الاستفادة من العمارة الذكية في ايجاد معايير خاصة بالتصميم الداخلي

Taking advantage of smart architecture to find standards for interior design

أ.د/ علي محمد سنوسي

استاذ تصميم المنشات السياحية بقسم التصميم الداخلي والاثاث

ووكيل كلية الفنون التطبيقية لشئون التعليم والطلاب الاسبق

Prof. Ali Mohamed Senosy

Professor of Design of Tourist Facilities at the Department of Interior Design and Furniture and former Vice Dean of the College of Applied Arts for Education and Student Affairs

م.م/ هدير سيد محمد محمد اسماعيل

مدرس مساعد بالمعهد العالي للفنون التطبيقية – بمدينة 6 أكتوبر

Assist. Lect. Hadir Said Mohamed

Assistant Lecturer at the Higher Institute of Applied Arts - 6th of October City

dodo_hadeer@yahoo.com

ملخص البحث: Abstract

تطور التقنيات الحديثة وأنظمة الكمبيوتر المتكاملة أحدث تحول كبير فى صناعة البناء، مما أدى إلى ظهور مفهوم " المبانى الذكية " فلم يعد الطلب على هذا النوع من المبانى من أجل الرفاهيه فقط بل أصبح من الضرورى لما لها من مميزات متعددة، كإنخفاض استهلاك الطاقة والمياه، وتقليل تكاليف التشغيل بالاضافة الى زيادة الانتاجيه و توفير الراحة للمستعملين، لذلك تساهم المباني الذكية في التأثير إيجابيا" على البيئة الطبيعية و صحة المستعملين. وعلى سبيل المثال يعد قطاع المبانى الادارية من أكثر القطاعات إستهلاكا للطاقة فى العديد من البلدان، يهدف هذا البحث الى توضيح أثر الأنظمة الذكية على ترشيد استهلاك الطاقة داخل المبانى الذكية وتوضيح ان العمارة الذكية لها مميزات بيئية عديدة وذلك من خلال تحليل عدد من المبانى الذكية، للتحقق من معدل ترشيد استهلاك الطاقة لهذا النوع من المبانى وكذلك التأكيد على دور التقنيات والأنظمة الذكية على بيئة المبنى .

وظهرت المبانى الذكية كنتيجة مباشرة للتطور العلمى والتكنولوجى ومع الوقت أختلف مفهوم المبانى الذكية.

كلمات الانفتاحيه: Keywords

العمارة الذكية- المباني الذكية-الخامات الذكية-التكنولوجيا-النظم الذكية-التكنولوجيا الذكية المستدامة.

Abstract

Smart cities and environments are defined as “a public-private ecosystem that provides services to citizens and their organizations with strong support from technology, and looks at the social and economic impact on society.” Life by adapting the existing ecosystems as well as linking them with the information network to reuse where smart cities represent information to create a creative creative environment that contributes to the development of sustainable and smart environments. The connecting factor between multiple disciplines, constantly shaped by advances in technology and urban development. Smart cities have also been defined as social entities that focus on human interaction and support their activities through technology.

We conclude from this that practical solutions that allow us to easily connect smart devices and data and connect them through the Internet of Things, contribute effectively to creating smart environments and cities that support human development in all its fields and contribute to shaping its newly developed smart environments that contribute, maintain and support the principles of sustainability through Supporting renewable energy systems as well as the ability to monitor and control their consumption and provide their resources.

Keywords:
Smart architecture, smart buildings, smart materials, technology, smart systems

مقدمه: Introduction

شهد العالم في السنوات الأخيرة تكاملا واضحا بين مختلف فروع العلوم، وفي ظل التطورات العلمية التي نشهدها في العصر الحديث في كافة الأتجاهات ، أصبح من الضروري أن تتفاعل العمارة مع هذه المتغيرات وأن تحتوى منظومة المنتج المعماري على كافة الأنظمة التكنولوجية الممكن تطبيقها لإنجاح آليات عمل المبنى ، يظهر هذا في تحقيق الجوانب الوظيفية بوضوح بالإضافة إلي توظيف أخر ما توصل إليه العلم من تقنيات حديثه ، بما يشمله من أستخدام جميع الأدوات والتقنيات التكنولوجيه المتاحة و توظيفها في المباني

و أنتجت هذه العوامل والمؤثرات ما يسمى " بالعمارة الذكية " والتي تعتبر من أبرز مظاهر الألفية الجديدة ، وهى تعتمد على أستخدام الأساليب التكنولوجية والتقنيات الحديثة و تكنولوجيا المعلومات التى تعمل بصورة متكاملة ، حتى يؤدى المبنى وظيفته بطريقة تلائم العصر.و منذ أواخر القرن العشرين زادت التوقعات والتطلعات لأنتاج نمط حياة أكثر حداثة ومرونة وراحة. وفي الوقت نفسه شهدت التقنيات المتطورة والذكاء الاصطناعي والروبوتات وتكنولوجيات أنترنت الأشياء قفزات كبيرة في التقدم. وقد تطورت التكنولوجيا في عمليتها وجدواها الاقتصادية، بسبب معايير الصناعة، وزيادة الطلب في السوق، والتخفيضات الكبيرة في التكلفة التي أتاحت التكنولوجيا لعدد أكبر من الناس.

مشكلة البحث Statement of the problem

تتمثل مشكلة البحث فيمايلي:

– ندرة الاعتماد على النظم الذكية في تشغيل وترشيد الاستهلاك الغير المنظم لموارد الطاقة في الفراغات الداخلية.

– قلة أستخدام النظم الذكية في المدن مما أدي إلى أرتفاع نسب التلوث في المدن وتفاقم المشاكل البيئية بها.

research importance أهمية البحث

-يتناول دراسة مفهوم العمارة الذكية وخصائصها ومتطلباتها التصميمية ،وآليات تطبيق العمارة الذكية عليها.

-يختص البحث بالمباني الذكية كونها مباني حيوية ومرآة لواقع التطور التكنولوجي للمجتمع.

-التعرف علي معوقات تطبيق العمارة الذكية في المباني.

-كيفية معالجة المباني لتصبح أكثر تكنولوجية واستجابة للظروف الداخلية والخارجية من خلال تطبيق العمارة الذكية.

أهداف البحث Objective

يهدف هذا البحث إلى ايجاد معايير خاصة للتصميم الداخلي مستمده من فكر العمارة الذكية مع تطويع النظم المستحدثة في المباني وربطها بالعمليات التصميمية والتي تساعد بالتالي في خلق فراغات داخلية مستدامة .

منهجية البحثMethodology

١-المنهج الإستقرائي من خلال الدراسات السابقة والمراجع العلمية .

٢-المنهج التحليلى النقدى من خلال الدراسات التحليلية للعمارة الذكية وخصائصها ومتطلباتها .

الاطار النظري : Theoretical framework

أولا: العمارة الذكية ثمرة التصالح بين البيئة والتكنولوجيا

التكنولوجيا قديمة قدم الإنسان الذي وفر لنفسه احتياجاته المادية والروحية دون أن يكون عالما بالمعنى الحديث للكلمة، فكانت أكثر ملائمة للبيئة من بعض التكنولوجيات الحديثة التي تطبق معارف علمية لا يتجاوز عمرها بضع مئات من السنين، لكن بعد الحرب العالمية الثانية ازداد السخط على التكنولوجيا بسبب الآثار التي نجمت عن الحرب[١]

١-تعريف المبنى الذكي smart building

ظهرت فكرة المبني الذكي لدعم التواصل بين أنظمة المبني بما فيها من تكييف وتهوية وأنظمة الأمن والسلامة وغيرها من الأنظمة الأخرى، بهدف تحقيق احتياجات مستخدمي المبنى ّ وزيادة الكفاءة الانتاجية والعائد الإستثماري للمبنى.[٢]

٢-مفهوم التكنولوجيا The concept of technology

تناول الكثير من الباحثين مفهوم التكنولوجيا والتطور التكنولوجي بالبحث والتحليل، فعرفت التكنولوجيا بأنها كل ما ينتج عن استخدام البحث العلمي سواء لخلق منتجات أو أساليب جديدة أو تطور الأساليب الحالية كما وكيفية شاملة في تلك الأنشطة الصناعية والإدارية والخدمية، **كما يعرف التطور التكنولوجي بأنه:**

- منظومة أساليب عمل وأداء متبادل ما بين الإنسان والآلة تحوى في مضمونها ذكاء متراكما.
- مجموعة الأساليب والأدوات التي يستخدمها المجتمع في إنتاج احتياجاته ومتطلباته وفي إنجاز وظائفه المختلفة.
- مقدار الاستفادة من الفكر الإنساني لتطويع المادة واستخدامها في خدمة العلم والبشرية.

وبصفة عامة تبحث التكنولوجيا في تحقيق أفضل النتائج بأقل جهد ممكن في كافة مجالات الحياة، الإنسانية، الرياضية، الفنية، الروحية، الدفاعية، الحربية، العلاجية وأيضا وسائل الاتصال والمواصلات والتكنولوجيا في مجال العمارة، بالإضافة إلى كونها الوسيلة التي يتم البناء من خلالها في ظل توافر المواد والأدوات اللازمة، فهي تعتمد على الفكر المتجدد الدائم الذي يحقق أقصى استغلال لمواد البناء ونظم الإنشاء ووسائل التنفيذ بأقصى كفاءة وأقل جهد وأجمل تشكيل.

٣-مفهوم المباني الذكية smart buildings

المقصود بذكاء المباني التعرف على إدراك التغير في الظروف الخارجية والداخلية والاستجابة والتوافق برد فعل مناسب لتلك التغيرات بهدف الحصول على أفضل استغلال للمصادر وتحسين البيئة الداخلية وراحة الشاغلين، من الناحية الأخرى فإن المباني الغير ذكية هي المباني التي تتصف بسكون وعدم القدرة على الاستجابة.

المبنى الذكي هو ذلك المبنى المنظم والمعدل بواسطة الذكاء الاصطناعي، وله القدرة على الاستجابة والتكيف وكذلك توقع الظروف والأحوال والقوى المؤثرة على المبنى، كما أنه يستجيب للوظائف وللبيئة من خلال التقنية، ومثل هذا المبني يمكنه تغيير لونه وهيئة غلافه وتوجيهه وتكوينه.

ومصطلح المبنى الذكي يطلق على تلك المباني التي تحتوي على مستويات عالية للتكنولوجيا الصناعية المتقبلة التي تقبل أيضا على تكييف بيئتها الداخلية استجابة للأحوال والقوى الخارجية، والملاحظ أن تعريف المبنى ذاته يختلف بمرور الزمن، وقد عرف المبنى الذكي بعد ذلك عام ١٩٩٤ م، بأنه المبنى الذي يعظم كفاءة الشاغلين وفي نفس الوقت يقلل التكاليف المرتبطة بتشغيله، ويعرف أيضا بأنه المبنى الذي يساعد المنظمة على أداء وظائفها، الأمر الذي يوضح صعوبة الوصول إلى تعريفا موحدا للمباني الذكية حتى الآن.[٣]

٤-النظم الذكية المستخدمه في التصميم

منذ أوائل الثمانينات حاولت عدة منظمات وضع تعريف للمباني "الذكية". وقد أسفرت هذه المحاولات عن العديد من التعاريف وكلها ذات مستويات مختلفة من التفصيل ودرجات متفاوتة من التركيز على العديد من جوانب المبنى الذكي .

والعلاقة المتبادلة بينهما تقوم بتلبية احتياجات شاغليها مع التركيز على الحلول التكنولوجية. واظهرت مجموعة المباني الذكية الأوروبية تعريف جديد يشير إلى أن البناء الذكي يقوم على بيئة التصميم التي تزيد من فعالية المباني مع تمكين الإدارة الفعالة للموارد التي تؤدي إلى تقليل تكاليف الحياه لأشخاص وتسليط الأضواء على احتياجات شاغليها لتخدمها التكنولوجيا.

يعرف التعريف الأصلي الذي صاغه معهد المباني الذكية المبنى الذكي الذي يوفر بيئة مثمرة وفعالة من حيث التكلفة من خلال الاستفادة المثلى من أربعة عناصر أساسية هي[٥]:

1 .الهيكل ٢ - النظم ٣- الخدمات ٤- الإدارة

وقد ولدت الجمعيات المعمارية في جميع أنحاء آسيا تعريفات كثيرة حيث تم تصميم وبناء المباني الذكية على رسم الخرائط المناسبة من الوحدات التكنولوجية ذات الجودة مع مرافق البناء لتلبيلة متطلبات المستخدم. ويستند التعريف الأخير إلى ظهور تكنولوجيات إنترنت الأشياء IoT أي أن التصميم الذكي سوف يتراكب على شبكة الإنترنت ومنصات الإنترنت وقواعد البيانات التي تجمع وتحلل جميع بيانات خدمات المباني دون تدخل البشر .استنادا إلى التعاريف السابقة، يمكن تفسير التصميم الداخلي الذكي على أنه الذي ينبغي فيه دمج الحلول الإبداعيلة والتقنية مع المواد الذكية والأثاث والأجهزة وأجهزة الاستشعار، في حين ينبغي التحكم في جميع الوظائف والتواصل معاً من خلال شبكة الإنترنت وتطبيقات الهاتف المتحرك مع نظام تحليل موثوق به قادر على الاستجابة بسرعة لطلبات شاغليه وتقرير الطريقة الأكثر كفاءة لتوفير الراحة والسلامة والبيئة الإنتاجية لتعزيز نوعية الفراغ لمستخدميه.

٥-أنواع نظم أتمته المباني أو (التشغيل الآلي للمباني .building automation systems)

BAS -1

هو مجموعة شاملة من أجهزة الاستشعار وأجهزة الإخراج التي تهدف إلى إنجاز مهام محددة، وتتكون من عناصر توفير عدد من الوظائف المختلفة، فأجهزة الاستشعار تحدد وتراقب أداء واحد أو أكثر من النظم المناخية الداخلية مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية والضغط والتهوية وتكييف الهواء. وتقوم أجهزة الإخراج بإرسال إشارات إلكترونية أو عمل ميكانيكي للتحكم في أجهزة مثل التبديلات ومشغلات الصمامات .

2- النظام الثاني

للمبنى الذكي فهو نظام متكامل يخلق سيطرة مركزية ومتزامنة على الأنظمة المناخية الداخلية بالإضافة إلى الإضاءة والأمن وإخماد الحرائق وغيرها من الأنظمة. ويدير هذا النظام المتكامل البيئة المحلية ويتحكم في استخدام الطاقة.

3- النظام الثالث

هو نظام إنترنت الأشياء حيث يقوم المصممون بتثبيت أجهزة استشعار إنترنت الأشياء بشكل متزايد في الهياكل الداخلية لغرض جمع البيانات حول الحركة والحرارة والضوء واستخدام المساحة .تحليل هذه المعلومات يتحول الي تصميم ذكي له قدرة على استجابة تغييرات شخصية لبيئة المبنى في الوقت الحقيقي وبالتالي تناسب شاغليها وتقديم تتبع الأستخدام الشامل لإدارة استهلاك الموارد.

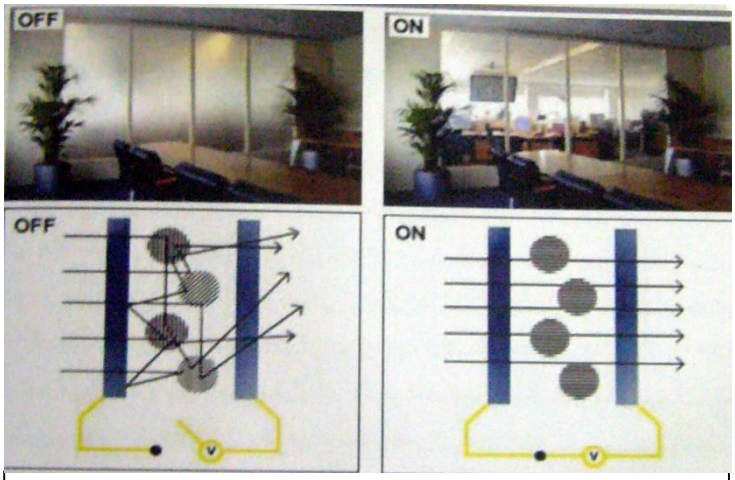
٦-الخصائص الرئيسية للمباني الذكية

- **التغيرات التي تستجيب لها الواجهة الذكية:**

إذا كانت المباني الذكية تتصف بقدرتها على الاستجابة فإن ما تستجيب له هو:

1. تغير المناخ على مدار اليوم والسنة: سواء كانت التغيرات في درجة الحرارة، أو في شدة الإضاءة الطبيعية، أو حالة السماء ووضع السحاب، أو حركة الرياح، أو مستويات الضوضاء، بهدف الاستغلال الأمثل للمواد الطبيعية كالاستفادة من التبريد الليلي لتوفير التدفئة النهارية .
2. تغيرات البيئة الخارجية: الاستجابة لتغير مستويات شغل المكان والتغير في أوضاع وأحمال أجهزة المكان.
3. تغيرات البيئة الداخلية: رصد حالة البيئة الداخلية وزيادة وتخفيض كميات التبريد والتدفئة عند الحاجة لذلك.

٧-المقصود بالخامات الذكية



صورة (١) طبقة سائل كريستالي مدمجة بين الألواح الزجاجية يتم تعديل نفاذيتها للضوء والرؤية كهربائيا.

"الخامات الذكية "هو مصطلح دائماً ما نتداوله و لكن دون ان نحدد المقصود بهذا المصطلح بالتحديد ، و لكن لا يوجد إتفاق عام على المعنى الدقيق لهذا المصطلح . و بنظرة سريعة على المعنى اللغوى لهذا المصطلح نجد انه يستخدم للإشارة الى العلاقة التبادلية بين الخامات و الأنظمة . اما مؤسسة ناسا فقد قامت بتعريف الخامات الذكية بأنه الخامات التى تتذكر الشكل والهيئة التى عليها هذا الشكل و تستطيع ان تطابقها حينما تتعرض لمثير او محفزّ .هناك تعريف آخر اكثر وضوحاً فى موسوعة التكنولوجيا الكيميائية و هو : " الخامات الذكية و الانظمة الذكية هى تلك الأشياء التى تشعر بالأحداث البيئية و تقوم بإجراء عمليات على تلك المعلومات التى حصلت عليها ثم تقوم بعد ذلك بالتأثير على البيئة المحيطة بها " اى انها مواد تمتلك قدرة ذاتية لمواجهة اى طارئ خارجى و ذلك بهدف

الرد على المحفزات و التغيرات البيئية . وعليه فإن حدوث تغيير فى احد البراميترات الخارجية تقوم المواد الذكية برد فعل يتمثل فى إحداث تغيرات فى احد خصائصها سواء الميكانيكية او الكهربية او فى هيئتها الخارجية او انشطتها الوظيفية. المواد الذكية غالباً ما يستعان بها فى تلك المنتجات او النظم التى يكون من اهم متطلبات تصميمها القدرة على إتخاذ ردود افعال متغيرة و مقبولة تقابل إحتياجات الأداء الوظيفى لها علماً بأن هذه المحفزات يمكن ان تنشأ داخلياً او خارجياً[٧]. و مما سبق نخلص الى ان المواد الذكية و النظم الذكية هى انظمة تشتمل على مجسات و مشغلات ميكانيكية و التى إما طمرت فيها او ربطت بها لتصبح عنصر مكمل من مكونات النظام الخاصة به و هى التى تكون كيانه و يقع على عاتقها مسئولية التصرف و الرد بطريقة متوقعة تجاه اى متغيرات خارجية بصورة تماثل فى النهاية نمط يحاكى الوظائف الحيوية.

الجدير بالذكر بأن المواد الذكية لها القدرة على الاستجابة للمثيرات الخارجية بطريقة متوقعة من قبل، ويعرف "بيتر جاردينر Peter Gardiner" و ستيوارت بايلي Stuart Bailey" المواد الذكية بأنها المواد التي يمكنها التكييف مع الشكل الخارجي والتهوية كاستجابة لتغيرات البيئة، وتتم الإثارة

عن طريق الحرارة والضغط بحيث يمكنها إحداث رد فعل التغير

في اللون أو "البصمة الكهربائية

Electrical Signature"، وسيتم التعرض لها لاحقا.

صورة (٢)
اقتراح "Mike Davies" للواجهات "Polyvalent Wall" الذي يفترض فيه عدة طبقات للغلاف الخارجي للمبنى تتحكم في وظائف التحكم الحراري والعزل.

٨-الواجهات الذكية

الواجهة الذكية تعتبر جزء من كل، فهي جزء من المبنى لا توصف بالذكاء إلا إذا كانت تتميز بالقدرة على التوافق لوضع معين استجابة لتغيير معين متوقع، والواجهات الزجاجية الذكية يمكنها التوافق بطريقة ديناميكية غالبا ما تتم بالحياة لتغيرات الضوء والأحوال الجوية من خلال الوقاية الحرارية ذاتية التنظيم وقياسات التحكم الحراري بهدف تقليل الطاقة المستهلكة والارتقاء بمستوى البنية الداخلية.

والواجهات الذكية هي التي تدمج العديد من الوسائل ذات القابلية للتعديل والتحكم الذي له كمطلب للمناخ، هذه القدرة تعطى الواجهة المقدرة على قبول أو رفض الطاقة الحرارة من البيئة الخارجية، وهذا يقلل من الطاقة المطلوبة لتحقيق بيئة داخلية مريحة، وتعرف الواجهة الذكية بأنها القادرة على توفيق نفسها ذاتيا لتزود بالاستجابة الحرارية المثالية لأي مجموعة معلومة من الأحوال المناخية الخارجية ومتطلبات الشاغلين والتوجيه ونوع المبنى.

٩-"مواد البناء الذكية Smart Building Materials"

بدأ الاهتمام بهذه النوعية من المواد بين الباحثين ورجال الصناعة منذ أواخر الثمانينيات، وهذا التحول والتطور الهائل الذي حدث لمواد البناء سيؤدي إلى ظهور مواد جديدة أكثر تطورا ومعالجة بتقنيات تكنولوجية إلكترونية عالية يطلق عليها المواد الذكية.وتعتمد فكرة المواد الذكية على مبدأ مقتبس من الإنسان وطبيعته البيولوجية، فهي مصممة بشكل يمكنها من الاستجابة للمتغيرات الخارجية بطريقة تلقائية، بحيث توزع بعض المشغلات والمجسات الإلكترونية خلال المادة، مما ينتج عنه تطور جذري في خصائص المادة ويعطيها القدرة على الاستجابة للمتغيرات الحادثة من حولها، والتفاعل معها بما يلاءم الوظيفة

التي أعدت من أجلها.وبالتالي يتحول أداء المادة التقليدي إلى أداء غير تقليدي، وهو ما يترتب عليه تحرر المصمم من مواد وأساليب تنفيذ التصميم التقليدية، والاعتماد على هذه المواد وتطويعها لخدمة أهدافه وتحقيق أفكاره وآرائه الخاصة في عمارة المستقبل.وتفتح الدراسات العلمية الخصبة في علم الأحياء المجال للوصول إلى تقنيات وأفكار جديدة في تكنولوجيا المواد الذكية، معتمدة في ذلك على التقليد أو المحاكاة للطبيعة البيولوجية للكائنات الحية، كما تفتح المجال للحصول على أفكار جديدة لمعالجة المواد التقليدية المتوفرة حاليا.

وعلى هذا، يمكن تعريف مواد البناء الذكية على أنها "مواد تتيح قدرا كبيرا من المرونة في الاستخدام، ولها قدرة كبيرة على التكيف مع الظروف المحيطة بالمبنى، والتفاعل معها والتغير بما يلاءم المتغيرات المحيطة وبما يتلاءم مع الوظيفة التي أعدت من أجلها، كما أنه يمكن التحكم في هذه النوعية من المواد عن بعد بواسطة أنظمة إلكترونية متخصصة".[٨]

١٠-"أنواع المواد الذكية Types of Smart Building Material"

تتعدد المواد الذكية وتختلف أشكالها وأنواعها، فكل نوع له القدرات والخصائص التي تميزه وتجعله يندرج تحت مسمى المواد الذكية، فقد قدم معهد "CSIRO" الأسترالي نوعا جديدا من الأسمنت يتميز بأنه خفيف، بيئي، وقابل للتدوير. ويفترض أن يكون إنتاج الإسمنت الجديد بسيطا، أقل كلفة، وأسهل عملا وهو ما يكشفه اسمه "HYSSIL: High-Streng". والاسمنت الجديد عازل خمس مرات أكثر من الاسمنت التقليدي، ولا يكلف كثيرا في النقل بسبب خفة وزنه، كما لا يحتاج إلى آلات كبيرة لخلطه بالماء.

كذلك تحدثت شركة "مول وشركاؤه" من "هانوفر" عن إسفنج حديدي لترشيح ماء الصرف من الكلور وذرات الكربون بالتعاون مع جامعة "برلين" التقنية، تحدث المخترع الأميركي "كانغ ليو" من جامعة "إلينوي" عن تزويد قرميد البناء بمجسات خاصة.

وتحدث "ليو"، وهو أستاذ في هندسة الكومبيوتر، عن قرميد ذكي يمكن استخدامه في البيوت والمستشفيات وبيوت الكبار السن للأخبار عما يجري داخل البيت إلى الكومبيوتر، والسر في الرقاقة الإلكترونية المزروعة داخل القرميد، فهي مزودة بعيون ومجسات تقيس الحرارة والرطوبة والحركة والنيران... الخ من داخل الحجرات، إذ من المعروف أن المجسات السائدة هي أجهزة استشعار تعمل على سطوح المادة وليس داخلها. ويمكن للرقاقة الإلكترونية أن تخبر عن درجة إيصال الجدران للحرارة والكهربائية، درجة الرطوبة وشدة الإضاءة، [٩]وفيما يلي أمثلة لأفكار وسمات بعض المواد الذكية.

١١-بعض تطبيقات المواد الذكية في المبني الذكي

تظهر المواد الذكية في المبنى في عدة عناصر في المبنى :

١-الهيكل الإنشائي (بلاطات – كمرات – أعمدة)

٢– الغلاف الخارجي (حوائط خارجية – كسوات خارجية).

٣ - المعالجات (درجة حرارة – إضاءة – تهوية) .

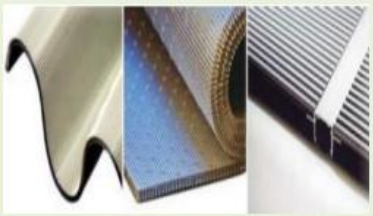
٤ - التشطيبات (أسقف – أرضيات – كسوات داخلية) .

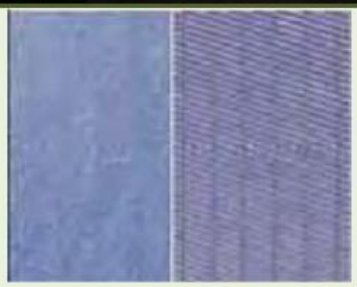
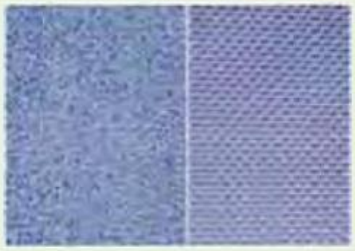
٥-التصميم الداخلي (حوائط داخلية).

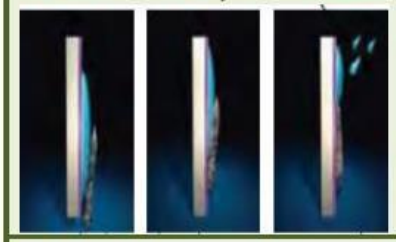
ونظرا لصعوبة عمل دراسة بحثية في المواد الذكية لكافة عناصر المبنى ونظرا لاختصاص البحث في الحد من إستهلاك الطاقة المستخدمة الغير متجددة لإحتياجها الى موسوعة, لذا سيتم الإكتفاء بالمواد الذكية لعنصر تشطيبات الغلاف الخارجي.

وفيما يلي جدول (١) يضم بعض تطبيقات المواد الذكية في تشطيبات واجهات المبانى والتي يمكن الإستفادة منها محليا في المناخ الحار الجاف.

المادة	أماكن إستخدامها في المبنى	مميزاتها	أمثلة لإستخدامها
نوع من أنواع تطبيقات الخرسانة الذكية: **الخرسانة المسلحة ذات ألياف الكربون Carbon fiber reinforced concrete**	الأعمدة الخارجية للمبنى	إضافة ألياف قصيرة من الكربون الى خلطة الخرسانة التقليدية تؤدى هذه الإضافة إلى تمكين الخرسانة من اكتشاف الإجهادات والتشوهات الموجودة في الخرسانة. هذا التغير يتم رصده بواسطة مجسات كهربائية خارج هذه المنشآت.	تطبيق الخرسانة ذات الألياف الكربونية في المبنى
نوع من أنواع الألومنيوم الذكي: **ألواح الألومنيوم المغلفة Aluminum Coated Sheets**	تركب هذه الألواح داخل الحوائط أو فوق الواح الأسقف	تقوم هذه الألواح بإمتصاص الحرارة الزائدة في الفراغ الداخلي للمبنى وتخزينها حتى تنخفض رجة الحرارة مرة أخرى ومن ثم إطلاق الحرارة للفراغ الداخلي (الاشعاع), إستخدام هذه الألواح بجانب تكييف الهواء يمكن أن يخفض من فواتير التدفئة في الشتاء بنسبة 15%.	لقطة خارجية لمبنى crossway في بريطانيا
الطوب الذكي Smart Brick	الهيكل الأنشائى للمبنى– القواطيع الداخلية	مراقبة الحالة الانشائية للمبنى وحماية الافراد داخل المبنى بحيث يمكن للثرميستور بداخله إرسال بيانات خاصة بدرجة الحرارة, الإهتزازات الأرضية الناتجة عن الزلازل, او إندلاع حريق في المبنى.	شكل الطوب الذكي المستخدم في المباني

نوع من أنواع الألومنيوم الذكي: الألومونيوم القابل للتشكيل Aerofoamed Aluminum	الحوائط والأسقف	صفائح من الألومنيوم تتسم بالمرونة والتنوع في السماكة والتصميمات, كما أنها مزودة بطبقة تقوم بحماية السطح من الأشعة فوق البنفسجية, وهي تعتبر من المواد الخفيفة التي يسهل إستخدامها.	 شكل الألومنيوم القابل للتشكيل
الخرسانة الناقلة للضوء Light Transparent Concrete	الحوائط	مزيج من الخرسانة مع مصفوفة من الألياف البصرية وتعطي نفاذية على العالم الخارجي المحيط بالفراغ كما تسمح بمرور الضوء من خلالها مع وجود تباين بين الأجزاء حسب سمك الجدار	تطبيق الخرسانة الناقلة للضوء على حائط
تكنولوجيا البللورات السائلة Liquid Crystals	الفتحات الخارجية – قواطيع الفراغات الداخلية فى المبنى	تعمل البللورات السائلة الموجودة بين طبقتى الزجاج على التحكم في كمية الضوء النافذ منها بحيث تكون النافذة شبه شفافة وعند تشغيل التيار الكهربي فإن جزيئات البللورات السائلة تصطف مع المجال الكهربي ويصبح الزجاج شفافا ليسمح للضوء بالمرور والرؤيا في الإتجاهين تستعمل في الفراغات الداخلية لتوفير الخصوصية, وكذلك في الإستعمالات الخارجية إذا كان المناخ مشمس.	حائط فاصل من الزجاج من البللورات السائلة و كيفية تغيرها من الإعتام إلى الشفافية والعكس عند مرور التيار الكهربى

مادة الأيروجيل Aerogrl	مادة تشبه الزجاج وتستخدم في النوافذ و يمكن إستخدامها في الجدران الشفافة أوالمناور.	عازل جيد للحرارة ولا تحترق وتقلل من درجة الحرارة بما يعادل سمك 10 - 20 سم نافذة زجاجية مما يساعد على تقليل الاحساس بارتفاع درجة الحرارة داخل الفراغ المعماري، هذا بالإضافة إلى خفة وزن هذه المادة.	شكل مادة الإيروجيل والتي ينتج منها تطبيقات أخرى مثل: الزجاج المتجلط, الزجاج الهلامي, الزجاج الرغوي.
نوع من أنواع الزجاج الذكي: الزجاج العازل Insulated Glass	النوافذ الخارجية للمبنى	يعمل هذا الزجاج على توزيع الإنارة بصورة متساوية في الفراغ دون تكوين ظلال.بالإضافة إلى خاصية العزل التي توفرها من خلال الإنعكاسية العالية لجدران الخلايا التي تتضمنها. وبذلك فإن هذا الزجاج يوفر التحكم الشمسي حسب الوقت من السنة والنهار.	 أشكال مختلفة للزجاج العازل 
إطارات النانو جيل نصف شفافة Nano Half Transparent Frames	النوافذ الخارجية للمبنى	مادة مشتتة للضوء ولها قابلية للطي والاحتواء والتشكيل بأي شكل ونعمل على زيادة العزل الحراري والصوتي بالإضافة الى ملامتها للعمل في البيئات الحارة لما تمتاز به من عوامل (U-Value) منخفضة وعوامل عزل عالية.	إستخدام إطارات النانو جيل في الواجهات الخارجية للمباني

الزجاج ذاتي التنظيف Self Clening Glass	النوافذ الخارجية للمبنى	نوع من أنواع الزجاج المتقدم ت طلاؤه بمادة اكسيد التيتانيوم TIO2 بحيث تقوم بالتنظيف الذاتي والتخلص من المواد الملوثة العالقة على ألواح الزجاج	ألواح الزجاج المطلية بمادة أكسيد التيتانيوم وإزالتها للملوثات 

جدول (١) يوضح المواد الذكية وتطبيقاتها علي واجهات المباني

١٢-المواد الموفرة للطاقة

في ظل أزمة نضوب الطاقة التي يشهدها العالم الآن، تتجه الأبحاث والدراسات إلى البحث عن وسائل للاقتصاد في استهلاك الطاقة، ووجد أن الغلاف الزجاجي له دور أساسي في تقليل استهلاك الطاقة وذلك باستخدام المواد المناسبة لتغطية الواجهات.وتتركز معظم هذه الدراسات حول إيجاد مواد جديدة مناسبة لتحقيق القدرة على الحفاظ على الطاقة وتخزينها وإطلاقها عند الحاجة إليها، فمثلا عند ارتفاع درجة حرارة البيئة المحيطة تعمل هذه المواد على امتصاص الحرارة وتخزينها وتجعلها كامنة حتى يحدث انخفاض لدرجة حرارة البيئة المحيطة فتبدأ في إطلاقها عاملة بذلك على تخفيض الطاقة المستهلكة.[١٠]

١- "الزجاج الماص للحرارة Heat Absorbing Glass"

هو نوع من الزجاج يحتوي تكوينه على نسبة معينة من الحديد، مما يجعل الزجاج يمتص نسبة كبيرة من الطاقة المشعة للشمس، وله لون أخضر مزرق مما يقلل من الوهج الشمسي، وهذه النوعية من الزجاج متوفرة في عدة أنواع من الزجاج مثل "الزجاج البلور Glass Plate" و"الزجاج الثقيل Heavy Glass" و"الزجاج ذي التشكيلات Patterned" و"الزجاج الصلد Tempered".[١١]

٢- "الزجاج المتعدد الطبقات (Double or Triple) Multiple Glazing"

وهو يتكون من لوحين أو ثلاثة ألواح من الزجاج ويكون بينهم فراغ، وقد يكون مفرغ الهواء أو مملوء بغاز الأرجون الذي له درجة نقل حراري أقل من الهواء،مثل واجهه مبني مجلس بلدية لندن.

صورة (٣) واجهه مبني مجلس بلدية لندن

ولعمل هذا الفراغ يوضع "مباعد Spacer" بين ألواح الزجاج ويملأ بمادة تمتص الرطوبة ثم تحكم حواف الزجاج من جميع الجهات، وذلك بسداد قوي لمنع تسرب الغاز وتراكم الأتربة داخل الفراغ.ووجود الفراغات يعمل كطبقة عازلة بين صفحات الزجاج، وتؤدي إلى تقليل انتقال الحرارة شتاءا من خلال النافذة من داخل المبنى إلى الخارج، أما صيفا فتقلل من امتصاص الحرارة من خارج المبنى إلى داخله وذلك بنفس الطرق السابقة كما أنه يزيد من نسبة امتصاص الصوت والضوضاء.

صورة (٤) واجهه مبني مجلس بلدية لندن

ويتراوح سمك الفراغ بين لوحي الزجاج بين ٤ مم إلى ٢٠ مم أو أكثر، وأمثل عرض له يكون حوالي ١٥ مم، حيث أنه إذا زاد عن ذلك فإن تيارات النقل بين ألواح الزجاج سوف تقلل من تأثير العزل، ويجب ملاحظة أن يكون نوع الزجاج المستخدم من نفس السمك، وأن يكون الحد الأقصى للاختلاف في السمك ١/ ١٦".[١٢]

١٣-المواد الحساسة للضوء

هو نوع من الزجاج ذو درجات من الحساسية للضوء يستطيع أن يكيف نفسه ليوفر كمية الإضاءة اللازمة للفراغ الداخلي للمكان، فمثلا عند اشتداد الإضاءة تستطيع الخلايا الإلكترونية الموجودة داخل زجاج الواجهة أن تزيد من عتامه الزجاج، وعندما تقل الإضاءة تستطيع هذه الخلايا أن تزيد من شفافية الزجاج ليتيح دخول أكبر قدر من الضوء إلى الفراغ، وقد تم تصنيع عدة أنواع بالفعل من هذا الزجاج الذكي منها:[١٣]

صورة (٥)

١- الزجاج الذي يحتوى على خطوط

يسمح بالرؤية عند النظر من خلاله لأسفل أو أفقيا بينما يعمل كمظلة للضوء الذي يأتي من الزوايا العليا،كما في الصورة.

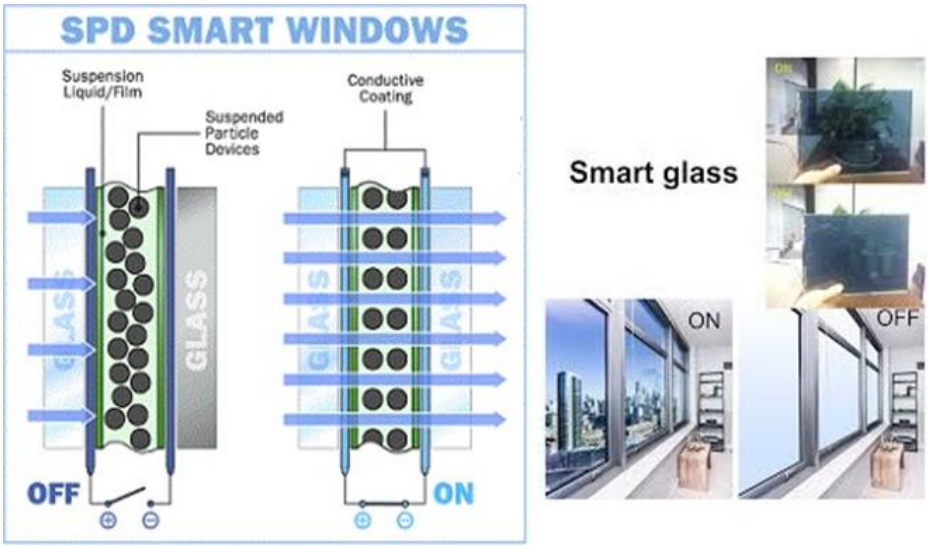
٢- "زجاج الألياف البصرية Optical Fiber"

صورة من صور الألياف الزجاجية التي ساهمت التقنيات الحديثة في إنتاجه اعتمادا على قدرة أسطحها الفائقة على كسر

وعكس ونقل وامتصاص الضوء، اعتمادا على حقيقة انكسار الضوء عند مروره من وسط ذي كثافة تختلف عن كثافة الوسط الآخر. فيستطيع نقل أكبر قدر من الضوء إلى مائة ميل.

٣- "الزجاج الذكي Smart Glass"

يمنح هذا الزجاج المستخدمين الفرصة للتحكم البيئي بطريقة جديدة ومثيرة، بالإضافة لاستطاعة الفرد تغيير كمية الضوء المرئيه الداخله من النافذة، وإعطاء الحماية والخصوصية والتحكم في الوهج الشمسي وتحسين العزل الحراري والوقاية من الموجات فوق البنفسجية، كما هو موضح بالصورة.



صورة(٦)

٤- "الخلية الكهروضوئية Photovoltaic Elements"

أحدث استخدامات الزجاج وهى تحويل الضوء الشمسي إلى طاقة كهربائية بواسطة "الخلايا الكهروضوئية Photoelectric Cell".

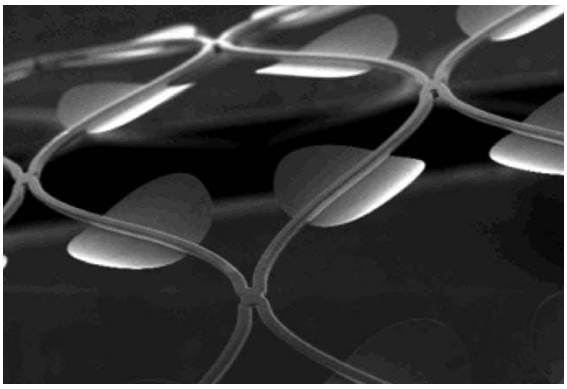
صورة (٧)الخلية الكهروضوئية

٥-المواد المتذكرة أو الحافظة للشكل

نوع جديد من السبائك التي تتميز بملكات غير عادية وبقدراتها للعودة إلى شكلها الأصلي بقوة عظيمة وبسرعة عالية حين يتم معالجتها حراريا، ومن الممكن تشكيل هذه المواد بأي صورة من الصور.

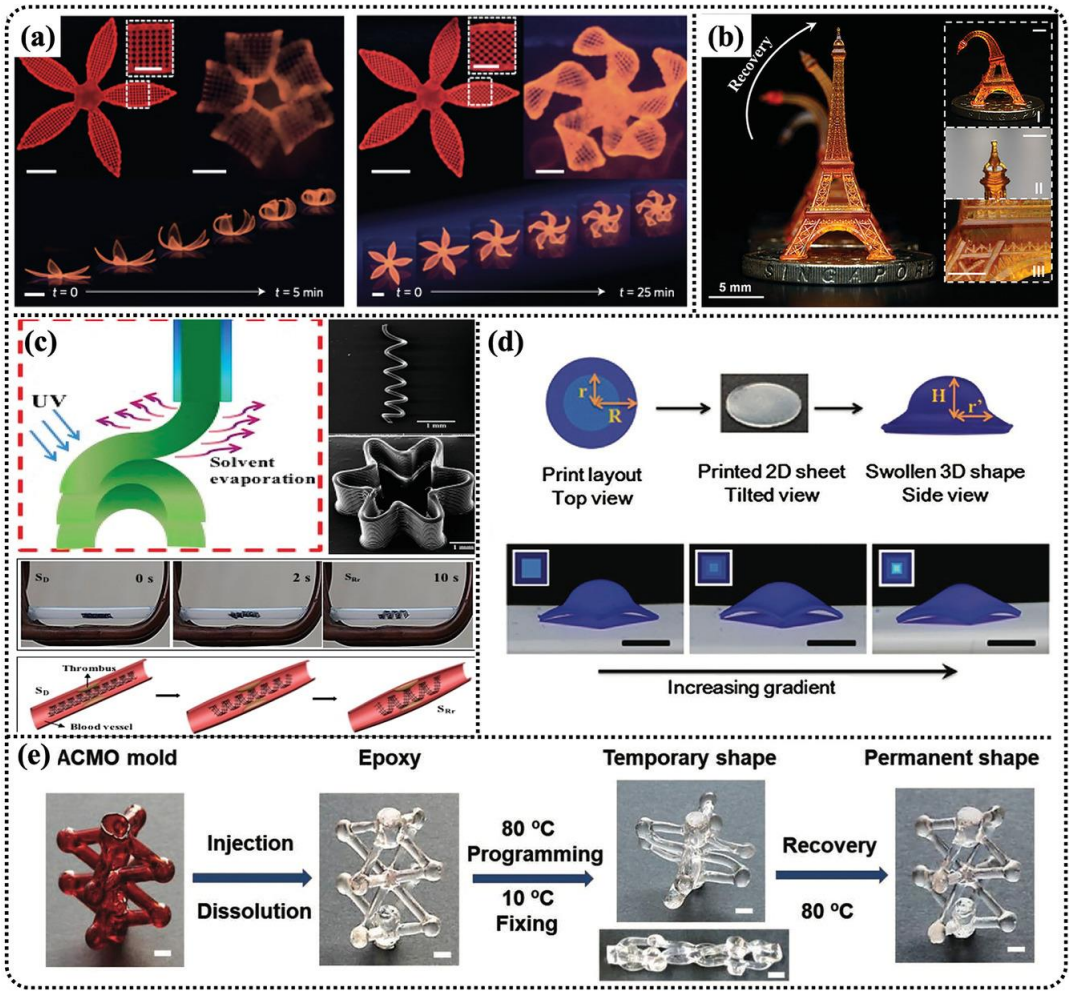
صورة (٨) توضح طرق التشكيل المختلفة بالخامات الذكية

وقد يبدو للوهلة الأولى عدم وجود أهمية لاستخدام هذا النوع من المواد في مجال تصميم الواجهات المعمارية، إلا أنه قد يكون له استخدامات كثيرة في عمارة المستقبل، خاصة في الأجزاء الفنية المعقدة في المبني والتي قد يحدث لها كسر أو تشويه. وقد تمكن العلماء بالفعل من تصنيع مثل هذه المواد، ويعكف علماء "وكالة ناسا للفضاء NASA" على صنع نماذج معتمدة على العروض الكمبيوترية لرؤية كيف تتصرف هذه المواد على المستوى الجزيئي، حتى يتمكنوا من الاستفادة منها إلى الحد الأقصى.



صورة (٩) شكل السبانك وتكويناتها المختلفة

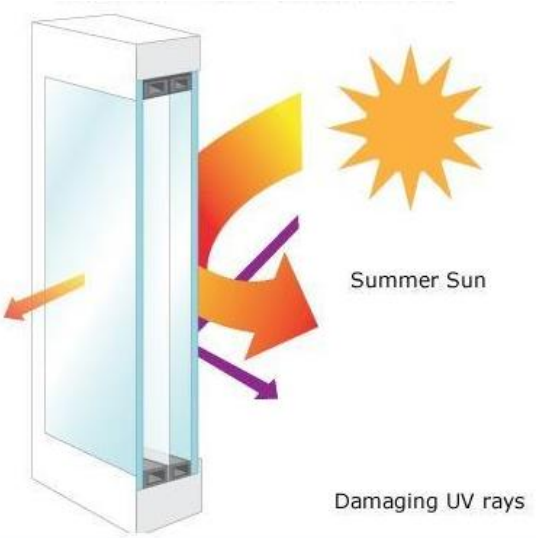
وعليه فإن الاعتماد على تقنيات الحاسب الآلي- Software & Hardware- جعل عملية التصميم والتنفيذ بلا عوائق، بغض النظر عن مدى الصعوبة الموجودة في التشكيل، مما سيكون له تأثير كبير على العديد من جوانب الفكر التصميمي التي يتبعها المصمم كالمفاهيم التصميمية وطرق التنفيذ، ومعالجة واجهات المباني بما يتماشى مع روح العصر الجديد، والتطور التكنولوجي الحادث فيه، ومما سيفتح المجال أمام المصمم المزخرف للعثور على رؤى تصميمية جديدة.[١]



صورة (١٠) نماذج وتكوينات مختلفة من استخدام السبانك الذكية

١٤-نوافذ زجاجية مطورة

تقول شركة "فرايزنغر" النمساوية أنها توصلت إلى إنتاج ألواح نوافذ زجاجية قادرة على حفظ الحرارة وضوء الشمس داخل البيت بغض النظر عن الموسم ووجود الشمس أو عدمها. ويتكون اللوح من طبقتين رقيقتين من الزجاج تحويان بينهما طبقة ثانوية رقيقة جدا من بلورات خاصة. وتتميز هذه البلورات عن غيرها بالقدرة- في حالة وجود استقطاب كهربائي ما- على أن ترتب نفسها بخطوط ذات ألياف متعاكسة الاتجاه تسمح بدخول أشعة الشمس وتمنع تسرب الحرارة منها. والعكس صحيح في حالة عدم الاستقطاب، حيث تؤدي هذه الحالة إلى تبعثر البلورات وفقدان الزجاج لقدرته على تمرير ضوء الشمس. أي انه ذو قدرة عالية جدا على حفظ الطاقة لأن هذه القدرة تزيد كلما قل هذا المعامل.



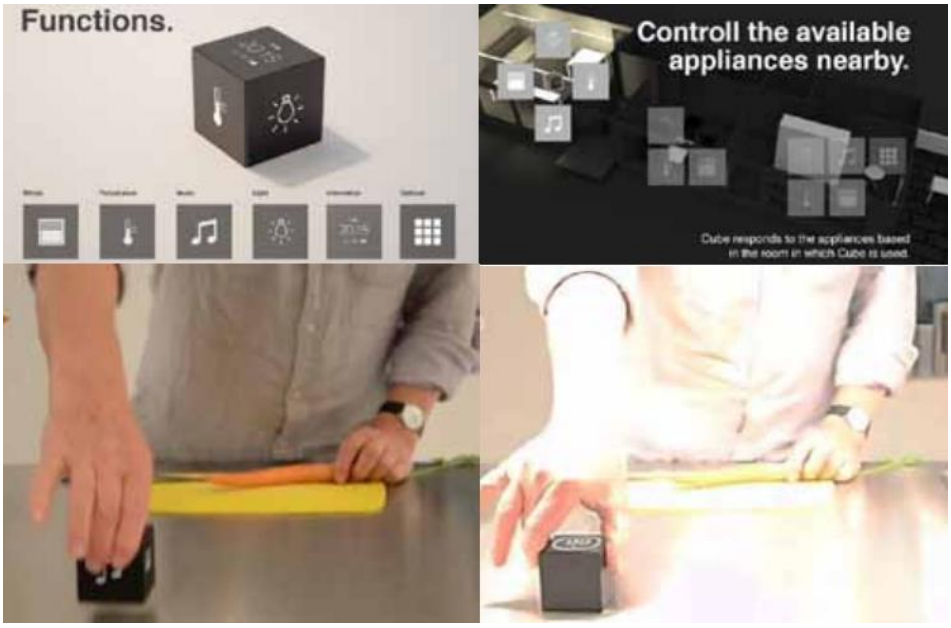
صورة (١١)

ويبدو أن شركة "LWT" لتقنية تنقية الهواء من مدينة "مونشن غلادباخ" استخدمت نفس فكرة الزجاج السالفة الذكر لإنتاج ستائر هوائية تتولى تنقية الهواء الداخل إلى البيت. وأنتجت الشركة جهازا طوليا مصغرا يحتوي على محركات ترسل الهواء بشكل حزم من تيارات غير محسوسة. وتشكل تيارات الهواء الصغيرة ستارا ينقي الهواء من ذرات الغبار ومن حبوب اللقاح- للمعانين من الحساسية- والروائح الكريهة- يمكن استخدامه في المطبخ أيضا لمنع الروائح من الخروج إلى صالة الجلوس- وغيرها.

وهذا ليس كل شيء لأن الستار الهوائي غير محسوس للإنسان عندما يمر من خلاله، يمنع الحرارة من الخروج أو الدخول، ويمكن تنظيم شدته حسب حاجة الإنسان.[١٤]

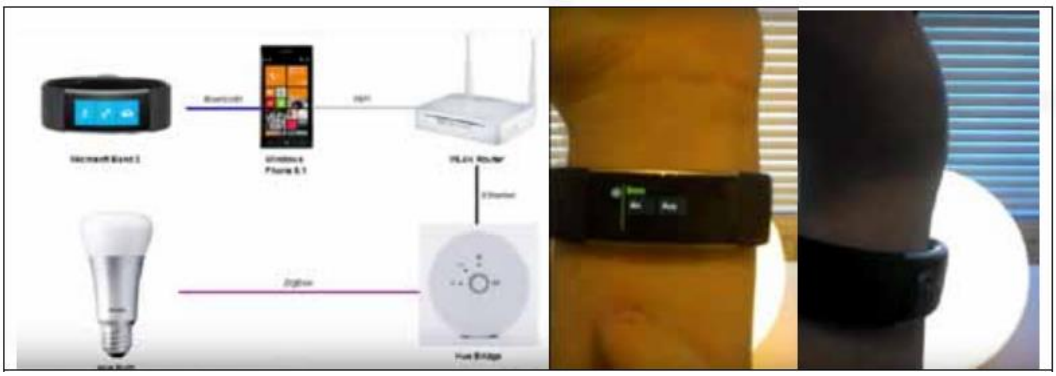
١٥-تطبيقات استخدام انظمة التشغيل الذكية داخل المباني

وبناءا على ما تم عرضه من الأنظمة الذكية المستخدمة في التصميم ظهرت عدة تطبيقات قائمة على تطوير مفاهيم التصميم القادرة على دمج الأنظمة الذكية، مدعومة بزيادة المواد والأجهزة الذكية وأجهزة الاستشعار، فضلا عن استخدام تطبيقات الانترنت وأنظمة الاتصال الحديثة.



صورة (١٢) يوضح مكعب الوظائف من تصميم الشركة الألمانية Family of the Arts وهو عبارة عن مكعب أسود مضغوط يمكن مستخدميه من التحكم في الوظائف المختلفة داخل المنزل من (اضاءة-حرارة-أصوات-فتحات تهوية-معلومات)

ظهرت أجهزة تحكم رقمية بسيطة صديقة للمستخدم(Friendly User)لها القدرة على التحكم في البيئات الداخلية الذكية باستخدام المجسات Sensors وأنظمة التحكم الرقمية مثل تطبيقات الهواتف الخلوية الحديثة وأجهزة متخصصة في التحكم عن بعد.



صورة(١٣) يوضح كيفية الربط بين الأجهزة القابلة للارتداء مثلMicrosoft Band،Apple watch والتحكم بالاضاءة عن طريق منتجات شركة فيلبسPhillips Hue ويظهر في الشكل التحكم في الاضاءة عن طريق حركة الرسغ وذلك يتم من خلال قراءة حركة المجسمات الداخلية للأجهزة الذكية وربطها بالوحدة المضاءة.

وبناء على ذلك، فإن المباني الذكية تتمحور حول التصاميم القابلة للتكيف من خلال دراسة أنماط وسلوك شاغلي الفراغ داخل المبني من أجل توفير الراحة للمستخدمين، مع القدرة على التحكم والسيطرة على البيئات الداخلية في استهلاك الموارد بالإضافة إلى ذلك، تتميز المباني الذكية بأنظمة الاتصال والإدارة المتكاملة، والأمن، وتهدف إلى زيادة الإنتاجية للمستخدم.

١٦-التكنولوجيا الذكية المستدامة

على الرغم من التقدم الكبير الذي تم إحرازه لتحسين معايير الاستدامة في السنوات الأخيرة، فلا تزال هناك العديد من العقبات التي يجب التغلب عليها حيث تعتمد التكنولوجيا المستدامة على الموارد المتجددة أو الثرية وعادة ما يكون الاستخدام الفعال للطاقة والموارد الأخري مفيدًا حيث أن إهدار طاقة أقل أرخص عادة من إنتاج المزيد .لهذه الأسباب تكون الطرق الصديقة للبيئة أكثر تكلفة ولكي تكون التكنولوجيا مستدامة يعني أيضا أن استخدامها ليس له أي تأثير سلبي طويل الأجل على البيئة . من المهم أنه عندما يتوفر المزيد من المنتجات والخدمات المستدامة، يتم تشجيع الأفراد على استخدامها فسيستمر استخدام الموارد بطريقة أكثر كفاءة وتطوير طرق أكثر استدامة للقيام بالأشياء في مقدمة الأولويات .وسوف تستمر التكنولوجيا المتقدمة في لعب دور رئيسي في تحريك الإنسانية نحو الاستدامة، ولكن الاعتماد على التكنولوجيا المتقدمة وحدها لا يكفي .ما زلنا بحاجة إلى تقليل الاستهلاك الفردي وتحقيق الاستقرار لسكاننا .ففي مجال توليد الطاقة، يتزايد استخدام المصادر المتجددة، سواء كان مصدر الطاقة هو الطاقة الشمسية أو الرياح أو الموجة أو الحرارة الجوفية. الوقود الحيوي والطاقة النووية أكثر إشكالية، لكن سيستمران في الأهمية .يجب تشجيع الاستخدام الفعال للطاقة .فكلما قل استهلاكنا للطاقة، كلما قل حجم مصادر الطاقة المتجددة التي نحتاج إلى تطويرها من أجل تقليل الاعتماد على الوقود غير المتجدد والملوث وانبعاث ثاني أكسيد الكربون.

١٧-أثر التكنولوجيا الذكية على التصميمات الداخلية المستدامة

النموذج التطبيقي

المنزل الذكي الأخضرsmart green home

قام Tom Coates بتطوير نظام للمنزل الذكي، الغرض منه هو توصيل معلومات معينة إلى المالك، لتوفير إرشادات حول درجة حرارة المنزل وأيضا لمساعدته على اتخاذ القرارات على أساس الاحتياجات .فأصبح المنزل قادر على منع

الضوء في غرفة والتحكم في درجة حرارة غرفة ما كذلك متي يحتاج النباتات إلى الماء، أو التعرف على دخيل داخل المنزل وترسل كل هذه الإشعارات إلي المالك عن طريق الهاتف.

شكل (١) يظهر مشروع المبني الذكي الأخضر ويظهر فيه نظام المنزل المتصل لتوفير معلومات حول مستخدمي المنزل

النتائج

١-للتكنولوجيا الحديثة أثر واضح في ترسيخ وتفعيل تطبيقات العمارة الداخلية المستدامة.

٢-احدثت الثورة التكنولوجية الرقمية تحولا كبيرا في تطبيقات الفكر المستدام من خلال استخدام التطبيقات التكنولوجية الذكية في مجال استخدام الطاقة.

التوصيات

١-يجب الربط بين التخصصات المختلفة للوصول لتصميم داخلي مستدام يعتمد على الأسس السليمة ليتكامل مع البيئة ويواكب التطور التقني المستمر لتطبيق الاتجاهات البيئية الرائدة كالعمارة الخضراء والمباني صفرية الطاقة والعمارة الذكية.

٢-يجب الربط بين النظم البيئية الذكية للمدن وتكنولوجيا أنترنت الأشياء لخلق بيئات داخلية تتسم بالاستخدام المتزن للموارد كذلك الربط بينها وبين الشبكة المعلوماتية للمدينة.

٣-التوجه لأنشاء المدن الذكية كمجتمعات عمرانية حديثة تتسم بالاستدامة في الفكر والوظائف المختلفة.

٤-لابد من توجه الدولة لتمويل المشاريع التجريبية في هذا المجال، للاستفادة منه في توفير الطاقة ومتابعة الاستهلاك.

المراجع

أولا المراجع العربية

- م/ ثنية عبد السميع مصطفى، "تأثير العمارة الزجاجية على الطابع المعماري"، رسالة دكتوراه، قسم العمارة- كلية الهندسة- جامعة القاهرة، ص. ٤٧، ٤٨.

- m / thaniat eabd alsamie mustafaa , "tathir aleimarat ealaa aleimarat almiemariati" , risalat dukturah , qism aleimarati- kuliyat alhandasati- jamieat alqahirat , s. 47 , 48.

- على رأفت، "ثلاثية الإبداع المعماري- البيئة والفراغ-"، ص. ٣١٧.

- Ali rafat , "thulathiat al'iibdae almiemari- albiyat walfaragh-" , si. 317.

- عصام صلاح سعيد، "التطور في استخدام مواد البناء وتأثيره على الفكر المعماري في العمارة المعاصرة"، ص. ١٥٩، ١٦٠.
- eisam salah saeid , "altatawur fi aistikhdam mawadi albina' watathirih ealaa alfikr almiemarii fi aleimarati" , si. 159 , 160.
- محمد عبد الحميد محمد -دكتور-المواصفات الفنية للمواد و المركبات و النظم الذكية و تطبيقاتها فى مجال التصميم الصناعى - بحث منشور -مجلة علوم و فنون -المجلد الثامن عشر-العدد الرابع - أكتوبر ٢٠٠٦ – ص ٣
- mahmud eabad alhamayd muhamad -duktur almuasafat alfaniyat lilmawadi w almurkabat w alnuzum aldhakiat w tatbyqat faa majal altasmim alsanaeaa - bahth manshur -majalat eulum w funun -almujalad althaamin eashara-aleadad alraabie - 'uktubar 2006 - s 3
-ناصر فوزي رمضان، "منهج لقياس التوافق البيئي لتكنولوجيا البناء بمشروعات الإسكان"، ص. ٨- ١٠.
-nasir fawzii ramadan , "manhaj liqias biyiyin litiknulujiaat albina' walmuasafat aleaqariati" , s. 8- 10.

ثانيا المراجع الأجنبية

- D.Michelle Addington & Daniel L . Schodek ..– 2005 – P 8
- Ghaffarianhoseini,.A, Berardi ,U., AlWaer, H., Chang , S., Halawa, E.,Ghaffarianhoseini,A.,& Clements-Croome,D.(2016).
- Pride , William , M&Ferrell ,O.C.Marketing Concept & Stratgy, Houghton Mifflin Co,2009.p.95
- So, A. T, & Chan. W, L. (1999). Intelligent building systems .
- Wilson, M. (2004). Technology advancement in intelligent buildings: a through preplanning process pertaining to long-term (Unpublished Master's Thesis). Gorgia Institute of Technology, Gorgia, Atlanta.

المواقع الالكترونية

- http://bytna.blogspot.com/2015/04/leed-leadership-in-energy-and
- www.referenceforbusiness.com
- www.tu-berlin.de

http://top.trytop.com/thread8456.html

---

[١] ناصر فوزي رمضان، "منهج لقياس التوافق البيئي لتكنولوجيا البناء بمشروعات الإسكان"، ص. ٨– ١٠.

[2] Wilson, M. (2004). Technology advancement in intelligent buildings: a through preplanning process pertaining to long–term (Unpublished Master's Thesis). Gorgia Institute of Technology, Gorgia, Atlanta.

[٣] Ibid, p. 174.

[4] Ghaffarianhoseini,.A, Berardi ,U., AlWaer, H., Chang , S., Halawa, E.,Ghaffarianhoseini,A.,& Clements–Croome,D.(2016).

[5] So, A. T, & Chan. W, L. (1999). Intelligent building systems .

[6] D.Michelle Addington & Daniel L . Schodek ..– 2005 – P 8

[٧] محمد عبد الحميد محمد –دكتور–المواصفات الفنية للمواد و المركبات و النظم الذكية و تطبيقاتها فى مجال التصميم الصناعى – بحث منشور – مجلة علوم و فنون –المجلد الثامن عشر–العدد الرابع – أكتوبر ٢٠٠٦ – ص ٣

[٨] عصام صلاح سعيد، "التطور في استخدام مواد البناء وتأثيره على الفكر المعماري في العمارة المعاصرة"، ص. ١٥٩، ١٦٠.

[9] http://top.trytop.com/thread8456.html

[١] على رأفت، "ثلاثية الإبداع المعماري– البيئة والفراغ–"، ص. ٣١٧.

[١] م/ ثنية عبد السميع مصطفى، "تأثير العمارة الزجاجية على الطابع المعماري"، رسالة دكتوراه، قسم العمارة– كلية الهندسة– جامعة القاهرة، ص. ٤٧، ٤٨.

[١] مرجع سابق، ص. ٤٨.

[١] مرجع سابق، ص. ١٦٢.

[١] Ibid.