استخدام الذكاء الصناعي في إدارة التحكم البيئي للفراغات الداخلية بالمنشأة

The Use of Artificial Intelligence in Environmental Control Management of Interior Spaces within Facilities

أ.د / ياسر علي معبد

أستاذ نظريات التصميم بقسم التصميم الداخلي والأثاث - كلية الفنون التطبيقية – جامعة دمياط والمعار كليا لكلية الفنون التطبيقية الجامعة المصرية الروسية

Prof. Yasser Ali Maabad

Professor of Design Theories, Department of Interior Design and Furniture, Faculty of Applied Arts, Damietta University, and on full loan to the Faculty of Applied Arts, Egyptian Russian University

Yasser-maabad@eru.edu.eg

م.د / رشا محمد حسين السلنتي

مدرس بقسم التصميم الداخلي والأثاث - كلية الفنون التطبيقية – الجامعة المصرية الروسية

Dr. Rasha Mohamed Hussein Al-Salanti

Lecturer, Department of Interior Design and Furniture, Faculty of Applied Arts, Egyptian Russian University

dr.rashahussien@gmail.com

ملخص البحث

بالرغم من قدرة المباني الذكية التقليدية على جمع البيانات من خلال أجهزة الاستشعار والأنظمة الأخرى وعمل الاحصاءات والتفاعلات اللازمة لتحسين البيئة الفراغية ، إلا أن ربط هذه المباني بتقنيات وأنظمة الذكاء الاصطناعي يقدم العديد من المزايا التي من أهمها تحسين الطاقة وتنبؤات الصيانة وتعزيز الممارسات المستدامة .

كذلك يتيح الذكاء الاصطناعي القدرة على دمج البيانات وتحليلها من مصادر متعددة مما يوفر رؤية شاملة للمبنى بمنظور كلي ومعرفة تأثير كل قرار على الجوانب الأخرى بشكل مباشر وغير مباشر.

كما أن تقنيات الذكاء الاصطناعي المتطورة مثل التعلم الذاتي يمكن تطبيقها داخل الفراغ لاستنباط تفضيلات المستخدم الفردية مثل الاضاءة ودرجات الحرارة . كما أن قدرة الذكاء الاصطناعي على التطوير المستمر تجعله أكثر استجابة وتركيز على المستخدم ومواكبة التطورات والمستجدات بما يناسبها .

تنبع مشكلة البحث من قلة الوعى بمزايا الاعتماد على الذكاء الاصطناعي في هذا المجال، على الرغم من تطور إمكاناته في التنبؤ والتكيف مع المتغيرات البيئية. اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي من خلال دراسة عدد من المشاريع المعمارية القائمة، إلى جانب اتباع المنهج المقارن بين أساليب الإدارة التقليدية لموارد الطاقة وتلك المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي. وقد أظهرت النتائج فاعلية الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة موارد الطاقة داخل المباني، من خلال ترشيد الاستهلاك، تقليل الأخطاء البشرية، وتحقيق أداء بيئي أكثر كفاءة. يوصي البحث بتبني حلول ذكية متكاملة في تصميم وإدارة الفراغات الداخلية للمباني، بما يعزز من كفاءة التشغيل ويخدم أهداف الاستدامة

مصطلحات البحث:

المباني الذكية - الذكاء الاصطناعي- التحكم البيئي- كفاءة الطاقة

Abstract::

Although traditional smart buildings have the capability to collect data through sensors and other systems, as well as perform statistical analyses and necessary interactions to improve the spatial environment, linking these buildings with artificial intelligence systems offers numerous advantages. These include energy optimization, predictive maintenance, and the enhancement of sustainable practices. 9+

Artificial intelligence also enables the integration and analysis of data from multiple sources, providing a comprehensive, holistic view of the building and a clear understanding of how each decision directly or indirectly affects other aspects.

Furthermore, advanced AI technologies, such as machine learning, can be applied within interior spaces to infer individual user preferences—such as lighting and temperature. The AI system's ability to continuously evolve makes it more responsive, user-centered, and adaptive to new developments.

The research problem arises from the lack of awareness regarding the benefits of applying artificial intelligence in this field, despite its growing capabilities in prediction and adaptation to environmental variables. The research adopts a descriptive-analytical methodology through the study of existing architectural projects, as well as a comparative approach between traditional energy management methods and those based on AI technologies.

The results demonstrated the effectiveness of AI in improving energy resource management within buildings by optimizing consumption, reducing human error, and achieving more efficient environmental performance .

The research recommends adopting integrated smart solutions in the design and management of interior building spaces to enhance operational efficiency and support sustainability goals.

Keywords:

Smart Buildings – Artificial Intelligence – Environmental Control – Energy Efficiency

١-المقدمة

في ظل التطور السريع في مجالات التكنولوجيا، أصبح الذكاء الاصطناعي (AI) أحد أهم الأدوات المستخدمة لتحسين كفاءة وإنتاجية المنشآت في مختلف القطاعات .ويُعد التحكم البيئي للفراغات الداخلية من أبرز المجالات التي استفادت من هذا التطور، نظرًا لأثره المباشر على راحة المستخدمين وكفاءة استخدام الطاقة . [٦].

تهدف هذه الدراسة إلى استكشاف كيفية توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في إدارة أنظمة التحكم البيئي داخل المنشآت، مثل أنظمة التهوية والتبريد والإضاءة، وتأثير ذلك على كفاءة استهلاك الطاقة وجودة البيئة الداخلية.

٢-الإطار النظري

١-٢-التحكم البيئي في المنشآت

يشير مفهوم "التحكم البيئي" إلى العمليات التي تهدف إلى تنظيم العوامل المناخية الداخلية مثل درجة الحرارة والرطوبة وجودة الهواء والإضاءة، بما يحقق راحة المستخدمين وكفاءة استهلاك الطاقة [٩]. تشمل هذه الأنظمة أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء(HVAC) ، وأنظمة الإضاءة الذكية، وأنظمة كشف تلوث الهواء وجودته. . للوصول لافضل للحلول البيئية الممكنة التي توفر أفضل فراغ داخلي مريح للفرد لممارسة نشاطاته المعيشية.

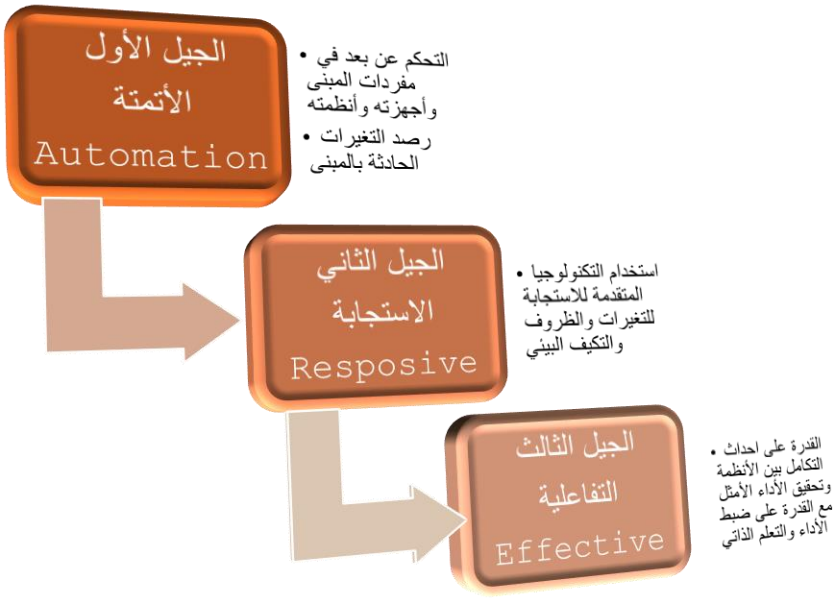
٢-٢- الذكاء الاصطناعي: المفهوم والنشأة

الذكاء الاصطناعي هو فرع من علوم الحاسوب يهتم بتطوير أنظمة تستطيع "التفكير" والتعلم والاستنتاج واتخاذ قرارات بناءً على البيانات. تتنوع تطبيقاته بين معالجة اللغة الطبيعية، والرؤية الحاسوبية، والتعلم الآلي، وتحليل البيانات الضخمة [٨].

٣-الذكاء الاصطناعي في إدارة المباني

أُستُخدم مصطلح الذكاء Intelligent في مجال العمارة في منتصف الستينيات للمباني التي تستخدم الذكاء الاصطناعي والتي يتم تشغيلها آلياً. ويشير المصطلح إلى دمج التقنيات الألية الذكية القابلة للبرمجة في أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف (HVAC)المبنى لتوفير بيئة داخلية ذات تدفئة وتبريد وتهوية وإضاءة ديناميكية بهدف تحقيق التوازن الأمثل بين راحة الشاغلين وكفاءة استخدام الطاقة : ويرى Atkin Brian في كتابه Intelligent Buildings أن المبنى الذكي ينبغي عليه أن يَعرف ويرصد التغيرات الخارجية والداخلية ومتطلبات المستخدم، عن طريق مجموعات من الخلايا الخاصة التي تقوم كلاً منها برصد نوعية ما من هذه المتغيرات، وبعد استقراء المتغيرات والتعرف على رغبات المستخدم يتم إرسال هذه البيانات عبر الشبكات المحلية Local Area Networks (Lans) إلى قاعدة البيانات لإتخاذ القرار وفقاً للتغذية المسبقة لها .وفي مرحلة لاحقة يتم تنفيذ القرار المرسل إلى مفردات المبنى وتجهيزاته المعنية بالإستجابة خلال الشبكات المحلية مرة أخرى.] ١٣[

تطور مقومات وسمات أنظمة الذكاء المستخدمة لإدارة المباني والتي تندرج تحت ثلاث مراحل أو (أجيال) وهي:



شكل (١) : تطور مقومات أنظمة الذكاء المستخدمة لإدارة المبانى

وفيما يلي عرض للعناصر المكونة لأنظمة إدارة المباني الذكية

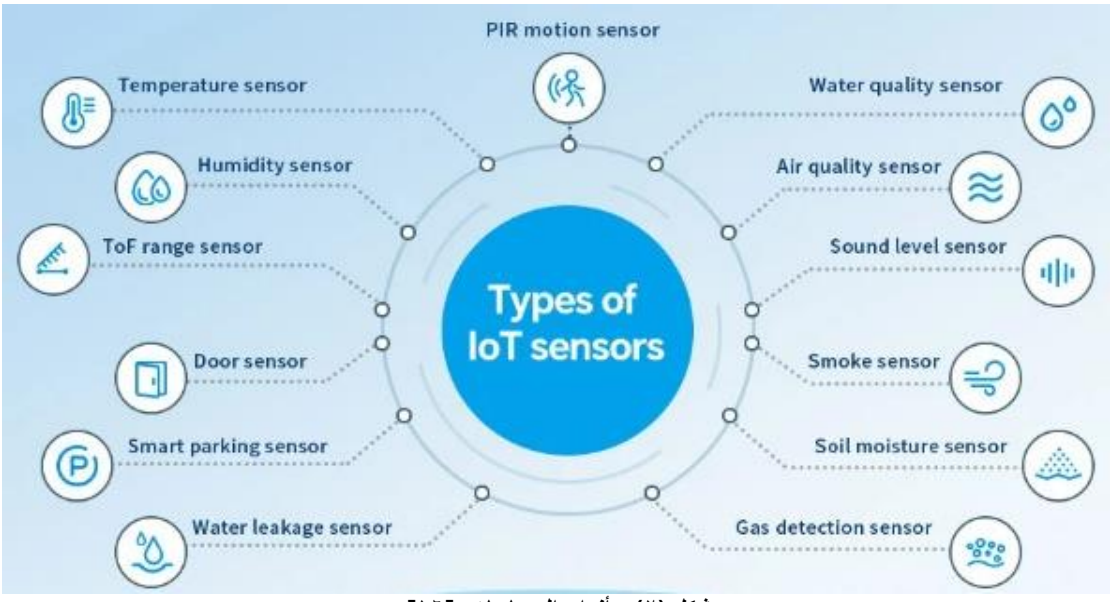
١-٣ أنظمة إدارة المباني الذكية(BMS)

هي أنظمة تكنولوجية متكاملة تعتمد على الذكاء الاصطناعي للتحكم في وظائف المبنى، مثل التكييف والإضاءة والأمان. يقوم النظام بجمع البيانات من الحساسات وتحليلها باستخدام خوارزميات AI لتحديد الإجراءات المناسبة [٦]. وفي السنوات

الأخيرة، شهدنا توجهًا نحو ترشيد استهلاك الطاقة، حيث يُشار إلى العديد من أنظمة إدارة المباني الآن باسم BEMS اختصارا (Building Energy Management System) .

٢-٣ الحساسات وإنترنت الأشياء(IoT)

تعتمد الأنظمة الذكية على شبكة من الحساسات لجمع البيانات حول درجات الحرارة، الرطوبة، مستويات الإضاءة، وجود الأشخاص. يتم دمج هذه البيانات مع تقنيات الذكاء الاصطناعي لتوفير استجابات فورية وذكية [٥.[من أهم فوائد IoT القدرة على التحكم عن بُعد ومراقبة الأجهزة. من خلال تطبيقات الهواتف الذكية أو واجهات الويب، يمكن لأصحاب المنازل إدارة وضبط الإعدادات حتى عندما يكونون بعيدين عن المنزل.



شكل (٢) : أنواع الحساسات [١٦]

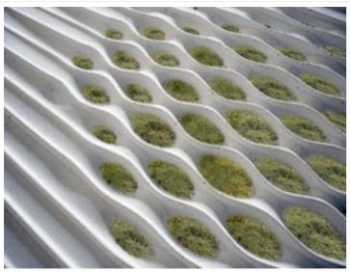
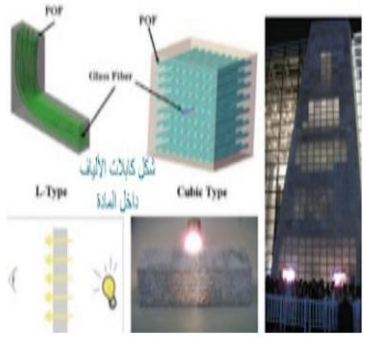
3- 3الخوارزميات المستخدمة

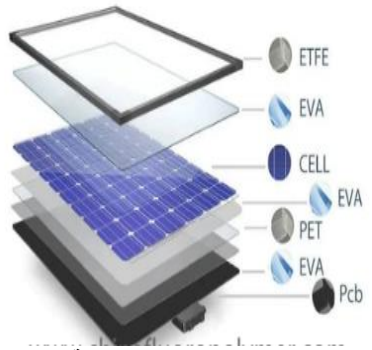
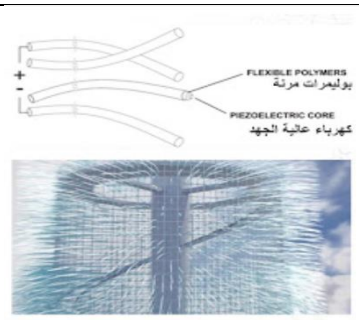
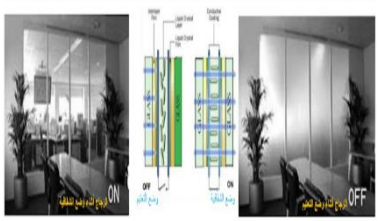
تشمل الخوارزميات التي تُستخدم في إدارة البيئة الداخلية الشبكات العصبية الاصطناعية، والتعلم العميق، والتحليلات التنبؤية، وخوارزميات تحسين الطاقة، وكلها تهدف إلى اتخاذ قرارات استباقية لرفع الكفاءة وتقليل الفاقد].٨[

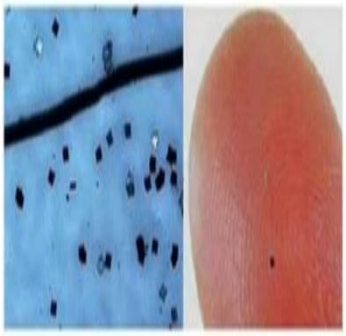
٣-٤ الخامات الذكية

تعتبر المواد الذكية جزءا من الأنظمة الذكية المتكاملة. وتقدم المواد الذكية مجموعة واسعة من المميزات والفوائد للمباني عند الاعتماد عليها كمواد لبناء المبنى أو تكسية فراغاته الداخلية ، فهي عنصرًا هاماً في دعم الحفاظ على البيئة ، كما أن بعض المواد الذكية ممكن أن تكون عنصر من النظام الذكي للمبنى مثل الغبار الذكي الذي يعتبر حساسات صغيرة متصلة بالنظام. .

ويمكننا تعريف **المواد الذكية** على إنها مواد قادرة على الاستجابة للتغيرات البيئية المحيطة بها، من خلال تغيير خصائصها أو تركيبها بالطريقة المعروفة لديها مسبقاً محدثةً تغيراً لحظيا[١٢] .

الخامات الذكية المدعمة للأبنية الذكية	الخصائص والمميزات	الصور والنماذج
الخرسانة البيولوجية biological concrete: هي نوع جديد من الخرسانة التي تدعم نمو الطحالب الصغيرة والفطريات والطحالب الدقيقة. وتتكون هذه المادة المتعددة الطبقات من نوعين من الاسمنت: الاسمنت البورتلاندي القياسي وأسمنت الفوسفات المغنيسيوم، الذي هو أكثر حمضية وبالتالي تؤدي إلى النمو البيولوجي ويتم تغليفها بطبقة مضادة للماء تحمي المواد الإسمنتية من التلف، وهي طبقة بيولوجية تمتص المياه وتدعم نمو النبات وتكاثرها ..	تعمل على تنقية الهواء من ثاني أكسيد الكربون CO_2وتستغل مياه الأمطار لري هذه الفطريات الدقيقة دون استهلاك زائد للطاقة أو المياه.	 **صورة (١):ألواح الخرسانةالبيولوجية[١٢]** .
الخرسانة الشفافة Transparent Concrete هي مادة خرسانية ذكية يعبر من خلالها الضوء ليجعل المبنى أشبه بنافذة كبيرة وذلك إما بإستخدام تقنية الخرسانة المدمجة مع الألياف الزجاجية البصرية أو بإستخدام تقنية الثقوب الصغيرة التي لا تؤثر على فعالية الخرسانة وتزيد من شفافيتها لتصبح شفافية الخرسانة ٢٠% .	قدرة الخرسانة على نقل الضوء يقلل من إستخدام المبنى للإضاءة خلال فترة النهار مما يحقق الكفاءة في إستخدام الطاقة والحفاظ عليها .	 **صورة (٢):الخرسانة الشفافة[١٢] .**
الإسمنت الذكي Smart Cement يحتوى هذا النوع من الإسمنت على جهاز عصبي مكون من ألياف الكربون قطرها عشرة أجزاء من المليون وطولها بضع سنتيمترات تخلط مع الإسمنت إلا أنها تزيد ناقليته الكهربائية بمقدار ١٠% .	له القدرة على اكتشاف التغيرات الداخلية ونقل معلومات إلى المحيط الخارجي. فيستطيع تحديد نقاط الضعف في المبنى وتحديد النقطة التي يمكن أن تظهر بها شقوق أو كسور.	
الطوب الذكيSmart Bricks من أنواعه الطوب الذكي المضاف له بعض الإلكترونيات الذكية مثل الثرمستور(هوائي البطارية متعددة الإتجاهات) . بالإضافة إلى إنه يستخدم نظام The Dryfixللتثبيت بدلاً من الإسمنت مما يقلل تكاليف التشغيل والمياه والطاقة والحد من التلوث مع تكلفة أقل.	يستخدم لمراقبة الحالة الأنشائية للمبنى ، كما يمكنه إرسال بيانات خاصة بدرجة الحرارة أو الإهتزازات الأرضية الناتجة الزلازل أو أندلاع حريق بالمبنى .	

مادة ETFE المدمجة بالخلايا الشمسية شكل التكنولوجيا الضوئية PV التي تدمج الخلايا الشمسية مباشرة مع مادة ETFE. (غشاء بلاستيكي رقيق أنتشر إستخدامه كبديل عن الزجاج)	تتميز مادة ETFE بخفة الوزن والمرونة الكبيرة في النقل والتشكيل . بجانب مقاومتها الكبيرة للحريق ونقلها للضوء دون زيادة في الكسب الحراري ،كما أن دمجها مع الخلايا الشمسية يجعلها مقاومة للأشعة فوق البنفسجية ومقاومة للتلوث بالأضافة لخاصية التنظيف الذاتي.	 **صورة (٣): مادة ETFE المدمجة بالخلايا الشمسية**
الخلايا الكهربية الذكية Piezoelectric Cells هي خلايا كهربائية صغيرة جداً تتذبذب بشكل سريع على الحوائط الخارجية لتتنبأ بما يحيط بالمبنى وترسل موجات تفاعلية لأجهز التحكم المركزي بالمبنى .	بالإضافة لونها مستشعر متصل بأجهزة التحكم الذكية للمبنى ، يمكن استخدامها لإنتاج الطاقة من خلال تغطية المبنى بشعيرات توليد الكهرباء التي تعمل كمزرعة رياح مغلفة للمبنى.	 **صورة(٤):الخلايا الكهربية الذكية واستخدمها في توليد الطاقة [١٢] .**
تكنولوجيا البللورات السائلة Liquid Crystal Technology تستخدم هذه التكنولوجيا في الفتحات الخارجية لغلاف المبنى، حيث تعمل البللورات السائلة الموجودة بين طبقتي الزجاج في النوافذ الذكية على التحكم في كمية الضوء النافذ منها، وذلك من خلال تغير إستجابة البللورات السائلة للشحنات الكهربية .حيث تعمل الشحنات الكهربية على ترتيب البللورات بشكل منتظم، ليصبح الزجاج شفافاً فيسمح للضوء بالمرور والرؤيا في الإتجاهين. أما في حالة إختفاء الشحنة الكهربائية تعود البللورات إلى وضعها العشوائي غير المنتظم مما يمنع الضوء من المرور خلالها وبعثرة الضوء ليظهر الزجاج كطبقة مشتتة تمنع الرؤيا وتحقق الخصوصية.	تتميز كفاءتها في تحقيق الراحة الحرارية داخل المكان؛ كما تحقق وفرات بالطاقة تصل إلى ٤٠% من النوافذ العادية، لذا فهي مناسبة لدعم أنظمة التحكم المناخي بأغلفة المباني .	 **صورة (٥): تكنولوجيا البللورات السائلة[١٢]** .

الغبار الذكي Smart Dust عبارة عن جسيمات أومستشعرات مصغرة في حجم ذرات الغبار فحجمها لايزيد عن ١ سنتيمتر، وتعمل بإستقلال تام حيث يمكنها أجراء إتصالات ثنائية الإتجاه يصل إرسالها إلى ١٠٠م. تتصل هذه الذرات من الغبار لاسلكيا عبر موجات الراديو	مناسب للإستخدام في الفراغات الداخليه وكذلك في أغلفة المباني حيث يستطيع مراقبة درجة الحرارة والضوء والأهتزازات والضغط والرطوبة كما أنه يعمل بالطاقة الشمسية[١٢] .	 **صورة (٦) : شكل وحجم الغبار الذكي [١٢] .**

جدول (١) يبين بعض المواد الذكية المدعمة للأبنية الذكية

٤-٣الأنظمة الميكانيكية التي تدعم أنظمة إدارة المبنى الذكي

تشمل الأنظمة الميكانيكية المرتبطة بأجهزة التحكم والحوسبة والتي تدعم النظام ومنها أنظمة توليد الطاقة المتجددة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، وأنظمة إدارة الطاقة، وأنظمة الإضاءة الصناعية، وأنظمة التحكم في التدفئة والتهوية وتكييف الهواءHVAC ((Heating, Ventilating, and Air Conditioning ، وأنظمة الأمن والسلامة وكاميرات مراقبة وإنذارات الحريق وغيرها والتي تدعم توفير الراحة لمستخدمي الفراغ. وكذلك الأنظمة الحركية بأغلفة المباني تتفاعل وتتكيف مع العديد من المؤثرات البيئية، مثل الشمس والرياح والصوت وحتى حركة الأشخاص. عن طريق تغيير حالتها من دون الحاجة لأي تدخل من الأنسان، كما يمكنها العودة إلى حالتها الأصلية دون أي تشوه مع انتهاء المؤثر الخارجي.من أمثلتها:

الأنظمة المستجيبة لحركة الرياحAir-flow responsive Systems والأنظمة المستجيبة لحركة الشمس Solar responsive Systems ،وكذلك يمكن استخدام انظمة الواجهات المزدوجه - DSF(Double Skin Façade) احدى أنظمة التهويه الطبيعيه ومداخن التهوية وأنظمة التظليل الشمسي وأنظمة ضوء النهار أنظمة ضوء النهار Daylight - Systems وأنظمة الطاقة الحيوية.Photobioreactor [١٧] .

٤-التطبيقات العملية

٤-١التهوية والتكييف الذكي

يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل سلوك المستخدمين والطقس الخارجي لضبط درجة الحرارة تلقائيًا، ما يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة وزيادة راحة الأفراد [٢]. . ويمكن الاستعانة بالثرموستات الذكية. تأتي الثرموستات الذكية، مثل Google Nest، مزودة بخدمة الواي فاي المدمجة، مما يسمح للمستخدمين بجدولة ومراقبة والتحكم عن بُعد في درجات حرارة الفراغ. كما أن هذه الأجهزة تتعلم سلوكيات أصحاب المنازل وتعدل الإعدادات تلقائيًا لتوفير أقصى درجات الراحة والكفاءة. يمكن أن تبلغ الثرموستات الذكية أيضًا عن استهلاك الطاقة وتذكير المستخدمين بتغيير الفلاتر. [١١].

٤-٢ الإضاءة الذكية

يمكن لأنظمة الإضاءة الذكية اكتشاف متى يكون الأشخاص في الغرفة وضبط الإضاءة حسب الحاجة من حيث لون الضوء وشدته. كما يمكن لمصابيح الإضاءة الذكية تنظيم أنفسها بناءً على توفر الضوء الطبيعي وذلك با تُستخدم الحساسات للكشف عن الحركة والضوء الطبيعي وضبط الإضاءة الاصطناعية تلقائيًا. توفر هذه التقنية ما يصل إلى ٣٠–٤٠% من استهلاك الكهرباء [٤].

٤-٣ التحكم في جودة الهواء

بمساعدةAI ، يمكن كشف مستويات ثاني أكسيد الكربون والجزيئات الدقيقة وتحسين التهوية تلقائيًا، خصوصًا في البيئات المغلقة مثل المدارس والمستشفيات [٦].

٤-٤ تقليل استهلاك الطاقة

باستخدام تقنيات تحليل البيانات والتعلم الآلي، يمكن تحسين الجداول الزمنية لتشغيل الأجهزة وخفض التكاليف التشغيلية دون التأثير على الراحة أو الأداء [٩].

٤-٥الحفاظ على الموارد

يمكن استخدام أجهزة الري الذكية للنباتات الداخلية والعشب باستخدام مؤقتات متصلة بالنظام كما يمكن رعاية الحيوانات الأليفة باستخدام مغذيات متصلة بالنظام الذكي لوضع الطعام والماء بكميات محددة في اوقات محددة.

كذلك يمكن أن تقوم أنظمة المراقبة، استشعار تسرب المياه أو انسداد الأنابيب وإيقاف الماء حتى لا تفيض بالفراغ . [١١].

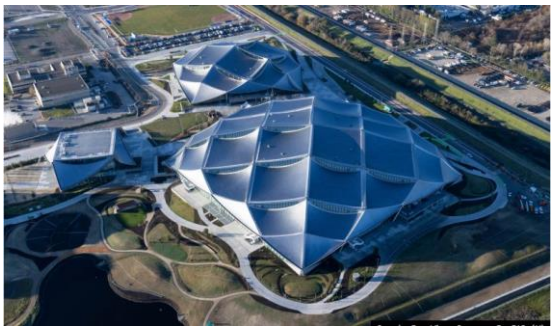
٤-٦ الصيانة التنبئية

تطبيق أطر الذكاء الاصطناعي في صيانة المباني يتكون إطار الرقمنة من ثلاثة مكونات رئيسية،: المجمعات والمستشعرات، ووحدات التحكم والمحركات، والأنظمة الأخرى. ومن خلال أجهزة الإدراك (المستشعرات)تتوفر بيانات قيمة تتعلق بالمباني، مثل درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وثاني أكسيد الكربون، وجودة الهواء، ومستشعرات الاهتزاز ، يتم تجمع البيانات و مزامنة البيانات الموحدة حيث يمكن الاستفادة من الحوسبة لتطوير وتطبيق والتحقق من التطبيقات ومراقبة جودة الأداء واكتشاف الأعطال [٢] ،وكذلك وضع جداول للصيانة تبعاً للعمر الافتراضي للخامات والمعدات وكذلك معدل الاستخدام والاهلاك مما يتيح إمكانية توقع الأعطال قبل حدوثها .

٥-دراسات حالة

Google Smart Campus

يعد حرم Google الذكي من أبرز الأمثلة على دمج AI في إدارة البيئة الداخلية. حيث يستخدم نظامًا ذاتي التعلم لضبط التكييف والإضاءة بناءً على تواجد الموظفين وتفضيلاتهم [٦.[. وهو من تصميم كلاً من مجموعة بجاركي إنجلز واستوديو هيذرويك وشركة دامسون أسوشيتس والمبنى حاصل على ليد بلاتينيوم NC®



صورة (٧) : مبنى Google Smart Campus (١٥)

يُعد حرم جوجل باي فيو مختبرًا حيويًا وعاملًا، يستخدم التكنولوجيا والابتكار، ويضع الإنسان في المقام الأول، لإحداث فرق إيجابي، من خلال تصميم يراعي الرفاهية الجسدية والعاطفية والشمولية والمعرفية. لقد وضعت جوجل معيارًا لبيئة عمل مرنة. كما حقق المبنى الاستدامة والابتكار إلى مستويات جديدة بفضل التدابير البيئية الإيجابية، وذلك من خلال عدة عناصر:

صورة (٨) ، (٩) : فراغات داخلية لمبنى Google Smart Campus [١٤]

جمع ومعالجة وإعادة استخدام مياه الأمطار ومياه الصرف

تُسهم الأنظمة الموجودة في الموقع لجمع ومعالجة وإعادة استخدام مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي في استعادة الموائل وحماية من ارتفاع منسوب مياه البحر، مما يُظهر نهجًا معرفيًا لخلق بيئة عمل مُلائمة من خلال تسخير الموارد الطبيعية المتجددة والمتاحة محليًا، والحد من التأثير السلبي للبيئة العمرانية.

دمج الحدود العمرانية وغير العمرانية

تتجلى فكرة دمج الحدود العمرانية وغير العمرانية في شكل الشغف البيئي، والمناظر الطبيعية عالية الأداء، والساحات الداخلية، والمناطق الطبيعية المحيطة بالحرم الجامعي، مما يجعل مخطط المشروع بأكمله مُتجددًا ومستقبليًا .

إدراج المروج الطبيعية في المخطط

وذلك على شكل ١٧ فدانًا من المناطق الطبيعية ذات القيمة العالية، بما في ذلك المروج الرطبة والغابات والمستنقعات. وبالتالي، من المتوقع أن يُخفّض حرم باي فيو، وهو أيضًا أكبر منشأة تحصل على شهادة "بتلات الماء" من المعهد الدولي للمعيشة المستقبلية (ILFI) لتحدي المباني الحية (LBC)، انبعاثات الكربون بنسبة ٥٠%.

الأنظمة الذكية

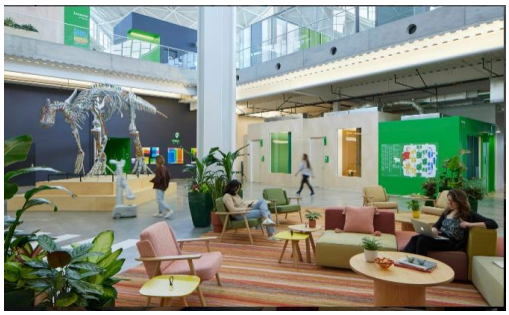
يتم انتاج طاقة من خلال أوسع نظام أكوام حرارية أرضية في أمريكا الشمالية، مما يُمهد الطريق للاستغناء عن الغاز الطبيعي للتدفئة، مما يؤدي إلى انخفاض بنسبة ٩٠% في استهلاك المياه للتبريد، مما يُعزز الأداء الإيجابي للمياه في الحرم الجامعي.

يُجسّد المشروع صورةً متماسكةً بثلاثة هياكل سقفية خفيفة الوزن مُغطاة بالقرميد، مُصممة للاستفادة من الضوء الطبيعي في كل قسم من أقسام المبنى. وعلاوةً على ذلك، تُساعد طبيعة السقف المعتمة على تحسين العزل الصوتي. يُقلّل الهيكل ككل من الكسب الحراري، ويُولّد ما يقرب من سبعة ميغاواط من الطاقة من خلال ٥٠,٠٠٠ لوحة شمسية كواجهات شمسية تُنظّم نوافذ كليرستوري الضوء المباشر على المكاتب من خلال ستائر نوافذ آلية تُفتح وتُغلق على مدار اليوم.

صورة (١٠) ، (١١) : فراغات داخلية لمبنى Google Smart Campus [١٤]

بيئة عمل مدروسة وملائمة وصحية

التصميم المُركّز على الإنسان جميع المفاهيم القديمة للعمل، من خلال تصوّر مساحات تُمكّن التعاون وتُعزّز الحوار وتتماشى مع احتياجات الموظف اليومية القائمة على المهام. حيث أن التصميمات الداخلية على شكل طابقين، الطابق السفلي متسع مستوحى من مفهوم السوق، مما يشجع على التعاون، بينما صُمم الطابق العلوي ليضم مساحات مخصصة للمهام وأنظمة التعاون . ويتصل الطابقان عبر ساحات داخلية تتفرع إلى مناطق مشتركة ومقاهي ، مما ساهم في تجديد طريقة تعاون الأفراد . حيث يربط مشاعر الناس ويساعدهم على التأقلم بشكل أفضل مع تغيرات الزمن والتكنولوجيا.



صورة (١٢) ، (١٣) : فراغات داخلية لمبنى Google Smart Campus [١٤]

دمج الحرم الجامعي مبادئ تصميمية صديقة للبيئة، تشمل الخضرة وضوء النهار الطبيعي وإطلالات خارجية من كل مكتب، ولإزالة السموم وخلق بيئة صحية قدر الإمكان، قام الفريق بفحص آلاف المنتجات والمواد المستخدمة في البناء - كل شيء من بلاط السجاد والدهانات والأنابيب والخشب الرقائقي والأثاث تم تقييمه باستخدام القائمة الحمراء لتحدي المباني الحية كإطار عمل(١٤) ، (١٥)

٢-٥ مبنى "The Edge" في هولندا

هو مبنى إداري بمدينة امستردام بهولندا بإرتفاع ١٥ طابقاً، من تصميم PLP Architecture ، والمبنى حصل على أعلى درجة من نظام التقييم BREEAM في عام ٢٠١٦م.

ويُعد من أذكى مباني العالم، حيث يستخدم أكثر من ٢٨،٠٠٠ حساس، ويتحكم الذكاء الاصطناعي في كل جانب من البيئة الداخلية، ما أدى إلى تقليل استهلاك الطاقة بنسبة ٧٠% (٤)

الأنظمة التكنولوجية الذكية بالمبنىTechnological Features

تميز المبنى باعتماده على التكنولوجيا بشكل عام والتكنولوجيا الرقمية بشكل خاص حيث يعد من أكثر المباني الأدارية ذكاءاً حول العالم لما يحمل من تقنيات تجعله يخلق بيئة عمل ملهمة. من اهم هذه الانظمة والاليات مايلي:

الواجهات المزدوجة

-يعمل الفناء الدخلي الملاصق لطبقة الزجاج مع الزجاج الخاص بالمكاتب كواجهة مزدوجة متعددة الطوابق Multi story DSF.

صورة (١٤) الزجاج المزدوج DFS في مبنىThe Edge (١٨)

أنظمة التظليل

-تزيد النوافذ العميقة من مساحة الظلال بالواجهة الجنوبية، على الرغم من التعرض المباشر للشمس.

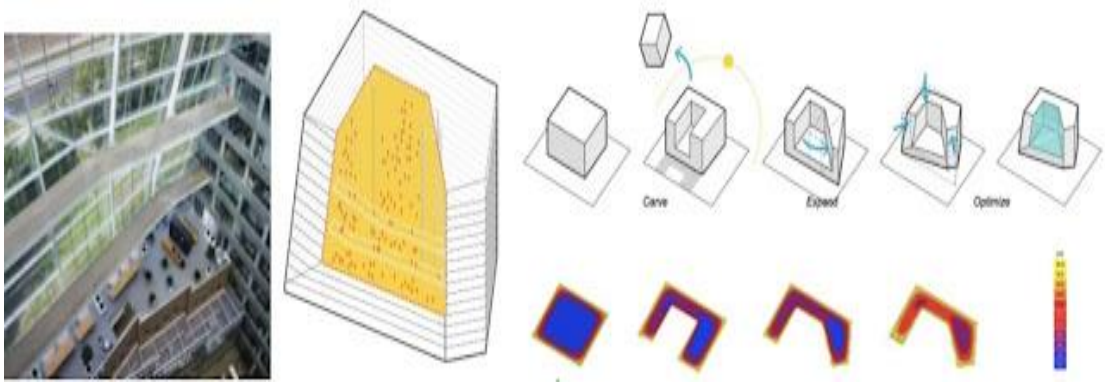
-الواجهة الجنوبي عبارة عن وحدات متبادلة من الألواح الشمسية والنوافذ السميكة التي تساعد على تنظيم الحرارة, وتحقيق الراحة الحرارية, تقليل الحاجة إلى ظلال.

- تعمل النوافذ المنظمة للحرارة بشكل تلقائي من خلال الإتصال بالمستشعرات الخاصة بضبط درجة الحرارة.

صورة (١٥) تظليل الواجهة الجنوبية بالألواح الشمسية والنوافذ المنظمة للحرارة والظل بالمبنى (١٨)

أنظمة ضوء النهار

يعتمد غلاف المبنى في تصميمه على مسار الشمس. فيملأ الفناء المبنى بضوء النهار الشمالي بينما تحمي الألواح الشمسية الموجودة على الواجهة الجنوبية مساحات العمل من الشمس



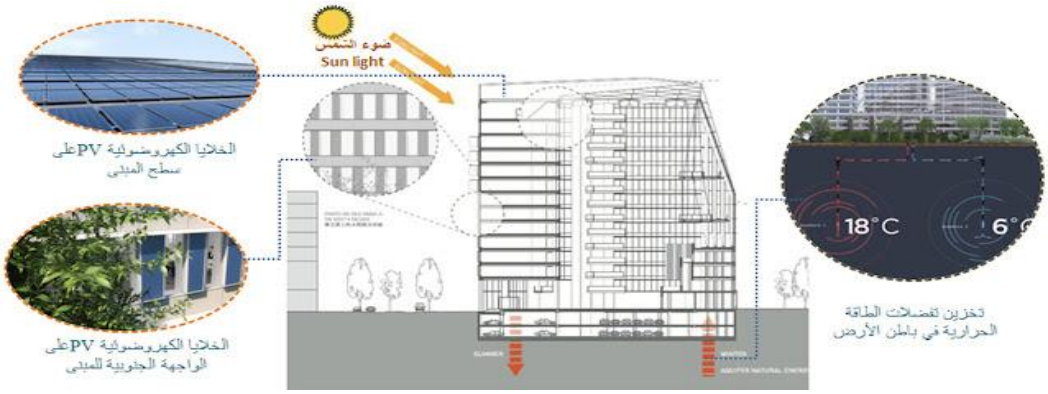
شكل (٣) توجيه كتلة المبنى تبعاً لحركة الشمس ودور الفناء في تعظيم ضوء النهار (١٨)

أنظمة كفاءة الطاقة و المياه

أ - أنظمة توليد الطاقة

-يعتمد المبنى بشكل كليّ على الطاقة الشمسيّة، حيث يضم ٧٢٠ م٢ من الألواح الشمسيةPV على الواجهة الجنوبية من المبنى بالإضافة إلى ١،٠٨٦ م٢ أخرى على السطح؛ تقوم بتوليد الطاقة الكهربية اللازمة للمبنى.

-توفر الألواح الشمسية بسقف المبنى الكهرباء لتخزين الطاقة الحرارية بخزان المياه الجوفية الذي يولد جميع الطاقة اللازمة لتدفئة وتبريد المبنى .



شكل (٤) أنظمة الطاقة المتجددة في بمبنى The Edge (18)

ب - أنظمة إدارة الطاقة

-يعتمد المبنى على نظام التحكم الذكي HCRT ويكمله نظام الإضاءة الذكي من شركة فليبس تطبيق مخصص من فيليبس على هواتفهم الذكية أو الأجهزة اللوحية. إن مصابيح LED الـ ٦،٠٠٠ المنخفضة الطاقة في المبنى متصلة بذكاء بالضوء الطبيعي ودرجة الحرارة وأجهزة الاستشعار بالأشعة تحت الحمراء والحركة، وتعمل فقط عند الحاجة. توفر هذه المصابيح الذكية إضاءة بمعدل ٣٠٠ لوكس بدلاً من ٥٠٠ لوكس المعتادة، مما ينتج عنه كفاءة طاقة تبلغ ٣,٩ واط/م² مقارنة بـ ٨ واط/م²المعتاد. .

-يمكن للمستخدم التحكم في المناخ والإضاءة (كليهما) عبر الهاتف الذكي أو الجهاز اللوحي. .

-تم دمج ٣٠،٠٠٠ مستشعر (ضوء النهار، والإشغال، والحركة، والرطوبة، ودرجة الحرارة، وثاني أكسيد الكربون) مما يحقق الكفاءة في إسنهلاك الطاقة.

-نظام التدفئة والتبريد ونظام :DHW نظام حراري جوفي يعتمد على التخزين الحراري لخزان المياه الجوفية الذي يضخ المياه الباردة والدافئة إلى داخل المبنى وخارجها، حسب المناخ الداخلي والخارجي. يمكن تشغيل المضخات ووحدة المبخر عن طريق الكهرباء المتجددة.

شكل (٥) التهوية الميكانيكية بنظام المبادل الحراري المزدوج التدفق بمبنيThe Edge (١٨)

ج - أنظمة الحفاظ على المياه

-إستخدم المبنى أنظمة ذكية لتجميع مياه الأمطار وتخزينها وإعادة إستخدامها في ري الحدائق والمرافق الصحية.

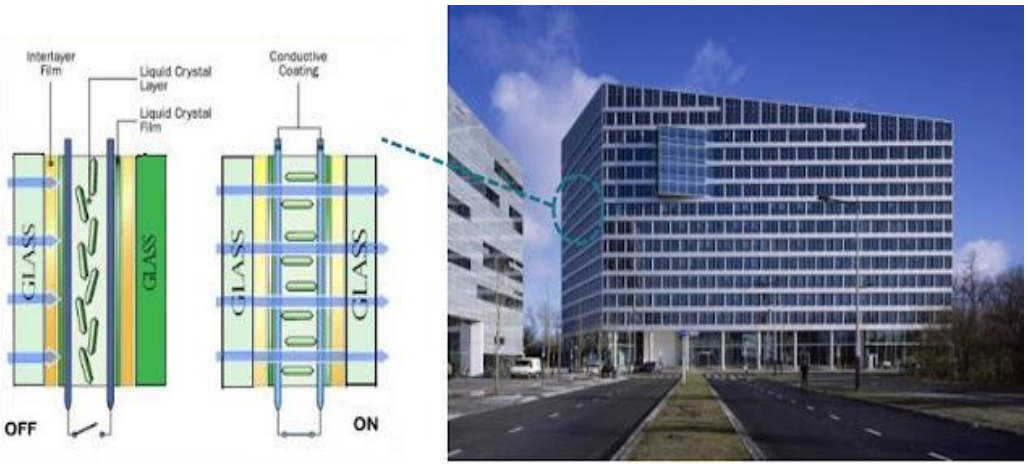
أنظمة الأمن والسلامة

-يعتمد المبنى على أنظمة تكنولوجية للأمن والسلامة من أهمها: المداخل الذكية، وكاميرات المراقبة، وأنذارات الحريق والسرقة، كما أستخدم المبنى الريبوتات الصغيرة في حراسة المداخل ليلاً.

المواد الذكيه

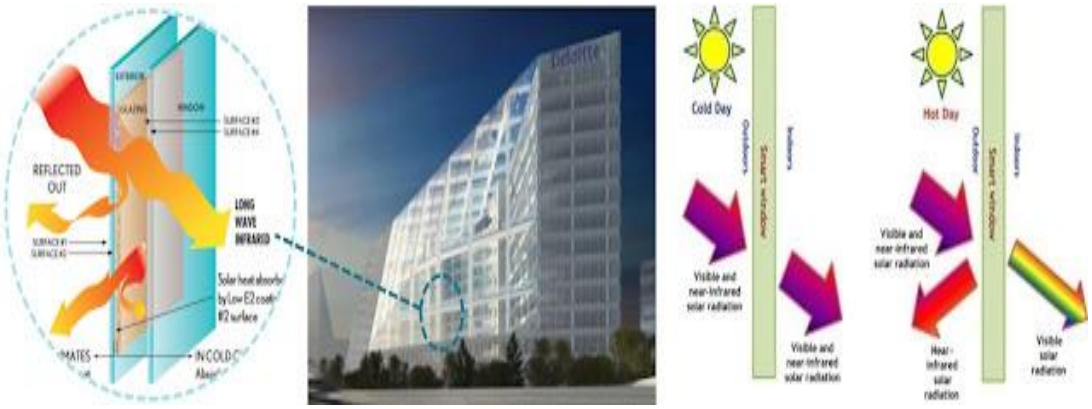
الغبار الذكي: يستخدم المبنى تقنية الغبار الذكي كأنظمة إستشعار تحيط الغلاف من الداخل لتدعم التفاعل التلقائي للمبنى مع تغيرات الحرارة والضوء.

زجاج البلورات السائلة:استخدم المبنى زجاج البلورات السائلة الذكي في الواجهة الجنوبية والشرقية والغربية لتوفير الظلال عند الحاجة, حيث يعمل أوتوماتيكيا في حالة الحاجة إلى التظليل تبعاً لأنظمة الإستشعار.



شكل (٦) زجاج البلورات السائلة السميك الذي يدعم الحماية من أشعة الشمس عند الحاجة بمبنىThe Edge (١٨)

الزجاج الحراري:إستُخدم الزجاج الحراري في الواجهة الشمالية بنسبة ٧٠٪ منها، مما يسمح للجزء الداخلي بالاستفادة من أشعة الشمس غير المباشرة دون زيادة في الحرارة, وبالتالي توفير ضوء النهار Daylight دون إكتساب حرارة.



شكل (٧) الزجاج الحراري الذي يدعم ضوء النهار دون كسب حراري بمبنىThe Edge [١٨]

إضاءة النانو LED:نظام إضاءة LED الذي يدعمه Ethernet مع ٣٠،٠٠٠ مستشعر لقياس الإشغالات والحركة ومستويات الإضاءة والرطوبة ودرجة الحرارة باستمرار، مما يسمح بتعديل استهلاك الطاقة تلقائيًا . (١٨)

شكل (٨) أنظمة الأضاءة LED وأجهزة الإستشعار الملحقة بها بمبنى The Edge

٦-التحديات والمعوقات

٦-١ التكلفة العالية

يُعد الاستثمار الأولي في تركيب الحساسات والأنظمة الذكية مرتفعًا نسبيًا، مما قد يكون عائقًا خصوصًا في المنشآت الصغيرة والمتوسطة [٣].

٦-٢ نقص الكوادر المؤهلة

تتطلب هذه الأنظمة مهارات متقدمة في البيانات والبرمجة والهندسة البيئية، وهو ما يشكل تحديًا في بعض البلدان [٣].

٦-٣ قضايا الخصوصية والأمان

جمع بيانات دقيقة عن المستخدمين قد يثير مخاوف تتعلق بخصوصية المعلومات وسهولة اختراق النظام [٤].

٦-٤ التوافق مع البنية التحتية القديمة

تواجه المنشآت القائمة صعوبات في دمج أنظمة الذكاء الاصطناعي بسبب عدم توافق البنية التحتية التقليدية مع الأنظمة الذكية (٩)

النتائج:

أظهرت النتائج فاعلية الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة موارد الطاقة داخل المباني، من خلال :

-ترشيد الاستهلاك .

-تقليل الأخطاء البشرية .

-تحقيق أداء بيئي أكثر كفاءة .

التوصيات

- تشجيع الاستثمار في البحث والتطوير في مجال المباني الذكية
- تقديم حوافز للمؤسسات التي تستخدم أنظمة AI لتحسين كفاءة الطاقة.
- تدريب كوادر وطنية على استخدام وتطوير هذه الأنظمة
- تشجيع الشراكة بين القطاعين العام والخاص لتطبيق الذكاء الاصطناعي في المنشآت الحكومية .

الخاتمة

يمثل الذكاء الاصطناعي ثورة حقيقية في مجال إدارة التحكم البيئي للفراغات الداخلية داخل المنشآت، إذ يقدم حلولًا فعالة لزيادة الراحة وتقليل التكاليف وتحقيق الاستدامة. ومع ذلك، فإن نجاح هذه التقنية يتطلب توافر بيئة تنظيمية وتقنية ومجتمعية تدعم تبنيها .

المراجع

مراجع عربية

١-العدوي. منى سعيد، (٢٠١٩)،"دور التكنولوجيا في تطبيق مبادئ العمارة الخضراء"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة بشبرا، جامعة بنها، مصر .

١-aleadwi. minaa saeid, (2019),"dur altiknulujia fi tatbiq mabadi aleimarat alkhadra'a", risalat majistir, kuliyat alhandasat bishibra, jamieat binha, misr .

٢-خورشيد، ك. م.، وحسن، م. س. (٢٠٢٤). دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الصيانة المستدامة في المباني السكنية. مجلةهندسة جامعة الأزهر، ٤٥(١)، ١–١٥.

2-khurshid, ka. mi., wahasanu, m. s. (2024). dawr aldhaka' aliastinaeii fi tahqiq alsiyanat almustadamat fi almabani alsakaniati. majalatihandasat jamieat al'azhar, 45(1), 1-15.

3-عبدالرحمن، محمد* .(2022) .الذكاء الاصطناعي والتحكم البيئي في الأبنية الذكية .*مجلة التكنولوجيا والتنمية، جامعة القاهرة.

3-eabdalrahman, muhamadu. (2022). *aldhaka' aliastinaeii waltahakum albiyiyu fi al'abniat aldhakiati*. majalat altiknulujia waltanmiati, jamieat alqahirati.

4-وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، مصر* .(2023) .دليل المباني الذكية وتحسين كفاءة الطاقة.

4-wizarat alkahraba' waltaaqat almutajadidati, masr. (2023). *dalil almabani aldhakiat watahsin kafa'at altaaqati.

مراجع أجنبية

[٥] Al-Sarawi, S. et al. (2019). *Internet of Things (IoT) Communication Protocols*. Electronics Journal.

[٦] Al-Turjman, F. (2020). *Intelligence in IoT-enabled Smart Buildings*. Springer.

[٧] Edmondson. Amy& Reynolds. Susan, (2016), "Building the Future: Big Teaming for Audacious Innovation", Berrett-Koehler Publishers, Oakland, U.S.A.

[٨] International Energy Agency (IEA). (2021). *Smart Buildings: Energy Efficiency and AI*.
[٩] Wang, S. & Ma, Z. (2008). *Supervisory and Optimal Control of Building HVAC Systems: A Review*. HVAC&R Research.

مواقع انترنت

[10] https://www.archdiwanya.com/2022/04/TheEdge.html[i]
[11] http//smartgeekhome.com/smart-device-types
دور الذكاء الاصطناعي في تحقيق الصيانة المستدامة في المباني السكنية
[١2] https://www.archdiwanya.com/2022/03/Smart-Materials.html
[١3] https://www.archdiwanya.com/2022/03/Intelligent-Building.html
[١4] https://studios.com/google-bay-view.html
[١5] https://parametric-architecture.com/googles-bay-view-campus-the-great-intersection-of-sustainability-technology-and-the-workplace
[١6] https://www.mokosmart.com/internet-of-things-sensors/
[١٧]https://www.archdiwanya.com/2022/04/Passive-Techniques.html
[١٨] https://www.archdiwanya.com/2022/04/TheEdge.html

[i] تصميم الباحثين

[i] تصميم الباحثين [i]