https://doi.org/10.33261/jaaru.2023.30.4.005 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2023)30(4):42-53*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences

مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

كلية الهندسة - جامعة بغداد

جمعية كليات الهندسة اعضاء اتحاد الجامعات العربية

تأثيرالواجهات الحركية على الأداء الطاقوي في غرف العناية المركزة في المستشفيات العامة, دراسة حالة مستشفى النجف التعليمي.

***علي حسن حسوني*[1]*، *غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق كمونة*[2]**

[1] *قسم هندسة العمارة، جامعة بغداد، بغداد، العراق، ali.hassouni2004d@coeng.uobaghdad.edu.iq*

[2] *قسم هندسة العمارة، جامعة بغداد، بغداد، العراق، g.kamoona@coeng.uobaghdad.edu.iq*

* *الباحث الممثل:* علي حسن حسوني , *ali.hassouni2004d@coeng.uobaghdad.edu.iq*

نشر في: 31 كانون الاول 2023

الخلاصة – تعدّ أبنية المستشفيات من بين أكثر أنواع الأبنية المستهلكة للطاقة , ذلك بسبب الاشغال الوظيفي العالي فيها , لاسيما في غرف العناية المركزة التي قد يصل معدل الاشغال فيها إلى 24 ساعة/يوم , إذ تحتاج المستشفيات الكبيرة العامة بحسب وظيفتها إلى كميات كبيرة من الطاقة ، لاسيما في المناخ الحار الجاف ، لتشغيل منظوماتها للتهوية والتدفئة والتبريد مما يقلل من كفاءة الأداء الطاقوي لهذه الأبنية ، تم اختيار مستشفى عام سعة 492 سرير في العراق وتحديداً في مدينة النجف 32°15N,44°23 E والتي تقع ضمن المنطقة الوسطى ذات المناخ الحار الجاف ، قيمت الدراسة غرف العناية المركزة في المستشفى التي تقع على الواجهتين الجنوبية والشمالية وعلى مرحلتين : المرحلة الأولى شملت محاكاة و تحليل حراري لغرف العناية المركزة الجنوبي والشمالي قبل اضافة الواجهة الحركية ذات الكاسرات ، أما المرحلة الثانية شملت محاكاة وتحليل حراري لغرف العناية المركزة الجنوبي والشمالي بعد اضافة الواجهة الحركية ذات الكاسرات ، إذ تم اضافة الكاسرات الافقية و العمودية إلى الواجهة الجنوبية والكاسرات الافقية العمودية إلى الواجهة الشمالية من المستشفى ، ومن ثم مقارنة نتائج التحليل قبل وبعد استخدام الواجهة الحركية، إذ اظهرت النتائج التي تم التوصل اليها باستخدام برنامج Rhino Grasshopper وبالاعتماد على ادوات المحاكاة والتحليل الحراري Ladybug-Honeybee انه بعد استخدام الواجهة الحركية من نوع الكاسرات الافقية على غرف العناية المركزة الجنوبية ، قل مستوى التعرض للاشعاع بنسبة 75% عندما كانت زاوية ميل الكاسرة 45° وبنسبة 60% عند زأوية ميل 315° ونسبة 40% عند زأوية ميل 0° ، والذي يؤثر بشكل مباشر وفاعل على خفض درجات الحرارة المنتقلة إلى غرف العناية المركزة، ومن ثم خفض استهلاك الطاقة المستخدمة في تشغيل منظومات التهوية والتبريد والتدفئة HVAC ، مما يحقق كفاءة الأداء الطاقوي في غرف العناية المركزة بشكل كبير، لذلك وبناءاً على النتائج المستحصلة تم التوصل إلى توصيات يمكن تطبيقها على مشاريع مشابهة في بيئات مماثلة في المستقبل .

الكلمات الرئيسة – "واجهة حركية"، "كفاءة الأداء الطاقوي"، " مناخ حار جاف"، "محاكاة حرارية"،" Rhino Grasshopper".

1. المقدمة

استخدام الستراتيجيات المبتكرة المعتمدة على الحلول التكيفية لتحسين الأداء الطاقوي للأبنية بات هو الهدف الأهم في الوقت الحالي ، لأنه في الأبنية عالية الأداء أصبح غلاف المبنى هو المكون الأساس لتحقيق هذا الهدف، لذا نحتاج إلى الاعتراف بأن اغلفة الأبنية يمكن أن تمثل امتدادات حساسة وتفاعلية للشاغلين وليس مجرد حماية من الطبيعة [14]. إن تصميم و إنشاء أبنية متكيفة بيئياً يشكل تحدياً يواجه المهندسين المعماريين في حالياً ، مع ذلك ، فإن التطور في برامج التصميم بمساعدة الحاسوب قد مكنت المهندسين المعماريين من استكشاف أشكال بناء جديدة ومعالجات فاعلة ومؤثرة لاغلفة الأبنية، في محاولة لحل المشكلات التي تواجة التصميم المعماري البيئي [15]

إن المشكلات البيئية العالمية الرئيسة التي تواجهنا في بداية القرن الحادي والعشرين تتمثل في المخاطر التي يفرضها تأثير الاحتباس الحراري وما ينتج عن ذلك التأثير على المناخ ، وإن غلاف المبنى الذي يفصل البيئة الخارجية عن البيئة الداخلية المحمية يمكن له التقليل من هذه التأثيرات البيئية على المبنى ، لذا فان دور غلاف المبنى يمثل الدور الاكبر في الحل البيئي، مما يخلق بناء يتفاعل مع بيئته المحيطة بشكل اكثر فاعلية [15]. إذ اصبح مفهوم كفاءة أداء الطاقة وسبل توفير الحلول التي تحقق هذا المفهوم داخل فضاءات الأبنية امراً مهماً وضرورة ملحة [4]. إذ تعدّ المستشفيات من الأبنية ذات الأهمية الخاصة في أي مجتمع ، إذ أن كيفية تصميم وبناء وتشغيل هذا النوع من الأبنية له تأثير كبير على صحة الإنسان والبيئة [7]. تتكون المستشفى من التكوينات البنائية المهمة في نظام الرعاية الصحية، وما التعقيد الحاصل في تلك التكوينات الا نتيجة التطور الطبي والتكنولوجي في المجال الصحي، كالتطور في العلوم الطبية والتقنيات وحتى الاجهزة منها المعدات والتقنيات المستخدمة في فضاء صالات العمليات ووحدات التشخيص والعلاج، كوحدات العناية المركزة، اذ تعدّ هذه العوامل ذات تأثير على تصميم وتخطيط أبنية المستشفيات [9].

تتكون كل مستشفى من مجموعة واسعة من الخدمات والوحدات الوظيفية وتشمل هذه الوظائف التشخيصية والعلاجية، مثل المختبرات السريرية و الاشعة وغرف الطوارئ والجراحة وغرف العناية المركزة ، إذ ينعكس هذا التنوع في اتساع وخصوصية اللوائح والقوانين والرقابة التي تحكم بناء المستشفيات وعملياتها [11]. تتطلب المستشفى التنسيق العالي بين منظوماته الفرعية (الطبية، التمريضية، الهندسية، وغيرها من الخدمات) لتأدية وظيفتها بالكفاءة المطلوبة، وما تمثله ضمن التدرج الهرمي الذي ترتبط به وكونها منظومة صحية متفرعة من منظومات اعلى وتتفرع منها منظومات فرعية، فيجعلها ذلك منظومة حية معقدة تخضع للتغيير المستمر[30] .

1726-4081© 2023 The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

ان الأداء الطاقوي بشكل عام يعد مقياسًا لكفاءة الطاقة النسبية للمبنى أو معدات المبنى أو مكوناته ، مقيسًا بكمية الطاقة اللازمة لتقديم خدمات المبنى، اي مقياس نسبي لأثر المعدات أو المكونات على استخدام طاقة المبنى [29] . ومن المعلوم من قِبَل المصممين أن اغلفة الأبنية التي تستجيب للظروف البيئية والمناخية، سوف تعمل تلقائياً على خفض استهلاك الطاقة ، لذا يتم الاخذ بهذه الاهداف في مراحل التصميم الأولية [21].

2. الدراسات السابقة

أشارت دراسات (Kamoona) ، (Abdul Jalil) إلى ان الواجهات الحركية تعدّ واحدة من أهم التقنيات لتوفير الطاقة في المبنى، لانها من أهم مكونات غلافه البنائي، لذا يتعين تصميمها و منذ البداية بشكلٍ مناسب للتكُّيف مع المناخ الموضعي لفضاءات المبنى، وبأسلوب يحقق الاستخدام الكفوء للطاقة كما تعرف على انها تلك الواجهات القادرة على التحكم في شكلها أو توجيهها أو فتح وغلق فتحاتها كاستجابة للمؤشرات البيئية التي تتضمن درجة الحرارة والرطوبة والهواء وشدة الاضاءة...الخ، مما يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة في المبنى.

ولبيان تأثير الاشعاع الشمسي السنوي على غلاف المبنى ذكرت دراسة (Bellia et al.) إن أنظمة التظليل مثل الواجهات الحركية تقلل من كسب الاشعاع الشمسي السنوي وتعدّيل التبادلات الحرارية عن طريق غلاف المبنى ومن ثم، تؤثر ايجاباً على كفاءة الأداء الطاقوي في المبنى لأغراض الإضاءة والتهوية والتدفئة والتبريد، كما تؤثر على راحة الشاغلين البصرية والحرارية، وأوضحت دراسة (Favoino et al.) بأن نسبة الفتحات على الجدران يمكن أن تحدد مستوى ضوء النهار في المساحات الداخلية و تسهم أيضاً في زيادة الحرارة المكتسبة إذا لم تكن الفتحات محمية بيئياً بأنظمة تستجيب لحالات مختلفة من التغيرات البيئية. و من المهم مراعاة التوازن بين اكتساب الحرارة الشمسية والاضاءة النهارية لان مصدرها نفسه كما بينت ذلك دراسة (Modin) ، وعادة ما يكون لغلاف المبنى التقليدي خصائص ثابتة، ولا قدرة لهذا الغلاف على التكييف استجابة للتغيرات البيئية ، بينما يتيح التحول إلى أبنية متكيفة بيئياً فرصا للإفادة من التغيرات في الناخ ، ومن ثم يخفض الطلب على الطاقة (Loonen et al.) ، يمكن تخفيض الأحمال الحرارية الداخلية والخارجية عن طريق استخدام المعدات الكفوءة في استخدام الطاقة الحرارية والإضاءة، عن طريق الإفادة المثلى من ضوء النهار الطبيعي، ووسائل التظليل الشمسي الفعالة، واستخدام ستراتيجيات التبريد والتدفئة والتهوية المنفعلة [20].

أشارت الدراسات (Alkhayyat)، (Weston) بشكل عام إلى وجود قلق متزايد بخصوص العمارة الحركية، لاسيما الواجهات الحركية، إذ تكمن التحديات في انشاء غلاف للمبنى سريع الاستجابة يتكيف مع ظروف البيئة المختلفة، وان أنظمة الواجهات الحركية التي تتفاعل مع مستويات مختلفة من الإشعاع الشمسي هي إلى حد كبير أكثر الحلول الناجعة في البيئات الحارة الجافة ، كما يمكن لهذه الانظمة المتكيفة أن تتخذ أشكالاً وتكوينات عديدة و مختلفة، منها أنظمة خارجية وداخلية، فضلاً عن أنواع الكاسرات الافقية والعمودية والهجينة ، وخلصت دراسة (Hammad et al.) إلى أن الكاسرات العمودية تُستخدم لكل من الواجهات الشمالية والغربية بينما، تُستخدم الكاسرات الأفقية للواجهة الجنوبية ،وبينت دراسات (Dagher et al. ، (Kirimtat) بشكل عام، إلى تركيب الكاسرات الأفقية على الواجهات الجنوبية بينما، يتم تركيب الكاسرات العمودية على الواجهات الغربية و الشرقية ، اذ تكون الكاسرات العمودية فاعلة عند تركيبها في الاتجاه الشرقي و الغربي للأبنية، إذ تعمل كمصدات رياح للمساعدة في حماية الواجهة خلال فصل الشتاء .

اشارت دراسة (Wang et al.) إلى امكانية الحصول على مساهمة إيجابية في جودة الهواء الداخلي ومستويات الراحة الحرارية والبصرية فالأنظمة التكيفية تستخدم طاقة أقل، وتوفر مزيدًا من التحكم في مستوى الراحة الحرارية، كما أدت ستراتيجيات التصميم الحالية الموفرة للطاقة وتقنيات بناء أغلفة الأبنية إلى توفير كبير في استهلاك الطاقة، ومع ذلك، بالنسبة لمعظم المناخات، قد لا تكون اغلفة البناء التقليدية ذات الخصائص الثابتة حلاً مثاليًا، وتظهر هذه الحالات والدراسات اهتماماً متزايداً بتقنيات الواجهات الحركية المقترحة لتحسين أداء الطاقة والراحة الداخلية.

وبينت دراسات (Attia et al.) ، (Karaseva) إلى وجود عدد كبير من أنظمة الواجهات الحركية والاغلفة المتكيفة، ومع ذلك، فإن القرار المتعلق بكيفية تصميمها وتشغيلها وصيانتها وتقييمها لا يزال يشكل تحدياً ، فضلاً عن المتطلبات الصارمة للدول الأعضاء في الاتحاد الأوربي (EU) حول كفاءة الأداء الطاقوي في الأبنية واعتماد حلول مبتكرة يمكن أن تقلل من استهلاك الطاقة في أي مبنى ، نتيجة لذلك فان البحث والتطوير لأنظمة الواجهة الحركية في تزايد مستمر في أوروبا والولايات المتحدة.

أوضحت دراسات (Romano et al.) ، (Boer et al.) إلى أن الواجهات الحركية التي بنيت في العقود الأخيرة في العديد من الانطقة الجغرافية تتميز بالنظام التكاملي بين تكنولوجيات البناء ووجود انظمة للسيطرة والمراقبة تجعلها عنصرا أساسياً في نظام البناء المعقد ، أدى تطور تكنولوجيا الحاسوب إلى تحسين القدرة على معالجة نماذج المحاكاة المعقدة و تمكين حسابات أكثر دقة لأداء الطاقة. ويمكن استخدام هذه الادوات كأدوات تصميم في مرحلة مبكرة، مما يجعل من الممكن تصميم غلاف مثالي للمبنى.

واشارت دراسة (Hijeat & Husain) إلى فكرة تمثيل عملية التصميم بمساعدة الحاسوب في تصميم واظهار الإنموذج الابتدائي للفكرة التصميمية وصولاً إلى نماذج نهائية برؤية شمولية تكاملية للفكر التصميمي والانشائي باستغلال إمكانيات برامج الحاسوب وبما يحقق انتخاب البديل الافضل .

وبالرغم من أن التطور التقني والتكنولوجي ادى إلى اختزال بعض فضاءات المستشفى ،لاسيما الأقسام التشخيصية والعلاجية ،اكدت دراسة (Albadry & Jafer) إلى ان هناك فضاءات ثابتة لابد من وجودها في أي مستشفى سواء كانت محلية ام عالمية - تقليدية ام معاصرة (مثل غرف العناية المركزة وغرف المرضى و الاستعلامات والتسجيل والانتظار والخدمات والمرافق العامة (فتلك الفضاءات مع اختلاف مساحاتها بين مستشفى واخر الا أن وجودها أمر حتمي وضروري في كل مستشفى عام) .

خلصت دراسة (Al Rawi) و (Wahhab) ، إلى إمكانية محاكاة اي مبنى بإستخدام برنامج (Rhainograsshopper) والمدمج مع تطبيق 3D Rhinoceros ، فضلاً عن الاستعانة بتطبيق (Ladybug)، والذي يعد من الادوات الكفوءة والدقيقة لحساب الاحمال الحرارية المسلطة على العينة البحثية بغرض دراستها قبل وبعد عملية المعالجة البيئية عن طريق تغليف المبنى بغلاف تكيفي ذكي متحرك، والذي يؤدي إلى التقليل من المشكلات المستقبلية عند تنفيذه واستخدامه.

كما ذكرت مدونة العزل الحراري العراقية (Iraqi thermal insulation blog) إلى ان الواجهة الحركية من نوع الكاسرات الأفقية تعمل على منع أشعة الشمس المباشرة في الأوقات التي تكون فيها زاوية إرتفاع الشمس عالية (Sun's altitude) وزاوية الظل الأفقية صغيرة ويفضل استعمالها في الإتجاه الجنوبي بين زاويتي سمت 135°-225° ، وممكن أن تكون ثابتة أو متحركة ، اما الواجهة الحركية من الكاسرات العمودية تعمل على صد أشعة الشمس المباشرة في الأوقات التي تكون فيها زأوية ارتفاع الشمس واطئة وزاوية الظل الأفقية كبيرة ويفضل استعمالها في الإتجاه ما بين 0° إلى 90° من الشمال وما بين 270° -360° بإتجاه الشمال وممكن أن تكون ثابتة أو متحركة .

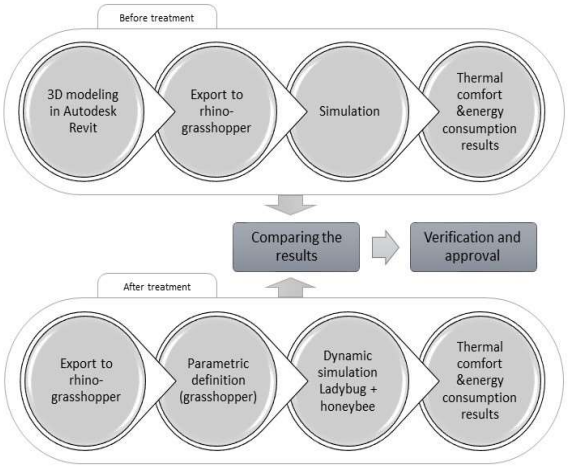
إستناداً إلى الادبيات السابقة ، تؤثر الواجهات الحركية على كفاءة الأداء الطاقوي في غرف العناية المركزة عن طريق تقليل استهلاك الطاقة ، لذلك عمد البحث إلى عمل محاكاة وتحليل حراري لنوعين من الواجهات الحركية (واجهة كاسرات حركية افقية باتجاه الجنوب والشمال وواجهة كاسرات حركية عمودية باتجاه الجنوب والشمال) ، ومن ثم مقارنة النتائج لاختيار الواجهة الاكفأ لكل توجيه.

3. منهجية البحث

اعتمدت الدراسة على منهج المحاكاة والتحليل والمقارنة ، لدراسة تأثير الواجهة الحركية على كفاءة الأداء الطاقوي في غرف العناية المركزة في المستشفيات العامة ، إذ تركزت عملية المحاكاة على مرحلتين هما : المرحلة الأولى تشمل نمذجة و محاكاة بيئية وتحليل حراري للحالة الدراسية قبل إجراء اي معالجة على مستوى الواجهة، أما المرحلة الثانية تشمل محاكاة بيئة وتحليل حراري للحالة الدراسية بعد اجراء معالجة للواجهة عن طريق استخدام واجهة الكاسرات الحركية الافقية والعمودية ، ومن ثم مقارنة النتائج قبل وبعد استخدام الواجهة الحركية .

ويتم ذلك عن طريق الخطوات التالية، الشكل (1)

1. وصف الحالة الدراسية و الظروف المناخية في منطقة الدراسة
2. نمذجة الحالة الدراسية باستخدام برنامج Autodesk Revit
3. محاكاة للبيئة الخارجية للحالة الدراسية وتأثيرها على البيئة الداخلية باستخدام برنامج Rhino Grasshopper وذلك قبل وبعد اجراء المعالجة البيئة على مستوى الواجهة.
4. قياس وتحليل نتائج المحاكاة باستخدام ادوات التحليل ladybug – honeybee
5. مقارنة النتائج للوصول إلى توصيات من الممكن تطبيقها مستقبلاً على مشاريع مشابهة في بيئات مماثلة



شكل 1: يوضح منهجية الدراسة

3.1 مشكلة البحث

تمثلت المشكلة البحثية في هذه الدراسة في تقييم أداء واجهة الكاسرات الحركية في زيادة كفاءة الأداء الطاقوي داخل غرف العناية المركزة عن طريق تقليل استهلاك الطاقة في المستشفيات.

3.2 هدف البحث

يهدف البحث إلى تحقيق اعلى كفاءة ممكنة في استخدام الطاقة في غرف العناية المركزة عن طريق محاكاة التأثيرات البيئة الخارجية على مبنى المستشفى وفي فترات مختلفة من السنة بغرض الوصول إلى توصيات بالامكان تطبيقها في المستقبل وفي اماكن مماثلة ، لتقليل معدل استهلاك الطاقة ومن ثم زيادة كفاءة الأداء الطاقوي.

4. الدراسة العملية

4.1 منطقة الدراسة

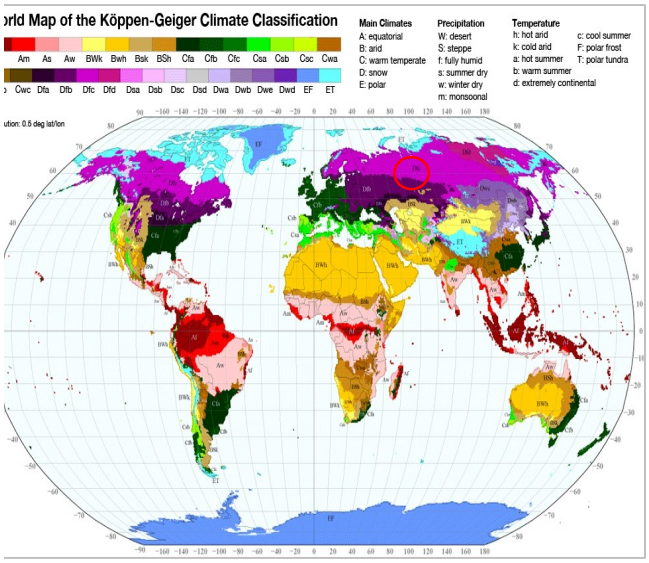
ركزت الدراسة على مستشفى تعليمي عام ، في العراق وفي مدينة النجف تحديداً ، إذ تعدّ مدينة النجف أحدى المدن الرئيسة في جمهورية العراق ، إذ يحتل مركز محافظة النجف مكانة كبيرة من الناحية التاريخية والدينية، فهي تقع على حافة الهضبة الغربية من العراق جنوب غرب العاصمة بغداد وتبعد عنها بحوالي 161 كم ، وتغطي مساحة حوالي 82428 كيلو متر مربع ، إذ تأتي بالمرتبة الثامنة من حيث المساحة (Abd & Hadi, 2023,P.5)، يُقدر عدد سكان مدينة النجف بنحو 1.4 مليون نسمة حسب احصائيات 2018 (الجهاز المركزي للاحصاء) ، تقع هذه المدينة ضمن المنطقة المناخية الوسطى من العراق N 15°32، E 23°44 ، الشكل (2) ، ترتفع المدينة 40 م فوق مستوى سطح البحر يحدها من الشمال والشمال الشرقي مدينة كربلاء التي تبعد عنها نحو 40 كم ومن الجنوب والغرب منخفض بحرالنجف، يتميز مناخ المنطقة الوسطى وبضمنها مدينة النجف بكونه حارًا وجافًا في الصيف، وباردًا وممطرًا في الشتاء، إذ تتراوح درجات الحرارة في الصيف بين 50 درجة مئوية وأقل من الصفر في الشتاء، كما يتميز المناخ بعدد كبير من الساعات المشمسة خلال العام، وقلة الساعات التي يكون فيها الجو غائماً ، يعود ذلك إلى موقعها ضمن المناخ شبه الصحراوي.

إذ يقسم مناخ العراق بحسب (تصنيف كوبن) إلى ثلاثة انطقة مناخية ، الشكل (2)، كما يأتي

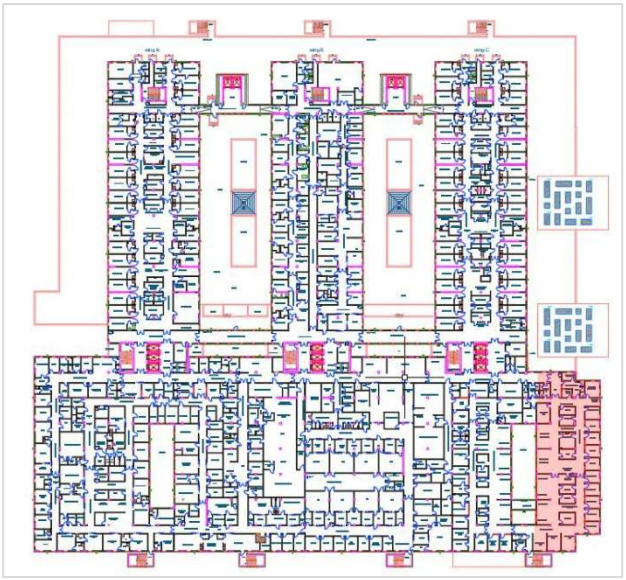
1. مناخ جاف: ويشمل مناطق جنوب وجنوب غرب العراق ، إذ تقع تقع المنطقة الصحراوية الغربية.
2. مناخ شبه استوائي وشبه جاف: يشمل المنطقة الوسطى من العراق ، إذ تقع مدينة النجف.
3. مناخ البحر الابيض المتوسط: يشمل المنطقة الجبلية الشمالية من العراق.

عمد البحث على تطوير مبنى مستشفى النجف التعليمي العام الواقع في الجزء الشمالي من مدينة النجف، والذي يتسع لـــ 492 سريرًا، كما يغطي مساحة قدرها 90.000 متر مربع، صُمم المستشفى من قبل مكتب المهندس عدنان سفاريني (معماريون ومهندسون استشاريون)، وقامت شركة Global Medical Services (GMS) ، الألمانية للخدمات الطبية بتنفيذه.

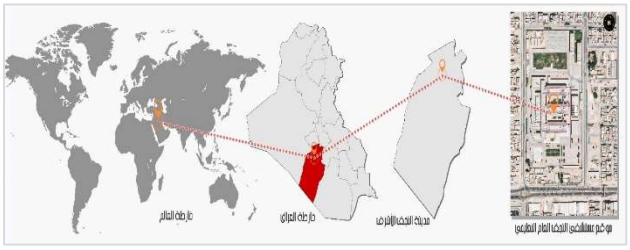
يتكون المستشفى من طابق أرضي وثلاثة طوابق فوق الطابق الأرضي، الشكل (4) ، إذ تم تركيز البحث على قسم غرف االعناية المركزة ،لأسباب عديدة سيتم تفصيلها لاحقاً ، تم تصميم غرف االعناية المركزة بشكل طولي على الواجهة الجنوبية ، الشكل (5) .



شكل 2: يوضح تصنيف كوبن العالمي



شكل 5: يوضح توزيع غرف العناية المركزة في المخطط العام



شكل 3: الموقع الجغرافي للحالة الدراسية

شكل 6: يوضح الواجهة الجنوبية من مستشفى النجف العام

شكل 4: يوضح التوزيع ثلاثي الابعاد للاجزاء المشمولة بالدراسة

4.2 أسباب اختيار غرف العناية المركزة في الحالة الدراسية

تم اختيار غرف العناية المركزة (ICU) في البحث لعدة أسباب تتعلق بخصوصيتها وإحتياجاتها الفريدة فيما يتعلق بالتبريد والبيئة. ومن أهم الأسباب التي توضح خصوصية غرف العناية المركزة:

1. حرارة الجسم: المرضى في غرف العناية المركزة غالباً ما يكونون في حالات صحية حرجة ويمكن أن تتأثر درجات حرارة أجسامهم بسرعة. لذا يتعين تنظيم درجة حرارة الجو في هذه الغرف بدقة لتلبية احتياجات المرضى. ذلك قد يتطلب توفير تبريد دقيق وفاعل مما يحتاج استهلاك كميات كبيرة من الطاقة.
2. استقرار درجات الحرارة: قد تحتاج حالات العناية المركزة إلى درجات حرارة محددة وثابتة للمساعدة في تحسين استقرار المرضى وتعزيز عمليات الشفاء ، إذ انتوفير بيئة مستقرة حرارياً أمر أساس للمرضى.

3. الحاجة المستمرة: غالبًا ما تحتاج غرف العناية المركزة إلى العمل على مدار الساعة لمتابعة ومراقبة حالة المرضى بشكل دقيق وتقديم الرعاية اللازمة. هذا يعني أنه يجب أن تكون البيئة دائمًا جاهزة للاستخدام ومحتفظة بدرجات الحرارة المناسبة.
4. معدات حيوية: غالبًا ما تكون غرف العناية المركزة مجهزة بأجهزة طبية حيوية مثل أجهزة التنفس الاصطناعي وأجهزة مراقبة الأكسجين وغيرها من المعدات التي تحتاج إلى تبريد دائم للحفاظ على أدائها الصحيح.
5. التحكم في العدوى: غرف العناية المركزة تستضيف مرضى يمكن أن يكونوا عرضة للعدوى بشكل أكبر من المرضى في أقسام أخرى. يُفضل توفير تكييف جوي محكم للحفاظ على تدأول الهواء وتنقية الهواء للحد من انتقال العدوى.

بشكل عام ، تختلف غرف العناية المركزة عن باقي فضاءات المستشفى احتياجاتها الفريدة للتبريد والبيئة لضمان توفير الرعاية الطبية العالية للمرضى الذين يعانون من حالات صحية حرجة ، لذا عمدت الدراسة على اختيار غرف العناية المركزة دون غيرها من فضاءات المستشفى.

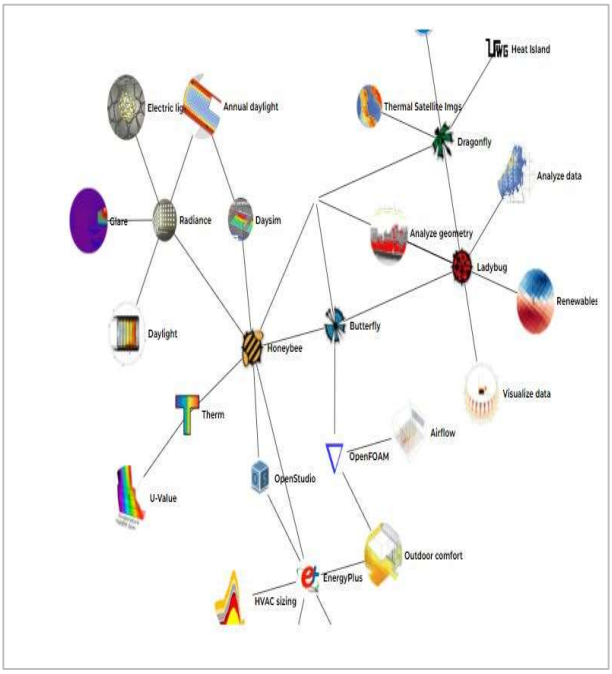
4.3 البرنامج الحاسبي

أولاً: وصف البرنامج

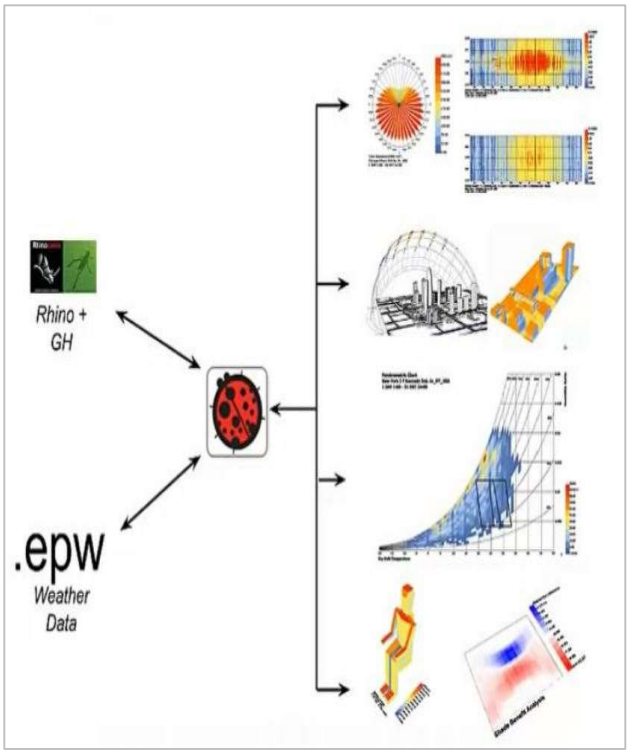
برنامج Grasshopper هو أداة بارامترية رسومية تعمل على إنشاء أشكال معمارية معقدة، إذ يعمل Grasshopper بشكل تكاملي داخل بيئة برنامج Rhinoceros 3D، مما يسمح للمهندسين المعماريين والمصممين بإنشاء أشكال بارامترية معقدة وتحليلها بسهولة، باستخدام برنامج Grasshopper يمكن للمهندس المعماري اتخاذ قرارات تصميم أفضل وأكثر دقة وكفاءة، فضلاً عن امكانية الحصول على نتائج دقيقة بشأن درجات الحرارة المحيطة والحمل الحراري للمبنى قبل وبعد تطبيق الواجهة الحركية، فضلاً عن ان البرنامج يعمل على تقسيم واجهات المبنى إلى نقاط يتم فيها قياس درجات الحرارة والإشعاع الشمسي قبل وبعد تطبيق المعالجة البيئية.

ثانياً: ألية عمل البرنامج الحاسبي

يتيح البرنامج امكانية الربط مع ادوات بارامترية إضافية مثل Ladybug وHoneybee ، لدعم التحليل البيئي داخل واجهة Rhinoceros Grasshopper ، الشكل (7)، يستخدم تطبيق Ladybug ملفات Energy Plus Weather (EPW) لتوفير بيانات دقيقة حول الظروف الجوية المحيطة بالمبنى المراد تحليله، الشكل (8)، كما يوفر Ladybug رسومات ثنائية وثلاثية الأبعاد تفاعلية لإجراء دراسات بيئية مفصلة للمبنى، يسمح ذلك للمصمم محاكاة الظروف البيئية وتحليلها وإجراء الحسابات بشكل مفصل ، مع توفير تصورات بصرية سهلة الفهم في واجهة النمذجة ثلاثية الأبعاد لبرنامج Grasshopper ، فضلاً عن اداة Skin Desginer التي توفر امكانية إنشاء ومحاكاة نماذج واجهات الكاسرات الحركية بأنواعها والتحكم في توجيهها ، من ثم سهولة إجراء التقييم لأداءها في كفاءة الطاقة ، أما الأداة Honeybee تسمح للمصمم التعامل مع العوامل البيئية المختلفة مثل درجات الحرارة اليومية والرطوبة النسبية وسرعة الرياح والإشعاع الشمسي والإضاءة النهارية والطاقة، إذ يتم التأكد من دقة هذه المعلومات عن طريق مواقع متعدّدة مثل Energy Plus وRadiance وDaysim ، الشكل (6).



شكل 7: تكامل برنامج Grasshopper مع الأدوات Ladybug وHoneybee



شكل 8: تعامل برنامج Grasshopper مع بيانات المناخ لمنطقة الدراسة

4.4 تصميم إنموذج واجهة كاسرات حركية

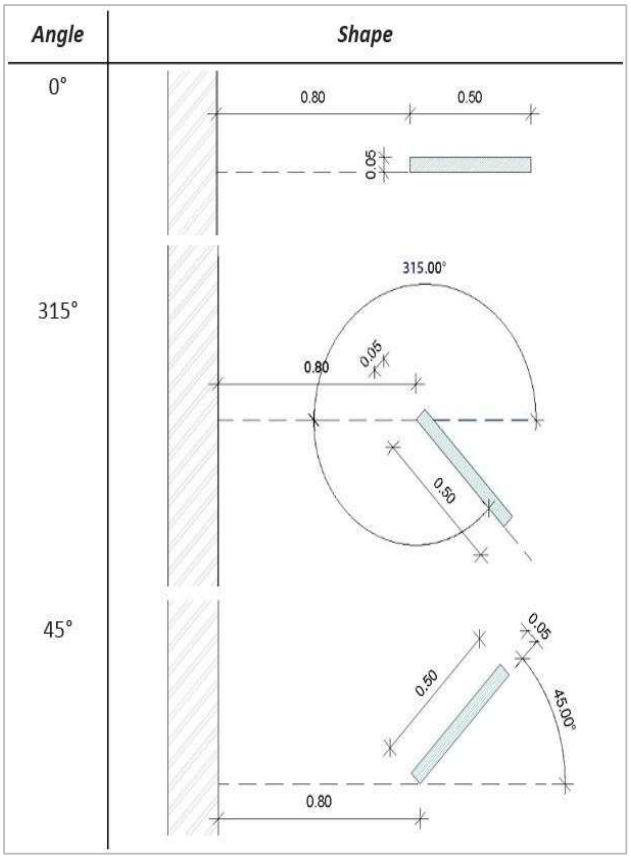
تم إقتراح إنموذج لكاسرات حركية ، بحيث تكون الكاسرات بعرض 0.5m وسمك 0.05m والمسافة بين الكاسرات 0.8m ، كما ان بعد الكاسرات عن واجهة المستشفى 0.6m ، ، الجدول (1) ، تم اعتماد ثلاث

زوايا (0°،45°،315°) ، الشكل (9)، في حساب وتقييم عمل كل نوع بعد تطبيقه على واجهة المستشفى الجنوبية ، إذ توجد أقسام غرف العناية المركزة ، الشكل (3) ، كما يمكن وصف تصميم هذا الإنموذج من واجهات الكاسرات الحركية بما يأتي:

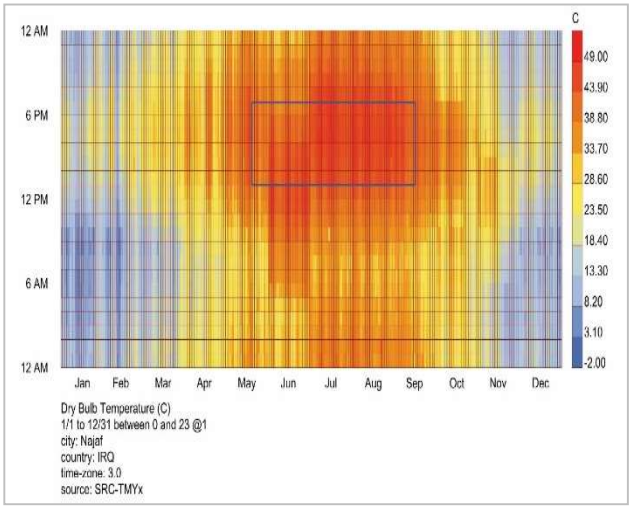
1. الحركة والديناميكية: صمم الانموذج على شكل كاسرات (أشرطة) افقية أو عمودية أو كليهما، بإذ يكمن تحريكها بأكثر من زاوية حسب حركة واتجاه الشمس ، فضلاً عن اختلاف زاوية ارتفاع الشمس بين الصيف والشتاء.
2. يتضمن الإنموذج المقترح التقنية الفعالة Active Mode ، بإختار البحث حالة دراسية لمبنى قائم يحتوي مسبقاً على واجهات ، بإذ ان إنموذج الغلاف الجديد المصمم يعمل كطبقة اضافية مما يحول غلاف المبنى إلى غلاف مزدوج الطبقة ، الذي يُعد من فئة الأغلفة الفعالة التي تتمتع بمزايا بيئية مختلفة، كالتقليل من الاشعاع الشمسي المباشر الساقط على المبنى فضلاً عن تعزيز حركة الهواء بين طبقتي الغلاف الجديد المتكامل.

الجدول 1 : يوضح تفاصيل الكاسرات الافقية والعمودية في البحث

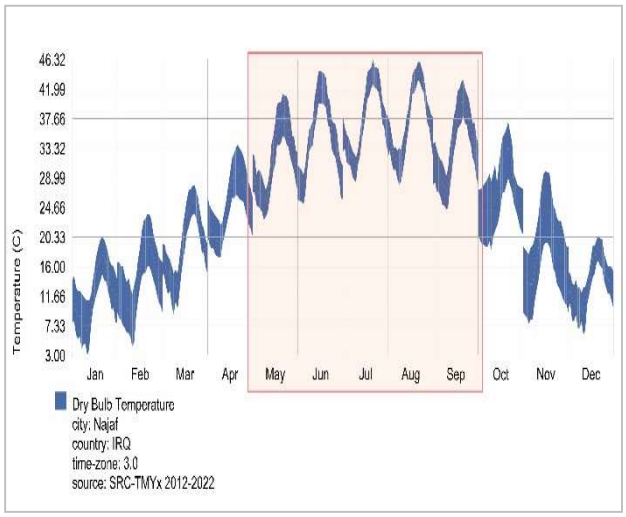
Axis	Width	Thickness	Distance from facade	Distance between louvers
Horizontal	0.5 m	0.05 m	0.6 m	0.8 m



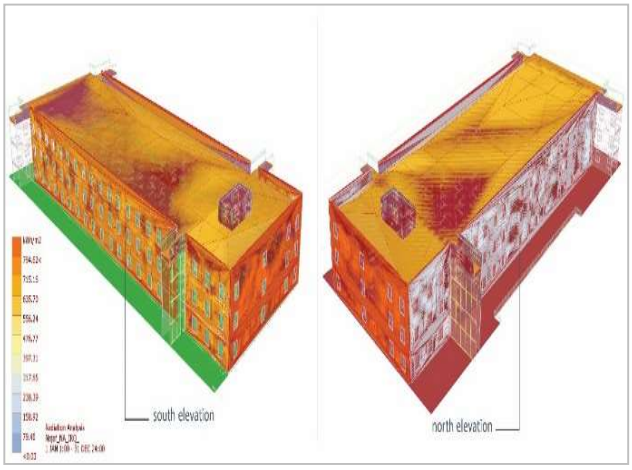
الشكل 9: قياس زوايا الكاسرات المستخدمة في نظام الواجهة الحركية الافقية أو العمودية



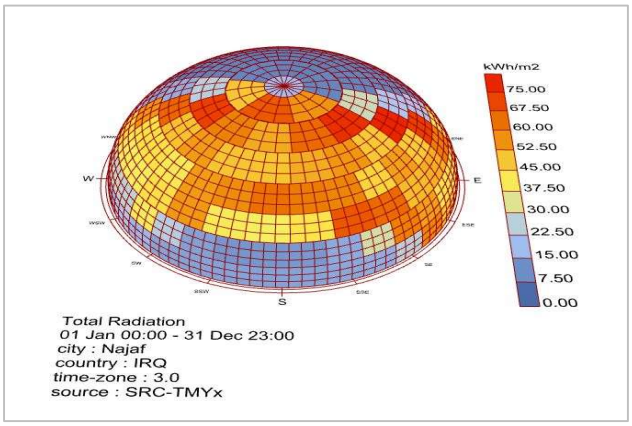
شكل 10: يوضح معدل درجات الحرارة خلال اشهر السنة, باستخدام اداة ladybug في برنامج rhino-grasshopper



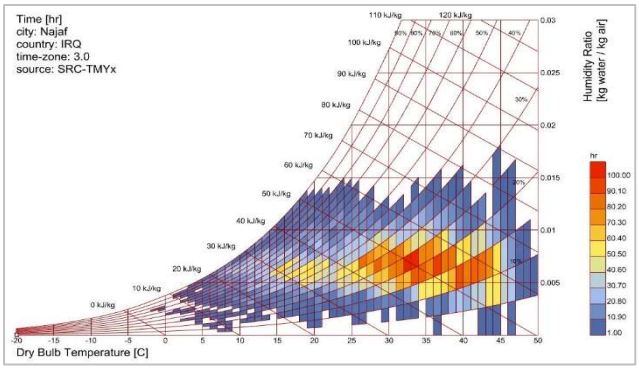
شكل 11 :يوضح درجات الحرارة بالايام خلال السنة في النجف , باستخدام اداة ladybug في برنامج rhino-grasshopper [الباحثان]



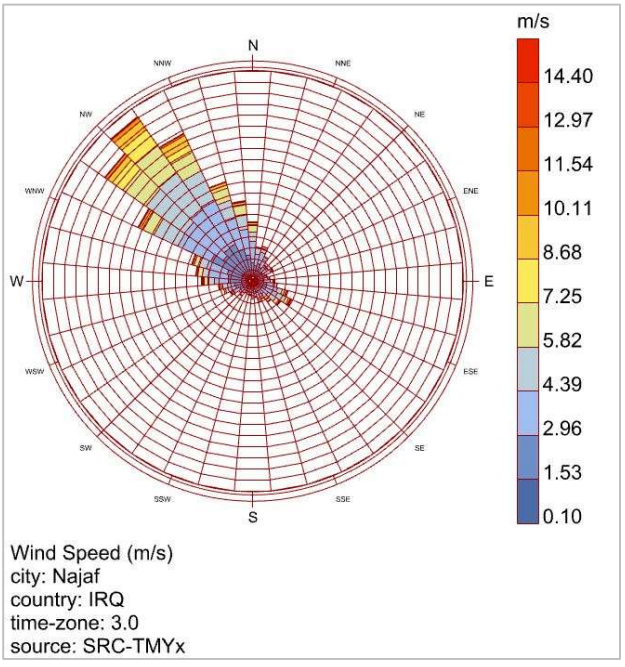
شكل 12: الاحمال الحرارية المسلطة على غلاف المبنى للواجهتين الجنوبية والشمالية , باستخدام اداة honeybee – radiation analysis في برنامج rhino-grasshopper [الباحثان]



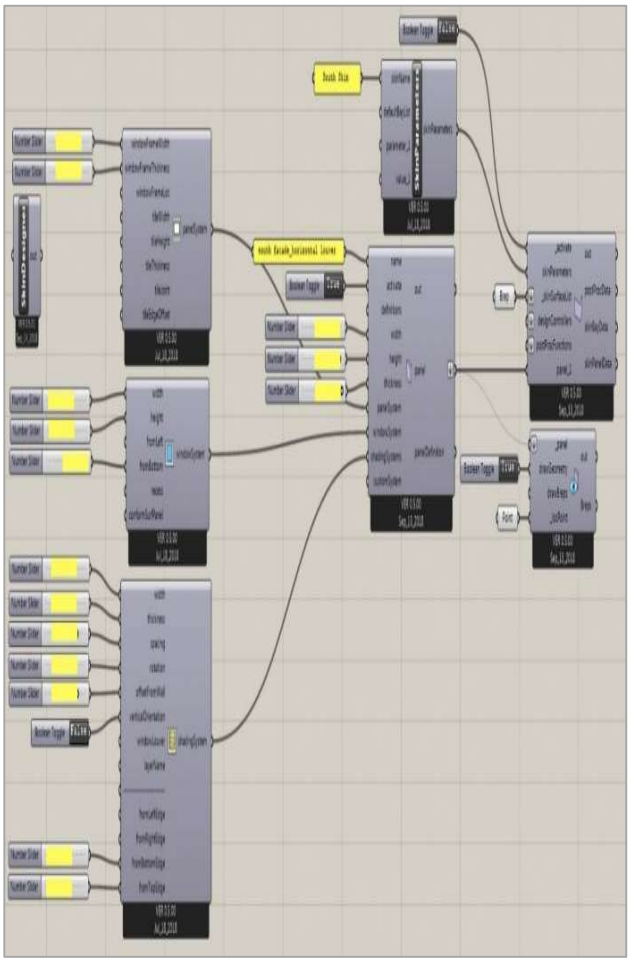
شكل 13: تحليل معدل الأشعاع الشمسي السنوي للقبة السمأوية , (المصدر) برنامج Rhino Grasshopper – Ladybug tool



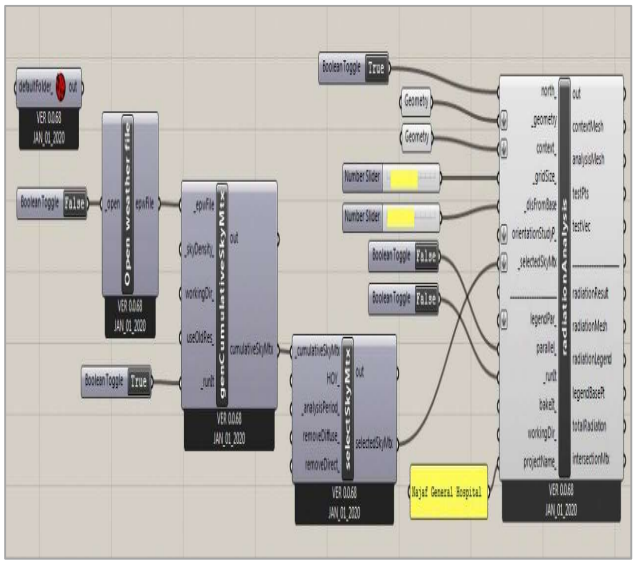
شكل 14: المخطط السيكرومتري لحساب الرطوبة النسبية في مدينة النجف الأشرف , [الباحثان] بإستخدام برنامج Rhino Grasshopper – honeybee tool



شكل 15: الرياح السائدة وسرعتها لمدينة النجف الأشرف



شكل 16: المعرف الخاص ببناء الكاسرات الافقية والعمودية باستخدام الاداة SkinDesigner في برنامج rhino-grasshopper [الباحثان]

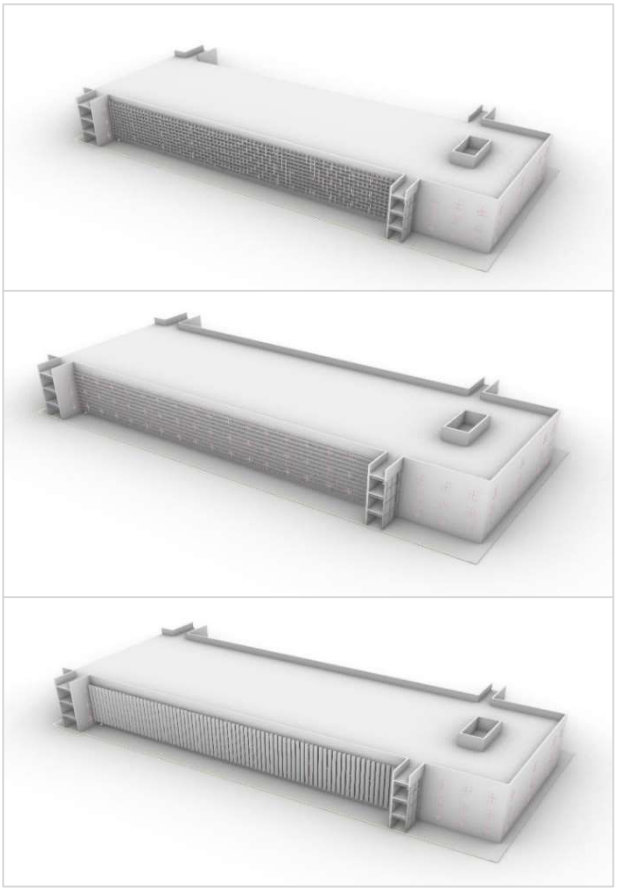


شكل 17: المعرف الخاص بأداة التحليل الحراري honeybee – radiation analysis في rhino-grasshopper [الباحثان]

4.5 *تحليل ومناقشة النتائج*

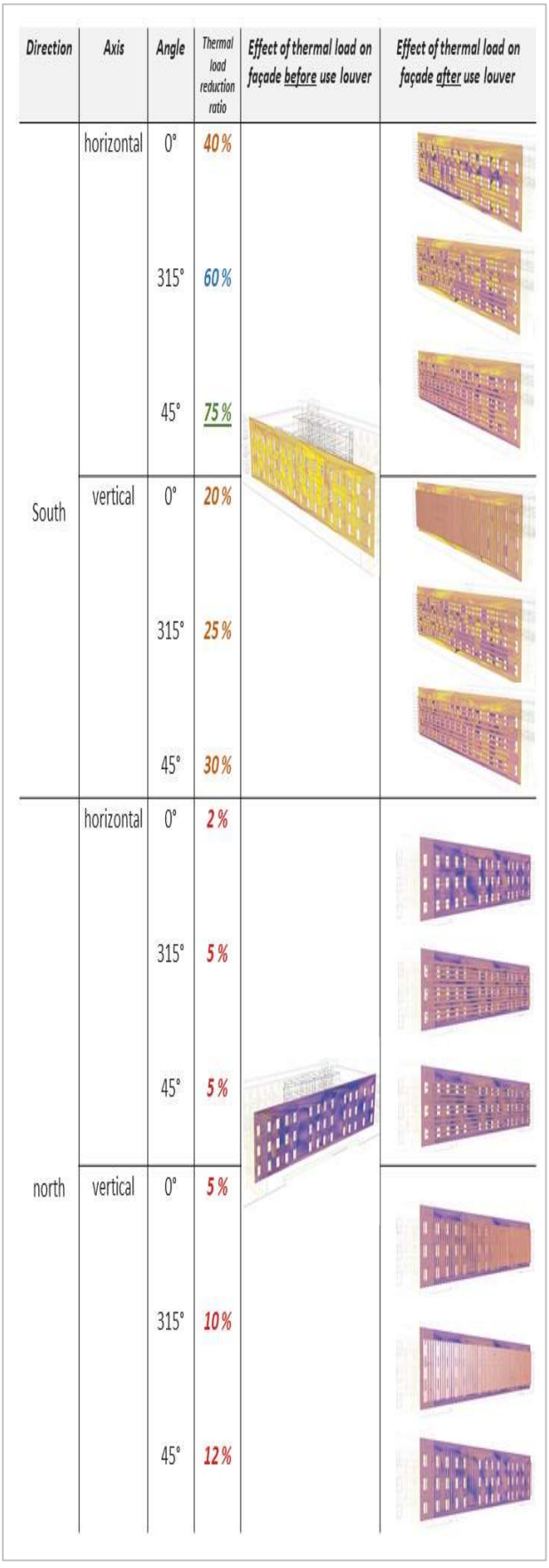
بعد اجراء عملية التحليل والمحاكاة البيئة على الحالة الدراسية ، أظهرت نتائج التحليل ان أكثر حمل حراري مسلط على واجهات مبنى المستشفى يكون ما بين شهر(ايار) إلى شهر(اب) ، الشكل (11)، وإن اعلى درجات حرارة تكون مابين الساعة 12 إلى 6 مساءاً اذ يترأوح مابين 38-49 °C، الشكلين (10) و (11) ، وأعلى حمل حراري يكون على الواجـــهة الجنوبية مابين (640-800) ،kwh/m^2 واقل حمل حراري يكون على الواجهة الشمالية مابين (230-320) ،kwh/m2 ، الشكل (12).

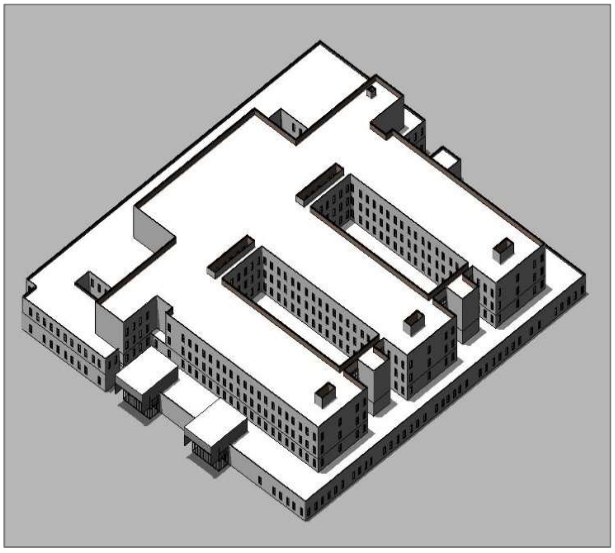
عند استخدام واجهة الكاسرات الحركية الافقية والعمودية كغلاف للمبنى ، اظهرت نتائج التحليل الحراري انه بعد استخدام الكاسرات الافقية على غرف العناية المركزة الجنوبية قل مستوى التعرض للاشعاع بنسبة 75% عندما كانت زأوية ميل الكاسرة 45° وبنسبة 60% عند زأوية ميل 315° ونسبة 40% عند زأوية ميل 0° ، (جدول 2) والذي يؤثر بشكل مباشر وفاعل على خفض درجات الحرارة المنتقلة إلى غرف العناية المركزة ، ومن ثم خفض استهلاك الطاقة المستخدمة في تشغيل منظومات التبريد والتهوية والتدفئة HVAC للوصول إلى مستوى الراحة الحرارية المطلوبة في غرف العناية المركزة ° C (21-24) ، بحسب المواصفات القياسية الامريكية HVAC) (Design Manual, 2022 ، مما يحقق كفاءة الأداء الطاقوي في غرف العناية المركزة بشكل كبير.



شكل 18: محاكاة كاسرات الواجهات الحركية (الأفقية, و العمودية, والهجينة) للواجهة الجنوبية لمبنى الحالة الدراسية, بإستخدام برنامج Rhino Grasshopper

جدول 2 : يوضح تأثير استخدام الواجهة الحركية ذات الكاسرات على غلاف المبنى , باستخدام برنامج rhino-grasshopper





شكل 19: محاكاة كتلة مستشفى النجف التعليمي العام بإستخدام برنامج Autodesk Rivet 2020

5. الإستنتاجات والتوصيات

5.1 الإستنتاجات

1. استخدام الواجهة الحركية أثر بشكل مباشر وفاعل على خفض درجات الحرارة المنتقلة إلى غرف العناية المركزة، ومن ثم تقليل استهلاك الطاقة المستهلكة في تهوية وتبريد قسم من اكثر أقسام المستشفى استهلاكا للطاقة ، ومن ثم زيادة الأداء الطاقوي في المستشفى.

2. أن واجهة الكاسرات الحركية الافقية المستخدمة باتجاه الجنوب وبزاوية 45° قد خفضت من مستوى الحمل الحراري لغرف العناية المركزة في المستشفى بنسبة 75%، وحققت **مستوى مقبول** من الراحة الحرارية ومن ثم قللت من استهلاك الطاقة ، ومن ثم رفع الأداء الطاقوي.

3. عند استخدام واجهة الكاسرات الحركية الافقية أو العمودية مع غرف العناية المركزة على الواجهة الشمالية ، كانت نسبة خفض تأثير الحمل الحراري قليلة نسبيا، (جدول 2) .

4. امكانية اجراء حسابات اكثر دقة لكفاءة الأداء الطاقوي في المستشفيات وتقييم هذا الأداء واختيار البدائل الافضل باستخدام برنامج rhino-grasshopper ، وبالاعتماد على نتائج المحاكاة و التحليل الحراري مثل honeybee و ladybug.

5. يساعد التصميم الرقمي في تصميم وبناء مستشفيات تمتاز بكونها كفوءة طاقوياً.

5.2 التوصيات

1. يتطلب من المصممين والمهندسين الوعي بأهمية المعالجات البيئية في الأبنية، سواء كانت المنشآت حديثة البناء أو قائمة ، وخاصةً تقنيات الحلول البيئية، التي تشكل تطورًا تكنولوجيًّا وبيئيًّا في مجال العمارة، وبناءاً على ذلك يتعين إدراج هذه التقنيات البيئية بشكلٍ أساس في مرحلة التصميم للأبنية، حتى يتم تحقيق أقصى درجات كفاءة الطاقة وتقليل الأعباء البيئية للمبنى والمنطقة المحيطة به.

2. مواكبة التطور العالمي في مجال حلول كفاءة أداء الطاقة ، كونه يُنتج مزايا عديدة للعمارة، ويدعم الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية، باستخدام حلول كفاءة أداء الطاقة، يُمكن تحقيق تصاميم معمارية تهتم بتقليل استهلاك الطاقة وتحسين أداء الأبنية. إذ تُسهم هذه الحلول في تقليل الانبعاثات الكربونية واستهلاك الموارد الطبيعية.

3. من الضروري نشر الوعي حول استخدام الأدوات الرقمية في المحاكاة البيئيةر، لكون هذه الأدوات لها دور مهم في تحقيق محاكاة واقعية وافتراضية مثالية ، والتي تساعد في تحقيق حلول سريعة ودقيقة وبذلك تسهم في تقليل الجهد والوقت والتكلفة الكلية لأي مشروع اذا ما قيس على طول عمر المبني.

4. إمكانية الإفادة من الإنموذج المقترح من قبل البحث لواجهة الكاسرات الحركية والذي يجمع بين الحركية والديناميكية وبين الالمام بأهم عناصر المبنى التي تتضمن الغلاف في المشروعات البنائية المستقبلية اضافة إلى امكانية اعتماد الإنموذج في معالجة الابنية القائمة التي تعاني من عدم الكفاءة الطاقوية للارتقاء بمستوى بيئتها الداخلية.

5. خلق مراكز تدريبية للمختصين في نظم الخدمات البيئية الهندسية والحاسوبية وزيادة وعيهم بأهمية ربط عملهم بالعمارة البيئية ، فضلاً عن انشاء مراكز بحثية متخصصة في المجال التكنولوجيا البيئية العمرانية تركز اهتمامها في استثمار اليات وتقنيات الحلول البيئية.

6. الإفادة من التجارب العالمية السابقة في مجال كفاءة أداء الطاقة في الأبنية، لاسيما المستشفيات منها، وبما يتلاءم مع البيئة العراقية ذات المناخ الحار الجاف.

7. الإفادة من البرامج البيئية الحاسوبية لاختبار الستراتيجيات المنفعلة المراد تطبيقها في الأبنية مما يثري التصميم المعماري وبشكل يلائم البيئة العمانية العراقية .

المصادر

[1] Abdul Jalil, W. D. (2016) "The Application of Biomimicry in Kinetic Facades", *Journal of Engineering,* 22(10), pp. 27–42.

[2] Abdulla, H.J., 2019. Manifestations of Climate Change in Baghdad Area. *Al-Mustansiriyah Journal of Science*, *30*(4), pp.39-42.

[3] Al Rawi, L.Q. and Wahhab, K.A., 2022. Simulation of the Application of an Adaptive Smart Envelope to an Existing Building in Rhinoceros Grasshopper. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, *25*(3), pp.A012-A026.

[4] Al-Ali, D. and Kamoona, G.M.I., 2021. Effectiveness of nanomaterial in the roof of the building to achieve energy conservation for indoor environment of the building. Journal of Engineering, 27(2), pp.126-148.

[5] Albadry, A.M. and Jafer, S.T., 2015. Diagnostic and therapeutic departments for contemporary hospitals (radiation, laboratories and physiotherapy), *Journal of Engineering,* 21(11), pp. 22–46.

[6] Alkhayyat, J., 2013. Design strategy for adaptive kinetic patterns: creating a generative design for dynamic solar shading systems. *Architecture, University of Salford*.

[7] Alsawaf, E.S., Albadry, A.M. (2022). Principles for the sustainable design of hospital buildings. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17(6), (pp. 1797-1808). https://doi.org/10.18280/ijsdp.170614

[8] Attia, S., Favoino, F., Loonen, R., Petrovski, A. and Monge-Barrio, A., 2015, November. Adaptive façades system assessment: An initial review. In *10th Conference on Advanced Building Skins*. 978-3-98120538-1, Munich, Germany, pp.1265-1273.

[9] Babbu, A.H., 2016. Flexibility: a key concept in hospital design. *Int J Appl Innov Eng Manag*, *5*, pp.24-28.Bacha, C.B. and Bourbia, F., 2016, October. Effect of kinetic facades on energy efficiency in office buildings-hot dry climates. In *11th Conference on advanced building skins*, Vol. 1, P. 461.

[10] Bellia, L., Marino, C., Minichiello, F. and Pedace, A., 2014. An overview on solar shading systems for buildings. *Energy Procedia*, *62*, pp.309-317.

[11] Carr, R., 2017. "Hospital", WBDG Health Care Subcommittee, 4June 2017, (Accessed: 1 April 2023). (https://www.wbdg.org/building-types/healthcarefacilities/hos-pital).

[12] Dagher, S., Akhozheya, B. and Slimani, H., 2022. Energy analysis studying the effect of solar shading on daylight factors and cooling hours in an extreme weather. *Energy Reports*, *8*, P.444

[13] De Boer, B., Ruijg, G.J., Bakker, L., Kornaat, W., Zonneveldt, L., Kurvers, S., Alders, N., Raue, A., Hensen, J.L.M., Loonen, R.C.G.M. and Trcka, M., 2011, March. Energy saving potential of climate adaptive building shells-Inverse modelling of optimal thermal and visual behaviour. In *Proceedings of the International Adaptive Architecture Conference* (pp. 3-5).

[14] Dewidar, Y., Mohamed, N., Ashour, Y., Dewidar, K.M., Mohamed, N.M. and Ashour, Y.S., 2013. Living skins: A new concept of self active building envelope regulating systems. In *advancing the green agenda; technology, practices and policies conference–BUID* (pp. 1-8).

[15] El-Sheikh, M. and Gerber, D., 2011. Building Skin Intelligence. In *Proceedings of ACADIA* (pp. 170-177).

[16] Etman, O., Tolba, O. and Ezzeldin, S., 2013. ''Double-Skin façades in Egypt between parametric and climatic approaches'' in *Computation and Performance – Proceedings of the 31st eCAADe Conference*, vol. 1, pp. 459–466

[17] Favoino, F., Jin, Q. and Overend, M., 2014. Towards an ideal adaptive glazed façade for office buildings. *Energy Procedia*, *62*, pp.289-298.

[18] Figliola, A. and Rossi, M., 2014, June. Parametric design for technological and" smart" system. Adaptive and optimized skin. In *30th international PLEA conference*,P7

[19] Ghada M. Ismael Kamoona**,** 2016 "Passive Design Strategies to Enhance Natural Ventilation in Buildings *"Election of Passive Design Strategies to Achieve Natural Ventilation in Iraqi Urban Environment with Hot Arid Climate"***,** *J.Eng. Baghdad Univ.,* vol. 1, no. 6. p.26

Analysis of Recent Terms and definitions from an international perspective. *Journal of Facade Design and Engineering*, *6*(3), P69.

[32] The Republic of Iraq Ministry of Construction, Housing and Public Municipalities, *Iraqi thermal insulation blog*, 2013, P163.

[33] Wang, J., Beltrán, L.O. and Kim, J., 2012. From static to kinetic: A review of acclimated kinetic building envelopes. In *Proceedings of the solar conference* (Vol. 5, pp. 4022-2029).

[34] Weston, M., 2010, November. Memory Mesh: Conformationally Adaptive Solar Shading. In *Proceedings of the 14th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, pp. Bogotá, Colombia, November* (pp. 17-19).

[20] Ghada M. Ismael Kamoona, 2018. The Effect of Double Skin Façades on the Energy Efficiency Use in Buildings *"Application the Model of Double Skin Corridor Façade on the Virtual Office Building in Baghdad". Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences* ,pp.50-73.

[21] Grijalva, K., 2012. *Associative Design for Building Envelopes' Sun Control and Shading Devices*. Arizona State University,P3

[22] Hammad, F. and Abu-Hijleh, B., 2010. The energy savings potential of using dynamic external louvers in an office building. *Energy and Buildings*, *42*(10), p.1891.

[23] Hijeat, A.M, & Husain, H., 2012. Form Generation Technique in Computer a study about Architectural Student expression ability in Form generation by using the computer in Architectural Dep. University of Baghdad. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences ·*

[24] HVAC Design Manual**, 2022, P59.**Karaseva, L.V. and Cherchaga, O.A., 2021, March. Conceptual Designs of Kinetic Facade Systems. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1079, No. 4, P. 1). IOP Publishing.

[25] Kirimtat, A., Koyunbaba, B.K., Chatzikonstantinou, I. and Sariyildiz, S., 2016. Review of simulation modeling for shading devices in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *53*, P5

[26] Loonen, R.C., Trčka, M., Cóstola, D. and Hensen, J.L., 2013. Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. *Renewable and sustainable energy reviews*, *25*, pp.483-493.

[27] Mahmood, F. J. (2021) "Post-occupancy evaluation Correlated with Medical Staffs' Satisfaction: A Case Study of Indoor Environments of General Hospitals in Sulaimani City", *Journal of Engineering*, 27(5), pp. 28–48

[28] Modin, H., 2014. Adaptive building envelopes. *Chalmers University of Technology*, pp.18-19.

[29] Nelson, V.C. and Starcher, K.L., 2015. *Introduction to renewable energy*. CRC press.

[30] Rasool H., Qadir, R., Gro A.H., 2015 "A study in the planning flexibility of medical complexes: the study case - the medical complex of the Sulaymaniyah Teaching Hospital", *Journal of the Association of Arab Universities for Engineering Studies and Research, Issue* 1, Vol 22,pp. 47-64.

[31] Romano, R., Aelenei, L., Aelenei, D. and Mazzucchelli, E.S., 2018. What is an adaptive façade?

Effects of Kinetic Façades on Energy Performance of The Intensive Care Units in Public Hospitals, Case Study of Najaf General Hospital.

Ali Hasan Hassooni [1*], Ghada M. Ismael Kamoona[2]

[1] *Department of Architecture Engineering, University of Baghdad, Baghdad, Iraq, ali.hassouni2004d@coeng.uobaghdad.edu.iq*

[2] *Department of Architecture Engineering, University of Baghdad, Baghdad, Iraq, g.kamoona@coeng.uobaghdad.edu.iq*

**Corresponding author: Ali Hasan Hassooni, ali.hassouni2004d@coeng.uobaghdad.edu.iq*

Published online: 31 December 2023

Abstract— Hospital buildings are among the most energy-consuming types of buildings, due to their high occupancy especially in Intensive Care Units (ICU), where the average occupancy rate may reach 24 hours / day. Large hospitals, depending on their functions require large amounts of energy, especially in hot, dry climates, to operate their ventilation systems of heating and cooling, which reduces the efficiency of the energy performance of the buildings. This research evaluates the performance of a louver-type kinetic façade in increasing the efficiency of energy performance inside (ICU) by reducing energy consumption in hospitals. A 600-bed public hospital is selected in Iraq, specifically in the city of Najaf 32°15N,44°23 E to test this proposition. It is located in the central region with a hot dry climate. Thus, the study evaluates the (ICU) in this hospital, which are located on the southern and northern facades. It is carried out in two stages: the first stage includes simulation and thermal analysis of the southern and northern parts of the intensive care units before adding the kinetic facades of the louvers-type. The second stage includes simulation and thermal analysis of the southern and northern parts of the (ICU) after adding the kinetic facades. Horizontal and vertical louvers are added to the southern facade and horizontal and vertical louvers to the northern facade of the hospital. The results of the analysis are compared before and after using the kinetic facades. Results were analyzed using Rhino Grasshopper program and Ladybug-Honeybee for simulation and thermal analysis. The results show that the horizontal kinetic façade of louver-type reduces the radiation exposure levels: 75% when its angle of inclination was 45°, by 60% when the angle is 315°, and by 40% when the angle is ° 0. This directly and effectively reduces the temperature and thus reduces the energy consumption of the the HVAC systems. It proved that the kinetic facades achieve the efficiency of energy performance in the intensive care units.

Keywords—" Kinetic façade "," Energy performance ","Hospitals", “Thermal Simulation "," Rhino Grasshopper".