

## أثر استخدام المواد الذكية على البيئة

دكتور/ علاء الدين السيد فريد\*    دكتور/ الجندي شاكر عبد الغنى\*\*    مهندسة/ إيمان أحمد حلمي\*\*\*

### ملخص البحث

تحتاج عملية استخدام التكنولوجيا المتوافقة للمواد الذكية إلى الإلمام الكامل بالمواد الذكية وقد تحقق ذلك في 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 التي تشمل

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

٢- المواد التي 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 المباني إنشائيا، بما يتلائم مع متطلبات الحفاظ على كلا من البيئة والطاقة، أما الثالث عرض وتحليل لأمثلة عالمية ومحلية إستخدمت تكنولوجيا المواد الذكية فى المباني للتكيف مع البيئة الخارجية.

الكلمات الدالة : التكنولوجيا وتطبيقاتها - المواد الذكية - المباني الذكية - الواجهات الذكية.

### ١- المقدمة

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 المباني فى كونها فلتز مادي (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 والأنظمة والواجهات الذكية المستخدمة فى المباني.

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

- إدراك أهمية استخدام المواد الذكية على النطاق المحلى

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

\*أستاذ دكتور بقسم العمارة كلية الهندسة جامعة الأزهر

\*\*أستاذ مساعد بقسم العمارة كلية الهندسة جامعة الأزهر

\*\*\*كالوريوس هندسة بقسم العمارة كلية الهندسة جامعة الأزهر

٦- خصائص مواد البناء الذكية**Smart building materials Properties**

تنقسم خواص المواد إلى خواص جوهرية وخواص غير جوهرية، الخواص الجوهرية تعتمد على البيئة الداخلية وتركيب المادة، ونجد أن الخواص (الكيميائية والميكانيكية والكهربية والمغناطيسية والحرارية) للمواد هي خواص جوهرية، أما الخواص غير الجوهرية تعتمد على عوامل أخرى<sup>(٤)</sup>

**الخواص الأساسية**

يتم تحديد السمات الأساسية التي تميز هذه المواد من خلال سلوكها وتفاعلها وهذه السمات موجودة في المواد الذكية وهي:

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

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

٣- **التشغيل الذاتي "Self - actuation"**: الذكاء بالنسبة للمادة ذكاء داخلي وليس خارجي، ليس هناك حاجة لنظم تحكم خارجية لكي تعمل على إحداث هذه التغيرات في المادة.

٤- **الإنتقائية "Selectivity"**: إستجابتها متميزة ومتوقعة وقابلة للتنبؤ.

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

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

٧- **القدرة على الإصلاح الذاتي**: حيث تقوم بترميم أجزائها التالفة التي سببها الظروف البيئية.

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

٧- أنواع المواد الذكية Smart materials Types

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

ودورها في تحقيق الراحة الحرارية والتوافق مع البيئة.

- إلقاء الضوء على المواد الذكية المتوافقة بيئياً مع التشكيل الحديث للواجهات.

- توضيح مدى تأثير مواد البناء الذكية (الحديثة) على واجهات المباني وتكوينها وأدائها الوظيفي وتأثيرها على البيئة الداخلية للمبنى.

٣- **فرضية البحث**

إن إستخدام التكنولوجيا الحديثة بفروعها المختلفة في إنشاء المباني الذكية، يمكن أن يكون عاملاً مهماً في تحقيق الراحة عن طريق تجهيز المبنى بطريقة تقنية تكسبه القدرة على التفكير من أجل تغيير البيئة الداخلية وفقاً لحاجات المستخدم وبالتكيف والتوافق مع البيئة الخارجية".

٤- **التكنولوجيا**

يعرف التطور التكنولوجي بأنه "مقدار الإستفادة من الفكر الإنساني لتطويع المادة وإستخدامها في خدمة البشرية"<sup>(١)</sup> 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 أدى إلى ظهور جيل من المباني يعتمد على التكنولوجيا بداية من مراحل التصميم وصولاً إلى منظومة تشغيل المبنى والتحكم فيه.<sup>(٢)</sup>

ونتيجة لذلك فإن تعريف التكنولوجيا "هي نتاج البحث العلمي في كافة المجالات، فهي وسيلة لتحديد التقنيات والأدوات التي تساعد الإنسان في عمل أي شيء في وقت قصير وبكفاءة عالية".

٥- **المواد الذكية Smart Materials**

"هي المواد التي يمكنها التكيف أوتوماتيكياً (ألياً) للخواص أو بعض الصفات كالإنعكاس والتوصيل الحراري والشكل الخارجي والتهوية كإستجابة لتغيرات البيئة" وتم الإثارة عن طريق الحرارة والضغط بحيث يمكنها إحداث رد فعل مثل التغير في اللون أو البصمة الكهربائية Electric Signature.

وفيما يلي جدول رقم (١) لبعض تطبيقات المواد الذكية فى تشطيبات واجهات المباني.

#### ٩- المباني الذكية:

هى المباني التى تستخدم التقنية (ليست تقنية المعلومات أو الأنترنت فقط) للتحكم فى مكونات متعددة فى المنزل، مثل التكييف، أجهزة الأنداز، كاميرات المراقبة... إلخ. (<http://www.alriyadh.com/364948>)

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

#### ١٠- أهمية المباني الذكية The importance of smart buildings

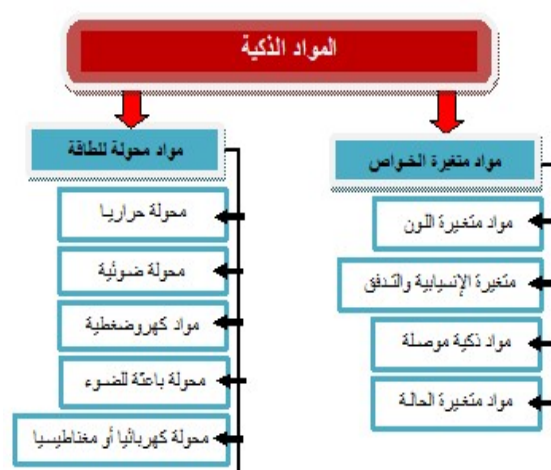
- \* إتاحة أقصى إدارة للموارد بأقل تكاليف.
- \* تلبية إحتياجات شاغلي المبنى من خلال التحكم الآلى فى أنظمة المبنى والبيئة الداخلية.
- \* تحسين مستويات الراحة الداخلية من خلال الإرتقاء بمستويات الراحة السمعية والبصرية والحرارية.
- \* إتاحة تفاعل أكثر وتعاون أكثر سواء مادي وإلكتروني وتحكم ذاتي مستقل أكثر.
- \* تطوير إدارة العمل.
- \* المساعدة فى زيادة الإنتاجية.
- \* تقليل تكلفة التشغيل.
- \* تخزين وعرض وتشغيل البيانات والمعلومات.
- \* تحقيق العمل الجماعي 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.

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.<sup>(٥)</sup>



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


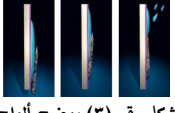

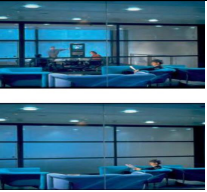

#### ٨- نماذج لبعض تطبيقات المواد الذكية فى العمارة:

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).

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

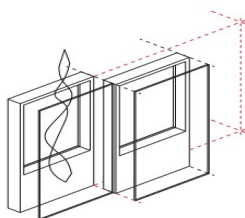
المادة	الخصائص والمميزات	مكان إستخدامها فى المبنى	تكاملها مع المبنى الذكى	مثال
الخرسانية المسلحة ذات الألياف الكربونية Carbon Fiber Reinforced Concrete	فى تلك الخرسانة يتم إضافة ألياف من الكربون إلى خلطة الخرسانة التقليدية (أسمنت - رمل - زلط - ماء) تلك الإضافة تساعد على إكتشاف العيوب الإنشائية وإجهاد وتشوة الخرسانة، وفى حالة وجود عيوب إنشائية فى الخرسانة تزداد المقاومة الكهربائية للخرسانة، هذا التغير يتم رصده بواسطة حساسات كهربائية خارج هذه المنشآت، ويمكن إستخدام مقياس للمراقبة المستمرة للإجهاد والتشوة فى الخرسانة الذكية، كما يمكن إستخدام الخصائص الكهربائية للخرسانة الذكية لإستكشاف إجهادات تحت الأرض والتي تنشأ قبل الزلزال، ومراقبة المباني، ومتابعة سير حركة المرور فى حالة الطوارئ. وقد تم بناء برجين جديدين باليابان بهذه الخرسانة حتى الآن وتم تدعيم ١٠٠ مبنى قائم. <sup>(٧)</sup>	الهيكل الخرساني للمبنى	- رصد العيوب داخل الخرسانة بواسطة مجسات كهربائية. - إستخدام مقياس للمراقبة المستمرة للإجهاد والتشوة.	 شكل رقم (٢) الخرسانة المسلحة ذات الألياف الكربونية
الزجاج المطلي بالتيتانيوم (TiO2)	هى عبارة عن ألواح من الزجاج مطلية بمادة التيتانيوم، التي تساعد على التنظيف الذاتي للزجاج والتخلص من الملوثات العالقة على ألواح الزجاج <sup>(٧)</sup>	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 الأبروجيل Aerogel	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 بارتفاع درجة الحرارة داخل الفراغ المعماري، هذا بالإضافة إلى خفة وزن هذه المادة والتي 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 طبقاته، حيث يستجيب الى الحرارة بسرعة فيتجلط مغيرا لون الزجاج الى الحالة نصف الشفافة والزجاج الهلامي Aerogel Window الذى يحوى على هلام السليكا الهوائى بين طبقاته، حيث تعمل على تخفيض معامل التوصيل الحرارى الى ادىنى درجة وترفع فى نفس الوقت عامل الإنتقال الضوئى <sup>(٩)</sup>	تستخدم بديلا للزجاج فى النوافذ ويمكن استخدامها فى الجدران الشفافة أو المناور	تعتمد على شدة زاوية سقوط الضوء وليست درجة الحرارة ويمكن التعامل من خلال توجيه أشعة الشمس	 شكل رقم (٤) مادة الأبروجيل 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 جميع أكثر من طبقة من المواد المختلفة التي تعمل معا حيث أن تغير لون المادة ينتج من حث جزيئات كيميائيا للتغير على سطح المادة من خلال تقليل التأكد <sup>(٨)</sup>	النوافذ الخارجية والازجاج الداخلى للمبنى	- التنسيق بين عملية توصيل وقطع التيار مع وحدة التحكم المركزي 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 وبالتالي يمكن للمستخدم التحكم بحجب الضوء أو السماح له بالمرور من خلال ريموت كونترول للتحكم فى فرق جهد على لوحى الزجاج <sup>(١٠)</sup>	النوافذ الخارجية والازجاج 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"

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

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

المباني 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 بالمباني 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 المبنى، فإنه فى مثل هذه الحالات قد تكون هذه الواجهات الحل المناسب والإقتصادي، 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)

"Intelligent Skin".<sup>(١)</sup>

## ١٢- مميزات الواجهات الذكية

- القدرة على النفاذية والإمتصاص للحرارة.
- إمكانية تعديل لونها والتحكم بالشفافية من الداخل والخارج وتعديل اللمس.
- 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 ونقل التلوث البيئى.

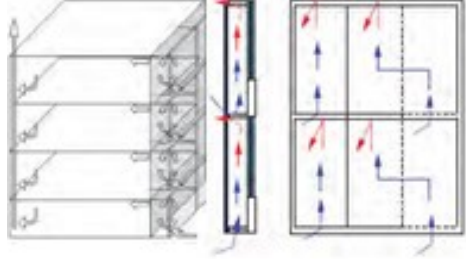
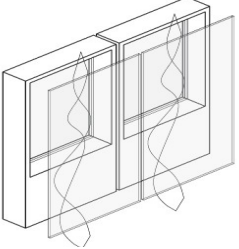

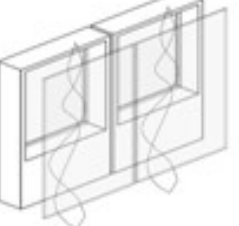

## ١٣- أنواع الواجهات الذكية المزدوجة:

إن أحد أهم التطورات المثيرة للإهتمام، والتي يمكن ملاحظتها بكثرة هذه الأيام فى الواجهات المزدوجة (الذكية)، والتي ظهرت بغرض أساسى وهو إمكانية تفاعل واجهات

### ويمكن تحديد مدى كفاءة بعض المواد الذكية ومناسبتها مع المباني 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	التشوه ( 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	التشوه ( Deformation )	الإنشاء الذكى
Magnetorestrictive	حقل مغناطيسى	التشوه ( Deformation )	الإنشاء الذكى

تنقسم أنواع الواجهات الذكية المزودة إلى عدة أقسام موضحة بالجدول التالي جدول رقم (٢)

نوع الواجهة	وصفها	مثال
الواجهة الصندوقية Box Façade	<p>- في 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 في البيئه الداخلية للمنشأ</p> <p>- إلا أن من العيوب القوية لهذا النظام هو أن الحرية التي يمنحها هذا النظام من إمكانية التحكم بالبيئة الداخلية للأفراد تكون ذا تأثير سلبي نظرا لتعارض الأهواء الشخصية، فيمكن أن يؤثر هواء العادم الخارج من إحدى الطوابق على جودة الهواء الوارد في الطابق السفلي له، ويمكن تجنب هذه المشكلة عن طريق تضخيم منافذ التهوية<sup>(١١)</sup></p>	 <p>شكل رقم ٨ - منظور يوضح فكرة التهوية بالواجهة الصندوقية رسم تخطيطي يوضح طريقة عمل الواجهة الصندوقية المصدر: (١٢)</p>
واجهة الهياكل الصندوقية Shaft Box Façade	<p>تقوم فكرتها على الإستفادة من فروق الضغط وخفة الهواء، حيث يتحرك الهواء في عمود رأسي يصل عادة إلى عدة أدوار تحت ضغط وسرعه مرتفعة إضافة إلى الفرق في درجات الحرارة، ليسحب الهواء من داخل الفراغ بنظرية الضغط السالب "negative pressure" وتعتمد تهوية الفراغات على التهوية العرضية، حيث يوجد في 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 "</p>	 <p>شكل رقم ٩ - أسكتش مجسم يوضح فكرة الواجهات المزودة ذات الهياكل الصندوقية المصدر: (١٣)</p>
واجهة ممر الهواء Corridor Façade	<p>في هذا النوع من الواجهات يكون الفراغ المتوسط بين الواجهة الخارجية والداخلية مقسم أفقيا في مستوى كل دور، ويمكن أن تضاف تقسيمات عمودية لأسباب سمعية أو للحماية من الحريق، وفتحات دخول الهواء وخروجه في الممرات توضح قطريا، لكي يمنع ذلك الهواء المستخدم من أحد الأدوار أن يدخل الدور الأعلى منه مباشرة.</p>	 <p>شكل رقم ١٠ - أسكتش مجسم يوضح فكرة واجهة الممر المزودة المصدر: (١٤)</p>
الواجهة ثنائية الغلاف second-skin façade	<p>- هي الواجهة البديلة والمعروفة باسم الواجهة ثنائية الغلاف ويتم الحصول عليها عن طريق إضافة طبقة ثانية من الزجاج فوق السطح الخارجي 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 في المناطق العلوية والسفلية من الواجهة، والعيب أنها توفر إمكانيات قليلة السيطرة على البيئة الداخلية للمبنى</p> <p>- والعيب الظاهر في هذا النوع من الواجهات، هو أن يوفر القليل من إمكانيات التحكم في البيئة الداخلية للمبنى، وبالتالي خطر الإرتفاع المفرط في الحرارة</p>	 <p>شكل رقم ١١ - أسكتش مجسم يوضح فكرة واجهة الجلد الثاني والتي تمثل أبسط أنواع الواجهات المزودة المصدر: (١٥)</p>
الواجهة متعددة الطوابق Multi Story Façade	<p>وتعتمد فكرة هذه الواجهة على وجود فراغ هوائي غير مقسم بين الغلاف الخارجي والغلاف الداخلي ويتم عمل فتحات تهوية كبيرة في أسفل وأعلى الواجهة تسمح للهواء بالدخول والخروج من الفراغ بين طبقتي الواجهة. استخدمت هذه الواجهة في مبنى فيكتوريا بألمانيا " Victoria Life Insurance Buildings " الذي تم الانتهاء من بنائه عام ١٩٩٦ م، استخدم نظام الواجهات المزودة متعددة الطبقات في غلافة الخارجي للحصول على التهوية الطبيعية للمبنى</p>	 <p>شكل رقم ١٢ - لقطة داخلية توضح الفراغ الهوائي (Air Space) التعدد الطوابق في مبنى فيكتوريا بألمانيا المصدر: (<a href="https://www.e-architect.co.uk">https://www.e-architect.co.uk</a>)</p>

## ١٤ - حالات الدراسة:

## مركز التصميم البحثي RMIT Design Hub

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

وصف مشروع مركز التصميم البحثي RMIT Design Hub			المعماري
Sean Godsell			
الموقع	حاله المبنى	مليورن أستراليا (Melbourne – Australia)	قائم
وصف واجهة المبنى	<p>RMIT هي شركة رائدة على مستوى العالم في مجال الأبحاث التصميمية، ويوفر قاعدة بحثية جماعية حيث يعمل طلاب الدراسات العليا في مجالات مختلفة مثل النسيج وتصميم الأزياء بجانب الهندسة المعمارية وهندسة الطيران والتصميم الصناعي وهندسة المناظير الطبيعية والتصميم الحضري وكان الهدف من تصميم الواجهة هو تشجيع الدارسين، على المزيد من البحث في مجال استخدام التكنولوجيا الحديثة والبحث أيضا في مجال الطاقة الشمسية، من خلال تصميم تطبيقي للواجهة المستجيبة للمبنى، والتي تعمل على توليد الطاقة الذاتية للمبنى وتتكون واجهة المشروع :</p> <p>١ - الطبقة الأولى الداخلية: هي الواجهة المزدوجة الزجاجية Double façade</p> <p>٢ - الطبقة الثانية الخارجية: هي عبارة عن نظام التظليل الآلي، والتي تتكون من خلايا دائرية مغطاة بالزجاج الرملي، بحيث يحقق تصميمًا ديناميكيًا ذو كفاءة مرتفعة في الأداء</p>		
			
شكل رقم ١٣ - موديل يوضح فكرة الواجهة للمركز المصدر : <a href="https://www.architectural-review.com/places/asia-pacific/australia/rmit-design-hub-by-sean-godsell-architects-melbourne-australia/5218171.article">https://www.architectural-review.com/places/asia-pacific/australia/rmit-design-hub-by-sean-godsell-architects-melbourne-australia/5218171.article</a>	شكل رقم ١٤ - لقطة خارجية للمركز توضح الواجهة الخارجية كشبكة من وحدات التظليل الدائرية المصدر: <a href="https://divisare.com/projects/227798-sean-godsell-architects">https://divisare.com/projects/227798-sean-godsell-architects</a>		
عصر التكنولوجيا المستخدم بالواجهة	<p>١ - استخدام تقنية الواجهة المزدوجة بالواجهة الزجاجية الداخلية للمبنى، بحيث توفر مأخذ الهواء المحيطة المدمجة في هذا الجلد الداخلي المزوج المزجج هواء نقيًا لبيئة العمل الداخلية، مما يقلل من إستهلاك الطاقة ويوفر بديلاً أكثر راحة لبيئة الداخلية</p> <p>٢ - استخدام نظام Sunshading آلي مكون من خلايا دائرية يعمل على الإستجابة لحركة الشمس ومن ثم توفير التظليل المناسب للفراغات الداخلية الموجودة على طول الواجهة</p> <p>٣ - استخدام الزجاج الرملي لتغطية الخلايا الدائرية من نظام التظليل لإستقطاب الشمس وتحويلها إلى طاقة</p>		
المعايير البيئية للواجهة	<p>١ - توليد الطاقة الكهربائية (لتلبية إحتياجات المبنى من الطاقة)</p> <p>٢ - توفير الراحة البصرية</p> <p>٣ - توفير الراحة الحرارية (لتوفير الهواء داخل الفراغات الداخلية بفعل الواجهة المزدوجة)</p>		

## نتج من دراسة الحالة أن

## ٢ - جامعة الأميرة نورا بنت عبد الرحمن للكلية الأكاديمية

## النسائية

Princess Nora Bint Abdulrahman University for Women  
Academic Colleges

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

عصر التكنولوجيا المستخدم في الواجهة هو الأقراص المترابطة بمحرك يسمح لتلك الأقراص بالتعرض لأشعة الشمس قدر الإمكان حيث يتحكم الكمبيوتر الداخلي في هذه الواجهة عن طريق ضبط كل خلية بمحركات دورانية وفقا للطقس اليومي في ملبورن بالإضافة إلى استخدام الزجاج الرملي لصنع الأقراص الدورانية فإن تلك الأقراص تعمل على كسب الطاقة الشمسية وتحويلها لطاقة كهربائية تكفي لإحتياجات المبنى 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			المعماري
Perkins+Will			موقع المشروع
قائم	حالة المبنى	الرياض بالسعودية	الجوائز / التصنيف
جامعة بأكملها مسجلة لدى LEED			
			الوصف
تتكون الكليات الأكاديمية من تسعة مباني تقع في قلب الحرم الجامعي، ولأنها تقع في مناخ حار وجاف فإن معظم المساحات الخارجية والواجهات في المباني معرضة لأشعة الشمس المباشرة ويجب أن تكون مظلمة، فإستخدام نظام التظليل الفعال من حيث التكلفة والذي يسهل إنشاؤه وتتكون من مواد متاحة لذلك تم تشكيل لوحات GFRC للكليات الأكاديمية كشاشات للتظليل في أنماط هندسية معقدة تعتمد على العمارة الإسلامية التقليدية تغطي واجهات مباني الكليات الأكاديمية التسع بشاشات التظليل، مما يؤدي إلى إنخفاض إجمالي في إستهلاك الطاقة بنسبة ٣,٥% و ١٣% في كسب الحرارة على المغلفات الخارجية للمباني، كما أن لوحات التظليل GFRC خفيفة الوزن وتعمل على تقليل إنبعاثات الكربون المرتبطة بنقلها إلى الموقع الشكل رقم (١٥)			
١- إستخدام الخرسانة المسلحة المصنوعة من الألياف الزجاجية GFRC خفيفة الوزن ومتينة وصديقة للبيئة ويمكن أن تصنع منها أشكال مختلفة			عصر التكنولوجيا المستخدمة بالواجهة
١- الراحة الداخلية ( حيث وفرت شاشات التظليل الظل للجدار الساتر والخصوصية البصرية لشاغلي 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			المعايير البيئية للواجهة

## النتائج

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

٨- التركيز على التكنولوجيا الحديثة وإمكانيتها في إبتكار مواد حديثة لتكسية الواجهات أو أبتكار تقنيات تركيب لتلك الكسوات المتطورة للواجهات بالإضافة إلى دورها في تحسين كلا من المواد الشائع إستخدامها في 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) في سوق الشرق الأوسط والسوق المصري، والتي يمكن إستخدامها في مجال تكسية الواجهات مع ذكر خصائصها المؤهلة لإستخدامها في تحقيق أعلى أداء للواجهات.

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

١- يجب إدخال دراسة المواد الذكية ضمن مواد الدراسة.  
٢- إستخدام المواد الذكية يزيد من الإستجابة المطلوبة من المباني الذكية وتدعم في نفس الوقت كفاءة الإدارة للمباني الذكية من خلال إمكانية إستجابة هذه المواد الذكية تبعا لقرارات المباني الذكية وفي الحالتين تزيد من كفاءة الإستهلاك وتوفير الأجواء اللازمة لزيادة إنتاجية العمل.  
٣- تضيف المواد الذكية قيمة جمالية للمبنى وتضفي ملمسا متميزا للغلاف الخارجي الأمر الذي يحقق مباني تتواءم 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 هي المواد ذات القدرة على تغيير الخصائص وبالأخص اللونية / الكهربائية لإستخدامها لأغراض تظليل الزجاج للحماية من الأشعة الشمسية أو توفير الخصوصية للفراغات الداخلية والتي يمكن استخدامها محليا بسبب توافرها.

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



كغلاف خارجي 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 التي تعنى بتطبيقات المواد الذكية في مجال العمارة.

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

١١- كما يوصى بنفى الفكرة الخاطئة والشائعة بعدم استخدام مثل هذه التكنولوجيات والمواد الحديثة بواجهات المباني نظرا لإرتفاع في تكلفتها وذلك حيث أثبتت التجارب التطبيقية أن استخدام مثل هذه المواد والتكنولوجيات الحديثة قد يكون موفرا في التكلفة الخاصة بصيانته والحفاظ على المبنى بشكل كبير على المدى الطويل.

١٢- ينبغي إعتبار المواد الذكية والطلاءات الواقية الفعالة المستخدمة كطلاء للحائط الخارجى للمباني بانه يعمل

## 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 المعماري 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 المعماري، رسالة ماجستير منشورة، جامعة الأزهر، ٢٠١٧.
- ٣- أسماء مجدى محمد فاضل " العمارة الذكية "وانعكاسها التكنولوجى على التصميم" دراسة حالة المباني الإدارية" رسالة ماجستير منشورة، جامعه القاهرة، ٢٠١١.
- ٤- أسماء عياد مالليو، 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 المعماري، 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 ماجستير منشورة، جامعة القاهرة ٢٠١١.
- 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.