دور المواد الذكية في الواجهات المتكيفة

د. وجدان ضياء عبد الجليل

مدرس

قسم هندسة العمارة - الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

شهدت العمارة في القرن الماضي توجها ملحوظا نحو استعمال الزجاج في واجهات المباني بمساحات واسعة, مما تسبب في الحاجة الى كمية كبيرة من الطاقة اللازمة المصروفة لتعديل المناخ الداخلي. وتطلب تزايد الوعي باتجاه ترشيد الطاقة وتقليل انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكاربون ايجاد حلول تكنولوجية مناسبة في الواجهات لأنها جزء مهم من غلاف المبنى الذي يعد الوسيط بين البيئة الداخلية والخارجية والذي يمكن من خلالها التحكم بالبيئة الداخلية للمبنى. كما قدم التطور في مجال المواد الذكية حلول جديدة لقضية الانتقال الحراري والعزل الحراري وتوليد الطاقة, مما ادى الى ايجاد طرق فعالة لتقليل استهلاك الطاقة. وقد استخدمت المواد الذكية لتصميم الواجهات المتكيفة القادرة على تعديل تأثير البيئة الخارجية وصرف طاقة اقل باستخدام انظمة ساكنة ومتحركة لتحقيق هدف التكيف. لتبرز المشكلة البحثية في **" النقص المعرفي في تحديد الاليات المعتمدة في الوظائف البيئية للواجهات المتكيفة باستخدام المواد الذكية "** . وبذلك تحدد هدف البحث في: **" تحديد الاليات والمواد الذكية المناسبة للمعالجات البيئية في الواجهات المتكيفة "**. على وفق ذلك سيتم التوصل الى الاليات المفضلة للأنظمة الساكنة والمتحركة في الواجهات المتكيفة.

الكلمات الرئيسية للبحث: المواد الذكية, الواجهات المتكيفة, النظم الساكنة, النظم المتحركة.

المقدمة:

تسببت الحالة الراهنة التي يعاني منها كوكبنا وهي تفاقم مشكلة الاحتباس الحراري في تزايد اهمية التركيز على الاقتصاد في الطاقة, وتوظيف تكنولوجيا المواد المتقدمة للتغلب على هذه المشكلة.

كما تزايدت الحاجة الى ايجاد حلول لمشكلة الانتقال الحراري مع ازدياد استخدام الزجاج في الواجهات بمساحات كبيرة, وظهرت حلول عديدة لمعالجتها بعد توفر المواد الذكية وامكانية استخدامها وتميزها بخصائص وامكانيات جديدة, مثل استخدام الزجاج الذي يتم التحكم به من خلال الكهرباء ليكون شفافا او معتما بضغطة زر, والزجاج المغطى بمواد قادرة على تغيير خصائصها كاللون اعتمادا على شدة الضوء وغيرها(1). واصبح من الضروري توفر معرفة كافية لدى المعمار عن السلوك الفيزيائي للمواد الذكية واستخداماتها وفقا للوظائف الجديدة, والذي انتج ما سمي بالواجهات المتكيفة, التي تمتلك القدرة على التكيف لتلبية حاجات شاغلي المبنى مع استخدام اقل قدر من الطاقة من خلال استخدام الخصائص التي توفرها المواد الذكية. ومن هنا ظهرت المشكلة البحثية في " الحاجة الى تحديد الاليات المعتمدة في الوظائف البيئية للواجهات المتكيفة باستخدام المواد الذكية ".

وتبلور هدف البحث في: " تحديد الاليات المعتمدة في الوظائف البيئية للواجهات المتكيفة المتعلقة باستخدام المواد الذكية ", ولتحقيق هذا الهدف تم اتباع الخطوات المبينة في المخطط التالي:

1- المواد الذكية:

عرف مايكل أدنكتون[لخ] Michelle Addington و دانييل شوديك[ش] Daniel L. Schodek المواد الذكية بانها: "النظم التي تمتلك وظائف تكنولوجية ضمنية وتستجيب وفق خصائص هي:

1- الفورية Immediacy : رد الفعل الاني. 2- التزامنية Transiency: رد الفعل لأكثر من حالة بيئية.

3- ذاتية التشغيل Self-actuation.

4-الانتقائية Selectivity : القدرة على انتقاء رد الفعل أو التنبؤ به.

5-المباشرية Directness: رد الفعل استجابة للتغيرات المحفزة كتغيير الموقع "(2), وعرفها أكسيل ريتيل Ritter Axel[ش] على انها: "المواد والمنتجات التي تمتلك صفاتا متغيرة وقادرة على التغير الانعكاسي في الشكل أو اللون كاستجابة للتأثيرات الكيميائية أو الفيزيائية وبشكل متكرر وأحيانا توصف بانها مواد متكيفة "(3). اذ أنها: "المواد التي تمتلك القابلية غلى استلام المعلومات التي تسببها المحفزات الخارجية ونقلها واتخاذ الاستجابة المناسبة لها ", وتكون الاستجابة بشكل تغير في هذه المواد في واحد او أكثر مما يلي:

1- التغيرات في الشكل: بشكل تشويه الشكل (كالالتواء, الانضغاط, أو التغير في الأبعاد...الخ).

2- التغيرات الميكانيكية: بشكل تغير في القوة (كالشد, الضغط, القص, الانحناء...الخ), تغير الصلادة, أو تغير في مقاومة البلى.

3- التغيرات الفيزيائية: بشكل تغير في واحد او اكثر من الصفات (كاللون, الكثافة, درجة الانصهار, نعومة السطح, الموصلية الكهربائية والحرارية, السعة الحرارية, الانعكاسية, الشفافية, تغير في درجة الحرارة, تغير في التيار الكهربائي أو تغير في المجال المغناطيسي...الخ).

4- التغيرات الكيميائية: بشكل تغير في التركيب الكيمياوي, تغير في التركيب الهيكلي للمواد, تغير مقاومة التآكل أو انبعاث أنواع معينة من الاشعاع ...الخ) (4).

وتتمثل المتغيرات البيئية التي بإمكان المواد الذكية تحسسها بما يلي: 1- تحسس الضوء والاشعة فوق البنفسجية. 2- تحسس المجال الكهربائي والمغناطيسي.3- تحسس التغير الكيميائي. 4- تحسس الحرارة من الجو او الاجسام المتحركة كجسم الانسان(5).

نستنتج ومن خلال التعاريف الواردة اعلاه أن هذه المواد لها القدرة على تحسس الاحداث البيئية والاستجابة لها اي بمعنى اخر انها قادرة على التغير في لونها, شكلها أو طاقتها الداخلية, فهي مواد متغيرة الصفات اعتمادا على المؤثر الخارجي (التغير في الضوء, الحرارة,... الخ) وهو تغير انعكاسي يزول بزول المؤثر, وتكون العملية متكررة, ويمكن الاستفادة منها بتوظيف هذا التغير في التطبيق المناسب له في العمارة.

2- تصنيف المواد الذكية:

يمكن ان تصنف اعتمادا على قابليتها على تغيير خصائصها الجوهرية الى: 1- المواد الذكية القابلة للتعديل. 2- المواد الذكية المتغيرة اللون. 3- المواد الذكية القادرة على تغيير الارتباط. كما تصنف اعتمادا على قدرتها على تحويل الطاقة الى: 1- المواد الذكية الباعثة للضوء. 2- المواد الذكية المولدة للكهرباء. 3- المواد الذكية الخازن للطاقة(6). كما تصنف المواد الذكية اعتمادا على قدرتها على الاستجابة للمحفز الخارجي الى: 1- المواد الذكية القادرة على تغيير الخصائص. 2- المواد الذكية ذات القدرة على تحويل الطاقة. 3- المواد الذكية ذات القدرة على

1 - بروفيسورة في التصميم المعماري المستدام. تم اختيارها كواحدة من العشر الأوائل في المجال الاكاديمي 2009, ولها مؤلفات وبحوث عديدة في تخصص علوم الطاقة وتكنولوجيا المواد المتقدمة.

2 - حاصل على الدكتوراه في الهندسة المدنية, وباحث ومؤلف لعدد من البحوث والكتب المتعلقة بتكنولوجيا التصميم الرقمي والمواد الذكية وتطبيقاتها في التصميم والعمارة.

3 - مهندس معماري ومصمم. متخصص في استخدام التراكيب والمواد الذكية في العمارة المتحركة والمستجيبة.

الانعكاسية(7). والذي سيعتمده البحث في الفقرة التالية في تصنيف المواد الذكية, نظرا لتأكيده على متغيرات خصائص المواد الذكية في الاستجابة للمتغيرات البيئية, وتناسبه مع هدف البحث لاستكشاف الاليات والمواد الذكية المناسبة للمعالجات البيئية في الواجهات المتكيفة. وبذلك سيتبع البحث تصنيفا للمواد الذكية تبعا لمعيار (المحفز/الاستجابة) وحسب ما يلي:

2-1- المواد الذكية القادرة على تغيير الخصائص:

وهي المواد القادرة على الاستجابة للتغييرات البيئية بتغيير خصائصها حسب نوع المادة. ويكون تغييرها استجابة للتغيير في واحد او أكثر من العوامل البيئية, مثل تغير درجة الحرارة, تغير شدة الاشعاع الشمسي أو مرور تيار كهربائي خلالها...الخ. وقد تمتلك هذه المواد اكثر من خاصية في التغيير, ومن أنواع هذه المواد:

أ- المواد الذكية اللونية /الضوئية Photochromic: وهي مواد تغير لونها او شفافيتها اعتمادا على شدة الضوء. وتعد هذه المواد ذات اهمية لدى المعماريين المعاصرين فبالرغم ان بدايات استخدامها كانت لأغراض جمالية بسبب (تغير لونها) اعتمادا على شدة الضوء المحيطي, لكن فوائدها في تقليل استهلاك المبنى للطاقة غطى على الناحية الجمالية(8). مما تسبب في تزايد استخدامها في الزجاج لغرض التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل الى المبنى عبر الواجهات (9), ومن انواعها:

ب- المواد الذكية اللونية/الحرارية Thermochromics: وهي المواد التي تغير لونها او شفافيتها بسبب تغير انتظامها تبعا لتغير درجة الحرارة(10).

ج- المواد الذكية اللونية/الكهربائية Electrochromics: وهي المواد التي تغير لونها حين تعرضها الى تيار كهربائي من الصفاء الى الاعتام, وتستخدم في النوافذ لغرض التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل الى المبنى. وتمثل الانواع الثلاث المذكورة في الفقرة السابقة المواد الاكثر استخداما في التطبيقات المعمارية في الواجهات(11).

د- المواد الذكية المسماة بالكريستال السائل Liquid Crystals: وهي مواد ذكية تستخدم لأغراض التحكم في العزل الحراري أو خزن الحرارة في الواجهات, وهي حالة وسطية بين مواد الكريستال الصلدة والمواد السائلة مستجيبة لمرور التيار الكهربائي. فحين يتم اطفاء التيار الكهربائي, فان دقائق الكريستال تتحرك بعشوائية مسببة حجب 90٪ من الاشعة المارة خلالها, وحين يتم تشغيل التيار الكهربائي فإنها تنتظم وتسمح بمرور الضوء خلالها (12).

ه- المواد الذكية ذات الدقائق المعلقة Suspended Particles: وهي المواد التي تتغير شفافيتها بمرور التيار الكهربائي.

ثانيا- المواد الذكية المتذكرة للشكل Shape Memory: وهي مواد تغير شكلها تبعا لتغيرات البيئة المحيطة, اذ يتغير شكلها بتعرضها الى تغير (حراري, كهربائي...الخ), دون ان يكون هذا التغيير دائمي لأنها تتذكر شكلها الأصلي قبل التغيير. وتعود الى شكلها الأصلي بعد زوال المؤثر. ومنها المعادن المتذكرة الشكل Alloys Shape Memory, وهي تلك المواد التي في حالة تعرضها الى مجال حراري وارتفعت درجة حرارة سطحها, فإنها ستغير شكلها بحيث تتحول الى شكل معين تبعا لذلك, ثم اذا انخفضت درجة حرارتها فإنها ستتذكر شكلها في تلك الدرجة (13) ويمكن استخدامها في الواجهات المتكيفة بهدف التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل من خلال توظيف المواد الذكية في توفير الحركة النسبية للمواد في نظم سيطرة الواقيات الشمسية (14).

ثالثا- المواد الذكية المتغيرة الطور Phase Changing: وهي المواد التي تنصهر او تتحول الى الحالة الصلدة في درجة حرارة معينة, وتكون قادرة على تخزين وتحرير الطاقة اعتمادا على حالة صلابة وسيولة المادة. ويمكن الاستفادة منها في خزن كمية الحرارة الداخلة الى المبنى وحماية الفضاء الداخلي مما ينفع في تقليل استهلاك الطاقة اللازمة لتكييف المباني. ومن اهم عوائق استخدامها هو ضمان عدم تسرب المادة عند تحولها الى الحالة الصلبة او الغازية. وهناك العديد من المواد المتغيرة الطور المستخدمة في انتاج الالواح الزجاجية الخازنة للحرارة لاستخدامها في الواجهات المعمارية مثل خليط البرافين Mixture, وخليط املاح الهيدرات Salt Hydrate, وخليط السليكا. تقوم هذه المواد بخزن الطاقة بأشكال متعددة ولكن خزن الحرارة هو الاكثر اهمية في التطبيقات, وتمتلك هذه المواد خصائص جوهرية تمكنها من خزن الطاقة بشكل كامن وحماية الواجهات من خطر الحريق (15).

2-2- المواد الذكية ذات القدرة على تحويل الطاقة:

وهي المواد القادرة على استلام وتحويل الطاقة من نوع الى اخر, ومن منافعها في العمارة تحسين كفاءة انظمة الاضاءة والتحكم في كمية الحرارة الداخلة الى

المبنى(16). كما تستخدم في انظمة واقيات التظليل في الواجهات في متحسسات الضوء لأجل التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل الى المبنى خلال الغلاف, وتحويل الطاقة من شكل الى اخر, وتحسين كفاءة نظم التدفئة والتبريد والتهوية باستعمالها في المتحسسات الخاصة بهذه الانظمة, ومن أنواعها: المواد الفولتية/الضوئية Photovoltaics والتي تمتلك القدرة على تحويل الطاقة الاشعاعية الى تيار كهربائي.

2-3- المواد الذكية ذات القدرة على الانعكاسية :

تمتلك القدرة على التغير تبعا للمحفز الخارجي ,والعودة الى حالتها الاصلية بعد زوال المؤثر وفعلها انعكاسي اذ يعمل بالاتجاهين. ومن انواعها:

- المواد الذكية الاجهادية/الكهربية Piezoelectric التي تستجيب للتغير في حجمها بتولد شحنة على سطوحها, والعكس صحيح فعند امرار تيار كهربائي خلالها, فانه يحدث تغيير في شكلها, اذ ان تعرضها الى شحنة كهربائية أو تغير في الفولتية, سينعكس الى تغير ميكانيكي ويسمى ذلك بالتغير المباشر أو غير المباشر.

المواد الذكية الاجهادية/المغناطيسية Magnetorestrictive: وهي المواد التي تستجيب للتغير في المجال المغناطيسي بصيغة تغير في الشكل او الابعاد. وتستخدم في الهياكل المتحركة, فاذا تعرضت الى مجال مغناطيسي يمكن أن يكون رد فعلها مباشر أو عكسي, والعكس صحيح حيث يؤدي تعرضها الى انفعال ميكانيكي الى توليد شحنة كهربائية, وتستعمل في المتحسسات والمشغلات المواد الذكية الاجهادية/الكهربائية Elecrostrictive: وهي المواد التي حين تتعرض الى تغير في الفولتية فان التغير سيكون بالإزاحة في نفس الاتجاه, وتستعمل في كثير من التطبيقات في تصميم التراكيب المظللة في الواجهات للتحكم في الاشعاع الشمسي الداخل الى المبنى(17).

3- الواجهة المتكيفة :

وهي واجهات المبنى التي توفر نظاما حاميا ذو خصائص ذاتية التنظيم بحيث تتحسس التغييرات التي تحدث في البيئة, واتخاذ رد الفعل المناسب لذلك, علاوة على الاستجابة الى التغييرات في احتياجات المستخدم في درجة الحرارة وتنظيم الاضاءة (18).

تعني كلمة متكيف Adaptable في العمارة القابلية على التغير كاستجابة للتغير في الظروف البيئية الداخلية والخارجية وسلوك الساكن وأدائية الغلاف المتوافقة مع حاجات المستخدم, ولتوفير المتطلبات البيئية المرغوبة الملائمة في الوقت المناسب. كما تستخدم مصطلحات مثل (ديناميكي, متحرك, ذكي) لوصف غلاف المبنى القادر على تعديل مرور الطاقة بين الداخل والخارج, باستخدام التغييرات في الشكل الفيزيائي او الخصائص للمواد المستعملة, والتي تحقق منافع عديدة اهمها التخلص من التباين الكبير في درجة الحرارة في البيئة المحيطة في المبنى, وتجنب انعكاسه في البيئة الداخلية لتحسين راحة المستخدم (19), فهي واجهات مستجيبة بشكل ديناميكي للظروف البيئية المتغيرة المحيطة بها بهدف توفير بيئة داخلية مريحة لشاغليها, اذ انها قادرة على الاستجابة للتغييرات المطلوبة في البيئة الخارجية والداخلية بصورة ديناميكية.

4- وظائف الواجهات المتكيفة :

يمكن توفير الوظائف التالية لواجهات المبنى المتكيف باستخدام المواد الذكية:

4-1- الوظيفة الجمالية :

وتشمل الوظيفة الجمالية (وهي وظيفة مضافة للوظيفة الرئيسية لهذا النوع من الواجهات وهي الوظيفة البيئية والتي ستشرح لاحقا):

1- توفير المظهر الجيد. 2- توفير التواصل البصري 3- توفير الخصوصية(20), ولا يكون التغير في مظهر المبنى واضحا في النظم الذاتية مقارنة بالنظم المتحركة, فالمواد القادرة على تغير خصائصها لا تؤثر بوضوح على مظهر الواجهة المتكيفة الذاتية بسبب المكونات المخفية او غير المرئية اذ يكون التغير في اللون أو الشفافية وليس في مكونات الواجهة, اما في الواجهات المتكيفة المتحركة فيحدث التغيير في المظهر من خلال تحرك الاجزاء المكونة للواجهة والذي يبدو واضحا للعيان وأكثر تأثيرا.

4-2- الوظيفة الهيكلية/الانشائية :

وهي كذلك وظيفة مضافة للوظيفة الرئيسية لهذا النوع من الواجهات وهي الوظيفة البيئية والتي ستشرح لاحقا), وتشمل الوظيفة الهيكلية/الانشائية ما يلي: 1- توفير التكامل الانشائي الهيكلي.

2- توفير القدرة على الثبات وتوزيع الاثقال. 3- توفير امكانية الادامة والتصليح. 4- توفير امكانية الوصول للمناطق المطلوب اصلاحها. توفير امكانية الصمود في حالة الزلازل.

5- توفير الحماية من الحرائق. 6- توفير امكانية منع الاهتزازات والسيطرة على الصوت الخارجي (21).

4-3- الوظائف البيئية :

وتتعلق بتحسين ظروف المناخ الموضعي للبيئة الداخلية من خلال توظيف مجموعة معالجات وهنا يتم التركيز على استخدام المواد الذكية لتحقيق وظائف متعددة منها ما يلي:

1- التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل من خلال السيطرة على كمية الاشعة الشمسية.

2- التحكم في الاضاءة الطبيعية الداخلة.

3- توفير مديات عالية من الراحة الحرارة بتقليل فقدان واكتساب الحرارة.

4- السيطرة على الرطوبة: الحماية من المطر والثلج, ومن تكثف الماء, والسيطرة على نسبة الرطوبة. 5- التحكم في التهوية الداخلية الطبيعية الداخلة للمبنى لتوفير جودة هواء مثلى للفضاءات الداخلية كتوفير درجة نقاوة هواء داخلية مناسبة, والحماية من الريح, ومنع الروائح غير المرغوب بها والملوثات, وتحديد تسلل الهواء. 6- تنظيم الصوت المرتفع من محيط المبنى. 7- منع نمو الطحالب, والحماية من الحشرات. 8- توفير امكانية استحصال الطاقة الكهربائية النظيفة بتحويل طاقة الريح او الطاقة الشمسية وغيرها الى طاقة كهربائية(22).

5- انواع النظم المستخدمة في الواجهات المتكيفة:

5-1- النظم الساكنة Static:

وهي النظم المعتمدة على استخدام المواد الذكية القادرة على التفاعل والتكيف الذاتي استجابة للظروف الداخلية والخارجية, مثل الزجاج القابل لتغيير لونه ذاتيا تبعا لتغير شدة ضوء, والزجاج القابل لتغيير شفافيته بالتحكم بمرور التيار الكهربائي فيه بضغطة زر...الخ (23). ويعتمد التكيف في هذه الواجهات على التنظيم الذاتي للمواد الذكية المستعملة, والتي يمكن تصنيفها الى:

1- المواد متغيرة الصفات: والتي تستجيب بتغيير بنيتها الداخلية استجابة لمتغيرات البيئة المحيطة بها. وتدخل ضمنها المواد المتغيرة اللون والمواد البوليميرية الموصلة للكهرباء والمواد الكريستال السائل.

2- المواد المحولة للطاقة: والتي يمكن ان يسيطر عليها بالحاسوب, مثل المواد المشعة للضوء والمواد الكهروضوئية والمواد الكهرو حرارية والمواد الاجهادية/ الكهربائية والمواد المتذكرة الشكل(24).

يوفر استخدام المواد الذكية في هذه الانظمة امكانية الاستغناء عن الحركة لاتخاذ التكيف البيئي المناسب اعتمادا على قابلية المواد نفسها وهنا تسمى الانظمة ساكنة لأنها توفر القبول او السماح لما يحدث بدون الحاجة الى تحريك مكونات الواجهة لتوفير الاستجابة المطلوبة للتغير البيئة وحماية الفضاء الداخلي.

ثانيا- الاليات المعتمدة في الوظائف البيئية للواجهات المتكيفة المتعلقة بالتحكم بالإشعاع الشمسي والعزل الحراري وتحصيل الطاقة النظيفة باستخدام المواد الذكية في الانظمة الذاتية " (تبعا لخصائص المواد الذكية):

اولا- اليات التحكم في الاشعاع الشمسي: ويمكن تصنيفها الى الأليات التالية اعتمادا على خصائص المادة الذكية المستخدمة:

أ- الية التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل من خلال توظيف المواد الذكية التي تمتلك خواص التحسس الطيفي للمواد: وذلك باستخدام المواد اللونية/الكهربائية, حيث يقوم الزجاج بتقليل الطاقة المستهلكة في المبنى, علاوة على جعل البيئة الداخلية مريحة بتقليل التوهج الداخل عبر النوافذ. ويمكن التحكم بالتيار الكهربائي الذي يحدد شفافية الزجاج بواسطة سيطرة مركزية تحلل المعلومات الخاصة بمتغيرات المناخ في البيئة الخارجية التي تزودها بها المتحسسات المنتشرة في الواجهة(25).

ب- الية التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل من خلال توظيف المواد الذكية التي تمتلك خاصية امتصاصية المواد للضوء: وذلك باستخدام المواد اللونية /الضوئية (26).

ج- الية التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل من خلال التحكم في نفاذية الضوء خلال المواد: وذلك باستخدام عارضات الكريستال السائل أو ألواح الدقائق المعلقة: كمثال مبنى East Wintergarden في لندن للمصمم Cesar Pelli, شكل رقم (1). يتكون المبنى من قاعة رئيسية ومعرض وحديقة داخلية. يغطي المبنى هيكل مقوس شبكي مغطى بالألواح الزجاجية. تم استخدام زجاج LC والذي يوفر سيطرة لحظية دقيقة استجابة لمتغيرات البيئة الخارجية, ويتحول من الشفافية الى الاعتمام لتقليل التوهج وتوفير الخصوصية, كما تتوفر امكانية السيطرة اليدوية في حالة الرغبة بذلك (27). كما استخدمت طبقات رقيقة من مادة Microperforated Polycarbonate لتغطية الزجاج والتي تقوم بتحويل الطاقة الصوتية الى طاقة حرارية, وبالتالي تقلل مستويات الصوت في الفضاءات الداخلية, واستخدمت شاشات عرض كبيرة باستعمال الاضاءة من النوع LED. يمثل المشروع دمج اكثر من الية في المعالجات البيئية في الداخل والخارج مع توفير امكانية

تحكم المستخدم في خيارات شفافية او اعتام الزجاج الداخل في تركيب الغلاف .

د- الية التحكم في الاشعاع الشمسي الداخل من خلال توظيف المواد الذكية في توفير الحركة النسبية للمواد في نظم سيطرة الواقيات الشمسية باستخدام المواد متذكرة الشكل: كمثال مبنى LLC في مدينة نيويورك 2006 شكل رقم (2). اذ تتكون الواجهة من طبقتين من الزجاج تحصر بينهما قشرة, استخدمت فيها المواد التي تتذكر شكلها عند درجات معينة من الحرارة, للسيطرة على كمية الحرارة المكتسبة من خلال تغير ذاتي في الشكل يتناسب مع تغيير درجة الحرارة وهي تتذكر شكلها وتستجيب لدرجة حرارة محددة, وتقوم المواد نفسها بمهام التحسس والحركة ذاتيا. اذ تعمل كمتحسسات ومحركات في ان واحد بدون الحاجة الى اجهزة حاسوب لتوجهها ولا الى كهرباء باستخدام نظام العضلات الاصطناعية والذي يحاكي استجابة عضلات الكائنات الحية حركيا بفعل الحافز العصبي. يتسبب التغيير والتفاعل مع شدة الضوء لمكونات الواجهة خصوصية في مظهرها اذ تقوم شبكة من الأضلاع القابلة للدوران من مواد مطاطية شبيهة بالبوليمر متذكرة للشكل بالانبساط والانقباض تبعا لدرجة الحرارة وهي مصممة لتقليل 40٪ من الأشعة الداخلة عبر الواجهة(28).

ثانيا- الية التحكم في العزل الحراري أو خزن الحرارة: من خلال توظيف المواد متغيرة الطور. حيث يمكن استعمال المواد المتغيرة الطور مثل املاح الهيدرايت في داخل الواح مجوفة من البلاستك وتقوم حرارة الشمس في النهار بتحويل الاملاح من الحالة الصلبة الى السائلة لتخزن فيها الحرار بشكل كامن وفي الليل يتم تحريرها الى الفضاء لتعود المادة الى حالتها الصلبة (Ritter, 2007,p.170), كمثال الواجهة الامامية مبنى سكن المتقاعدين Domat-Ems في سويسرا 2005, شكل رقم (3), والذي استخدمت فيها الزجاج العازل بالمواد المتغيرة الطور من نوع أملاح الهيدرات لخزن الحرارة ثم تحريرها ليلا (29).

ثالثا- الية توفير مصادر توليد الطاقة المساعدة: من خلال تحويل الطاقة المحيطية الى كهربائية باستخدام المواد الذكية في الواجهات مثل المواد الفولتية الضوئية.

5-2- النظم المتحركة Dynamic في الواجهات المتكيفة:

وتكون من خلال توظيف المواد الذكية في مكوناتها, اذ تتألف الواجهة من عناصر ليست خاملة, وانما قادرة على التغير الذاتي وبشكل ديناميكي استجابة للظروف البيئية الخارجية, ومصممة لتوفير الحماية البيئية للمبنى والراحة الداخلية للساكنين باستهلاك اقل للطاقة, من خلال توفير وسائل لتوفير الظروف الداخلية المناسبة للمستخدم كشدة الاضاءة المطلوبة, انتقال الحرارة, العزل الصوتي, التهوية ونقاوة الهواء الداخلي (31).

تعتمد النظم المتحركة في الواجهات المتكيفة على فكرة تحريك مكونات الواجهات بهدف التظليل والتحكم في كمية الاشعاع الشمسي الداخل الى المبنى من خلال نظام مركزي يشمل كل المبنى, أو السيطرة على كل طابق على حدة, او السيطرة على كل مكون ليعمل بشكل مستقل, والذي قد يسمح او لا يسمح بتدخل المستخدم, وتعتمد حركة المكونات في الواجهات على التغير الاوتوماتيكي استجابة للمعلومات التي توفرها المتحسسات وتعالج حاسوبيا لتظهر بشكل مخرجات كاستجابة للتغير في الظروف الخارجية.

5-3- المكونات المستعملة في النظم المتحركة:

اولا- (عناصر ادخال المعلومات) وتشمل ما يلي:

1- المتحسسات والتي تقوم بتحسس عناصر البيئة الخارجية كالضوء والحرارة والتوهج والاشعاع الشمسي ...الخ اضافة الى تحسس عناصر البيئة الداخلية. تقوم المتحسسات المصنوعة من المواد الذكية بقياس تغير شدة الضوء, درجات الحرارة, سرعة الريح, نقاوة الهواء, ثم تقوم المشغلات بتشغيل الاجزاء المتحركة لتناسب هذه التغيرات. وتوظيف الحاسوب للسيطرة على وتنظيم البيئات الداخلية خلال انسياب المعلومات من المتحسسات الموجودة في قشرة المبنى وتقوم هذه المتحسسات بالكشف عن مستويات الاضاءة والحرارة وسرعة الريح ونقاوة الهواء ثم يتم الاستجابة لهذه المعلومات من خلال المشغلات المصممة لتحريك مكونات التظليل, كما يمكن استخدام المتحسسات للكشف عن درجة نقاوة الهواء الداخلي وفتح وغلق المنافذ الخاصة بالتهوية استجابة لذلك, كمثال استخدام ما يسمى Swindow وهو نوع من الواجهات القادرة على التحكم بفتح وغلق فتحاتها اعتمادا على فرق الضغط بين وجهي الزجاج الناتج عن حركة الهواء (32).

2- خيارات المستخدم: من خلال استخدام ازرار التشغيل او المنظمات الكهربائية.

ثانيا- عناصر السيطرة والعمليات: ولها أنواع مختلفة مثل:

1- السيطرة المستقلة لكل نظام على حدة: وتشمل السيطرة على الضوء, من خلال التحكم في تظليل الفتحات او توفير المتحسسات التي تقوم بتشغيل نظام

التكييف اوتوماتيكيا, والتشغيل الاوتوماتيكي لنظم التهوية كفتح النوافذ, وتشغيل المراوح...الخ.

2- السيطرة المجدولة وتستخدم للنظم غير المجهزة بمتحسسات.

3- نظم السيطرة الحاسوبية المركزية, وتماثل المخ الاصطناعي.

4- السيطرة المتزامنة حيث يؤدي فعل معين الى تتابع افعال اخرى في فتح وغلق النظام.

5- سيطرة المستخدم فقط حيث يتحكم يدويا في تشغيل النظم.

ثالثا- العناصر المشغلة: وتشمل انظمة التحكم بضوء النهار, وبعناصر التظليل الشمسي, عناصر تقليل ضوء النهار الداخل الى الفضاء, والزجاج العازل, وعناصر التهوية كالنوافذ والمراوح وعناصر التدفئة والتبريد ...الخ (33). والتي تتحكم في حركة المكونات, تغيير مواقعها أو تشغيلها وايقافها, لتوفير حالة التكيف المطلوبة استجابة للمتغيرات البيئية. وتستخدم عدة طرق في التحريك مثل استعمال: 1- الطي.

2- استخدام الطبقات. 3- الالتفاف.

4- التزحلق. 5- التمدد. 6- التحول ... الخ. كما تستخدم انظمة متنوعة في توجيه حركة المكونات مثل استعمال: 1- النظم الميكانيكية. 2- النظم الهيدروليكية. 3- النظم المنفوخة. 4- النظم الكيميائية. 5- النظم المغناطيسية. ويكون التحكم في الحركة باستخدام: 1- تحكم داخلي مباشر. 2- تحكم غير مباشر.

3- استجابة مباشرة (34).

5-4- الاليات المعتمدة على التحكم بالإشعاع الشمسي في النظم المتحركة في الواجهات المتكيفة (حسب نظام التشغيل):

5-4-1- الاليات المعتمدة على النظم الكهربائية: سيتم اختيار ثلاث منها اعتمادا على نوع حركة المكونات وهي:

1- الية الطي Folding: وتقوم على فكرة طي وانبساط المكونات المشكلة للتراكيب التي ترتب بشكل شبكة تغطي الواجهة. كمثال قاعة عرض Gleichenberg في استراليا من تصميم Ernst Giselbrecht وشركاءه, شكل رقم(4), وهو مبنى اداري تتكون واجهته من عدة طبقات من العناصر العمودية والافقية من الالمنيوم مغلفة بمادة EIFS البيضاء اللون. وتدار الالواح الرئيسة المكونة للواجهة والمستخدمة في تظليل النوافذ الزجاجية الكترونيا لتعديل المناخ الداخلي للمبنى مولدة تلاعبا ديناميكيا في الواجهة خلال فتحها واغلاقها. يتم السيطرة على الواقيات الشمسية في الواجهة كهربائيا, لتتخذ الواجهة شكلا متغيرا كل ساعة, ويمكن تغيير حركتها بشكل مستقل حسب رغبة المستخدم(35). حيث مثل خيار التحكم بالواقيات الشمسية ميزة نافعة للمستخدم, علاوة على كون حركة العناصر المظللة هي عنصر جمالي في حد ذاتها توفر المتعة البصرية.

2- الية استخدام الطبقات Layering: وتقوم على فكرة تكون الواجهة من عدة طبقات مسؤولة عن تظليل الزجاج, كمثال مبنى HelioTrace 2010, شكل رقم (5), فالواجهة مغطاة بشبكة من الواح الالمنيوم المربعة الشكل التي تعمل ضمن طبقتين منفصلتين, وتتحرك اوتوماتيكيا كاستجابة لمسار الاشعاع الشمسي. وتغطى كل وحدة مربعة بأربعة مثلثات عمودية قابلة للانطواء كي تنفتح لتلتقي باطار النوافذ وتنبسط لإغلاقها وحماية الداخل من دخول الاشعة الشمسية (36), يتمثل في هذا المشروع استخدام الية الطي واستخدام الية الطبقات معا, كما مثلت الالية تميزا في المعالجة الشكلية ايضا الى جانب المعالجة البيئية.

3- الية الالتفاف Turning: وهي من الانواع الشائعة, وتقوم على فكرة تثبيت عناصر افقية قابلة للالتفاف في الواجهات الجنوبية وعناصر عمودية مماثلة في الواجهات التي تتطلب ذلك. ويتم تحريك هذه العناصر اوتوماتيكيا. كمثال معرض اكسبو في Yeosu في كوريا الجنوبية 2012, من تصميم SOMA Architecture, شكل رقم (6). اذ تغلف الواجهة بواقيات شمس متكونة من اشرطة بعدد 108 شريط, مثبتة من الاعلى والأسفل في حافات الواجهة. تصنع الاشرطة من مادة البوليمر المقوى بالألياف مما يعطيها قوة عالية لمقاومة الشد ومقاومة انحناء واطئة, وتسمح لها بالتشوه الانعكاسي من خلال التحكم بها بواسطة محركات كهربائية صغيرة, والتي تقوم بغلقها جميعا عدا 13 شريط خلال هبوب الريح القوية (37). ومن الملاحظ انه وبالرغم من أن استعمال الواجهة المتحركة في هذا المثال نافع في التحكم البيئي للواجهات الا انه اعطى ميزة معمارية للشكل حيث مثلت العناصر المتحركة عنصرا جماليا هاما في التكوين.

5-4-2- الية الاعتماد على النظم الهيدروليكية: وتقوم على فكرة كونها انظمة تعتمد في تشغيلها على نظام هيدروليكي مسيطر عليه بالحاسوب. كمثال مبنى Council House في مدينة ملبورن في استراليا 2006, مصمم المشروع .Design Inc, بالتعاون مع المجلس الاستشاري لمدينة ملبورن, شكل رقم (7). وهو مبنى اداري بارتفاع 10 طوابق. صممت الواجهة المتحركة لتخدم فكرة الاستدامة في المبنى, حيث زود المبنى بواجهة متحركة مكونة من طبقتين. تتكون الخارجية منها من شبكة من شرائح عامودية من الخشب, قابلة للسد والفتح تعمل وفقا لموجهات متحركة بالاعتماد على نظام هيدروليكي للحماية الداخل من أشعة الشمس من خلال تتبع حركة الشمس في الصيف وتوفير الظل, وتعتمد الشرائح في حركتها على متحسسات من خلايا كهروضوئية منتشرة في الشبكة. وتقوم انظمة الغلق بالانغلاق اوتوماتيكيا لتظليل 95٪ من الواجهة الغربية, وتنفتح ليلا لتوفير التهوية. تم استعمال اكثر من وسيلة لتحقيق الاستدامة وهي:

1- توفير امكانية التهوية الطبيعية وتقنيات التظليل والحفاظ على الطاقة من خلال استعمال الاضاءة الطبيعية. 2- استحصال الطاقة النظيفة. 3- استعمال الواجهة الخضراء (38). ساهمت الحلول المستدامة مجتمعة في تقليل 85٪ من استهلاك الكهرباء في المبنى. كما تم استعارة الحلول البيئية التي تستخدمها الارضة في بيوتها للتدفئة والتبريد والتهوية, فالرياح الباردة تسحب الى الأسفل خلال ممرات هوائية ويتم خزن البرودة من خلال التربة الرطبة. مما يحافظ على استقرار درجة الحرارة. استعمل المبنى مبدأ المحاكاة من خلال استخدام استراتيجيات مشابهة واستعمال ممرات تهوية عمودية, واستخدام الكتلة الحرارية والمواد المتغيرة الصفات واستعمال الماء للتبريد(39). يمثل المشروع استعمال خليط من الحلول الطبيعية والتكنولوجية لتحقيق الاقتصاد في استهلاك الطاقة. ويعد هذا المثال ناجحا في الخلط بين الحلول الطبيعية والحلول التكنولوجية لتجنب الاقتصار على التكنولوجيا في حل مشاكل الاقتصاد بالطاقة.

6- الاستنتاجات:

- ساعد تطور المواد الذكية على تحقيق فكرة الواجهة المتكيفة القادرة على التغير استجابة لتغيير الظروف الخارجية.
- تصنف الانظمة المستخدمة في الواجهة المتكيفة الى أنظمة ساكنة ومتحركة.
- لا تتضمن الأنظمة الساكنة الاستجابة الدقيقة, وانما فقط تحقيق الملائمة مع المتغيرات المناخية, مثلا تعتيم النوافذ كما في حالة الزجاج القابل للتلوين ذاتيا. تكون الاستجابة في أنظمة الواجهات المتحركة دقيقة للمتغيرات البيئية وبصيغة فعل دقيق ومحدد.
- تتباين الاليات المستخدمة في نظم الواجهة المتكيفة في الية التحكم بالأشعة الشمسية والضوء الداخل, ففي النظم الذاتية يتم التحكم بالاعتماد على خصائص المواد نفسها , اما في النظم المتحركة فيتم باستخدام المواد الذكية في العناصر المتحركة للغلق والفتح او التزحلق أو الانطواء...الخ, والتي تستلم الايعازات من حاسوب مركزي يعالج التغير في البيئة الخارجية عبر المتحسسات الموزعة في الواجهة وتكون هذه المعالجة لمجموعة كبيرة من المتغيرات.
- تعد قضية توفر امكانية تحكم المستخدم ميزة اخرى للأنظمة المتحركة تميزها عن الساكنة, التي تفتقد بعض انواعها الى هذه الخاصية, ونخص بالذكر استخدام المواد التي تؤدي دورها بشكل مباشر دون سيطرة المستخدم مثل المواد المتغيرة الطور التي تعمل تلقائيا بدون سيطرة مركزية للسيطرة على الية عملها, والتي يوصي البحث باستخدامها بسبب التوفير في استهلاك الطاقة والحاجة الى وسائل التحريك المستهلكة للطاقة.
- ان المواد الذكية الاكثر شيوعا هي المواد ذات القدرة على تغيير الخصائص, وبالأخص المواد اللونية/ الكهربائية, لاستخدامها لأغراض تظليل الزجاج للحماية من الاشعة الشمسية او توفير الخصوصية للفضاءات الداخلية, والتي يمكن أن استخدامها محليا بسبب توفرها.
- يوصي البحث بالمزج بين الحلول الطبيعية والتكنولوجيا المتقدمة لتحقيق هدف الاقتصاد بالطاقة.

جدول رقم (1) يوضح مقارنة الامثلة التصميمية من حيث الية المعالجة البيئية وخواص المواد الذكية المستخدمة في الواجهات المتكيفة / النظم الساكنة والمتحركة

	الية المعالجة البيئية/ خواص المواد			اسم المشروع ومصدر الشكل	
النظم الساكنة	اليات التحكم في الاشعاع الشمسي		التحكم في نفاذية الضوء للمواد الكريستال السائل	شكل رقم (1) مبنى East Wintergarden في لندن (40)	
			الحركة النسبية في المواد المتذكرة للشكل	شكل رقم (2) مبنى LLC (41)	
	العزل الحراري		التحكم في العزل الحراري أو خزن الحرارة للمواد متغيرة الطور	شكل رقم (3) مبنى سكن المتقاعدين Domat-Ems (42)	
النظم المتحركة	الاليات المعتمدة على النظم الكهربائية	الية الطي	العناصر القابلة للطي من الالمنيوم مغلفة بمادة EIFS	شكل رقم (4) قاعة عرض Gleichenberg في استراليا (43)	
		الية استخدام الطبقات	عدة طبقات قابلة للانطواء	شكل رقم (5) مبنى HelioTrace (44)	
		الية الالتفاف	عناصر عمودية قابلة للالتفاف من البوليمر المقوى	شكل رقم (6) مبنى معرض اكسبو Yeosu في كوريا الجنوبية (45)	
	الية الاعتماد على النظم الهيدروليكية		شرائح عامودية متحركة بنظام هيدروليكي	شكل رقم (7) مبنى CH2 (46)	

References:

1.Ogwezi, Bridget; Bonser, Richard; Cook, Geoff; Sakula, Buro & Happold, Buro,2011, "Multifunctional, Adaptable Facades",p.7. Retrieved on 1-2-2016 from https://www.reading.ac.uk/web/FILES/tsbe/ogwezi_tsbe_conf_2011.pdf

2. Addington, M. & Schodek, D.,2005, "Smart Materials and Technologies, For the Architecture and Design Professions", Oxford, United Kingdom,p.10.

3. Ritter, A., 2007, "Smart materials in architecture, interior architecture and design", springer science, Switzerland,p.8.

4. Bohidar, Shailendra Kumar; Kumar, Dinesh; Mishra, Prabhat Ranjan & Sharma, Ritesh,"Smart Materials For Future", International Journal of Advance Research In Science And Engineering , IJARSE, Vol. No.4, Special Issue (02), February 2015,p. 365. Retrieved on 17-2-2016 from http://www.ijarse.com

5. Ritter,2007,p.9.

6. Malekizadeh, Behnoosh; Nili, Hamid Reza & Piri, Saeeid,2014," Architecture Building Sustainability Regarding Smart Materials", Journal of Civil Engineering and Urbanism, Volume 4, Issue 4: 461-466, p.463.

7. Sadeghi, Mohammad Javad; Masudifar, Payam & Faizi, Foad, 2011, " The Function of Smart Material's behavior in architecture", International Conference on Intelligent Building and Management Proc .of CSIT vol.5 , IACSIT Press, Singapore.

8. Ritter,2007,p.78.

9. Sadeghi et al.,2011,p.320.

10. Martjanova, Irina; Miraliyari, Irina & Kakolyri, Thalia,2014, "Self-Smart Efficient Lightweight Façade, Innovative Material Guide",TU Delft.

- Innovation and Sustainability Designer's Manual, SELF Smart Efficient Lightweight Façade,p.64.

11. Addington,2005.

12. Ritter, Axel,2007, p.171.

13. Bohidar,2015,p.366.

14. Decker, Martina & Zarzycki, Andrzej, 2014,"Designing Resilient Buildings with Emergent Materials", New Jersey Institute of Technology,p.182 . Retrieved on 11-3-2016 from http://cumincad.scix.net/data/works/att/ecaade2014_155.content.pdf

15. Ritter, 2007,p.166.

16. Martjanova et al.,2014,p.4.

17. Bohidar, 2015,p. 366.

18. Knaak, Ulrich ; Klein, Tillmann & Bilow , Marcel,2008,

34. Addington & Schodek,2005.
35. grozdanic, lidija, " Impossibly Dynamic Façades That Were Actually Built", http://architizer.com/blog/8-impossibly-dynamic-facades-that-were-actually-built/ ,visited on 10-3-2016.
36. Tashakori, Mahzad," Design of a Computer Controlled Sun-Tracking Façade Mode", Master Thesis, The Pennsylvania State University,2014,p.11.
37. http://architizer.com visited on 1-3-2016.
38. Drake, Scott, "Workplace Environment: People, the built environment, technology, and processes", faculty of Engineering Building and Planning, 2007,p.8.
39. wikispaces.com/file/view/ROMERO_11-0920bibliography.pdf http://arch523 visited on 18-3-2016.
40. Martjanova et al.,2014,p.29.
41. http://conservationmagazine.org , visited on 19-3-2016.
42. Ritter,2007,p.171.
43. http://architizer.com , visited on 20-3-2016.
44. Tashakori,2014,p.11.
45. http://architizer.com , visited on 21-3-2016.
46. wikispaces.com , visited on 22-3-2016.

"Facades", Delft Unv., 010 Publishers, Rotterdam, p.109.
19. Erickson, James, 2013,"Evaluating adaptive building envelope's capacity to moderate indoor climate and energy", Phd. thesis, Arizona State Univesrsity, p.9&25.
20. Loonen, R.C.G.M.; Rico-Martinez J.M., Favoino F.; Brzezicki M.; Menezo C.;Ferla La, & Aelenei L. ,2015, "Design for Façade Adaptability, Towards a Unified and Systematic Characterization. In: Proceedings of economic forum advanced building skins, Bern, Switzerland,p.1290 . Retrieved on 15-3-2016 from https://pure.tue.nl/ws/files/8287122/15_abs_loonen.pdf
21. Ogwezi,2011,p.3&4.
22. Loonen et al., 2015,p.1289.
23. Ogwezi,2011,p.7.
24. Loonen et al.,2015,p.1288.
25. Martjanova et al.,2014,p.21.
26. Sadeghi et al.,2011,p.320.
27. Martjanova et al.,2014,p.26.
28. Decker & Zarzycki, 2014,p.182.
29. Ritter, 2007,p. 171&172.
30. Wigginton, Michael & Harris, Jude,2002,"Intelligent Skins", Gray Publishing, Italy.
31.Ibid, Wigginton & Harris,2002,p.3 & 23.
32. Ogwezi,2011,p.8.
33. Loonen et al.,2015,p.1288.

The Role of Smart Materials in Adaptable Facades

Dr. Wijdan Deyaa Abdul Jalil
Lecturer
Department of Architectural Engineering - University of Technology
E-mail:Wijdan_wijdann@yahoo.com

Abstract

Over the last century, architecture has had a noticeable attitude towards using of large areas of glass in building facades, which causes the need of large quantity of energy to moderate internal climate. Growing of awareness towards energy conservation and reduction of carbon dioxide emissions, requires finding suitable technological solutions for architectural facades, Because they are important parts of building's envelope which are the medium between outer and inner environment that could control the interior environment. Advances made in the field of smart materials introduce new solutions for heat transition, heat insulation and producing energy, which leads to find effective ways to decrease consuming energy. Smart materials have been used for designing adaptive facades are capable of modifying external environment effect and consuming less energy by using of static and mobile systems to achieve the goal of adaptation. To high light the research problem that is (Lack of knowledge in identifying the mechanisms that are used in the environmental functions of adaptive facades by using smart materials .So the objective of this research was determined as to "Identify the suitable mechanisms and smart materials that are used in the environmental functions of adaptive facades by using smart materials". According to that we will be able to identify the best mechanisms of static and dynamic systems in adaptable facades.