Emirates Journal for Engineering Research

Volume 27 | Issue 2 Article 3

6-14-2022

“Top Trends and Challenges of Digital Technologies to enhance the Efficiency of Building Thermal Insulation and the Reality of its Application in Riyadh, Saudi Arabia”

Abrar Nasser Hamdi
king Saud University, abrarnasr26@gmail.com

Ahmed Omar M.S. Mostafa
King Saud University, ahmedoms@ksu.edu.sa

Follow this and additional works at: https://scholarworks.uaeu.ac.ae/ejer

Part of the Architectural Engineering Commons, Architectural Technology Commons, and the Construction Engineering Commons

Recommended Citation

Hamdi, Abrar Nasser and Mostafa, Ahmed Omar M.S. (2022) ""Top Trends and Challenges of Digital Technologies to enhance the Efficiency of Building Thermal Insulation and the Reality of its Application in Riyadh, Saudi Arabia"," *Emirates Journal for Engineering Research*: Vol. 27: Iss. 2, Article 3.
Available at: https://scholarworks.uaeu.ac.ae/ejer/vol27/iss2/3

This Article is brought to you for free and open access by Scholarworks@UAEU. It has been accepted for inclusion in Emirates Journal for Engineering Research by an authorized editor of Scholarworks@UAEU. For more information, please contact EJER@uaeu.ac.ae.

أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لرفع كفاءة العزل الحراري للمباني وواقع تطبيقها في مدينة الرياض ـ المملكة العربية السعودية

م. ابرار ناصر علي حمدي[1] ، د. أحمد عمر محمد سيد مصطفى[2]

[1] طالبة ماجستير، قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية 441203343@student.ksu.edu.sa

[2] أستاذ مشارك، قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية ahmedoms@ksu.edu.sa

(وردت 16 ابريل 2022 وقبلت للنشر 14 يونيو 2022)

Top Trends and Challenges of Digital Technologies to enhance the Efficiency of Building Thermal Insulation and the Reality of its Application in Riyadh, Saudi Arabia

Abstract

Digital technologies constitute one of the main features of modern civilization in the twenty-first century. Such Technologies and its related building materials, applications and devices greatly affect the design and construction of architectural products and enhance building performance in general and Building thermal insulation efficiency in particular. Despite the fact of the continuous emerging of new technologies and the spreading of its applications in building insulation materials and performance evaluation in many developed countries, it seems that the reality of applying such technologies in the local market of Saudi Arabia has not yet reached the desired satisfaction level. This represents the main research problem of this paper that aims to explore the top Trends and Challenges of Digital Technologies that could enhance the Efficiency of building thermal Insulation and observe the reality of its Application in Riyadh, Saudi Arabia. Through a descriptive analytical methodology, the research explored the target top trends and challenges and observed the status of its relative importance, availability and application in the local market in Riyadh. This was done in two phases: a literature review and analysis was done in the first phase to explore the target digital technologies' trends and challenges, while a field survey was done in the second to observe the reality of the application of such technologies in Saudi local market. The paper concluded the relative importance of the trends and challenges, and showed that the application of such technologies is still in its early stages, and need efforts from many entities to increase architects and specialists' awareness of its importance in enhancing building performance. Government agencies should develop related rules and requirements related to the use of such technologies to enhance building thermal insulation. The paper is considered one of the initiatives to achieve the objectives of Kingdom's Vision 2030 related to digital transformation, achieving sustainability and reducing energy consumption.

Keywords: Building Thermal Insulation, digital technologies, Internet of things (IoT), Building Performance Simulation (BPS), Nanomaterials, Thermal insulation digital data bases.

الملخص:

تشكل التقنيات الرقمية إحدى أهم مظاهر التقدم الحضاري في القرن الحادي والعشرين والتي اثرت بشكل كبير على النتاج المعماري تصميماً وانشاءً سواء على مستوى تقنيات المواد، أو تقنيات التطبيقات الرقمية أو تقنيات الأجهزة الإلكترونية الرقمية التي تساعد في تحسين أداء المباني عموماً ورفع كفاءة أداء العزل الحراري على وجه الخصوص. وعلى الرغم من انتشار تطبيق تقنيات مواد البناء في العديد من المجالات التي ترتبط بالعزل الحراري الى جانب تطبيقها وقياس ادائها باستخدام بالتقنيات الرقمية في أغلب الدول المتقدمة، الا انها لم تصل الى المستوى المأمول في السوق المحلي بالمملكة وهو ما يمثل إشكالية البحث الرئيسية. ويهدف البحث إلى استكشاف أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية التي تساهم في رفع كفاءة العزل الحراري للمباني، ودعم ذلك بعرض عدد من الحالات الدراسية التي توضح وتؤكد ما تم التوصل إليه، ورصد واقع تطبيقها في مدينة الرياض. واعتمد البحث في معالجة المشكلة البحثية على المنهج الوصفي التحليلي على مرحلتين: تعتمد الأولى على المراجعات الأدبية لاستكشاف اهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية التي تساهم في رفع كفاءة العزل الحراري للمباني، بينما تعتمد الثانية على رصد واقع تطبيق هذه التقنيات بالسوق المحلي في المملكة العربية السعودية. وخلص البحث إلى تحديد الأهمية النسبية لما تم استكشافه من اتجاهات وتحديات، وإلى أن تطبيق هذه الاتجاهات مازال في بدايته ويجب دعمه من خلال زيادة الوعي والمعرفة لدى المعماريين والمتخصصين في أهمية استخدام التقنيات الرقمية ووضع النظم والاشتراطات الكفيلة بزيادة تطبيق التقنيات الرقمية في المكاتب الهندسية من الجهات الحكومية ذات العلاقة بالعزل الحراري. ومن اهم ما يؤكد أهمية هذا البحث هو توافق أهدافه مع رؤية المملكة 2030 والتي تضمنت توجهات المملكة للتحول الرقمي وتحقيق الاستدامة وتخفيض استهلاك الطاقة.

الكلمات المفتاحية: التقنيات الرقمية للعزل الحراري، العزل الحراري، انترنت الأشياء، محاكاة أداء المباني، المواد النانوية، القواعد الرقمية للعزل الحراري.

1. تقديـــــم

من خلال متابعة توجهات المملكة الاستراتيجية والإجراءات العملية والاستثمارات في القطاعات المختلفة وخاصة في تقنيات المعلومات والاتصالات المختلفة يمكن القول إن المملكة العربية السعودية من الدول السباقة في تبني أحدث ما توصلت إليه التقنيات الرقمية ولعل برنامج التحول الوطني 2020 خير مثال لتبني الحكومة للتحول الرقمي. ويمكننا القول ان التحول الرقمي ليس مجرد تقنية بسيطة يمكن للحكومات تنفيذها لحل جميع تحدياتها. فالحكومة السعودية تلعب دوراً بارزا في تبني التحول الرقمي من أجل تطور المملكة. (IDC, 2016).

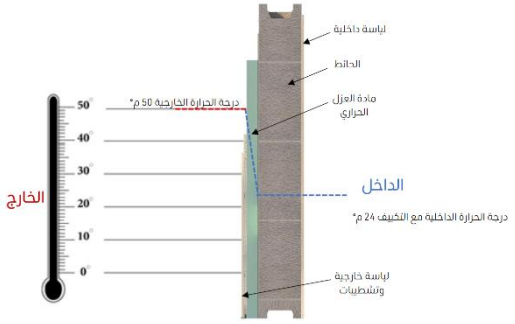
لذلك أدى التحول نحو التقنيات الرقمية إلى إحداث العديد من التغيرات التقنية الملحوظة خاصةً في مجال البناء والعمارة مثل التقنيات الرقمية المستخدمة لتنفيذ وإدارة المشاريع وهي مجموعة من المنظومات التي تعمل على تصميم وإدارة وتشغيل والسيطرة على البيئة العمرانية عبر مجموعة من الحواسيب والأجهزة المرتبطة التي تعمل مع بعضها كمنظومة واحدة لتوليد نظام مسيطر يعتمد على متطلبات ذلك النظام. (خليل، 2014).

علاوة على ذلك، تدعم العديد من العوامل المجتمعية الأخرى تبني التقنيات الرقمية، مما يساهم أكثر في تسريع التحول الرقمي الذي يشمل الحوسبة المتنقلة، الشبكات الاجتماعية، الحوسبة السحابية، البيانات الكبيرة والتحليلات (BDA). بالإضافة إلى ذلك، الابتكارات التقنية، كالروبوتات وواجهات المستخدم الطبيعية وتقنية بلوك تشاين (Block chain) والطباعة ثلاثية الأبعاد وإنترنت الأشياء (IoT) والأنظمة المعرفية والجيل التالي من أمن المعلومات، حيث تؤدي التطورات في مجال الحوسبة الإدراكية – إلى جانب صعود علم الروبوتات، وإنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، والواقع الافتراضي/المعزز، وذكاء الآلة – إلى تمكين نظم تقنية المعلومات. ويوضح شكل (1) تقنيات التحول الرقمي التي تتضمن عدد من الاتجاهات التي سيتطرق لها البحث بشكل خاص مثل انترنت الأشياء وأجهزة الاستشعار.. الخ. (المركز السعودي لكفاءة الطاقة، 2021).

شكل (1) تقنيات التحول الرقمي،
المرجع (المركز السعودي لكفاءة الطاقة، 2021)

ساهمت التقنيات الرقمية في تحسين جودة الحياة في جميع المجالات ومنها مجال المباني، حيث تم توظيف العديد من التقنيات الرقمية لتحسين أداء وكفاءة المباني سواء على مستوى الفراغات حول المبنى او على مستوى الغلاف الخارجي للمبنى او على مستوى الفراغات الداخلية، وأحدثت التطورات المتلاحقة في عالم التكنولوجيا الرقمية ثورة هائلة في كافة المجالات بما فيها مجال العمارة، مجال فأصبح ينظر للعمارة على أنها تخصص ينزع إلى استخدام التكنولوجيا بشكل مباشر وأساسي وخاصة بعد ظهور اتجاهات معمارية تعتمد على استخدام تلك التقنيات (سعيد، 2020). ومع التطور الهائل والمستمر لهذه التقنيات ظهرت كثيرا من التطبيقات مثل التطور التكنولوجي في نظم الإنشاء والتطور التكنولوجي في إعداد التصميمات واستخدام الواقع الافتراضي والمحاكاة واخيراً التطور التكنولوجي في العزل الحراري (خليل، 2014). وتماشياً مع ما تم ذكره يسعى المعماريون للاستفادة من التقنيات الرقمية في عدة مجالات، منها حماية البيئة والاستجابة للتغير المناخي وغيرها، ومن هنا تبرز أهمية العزل الحراري والتقنيات الحديثة لتنفيذه ودراسته كأحد العناصر المهمة في رفع كفاءة أداء المباني.

أصبح تطبيق العزل الحراري مطلباً إلزامياً في كل المباني نظراً لأن تطبيقه يعتبر أولوية عليا لتحسين كفاءة الطاقة في المباني كونه يمثل أحد اهم الاعتبارات التي تساهم في نجاح او فشل أي مبني وظيفيا، ويعتمد العزل الحراري على قضيتين رئيسيتين: استخدام الطاقة والبيئة، ويؤدي استخدامه إلى تخفيض الحرارة المتسربة إلى داخل المبنى وبالتالي التقليل في استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة (محمد، 2018). وعلى ذلك فإن تنفيذ العزل الحراري من خلال التقنيات الرقمية يهدف الى تسهيل اعمال المنفذين والمتخصصين بطريقة سهلة ورقمية، مع الحفاظ على أعلى مستويات الدقة والاعتمادية (احمد، 2017).



شكل (2) أثر العزل الحراري داخل المبنى ،المرجع (المركز السعودي لكفاءة الطاقة، 2021)

- ***المشكلة البحثية***

على الرغم من انتشار تطبيق تقنيات مواد البناء في العديد من المجالات التي ترتبط بالعزل الحراري الى جانب تطبيقها وقياس ادائها باستخدام بالتقنيات الرقمية في أغلب الدول المتقدمة، الا انها لم تصل

الى المستوى المأمول في السوق المحلي بالمملكة وهو ما يمثل إشكالية البحث الرئيسية.

- ***أهداف البحث***

يهدف البحث إلى استكشاف أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية التي تساهم في رفع كفاءة العزل الحراري للمباني، ودعم ذلك بعرض عدد من الحالات الدراسية التي توضح وتؤكد ما تم التوصل إليه، ورصد الأهمية النسبية لها وواقع تطبيقها في مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية.

- ***أهمية البحث***

من اهم ما يؤكد أهمية هذا البحث هو توافق أهدافه مع رؤية المملكة 2030 والتي تضمنت توجهات المملكة للتحول الرقمي وتحقيق الاستدامة وتخفيض استهلاك الطاقة، وتكمن أهمية البحث في تحديد العلاقة بين التقنيات الرقمية وطرق رفع كفاءة أداء العزل الحراري في المباني بمدينة الرياض من خلال التالي:

1. التعريف بمواد العزل النانوية الموفرة للطاقة وذات الكفاءة العالية من الناحية التصميمية والحرارية والاقتصادية في نفس الوقت.
2. التأكيد على أهمية تقنيات محاكاة أداء المباني في دعم المصمم خلال مراحل التصميم الأولى باختيار وحساب كمية العزل الحراري اللازمة في المبنى وقياس أداء مواد العزل في توفير الطاقة بالمبنى.
3. رصد واقع تطبيق التقنيات الرقمية الحديثة ذات العلاقة بالعزل الحراري.
4. إثراء البحث العلمي في هذا المجال.

- ***منهجية البحث***

اعتمد البحث في معالجة المشكلة البحثية على المنهج الوصفي التحليلي على مرحلتين: تعتمد الأولى على المراجعات الأدبية لاستكشاف اهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية التي تساهم في رفع كفاءة العزل الحراري للمباني، بينما تعتمد الثانية على رصد واقع تطبيق هذه التقنيات بالسوق المحلي في المملكة العربية السعودية، من خلال تطبيق دراسة ميدانية تعتمد على استخدام الأدوات ووسائل القياس لجمع بيانات موضوع البحث ومن ثم تحليلها وعرضها للوصول إلى النتائج المرجوة من هذا الدراسة.

حيث بدأ الباحثان بتحديد أوعية النشر 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 اتجاهات وتحديات تطبيق التقنيات الرقمية للعزل الحراري في المباني. ثم فلترة النتائج على مستويات مختلفة للوصول إلى عدد المراجع النهائي الذي بلغ 80 مرجعا.

شكل (3) خطوات اختيار المراجع الخاصة بالبحث

2. الاتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية في رفع كفاءة العزل الحراري للمباني.

يشهد العالم حاليًا موجةً من التقدم التقني السريع الذي يطمس الحدود بين المجالات الفيزيائية والرقمية والبيولوجية. حيث تقوم الثورة الصناعية الرابعة بتشكيل جميع نواحي حياتنا بما في ذلك الحوسبة السحابية والربط بين أجهزة الهواتف الجوالة والذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة وهذا ما يسمى بالتقنيات الرقمية (أرامكو. 2015). وعلى ذلك جرت الدراسة حول موضوع تطبيق التقنيات الرقمية للعزل الحراري لرفع كفاءة أداء المباني. وتعرض الادبيات التي تم مراجعتها وتحليلها مجموعة من الاتجاهات تدعم استخدام التقنيات الرقمية وخاصةً في مجال العزل الحراري حيث تم استخلاص أربع اتجاهات تشمل المواد النانوية (النانو تكنولوجي: مثل ألواح العزل المفرغة، والأيروجيل، والمواد المستخدمة لتنظيم الحرارة، والحماية من الأشعة الشمسية والأشعة فوق البنفسجية، والتحكم في الانعكاس، و....الخ). والمحاكاة الرقمية (تطبيقات المحاكاة الرقمية للمباني والمواد والأداء الحراري لها)، وانترنت الأشياء، والقواعد الرقمية (قواعد البيانات والمعلومات والمعارف الرقمية لكل ما يرتبط بالعزل الحراري).

الاتجاه الأول: تقنيات النانوتكنولوجي: المواد النانوية.

يعتبر استخدام مواد العزل الحراري الشائعة لتحقيق اللوائح العمرانية لها بعض العيوب في معظم الحالات، غالباً ينتج عنها سماكة كبيرة في العزل، والتي قد تكون غير مريحة (moga & busur, 2018). وعلى ذلك ظهرت تكنولوجيا النانو التي ساعدت في تحقيق كفاءة إدارة الطاقة من خلال الاستخدام الفعال للطاقة بتقديم حلول جديدة في مجال ترشيد وتخزين وانتاج الطاقة والحفاظ عليها. واعتمادها بشكل أكبر على مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، حيث ساهمت مواد النانو في تحقيق الراحة الحرارية للمستخدمين من خلال مواد العزل ذات الخصائص المميزة التي تساعد على عزل المبنى بشكل جيد لتحقيق بيئة داخلية مريحة للمستخدمين، فهي ليست مجرد تكنولوجيا عادية فهي مجال تكنولوجي متنوع يغطي العديد من التطبيقات التي ساعدت في تطور مجال العمارة بتقديم حلول للعديد من المشاكل المعمارية وتحسين لخواص المواد الهيكلية وغير الهيكلية مثل مواد العزل (Jalali &

(Torgal, 2010. تتميز بالشفافية حيث أن شفافيتها قريبة إلى حد ما من الزجاج كما انها تساعد على انتقال ضوئي جيد لأنها شفافة لذلك تستخدم في الغلاف الخارجي للمباني (عبداللطيف، الدالي، الامين، و محمد، 2018). وهناك العديد من منتجات العزل النانوي للمباني، لكل منها خصائصها الخاصة وتعتبر أكثر الألواح شهرة واستخداماً هما ألواح العزل الفراغي والهوائي وهي كالتالي:

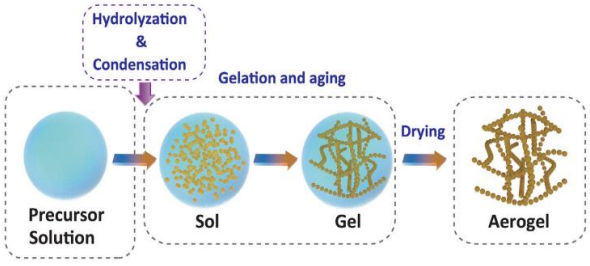
- **ألواح العزل المفرغة (Vacuum Insulated Panels–VIP):**

عبارة عن مواد عازلة نانوية مركبة، تتكون من لب نانوي وهو عبارة عن مادة ذات هيكل فيه مسام نانوية بقطر أقصى يبلغ 200نانومتر، يمكن أن تكون مصنوعة من مواد مختلفة: الألياف الزجاجية، البولسترين الموسع، رغوة البولي يوريثان، البيرلايت، هلام السيليكا أو السيليكا الحمضية (moga&busur,2018). يوضح شكل (4) الواح العزل المفرغة. ومن هم قيود استخدام هذه الألواح العازلة الفراغية أنها تتطلب اهتماما خاصاً في النقل والتخزين والمناولة والتركيب، لأن أي صدمة ميكانيكية قد تلحق الضرر بخصائصها الحرارية بشكل نهائي. ولا يمكن تعديل أبعادها، ويحظر استخدام أدوات التثبيت الميكانيكية ولا يمكن ثقبها إلا في بعض النقاط المعدة والمحددة مسبقاً.

شكل (4): الواح العزل المفرغة. المرجع (moga & busur, 2018)

- **الواح العزل الهوائي (الأيروجيل):**

عبارة عن مادة نانوية عازلة ذات هيكل يتكون من جزيئات كروية متصلة بواسطة روابط رفيعة تُستخدم هذه المواد في مجالات مختلفة ولأغراض مختلفة في مجال بناء العوازل الحرارية، الأكثر شيوعا هو هلام السيليكا، والذي يتكون من شبكة مسامية نانومترية (moga & busur, 2018). ويعتبر الأيروجيل من الأنواع الشائعة من الهلام الهوائي وأكثرها دراسة واستخدما. وهي مادة تعتمد في أساسها على السيليكا وتحضر من هلام السيليكا. (McNeil&Gupta,2022). ويوضح شكل (5) عملية تحضير مادة الايروجيل النانوية.



شكل (5) عملية تحضير مادة الايروجيل. المرجع (Liu, Yan, Chen, Xia, & Li, 2021)

يوضح الشكل (6) حالة دراسية لواجهة لمبنى إداري مغطى بأحد أنواع المواد النانوية وهي ألواح العزل المفرغة vips، حيث يتكون المبنى من سبع طوابق فقد تم استخدام الواح العزل المفرغة بأبعاد 45×200سم وسمك2 ميللي متر باجمالي 850 متر مربع في الحوائط والاسقف والنوافذ لتحقيق اكبر قدر من العزل الحراري. وتم التأكد من سلامة كل لوح من الواح العزل المفرغة من خلال الاستشعارات لبيان وجود أي فراغات بالعزل وقد تم عمل محاكاة للمناطق الحرارية بالمبنى وتبين عدم وجود أماكن احتباس حراري. وعلى ذلك أصبح اول مبنى ضخم معزول تماماً مع الواح العزل المفرغة حيث تصل كفاءتها أكثر من عشر مرات من المواد العازلة التقليدية (عبداللطيف، الدالي، الامين، و محمد، 2018).

شكل (6) حالة دراسية توضح واجهة لمبنى مغطى بألواح العزل المفرغة vips ، **المرجع (عبداللطيف، الدالي، الامين، و محمد، 2018)**

الاتجاه الثاني: تقنيات التطبيقات الرقمية: تطبيقات المحاكاة الرقمية للمباني والمواد والأداء الحراري له.

تم ترسيخ دور أدوات المحاكاة في تصميم وهندسة المباني خلال العقدين الماضيين، وأثبتت أهميتها ودورها في تسريع عملية التصميم، وزيادة الكفاءة، وتمكين المقارنة بين مجموعة واسعة من متغيرات التصميم، مما يؤدي إلى تصميمات أكثر مثالية (Augenbroe,2002). وتدعم تطبيقات المحاكاة المصممين في تحقيق التوازن بين كفاءة الطاقة وراحة المستخدمين مع تقليل التكلفة والوقت في عملية التصميم، وفي معالجة الجوانب الرئيسية لأداء المبنى خلال كامل دورة حياته بدءًا من مراحل التصميم المبكرة الى الإنشاء والتشغيل وحتى التعديل التحديثي للطاقة. (IDC،2016).

- **فوائد محاكاة المباني:**

محاكاة أداء الطاقة للمبنى هي طريقة لدعم المصممين لتحسين تكلفة وأداء المباني من خلال دعم عمليات حساب تكاليف دورة حياة المبنى بناء على أداء أنظمته ومواده. ومن أهم مؤثرات تكلفة المبنى الإجمالية خلال دورة حياته الغلاف الحراري (السقف والجدران) ونظام التكييف، حيث تعتبر هذه الأنظمة ذات علاقات متبادلة وقوية والتي لها تأثير على جزء كبير من تقليل تكلفة مواد الغلاف الخارجي أو عن طريق تقليص مواد العزل التي ليست مناسبة للاستخدام. مما يؤدي إلى توفير

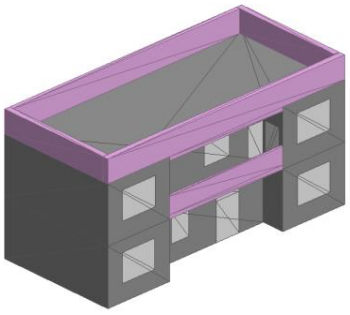
كبير في التكلفة على مدار دورة الحياة المبنى (Al-Hashim, Spiric, & Chalfoun, 2014) .

- **آلية محاكاة الطقس للمباني:**

يفترض إجراء عمليات محاكاة المباني بشكل أساسي في كل مبنى، ابتداءً من قياس عوامل المناخ. حيث تتطلب جميع برامج الحاسوب إدخال بيانات شاملة عن الطقس والإشعاع الشمسي، وعادةً ما تكون البيانات على ملف بالساعة. وهناك عدد قليل جدًا من مواقع الطقس التي تحتوي على بيانات طقس موثوقة ومتاحة لفترات زمنية طويلة. بالإضافة إلى ذلك، بعض نقاط بيانات الطقس تكون مفقودة بشكل متكرر. وتشتمل مثل هذه التطبيقات على أدوات محاكاة متغيرات الطقس للمباني مثل محاكاة الحرارة، والرطوبة، الاشعاع الشمسي، وسرعة الرياح، والضغط الجوي.

وعلى الرغم من إشارة بعض الباحثين إلى استحالة التحقق من صحة نموذج إحصائي لمحاكاة الطقس فعلياً لأنه لا توجد طريقة لتقليد الطقس الحقيقي كل ساعة (Malkawi & Augenbroe, 2013)، إلا أن التطبيقات المتاحة توفر قدر معقول من الدقة لهذه المحاكاة. ويتم التحقق من صحة المحاكاة نسبياً عن طريق ادخال العديد من المتغيرات مثل نوع المواد المستخدمة وخصائصها. ويوضح الشكل(7) مراحل محاكاة المبنى سواء بالواقع الافتراضي او المحاكاة بالحاسوب او المحاكاة الحقيقية لنموذج افتراضي.

ويوضح الشكل (7) حالة دراسية لمحاكاة العازل الحراري في سقف مبنى ريفي، حيث تمت مقارنة وتحليل مناخ مدينة Chongqing بالصين باستخدام برنامج Design Builder لمحاكاة أسطح العزل الحراري المختلفة. وأظهرت النتائج أن قيمة معدل توفير الطاقة لسقف العزل الخفيف في الطابق العلوي يمكن زيادتها إلى 40٪ -50٪. وتم اقتراح الجمع بين تكييف الهواء والتهوية الليلية الطبيعية. حيث يقوم البرنامج بمحاكاة البيئة الحرارية الداخلية في أشكال مختلفة من الأسقف العازلة للحرارة، واستنتج ان استهلاك طاقة تكييف الهواء تنخفض بشكل أكبر في حال الاسقف العازلة الثقيلة، ومع زيادة سماكة طبقة العزل يكون معدل توفير الطاقة صغيرًا جدًا. (Ran, Tang, Jiang, & Zheng, 2017).



شكل (7) محاكاة النموذج الافتراضي بواسطة برنامج Design Builder
المرجع(Ran, Tdang, Jiang, & Zheng, 2017)

الاتجاه الثالث: تقنيات انترنت الأشياء (المستشعرات الرقمية).

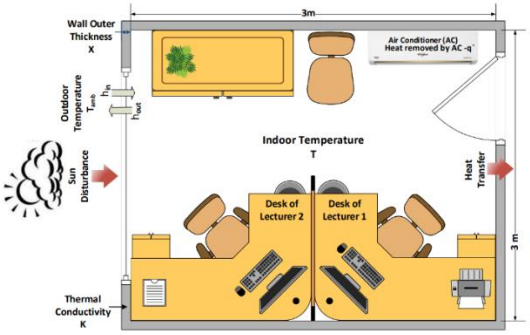
يوجد إنترنت الأشياء في كل مكان في المجتمع كما أن إنترنت الأشياء لديه قدرات تم تمكينها بشكل فعَّال من الاستشعار والاستجابة في الوقت الحقيقي مما يحفز على التحول الرقمي من خلال إطلاق قدرات الحكومة الرقمية لتتحول إلى حكومة ذكية يتم توجيهها عن طريق البيانات، وقادرة على توفير السياسات والخدمات ذات المصلحة والقيمة العامة (تشاتفيلد و ريديك، 2020).

وقام (Sherratt & Sanchez, 2017) بتجميع ومناقشة سبعة من الخصائص الرئيسية لعناصر المساكن الذكية وإنترنت الأشياء من الدراسات السابقة وشملت عدم تجانس المكونات، والضبط الذاتي، وقابلية التوسع، والوعي بالسياق المحيط، وسهولة الاستخدام، والأمن وحماية الخصوصية، والذكاء:

1. **عدم التجانس Heterogeneity:** ويعني القدرة على السماح لأنواع مختلفة من الأشياء المتصلة بتبادل المعلومات في شبكة معينة. وعادة ما تكون هذه الأشياء عبارة عن أجهزة إلكترونية مدمجة مع أجهزة حاسوب متصلة بالشبكة، وقد يكون لها طاقة معالجة مختلفة، ومرافق إدخال ومخرجات مختلفة، ونطاق مختلف للموارد، وتقنيات اتصال مختلفة، وبروتوكولات اتصال مختلفة ايضاً.
2. **الضبط الذاتي Self-Configurable:** وتعني القدرة على إضافة وإزالة الأشياء في الشبكات تلقائيًا من خلال تغيير سياق الأشياء أو هيكل الشبكة. على سبيل المثال الأشياء غير الدائمة مثل المواد الاستهلاكية (مصباح كهربائي) او المنقولات او الأشياء القابلة للارتداء (الساعات الذكية، جهاز مراقبة معدل الحرارة) فيجب تسجيل هذه البيانات بشكل استقلالي دون تدخل المستخدم ويمكن اعدادها ومزامنتها بشكل تلقائي واضافة المستخدمين وتثبيتهم طوال الوقت وربط المنتجات على الحوسبة السحابية لسهولة الاستخدام.
3. **قابلية التوسعة Extensibility:** وهي قدرة النظام على توسيع وظائف أو تكوينات الأشياء المتصلة، وحجم الشبكة، واعتماد التقنيات الجديدة.(Sherratt & Sanchez, 2017) .
4. **الوعي بالسياق Context Awareness:** بالقدرة على الاكتشاف والتفاعل عند تغيير الشيء نفسه أو تغيير البيئة المحيطة مثل إضافة أشياء أو خدمات جديدة أو إزالتها من المحيط. تتيح معرفة موقع المستخدمين وتوفير المعلومات في الأجهزة المحمولة للمستخدمين، مثل التوقيت والطقس، أو الاتجاه إلى أقرب أماكن وقوف السيارات.
5. **سهولة الاستخدام Usability:** تشمل قابلية الاستخدام وجودة سهولة الاستخدام وسهولة التعلم للمستخدمين غير التقنيين في نظام معين. مثل التقاط الصوت لاستشعاره بالأنظمة وتعزيز التفاعل البشري من خلال اكتشاف إيماءات الأشخاص المسنين وذوي الاحتياجات الخاصة وإرسال تنبيه إلى المستخدمين.

6. **الأمن وحماية الخصوصية Security and Privacy Protection:** تتعلق الأمان والخصوصية بمستوى الحماية ضد الهجمات الضارة وأي استخدام غير مصرح به للمعلومات الخاصة، وقد كان ذلك دائما يمثل تحديًا كبيرًا في انترنت الاشياء. على سبيل المثال سرقة المواد السرية من خوادم الأعمال والصور الشخصية من السحب الخاصة ومحتوى الفيديو من الكاميرا ت المنزلية.
7. **الذكاء Intelligence:** هو القدرة على التنبؤ بالسلوك البشري من خلال جمع البيانات الأولية، وإدارة المعلومات، وتعلم الخبرة السابقة، وفهم البيئة المحيطة، والتكيف مع البيئات الديناميكية.

وتلعب شبكات الاستشعار القائمة على إنترنت الأشياء (IoT) دورًا مهمًا من خلال قياس وتحليل تأثير الظروف الجوية على المباني وعلى المستخدمين. على سبيل المثال، استشعار ونقل البيانات من نظام أجهزة الحاسوب والآلات والأشخاص والذي تتواصل فيه البيانات والمعدات وربطها مع البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي حيث يمكن تحليل البيانات المستشعرة بشكل أكبر والاستفادة منها من قبل المستخدم النهائي للتخفيف من آثار الظروف الجوية على العزل الحراري (Salam, 2020).



شكل (8) تخطيط مكتب يطبق المستشعرات الرقمية،
المرجع مترجم عن (Bouazza & Deabes, 2019)

وقام (Bouazza & Deabes, 2019) بدراسة حالة لمكتب يقع في مبنى كلية علوم الحاسب بجامعة الجموم بالطابق الثاني بمساحة 9م ويحتوي على مكتبين كما يتضح من الشكل (8)، تم فيه تطبيق المستشعرات الرقمية للتحكم في درجة حرارة الغرفة وفقًا لتفضيلات المستخدم. عبر ثلاث خطوات: الأولى يتم فيها تحديد هوية المستخدم، ومن ثم تحديد درجة الحرارة التي يفضلها، وفي الخطوة الثانية يتم استخدام المعلومات التي تم تحديدها من الخطوة الأولى لإنشاء بروفايل لدرجة الحرارة المفضلة لمستخدمي الفراغ وإرسالها إلى أداة التحكم في درجاة الحرارة، أما الخطوة الثالثة فهي مرحلة الضبط حيث تعمل أدوات التحكم في درجة الحرارة على تحقيق التوافق بين درجة الحرارة المفضلة وبين درجة الحرارة الفعلية للفراغ.

واعتمدت هذه الحالة الدراسية على أجهزة الاستشعار والتشغيل المترابطة في هذه البيئة الذكية لتزويد المستخدمين بوظائف الراحة وتوفير الطاقة عن طريق جهاز تحكم متصل بالتكييف وجهاز تحكم متصل بالتيار المتردد وأجهزة استشعار لقياس البيانات اللازمة منها خاصية التعرف على المستخدم ثم تحديد الهوية ثم معرفة الحرارة المفضلة لدية استناداً للبيانات المدخلة مسبقاً.

الاتجاه الرابع: تقنيات القواعد الرقمية (قواعد البيانات والمعلومات والمعارف الرقمية لكل ما يرتبط بالعزل الحراري).

القواعد الرقمية للبيانات والمعلومات والمعارف هي القاعدة المستنيرة لكل أمة في ظل المجتمع المعلوماتي والمستقبل الرقمي الذي تعيشه جميع الدول في العصر الحالي. ويتمثل السبب الرئيسي في نشأة هذه القواعد في البحث عن طريقة منطقية وعلمية تُمكن الباحثين ومتخذي القرار من الوصول الي بيانات أو معلومات محددة بطريقة سهلة وسريعة لتوظيفها في إنتاج المعرفة فضلا عن اتصافها بالدقة. وتكمن الحاجة الملحة لضرورة استخدام قواعد البيانات في التعقد والتشبيك بين العلوم والبيانات المختلفة واتساع الفجوة بين منتجات العلوم والثقافة والتكنولوجيا (الشربيني و عبدالعزيز، 2019).

تعتبر قواعد البيانات أحد الأسس المهمة لإنتاج المعلومات والمعرفة من خلال تسهيل معالجة وتحليل البيانات، والمساعدة في الحصول على البيانات في شكل منظم وقابل للقراءة آليًا. كما تدعم هذه القواعد اكتشاف المعلومات من خلال البيانات الوصفية مثل معرفة نوع البيانات ومتى تم إنشاؤها ولأي غرض تستخدم. هذه الميزات التي تربط البيانات بمعلومات وصفية تجعل البيانات أكثر قابلية للتفسير وتساعد في تحويلها الى معلومات مفيدة وتمثل مجموعة من أفضل الطرق للنشر والترابط للبيانات على الويب. وتستخدم البيانات المرتبطة تقنيات الويب ، مثل HTTP و RDF و URIs لإنشاء كيانات من مجالات مختلفة ومن ثم بناء شبكة من البيانات التي يمكن للآلة قراءتها من خلال الروابط المكتوبة (Wehlmann, Kirschenbaum, & Brahma, 2021). وأشار (الشربيني وعبد العزيز،2019) إلى خمسة من عناصر البيانات الضخمة او قواعد البيانات الكبيرة التي تبدأ كلها بحرف (V)، وترتبط بحجم البيانات وسرعتها وتنوعها والقيمة الناتجة عن تحليلها والمصداقية أو جودة البيانات الناتجة عنها، يوضحها الشكل (9).

الشكل (9) عناصر البيانات الضخمة او قواعد البيانات الكبيرة
المرجع (الشربيني و عبدالعزيز، 2019)

واستناداً على التعريف بالقواعد الرقمية وعناصر البيانات الكبيرة تم اقتراح تقسيم قواعد البيانات الرقمية الخاصة بالعزل الحراري الى أربعة أنواع: قواعد بيانات مواد العزل الحراري، وقواعد بيانات التقنيات

والتطبيقات التي ترتبط بها، وقواعد بيانات الأمثلة والحالات الدراسية للعزل الحراري وتأثيره على المباني، وقواعد بيانات جهات حوكمة العزل الحراري وتطبيقه في المباني. وفيما يلي توضيح لهذه الأنواع الأربعة المقترحة للقواعد الرقمية للعزل الحراري:

1. قواعد مواد العزل الحراري

مواد العزل الحراري هي المواد التي إذا استخدمت بطريقة مناسبة يمكن أن تقلل أو تمنع انتقال الحرارة بوسائل الانتقال الحراري المختلفة (التوصيل والحمل والإشعاع). وتنوعت قواعد البيانات التي تطرح مواد العزل الحراري الشائعة والنانوية بخصائصها وكمياتها واعتبارات اختيارها عند التصميم وتم تقسيم مواد العزل الحراري الى نوعين:

1.1 مواد العزل الحراري الشائعة

1.1.1 المواد العازلة من أصل نباتي: وتشتمل الألياف والمواد السلولوزية مثل القصب والقطن وخلافه.

2.1.1 المواد العازلة من أصل حيواني: مثل صوف وشعر الحيوانات، ويعدّ استخدامها كمواد عازلة محدوداً.

3.1.1 المواد العازلة من أصل جمادي: كالصوف الزجاجي، وهو من أفضل مواد العزل الحراري.

4.1.1 المواد العازلة المصنعة: وتشتمل المطاط والبلاستيك الرغوي، والأخير هو الأكثر شيوعاً، وأكثر ما يستخدم هو نوع البوليسترين البوليورثين الرغوي (محمد، 2018).

2.1 مواد العزل الحراري المتقدمة (النانوية)

هي أحدث تقنية تستخدم الآن في القيام بعملية العزل وتعتمد على الدهانات بطبقات رقيقة تتلاءم مع الظروف البيئية، وتتمتع بخواص العزل الحراري، وتعتبر مضادة للرطوبة ومقاومة لأنواع التعفن المختلفة والفطريات (عبد الناصر.2022). إضافة إلى ذلك هناك مواد العزل النانوية في شكل ألواح العزل المفرغة، والأيروجيل، وتتضمن أيضاً المواد المستخدمة لتنظيم الحرارة، والحماية من الأشعة الشمسية والأشعة فوق البنفسجية، والتحكم في الانعكاس.

2. قواعد التقنيات والتطبيقات التي ترتبط بقياس العزل الحراري

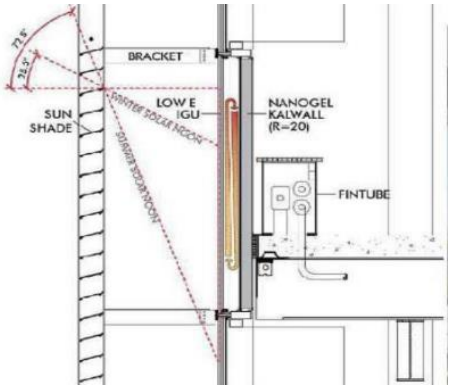
خلال العقدين الماضيين، تم إحراز العديد من التطورات في مجال الحرارة وتكنولوجيا العزل، سواء في تقنيات القياس أو في تحسين فهم مبادئ التدفق الحراري من خلال المواد العازلة. ونظراً لتعرض مواد العزل الحراري لمستويات مختلفة من درجات الحرارة والرطوبة حسب الظروف المناخية السائدة وبالتالي يختلف أداؤها الحراري الفعلي بشكل كبير عن التي تنبأ بها. وبالتالي ظهرت الحاجة إلى تقييم أكثر واقعية لأداء العزل الحراري في ظل الظروف المناخية القاسية وهو ضروري للتقييم الدقيق للأداء الحراري والتنبؤ بشكل أفضل لتصميم موفر للطاقة (Abdou & Budaiwi, 2014). وظهرت العديد من التطبيقات التي يمكن من خلالها القياس او الكشف عن العزل الحراري في المباني وهي كالتالي:

- **تقنيات قياس الموصلية الحرارية:** ففي مجال النانو تكنولوجي، على سبيل المثال، أشار (Liu, Yan, Chen, Xia, & Li, 2021) إلى طريقتين تستخدمان بشكل شائع لاختبار الموصلية الحرارية للأيروجيل وهما طريقة تدفق الحرارة heat flux method (HFM)، وطريقة المصدر المستوي العابر transient (TPS) planar source
- **تقنيات قياس الكمية اللازمة للعوازل الخارجية والداخلية:** تقنيات يتم من خلالها قياس متطلبات الطاقة الحرارية والتبريد السنوية، من خلال تقنيات المحاكاة (مثل برنامج TRNSYS)؛ التي يتم فيها فحص تأثير موقع الطبقة العازلة (الخارجية والداخلية) وظروف الأرصاد الجوية والظروف المحيطة (Kolaitis, et al., 2013).
- **تقنيات قياس أداء العزل الحراري:** تقنيات لقياس الأداء والتنبؤ والمقارنة لأداء العزل الحراري للحوائط (مثل برنامج ACOUBAT الذي تم تصميمه من قبل (المركز العلمي والتقني للمباني)، والذي يشتمل على قاعدة البيانات الخاصة به (Carter, Foret, Wetta, Ducruet, & Villot, 2010).
- **تقنيات قياس التدفق الحراري:** هناك أنظمة تقيس التدفق الحراري للمواد مثل نظام Lambda 2300V، وهو نظام رقمي آلي مصمم لتحديد درجة الحرارة وموصلية المواد العازلة وفقا لمعيار ASTM.

3. قواعد الأمثلة والحالات الدراسية للعزل الحراري وتأثيره في المباني

هذه الحالات يكون لها فائدة كبيرة للمصمم من خلال اطلاعه على الحالات المختلفة لتطبيق الأنواع المختلفة للعزل الحراري والتأثير أو الفوائد التي نتجت عن كل حالة ليمكنه اتخاذ القرار بخصوص الحالة التصميمية التي يتناولها, على سبيل المثال أدرج (عبد اللطيف، الدالي، وآخرون، 2018) في دراسة لهم حالة دراسية لمبنى جامعة ومعرض يل للنحت، تم استخدام مادة الهلاميات الهوائية العازلة للحرارة (Aerogel) بالإضافة الى زجاج منخفض الانبعاثات (LOW-E glass) في واجهة مبنى تبلغ مساحته (4738م^2) ويحتوي على ثلاثة طوابق بها الأستوديوهات التعليمية ودور علوي تتم فيه مزاولة جميع الأنشطة الفنية، ودور بدروم يحتوي على الفصول الدراسية والفراغات الإدارية. وكما يتضح من الشكلين (10) و(11) طور المصمم نظام الجدار الذي يدمج بين التظليل الشمسي والحفاظ على نفاذية ضوء الشمس. وقد قام المصمم بتصميم حائط ثلاثي يتكون من الواح زجاجية منخفضة الانبعاث في الخارج وتجويف بسمك 3 بوصة والواح (Panel Kalwall) مليئة بمادة الهلام الهوائي النانوية العازلة بسمك 5,2 بوصة.

شكل (10) مبنى جامعة ومعرض يل للنحت – الواجهة الخارجية المرجع (عبداللطيف، الدالي، وآخرون، 2018)



شكل (11) مبنى جامعة ومعرض يل للنحت – قطاع يوضح الحائط الثلاثي في واجهة المبنى – المرجع (عبداللطيف، الدالي، وآخرون، 2018)

ويمكن للمعماري الاستفادة من هذه الحالة الدراسية بتوضيح الفوائد والتأثير الناتج من كل مكون من مكونات الواجهة:

أ. فالتجويف يعمل على الحد من الإشعاع الشمسي من خلال الاحتفاظ بالهواء الدافئ بواسطة العزل بمادة الهلام الهوائي الأيروجيل فأما أن يستخدم داخليا في أشهر الشتاء أو ينعكس إلى الخارج خلال الأشهر الدافئة مما يخلق عازل حراري فعال.

ب. كاسرات شمس بالواجهة الجنوبية والجنوبية الغربية تساعد في التحكم في درجة الحرارة في الفراغات الداخلية.

ج. الالواح المليئة بمادة الهلام الهوائي تساعد علي زيادة نفاذ الضوء المرئي بنسبة 20 % مما يساهم في الاستفادة من الضوء الطبيعي والحد من انتقال الحرارة، وتقليل استهلاك الطاقة سواء للتبريد أو للإضاءة.

4. جهات حوكمة العزل الحراري

يشكل الدليل الإسترشادي لكود البناء السعودي والشركة السعودية للكهرباء اهم قواعد البيانات والمعلومات لكل ما يرتبط بالعزل الحراري وذلك من خلال إيضاح كيفية تطبيق العزل الحراري لغلاف المبنى وفق متطلبات كود البناء السعودي، وبيان مزايا العزل الحراري، والخواص المختلفة له، والعوامل التي تؤثر على اختيار المواد المناسبة، وبيان أنواعه، والمواد العازلة وخصائصها والمعايير والكميات والمواصفات الواجب الالتزام بها وأهم الاعتبارات الواجب إتباعها عند الاستخدام، ويوضح الشكل (12) أهم جهات حوكمة العزل الحراري بالمملكة التي يمكن أن تكون ضمن القواعد الرقمية للعزل الحراري.

شكل (12) جهات حوكمة العزل الحراري

3. التحديات التي تواجه تطبيق الاتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية للعزل الحراري في مباني مدينة الرياض

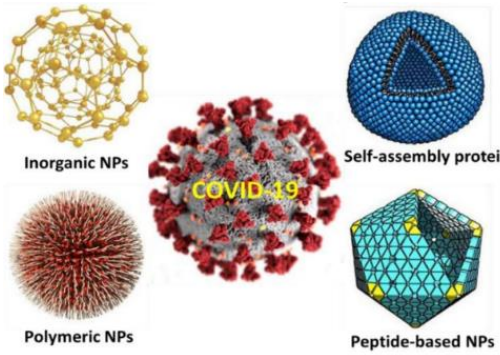
أظهرت مراجعة الأدبيات ذات العلاقة بهذا الموضوع العديد من التحديات والصعوبات التي قد تواجه تطبيق التقنيات الرقمية للعزل الحراري في رفع كفاءة أداء المباني، ومن واقع المراجعة التي تمت لهذه التحديات والصعوبات أمكن تصنيفها الى ثماني تصنيفات متنوعة: ففي اتجاه تقنيات المواد النانوية تكمن الصعوبات فيما يرتبط بها من مخاطر صحية وارتفاع التكلفة وصعوبة الاستيراد، وفي اتجاه تقنيات التطبيقات الرقمية المرتبطة بالعزل الحراري، كان أهمها ما يرتبط بمتطلبات معايرة تطبيقات المحاكاة وصعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية المتضمنة فيها، وفي اتجاه تقنيات انترنت الأشياء كان من أهم التحديات متطلبات تأمين ومعالجة البيانات الكبيرة وكذلك التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها، اما من ناحية القواعد الرقمية فارتبطت بتحديات ارتفاع تكلفة إدارة وتخزين وتأمين القواعد إضافة إلى ندرة الخبرات المطلوبة لبنائها وتحديثها وإدارتها بكفاءة. يوضح الشكل (13) هذه التحديات.

شكل (13) تصنيف التحديات التي تواجه تطبيق الاتجاهات الحديثة لتقنيات العزل الحراري

1.3 تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة

يمكن وصف تكنولوجيا النانو "بالتكنولوجيا الخضراء"، والتي سيكون من شأنها تحسين الأداء البيئي للصناعات القائمة، وستحدّ إلى قدر كبير من استهلاك الموارد والطاقة، وبالتالي ستسمح بتحقيق التوسع الاقتصادي الحميد بيئياً. ولكن على صعيد آخر، يظن آخرون أن تكنولوجيا النانو ستزيد من التوسع في استهلاك الموارد والطاقة، وستزيد من التلوث والانبعاثات والنفايات، بل ستضيف مجموعة جديدة متكاملة سيكون لها مخاطر بيئية خطيرة. (البشير، 2013)، وعلى الرغم من أن استخدام الجسيمات النانوية حديث جدا، فقد أثار بالفعل قضايا تتعلق بتأثيرات محتملة حيث أظهرت بعض التحقيقات أن الجسيمات النانوية يمكن أن تسبب أعراضاً لآثارًا رئوية مرتبطة باستنشاق جسيمات

TiO2 بحجم جسيم أولي يتراوح بين 2و5 نانومتر (Torgal&Jalali.2010). وعلى الرغم من مخاطر المواد النانوية الا انه يمكن العثور على التطورات في علم النانو فيما يتعلق بالفيروسات المسببة لأمراض الجهاز التنفسي. ويوضح الشكل (14) الأنواع الرئيسية للجسيمات النانوية التي تعمل ضد الفيروسات وتساهم في الكشف عن الأفراد المتأثرين بمسببات الأمراض واستراتيجيات تصميم الأدوية الحديثة ضد فيروس كورونا. حيث هناك حاجة ملحة لتطوير لقاح نانوي ناجح من أجل تقليل معدل الوفيات والضيافة التي تواجهها حاليا معظم البلدان وتم الإبلاغ أيضا عن "nano LIF" وهي فئة خاصة من الخلايا الجذعية الوسيطة، تعمل على تحسين المقاومة البيولوجية لمريض لـ COVID-19 باستخدام الخلايا الجذعية. هذه الأنواع من الأساليب يمكن ايضاً أن تقلل من التدهور الصحي الهائل الذي يحدث للمرضى المصابين بالالتهاب الرئوي نتيجة استعمال المواد النانوية (Sivasankarapillai, et al., 2020).



شكل (14) الأنواع الرئيسية للجسيمات النانوية التي تعمل ضد الفيروسات. المرجع(Sivasankarapillai, et al., 2020)

اما من ناحية مستقبل المواد النانوية تشير الدلائل الحالية بشأن المخاطر المحتملة من منتجات البناء الممكّنة بمواد النانو. حيث ان عمال البناء يكونون عرضه لمخاطر لمواد النانوية ولكن من المحتمل أن تكون هذه المخاطر منخفضة نسبيًا في الطلاءات (مثل فتحات المياه المملحة). ومثلها مثل العديد من التقنيات التي لها سلبياتها وإيجابياتها، تقدم المواد النانوية الفوائد والمخاطر وهي موجودة في بعض منتجات البناء المتاحة تجاريًا الآن، وبعضها موصوف وبعضها ليس موصوفاً ولا شك أن هناك المزيد في المستقبل من المواد النانوية ومن المهم التعرف عليها بما يكفي لاتخاذ قرارات مستنيرة وذكية وآمنة (Jones, et al., 2017).

2.3 التكلفة العالية وصعوبة استيراد المواد النانوية التي تدعم تحسين كفاءة العزل الحراري

تعتبر مواد العزل النانوية عالية التكلفة وذلك بسبب صعوبة استيرادها أولاً وتصنيعها ثانياً وبالتالي يمكن البحث عن البدائل او دمجها مع مواد العزل التقليدية او الاستفادة من المواد الخام الطبيعية المتوفرة بكثرة، او تعزيز الصناعة المحلية لتوفير المبالغ كبيرة وتأمين فرص عمل لشريحة واسعة من الصناعيين. ((روللي، 2018).

وقام (Hansen, 2017) بتصميم إطار تنظيمي لمواد النانو يتم من خلاله تسجيل وتقييم وترخيص وتصنيف المواد النانوية، ويقوم فيه مستوردي ومنتجي المواد النانوية بتسجيل التطبيقات الضرورية لمنح الترخيص لاستيرادها بعد التأكد من مدى امنها على العاملين (مثل استخدامات المستهلكين لمواد النانو في الأماكن المغلقة لمنتجات الرش المرتبطة بالتسمم التنفسي)، أي أنه في هذا الإطار يكون الاستيراد مشروطاً وبالتالي تزداد صعوبته وفق درجة الأمان التي يحققها من خلال نقاط محددة.

وهناك جهود لتخفيض تكلفة انتاج المواد النانوية مثل التجربة التي قامت بها ((ماردللي، 2018) لتحضير عينة اسمنتية خليوية عازلة تتكون من عينات الأيروجيل من أساس غضاري (طيني) بهدف الوصول الى مادة عازلة منخفضة التكاليف وسهلة التطبيق وتساعد على التخلص من بعض المخلفات وتؤمن حلاً بديلاً للمواد العازلة ذات التكلفة العالية.

3.3 متطلبات معايرة برامج محاكاة الأداء الحراري لضبط النتائج والتأكد من دقتها

يرتبط بهذا التحدي العديد من المتغيرات التي يمكن تؤثر على نتائج عمليات المحاكاة لقياس أداء المباني عموماً وأداء العزل الحراري على وجه الخصوص، أشار(stringfixer.2014) إلى أنه يمكن أن تتسبب ثلاثة مصادر للخطأ في ضعف الارتباط أثناء المعايرة: خطأ الإدخال وخطأ النموذج وخطأ المتغيرات. ولحل هذه الصعوبة يمكن انشاء 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.. وتوجد الكثير من التحديات التي تهدد ضبط نتائج محاكاة المباني مثل:

- **التحديات المرتبطة بنقص البيانات المستخدمة**

النقص في البيانات مثل نقص بيانات الموقع وعدد الطوابق ومساحة الأرضية الإجمالية وما إلى ذلك. لذلك من الصعب تقدير استخدام الطاقة في المباني بطريقة دقيقة. مثلاً عند اختيار المبنى لنمذجة استخدام الطاقة من الضروري معايرة نماذج المحاكاة؛ لأن المعايرة ضرورية لدقة المحاكاة وإمكانية استخدامها. وتعرف عملية المعايرة أنها النموذج الذي يتم ضبطه بالبيانات المقاسة حتى تطابق نتائج المحاكاة البيانات العملية بشكل وثيق.

- **التحديات المرتبطة بعدم مراعاة الظروف الجوية المختلفة**

تتمثل الظروف الجوية في الاختلافات الكبيرة في العوامل البيئية بين الطوابق السفلية والطوابق العلوية. وتشمل هذه الاختلافات في درجة حرارة الهواء والضغط الجوي وسرعة الرياح.

- **التحديات المرتبطة بجوانب القصور في أدوات النمذجة**

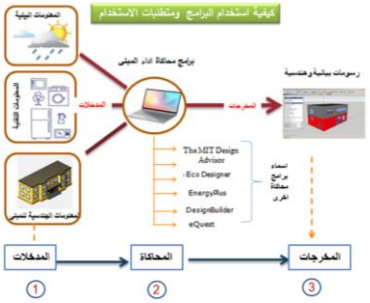
توجد مجموعة متنوعة من أدوات المحاكاة التي تحتا إلى بيانات من تطبيقات وتقنيات أخرى ليمكنها قياس أو تقييم الأداء، فعلى سبيل المثال فإن تحويل البيانات من النمذجة ثلاثية الأبعاد إلى محاكاة طاقة المباني ليس بالعملية السهلة حيث تواجه تحديات ومشكلات التشغيل البيني Interoperability issues أثناء عمليات الانتقال، كما تفتقر نسبة كبيرة من هذه الأدوات إلى الواجهة سهلة الاستخدام مما يجعل إدخال المستخدم أكثر صعوبة ويستغرق الأمر وقتًا طويلاً للحصول على النتيجة (Yu, Pan, Zhao, & Li, 2015).

وللتغلب على مشكلة دقة النتائج ظهرت أدوات نمذجة BIM وغيرها وأنظمة التصنيف مثل LEED وما إلى ذلك ودمجها لهدف مشترك وهو تحسين التكامل والتحالف بين المهندسين والمعماريين وحتى المنشئين لإنشاء مشاريع متكاملة بشكل واقعي معاً والتغلب على الاختلافات بين النموذج المنطقي وواقع الممارسة (Attia, Beltrán, De Herde, & Hensen, 2009).

4.3 صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات محاكاة الأداء الحراري

إن اغلب المعماريين والمهندسين الإنشائيين لديهم معرفة بسيطة بمفهوم محاكاة الأداء الحراري للمبنى قبل التنفيذ، لكونه علم حديث ومتطور وغير شائع الاستخدام في كذلك عدم وجود توعية كافية بأهمية استخدامها. وكذلك نقص الوعي والمعرفة لدى المعماريين والمتخصصين في المصطلحات الهندسية وواجهات برامج النمذجة حيث يتم الاعتماد فقط على الطرق التقليدية في اتخاذ القرارات التصميمية لمعالجة المشاكل المتعلقة بأداء المبنى بيئيا. ويوضح الشكل (15) تعدد متطلبات مراحل محاكاة الأداء الحراري للمبنى (عبد العاطي، ساسي، و أغفير، 2022).

وظهرت في الكثير من الأدبيات وجود فجوة متنامية بين المعماريين والبرامج الخاصة بالمحاكاة، ومن أجل سد هذه الفجوة لابد من إدراك أن محاكاة البناء هي تخصص بشري ونفسي واجتماعي لأنها مباشرة يتضمن التفاعل بين الإنسان والحاسوب ومعالجة المعرفة البشرية، مع إثراء التجربة البشرية. لذلك، يجب فهم مشاكل المهندسين والمعماريين في التفاعل مع مثل هذه الأدوات لأن المهندسين المعماريين لديهم خلفية مختلفة.(Attia, Beltrán, De Herde, & Hensen, 2009).



شكل (15) مراحل محاكاة الأداء الحراري للمبنى المرجع (عبد العاطي، ساسي، و أغفير، 2022)

5.3 متطلبات تأمين ومعالجة البيانات الكبيرة لإنترنت الأشياء

تقدم المستشعرات الرقمية نتائج إيجابية في إمكانية دعم التوجهات الحديثة ورؤية المملكة العربية السعودية 2030 والمساهمة في إثراء هذا الجانب من الدراسات المستقبلية، ولكن قد تؤثر عملية تبادل البيانات بين الأجهزة الذكية على خصوصية الأفراد، وكذلك يمكن أن تؤثر على قضايا أخرى حساسة لها علاقة بالأمن والحماية؛ من الناحية التكنولوجية بشكل عام، وبأمن المستخدمين ومعلوماتهم الشخصية بشكل خاص، ومن هذه القضايا؛ عدم مراقبة الأجهزة التي تحتوي على مستشعرات؛ بالشكل الصحيح، وكذلك عمليات التشويش المتعمَّدة؛ والتي يقوم بها بعض الأشخاص بهدف تعطيل أنظمة التواصل بين هذه الأجهزة الذكية بطريقة غير قانونية وبدوافع التخريب والعبث (Sikkim & Tadong, 2016)).

ويرتبط استخدام تقنية إنترنت الأشياء بإنشاء كمية غير مسبوقة من البيانات يصبح تخزين البيانات والاحتفاظ بها واستكمالها أمرًا بالغ الأهمية وخاصةً في البيانات الكبيرة. وتعرف البيانات الكبيرة بالبيانات التي يصعب جمعها وتخزينها ومعالجتها باستخدام الأدوات والتقنيات الاعتيادية. وعلى مدى العقدين الماضيين نمت البيانات الكبيرة، ومازالت تنمو، بشكل كبير في مختلف القطاعات. وهذا يخلق حاجة متزايدة لمزيد من البحث حول تقنيات الأمان من أجل التمكن من الاحتفاظ بكمية كبيرة من البيانات مع ضمان فعاليتها وسرعة معالجتها (Stergiou, Plageras, Psannis, & Gupta, 2020).

تعتبر تحديات الحماية وأمن المعلومات من أهم التحديات التي يجب مراعاتها خلال المراحل الأساسية في التخطيط والبناء لإنترنت الأشياء، وذلك لكي نتجنب أي خطر أو مجازفة متوقعة لها علاقة بالأمن والحماية. ويعتبر الأمان والخصوصية من الاهتمامات الرئيسية التي يجب أن تأخذ أولوية عالية أثناء تصميم وتطوير أجهزة إنترنت الأشياء. وغالبًا ما يرتبط حل هذه المشكلة بمسؤولية الشركات المصنعة من خلال المعايير ووضع السياسات لمعالجة جميع التهديدات المحتملة للمنتج، ومن خلال تنفيذ الجديد بروتوكولات الأمان التي ستكون مهمة لضمان نقل البيانات الدقيقة من طرف إلى طرف اخر. (Jindal, Jamar, & Churi, 2018).

6.3 التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها

هناك العديد من التهديدات التي تتعرض لها الطبقات المختلفة للإنترنت الأشياء سواء في طبقة الإدراك أو في طبقة الشبكة أو في طبقة التطبيق(Salam, 2020): ففي طبقة الإدراك ترتبط التهديدات بمتطلبات الأمن في طبقة الإدراك مثل سرقة المفتاح الخاص بالأجهزة الطرفية والتحكم بالأجهزة الطرفية العادية، والتحكم غير القانوني لبوابة الاجهزة الطرفية، وفي طبقة الشبكة ونظراً لتنوع شبكات الاتصال وعدم تجانسها في انترنت الأشياء، تواجه تقنيات إنترنت الأشياء العديد من التهديدات الأكثر تعقيداً مثل هجوم التمثيل أو التقمص أو هجوم حجب

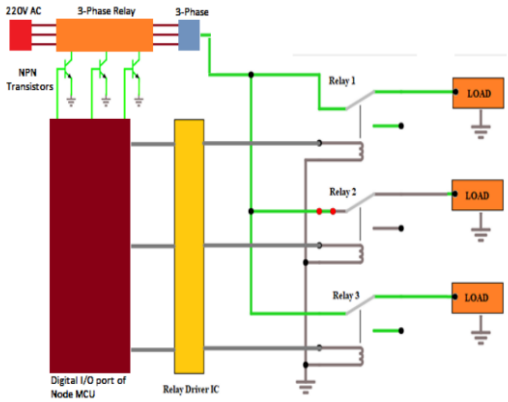
الخدمة، وفي طبقة التطبيق تواجه إنترنت الأشياء العديد من مشاكل الأمن مثل مشاكل حماية الخصوصية، موثوقية البيانات، تدمير النزاهة، التعرف على الهوية وغيره. ومن السبل الممكنة لتأمين البيانات من التهديدات تصنيف الخصوصية لإنترنت الأشياء الى أربع فئات وفقاً لمستوى الأمان (منخفض، أساسي، متوسط، وعالي) . (Nrme.2022)

ونظراً لإمكانية معالجة البيانات ذات الصلة في عدة مواقع مختلفة وصعوبة تحقيق الحفاظ على الخصوصية من خلال آليات التشفير التقليدية. فقد تم تطوير العديد من آليات الحفاظ على الخصوصية التي تركز على تجميع البيانات، قسمها (Lin، وآخرون، 2017) إلى الفئات التالية:

1. الحفاظ على الخصوصية القائمة على إخفاء الهوية.
2. الحفاظ على الخصوصية القائم على التشفير.
3. الحفاظ على الخصوصية القائمة على الاضطراب.

في الحفاظ على الخصوصية القائم على التشفير، تم استخدام العديد من تقنيات التشفير (التشفير متماثل الشكل، وآلية التخفيف، والمشاركة السرية، وإثبات المعرفة الصفرية، وما إلى ذلك) فيتم جمع البيانات لضمان عدم تنصت الخصوم على البيانات. ومع ذلك، يمكن لتقنيات التشفير الحالية فقط تحقيق السرية في نقل البيانات وقد لا تعمل بشكل جيد في الحفاظ على الخصوصية. اما في الحفاظ على الخصوصية المستند إلى الاضطراب، تم استخدام التقنيات القائمة على الاضطراب مثل (تخصيص البيانات، ومشاركة البيانات، ومعالجة الضوضاء العشوائية، وما إلى ذلك) فيتم جميع البيانات لتعطيل البيانات الخام، وتحقيق الحفاظ على الخصوصية، ومع ذلك، فإن استخدام البيانات يمكن أن يعيق تطبيق هذه التقنية في إنترنت الأشياء..

وفي دراسة حالة لتعثر المستشعرات الرقمية قام (Jamal، Khan، Anjum، وJanjua، 2018) بقياس درجة الحرارة والرطوبة والتيار باستخدام وحدة استشعار ثم إرسال البيانات إلى محطة المراقبة باستخدام تقنية إنترنت الأشياء. حيث تم دراسة أسباب تعثر آلية المراقبة لارتفاع درجة الحرارة وزيادة نسبة الرطوبة عادة ما تتأثر محولا ت التوزيع بسبب التحميل الزائد والترطيب الداخلي مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة والتشوه وقصر الدائرة واختناق الملفات. وتم تطوير نظام فعال يعتمد على إنترنت الأشياء لنظام المراقبة والحماية الحرارية تحت التحميل المنزلي يتكون من وحدة طرفية بعيدة ومحطة مراقبة. حيث تقوم وحدات استشعار درجة الحرارة والرطوبة ووحدة الاستشعار الحالية بجمع البيانات باستمرار من ملفات وإرسالها إلى خادم للمراقبة والتحليل والتحكم في الوقت الفعلي. يرسل النظام المقترح رسائل تنبيه بالبريد الإلكتروني والصفارات في حالة فشل الحماية إلى المشغل. يوضح شكل (16) آلية التعثر للمستشعرات الرقمية تحت التحميل الزائد..



شكل (16) آلية التعثر للمستشعرات الرقمية تحت التحميل الزائد

المرجع (Jamal، Khan، Anjum، و Janjua، 2018)

7.3 ندرة الخبرات المطلوبة لبناء وتحديث وإدارة القواعد الرقمية التفاعلية

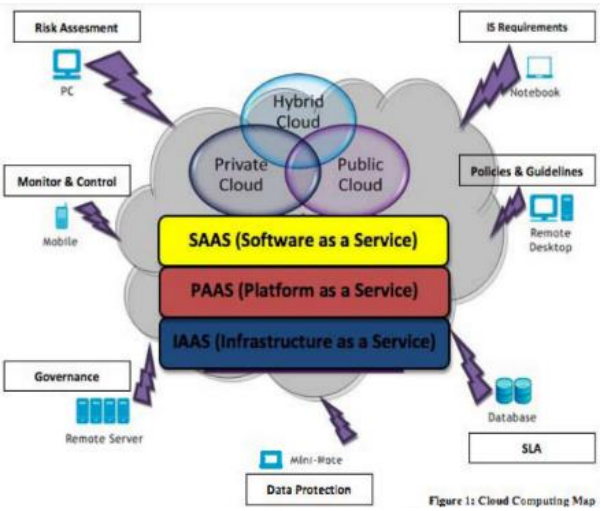
انتشرت التقنيات الحديثة طوال العقد الماضي – بعضها في الآونة الأخيرة – ومنها الذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة، وسلسلة كتل البيانات، والحوسبة السحابية، وإنترنت الأشياء، والتعلم الآلي، والتطبيقات المتنقلة، والتكنولوجيا النانوية، والطباعة ثلاثية الأبعاد، وغيرها. وكما هو الحال في كل التغييرات التحولية، فإنها تتيح لنا فرصة كبرى وتنطوي على تحديات مهمة. من أهم هذه التحديات ظهور فجوة كبيرة في المهارات والخبرات مع ظهور عشرات الملايين من فرص العمل في شتى أنحاء العالم لذوي المهارات الرقمية المتقدمة وما صاحبها من نقص في عدد الأشخاص المؤهلين لشغل مثل هذه الوظائف (الاتصالات، 2018).

تتسم المهارات الرقمية بأهمية خاصة عند النظر في الطبيعة المتغيرة لبيئة العمل، بما في ذلك النمو الحاد في استخدام العاملين المستقلين والمشاركين في اقتصاد العقود المؤقتة، فضلا عن التغييرات الهيكلية الأوسع التي تؤثر بشكل كبير على فرص العمل في المستقبل، ولذلك من المهم تأهيل الطلاب أثناء دراستهم بالتعامل مع هذه التحديات تدريجيا بدلاً من معالجتها دفعة واحدة للتخفيف من معضلة النموذج العقلي في التعلم التجريبي، وترسيخ فهم الطلاب للمعرفة الأساسية والمجردة للهندسة المعمارية؛ لكسر الحلقة المفرغة لانعدام الخبرة، إضافة إلى تمكين الطلاب بالبدء من ممارسة أنظمة البرامج الصغيرة إلى المتوسطة جنبًا إلى جنب مع الدراسة النظرية (Li, 2020) .

8.3 ارتفاع تكلفة إدارة وتخزين وتأمين القواعد الرقمية.

برامج قواعد البيانات عبارة عن مجموعة من البرامج التي تسمح بتخزين البيانات وإصلاحها واستخراجها من قاعدة بيانات، وهناك عدة أنواع من أنظمة إدارة قواعد البيانات قد يكون من الصعب على المؤسسات التي تعتمد على بيانات تشغيل نظم إدارة قواعد البيانات لأنها تتطلب خبرة داخلية. علاوة على ذلك، تختلف تكلفة وحجم وأداء نظام إدارة قواعد البيانات باختلاف متطلبات المنظمة وحالات الاستخدام ويجب تقييمها وفقًا لذلك. يتم استخدام برنامج إدارة قواعد البيانات لتخزين البيانات ومعالجتها وإدارتها في بيئة قاعدة البيانات

(نعيم،2022). وتتباين أنواع أنظمة الإدارة والتخزين والتأمين لتخزين القواعد الرقمية في نظم الحوسبة السحابية والتي تشمل السحابة العامة والخاصة والمختلطة (Jadeja & Modi , 2012) ويوضح شكل (17) هذه الأنواع ومتطلباتها.



شكل (17) أنواع ومتطلبات أنظمة الإدارة والتخزين والتأمين لتخزين القواعد الرقمية. المرجع (Jadeja & Modi , 2012)

- **السحابة العامة Public Cloud:**

تتيح السحابة العامة وصول المستخدمين إلى السحابة عبر الواجهات باستخدام متصفحات الويب. ويعتبر الدفع لكل عميل ضرورة لاستخدام البيانات في الحوسبة السحابية العامة. وتوفر بعض خدمات البنية التحتية مميزات للعملاء تكمن في عدم الاحتياج إلى شراء الخوادم المطلوبة أو مركز البيانات أو موارد الشبكة. بالإضافة الى الميزة الرئيسية وهي الدفع مقابل المدة الزمنية التي يستخدمون فيها الخدمات. نتيجة لذلك يمكن للعملاء تحقيق أسرع بكثير لتوصيل الخدمة بتكلفة أقل وهذا يساعد في تقليل تكاليف التشغيل على نفقات تكنولوجيا المعلومات. نفس المفهوم ينطبق على الدفع لكل استخدام للكهرباء في المنازل. وتعد السحابة العامة أقل أمانًا مقارنة بالسحابة الأخرى، فهي أكثر عرضة للهجمات الضارة.

- السحابة الخاصة Private Cloud:

الميزة الرئيسية هنا هي أنه من الأسهل إدارة الأمن والصيانة توفير أيضًا المزيد من التحكم في النشر والاستخدام.

- **السحابة المختلطة Hybrid Cloud:**

هي مزيج من السحابة العامة والسحابة الخاصة حيث يتم ربط السحابة الخاصة بواحد أو أكثر الخدمات السحابية الخارجية. وهي أكثر أمانًا للسيطرة على البيانات والتطبيقات. ويسمح للمستخدمين بالوصول إلى المعلومات عبر الانترنت.

5. الأهمية النسبية لاتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لرفع كفاءة العزل الحراري بالمباني وواقع تطبيقها في المملكة العربية السعودية

أظهرت الاتجاهات السابقة والتحديات التي تواجه مجال التقنيات الرقمية في العزل الحراري أهمية بالغة للبحث عن رصد واقع وإمكانية تطبيق تلك الاتجاهات ومواجهة التحديات والصعوبات التي تعيق تنفيذها في المملكة العربية السعودية وتحديداً في مدينة الرياض.

- **منهج الدراسة الميدانية**

تبنى البحث في هذه المرحلة المنهج الوصفي التحليلي المبني على البحث الاستكشافي ويتضمن فحص ظاهرة لأي هدف لتعريفها بشكل أشمل، ويتم إجراءه بالمراقبة او الفحص او دراسة تعداد سكاني (السليمان، 2021)، وقد استهدفت الدراسة الميدانية في هذا الجزء من البحث رصد واقع الإتاحة والأهمية النسبية لما تم التوصل إليه من اتجاهات وتحديات ورصد واقع تطبيق الاتجاهات الرقمية لرفع كفاءة العزل الحراري للمباني.

- **مجتمع وعينة البحث**

يتكون المجتمع البحثي الذي تم توجيه الاستبانة له من ثلاث فئات، وهي المكاتب الهندسية، والشركات المتخصصة في تنفيذ العزل الحراري، والمختصين الأكاديميين بالجامعات، وقد تم حصر مجتمع البحث بعدد (265) أكاديمي ومهندس ومتخصص 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 الإستشارية: تم مراجعة موقع الهيئة السعودية للمهندسين وأمكن حصر عدد (176) مكتب استشاري في المجال المعماري. وبافتراض أن كل مكتب لديه مهندس واحد متخصص في مجال التقنيات الحديثة للعزل الحراري يكون مجتمع البحث هو نفس عدد المكاتب الهندسية.
- تم مراجعة مواقع الشركات المتخصصة في العزل الحراري وأمكن حصر عدد (34) شركة منهم عدد (9) شركات كبري تتعامل مع مواد العزل النانوية، واعتبر هذا العدد هو مجتمع البحث من هذه الفئة.

اعتماداً على مواقع حساب عينة البحث، واعتبار مستوى الثقة (95%) ومدى الخطأ (5%)، بلغت عينة الدراسة عدد(92) مابين أكاديمي ومهندس ومتخصص في العزل الحراري.

- **تصميم أداة جمع المعلومات (الاستبانة)**

لتنفيذ عملية رصد الواقع ميدانياً تم تصميم استبانة موجهة لفئات مجتمع البحث من الأكاديميين والمهندسين العاملين في المكاتب الهندسية والمتخصصين في مجال العزل الحراري بصورة عامة والتقنيات الحديثة والرقمية للعزل الحراري بصورة خاصة، استخدمت منصة (Google

Forms) لتنفيذ وتوزيع الإستبانة لسهولة وسرعة تحصيل النتائج (رابط الوصول للاستبانة: https://forms.gle/FPuPCz56wq36KChD7

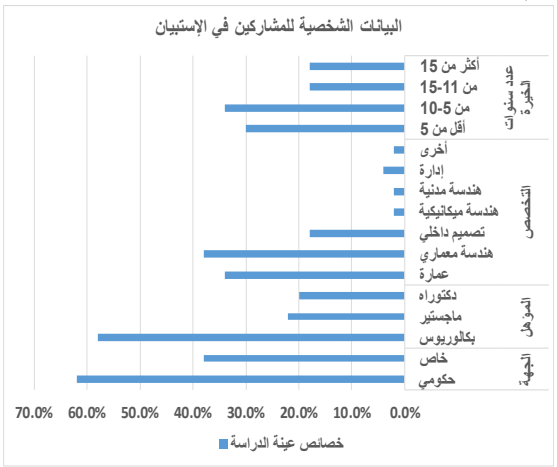
اعتمد التصميم الأولى للاستبانة على ما تم التوصل اليه في الجزء النظري ثم تم تطويرها بعد مقابلات مع الخبراء المتخصصين. واشتملت الاستبانة على ثلاثة محاور، يمثل المحور الأول البيانات الشخصية للخبراء المستجيبين، ويستهدف المحور الثاني رصد مدى إتاحة الاتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية في السوق المحلي بالمملكة العربية السعودية وواقع تطبيقها إضافة إلى تحديد أهميتها النسبية، بينما استهدف المحور الثالث معرفة الأهمية النسبية للإتجاهات الحديثة لتقنيات العزل الحراري والتحديات التي تواجه تطبيقها.

نتائج الدراسة الميدانية

بعد حصر جميع الإستجابات واستبعاد الإستجابات غير المكتملة، بلغ عدد الإستجابات الصحيحة عدد (50) استجابة من إجمالي العينة (92)، بنسبة الإستجابة (54.35%). وتم تحليل النتائج لمحاور الإستبانة فكانت وفق ما يلي:

خصائص عينة الدراسة

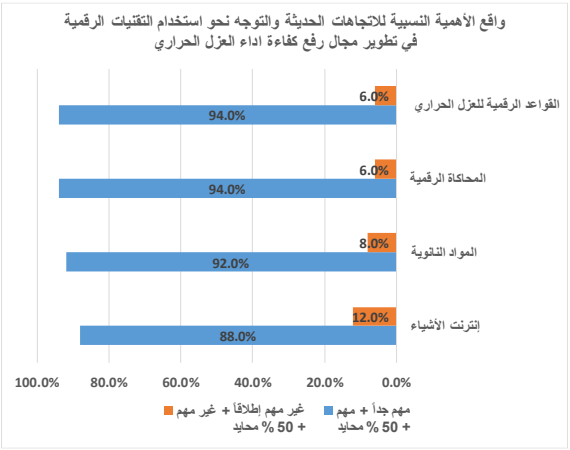
بالنسبة لخصائص المشاركين من عينة الدراسة، أظهرت النتائج تساوي نسبة المشاركين المتخصصين في العمارة وفي الهندية المعمارية تقريباً (34% و 38%)، بينما بلغت نسبة المشاركين المتخصصين في مجال التصميم الداخلي (18%)، ونسبة (10%) متنوعي التخصصات ما بين الهندسة المدنية والميكانيكية والإدارة. بالنسبة لمؤهلات المشاركين فقد مثّل حملة البكالوريوس النسبة الأكبر من المستجيبين بنسبة 58% وتوزعت النسبة الباقية بين حملة الماجستير والدكتوراة بنسبة 20% لحملة الدكتوراة و22% لحملة الماجستير. وبلغت نسبة العاملين في القطاع الحكومي ما يقارب ثلثي المستجيبين (62%)، وثلث المستجيبين من العاملين في القطاع الخاص (38%)، أما بالنسبة لخبرة المستجيبين للإستبيا فقد تساوت تقريباً نسبة المستجيبين ممن تعدى عشر سنوات من الخبرة (36%) مع نسبة المستجيبين ذوي الخبرة من خمسة إلى عشرة سنوات (34%). بينما بلغت نسبة من لديهم خبرة من سنة الى خمس سنوات30%.



شكل (18) خصائص عينة الدراسة

الأهمية النسبية للاتجاهات

أظهرت النتائج المستقاه من سؤال المتخصصين في مجال العزل الحراري عن الأهمية النسبية في استخدام الاتجاهات الحديثة والتوجه نحو استخدام التقنيات الرقمية في تطوير مجال رفع كفاءة اداء العزل الحراري، كما يوضحها شكل (19) ان ترتيب الاتجاهات حسب الأهمية كان متقارب بصورة كبيرة حيث حيث اتضح من تحليل الاستجابات أن نسبة الأهمية لاتجاه انترنت الأشياء بما يقارب 88%، وجاءت نسبة غير المهم بما يقارب 12%. واتضح من اتجاه المواد النانوية ان نسبة المهم جداً بلغت 92%، وغير مهم 8%. واتضح في اتجاه المحاكاة الرقمية ان نسبة مهم بلغت 94%، ونسبة غير المهم بلغت 6%. واظهرت نتائج الاستبيان لاتجاه القواعد الرقمية بنسبة أهمية 94%، ونسبة 6% لغير المهم. وبؤكد ذلك بشكل عام اتضح ان جميع الاتجاهات ذات أهمية بالغة في مجال العزل الحراري. ويوضح شكل (20_ تلك النتائج.



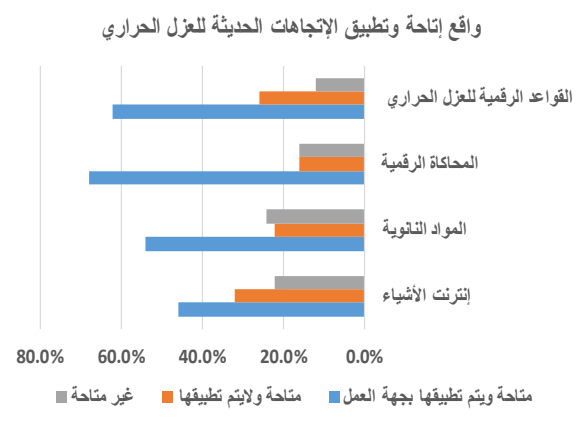
شكل (19) واقع الأهمية النسبية لاتجاهات العزل الحراري الرقمية

مع تقارب أهمية جميع الإتجاهات التي تم استخلاصها، إلا أن واقع الرصد أظهر تبايناً بسيطاً بينها حيث تساوت الأهمية النسبية لكل من القواعد الرقمية للعزل الحراري و المحاكاة الرقمية، وتلاهما في الأهمية المواد النانوية ثم يأتي بعد ذلك انترنت الإشياء

واقع إتاحة وتطبيق الاتجاهات الحديثة في المملكة

تباينت نتائج الإستبيان بخصوص رصد واقع اتاحة وتطبيق الإتجاهات الحديثة للعزل الحراري، حيث أظهرت نتائج الإستبيان أن اتجاه انترنت الأشياء تقاربت نسبة الإتاحة واستخدام المواد العازلة النانوية ما بين 46% الى 32%، بالرغم من اتاحتها في بعض الجهات ولكن لا يستفاد منها ولا يتم تطبيقها، وفي المقابل جاءت الإجابات بنسبة 22% من الشركات المتخصصة التي لا تتيح المستشعرات الرقمية في تنفيذ العزل الحراري. وظهرت النتائج في اتجاه المواد النانوية بنسبة 24% توضح ان اغلب المؤسسات والشركات المنفذة للعزل الحراري لا تتيح استخدام المواد النانوية في الوقت الحالي وتكتفي في تنفيذ العزل الحراري بمواد العزل الشائعة، بالمقابل توضح نسبة الشركات التي توفر

المواد النانوية ولكن لا تطبقها بنسبة 22%، وتقدر نسبة الشركات التي تتيح استخدام المواد النانوية وتطبقها في التنفيذ 54%. اما بالنسبة لاتجاه المحاكاة في تنفيذ العزل الحراري بالتقنيات الرقمية بلغت نسبة الاتاحة والتطبيق 68%، وتصل نسبة الاتاحة وعدم التطبيق الى 16%، وتظهر نسبة الشركات التي لا تستخدم المحاكاة في تنفيذ العزل الحراري بما يتجاوز 16%. وفي اتجاه القواعد الرقمية تجاوزت نسبة عدم التطبيق 12%، وفي المقابل تقدر نسبة عدم الاتاحة بالرغم من توفرها واتاحتها في بعض الشركات بنسبة 26%، والاتاحة والتطبيق في جهات أخرى بنسبة 62%.يوضح الشكل (20) واقع إتاحة وتطبيق التقنيات الرقمية للعزل الحراري في جهات عمل المستجيبين.

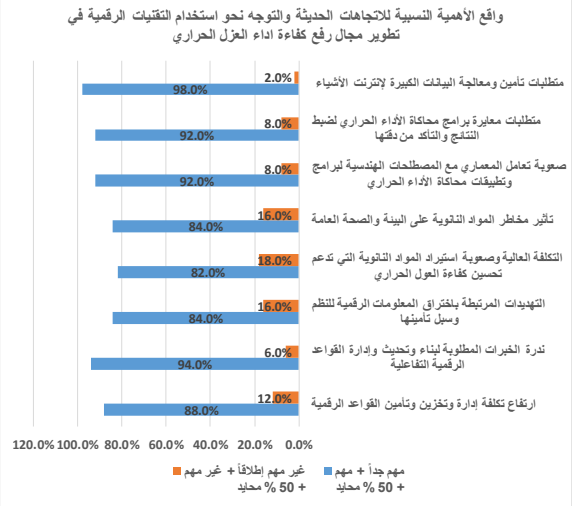


شكل (20) واقع إتاحة وتطبيق التقنيات الحديثة للعزل الحراري

أظهرت نتائج واقع إتاحة وتطبيق الإتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية لتحسين كفاءة العزل الحراري موافقة فوق المتوسطة لإتاحة هذه التقنيات بمتوسط حوالي (57.5%)، وإتاحة التقنيات وعدم تطبيقها بمتوسط حوالي (24%)، بينما كان متوسط الإستجابة لعدم إتاحة هذه التقنيات بحوالي (18.5%).

الأهمية النسبية للتحديات وأولويات تناولها

أظهرت النتائج المستقاه من سؤال المتخصصين في مجال العزل الحراري، كما يتضح من الشكل (21)، تقارب الأهمية النسبية للتحديات التي تواجه تطبيق التقنيات الرقمية في تطوير مجال رفع كفاءة اداء العزل الحراري، حيث اظهرت نتائج الاستبيان الأهمية النسبية لتحدي متطلبات معايرة برامج محاكاة الأداء الحراري لضبط النتائج والتأكد من دقتها 92% للمهم ونسبة 8% غير المهم. وظهرت الأهمية النسبية لتحدي متطلبات تأمين ومعالجة البيانات الكبيرة لإنترنت الأشياء نسبة 98% للمهم و2% نسبة غير المهم. وتتماثل نسبتي تحدي التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها وتحدي تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة بنسبة 84% للمهم ونسبة 16% لغير المهم. ويبين نتائج تحدي صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات محاكاة الأداء الحراري وتحدي ندرة الخبرات المطلوبة لبناء وتحديث وإدارة القواعد الرقمية التفاعلية 94% لمعيار المهم ونسبة 6% لغير المهم. وظهرت نتائج استبيان تحدي التكلفة العالية وصعوبة استيراد المواد النانوية التي تدعم تحسين كفاءة العزل الحراري نسبة 82% للمهم و18% لغير المهم. واخيراً تبين نتائج الاستبيان لتحدي ارتفاع تكلفة إدارة وتخزين وتأمين القواعد الرقمية ما يقارب 88% للمهم ونسبة 12% لغير المهم.



شكل (21) واقع الأهمية النسبية للتحديات

أظهر واقع التحديات التي تواجه تطبيق الإتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية لتحسين كفاءة العزل الحراري أهمية كبيرة لجميع التحديات. أتت متطلبات تأمين ومعالجة البيانات الكبيرة في المقام الأول للأهمية، وتلاها ندرة الخبرات المطلوبة لبناء وتحديث وإدارة القواعد الرقمية التفاعلية، ثم تساوي بعد ذلك كل من صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات محاكاة الأداء الحراري، ومتطلبات معايرة برامج محاكاة الأداء الحراري لضبط النتائج والتأكد من دقتها، وجاء بعد ذلك في الأهمية تحدي ارتفاع تكلفة إدارة وتخزين وتأمين القواعد الرقمية، ثم تساوى بعد ذلك كل من التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها، و تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة، وجاء قريباً منهما وبعدهما في الأهمية التكلفة العالية وصعوبة استيراد المواد النانوية التي تدعم تحسين كفاءة العزل الحراري.

تحليل بيانات أخرى من الاستبيان

تضمنت الاستبانة على أسئلة اختيارية لإضافة اتجاهات وتحديات أخرى ذات أهمية في مجال التقنيات الرقمية للعزل الحراري. وعلى ذلك تم الحصول على اتجاهين من المتخصصين يرون بأنها إضافة قوية لتنفيذ العزل بالتقنيات الرقمية وهي اتجاه dynamic insulation system، واتجاه يتضمن المواد ذات الكفاءة العالية بالعزل وتطويعها باستخدام التقنية (الكواسر الشمسية المتحركة– المظلات المتحركة). وعلى ذلك أظهرت نتائج استبيان الأهمية النسبية للاتجاهين السابقين انهم متوسطي الأهمية ايضاً تم الحصول على بعض التحديات التي تواجه المختصين في مجال العزل الحراري مثل تحدي وجود أساليب تقليدية في سوق العمل اعتاد عليها جميع العاملين في القطاع الهندسي ومع عدم الوعي بأهمية التطوير سيجعل اي اسلوب مستحدث غير

مرغوب إلا إذا فرض من الهيئات والوزارات المعنية، والتحدي الثاني الدراسات العلمية والتطويرية لرفع كفاءة مواد العزل الحراري. وعلى ذلك اظهرت نسبة الرسم البياني للتحدي الأول بانه مهم جداً بالمقابل توضح الأهمية النسبية للتحدي الثاني انه متوسط الأهمية.

وقد أشير في بعض الملاحظات إلى أهمية مقارنة مواد العزل التقليدية والحديثة، من جهة الأسعار ومن جهة معايير العول الحراري. ومع أن هذه المقارنة مهمة إلا أنها لاترتبط ارتباط وثيق بأهداف البحث ولذلك فقد تم تنفيذ هذه المقارنة وإضافتها كملحق في نهاية البحث.

6. النتائج والمناقشة

خلصت هذه الدراسة إلى عدة نتائج مرتبطة بالاتجاهات والتحديات التي تواجه التقنيات الرقمية لرفع كفاءة العزل الحراري في المباني وتطبيقها في مدينة الرياض وهي كالتالي:

1. الإتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية لها أهمية كبيرة في رفع كفاءة العزل الحراري للمباني مما يدعم تخفيض استهلاك الطاقة في المباني ودعم مبادئ الإستدامة.
2. تقاربت الأهمية النسبية للإتجاهات الأربعة التي تم استخلاصها من الدراسة النظرية فتساوت أهمية القواعد الرقمية للعزل الحراري مع تقنيات المحاكاة الرقمية كأهم اتجاهين ثم يلي ذلك المواد النانوية وبعدها إنترنت الأشياء.
3. آظهر الرصد أن معدل إتاحة الإتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية فوق المتوسط وتساوت تقريباً نسب عدم التطبيق مع عدم الإتاحة لهذه الاتجاهات.
4. خلصت الدراسة إلى ثمانية تحديات تواجه تطبيق الإتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية. و أتت متطلبات تأمين ومعالجة البيانات الكبيرة في المقام الأول للأهمية، ووتلها ندرة الخبرات المطل المطلوبة لبناء وتحديث وإدارة القواعد الرقمية التفاعلية، ثم تساوي بعد ذلك كل من صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات محاكاة الأداء الحراري، و متطلبات معايرة برامج محاكاة الأداء الحراري لضبط النتائج والتأكد من دقتها، وتلا ذلك تحدي ارتفاع تكلفة إدارة وتخزين وتأمين القواعد الرقمية، ثم تساوى بعد ذلك كل من التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها، وتأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة، وجاء قريباً منهما وبعدهما في الأهمية التكلفة العالية وصعوبة استيراد المواد النانوية التي تدعم تحسين كفاءة العزل الحراري.
5. تمثل ندرة المتخصصين وقلة الوعي والمعرفة بأهمية لإتجاهات الحديثة للتقنيات الرقمية في رفع كفاءة العزل الحراري للمباني من أهم التحديات التي تواجه تطبيق هذه التقنيات سواء لدى المعماريين والمتخصصين في التقنيات الرقمية لتنفيذ العزل الحراري (حيث إن اغلبهم أقروا بعدم توفر معرفة كاملة تؤهلهم لاستخدام البرامج المخصصة، حيث يتم الاعتماد فقط على الطرق والمواد التقليدية لرفع كفاءة العزل الحراري)، او على مستوى المكاتب الهندسية (حيث أفاد أغلبهم إلى احتياج هذه التقنيات إلى وقت أطول للتحليل بالمقارنة بالتصميم التقليدي وتحتاج كلفه أعلى من كلفة التصميم الاعتيادي).
6. تمثل تكنولوجيا النانو المستخدمة لغرض العزل الحراري في المباني أحد التقنيات الصاعدة بقوة والتي تتأكد اهميتها وكفاءتها في تحقيق ترشيد استهلاك الطاقة وتحقيق الراحة الحرارية للبيئات الداخلية، ويعتبر الهلام الهوائي (الأيروجيل) أحد أهم هذه التكنولوجيا لتميزه بكفاءة عزل عالية تصل إلى 2–8 مرات أكبر من المتاحة في مواد العزل التقليدية.
7. يمثل الإحتياج إلى الدعم المالي والتقني أحد أهم اسباب قلة استخدام التقنيات الرقمية في التدريب بالكليات المختصة في الجامعات،.

7. التوصيات والرؤى المستقبلية

من خلال هذه الدراسة فإن المتوقع أن تؤدي نتائجها الى زيادة وعي الباحثين والمتخصصين بإمكانيات تطبيق التقنيات الرقمية للعزل الحراري لرفع كفاءة اداء المباني في مدينة الرياض، وبعد دراسة التحديات التي تم استنتاجها وبحث إمكانيات التغلب عليها أو تقليل تأثيرها. توصي الدراسة بالتالي:

1. وضع النظم والاشتراطات الكفيلة بزيادة تطبيق التقنيات الرقمية في المكاتب الهندسية من الجهات الحكومية ذات العلاقة بالعزل الحراري مثل الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة المركز السعودي لكفاءة الطاقة وكود البناء السعودي.
2. السعي نحو اعتماد التقنيات الرقمية كوسائل لقياس وتقييم قدرات العزل الحراري ورفع كفاءة أدائه للمباني.
3. عقد المؤتمرات والندوات وورش العمل التي تستهدف رفع وعي المعماريين بتطبيق التقنيات الرقمية للعزل الحراري بتكنولوجيا النانو في المباني للاستفادة منها لرفع كفاءة أداء المباني ولتحقيق الإدارة الفعالة للطاقة من خلال ترشيد وتخزين وتوليد الطاقة داخل المباني المختلفة.
4. تحديث الاساليب الدراسية المعمارية بالكليات المختصة في الجامعات لزيادة معارف الخريجين بالمرتبطة بتطبيقات التقنيات الرقمية في مجال العزل الحراري وبمتطلبات ومعايير توظيفها لرفع كفاءة الأداء الحراري للمباني.
5. فتح محاور مستقبلية لمثل هذا البحث لرصد واقع إتاحة وتطبيق التقنيات الرقمية الحديثة للعزل الحراري بمدن المملكة.

8. المراجع

أ. **الأوراق العلمية الأجنبية:**

[1] Al-Hashim, A., Spiric, L., & Chalfoun, N. (2014). Enhancing the Performance of an Existing Commercial Building in Hot Arid Climate. *مجلة كلية العمارة والتخطيط*, p. 9.

[19] ALDERUCCI, T., PATRONO, L., & RAMETTA, P. (2019). THE EFFECTIVENESS OF AN INTERNET OF THINGS-AWARE SMART VENTILATED INSULATION SYSTEM. *Department of Civil, Construction and Architecture Engineering*, p. 11.

[20] Alotaibi, S., & Riffat, S. (2014). Vacuum insulated panels for sustainable buildings: a review of research and applications. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*, p. 19.

[21] Alsaffar , A., & Alwan, Q. (2014). Energy Savings in Thermal Insulations for Sustainable Buildings. *Collage of Engineering Baghdad University*, p. 14.

[22] Alshehri, S. (2016). Investigation of the Existence of Thermal Insulations in Wall Systems of Building Envelopes Using UWB Technique. *Progress In Electromagnetics Research*, p. 13.

[23] Balzamov, Balzamova, Khaibullina, & Sabitov. (2019). Analysis of the technique of software products for the selection of heat-insulating materials for heat networks pipelines. *Materials Science and Engineering 570* , p. 4.

[24] Carter, G., Foret, Wetta, Ducruet, & Villot. (2010). COMPARISON OF MEASURED AND PREDICTED SOUND INSULATION FOR A THERMAL RETROFITTED BUILDING. *INTERNOISE*, p. 10.

[25] Chen, Z., Hammad , A., Kamardeen, I., & Akbarnezhad, A. (2020). Optimising Embodied Energy and Thermal Performance of Thermal Insulation in Building. *Buildings , 10(12), 218*, p. 24.

[26] Dixit, A., Roul, M., & Panda, B. (2019). Mathematical Model Using Soft Computing Techniques for Different Thermal Insulation Materials. p. 14.

[27] Hansen. (2017). *React now regarding nanomaterial regulation.* NATURE NANOTECHNOLOGY.

[28] Jamal, H., Khan , F., Anjum, A., & Janjua, M. (2018). Thermal Monitoring and Protection for Distribution Transformer under Residential Loading using Internet of Things. *researchgate*, p. 7.

[29] Jindal, F., Jamar, R., & Churi, P. (2018). FUTURE AND CHALLENGES OF INTERNET OF THINGS. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, p. 13.

[30] Jones, W., Gibb, A., Goodier, C., Bust, P., Song, M., & Jin, J. (2017). Nanomaterials in construction –what is being used, and where? *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, p. 14.

[31] Kato, S., Kuroki, K., & Hagihara, S. (2007). METHOD OF IN-SITU MEASUREMENT OF THERMAL INSULATION PERFORMANCE OF BUILDING ELEMENTS USING INFRARED CAMERA. p. 8.

[32] Khan, & Zaheer. (2012). Future Internet: The Internet of Things Architecture Possible Applications and Key Challenges. *International Conference on Frontiers of Information Technology*, p. 5.

[33] Kolaitis, Malliotakis, Kontogeorgos, Mandilaras, Katsourinis, & Founti. (2013). Comparative assessment of internal and external thermal insulation systems for energy efficient retrofitting of residential buildings. pp. Energy and Buildings 123-131.

[34] Malkawi, a., & Augenbroe, G. (2013). Advanced Building Simulation. *Central Uni Library Bucharest*, p. 267.

[2] Attia, S., Beltrán, L., De Herde, A., & Hensen, J. (2009). “ARCHITECT FRIENDLY”: A COMPARISON OF TEN DIFFERENT BUILDING PERFORMANCE SIMULATION TOOLS. *Eleventh International IBPSA Conference*, p. 8.

[3] Augenbroe, G. (2002). Trends in building simulation. *Building and Environment*, p. 12.

[4] Bouazza, K., & Deabes, W. (2019). Smart Petri Nets. *Sensors*, p. 20.

[5] Bozsaky . (2016). Special Thermal Insulation Methods of Building. *Acta Technica*, p. 13.

[6] Drobiec, Ł., Rafał , & Artur. (2020). Numerical Modelling of Thermal Insulation of Reinforced Concrete Ceilings with Complex Cross-Sections. p. 15.

[7] Jensen, N. (2020). Hygrothermal assessment of four insulation systems for interior retrofitting of solid masonry walls through calibrated numerical simulations. *ScienceDirect*, p. 15.

[8] Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2017). A Survey on Internet of Things: Architecture,Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. *IEEE DIGITAL LIBRARY*, p. 17.

[9] Liu, Q., Yan, K., Chen, J., Xia, M., & Li, M. (2021). Recent advances in novel aerogels through the hybrid aggregation of inorganic nanomaterials and polymeric fibers for thermal insulation. *Aggregate*, p. 27.

[10] Marche, C., Nitti, M., & Pilloni, V. (2017). Energy efficiency in smart building: a comfort aware approach based on Social Internet of Things. *researchgate*, p. 8.

[11] Marino, S., & Gonzalez, A. (2021). Simulation and validation of indoor temperatures and relative humidity in multi-zone buildings under occupancy conditions using multi-objective calibration. p. 12.

[12] Menconi, M., & Grohmann, D. (2014). Model integrated of life-cycle costing and dynamic thermal simulation (MILD) to evaluate roof insulation materials for existing livestock buildings. *ENERGY & BUILDING*, p. 11.

[13] Ran, J., Tang, M., Jiang, L., & Zheng, X. (2017). Effect of building roof insulation measures on indoor cooling and energy saving in rural areas in Chongqing. *ScienceDirect*, p. 7.

[14] Saleh, F., Abdulla, F., & Mahdi, A. (2015). تأثير الأشعة فوق البنفسجية على العزل الحراري للمواد المركبة الطبيعية. *Journal of Engineering and Development Vol. 19, No. 05*, p. 16.

[15] Sikkim, & Tadong. (2016). Internet of Things Cloud Enabled MISSENARD Index Measurement for Indoor. *Department of Computer Applications Sikkim University*, p. 18.

[16] Yu, C., Pan, W., Zhao, Y., & Li, Y. (2015). Challenges for Modeling Energy Use in High-rise Office Buildings in Hong Kong. *ScienceDirect*, p. 8.

[17] Abdou, & Budaiwi. (2014). Comparison of Thermal Conductivity Measurements of Building Insulation Materials under Various Operating... *Journal of Building Physics*, p. 16.

[18] Ahmad, M., Chen, B., Maierdan, Y., Kazmi, S., & Munir, M. (2021). Study of a new capillary active bio-insulation material by hygrothermal. *ENERGY & BUILDING*, p. 20.

[35] McNeil, S., & gupta. (2022). Emerging applications of aerogels in textiles. *ScienceDirect* , p. 11.

[36] Michel , A., Nikolopoulou, C., Al Hosany, N., AfshinAfshari, & Lon Wan, C. (2014). High Performance Buildings in Hot Arid Regions- A Case Study for the Siemens Building in Masdar City. *مجلة كلية العمارة والتخطيط*, p. 16.

[37] moga, l., & busur, a. (2018). Nano insulation materials for application in nZEB. *ScienceDirect*, p. 8.

[38] Salam, A. (2020). Internet of Things in Sustainable Energy Systems. *DEPARTMENT OF COMPUTER INFORMATION TECHNOLOGY*, p. 37.

[39] Sherratt, & Sanchez. (2017). Major requirements for building Smart Homes in Smart Cities based on Internet of Things technologies. *Central Archive at the University of Reading*, p. 20.

[40] Sivasankarapillai, Pillai, Rahdar, Sobha, Das, Mitropoulos, . . . Kyzas. (2020). On Facing the SARS-CoV-2 (COVID-19) with Combination of Nanomaterials and Medicine: Possible Strategies and First Challenges. *Nanomaterials*, p. 23.

[41] Stergiou, Plageras, Psannis, & Gupta. (2020). Secure Machine Learning scenario from Big Data in Cloud Computing via Internet of Things network. In *Handbook of Computer Networks and Cyber Security* (pp. pp 525-554).

[42] Torgal, P., & Jalali, S. (2010). Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials. *SCIENCE DIRECT*, p. 9.

[43] Wehlmann, Kirschenbaum, & Brahma. (2021). Linked Data and Metadata. *Resaerchgate*, p. 13.

[44] Zheng Li .(2020) .Using Public and Free Platform-as-a-Service (PaaS) based Lightweight Projects for Software Architecture Education .*International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSESEET)* ، صفحة 11.

[45] Yashpalsinh Jadeja و ،Kirit Modi .(2012) . Cloud computing - concepts, architecture and challenges . *Intenational Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies [ICCEET]*.5 ، صفحة

ب. الأوراق العلمية العربية:

[46] ابانمي, و. م .(2014) .التأثير الحراري للحوائط المزدوجة على الفراغات المعمارية في المناخ الحار الجاف، دراسة حالة مشروع جامعة الباحة في محافظة العقيق . *مجلة العمارة والتخطيط،م26*, p. 19 ,

[47] احمد, م .(2017) .منهجية لترشيد إستهلاك الطاقه في المباني بإستخدام التقنيات الحديثة .*مجلة جامعة اسيوط*, p. 25 ,

[48] البشير, م .(2013) .*منظمة المجتمع العلمي العربي* . Retrieved from موقع منظمة المجتمع العلمي العربي: https://arsco.org/article-detail-724-8-0

[49] البياتي, ن. ق .(2006) .أهمية العزل الحراري في تصميم الفضاءات الداخلية للمباني السكنية .*مجلة الفتح*, p. 37 ,

[50] الجديد, م. ع & ,.الحمدي, ن. ع .(2018) .أثر العوازل الحرارية في الحوائط على الأداء الحراري للمباني في مدينة الرياض .*مجلة كلية الهندسة بجامعة الأزهر*, p. 14 ,

[51] الحمدي, ن. ع & ,.العنقري, ع. م .(2010) .أثر مادة الخلية الهوائية العازلة للحرارة في الحوائط الخارجية على الأداء الحراري للمباني في الرياض .*مجلة جامعة الملك سعود,م22,العمارة والتخطيط*, p. 14 ,

[52] السوداني, ج .(2009) .الطاقة وتكاملية الأداء البيئي التصميمي لغلاف المبنى .*مجلة بابل للعلوم الهندسية*, p. 16 ,

[53] الشربيني, ه & ,.عبدالعزيز, ر .(2019) .*قواعد البيانات: النشأه والتطور* . معهد التخطيط القومي.

[54] الصفار, ا & ,.علوان, ق .(2014) .وفورات الطاقة في العزل الحراري للأبنية المستدامة. *Journal of Engineering*, p. 14 .

[55] الصفار, س .(2019) .استخدام التقنيات الذكية في المباني المستدامة-*AI* . *Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, p. 18.

[56] العيسوي, م .(2003) .تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الاكتساب الحراري والراحة الحرارية للمستعملين .*جامعة القاهرة-كلية الهندسة*, p. 199 ,

[57] حسن, ا .(2015) .دراسة لتحسين الحد من انتقال الحرارة لسطح مبنى مشيد باستخدام المواد المحلية المتاحة .*مجلة الهندسة والتنمية – المجلد التاسع عشر*, p. 18 ,–

[58] حسن, ع .(2017) .السلوك الحراري لعدة أنظمة جدران غير حاملة مناسبة للاستخدام في مناطق المناخ الحار .*المجلات الاكاديمية العلمية العراقية* , p. 22.

[59] حسن, ع. ع .(2012) .الحرارة المنتقلة من سقف المبنى ونظام التسطيح المستخدم . *The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.12*, p. 23.

[60] خليل, و .(2014) .تأثير الثورة الرقمية على مجال الوظيفة والتشكيل المعماري .*مجلة البحوث الحضرية كلية التخطيط العمراني والإقليمي ، جامعة القاهرة*, p. 12 ,

[61] خميس, ن. ع., حسن, ص. ن., محمد, ا. ع & ,.محمد, ش. ح .(2018) . اختيار البديل الأمثل للعزل الحراري في الجدران الخارجية للأبنية لغرض تحقيق الاستدامة البيئية .*مجلة الهندسة والتنمية المستدامة*, p. 16 ,

[62] روللي ماردللي. (2018). دراسة أداء بعض مواد العزل للحصول على مادة عزل من مواد أولية محلية بمواصفات جيدة. صفحة 141.

[63] سعيد, ز .(2020) .الثورة الرقمية ودورها في تطور تطبيقات تكنولوجيا التصميم الداخلي للمنزل الذكي .*مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية* , p. 40.

[64] صبحي, س. م .(2008) .استخدام تقنيات العزل الحراري في تحسين جودة البيئة الداخلية للمباني السكنية بالمناطق الحارة الجافة .*مجلة دار المنظومة* , p. 142.

[65] عبد العاطي, ب., ساسي, إ & ,.أغفير, ن .(2022) .دور برامج محاكاة المبنى في تعزيز استراتيجيات الاستدامة في العملية التصميمية (متطلبات ومعوقات التطبيق في ليبيا ومقترحات الحلول) .*مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية*, p. 19 ,

[66] عبداللطيف, ا., الدالي, ح., الامين, ه & ,.محمد, ا .(2018) .تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني .*المؤتمر العلمي الدولي الثاني: البناء والطاقة والعمران*, p. 18 ,

[67] لوباقي .(2018) .دراسة تأثير العزل الحراري على الاستهلاك الطاقوي في المباني .*دار المنظومة*, p. 48 ,

[68] محمد, ا .(2018) .العزل الحراري وترشيد الطاقة في عمارة الصحراء . *مجلة العمارة جامعة اسيوط*, p. 18 ,

ج. الكتب:

[1] **المركز السعودي لكفاءة الطاقة. (2021). الدليل الإرشادي لأنظمة ومواد العزل الحراري وفق متطلبات كود البناء السعودي. المركز السعودي لكفاءة الطاقة.**

[2] IDC .(2016) .رؤية الحكومة الرقمية في المملكة العربية السعودية .

[3] **الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة** SASO. **(2016). اللائحة الفنية لمواد البناء - الجزء الثاني مواد العزل ومواد تكسية المباني. الجريدة الرسمية,** p. 24.

[4] **الشركة السعودية للكهرباء. (2019). العزل الحراري في المباني المزايا والفوائد.** Retrieved from **الشركة السعودية للكهرباء.**

[5] **الاتحاد الدولي للاتصالات. (2018). مجموعة أدوات المهارات الرقمية. الاتحاد الدولي للاتصالات، صفحة 104.**

د. مواقع الإنترنت:

[1] nrme. "امن وحماية انترنت الاشياء المقدمة"(2022), nrme.net/detail1373772123.html.

[2] نعيم, تحريم. "برامج إدارة قواعد البيانات: الميزات والأنواع والفوائد والاستخدامات." Astera, 31 Jan. 2022. www.astera.com/ar/type/blog/database-management-software/ Accessed 16 Feb. 2022.

[3] stringfixer. "محاكاة الحاسوب." Stringfixer.com, 22 Mar. 2014, stringfixer.com/ar/Computer_model.

[4] عبدالناصر, ريهام. "معلومات عن عزل الابنية بتقنية النانو." المرسال, 5 Feb. 2022, www.almrsal.com/post/671667. Accessed 14 Mar. 2022.

[5] hmiti. " استخدام برنامج المحاكاة فى المشروعات المعمارية." مجلتك المعمارية, www.astucestopo.net/2016/02/blog-post_20.html. Accessed 15 Nov. 2021.

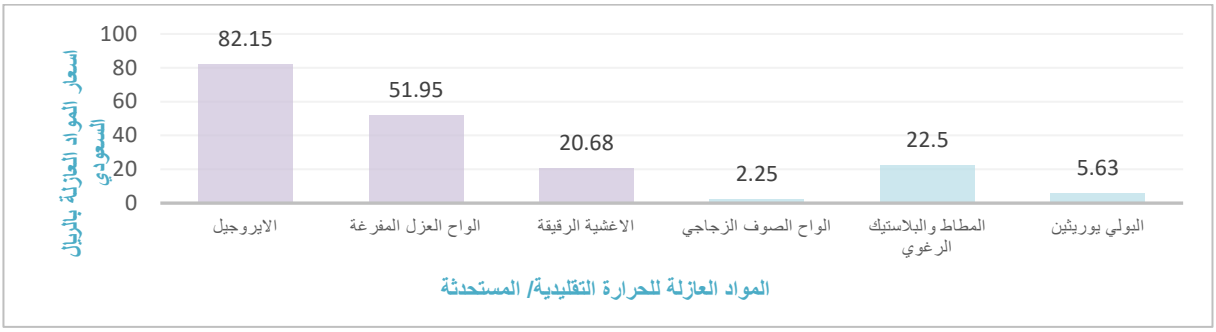
حول الباحثين:

م. ابرار ناصر حمدي، طالبة ماجستير في كلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك سعود، بكالوريوس في تخصص التصميم الداخلي مع مرتبة الشرف. مهندسه معمارية في امانة منطقة جازان، تمارس مراجعة المخططات المعمارية ومدى تطبيق كود البناء السعودي في رخص البناء الانشائية.	
د. احمد عمر مصطفى، أستاذ مشارك في كلية العمارة والتخطيط بجامعة الملك سعود، يمارس بفعالية أنشطة التدريس والبحث وخدمة المجتمع، بالإضافة إلى ممارسته العمل المهني لما يزيد عن خمس وثلاثون عاماً شارك خلالها في أنشطة التصميم والإدارة للعديد من المشروعات الكبرى في مصر والمملكة العربية السعودية.	

ملحق (1) مقارنة بين مواد العزل الحراري التقليدية والنانوية

م1.1 مقارنة أسعار المواد العازلة التقليدية والمستحدثة:

المقارنة التالية بين أسعار المواد العازلة التقليدية والنانوية من موقع "علي بابا" عند متوسط أعلى سعر لاستيرادها بالمتر المربع ثم توضيح الفائدة التي تعود بها المواد النانوية على المبنى. يوضح شكل (23) هذه المقارنة.



شكل (23) مقارنة بين الأسعار التقريبية للمواد العازلة. المرجع (https://www.alibaba.com/.2022)

م1.2 مقارنة مواصفات المواد العازلة التقليدية والمستحدثة:

جدول (1) مقارنة بين مواصفات المواد العازلة

المعيار	المواد العازلة					
	المواد النانوية			المواد التقليدية		
	الأيروجيل	ألواح العزل المفرغة	الأغشية الرقيقة	الصوف الزجاجي	المطاط الرغوي	البولي يوريثين
قيود التنفيذ	من أكبر القيود لتنفيذ المواد النانوية هي الأضرار التنفسية التي تتسبب بها مواد النانو على العاملين. وتلف المواد النانوية اثناء التصنيع والنقل فهي تحتاج الى قدراً كبيراً من الدقة.			يقلل ضغط الصوف الزجاجي من فعالية المادة، وقصها اثناء التنفيذ يخلق مجالًا لعبور تيارات الهواء في تجاويف الحوائط.	التشقق أثناء التنفيذ.	يرتكب العمال بعض الأخطاء عند العزل بالبولي يورثين قد لا تؤدي إلى تحقيق النتائج المتوقعة، مثل: التوزيع غير المتكافئ.
إمكانيات الصيانة	احياناً لا تحتاج للصيانة الدورية حيث تحتوي تقنية النانو على طلاءات التنظيف الذاتي بتطبيقها على الزجاج والألمنيوم في الواجهات الخارجية، كما أن هذه الخواص تنظف نفسها ذاتيا وبالتالي أدى إلى تقليل الصيانة، كما تم استخدام طلاءات أخرى تقلل من حدوث التشققات والشروخ، وتعالج نفسها ذاتيا مما يؤثر على تقليل التكاليف وتوفير الأيدي العاملة.			قد تتقلص المادة أثناء التشغيل، والتي يجب أن تؤخذ في الاعتبار أثناء التنفيذ.	سهلة الصيانة	يمكن صيانة المادة العازلة عن طريق دهانها.
العمر الافتراضي	يختلف العمر الافتراضي للمبني في كل دولة عن الأخرى حسب اللوائح والنظم بتلك الدول ولكن تقنية النانو تعمل على إطالة العمر الافتراضي للمباني مثل الواح العزل المفرغة عمرها الافتراضي من30 إلى50 سنة من زمن التشغيل. حيث يحدد العمر الافتراضي للمباني من خلال المواد والتقنيات المطبقة في المباني ذات الخصائص الفريدة، فطبق العديد من مواد النانو (خرسانة النانو، حديد النانو، خشب النانو) مما أدى إلى رفع كفاءة للمباني وتحسين جودتها.			نظرًا لأن الصوف الزجاجي مقاوم جدًا للتشوه، فإنه لا يتقلص بمرور الوقت، ولا يفقد شكله أثناء تغيرات درجات الحرارة، والاهتزاز.	لا يتأثر بالفطريات ويخفف الأحمال على المبنى لأن وزنه خفيف ومقاوم لتقلبات الطقس.	العمر الافتراضي متين طالما أنه لا يتعرض لأشعة فوق البنفسجية الشديدة. حيث يصل إلى 10 سنوات وأكثر.
قدرة العزل	قدرتها العالية على العزل الحراري وتوفير الإضاءة الطبيعية انخفاض التوصيل الحراري إلى (28.0 واط/م²كلفن)	مناسبة لتوفير عزل حراري جيد جداً حيث ان معامل التوصيل لها هو أقل من (5:10) مرات من العوازل التقليدية.	يساعد على تخفيض درجة حرارة الفراغ الداخلي بنسبة (2-3 درجة) مقارنة مع المواد التقليدية	عازل جيد حيث ان له خصائص عزل حرارية وميكانيكية مختلفة. تتراوح الموصلية الحرارية بين 0.043 و0.078 (وات/م.س) عند درجات الحرارة من 50 الى 200 درجه.	توفر مستوى جيد من العزل الحراري لما لها من خصائص إيجابية تتمثل في مقاومة الآثار الكيميائية والبيولوجية؛ لدرجات الحرارة المنخفضة.	ذات خصائص عزل حرارية جيدة، ونفاذية منخفضة للرطوبة، ويمكن تصنيعه بأشكال وأحجام مختلفة. لا يعتبر ناقل للحرارة، فتوصيله للحرارة يقدر بحوالي 0.02
السُمك والمتانة	خفيفة الوزن وعلى الرغم من خفة وزنها تستطيع حمل مواد أثقل منها بـ 2000 مره. وهي منفذه للضوء الطبيعي بنسبة 75%.	سمكها 25ملم أي أقل سمك من العزل التقليدي بعدة مرات	1.5 مم سمك 2.1 جرام / سم.	سمك الألياف 3-15 ميكرون.	تبلغ كثافة البلاستيك الرغوي (15-40 كجم / م 3).	ذو سماكة كثيفة تصل الى 5 سم.
التكلفة الاقتصادية	أثرت تقنية النانو على المواد في المباني من خلال التقليل في استهلاك الموارد والخامات والتقليل من استهلاك الطاقة والتنظيف الذاتي للزجاج، والإمكانات الهائلة التي وفرتها تقنية النانو من مواد ذات خصائص فريدة.			يعتبر الأمثل من حيث التكلفة والجودة.	منخفضة التكاليف من ناحية المواد والنقل.	منخفضة التكلفة

المرجع: (حسب الله، 2017)