أثر إستخدام المواد الذكية على البيئة

دكتور/ علاء الدين السيد فريد* دكتور/ الجندى شاكر عبد الغنى** مهندسة/ إيمان أحمد حلمى***

ملخص البحث

تحتاج عملية إستخدام التكنولوجيا المتوافقة للمواد الذكية إلى الإلمام الكامل بالمواد الذكية وقد تحقق ذلك فى البحث من خلال إنقسام البحث إلى ثلاثة أقسام **الأول: عرض تطور العمارة من خلال تطور مواد البناء المتوافقة مع البيئة والمرشدة للطاقة وذلك عن طريق:** ذكر تعريف المواد الذكية وخصائصها وأنواعها التى تشمل

١- المواد متغيرة الخواص وهى المواد التى تقوم بتغير خصائصها الميكانيكية والكهربائية كرد فعل للتغير فى العوامل الخارجية.

٢- المواد التى تحول الطاقة من شكل إلى طاقة ناتجة فى شكل آخر، بالإضافة إلى عرض بعض تطبيقات المواد الذكية فى الأجزاء المختلفة من المبنى الذكى المعاصر **والثانى: عرض أنواع الواجهات الذكية ومدى توافقها مع البيئة المحيطة:** حيث يتم التركيز على تتبع أثر التكنولوجيا الحديثة بمختلف تطبيقاتها على تطوير واجهات المبانى إنشائيا، بما يتلائم مع متطلبات الحفاظ على كلا من البيئة والطاقة، **أما الثالث عرض وتحليل لأمثلة عالمية ومحلية** إستخدمت تكنولوجيا المواد الذكية فى المبانى للتكيف مع البيئة الخارجية.

الكلمات الدالة : التكنولوجيا وتطبيقاتها – المواد الذكية – المبانى الذكية – الواجهات الذكية.

١- المقدمة

تطورت ثقافة البناء عبر عصور عديدة كنتاج للتفاعل بين الإنسان والبيئة والتكنولوجيا، وهذا التطور كان نتاج للإندماج بين العلم والتكنولوجيا، وأصبح من الضرورى أن تتفاعل العمارة مع هذه المتغيرات وتحتوى منظومة المنتج المعمارى على كافة الأنظمة التكنولوجية الممكن تطبيقها لنجاح آليات عمل المبنى، ويظهر هذا فى تحقيق الجوانب الوظيفية بوضوح بالإضافة إلى توظيف آخر ما توصل آلية العلم من تقنيات حديثة، وكذلك إستخدام جميع الأدوات والتقنيات التكنولوجية المتاحة وتوظيفها فى المبانى وآثر هذه التقنيات على مستخدمى المبنى .أنتجت هذه العوامل والمؤثرات ما يسمى" بالعمارة الذكية " والتى تعتبر من أبرز مظاهر القرن العشرين، وتعتمد على إستخدام الأساليب التكنولوجية والتقنيات الحديثة وتكنولوجيا المعلومات، حتى تساعد المبنى على أداء وظائفه بشكل يلائم العصر.

كما أثرت التكنولوجيا الحديثة بشكل جذرى فى العمارة بكل فروعها، لما تقدمه هذه التكنولوجيا من إسهامات كبيرة فى قطاع البناء والمواد، كما إتضح تأثير التكنولوجيا على العمارة بشكل عام وعلى الواجهات بشكل خاص، حيث أن أهمية واجهات المبانى فى كونها فلتر مادى (حيث تفصل بين البيئة الداخلية للمبنى والبيئة الخارجية)، كما تعمل على توفير الخصوصية والراحة لمستخدمى المبنى، إلى جانب دورها الجمالى فى التأكيد على هوية المبنى. ونتيجة لما سبق ذكره جاءت أهمية البحث فى إلقاء الضوء على أحدث اتجاهات العمارة الذكية، من حيث إستيعابها لأحدث التقنيات الحديثة فى تكنولوجيا البناء، ودراسة مواد البناء الذكية والأنظمه والواجهات الذكية المستخدمة فى المبانى.

٢- هدف البحث: يهدف البحث الى إلقاء الضوء على تطبيقات تكنولوجيا المواد الذكية فى المبانى المعاصرة وذلك من خلال الأهداف الثانويه التالية:

- إدراك أهمية إستخدام المواد الذكية على النطاق المحلى

*أستاذ دكتور بقسم العمارة كلية الهندسة جامعة الازهر

**أستاذ مساعد بقسم العمارة كلية الهندسة جامعة الازهر

***بكالوريوس هندسة بقسم العمارة كلية الهندسة جامعة الازهر

ودورها فى تحقيق الراحة الحراية والتوافق مع البيئة.

– إلقاء الضوء على المواد الذكية المتوافقة بيئيا مع التشكيل الحديث للواجهات.

– توضيح مدى تأثير مواد البناء الذكية (الحديثة) على واجهات المبانى وتكوينها وأدائها الوظيفى وتأثيرها على البيئة الداخلية للمبنى.

٣- فرضية البحث

إن إستخدام التكنولوجيا الحديثة بفروعها المختلفة فى إنشاء المبانى الذكية، يمكن أن يكون عاملا مهما فى تحقيق الراحة عن طريق تجهيز المبنى بطريقة تقنية تكسبة القدرة على التفكير من أجل تغيير البيئة الداخلية وفقا لحاجات المستخدم وبالتكيف والتوافق مع البيئة الخارجية".

٤- التكنولوجيا

يعرف التطور التكنولوجي بأنه" **مقدار الإستفادة من الفكر الإنساني لتطويع المادة وإستخدامها في خدمة البشرية**" [١] لذلك فإن مقدار الزيادة في القيمة التقنية في مختلف أنشطتنا ومقدار التغير بين ما هو متاح في يومنا هذا وما كان متاحاً بالأمس، هو ما يمثل مقدار التطور التكنولوجي. وأن ما حدث في النصف الثاني من القرن العشرين وخاصة في الربع الأخير منه ومع ظهور الطفرة الكبيرة في المعلومات، كل ذلك قد وصل إلى ما يمكن وصفه بأنه" **ثورة** "في عالم التكنولوجيا. وهذا ما آدى إلى ظهور جيل من المباني يعتمد على التكنولوجيا بداية من مراحل التصميم وصولا إلى منظومة تشغيل المبنى والتحكم فيه.[٢]

ونتيجة لذلك فإن تعريف التكنولوجيا "**هى نتاج البحث العلمى فى كافة المجالات، فهى وسيلة لتحديد التقنيات والأدوات التى تساعد الإنسان فى عمل أى شىء فى وقت قصير وبكفاءة عالية**".

٥- <u>المواد الذكية Smart Materials</u>

"هى المواد التى يمكنها التكيف أتوماتيكيا (آليا) للخواص أو بعض الصفات كالإنعكاس والتوصيل الحرارى والشكل الخارجى والتهوية كإستجابة لتغيرات البيئة" وتتم الإثارة عن طريق الحرارة والضغط بحيث يمكنها إحداث رد فعل مثل التغير فى اللون أو البصمة الكهربية Electric Signature.

٦- <u>خصائص مواد البناء الذكية</u>

<u>Smart building materials Properties</u>

تنقسم خواص المواد إلى خواص جوهرية وخواص غير جوهرية، الخواص الجوهرية تعتمد على البيئة الداخلية وتركيب المادة، ونجد أن الخواص (الكيميائية والميكانيكية والكهربية والمعناطيسية والحرارية) للمواد هى خواص جوهرية، أما الخواص غير الجوهرية تعتمد على عوامل أخرى[٤]

الخواص الأساسية

يتم تحديد السمات الأساسية التى تميز هذه المواد من خلال سلوكها وتفاعلها وهذه السمات موجودة فى المواد الذكية وهى:

١- **الفورية "Immediacy"**: تتميز بسرعة الإستجابة للمحفز الخارجى.

٢- **سرعة الزوال "Transiency"**: تستجيب لأكثر من حاله بيئية واحدة (إستجابتها مؤقتة لأنها بمجرد زوال الحافز تعود خواص المادة لوضعها الأصلى).

٣- **التشغيل الذاتى "Self – actuation"**: الذكاء بالنسبة للمادة ذكاء داخلى وليس خارجى، ليس هناك حاجة لنظم تحكم خارجية لكى تعمل على إحداث هذه التغيرات فى المادة.

٤- **الإنتقائية "Selectivity"**: استجابتها متميزة ومتوقعة وقابلة للتنبوء.

٥- **المباشرة "Directness"**: كون استجابة المادة تكون مباشرة وموضعية بالنسبة للحدث المحفز.

٦- **التحكم عن بعد:** إمكانية التحكم فى هذه المواد عن بعد.

٧- **القدرة على الإصلاح الذاتى:** حيث تقوم بترميم أجزائها التالفة التى سببتها الظروف البيئية.

٨- **القدرة على الإحساس بالطاقة:** حيث تقوم بتخزين الطاقة وقت ارتفاع درجات الحرارة وإطلاقها عند إنخفاض درجات الحرارة.

٧- <u>أنواع المواد الذكية Smart materials Types</u>

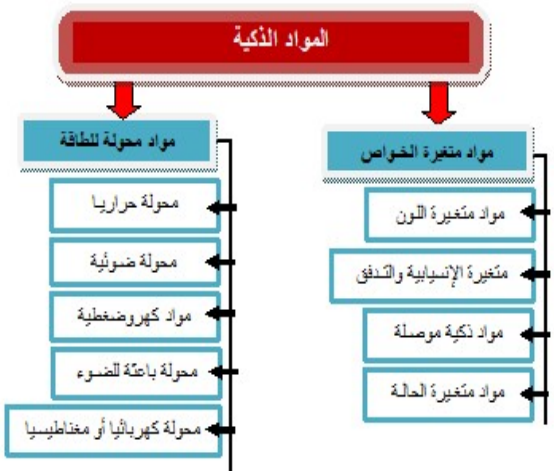
هناك العديد من المواد الذكية الجديدة، التى تتميز بالعديد من الخواص الفعالة، ويمكن تقسيم المواد الذكية إلى نوعين

رئيسيين يتم إستخدامهم فى كثير من التطبيقات المختلفة فى المبنى الذكى كما هو موضح بالشكل رقم (١) وهم كالتالى:

١- المواد الذكية متغيرة الخواص Property Changing Smart Materials.

٢- المواد الذكية المحولة للطاقة Energy Changing Smart Materials.

وتكون معظم تطبيقات المواد الذكية فى أجهزة الإستشعار (الحساسات Sensors)، ولها أيضا تطبيقات عديدة بالواجهات أو على مستوى الغلاف الخارجى للمبنى، وبالنسبة للزجاج الذكى بالنوافذ أو خامات الواجهة الذكية يجب أن تستخدم كعناصر أو أجزاء من منظومة الواجهة وفقا للشكل والتطبيق المطلوب، وهو ما يجب أن يراعيه المعمارى.[٥]



شكل رقم ١- أنواع مواد البناء الذكية - المصدر : الباحث

٨- نماذج لبعض تطبيقات المواد الذكية فى العمارة:

تظهر المواد الذكية فى المبنى فى عدة عناصر فى المبنى:

١- الهيكل الإنشائى (بلاطات – كمرات – أعمدة).

٢- الغلاف الخارجى (حوائط خارجية – كسوات خارجية).

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

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

٥- التصميم الداخلى (حوائط داخلية).

ونظرا لصعوبة عمل دراسة بحثية فى المواد الذكية لكافة عناصر المبنى ونظرا لإختصاص البحث فى تأثير المواد الذكية على البيئة لذلك سيتم الإكتفاء بالمواد الذكية لعنصر تشطيب الغلاف الخارجى (الواجهات).

وفيما يلى جدول رقم (١) لبعض تطبيقات المواد الذكية فى تشطيبات واجهات المبانى.

٩- المبانى الذكية:

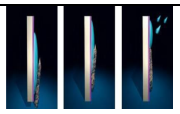
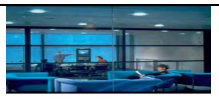
هى المبانى التى تستخدم التقنية (ليست تقنية المعلومات أو الأنترنت فقط) للتحكم فى مكونات متعددة فى المنزل، مثل التكيف، أجهزة الأنذار، كاميرات المراقبة ...إلخ.(http://www.alriyadh.com/364948)

"هو المبنى الذى تم تجهيزة بطريقة تقنية إكتسب بها القدرة على التفكير من أجل تغيير البيئة الداخلية وفقا لحاجات المستخدم وبالتكيف والتوافق مع البيئة الخارجية"

١٠- أهمية المبانى الذكية The importance of smart buildings

* إتاحة أقصى إدارة للموارد بأقل تكاليف.
* تلبية إحتياجات شاغلى المبنى من خلال التحكم الآلى فى أنظمة المبنى والبيئة الداخلية.
* تحسين مستويات الراحة الداخلية من خلال الإرتقاء بمستويات الراحة السمعية والبصرية والحرارية.
* إتاحة تفاعل أكثر وتعاون أكثر سواء مادى وإليكترونى وتحكم ذاتى مستقل أكثر.
* تطوير إدارة العمل.
* المساعدة فى زيادة الإنتاجية.
* تقليل تكلفة التشغيل.
* تخزين وعرض وتشغيل البيانات والمعلومات.
* تحقيق العمل الجماعى من خلال وسائل الإتصالات الخارجية والداخلية.
* إدارة المبنى (التحكم البيئى فى أنظمة المبنى وتحكم الشاغلين).
* إدارة الفراغ (التحكم فى التغيرات بتحقيق التوافق والمرونة).
* البعد عن التحكم المستقل وتحقيق التحكم الكلى (تحقيق التكامل بين كل عناصر وأنظمة المبنى).
* التكيف جيدا مع الظروف الطبيعية والبيئية للوسط المحيط به.

جدول رقم (١) لأهم مواد البناء الذكية . المصدر: الباحث

المادة	الخصائص والمميزات	مكان إستخدامها فى المبنى	تكاملها مع المبنى الذكى	مثال
الخرسانة المسلحة ذات الألياف الكربونية Carbon Fiber Reinforced Concrete	فى تلك الخرسانة يتم إضافة ألياف من الكربون إلى خلطة الخرسانة التقليدية(أسمنت – رمل – زلط – ماء) تلك الإضافة تساعد على إكتشاف العيوب الإنشائية وإجهاد وتشوة الخرسانة، وفى حاله وجود عيوب إنشائية فى الخرسانة تزداد المقاومة الكهربائية للخرسانة، هذا التغير يتم رصده بواسطة حساسات كهربائية خارج هذه المنشأت، ويمكن إستخدام مقياس للمراقبة المستمرة للإجهاد والتشوة فى الخرسانة الذكية، كما يمكن إستخدام الخصائص الكهربائية للخرسانة الذكية لإستكشاف إجهادات تحت الأرض والتى تنشأ قبل الزلزال، ومراقبة المبانى، ومتابعة سير حركة المرور فى حالة الطوارىء. وقد تم بناء برجين جديدين باليابان بهذه الخرسانة حتى الأن وتم تدعيم ١٠٠ مبنى قائم.(٧)	الهيكل الخرسانى للمبنى	– رصد العيوب داخل الخرسانة بواسطة مجسات كهربائية. – إستخدام مقياس للمراقبة المستمرة للإجهاد والتشوة.	 شكل رقم (٢) الخرسانة المسلحة ذات الألياف الكربونية
الزجاج المطلى بالتيتانيوم (TIO2)	هى عبارة عن ألواح من الزجاج مطلية بمادة التيتانيوم، التى تساعد على التنظيف الذاتى للزجاج والتخلص من الملوثات العالقة على ألواح الزجاج (٧)	النوافذ الخارجية للمبنى	يمكن إستخدامة مع الألواح الشمسية المنتجة للطاقة الكهربائية أو الحرارية فتزيد من كفاءة توليد الكهرباء	 شكل رقم (٣) يوضح ألواح الزجاج المطليه بمادة أكسيد التيتانيوم وأزالتها للملوثات
مادة الايروجيل Airogel	مادة هلامية شفافة تشبه الزجاج، يمثل الهواء ٩٩,٨ % من حجمها، وهى عازل جيد للحرارة ولا تحترق وتقلل من درجة الحرارة بما يعادل سمك ١٠–٢٠سم نافذة زجاجية مما يساعد على تقليل الإحساس بإرتفاع درجة الحرارة داخل الفراغ المعمارى، هذا بالإضافة إلى خفة وزن هذه المادة والتى يمكن أن تستخدم بديلا للزجاج فى النوافذ وأيضا يمكن إستخدامها فى الجدران الشفافة أو المناور كما أنها ذات معامل توصيل حرارى منخفض جدا، ومعامل إنتقال صوتى عالى، من أهم تطبيقاتها: الزجاج المتجلط Coagulated Glass والمحتوى على هلام بين طبقاتة، حيث يستجيب الى الحرارة بسرعة فيتجلط مغيرا لون الزجاج الى الحالة نصف الشفافة والزجاج الهلامى Aerogate Window الذى يحوى على هلام السليكا الهوائى بين طبقاته، حيث تعمل على تخفيض معامل التوصيل الحرارى الى أدنى درجة وترفع فى نفس الوقت عامل الإنتقال الضوئى (٩)	تستخدم بديلا للزجاج فى النوافذ ويمكن استخدامها فى الجدران الشفافة أو المناور	تعتمد على شدة وزاوية سقوط الضوء وليست درجة الحرارة ويمكن التعامل من خلال توجيه أشعة الشمس	 شكل رقم (٤) مادة الأيروجيل عازل جيد للحرارة ولا تحترق
المواد ذات الشفافية المتغيرة Electro Chromic Materials	تتميز هذه المواد بقابليتها على تغيير لونها نتيجة استخدام التيار الكهربائى، فالزجاج يتحول إلى المعتم بسبب تيار كهربى قليل الشدة، ويعود إلى حالته الشفافة عند زيادة التيار الكهربى ،هذه التكنولوجيا لا تستخدم مادة واحدة، وإنما تتألف من تجميع أكثر من طبقة من المواد المختلفة التى تعمل معا حيث أن تغير لون المادة ينتج من حث جزيئات كيميائيا للتغير على سطح المادة من خلال تقليل التأكسد (٨)	النوافذ الخارجية والزجاج الداخلى للمبنى	– التنسيق بين عملية توصيل وقطع التيار مع وحدة التحكم المركزى بالمبنى بما يلبى إحتياجات شاغلى المبنى – زيادة كفاءة إستجابة غلاف المبنى لمدخلات البيئة	 شكل رقم (٥) يوضح الزجاج المولد للكهرباء
نوافذ ذكية بتقنية الجسيمات المعلقة Suspended Particle Display	يتكون الزجاج من عدد من الطبقات من مواد مختلفة تحتوى الطبقة الفعالة على جسيمات ذات شكل إبرى عالقة فى سائل بشكل عشوائى تمتص الضوء الساقط عليها، وهذه الطبقة تقع بين طبقتين من الموصلات وعند مرور التيار الكهربائى تنتظم هذه الجزيئات بحيث تسمح للضوء بالمرور خلالها وبالتالى يمكن للمستخدم التحكم بحجب الضوء أو السماح له بالمرور من خلال ريموت كونترول للتحكم فى فرق جهد على لوحى الزجاج (١٠)	النوافذ الخارجية والزجاج الداخلى للمبنى	الحصول على بدائل متعددة من خلال التحكم فى توصيل أو قطع التيار وتوفير الشفافية أو العتمة أو الخصوصية المطلوبة توفر التحكم اليدوى بجانب التحكم الألى	 شكل رقم (٦) يوضح طريقة عمل شاشة الجسيمات المعلقة

١١ – الواجهة الذكية"Intelligent Façade"

هى جزء جوهرى من مصطلح المبنى الذكى حيث أنها العنصر المسؤل عن تغليف المنطقة المأهولة داخليا، وهو العنصر الإنتقالى بين البيئة الخارجية للمبنى والفراغ الداخلى، كما يقول تيد كروجر"Ted Kruger" فى تعريفه للمبنى على أنه بمثابة الجلد الثانى للإنسان، ولكن فى الحقيقة أن الملابس هى الجلد الثانى للإنسان لأنها تحميه مباشرة من الحرارة والبرودة، ومن بعده يكون المبنى هو الجلد الثالث للإنسان وبما إن واجهة المبنى هى عبارة عن الغلاف الخارجى للمبنى ككل فإنه بالرجوع إلى التشبيه البيولوجى فالغلاف الذكى يمكن أن يطلق عليه الجلد الذكى

"Intelligent Skin". [٦]

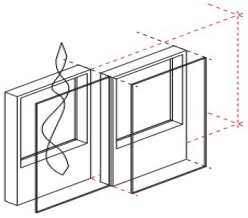
١٢- مميزات الواجهات الذكية

- القدرة على النفاذية والإمتصاص للحرارة.
- إمكانية تعديل لونها والتحكم بالشفافية من الداخل والخارج وتعديل الملمس.
-القدرة على التظليل الميكانيكى والتحكم بكمية الإضاءة عن بعد.
- تقليل تكلفة التشغيل عن طريق إستخدام المواد الذكية متغيرة الخواص.
- توفر عزل صوتى عن طريق إستخدام مواد تشتت الموجات الصوتية وتمتصها.
- توفر الطاقة وتقلل التلوث البيئى.

١٣- أنواع الواجهات الذكية المزدوجة:

إن أحد أهم التطورات المثيرة للإهتمام، والتى يمكن ملاحظتها بكثرة هذه الأيام فى الواجهات المزدوجة (الذكية)، والتى ظهرت بغرض أساسى وهو إمكانية تفاعل واجهات المبانى مع البيئة بغرض توفير أكبر قدر من الطاقة بالإضافة إلى إحتوائها وظائف حديثة بداخلها، فمثلا بدلا من تركيب أنظمه التهوية داخل المبنى فإنه يمكن توفير التهوية بواسطه وضع العزل الحرارى بين طبقات الواجهه المزدوجة.

وتكمن أهمية الحصول على الواجهات المزدوجة بالمبانى فى كونها مناسبة جدا فى ظل ظروف معينة، فعند وجود مستويات عالية من ضجيج الشوارع أو الرياح العالية بالقرب من المبنى أو عند زيادة إرتفاع المبانى، فإنه فى مثل هذه الحالات قد تكون هذه الواجهات الحل المناسب والإقتصادى، وينصح بإستخدامها فى الظروف العادية لبناء المنشأ نظرا لإرتفاع تكلفتها. كما هو موضح بالشكل رقم (٧)

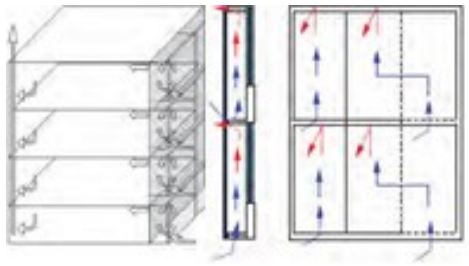
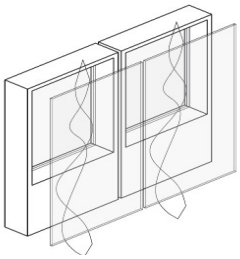
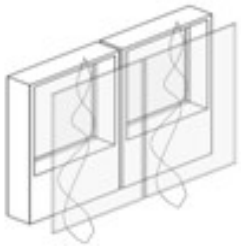


شكل رقم ٧- أسكتش مجسم يوضح الواجهة المزدوجة – المصدر : (١١)

ويمكن تحديد مدى كفاءة بعض المواد الذكية ومناسبتها مع المبانى الذكية فى الجدول التالى:

نوع المادة الذكية	المدخلات (المؤثرات)	المخرجات (الإستجابة)	إستخدامها فى العمارة
النوع الأول : المواد الذكية متغيرة الخواص Property Changing Smart Materials			
Thermochromics	تغير درجة الحرارة	تغير اللون	تقليل الوهج – ضبط الإضاءة
Photochromics	الإشعاع (ضوء)	تغير اللون	ضبط الإضاءة – زجاج الواجهات
Mechanochromics	التشوه (Deformation)	تغير اللون	الإنشاء الذكى
Chemochromics	التركيز الكيميائى	تغير اللون	التصميم الداخلى
Electrochromics	إختلاف الجهد الكهربائى	تغير اللون	تقليل الوهج – ضبط الإضاءة
Liquid crystals	إختلاف الجهد الكهربائى	تغير اللون	زجاج الواجهات
Suspended particle	إختلاف الجهد الكهربائى	تغير اللون	زجاج الواجهات
Electrorheological	إختلاف الجهد الكهربائى	تغير الصلابة / اللزوجة	زجاج الواجهات
Magnetorheological	إختلاف الجهد الكهربائى	تغير الصلابة / اللزوجة	الزجاج – الحساسات
النوع الثانى : تغير الطاقة			
Electroluminescents	إختلاف الجهد الكهربائى	ضوء	زيادة الإضاءة
Photoluminescents	الإشعاع	ضوء	زيادة الإضاءة
Chemoluminescents	التركيز الكيميائى	ضوء	زيادة الإضاءة
Thermoluminescents	تغير درجة الحرارة	ضوء	زيادة الإضاءة
Light-emitting diodes	إختلاف الجهد الكهربائى	ضوء	زيادة الإضاءة
Photovoltaics	الإشعاع (ضوء)	إختلاف الجهد الكهربائى	إنتاج الطاقة من الشمس
النوع الثانى : تغير الطاقة (قابل للإنعكاس)			
Piezoelectric	التشوة (Deformation)	إختلاف الجهد الكهربائى	الإنشاء الذكى
Pyroelectric	تغير درجة الحرارة	إختلاف الجهد الكهربائى	ضبط الإضاءة والحرارة
Thermoelectric	تغير درجة الحرارة	إختلاف الجهد الكهربائى	إمكانية تعديل درجات الحرارة
Electrorestrictive	إختلاف الجهد الكهربائى	التشوة (Deformation)	الإنشاء الذكى
Magnetorestrictive	حقل مغناطيسى	التشوة (Deformation)	الإنشاء الذكى

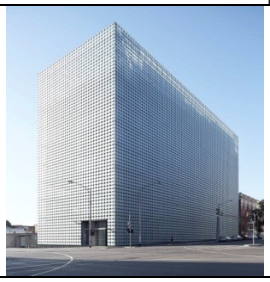
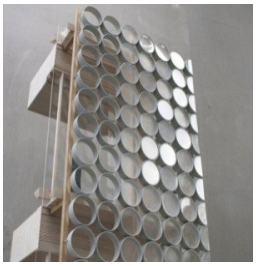
تنقسم أنواع الواجهات الذكية المزدوجة إلى عدة أقسام موضحة بالجدول التالى جدول رقم (٢)

نوع الواجهة	وصفها	مثال
الواجهة الصندوقية Box Façade	– فى هذا النوع من الواجهات يتم تقسيم الواجهة إلى عدة تقسيمات أفقية ورأسية على شكل صناديق صغيرة فوق بعضها البعض، ولقد تضمنت هذه الواجهات عناصر تمنح المستخدمين للمبنى الحرية للتحكم فى البيئه الداخلية للمنشأ – إلا أن من العيوب القوية لهذا النظام هو أن الحرية التى يمنحها هذا النظام من إمكانية التحكم بالبيئة الداخلية للأفراد تكون ذا تأثير سلبى نظرا لتعارض الأهواء الشخصية، فيمكن أن يؤثر هواء العادم الخارج من إحدى الطوابق على جودة الهواء الوارد فى الطابق السفلى له، ويمكن تجنب هذه المشكلة عن طريق تضخيم منافذ التهوية [١١]	 شكل رقم ٨– منظور يوضح فكرة التهوية بالواجهة الصندوقية رسم تخطيطى يوضح طريقة عمل الواجهة الصندوقية المصدر: [٣]
واجهة الهياكل الصندوقية Shaft Box Façade	تقوم فكرتها على الإستفادة من فروق الضغط وخفة الهواء، حيث يتحرك الهواء فى عمود رأسى يصل عادة إلى عدة أدوار تحت ضغط وسرعه مرتفعة إضافة إلى الفرق فى درجات الحرارة، ليسحب الهواء من داخل الفراغ بنظرية الضغط السالب "negative pressure "وتعتمد تهوية الفراغات على التهوية العرضية، حيث يوجد فى هذا النوع من الواجهات مجموعة من عناصر النافذة الصندوقية تقع على الواجهة وتتصل بواسطة أعمدة رأسية " vertical shafts " توجد بالواجهة، حيث تضمن هذه الأعمدة زيادة تأثير المدخنة stack effect "	 شكل رقم ٩– أسكتش مجسم يوضح فكرة الواجهات المزدوجة ذات الهياكل الصندوقية المصدر: [١١]
واجهة ممر الهواء Corridor Façade	فى هذا النوع من الواجهات يكون الفراغ المتوسط بين الواجهة الخارجية والداخلية مقسم أفقيا فى مستوى كل دور، ويمكن أن تضاف تقسيمات عمودية لأسباب سمعية أو للحماية من الحريق، وفتحات دخول الهواء وخروجه فى الممرات توضح قطريا، لكى يمنع ذلك الهواء المستخدم من أحد الأدوار أن يدخل الدور الأعلى منه مباشرا.	 شكل رقم ١٠– أسكتش مجسم يوضح فكرة واجهة الممر المزدوجة المصدر: [١١]
الواجهة ثنائية الغلاف second– skin façade	– هى الواجهة البديلة والمعروفه بإسم الواجهة ثنائية الغلاف ويتم الحصول عليها عن طريق إضافة طبقة تانيه من الزجاج فوق السطح الخارجى للمبنى بأكمله، وهذه الطبقة لها ميزة تقنية وهيكلية بسيطة، وهذا لا ينطبق على عدد كبير من الأجزاء المتحركة للطبقة الخارجية من الزجاج وإنما على هيكل الواجهة الداخلية وآليات التهوية فقط ويتم توفيرها فى المناطق العلوية والسفلية من الواجهة، والعيب أنها توفر إمكانيات قليلة السيطرة على البيئة الداخلية للمبنى – والعيب الظاهر فى هذا النوع من الواجهات، هو أن يوفر القليل من إمكانيات التحكم فى البيئة الداخلية للمبنى، وبالتالى خطر الإرتفاع المفرط فى الحرارة	 شكل رقم ١١– أسكتش مجسم يوضح فكرة واجهة الجلد الثانى والتى تمثل أبسط انواع الواجهات المزدوجة المصدر: (١١)
الواجهة متعددة الطوابق Multi Story Facade	وتعتمد فكرة هذه الواجهة على وجود فراغ هوائى غير مقسم بين الغلاف الخارجى والغلاف الداخلى ويتم عمل فتحات تهوية كبيرة فى أسفل وأعلى الواجهة تسمح للهواء بالدخول والخروج من الفراغ بين طبقتى الواجهة .أستخدمت هذة الواجهة فى مبنى فيكتوريا بألمانيا " Victoria Life Insurance Buildings " الذى تم الأنتهاء من بنائة عام ١٩٩٦م ، أستخدم نظام الواجهات المزدوجة متعددة الطبقات فى غلافة الخارجى للحصول على التهوية الطبيعية للمبنى	 شكل رقم١٢– لقطة داخلية توضح الفراغ الهوائى (Air Space) التعدد الطوابق فى مبنى فيكتوريا بالمانيا المصدر: (https://www.e-architect.co.uk)

١٤- حالات الدراسة:

مركز التصميم البحثى RMIT Design Hub

جدول رقم (٤) أنواع المواد الذكية وتأثرها بالعوامل الخارجية ومدى أستجابتها لها المصدر : الباحث

وصف مشروع مركز التصميم البحثى RMIT Design Hub			
المعمارى	Sean Godsell		
الموقع	ملبورن أستراليا (Melbourne – Australia)	حاله المبنى	قائم
وصف واجهة المبنى	RMIT هى شركة رائدة على مستوى العالم فى مجال الأبحاث التصميمية، ويوفر قاعدة بحثية جماعية حيث يعمل طلاب الدراسات العليا فى مجالات مختلفة مثل النسيج وتصميم الأزياء بجانب الهندسة المعمارية وهندسة الطيران والتصميم الصناعى وهندسة المناظير الطبيعية والتصميم الحضرى وكان الهدف من تصميم الواجهة هو تشجيع الدارسين، على المزيد من البحث فى مجال إستخدام التكنولوجيا الحديثة والبحث أيضا فى مجال الطاقة الشمسية، من خلال تصميم تطبيقى للواجهة المستجيبة للمبنى، والتى تعمل على توليد الطاقة الذاتية للمبنى وتتكون واجهة المشروع : ١- الطبقة الأولى الداخلية: هى الواجهة المزدوجة الزجاجية Double façade ٢- الطبقة الثانية الخارجية: هى عبارة عن نظام التظليل الآلى، والتى تتكون من خلايا دائرية مغطاة بالزجاج الرملى، بحيث يحقق تصميما ديناميكى ذو كفاءة مرتفعة فى الأداء		
			
	شكل رقم ١٣- موديل يوضح فكرة الواجهة للمركز المصدر : https://www.architectural-review.com/places/asia-pacific/australia/rmit-design-hub-by-sean-godsell-architects-melbourne-australia/5218171.article	شكل رقم ١٤- لقطة خارجية للمركز توضح الواجهة الخارجية كشبكة من وحدات التظليل الدائرية المصدر:- https://divisare.com/projects/227798-sean-godsell-architects-rory-gardiner-earl-carter-rmit-design-hub	
عنصر التكنولوجيا المستخدم بالواجهة	١- إستخدام تقنية الواجهة المزدوجة بالواجهة الزجاجية الداخلية للمبنى، بحيث توفر مآخذ الهواء المحيطة المدمجة فى هذا الجلد الداخلى المزدوج المزجج هواء نقيا لبيئة العمل الداخلية، مما يقلل من إستهلاك الطاقة ويوفر بديلا أكثر راحة لبيئة الداخلية ٢- إستخدام نظام Sunshading آلى مكون من خلايا دائرية يعمل على الإستجابة لحركة الشمس ومن ثم توفير التظليل المناسب للفراغات الداخلية الموجودة على طول الواجهة ٣- إستخدام الزجاج الرملى لتغطية الخلايا الدائرية من نظام التظليل لإستقطاب الشمس وتحويلها إلى طاقة		
المعايير البيئية للواجهة	١- توليد الطاقة الكهربية (لتلبية إحتياجات المبنى من الطاقة) ٢- توفير الراحة البصرية ٣- توفير الراحة الحرارية (لتوفير الهواء داخل الفراغات الداخلية بفعل الواجهة المزدوجة)		

نتج من دراسة الحالة أن

عنصر التكنولوجيا المستخدم فى الواجهة هو الأقراص المترابطة بمحرك يسمح لتلك الأقراص بالتعرض لأشعة الشمس قدر الإمكان حيث يتحكم الكمبيوتر الداخلى فى هذه الواجهة عن طريق ضبط كل خلية بمحركات دورانية وفقا للطقس اليومى فى ملبورن بالإضافة إلى إستخدام الزجاج الرملى لصنع الأقراص الدورانية فإن تلك الأقراص تعمل على كسب الطاقة الشمسية وتحويلها لطاقة كهربية تكفى لإحتياجات المبنى مما يوفر المعايير البيئية بالمبنى.

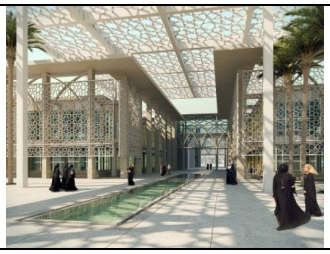
٢- جامعة الأميرة نورا بنت عبد الرحمن للكليات الأكاديمية النسائية

Princess Nora Bint Abdulrahman University for Wamen Academic Colleges

نتج من دراسة الحالة أن: عنصر التكنولوجيا المستخدم فى الواجهة هو الخرسانة المسلحة المصنوعة من الألياف الزجاجية خفيفة الوزن وصديقة للبيئة حيث تحقق الراحة الحرارية لمستخدمى المبنى وتقلل من إستهلاك الطاقة مما يوفر المعايير البيئية بالمبنى.

جدول رقم (٥) لقطات خارجية توضح واجهات الكليات للأكاديمية

المصدر : https://www.architectmagazine.com/project-gallery/princess-nora-bint-abdulrahman-university

وصف مشروع جامعة الأميرة نورا بنت عبد الرحمن للكليات الأكاديمية النسائية			
المعمارى	Perkins+Will		
موقع المشروع	الرياض بالسعودية	حالة المبنى	قائم
الجوائز / التصنيف	جامعة بأكملها مسجلة لدى LEED		
الوصف			
	تتكون الكليات الأكاديمية من تسعة مبانى تقع فى قلب الحرم الجامعى، ولأنها تقع فى مناخ حار وجاف فإن معظم المساحات الخارجية والواجهات فى المبانى معرضة لأشعة الشمس المباشرة ويجب أن تكون مظلله، فإستخدم نظام التظليل الفعال من حيث التكلفة والذى يسهل إنشاؤه وتتكون من مواد متاحة لذلك تم تشكيل لوحات GFRC للكليات الأكاديمية كشاشات للتظليل فى أنماط هندسية معقدة تعتمد على العمارة الإسلامية التقليدية تغطى واجهات مبانى الكليات الأكاديمية التسع بشاشات التظليل، مما يؤدى إلى إنخفاض إجمالى فى إستهلاك الطاقة بنسبة ٣,٥% و ١٣% فى كسب الحرارة على المغلفات الخارجية للمبانى، كما أن لوحات التظليل GFRC خفيفة الوزن وتعمل على تقليل إنبعاثات الكربون المرتبطة بنقلها إلى الموقع الشكل رقم (١٥)		
عنصر التكنولوجيا المستخدمة بالواجهة	١- إستخدام الخرسانة المسلحة المصنوعة من الألياف الزجاجية GFRCخفيفة الوزن ومتينة وصديقة للبيئة ويمكن أن تصنع منها أشكال مختلفة		
المعايير البيئية للواجهة	١- الراحة الداخلية (حيث وفرت شاشات التظليل الظل للجدار الساتر والخصوصية البصرية لشاغلى المبنى) ٢- تقلل إستهلاك الطاقة بنسبة ١٣% لتقليل أحمال التبريد ٣- منع الآثار السلبية للمبنى على البيئة وتقليل إنبعاثات الكربون عن طريق إستخدام الخرسانة المصنوعة من الألياف الزجاجية GFRC		

النتائج

١- يجب إدخال دراسة المواد الذكية ضمن مواد الدراسة.

٢- إستخدام المواد الذكية يزيد من الإستجابة المطلوبة من المبانى الذكية وتدعم فى نفس الوقت كفاءة الإدارة للمبانى الذكية من خلال إمكانية إستجابة هذه المواد الذكية تبعا لقرارات المبانى الذكية وفى الحالتين تزيد من كفاءة الإستهلاك وتوفير الأجواء اللازمة لزيادة إنتاجية العمل.

٣- تضيف المواد الذكية قيمة جمالية للمبنى وتضفى ملمسا متميزا للغلاف الخارجى الأمر الذى يحقق مبانى تتوائم مع البيئة.

٤- تزداد القيمة المعمارية والهندسية للخامات الذكية حين تندمج مع نسيج المبنى بإعتبارها بديلا لخامات البناء التقليدية.

٥- إن المواد الذكية الأكثر شيوعا هى المواد ذات القدرة على تغير الخصائص وبالأخص اللونية / الكهربائية لإستخدامها لأغراض تظليل الزجاج للحماية من الأشعة الشمسية أو توفير الخصوصية للفراغات الداخلية والتى يمكن استخدامها محليا بسبب توافرها.

٦- ساعد تطور المواد الذكية على تحقيق فكرة الواجهة المتكيفة القادرة على التغير إستجابة لتغيير الظروف.

٧- تتطلب معظم تطبيقات المواد الذكية تمويلا كبيرا فى بداية إنشاء المبنى لأنها مكلفة للغاية من حيث التصنيع والتأسيس والتركيب ولكنها تكون أوفر على مدى العمر الإفتراضى للمبنى.

٨- التركيز على التكنولوجيا الحديثة وإمكانيتها فى إبتكار مواد حديثة لتكسية الواجهات أو أبتكار تقنيات تركيب لتلك الكسوات المتطورة للواجهات بالإضافى إلى دورها فى تحسين كلا من المواد الشائع إستخدامها فى تكسية الواجهات وكذلك تحسين تقنيات التركيب القديمة بما يلائم متطلبات كل مشروع على حدة.

٩- إعداد قائمة للمواد الحديثة والمتاحة فعليا سواء أكانت (مواد البناء أو مواد العزل أو مواد الطلاء) فى سوق الشرق الأوسط والسوق المصرى، والتى يمكن إستخدامها فى مجال تكسية الواجهات مع ذكر خصائصها المؤهلة لإستخدامها فى تحقيق أعلى أداء للواجهات.

١٠- يوصى المعماريين والعاملين فى مجال تجديد المبانى بضرورة الإختيار الأمثل لكل من (تقنيات تركيب الواجهات وكذلك بالمواد والتقنيات المستخدمة فى تغطية سطحها الخارجى).

١١- كما يوصى بنفى الفكرة الخاطئة والشائعة بعدم إستخدام مثل هذه التكنولوجيات والمواد الحديثة بواجهات المبانى نظرا لإرتفاع فى تكلفتها وذلك حيث أثبتت التجارب التطبيقة أن إستخدام مثل هذه المواد والتكنولوجيات الحديثة قد يكون موفرا فى التكلفة الخاصة بصيانه والحفاظ على المبنى بشكل كبير على المدى الطويل.

١٢- ينبغى إعتبار المواد الذكية والطلاءات الواقية الفعالة المستخدمة كطلاء للحائط الخارجى للمبانى بانة يعمل كغلاف خارجى للمبنى إنها واحدة من المنهجيات الذكية للحفاظ على الطاقة، كثيرا من الناس لا يدركون جيدا مزاياها على المدى الطويل.

١٣- ضرورة تشجيع عقد المؤتمرات والندوات والباحثين بإعداد العديد من الدراسات والأبحاث التى تعنى بتطبيقات المواد الذكية فى مجال العمارة.

١٤- تشجيع قطاع الصناعات ليتم تصنيع هذه المواد محليا حتى تقل تكلفة المنتج وتنتشر على نطاق أوسع

SMART MATERIALS AND ITS IMPACT ON ARCHITECTURAL FACADES IN EGYPT

Prof. Alaa Eldin Alsayed Farid* **Prof. Al-Jundi Shaker Abdul-Ghani****

By/ Eng.Eman Ahmed Helmy ***

Abstract

The process of using compatible technology for smart materials requires full familiarity with smart materials, and this was achieved in the research by dividing the research into three sections**.**

First: Presenting the development of architecture through the development of building materials compatible with the environment and saving energy by: Mentioning the definition of smart materials, their characteristics and types Includes

1 - Property Changing Smart Materials, which are materials that change their mechanical and electrical properties in response to a change in external factors.

2- Energy Changing Smart Materials from one form to energy produced in another form, in addition to presenting some applications of smart materials in different parts of the contemporary smart building, and **the second: presenting the types of smart destinations** and their compatibility with the surrounding environment: where the focus is on tracking the impact of modern technology With its various applications on the development of building facades structurally, in line with the requirements of preserving both the environment and energy, **the third deals with a presentation and analysis** of global and local examples that used compatible technology for smart materials in buildings to adapt to the external environment

Key words: Technology and its Applications - Smart Materials - Smart Buildings - Smart Facades.

المراجع

١- عمر بن الهاشمى بن محمد، **تأثير التكنولوجيا المعاصرة على التشكيل المعمارى للواجهات فى الوطن العربى**" دراسة تحليلية عن الواجهات بكل من السعودية ومصر والجزائر" رسالة ماجستير منشورة، جامعه القاهرة ،٢٠٠٠ "

٢- محمود أبو الأنوار محمود مجاهد، أثر التطور التكنولوجى على التشكيل المعمارى، رسالة ماجستير منشورة، جامعة الأزهر، ٢٠١٧.

٣- أسماء مجدى محمد فاضل" **العمارة الذكية "وانعكاسها التكنولوجى على التصميم**" دراسة حالة المبانى الإدارية" رسالة ماجستير منشورة، جامعه القاهرة، ٢٠١١.

٤- أسماء عياد ماللیو، العمارة الذكية الصديقة للبيئة، رسالة ماجستير منشورة، جامعة أسكندرية، ٢٠١٣.

***Professor of Architecture Department Faculty of Engineering Al Azhar University**

**** Assistant Professor of Architecture Department Faculty of Engineering Al Azhar University**

Bachelor of Engineering, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Al-Azhar University ***

٥- عادل عبد الحميد رضوان الشامى، **العمارة الذكية بين الواقع الوظيفى والتشكيل المعمارى**، رسالة ماجستير منشورة، جامعة الأزهر، ٢٠١٢.

٦- خالد مسعد عبد السميع، **الغلاف الخارجى للمنزل الذكى** "نحو دليل على تقييم مستوى ذكاء الغلاف الخارجى للمنزل الذكى" رسالة ماجستيرمنشورة، جامعة القاهرة٢٠١١.

7- Ritter ,A," Smart Materials In Architecture, Interior Architecture And Design", Architectural Press , Berlin, 2007.

8- Lee, E &Carmody, J , "Window Systems Of High – Performance Building", Norton & Company, Inc., Avenue, New York, 2004

9- Deck, F" Improving the thermal Performance of Vinyl. Framed Windows in the Proceeding of Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings " . Florida. (1992).

10- Brownel, B, "Transmaterial 2: a Catalog of Materials That Redefine Our Physical Environment ", Architectural Press , NewYork,2005.

11- Birkhäuser Verlag AG. Façades Principles of Construction. Basel · Boston · Berlin 2007.