كلية الهندسة بشبرا
FACULTY OF ENGINEERING AT SHOUBRA
ERJ
PRINT ISSN 3009-6049
ONLINE ISSN 3009-6022

ENGINEERING RESEARCH JOURNAL (ERJ)
Volume (54) Issue (2)
April. 2025, pp:100-109
https://erjsh.journals.ekb.eg

The Role of Smart Technologies in Achieving Buildings Sustainability

دور التقنيات الذكية في تحقيق استدامة المباني

Mohamed Araby Elgazzar*[1] ; Eman hanim afifi [1];Nabil Ashry [1]
[1]Department of ArchitectureEngineering, Faculty of Engineering at Shoubra, Benha University, Cairo, Egypt.
* Corresponding Author.
E-mail: mohamed.arby2017@gmail.com; emanhanimafifi@gmail.com; nabil_ashry2000@yahoo.com

Abstract: Recent years have witnessed developments and changes that have led to important improvements in building technologies, and thus it has become necessary for architecture to interact with these variables and influences As a result of these developments, the term smart buildings has emerged which is considered one of the most prominent manifestations of the new millennium, as it relies on the use of technological methods and modern techniques that work in an integrated manner so that the building performs its function in a way that suits the spirit of the times and achieves the highest level of comfort for users. The research aims to identify the aspects affected by smart technologies in sustainable buildings in general, and to verify their role and effectiveness on the formal aspect of the external facades in order to achieve sustainability standards, and to benefit from them in our local architecture in particular. To solve the research problem and achieve its goal, it is necessary to define its own structure and approach, so the research was divided. It goes into several stages, starting from defining the concept of intelligence, up to presenting the theoretical framework, and then including applied examples and measuring them through the descriptive analysis approach, analyzing the critical texts of the selected projects. The research also concluded the important points in the impact of smart technologies on the formal aspect of the building, through movement, resistance, and modification, and the importance of controlling smart and sustainable external materials.

الملخص

شهدت السنوات الاخيرة تطورات وتغيرات أدت إلى حدوث تحسينات مهمة في تقنيات البناء، وبذلك أصبح من الضروري أن تتفاعل العمارة مع هذه المتغيرات والمؤثرات، و نتيجة تلك التطورات ظهرت مصطلح المبانى الذكية والتى تعتبر من أبرز مظاهر الالفية الجديدة حيث أنها تعتمد على استخدام الاساليب التكنولوجية والتقنيات الحديثة التى تعمل بصورة متكاملة ليؤدى المبنى وظيفته بطريقة تلائم روح العصر و تحقق أعلى مستو ى من الراحة للمستخدمين ، ويهدف البحث الي تحديد الجوانب المتأثرة بالتقنيات الذكية في المبنى المستدام بشكل عام، والتحقق من دورها وفاعليتها على الجانب الشكلي للواجهات الخارجية بما يحقق معايير الاستدامة ، والاستفادة منها في عمارتنا المحلية بشكل خاص، ولحل مشكلة البحث وتحقيق هدفه لابد من تحديد هيكلا ومنهجا خاصا به فتم تقسيم البحث إلى عدة مراحل بدءاً من تعريف مفهوم الذكاء وصولا الى طرح الاطار النظري ومن ثم ادراج الامثلة التطبيقية وقياسها عبر منهج التحليل الوصفي تحليل النصوص النقدية للمشاريع المنتخبة، كما استنتج البحث النقاط المهمة في تأثير التقنيات الذكية على الجانب الشكلي للمبنى، من خلال التحريك والمقاومة والتحوير واهمية ضبط المواد الخارجية الذكية والمستدامة.

Keywords: building technologies, smart materials, smart buildings, sustainable building.

1-المقدمة

شهدت أنظمة المعلومات والاتصالات تطورًا كبيرًا، مما أدى إلى الاعتماد المتزايد على التكنولوجيا في تفاصيل الحياة اليومية في جميع المجالات، وقد أثر هذا التطور بشكل كبير على ضرورة توافق العمارة مع التقدم التكنولوجي بدءًا من مرحلة تصميم الإنتاج وصولًا إلى الناتج النهائي خاصة عندما يتعلق الأمر بالتقنيات الحديثة والذكية بالإضافة إلى ذلك فإن ارتباط العمارة بمواضيع التنمية المستدامة أصبح أمرًا حيويًا نتيجة لذلك لم تعد القطاعات العمرانية في هذا العصر بمعزل عن القضايا المتعددة بما في ذلك القضايا البيئية الملحة التي

تهدد العالم مما يستدعي توفير أقصى درجات الراحة والأمان لشاغلي المباني،حيث تستطيع التقنيات الذكية الحديثة أن تسهم في تصميم مبانٍ مستدامة، حيث تؤثر على الجوانب الرئيسية للعمارة مثل الوظيفة، الهيكل والشكل، ويعتبر الجانب الشكلي من الجوانب المؤثرة في العمارة المستدامة لذا يهدف هذا البحث إلى دراسة دور التقنيات الذكية في الجانب الشكلي وفقًا لمعايير الاستدامة.

1-1 مشكلة البحث: استنادًا إلى الدراسات التي ربطت بين المباني الذكية والجوانب الأساسية للمباني المستدامة أصبح البحث في كيفية استغلال هذا الترابط في المباني محورًا للدراسة كمشكلة عامة، كما تم التركيز على دور التقنيات الذكية في الغلاف الخارجي للمباني المستدامة كمشكلة خاصة والتي تتعلق بالقصور المعرفي حول طبيعة الجانب الشكلي المتأثر بالتقنيات الذكية وتصنيفاتها المتنوعة للمباني المستدامة.

2-1 هدف البحث: يهدف البحث إلى التحقق من دور وفعالية التقنيات الذكية في الجانب الشكلي للمباني المستدامة، مع التركيز على تأثير هذه التقنيات في تشكيل الغلاف الخارجي للمبنى، بما يحقق معايير الاستدامة البيئية والمعمارية ، وتم حصر نطاق الدراسة في هذا الجانب فقط دون التطرق إلى الجوانب الوظيفية أو الإنشائية، وذلك لضمان وضوح التركيز ودقة التحليل.

3-1 منهجية البحث: اعتمد البحث على **المنهج الوصفي التحليلي**، الذي يجمع بين تحليل المحتوى النظري واستقراء التطبيقات المعمارية.
تم أولاً بناء الإطار النظري من خلال مراجعة الدراسات السابقة المتعلقة بالتقنيات الذكية في العمارة المستدامة، مع تحديد المفردات الشكلية الأساسية المرتبطة بالغلاف الخارجي ، ثم تم اختيار مجموعة من المشاريع المعمارية الذكية التي تتضمن تطبيقات واضحة للتقنيات الذكية، وتم تحليلها من خلال قراءة نقدية وصفية للنصوص المرتبطة بها، بالاعتماد على مفردات محددة مثل: الشفافية، المقاومة، الديناميكية،نوع الغلاف، والمواد المستخدمة.
وبهذا الشكل تم الربط بين الجانب النظري والتطبيقي من خلال أدوات تحليلية قائمة على التصنيفات المعمارية للمباني الذكية المستدامة.

4-1 هيكل البحث : قام البحث بتحديد هيكل يتكون من عدة مراحل المرحلة الأولى تتعلق بتعريف الذكاء والمباني الذكية، بينما تتناول المرحلة الثانية استعراض المعرفة السابقة لتقديم الإطار النظري، أما المرحلة الثالثة، فتتضمن تطبيق المفاهيم على مجموعة مختارة من المباني وتحليلها باستخدام منهج تحليلي وصفي للنصوص النقدية التي تدعم هدف الدراسة وأخيرًا تسعى المرحلة الرابعة إلى تحقيق الهدف من خلال تحديد دور وفاعلية التقنيات الذكية في الجانب الشكلي بما يتماشى مع معايير الاستدامة.

2- مفاهيم ذات صلة بموضوع البحث

1-2 مفهوم الذكاء: من المهم في البداية فهم مفهوم الذكاء لتحديد ما يُعرف بالمباني الذكية، وذلك لتوضيح حقيقة هذا المفهوم وأبعاده المختلفة.
ما المقصود بكلمة "ذكاء"؟ لقد قدم العلماء والفلاسفة بتعريفات متعددة للذكاء، ومن بينها ما أشار إليه Piaget، حيث اعتبر أن الذكاء هو تكيف حركي حسي يسهم في الحياة ضمن نظام معين ويُعرَّف الذكاء بأنه عملية مستمرة لإيجاد أشكال معقدة بشكل متزايد، ويُنظر إليه على أنه تسلسل هرمي معقد من المهارات التي تعالج المعلومات الكامنة وراء تحقيق التوازن بين الفرد وبيئته. يعرّف (Stem) الذكاء بأنه القدرة العامة على التكيف العقلي مع المشكلات والمواقف الجديدة في الحياة، وبالتالي يرتبط الذكاء بقدرة الفرد على التكيف مع بيئته المحيطة وتحقيق التوازن والتوافق مع أشكالها المختلفة من خلال الاستفادة من التجارب السابقة بأسلوب حديث يتناسب مع المواقف الجديدة مما يتيح إمكانية تغيير الواقع الحالي[1].

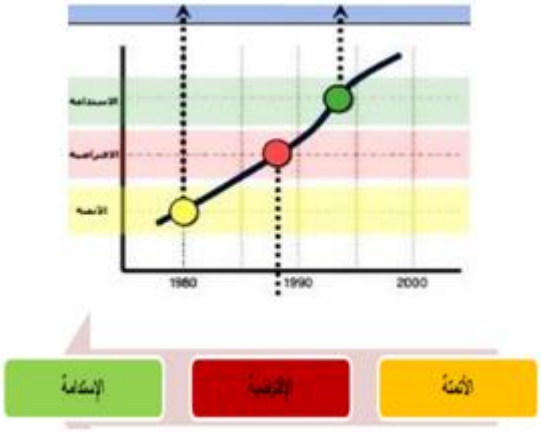
2-2 المبنى الذكي: المبانى الذكية هى المبانى التى توفر بيئة سريعة الاستجابة وفاعلة وداعمة من أجل تحقيق الاداء الافضل لمستخدمى المبانى وهى أيضاً تعنى استخدام أنظمة إلكترونية خاصة فى المبانى لتشغيل بعض أجزاء المبنى والتحكم فى بعض الانظمة التى يحتوى عليها المبنى مثل أنظمة الاضاءة والتكييف والتهوية[2]

يتولى المبنى الذكي إدارة بيئته بشكل متكامل، حيث يقوم بالتحكم في أنظمة التدفئة، تكييف الهواء، الإضاءة، الأمن، نظام الحماية من الحرائق، الاتصالات، خدمات البيانات والمصاعد، بالإضافة إلى العمليات الأخرى ذات الصلة بالمبنى.

يعتمد المبنى الذكي على تقنيات التشغيل الآلي المدعومة بالحاسوب مثل فتح وإغلاق النوافذ والستائر أو تشغيل وإيقاف تكييف الهواء والإضاءة حيث يتبع أي نظام ذكي عملية محددة تبدأ من المدخلات وتنتهي بإنتاج النتائج مما يجعل العمارة تتفاعل مع احتياجات المستخدمين سواء في المساحات الداخلية أو الخارجية أو في العناصر المعمارية للمبنى[3].

ومع مرور الوقت ظهرت مفاهيم كثيرة للمبنى الذكى وخصائصه ففى عام 1994م ظهر مفهوم آخر للمبنى الذكي على أنه المبنى الذي يزيد من راحة المستخدمين ويقلل من التكاليف المتعلقة بتشغيله ، ومنها بدأت فكره ارتباط المبنى الذكي بتوفير احتياجاته بصورة منفصلة وذاتية والاعتماد على الطاقات الطبيعية فى توفير هذه الاحتياجات والتى بدورها تؤكد مبدأ تحقيق الاستدامة، والشكل التالى شكل رقم (1) يوضح تطور مفهوم العمارة الذكية حيث بدأ المفهوم بنظام الاتمتة، وتطور نحو أطروحات البيئات الافتراضية المستجيبة لراحة المستعمل، ثم تطور ليشمل مفهوم الاستدامة .

من خلال التعريفات المتعددة للمبنى الذكي يتضح أهمية دمج التقنيات الحديثة بشكل فعال داخل المبنى، بالإضافة إلى الخصائص الذاتية التي تسهم في ذلك، كما يوفر المبنى الذكي بيئة مريحة وفعالة للمستخدمين، مع إمكانية إدارة المبنى عبر الحاسوب المتصل بأنظمة المبنى، مما يساهم أيضًا في تحقيق معايير الاستدامة.



شكل (1) يوضح مفهوم تطور العمارة الذكية
المصدر : خالد على يوسف على ،العمارة الذكية ودورها فى دعم منظومة الامن والسلامة ، بحث منشور، ندوة ادارة المبانى والكوارث فى الدول العربية ،الرياض ، المملكة العربية السعودية ، 29مارس-1ابريل 2008م .

3-2 الجوانب المتعلقة بالعمارة الذكية

بعد طرح المعرفة الخاصة بالموضوع تبين ان تفعيل العناصر الاربعة للمبنى الذكي الاثر المهم في استجابة التكوين الخارجي للمبنى المستدام من خلال سمات غلافه الخارجي شكل (2)

شكل(2) استجابة التكوين الشكلي لمعايير الاستدامة من تفعيل العناصر الأربعة للمبنى الذكي

المصدر : سنان محمد طليع الصفار،استخدام التقنيات الذكية فى المبانى المستدامة ، بحث منشور ، مجلة الرافدين الهندسية ،جامعة الموصل ، العراق ،ديسيمبر 2019م .

2-4 التقنيات الذكية والعمارة المستدامة

بالرغم من ظهور تطبيقات بارزة لمفهوم الاستدامة في مجال العمارة خلال العقود الماضية، فقد أُطلقت صيحات قوية تدعو إلى ضرورة تحقيق نوع من الحداثة البيئية في التصميم المعماري والتفاعل مع البيئة المحيطة، وقد برزت أصوات جديدة تدعو إلى تنويع استخدام مفهوم الاستدامة في العمارة ليشمل جوانب متعددة، بما في ذلك العلاقة بين التكنولوجيا والعمارة و تتجلى هذه العلاقة من خلال ظهور نتائج معمارية في تطبيقات عديدة تعكس التكنولوجيا التي تدعم الأهداف المعلنة للعمارة و هذا الاتجاه لا يجعل من التكنولوجيا عبئاً على العمارة، بل يؤهلها لتكون أحد العناصر الأساسية التي تعتمد عليها الاعتبارات الجوهرية للعمل المعماري مما يضمن نجاحه رغم التحديات العديدة التي قد تعترض سير العملية التصميمية في مراحلها المختلفة حيث ان هذا التوافق بين اعتبارات التصميم التي تعكس توجهات العمارة والتكنولوجيا يمثل أساساً مهماً من أسس الاستدامة في العمارة في عصرنا الحالي ، حيث تعني الاستدامة "استخدام المعرفة العلمية في التطبيق العملي"، وهي تسهم في منح المجتمع خصائصه الثقافية الفريدة التي تميزه[4].

تتضمن الحلول التكنولوجية الحديثة تقنيات ذكية، حيث بدأ المعماريون في إعادة تعريف مفهوم العمارة المستدامة بهدف إقناع المستخدمين بفوائدها وقدرتها على تلبية الاحتياجات الوظيفية للمباني ومع ذلك كانت المشكلة تكمن في أن العمارة المستدامة تركز بشكل أساسي على ترشيد استهلاك الطاقة وتحقيق الراحة الفيزيائية للمستخدمين في المقابل تهدف العمارة الذكية إلى تقليل استهلاك الموارد الطبيعية واستخدام المواد الطبيعية في عمليات البناء بالإضافة إلى ذلك، تحقق العمارة الذكية هدفين مهمين في آن واحد: فهي أولاً تقلل الضغط على موارد الطاقة غير المتجددة، وثانياً تعزز الاستخدام وتزيد من كفاءة المنظومة المعمارية[5].

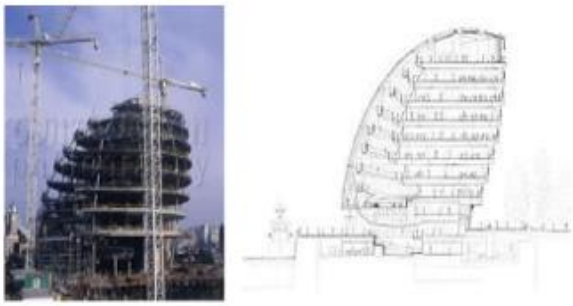
2-5 تأثير التقنيات الذكية على الجوانب الاساسية للعمارة

تتعدد التقنيات الذكية التي تؤثر على الجوانب الثلاثة للعمارة، وهي الشكل والإنشاء والوظيفة، في الجانب الشكلي يتجلى تأثير هذه التقنيات من خلال ظهور أشكال جديدة وأنواع مبتكرة من الأغلفة بالإضافة إلى استخدام مواد ذكية في عملية التغليف، أما في الجانب الإنشائي، فتظهر التقنيات الذكية في أساليب التنفيذ (طرق الإنشاء الذكية)، كما تؤثر على العناصر الإنشائية مثل الجدران والسقوف من خلال استجابتها الذكية للمؤثرات الخارجية، وفيما يتعلق بالجانب الوظيفي يمكن التغيير في العناصر ومستويات المبنى، بما في ذلك التعديلات في مكونات البرنامج الوظيفي، والعلاقات الإلكترونية، والعلاقات الوظيفية، فضلاً عن التغير في سلوك المستخدم وعلاقته بمكونات المبنى[6].

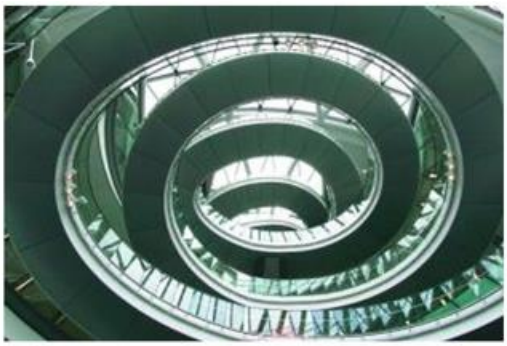
من أبرز الجوانب المتعلقة بالتكوين الخارجي هو الجانب الشكلي، حيث أولى البحث اهتمامًا خاصًا لهذا الجانب من خلال مجموعة من المؤشرات التى تعتبر القدرة على الاستجابة للظروف الخارجية من أهم مميزات المباني الذكية، حيث يمثل غلاف المبنى الخارجي (الواجهات) الأداة الرئيسية لتحقيق هذا الهدف ، فالواجهات تفصل بين الفراغ الخارجي والداخلي مما يجعلها تتحكم في ردود فعل المبنى الديناميكية وتنظم العلاقة بين البيئة الخارجية والداخلية، وتختلف الواجهة الذكية عن الواجهة التقليدية بوجود أجهزة التحكم التي تتيح تكيف غلاف المبنى الخارجي ليعمل كوسيط منظم للمناخ[7].

تتمثل الوظيفة الأساسية للغلاف الذكي في توفير الراحة لشاغلي المبنى، حيث تشمل الراحة الحرارية من خلال استخدام الواجهات المزدوجة والتحكم في نفاذ الضوء والتظليل والتهوية ومقاومة الحرارة، أما بالنسبة للراحة السمعية، فتتم إدارتها من خلال عزل المساحات الداخلية عن الضوضاء الخارجية، ومن أبرز الحلول لتحقيق الراحة البصرية هو استخدام الستائر الشمسية التي يتم التحكم فيها أوتوماتيكياً، كما يمكن تصنيف **دور التقنيات الذكية فى المبانى فى توفير الراحة للمستخدمين**[8] :

شكل (٣) مبنى قاعة المدينة بلندن London city hall[9]



شكل (4) يوضح بروز الادوار العليا عن السفلى [10]



شكل (5) الممر الداخلى الحلزونى داخل المبنى[12]

2-5-1 مبنى قاعة المدينة بلندن London city hall

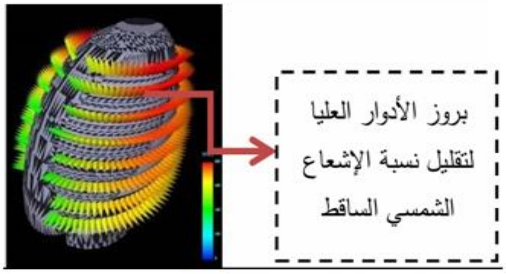
هومبنى للمعمارى نورمان فوستر وتم تنفيذه عام 2002. شكل (3)

2-5-1-1 الراحة الفسيولوجية : فكرة المشروع هى كرة منبعجة صممت لتعطى اقل مساحة سطحية معرضة للشمس والواجهة الجنوبية صممت مائلة بحيث تحجب الادوار السفلية عن الشمس اى انا السبب فى تحقيق الراحة الفسيولوجية هو تحقيق الراحة الحرارية شكل (4).

2-1-5-2 الراحة الحرارية : الغلاف الخارجى للمبنى يمكن التحكم فيه اتوماتيكيا للحصول على الظل الداخلى وتحقيق الراحة الحرارية بالفراغات

2-1-5-3 الراحة البصرية الضوئية : يوجد فى منتصف المبنى ممر داخلى حلزونى لخدمة جميع الادوار ويسمح ذلك بدخول الاضاءة الطبيعية داخل المبنى نهارا وبعد غروب الشمس تتحول الاضاءة الداخلية الى شكل الذهب مما يحقق الراحة البصرية[11] شكل (5).

شكل (6) يوضح الزجاج الخارجى للوجهات المعزول حراريا[13]



شكل (7) تصميم الغلاف الخارجى ونظام التحكم البيئى الذى يساهم فى خفض استهلاك الطاقة[14]

2-1-5-4 الراحة السمعية : الغلاف الزجاجى الخارجى من نوع معالج من الخلايا الفوتوفولتيك والغلاف مكون من ثلاث طبقات متتالية تحجب الضوضاء الخارجية من اختراق المبنى مما يحقق الراحة السمعية .

2-1-5-5 البيئة الصحية

يتم من خلال الزجاج الخارجى للوجهات والمكون من ثلاث طبقات متتالية تقوم بعمل فلترة لاشعة الشمس لتتمكن من التحكم فى المناخ الداخلى للمبنى بالاضافة الى التحكم الاتوماتيكى للغلاف شكل(6).

2-1-5-6 راحة فة توفير الطاقة (الجهد والوقت)

يوجد امكانية التحكم اتوماتيكى بالمبنى بكل اجزائه من خلال نظم الادارة والتقنيات الذكية والاتصال بشبكات الانترنت مما يوفر الجهد والوقت داخل المبنى بالاضافة الى سهولة التحكم للمستخدمين شكل(7) .

2-1-5-7 الراحة فى توفير التكلفة المادية على المدى

هذا المبنى موفر فى التكلفة بسبب قلة الاعتماد على الطاقة الصناعية والاعتماد على استهلاك الطاقة الطبيعية وايضا الاعتماد على التبريد والتدفئة هو ان المبنى معالج بيئيا ونظامة متكامل .

2-1-5-8 كفاءة ترشيد استهلاك الطاقة

يستخدم فى المبنى نظام كامل لترشيد استخدام الطاقة بسبب ان المبنى معالج بيئيا بالكامل ويوفر المبنى الطاقة بمقدار 75% اقل للنظم الالكتروميكانيكية بالاضافة الى تصميم الغلاف الخارجى الذى يساهم فى خفض الطاقة لعملية التكيف حيث بروز الادوار العليا عن السفلى تقل من نسبة الاشعاع الشمسى الساقط على الواجهات مع استخدام بانوهات معزولة حراريا .

3-الاطار النظري

اعتمد البحث في تحليله للأمثلة التطبيقية على مجموعة من المفردات المستمدة من الأدبيات النظرية حول تأثير التقنيات الذكية على الغلاف الخارجي، وقد تم تصنيف هذه المفردات إلى ثلاث مجموعات رئيسة جدول (1):

أولاً :سمات الغلاف الخارجي، وتشمل:

- **الشفافية** :قدرة الواجهة على نقل الضوء الطبيعي، وتحقيق رؤية بصرية خارجية.
- **الخفة** :تقليل الكتل الثقيلة في الغلاف، واعتماد تصميمات خفيفة بصريًا وإنشائيًا.
- **المقاومة** :قدرة الغلاف على مقاومة الظروف المناخية مثل الحرارة والرياح.
- **الديناميكية** :استجابة الغلاف لعوامل متغيرة مثل الضوء ودرجة الحرارة.
- **المرونة** :قابلية الغلاف للتكيف مع الاستخدامات المختلفة أو الظروف البيئية.
- **التحريك** والتحوير: قابلية الأجزاء الخارجية للتحرك أو التعديل لتحقيق التهوية أو الظل.

ثانيًا :أنواع الغلاف الخارجي:

- وتشمل الواجهات الذكية المزدوجة، وواجهات ممرات الهواء، والعناصر المتحركة التي تسمح بالتفاعل مع المناخ.

ثالثًا :مواد الغلاف الخارجي:

- مثل **المواد الذكية** التي تتفاعل مع البيئة، و**المواد المستدامة** المدمجة بتقنيات حديثة تسهم في ترشيد الطاقة وتحقيق الراحة البيئية .يُقدّم هذا الإطار النظري الخلفية العلمية لمفاهيم الذكاء في العمارة، وتطور المباني الذكية، وعلاقتها بتحقيق الاستدامة الشكلية، وتركّز الدراسة على تحليل سمات الغلاف الخارجي بوصفه تجسيداً ماديًا لتأثير هذه التقنيات.

وقد تم استخدام هذا الأساس النظري كمرجعية مباشرة لتحليل المشاريع المعمارية المختارة، مما يحقق الترابط بين الطرح النظري والتطبيق العملي، ويوضح كيفية توظيف المفردات النظرية في تفسير القرارات التصميمية داخل الأمثلة التطبيقية المدروسة.

حيث سيركز البحث على الجانب الشكلى للمبانى فقط ويعد الجانب الشكلى من الجوانب المؤثرة في العمارة المستدامة فهدف البحث هو التحقق من دور التقنيات الذكية على الجانب الشكلي ضمن معايير الاستدامة .

3-1 خلاصة الاطار النظرى

يقدّم هذا الإطار النظري الخلفية العلمية لمفاهيم الذكاء في العمارة، وتطور المباني الذكية، وعلاقتها بتحقيق الاستدامة الشكلية، وتركّز الدراسة على تحليل سمات الغلاف الخارجي بوصفه تجسيداً ماديًا لتأثير هذه التقنيات، وقد تم استخدام هذه الأسس النظرية كمرجعية مباشرة لتحليل المشاريع المعمارية المختارة، مما يحقق الترابط بين الطرح النظري والتطبيق العملي، ويوضح كيفية توظيف المفردات النظرية في تفسير القرارات التصميمية داخل الأمثلة التطبيقية المدروسة.

4- الامثلة التطبيقية ومنهج وحدود الدراسة

ستحتوي هذه الفقرة على مجموعة من الأمثلة التي تُعتبر مباني ذكية وتحقق معايير الاستدامة جدول (2)، حيث سيتم تحليل هذه الأمثلة بشكل وصفي مع تحديد المفردات المقاسة لكل مثال، وذلك من خلال عملية تحليل النصوص النقدية لعينة الدراسة، سوف يتم التحليل على الجانب الشكلي للواجهة الخارجية

للمبنى، حيث تعكس هذه الواجهة بشكل أكبر تأثير التكنولوجيا الذكية على العمارة بشكل عام وعلى المباني المستدامة بشكل خاص، كما أن الشكل الخارجي يتأثر في البداية قبل أن يتفاعل مع الجوانب الأخرى وذلك من خلال الخصائص والأنواع والمواد المستخدمة في الغلاف الخارجي للمبنى.

جدول (1) الإطار النظرى الخاص بتوظيف التقنيات الذكية فى الجوانب الأساسية للعمارة

المصدر: سنان محمد طليع الصفار،استخدام التقنيات الذكية فى المبانى المستدامة ، بحث منشور ، مجلة الرافدين الهندسية ،جامعة الموصل ، العراق ،ديسيمبر 2019م .

ت	الجوانب المتأثرة بالتقنيات الذكية (المفردات الرئيسية)	المفردات الجانبية		
1	**الجانب الشكلى**	الغلاف الخارجى للواجهة	سمات الغلاف الخارجى للواجهة	الشفافية
				الخفة
				المقاومة
				سرعة الفك و التركيب
				الدينامية
				المرونة
				التحريك
				التحوير
			أنواع الغلاف الخارجى	الواجهات المزدوجة الذكية
			مواد الغلاف الخارجى	المواد الذكية
				المواد المستدامة مع تقنيات ذكية

جدول (2) الامثلة التطبيقية للمبانى الذكية المستدامة

1- مبنى(swiss)	2- مبنى برج (Conde Nast)	3- برج الحرية فى امريكا	4- المدرسة الالمانية بحي الدقي بالقاهرة

جدول (3) تعريف المشروع وقياس الجانب الشكلى (الباحث)

المشروع : مبنى(swiss)	**المصمم :** نورمان فوستر وشركاه		**وظيفة المبنى : إدارية-تجارية**
الموقع : لندن	**السنة : 2001**		
	سمات الغلاف الخارجى	المفردات المقاسة	الوصف
		الشفافية	يوفر شكل المبنى شفافية وهو مصمم بحيث يزيد من استعمال ضوء النهار الطبيعي، ويقلل من الحاجة للإضاءة الاصطناعية، ويتيح مشاهدة مناظر خارجية طبيعية حتى لمن هم في عمق المبنى من الداخل .
		المقاومة	الجدار الصلب الجنوبى تم انشائه لزيادة مقاومة المبنى للظروف البيئية الخارجة ليس فقط ذلك بل يأخذ دور العمود الفقرى الهيكلى للمبنى.
		التحريك	فتصميمه المبدع والخلاق يحقق وفراً متوقعاً في استهلاك الطاقة يصل إلى (٥٠%) من إجمالي الطاقة الذي تستهلكه بناية تقليدية مماثلة.
		التحوير	نظام حساسات الطقس الموجود على المبنى من الخارج يراقب درجة الحرارة وسرعة الرياح ومستوى أشعة الشمس، ويقوم بغلق الستائر وفتح لوحات النوافذ عند الحاجة.
	أنواع الغلاف الخارجى	الواجهة المزدوجة الذكية	تم توظيف الواجهة المتراكبة فى الطوابق السفلية استخدمن واجهة ممر الهواء كذلك تم إستخدام واجهة الهياكل الصندوقية فى وسط وأعلى البرج .
	مواد الغلاف الخارجى	المواد الذكية	تتكون واجهة المبنى من طبقتين من الزجاج (الخارجية منها عبارة عن زجاج مزدوج)، والطبقتان تحيطان بتجويف مهوى بالستائر الموجهة بالحاسب الآلي.
		المواد المستدامة مع تقنيات ذكية	تتكون واجهة المبنى من طبقتين من الزجاج (الخارجية منها عبارة عن زجاج مزدوج)، والطبقتان تحيطان بتجويف مهوى بالستائر الموجهة بالحاسب الآلي، كما أن نظام حساسات الطقس الموجود على المبنى من الخارج يراقب درجة الحرارة وسرعة الرياح ومستوى أشعة الشمس، ويقوم بغلق الستائر وفتح لوحات النوافذ عند الحاجة.

جدول (4) تعريف المشروع وقياس الجانب الشكلى (الباحث)

المشروع : مبنى برج(Conde Nast)	**المصمم :** فوكس وفول		**وظيفة المبنى : إدارية**
الموقع : (نيويورك)	**السنة : 2000**		
	سمات الغلاف الخارجى	المفردات المقاسة	الوصف
		الشفافية	المبنى به زجاج يقدم رؤية خارجية ممتعة ويحقق الشفافية .
		المقاومة	فقد استخدم المبنى نوعية خاصة من الزجاج تسمح بدخول ضوء الشمس الطبيعي وتبقي الحرارة والأشعة فوق البنفسجية خارج المبنى .
		التحريك	وضعت أنظمة التبريد والتكييف على السقف كمولد غاز أكثر من كونها مولد كهربائي، وهذا يخفض من فقدان الطاقة المرتبط بنقل الطاقة الكهربائية .
		الدينامية	داخل المبنى تتحكم حساسات الحركة بالمراوح وتطفئ الإضاءة في المناطق قليلة الإشغال مثل السلالم، أما إشارات الخروج فهي مضاءة بثنائيات خفيفة مخفضة لاستهلاك الطاقة، والنتيجة النهائية هي أن المبنى يستهلك طاقة أقل بنسبة (٣٥-٤٠ %) مقارنة بأي مبنى تقليدي مماثل.
		التحوير	وضعت أنظمة التبريد والتكييف على السقف كمولد غاز أكثر من كونها مولد كهربائي، وهذا يخفض من فقدان الطاقة المرتبط بنقل الطاقة الكهربائية، كما أن لوحات (Photovoltaic Panels) الموجودة على المبنى من الخارج تزود المبنى بطاقة إضافية تصل إلى (١٥ كيلو واط).
	أنواع الغلاف الخارجى	الواجهة المزدوجة الذكية	استخدم المبنى نوعية خاصة من الزجاج تسمح بدخول ضوء الشمس الطبيعي وتبقي الحرارة والأشعة فوق البنفسجية خارج المبنى، وتقلل من فقدان الحرارة الداخلية أثناء الشتاء.
	مواد الغلاف الخارجى	المواد الذكية	يعد أحد الأمثلة المبكرة التي طبقت مبادئ العمارة المستدامة في مبنى حضري كبير، وقد استعملت فيه تقريباً جميع التقنيات التي يمكن تخيلها لتوفير الطاقة، فقد استخدم المبنى نوعية خاصة من الزجاج تسمح بدخول ضوء الشمس الطبيعي وتبقي الحرارة والأشعة فوق البنفسجية خارج المبنى، وتقلل من فقدان الحرارة الداخلية أثناء الشتاء.

		المواد المستدامة مع تقنيات ذكية	فقد استخدم المبنى نوعية خاصة من الزجاج تسمح بدخول ضوء الشمس الطبيعي وتبقي الحرارة والأشعة فوق البنفسجية خارج المبنى ، يتم حماية النظام بأكمله من قبل مجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار .

جدول (5) تعريف المشروع وقياس الجانب الشكلى (الباحث)

المشروع : برج الحرية فى امريكا	**المصمم :** Skidmore, Owings& Merrill and Studio Daniel Libeskind		**وظيفة المبنى : ثقافية - إدارية**
الموقع : امريكا			
	سمات الغلاف الخارجى	المفردات المقاسة	الوصف
		الشفافية	تظهر الشفافية من خلال انكسار الضوء ثلاثى الابعاد واستخدام الزجاج المذدوج فى الواجهات .
		المقاومة	الواجهات المنكسرة والمائلة تظهر مقاومة المبنى .
		المرونة	تظهر التقنيات الذكية المرونة المطلوبة فى الشكل الخارجى للمبنى .
		التحريك	التوربينات تولد حوالي (١ ميجا واط) من الطاقة، وهو ما يكفي لتغذية البرج بنسبة (٢٠%) من احتياجه المتوقع من الطاقة.
		الدينامية	تغير الحركة تبعاً لدرجة الحرارة اثناء النهار والليل.
	أنواع الغلاف الخارجى	الواجهة المزدوجة الذكية	من خلال الملاحظة المباشرة يتضح الغلاف المزدوج المستخدم في الواجهة واستخدام واجهة ممر الهواء والعناصر المتحركة .
	مواد الغلاف الخارجى	المواد الذكية	البرج يعتمد على الإضاءة والتهوية الطبيعيتين، بالإضافة إلى أنظمة وعناصر الإنارة ذات الكفاءة العالية في استهلاك الطاقة .

جدول (6) تعريف المشروع وقياس الجانب الشكلى (الباحث)

المشروع : المدرسة الالمانية بحي الدقي بالقاهرة	**المصمم :**		**وظيفة المبنى : تعليمى**
الموقع : (الدقي بالقاهرة)	**السنة : 1873**		
	سمات الغلاف الخارجى	المفردات المقاسة	
		الشفافية	يقل مقدار الشفافية فى هذا المبنى
		الخفة	تم تركيب سقف معدني متعرج على سطح كتلة الفصول، وترك مسافة بينية بينه وبين السقف الخرساني، وذلك كي يتم تقليل أثر أشعة الشمس على سطح الكتلة لتوفير الراحة الحرارية للفراغات. يمكن اعتبار هذا المشروع نموذج يمهد الطريق أمام استخدام هذه النظم في مصر
		المقاومة	غلاف المبنى السميك يحمى المبنى من اشعة الشمس
		التحريك	قامت شركتان ألمانيتان بإنتاج وتركيب وحدات بالمدرسة بدعم من الوكالة الالمانية للطاقة ، وذلك بهدف عرض تنوع وجودة التقنيات الشمسية الالمانية في الدول المختلفة ، كاستغلال مقدار الاشعاع الشمسي المرتفع
		التحوير	تم تثبيت مجموعة من النظام الفوتوفولتى أعلى المدخل الرئيسي للمدرسة على الواجهة الجنوبية، وهي عبارة عن مصفوفتين في دورين من الخلايا السليكونية وحيدة

			البلورة، حيث تم دمجهما في الواجهة كمظالت للنوافذ أسفل منها.
	أنواع الغلاف الخارجي	الواجهة المزدوجة الذكية	الواجهات ويتمتع المبنى بدرجة عالية من العزل الحراري فيتضح استخدام واجهة ممر الهواء واستخدام الواجهة ذات العناصر المتحركة
	مواد الغلاف الخارجي	المواد المستدامة مع تقنيات ذكية	أن كل من تصميم المبنى والمواد المستدامة المستخدمة في بنائه بتقنيات متقدمة التى تم توظيفها فيه تعمل على ترشيد استهلاك الطاقة ، حيث يستهلك بنحو نصف ما تستهلكه المباني المساوية له في الحجم بسبب اضافة النظام الفوتوفولتى .

الجدول (7) نتائج تأثير التقنيات الذكية للجانب الشكلي للمبني المستدام (الباحث)

ت	جوانب العمارة المتأثرة بالتقنيات الذكية	المفردات المقاسة			الأمثلة التطبيقية			
					مبنى swiss	مبنى برج cond nast	برج الحرية فى امريكا	مبنى المدرسة الالمانية بالدقى
1	الجانب الشكلى	الغلاف الخارجي - الواجهة-	سمات الغلاف الخارجي -الواجهة-	الشفافية	√	√	√	×
				الخفة	√	√	×	×
				المقاومة	√	√	√	√
				سرعة الفك والتركيب	√	×	√	×
				الدينامية	√	√	√	×
				المرونة	√	×	√	×
				التحريك	√	√	√	×
				التحوير	×	×	×	×
			انواع الغلاف الخارجي -الواجهة-	الواجهات المزدوجة الذكية	√	√	√	×
			مواد الغلاف الخارجي	المواد الذكية	√	√	√	√
				المواد مع تقنيات ذكية	√	√	√	×

5- التطبيق

سيتم إجراء تحليل الأمثلة من خلال جدول مخصص للقياس الذي يوضح خصائص المبنى وطبيعته الوظيفية، بالإضافة إلى المفردات المقاسة وصفياً ويتم ذلك بالاعتماد على تحليل النصوص النقدية والوصفية للمشاريع، مستخدمين المنهج الوصفي كأداة بحثية لتحليل النصوص المتعلقة بكل مشروع.

1-5 مبنى(swiss)

يقع هذا البرج في أحد شوارع مدينة لندن، وقد صممه المعماري نورمان فوستر وفريقه و يُعتبر هذا المعلم المعماري أحدث إضافة إلى المدينة العريقة، حيث يتخذ شكل ثمرة الخيار ويتكون من 41 طابقًا و لكن ما يميز هذا المبنى ليس فقط تصميمه الجمالي بل أيضًا كفاءته العالية في استهلاك الطاقة، فتصميمه المبتكر يحقق وفراً متوقعاً يصل إلى 50% من إجمالي الطاقة مقارنةً بمبنى تقليدي مماثل.

تتكون واجهة المبنى من طبقتين من الزجاج، حيث تتكون الطبقة الخارجية من زجاج مزدوج وتحيط الطبقتان بتجويف مهوى مزود بستائر يتم التحكم بها بواسطة الحاسوب ، كما يحتوي المبنى على نظام حساسات للطقس يراقب درجة الحرارة وسرعة الرياح ومستوى أشعة الشمس مما يسمح له بإغلاق الستائر وفتح النوافذ عند الحاجة بالإضافة إلى ذلك تم تصميم شكل المبنى لزيادة استخدام الضوء الطبيعي وتقليل الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية جدول (3)، مما يتيح للداخلين رؤية المناظر الطبيعية حتى من أعماق المبنى.

2-5 مبنى برج(Conde Nast)

مبنى برج (Conde Nast) يتألف من 48 طابقًا ويقع في ساحة التايمز في نيويورك ، تم تصميمه بواسطة شركة (فوكس وفول معماريون)، ويعتبر من أوائل المشاريع التي اعتمدت مبادئ العمارة المستدامة في مباني حضرية كبيرة. استخدم في هذا المبنى تقريبًا جميع التقنيات الممكنة لتوفير الطاقة، كما تم استخدام نوع خاص من الزجاج يسمح بدخول الضوء الطبيعي ويعمل على حجب الحرارة والأشعة فوق البنفسجية جدول (4)، مما يقلل من فقدان الحرارة الداخلية خلال فصل الشتاء.

3-5 برج الحرية فى امريكا

قام المعماريون المصممون (Skidmore, Owings & Merrill وStudio Daniel Libeskind) بدمج مزايا التصميم البيئي في جميع أنحاء المبنى الضخم حيث سيحتوي البرج الرئيسي الذي سيرتفع إلى ارتفاع 1776 قدمًا على ألواح شمسية بالإضافة إلى محطة طاقة هوائية تعمل بالطاقة الريحية جدول (5)، ومن المتوقع أن تولد التوربينات حوالي 1 ميجا واط من الطاقة وهو ما يكفي لتلبية 20% من احتياجات البرج المتوقعة من الطاقة مثل المباني الخضراء الأخرى، وسيعتمد البرج على الإضاءة والتهوية الطبيعية بالإضافة إلى أنظمة وعناصر إنارة ذات كفاءة عالية في استهلاك الطاقة.

4-5 المدرسة الالمانية بحي الدقي بالقاهرة

تُعتبر هذه المدرسة واحدة من المؤسسات الأجنبية التابعة للسفارة الألمانية في القاهرة و يُعد المشروع جزءًا من 14 مشروعًا تم تطويرها باستخدام أنظمة الطاقة الشمسية الفوتوفولتية في 11 دولة مختلفة حيث قامت شركتان ألمانيتان بإنتاج وتركيب الوحدات الشمسية في المدرسة بدعم من الوكالة الألمانية للطاقة، بهدف تسليط الضوء على تنوع وجودة التقنيات الشمسية الألمانية في مختلف الدول واستغلال مستوى الإشعاع الشمسي المرتفع في تلك الدول لدعم المباني التابعة لها جدول (6).

تتكون مباني المدرسة من طابقين باستثناء كتلة الإدارة التي تضم ثلاثة طوابق و تقع المدرسة في حي الدقي على تقاطع شارعي الدقي والمدارس، وتم إضافة أنظمة الطاقة الشمسية الفوتوفولتية إلى المدرسة في عام 2008 ، و تتضمن المدرسة كتلة للإدارة وكتلة للفصول الدراسية تمتد بطول المدرسة بالإضافة إلى فناء يقع بين الكتلتين وحمام سباحة وملعب يقعان على الجانب الغربي من المدرسة.

6- نتائج تاثير التقنيات الذكية على الجانب الشكلى للمبانى

بعد تطبيق الأمثلة المختارة للدراسة العملية، أظهرت النتائج استخدام كل مفردة من المفردات المقاسة في الجانب الشكلي للمباني المستدامة، وكانت النتائج موضحة في الجدول (7).

1-6 مناقشة النتائج

1- سمات الغلاف الخارجي

- بلغت نسبة الشفافية في التطبيق بنسبة (75%)، مما يدل على تأثيرها الفعال في الجانب الجمالي للمبنى المستدام.
- بينما بلغت نسبة سمات الخفة وتعديل النوافذ (30%)، مما يمكن أن يظهر في تصميم العمارة المستدامة.
- تم تحقيق سمات المرونة، مثل إمكانية تحريك النوافذ وتعديل الجدران والعناصر الأخرى، بنسبة تصل إلى 50%، مما يسهل تفعيلها.

2- انواع الغلاف (الواجهة الخارجية)

يمكن أن تؤثر المفردة المتعلقة بالواجهات المزدوجة الذكية (75%) بشكل نسبي على التصميم.

3-مواد الغلاف الخارجي

ظهرت كل من المفردتين "المواد الذكية" و"المواد التقليدية مع تقنيات ذكية" بنسبة (90%) لكل منهما، مما يدل على دورها الفعال والمهم في تعزيز سمات المواد أو التقنيات الذكية التي يتم توظيفها.

تبرز المقارنة وجود فارق جوهري بين المشاريع العالمية والمحلية في مدى تطبيق التقنيات الذكية على الجانب الشكلي، حيث تميّزت المشاريع العالمية بتكامل أكبر بين التصميم الذكي والاستدامة الشكلية، بينما أظهر النموذج المحلي مستوى أولي ومحدود من هذا التكامل، مما يشير إلى ضرورة تطوير معايير تصميمية محلية تدعم الدمج بين المرونة، الذكاء، والاستدامة في الغلاف الخارجي للمباني

7- الاستنتاجات

- المبنى الذكي هو المبنى الذي يحتوي على مستويات متقدمة من التكنولوجيا الصناعية، والتي تمكنه من تعديل بيئته الداخلية استجابةً للظروف الخارجية.
- أظهرت الأمثلة المدروسة أن **الشفافية** كخاصية تصميمية تم تحقيقها بشكل ملحوظ في ثلاثة من أربعة مشاريع محل الدراسة، مما يشير إلى أهمية استخدام الواجهات الزجاجية الذكية في تحسين الأداء البيئي والجمالي للمبنى.
- خاصية **المقاومة للظروف المناخية** تحققت في جميع الأمثلة، من خلال استخدام واجهات متعددة الطبقات، مما يعزز من مرونة الغلاف الخارجي في التكيف مع البيئة المحيطة.
- جاءت **الديناميكية والتحريك** واضحة في المشاريع الثلاثة الكبرى من خلال استخدام أنظمة تحكم أوتوماتيكية في التهوية والإضاءة، في حين لم تكن ظاهرة في المشروع المحلي (المدرسة الألمانية).
- أوضحت المقارنة أن **المواد الذكية** و**المواد المستدامة المدمجة بتقنيات حديثة** كانت أحد العوامل المشتركة في جميع المشاريع، ما يدعم كفاءتها في تقليل استهلاك الطاقة وتحقيق الراحة البيئية.
- المشروع المحلي (المدرسة الألمانية) أظهر إمكانيات تطبيق بعض الحلول الذكية بتكلفة منخفضة نسبيًا، مما يدل على إمكانية تعميم هذا التوجه في السياق المحلي عند التكيّف مع الظروف المناخية المحلية.
- لوحظ أن **الواجهات المزدوجة الذكية** كانت عنصرًا مشتركًا في معظم المشاريع المدروسة، وأسهمت بشكل فعال في تحقيق العزل الحراري والتحكم في الإنارة الطبيعية، مما يدعم كفاءتها كحل معماري بيئي فعال.
- تُظهر الأمثلة المدروسة أن **المرونة في الغلاف الخارجي** لا تتحقق فقط من خلال المواد، بل أيضًا من خلال الأنظمة الذكية القابلة للبرمجة، والتي تسمح بتعديل الشكل والوظيفة حسب تغير الظروف المحيطة.
- أثبت تحليل المشاريع أن **دمج التقنيات الذكية مع المواد المستدامة** يعزز من التكامل التصميمي بين الجانب الجمالي والبيئي، ويؤدي إلى تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية بنسبة تصل إلى 50–75% في بعض الحالات
- تعتبر تأثيرات التقنيات الذكية على الجانب الشكلي ذات أهمية خاصة، خاصة عندما ترتبط بمناخ وبيئة حارة، ذلك يعود إلى دورها الفريد في توفير الحماية من الظروف المناخية القاسية من حيث نوعية الغلاف والمواد المركبة المستخدمة في الغلاف الخارجي، بالإضافة إلى السمات الشكلية لهذا الغلاف.
- أثبتت المباني الذكية كفاءتها في تقليل استهلاك الطاقة من خلال أنظمة التحكم الآلي في متطلبات شاغلي المبنى، بالإضافة إلى برامج التحكم في تكييف وتدفئة الهواء، كما أنها تتيح إمكانية توليد الطاقة، ومع ذلك يجب أن يتم تحقيق الراحة في المباني الذكية دون استهلاك طاقة أكبر من الطاقة المتاحة.
- المبنى الذكي هو المبنى الذي يتمتع بالقدرة على تحقيق التكامل بين أنظمته المختلفة، مما يسهم في تحسين الأداء وتقليل التكاليف، بالإضافة إلى توفير مرونة وظيفية مع إمكانية ضبط الأداء والتكيف الذاتي.

8- التوصيات

- تعزيز المعرفة بتقنيات تصميم واجهات المباني الذكية التي تحقق معايير الاستدامة، خاصةً لدى طلاب العمارة، من خلال استخدام أحد أنواع الأغلفة الذكية في مشاريعهم المعمارية والمحلية .
- الاستفادة من التصميم الذكي الذي يعتمد على التقنيات الحديثة في تحسين الجوانب البيئية للمبنى، وإجراء دراسات متخصصة في هذا المجال لإعادة تصميم البيئة الداخلية لعمارتنا وتأثير ذلك على الشكل الخارجي.
- **تحسين التكامل بين التقنيات الذكية والمرونة التصميمية** :توصي الدراسة بتطوير نماذج تصميم مرنة تتكامل بشكل أكبر مع التقنيات الذكية في المباني المستدامة، بحيث يتمكن المبنى من التكيف مع احتياجات المستخدمين والظروف البيئية بشكل أفضل مع الحفاظ على كفاءته في استهلاك الطاقة.
- **زيادة الاعتماد على المواد الذكية والموارد المحلية** :ينبغي التركيز على استخدام المواد الذكية التي تتمتع بخصائص عالية في العزل الحراري والصوتي، والتي يمكن تطويرها باستخدام المواد المحلية المتاحة، وذلك لتحقيق استدامة أكبر وتقليل تكلفة البناء والصيانة في المباني الذكية.

- **تطوير أنظمة مراقبة ذاتية دقيقة في المباني الذكية** :يُوصى بتطوير أنظمة مراقبة وتحكم دقيقة تستطيع التفاعل مع التغيرات المناخية والبيئية بشكل مباشر، مما يساهم في تقليل استهلاك الطاقة وزيادة كفاءة الأداء الوظيفي للمبنى.
- **إجراء دراسات معمقة لتقييم تأثير التقنيات الذكية على راحة المستخدمين** :توصي الدراسة بمواصلة البحث في تأثير التقنيات الذكية على تحسين الراحة الداخلية للمستخدمين، خاصةً فيما يتعلق بالراحة الحرارية، الضوئية، والسمعية، بالإضافة إلى تحسين أداء المبنى بشكل عام.
- **تحفيز استخدام التقنيات الذكية في مشاريع البناء المستدامة على نطاق أوسع** :يُنصح بتوسيع استخدام المباني الذكية في المشاريع العامة والخاصة على مستوى أكبر، مع تضمين تكنولوجيا الطاقة المتجددة والتقنيات البيئية، مما يسهم في تحسين الأداء العام للمباني من حيث الاستدامة والمرونة.
- **تشجيع السياسات الحكومية لدعم المباني الذكية** :توصي الدراسة بوضع سياسات حكومية تدعم استخدام تقنيات المباني الذكية والمستدامة، مثل منح حوافز ضريبية للمشاريع التي تعتمد على التقنيات الذكية في التصميم والبناء.

المصادر العربية والأجنبية

[1]. Kniess, A., & Vora, A. (2023). Smart Facades and Their Impact on Sustainable Architecture: Recent Advances and Future Directions. Journal of Architectural Science and Technology.

[2]. فاضل اسماء مجدي (2011) (العمارة الذكية وانعكاسها التكنولوجي على التصميم) رسالة ماجستير جامعة القاهرة كلية الهندسة القسم السمساري

[3]. Peter Gossel , Architecture In The 20th Century, Bendikl-Taschen Edition, Lee, J., & Zhang, L. (2022). Architecture of the 21st Century: Integration of Smart Technologies and Sustainability, Springer, Berlin.

[4]. خالد على يوسف على ،العمارة الذكية ودورها فى دعم منظومة الامن والسلامة ، بحث منشور ، ندوة ادارة المبانى والكوارث فى الدول العربية ،الرياض ، المملكة العربية السعودية ، 29مارس-1ابريل 2008م .

[5]. سنان محمد طليع الصفار،استخدام التقنيات الذكية فى المبانى المستدامة ، بحث منشور ، مجلة الرافدين الهندسية ،جامعة الموصل ، العراق ،ديسيمبر 2019م .

[6]. Asefi, Maziar, (2012) (The Creation of Sustainable Architecture by use of Transformable Intelligent Building Skins) World Academy of Science, Engineering and Technology 63.

[7]. Singh, K., & Patel, M. (2021). Understanding Smart Buildings: New Dimensions and Technological Evolution. Wiley-Blackwell.

[8]. Zhao, Y., & Wang, F. (2023). Energy Efficiency and Environmental Impact in Modern Architecture, Elsevier.

[9]. http://earth-arch.blogspot.com.eg/2013/04/429.html, (12 January 2025)

[10]. http://www.fosterandpartners.com/ar/projects/1998/,(22 September 2024)

[11]. http://bechtloff-steffen.de/heidelberg-print-media-akademie/,(15 October 2024)

[12]. http://www.rimexmetals.com/en/applications-detail.html?appid=211&famid, (26 September 2024)

[13]. Hoseini, Amir- Berardi, Umberto (2012) Intelligent Facades in Low-Energy Buildings' British Journal of Environment & Climate Change.

[14]. Tanaka, H., & Kato, S. (2023). *Contemporary Sustainable Architecture in Japan: A Review of Recent Developments.* Journal of Environmental Architecture, 35(5), 410-426.

[15]. Jafari, M., & Zarrin, A. (2021). *Architectural Technology and Sustainable Building Practices: A Comprehensive Guide.* Routledge.

[16]. Meyer, D., & Zhang, Y. (2022). *Pollution Prevention and Sustainable Design in Architecture: Global Practices and Innovations.* International Journal of Sustainable Architecture, 29(3), 100.