

دور الأنظمة الذكية المتحركة بالواجهات في التصميم للمنشآت العامة بمصر

The role of intelligent kinetic systems in external facades in sustainable interior design and environmental control systems for public facilities in Egypt

أ.د/ نها فخرى عبد السلام إبراهيم

رئيس قسم التصميم الداخلي والأثاث المعهد العالي للفنون التطبيقية-التجمع الخامس

Prof. Noha Fakhry Abd-elsalam Ibrahim

Head of Interior design and Furniture Dept - Higher institute of Applied arts- 5th district

rovalscale2021@gmail.com

م.د/ رضوه فتحي فواز قاسم

مدرس بقسم الديكور والعمارة الداخلية المعهد العالي للفنون التطبيقية 6 أكتوبر

Dr. Radwa Fathy Fawaz Kassem

Lecturer of - Decoration and Interior Architecture Dept - Higher institute of Applied arts - 6 october

Dr.r.fawaz@gmail.com

الملخص:

تتميز المنشآت الذكية ذات الواجهات الخارجية المتحركة بحركتها نتيجة للمزج بين الميكانيكية الحركية والتقنية المتطورة بهدف الاستجابة للظروف البيئية ودعم التصميم الداخلي للمنشآت بما يضمن توفير أنظمة تحكم بيئية داخلية مريحة للمستخدم بما يحقق أداء مهام لا توفرها الأنظمة الثابتة للمنشآت. وتكمن مشكلة البحث في اعتماد التصميم الداخلي للمنشآت العامة في مصر على المعالجات البيئية الصناعية نتيجة لعدم استخدام الواجهات الخارجية المتحركة للمباني الذكية التي تحقق توفير نظم التحكم البيئي الطبيعي. ويهدف البحث الاستفادة من تطبيقات الأنظمة الحركية الذكية بالواجهات الخارجية للمنشآت لتعزيز التحكم البيئي بالحيز الداخلي.. وترجع أهمية البحث إلى عرض للتأثير الإيجابي لتصميم واجهات خارجية متحركة ذكية في تحقيق التصميم الداخلي المستدام لبيئة داخلية مريحة نتيجة لتحقيق أنظمة تحكم بيئي مناسبة للمستخدم. وأنت فروض البحث كمايلي: للأنظمة الحركية في الواجهات الخارجية الذكية عدة أهداف كما أن لحركة تلك الواجهات أنواع وتصنيف لهياكلها الحركية وتصنيف لحركة الأنظمة وطرق كما أن لتلك الأنظمة دور في توفير التصميم الداخلي المستدام لنظم التحكم البيئي. وقدم البحث مجموعة محاور هي أهداف الأنظمة الحركية وأنواع الحركة للواجهات الخارجية الذكية وتصنيف الهياكل الحركية لها ودور الأنظمة في توفير التصميم الداخلي المستدام لنظم التحكم البيئي الحراري الشمسي و ضوء النهار و التهوية والقدرة علي توليد الطاقة ثم أساليب التحكم بها وطرق التشغيل. واتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي و انحصرت حدود البحث في الأنظمة الذكية المتحركة ونظم التحكم البيئي بالتصميم الداخلي.

الكلمات المفتاحية:

الأنظمة الذكية بالواجهات الخارجية المتحركة، التصميم الداخلي المستدام ، نظم التحكم البيئي.

Astract:

Smart buildings with kinetic external facades are characterized by their movement as a result of the combination of kinetic mechanics and advanced technology with the aim of responding to environmental conditions and supporting the interior design of the facilities in a way that ensures the provision of comfortable internal environmental control systems for the user. The research problem lies in the reliance of the interior design of public buildings in Egypt on industrial environmental treatments due to the lack of use of kinetic external facades for smart buildings, which achieve the provision of natural environmental control systems. The research aims to present the objectives of kinetic systems in external facades and highlight the role of smart kinetic systems in the external facades of buildings in providing a successful sustainable interior design for environmental control systems. The research importance lies in presenting the positive impact of designing smart kinetic external facades in achieving a sustainable interior design for a comfortable internal environment as a result of achieving appropriate environmental control systems for the user. The research assumes the following: kinetic systems in smart facades have several objectives. Furthermore, the movement of these facades has types and classifications for their kinetic structures, a classification for systems movement and their operation methods according to their movement. These systems play a role in providing sustainable interior design for environmental control systems. The research presents a set of key topics, which are: the objectives of kinetic systems; the types of movement for smart facades; the classification of their kinetic structures; the role of these systems in providing sustainable interior design for environmental control systems related to solar heat, daylight, ventilation, and the ability to generate energy. It also covers their control methods and operation techniques. The research follows a descriptive-analytical methodology and is limited to kinetic systems and environmental control systems in interior design.

Keywords:

Smart Systems in Movable External Facades. Sustainable Interior Design, Environmental Control Systems.

مقدمة :

تعد الواجهات الخارجية الذكية المتحركة للمباني نوع من المباني المتميزة بحركتها ، حيث تجمع بين الميكانيكية الحركية والتقنية المتطورة في أن واحد، فقد عبرت هذه الأنظمة عن أثر التغير الفكري الناتج عن عصر التكنولوجيا .فبعد أن كانت العمارة موضعاً للثبات والاستقرار الشكلي أصبحت متحركة ومتغيرة الشكل، وأصبح من السهل أن يتحرك المبنى بأكمله أو جزء منه حول محور دوران أو أكثر. وتكمن مشكلة البحث فيما يلي:

مشكلة البحث:

اغفال دور تطبيقات الأنظمة الذكية المتحركة بالواجهات الخارجية للمنشآت العامة في مصر وتأثيره السلبي على نظم التحكم البيئي بالحيزات الداخلية.

هدف البحث:

الاستفادة من تطبيقات الأنظمة الحركية الذكية بالواجهات الخارجية للمنشآت العامة في مصر لتعزيز التحكم البيئي بالحيزات الداخلية.

أهمية البحث:

رصد التأثيرات الإيجابية والسلبية وأهداف تطبيقات الأنظمة المتحركة الذكية بالواجهات الخارجية للمنشآت العامة بمصر ودورها في تعزيز نظم التحكم البيئي داخليا وخارجيا.

فروض البحث:

يفترض البحث أن استخدام تطبيقات الأنظمة الذكية الحركية في الاغلفة الخارجية للواجهات يعزز من نظم التحكم البيئي بالحيزات الداخلية ويقلل من سلبيات الاثار علي البيئة الداخلية للمباني.

محاور البحث:

- 1- دراسة لأهداف الأنظمة الحركية
- 2- أنواع الحركة - والوظائف الأساسية للأنظمة الحركية ودورها في التصميم الداخلي المستدام لنظم التحكم البيئي.
- 3- تصنيف أساليب الحركة للأنظمة الحركية وطرق تشغيل الأنظمة الحركية للواجهات الخارجية الذكية تبعاً لطرق حركتها وتشغيله
- 4- العناصر المناخية المؤثرة بالأنظمة الحركية لغللاف المبني
- 5- أهمية الخامات والتقنيات الذكية للبناء والتصميم الداخلي في مواجهة تحديات العصر

مناهج البحث:

اتباع البحث المنهج الوصفي التحليلي

حدود البحث:

انحصرت حدود البحث في تطبيقات الأنظمة الذكية المتحركة ونظم التحكم البيئي في التصميم الداخلي.

المقدمة :

عُرفت العمارة الحركية معماريا على أنها: المباني ذات العناصر المتغيرة الموقع أو الشكل الهندسي، معتمدة في ذلك على أنظمة ميكانيكية، والواجهات المتحركة Kinetic Facade هي واجهات مستجيبة لبيئتها. حيث ترجع كلمة Kinetic في اليونانية إلى Kinesis والتي تشير إلى حركة واستجابة الكائن الحي لأحد أنواع العوامل المحفزة، مما يعنى التكيف مع البيئة وتغيراتها، كحركة النباتات والتي تنشأ عن التأثير بالعوامل الخارجية كالضوء، حيث تنمو بعض النباتات في اتجاه مصدر الضوء وتتحرك مستجيبة له

ومن هنا يمكن توصيف الأنظمة الحركية على أنها أنظمة ميكانيكية تستخدم في تصميم المباني لتكون قادرة على تحريك أجزاء من المبنى دون التأثير على سلامة الهيكل ككل

بغرض الاستجابة للظروف البيئية، أو تعزيز الصفات الجمالية للمبنى، أو أداء مهام أخرى غير متاحة بالأنظمة الثابتة للمباني¹.

كما تُحقق تكامل تقني جمالي، بسبب التغير الشكلي. إذ يؤدي هذا التغير إلى تسلم قراءات صورية مختلفة تساعد على تفاعل المتلقي أو المستخدم مع هذه الأبنية مما يؤثر بصورة جديدة على المجتمع لأنها تقدم نظرة مختلفة عن العمارة².

1- أهداف الأنظمة الحركية

تُستخدم هذه الأنظمة ذات الأنظمة الحركية وفقاً لثلاثة أهداف أساسية تشمل ما يلي:

1/1- الجانب الوظيفي للحركة :

أن يُوصل التصميم الرسالة والغرض المصمم من أجله، ليلبي الحاجة العملية للمستخدمين.

- تحقيق الراحة الحرارية داخل المبنى.
- توفير التهوية بالمرور لداخلي المبنى.
- توفير الراحة الصوتية.
- تحقيق رطوبة نسبية مناسبة داخل المبنى.
- الحماية من الرياح والعواصف.
- تحقيق الاظلال.
- توفير الراحة البصرية.

2/1- الجانب التعبيري و الجمالي :

أن يكون المبنى ذو الغلاف المتحرك من الأعمال التي تجذب الانتباه من خلال:

- حركته وتغير شكله
- يؤدي دوره التعبيري في تنظيم عناصره بحسب حركة كل عنصر

3/1- الجانب الميكانيكي للحركة :

يشترك الجانب الميكانيكي للحركة من

- حركة الطبيعية للكائنات الحية كالنبات والحيوان
- ابتكارات المصمم
- قريباً من الواقع المشتق منه
- مجردا

2- أنواع الحركة بالمباني:

- تحرك هيكل المبنى كليا
- تحرك الاسقف
- تحرك كل طابق على حدي متأثراً بالشمس او الرياح
- الحركة بالإضاءة
- تحرك غلاف المبنى
- تحرك الفتحات

. كما يوضح الشكل (1).



شكل (1) نماذج لأنواع الحركة بالمباني

3- أنواع الهياكل الحركية بالواجهات الخارجية الذكية للمباني Kinetic System

تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية شكل (2)، و تشمل:



شكل (2) أنواع الهياكل الحركية الرئيسية المدمجة والمتحركة والديناميكية

1/3- الهياكل الحركية المدمجة Embedded Kinetic Structure

هي أنظمة موجودة داخل مجموعة معمارية أكبر في موقع ثابت، ومهمتها الرئيسية العمل علي تعديل النظام المعماري الأكبر في رد فعل كاستجابة للعوامل البيئية المتغيرة.

ومن أهم أمثلة تلك المباني ذات الهياكل الحركية المدمجة مبنى (Kiefer Technic) بأستراليا، فقد تم تصميم واجهته بالكامل كهيكل حركي يحتوي علي محركات طولية تعمل علي التحكم في حركة ألواح الألمونيوم المثقبة المكونة للواجهة، والتي بدورها تعمل علي تغيير شكلها أوتوماتيكيا، طبقا لتغير شدة الإشعاع الشمسي؛ لتوفير كمية إضاءة طبيعية Daylight مناسبة في الفراغ الداخلي وحماية المبنى من أشعة الشمس، شكل (3).³

فقد قدم هذا المبني مفهوم جديد بين للخصوصية والشفافية، حيث تتغير أجزاء من الواجهة كل ثانية بحسب رغبة المستخدمين بحيث تتحول الواجهة لتحفة نحتية متفاعلة ديناميكية بالتحكم اليدوي والالكتروني في نفس الوقت، كما يمكن التحكم في الرطوبة بالمحاذاة بالتحكم في الحرارة. فاستخدام الجص الابيض في الواجهة EIFS حيث تحقق الاظلال بحجب اشعة الشمس، ونجد ان الواجهة الديناميكية وفرت 86.3% في اكتساب الحرارة ، و 49.6% لطاقة التبريد. الي جانب توفير الإضاءة الطبيعية، والتهوية.



شكل (3) الوضعيات الحركية المختلفة لواجهة مبنى شركة Kiefer technic باستراليا

2/3-الهيكل الحركية المتحركة. Deployable Kinetic Structures.

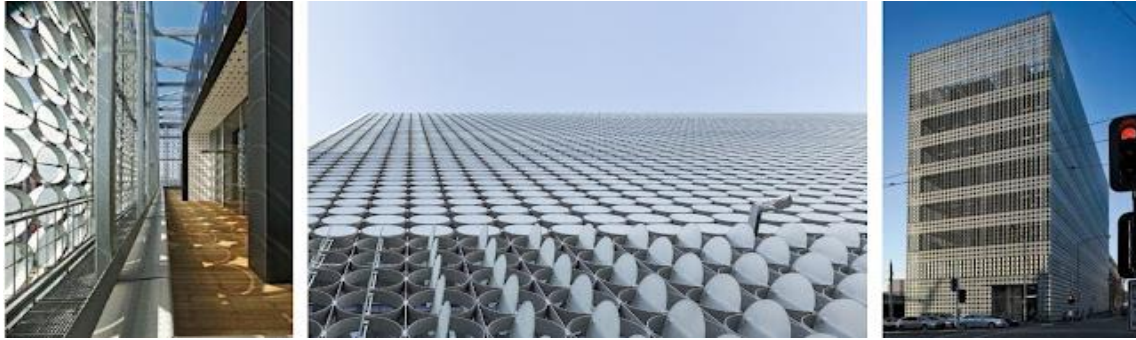
حيث توضع الهياكل في موقع مؤقت، وتكون قابلة للأنشاء او التفكيك او للنقل بسهولة. أو تحويل شكلها من الشكل المضغوط أو المدمج إلى شكل أكبر حجما، ويوضح شكل (4) نموذج معهد "Chuck Hoberman" شاك هوبرمان للبناء بمركز العلوم بلوس انجلوس امريكا كمثال للهياكل المتحركة، في شكلها وحجمها تدريجيا نتيجة وجود وصلات أشبه بالمقص تمكنها من التحول.



شكل (4) نموذج Chuck Hoberman " كمثال للهياكل المتحركة

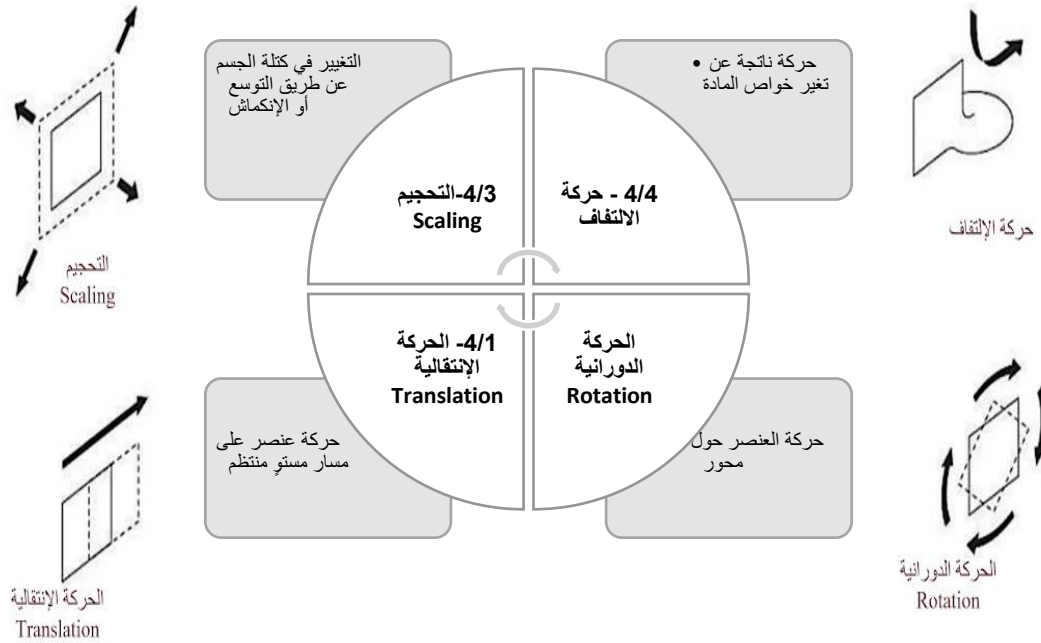
3/3-الهيكل الحركية الديناميكية. Dynamic Kinetic Structures.

هي أنظمة تعمل بشكل مستقل ، حيث تتواجد ضمن مجموعة معمارية كبيرة ، وقد تشمل كاسرات شمسية وأنظمة التظليل والفتحات والأسقف أو الحوائط. ومن أمثلة المباني ذات الهياكل الحركية الديناميكية مبنى Design Hub بالمعهد الملكي للتكنولوجيا RMIT. بميلبورن بأستراليا. فنجد ان هذا المبني قد صمم بغلاف من طبقتين، الطبقة الخارجية تتكون من ما يقرب من 16250 قرص من الزجاج الشفاف المتكرر على 4 مستويات بالمبنى المكون من 8 طوابق . وتقوم مجموعة من تلك الأقراص بالحركة طبقا لحركة الشمس على محور عمودي في ثلاث اتجاهات وحول محور أفقي بالواجهة الرابعة لتقليل الحرارة المكتسبة من الشمس على مدار اليوم. شكل (5) 4



شكل (5) هياكل الحركة المتفاعلة مع الشمس بغلاف مبنى Design Hub باستراليا

4- طرق تشغيل الأنظمة الحركية للواجهات الخارجية الذكية تبعاً لطرق حركتها وتشغيله⁵
تنقسم الأنظمة الحركية تبعاً لطرق حركتها وتشغيلها إلى أربعة حركات مكانية Transformation شكل (6)
وتشمل:



شكل (6) أنواع الأنظمة الحركية تبعاً لطرق تشغيلها

5- تصنيف أساليب الحركة للأنظمة الحركية:6
إلى أنظمة دورانية Rotation و أنظمة منزلقة Sliding وأنظمة منطوية Folding وأنظمة تعتمد على خواص المادة Material. وفيما يلي سنتناول هذه الأنظمة من خلال أمثلة لمباني طبقت فيها الأنظمة. .

5-1- الأنظمة ذات الحركة الدورانية Rotation Systems: 7

ونجد ان الحركة تكون في الغالب حول محور واحد وتحدث الحركة الدورانية لعنصر ما وهو ثابت في موضعه، وقد تكون على هيئة دوران Swivel أو ررفة Flap، وقد يقع محور الحركة الذي يدور حوله العنصر خارج العنصر أو داخله. ويوضح المثال التالي بشكل (7)، (8) مبنى جامعة جنوب الدنمارك كمثال لأغلفة المباني التي تعتمد على الأنظمة الحركية الدورانية لتطبيق مبادئ العمارة الخضراء من خلال تحقيق الكفاءة في استهلاك الطاقة وتوفير الراحة الحرارية للمستخدمين داخل الفراغ بتوفير الإضاءة الطبيعية مع توافر عنصر الرؤية⁸.

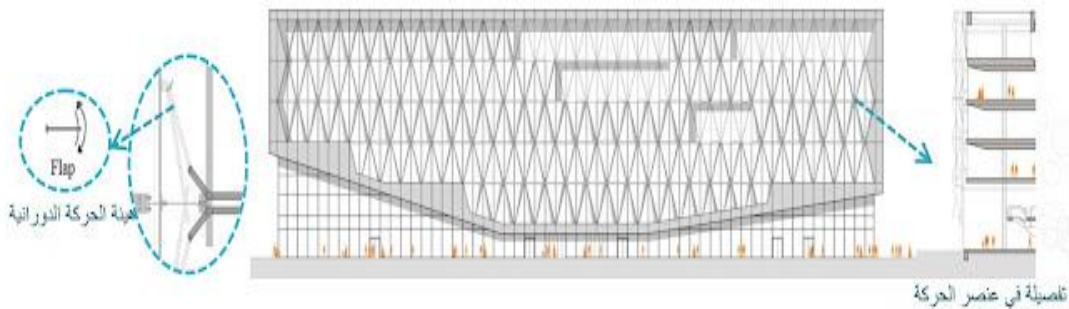


شكل (7) نظام الحركة الدورانية بغلاف مبنى جامعة جنوب الدنمارك SDU

ويتميز هذا المبنى الخاص بجامعة جنوب الدنمارك بغلاف متفرد ومتنوع من حيث الشكل والوظيفة، فهو مجهز بأنظمة تظليل حركية بالواجهة تقوم بالتكيف مع التغيرات المناخية والعمل على توفير ضوء النهار الأمثل Daylight الي جانب توافر عنصر الرؤيا .

حيث يتكون نظام التظليل الحركي بغلاف المبنى من 1600 شريحة مثثلة من الصلب المثقب، وتكون مثبتة على الواجهة بطريقة تتيح التأقلم مع تغير ضوء النهار وتدفق الضوء المطلوب.

وبمجرد غلق هذه الوحدات المثثلة وتصبح مستوية على طول الواجهة، في حين أنها تظهر من الواجهة عند فتحها نصفياً أو مفتوحة بالكامل. وقد تم تزويد نظام التظليل بأجهزة استشعار تقيس مستويات الضوء والحرارة بشكل مستمر وتنظم عناصر الحركة آلياً بواسطة محرك صغير.



شكل (8) تفاصيل لنظام الحركة الدورانية بغلاف مبنى جامعة جنوب الدنمارك SDU

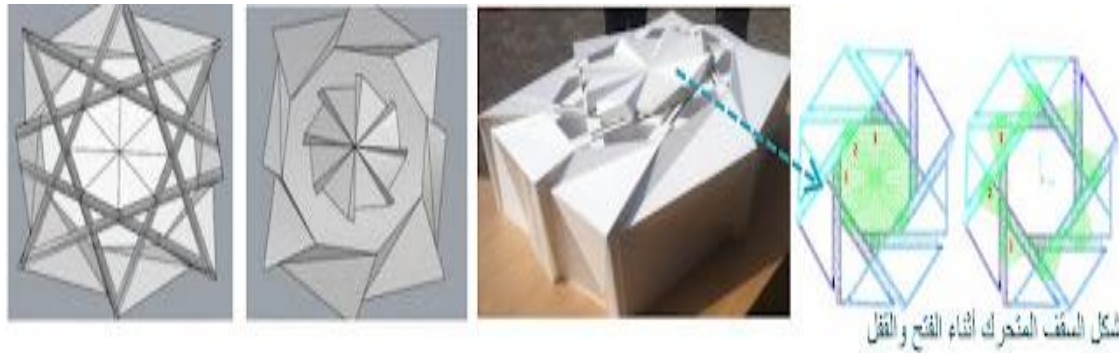
5-2- الأنظمة ذات الحركة المنزلقة Sliding Systems: 9

تكون ديناميكية الحركة المنزلقة لعنصر ما في غلاف المبنى عندما يكون موضع العنصر متغيراً وحركته ثابتة في الاتجاه، ويكون الانزلاق بشكل موازياً أو عمودياً. ويوضح المبنى التالي لإستاد، كمثال لمبنى يعتمد على نظام حركي بسقف منزلق كجزءاً رئيسياً من مكونات الغلاف، كما يوضح شكل (9)، حيث ساعد هذا السقف المتحرك في توفير الإضاءة والتهوية

الطبيعية للمبنى وبالتالي تحقيق الراحة والكفاءة في الطاقة، مما ساهم في حصول المبنى على تقييم Platinum من نظام LEED كأول مبنى رياضي احترافي يحصل عليها



شكل (9) نظام الحركة المنزلقة بسقف مبنى إستاد مرسيدس بجورجيا¹⁰



شكل (10) تفاصيل نظام الحركة المنزلقة بسقف مبنى إستاد مرسيدس بجورجيا

يتميز المبنى بسقف متحرك يعتمد على النظام المنزلق في الحركة، حيث يتكون السقف من 8 شرائح تتحرك في مسار أشعاعي يشبه عدسة الكاميرا، وتتكون كل شريحة من 3 طبقات من مادة ETFE المميزة بخفة وزنها وقوة تحملها وشفافيتها. يبلغ طول كل شريحة من الشرائح الثمانية نحو 200 قدم باتجاه وسط الملعب على 16 دعامة ثانوية تتبع من دعائم فولاذية أولية طولها 720 قدمًا، يمتد هذا الإطار الفولاذي الأساسي إلى "أعمدة ضخمة"، كما يوضح شكل (10)، وقد ساهم هذا السقف في التبريد السلبي للمكان مع توفير ضوء النهار¹¹.

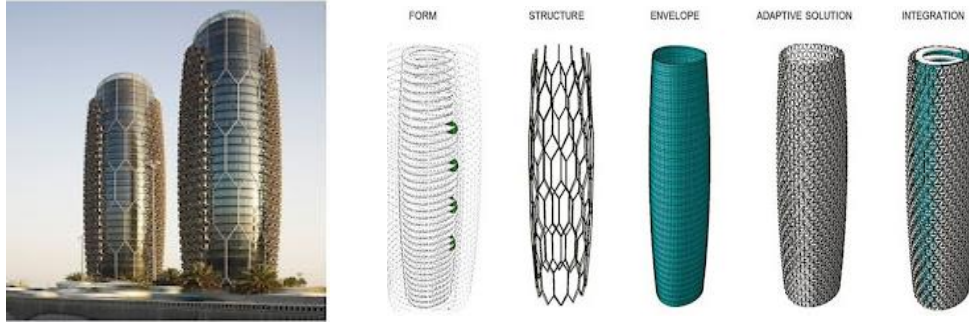
ونجد أن هذا الملعب بتصميمه المبتكر قادر على توفير 29% من استهلاك الطاقة وهذا بالمقارنة بأي ملعب نموذجي، وجدير بالذكر أن هذا الملعب يحتوي على أكثر من 4000 لوحة كهروضوئية قادرة على توليد 1,6 مليون كيلو وات/ ساعة سنوياً.

كما يمكن تغيير لون الواجهة الشفافة، والتكونة من 16 طباقاً باطلالة بانورامية على انلانتا.

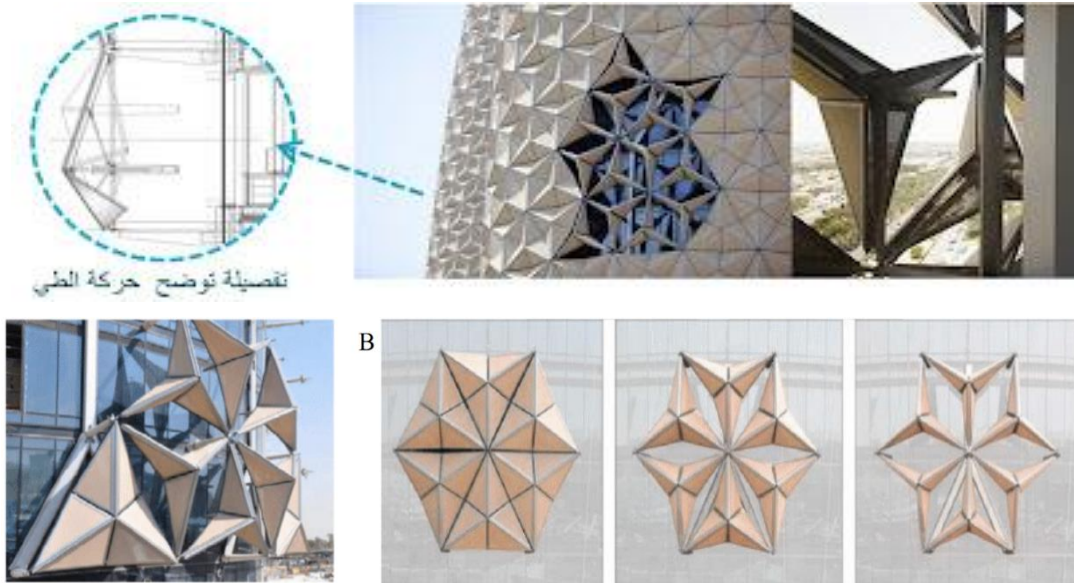
3/5- الأنظمة ذات الحركة المنطوية Folding Systems

وهي مزيجاً من الحركة الدورانية والحركة المنزلقة. ويربط عادة هذا النظام الحركي بين حواف أو أطراف عنصرين أو أكثر في غلاف المبنى، وهي تشبه الحركة الورقة المنطوية Folding أو الورقة المقصوص Scissor fold. يوضح المثال التالي بشكل (11) أبراج البحر بأبو ظبي بالامارات العربية المتحدة فنجد أن غلاف المبنى يعتمد على نظام حركي منطوي Folding Systems. حيث تمكن المبنى من خلال حل ذكي باستخدام غلاف زجاجي من مواجهة المناخ الصحراوي الحار، بالاعتماد على تقنيات تكنولوجية، بإضافة طبقة خارجية للغلاف الزجاجي مكونة من 2000 مظلة شمسية تفتح وتغلق تلقائياً

وفقاً لشدة أشعة الشمس. وقد استلهمت فكرة الغلاف الخارجي لأبراج البحر من فكرة المشربية التي كانت تزين نوافذ البيوت العربية التقليدية منذ القرن الـ14، والتي توفر كلا من الظل والخصوصية، وفي نفس الوقت تسمح بإطلالة خارجية طوال الوقت، كما يوضح (شكل12)



شكل (11) طبقات الغلاف بأبراج البحر ونظام التظليل المتحرك كطبقة من طبقات الغلاف



شكل (12) تفاصيل الوحدات المتحركة المكونة للغلاف الخارجي للمبنى بغلاف أبراج البحر بأبوظبي¹²

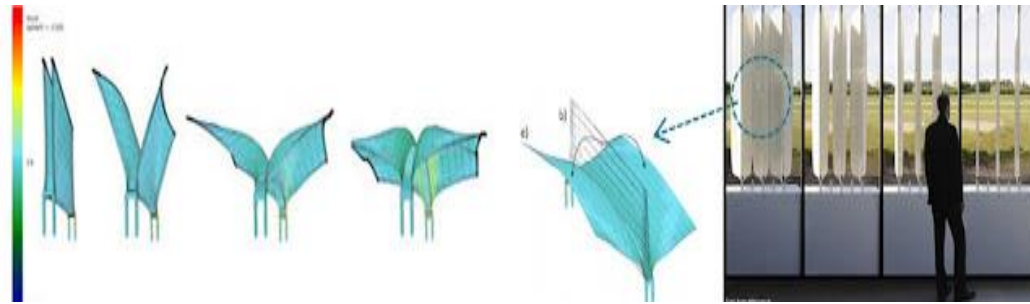
ووفي إطار تصميم منفصل ومستقل يبعد الغلاف الخارجي الحركي عن الغلاف الزجاجي للمبنى حوالي مترين ، فنجد ان كل مثلث مطلي بالألياف الزجاجية ومبرمج وفقاً لحركة الشمس .تظل المظلات مطوية في الليل بحيث تسمح بظهور الواجهة الزجاجية الأساسية للمبنى. وفي الصباح في المنطقة الشرقية من المبنى عندما تشرق الشمس، تفتح المظلات المتواجدة في المنطقة الشرقية وكلما تحركت الشمس لتغطي المناطق الأخرى من المبنى تتبعتها المظلات وتفتح، كما يوضح شكل (12)، بتحكم الكتروني، كما يعمل اغلاف الخارجي للمبنى كغشاء رطب في نظم تحكم في الرطوبة. ونجد ان النظم المستخدمة في تلك الغلاف للمبنى قادرة علي توفير ظلال بنسبة 70-80 %، كما يعمل الغلاف الخارجي كعازل للرياح وكعازل صوتي باستخدام مواد تشتت الموجات الصوتية، كما نجد ان سهولة التحكم في الغلاف ادي الي توفير احمال التبريد والتكييف بنسبة 25% ، وبين 20-50% من اكتساب الحرارة الشمسية.

4/5- أنظمة تعتمد على تغير خواص المادة¹³ Material distortion Systems

في اتجاه للقدرة علي التكيف تمثل الأنظمة التي تعتمد على تشوه المادة وتغير حالاتها دون الحاجة لأنظمة معقدة ميكانيكياً، بحيث تغيير الأنظمة في الواجهات في خواص المادة بحدوث بعض التشوهات والانحناءات المرنة مثل نظام Flectofin كمثال على الأنظمة المطاطية، والمنبثقة من التحليل البيولوجي للتشوهات العكسية الموجودة في حركة النبات المجردة إلى بنية مرنة ثم إلى جهاز حركي تقني. حيث يتألف هذا النظام من لوح، شكل (13)، أو لوحين مقيدتين بعنصر ربط أو حزم مدفوع، شكل (14)

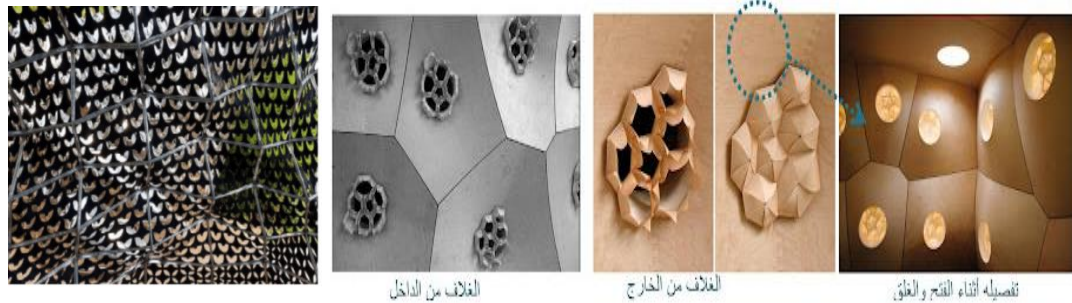


شكل (13) نظام Flectofin المشتق من حركة النبات (بلوح واحد)



شكل (14) نظام Flectofin المشتق من حركة أجنحة الطائر التي تفتح بسبب إنحناء العمود الفقري (بلوحين)

حيث تعتمد هذه الانظمة الحركية على دراسة خصائص المواد وسلوكياتها بشكل أساسي. مثل نظام Bloom ويعتبر هذا النظام سلبي حيث يفتح ويغلق تلقائياً على أساس الحرارة الشمسية الطبيعية دون الحاجة إلى الطاقة الاصطناعية. يتألف نظام بلوم من قطع من ثيرموميتال مُقطعة بالليزر، يتم تجميعها في ألواح مكدسة تُشكل هيكل ذاتي الدعم من الناحية البيئية، شكل (15).



شكل (15) نظام Bloom الذي يفتح ويغلق تلقائياً على أساس التدفئة الشمسية

ويوضح المثال التالي مبنى One Ocean كجناح لمعرض EXPO 2012 بكوريا الشمالية، كمثال للأغلفة الحركية التي تعتمد على مرونة المادة. وهو مبنى شبيه بالأسماك ينطلق مفهومه من تطبيق الآلية البيولوجية لخياشيم الأسماك على نطاق معماري، كما يوضح شكل (16)

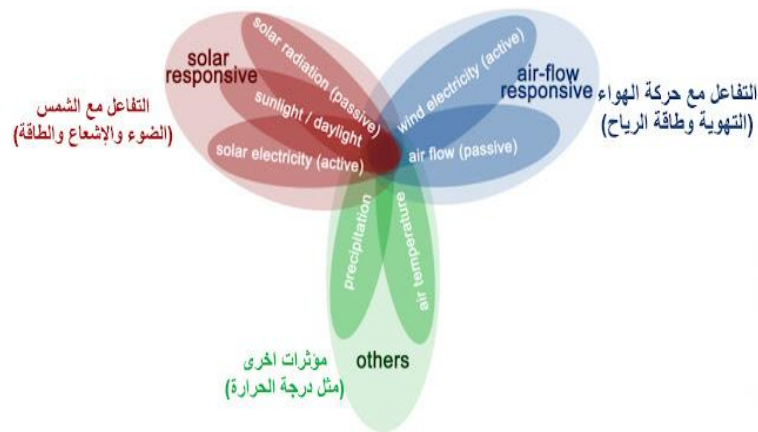


شكل (16) نظام الحركة المعتمدة على تشوه المادة ومرونتها في مبنى One Ocean بكوريا الشمالية

وقد صمم المبنى بغلاف على شكل شرائح متحركة تسمى Lamellas يمكنها التحكم في دخول الضوء للمبنى، بشكل فردي، بحيث يمكن فتحها وإغلاقها بالتتابع مما يسمح بإنشاء أنماط تشبه الموجات على طول المبنى. وشرائح Lamellas مصنوعة من مادة البوليمر المقوى بالألياف الزجاجية، وهي مادة تتميز بمرونة عالية وعامل صلابة منخفض، مما يسمح بتشكيل العديد من الأنماط المتحركة المعتمدة في الأساس على الخصائص المادية لـ lamellas. كما تسمح الشرائح بالتحكم في الطاقة الشمسية. وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيلها عن طريق الألواح الشمسية الموجودة على السطح، كما يوضح شكل (16) 14

6- العناصر المناخية المؤثرة بالأنظمة الحركية لغلاف المبنى

نرصد عالما تطورات الأنظمة الحركية الذكية بأغلفة المباني، لتتفاعل وتتكيف مع العديد من المؤثرات البيئية، مثل الشمس والرياح والصوت وحتى حركة الأشخاص. عن طريق تغيير حالتها من دون الحاجة لأي تدخل من الإنسان، كما يمكنها العودة إلى حالتها الأصلية دون أي تشوه مع انتهاء المؤثر الخارجي. ويوضح شكل (17) العناصر المناخية المؤثرة بالأنظمة الحركية لغلاف المبنى.



شكل (17) العناصر المناخية المؤثرة بالأنظمة الحركية لغلاف المبنى

كما يوضح شكل (18-أ:د) بعض صور الأنظمة الحركية المتفاعلة مع حركة الضوء والرياح والصوت وحركة الإنسان لتحقيق أقصى استفادة من هذه الأنظمة يتعين علينا الربط بين الأنظمة الحركية الداعمة للعمارة الخضراء، وبين المؤثرات المناخية الخارجية، مثل: الإشعاع الشمسي وضوء النهار وتدفق الهواء ودرجة حرارة وغيرها 15.



شكل (18-أ:د) بعض الأنظمة الحركية المتفاعلة مع حركة الضوء والرياح والصوت وحركة الانسان

1/6- الأنظمة المستجيبة لحركة الشمس¹⁶ Solar responsive Systems

تتكون الأنظمة الحركية المستجيبة لحركة الشمس بما في ذلك الإشعاع الشمسي (الحرارة) وضوء الشمس (ضوء النهار) والطاقة الشمسية (الطاقة الناتجة عن الشمس) من خلال ثلاثة أنواع أساسية تشمل ما يلي:

1-1/6- أنظمة مستجيبة لحرارة الشمسية

النوع الأول (الاستجابة لحرارة الشمسية) ، ويهدف إلى تحقيق القدر الأكبر من استقبال الحرارة الشمسية في فصل الشتاء وتقليل المكاسب الشمسية في الصيف. ويعتمد هذا النوع على تغيير الخصائص الحرارية الفيزيائية للعنصر المتحرك.

2-1/6- أنظمة مستجيبة لضوء الشمس

النوع الثاني (الاستجابة لضوء النهار) . حيث تتحكم في مستويات الإنارة الداخلية للمبنى خاصة بالنسبة للمتاحف والمعارض، وأحياناً يتم أخذ بعض الاعتبارات الخاصة بالتحكم في الحرارة الشمسية المكتسبة بعين الاعتبار. ويعتمد على قدرة الخصائص البصرية والحرارية للعنصر المتحرك على الاستجابة لظروف الإضاءة الخارجية، والحصول على ضوء النهار والحرارة الشمسية المناسبة لتوفير الراحة الحرارية لشاغلي المبنى وتقليل استهلاك الطاقة للإضاءة والتبريد.

غلاف مركز Helio Trace المستجيب للضوء

مبنى مصمم بنظام حركي بغلاف المبنى يسمح بزيادة ضوء النهار بنسبة 81% مع تقليل تأثيرات امتصاص الحرارة الشمسية لداخل المبنى. حيث يتم تتبع مسار الشمس على مدار اليوم و السنة. ويتكون النظام من ثلاث طبقات لتحقيق أكبر قدر من التكيف. شكل (19)

2/6- الأنظمة المستجيبة لحركة الرياح¹⁷ Air-flow responsive Systems

تُعرف الأنظمة الحركية المستجيبة لحركة الرياح بالأنظمة المتوافقة مع تدفق الرياح، وتضم فئتين من الأنظمة هي (المستجيبة للتهوية الطبيعية) و(المستجيبة لطاقة الرياح). ونجد تأثير السلوك الحركي بتبادل الهواء وتحقيق الراحة الحرارية الداخلية وجودة الهواء.

2-2/6- أنظمة مستجيبة توفر التهوية الطبيعية

وتتحقق العملية الحركية المرتبطة بالتهوية الطبيعية في إدخال الهواء الخارجي، الحرارة والرطوبة والغبار والروائح وغيرها) إلى الفراغ الداخلي. على عكس أنظمة التهوية السالبة أو الميكانيكية، لذا فهي توصف بالأقل جودة من أنظمة التهوية المتخصصة. مثل النظام الحركي لسقف مبنى يفتح ليلاً ليوفر التهوية الطبيعية ويغلق نهاراً للتقليل من الكسب الحراري.

من أمثلة هذه الأنظمة مبنى مواقف مطار Brisbane، برسبان بأستراليا حيث اعتمدت فكرة تصميم واجهة المبنى على إنشاء واجهة حركية بمساحة 5000 متراً مربعاً لموقف للسيارات المحلي الجديد بمبنى المطار، حيث تظهر واجهة المبنى متموجة ومتحركة بسبب الرياح التي تمر وراء 250 ألف لوح من الألومنيوم، مما يجعل الواجهة متفردة في تجسيد حركة الرياح واتجاهها كما أنها تعطي اشكالاً معقدة من الأضواء والظلال على الجدران والأرضية عند مرور ضوء الشمس عبر الواجهة الحركية. شكل (20)

2-2/6- أنظمة



شكل (20) غلاف مبنى مواقف مطار Brisbane المستجيب لحركة الرياح

3-1/6- أنظمة مستجيبة للطاقة الشمسية

النوع الثالث (أنظمة الاستجابة لحركة الشمس) وهو نوعاً من تقنيات توليد الطاقة المتجددة النشطة. ولكنها تمتاز في قدرتها على أن تكون الألواح الكهروضوئية متحركة ومدمجة مع الغلاف ولسيت نظاماً منفصلاً. مثل الألواح التي تتبع أقصى طاقة شمسية و يطلق عليها في كثير من الأحيان نظم تتبع الشمس الهليوتروبي. كما يوضح شكل (19) وفيما يلي دراسة تحليلية لبعض المباني ذات الأغلفة الحركية المستجيبة لحركة الشمس، سواء أكانت الاستجابة للضوء أو للحرارة، أو للرياح باعتبارها طاقة متجددة أو باعتبارها مصدر للتهوية الطبيعية.

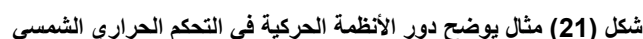
مستجيبة تولد طاقة الرياح

كما هو الحال في الأنظمة المستجيبة للطاقة الشمسية BIPV، يمكن تعريف توربينات الرياح صغيرة الحجم المدمجة مع غلاف المبنى على أنها جيل من الأنظمة الحركية المستجيبة لحركة الرياح، وهي تعمل كجزء متكامل مع غلاف المبنى كبديل لأنظمة الطاقة المستقلة للرياح. وقد اتضح من الدراسة أنه بالرغم من فعالية الأنظمة الحركية في تحقيق مبدأ كفاءة الطاقة إلا أن معظم أغلفة المباني التي تعتمد على الأنظمة الحركية تعتمد على أنظمة أخرى لتحقيق كفاءة الطاقة، فبالرغم من فعاليتها فهي تعتبر أنظمة مكملية لأنظمة أخرى ويمكن الاستغناء عنها في حالة عدم توافرها. والتركيب والصيانة. كما أن التفرد الذي تتميز به معظم الأنظمة الحركية يؤثر على سهولة استخدامها وصيانتها. بالإضافة إلى أنها تتطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة لتنشيط المستشعرات والمحركات. في حين بدت الأنظمة الحركية التي تعتمد على التغير في خواص المادة أقل تعقيداً، ولكن تبقى مشكلة التكلفة.

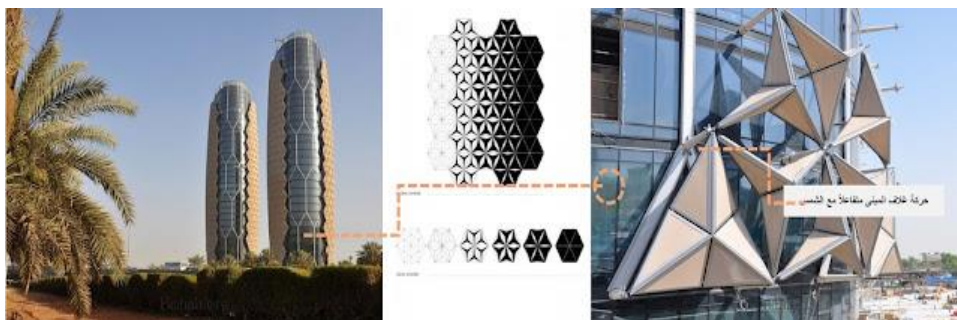


ومن المشكلات التي تدفع المباني الخضراء إلى الاستغناء عنها، أن زيادة الاستجابة تسير جنباً إلى جنب مع زيادة تعقيد النظام، مما يؤدي إلى تضخم تكاليف الإنشاء

تعمل الأغلفة الحركية علي توفير التحكم الحراري الشمسي، من خلال وحدات التظليل الآلية أو الأرفف والكاسرات القابلة للتعديل. بهدف السماح أو منع الإشعاع الشمسي للمرور في فراغات المبنى بالاستعانة بأجهزة استشعار إما على الجزء الداخلي أو الخارجي للمبنى. شكل(21)



يعتبر هدف آخر من الأهداف التي توفرها الأغلفة الحركية بنجاح، والتي يمكن تحقيقها باستخدام أنظمة مماثلة لتلك المستخدمة في التحكم الحراري الشمسي، مثل الستائر والكاسرات louvers والمظلات المعلقة من الخارج. Overhang. حيث تتميز الكاسرات بقدرتها على السيطرة على كمية ضوء النهار، والتي يمكن أن يتراوح من صفر إلى درجة اكتمال تسرب الضوء اعتماداً على زاوية الكاسرات. كما تتميز المظلات المعلقة على النوافذ من الخارج بفعاليتها الكبيرة للتحكم في ضوء النهار بالواجهات الجنوبية، ويتوقف اختيار أيّاً من هذه الأنظمة تبعاً لظروف الموقع والتغيرات البيئية من وقت لآخر. ويوضح شكل (22) إحدى الأنظمة الحركية التي تهدف للتحكم في ضوء النهار²¹.



شكل (22) مثال يوضح دور الأنظمة الحركية في التحكم في ضوء النهار

هناك أيضاً أنظمة وتقنيات أكثر تعقيداً تهدف إلى التحكم في ضوء النهار، مثل أنظمة القزحية والنوافذ الكهروكرومية. كما توجد أنظمة أخرى أكثر غرابة يمكن استخدامها أيضاً، على سبيل المثال التحكم في الطاقة الشمسية من خلال استخدام طبقات من أجهزة الاحتكاك الميكانيكية أو استخدام الأنظمة التلقائية التي يمكنها التحكم في عتامة التظليل في النافذة²².



شكل (23) مثال يوضح دور الأنظمة الحركية في التهوية الطبيعية

3/7- التحكم في التهوية

يوفر التحكم في التهوية بواسطة الأغلفة الحركية إمكانيات كبيرة للمباني ذات التهوية الطبيعية. فالعديد من المباني التي تعتمد على أنظمة حركية للتحكم في التهوية تستخدم أنظمة تظليل متحركة (louvers أو أغلفة مزدوجة DSF (Double Skin Façade) باستخدام تأثير المداخل حيث يتم استخدام هذين النظامين من خلال تأثير تهوية مباشر أو غير مباشر. ففي حالة التهوية المباشرة، شكل (23). تسمح الكاسرات بتدفق الهواء المباشر إلى الفضاء وتؤثر بشكل مباشر على المستخدم، ومن الضروري فتح جوانب متعارضة من الغلاف لإحداث تقاطع في التيارات،²³ وغالباً ما يصعب التنفيذ في المباني المقسمة أو الكبيرة. بينما يمثل التقسيم الفرعي للمساحات الداخلية للمبنى تأثيراً سلبياً على تدفقات الهواء من خلال المبنى. وتتمثل الصعوبة في استخدام هذا النوع من الأنظمة في أنها تعتمد بشكل كبير على سرعة الرياح واتجاهها، يصعب التنبؤ به بشكل دقيق.

4/7- توليد الطاقة

يمكن أن تدمج أنظمة الأغلفة الحركية لتوليد الطاقة. فقد ظهر مؤخراً أنظمه مثل الأنظمة الضوئية المتكاملة (BIPV) (Building-integrated photovoltaics)، وتطورت الأنظمة التكنولوجية في جانب الحركة إلى استغلال غلاف المبنى في توليد الطاقة من الرياح شكل (24) حيث تصنف واجهات المباني غالباً على أنها فلتر وموصل وحاجز ومفتاح، ولكن في الآونة الأخيرة تم إضافة وظيفة أخرى إلى الواجهات هي نظام توليد الطاقة. كما يمكن للأنظمة الحركية أن تزيد من الكفاءة من خلال BIPV السماح بتعديل الألواح الكهروضوئية من أجل تتبع الحركة الشمسية.²⁴



شكل (24) مثال يوضح دور الأنظمة الحركية في توليد الطاقة من الرياح

8- أهمية الخامات والتقنيات الذكية للبناء والتصميم الداخلي في مواجهة تحديات العصر

1/8- تحسين كفاءة الطاقة:

تعتبر كفاءة الطاقة واحدة من أهم القضايا البيئية في العصر الحديث. تسهم المواد الذكية في تقليل استهلاك الطاقة من خلال تنظيم درجات الحرارة الداخلية للمباني. على سبيل المثال، يمكن للزجاج الذكي أن يقلل من الحاجة إلى التدفئة أو التبريد من خلال تعديل نفاذيته للحرارة والضوء. ²⁵

2/8- الاستدامة البيئية: ²⁶

تساهم المواد الذكية في تقليل الأثر البيئي من خلال تقليل الحاجة إلى المواد الخام التقليدية، وتعزيز استخدام الطاقة المتجددة، والحد من انبعاثات الكربون. ²⁷

3/8- تحسين راحة السكان:

تعمل المواد الذكية على تحسين راحة سكان المباني من خلال توفير بيئة داخلية أكثر استقرارًا من حيث درجات الحرارة والرطوبة والضوضاء، ما يؤدي إلى تحسين جودة الحياة. كما أن المواد الذكية تتيح مراقبة مستمرة لحالة المباني مما يساهم في تعزيز الأمان.

4/8- إطالة عمر المباني:

من خلال رصد ومراقبة الظروف المحيطية والهيكلية، تساهم المواد الذكية في الكشف المبكر عن أي مشاكل في المبنى، مما يتيح إمكانية الإصلاح قبل حدوث أي ضرر كبير. هذا يمكن أن يؤدي إلى إطالة عمر المبنى وتقليل تكاليف الصيانة.

النتائج :

- 1- دمج الواجهات المتحركة في المباني في مصر سيعمل علي تعزيز التحكم البيئي للحرارة والرطوبة والتهوية مما سيعمل بدوره علي التحكم في استهلاك الطاقة المكلفة في إدارة نظم الإضاءة والتهوية والتكيف للمباني المختلفة.
- 2- يقاس نجاح المبنى من قدرته علي التكيف مع المحيط واستغلال الظروف البيئية المحيطة لخدمة اهداف نظم التحكم البيئي من استغلال الطاقات المتجددة وليس من استخدام التكنولوجيا المستهلكة للطاقة.
- 3- لا توجد مباني في مصر بها واجهات متحركة بشكل عام. ومع ذلك، يمكن أن يكون لدى بعض المباني الحديثة أو المباني التي تجرى فيها عمليات تجديد بعض الميزات التي قد تجعل الواجهات تبدو متحركة أو قابلة للتكيف
- 4- إن المباني ذات الواجهات الذكية المتحركة هي واجهات متميزة متنفسة ومستجيبة للظروف البيئية ومزجت بين الميكانيكية الحركية والتقنية المتطورة. وتستخدم لثلاثة أهداف الجانب الوظيفي و التعبيري والجمالي والجانب الميكانيكي للحركة أو أداء مهام أخرى غير متاحة بالأنظمة الثابتة .

التوصيات:

يوصي الباحثين بالآتي:

- 1- أن تتبنى الجهات الحكومية ووزارة الإسكان وال تعميم تنفيذ المباني ذات الواجهة الذكية المتحركة كنوع من توفير الطاقة واستخدام اساليب طبيعية لتحقيق نظم تحكم بيئي بالتصميم الداخلي للمنشآت العامة.
- 2- أن تتبنى كليات الفنون التطبيقية والهندسة تدريس في المقررات الأساسية تصميم وأساليب تنفيذ المباني ذات الواجهة الذكية المتحركة واستخدام تلك الاساليب الطبيعية لتحقيق نظم تحكم بيئي بالمنشآت العامة.
- 3- ينصح المكاتب الاستشارية المعمارية والإنشائية باستخدام تقنيات الواجهات الذكية المتحركة في تصميم المنشآت العامة والحكومية بناءً على الاحتياجات الخاصة بالمبنى. بشكل واسع النطاق في مصر

المراجع العلمية:

- 1- Ahmed. Mostafa, Abd el-Rahman. Ali, Others, , "Optimum energy consumption by using kinetic shading system for residential buildings in hot arid areas", International Journal of Smart Grid and Clean Energy, vol.5, no.2(2016)
- 2- Barozzi. Marta , Lienhard. Julian, Zanelli. Alessandra, Monticelli. Carol, "The sustainability of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture", - Procedia Engineering, Vol. 155, Elsevier Ltd, (2016).
- 3- Bharati. Pragma, "Kinetic Architecture: on Sustainable Means", E-book, Issuu.com.(2014)
- 4- Brakke. Aaron Paul, , "Dynamic Façades and Computation: Towards an Inclusive Categorization of High Performance Kinetic Façade Systems", Computer-Aided Architectural Design Futures, Springer, New York , USA. (2015)-
- 5- Elkhayat. Youssef Osama, "Interactive Movement in Kinetic Architecture", Paper Published, Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 42, No. 3. (2014).
- 6- Fortmeyer. Russell& Charles Linn, , "Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes", IMAGES Publishing Group, Australia. (2014)
- 7- Fox. Michael, "Interactive Architecture: Adaptive World", Princeton Architecture Press, A Mc Evoy Group, New York, USA, (2016).
- 8- Karanouh. Abdulmajid, Kerber. Ethan, "Innovations in dynamic architecture: The Al-Bahr Towers Design and delivery of complex facades", Journal of Facade Design and Engineering 3, IOS Press, (2015).
- 9- Kensek. Karen& Hansanuwat. Ryan, "Environment Control Systems for Sustainable Design: A Methodology For Testing, Simulating and Comparing Kinetic Façade", Journal of Creative Sustainable Architecture& Built Environment, CSABE, Vol. 1. (2011)
- 10- Marysse. Chloë, " Structural Adaptive Façades ", MSc Thesis in Civil Engineering Department of Structural Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Ghent University, Belgium. , (2016)
- 11- Moloney. Jules, " Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change", Routledge, United Kingdom. (2011)
- 12- Nagy. Zoltan, "The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes", Frontiers of Architectural Research, Vol. 5, Elsevier B.V. (2016),.
- 13- Schumacher. Michael& Others, "Move: architecture in motion-dynamic components and elements", Walter de Gruyter GmbH,Basel, Switzerland, (2012).

- 14- Sharaidin. Kamil, " Kinetic Facades: Towards design for Environmental Performance", Ph.D in Philosophy, School of Architecture and Design RMIT University, Australia, (2014).
- 15- Youssef. Mai, "Kinetic behavior, The Dynamic Potential Through Architecture and Design", WIT Press, Int. J.Comp. Meth. and Exp. Meas., Vol. 5, No. 4. (2017)
- 16- Wang. Julian & Others, "From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes", Conference, World renewable energy forum, (2012).

-
- ¹ Fortmeyer. Russell & Charles Linn, "Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes", IMAGES Publishing Group, Australia. (2014)
- ² Marysse. Chloë, " Structural Adaptive Façades ", MSc Thesis in Civil Engineering Department of Structural Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Ghent University, Belgium. , (2016)
- ³ www.youtube.com "What is Kinetic Architecture" Jun 23, 2021
- ⁴ www.youtube.com "What is Kinetic Architecture" Jun 23, 2021
- ⁵ Moloney. Jules, " Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change", Routledge, United Kingdom. (2011)
- ⁶ Nagy. Zoltan, "The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes", Frontiers of Architectural Research, Vol. 5, Elsevier B.V. (2016).
- ⁷ Mahek Gandhi KINETIC FACADE PROFESSIONAL WORK 2022 SURAT, INDIA FACADE DESIGN **Mahek Gandhi Architectural portfolio | 2023**
- ⁸ www.youtube.com "What is Kinetic Architecture" Jun 23, 2021
- ⁹ Moloney. Jules, " Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change"
- ¹⁰ www.youtube.com "What is Kinetic Architecture" Jun 23, 2021
- ¹¹ Youssef. Mai, "Kinetic behavior, The Dynamic Potential Through Architecture and Design"
- ¹² Barozzi. Marta , Lienhard. Julian, Zanelli. Alessandra, Monticelli. Carol, "The sustainability of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture", - Procedia Engineering, Vol. 155, Elsevier Ltd, (2016).
- ¹³ Schumacher. Michael & Others, (2012), "Move: architecture in motion-dynamic components and elements", Walter de Gruyter GmbH, Basel, Switzerland.
- ¹⁴ Barozzi. Marta , Lienhard. Julian, Zanelli. Alessandra, Monticelli. Carol, "The sustainability of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture"
- ¹⁵ Sharaidin. Kamil, " Kinetic Facades: Towards design for Environmental Performance",
- ¹⁶ Nagy. Zoltan, "The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes"
- ¹⁷ Brakke. Aaron Paul, "Dynamic Façades and Computation: Towards an Inclusive Categorization of High Performance Kinetic Façade Systems", Computer-Aided Architectural Design Futures, Springer, New York , USA. (2015)-
- ¹⁸ Kensek. Karen & Hansanuwat. Ryan, "Environment Control Systems for Sustainable Design: A Methodology For Testing, Simulating and Comparing Kinetic Façade",
- ¹⁹ Bharati. Pragya, "Kinetic Architecture: on Sustainable Means", E-book, Issuu.com.(2014)
- ²⁰ Nagy. Zoltan, "The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes"
- ²¹ Wang. Julian & Others, (2012), "From Static to Kinetic: A Review of Acclimated Kinetic Building Envelopes", Conference, World renewable energy forum.
- ²² Karanouh. Abdulmajid , Kerber. Ethan, "Innovations in dynamic architecture: The Al-Bahr Towers Design and delivery of complex facades", Journal of Façade Design and Engineering 3, IOS Press, (2015).
- ²³ Youssef. Mai, "Kinetic behavior, The Dynamic Potential Through Architecture and Design"
- ²⁴ Ahmed. Mostafa, Abd el-Rahman. Ali, Others, "Optimum energy consumption by using kinetic shading system for residential buildings in hot arid areas", International Journal of Smart Grid and Clean Energy, vol.5, no.2(2016),
- ²⁵ Brakke. Aaron Paul, "Dynamic Façades and Computation: Towards an Inclusive Categorization of High Performance Kinetic Façade Systems
- ²⁶ Bharati. Pragya, "Kinetic Architecture: on Sustainable Means", E-book, Issuu.com.(2014)
- ²⁷ Sharaidin. Kamil, " Kinetic Facades: Towards design for Environmental Performance"