تطبيقات تكنولوجيا محاكاة الفعاليات الاحيائية في الواجهات المتحركة

وجدان ضياء عبد الجليل
مدرس
قسم هندسة العمارة – الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

عدت محاكاة الفعاليات الاحيائية توجها في التفكير للعودة نحو الطبيعة كمصدر للإلهام، وأثرت في تطوير العديد من الانجازات التي حققتها التكنولوجيا المعاصرة. وقد تم استخدام بعضها في تصميم وانشاء الواجهات المتحركة في العمارة، لأهمية دور الواجهة في تقليل دخول الإشعاع الشمسي الى المبنى من خلال استخدام أنظمة ومركبات التظليل. تحددت في ضوء ذلك مشكلة البحث: "هل تلعب التكنولوجيا المستلهمة من الفعاليات الأحيائية دورا في تظليل الواجهات المتحركة في المباني تبعا لخصائصها في المواد المستخدمة والية التشغيل ؟"، وتحدد هدف البحث في: " تحديد انواع الواجهات المتحركة في المباني وخصائصها كمواد والية تشغيل في التظليل المرتبط بمحاكاة الفعاليات الأحيائية ". يتناول البحث شرح الأنواع الأساسية للواجهات المتحركة اعتمادا على التكنولوجيا والمواد المستعملة لتوفير امكانية تقليل الاشعاع الشمسي الداخل للمبنى. كما يقارن الأمثلة التصميمية المنتخبة في فكرة استلهامها من العالم الاحيائي، والذي ينعكس على نظام الحماية المستعمل في الحماية من الشمس وتقليل استهلاك الطاقة كما يقترحه الفريق التصميمي. وتوصل البحث الى ان الواجهات المتحركة المعتمدة على خصائص المواد الذكية هي واجهات مستجيبة ذاتيا ولا تحتاج الى صرف طاقة تشغيلية للتحريك.

الكلمات المفتاحية: الواجهات المتحركة، محاكاة الفعاليات الاحيائية، المواد الذكية.

The Application of Biomimicry in Kinetic Facades

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

ABSTRACT

Biomimicry, as a way of thinking to go back to nature for inspiration, has its impact on many contemporary technological achievements. Some of them are used to design and construct kinetic facades in architecture, because of the importance role of facades in reducing sun radiation, that enter the building through using shading systems and components. In light of this, research problem is determined: "Do technologies which are inspired by biomimicry effect shading in kinetic facades through its characteristics in materials and the mechanics. So the research identifies its goal as: "To identify the types of kinetic facades in buildings and their characteristics as materials and shading mechanism associated with the biomimicry. The research explains the basic types of kinetic facades depending on the technology and materials used to provide the possibility of reducing solar radiation that enters the building. It also compares the

case studies which have been chosen in their inspiration concept from biological world, which reflect on the system used of protecting against sun and reducing energy consumption as the designer teams suggest. The research concluded that kinetic façade which is depending on smart materials is self-responding and don't need energy to operate, so it is better in reducing consumption of energy.

Keywords: Kinetic Façade, Biomimicry, Smart Materials.

1- المقدمة: تلعب الواجهات المعمارية دورا هاما في حفظ او استحصال الطاقة اعتمادا على نوعها وتصميمها. ويتعلق الحمل الحراري بالمصادر الخارجية بكمية الاشعاع الشمسي المتحصلة عبر غلاف المبنى، والمصادر الداخلية المتعلقة بالمستخدم والاضاءة والمكائن والادوات الكهربائية المستعملة...الخ

تمثل الطبيعة مصدرا لا ينضب للبحث وإلهام التكنولوجيا وتوجيه الاخيرة لمحاكاتها نحو استخدام المواد والهياكل المتقدمة، والانظمة المصنعة من قبل الانسان. وقد تحققت بعض التطويرات والكفاءة التكنولوجية في المواد والمنتجات، وبدأ استخدامها الفعلي في تكنولوجيا العمارة المتعلقة بواجهات المبنى، التي تعد المكون الاكثر تعقيدا في المبنى لأنها تتطلب تحقيق المتطلبات الجمالية اضافة الى المتطلبات الانشائية والبيئية. وظهرت فكرة الواجهات المتحركة في العمارة المعاصرة لتوفير المنفعة البيئية من حيث حجب زوايا الشمس تبعا للمتحسسات التي تجمع المعلومات. ووفرت التكنولوجيا حلولا استلهمتها من الفعاليات الاحيائية لتوفير الحماية من اشعة الشمس، والتي يمكن استخدامها في تطبيقات واسعة لخلق انماط تشكيل السطوح العاكسة او المظللة، والتي تستجيب للتغييرات البيئية لتقليل استهلاك الطاقة باتباع مبادئ محاكاة الفعاليات الاحيائية في التصميم الابداعي وتطبيقاتها من خلال استلهام قدرة التطورات في الأنظمة والوظائف الطبيعية، وتحليل كيفية تكيف العضويات للبيئات المختلفة، ومن ثم تحويل ذلك الى مبادئ تعليمية الى البيئة المبنية. ويكون ذلك من خلال التأكيد على تحليل القشرة في الكائنات الحية كتكوين معقد متعدد الوظائف وكحاجز بين الظروف الخارجية وجسم الكائن الحي، وعكس ذلك على واجهات المبنى التي تعمل كحاجز بدورها بين سكان المبنى والبيئة خارجه لإنتاج عمارة تسمح للعمارة بان تتبع الطبيعة في مبادئ عملها.

تحددت في ضوء ذلك مشكلة البحث: "**هل تلعب التكنولوجيا المستلهمة من الفعاليات الأحيائية دورا في تظليل الواجهات المتحركة في المباني تبعا لخصائصها في المواد المستخدمة والية التشغيل؟**"، وتحدد هدف البحث في: " **تحديد انواع الواجهات المتحركة في المباني وخصائصها كمواد والية تشغيل في التظليل المرتبط بمحاكاة الفعاليات الأحيائية** ".

2- محاكاة الفعاليات الاحيائية Biomimicry: وهي استراتيجية مستخدمة لتطوير أنماط جديدة قائمة على تحليل الانظمة البيولوجية الطبيعية، وتتأسس على فكرة كون الأنظمة الطبيعية ذاتية التنظيم تستخدم الحد الادنى من الموارد الطبيعية. كما تعرف على انها تطبيق مبادئ التصميم المشتقة من الطبيعة (Palmer,2009,p.28). اذ تتوفر في الكائنات الحية امثلة لا حصر لها على الاستخدام الامثل للشكل الذي يتوافق مع وظيفته، اذ يوجد العديد من الامثلة في الكائنات العضوية في الطبيعة والتي تغير عاداتها وبيئاتها مما يؤدي الى زيادة دورة المواد المغذية وزيادة المنافع المتبادلة في العلاقة بين الكائنات الحية (Zari,2007,P.6). وتمثل هياكل الكائنات الحية مصدرا لإلهام المعماريين لخلق التصاميم الكفؤة لتكون نافعة ومستدامة في نفس الوقت (Alawad,2014,p141). مثلت الحاجة الى المحافظة على الموارد ضرورة العودة للطبيعة ضمن توجه محاكاة الكائنات الحية، مما دفع المهندسين ومصممي المنتجات والمعماريين الى تبني هذه الفكرة مسمين أنفسهم Bioneers (Pourjafar et al.,2011,p.75)، فاهتموا بدراسة الأشكال والعمليات والانظمة البيئية الطبيعية، اذ تعيش الكائنات الحية

بانسجام وتكامل مع محيطها. وشجع ذلك فكرة ابتكار تكنولوجيا مستدامة تخدم بقاء الانسان في صحة جيدة على المدى الطويل (Antonescu,2010,p.3).

أدى البحث في محاكاة الفعاليات الاحيائية الى تطوير أنظمة البناء الذكية، وانتاج أنماط جديدة تؤدي وظائفها بشكل مشابه للأنظمة البيولوجية من حيث خصائص التنظيم الذاتي، قيم المرونة والتكيف. وتعد الانظمة البيولوجية أنظمة غير ثابتة، وتمتلك قشرة مرنة، والذي قد ينعكس عل العمارة المستقبلية بجعلها قادرة على التغير حسب الرغبة ومن خلال تجهيزها بقشرة معقدة قابلة للالتواء، المط، الانحناء أو الطي بأي طريقة يمكن تخيلها. وتكون قادرة على الاسناد الذاتي(في الوقت نفسه)، وأن تتخذ أي لون أو ملمس يمكن التفكير به (Ibid,p.53). يهدف التصميم المحاكي للكائنات الحية الى استخدام النظم الطبيعية بشكل متوازي مع هدف اعادة تشكيل الحس الجمالي (Mazzoleni,2013,p.48).

يستخدم التصميم المحاكي للكائنات الحية أمثلة من مملكة النبات والحيوان كمصدر للإلهام، ويأخذ بنظر الاعتبار البيئية المحيطة بهذه الامثلة. كما ويدرس التكيف الذي سمح لها بأن تكون ناجحة في محيطها، ويركز على الغلاف المغطى لأجسام الكائنات الحية (مثل الجلد والفرو والريش والأصداف والقشور)، والذي تتعدد وظائفه ليتخذه مصدرا للإلهام لغلاف المبنى (Mazzoleni,2013,p.48). اذ تمثل القشرة في الكائن الحي مثال يمكن التعلم منه في كيفية التكيف مع المحيط رغم التطرف في الظروف البيئية، وهي تقوم بوظائف متعددة مثل التنظيم الحراري و تنظيم التوازن المائي من خلال خزن وتحرير الماء وانتشار او دخول الغازات الضرورية (Ibid,p.53). ويكون هدف المحاكاة هو خلق صفة الاستجابة في الواجهات المعمارية مما ادى الى ظهور مسمى الواجهة المتكيفة Adaptable Facade وهي واجهات المبنى التي توفر نظاما حاميا ذو خصائص ذاتية التنظيم بحيث تتحسس التغييرات التي تحدث في البيئة، وتتخذ رد الفعل المناسب لذلك، علاوة على الاستجابة الى التغييرات في احتياجات المستخدم في درجة الحرارة وتنظيم الاضاءة(Knaak et al.2008,P.109). وتعني الواجهة المتكيفة تلك التي تمتلك القابلية على التغير استجابة للظروف البيئية الداخلية والخارجية وسلوك الساكن و حاجاته، 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 (Erickson,2013,p.9)، 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 (Ibid,p25).

ويتوضح لنا من الفقرات السابقة ان محاكاة الكائنات الحية لا تعني نسخها، بل ملاحظة مبادئها وطرقها، ومن ثم تحويل ذلك الى فهم الحلول التكنولوجية المعقدة لأغلفة المبنى القادرة على التكيف فيما يخص الاضاءة والتهوية والتنظيم الحضاري. وكلما كانت المحاكاة أكثر تجريدا مع التأكيد على المبادئ الأساسية، انعكس ذلك على تسهيل استخدام التكنولوجيا بطريقة أكثر فعالية وأكبر انتشارا. اكثر فعالية لأنها تقدم التقنيات من الانظمة البيولوجية بأسلوب أكثر تكيفا، واكثر انتشارا لأن هذه الطريقة التكيفية تجعل من السهل مزج التوجه البيولوجي مع الهندسة التقليدية، مما سيوفر هندسة تدعم اعادة التدوير والديمومة والقدرة على الانتشار من المواد المتوفرة.

3- دور المواد المنتخبة في واجهات المبنى: يعتبر موضوع الاستدامة من اهم العوامل المؤثرة في اختيار المواد المستخدمة في الغلاف الذكي والذي يتعلق بالكفاءة الحرارية للغلاف ومعالجة التأثير البيئي وامكانية ايجاد الحلول المناسبة

لتعديل الحرارة المتطرفة خارج المبنى بالرغم من احتمالية تعارض هذه المنافع مع الجماليات المطلوبة والكلفة (Palmer,2009,p.99).

يتم تصنيف المواد التقليدية المستخدمة في الواجهات التقليدية الى: الزجاج، الكونكريت، الخشب، المعدن والبلاستك، والتي تكون وظيفتها الاساسية التقليدية هي السيطرة على دخول الهواء والماء والرطوبة والعزل الحراري والصوتي. وقد تصنف أيضا تبعا لخصائصها مثل الشكل، الملمس، الشفافية، الانسيابية وقابلية الكسر، او تبعا لطرق الانتاج. ويصنفها مهندسو المواد تبعا لخصائصها في قابلية السحب، الطرق، المرونة، قوة الشد، الانضغاط والصلادة الى المعادن، البوليمرات، السيراميك، الزجاج، والمواد الطبيعية (Ibid,p.100). **سيصنفها البحث تبعا للوظائف الجديدة التي تؤديها عند استخدامها من خلال محاكاة الكائنات الحية في وظائف مثل التحسس والاستجابة، سلوك المواد كنظام، السلوك الذكي، التكيف والقدرة على التظليل الذاتي ، وقد تم اختيار هذه الفعاليات لارتباطها بموضوع البحث وهو الواجهات الذكية كما سيتم شرحها لاحقا.**

4- المواد الذكية ومحاكاة الفعاليات الأحيائية: تستخدم الكائنات الحية موادا متنوعة لأداء فعالياتها المختلفة وهذا مثل مصدر الهام المهندسين الى محاكاتها لخلق مواد ذكية يمكن تعريفها على أنها: "تلك المواد التي توفر استجابة ذكية للمحفزات والتي تتضمن تكنولوجيا المتحسسات والمشغلات ونظم السيطرة" (Ayre,2004,P.72). سيتناول البحث بعضا من هذه الفعاليات الأحيائية والمواد الذكية التي استلهمت منها:

4-1- التحسس والاستجابة: وهي الخاصية التي تتمتع بها الكائنات الحية بسبب امتلاكها سلسلة من نظم التغذية المرتدة للتحسس والاستجابة (Benyus,2004). وتشير الاستجابة الى امكانية النظم الطبيعية على التفاعل والتكيف، وهي تتطابق مع صفات ما يعرف بالذكاء في المواد ويضاف الى ذلك توفر صفات تفاعلية مثل القدرة على تضبيط الوقت اللازم لاستجابة معينة بل وحتى التعلم من خلال التكرار، ومن امثلة ذلك البوليمرات المتحفزة كهربائيا والتي تستخدم في القشرة المتحركة، كما صنع الباحثون من الجامعة القومية في جامعة سيئول Seoul نوع جديد من الجلد الصناعي من ألياف السيليكون النانوية، والتي بإمكانها ان تتحسس الضغط والحرارة والرطوبة (http://www.yeadonspaceagency.com).

4-2- سلوك المواد كنظام: وهي الفعالية التي تبني فيها الطبيعة مكوناتها بدءا من الحجوم الصغيرة الى المقاييس الأكبر مع الاخذ بنظر الاعتبار العلاقة بين الحجم والوظيفة المتعلقة، وقد ساعدت التكنولوجيا المتقدمة على انتاج مواد ذكية تؤدي وظائفها كأنظمة ذكية. وتقوم هذه المواد بعدد من الفعاليات كالاستجابة الفورية Immediacy، والاستجابة لأكثر من متغير بيئي واحد Transiency والتشغيل الذاتي Self-actuation والانتقائية Selectivity حيث يمكن توقع ماهية استجابة هذه المواد المصنعة واستخدامها في العمارة في تطبيقات متنوعة جون الحاجة الى وسائل تشغيل (Addington& Schodek,2005,p.10).

4-3- السلوك الذكي: يستخدم هذا المصطلح للإشارة الى المواد والسطوح والتي تتوفر فيها الوظائف التكنولوجية التي تحقق الاستجابات البيئية للتغييرات في البيئة الخارجية او الداخلية. حيث تتصف المواد الذكية بالاستجابة الفورية للمحفز والاستجابة لأكثر من محفز في ان واحد والتشغيل الذاتي والقدرة على توقع نوع استجابتها للمحفز. وتتصف السطوح والمواد الذكية بالقدرة على تغيير شكلها او تغيير الطاقة دون الحاجة الى مصدر خارجي للكهرباء. مما يوفر للمصمم امكانية خلق شكل جذاب للواجهة واستهلاك طاقة اقل في نفس الوقت، كمثال ما قام به دوريس سنك Doris Sung بتجريب استخدام قشرة

من نوع Thermo Bimetal، وهي قادرة على فتح الثقوب الموجودة فيها لتوفير التهوية الذاتية بدون استعمال اي مصدر للطاقة (Dewidar et al.,2013,p.2&3).

4-4- التكيف: ويعني تطور الشكل التصميمي تبعا لمتغيرات التصميم. والذي يوحد مجموعة عوامل بمقاييس متعددة من اجل ايجاد حلول فعالة تكافلية في الاقتصاد في الطاقة والمواد. كمثال السطوح الذكية التي تسمى Adaptive Buildings Initiative (ABI) ، وتتكون هذه الوحدات من نظام معلق منفوخ للتظليل يمكن ان يتكيف ليصبح اسطواني الشكل. وقد يصمم النظام لزيادة ضوء النهار وفي نفس الوقت تقليل الحرارة المكتسبة (Ibid,p.5).

4-5- مقاومة انتقال الحرارة والقدرة على التظليل الذاتي: تقوم النباتات بالتكيف مع بيئتها من خلال الاختلاف في شكل وحجم اوراقها وطرق التظليل الذاتي ونظام التهوية الداخلي وقدرتها على اعادة تشكيل الاتجاه تبعا لحركة الشمس. و يمكن تصنيف الاليات المستخدمة في النبات تبعا للاستراتيجيات المستعملة في انتقال الحرارة وإمكانية نقل هذه الأفكار الى تصميم مكونات قشرة المبنى والمواد المستعملة، وتحديد الحلول الممكنة في واجهات المبنى تبعا للاستراتيجيات المستعملة لمقاومة انتقال الحرارة وكالاتي: 1- معالجات الانتقال بالإشعاع، وتكون من خلال موقع الفتحات وعناصر التظليل وشكل القشرة وانعكاسية السطوح اعتمادا على خصائص المواد المستعملة. 2- معالجات الانتقال بالتوصيل وتكون من خلال توفير المقاومة الحرارية واستعمال العوازل الحرارية وزيادة السعة الحراري باختيار المواد القادرة على خزن الحرارة قبل انتقالها الى الداخل، واختيار سمك المواد المناسب المستخدم في القشرة وطريقة تنظيمها. 3- معالجات الانتقال بالتبخر: وتكون من خلال استعمال نظم التهوية المناسبة وحجم وموقع الفتحات ونفاذية القشرة. 4- معالجات الانتقال بالحمل وتكون من خلال التظليل وعمل الثقوب والفتحات في الواجهات (Al Ahmar & Fioravanti,2014,p.352). يتميز عالم النبات بوجود امثلة كثيرة حول عملية التظليل الذاتي المتفاعل مع البيئة باستخدام اليات متنوعة مثل تغيير شكل السطوح من التقعر للتحدب لتشتيت الضوء أو عكسه أو استخدام اليات الفتح والانغلاق او الالتفات. (Ibid,p.351) كما طورت النظم الطبيعية تقنيات كفؤة قادرة على الطي والانتشار مما يتوافق مع استهلاك أقل طاقة ممكنة ففي عالم النبات هناك أمثلة للأوراق قادرة على القيام بالطي لمواجهة الصقيع وتقوم الاوراق بالالتفاف او الالتواء او الانطواء اثناء النمو لتجنب التلف، وتمتلك المواد في عالم الطبيعة ما يمكن تسميته بالخصائص الذكية مثل قابلية النبات على تكييف شكله بتفاعل كمثال لجعل الأوراق تتبع اتجاه الشمس او الانعكاسية للحرارة كرد فعل لحركة الشمس وقدرة النبات على الاستفادة القصوى من الاشعاع الشمسي المتغير الشدة خلال النهار (Ayre,2004,P.12&15). وقد توفرت الكثير من المواد في هذا المجال والتي استخدمت في الواجهات المتحركة اعتمادا على خصائص المواد الذكية.

يمثل ما ذكر أعلاه أمثلة قليلة عن الامثلة التي تقدمها الطبيعة للمهندسين لخلق مواد جديدة والتي تتطور الى تطبيقات معمارية متنوعة. واستخدم المعماريون هذه التطبيقات لتصميم النظم التي تقوم بتحويل (المبادئ والطرق المستخدمة في الكائن الحي لتصميم واجهات المبنى المستجيبة لذلك.

5- الواجهات المتحركة Kinetic Façade: تعرف الواجهات المتحركة على انها تلك الواجهات القادرة على التحكم في شكلها أو توجيهها او فتح وغلق فتحاتها كاستجابة للمؤشرات البيئية التي تتضمن درجة الحرارة والرطوبة والهواء و شدة الاضاءة...الخ، مما يؤدي الى تقليل استهلاك الطاقة في المبنى ويصب في تحقيق الاستدامة. فقد ذكر زيمبليكوس Tzempelikos واخرون بان "وسائل التظليل الاوتوماتيكية المستخدمة في الواجهات المتحركة يمكن ان تقلل الحمل الحراري

في المبنى (Tzempelikos et al.,2007,p.1088). ويمكن للواجهات المتحركة ان تكون متكاملة بشكل كلي مع التصميم وتتطلب تحديد تفاصيل عملها وموادها في المراحل المبكرة، مما يتطلب فهم طريقة عملها في تحقيق وظائفها المطلوبة (Sharaidin & Salim,2012,p.624). ويعدها غافاريان حوسيني GhaffarianHoseini جزء مما يمكن تسميته بالواجهات الذكية وهي تلك الواجهات القادرة على تغيير شكلها، توجيهها أو فتحاتها بشكل اوتوماتيكي استجابة للمتغيرات البيئية مثل درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح ... الخ، ولذلك فلابد أن تكون ديناميكية ومتكيفة (GhaffarianHoseini et al.,2012,P.443). فقد تميزت العمارة المعاصرة بالتغير باتجاه استخدام المكونات المتحركة القابلة للتغير الشكلي لأجل تحقيق مجموعة من الاعتبارات البيئية والانسانية، فقد ذكر مايكل فوكس Micheal Fox بأن: "الهدف الاساسي للأنظمة الذكية المتحركة هو توفير استجابة ملطفة للتغيير بين الحاجة الانسانية والظروف البيئية" (Michael,2009). ويحقق ذلك عدد من الاهداف لخلق مبنى ذو كفاءة عالية لان المبنى سيكون قادرا على التكيف لظروف المناخ الخارجية. اذ تقوم هذه الواجهات من خلال مركبات التظليل القابلة للحركة او الدوران او الالتفاف أو التمدد أو التقلص بتحسين الاداء البيئي للمبنى من خلال ما يلي: 1- تقليل استحصال الحرارة. 2- حجب الاشعة الشمسية المباشرة. 3- تعديل السطوع. 4- تعديل التباين غير المرغوب فيه (GhaffarianHoseini et al.,2012,p.443). تناول برانكو كولاريفيك Kolarevic Branko وفيرا بارلاك Parlac Vera، 2015 في Building Dynamics Exploring Architecture of Change استخدامات التكنولوجيا المعاصرة لتقليل استحصال الطاقة عبر غلاف المبنى بأفكار مستلهمة من الفعاليات الاحيائية. حيث تتألف عمليات التظليل من ثلاث مراحل رئيسية هي: 1- المدخلات. 2- المعالجة. 3- المخرجات، لاحظ الجدول رقم (1). وتختلف باختلاف الانظمة المستعملة، والتي سيتم تناول انواعها في الفقرات التالية.

جدول رقم (1) الية عمل الواجهات المتحركة

المدخلات /المعلومات تحسس المتغيرات البيئية	المتغيرات البيئية	الحراة
		الرطوبة
		الضوء
		مكونات الهواء
	متغيرات الحركة	خارج المبنى
		داخل المبنى
المعالجة/ النظم المستعملة	النظم المعتمدة على الوسائل الميكانيكية	استخدام المحركات
		استخدام النظم الهيدروليكية
	النظم المعتمدة على المواد الذكية	استخدام المواد للتحسس والحركة الذاتية
المخرجات/حركة مكونات الواجهة	الغلق والفتح	
	الطي	
	التقلص و التمدد	
	الدوران	
	الالتفاف	
	تصغير المقياس	

6- انواع الواجهات المتحركة: صنف مولوني Moloney الواجهات المعمارية الى نوعين غير الفعالة والفعالة، فالأولى هي واجهات المبنى التقليدي التي تكون ثابتة وتتولد الحركة اما بسبب تغير موقع الناظر او تغير مسار الشمس بالنسبة للواجهة بحضور المتغيرات البيئية الاخرى. اما الفعالة فيقسمها الى نوعين: 1- القشرة الذكية: وهي تلك التي تقوم بتعديل نظام الحرارة اعتمادا على المعلومات المتحصلة من المتحسسات ونظم السيطرة والمخرجات التي تكون على شكل حركة في المكونات او تغير في خصائص المواد. 2- الوسائطية: والتي تشبه شاشات العرض على المستوى الحضري ويكون هدفها تأكيد دور الحضارة المدنية في المقياس الحضري(Moloney,2007,p.2) .

ذكر كولاريفيك وبارلاك اربعة انواع رئيسية للواجهات المتحركة في مجال التظليل المتفاعل مع البيئة وهي: 1- استخدام المحركات الكهربائية. 2- استعمال النظم الهيدروليكية. 3- استعمال النظم المنفوخة. 4- استعمال المواد الذكية Kolarevic) (Parlac,2015.p,71 & **. سيتبنى البحث هذا التقسيم في تصنيف انواع الواجهات المتحركة وبالاعتماد على المواد والية التشغيل في التظليل مع ذكر الامثلة.**

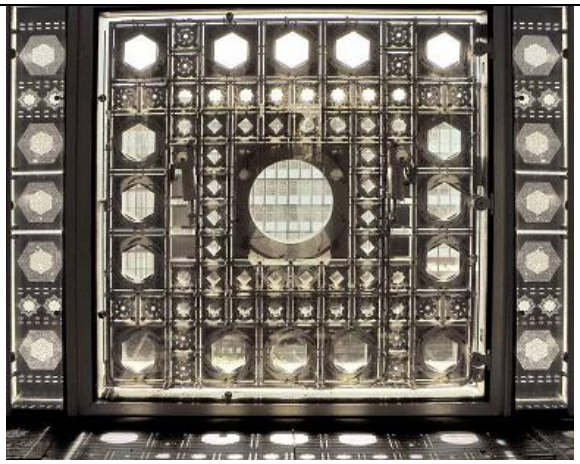
6-1- الواجهات المتحركة الميكانيكية المعتمدة على المحركات الكهربائية: تقوم هذه الانظمة على وسائل ميكانيكية تتطلب استهلاك طاقة لازمة لتشغيلها. ويتكون النظام من شبكة من المكونات القابلة للغلق والفتح أو الامالة او الرفع والخفض او الدوران حسب ميكانيكية التظليل المعتمدة في التشغيل (Ibid,P.71) . وتتصف بكونها بحاجة الى صيانة للمحركات المشغلة للتراكيب المتحركة مما يشكل حاجة الى الصيانة المستمرة. سيقوم البحث بشرح موجز لأنواع الواجهات المتحركة الميكانيكية مع مثال تصميمي لكل منها وتحديد مصدر محاكاة الكائنات الحية واثر المعالجة في مظهر الواجهة والمواد والية التشغيل وكفاءة الاقتصاد بالطاقة كما يقترحها التصميم.

6-1-1- الواجهات المتحركة المبكرة: تميزت تصاميم الواجهات المتحركة المبكرة بوسائل تحكم ميكانيكية وكهربائية في تحريك اجزاء الواجهة (Decker & Zarzycki ,2014,p.182) .

المثال التصميمي: مبنى معهد العالم العربي The Arab World Institute في باريس 1987، مصمم المشروع جين نوفيل Nouvel Jean ، وهو مبنى اداري ومتحف ومكتبة وقاعة، يتكون من 12 طابق، جدول رقم (1)، شكل رقم (1).

المواد والية التشغيل في التظليل: تم اكساء الواجهة الجنوبية بقشرة تتحكم بكمية دخول اشعة الشمس وتحتوي هذه القشرة على شبكة تتوزع فيها عدسات اوتوماتيكية متحسسة للضوء على طول الواجهة للتحكم في دخول الضوء الى الفضاءات الداخلية بغلق وفتح حواجز من الالمنيوم، تم ترتيبها بأنماط تشكيلية هندسية. حيث تتكون من 240 جزء لتغطية الزجاج Zvironaite) (et al.,2015,p.24. ويتم التحكم بهذه التشكيلات عن طريق محرك كهربائي يتم تشغيله كاستجابة لكمية الضوء التي تستلمها العدسات (wikispaces.com). وقد اثبت هذه الحواجز فعاليتها في الحماية الشمسية في حينها، لكنها لم تعد تعمل حاليا بسبب مشاكل ميكانيكية (Kolarevic & Parlac,2015,P.71).

جدول رقم (1) الواجهات المتحركة المبكرة

مصدر محاكاة الكائنات الحية	الية تغيير فتحة البؤبؤ في العين بفعل تغير شدة الضوء	 **شكل رقم(1) معهد العالم العربي في باريس Zvironaite et al.,2015,p.23**
المظهر	مثلت التشكيلات الهندسية للحواجز ميزة تصميمية للواجهة الجنوبية كاستعارة لفكرة المشربية التقليدية	
المواد والية التشغيل	استخدام متحسسات للضوء تتحكم في تشغيل الحواجز المصنوعة من الالمنيوم	
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	تعطل النظام حاليا	

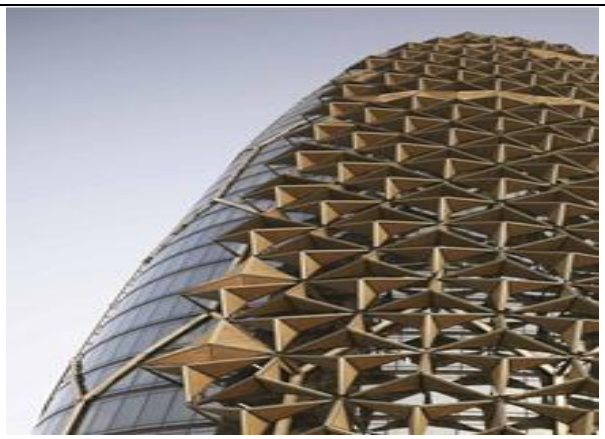
6-**1-2- الواجهات المتحركة المطوية Folding Façade:** وتقوم على فكرة طي وانبساط المكونات المشكلة للتراكيب التي ترتب بشكل شبكة تغطي الواجهة جدول رقم (2)،شكل رقم (2).

المثال التصميمي: مبنى البحار في ابو ظبي 2012، مصمم المشروع The London-Based Firm Aedas، وهو مبنى اداري يتكون من 29 طابق المبنى، يتكون من قسمين، الاول صمم ليكون مقرا لمجلس الاستثمار لأبو ظبي، والثاني ليكون مقرا لبنك الهلال. ونظرا لتميز مدينة ابو ظبي بوقوعها في مناخ صحراوي، حيث معظم ايام السنة مناخها صحو ومشمس، واجه المصمم تحديا رئيسيا مما استدعى ايجاد حلول لمعالجة الكمية الكبيرة من الحرارة الشمسية.

المواد والية التشغيل في التظليل: استخدم في الواجهة نظام تظليل شمسي متقدم وتفاعلي، متكون من تراكيب ذات شكل مثمن تتفاعل مع الشمس لتستجيب بالفتح والانغلاق. تم استلهام فكرة تصميم الواجهة من المشربية التقليدية، وهي هيكل متشابك يستعمل للتظليل في المباني التقليدية. تم تصميم الواجهة لتتكون من 1000 مكون مستقل للتظليل، مسيطر عليه بواسطة نظام ادارة المبنى. ويدار كل مكون بواسطة محرك كهربائي مستقل يتحكم به حاسوب مركزي. وتفتح هذه التراكيب المظللة مرة واحدة يوميا اعتمادا على برنامج تشغيل، كما زودت بمتحسسات اضافية لاتخاذ رد الفعل المناسب في حالة الظروف القاسية (Zvironaite et al.,2015,p.5&7). وتقوم هذه التراكيب بتقليل التوهج وتحسين كمية الضوء النهاري الداخلة لتقليل الاعتماد على الاضاءة الصناعية، وتقليل 50% من الحرارة المكتسبة (http://en.wikipedia.org). يعتمد المصمم في خياراته في انتقاء الواجهة المتحركة هنا على ان تقوم بأكثر من وظيفة معا، فالوظيفة الاساسية هي التنظيم الحراري وتنظيم شدة الضوء علاوة على الوظيفة الجمالية (Sharaidin & Salim,2012,p.619) .

ومن هذه الناحية فان الامر لا يختلف عن العمارة التقليدية فهي ايضا تقوم بوظائف متعددة ولكن الفرق هنا هو توظيف التكنولوجيا للحصول على كفاءة أعلى علاوة على ازاحة الشكل المستلهم من التراكيب التقليدية بمعالجات جديدة هدفها الجدة والتميز.

جدول رقم (2) الواجهات المتحركة المطوية

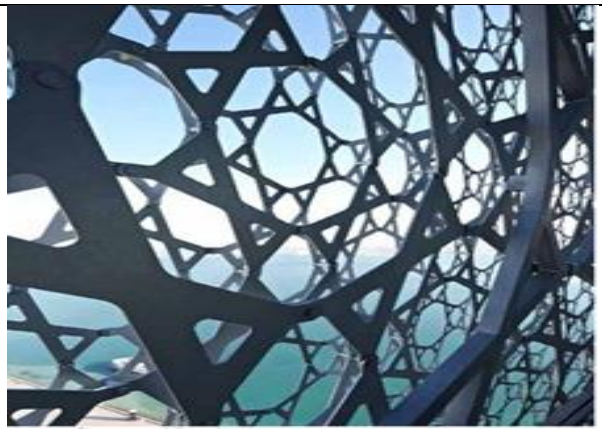
مصدر محاكاة الكائنات الحية	غلق وفتح بعض انواع الورود استجابة للشمس	
المظهر	منح نمط التشكيلات الهندسية الواجهات بعدا ثالثا (عمقا) كاستعارة لفكرة المشربية التقليدية	
المواد والية التشغيل	استخدام متحسسات للضوء تتحكم في تراكيب ذات شكل مثمن تتفاعل مع الشمس لتستجيب بالفتح والانغلاق	
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	تقليل 50% من الحرارة المكتسبة	**شكل رقم(2) مبنى البحار في ابو ظبي (Zvironaite et al,2015,p.5)**

6-1-3- الواجهات المتحركة المكونة من طبقات Layered Façade: وتقوم على فكرة تكونها من عدة طبقات مسؤولة عن تظليل الزجاج جدول رقم (3)،شكل رقم (3).

المثال التصميمي: برج الدوحة في قطر 2012، مصمم المشروع Jean Nouvel. وهو مبنى اداري يتكون من 46 طابق، ويعكس اللغة التصميمية في الطراز الاسلامي النمطي.

المواد والية التشغيل في التظليل: تحاط الجدران الستائرية في الواجهة بأنماط هندسية معقدة مكونة من أربعة طبقات من الحواجز المتحركة المستقلة في حركتها. وتغير الطبقة الخارجية من ترتيبها ضمن الشكل الهندسي تبعا لشدة الضوء التي يتم قياسها بواسطة عدة مئات من المتحسسات المنتشرة في القشرة الخارجية، وتعمل هذه الحواجز المتحركة كنظام حامي من اشعة الشمس ويساعدها في ذلك استعمال الزجاج العاكس المستخدم في الجدران الستائرية (Zvironaite et al.,2015,p.13)

جدول رقم (3) الواجهات المتحركة المكونة من طبقات

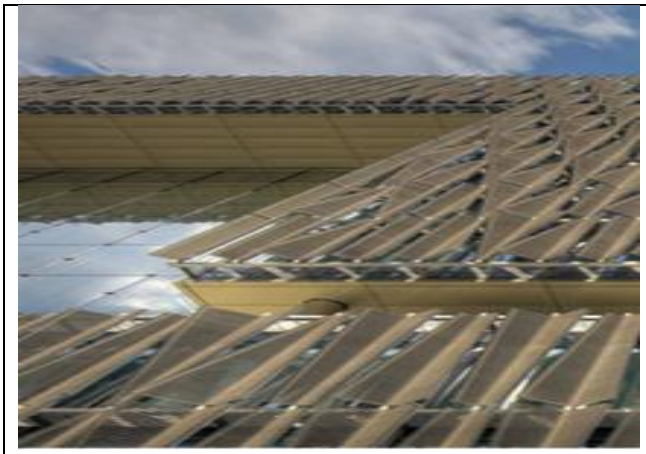
مصدر محاكاة الكائنات الحية	فتح وغلق مسامات سطح نبات الصبار	
المظهر	استعارة فكرة المشربية التلاعب بالإضاءة المبرمجة لإعطاء مظهر يشبه الجواهر ليلا	
المواد والية التشغيل	استخدام متحسسات للضوء تتحكم في تشغيل الحواجز المصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ	
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	تقليل 40% في الواجهة الجنوبية و60% في الغربية	**شكل رقم(3) برج الدوحة في قط (Zvironaite et al,2015,p.14)**

6-1-4- الواجهات المتحركة الملتفة Turning Facades: 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 جدول رقم (4)، شكل رقم (4).

المثال التصميمي: مشروع The Q1 Headquarters في ايسين في ألمانيا 2010، مصمم المشروع Chaix & Morel، وهو مجمع مباني بارتفاع 10طوابق، اكتمل في2010، وحصل المبنى على جائزة هيئة الاستدامة الالمانية DGNB (http://www4.gira.com). تتكون واجهته من نظام تظليل يتعقب مسار الشمس ويشكل ميزة جمالية للواجهة، وهومن الأمثلة التصميمية على الغلاف المتكيف المستوحى من الطبيعة حيث أن مصدر الاستيحاء هو العضلات في جسم الكائن الحي.

المواد والية التشغيل في التظليل: صممت واجهة المبنى الزجاجية الواسعة بحيث تغطى جزئيا، بغلاف مكون من شبكة معدنية تتكون من عناصر قابلة للتحريك من الحديد غير القابل للصدأ والتي توفر الحماية من الشمس، وتفتح وتغلق تلقائيا تبعا لشدة ضوء النهار الخارجي كحاجز للوقاية من الشمس، وتتكون الواجهة من 400000 ريشة معدنية تتحكم بها محركات كهربائية ولها ثلاث اشكال رئيسية وهي: المربع والمستطيل والمثلث، وكلها قابلة للالتفاف والطي من خلال محرك (Zvironaite et al.,2015,p.18&19). صمم النظام لينفتح وينغلق تلقائيا استجابة لكمية الضوء الداخلة الى المبنى، فحين تسقط اشعة الشمس بشدة معينة ينتقل تيار كهربائي عبر الصبغ الفضي المغطى للأجزاء المتحركة مما يؤدي الى تشويها، مما يجعل المبنى وكأنه يسلك سلوك الكائن الحي. وتختلف الريش في درجة دورانها مما يضفي جمالية الى الواجهة التي لا تبدو جامدة أو مملة (http://dab510kelseyhayes.blogspot.com).

جدول رقم (4) الواجهات المتحركة الملتفة

مصدر محاكاة الكائنات الحية	الية انبساط و تمدد العضلات في جسم الكائن الحي.	 **شكل رقم(4) مباني Q1 ألمانيا (Zvironaite et al.,2015,p.18)**
المظهر	منح اختلاف زوايا الريش المعدنية الواجهة منظرا متغيرا	
المواد والية التشغيل	استخدام الريش المعدنية القابلة للدوران	
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	تقليل 25% من الأشعة في الواجهة المظللة	

6-2- الواجهات المتحركة المعتمدة على النظم الهيدروليكية: وتقوم على فكرة كونها انظمة تعتمد في تشغيلها على نظام هيدروليكي مسيطر عليه بالحاسوب (Kolarevic & Parlac,2015,P.79)، جدول رقم (5)، شكل رقم (5).

المثال التصميمي: مثال تصميمي Council House في مدينة ملبورن في استراليا 2006، مصمم المشروع .Design Inc بالتعاون مع المجلس الاستشاري لمدينة ملبورن: وهو مبنى اداري بارتفاع 10 طوابق صممت الواجهة المتحركة لتخدم فكرة الاستدامة في المبنى.

المواد والية التشغيل في التظليل: زود المبنى بواجهة متحركة مكونة من طبقتين الخارجية منها تتكون 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 (Ibid,P.79)، وتعتمد الشرائح في حركتها على متحسسات من خلايا كهروضوئية منتشرة في الشبكة. تم استعمال اكثر من وسيلة لتحقيق الاستدامة وهي توفير امكانية التهوية الطبيعية وتقنيات التظليل والحفاظ على الطاقة من خلال استعمال الاضاءة الطبيعية واستحصال الطاقة واستعمال الواجهة الخضراء (Drake,2007,p.8). ساهمت الحلول المستدامة في تقليل 85% من استهلاك الكهرباء في المبنى. وتقوم انظمة الغلق بالانغلاق اوتوماتيكيا بتظليل 95% من الواجهة الغربية وتنفتح ليلا لتوفير التهوية (wikispaces.com). 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 هذه المحاكاة من خلال استخدام استراتيجيات مشابهة واستعمال ممرات تهوية عمودية واستخدام الكتلة الحرارية والمواد المتغيرة الصفات واستعمال الماء للتبريد (https://en.wikipedia.org).

جدول رقم (5) الواجهات المتحركة باستخدام النظم الهيدروليكية

مصدر محاكاة الكائنات الحية	حركة الالتفاف في الاوراق النباتية استجابة لضوء الشمس	
المظهر	التغيير في الواجهة بسبب غلق وفتح الشرائح الخشبية بالدوران	
المواد والية التشغيل	شبكة من الشرائح العمودية قابلة للسد والفتح من الخشب تعمل وفقا لموجهات متحركة بالاعتماد على نظام هيدروليكي	
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	تظليل 95% من الواجهة الغربية	

شكل رقم (5) مبنى CH2 (wikispaces.com)

3-6: الواجهات المتحركة التي تستخدم فيها المواد الذكية: تستخدم المواد الذكية التي تغير صفاتها كاستجابة للتغيير في الظروف المناخية والتي تعمل بالمقياس الميكروي أو النانوي، و قد صممت هذه المواد لتحسس الضوء او تغير درجات الحرارة او التركيب الكيميائي او التغير في المجال المغناطيسي، ثم تستجيب لهذه التغييرات حسب طبيعة المادة ليكون تغيرا في الحجم او الشكل او السيولة او انبعاثا ضوئيا او اللون او سريانا في التيار الكهربائي، وبالتالي لا تحتاج الى وسائل ميكانيكية لتحقيق هذه التغييرات(Decker& Zarzycki,2014,p.182). وتصمم الواجهات المتحركة التي تستخدم فيها المواد الذكية كنظام التظليل المتكيف الذكي ليكون جزء متكاملا مع المبنى. وتتكون مكوناته من المواد والمتحسسات والمشغلات

واسلاك التوصيل، وهي متكاملة مع نظام ادارة المبنى. هنا تبرز الى السطح مصطلحات مثل الذكاء Smart، والاستجابة Responsive، والتكيف Adaptive (Dewidar et al.,2013 p.2).

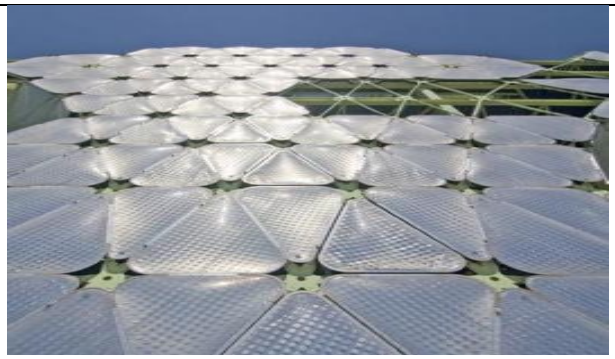
تظهر لنا مقارنة الواجهات المتحركة الميكانيكية بالأخرى التي تستخدم فيها المواد الذكية كون الاولى تحتاج الى طاقة لازمة لتحريك النظام، علاوة على امكانية تعرضها للوقف عن العمل بسبب تعرضها للظروف الجوية، اما الثانية فان المواد هي بنفسها تقوم بوظيفتي التحسس والاستجابة الحركية مما يقلل صرف الطاقة. سيكتفي بشرح نوعين من الانظمة فحسب نظرا للتنوع الكبير في هذا المجال والتي لا يتسع لها البحث.

6-3-1- الواجهات المتحركة المعتمدة على النظم المنفوخة: ويقوم على فكرة وجود شبكة من الوسائد القابلة للنفخ بالاعتماد على الية ذاتية للمواد في الانتفاخ او عدمه. اذ تشهد الفترة المؤخرة زيادة في استعمال هذا النوع بأنماط شكلية متعددة ويتكون النظام من عدة طبقات من مادة ETFE (Kolarevic & Parlac,2015,p.71).

المثال التصميمي: مبنى Media – TIC في برشلونة 2011 مصمم المشروع Cloud 9 Architects.

المواد والية التشغيل في التظليل: تتكون الواجهة من شبكة من الوسائد من مادة ETFE ، وتتكون هذه الوسائد من ثلاث طبقات تكون الاولى شفافة اما الباقيتان فمنظمة بتشكيلات هندسية متعاكسة بحيث تخلق الظل في حالة انتفاخها. واستخدم في الواجهة الغربية غاز النتروجين المخلوط بقطرات الزيت، وفي فترة ما بعد الظهر تنتفخ هذه الوسائد لتقلل 90% من الاشعة الشمسية (Ibid,p.78).

جدول رقم (6) الواجهات المتحركة التي تستخدم فيها المواد الذكية باستخدام النظم المنفوخة

مصدر محاكاة الكائنات الحية	الية الغلق والفتح المعتمدة على الانتفاخ في النبات	 **شكل رقم (6) مبنى Media – TIC (Kolarevic & Parlac ,2015,p.71)**
المظهر	التغيير في الواجهة بسبب تفاعل مكوناتها مع شدة الضوء مما يعطي مظهرا متغيرا	
المواد والية التشغيل	شبكة من الوسائد من مادة ETFE تخلق الظل في حالة انتفاخها	
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	تقليل 95% من الأشعة الداخلة عبر الواجهة	

6-3-2- نظام العضلات الاصطناعية Homeostatic: ويقوم على فكرة محاكاة التنظيم الطبيعي وطريقة عمل العضلات في الأنظمة البيولوجية، وهي الأنظمة التي تنظم بيئاتها الداخلية وتميل الى الحصول على الاستقرار الحراري، حيث تتغير اجزاء النظام استجابة للتغير في الضوء ودرجة الحرارة في البيئة الخارجية (http://conservationmagazine.org). تعتبر الية عمل العضلات في الكائن الحي معقدة ومحاكاتها تتطلب مواد ذات خصائص ميكانيكية تقوم بالفعالية نفسها اذ تتشوه

عند مرور شحنة كهربائية خلالها، وهناك بعض من المواد استخدم لذلك مثل المعادن المتذكرة لشكلهاSMA والسيراميك والبوليمرات الفعالة كهربائيا EAP والمشغلات بالمقياس المايكروي والنانوي (Ayre,2004,p.15).

المثال التصميمي: مبنى LLC في مدينة نيويورك 2006 مصمم المشروع Decker Yeadon.

المواد والية التشغيل في التظليل: 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 (Decker & Zarzycki ,2014,p.182)، تستجيب القشرة المكونة من شرائح المستقلة الى التغييرات البيئية في المقياس الصغير، اذ تتكون من الأضلاع القابلة للدوران من مواد مطاطية شبيهة بالبوليمر Elastomer، 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. وهي ملتفة حول محور مرن من البوليمر مكونة أدوات تشغيل Actuators (أو ما يسمى بالعضلات الاصطناعية لنقل الطاقة وتحويلها الى جهد ميكانيكي). حيث تغطى بطبقة فضية رقيقة تقوم بتوزيع الشحنة الكهربائية على سطحها وتتسبب في تشويها عند تحفيزها ومرور تيار كهربائي، وعندما تتسبب أشعة الشمس في تسخين الواجهة في النهار فان سطوح هذه الاضلاع تتمدد لخلق الظل في المبنى، ويحدث العكس حين تنخفض درجات الحراة، فان هذه الشرائح تتقلص لتسمح بمرور أكبر كمية من الضوء، وتتفوق في ذلك على الواقيات التقليدية لأنها تتسبب في تقليل الطاقة اللازمة لتكييف المبنى علاوة على دقتها (http://conservationmagazine.org).

جدول رقم (7) الواجهات المتحركة التي تستخدم فيها المواد الذكية باستخدام نظام العضلات الاصطناعية

مصدر محاكاة الكائنات الحية	استجابة عضلات الكائنات الحية حركيا بفعل الحافز العصبي
المظهر	يتسبب التغيير والتفاعل مع شدة الضوء لمكونات الواجهة خصوصية في مظهرها
المواد والية التشغيل	شبكة من الأضلاع القابلة للدوران من مواد مطاطية شبيهة بالبوليمر متذكرة للشكل
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	تقليل 40% من الأشعة الداخلة عبر الواجهة

شكل رقم (7) مبنى LLC

http://conservationmagazine.org

6-3-3- نظام الشبكة المتوهجة Flare: ويقوم على فكرة تكونه من وحدات متكررة، ومصمم لكي يخلق واجهات ديناميكية تعمل مثل الجلد الطبيعي في تفاعلها مع البيئة. يتكون النظام من مجموعة من الرقاقات المعدنية القابلة لأن تميل بزاوية معينة، ومسيطر عليها بواسطة اسطوانات قابلة للانتفاخ، ويتم ادارته بواسطة الحاسوب ويمكن ان يطبق على أي سطح ، حيث يستلم النظام المعلومات البيئية بواسطة نظام من المتحسسات، ويناسب السطوح المتنوعة سواء كانت المستوية، المنحنية

او مزدوجة الانحناء، ومن عيوبه انه غير مصمم لتغطية الزجاج لان رقائه غير شفافة. ويمكن اضافة الخلايا الشمسية للنظام (wikispaces.com). وقد يكون هذا النظام مميزا للواجهات او مصدر ازعاج اعتمادا على موضع تطبيقه.

المثال التصميمي: مبنى Flare في برلين 2008، مصمم المشروع Staab Architects

المواد والية التشغيل في التظليل: يغطى نظام الشبكة المتوهجة اكثر من نصف مساحة الواجهة في هذا المبنى. ويتكون النظام من شبكة من رقائق مفردة معدنية يتحكم بها الحاسوب، وتوضع المتحسسات في داخل وخارج المبنى، وتتحسس الحركة في واجهة المبنى، فحين تكون هذه الرقائق متجهة نحو الاسفل، فإنها تصبح داكنة، والعكس صحيح فحين تتجه نحو الاعلى، فإنها تصبح لامعة. لا يهتم النظام بالظروف البيئية بقدر كونه اداة عرض جمالية تفاعلية للتغير البيئي (wikispaces.com).

جدول رقم (8) الواجهات المتحركة التي تستخدم فيها المواد الذكية باستخدام نظام الشبكة المتوهجة

مصدر محاكاة الكائنات الحية	استجابة الجلد الطبيعي للتغيرات في درجة الحرارة
المظهر	عكس صورة السماء او اشعة الشمس لإضفاء اللمسة الجمالية
المواد والية التشغيل	شبكة من الرقائق المعدنية قابلة لان تميل بزاوية معينة ومسيطر عليها بواسطة اسطوانات قابلة للانتفاخ
كفاءة الاقتصاد بالطاقة	الواجهة وسيلة عرض للتغير التفاعلي وليست معالجة بيئية

شكل رقم (8) مبنى في برلين (wikispaces.com)

7 – الاستنتاجات:

- يمثل تظليل الواجهة حلا تقليديا يهدف الى تقليل الحمل الحراري في المبنى. وتوفير الحماية الشمسية في الواجهات تعاملت معه العمارة التقليدية من خلال توظيف العناصر الثابتة للتظليل، والتي انتقلت بفعل تطور التكنولوجيا المعاصرة الى استخدام العناصر المتحركة اما بوسائل ميكانيكية او اعتمادا على المواد وقدرتها الذاتية على التحسس والاستجابة وبالاستفادة من التطورات في التكنولوجيا الأحيائية وما تم انجازه في تطوير النظم والمواد الجديدة التي تعمل على تظليل المبنى بتفاعلية واستجابة لتغير البيئة الخارجية وبما يتطابق مع التوجه نحو محاكاة الفعاليات الاحيائية للتعلم من وسائل استجاباتها لمتغيرات البيئة الطبيعة والاستخدام الكفوء للطاقة.
- تمثلت الانواع الرئيسية للتكنولوجيا المستخدمة في تظليل الواجهات المتحركة بنوعين: الاول وهو الواجهات المتحركة بوسائل ميكانيكية والثاني الواجهات المعتمدة على خصائص المواد ذاتها. وبالرغم من ان كلا النوعين يهدف الى تحقيق ادائية المبنى الحرارية المقتصد في الطاقة، الا ان الواجهات المتحركة بوسائل ميكانيكية تتطلب حماية من الظروف البيئية اضافة الى احتياجها الى طاقة للتشغيل. اما الواجهات المعتمدة على خصائص المواد فهي تستجيب ذاتيا ولا تحتاج الى صرف طاقة تشغيلية للتحريك.

- يسبب استخدام الواجهات المتحركة اضفاء جمالية خاصة علاوة على الوظيفة البيئية في الواجهات معتمدة على التغير في البيئة الخارجية لتكون ذات مظهر فعال بشكل مختلف عن الواجهات التقليدية التي يقتصر التغيير فيها على تغير موقع الناظر أو تغيير الظل تبعا لحركة الشمس واتجاهها .
- يتطلب القرار التصميمي فيما يخص تصميم الواجهات المتحركة لغرض تحسين الأداء الحراري للمبنى من خلال التظليل الاخذ بنظر الاعتبار المؤشرات التالية:
  - أهمية استخدام التكنولوجيا والمواد المناسبة والمرتبط بخصوصية المناخ الذي يشيد في المبنى مع الاخذ بنظر الاعتبار عدم التعارض مع النظم المستعملة في المبنى ككل.
  - أهمية اختيار النظم التي نخدم فكرة تعددية الوظائف كأن تكون لها منافع متوازية انشائية وجمالية وبيئية.
  - أهمية تحقيق توازن الناحية الاقتصادية ما بين الاقتصاد في الطاقة بسبب التظليل وتكاليف الانشاء والصيانة للنظام المستعمل، وبما يتناسب مع التفضيلات الجمالية للمصمم والزبون.

- المصادر:

- Addington, M. & Schodek, D., 2004, "Smart Materials and Technologies, For the Architecture and Design Professions", Oxford, United Kingdom.
- Al Ahmar, Salma & Fioravanti, Antonio, 2014, "How Plants Regulate Heat, Biomimetic Inspirations for Building Skins", F. Madeo and M. A. Schnabel (eds.), Architectural Research through to Practice: 48th International Conference of the Architectural Science Association, The Architectural Science Association & Genova University Press.
- Alawad, Abeer A., 2014, "What approach can we develop to improve creativity in design?", Life Science Journal 2014;11(6), Retrieved from http://www.lifesciencesite.com
- Antonescu, Carmen,(2010),"Nanotechnology And Nanobiomimcry", Retrieved fromhttp://www.cbid.gatech.edu/univ_labs.html
- Ayre, Mark, , 2004, "Biomimicry - A review", European Space Agency, Retrieved from https://www.esa.int/gsp/ACT/doc/BIO/ACT-RPT-BIO-GSP-BiomimeticsSpaceSystemDesign%20-%20TechnicalNote2b%20-%20Biomimicry-AReview.pdf
- Benyus, J., 2004, "Biomimicry. Pop! Tech Lecture Series", Camden, Maine, 2004, Retrieved from http://poptech.org/popcasts/janine_benyus__poptech_2004
- Decker, Martina & Zarzycki, Andrzej, 2014, "Designing Resilient Buildings with Emergent Materials", New Jersey Institute of Technology. Retrieved from http://cumincad.scix.net/data/works/att/ecaade2014_155.content.pdf
- Dewidar, K.M.; Mohamed, N.M. & Ashour, Y.S., 2013, "Living Skins: A New Concept of Self Active Building Envelope Regulating Systems", Retrieved fromhttps://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26849.pdf
- Drake, Scott, 2007, "Workplace Environment: People, the built environment technology, and processes" , faculty of Engineering Building and Planning.
- Erickson, James, 2013, "Evaluating adaptive building envelope's capacity to moderate indoor climate and energy", Phd. thesis, Arizona State Univesrsity.

- GhaffarianHoseini, AmirHosein; Berardi, Umberto; GhaffarianHoseini, Ali and Makaremi, Nastaran, 2012, "Intelligent Facades in Low-Energy Buildings", British Journal of Environment & Climate Change, 2012, 2(4): 437-464.
- Knaak, Ulrich ; Klein, Tillmann & Bilow , Marcel, 2008, "Facades", Delft Unv., Rotterdam.
- Kolarevic, Branko & Parlac, Vera, 2015, "Building Dynamics: Exploring Architecture of Change", Routledge, Francic and Taylor Group, U.S.A.
- Mazzoleni, Liaria, 2013,"Architecture Follows Nature, Biomimetic, Principles For Innovative Design", CRC Press Taylor $ Francis Group, New York, USA.
- Michael, F.& Miles K., 2009, "Interactive Architecture", Princeton Architectural Press, New York USA.
- Moleney, Jules, 2007, "Building Skins As Kinetic Process: Some Precedent From The Fine Arts" Retrieved from http://epress.lib.uts.edu.au/conferences/index.php/AASA/2007/paper/viewFile/21/27
- Palmer, Fleur, 2009, "Using Emergent Technologies To Develop Sustainable Architectural Composites", Master Thesis, Auckland University of Technology.
- Pourjafar, M. R.; Mahmoudinejad, H.& Ahadian, 2011,"Design with Nature in Bio Architecture Whit emphasis on the Hidden Rules of", International Journal of Applied Science and Technology,(Vol. 1 No.4).
- Sharaidin, Kamil & Salim, Flora, 2012, "Design Considerations for Adopting Kinetic Facades in Building Practice", Retrieved from http://cumincad.scix.net/data/works/att/ecaade2012_274.contentpdf
- Tzempelikos, A.; Athienitis, A.K. and Karava, P., 2007, "Simulation of Facade and Envelope Design", Options for a New Institutional Building", Solar Energy.
- Zari, Maibritt Pedersen, 2007,"Biomimitic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability", SB07 Sustainable Building New Zealand conference, New Zealand Retrieved from http://www.cmnzl.co.nz/assets/sm/2256/61/033-PEDERSENZARI.pdf
- Zvironaite, Kotryna; Knol, Alois & Kneepens, Steven, ,2015,"Kinetica , a Playful Way Through the World of Moving Façade" Retrieved from https://www.google.iq/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjlmv2W6LDKAhXhl3IKHVqVCAkQFggcMAA&url
- https://en.wikipedia.org/wiki/Council_House_2
- http://www4.gira.com/en/schalterprogramme/e2.html?p2r=9
- wikispaces.com/file/view/ROMERO_11-0920bibliography.pdf http://arch523
- http://dab510kelseyhayes.blogspot.com/2012/06/facade-systems.html
- http://www.yeadonspaceagency.com/tag/biomimicry/page/2
- http://conservationmagazine.org/2013/03/homeostatic-building-facade