JAUES

Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 17, No. 64, July 2022, 1109 - 1128

TOP TRENDS AND CHALLENGES OF DIGITAL TECHNOLOGIES TO SUPPORT THE DESIGN OF SUSTAINABLE BUILDING FACADES AND THE STATUS OF ITS APPLICATION IN RIYADH, SA

Shekha Al Rasheed [1,*], Ahmad Mostafa [1]

[1] King Saud University, KSA

*Corresponding author's E-mail: 442203359@student.ksu.edu.sa

Received: 23 April 2022 Accepted: 13 June 2022

ABSTRACT

This research deals with digital technologies related to building facades, one of the essential elements of building envelopes: linking between internal and external spaces of the building, protecting the building from the surrounding external factors, expressing building functions, and achieving functional, aesthetic factors. Despite the fact of the emerging new technologies and the spreading of its use in supporting the design of sustainable facades in developed countries, it seems that the reality of applying such technologies in the Kingdom of Saudi Arabia has not yet reached the desired satisfaction. This represents the problem and incentive of this research that aims to explore the top trends and challenges associated with the use of digital technologies in supporting the design of sustainable facades and observing the reality of its application in Riyadh, Saudi Arabia. Through the 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. The research incentive is based on the fact that knowing the trends and challenges of digital technologies related to supporting the design of sustainable building facades and determining the status and reality of its application in the local market represents the starting point for developing any related action plan needed to improve the status of its application in Saudi market and reach the desired level.

Key Words :

Sustainable buildings - digital technologies - building facades – nanotechnology - simulation of building performance - smart building operation Systems.

أهم اتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني وواقع تطبيقها في مدينة الرياض - المملكة العربية السعودية

شيخه محمد الرشيد[١] و أحمد عمر مصطفى[٢]

[١] طالبة ماجستير – جامعة الملك سعود

[٢] أستاذ مشارك – جامعة الملك سعود

الملخص:

يتناول هذا البحث التقنيات الرقمية المرتبطة بواحد من أهم عناصر أغلفة المباني وهي الواجهات المعمارية التي تعتبر أهم وسائل الربط بين الفراغات الداخلية والخارجية للمبنى، بالإضافة الى دورها في حماية المبنى من العوامل الخارجية المحيطة وللتعبير عن وظيفة المبنى وتحقيق عامل الجذب. وعلى الرغم التطور الكبير لتقنيات الحاسب الالي في مجال دعم تصميم الواجهات المستدامة وانتشار تطبيق تقنيات الواجهات في الدول المتقدمة، الا ان واقع تطبيق هذه التقنيات في المملكة العربية السعودية لم يصل بعد الى المستوى المأمول وهو ما يمثل المشكلة البحثية. يستهدف هذا البحث استكشاف الاتجاهات والتحديات المرتبطة باستخدام التقنيات الرقمية في مجال دعم تصميم الواجهات المستدامة ورصد واقع تطبيقها في مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية. ينتهج البحث المنهج الوصفي التحليلي في مرحلة استكشاف الاتجاهات والتحديات وفي مرحلة رصد واقع التصميم المعماري عن طريق الاستبيانات كأداة لقياس الأهمية النسبية للاتجاهات والتحديات ومدى اتاحة وتطبيق الاتجاهات الحديثة بالسوق المحلي في مدينة الرياض لتحقيق هدف الدراسة. يعتمد الحافز البحثي لهذه الدراسة على أساس أن معرفة أهم الإتجاهات والتحديات المرتبطة بتقنيات دعم تصميم المباني المستدامة وتحديد الواقع الحالي لها يمثل نقطة البداية لوضع خطة العمل اللازمة لتحسين مستوى تطبيق هذه الاتجاهات في السوق السعودي والوصول الى المستوى المأمول.

الكلمات الدالة:

المباني المستدامة، التقنيات الرقمية، الواجهات، تكنولوجيا النانو، محاكاة أداء المباني، النظم الذكية لتشغيل المباني.

١. تمهيد

يتميز المبنى الذكي بدرايته بما يحدث بداخله وخارجه من خلال الأنظمة المزودة بها واستجابته لاحتياجات المستخدمين باتخاذ القرار المناسب لتوفير بيئة مناسبة وذات كفاءة عالية لمستخدمي المبنى (جنبي، عبد النبي، والبخاري، ٢٠٢٠).

تمثل الواجهات أهم عنصر من عناصر الغلاف الخارجي الذي يؤثر على حماية وجودة البيئة بالفراغات الداخلية وتحقيق راحة المستخدم، كما تعتبر أهم مفردات التشكيل والهوية المعمارية التي تميز المدن والمناطق العمرانية. لمواكبة التطور العمراني تطورت الواجهات الخارجية وأصبحت واجهات ذكية، من خلال استخدام تقنيات ذات اشكال مختلفة ومتطورة تساعد بدورها على معالجة المتغيرات المناخية المختلفة بالخارج والداخل لتوفير الراحة لمستخدمي المبنى وتحقيق اقصى مراحل الاستدامة من خلال التطبيقات الذكية المستخدمة.

يتسم عصرنا الحالي بالطفرات العلمية المذهلة والتطور التكنولوجي المتسارع، حيث برزت التقنيات الرقمية الحديثة، التي ادت الى قفزة تكنولوجية هائلة اثرت في جميع مجالات الحياة وعلى الفكر الانساني وكذلك على الفكر المعماري، ليتم اكتشاف مواد وأنظمة بنائية وإنشائية جديدة ذات مميزات وخصائص فريدة وتحقق مبدأ الاستدامة. أثرت المواد التي تعتمد على تكنولوجيا النانو تأثيرا كبيرا خاصة في مجال العمارة والبناء، حيث تستخدم مواد وتقنيات النانو في عمليات التصميم المعماري والتصميم الداخلي والخارجي والاثاث بهدف تحقيق جودة البيئة الداخلية وتوفير بيئة جيدة مريحة للإنسان في داخل المبنى، كما تستخدم مواد النانو في معالجة الغلاف الخارجي الذي يحيط بالمبنى وفراغاته الداخلية. وهناك العديد من الإمكانيات الهائلة لمواد وتقنيات النانو التي يمكن استخدامها وتسخيرها في العديد من التطبيقات التي ترتبط مباشرة بجودة حياة الإنسان وتوفير بيئة داخلية جيدة داخل المباني من خلال الاعتماد على المصادر الطبيعية مثل تحسين جودة الهواء الداخل للمبنى، والاضاءة الطبيعية، وحماية المبنى من العوامل الخارجية، دون الحاجة لاستهلاك الطاقة، مع الاهتمام بتطبيق استراتيجيات التهوية الطبيعية في المباني (عطوة، الدين، والحجر، ٢٠١٨).

١-١ الإشكالية البحثية والأهداف والمنهجية

على الرغم من التطور الكبير لتقنيات الحاسب الالي في مجال تصميم الواجهات المستدامة وانتشار تطبيق تقنيات الواجهات في الدول المتقدمة، الا ان واقع تطبيق هذه التقنيات في المملكة العربية السعودية لم يصل بعد الى المستوى المأمول. ومن هذا المنطلق يستهدف البحث استكشاف الاتجاهات والتحديات المرتبطة باستخدام التقنيات الرقمية في مجال تصميم الواجهات المستدامة ورصد واقع تطبيقها في مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية. وفي سبيل تحقيق هذا الهدف ينتهج البحث المنهج الوصفي التحليلي في مرحلة استكشاف الاتجاهات والتحديات وفي مرحلة رصد واقع التصميم المعماري عن طريق الاستبيانات كأداة لقياس الأهمية النسبية للاتجاهات والتحديات ومدى اتاحة وتطبيق الاتجاهات الحديثة بالسوق المحلي في مدينة الرياض لتحقيق هدف الدراسة.

٢-١ إجراءات اختيار وتحديد الدراسات الأدبية

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 بموضوع البحث، ثم فلترة النتائج على مستويات مختلفة للوصول إلى عدد المراجع النهائي الذي بلغ (٦٠) مرجع ويوضح الرسم التوضيحي رقم (١) اجراءات اختيار وتحديد المراجع.

رسم توضيحي ١ - إجراءات تحديد مراجع البحث ، المصدر الباحثان

٢. اتجاهات التقنيات الرقمية في مجال دعم تصميم الواجهات المستدامة

من واقع مراجعة وتحليل الأدبيات التي تناولت دعم التقنيات الرقمية لتصميم الواجهات المستدامة للمباني وتحليل مكوناتها، أمكن استخلاص ثلاثة اتجاهات رئيسية، يوضحها الرسم التوضيحي (٢).

رسم توضيحي ٢ - تصنيف أهم الاتجاهات التي تواجه التقنيات الرقيمة في مجال تصميم الواجهات المستدامة، المصدر الباحثان

٢-١ استخدام المواد النانوية لتحقيق تكيف الواجهات مع متغيرات الظروف المناخية Adaptive Facades' Systems

ساهم تطبيق تقنية النانو في تطور إمكانيات العمارة الذكية في تصميم وأداء ووظيفة وطريقة تشغيل وصيانة أجزائها المختلفة وأسلوب تفاعلها مع المستخدم والبيئة المحيطة. تعددت أهداف تطبيق هذه التقنية في العمارة، وتنوعت أسس ومحددات تطبيقها على الواجهات المعمارية المستدامة، كما يتضح من الرسم التوضيحي (٣) الذي يوضح أهم الأسس والمحددات لتطبيق تقنيات النانو على الواجهات المستدامة.

رسم توضيحي3 - أهم الأسس والمحددات لتطبيق تقنيات النانو على الواجهات المستدامة، المصدر (حسب الله، ٢٠١٧)

وناقش (حسب الله، ٢٠١٧) خمسة من أهم الأسس لتطبيق تقنيات النانو على الواجهات لجعلها مستدامة شملت معايير اقتصادية وجمالية ووظيفية إضافة إلى إطالة عمر المبنى ومقاومته للحريق:

١. المعايير الاقتصادية: ساهمت بالتقليل في استهلاك الموارد والخامات والتقليل من استهلاك الطاقة والتنظيف الذاتي للزجاج، بالإضافة الى الإمكانيات الهائلة التي وفرتها تقنية النانو من مواد ذات خصائص فريدة.
٢. المعايير الجمالية: أثرت مواد النانو على الإبداع في تصميم وتنفيذ الشكل الخارجي للواجهات المعمارية فتم خلق نماذج جديدة ذات قيم جمالية مبتكرة لتحقيق المستوى المطلوب من الراحة للمستخدم.

٣. المعايير الوظيفية: ساعد استخدام الزجاج، الدهانات، الطلاءات، مواد العزل المعالجة بتقنية النانو على تحقيق الراحة الحرارية وانعكاس الأشعة فوق البنفسجية ودخول الأشعة المرئية داخل الفراغات بنسبة كبيرة لإعطاء الإضاءة الطبيعية المناسبة والتقليل من الإضاءة الاصطناعية وبالتالي توفير الطاقة، والتقليل من حمل التبريد على المبنى مما أدى إلى الحفاظ على الطاقة وتوفيرها، ومنع ظاهرة الاحتباس الحراري داخل الفراغ.
٤. إطالة العمر الافتراضي للمبنى: أثرت تقنية النانو على المواد في المباني من خلال جعل المباني أكثر متانة وصلابة، وبالتالي أدت الى إطالة العمر الافتراضي للمباني فتم تقليل تكاليف الانشاء على المدى البعيد.
٥. مقاومة الحريق: طبقت تقنيات النانو في كثير من المواد من أهمها الزجاج، الالمنيوم التي تؤثر على المباني في مقاومة الحريق لفترات تسمح بتفادي الحريق من داخل المبنى وهذه المتطلبات تعتبر من الأساسيات التي يجب مراعاتها عند تصميم المباني .

صنف (عطوه،٢٠١٨) تطبيقات تكنولوجيا النانو في معالجة الغلاف الخارجي للمباني الى ست فئات رئيسية: ١. مواد وتقنيات النانو للعزل الحراري، ٢. مواد النانو لتنظيم درجة الحرارة، ٣. النوافذ الماصة للحرارة، ٤. تقنيات النانو الذكية للتحكم في الضوء والحرارة، ٥. طلاءات تنقية الهواء، ٦. طلاءات التنظيف الذاتي، وتناول (حربه ومرهج، ٢٠١٧) توظيف امكانيات تقنيات النانو في انتاج مواد جديده او تحسين خواص مواد معينة، بعد أن استعرض ما واكب ظهور عمارة النانو من تعدد في امكانيات تشكيل المنتج المعماري ليتفاعل مع البيئة الطبيعية من خلال استخدامات خامات بناء محسنة مثل الزجاج والخرسانة، وإمكانيات الوصول الى تشكيلات معمارية صعبة التنفيذ، وما نتج عن ذلك من إتاحة الفرصة للمصمم بإمكانية تصميم كتل مرنه منتظمة او معقدة التشكيل. وهناك العديد من الأمثلة التي تم فيها توظيف تقنيات النانو لتحقيق استدامة واجهات المباني منها ما ارتبط بتعديل أداء مواد الإكساء ومعالجة التلوث البيئي، أو لتحقيق الذكاء في تعامل الواجهة مع البيئة الخارجية وزيادة كفاءة الأداء الحراري لها وتحسين أداء البيئة الداخلية وتحقيق جوانب جمالية.

فمن أمثلة مساهمة تقنيات النانو في تعديل أداء العديد من مواد الإكساء وإزالة التلوث البيئي، توظيف إمكانياتها في الواجهة الجنوبية لمستشفى مانويل جيا في المكسيك بهدف تحقيق الاستدامة وتقليل تلوث البيئة بالإضافة الى تحويل غلاف المباني الثابت الى غلاف متفاعل ونظام ميكانيكي يتكيف مع احتياجات المبنى والمستخدم (شكل ١، ٢).

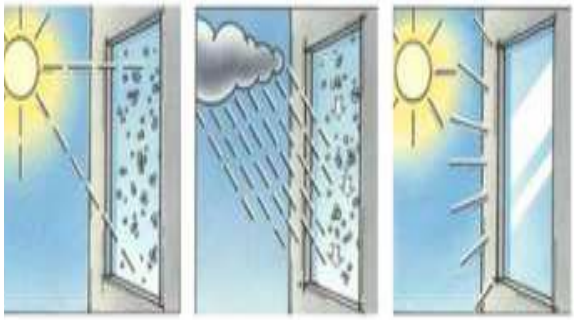
شكل ١- مستشفى مانويل جيا في المكسيك

شكل ٢- الواجهة الملتهمة للضباب الدخاني

المرجع (HOBBERTJERRY، 2020)

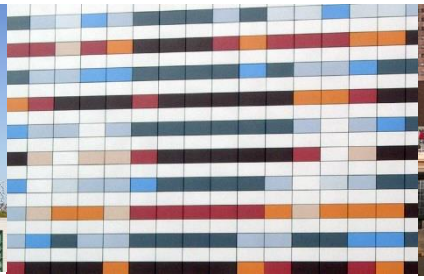
ومن أمثلة استخدام تقنية النانو في الواجهة الزجاجية لمركز كريشنا سينغ في فيلاديلفيا شكل (٣) لتحقيق مبنى فائق الذكاء، بتوفير أجواء ملائمة لزيادة إنتاجية العمل وكفاءة منظومة توليد الطاقة من الشمس وخفض استهلاك الطاقة. يتميز المبنى باستخدام الزجاج ذي تقنية التنظيف الذاتي التي تتم عن طريق زيادة التوتر السطحي لقطرات الماء مما يساعد على سقوطها بشكل فوري دون أن تترك أثرًا ليظل السطح بكامل شفافيته شكل (٤).

شكل ٣- واجهة مركز كريشنا سينغ لتقنية النانو في فيلاديلفيا (الزجاج ذاتي التنظيف)، المصدر (مركز كريشنا سينغ، ٢٠١٦)


شكل ٤- توضح امكانية الزجاج ذاتى التنظيف المعالج بخاصية النانو على التخلص من قطرات الماء، (عبدالفتاح، ٢٠١٨)

كما تم استخدام هذه التقنية في مركز محمد علي للمواهب الفردية في نيويورك شكل (٥)،، وهو بناء لافت للنظر بسبب تميز واجهته فقد تم تشكيلها عن طريق تركيب بلاطات سيراميك ملونه. تصور هذه البلاطات عن قرب لوحة تجريدية كما في شكل (٦) اما عن بعد فتمثل ملامح مختلفة للملاكم محمد علي شكل (٧). تم تجهيز هذه البلاطات بطلاء يحتوي على تقنية التنظيف الذاتي عن طريق التحفيز الضوئي، أيضا لديه القدرة على تنقية الهواء من عوادم السيارات والملوثات الصناعية.

شكل ٥- واجهة مركز محمد علي للمواهب الفردية



شكل ٦- واجهة المبنى كلوحة تجريدية

شكل ٧- واجهة المبنى عن بعد

المصدر (muhammad ali center، 2021)

٢-٢ النظم الذكية لتشغيل المباني Smart Building Operation (SBO)

تتكون المباني من سلاسل من الهياكل والأنظمة والتكنولوجيا يزداد تعقيدها بتزايد استخدام أو تطور التقنيات المستخدمة فيها، وأمكن تطوير وتحسين كل عنصر من المكونات الداخلية للمبنى باستخدام مستشعرات إنترنت الأشياء، مما يسمح لأصحاب المباني الحديثة باختيار أنظمة الإضاءة والأمن والتدفئة والتهوية وتكييف الهواء بشكل مستقل والتحكم فيها، وتضمن الكفاءة والطاقة والراحة لساكنيها. كما أمكن استخدام النظم الذكية في المباني لتلبية متطلبات الاستدامة عن طريق استخدام منصات إنترنت الأشياء لمراقبة أنماط استهلاك الطاقة الحالية، وتحليل البيانات لإنتاج توصيات مستهدفة لتقليل استخدام الطاقة، كما يمكن الاستفادة من هذه التقنية ايضا لتحقيق أهداف الحد من استخدام المياه وتحسين جودة الهواء الداخلي. وإضافة إلى ذلك تساعد هذه التقنيات في تقليل التأثير البيئي للمبنى من خلال دمج تقنيات الطاقة الشمسية وغيرها من تقنيات الطاقة المتجددة في نظام الطاقة الخاص بالمبنى (IotaComm، 2020).

من أمثلة تطبيق هذه التقنيات برج العاصمة الذي يقع في سنغافورة شكل (٨). فاز هذا المبنى المكتبي المكون من ٥٢ طابقًا بجائزة Green Mark Platinum لتصميمه الإنشائي وكفاءته في استخدام الطاقة والمياه. يحتوي برج العاصمة على العديد من أنظمة الطاقة الذكية والتي تشمل: نظام عجلة تكييف الهواء لاستعادة الطاقة والذي يسمح باستعادة الهواء البارد شكل (٩)، كاشفات الحركة في الردهة وجميع الحمامات للحفاظ على الطاقة، نوافذ ذات زجاج مزدوج تقلل من اختراق الحرارة وتقلل من استهلاك الطاقة، استخدام التكثيف من وحدة معالجة الهواء لتقليل استخدام المياه، والمراقبة المستمرة لأول أكسيد الكربون لضمان جودة الهواء المثلى.

شكل ٨- برج العاصمة في سنغافورة، المصدر (Capital tower، 2021)

Minimum Criteria Points Requirements

Indicator	Pre-Requisite Requirement	Minimum Points Requirement		
		Gold	Gold^{PLUS}	Platinum
1.1b	Integrative Design Process	-	2 pts	
1.1d	User Engagement	Green Fit-out Guideline - 1 pt		
		-	-	Displaying Green Mark credential – 1 pt
1.2b	Integrated Landscape and Waterscape	-	Commercial, Healthcare – 2 pts Others – 1 pt	
1.3c	Ventilation Performance – Ventilation Simulation For Gold^{PLUS} and Platinum projects with ≥ 2,000m² of naturally ventilated occupied spaces, the following wind speeds must be met via ventilation simulation	-	4 pts • Gold^{PLUS} – 0.4 m/s • Platinum – 0.6 m/s *Complementary methods to compliance are available as described in *1.3c*	
2.2a	Solar Energy Feasibility Study	For buildings with a footprint ≥1,000m² – 0.5 pt		
3.2a	Sustainable Construction	0.5 pt	2 pts	3.5 pts
3.2b	Embodied Energy	-	1 pt	
3.2c	Sustainable Products	2pts	3 pts	4 pts
4.1a(i)	Indoor Air Quality Audit	0.5 pt		
4.1a(ii)	Post Occupancy Evaluation	-	0.5 pt	
4.1b(ii)	Enhanced Filtration Media	-	0.5 pt	
4.1c(iv)	Use of PBT Free Lighting	-	Healthcare – 0.5 pt	
4.3d	System Handover and Documentation	-	1 pt	
Annex 2(d)	Local Energy Generation for Centralised Service Hot Water Heating	-	-	Healthcare – 1 pt
Annex 2(e)	Onsite Airside Energy Recovery	-	-	Healthcare – 1 pt
Annex 3(c)	Onsite Airside Energy Recovery	-	-	Laboratory – 1 pt
Annex 4(b)	Raising Awareness on Environmental Sustainability	-	Schools – 1pt	
Annex 4(c)	Communication of Efficiency Trends	-	Schools – 0.5pt	

* Laboratory denote Laboratory Buildings, Healthcare denote Healthcare Facilities

All projects will need to compute Energy Efficiency Index (EEI) and Energy Use Intensity (EUI) in kWh/m²/yr.

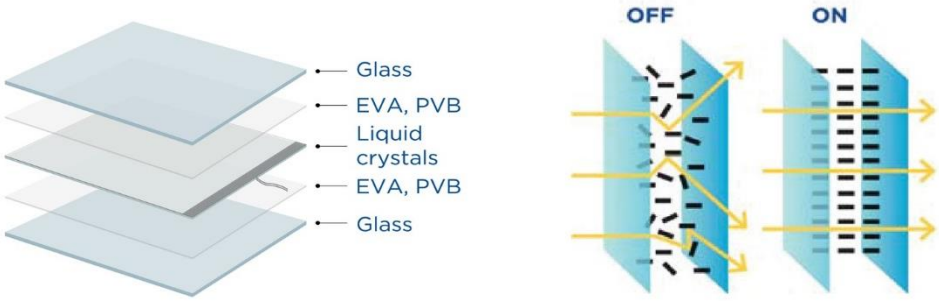
شكل ٩- Ten steps towards Singapore Green Mark Platinum (New Building version 2015)، المصدر (Joy of sustainability, 2020)

وتناول (Souza، 2019) تكيف الواجهات الذكية مع الظروف البيئية واستجابتها للتغيرات التي تحدث في خارج وداخل المبنى مثل الحماية من الإشعاع الشمسي، التحكم في التهوية وإدخال أو إخراج الحرارة. يمكن أن تحدث هذه التبادلات من خلال التزجيج الذكي الذي يمكنه التحكم في نفاذية الضوء بسبب الجهد الكهربائي أو الضوء أو الحرارة، مما يتسبب في تغيير مظهر الزجاج وبالتالي تغيير شدة الضوء. تسمى هذه الواجهات بالتكيفية حيث تعتبر أكثر مرونة بسبب تعدد التقنيات التي تجعل المبنى أكثر ذكاء وسهل التكيف مع البيئة.

ومن أمثلة النظم الذكية التي تدعم استدامة المبنى من خلال الواجهات التي تتكيف مع الظروف المحيطة، تلك التي تتحكم في الزجاج متغير اللون بواسطة التحفيز الضوئي Glass Sage الذي يتم التحكم في لونه وبالتالي في شدة الضوء والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء المنقولة خلاله مما يسمح بالحفاظ على الاتصال بالمنظر الخارجي من خلال الزجاج شكل (١٠).ويمكن لهذه النظم تشغيل التلوين الديناميكي للزجاج من خلال نظام تحكم ذكي يستخدم المستشعرات للتلوين تلقائيًا استجابة لظروف الإضاءة، كما يمكن استخدام الهاتف المحمول للتحكم الفعال في الضوء الطبيعي واكتساب الحرارة الشمسية وتحسين الراحة وتقليل استهلاك الطاقة بشكل كبير. وقد أثبت هذا النوع من الزجاج نجاحه في جعل المباني أكثر استدامة، كما يتميز هذا النوع من الزجاج بأن له القدرة على مقاومة الحريق وتوفير تكاليف

الصيانة، أيضا له القدرة على تغيير شدة الإضاءة داخل المبنى وتخفيض كمية الطاقة المستخدمة في تبريد أو تدفئة المبنى كما يوضحه شكل (١١).

شكل ١٠- الزجاج متغير اللون بواسطة التحفيز الضوئي، المصدر (Souza، 2019) و (pladino, 2022)



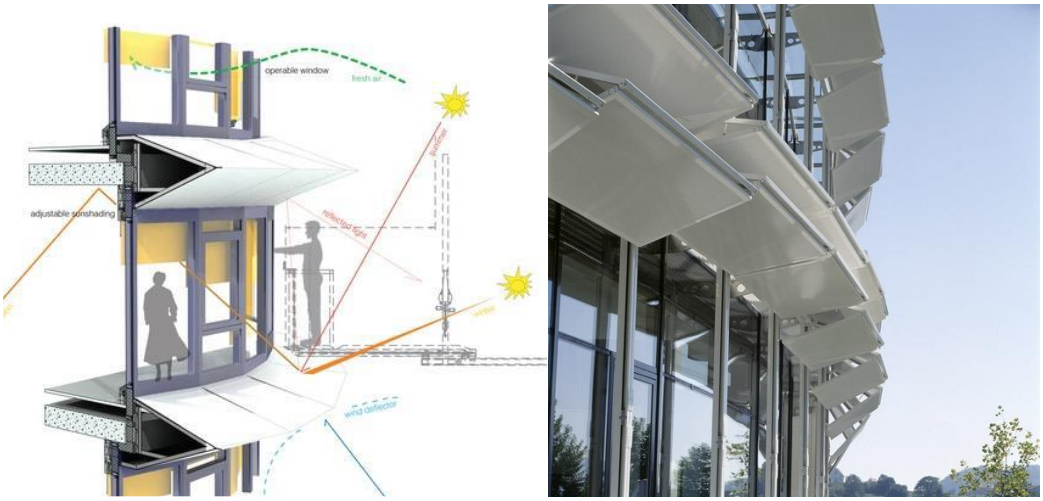
شكل ١١- طريقة عمل الزجاج بالتحفيز الضوئي، المصدر (Souza، 2019)

ومن أمثلة النظم الذكية التي تدعم استدامة المبنى من خلال الواجهات التي تتكيف مع الظروف المحيطة للتحكم في نفاذ الإضاءة الطبيعية، نظم التحكم في شرائح الكاسرات المتحركة في مكونات الغلاف الأساسي أو المزدوج للمبنى والتي تستخدم لتحسين حالة الإضاءة الداخلية للمبنى وتنظيم الاستفادة من الطاقة الشمسية بالمبنى. وأشار (حسب الله، ٢٠١٧) إلى مثال لهذه النظم لتظليل الواجهة الزجاجية بوضع شرائح من الشيش المعدني القابل للانعكاس داخل التجويف على كل من الواجهات الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية، للتقليل من التأثيرات الضارة لأشعة الشمس من خلال استخدام كاسرات الشمس المتحركة، شكل (١٢).

شكل ١٢ - نماذج لتظليل الواجهات والأسقف بشرائح متحركة ، المصدر (Made in china, 2022)

وقد تكون الكاسرات المتحركة بكامل مساحة الواجهات مثل تصميم واجهة معرض كيفر تكنيك Kiefer technic showroom بالنمسا، وهو مبنى مكتبي ومساحة عرض بواجهة ديناميكية تتغير وفقًا للظروف الخارجية، كما يوضحه شكل (١٣، ١٤) مما يؤدي إلى تحسين المناخ الداخلي للمبنى، مع السماح للمستخدمين بتخصيص مساحاتهم الخاصة باستخدام عناصر تحكم المستخدم. يتكون الهيكل الخارجي للواجهة من جدران من الطوب الصلب وأسقف وأرضيات من الخرسانة المسلحة وأعمدة خرسانية مغطاة بالفولاذ. تتكون الواجهة من أعمدة الألمنيوم وعوارض مع جسور بارزة للصيانة، بواجهة EIFS من الجص الأبيض. تعمل قطع الالمنيوم الحاجبة للشمس بشكل الكتروني يمكن التحكم بها عن طريق المستخدم.

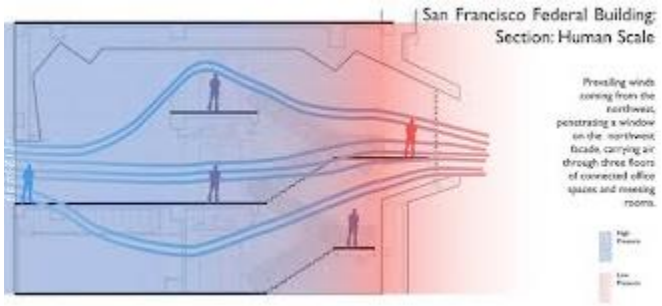
شكل ١٣- الواجهة الخارجية للمبنى عند فتح و اغلاق شرائح الالمنيوم كلياً أو جزئياً، نهارا و ليلا، المصدر (Vinnitskaya، 2010)



شكل ١٤- طريقة فتح شرائح الالمنيوم، المصدر (حسب الله،٢٠١٧)

ومن أمثلة النظم الذكية التي تدعم استدامة المبنى من خلال الواجهات التي تتكيف مع الظروف المحيطة للتحكم في اتجاه الرياح، نظم التحكم في مكونات الواجهات المزدوجة التي تساعد أنظمة الحركة الآلية فيها على توجيه الرياح مما يعمل على تفعيل عملية التهوية الطبيعية ودوران الهواء في الغلاف الخارجي والفراغات الداخلية للحصول على أفضل مستويات الراحة الداخلية وعلى تحسين نوعية الهواء الداخلي كما ذكرت (السروجي، ٢٠١٦). ومن الأمثلة التي تم فيها تطبيق هذه النظم مشروع المبنى الفيدرالي بسان فرانسيسكو عن طريق إضافة لوحات مزدوجة التحكم تفتح بزاوية ٩٠ درجة في الواجهتين الجنوبية والشرقية تعمل على دوران الهواء النقي وتجميعه مباشرة في المبنى بناء على سرعة الرياح مع مراعاة نسب الفتحات واماكنها في المبنى حسب اتجاه الرياح المحببة، كما هو موضح بالأشكال (١٥و١٦).

شكل ١٥- مبنى سان فرانسيسكو الفيدرالي، المصدر (San Francisco Federal Building، 2021)



شكل ١٦- قطاع يوضح حركة الهواء في مبنى سان فرانسيسكو الفيدرالي، المصدر (New San Francisco Federal Building, 2022)

٢-٣ المحاكاة الرقمية لتقييم الأداء Digital simulation for Performance Evaluation

يمكن اعتبار تقنيات المحاكاة من أهم أدوات تعظيم دور تكنولوجيا المعلومات للتغلب على عوائق قياس عناصر الاستدامة البيئية. تُعرف محاكاة أداء المباني بأنها عملية نسخ وتكرار لمظهر وجوانب المبنى التصميمية لدراسة وتحليل أدائه باستخدام الحاسوب، حيث يتم خلق مجسم برمجي اعتمادا على مبادئ فيزيائية ورياضية بالإضافة إلى المبادئ الهندسية ومبادئ أخرى لتحقق التصميم المطلوب. وتجمع بين تقنيتين: نمذجة الطاقة Energy modeling والتحليل الحاسوبي Computer simulation، يعرف الأول بأنه عملية بناء برمجية لأنظمة الطاقة المختلفة لغرض تحليلها ودراستها والتحقق من كفاءتها وقدرتها على تحقيق الأهداف المرجوة. أما التحليل الحاسوبي، فهو مجموعة من العمليات البرمجية تهدف لتحليل ودراسة ظاهرة أو تطبيق محدد من خلال إدخال معلومات وبيانات خاصة ومن ثم التنبؤ بآثارتلك المعلومات ومدى تأثيرها ضمن مبادئ ومنهجية محددة.

وقد تناول (محمد، عقبة، إمبابى، واحمد، ٢٠٢١) هذه التقنية بالمقارنة والدراسة ومدى تنوعها في قياس هذه العناصر واستخدامها بصورة دقيقة ومرنة، وتم وضع مصفوفة لدراسة فاعليتها كأداة لمحاكاة عناصر التخطيط والاستدامة البيئية ومؤشرات قياس هذه العناصر على المستوى المحلي، والتي تمثل تحدياً أمام المخططين لتحقيقها، وتم تصنيف برامجها إلى ثلاثة محاور: الأول برامج محاكاة شاملة، والثاني برامج محاكاة جزئية، والثالث برامج المحاكاة الذكية، كما يتضح في الرسم التوضيحي (٤).

رسم توضيحي ٤- أسس تصنيف برامج المحاكاة، المرجع (محمد، عقبة، إمبابى، واحمد، ٢٠٢١) و الباحثان.

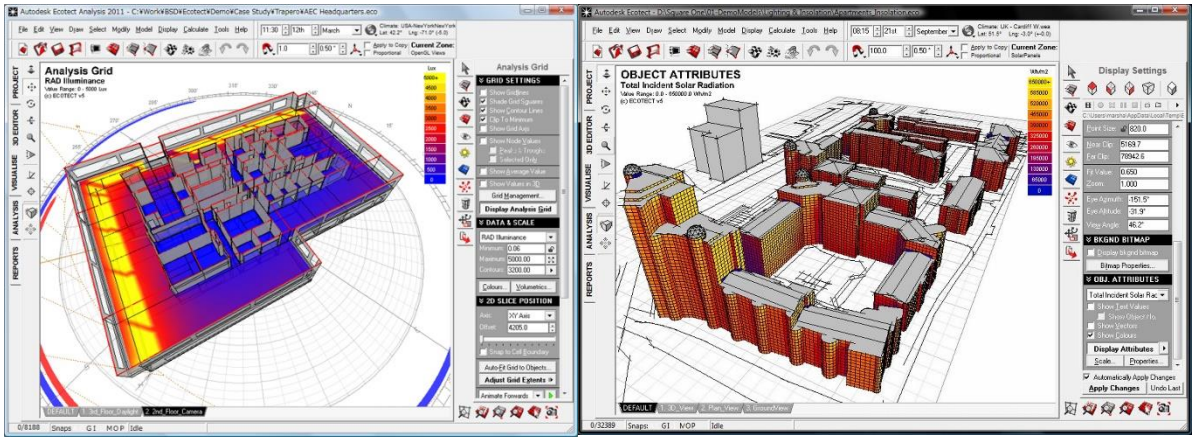
لتعزيز مفهوم الاستدامة، يجب تطوير برامج المحاكاة واقتراح تدابير لتقليل الآثار السلبية المحتملة على البيئة، والتي يمكن بالتالي تطبقها بكل سهولة من قبل المصممين. تستخدم النمذجة والمحاكاة وصفا ونموذجا رياضيا لنظام واقعي باستخدام الحاسب الآلي والبرامج المساندة. فعند استخدام البرامج المساندة، تتشكل ديناميكية الرياضيات التطبيقية نظريا لسلوك النظام الفعلي مع عرض النتائج الأولية لسلوك النظام في شكل بيانات. تتلخص خطوات عملية النمذجة والمحاكاة في خمس خطوات رئيسية كما تم تمثيلها في الرسم التوضيحي (٥).

رسم توضيحي ٥- خطوات عملية النمذجة و المحاكاة، المصدر (عادل، ٢٠٢٢) مع التصرف من قبل الباحثان

تبدأ عملية النمذجة والمحاكاة بصياغة المشكلة وفهم الحالة الدراسية ثم جمع البيانات من العالم الفعلي وتحليلها لتطوير وتصميم نموذج المحاكاة الذي يساعد على التحقق من النموذج واختباره، التجربة والتحسين وأخيرا، تصميم وتنفيذ نموذج المحاكاة ثم اخراجه للعمل بنتائجه في الفرضيات المستهدفة عن طريق التحليل وصياغة الاستنتاجات الذي يؤدي الى اتخاذ القرارات (عادل، ٢٠٢٢).

تناول (جنبي، عبد النبي، والبخاري، ٢٠٢٠) اختبارات المحاكاة على الواجهات الخارجية ودورها في تحديد اشكالية الواجهات ومدى تأثرها بالمناخ وحركة الشمس بالمنطقة، ورصد وتحليل وقياس مدى تحقيق استدامة المباني العامة والحد من زيادة استهلاك الطاقة والاستفادة من

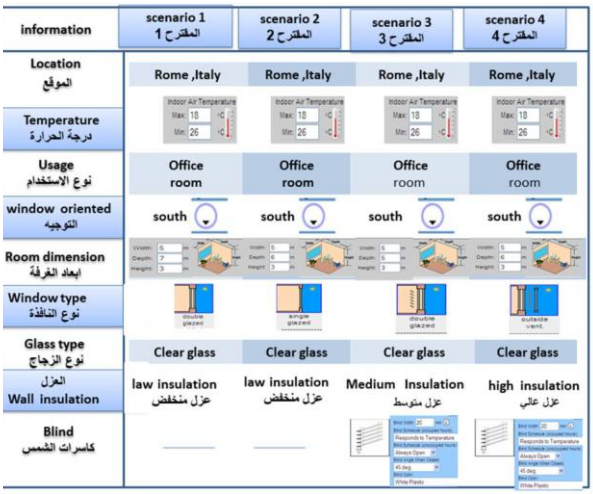
الطاقة المتجددة وذلك من خلال تصميم منهجية مقترحة مستنبطة من الدراسات السابقة في مجال الواجهات الذكية واستدامة المباني العامة وبعض أنظمة تقييم الاستدامة عن طريق القياس باستخدام برنامج المحاكاة الرقمية (Ecotect) شكل (١٧). وأظهرت النتائج شمولية تطبيقات العمارة الذكية بالواجهات الخارجية على أنظمة ومواد وأشكال مختلفة تعد أحد العوامل الرئيسية في تحويل المبنى التقليدي الى مبنى ذكي والذي يقوم بدوره بتوفير بيئة داخلية ذات كفاءة عالية للمستخدمين ويحد من استهلاك الطاقة.



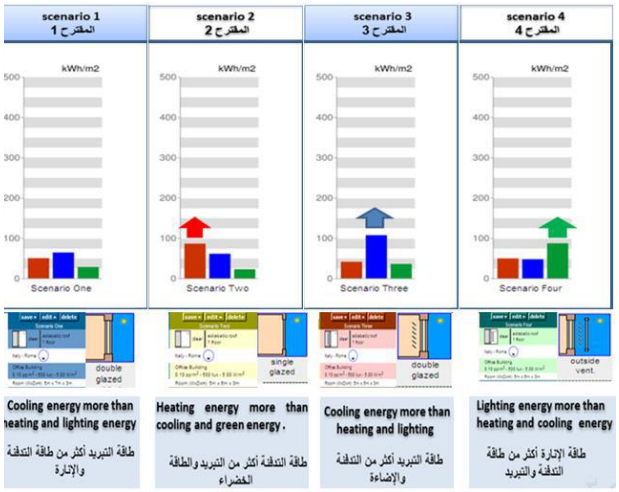
شكل ١٧- برنامج Ecotect، المصدر (Archdaily, 2010)

واستخدم (رضا، البكري، ومحمد، ٢٠١٧) برامج المحاكاة لاختبار اداء الزجاج وتحديد نوع الزجاج الذي يجب استخدامه ليساعد في تقليل تكلفة استهلاك الطاقة وكيف يمكن أن يتوافق مع متطلبات كود الطاقة، وأكد من خلاله الدور الرئيسي الذي يلعبه الزجاج في الاستخدام الفعال للطاقة خاصة مع تطبيق تقنيات النانو، وقدرة الأنواع المختلفة من الزجاج المستخدم في غلاف المبنى على تقليل استهلاك الطاقة. كما قدم (Youssef, Reffat, Zhai, & Eid, 2016) تحليل مقارن لأهم الأدوات الحاسوبية المتاحة والتي تقوم بحوسبة أو محاكاة المعايير الرئيسية التي تخص المباني المدمجة بالخلايا الشمسية والمتمثلة في: استهلاك الطاقة للمبني والتعرض الشمسي وأداء نظم الخلايا الشمسية. فتم تصنيف هذه الأدوات على أساس طريقة معالجة المدخلات، ومقارنة خوارزميات التحسين التي يمكن استخدامها في معايير تقييم المباني المدمجة بالخلايا الشمسية. ساعد هذا التحليل المقارن المصممين في تحديد أفضل الأدوات والخوارزميات المناسبة للحالات التصميمية المختلفة والتحسينات المطلوبة للمباني المدمجة بالخلايا الشمسية.

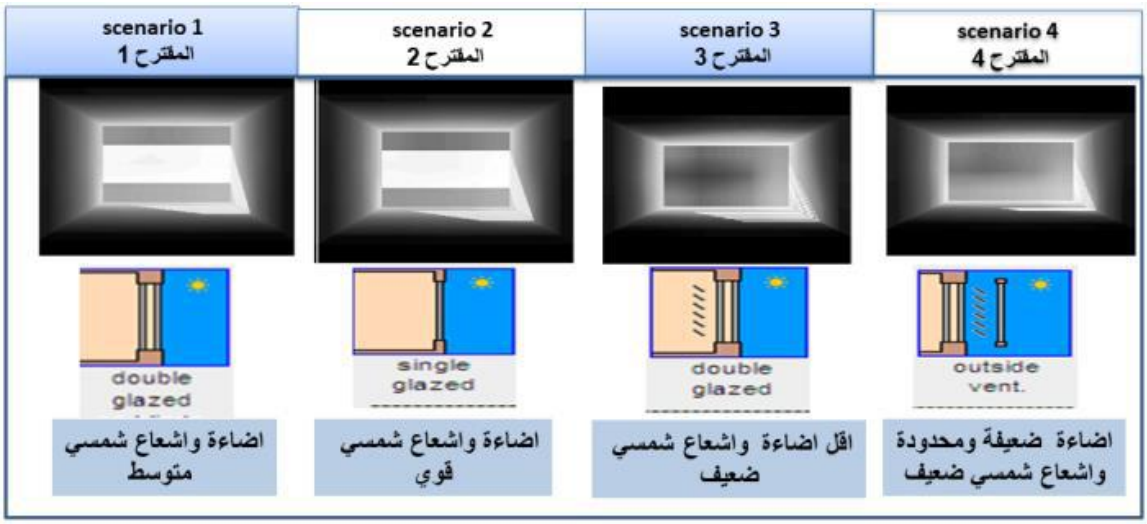
كما تستخدم تطبيقات المحاكاة في قياس أداء فراغات المبني الداخلي، ففي تجربة للباحثين (عبد العاطي، ساسي، أغفير، ٢٠٢٢)، تم إجراء عملية محاكاة لغرفة مكتب في روما، إيطاليا. قاموا بها باستخدام برنامج مستشار التصميم (The MIT Design Advisor) وهي أداة محاكاة لا تحتاج إلى خبرة فنية وتتيح للمصممين محاكاة الجزء الداخلي للمبنى وذلك بإنشاء واختبار سيناريوهات متعددة على هيئة بدائل.



شكل ١٨- مقارنة بين البدائل التصميمية كمدخلات



شكل ١٩- نتائج المقارنة بين المخرجات



شكل ٢٠- مقارنة تأثير شكل النوافذ على مستويات الإضاءة، المصدر (عبد العاطي، ساسي، أغفير، ٢٠٢٢).

واتضح من حالة الدراسة أهمية برامج المحاكاة كأداة فعالة لتحسين أداء الفراغات الداخلية من حيث الإضاءة والكسب الحراري لتحقيق الاستدامة. حيث تم المقارنة بين أربعة نماذج تصميمية للنوافذ لفهم دورها في تشكيل الإضاءة والراحة الحرارية قبل تنفيذ التصميم عن طريق تغيير عدة مدخلات منها التعديل في تصميم النافذة والزجاج والجدار وعمق الغرفة، للتعرف على مناطق الإضاءة النهارية والراحة الحرارية كما يتضح من شكل (١٨)، وتمثلت النتائج بعدة ألوان: اللون الأحمر يوضح الكسب الحراري واللون الأزرق يمثل التبريد واللون الأخضر يمثل الإضاءة كما هو موضح في شكل (١٩)، وتم استنتاج أن العزل الجيد للمقترح الرابع ساعد على منع الإشعاع الشمسي المباشر من النفاذ إلي داخل الغرفة، مع إمكانية التحكم في الإضاءة بفتح الكاسرات الشمسية وغلقها حسب الرغبة. ويوضح الشكل (٢٠) تأثير شكل أربعة بدائل للنوافذ على مستويات الإضاءة داخل الغرفة.

٣. تحديات التقنيات الرقمية في مجال تصميم الواجهات المستدامة

اتضح من المراجعات الأدبية أن تطبيقات التقنيات الرقمية في مجال تصميم الواجهات المستدامة تواجه الكثير من التحديات والصعوبات، وأمكن من خلال مراجعة الأدبيات ذات العلاقة بالموضوع استخلاص أهم هذه التحديات والصعوبات كما يتضح في الرسم التوضيحي (٦)، وسيتم مناقشتها في القسم التالي.

التحدي الأول	التحدي الثاني	التحدي الثالث	التحدي الرابع	التحدي الخامس
تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة	صعوبة تحقيق التوافق والتكامل بين المكونات والتقنيات المختلفة للنظم الذكية	صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات المحاكاة لتقييم أداء الاستدامة للواجهات	متطلبات معايرة برامج المحاكاة لضبط النتائج	التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها

رسم توضيحي ٦- أبرز التحديات المرتبطة باستخدام التقنيات الرقمية في مجال تصميم الواجهات المستدامة ، المصدر الباحثان

٣-١ تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة

على الرغم من التطبيقات الواسعة لتقنية النانو في الوقت الحاضر والتي تشمل جميع نواحي الحياة، إلا أن هناك الآن اهتماما كبيراً بالآثار الجانبية المحتملة نتيجة استخدام هذه التقنية في حياة الإنسان والوسط المحيط به. يشارك بعض المهندسين والعلماء بشكل مباشر أو غير مباشر في قضايا تكنولوجيا النانو من منظور السلامة والاثار البيئية.

تقدم الدراسات في علوم السموم نظرة ثاقبة على السمية في الجسم الحي لنوع معين من الجسيمات النانوية المصنعة. تنتج هذه الدراسات العديد من قضايا تقييم المخاطر الصحية الرئيسية المرتبطة بالمواد النانوية المصنعة، مثل المعلومات المتعلقة بسمية الجسيمات النانوية. كما أشار (Anusha KJ، 2020) بأنه تم إطلاق مبادرات بحثية استباقية متعددة التخصصات من قبل المركز الوطني للبحوث البيئية التابع لوكالة حماية البيئة الأمريكية والبرنامج الوطني لعلم السموم والمعهد الوطني للصحة البيئية والمعاهد الوطنية للصحة، لمعالجة تأثير الجسيمات النانوية على صحة الإنسان والبيئة.

يعد اختيار المواد النانوية المناسبة أحد المعايير الرئيسية للاتجاه المستقبلي لتقنية النانو. وأكد (Zhang and others, 2011) أنه على الرغم من التأثيرات البيئية لتقنية النانو إلا أنها ستستمر في التطور، وستكون مفيدة للمجتمع وتحسن البيئة وستجعل هذه المواد المنتجات أفضل من حيث الوظيفة، وتوفير الوزن، واستهلاك أقل للطاقة وتوفير بيئة نظيفة. ومع قدرتها على المساعدة في تنظيف بعض النفايات البيئية، إلا أنها ممكن أن تلوث البيئة بطرق أخرى. وقلل (بوحوية، عمران، ٢٠١٩) من تأثير هذه التقنية على صحة المستهلكين رغم الشكوك والمخاوف المثارة حول استخدام هذه التقنية، وتحذير الحكومات والمنظمات غير الحكومية من مخاطر هذه التقنية ومن سلبياتها.

ولذلك كان يجدر قبل استخدامها وإقحامها في جميع المجالات خاصة تلك التي تمس بسلامة وصحة المستهلك وكذا المحيط الذي يعيش فيه هذا من جهة، ومن جهة أخرى يلاحظ أنه لا يوجد أي تنظيمات أو قوانين محددة وواضحة تحدد الأضرار والأخطار الناتجة عن استخدامها. واتضح التوازن بين الجوانب الإيجابية والجوانب السلبية لاستخدام تقنيات النانو وتأثيرها على البيئة والصحة العامة في دراسة (Zhang and others, 2011) وقسم الجوانب السلبية إلى جونب تقنية وجوانب إنسانية: فمن الناحية التقنية تحتاج هذه التقنية الى طاقة عالية لتصنيع الجسيمات النانوية مما يؤدي إلى ارتفاع الطلب على الطاقة، ويؤدي استخدامها الى نشر المواد النانوية السامة والثابتة التي تسبب أضراراً بيئية لانخفاض معدلات الاستعادة وإعادة التدوير ولذلك هناك نقص في عدد العاملين المدربين على هذه التقنية بسبب المخاوف المرتبطة بذلك. وارتبطت الجوانب الإنسانية بصحة الانسان، حيث تؤثر الجسيمات النانوية على الجلد والرئتين والأجهزة المعوية للإنسان نتيجة لصغرها الشديد وسهولة نفاذيتها، كما أن استنشاق المواد النانوية (مثل الجسيمات النانوية، الكرات النانوية، أنابيب الكربون النانوية) سوف يؤدي إلى سريان هذه المواد داخل الجسم ومن ثم وصولها إلى المخ. فلا يوجد أي تنظيمات أو قوانين محددة وواضحة تحدد الأضرار والأخطار الناتجة عن استخدام المواد النانوية وذلك بسبب اختلاف خصائص وأحجام تلك المواد النانوية وأيضا اختلاف درجة سُميّتها، وإذا أضفنا إلى ذلك أن التجارب والبحوث التي تمت حول أخطار هذه التقنية قليلة وبعضها على فئران التجارب، وأن زيادة تركيز الجسيمات النانوية في الهواء يؤدي إلى زيادة انتشار الأمراض والوفاة. فتتضح أهمية توعية العاملين في تقنية النانو بضرورة اتخاذ كافة أنواع درجات الحذر والاحتياطات اللازمة لتفادي استنشاق المواد النانوية على جميع أنواعها أو ملامستها لجلد الإنسان. أما من الناحية الإيجابية، تقدم تقنية النانو فوائد اقتصادية واجتماعية وبيئية من خلال توفير حلول لاستهلاك الطاقة والتلوث وانبعاثات الغازات الخضراء بما في ذلك المساعدة على اكتشاف التلوث والقضاء عليه من خلال تحسين جودة الهواء والماء والتربة، وتصنيع الخامات عالية الدقة التي تتميز بتقليل كمية النفايات، وإزالة الغازات والملوثات البيئية من الغلاف الجوي.

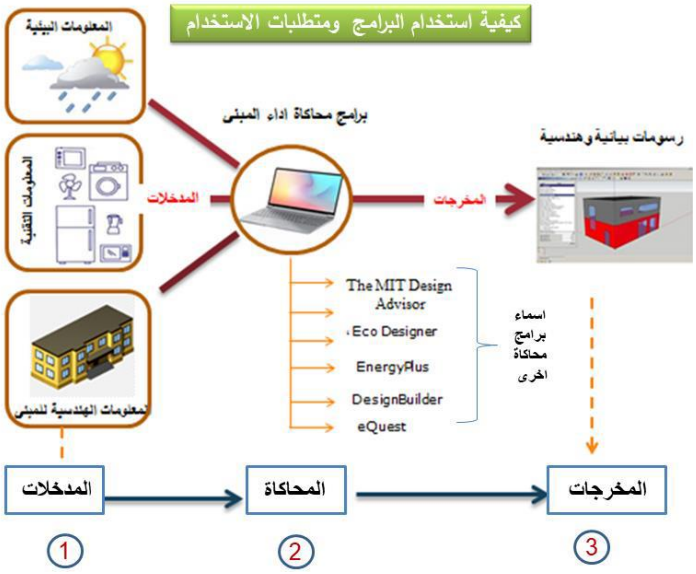
٣-٢ صعوبة تحقيق التوافق والتكامل بين المكونات والتقنيات المختلفة للنظم الذكية (Interoperability)

تمثل المباني ٤٠٪ من استهلاك الطاقة العالمي وفقًا لوكالة الطاقة الدولية. أصبحت المباني الذكية عنصرًا أساسيًا في الجهود الحالية لإدارة وتقليل الطلب على الكهرباء وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية. توفر حلول المباني الذكية وسائل لإطلاق إمكانات كفاءة الطاقة غير المستغلة للمباني وتقليل تكاليف التشغيل الإجمالية. وقد استعرض (Vales,Alaya,2020) مجموعة من التقنيات التي تستخدم في المباني الذكية لإنشاء نظام بيئي فعال، قادر على تفعيل خدمات البناء. على سبيل المثال: إدارة المساحة، والخدمات المرنة، وخدمات إدارة أصول المباني، وما إلى ذلك. وغالباً ما يرتبط نظام تشغيل هذه المباني الذكية بنظم متعددة ذات تقنيات مختلفة مثل المحطات الميكانيكية والكهربائية ومراقبتها، بما في ذلك التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) والإضاءة وأنظمة الطاقة وأنظمة الحريق وأنظمة الأمن، ويتضح من ذلك مدى الصعوبات المرتبطة بالتشغيل البيني لهذه النظم والتحكم فيها من خلال نظم التشغيل الذكية.

٣-٣ صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لتطبيقات المحاكاة لتقييم أداء الاستدامة للواجهات

تستخدم أماكن العمل الهندسية الحديثة عادة ممارسات النمذجة والمحاكاة، إلى جانب الأدوات الحسابية، للمساعدة في تحليل وتصميم الأنظمة. كما أشار (Carberry, 2012) بأنه تم دمج مهارات النمذجة والمحاكاة في العديد من تخصصات العلوم والهندسة كأدوات تحليلية تدعم دراسة الظواهر المعقدة وكأدوات تنبؤية يمكنها توقع ملاءمة التصميمات الجديدة.

تحدث (عبدالعاطي,ساسي,أغفير، ٢٠٢٢) عن مشكلة عدم الاستفادة من الأدوات والتكنولوجيا المتطورة لمساعدة المصممين المعماريين على تحقيق مبادئ التصميم المستدام والبيئي بسبب صعوبة التعامل مع مصطلحات برامج المحاكاة، بالإضافة إلى نقص الخبرات المؤهلة والمتخصصة في هذا المجال، كما يتضح من شكل (٢٢).هذا الأمر الذي أدى بدوره إلى التأخر عن مواكبة العالم في استخدام البرامج الحاسوبية لمحاكاة الواقع علميا وعمليا. حيث ينظر عموما إلى أنه لا يمكن استخدام هذا النوع من الأدوات إلا في معظم البلدان المتقدمة. بالإضافة الى نقص الوعي لدى المصممين بأهمية الدور الذي تلعبه برامج محاكاة أداء المبنى في المساعدة على تطوير العملية التصميمية، تمثل مشكلة حقيقية تؤثر على الناتج المعماري في المستقبل. ووفي دراسة ترتبط بذلك أوصى (Magana,2018) بدمج هذه الممارسات في التعليم الهندسي الجامعي، فيجب تحديد مهارات النمذجة والمحاكاة المطلوبة، بالإضافة إلى مستويات إتقان الطلاب ومسارات التعلم للحصول على هذه المهارات بنجاح.



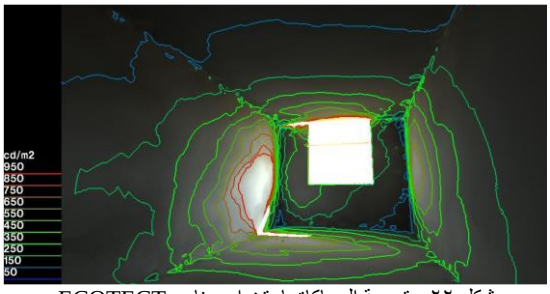
شكل ٢١- متطلبات استخدام برامج المحاكاة، المصدر (عبدالعاطي,ساسي,أغفير، ٢٠٢٢).

٣-٤ متطلبات معايرة برامج المحاكاة لضبط النتائج.

يواجه المصمم في عملية البناء الكثير من الصعوبات والمشاكل، فأصبحت أساليب المحاكاة أحد الحلول التي يلجأ اليها المصمم لتجنب الأخطاء. تكون المحاكاة أداة مفيدة من المنظور الاقتصادي بسبب القدرة على إجراء التجارب في بيئة منخفضة التكلفة وفي وقت قياسي. ولكي يتم التأكد من دقة نتائج مثل هذه التطبيقات والبرامج، يجب اختيار المناسب منها وتطبيق إجراءات المعايرة اللازمة لها، كما يوضحه الرسم التوضيحي (٧).

رسم توضيحي ٧- خطوات معايرة برامج المحاكاة، المصدر الباحثان

حسب تجربة (Christakou, Silva, 2017) في استخدام برنامجي محاكاة معمارية لتجربة استخدام الضوء الطبيعي في مبنى سكني بالبرازيل، تم اختيار برنامجي ECOTECT شكل (٢٢) وبرنامج RELUX VISION شكل (٢٣) للعمل عليهم ثم إجراء تقييم ومقارنة مع مراعاة معايير عديدة أهمها شكل الواجهة وراحة مستخدمي المبنى. اشتملت المنهجية المستخدمة على عدد كبير من عمليات المحاكاة في المناخ الاستوائي، بهدف اختبار أدوات المحاكاة في ظروف مختلفة من ضوء النهار في المنطقة. أظهر التقييم باستخدام المقارنة الكمية والنوعية اختلافا طفيفا بالنتائج مما أكد الحاجة إلى تجربة عدة برامج محاكاة للتأكد من دقتها لأنها أفضل طريقة للتغلب على العقبات بهدف الوصول الى الراحة البيئية .



شكل ٢٢ - تجربة المحاكاة بإستخدام برنامج ECOTECT

شكل ٢٣ - تجربة المحاكاة بإستخدام برنامج RELUX VISION

المصدر (Christakou, Silva, 2017)

٣-٥ التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها

تواجه نظم المعلومات العديد من التحديات والمشكلات الفنية المتزايدة، والاحداث البيئية المتغيرة. وأشار (الدنف، ٢٠١٣) إلى أن أخطاء النظام المعلوماتي قد تنشأ من سوء استخدام الأجهزة والبرمجيات بما تحدثه من أخطاء كامنة او عوامل فنية التي تؤدي الى فشل النظام. هذه العوامل من الممكن ان تكون عديدة ومتنوعة وقد تؤدي الى إيقاف العمل او إبطاؤه بصفة دائمة، مما يكون له آثاراً سلبية وخسائر للمنشأة مثل:

١. الخسائر التشغيلية: ناتجة عن تأثير مستوى التشغيل في المنظومة بسبب إصابة نظم المعلومات بالفيروسات او الاختراق مما يؤدي الى توقف الخدمة المقدمة للعملاء.
٢. خسائر قانونية: نتيجة العقوبات المفروضة بسبب افشاء المعلومات.
٣. خسائر مالية: هي الخسائر في الإيرادات بسبب الاخلال في الاتفاقيات وفقدان السرية والخصوصية.
٤. خسائر استراتيجية: بسبب فقدان العملاء او الاخلال بحقوق الملكية الفكرية.
٥. تأثر سمعة المنشأة وفقدان الثقة.

وفي ظل تهديدات و مخاطر امن المعلومات تسعى الكثير من المنشآت لإيجاد السبل والوسائل الوقائية الاحترازية التي تمكنها من مواجهة التهديدات الأمنية ليتزايد الاهتمام بنظم المعلومات سعيا لتقليل التكاليف ولضمان استمرارية العمل. كما اقترح الباحث (علي، ٢٠١٢) آلية خماسية لتفعيل دور العمارة الذكية يوضحها شكل (٢٤).

شكل ٢٤ - الية تفعيل دور العمارة الذكية في دعم منظومة الامن و السلامة، المصدر (علي، ٢٠١٢) مع التصرف من قبل الباحثان

تبدأ عملية دعم منظومة الامن و السلامة بتحديد المخاطرللمشكلة الموجودة في الواقع والتي يجب أن يتم حلها أو التعديلات المطلوبة التي يجب تطويرها. يتبعها استكشاف قدرة العمارة الذكية على مواجهة المخاطر التي تم تحديدها و الحد من تأثيرها على البيئة ليتم تحديد البدائل ومقارنة نسبة الأداء لاختيار التصميم المناسب الذي سيتم التجربة عليه حسب جميع البيانات والمعلومات المتوفرة ثم تحديد المتطلبات و التجهيزات التقنية و استكشاف تحديات تطبيقها ليتم اعداد المقترح التفصيلي لدعم هذه المنظومة. ثم اوصى بتفعيل دور العمارة الذكية في دعم منظومة الامن والسلامة على المستوى التصميمي لتجنب مشاكل الاختراق باستخدام وسائل تحقق الشخصية لتجنب خطر الاختراق منها:

١. للمستخدمين عن طريق البصمة
٢. استخدام المفاتيح او البطاقات الممغنطة
٣. استخدام كلمات المرور.

٤. الأهمية النسبية للاتجاهات والتحديات وواقع التطبيق في المملكة

بعد عرض أهم الاتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني وواقع تطبيقها في مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية فقد اتضح أهمية البحث في إمكانية ومدى تطبيقها وماهي التحديات التي تواجه المكاتب الاستشارية والهندسية والمتخصصين فيها. تم تصميم استبانة مبنية على نتائج الدراسات الأدبية، من أجل استكشاف واقع تطبيق الاتجاهات وتحديات التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني وواقع تطبيقها في مدينة الرياض.

٤-١ مجتمع وعينة الدراسة وأداة جمع المعلومات

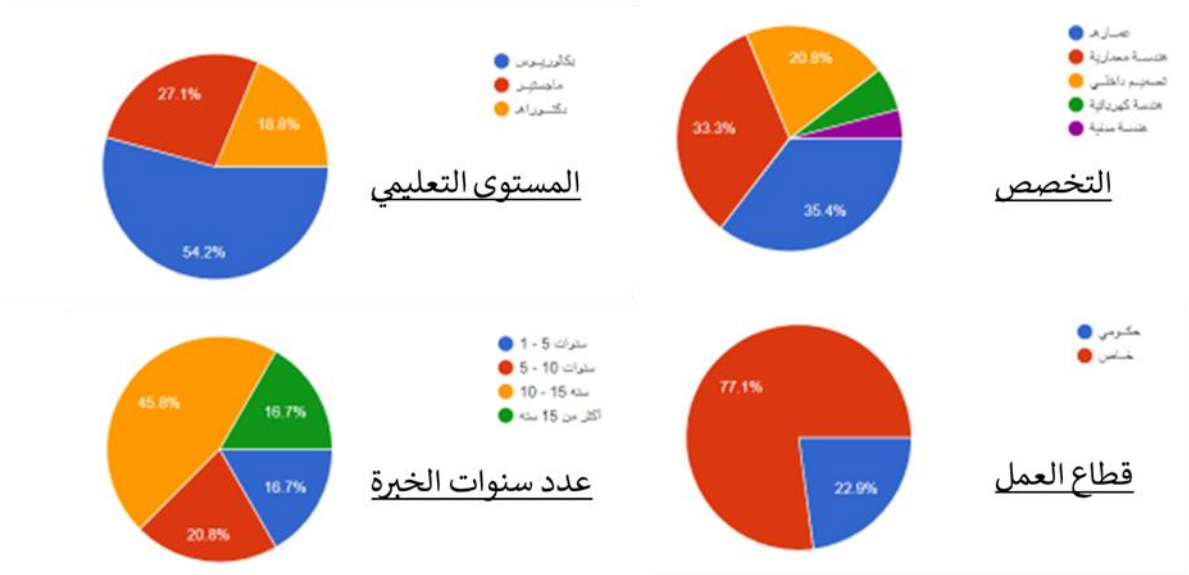
يتكون مجتمع البحث من المكاتب الهندسية والاستشارية المتخصصة في التصميم المعماري، والمجالات المشابهة بشكل عام بالإضافة إلى المتخصصين الأكاديميين في تخصص تطبيقات الحاسب بالعمارة والمطوربن العقاريين بالعمارة في مدينة الرياض. وقد تم اختيار العينة عشوائية حتى تكون هناك فرصة متساوية لتمثيل المجتمع المعماري السعودي. وتمت إجراءات جمع المعلومات من خلال أداتي البحث وهما المقابلات الشخصية و الاستبانات.

بلغت عدد الاستجابات للدراسة الاستطلاعية التي تم توزيعها عن طريق البريد الإلكتروني ٤٨ استجابة من أصل ٨٠ جهة تم توجيه الاستبانة لهم، وبلغ معدل الاستجابة ٦٠٪ (٤٨ من ٨٠)، وتكونت الإستبانة من ثلاثة أقسام، القسم الأول يتعلق بمعلومات شخصية وعامة عن المبحوثين بتحديد التخصص، المستوى التعليمي و قطاع العمل، بالإضافة الى عدد سنوات الخبرة، والقسم الثاني تضمن أسئلة لتحديد الأهمية النسبية للإتجاهات والتحديات التي تم التوصل إليها في الجزء النظري، أما القسم الثالث فتضمن أسئلة لرصد واقع مدى إتاحة وتطبيق الإتجاهات التي تم استكشافها في الواقع المحلي. وتم توزيع الإستبانة رقمياً.

٤,٢. خصائص عينة الدراسة

اتضح أن ٦٨,٧٪ من المستجيبين في تخصص العمارة والهندسة والمعمارية و٢٠,٨٪ في تخصص الهندسة الداخلية و١٠,٥٪ في تخصص الهندسة الكهربائية والمدنية. ومن جانب المؤهلات العلمية للمستجيبين، بلغت نسبة المستجيبين من حملة البكالوريوس ٥٤,٢٪ يليهم حملة

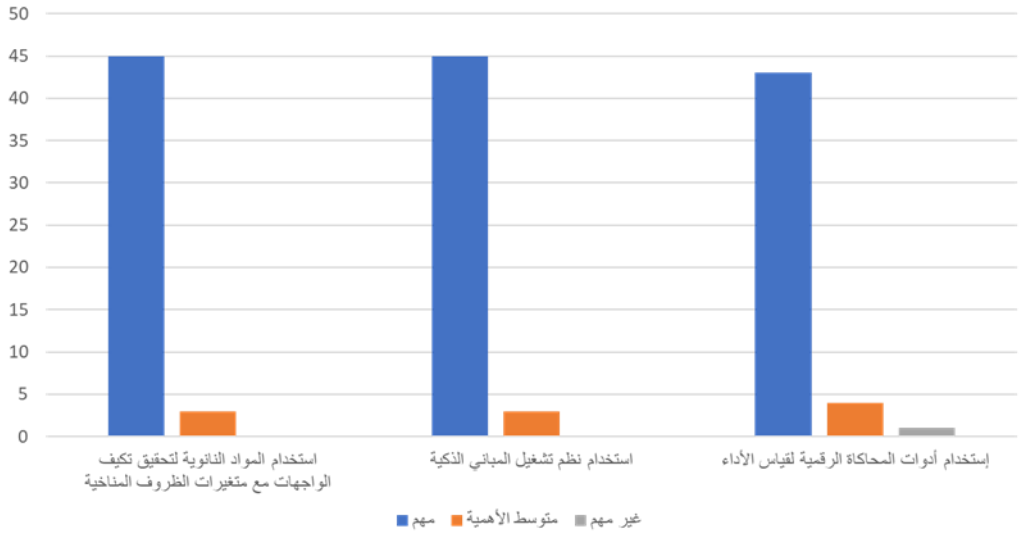
الماجستير بنسبة ٢٧,١٪ ثم حملة الدكتوراه بنسبة ١٨,٨٪ من المستجيبين. ومن جانب جهة العمل فقد بلغت نسبة العاملين في القطاع الخاص ٧٧,١٪ في المقابل بلغت نسبة العاملين في القطاع الحكومي ٢٢,٩٪. أما بخصوص خبرات المستجيبين فقد تصدرت نسبة المستجيبين من ذوب الخبرة من عشر الى خمسة عشر سنه ٤٥,٨٪، بينما بلغت نسبة المستجيبين ممن لديهم خبره من خمس الى سنوات ٢٠,٨٪، وتماثلت نسبة المستجيبين ذوي الخبرة من سنة الى خمس سنوات خبرة مع نسبة المستجيبين من ذوي الخبرة أكثر من خمس عشر سنه عند نسبة ١٦,٧٪. ويوضح شكل (٢٥) أشكال بيانية لخصائص عينة الدراسة.



شكل ٢٥ - خصائص عينة الدراسة، المصدر الباحثان

٤-٣ الأهمية النسبية للاتجاهات

توافقت استجابات عينة الدراسة في تأكيد أهمية اتجاهات التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني وواقع تطبيقها في مدينة الرياض في تقييم وتطوير الأفكار التصميمة في مجال عمله، واتضح من تحليل نتائج الاستبانة الموضحة بشكل (٢٦) أن الأهمية النسبية للاتجاهات الثلاثة التي تم استخلاصها متقاربة، تساوى اتجاه النظم الذكية لتشغيل المباني واستخدام المواد النانوية لتحقيق تكييف الواجهات مع الظروف المناخية من ناحية الأهمية، وبعدهم بفروق ضئيلة اتجاه استخدام برامج المحاكاة الرقمية لقياس الأداء.

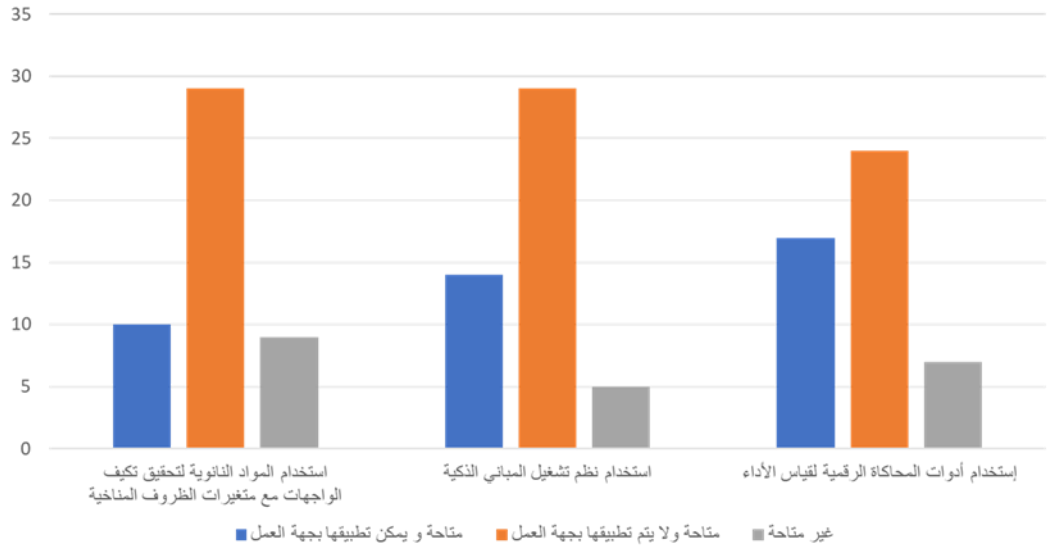


شكل ٢٦ - الأهمية النسبية لاتجاهات التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني وواقع تطبيقها حسب إجابات المستفيدين، المصدر الباحثان

٤,٤. واقع إتاحة وتطبيق الاتجاهات الحديثة في المملكة العربية السعودية

اختص القسم الثاني من الاستبانة، برصد واقع إتاحة وتطبيق استخدام التقنيات لتحقيق هذه الاتجاهات في جهات عمل المستجيبين، واتضح من تحليل النتائج لهذا القسم والموضحة في شكل (٢٧) أن نسبة الإتاحة وعدم التطبيق تشكل أعلى نسبة في جميع الجهات بالمقابل وضحت أن بعض الجهات متاحة لهم هذه التقنيات ولكن لا يتم تطبيقها، وقد ظهرت النسب كما هو موضح بالرسم البياني بأن في اتجاه استخدام المواد النانوية لتحقيق تكييف الواجهات مع الظروف المناخية نسبة تطبيق التقنيات لا تتجاوز ٢٠٪، وعدم الاستفادة من التقنيات على الرغم من توفرها لدى بعض الجهات كانت بنسبة ٦٠٪، ونسبة عدم تطبيقها وعدم توافرها ١٨٪. اما في اتجاه النظم الذكية لتشغيل

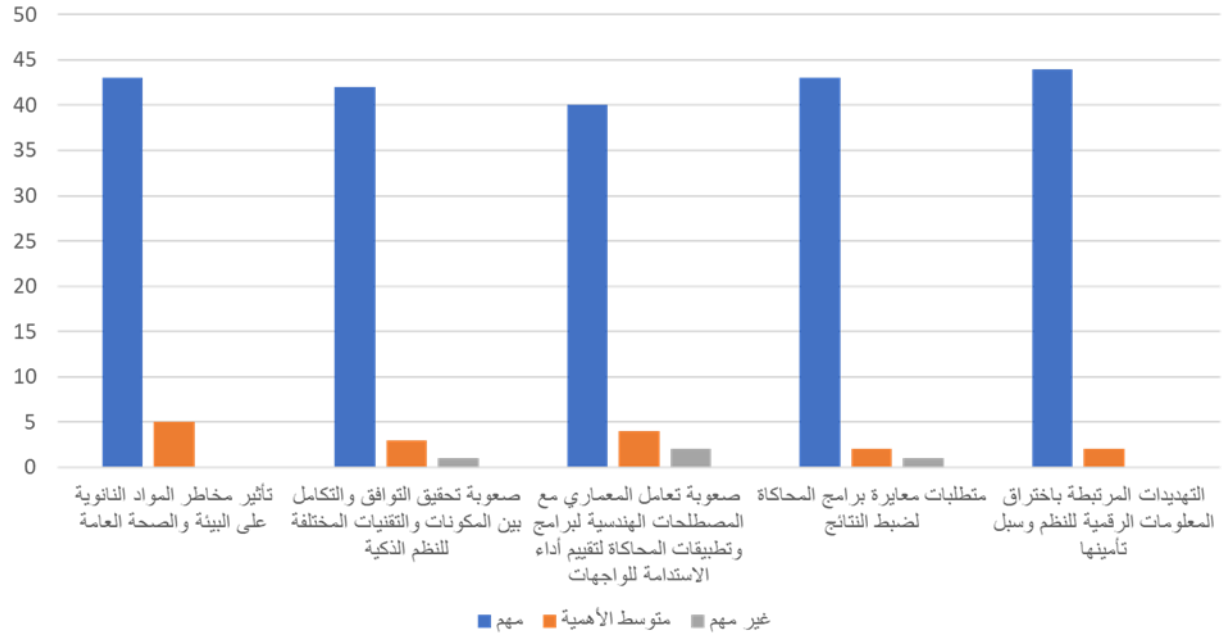
المباني فكانت نسبة تطبيق التقنيات لا تتجاوز ٢٩٪، وعدم الاستفادة من التقنيات على الرغم من توفرها لدى بعض الجهات كانت بنسبة ٦٠٪، ونسبة عدم تطبيقها وعدم توافرها ١٠٪. أما عن اتجاه المحاكاة الرقمية لقياس اداء الواجهات فكانت نسبة تطبيق التقنيات وعدم الاستفادة منها متماثلة حيث بلغت حوالي ٥٠٪، ونسبة عدم تطبيقها وعدم توافرها بلغت ١٤٪.



شكل ٢٧ - مدى اتاحة وتطبيق استخدام التقنيات لتحقيق هذه الاتجاهات في جهات عمل المستجيبين، المصدر الباحثان

٤-٥ الأهمية النسبية للتحديات وأولويات تناولها

اختص قسم من الاستبانة بقياس الأهمية النسبية للتحديات التي تواجه تطبيق التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني لتحديد أولويات تناولها وخطط معالجتها. أظهرت نتائج هذا القسم والتي يوضحها شكل (٢٨) أهمية جميع التحديات التي تم استخلاصها وقلة الفرق بين الأهمية النسبية لها. وجد أن التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها كانت الأكثر أهمية، يليها تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة وتحديات متطلبات معايرة برامج المحاكاة للحصول على نتائج دقيقة بنسب متساوية. ثم تتبعها صعوبة تحقيق التوافق والتكامل بين المكونات والتقنيات المختلفة للنظم الذكية وأخيرا تأتي صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات المحاكاة لتقييم أداء الاستدامة بالواجهات.



شكل ٢٨ - الأهمية النسبية لتحديات التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني وواقع تطبيقها في مدينة الرياض حسب إجابات المستفيدين، المصدر الباحثان

٤-٦ مخرجات إضافية من الاستبانة

طرح المجال في الإستبانة لاستكشاف أس اتجاهات أو تحديات أخرى غير التي تم اعتبارها أهم الإتجاهات والتحديات في مجال دعم تصميم الواجهات المستدامة، وقد اقترح بعض المستجيبين استخدام واجهات حديثة بمواد من البيئة تطوير المشربيات مثلا او استخدام الواجهات

الطين بصورة مختلفة لتواكب العص، استخدام التقنيات الديناميكية في مجال الواجهات المستدامة بالإضافة الى استخدام مواد صديقة للبيئة في الواجهات والواجهات الخضراء.

٥. النتائج والمناقشة

خلصت مراجعة الأدبيات وتحليليها إلى ثلاثة من أهم اتجاهات التقنيات الرقمية الداعمة لتصميم واجهات مستدامة للمباني: استخدام المواد النانوية لتحقيق تكيف الواجهات مع متغيرات الظروف المناخية، إستخدام نظم تشغيل المباني الذكية، واستخدام أدوات المحاكاة الرقمية لقياس الأداء، كما خلصت إلى خمسة من أهم التحديات التي تواجهها هذه الإتجاهات: تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة، وصعوبة تحقيق التوافق والتكامل بين المكونات والتقنيات المختلفة للنظم الذكية (Interoperability)، وصعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات المحاكاة لتقييم أداء الاستدامة للواجهات، ومتطلبات معايرة برامج المحاكاة لضبط النتائج، والتهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها، و من هذا المنطلق نستنتج التالي:

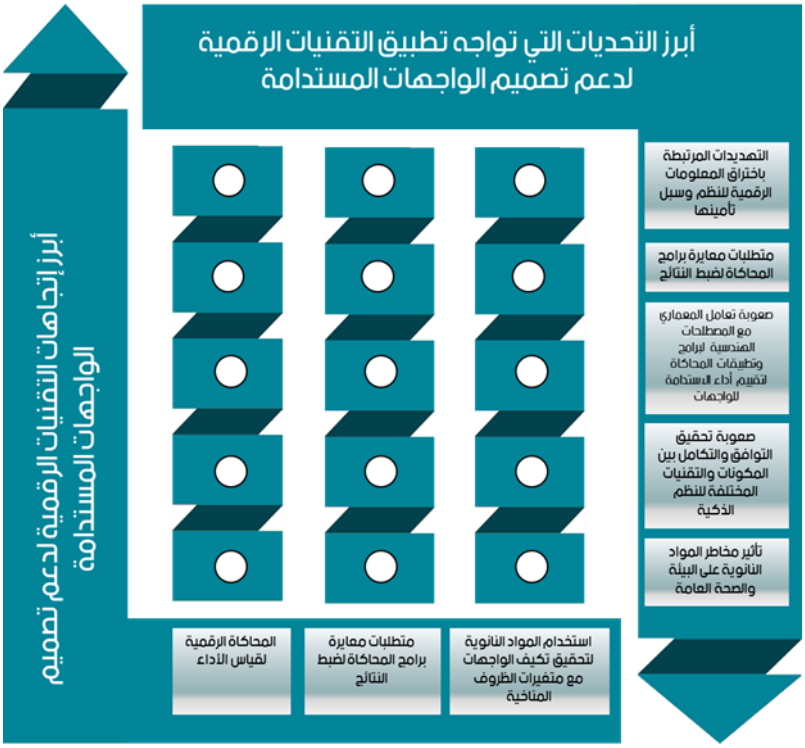
١. قلة في الدراسات العملية في مجال استخدام المواد النانوية على مدى تأثير هذه التقنية على الصحة العامة نظرا لصغر حجمها و سهولة نفاذيتها في جسم الانسان.
٢. قدرة الحصول على بيئة داخلية جيدة دون الحاجة لاستهلاك الطاقة باستخدام تقنيات النانو بالاضافة الى المساهمة في استدامة المباني و تقليل تلوث الهواء.
٣. قدرة نظم البناء الذكية على تحويل المبنى التقليدي الى مبنى ذكي والذي يقوم بدوره بتوفير بيئة داخلية ذات كفاءة عالية للمستخدمين ويحد من استهلاك الطاقة.
٤. قدرة الواجهات الذكية على الاستفادة من الطاقات الطبيعية المختلفة وتحويلها الى طاقة متجددة تحقق كفاءة ترشيد استهلاك الطاقة والتكلفة التشغيلية للمبنى وتوفير العوامل الاقتصادية.
٥. دور اختبارات المحاكاة على الواجهات الخارجية في تحديد اشكالية الواجهات ومدى تأثرها بالمناخ وحركة الشمس بالمنطقة حيث يساهم في تحسين التصميم وتقليل التكاليف.
٦. سعي المنشآت لايجاد الوسائل التي تمكنها من مواجهة تهديدات و مخاطر امن المعلومات للنظم الذكية سعيا لتقليل التكاليف ولضمان استمرارية العمل.
٧. تطور العديد من الادوات الحاسوبية التي توفر عمليات حوسبة لتحسين المباني المدمجة بالخلايا الشمسية وكذلك عمليات المحاكاة لتقييم أدائها.
٨. توفر الفرص لانتاج تصاميم خالية من الاخطاء و الحصول على بيئة مبنية تتسم براحة حرارية مناسبة للمستخدمين باستخدام تطبيقات التقنيات البيئية الحديثة.

وخلصت الدراسة الميدانية التي تمت على عينة عشوائية من المهندسين و المقاولين و الأكاديميين ومن واقع ما تم من رصد لرأي عينة الدراسة بخصوص الأهمية النسبية لهذه الإتجاهات وواقع اتاحتها وتطبيقها في جهات العمل بمدينة الرياض فقد اتضح التالي:

أهم وأبرز الاتجاهات الحديثة لدعم التقنيات الرقمية لتصميم الواجهات المستدامة تمثلت في النظم الذكية لتشغيل المباني، استخدام المواد النانوية لتحقيق تكييف الواجهات مع الظروف المناخية، استخدام برامج المحاكاة الرقمية لقياس الأداء.

أهم وأبرز التحديات التي تواجه تطبيق دعم التقنيات الرقمية لتصميم الواجهات المستدامة صنفت ضمن خمسة تحديات تمثلت في التهديدات المرتبطة باختراق المعلومات الرقمية للنظم وسبل تأمينها، متطلبات معايرة برامج المحاكاة للحصول على نتائج دقيقة، صعوبة تعامل المعماري مع المصطلحات الهندسية لبرامج وتطبيقات المحاكاة لتقييم أداء الاستدامة بالواجهات، تأثير مخاطر المواد النانوية على البيئة والصحة العامة وصعوبة تحقيق التوافق والتكامل بين المكونات والتقنيات المختلفة للنظم الذكية.

وبذلك يتضح أن لدينا محورين متعارضن: المحورالأول تطور التقنيات والاتجاهات الحديثة لها، والمحور الثاني الخاص بالتحديات أو القيود والمعوقات، وبوضع هذين المحورين في مصفوفة (Matrix) نطلق عليها "مصفوفة اتجاهات و تحديات دعم التقنيات الرقمية لتصميم الواجهات المستدامة" المتمثلة في شكل (٢٩)، لينتج لدينا خمسة عشر علاقة بتقاطع صفوف و أعمدة المصفوفة، و يتطلب ذلك دراسة و بحث الأهمية النسبية لكل من هذه الإتجاهات و التحديات و هو ما يمثل إحدى الدراسات المستقبلية التي تقع خارج نطاق هذه الدراسة، و يوصى بأهمية إجراءها.



شكل ٢٩ - مصفوفة محاور التقنيات الرقمية لدعم تصميم الواجهات المستدامة، المصدر الباحثان

٦. التوصيات و الرؤى المستقبلية:

من خلال ماتم استخلاصه من نتائج في هذه الورقة البحثية بخصوص أهم التحديات و الاتجاهات التي تواجه التقنيات الرقمية لدعم تصميم واجهات مستدامة للمباني وواقع تطبيقها في مدنة الرياض، فيرى الباحثان أن هناك ضرورة لرفع الوعي لدى المختصين في الجهات البحثية والمعماريين و المهندسين و حتى القطاع الاكاديمي من اعضاء هيئة التدريس و الباحثين و الطلاب بامكانيات استخدام المواد والتقنيات و الانظمة الذكية في دعم تصميم الواجهات المستدامة. ومن هذا المنطلق توصي الدراسة بما يلي:

أولاً: على الجهات البحثية المتخصصة ووزارة الاسكان بالمملكة اعتبار التالي:

١. تكثيف الدراسات العلمية لاستنباط حلول للأخطار والإنعكاسات التى قد تنتج عن الأبحاث والتجارب المختلفة لتقنية النانو على صحة الإنسان والبيئة ، وأهمية دراسة الإستخدام السليم والآمن لتطبيقاتها فى العمارة نظرا لما تملكه من خصائص فريدة تمكن المجتمع من الحصول على عمارة ذكية فى التصميم والاداء الوظيفي و الجمالي بالاضافة الى الاسلوب التفاعلي مع البيئة المحيطة لاطالة العمر الافتراضي للمباني.
٢. ادخال وزارة الشؤون البلدية والقروية والاسكان في المملكة نماذج مبانى مطبقة لتقنية النانو ضمن مشاريعها السكنية ذات وتحت رعاية مؤسسات الدولة، بالمفهوم الصحيح والمتطور لها.
٣. تدريب العاملين على هذه التقنية الحديثة للعمل بكفاءة عالية و رفع نسبة استخدامها في السوق المحلي.

ثانياً: على المعماريين و المهندسين اعتبار التالي:

١. توفير الوعي للمعماريين بتطبيقات تكنولوجيا النانو في المباني للإستفادة منها لتحسين أداء المباني و لتحقيق الإدارة الفعالة للطاقة داخل المباني المختلفة من خلال التشجيع علي عقد المؤتمرات و الندوات وذلك لتميز تقنية النانو بأنها ذات مردود اقتصادي كبير على المدى البعيد لقابليتها لاعادة التدوير و اطالة العمر الافتراضي للمباني بالتالي تبقى المنشأه لفترة اطول فتقل عمليات البناء الى حد كبير.
٢. استخدام الانظمة الذكية في المباني لادارة الجوانب المختلفة لعمليات المبنى لما لها من دور ايجابي في اكتشاف الاخطار واتخاذ القرارات.

ثالثاً: على أعضاء هيئة التدريس، الباحثين والطلاب اعتبار التالي:

١. طرح مناهج دراسية لتقنية النانو واستخداماتها فى العمارة لإيجاد حلول لمشاكل المباني.
٢. تبادل أحدث وأبرز الأبحاث والمشاريع ذات استخدامات النانو العالمية والعربية لتحفيز الطلاب و الباحثين في استخدامها للمشاريع.
٣. عمل توعية للباحثين و الطلاب بضرورة استخدام التقنيات الحديثة في المباني.

٧. المراجع:

- **الأوراق العلمية الأجنبية :**

[١] Abdin, A. R., El Bakery, A. R., & Mohamed, M. A. (2018). The role of nanotechnology in improving the efficiency of energy use with a special reference to glass treated with nanotechnology in office buildings. Ain Shams Engineering Journal.

[٢] Abdul Salem. (2020). nternet of Things in Sustainable Energy Systems. Purdue University.
[٣] Aggour, M. M., & El-Kattan, A. A.-M. (2013). Nanotechnology as a Generator of Creative Architectural Glass. Al Azhar University Engineering Sector.
[٤] Aldosari, M. A., Darwish, S. S., Adam, M. A., Elmarzugi, N. A., & Ahmed, S. M. (2017). Protecting of Marble Stone Facades of Historic. MDPI.
[٥] Gaurav Chaudhary, G., & Goia, F. (2019). Simulation and control of shading systems for glazed facades. IOP Conference Series Earth and Environmental Science .
[٦] Hemeida, F. A. (2014). GREEN NANOARCHITECTURE. University of Alexandria.
[٧] Khandve, P. V. (2014). Nanotechnology for Building Material. International Journal of Basic and Applied Research.
[٨] Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2018). A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. IEEE Internet of things journal.
[٩] Mona Mohammed Aggour و ،Olfat Abd Elghany Soliman. (2010). SMART MATERIALS – TOWARD A NEW ARCHITECTURE. First international conferance on Sustainability and the future.
[١٠] Perilli, S., Palumbo, D., Sfarra, S., & Galietti, U. (2021). Advanced Insulation Materials for Facades: Analyzing Detachments. MDPI.
[١١]Sev, A., & Aslan , G. (2014). Natural Ventilation for the Sustainable Tall Office Buildings of the Future.
[١٢]Tiziana ALDERUCCI ،Luigi PATRONO ،Piercosimo RAMETTA و ،Placido MUNAFO. (2018). The Effectiveness Of An Internet Of Things-Aware. THERMAL SCIENCE.
[١٣]Youssef, A. M., Reffat, R. M., Zhai, Z. J., & Eid, M. A.-E. (2016). COMPARATIVE ANALYSIS OF SIMULATION AND OPTIMIZATION TOOLS FOR BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS (BIPV). Journal of Engineering Sciences.

- **الأوراق العلمية العربية:**

[١٤] احمد محمد حماد، و خالد فاروق السنديوني. (٢٠١٤). الإستفادة من التقنيات الحديثة فى تصميم الزجاج للواجهات المعمارية.
[١٥] احمد نبيه المنشاوي. (٢٠١٥). تأثير تكنولوجيا البناء و البيئة على الفراغ المعماري و دورها في تحقيق الراحة الحرارية. المعهد التكنولوجي العالي.
[١٦] إسماعيل أحمد عامر، و احمد علي جابر. (٢٠١٨). تطبيقات تقنية النانو في التشطيبات الواجهات و تأثيرها على التشكيل. مجلة قطاع الهندسة بجامعة الأزهر.
[١٧] إسماعيل عبدالرحمن أبو سخيله. (٢٠١٥). أثر التقنيات الحديثة على تصميم الغلاف الخارجي وتحسين البيئة الداخلية للمباني. الجامعة الاسلامية في غزه.
[١٨] اكرم فاروق عبداللطيف، حازم محمد الدالي، هاله عبدالمعز الأمين، و أسماء محمد محمد. (٢٠١٧). تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني. المؤتمر العلمي الدولي الثاني : البناء والطاقة والعمران.
[١٩] إيهاب محمود عقبة، و عمرو سليمان الجوهري. (٢٠١٣). دراسة تحليلية مقارنة لمادة الإنشاء والطاقة في أنظمة تقييم المباني البيئية والمستدامة. المؤتمر الأول لفرع الرابطة الدولية لمحاكاة أداء المباني في مصر.
[٢٠] باسم حسن الماجدي، و شمس عبدالامير كافي. (٢٠٢٠). الفراغ المعماري كثورة في تشكيل واجهات العمارة الرقمية. مجلة المخطط و التنميه العدد ٤٢.
[٢١] حسام فضل جنبي، فرج محمد عبد النبي، و ابراهيم نورالدين البخاري. (٢٠٢٠). الواجهات الذكية كمدخل لإستدامة المباني العامه. Engineering Research Journal.
[٢٢] حسن أحمد يوسف، هشام احمد صبح، و جهاد غنيمي ابراهيم. (٢٠١٨). الشكل ومحاكاة الطبيعة وتأثيرها على التصميم المستدام. معهد هندسة وتكنولوجيا الطيران.
[٢٣] حنان منصور فركاش، و هيام رمضان السنيني. (٢٠٢١). مستقبل العمارة المستدامة في ظل تكنولوجيا النانو. جامعة بنغازي.
[٢٤] رائد رشدي يواقيم. (٢٠١٥). التصميم المستدام للفراغات المعمارية في ظل الثورة التكنولوجية الحديثة. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية.
[٢٥] رضا محمود علي. (٢٠٢٠). التقنيات البيئية الحديثة بواجهات المباني وترشيدها للطاقة المستهلكة. مجلة الهندسة، جامعة أسيوط.
[٢٦] ريهام مسعد شلبي. (٢٠٢١). فاعلية تقنية النانو في تطوير فن الجداريات و الواجهات المعمارية. المجلة العلمية لجمعية إمسيا التربية عن طريق الفن.
[٢٧] عبير حسام الدين اللحام. (٢٠٢١). المدينة الذكية: من قوة الحداثة إلى القوة الذكية. مجلة العمارة و التخطيط، جامعة الملك سعود.
[٢٨] عطاء حسن عبود. (٢٠١٨). التشكيل المسامي في العمارة المعاصرة. المجلة العراقية لهندسة العمارة و التخطيط.
[٢٩] علا عمر حربه، و لؤي مرهج. (٢٠١٧). العمارة في ظل تقنية النانو. مجلة البعث.
[٣٠] علا محمد اسماعيل. (٢٠١٢). استخدام تكنولوجيا النانو الخضراء فى تحقيق التصميم الداخلى المستدام. المؤتمر الدولي الثاني للفنون التطبيقية ، جامعة حلوان.
[٣١] عماد علي حسني، مايسة أحمد الفار، و غادة محمد شطا. (٢٠١٩). آثر التقدم التكنولوجي علي تطوير الشكل الجمالي للواجهات المعمارية. مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية.

[٣٢] لميس الجيزاوي، اسماء البدراوي، و أميره جوده. (٢٠٢٠). تحسين الأداء البيئي للمبنى من خلال محاكاة الطبيعة- دراسة تطبيقية على الإسكان الاجتماعي بمدينة ناصر غرب أسيوط- مصر. مجلة علوم الهندسة.
[٣٣] لينا علي ابراهيم. (٢٠١٦). تقنيات تنفيذ الواجهات الذكية. مجلة جامعة البعث.
[٣٤] محمد سعد عطوة، إسماعيل محي الدين، و منى محمود الحجر. (٢٠١٨). اثر استخدام مواد وتقنيات النانو فى الغلاف الخارجى على جودة البيئة الداخلية للمباني. المجلة العلمية الدولية فى العمارة، الهندسة والتكنولوجيا.
[٣٥] مروة عاطف عبدالهادي، محمد محمد أبوليله، و شريف احمد شتا. (٢٠١٢). نحو تشكيل معماري مستدام باستخدام الخلايا الكهروضوئية. كلية الهندسه ، جامعة المنصورة.
[٣٦] منى صبح عبدالفتاح. (٢٠١٨). التأثير التقنى والجمالى لتطبيقات النانو تكنولوجى على تصميم الواجهات المعمارية. مجلة العمارة و الفنون ، العدد ١١ ، الجزء الثاني.
[٣٧] منى محمد عجوز. (٢٠١٢). إشكالية العلاقة بين العمارة المستدامة والشكل. جامعة حلوان.
[٣٨] ميسون محي هلال، خوله هادي مهدي، و خوله كريم كوثر. (٢٠١٤). الاستدامة في العمارة. مؤتمر الأزهر الهندسي الدولي الثالث عشر.
[٣٩] هدى عبدالصاحب العلوان، و ياسمين حقي بيك. (٢٠١٧). تناغم العمارة مع الطبيعة - التصميم المستدام نحو صحة ورفاه الإنسان. مجلة الإمارات للبحوث الهندسية.
[٤٠] هشام عبدالرحمن القاضي، و محمد احمد صالح. (٢٠١٦). التقنيات المعمارية في العمارة التقليدية وكيفية الاستفادة منها في خفض استهلاك الطاقة في المباني. جامعة الأزهر.

- **الرسائل الأجنبية:**

[٤١] Fouad, F. F. (2012). Nano Architecture and Sustainability. University of Alexandria.

- **الرسائل العربية:**

[٤٢] إسماعيل عبد الرحمن أبو سخيلة (٢٠١٥). أثر التقنيات الحديثة على تصميم الغلاف الخارجي و تحسين البيئة الداخلية للمباني، الجامعة الإسلامية، غزه.
[٤٣] يمنى منير محمد السروجي. (٢٠١٦). دراسة التحكم البيئى للمبنى بإستخدام الأنظمة الحركية فى الغلاف الخارجي، جامعة القاهرة.
[٤٤] عبدالعزيز سفيان الشريف. (٢٠١٧). أثر نظم و مواد الانشاء المعاصرة على الاداء الوظيفي والجمالي للفراغات المعمارية، الجامعة الإسلامية، غزه.
[٤٥] أيمن فارس الدنف. (٢٠١٣). واقع إدارة أمن نظم المعلومات في الكليات التقنية بقطاع غزة وسبل تطويرها، جامعة غره.
[٤٦] عبدالله أحمد عبدالله حسب الله. (٢٠١٧). تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمبانى، جامعة القاهرة.

- **مواقع الإنترنت:**

[٤٧] ABARBANEL-GROSSMAN, ALEX. “Smart Buildings Take Hold: 8 Ways Smart Tech Is Transforming Commercial Buildings | Building Design + Construction.” Www.bdcnetwork.com, 21 Feb. 2019, www.bdcnetwork.com/smart-buildings-take-hold-8-ways-smart-tech-transforming-commercial-buildings. Accessed 23 Feb. 2022.
[٤٨] Comm, Iota. “What Is a Smart Building? (the Ultimate Guide).” Iota Communications, Inc., 2022, www.iotacommunications.com/blog/smart-building./
[٤٩] Dreher, K. L. “Health and Environmental Impact of Nanotechnology: Toxicological Assessment of Manufactured Nanoparticles.” Toxicological Sciences, vol. 77, no. 1, 22 Dec. 2003, pp. 3–5, academic.oup.com/toxsci/article/77/1/3/1711723, 10.1093/toxsci/kfh041.
[٥٠] “Dynamic Facade (Kiefer Technic Showroom) by Ernst Giselbrecht + Partner | Office Buildings.” Architonic, 2022, www.architonic.com/en/project/ernst-giselbrecht-partner-dynamic-facade-kiefer-technic-showroom/5100449.
[٥١] KSU ”.الأخطار المحتملة في التعامل مع تقنية النانو | معهد الملك عبدالله لتقنية النانو“ .Nano.ksu.edu.sa, 2022, nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech-dangers. Accessed 23 Feb. 2022.
[٥٢] land, Capital. “Capital Tower | CapitaLand.” Www.capitaland.com, 2022, www.capitaland.com/sg/en/lease/commercial-space-listing/capital-tower.html. Accessed 8 Nov. 2021.
[٥٣] Souza, Eduardo. “Smart Facades: Buildings That Adapt to the Climate through Their Skin.” ArchDaily, 26 Sept. 2019, www.archdaily.com/922537/smart-facades-buildings-that-adapt-to-the-climate-through-their-skin.
[٥٤] Stander, Leo, and Louis Theodore. “Environmental Implications of Nanotechnology—an Update.” International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 8, no. 2, 10 Feb. 2011, pp. 470–479, 10.3390/ijerph8020470. Accessed 2 Mar. 2020.
[٥٥] Technology, Planet. “7 Incredible Examples of Smart Buildings (and What Makes Them Smart).” Planet Technology USA, 22 July 2019, planetechusa.com/7-incredible-examples-of-smart-buildings-and-what-makes-them-smart./

[٥٦] Trialog. "The Interoperability of Smart Grids and Smart Buildings through Use Cases and Standardisation." Trialog, 20 Jan. 2022, www.trialog.com/en/the-interoperability-of-smart-grids-and-smart-buildings-through-use-cases-and-standardisation/. Accessed 23 Feb. 2022.
[٥٧] V-Count. "People Counter, People Counters, Visitor Counter, Customer Counter, Footfall, Door Counter, Retail Traffic Counter." V-Count, 2022, ar.v-count.com/%d8%a7%d9%84%d8%b5%d9%86%d8%a7%d8%b9%d8%a7%d8%aa/%d8%a7%d9%84%d9%85%d8%a8%d8%a7%d9%86%d9%8a-%d8%a7%d9%84%d8%b0%d9%83%d9%8a%d8%a9/. Accessed 23 Feb. 2022.
[٥٨] Vales, Elena. "InterConnect Blog - Interoperability as a Requirement." Interconnect, 16 July 2020, interconnectproject.eu/smart-building-interoperability-what-is-it-and-why-does-it-matter./
[٥٩] Vinnitskaya, Irina. "Kiefer Technic Showroom / Ernst Giselbrecht + Partner." ArchDaily, 17 Nov. 2010, www.archdaily.com/89270/kiefer-technic-showroom-ernst-giselbrecht-partner.
[٦٠] What Is a Smart Building? | Building Efficiency Initiative | WRI Ross Center for Sustainable Cities." Buildingefficiencyinitiative.org, 2011, buildingefficiencyinitiative.org/articles/what-smart-building