JAUES

Journal of Al Azhar University Engineering Sector

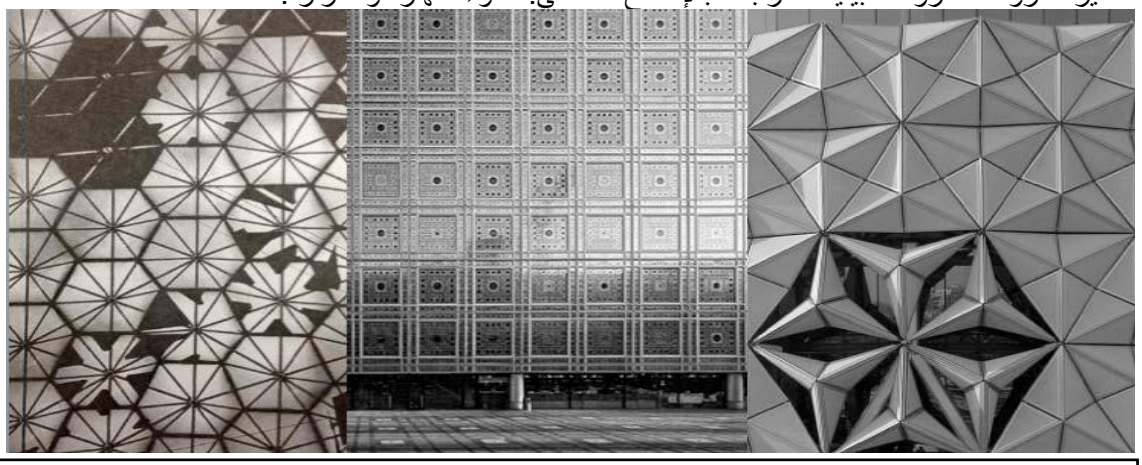
Vol. 11, No. 38, January, 2016, 383-391

"الواجهات المتحركة" نحو أداء التصميم البيئي

نيرفان أسامة حنفى محمود
قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة - بالجامعة الحديثة

موجز البحث
يتناول البحث دراسة الواجهات المتحركة والتطور التكنولوجي في الأنظمة المستخدمة في المباني و أثر ثورة المعلوماتية علي المعماري عموماً.
يتم الاستعانة بالخلفيات التاريخية في جزء المفاهيم العامة المتعلقة بموضوع البحث حتي نصل إلي الجذور لفكرة الحفاظ علي الطاقة، كمنظومة متكاملة أدت إلي ظهور فكرة التوفق البيئي عن طري الوجهات المتحركة، وفقد تم توضيح الوقت الذي ظهرت فيه و كيفية تطورها. ومع التقدم التكنولوجى وظهور العديد من التقنيات التي تساعد علي ترشيد الطاقة التى يعتمد عليها المبنى، وفي نفس الوقت نشر فكرة المباني المتوافقة بيئيا.

المقدمة
وتاريخيا، المباني قدمت المأوى والحماية للناس من الظروف الخارجية مثل الحرارة الشديدة أو البرودة. بمثابة المغلف بناء حاجز مادي بين البيئة الداخلية والخارجية. نتيجة لذلك، بدأت تفقد دورها كوسيط للطاقة، وضع المبنى عبئا كبيرا من الطاقة على الحفاظ على الشرط الأمثل في بناء مباني متوافة بيئيا.
من بين الاستراتيجيات والحلول المستخدمة في مناقشة مشكلة استهلاك طاقة المباني، يجب أن تعمل واجهة المباني كوسيط بين البيئتين الداخلية والخارجية . يمكن أن توصف بواجهات متعددة الوظائف الحيوية التي تملي على استهلاك الطاقة للمبنى، والتي تحدد نوعية البيئة داخلية (لونين، 2010). إن تصميم واجهة المباني تكون دائما ' تقليديةً ثابتة '، حيث الظروف البيئية و الحدود الخارجية مصممة لتكون في تغير مستمر. نتيجة لذلك الواجهات التقليدية غير قادرة على التكيف والاستجابة للتغيرات المختلفة التي يتعرضون لها، ووفقا لمشروع "حفظ الطاقة" في المباني وبرنامج تطوير نظم المجتمع لوكالة الدولية للطاقة – وتطبيق وتنفيذ الواجهات التي تتسم بالاستجابة يوفر خطوة ضرورية نحو الإنشاء وإدخال تحسينات على كفاءة الطاقة البيئة داخل المبني. ومع ذلك، عن طريق استخدام واجهات مستجيبة، المباني لديها القدرة على الاستجابة لهذه الشروط مع تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المبنى، تستجيب الواجهات لنشاط و تكييف سلوكهم مع مرور الوقت استجابة لتغير الظروف البيئية ومتطلبات الأداء والاستجابة في العمارة ووصفت بأنها قدرة النظم الاصطناعية والطبيعية على التكيف مع الظروف البيئية المختلفة. يستخدم مصطلح الاستجابة في جميع الاحوال ليوصف التفاعل بين الظروف البيئية الخارجية وأنظمة الواجهات، والواجهات المتحركة الشكل (1) التي تتفاعل مع الظروف البيئية، وهكذا، الظروف البيئية يمكن أن تشمل مجموعة من العناصر المختلفة مثل ضوء النهار، والرياح والحرارة. غير أن غرض هذا التفسير، شروط 'الظروف البيئية' المرتبطة بالإشعاع الشمسي: ضوء النهار، والحرارة.

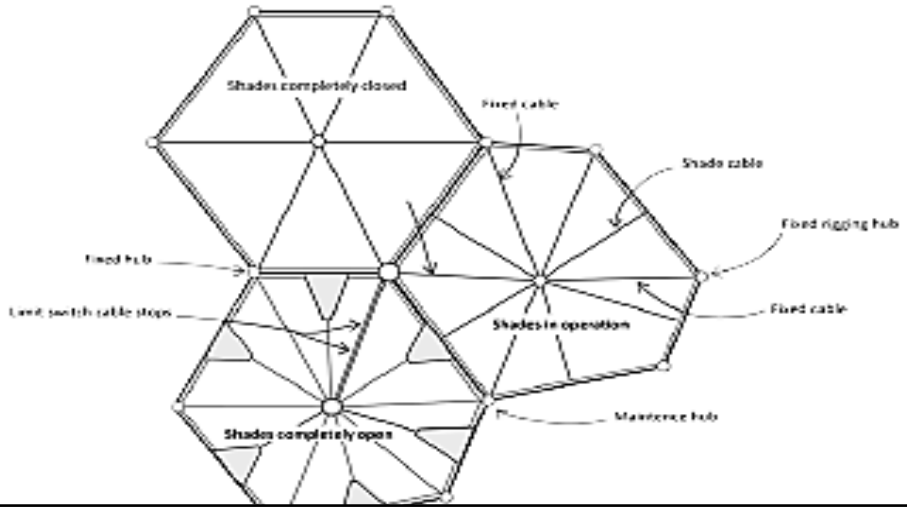


الشكل (1) : يوضح جناح أمريكا (يسار)، Expo67، عام 1967؛ (الأوسط) معهد العالم العربي دي، 1987
المصدر:(Natural condition is referred to reaction to an environmental condition and forces (Molonev, 2011

و كثر ما يميز المباني ذو الواجهات المتحركة ويلفت النظر لها لذا تعد الواجهات اساسا في تصميم هذا المبنى فقد قام العديد من المهندسين والمعماريين بتطوير الواجهات ومن احدث هذه التطورات هي الواجهات المتحركة والتي تعمل على تشكيل الواجهة وتغيرها من وقت لاخر وتتالف هذه الواجهات من الواح من الالمونيوم والستانليس ستيل تم صبغ كل وجه منها بلون مختلف يتم تثبيتها من خلال قضبان صلبة الالمونيوم والستانليس ستيل يتم تثبيتها على واجهات المباني وتهدف هذه الواجهات الحديثة الى توفير نوع جديد من
الواجهات بالاضافة الى توفير شاشة بصرية تلفت انتباه المارة.
في الآونة الأخيرة، شهدت تزايد الاهتمام بالتحقيق في هذا الموضوع في عدد من مشاريع البحوث والمنشورات ، عدد من المباني التي تعتمد واجهات الحركية للاستراتيجيات البيئية شكل (1). على الرغم من أن تطبيق الواجهات ال متحركة قد استخدمت لتحقيق هذا الهدف، سواء في الماضي أو في البحوث المعاصرة والممارسة الفجوة الكبيرة في التدليل على الكيفية التي يمكن بها تنفيذ هذا المفهوم لتحسين أداء الطاقة في مرحلة التصميم المبكر بناء لا يزال غير واضح بالشكل النظري، وعلاوة على ذلك، حتى لو كانت مزايا الواجهات المتحركة الواضحة، على الرغم من أن الواجهات التي تتحرك وتستجيب تبدو غير معقدة، أنها لم تثبت أنها يمكن بناؤها ببساطة ، فان الواجهات المتحركة تـفسر بطرق مختلفة في حركيتها التي تتبعها، انها قابلة للطي والانزلاق، والتوسيع.
التكنولوجيا المتقدمة واستغلال المواد، نظراً للتوافر مؤخرا على نطاق واسع من أجهزة الاستشعار والمحركات، لا يكاد أي عقبات لإنشاء واجهات الحركية للاستجابة لتغير الظروف البيئية . الدراسة المتعلقة باستغلال الإمكانات لحركية في خلق غير المتاحة للجمهو ر، إذا كان موجوداً على الإطلاق. وهذه الدراسة هامة في توفير نهج بديلة لتنفيذ الواجهات الحركية الفعالة للظروف البيئية.

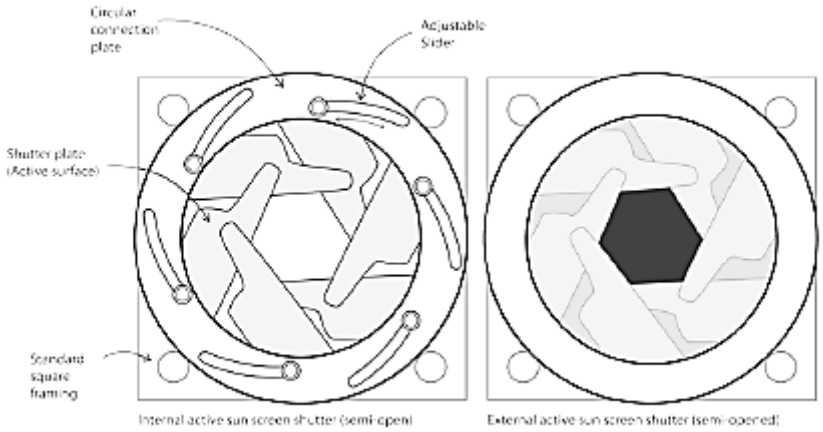
1- الواجهات المتحركة ملائمة للظروف البيئية:

على الرغم من أن أنماط حركية قد استخدمت كعنصر من عناصر استجابة لإنشاء واجهات الحركية منذ الستينات، هناك ابحاث بتتبع تطور الواجهة المتحركة (Linn, 2014)
وتصميم الحركية تلعب دوراً هاما في بناء الواجهات التي صممت للاستجابة للتغيرات في الظروف البيئية،على الرغم من أن استخدام حركة تبدو بسيطة، إلا أنها ليست سهلة لإنشاء من أجل الاستجابة بشكل مناسب للتغيرات في الظروف البيئية.
الشرط لفعالية تطبيق الحركية لا تقع فقط على الخبرة التقنية لتحقيق القدرة على تحويل بل أنها تتصل أيضا بالاستجابة الفعالة للظروف البيئية، ومن خلال استعراض التطبيقات الموجودة في الوجهات المتحركة هناك عدة طرق في حركية التي تكون: ' قابلة للطي، التوسيع شكل (2) ، الانزلاق، التقلص وتحويل '، على الرغم من أن هناك بعض المصطلحات التي تصف هذه الأنواع من الحركة، وصفت معظمهما من أنواع السلوك التي تقوم به الواجهات المتحركة.



شكل (2) :يوضح جزء من واجة المعرض الامريكي في نيويورك.
المصدر:(Massey, 2006)

إدراج الأنماط المتحركة وتكوينها يوضح في تصميم الواجهات المتحركة لجناح الولايات المتحدة، صممه Fuller، ان هذه الواجهات تلقت عددا من الانتقادات بسبب فشل الحركة احيانا للاستجابة لتلك الظروف البيئية بسبب مشاكل ميكانيكية. مثل واجهة معهد العالم العربي في فرنسا شكل (3) أظهرت الاعتبارات المستمر للسطح يمكنها الاستجابة بفعالية للتغيرات في الظروف البيئية، ان الواجهة الجنوبية للمعهد العربي تتكون من شبكة 24 × 10 مربع التي تتكون من العدسات الدائرية المركزية التي أنشئت داخل شبكة صغيرة.

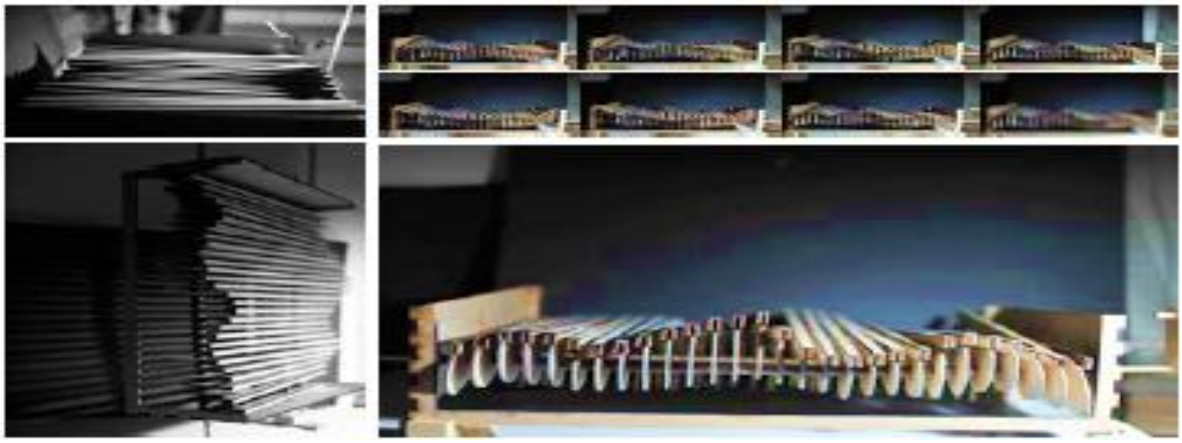


شكل (3) : يوضح العدسات المتحركة لمعهد العالم العربى يتم استخدامها لإنشاء سلوك فتح وأغلاق لإستجابة لضوء النهار ... المصدر : (massey,2006)

إن تكوين الحركة يصبح غامضا في هذه الواجهة، حيث تشارك العدسات أساسا بحركة دورانية، حيث تقوم بفتح وغلق نظام الواجهة، ولكن بسبب الآلية المتطورة التي تسمح للواجهة بالاستجابة لاختلاف كثافة الضوء في المبنى عن طريق فتح وإغلاق بعض من العدسات المتحركة. يصبح التحدي الرئيسي في عملية التصميم المعماري هو أداء قابلية التشغيل لمبنى، في الواقع، والآليات التي يجب أن تصمم بحيث تتطابق مع العمر الافتراضي لمبنى.

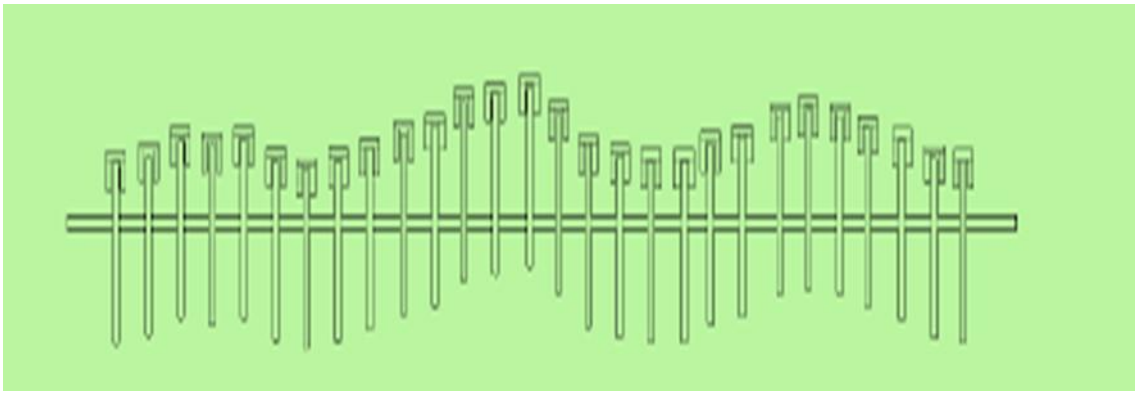
2- الهيكل المتحرك والسطح النشط :

النموذج الذي شيد قبل النظر في السلوكيات الممكنة للسطح المتحرك بالتناوب للوحات الثلاثين شكل (4) هذة اللوحات موضوعة علي بويضات سمكها 3مم مرطبطة باثنين من القطبان الخشبية المتوازية بقطر 8 مم
شكل (5) القطبين الاثنين المصنوعين من الخشب هما العوامل المتخدمة لخلق حركة انزلاق يتحرك فيها الثلاثين لوح في نفس الوقت لانشاء سطح فعال (Dynamic surface) شكل (6)



شكل (4) : يوضح النماذج التى شيدت وتسمى الموجه ، وأظهر العدد من التحديات خلال عملية تصميم وتشغيله .

شكل (5) : يوضح الاستدارة كاملة من الألواح المتحركة التى تنتج سطح مختلف.



شكل (6) : يوضح الواجهة ترابط الألواح مع القضيب الخشبى لانتاج حركة ديناميكية مختلفة .

هيكل اللوحات والاسطح تتحرك بنشاط معا اثناء الاستدارة، وان الهيكل والسطح الاثنين لهم نشاط استجابة استناداً إلى التصميم المكانيكي لهذا النظام،ومع ذلك.
بعد عدة حركات للحركة المنزلقة، اكتشفت ان الاحتكاك بين الهيكل و حركة الانزلاق يخلق صعوبات للا لواح اثناء الانتقال شكل (6) وبالتالي لتحسين الحركة، يتم إعادة تصميم اللوحات بإنشاء كثير من الفجوات بين هياكل الانزلاق بهدف الحد من الاحتكاك.

3- تكييف المنـاخ بواسطة غـلاف المبنى الديناميكي :

يمكن تصميم غلاف المبنى وفق مقاربتين متعارضتين لاستعماله كمرشح للمناخ، وإيجاد حل وسط بين الاختلافات الواسعة للحرارة الخارجية ودرجة الضوء، فضلاً عن الاختلافات البسيطة التي تميز الظروف المناخية "المريحة" في الداخل وهذا يستند على فلسفة التكييف البيئي . أما النظرية الثانية، فهي "التصميم البيئي المنفعل "، وتسعي لاستخدام الحساسات سريعة الاستجابة، تتميز بخصائص ديناميكية لتعديل البيئة الداخلية السلبية، حيث يسمح بمقدار معين من التبادل الحراري ويتيح تسلل ضوء النهار تتفاعل مع البيئة الخارجية، المميزات هذه النظرية أكثر شمولية وتعتمد على الجوهرية لتصميم المبنى ومواد البناء.

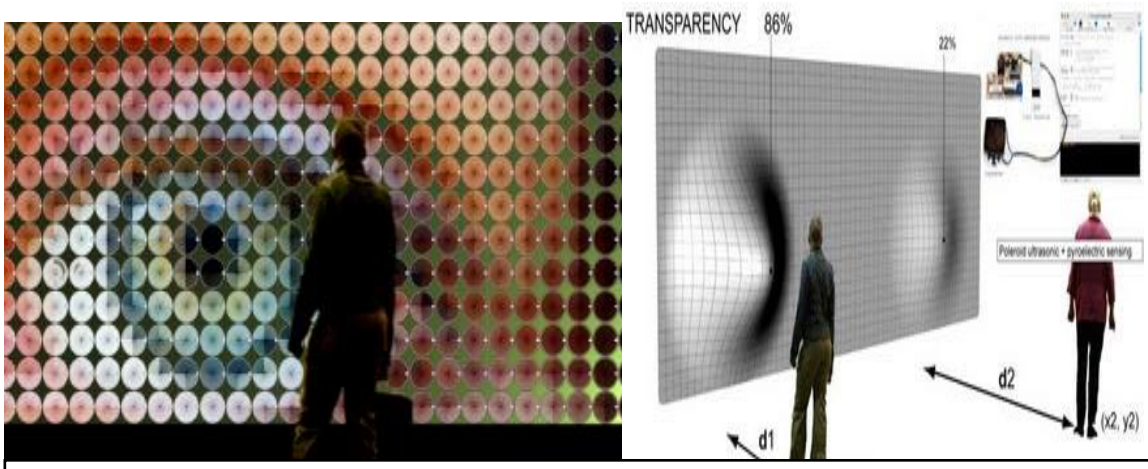
4- نظم الواجهات المتحكرمة والاستدامة :

استخدمت المواد الذكية بكثرة في الواجهات ونظم الغلاف المتحرك للمبنى ، وذلك كمحاولة التوازن بين عاملين، الأول هو تحقيق الثبات الحراري والضوئي للواجهة والثاني هو توفير الطاقة. استخدمت نظم HVAC للمساعدة على تحقيق الثبات الحراري للمبنى لكن مشاكله كانت تتمثل في استهلاكه العالي للطاقة. ونجد أن محاولات استبدال نظم HVAC بالنظم التقليدية لم تحقق الثبات الحراري والضوئي للواجهة ، ونجد ان أنظمة الوجهات المتحركة استخدمت للتغلب على تلك المشاكل وأثبتت التكنولوجيا الجديدة أنها:

١ - قادرة على تحقيق الكفاءة في استخدام الطاقة.
٢ - اقتصادية (تقلل الطاقة والمواد التي تستخدم في الطرق التقليدية لمعالجة المذكورين بالأعلى)

مثال (1) Pixel skin

Pixel Skin 01 هو سطح ذكي متغير الخواص، يساعد على دمج النوافذ الديناميكية في غلاف المبنى (Building Membrane). ويستجيب الغلاف للإنسان وحركته وبالتزامن مع ذلك يعمل كشاشة فيديو ملون. تتكون pixel skin من عدة عناصر وهي : سطح من طبقات متعددة من الالكتروجرافيك.
(Electrographic Surface) وزجاج الالكتروكروميك (Electrochromic Glass) وأنابيب الالكترولوميسنت المضيئة (Ultra- Bright Electroluminescent Tubes) واجهزة استشعار مثل أجهزة استشعار البيروالكتريك (Pyroelectric Sensors) وشبكة موزعة من كمبيوتر صغير والذي يتحكم بعناصر الواجهة.
عندما يتجه الفرد إلى الغلاف (skin)، فإن أجهزة استشعار البيروالكتريك تحول الغلاف من الحالة نصف الشفافة (كشاشة فيديو) إلى الحالة الشفافة (لرؤية ما خلفها). شكل (7) وتعمل أنابيب الإلكترولومنيسينت (Electroluminescent Tubes) على نقل الصورة للسطح الخارجي .
ولكن نجد أن البيئة الداخلية تفقد سلطتها على السطح الخارجي حيث يعتمد التغير على الحركة خارج الواجهة.
تقدم واجهة Pixel skin حلول جديدة ومناسبة لتحويل الأسطح المعمارية إلى وسائل إعلامية ضخمة.

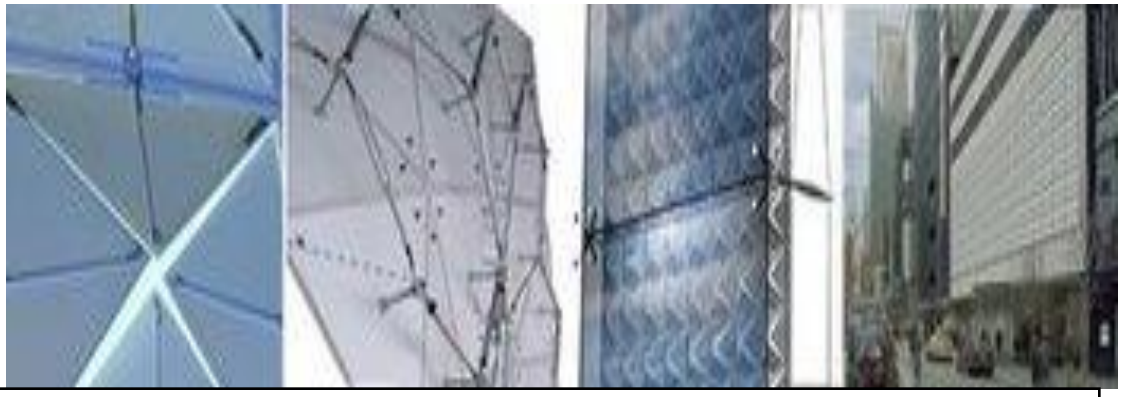


شكل (7) : يوضح عدة صور لواجهة Pixel skim01 التى تغير شفافيتها استجابة لحركة الإنسان وبعده عن الةواجهة ، حيث تتحول الواجهة من الحالة نصف الشفافة كشاشة عرض الى الشفافية التامة وبالتالى تظهر المعروضات التى تقع خلفها وكما توضح الصور ، تحدد المسافة بين الأنسان والواجهة نسبة الشفافية بها ، فمثلاً إذا كانت المسافة بين الواجهة والأنسان DI تلك نسبة الشفافية 86% واذا كانت المسافة d، تكون 22%.

مثال (2) Pixel skin 02

تكشف Pixel skin 02 عن إمكانات جديدة لأسطح إعلامية ضخمة عن طريق توظيف الخواص الميكانيكية الموجودة في سبائك ذاكرة الشكل (SMA) (Shape Memory Alloys) وفي محاولة للربط بين نظم التشغيل الآلي والواجهة غير الحية "Lifeless" façade- automation systems" وذلك لإيجاد واجهات متفاعلة. وتوفر الواجهة pixel Skin 02 مجال رؤيا شفاف وفي نفس الوقت تعرض صور وعروض فيديو ذات مستوى منخفض الجودة (Low-Resolution Images) وذلك باستخدام أدوات ميكانيكية كهربية (Electromechanical Means) قام المصمم Sachin Anshuman التابع لشركة Orange Void بتطوير بلاطات (Tiles) يتم التحكم بها لتحقق الاستجابة المطلوبة عن طريق إلكترونيات داخلها (Embedded Electronic). تتكون كل بلاطة (pixel-tiles) من أربعة ألواح مثلثة تحركها أسلاك من سبائك ذاكرة الشكل (SMA) (Shape Memory Alloys). وتتضمن البلاطة لوحة تحكم صغيرة (Micro Controller Consoles) وهي تنظم درجة وزوايا فتح الألواح المثلثة عن طريق تعديل كمية الطاقة الواصلة إليها وذلك يحدث 20 مرة في الثانية الواحدة. كل لوح لديه 255 وضع محتمل بين وضعية الفتح الكامل وضعية الغلق الكامل، وهذه تقنية تسمى "مضاعفة Multiplexing" وتسمح بالتحكم بمجموعة نقاط في البلاطة (Pixel-Tiles) لكي توجد أشكال من الحركة. وتحتوي الواجهة على أجهزة استشعار إلكترونية وبيئية (Electronics, Environmental Sensors) ونجد أن أبعاد البلاطة 15×15 سم. شكل (8)

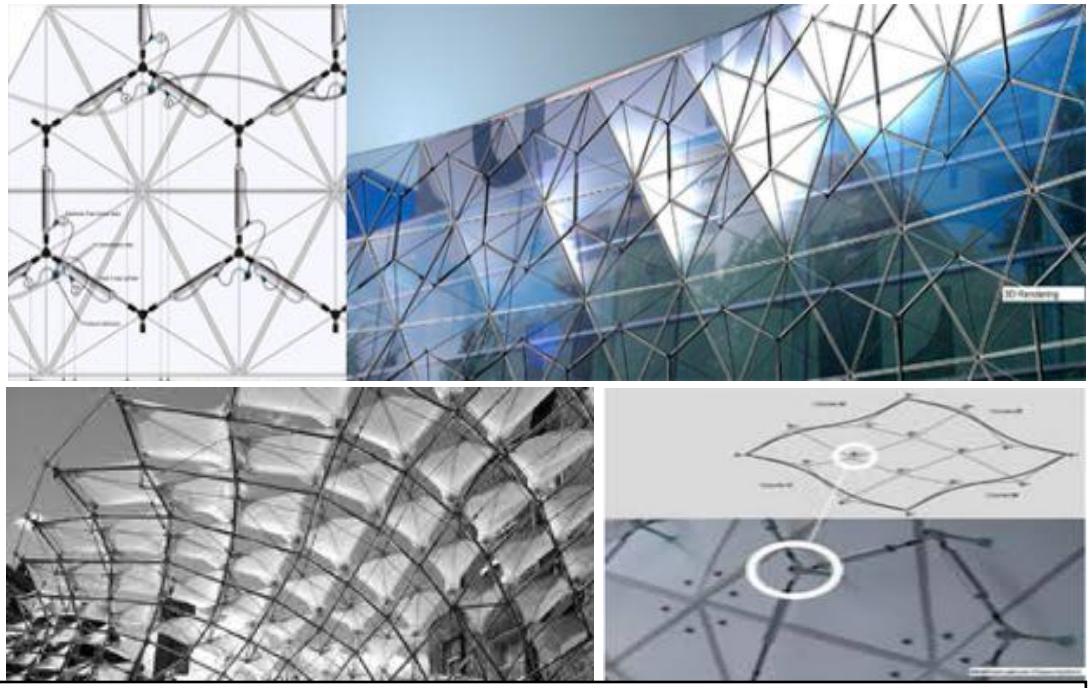
تستخدم تلك الواجهة في العديد من التطبيقات، تستخدم كحائط ديناميكي به شاشة عرض مرني (Dynamic visual-display walls) وكذلك تستخدم للتحكم في ضوء النهار (Day Light Control) والتحكم في الخصوصية (Privacy Control) وتتميز الواجهة Pixel skin 02 بأن استهلاكها للطاقة ضعيف.



شكل (8) : يوضح صور Pixel skim02 والبلاطة تتكون من أربع مثلثات تحركها أسلاك من سبائك ذاكرة الشكل (SMA) .

مثال (3) الغلاف الروبوت Robotic Membrane

الغلاف الروبوت (Robotic Membrane) هو نموذج يمثل السعي لتطوير نظم الأسطح المعمارية بجعل الغلاف ذو صفات مرنة وبالتالي إيجاد أسطح معمارية متغيرة أو متحولة، الغلاف الروبوت هو نموذج أولى يبحث مدى قدرة الأسطح المعمارية على التغير. ويتكون هذا النموذج من بلاطات مثلثة الشكل متصل بمشغل Pneumatic Actuators شكل (9) ، ويتضمن النظام تقنيات إلكترونية وأجهزة استشعار، ومشغلات ميكانيكة، ووحدة التحكم الآلي (الأوتوماتيكي). في هذا النموذج يتم تغيير شكل غلاف المبنى وذلك للتكيف بذكاء مع تغير الحيزات ومع الاحتياجات البيئة.



شكل (9) : يوضح صور الغلاف الروبوت Robotic Membrane ويظهر بها البلاطات المثلثة المكونة للغلاف والتى يتم تحريكها بواسطة العديد من القنيات ، وصور للتغير فى الشكل.

5- تحدي إجراء التجارب وصياغة الأشكال :

أثبتت الأبحاث السابقة أن إجراء التجارب لمحاكاة أداء الغلاف المتحرك للمبنى، من خلال استعمال المواد ذات الخصائص اعتماد تقنيات متطورة لتفسير الديناميكية، يتطلب سلوك التبادل من حالة إلى أخرى، والفرق في الأداء ات المتنوعة التي بين الحالات المختلفة. و الجدير بالذكر أن الفكرة المقترحة هنا تنطوي على محاكاة قوى ديناميكية غير مألوفة، فضلاً عن سلوك المواد المنفعلة بغلاف المبنى بينما ينتقل من حالة إلى أخرى ، في الوقت الحالي يتعمق الباحثون في التقنياتّ المتطورة ذات العناصر المحدودة، ويدمجونها ضمن برمجيات تصميم قوية بمعاونة الحاسوب.

ومن شأن هذا أن يتيح التحكم بالسلوكيات المتغيرة بالتزامن مع تصميم النظام الهندسي والميكانيكي، وتسعى الأبحاث التي تجري حالياً في كلية بارتليت تقع في الولايات المتحدة في ولاية إلينوي. إلى التحقيق في مزايا هذه العملية التطبيقية وخصائص تشغيلها، من خلال إعداد النماذج المادية المتطورة في مجال وصياغة التقنيات الحاسوبية المتغيرة للو اجهات المتحركة.

مثال (4) أبراج البحر في أبوظبي من تصميم شركة إيداس

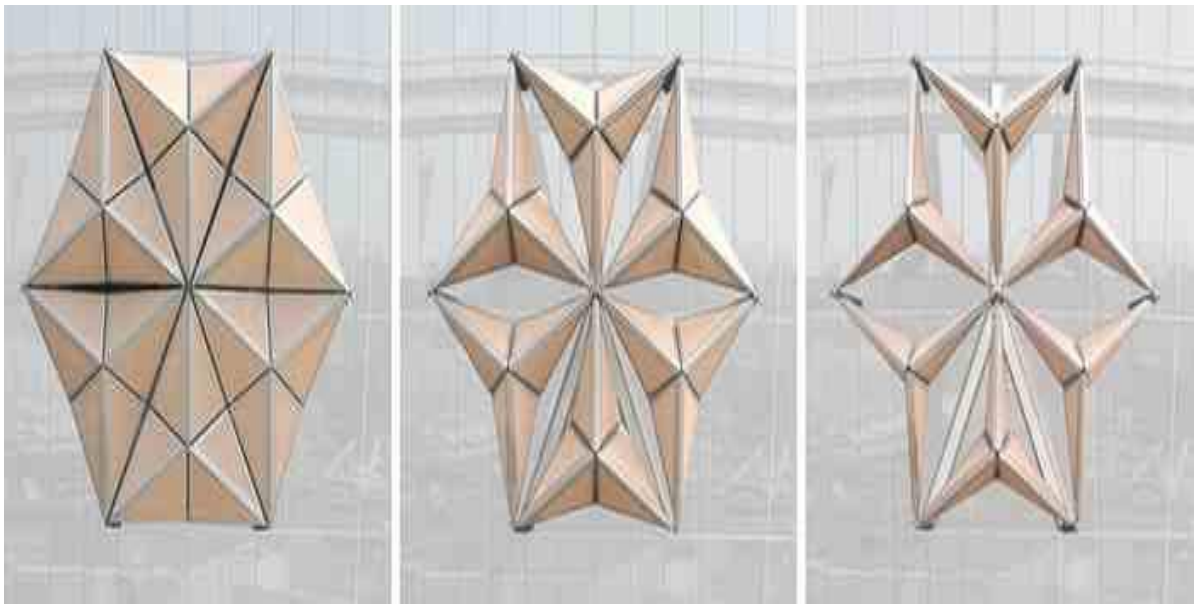
تعتبر أبراج البحر الواقعة على شارع الشيخ خليفة بن زايد السلام سابقاً أحدث برجين تم تصميمهما شكل (10) من قبل شركة إيداس وقد انتهى العمل منهما في 2012. وحلت أبراج البحر في أبوظبي بارتفاعها البالغ 145 متراً في المركز الثاني في جائزة إمبوريس لناطحات السحاب 2012 بعد منافستها مع 300 من أفضل مشاريع المباني السكنية المرتفعة في العالم والحائزة على جوائز مشابهة في الأميركيتين وآسيا وأوروبا وأفريقيا.

شكل (10) : يوضح الواجهة ترابط الألواح مع القضيب الخشبى لانتاج حركة ديناميكية مختلفة.

يسعى مفهوم التصميم إلى مواكبة تطلعات خطة أبوظبي 2030 عن طريق إنشاء مباني تأخذ في الاعتبار التميز الثقافي والبيئي للمنطقة ولا يقلل نظام المشربية المتحركة نسبة الأشعة الشمسية شكل (11) المكتسبة فحسب ولكنه يقلل الاعتماد على استخدام الزجاج الكثيف الملون بحيث تسمح بالإطلالة على أكبر قدر من المناظر الطبيعية من المبنى والاستخدام الأقل للإنارة الاصطناعية مع توفير بيئة داخلية أفضل للمستخدمين .

إن السمة المميزة للأبراج هو الابداع في التصميم بحماية الجلد بـالتفاعل مع الطاقة الشمسية عبر المظلات التي تفتح تلقائيا اعتمادا على شدة أشعة الشمس و التظليل قابل للتعديل الذي يساعد على تقليل الحرارة الداخلية ذات المكاسب الناجمة عن أشعة الشمس بنحو 50 في المئة.

و فكرة الوحدات المستخدمة في الواجهة مستوحاة من المشربية شكل (12)، وأيضا يتم التحكم في الواجهة من أبراج البحر الحيوي من خلال نظام إدارة المبنى.



شكل (11) : يوضح نظام المشربية المتحركة نسبة الأشعة الشمسية في الواجهات.

شكل (12) : يوضح نظام المشربية وطريقة تركيبها علي الواجهة.

وقد اختار المجلس العالمي للأبنية الشاهقة والمساكن الحضرية CTB H خلال شهر يونيو العام 2013 مشروع أبراج البحر كأفضل تصميم معماري من حيث الابتكار والأتمتة والتوافق مع المعايير البيئية ، ومنح المجلس ومقره شيكاجو جائزة الابتكار السنوية لأبراج البحر ، حيث أكد التقرير أن واجهة البرج ديناميكية مبتكرة يمكنها الفتح والإغلاق حسب الحاجة وفق حركة الشمس بهدف خفض استهلاك الطاقة بنسبة 50%.

وقد اختارت مجلة تايم أبراج البحر ضمن قائمة أفضل 25 ابتكاراً خلال السنة الماضية إلى ذلك حل في المركز الأول في جائزة إمبوريس لناطحات السحاب 2012 البرجان التوأمان (أبسوليوت وورلد) بالقرب من مدينة تورنتو في كندا اللذان تبلغ درجة انحنائهما 209 درجات من القاعدة بارتفاع قدره 175 متراً .

النتائج والتوصيات:

١ - التوصل الى أساليب ترشيد استهلاك الطاقة و كفاءة استخدامها من خلال تحسين خصائص واجهات المباني لكى يسهل على المعمارى تطبيقها.

٢ - امكانية تحويل المبانى العامة القائمة الى مبانى ذكية (Integration on Building) من خلال اعادة تصميم الواجهات او تزويدها بأنظمة ذكية.

٣ - التوصل إلى ان المبانى العامة فى مصر تختزل الفكر الأتوماتيكى Automation وليس فكر المبانى الفعالة Effective Building.

٤ - تعتبر التقنيات الذكية لواجهة المباني موفرة فى النواحى الاقتصادية اذا قارنت على طول العمر الافتراضى للمبنى وليس تكلفة الشراء فقط.

٥ - يتكون المبني الذكي من مجموعتين أساسيين من الأنظمة المتكاملة، أنظمة ادارة المبني المتكاملة و أنظمة الاتصالات المتكاملة، ويندرج تحت كل منها مجموعة من الأنظمة الفرعية.

٦ - ليس أي مبني يحتوي علي نظام ذكي متطور يعتبر مبني ذكيا، ولكن المبني الذكي يجب ان يكون فيه مجموعة من الأنظمة الذكية المتطورة مثل انظمة الواجهات الديناميكية وتكون هذه الأنظمة متكاملة مع بعضها حيث تسمح بتبادل المعلومات بينها.

٧ - ذكاء المبني لا يتحدد بمدي تطوير التكنولوجيات المستخدمة في انظمة المبني المستقلة، ولكن يقاس من خلال مدي ما حقيقه من تكامل بين أنظمة المبني المختلفة.

٨ - ان تكامل الأنظمة ليست من سمات المبني الذكي التي من الممكن أن تتواجد في المبني، ولا توجد في مبني أخر أقل ذكاء، ولكنها عنصر أساسي في أي مبني ذكي.

٩ - علي الرغم من أن الواجهات الدينامكية عادة أعلي تكلفة من الواجهات التقليدية، الا أنها أكثر توفيرا علي المدي البعيد، حيث أن التكلفة الفعلية لدورة حياة الكاملة (Total Life-Cycle) أقل بكثير من التكلفة لدورة حياة الواجهة العادية نظرا للتوفير الشديد للطاقة و سهولة الصيانة والتحكم في الأنظمة وتطويرها بسهوله مع التطور التكنولوجيا.

١٠ - البحث أيضا يوصي بتشكيل فريق بحثي متكامل يعطي كافة التخصوصات المتعلقة بأداء الغلاف المتحرك للمبنى للقيام بسلسلة من البحوث و الدراسات المتخصصة، بحث امكانيات وسبل تطبيق تكنولوجيا العمارة الذكية في الواقع المحلي المعاصر.

١١ - انشاء موقع علي شبكة المعلومات يحتوي علي مواد علمية ومعلومات مفيدة عن هذا الموضوع الواجهات الديناميكية وكذلك نشر هذا الفكر في الوسائط المعلوماتية.

١٢ - يجب عمل توعية علي مستوي المعمارين و الممارسين في الوسط المعماري بالتكنولوجيات الحديثة بشكل عام وبالمفهوم الصحيح لأداء الغلاف المتحرك للمبنى بشكل خاص.

١٣ -القيام بدراسة عن امكانية ادراج الذكاء المعماري بالمباني القائمة، وذلك عن طرق تعديل و تدعيم تلك المباني بالأنظمة الذكية المتكاملة مثل الواجهات الديناميكية.

المراجع:

(1) Addington, D.Michelle & L. Schodek, Daniel(2011)(Smart Materials and New Technologies),.
(2) Lucy ،p. (2008), " 4d space: Interactive Architecture" , Wiley press.
(3) Norman, T. (2014) "Integrated Security Systems Design", Butterworth- Heinemann , an Imprint Of Elsevier , Burlington , USA.
(4) Cole, R & Zosia, B, (2009), "Reconciling human and automated intelligence in the provision of occupant comfort", Research Article, Volume 1, Intelligent Buildings International journal.
(5) Adam ,F& Humphrey ,(2013) "Encyclopedia of decision making and support technologies "
(6) Wang , S. (2012) ," Intelligent Buildings and Building Automation", Spon Press, an Imprint Of Taylor &Francis Group , 2Park square, Milton Parkm , Abingdon, Oxon , USA.
(7) Parson, B. (2014), "Intelligent Buildings ", Canadian Consulting engineer.
(8) "Intelligent Integrated Management System Technical Specification ", Lonix. Building Connectivity, 2006, www.lonix.com.