Mansoura Engineering Journal

Volume 47 | Issue 5 Article 11

12-4-2022

Digital Technologies' Trends and Challenges in Improving Building Facades' Thermal Performance Case Study Riyadh, Saudi Arabia

Nouf Alomairi
Arch. of Faculty Member in Prince Sultan University College of Architecture. MSc. Student At Architecture And Building Science, King Saud University, 442203355@ksu.edu.sa

Ahmed Omar Mostafa
Associate Professor, College of Architecture and Planning King Saud University Kingdom of Saudi Arabia, ahmedoms@ksu.edu.sa

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

Recommended Citation

Alomairi, Nouf and Omar Mostafa, Ahmed (2022) "Digital Technologies' Trends and Challenges in Improving Building Facades' Thermal Performance Case Study Riyadh, Saudi Arabia," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 47 : Iss. 5 , Article 11.
Available at: https://doi.org/10.21608/bfemu.2022.131633.1247

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.

Mansoura University
Faculty of Engineering
Mansoura Engineering Journal

Digital Technologies' Trends and Challenges in Improving Building Facades' Thermal Performance
Case Study Riyadh, Saudi Arabia

Nouf Alomairi and Ahmed Omar Mostafa

KEYWORDS:
facades of existing buildings, facade remodeling, thermal performance of facades, 3D laser scanning, interactive and dynamic facades, digital simulation

***Abstract*— Nowadays, the concept of sustainability in architecture has significantly developed and its related interest has increased. Due to the importance role of building facades in achieving sustainability, many papers discussed new ways and techniques for developing building facades in order to improve its thermal performance. Despite the fact that significant advancements in digital technologies assist designers in improving the efficiency of buildings' thermal performance, the use of such technologies in improving existing building facades is still below the desired level. As a result, the goal of this study is to investigate top trends and challenges of digital technologies in improving existing building facades' thermal performance, as well as to track the reality of its application and its relative importance in Riyadh local market. To achieve this goal, the research adopts the descriptive analytical methodology in its two parts: in the theoretical part to explore top trends and challenges of building facades' digital technologies and in the field survey part to monitor the reality of its application and its relative importance using questionnaires as a data gathering tool. The results of this research are expected to support decision makers in developing the necessary action plan(s) to raise the level of trend adoption in the market and eliminate the effects of its challenges. The importance of this research is underscored by the 2030 vision of the Kingdom of Saudi Arabia, which intends to achieve sustainability through the use of modern technologies and energy conservation.**

1. المقدمـــة

لعمارة هي علم تصميم وتخطيط وتشيد لتحقيق احتياجات الإنسان المادية والمعنوية من خلال الفراغات الوظيفية الداخلية التي تغلفها الواجهات الخارجية للمباني التي تمثل أحد أهم المكونات التصميمية للمبنى التي تدعم تحقيق الراحة الحرارية للفراغات الداخلية ولها دور كبير في الطاقة المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة للمستخدمين. وفي مجال تصميم الواجهات يجب محاولة تحقيق التوازن بين الجوانب الوظيفية و الجمالية ومتطلبات الاستدامة والتوافق مع هوية المنطقة واستخدام المواد المحلية المناسبة، وأن يتم ذلك في حدود التكلفة المناسبة.

عرف (بواقيم، 2015) الواجهات بأنها عبارة عن مواد وتقنيات بناء تعمل على تغطية الفراغات الداخلية للمبنى، وتغلف حياة الإنسان داخل المبنى، وتعتبر العامل الأساسي في إمكانية الحصول على بيئة داخلية مناسبة. ونظراً للتقدم التكنولوجي الذي شهده العالم وتأثيره على المباني، تأثرت بشكل كبير واجهات المباني لتتطور

Building Science, King Saud University (e-mail: 442203355@ksu.edu.sa, nouf52005@gmail.com).

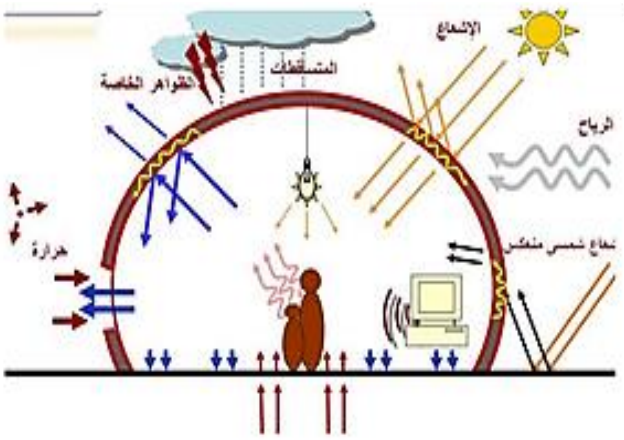
Dr. Ahmed Omar Mostafa, Associate Professor, College of Architecture and Planning King Saud University Kingdom of Saudi Arabia (e-mail: ahmedoms@ksu.edu.sa)

Received: (14 April, 2022) - Revised: (06 July, 2022) - Accepted: (21 September, 2022)

***Corresponding Author:** Arch. Nouf Alomairi, Faculty Member in Prince Sultan University College of Architecture. MSc. Student At Architecture And*

وتصبح واجهات ذكية من خلال استخدام التكنولوجيا المتطورة بأشكالها المختلفة والتقنيات الذكية التي تساعد بدورها على معالجة المتغيرات المناخية المختلفة بالخارج والداخل لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني

تعتبر قضية تقليل اكتساب الحرارة من خلال الواجهات الخارجية للمبنى من القضايا الرئيسية التي تساهم في راحة الإنسان داخل الفراغ كما هو موضح في شكل (1) وخاصة في المناطق ذات المناخ غير المناسب مثل تلك التي تتميز بمناخها الحار والجاف، مثل مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية، ومع ازدياد التوجه العالمي لتوجهات الاستدامة لحل مشكلة استهلاك الطاقة، وحيث تستهلك المملكة 40% من إجمالي الطاقة في الكهرباء و 53% من المياه (Ghabra, Rodrigues,Oldfield, 2016)، وان جزء كبير من هذه الطاقة الأولية يتم استهلاكها في استخدام تكييف الهواء السكني لتبريد المساحات الداخلية للوصول إلى الراحة الحرارية المرغوبة فمن المهم معرفة أهم اتجاهات التقنيات الرقمية التي تدعم تحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة ومعالجة التحديات التي تواجه تطبيقها.



شكل (1) يوضح العلاقة بين العوامل البيئية وراحة الإنسان داخل الفراغ، (السروجي، 2016)

هناك العديد من الدراسات المتعلقة بمواد وأنظمة وعناصر واجهات المبنى، وتقنيات ذكية جديدة تجعل الواجهات تتكيف مع المناخ والبيئة. ولتحسين الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة. وعلى الرغم من العديد من الدراسات التي تناولت طرقًا جديدة لتطوير واجهات المباني القائمة من أجل تحسين أدائها، وعلى الرغم من التطور الكبير في التقنيات التي تدعم المصمم لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة، إلا أن استهلاك الطاقة في مدينة الرياض لا يزال عالي نسبياً (الطاقة والاستدامة,2023)، مما يعد مؤشراً أن استثمار وتوظيف هذه التقنيات في تحسين واجهات المباني القائمة مازال تطبيقه دون المستوى المأمول في مدينة الرياض، وهو ما يمثل الإشكالية البحثية الرئيسية لهذه الدراسة. ومن هذا المنطلق تركز هذه الورقة البحثية على استخلاص أهم التقنيات الرقمية التي تدعم تحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة وتقليل استهلاك الطاقة، وتقديم توصيات رئيسية لأولويات تطبيقها وتخطي التحديات التي تواجه تطبيقها بمدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية.

ولتحقيق هدف البحث تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي لاستكشاف أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة ورصد أهميتها النسبية ومدى إتاحتها وواقع تطبيقها في المباني القائمة بمدينة الرياض. ومن أهم ما يؤكد أهمية هذا الموضوع أنه يتوافق مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030، وما تضمنته من توجه نحو الإستدامة وتطبيق التقنيات الحديثة في جميع المجالات للحفاظ على الطاقة وتحقيق الاستدامة.

منهج اختيار وتحديد المراجع:

بدأ الباحثان بتحديد مصادر المعلومات التي سيتم البحث فيها عن الأدبيات ذات العلاقة بالموضوع، وتحديد الفترة الزمنية التي تم فيها نشر الدراسات العلمية لضمان الحصول على أحدث الاتجاهات والتحديات المرتبطة بموضوع البحث، ثم ترشيح النتائج على مستويات مختلفة للوصول إلى عدد المراجع النهائي الذي بلغ (30) مرجع ويوضح الشكل رقم (2) منهج اختيار وتحديد المراجع.

شكل (2) إجراءات تحديد مراجع البحث ، من إعداد الباحثان

2. اتجاهات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني

الواجهة عبارة عن غلاف يفصل بين بيئتين في تحول مستمر ومع ذلك، يتم تصميمها غالباً بمكونات ثابتة تعمل بنفس الطريقة في ظل ظروف مختلفة، هذه الخاصية إلى جانب عوامل أخرى هي السبب في أن استهلاك الطاقة في المباني يمثل 40 ٪ من الطلب على الطاقة (محمد، 2020). وهناك زيادة وتحسن في مستوى الوعي المطلوب لتقليل استهلاك الطاقة، سواء على المستوى الإعلامي أو على المستوى البحثي من واقع الأوراق البحثية العديدة المنشورة والمتعلقة بالتقنيات المستخدمة في تحسين أداء واجهات المباني،. وتطرح الأدبيات التي تم تحليلها مجموعة من الاتجاهات الحديثة التي تدعم تحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني. ومن خلال ما تم من مراجعات أدبية أمكن حصر أربعة من أهم اتجاهات تحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة كما يتضح من الشكل (3) وسيتم في الجزء التالي استعراض وتحليل الأدبيات التي أدت إلى استنتاج هذا التصنيف.

شكل (3) تصنيف أهم الاتجاهات الحديثة لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني، مراجع وتم التطوير بإعداد الباحثان

1.2 الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد - لرفع الوضع القائم للواجهات.

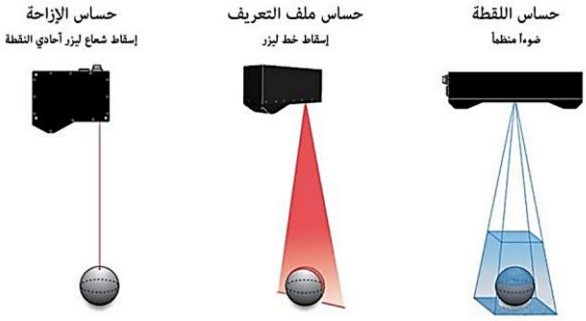
في الفترة الأخيرة ازداد الطلب على استخدام تقنية المسح بالليزر ثلاثية الأبعاد في مجال البيئة المبنية ويرجع ذلك بسبب إنتاجها لبيانات عالية الدقة ولكن استخدامها

بشكل محدود في تحسين واجهات المباني (Uotila, Saari, Junnonen,, 2021)، عملية المسح الليزري ثلاثي الأبعاد تستهدف تحديد شكل سطح الجسم أو حجمه في فضاء ثلاثي الأبعاد من خلال جمع معلومات حول الجسم الموجود في العالم الحقيقي، وتفيد القياسات الدقيقة ثلاثية الأبعاد المستمدة من المجسم المسموح ضوئيا في عدد من المهام مثل فحص المواد ومراقبة الجودة، ولها القدرة على إعداد نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد عالي الدقة وعلى التقاط خريطة الألوان لأي مجسم من خلال تحليل خريطة الألوان في الجسم ثلاثي الأبعاد في البيئة الحقيقية. ويتم التحكم في الماسح ثلاثي الأبعاد، كما يوضحه شكل (4)، بواسطة برنامج مسح ثلاثي الأبعاد يعمل على جهاز كمبيوتر، ثم يتم إنشاء نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد ملون (أحمد، 2022).

شكل (4) الماسح الضوئي ثلاثية الأبعاد، (أحمد، 2022).

هناك العديد من تقنيات المسح ثلاثي الأبعاد، كما يوضحها شكل (5)، ومنها أجهزة المسح المستخدمة تجاريا إلى أجهزة المسح الذكية المصممة صناعيا،وتنقسم التقنيات الأكثر استخداما إلى ثلاث فئات:

1- تقنية الإزاحة : تستخدم أجهزة الإزاحة إسقاط شعاع ليزر أحادي النقطة لقياس ارتفاع أو سمك أو موضع كائن.
2- تقنية ملف التعريف الخطي: تستخدم أجهزة Line Profile عادة خط ليزر لإنشاء ملف تعريف مقطع عرضي لقياس كافة جوانب الجسم، يؤدي تحريك كائن تحت خط الليزر إلى إنشاء العديد من ملفات التعريف التي يمكن دمجها في شكل ثلاثي الأبعاد كامل.
3- تقنية اللقطات بالضوء المنظم: تستخدم أجهزة اللقطة ضوءًا منظما (غير ليزر) ورؤية مجسمة لإنشاء بيانات كاملة لإحداثيات الأبعاد الثلاثية، نظراً لأن تقنية Snapshot تلتقط الكثير من البيانات ثلاثية الأبعاد في وقت واحد، يجب أن تظل الكائنات ثابتة عملية المسح (أحمد، 2022).



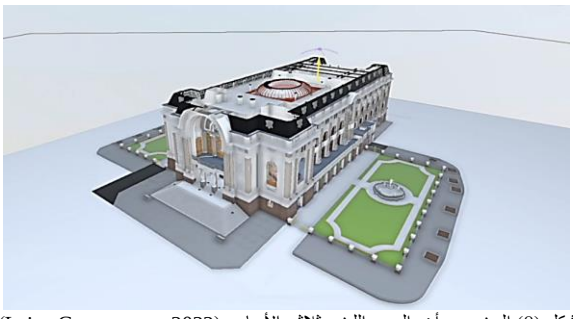
شكل (5) الأنواع الشائعة لتقنيات المسح ثلاثي الأبعاد، (أحمد، 2022).

وقد أصبح المسح بالليزر أداة شائعة ومفيدة لجمع البيانات المكانية للمباني القائمة ويتم استخدامه بشكل خاص لإنشاء نماذج "إدارة معلومات المباني BIM"، ببيانات سريعة وذات دقة عالية، وبما في ذلك الملايين من نقاط القياس للمبنى الحالي وهو السمة التي تجعله مفضلة على الطرق التقليدية في مشاريع تجديد المباني (Uotila, Saari, Junnonen, 2021).

وقد استخدم المسح الثلاثي الأبعاد في دار أوبرا سايغون، وهي إحدى الأصول الثقافية الأكثر أناقة وتاريخًا في مدينة هو تشي منه وفي شكل (6) يوضح المبنى بعد أخذ المسح وفي شكل (7) يوضح الأنواع المستخدمة وأما شكل (8) فيبين لنا صورة بعد أخذ صورة للمبنى (Leica Geosystems ,2022).

شكل (6) مبنى دار أوبرا سايغون في فيتنام ، (Leica Geosystems ,2022)

شكل (7) يوضح أجهزة المسح الليزري ثلاثي الأبعاد أمام المبنى ، (Leica Geosystems ,2022)



شكل (8) المبنى بعد أخذ المسح الليزر ثلاثي الأبعاد ، (Leica Geosystems ,2022)

ومع كثرة استخدام تقنية المسح بالليزر ثلاثي الأبعاد وانتشارها في الفترة الأخيرة، زادت تقنياتها وانخفضت أسعارها، مما سيكون له الأثر في تهيد الطريق لنظام آلي التكامل بين التقنيتين لمصلحة الجميع لأصحاب المصلحة في قطاعات العقارات، بما في ذلك العقارات المطورين والبائعين ومشتري المنازل وأصحاب المنازل (Mahdjoubi,Moobela,Laing, 2013)

ومن أهم فوائد المسح الليزري ثلاثي الأبعاد السرعة والدقة في الحصول على البيانات، وتحقيق السلامة لمن يقوم برفع المباني حيث يمكن الحصول على بيانات الجسم الممسوح من بعيد ودون الدخول أو القرب منه، وهذه خاصية مهمة في حال صعوبة الوصول للمبنى أو للمباني الحساسة التي لا يمكن الاقتراب منه. يضاف إلى ذلك إمكانية توثيق جميع تفاصيل المبنى الذي يتم مسحه، وتقليل الاحتياج إلى العمالة، وتقييم مراحل العمل وخاصة في حال ربط النموذج الناتج بنظم إدارة معلومات المباني BIM.

2-2 استخدام الألواح الشمسية في الواجهات (الطاقة المتجددة)

الطاقة المتجددة هي أحد مصادر الطاقة المتجددة التي تنتج من المصادر والعمليات الطبيعية التي يعاد شحنها وملئها بشكل ثابت، وتتمثل الطاقة المتجددة في الشمس والريح والماء والأشجار والنباتات والسماد الحيواني والحرارة الجوفية من الأرض، وهي تمثل الحل الفعال للقلق الدائم حول تأثيرات الندرة القادمة للطاقة من المصادر غير المتجددة التي تتطلب ملايين السنوات لتجديدها مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، وتطوير مصادر الطاقة المتجددة هي إحدى الحلول التي من المتوقع أن تحل هذه المشكلة كما أنها خطوة لحل مشكلات التلوث التي تهدد العالم والتي ستقود بدون شك إلى متغيرات مناخية رئيسية (يواقيم، 2015).

ولأهداف تحقيق الاستدامة وتقليل استهلاك الطاقة والمحافظة على الأداء الحراري داخل المباني، تم الاتجاه إلى استخدام مصادر الطاقة الطبيعية مثل الألواح الشمسية في الواجهات للمساعدة في الوصول إلى هذا الهدف حيث يمكن تخزينها

وإعادة استخدامها كأحد الوسائل المساعدة في تحقيق كفاءة ترشيد الطاقة، وقد أشار (عبدالمقصود، 2020) أن الطاقة الشمسية المستدامة ليس لها أثرضار على البيئة وقابلة للاستخدام في واجهات المباني بشكل عام.

تعتبر الخلايا الشمسية، عبارة عن محولات فولت ضوئية تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء، وتتكون من خلايا شبه موصلة وحساسة ضوئيا ومحاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء (يواقيم، 2015). ويوضح شكل (9) تركيب الخلايا الشمسية بأسطح المباني.

شكل (9) تركيب الخلايا الشمسية بأسطح المباني، المرجع https://www.nok6a.net

أغلب المباني الآن تستخدم الألواح الشمسية ولكن استخدامها بالواجهات قليل ولكنه فعال ويقلل من استهلاك المبنى للطاقة وخاصة بالواجهات الجنوبية للمباني. وقد استخدمت الألواح الشمسية في واجهات إحدى مباني أكاديمية BCA التسعة في سنغافورة ، التي تهدف لدمج تقنيات المباني الخضراء في مبانيها وتكون مركزاً لدراسة كفاءة الطاقة والمباني الخضراء ليحقق أهداف التصميم بأن يكون "مبنى منخفض الطاقة زيرو إنرجي براديل رود كاموس" والذي تم تجديده في عام 2009م، وتبلغ مساحته 4500 متر مربع كما يضتح في شكل (10) (Wittkopf, 2015).

شكل (10) مبنى زيرو إنرجي براديل رود كاموس ويوضح استخدام الخلايا الشمسية بالواجهة، المرجع (Wittkopf, 2015)

شكل (11) السقف الكهروضوئي في الواجهات ، المرجع (Wittkopf, 2015)

غلاف المبنى الأصلي، مع الجدران الخرسانية المكشوفة والأسقف المعدنية التي تحتوي على القليل من التظليل، يتم تسخينها خلال النهار وإعادة إشعاع الحرارة إلى الداخل بسبب غياب العزل بالمبنى. يكلف الإشعاع الشمسي القوي (أكثر من 1600 كيلو واط في الساعة /م2 في السنة) يمكن أن تتجاوز درجات حرارة الأسطح الخارجية (50 درجة مئوية). كانت الاستراتيجية العامة هي إضافة الغلاف البارد إلى داخل المبنى (Wittkopf, 2015).

تمت إضافة كاسرات شمسية في بعض أجزاء المبنى وجدران خضراء عمودية على الجانب الغربي، فالسقف الكهروضوئي كما هو موضح في شكل (11) مرفوع على ارتفاع حوالي قدم واحد من السقف المعدني بالإضافة لعزله بالصوف الصخري ويتضمن طبقة من الوحدات الكهروضوئية، ويوجد فجوات أفقية بين الوحدات لضمان التهوية وتبريد الوحدات الكهروضوئية والسقف المعدني أدناه (Wittkopf, 2015).

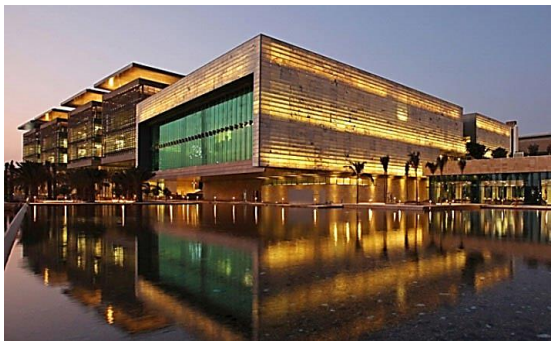
3-2 الواجهات التفاعلية والواجهات التكيفية (إنترنت الأشياء)

ساهمت الابتكارات والتطورات التقنية في تحسين كفاءة أداء واجهات المباني خلال العقود الماضية، وذلك من خلال ترجمة مصطلح ديناميكي الى وظائف وسلوك واستجابة لمكونات البناء لتتغير بمرور الوقت لتحقيق التكيف مع متطلبات المستخدمين الداخلية الديناميكية من جهة ومع المؤثرات والظروف المناخية الخارجية المتغيرة من جهة أخرى، ومن هنا ظهر مصطلحات المباني التفاعلية والتكيفية، وتوفر واجهات المباني التكيفية تحسينات كبيرة في كفاءة استخدام الطاقة وراحة المستخدمين من خلال قدرتها على الاستجابة وتغيير سلوكها وفقا للمؤثرات الداخلية والخارجية عن طريق المواد والمكونات والأنظمة.

وفي المباني الشاهقة يوصى باستخدام الواجهات التكيفية لتحقيق كفاء الأداء الحراري للمباني (Ding,Kareem, 2020)، ويوجد أربع اتجاهات للعمارة التكيفية مع الظروف الخارجية وسنوضح مثالين على الواجهات التفاعلية والتكيفية .

الواجهات التفاعلية نوع من أنواع الواجهات الذكية التي تتفاعل مع المحيط بتغير شكلها عبر إضاءتها أو لونها أو خصائصها وتتميز بأنها ذات سمات جمالية وحركية وتتفاعل مع الظروف الخارجية بشكل مباشر وتوفر اتصال بصري مع الخارج وكما نلاحظ في مبنى جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية في جدة كما في شكل (12) وأن واجهاتها ذكية مكونة من:

- واجهة متحركة
- واجهة تفاعلية
- واجهة متحركة
- واجهة طاقة متجددة
- واجهة متكيفة



شكل (12) جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية ، المرجع https://www.kaust.edu.sa/

فواجهة المبنى بعضها مغطى بقشرة معدنية ، وهذه القشرة عبارة عن شرائح أفقية تتحرك يدويا لعزل وكسر أشعة الشمس الساقطة بشكل مباشر على الواجهة، والزجاج المعالج له دور في زيادة العزل الحراري ويعالج رطوبة المنطقة، ومع وجود فتحات بالأسقف وأعلى الحوائط لتحسين جودة حركة الهواء بداخل المبنى، وتم تركيب ألواح الطاقة الشمسية على غالبية الأسقف للاستفادة من مصادر الطاقة المجددة، والمواد الذكية المستخدمة في الواجهات هي مواد متغيرة الخواص ومواد محولة للطاقة وهذه المواد استخدمت بالنظام الإنشائي وفي التشطيبات الخارجية (جنبي،عبدالنبي،البخاري، 2020).

الواجهات التكيفية فالهدف من استخدام هذا النوع من الواجهات هو تحسين الأداء الحراري للمباني مع المحافظة على الجوانب الجمالية، ويعد أداء الواجهة التكيفية خطوة أساسية لتحديد معايير التكيف والأنظمة التقنية المطلوبة وبوضح شكل (13) معايير تقييم الأداء، التي ترتبط عادة بالمعايير الهندسية وجوانب

الاستدامة وأهداف الطاقة، وتم تصنيفها ضمن خمس مجموعات رئيسية (محمد، 2020):

- الطاقة والأداء البيئي
- إدارة المبنى والخدمات
- الأداء الوقائي
- الصيانة والمتانة ودورة حياة المبنى
- خبرة وتحكم المستخدم

شكل (13) معايير تقييم الأداء لواجهات التكيفية، المرجع (محمد، 2020)

شكل (14) واجهة Koldinig Campus- الدنمارك، المرجع https://www.archdaily.com/

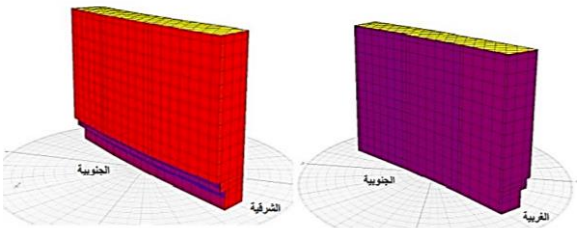
فالواجهات المتكيفية تتميز بتوفير اتصال بصري مع الخارج، والكفاءة في ترشيد الطاقة والقابلية للتحرك بشكل آلي وذاتي وفق المتغيرات المناخية (جنبي،عبدالنبي،البخاري، 2020).

في مبنى Koldinig Campus-الدنمارك كانت السمة الرئيسية للمبنى هي الواجهة (واجهة مستجيبة) كما هوموضح في شكل (14) تتكون من 1600 لوحة تظليل شمسية مثقبة من الصلب ذات الشكل المثلث والتي تعدل نفسها عن طريق الفتح أو الإغلاق تلقائيا، متبعة الأجهزة الاستشعارية التي تقيس وتراقب مستويات الضوء والحرارة، وتتميز بسرعة الاستجابة وسرعة تحقيق التكيف مع شدة ضوء النهار المتغير وتدفق الضوء المطلوب اعتماداً على التقنية الكهروميكانيكية المرتبطة بالمستشعرات الحرارية ومستويات الإضاءة، وتعطي هذه الواجهات التكيفية ميزة الإستدامة فهي تبرد المبنى عن طريق مياه النهر، والتهوية الميكانيكية منخفضة الطاقة والخلايا الشمسية، ووجود نظام تشغيل آلي لادارة مكونات وعناصر الواجهة (محمد، 2020).

2-4 تطبيقات المحاكاة التي يتم استخدامها لقياس أداء الواجهات

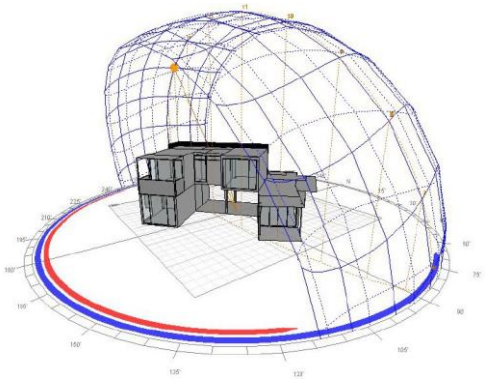
إن استخدام تطبيقات محاكاة الأداء تمكن من تحليل وتقييم أداء المبنى قبل تنفيذه وتمثيل النتائج في شكل ثنائي الأبعاد وثلاثي الأبعاد لإعطاء فكرة دقيقة حول متغيرات الأداء، وقد زاد استخدام هذه التطبيقات في الفترة الأخيرة بعد تزايد الاهتمام بجوانب الاستدامة ورغبة المعماريين في تحقيق التوازن بين الجوانب الجمالية والجوانب الوظيفية للواجهات. أحد أمثلة توظيف هذه التقنيات تناولتها دراسة (جنبي،عبدالنبي،البخاري، 2020) التي تم فيها محاكاة تأثير الواجهات القائمة بأشعة الشمس الساقطة عليها وتقييم استنتاج كمية الطاقة المستهلكة بشكل سنوي لمبنى برج الزائر رويال الفندقي-كدي- مكة المكرمة كما في شكل (15) و (16) بمرحلتيه قبل وبعد باستخدام برامج المحاكاة فالبرج فندق مكون من 20 طابق وذو مكان مميز ومهم بالمنطقة حيث يقع على أحد أهم الطرق الرئيسية ذات الكثافة العالية والارتياد المتكرر بشكل يومي. وبعد تصميم ورفع مجسم المبنى بشكل كامل ومن خلال اختبارات المحاكاة التي تم إجرائها على المجسم والدراسات التحليلية التي تمت للمبنى واختبارات المحاكاة للمبنى تم استنتاج بدائل الحلول لتحسين واجهات المبنى.

شكل (15) برج الزائر رويال بمكة المرجع (جنبي،عبدالنبي،البخاري، 2020)

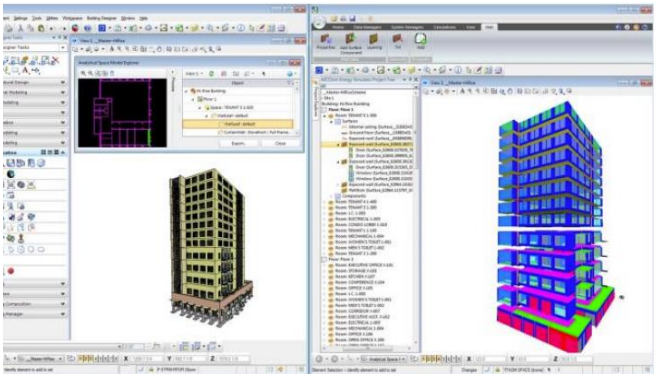


شكل (16) التأثير على الواجهات ، المرجع (جنبي،عبدالنبي،البخاري، 2020)

وتستخدم تطبيقات المحاكاة أيضاً في دراسات الإضاءة كما في شكل (17) الذي يوضح استخدام برنامج VELUX لمحاكاة الإضاءة الطبيعية لأحدى المباني، وفي محاكاة الطاقة كما يتضح من شكل (18) باستخدام تطبيق AECOsim من "بنتلي"، محاكاة وتحليل بناء الأنظمة الميكانيكية والظروف البيئية والطاقة أداء لمبنى آخر.



شكل (17) التأثير على الواجهات ، ("Rattibha," 2018)



شكل (18) محاكاة وتحليل بناء الأنظمة الميكانيكية والظروف البيئية والطاقة أداء لمبنى آخر، (Mostafa,Naeem, 2018)

3. تحديات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الاتزان الحراري لواجهات المباني

يواجه استخدام التقنيات الحديثة في تحسين واجهات المباني على الكثير من التحديات والصعوبات، فأظهرت مراجعة الأدبيات ذات العلاقة بالموضوع العديد من هذه التحديات والصعوبات التي تمت مناقشتها، إلا أن التحديات الرئيسية الشائعة التي يواجهونها متعددة كما يوضحها شكل (19).

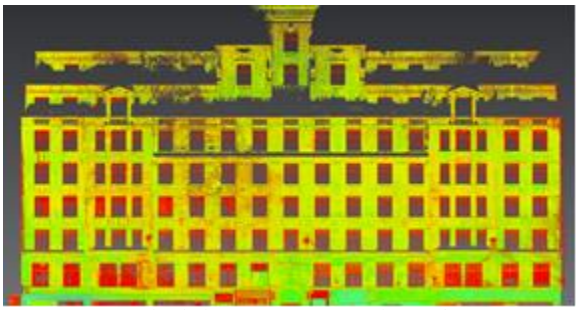
شكل (19) تصنيف أهم التحديات التي تواجه التقنيات الرقيمة لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني، من إعداد الباحثين

3-1 صعوبة التعامل مع حجم وكم البيانات الناتجة عن الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد لتكوين النموذج ثلاثي الأبعاد

وفق إفادة عدد من مستخدمي الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد التي تمت مقابلتهم من قبل الباحثين بخصوص علاقتها بمعالجة البيانات وأعمال التصميم أن هناك عوائق رئيسية تواجه مستخدم هذه التقنية وهي كالاتي:

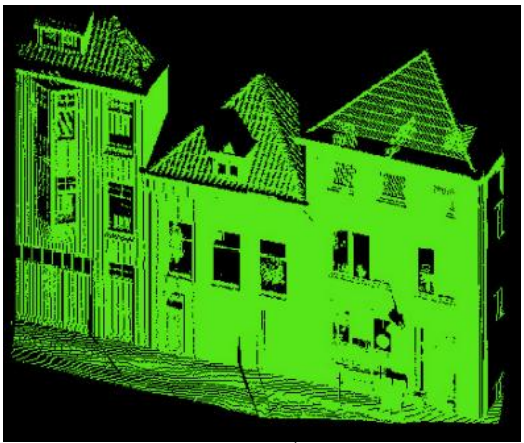
1- معالجة البيانات والنمذجة عملية شاقه وتستغرق وقتاً طويلا.
2- احتمال وجود أخطاء في النماذج.
3- فرص محدودة لاستخدام البيانات في أعمال التصميم حيث يتم إخفاء الأماكن الحرجة أثناء المسح.
4- حجم الملفات كبير.

تقنية المسح الليزري ثلاثي الأبعاد قد تتسبب في وجود أخطاء في النموذج وأيضا حجم الملف الناتج يكون كبير بدرجة كبيرة ويؤخر وصوله للمصمم وتتضمن بيانات عديدة لا يحتاجها المصمم لعمله مما يتطلب عمل إضافي للمصممين قد يؤدي إلى تأخير المشروع عن وقت تسليمه (Uotila, Saari, Junnonen,, 2021). وقد واجه ذلك " تيم بيتش" أخصائي بناء ومساح معتمد في المملكة المتحدة من عام 2003، تحديات المسح بالليزر لمساحة 11 طابقًا بمساحة 180 ألف قدم مربع. تجاوز المبنى في وسط برمنغهام، المملكة المتحدة، المبنى نفسه، بما في ذلك العثور على المواقع التي توفر وصولاً مرئيًا إلى كل وجه من جوانب المبنى في منطقة مزدحمة بالفعل. اختار المسح بالليزر نظرًا لحجم المبنى وتعقيداته والجداول الزمنية للعملاء والتسليمات كما هو موضح في شكل (20). تطلب المسح لكل غرفة من الغرف في كل طابق تنسيق ترتيبات الوصول مع جميع المستأجرين. تضمنت التسليمات التي طلبها العميل معلومات CAD ثنائية الأبعاد قياسية لمخططات الطوابق والارتفاعات والمقاطع العرضية. أثناء المشروع، طلب العميل معلومات إضافية، بما في ذلك تفاصيل الأسطح الهيكلية واللوح في مواقع مختلفة، ومسح طوبوغرافي كامل للمحيط المباشر، وتقارير انحراف الواجهة، وأعمال المراقبة وهذه كلها كانت حجمها كبيرة ولكن نجح فيها بعد صعوبة (Leica Geosystems 2022).



شكل (20) المبنى في وسط برمنغهام، المملكة المتحدة
المرجع (Leica Geosystems ,2022)

وتناول (Pu,Vosselman, 2014) تحديات حجم البيانات الناتجة عن استخدام المسح الليزري ثلاثي الأبعاد للمبنى، حيث نتج عن المسح حجم كبير للعينة لايحتاجها المصمم ، ويوضح شكل (21) طريقة مسح المبنى.

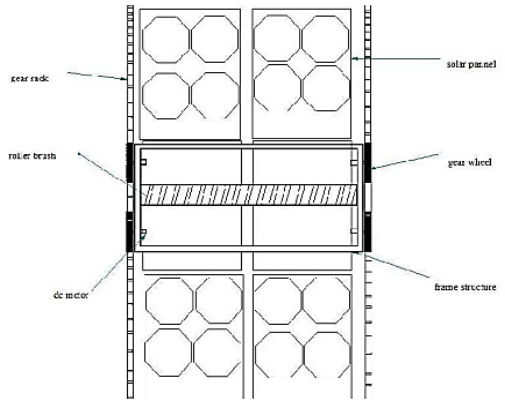


شكل (21) المسح الليزري ثلاثي الأبعاد على المبنى (Pu,Vosselman, 2014)

3-2 متطلبات صيانة الألواح الشمسية التي تستخدم في الواجهات.

تمثل عملية صيانة الألواح الشمسية أهم تحديات استخدام هذه التقنية، ويمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى العديد من أشكال الطاقة القابلة للاستخدام، ويواجه ذلك

تحديات متعددة بسبب التغيرات الطبيعية والظروف في الطبيعة مثل التأثير من الغيوم والغبار ودرجة الحرارة والنفايات الأخرى بواسطة الكائنات الحية، عادة لا تستخدم الألواح الشمسية في البيئة الغبارية بسبب تراكم الغبار على سطح اللوحة فيمنع الضوء الساقط من الشمس الوصول إليه، ويقلل من إمكانات توليد الطاقة للوحة ولتجنب ذلك، يتم تصميم نظام التنظيف بالترتيب تلقائيًا عن طريق استشعار انخفاض الطاقة وتنظيف سطح الألواح الشمسية بالإجراء الميكانيكي وتبريد اللوح بواسطة نظام التبريد الحراري لتحسين كفاءة الألواح الشمسية ويتم ذلك (V,S,S,R, 2019)، كما يتم التنظيف بالطريقة التقليدية يدويًا بواسطة الأفراد، ولكن يعيبه مخاطر الحوادث وتلف الألواح، وسوء الصيانة، وصعوبة الوصول إلى الألواح وما إلى ذلك (Bosman,Leon-Salas,Hutzel,Soto, 2020)، وأشار (Bosman,Leon-Salas,Hutzel,Soto, 2020) إلى الحفاظ على اللوحة الشمسية بطريقة ذكية عن طريق استشعار الغبار والنفايات المتراكمة على الألواح الشمسية باستخدام مستشعرات الأشعة تحت الحمراء الخاصة، ثم يتم الحصول على درجة حرارة الألواح الشمسية باستخدام مستشعر درجة الحرارة LM35 وعندما تنخفض الكفاءة، بسبب هذا، يتم تشغيل الفرش الميكانيكية تلقائيًا ويتم تنشيط نظام التبريد الحراري، وحتى أجهزة ضبط الوقت تستخدم لتنظيف الألواح الشمسية كل يوم من الاستخدام في الصباح كما هو موضح في شكل (22).



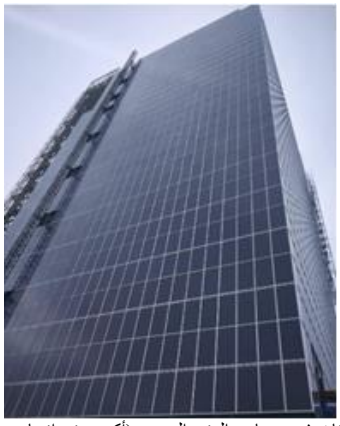
شكل (22) مسقط يوضح التنظيف الآلي المساعد للصيانة، المرجع (Bosman,Leon-Salas,Hutzel,Soto, 2020)

إن أفضل طريقة للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر أي على فترات إلا تتجاوز ثلاثة أيام لكل فترة وتختلف هذه الطرق من بلد إلى آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في ذلك البلد (عبدالمقصود، 2020).

3-3 صعوبة تحقيق التوافق بين المساحة المطلوبة للألواح الشمسية وبين الجوانب الجمالية للواجهات

تحدي تحقيق التوافق بين المساحة المطلوبة للألواح الشمسية وبين الجوانب الجمالية أمر ليس بالسهل ولكن في عام 2019 م قامت شركة حلول الطاقة الشمسية النظيفة بتركيب أكبر نظام هندسي كهروضوئي رأسي متكامل في الهند في مركز بيانات في مومباي. تم تركيب النظام، الذي تبلغ سعته حوالي 1 ميجا واط، من خلال دمج الألواح الشمسية على جميع الجدران الأربعة للمنشأة، والتي تغطي أكثر من 5000 قدم مربع من مساحة الواجهة نظرًا لأن هذا المبنى قائم، فقد أتى المشروع بمجموعة من التحديات الخاصة به.

دعت الحاجة للوصول إلى توافق بين المساحات إلى استخدام قضبان الألومنيوم المصممة حسب الطلب كهيكل تركيب الوحدة. وتم استخدام ألواح بدون إطار على الواجهة للحفاظ على الجمالية وتم توصيل الألواح أثناء وضعها على الهيكل، وتم تنفيذ الأعمال الكهربائية والبناء في وقت واحد للتسليم في الوقت المناسب، نظرًا لأن المبنى قد تم تشييده بالفعل، فقد كان هذا قيدًا على الطاقة الشمسية التي يمكن تسخيرها. لمعالجة هذه المشكلة جزئيًا، وتم استخدام محسنات الطاقة في كل لوحة، لزيادة إنتاج الطاقة من خلال تتبع نقطة الطاقة القصوى (MPPT) لكل وحدة على حدة. (أكبر مبنى إنديا متكامل للطاقة الشمسية الكهروضوئية، 2021).



شكل (23) مركز البيانات في بومباي- الهند، المرجع (أكبر مبنى إنديا متكامل للطاقة الشمسية الكهروضوئية، 2021)

مبنى EPB في شكل (24) الذي تبلغ مساحته 12800 متر مربع من ثلاث مباني مكاتب وسكن ومرافق تجارية واجه أكبر تحدي في صعوبة تحقيق التوافق بين المساحة المطلوبة للألواح الشمسية وبين الجوانب الجمالية للواجهات، في الواجهة الجنوبية بالمبنى ولكنه صممه بشكل مناسب وجميل. (.Fixing of solar panels, Hikari," n.d")

شكل (24) مبنى بفرنسا الواجهة الجنوبية ألواح شمسية (.Fixing of solar panels, Hikari," n.d")

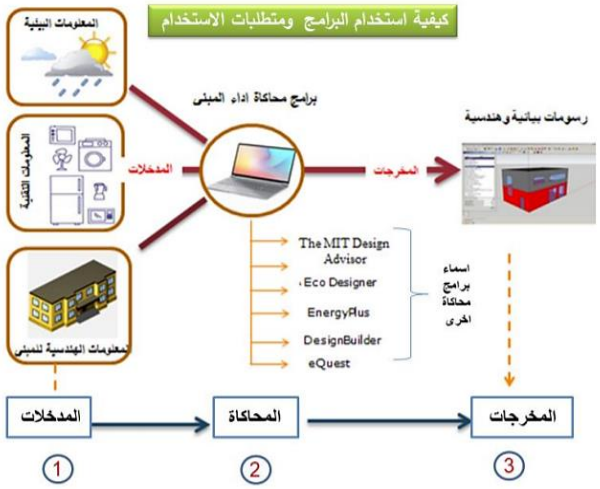
أما عن مبنى قاعة المدينة الجديدة في فرايبورغ (ألمانيا) فهي واحدة من أكبر واجهات الألواح الشمسية في أوروبا، وتبلغ حوالي مساحة 13،000 متر مربع، تتكون الواجهة من إطارات معدنية محاذية للشمس، حيث تم تخصيص وحدات الطاقة الشمسية فقد كان تحدي له للتوافق بين المساحة والجانب الجمالي (Solar modules for new City Hall of Freiburg, 2016).

شكل (25) توضيح لكيفية استخدام أدوات محاكاة المبنى، (" Solar modules for new City Hall of Freiburg," 2016)

3-4 صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات محاكاة الأداء الحراري

ليهتم العالم بالتحديات البيئية في الحاضر والمستقبل وذلك من خلال تطوير برامج محاكاة المبنى، لهدف تعزيز مفهوم الاستدامة من خلال اقتراح تدابير لتقليل الآثار السلبية المحتملة على البيئة، والتي يمكن بالتالي تطبقها بكل سهولة من قبل المصممين .

أشار(عبد العاطي, ساسي, أغفير، 2022) إلى نقص الوعي لدى المصممين طلاب العمارة وأيضا المصممين، بأهمية الدور الذي تلعبه برامج محاكاة أداء المبنى في المساعدة على تطوير العملية التصميمية، فعند حاجة المصمم لاستخدام هذه البرامج يواجه صعوبة كبيرة في فهم المصطلحات الهندسية المرتبطة بتقنيات المحاكاة، ونوه إلى دراسة تطبيقية تمت مع عدد من المصممين باستخدام برنامج (The MIT Design Advisor) وتحت إشراف متخصصين، للتعرف على منهجية عمل برامج المحاكاة لتحسين الأداء البيئي وتحقيق الاستدامة، والتعرف على مدخلات الاستخدام وكيفية استنتاج النتائج، ومدى كفاءتها في معالجة إشكالية تحسين الراحة الحرارية لمستخدمي المبني. وواجه الغالبية المشاركين في التجربة صعوبة في البداية وتم تخطيها بدعم من المشرفين على التجربة بتوضيح المصطلحات الهندسية، وخلص إلى التوصية بدراسة البرامج ومصطلحاتها ضمن الخطط الدراسية بالعمارة.



شكل (26) توضيح المتغيرات المتعددة لاستخدام أدوات محاكاة المبنى، المرجع (عبدالعاطي,ساسي,أغفير، 2022)

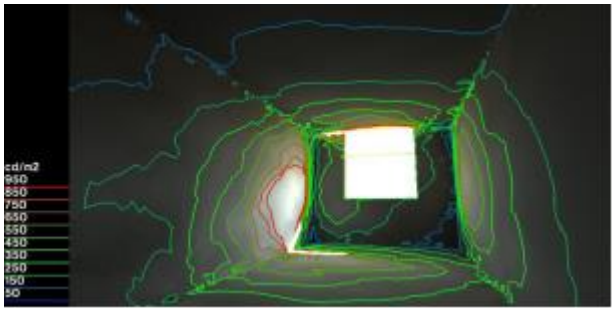
5-3 متطلبات معايرة برامج المحاكاة لضبط النتائج

من منظور متطلبات معايرة برامج محاكاة لضبط النتائج والتأكد من دقتها، تتنوع برامج المحاكاة البيئة من حيث منهجية عمل كل برنامج والتي تؤثر على مدخلات ومخرجات البرامج، فهي برامج حاسوبية تحاكي واقع المبنى قبل التنفيذ، وتعرف أيضا بأدوات نمذجة طاقة المباني (BIM)، خصوصا المباني المستدامة والخضراء. وتقيم أداء المبنى بيئيا من قبل متخصصين مدربين وبمعايير متعارف عليها عالميا لاستخراج نتائج أقرب للواقع.

يمكن أن تتسبب ثلاثة مصادر للخطأ في ضعف الارتباط أثناء المعايرة وهي خطأ الإدخال وخطأ النموذج وخطأ المستخدم، ولحل هذه الصعوبة يمكن إنشاء نموذج افتراضي مبدئي ومعايرته بحيث يتطابق مع النموذج الأساسي. ثم يجب بعد ذلك التحقق من النموذج الذي تمت معايرته للتأكد من أن النموذج يعمل كما هو متوقع بناءً على المدخلات وبمجرد التحقق من النموذج، فإن الخطوة الأخيرة هي التحقق من صحة النموذج من خلال مقارنة المخرجات بالبيانات. (محاكاة الكمبيوتر، 2003).

وقد قام (محمد,عقبة,إمبابي,أحمد، 2021) بمقارنة ودراسة برامج المحاكاة البيئية ومدى تنوعها في قياس هذه العناصر ووضع مصفوفة لدراسة فاعليتها كأداة لمحاكاة عناصر التخطيط والاستدامة البيئية ومؤشرات قياس هذه العناصر على المستوى المحلي، والتي تمثل تحدياً أمام المخططين لتحقيقها. وأوصى بضرورة الاستفادة من برامج المحاكاة البيئية وتطويرها مستقبلا وتطبيقها على نطاق واسع على مستوى الهيئات وأماكن اتخاذ القرار.

وفي مجال تأثير الواجهات الخارجية على الفراغات الداخلية، ومعايرة برامج المحاكاة على جميع المستويات قام (Christakou, Silva, 2017) بتجربة استخدام برنامجي محاكاة معمارية لتجربة استخدام الضوء الطبيعي في مبنى سكني بالبرازيل، تم اختيار برنامجي ECOTECT كما هو موضح في شكل (27) وبرنامج RELUX VISION في شكل (28) للعمل عليهم ثم إجراء تقييم ومقارنة المحاكاة من داخل المبنى مع مراعاة معايير عديدة أهمها شكل الواجهة وراحة مستخدمي المبنى. تضمنت منهجية التجارب التي أجراها عددًا كبيرًا من عمليات المحاكاة في المناخ الاستوائي، بهدف اختبار أدوات المحاكاة في ظروف مختلفة. أظهر التقييم باستخدام المقارنة الكمية والنوعية اختلافا طفيفا بالنتائج. يظهر هذا الاختلاف الحاجة إلى تجربة عدة برامج محاكاة للتأكد من دقتها لأنها أفضل طريقة للتغلب على العقبات بهدف الوصول الى الراحة البيئية.



شكل (27) - تجربة المحاكاة بإستخدام برنامج ECOTECT ، (Christakou, Silva, 2017).

شكل (28) – تجربة المحاكاة بإستخدام برنامج RELUX VISION، المصدر (Christakou, Silva, 2017)

4. الدراسة الميدانية: واقع الإتاحة والاستخدام في المملكة والأهمية النسبية للاتجاهات والتحديات

بعد استخلاص ودراسة أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني، يأتي الجزء الثاني من الدراسة بإجراء مسح ميداني لرصد واقع إتاحة هذه الاتجاهات وأهميتها النسبية ومدى تطبيقها وماهي التحديات التي تواجه المكاتب الاستشارية والهندسية والمتخصصين فيها.

1-4 تصميم الاستبانة

تم تصميم الاستبانة بعد مقابلة عدة مختصين لمراجعة الاتجاهات والتحديات التي تم استخلاصها ولمراجعة الأسئلة ومدى أهميتها لتحقيق هدف الدراسة. وقسمت أسئلة الاستبانة إلى ثلاثة أقسام كالتالي:

- البيانات الشخصية لعينة الدراسة.
- أهمية وواقع تطبيق الاتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة.
- التحديات التي تواجهه تطبيق الاتجاهات للتقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة.

وقد تم تصميم استبانة بناء على نتائج الدراسات الأدبية، وتم استخدام مقياس Likert لرصد واقع إتاحة الاتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة وواقع تطبيقها في مدينة الرياض وأهميتها النسبية. ولإعداد وتوزيع الاستبانة تم استخدام منصة جوجل (رابط الاستبانة (https://forms.gle/mJxKhFFvsN8FojNz9

2-4 مجتمع البحث

تم توجيه الاستبانة إلى المجتمع المعماري في المملكة العربية السعودية تحديداً بمدينة الرياض، الذي يمثله المكاتب الهندسية والاستشارية المتخصصة في التصميم المعماري، بالإضافة إلى المتخصصين الأكاديميين في تخصص التقنيات الحديثة في العمارة وتطبيقات الحاسب والمطورون العقاريون، وبلغ عدد مجتمع البحث (381) فرد تم حسابهم كالتالي:

- الأكاديميون بالجامعات السعودية: تم مراجعة مواقع أعضاء هيئة التدريس بكليات العمارة بالجامعات السعودية وأمكن حصر عدد (80) عضو هيئة تدريس متخصص في مجال التقنيات الحديثة للبناء.
- المهندسون العاملون في المكاتب الاستشارية: تم مراجعة موقع الهيئة السعودية للمهندسين وأمكن حصر عدد (176) مكتب استشاري في المجال المعماري. وافتراض أن كل مكتب لديه مهندس واحد، على الأقل، متخصص في مجال نمذجة معلومات المباني، وبالتالي يكون مجتمع البحث من هذه الفئة هو نفس عدد المكاتب الهندسية.
- المطورون العقاريون ذوي التصنيف المرتفع وتم حصر ما يقارب (125) شركة وتم افتراض أن كل شركة بها مهندس واحد على الأقل متخصص في التقنيات الحديثة وبالتالي يكون مجتمع البحث من هذه الفئة هو نفس عدد الشركات التي تم التوصل إليها.

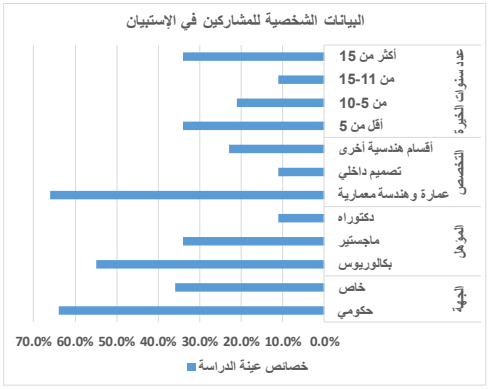
واعتماداً على أحد مواقع حساب عينة البحث[1] ، واعتبار مستوى الثقة (95%) ومدى الخطأ (5%)، ونسبة تمثيل العينة 20%، بلغت عينة الدراسة عدد (150) فرد.

3-4 خصائص عينة الدراسة

كما يتضح من شكل (29) فلقد بلغ 66% من المستجيبين في العمارة والهندسة والمعمارية و11% من المستجيبين في الهندسة الداخلية و23% من المستجيبين في (البترول، المدني، هندية الكتر ونيات، تقنية المعلومات، هندسة كهربائية، تصميم حضري، هندسة ميكانيكية، التخطيط الحضري والإقليمي).

أما عن المستوى التعليمي فالمستجيبين بحملة البكالوريوس كانت نسبتهم 55% يليهم حملة الماجستير بنسبة 34% ثم حملة الدكتوراه بنسبة 11% من المستجيبين، وبلغت نسبة العاملين في القطاع الحكومي 64% في المقابل بلغت نسبة العاملين في القطاع الخاص 36%.

تنوعت الإجابات عن سؤال سنوات الخبرة حيث تماثلت نسبة المستجيبين ذوي الخبرة من سنة الى خمس سنوات ومن أكثر من 15 سنة خبرة 34%، أما نسبة المستجيبين من أصحاب الخبرة من5 إلى 10 سنة 21% ومن 10 إلى 15 سنة بنسبة 11%.

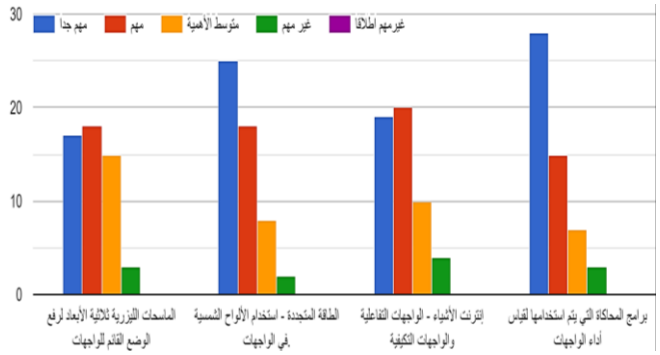


شكل(29) رسم بياني يوضح خصائص عينة البحث، (من إعداد الباحثين)

[1] https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html?type=1&cl=95&ci=5&pp=20&ps=400&x=58&y=16

4-4 الأهمية النسبية للاتجاهات

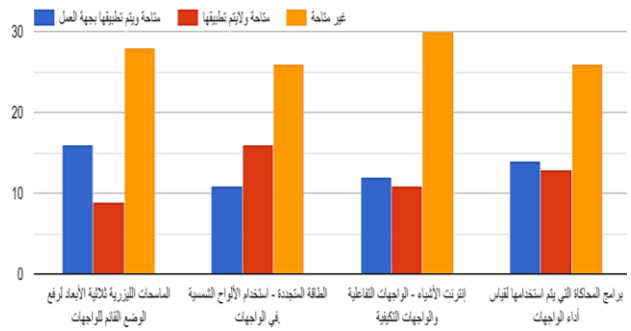
تم توجه سؤال للعينة عن الأهمية النسبية لاتجاهات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة وواقع تطبيقها في مدينة الرياض، كما هو موضح في شكل (30) يتضح أن درجة "مهم جداً" كانت مرتفعة لجميع الاتجاهات. كان ترتيب الاتجاهات حسب الأهمية من قبل المستجيبين للاستبانة فأعلى اتجاه في الأهمية كان برامج المحاكاة التي يتم استخدامها لقياس أداء الواجهات، يليه بالأهمية استخدام الألواح الشمسية في الواجهات (الطاقة المتجددة) ثم الواجهات التفاعلية والتكيفية (إنترنت الأشياء) وأخر أهمية على حسب اختيار المستجيبين كانت الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد لرفع الوضع القائم للواجهات.



شكل (30) رسم بياني يوضح الأهمية النسبية لإتجاهات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني حسب إجابات المستفيدين، (من إعداد الباحثين)

5-4 واقع إتاحة وتطبيق الاتجاهات الحديثة في المملكة

في القسم الثاني من الاستبانة كان من بين الأسئلة الموجه للمستجيبين عن مدى إتاحة وتطبيق استخدام التقنيات لتحقيق هذه الاتجاهات في جهات عملهم كما هو موضح في شكل (31) بالرسم البياني يوضح لنا بشكل عام أن نسبة عدم الإتاحة أعلى نسبة في جميع الجهات بالمقابل وضحت أن بعض الجهات متاحة لهم هذه التقنيات لكن لا يتم تطبيقها، وقد ظهرت النسب كما هو موضح بالرسم البياني بأن اتجاه برامج المحاكاة التي يتم استخدامها لقياس أداء الواجهات نسبة تطبيق التقنيات لا تتجاوز 14%، وعدم الاستفادة من التقنيات على الرغم من توفرها لدى بعض الجهات كانت بنسبة 13%، ونسبة عدم تطبيقها وعدم توافرها 26%. اتجاه الواجهات التفاعلية والتكيفية التي يتم استخدامها لقياس أداء الواجهات نسبة تطبيق التقنيات لا تتجاوز 12%، وعدم الاستفادة من التقنيات على الرغم من توفرها لدى بعض الجهات كانت بنسبة 11%، ونسبة عدم تطبيقها وعدم توافرها 30%. أما عن اتجاه استخدام الألواح الشمسية التي يتم استخدامها لقياس أداء الواجهات نسبة تطبيق التقنيات لا تتجاوز 11%، وعدم الاستفادة من التقنيات على الرغم من توفرها لدى بعض الجهات كانت بنسبة 16%، ونسبة عدم تطبيقها وعدم توافرها 26%. واتجاه الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد لرفع الوضع القائم للواجهات التي يتم استخدامها لقياس أداء الواجهات نسبة تطبيق التقنيات لا تتجاوز 16%، وعدم الاستفادة من التقنيات على الرغم من توفرها لدى بعض الجهات كانت بنسبة 0%، ونسبة عدم تطبيقها وعدم توافرها 28%.

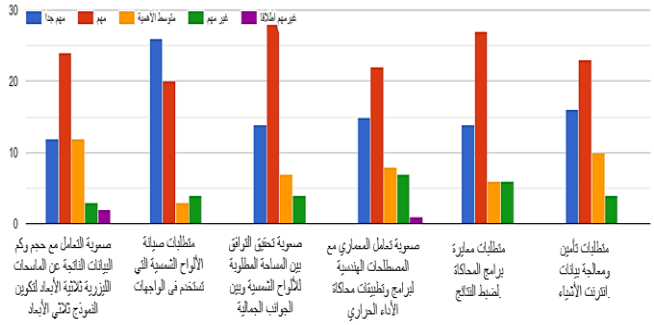


شكل (31) رسم بياني يوضح مدى اتاحة وتطبيق استخدام التقنيات لتحقيق هذه الاتجاهات في جهات عمل المستجيبين، (من إعداد الباحثين)

6-4 الأهمية النسبية للتحديات وأولويات تناولها

يوضح الشكل (32) بأن ترتيب التحديات على حسب الأهمية بناءً على إجابات المستفيدين كانت كما يلي:

أولاً متطلبات صيانة الألواح الشمسية التي تستخدم في الواجهات ، يليها متطلبات تأمين ومعالجة بيانات إنترنت الأشياء، ثم صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات محاكاة الأداء الحراري، ويتبعها متطلبات معايرة برامج المحاكاة لضبط النتائج وصعوبة تحقيق التوافق بين لمساحة الطلوبة للألواح الشمسية وبين الجوانب الجمالية، وأخيرا صعوبة التعامل مع حجم العينة والبيانات الناتجة عن الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد لتكوين النموذج ثلاثي الأبعاد.



شكل (32) رسم بياني يوضح الأهمية النسبية لتحديات لتقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة وواقع تطبيقها في مدينة الرياض حسب إجابات المستفيدين، (من إعداد الباحثين)

7-4 مخرجات إضافية من الاستبانة

طرحت بالاستبانة على المختصين سؤالين من باب الاستفادة في حال لديهم إضافة في الاتجاهات والتحديات الرقمية ذات أهمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري للواجهات، وبناء على أجوبتهم في السؤال الأول عن إضافة الاتجاهات الرقمية فقد ذكر أحدهم تقنية النوافذ الذكية، كما تم ذكر عناصر العمارة الخضراء والمحاكاة فيما يخص تظليل الواجهات وآخرون عن رقمنه الواجهات، فهذه الاتجاهات ظهرت بالنتائج الاستبيان أنها متوفرة وذات أهمية. أما عن إجابات السؤال الثاني عن إضافة أي تحدي ذات أهمية فقد ذكرت التكلفة العالية كأحد التحديات وفعلا هذا التحدي موجود في مجال المساكن، وتحدي أخر عن النتائج التي تظهر من الماسحات الليزرية فأنها تظهر فقط العناصر المعمارية الظاهرة ولا تظهر العناصر المدنية وهذا يصعب على المصمم التعامل مع النتائج.

5. النتائج والمناقشة

تطورت التقنيات الجديدة في مجال الهندسة المعمارية بصورة كبيرة، ودعم ذلك المشاركة في حل استهلاك الطاقة المرتفع المستخدم في قطاع المباني والمحافظة على كفاءة الأداء الحراري ونظرًا لأن تطوير أغلفة المباني هو الخطوة الأولى نحو تقليل استهلاك الطاقة، فقد ركزت التقنيات الجديدة على تحسين أداء كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني من خلال الجزء النظري لهذه الدراسة حيث تم استنتاج أهم الاتجاهات الحديثة لاستخدام التقنيات الرقمية في مجال تصميم الواجهات المستدامة، وتم ترشيح الجوانب التالية كأهم هذه الاتجاهات:

- الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد- لرفع الوضع القائم للواجهات.
- الطاقة المتجددة - استخدام الألواح الشمسية في الواجهات.
- إنترنت الأشياء - الواجهات التفاعلية والواجهات التكيفية.
- برامج المحاكاة التي يتم استخدامها لقياس أداء الواجهات.

ومن واقع ما تم إيجاده بالجزء السابق نستنتج ما يلي:

- واجهات المباني مستقبلا ستصبح كائنا ديناميكيا متحرك قادر على تغيير شكله وسلوكه بسرعة وكفاءة عالية بأنظمة تحكم مركزية والمركزية في المبنى ويتكيف بفاعلية مع المؤثرات الخارجية والداخلية ومرتبطا لتحقيق المتطلبات الوظيفية والبيئية والجمالية وراحة المستخدمين ورفاهيتهم.
- أثبتت التقنيات الحديثة قدرتها على تقليل استهلاك الطاقة المرتفع في المباني.
- ترتبط التطورات التقنية المستقبلية للواجهات التكيفية مع عمليات الإنتاج والتصميم الرقمي والمواد الذكية والمكونات التفاعلية، لذلك يبدو أن تطوير المواد والتقنيات والنظم القادرة على التحكم والتعامل مع الواجهات التكيفية بمثابة التحدي الرئيسي في البحوث المستقبلية وسيفتح مجالات بحثية جديدة متميزة.
- تحديث استخدامات الطاقة الشمسية في مجال البناء والعمارة ودراسة تقليل الفاقد في الطاقة والاعتماد على تقليل نسبة أول وثاني أكسيد الكربون للحفاظ على سالمة البيئة واستدامتها
- تمتاز الطاقة الشمسية بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى بأن التقنية المستعملة فيها تبقى بسيطة نسبياً وغير معقدة بالمقارنة مع التقنية المستخدمة في مصادر الطاقة الأخرى، وتوفير عامل الأمان البيئي حيث أن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة.

كما تم استنتاج التحديات التالية:

- صعوبة التعامل مع حجم وكم البيانات الناتجة عن الماسحات الليزرية ثلاثية الأبعاد لتكوين النموذج ثلاثي الأبعاد.
- متطلبات صيانة الألواح الشمسية التي تستخدم في الواجهات.
- صعوبة تحقيق التوافق بين المساحة المطلوبة للألواح الشمسية وبين الجوانب الجمالية للواجهات.
- صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات محاكاة الأداء الحراري.
- متطلبات معايرة برامج المحاكاة لضبط النتائج.
- متطلبات تأمين ومعالجة بيانات إنترنت الأشياء.

وبناءً على الوضع الحالي فقد تبين:

- صيانة الألواح الشمسية التي تستخدم في الواجهات مهم جدا يليها صعوبة تحقيق التوافق بين الماسحة المطلوبة للألواح الشمسية وبين الجوانب الجمالية، فأهمية تحيق الجمال الآن من المتطلبات المهمة والمطلوبة في وقتنا الحالي.
- تؤثر طبيعة عمل المبنى، وظيفته على الشكل الخارجي من خلال اختيار نوع الغلف الخارجي او اختيار المواد فضلا عن طبيعة الآليات المستخدمة.

6. التوصيات والرؤى المستقبلية

من خلال ما تم في هذه الدراسة ومن هذا المنطلق حول الاتجاهات والتحديات التي تواجه التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة وواقع تطبيقها في مدينة الرياض إلى رفع الوعي لدى المختصين في الجهات البحثية والمعماريين والمهندسين وحتى في القطاع الأكاديمي من أعضاء هيئة التدريس والباحثين والطلاب بإمكانيات استخدم التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة وواقع تطبيقها في مدينة الرياض، توصي بالتالي:

الجهات البحثية المتخصصة توصي الدراسة بالتالي:

- على الباحثين إجراء العديد من الدراسات والبحوث لمواكبة التقدم السريع في هذه الاتجاهات الحديثة وتحدياتها وكيفية تطبيقها.
- يجب تفعيل معايير دقيقة لتقييم أداء المواد والمكونات والسلوك الديناميكي للواجهات من أجل التنبؤ بقدرة الأداء الكاملة للواجهات التكيفية بعد التشغيل الفعلي.
- تطوير أدوات أفضل للتنبؤ بأداء الواجهات التكيفية مع مراعاة راحة ورفاهية المستخدمين وتغير سلوكهم والطبيعة الديناميكية للواجهات التكيفية.
- من الضروري العمل على زيادة الوعي المعلوماتي بأهمية مهام إنترنت الأشياء في تطوير الخدمة وتخصيص المزيد من الندوات المهنية الاستكشاف المزيد من الفرص الواعدة في موضوعات خدمة إنترنت الأشياء ودراسة المخاوف التي تهدد الاستثمار في تطبيقات إنترنت الأشياء.

المعماريين والمهندسين نوصي بـ:

- الاهتمام بدقة المعلومات المدخلة لبرامج المحاكاة لتلافي الحصول على بدائل غير مناسبة للواقع الفعلي.
- التوسع في الدراسات المستقبلية لتحسين الأداء الحراري لواجهات المباني وتحسين العلاقة والتوازن بين الحماية من الاكتساب الشمسي والإضاءة.

- تطوير أدوات أفضل للتنبؤ بأداء الواجهات التكيفية مع مراعاة راحة ورفاهية المستخدمين وتغير سلوكهم والطبيعة الديناميكية للواجهات التكيفية وفاعلية التصميم المتمحورة حول المستخدم.
- تطوير ضمانات شاملة لصيانة التشغيل التلقائي والتكيف المتواصل لتحقيق أداء فعال للواجهات التكيفية.

أعضاء هيئة التدريس والباحثين والطلاب نوصي بـ:

- ضرورة زيادة الوعي بشأن استخدام برامج المحاكاة للرفع من كفاءة الاستدامة في العملية التصميمية، وذلك عن طريق تبني برامج المحاكاة المتطورة ودمجها في المناهج الدراسية لطالب الهندسة المعمارية، وتدريبهم على إجراء جميع مهام النمذجة والمحاكاة لتحقيق مبادئ التصميم المستدام والبيئي لحل المشاكل البيئية وتحقيق الراحة للمستخدمين.
- يجب أن يكون المعماري على دراية وإلمام ببرامج المحاكاة وأنواع المواد وخواصها وبرامج الحاسوب المستخدمة لتصميم هذا النوع لمساعدته لتحسين كفاءة الأداء الحراري بالواجهات.

AUTHORS CONTRIBUTION

Dr. Ahmed Omar Mostafa (50%): established and identified the research concept, methodology and content. He supervised the research preparation stages, did the critical revisions in different stages, approved and fine-tuned the final version to be published.

Arch. Nouf AlOmairi (50%): is the corresponding author of this research, collected and analyzed research literature to explore digital technologies' top trends and challenges of existing facades to improve façade thermal performance. She also applied the field survey, collected and analyzed survey data, and concluded the results and recommendations.

FUNDING STATEMENT:

The Authors didn't receive any financial support related to their research, research authorship or publication.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS STATEMENT:

The Authors don't have any conflict of interest with respect to their research, authorship or publication.

المراجع

المراجع العربية

[.1] الدهشان، جمال علي خليل. 2019. توظيف إنترنت الأشياء في التعليم: المبررات، المجالات، *التحديات. المجلة الدولية للبحوث في العلوم التربوية* مج. 2، ع. 3، ص ص. 49-92.
[.2] https://search.emarefa.net/detail/BIM-874648
[.3] الطاقة والاستدامة (n.d.). Retrieved from website: 2030 رؤية السعودية. https://www.vision2030.gov.sa/ar/thekingdom/explore/energy/
[.4] الكردى, ع., محمد, أ. عبده, س., 2021. إحياء المباني والتحف الأثرية والحفاظ عليها باستخدام المسح ثلاثي الأبعاد تكنولوجيا الواقع المختلط. *مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية*
[.5] الهام، م.، إيهاب، ع., مهجة, ا., & إيمان, ا. (2021). فكر المحاكاة البيئية كأداة لتخطيط وتصميم التجمعات العمرانية المستدامة - مقارنة لنماذج برامج المحاكاة البيئية في السياق العمراني. *Fayoum University Journal of Engineering*, *4*(2), 35-55. doi: 10.21608/fuje.2021.205522
[.6] بلال، ر.، إيمان، ع. نضال، ف.، 2022. دور برامج محاكاة المبنى في تعزيز استراتيجيات الاستدامة في العملية التصميمية (متطلبات ومعوقات التطبيق في ليبيا ومقترحات الحلول). *Humanitarian and Natural Sciences Journal*, 3(2).
[.7] زووم للتقنية بامتياز. (n.d.). Retrieved from zometech.blogspot.com website: https://zometech.blogspot.com/
[.8] سباشيوكاب – خبراء في تقنيات الواقع الافتراضي، الواقع المعزز والحلول التسويقية المكانية. (n.d.). Retrieved February 25, 2022, from SpatioCap website: http://www.spatiocap.com/
[.10] سليمان عيسى محمد، ح. (2020). مستقبل الواجهات التكيفية: المفاهيم والتقنيات والأداء. *Engineering Research Journal*, *167*(0), 134-163. doi: 10.21608/erj.2020.140787
[.11] عبد المقصود، أ (2020) أثر الطاقة الشمسية على التصميم الداخلي البنية صفرية الطاقة. *مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية* - المجلد الخامس - العدد الثالث والعشرين, 21.
[.12] عن الجامعة. (n.d.). Retrieved February 25, 2022, from www.kaust.edu.sa website: https://www.kaust.edu.sa/ar/about
[.13] ما هي سمات الشركات الداعمة لتقنية "إنترنت الأشياء"؟ (2022). Retrieved 2 July 2022, from http://www.alwasatnews.com/news/1000882.html
[.14] مجلة نقطة العلمية (n.d.). Retrieved February 25, 2022, from website: https://www.nok6a.net/
[.15] محمد، إبراهيم. 2018. برمجيات وتقنيات التصميم الرقمي كعامل مشارك في العلمية التصميمة. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, *13*(47), pp.681-694.
[.16] نور الدين البخاري، ا.، محمد زكي عبد النبي، ف.، & فضل عبد الحميد جنبي, ح. (2020). الواجهات الذكية كمدخل لاستدامة المباني العامة (دراسة حالة - مدينة مكة المكرمة.
[.17] يواقيم, ر., 2015. التصميم المستدام للفراغات المعمارية في ظل الثورة التكنولوجية الحديثة *مجلة الفنون والعلوم التطبيقية*, 2(1), pp.375-384. vc
[.18] يمني السروجي. (2016). دراسة التحكم البيئي للمبنى باستخدام الأنظمة الحركية في الغلاف. كلية الهندسة- جامعة القاهرة، 15.

المراجع الأجنبية

[19.] ArchDaily | Broadcasting Architecture Worldwide. (2019, May 23). Retrieved from ArchDaily website: https://www.archdaily.com/
[20.] Bosman, L., Leon-Salas, W., Hutzel, W., & Soto, E. (2020). PV System Predictive Maintenance: Challenges, Current Approaches, and Opportunities. Energies, 13(6), 1398. doi: 10.3390/en13061398
[21.] Capeluto, I., & Ochoa, C. (2014). Simulation-based method to determine climatic energy strategies of an adaptable building retrofit façade system. Energy, 76, 375-384. doi: 10.1016/j.energy.2014.08.028
[22.] Casini, M. (2014). Smart windows for energy efficiency of buildings. Proc. of the Second Intl. Conf. on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering- ACSEE 2014, p. 10
[23.] Ding, F., & Kareem, A. (2020). Tall Buildings with Dynamic Facade Under Winds. Engineering, 6(12), 1443-1453. doi: 10.1016/j.eng.2020.07.020.
[24.] Fixing of solar panels, Hikari. (n.d.). Retrieved February 25, 2022, from SADEV Architectural Systems website: https://www.sadev.com/projects/fixing-of-solar-panels-hikari/
[25.] Ghabra, N., Rodrigues, L., & Oldfield, P. (2017). The impact of the building envelope on the energy efficiency of residential tall buildings in Saudi Arabia. International Journal of Low-Carbon Technologies, 12(4), 411-419. doi: 10.1093/ijlct/ctx005
[26.] H, S.V., S, S., H, S, & R, V. (2019). Solar Panel Maintenance System: Internet Archive. Retrieved 2 July 2019, from https://archive.org/details/SolarPanelMaintenanceSystem
[27.] Internet of things - Wikipedia. (2022). Retrieved 2 July 2022, from https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
[28.] Jolissaint, N., Hanbali, R., Hadorn, J., & Schüler, A. (2017). Colored solar façades for buildings. Energy Procedia, 122, 175-180. doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.340.
[29.] Leica Geosystems. (n.d.). Retrieved from leica-geosystems.com website: https://leica-geosystems.com/
[30.] Mahdjoubi, L., Moobela, C., & Laing, R. (2013). Providing real-estate services through the integration of 3D laser scanning and building information modelling. Computers in Industry, 64(9), 1272-1281. doi: 10.1016/j.compind.2013.09.003.
[31.] Nady, R., 2017. Dynamic Facades: Environmental Control Systems for Sustainable Design.
[32.] Naeem, M., Ahmed, O., & Mohamed, E. (2018). Computer Aided Environmental Control Literature-based analysis of current themes, trends and challenges. Retrieved 2 July 2018, from https://www.academia.edu/44412620/Computer_Aided_Environmental_Control_Literature_based_analysis_of_current_themes_trends_and_challenges.
[33.] Rattibha. (2018). Retrieved February 25, 2022, from rattibha.com website: https://rattibha.com/thread/1041550073522315264
[34.] Salam, A. (2019). Internet of Things in Sustainable Energy Systems. Internet of Things, 183-216. doi: 10.1007/978-3-030-35291-2_6.
[35.] Shi, P., & George, V. (2014). Automatic extraction of building features from terrestrial laser scanning. Retrieved 2 July 2014.

Arabic Abstract:

في الوقت الحاضر، تطور مفهوم الاستدامة في العمارة وازداد الاهتمام بها بشكل كبير، ونظراً لأهمية دور واجهات المباني في تحقيق الاستدامة فقد ناقشت العديد من الأبحاث الطرق والتقنيات الجديدة لتطوير واجهات المباني من أجل تحسين أدائها الحراري. على الرغم من التطورات الكبيرة التي حدثت في مجال التقنيات الرقمية التي تدعم المصممين في تحسين كفاءة الأداء الحراري للمباني، إلا أن استخدام هذه التقنيات وتطبيقها لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة في السوق المحلي بالمملكة العربية السعودية لا يزال أقل من المستوى المطلوب، وهو ما يمثل الإشكالية الرئيسية لهذه الدراسة التي تهدف إلى استخلاص أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية التي تدعم تحسين الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة، ورصد أهميتها النسبية ومدى إتاحتها وواقع تطبيقها في السوق المحلي بالرياض. لتحقيق هذا الهدف تبنى البحث المنهج الوصفي التحليلي في جزئية النظري لاستخلاص أهم الاتجاهات والتحديات، والميداني لرصد واقع إتاحة وتطبيق هذه الاتجاهات والأهمية النسبية لها وللتحديات التي تواجه تطبيقها. من المتوقع أن تؤدي نتائج هذا البحث إلى دعم متخذ القرار في وضع خطة العمل اللازمة لرفع مستوى تبني هذه الاتجاهات في السوق وتقليل تأثير التحديات التي تواجه تطبيقها. تتجلى أهمية هذا البحث في توافقه مع أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030 ذات العلاقة بتحقيق الاستدامة واستخدام وتطبيق التقنيات الحديثة والحفاظ على الطاقة

[36.] Solar modules for new City Hall of Freiburg. (2016, August 1). Retrieved from a2solar website: https://a2-solar.com/en/new-city-hall-of-freiburg/

[37.] Tzempelikos, A., Athienitis, A., & Karava, P. (2007). Simulation of façade and envelope design options for a new institutional building. Solar Energy, 81(9), 1088-1103. doi: 10.1016/j.solener.2007.02.006

[38.] Uotila, U., Saari, A., & Junnonen, J. (2021). Investigating the barriers to laser scanning implementation in building refurbishment. Journal of Information Technology in Construction, 26, 249-262. doi: 10.36680/j.itcon.2021.014

[39.] Wittkopf, S. (2015). Zero Energy Building @ BCA Academy: Singapore. High Performing Buildings Magazine (HPB), 11.

Title Arabic:

أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لتحسين كفاءة الأداء الحراري لواجهات المباني القائمة وواقع تطبيقها في مدينة الرياض ـ المملكة العربية السعودية