجدران الداخلي

المادة	التوصيلية Conductivity (W/m·K)	الحرارة النوعية Specific Heat (J/kg·K)	الكثافة Density (kg/m <sup>3</sup> )
كتلة خرسانية ثقيلة heavyweight concrete block	1.6	1000	2300

- 1- نوع الزجاج
- 2- عازل السقف
- 3- التظليل
- 4- بناء الجدران الداخلية
- 5- نسبة النافذة الى الجدار
- 6- جدول التحكم في التظليل
- 7- معدل التسريب
- 8- اتجاه المبنى
- 9- مادة بناء الارضية
- 10- ستارة النافذة

التسريب، عازل السقف ونوع ستارة النافذة) وتأثر باعتدال بمادة بناء الأرضية فقط بينما لم يتأثر (جدول التحكم في التظليل، اتجاه المبنى ونسبة النافذة الى الجدار) لذلك سيتم تجاهلها ايضا في عملية التحسين

- **الهدف الثاني: الراحة الحرارية (thermal comfort)** كذلك يشير SRC للراحة الحرارية (Adaptive Comfort) (ASHRAE 5580% Acceptability objective) كما يظهر في شكل 10 أن المدخلات والمخرجات كانت مرتبطة بشكل مباشر، وتأثر الهدف بشكل كبير بستة متغيرات (نوع الزجاج، التظليل، بناء الجدران الداخلية، معدل



شكل 10. مخطط SRC تحليل الحساسية للراحة الحرارية،المصدر: DesignBuilder

يحقق القطاع population مستوى كافٍ من اللياقة أو عندما يتم إنتاج عدد محدد من الأجيال (Whitley, 1994).

**أولاً: تقليص قائمة المتغيرات لنتائج SRC**

قد يكون لمتغيرات التصميم تأثير تفاعلي على أحمال التبريد و الراحة الحرارية. وبالتالي، فإن اختبار متغير واحد في كل مرة أو استخدام أي طريقة تحليل حساسية محلية قد لا يوفر الحل الأمثل. ومن ثم، يجب إجراء تحسين لهذه المتغيرات المختلفة. ومع ذلك، إذا كان عدد المتغيرات وقيمها هائلاً، فسيكون هناك عدد هائل من مجموعات المحاكاة الممكنة؛ قد يستغرق إجراء كل هذه المحاكاة أياماً أو حتى شهوراً. لذلك، يجب إجراء دراسة عالية لتحليل الحساسية لأن هذا يشير إلى المتغيرات التي لها أعلى وأقل تأثير على الناتج المرغوب. وبالتالي، سيتم تقليل عدد المتغيرات التي تم أخذها في الاعتبار في عملية التحسين لتسريع عملية التحسين.

لاستكمال عملية التحسين يجب تقليص عدد متغيرات التصميم حسب أهميتها عن طريق اتباع مصفوفة اختيار المتغيرات المقترحة decision matrix التي سيتم استكمال التحسين optimization بناء ع نتائجها. كما يظهر في جدول 12

يعتمد اختيار المتغيرات في المصفوفة على النقاط الأساسية:

- المتغيرات التي لها أهمية عالية أو متوسطه لكلا الهدفين (objectives) سيتم اعتمادها في عملية التحسين.
- المتغيرات التي لها أهمية منخفضة لكلا الهدفين معا سيتم ازلتها من التحسين.
- المتغيرات التي لها قيمة عالية أو متوسطه لهدف واحد فقط والهدف الآخر ذا أهمية منخفضة سيتم ازالته كذلك.
- ستكون القيمة الموصي بها للمتغيرات المختارة تعتمد على نتيجة تحليل الحساسية وستكون القيمة التي تليي الهدف بشكل افضل واكثر حساسية.
- بعد إجراء تحليل الحساسية وتقليص مصفوفة المتغيرات كما يظهر في جدول 12، تم تقسيم متغيرات التصميم إلى مجموعتين وفقاً لتأثيرها على أحمال التبريد و الراحة الحرارية مجموعة عالية الأهمية المظللة بالجدول وتتكون من أربعة متغيرات (نوع الزجاج - عازل السقف - التظليل - بناء الجدران الداخلية) وهي ما سيتم اعتمادها في تبسيط التحسين simplified optimization ومجموعة منخفضة الأهمية وهي باقي المتغيرات والتي سيتم ازلتها من التحسين.

#### ■ فرز متغيرات التصميم

بعد إجراء تحليل الحساسية، تم تصنيف متغيرات التصميم حسب تأثيرها على حمل التبريد والراحة الحرارية. ثم قسمت المتغيرات إلى 3 مجموعات: المجموعة ذات الأهمية العالية والمجموعة المعتدلة والمجموعة ذات الأهمية المنخفضة ذلك طبقاً لتصنيفها في SRC. كما يظهر في جدول 11.

الأهمية	متغيرات حمل التبريد	متغيرات الراحة الحرارية
العالية	نوع زجاج الواجهات - عازل السقف - التظليل	نوع الزجاج - التظليل - بناء الجدران الداخلية - معدل التسريب - عازل السقف - نوع ستارة النافذة
المعتدلة	بناء الجدران الداخلية - نسبة النافذة الى الجدار % - جدول التحكم في التظليل	مادة بناء الارضية
المنخفضة	معدل التسريب - اتجاه المبنى - نسبة النافذة الى الجدار %	جدول التحكم في التظليل - اتجاه المبنى - نسبة النافذة الى الجدار %

2-2-10-2 تطبيق نظرية الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms) GA باستخدام التحسين Optimization لإيجاد الحل الأمثل Optimal solutions

للبحث عن خيارات التصميم المثلى، يستخدم DesignBuilder الخوارزميات الجينية (GA)، تبحث الخوارزميات الجينية (GA) عن خيارات التصميم المثلى في DesignBuilder Optimization بشكل أكثر فاعلية من الانحدار المعياري SRC لأنها تسمح بمزيد من المتغيرات (حتى 10)، إلى جانب هدفين في هذا البحث، هما "تقليل حمل التبريد" و "تقليل عدد ساعات عدم الراحة الحرارية" وهذه العملية تكرارية حيث يتم أولاً إنشاء مجموعة من القيم العشوائية (المعروفة باسم "الجيل"). يقيس كل جيل ملاءمة المتغيرات في هذا القطاع population وفقاً لقيمة دالة الهدف. ثم يتم اختيار الاصلح fittest individuals على أساس عشوائي، ومن خلال إعادة التركيب والطفرة التلقائية، يتم توظيف جيناتهم لإنشاء جيل جديد. ثم تستخدم التكرارات اللاحقة للخوارزمية أحدث جيل من الحلول المحتملة. تنتهي الخوارزمية عادةً عندما

جدول 12. مصفوفة تقليص المتغيرات

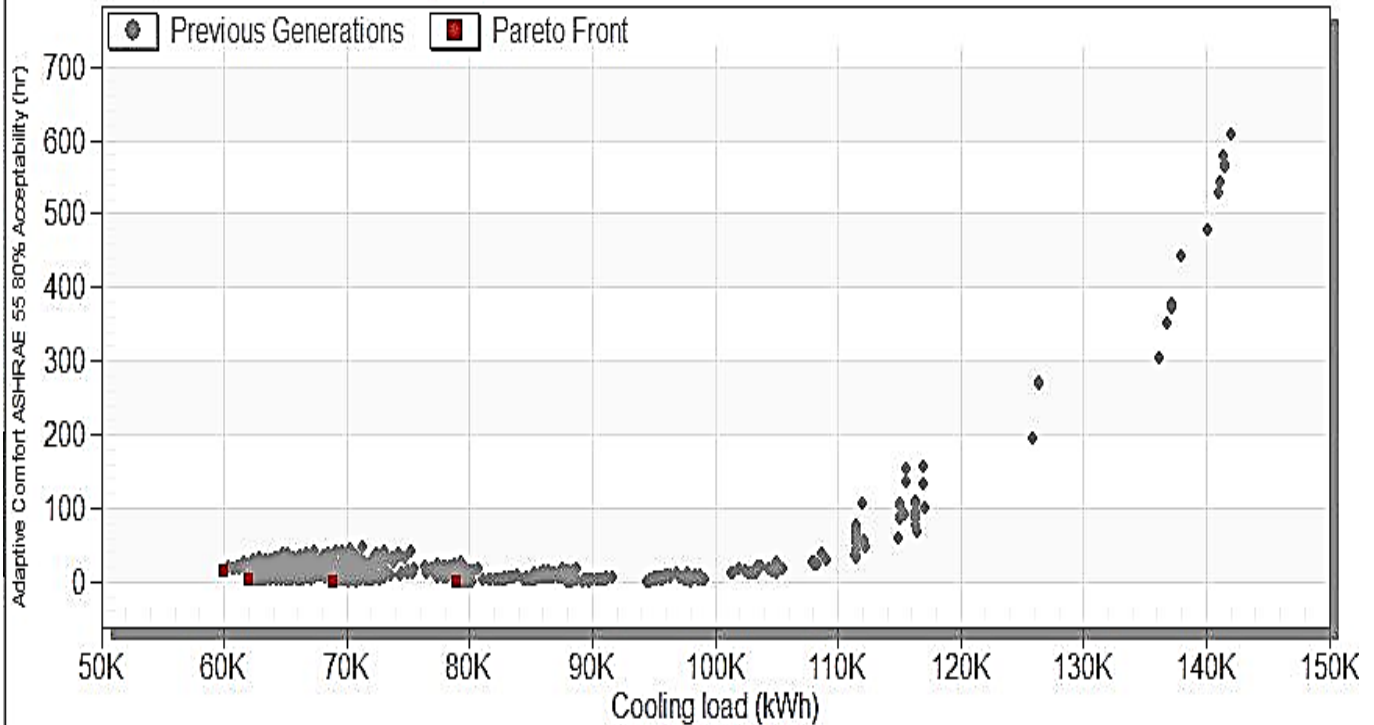
الاهمية	حمل التبريد			الراحة الحرارية thermal comfort
	منخفضة	متوسطة	عالية	
عالية	- تظليل النافذة وجداول التحكم معدل التسريب	- بناء الجدران الداخلية	- نوع زجاج عازل السقف التظليل الخارجي	
متوسطة	- مادة بناء الارضية	-	-	
منخفضة	-	- نسبة النافذة للجدار التحكم في التظليل	-	
	- اتجاه المبنى	-	-	

الأهمية التي تتكون من 4 متغيرات (variables) و24 قيمة (values) ، سيتم اعتمادها في هذا التحليل واختيار القيم الأصلح منها للمبنى الإداري .  
 - تم إجراء التحسين باستخدام عينة عشوائية من 4000 محاكاة للمجموعة ذات الأهمية العالية و 4000 محاكاة ايضا للمجموعة منخفضة الأهمية وذلك للتأكد من فاعلية تأثيرها على الأهداف وفقا لما تم استنباطه من مصفوفة المتغيرات السابق اقتراحها والتي تحتوي على 6 متغيرات بقيمتها التي تتجاوز 500 قيمة .  
 - ثم تم عرض نتائج المحاكاة لكل مجموعة من المتغيرات على رسم بياني مع التبريد في جانب واحد وعلى الراحة الحرارية في الجانب الأخر. تشكل القيم الدنيا "الحل الأمثل Pareto" للتصميمات المثلى في الجزء السفلي الأيسر من نقطة الرسم البياني كما يظهر في الشكلين التاليين نتائج مخرجات التحليل.  
 - تظهر نتائج تحليل المجموعة عالية الأهمية 4 حلول مثلى تتراوح قيم حمل التبريد فيها بين (59906.19 – 78545.9) kwh والراحة الحرارية بين (0 – 14.5) ساعة، كما هو موضح في شكل 11.

**ثانياً :** خطوات اجراء عملية التحسين optimization  
 بعد عمل تبسيط التحسين simplified optimization عن طريق مصفوفة المتغيرات المقترحة decision matrix تم اختيار المجموعة عالية

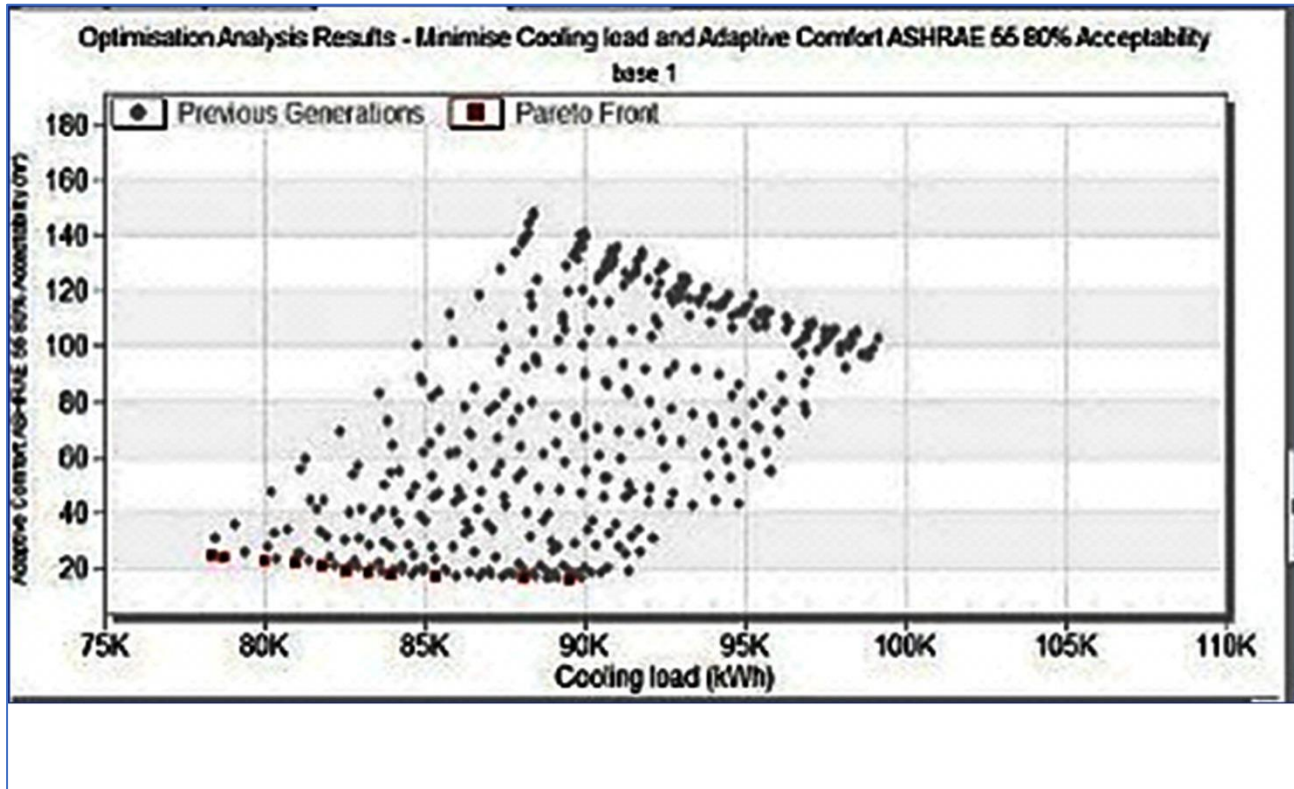
### Optimisation Analysis Results - Minimise Cooling load and Adaptive Comfort ASHRAE 55 80% Acceptability

base 1

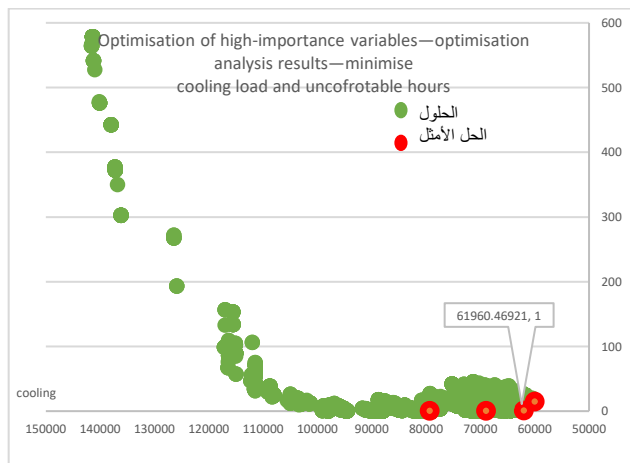


Iteration	Generat...	Status	Cooling load (kWh) /	Adaptive Comfort A...	Glazing type	local shading type	Flat roof construction	internal partition con...
<b>-  Optimal Designs</b>								
544	44	Optimal...	59986.19	14.5000	Dbi Elec Ref Colore...	2.0m Overhang	flat roof 15	no Partition
201	17	Optimal...	61960.47	1.0000	SageGlass Climatop ...	Louvre; 1.0m project...	flat roof 15	no Partition
242	20	Optimal...	68913.94	0.5000	SageGlass Climatop ...	Overhang + sidefins ...	flat roof 15	no Partition
610	49	Optimal...	78948.99	0.0000	SageGlass Climatop ...	No shading	flat roof 15	no Partition

شكل 11 . نتائج تحليل التحسين للمتغيرات عالية الأهمية،المصدر: DesignBuilder



شكل 12 . نتائج تحليل التحسين للمتغيرات منخفضة الأهمية، المصدر: DesignBuilder



شكل 13. نتائج تحليل التحسين للمتغيرات عالية الأهمية باستخدام برنامج EXCEL

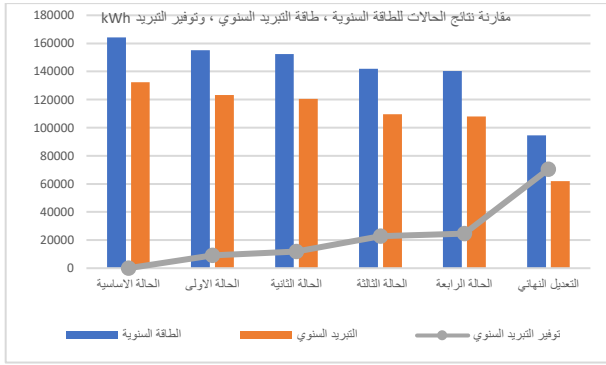
3-10 المرحلة الثالثة: تطبيق الحل الأمثل على الحالة الدراسية.

نتج عن استخدام وسائل التحليل السابقة اختيار الحل الأمثل Optimal solutions من بين مجموعة من المتغيرات والقيم التابعة لها تتمثل في الجدول السابق التي سوف يتم تطبيقها وتحليلها على المبنى الإداري لتحقيق الهدفين كل على حدى ، أولاً (تقليل حمل التبريد) وذلك لتقليل استهلاك الطاقة السنوي وثانياً (تقليل عدد ساعات عدم الراحة الحرارية) للوصول للراحة الحرارية.

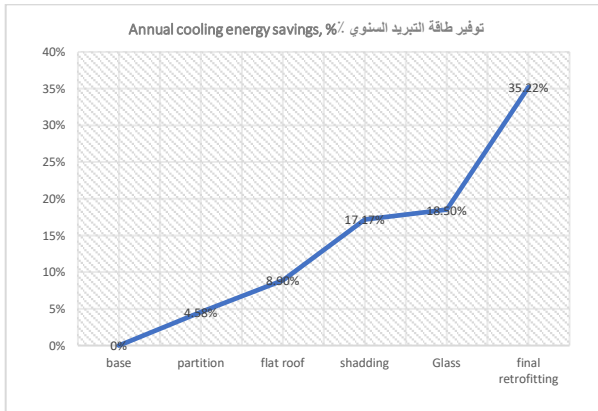
- تظهر نتائج تحليل المجموعة قليلة الأهمية 15 حلاً أمثل تتراوح قيم حمل التبريد بين (78340.7 - 89502.9) kwh والراحة الحرارية بين (16-24.5) ساعة، كما هو موضح في شكل 12.
- تظهر النتائج تأكيد فاعلية متغيرات المجموعة ذات الأهمية العالية على كلا الهدفين كما تم اقتراحه مسبقاً في مصفوفة المتغيرات decision matrix، وبناء على ذلك سيتم استكمال تلك المجموعة في عملية التحسين للوصول إلى الحل الأمثل لقيم المتغيرات. ( values )
- بعد تأكيد اعتماد المجموعة عالية الأهمية ، لا يزال يتم النظر في التحسين لتحديد أنسب القيم. لذلك تم مقارنة لثلاثة حلول محتملة للمتغيرات عالية الأهمية لتحديد ما إذا كان يمكن تحقيق أي خفض إضافي في أحمال التبريد والراحة الحرارية:

  - 1 تقليل حمل التبريد بشكل فردي.
  - 2 تقليل عدد ساعات الراحة الحرارية بشكل فردي
  - 3 تقليل أحمال التبريد وعدد ساعات عدم الراحة الحرارية في نفس الوقت.

و كان الحل الأمثل الذي تم اختياره لتقليل كل من أحمال التبريد والراحة الحرارية هو الأقل قيمة لكلاهما حيث حمل التبريد ( 61960.47 ) KWh / year وعدد ساعات عدم الراحة الحرارية (1homez) ساعة، حيث كان أكثر كفاءة لاستخدام الطاقة والراحة الحرارية معاً، وقيم المتغيرات كما تظهر في شكل 13



شكل 14. مقارنة الحالات لطاقة التبريد السنوية



شكل 15. مقارنة الحالات لنسب توفير طاقة التبريد

### 2-3-10 الهدف الثاني: تحقيق الراحة الحرارية Thermal comfort

للوصول إلى أقصى قدر من الراحة الحرارية للمكتب الإداري لابد أولاً من تقليل درجات الحرارة الناتجة عن بعض العوامل منها في هذا التطبيق الاكتساب الشمسي الزائد الناتج عن نوعية الزجاج ونسبة النافذة إلى الجدار الخارجي التي تقارب 100% بالإضافة إلى عدم الاهتمام بعنصر التظليل.

#### تطبيق المتغيرات الأربعة على الحالة الأساسية

في الجدول التالي جدول 14 تظهر نتائج درجات الحرارة للحالات الأربعة كل على حدا بواسطة برنامج design builder ، بالإضافة إلى نتائج محاكاة الراحة الحرارية

التابعة للمنهج القياسي Standard approach المعتمد على قيم لمتوسط التصويت المتوقع (PMV predicted mean vote) ، والنسبة المئوية المتوقعة من غير الراضين (PPD predicted percentage of dissatisfied) بواسطة أداة محاكاة CBE Thermal Comfort المعتمدة على نظام ASHRAE Standard 55. كما هو موضح في جدول 15

جدول 14. نتائج مقارنة الحالات لدرجات الحرارة

PPD %	المتغيرات (الحالات)				
	PMV	Humidity	Radiant temp.	Air temp.	
100	3.23	45.5	38.0	37.1	الحالة الأساسية (base case)
99	3.08	46.6	37.8	36.7	الحالة الأولى (partition)
100	3.35	43.9	38.7	37.5	الحالة الثانية (flat roof)
11	0.56	51.4	32.9	29.0	الحالة الثالثة (shading)
99	2.95	47.7	37.3	36.4	الحالة الرابعة (glassing)
35	1.2	59.0	31.7	31.6	الحالة النهائية (final)

تم مقارنة نتائج المحاكاة في جدول 13 بافتراض أن كل من المتغيرات ذات الأهمية العالية تمثل حالة ، حيث كان ترتيب الحالات كالآتي:

- الحالة الأساسية (base case)
- الحالة الأولى: إزالة الحوائط الداخلية (Remove Internal Partitions)
- الحالة الثانية: عزل السقف (Thickness of Roof Insulation)
- الحالة الثالثة: التظليل (Shading Devices)
- الحالة الرابعة: استبدال الزجاج (Replace glassing)
- النموذج النهائي للتعديلات (Final Retrofitting)

10-3-1 الهدف الأول: نتائج تخفيض استهلاك طاقة التبريد.

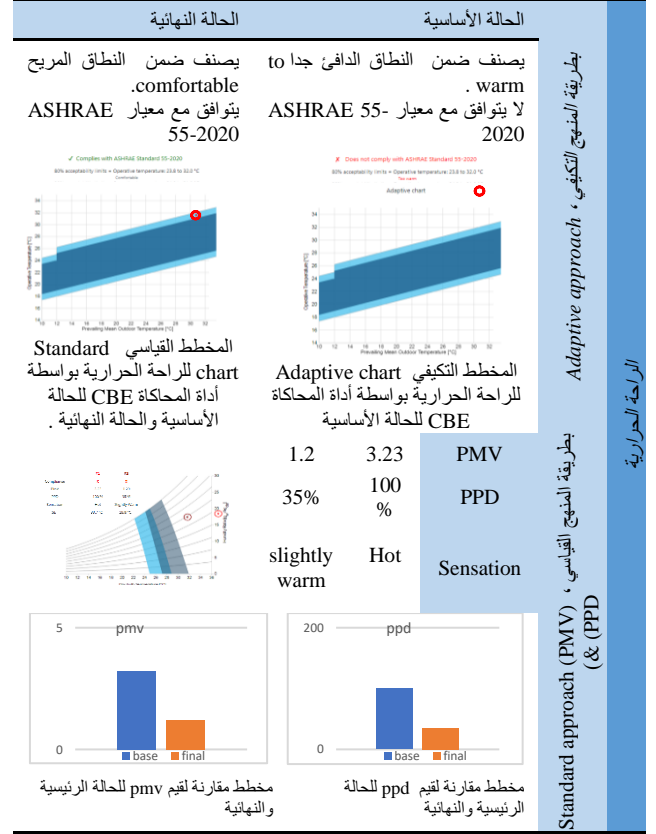
كما يظهر في نتائج جدول 13 تم بالفعل تقليل استهلاك الطاقة السنوي للمبنى من 164226.6 إلى 94479.29 و حمل التبريد السنوي من 132393.4 إلى 61931.48 أي أنه تم توفير 70461.9 من الطاقة للمكتب الإداري أي ما يعادل نسبة 53.2% من الحالة الأساسية . حيث يمكن توفير أكثر من نصف الطاقة المهذرة باتباع المنهجية السابقة . يظهر في الأشكال التالية شكل 14 شكل 15 مقارنة الحالات لطاقة التبريد ونسبة التوفير للحالات كل على حدا .

جدول 13. نتائج مقارنة الحالات لطاقة التبريد

الحالة الأساسية	الحالة الأولى	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة	الحالة المعالجة	توفير الطاقة Energy savings
164226.6	155160.5	152438.4	141937.7	140302.4	94479.29	استهلاك الطاقة السنوي للمبنى Annual building energy consumption [kWh]
132393.4	123327.7	120605.2	109652.3	107897.2	61931.48	استهلاك طاقة التبريد السنوي Annual cooling energy consumption [kWh]
284.78	269.06	264.34	248.95	245.98	154.51	بناء كثافة الطاقة ، BEI Building energy intensity
1-star BEI > 250	1-star BEI > 250	1-star BEI > 250	2-star BEI < 250	2-star BEI < 250	3-star BEI < 160	BEI range for office building
-	9065.67	11788.1	22741.0	24496.2	70461.9	توفير طاقة التبريد السنوي Annual cooling energy savings [kWh]
-	4.58 %	8.9 %	17.17 %	18.5 %	53.22 %	توفير طاقة التبريد السنوي Annual cooling energy savings, %



جدول 15. نتائج مقارنة الحالات للراحة الحرارية



- تم بالفعل الوصول لأكبر قدر من الراحة الحرارية باتباع المنهجية السابقة حيث تظهر النتائج انه تم تقليل قيمة PMV للمبنى من 3.23 إلى 1.2 ونسبة PPD من 100% إلى 35% . وذلك لأنه تم تقليل درجة الحرارة الداخلية للمكتب من 37.1 إلى 31.6 درجة مئوية ، حيث نقصت 5.5 درجة مئوية .

## 11 النتائج.

أسفرت نتائج منهجية الدراسة التطبيقية المقترحة من خلال برامج المحاكاة والتي شملت ثلاثة مراحل أساسية للوصول للتصميم البيئي الأمثل للمبنى على الآتي:

**المرحلة الأولى :** والتي اعتمدت على محاكاة أداء 3 مباني إدارية بهدف تعيين المشكلات المشتركة التي تواجه المباني الإدارية في نفس الموقع والتي كانت:

أ- ارتفاع طاقة التبريد، ب- عدم تحقق الراحة الحرارية، باعتبار أن كل مشكله تمثل هدف من الأهداف التي ستطبق في المرحلة 2،3 .

**المرحلة الثانية :** وهي حلول تطبيقية باستخدام تحليل الحساسية و نظرية الخوارزمية الجينية ((Genetic Algorithm (GA)) بواسطة المحاكاة والتي كانت بهدف إيجاد الحل الأمثل لمشكلتي ارتفاع طاقة التبريد وقصور الراحة الحرارية، وقد اعتمدت أيضا على منهجية تتلخص في ثلاثة خطوات باستخدام التحليلات:

1 تحليل الحساسية (( sensitivity analysis (S.A)) : فقد تم تحديد 10متغيرات (variables) والتصميم مؤثرة على مشكلتي المبنى ، والقيم (values) ذات الصلة التي سيجري عليها التحليل الأمثل، ثم عمل تحليل الحساسية ( S.A ) بطريقة الانحدار للمتغيرات وقيمها المختلفة (variables & values) وذلك بهدف: فرز متغيرات التصميم حسب

أهميتها لكل هدف على حدة عن طريق مخططات معامل الانحدار القياسي SRC. وقد تم فرز المتغيرات حسب أهميتها لكل هدف على حدة حيث كانت نتائج الهدف الأول ( حمل التبريد ) والهدف الثاني ( الراحة الحرارية ) كالتالي :

الأهمية	متغيرات الهدف الأول	متغيرات الهدف الثاني
العالية	نوع زجاج الواجهات - عازل السقف - التظليل	نوع الزجاج - التظليل - بناء الجدران الداخلية - معدل التسريب - عازل السقف - نوع ستارة النافذة
المعتدلة	بناء الجدران الداخلية - نسبة النافذة الى الجدار - جدول التحكم للتظليل	بمادة بناء الارضية
المنخفضة	معدل التسريب - اتجاه المبنى - مادة بناء الاربضية - نوع ستارة النافذة	جدول التحكم في التظليل- اتجاه المبنى - نسبة النافذة الى الجدار %

2 مصفوفة المتغيرات : بهدف تقليص المتغيرات للهدفين معا وتعين الأكثر والأقل أهمية لكلاهما معا. فقد تم تقسيم متغيرات التصميم إلى مجموعتين وفقاً لتأثيرها على أحمال التبريد و الراحة الحرارية لمجموعة عالية الأهمية تتكون من اربعة متغيرات (نوع الزجاج - عازل السقف - التظليل - بناء الجدران الداخلية ) وهي ما سيتم اعتمادها في تبسيط التحسين simplified optimization ومجموعة منخفضة الأهمية وهي باقي المتغيرات التي سيتم ازلتها من التحسين .

3 اجراء الخوارزمية الجينية ((Genetic Algorithm (GA)): وذلك بتنفيذ عملية التحسين Optimization analysis متعدد الاهداف التي تضمنت إجراء العديد من عمليات المحاكاة العشوائية والتي كانت بهدف: تعيين قيم المتغيرات الأكثر تأثيراً للمتغيرات عالية الأهمية وإيجاد الحل الأمثل ، والتي نتج عنها قيم المتغيرات التالية :

Variables	Values
Glazing type	top Blue No Tint Sage Glass Clima
نوع الزجاج	سيجا أزرق بدون تظليل
local shading type	Louvre, 1.0m projection + 1m overhangs
التظليل	شراخ عرضية وبروزات جانبية and side fins
Flat roof construction	flat roof 15
عازل السقف	عازل سقف سمك 15،
internal partition	no Partition
الجدران الداخلية	بدون جدران داخلية

**المرحلة الثالثة :** اعتمدت على تطبيق الحل الأمثل للمتغيرات عالية الأهمية والقيم المثلى الناتجة من Optimization analysis و sensitivity analysis حيث أسفرت نتائج الأهداف كالتالي:

**الهدف الاول (لتقليل طاقة التبريد)** أن استهلاك الطاقة السنوي للمبنى للحالة الأساسية 164226.63 kWh وللحالة المعدلة النهائية 94479.29 kWh ، وكان استهلاك طاقة التبريد السنوي للحالة الأساسية 132393.46 kWh وللحالة المعدلة 61931.48 kWh ، أي انه تم توفير 70461.9 من الطاقة للمكتب الإداري اي ما يعادل نسبة 53.2% من الحالة الأساسية حيث يمكن توفير أكثر من نصف الطاقة المهدرة باتباع المنهجية المقترحة.

**أما الهدف الثاني** فقد تم بالفعل الوصول لأكبر قدر من الراحة الحرارية باتباع المنهجية السابقة حيث تظهر النتائج انه تم تقليل قيمة PMV للمبنى من 3.23 إلى 1.2 ونسبة PPD من 100% إلى 35% . وذلك لأنه تم تقليل درجة الحرارة الداخلية للمكتب للحالة الأساسية والمعدلة على التوالي من 37.1 إلى 31.6 درجة مئوية ، حيث نقصت 5.5 درجة مئوية ، بالإضافة لفرق في اكتساب الإشعاع الشمسي بقيمه 3034 kw/h3480 ، حيث كان في الحالة الأساسية 3480 kw/h3480 ووصلت قيمته بعد التعديل إلى 446 .

مع وجود نظام الإقصاء للجينات (الحلول) غير الصالحة وفقاً «للمعيار المحدد - Fitness Criteria» التي يمكن أن يكون معتمد على البيئة المحيطة مما يضمن عدم بقاء الحلول العشوائية غير الصالحة ولا تستطيع أن تمرر جيناتها إلى الجيل (السلسلة الحسابية) الجديدة. ولكن أحد عيوب تلك الخوارزميات أنها تستغرق الكثير من الوقت لحل المشكلات، ويمكن التغلب على ذلك بتحليل كل مشكلة إلى عناصر أبسط وحل كل منها على حدى، مع تقليل عدد الطفرات الممكنة.

#### ACKNOWLEDGMENT:

My deepest gratitude to my supervisors for their support and encouragement in this research process.

#### AUTHORS CONTRIBUTION:

- **Eng. Somaia Mohamed Arafa:** contributed in the Conception or design of the work, proposed the methodology, proposed and carried out problem data collection, analysis and interpreted the results. Finally drafting the article and prepared for publication
- **Dr. Esraa M. Elazab:** contributed in discussing revise, editing and approves the article for publication.
- **Prof. Dr. Nanees A. Esayad:** contributed in the Conception or design of the work, review, editing, Final approval of the version to be published, supervised the work, contributed in discussing, revising and approving the article for publication.

#### FUNDING STATEMENT:

The author did not receive any financial support of the research authorship and publication of this article.

#### DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

##### STATEMENT:

The author declared that there are no potential conflicts of interest with respect to the research authorship or publication of this article.

#### 13 المراجع :

- IHOMEZ. Available: <https://1homez.com> [Accessed 12-9-2022 ].
- ABDELAZIM, A. I., IBRAHIM, A. M., ABOUL-ZAHAB, E. M. J. R. & REVIEWS, S. E. 2017. Development of an energy efficiency rating system for existing buildings using Analytic Hierarchy Process–The case of Egypt. 71, 414-425.
- AL-ADDOUS, M., ALBATAYNEH, A. J. E. E. & EXPLOITATION 2020. Knowledge gap with the existing building energy assessment systems. 38, 783-794.
- AL-HAGLA, K. 2000. *Sustainable Development Of Desert Settlement "An Ecological Approach "* Unpublished Ph.D. Thesis, Alexandria University.
- ALHUWAYIL, W. K. M., M.A.; ALGARNY, A.M.M. , , 2019. Impact of external shading strategy on the energy performance of multi-story hotel building in hot-humid climate. Energy. REPEC 169.
- ANNUALREPORT 2019. *New & Renewable Energy Authority: Cairo, Egypt.*
- CAPONIGRO, M., MANOLOUDIS, A. & PAPAPOPOULOS, A. M. Developing a strategy for energy efficiency in the Egyptian building sector. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020. IOP Publishing, 012076.

#### 12 التوصيات:

- يوصي الباحث باتباع منهجية تطبيقية مقترحة تتضمن عدة مراحل للوصول للتصميم البيئي الأفضل والأفضل للمباني الإدارية باستخدام برامج المحاكاة تتلخص في الخطوات التالية :

**أولاً : تحليل الأداء البيئي للمباني الإدارية:** وذلك سيتم عن طريق أي من برامج محاكاة أداء المباني، وذلك بهدف تعيين المشكلات (الأهداف objectives) التي تواجه المباني الإدارية لأنه من الضروري فهم ومعرفة المشكلات التي يعاني منها المبنى قبل القيام بعمليات التحسين أو التصميم البيئي للمبنى الذي يتعرض للعديد من التحديات المناخية والبيئية خاصة في المناخات الحارة او الباردة جدا.

**ثانياً : حل المشكلات ( الأهداف )** الناتجة عن الخطوة الأولى (تحليل أداء المبنى) وذلك سيتم عن طريق :

- أ- إجراء تحليل الحساسية بطريقة (الانحدار) بهدف: فرز متغيرات التصميم حسب أهميتها لكل هدف على حدة، حيث يتم اختيار العوامل (المتغيرات variables) وقيمها المختلفة (values) المؤثرة على المشكلة (الهدف objective) التي تواجه المبنى الإداري ، ومن ثم معرفة المتغيرات الأكثر والأقل أهمية التي تؤثر على الهدف من خلال مخططات معامل الانحدار القياسي SRC لفرز متغيرات التصميم سواء لهدف واحد أو لعدة أهداف.
- ب- إجراء نظرية الخوارزمية الجينية عن طريقة مرحلتين:

- أولها مصفوفة المتغيرات بهدف: تقليص المتغيرات لهدفين ولعدة أهداف معا وتعيين الأكثر والأقل أهمية لكلاهما أو جميعهم.

- عمل التحسين optimization وذلك من خلال اعتماد قيم المتغيرات عالية الأهمية لهدفين ولعدة أهداف ناتجة من مصفوفة تقليص المتغيرات وذلك بهدف: تعيين قيم المتغيرات الأكثر تأثيراً وإيجاد الحل الأمثل.

**ثالثاً : تطبيق الحلول المثلى** للمتغيرات وقيمها الناتجة من المرحلة الأولى والثانية لحل المشكلات البيئية للمبنى القائم أو انشاء مبنى جديد خالي من المشكلات البيئية.

- توصي الدراسة باستخدام أدوات تحليل الحساسية S.A والخوارزمية الجينية في عملية التحسين Optimization معا كجزء من سير عمل تصميم أفضل الممارسات لتحديد الجوانب الأكثر تأثيراً في تصميم المبنى، حيث يمكن استخدام هذه المعلومات لمساعدتك على أن تكون أكثر انتقائية (وثقة) حول متغيرات التصميم التي يجب التركيز عليها، والتي بدورها تساعدك على تقليل عدد عمليات المحاكاة وتحديد الحلول المثلى بسرعة وسهولة أكبر .

- توصي الدراسة باستخدام برنامج DesignBuilder 6.1 في تطبيق نظرية الخوارزمية الجينية (GA) Genetic Algorithm على أساس طريقة NSGA-II ، والتي تُستخدم على نطاق واسع كأسلوب "سريع و متعدد الأهداف" ليوفر علاقة جيدة بين مجموعة حلول متقاربة وموزعة جيداً، وذلك لأن البرنامج يستخدم أحدث محرك محاكاة EnergyPlus والذي تم التحقق من صحته لحساب مجموعة من المباني من خلال الدراسات السابقة .

- توصي الدراسة باستخدام الخوارزمية الجينية في حل المشكلات البيئية التي يتم تعيينها بوضوح من خلال تحليل أداء المبنى (الطاقة والراحة الحرارية) حيث تقدم الخوارزميات الجينية حلاً فعالاً للمشكلات التصميمية عن طريق البحث في تلك المشكلات وتحسين الحلول، حيث أنها تضمن ملائمة الحل وفقاً للمعيار المحدد عن طريق البحث في عدد كبير جداً من الاحتمالات الممكنة بعشوائية. وبالطبع يمكن للمرء الجدال في أن البحث العشوائي عن الحل لن ينتج الحل الأفضل بالضرورة، ولكن

- LÖHNER, R. 2008. *Applied computational fluid dynamics techniques: an introduction based on finite element methods*, John Wiley & Sons.
- SAMAAN, M. M., FARAG, O. & KHALIL, M. J. H. J. 2018. Using simulation tools for optimizing cooling loads and daylighting levels in Egyptian campus buildings. 14, 79-92.
- SCM, H. 2003. *Simulation Methods for Building Energy Analysis [Internet]* [Online]. Available: <http://www.arch.hku.hk/research/beer/best.htm> [Accessed 8 October 2014].
- SIMON, F., ORDÓÑEZ, J., GIRARD, A., PARRADO, C. J. I. & ENVIRONMENT, B. 2019. Modelling energy use in residential buildings: How design decisions influence final energy performance in various Chilean climates. 28, 533-551.
- WANG, H. & ZHAI, Z. J. 2016. Advances in building simulation and computational techniques: A review between 1987 and 2014. *Energy Buildings* 128, 319-335.
- WHITLEY, D. 1994. A genetic algorithm tutorial. *Statistics computing*, 4, 65-85. الشراح, ع. ا. 2000. الهندسة الداخلية للمكاتب الإدارية. مكتبة زهراء الشرق.
- CAUSONE, F., PIETROBON, M., PAGLIANO, L. & ERBA, S. J. E. P. 2017. A high performance home in the Mediterranean climate: from the design principle to actual measurements. 140, 67-79.
- CIOP-PIB COPYRIGHT © CENTRAL INSTITUTE FOR LABOR PROTECTION - NATIONAL RESEARCH INSTITUTE.
- EEHC الشركة القابضة لكهرباء مصر.
- EIA Energy Information Administration
- IRENA. 2018. *Renewable Energy Outlook* [Online]. Cairo, Egypt. Available: [https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA\\_Outlook\\_Egypt\\_2018\\_En.pdf](https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_En.pdf) [Accessed 29 October 2019].
- IRENA 2019 Renewable Energy Outlook: Egypt ISBN.
- KARAN, R. 2021. *An Introduction to Genetic Algorithms* [Online]. Available: <https://www.naukri.com/learning/articles/an-introduction-to-genetic-algorithms> [Accessed Dec 14, 2021].
- LIANG, X., WANG, Y., ZHANG, Y., JIANG, J., CHEN, H., ZHANG, X., GUO, H. & ROSKILLY, T. J. E. P. 2017. Analysis and optimization on energy performance of a rural house in Northern China using passive retrofitting. 105, 3023-3030.
- LIU, F., MEYER, A. S. & HOGAN, J. F. 2010. *Mainstreaming building energy efficiency codes in developing countries: global experiences and lessons from early adopters*, World Bank Publications.