Fayoum University Faculty of Engineering, 2023, Vol: 6(1), 1-19
https://fuje.journals.ekb.eg/
ISSN Online: 2537-0634
ISSN Print: 2537-0626

العمارة الحركية كأداة للتكيف المعمارى: "نحو معايير تصميمية لتلبية احتياجات المستعملين"

إيمان شعبان جابر[1]، أمير صالح المهدي[2]، رباب صلاح محمد[3]

[1] معيدة قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم 63514، مصر
[2] أستاذ مساعد قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم 63514، مصر
[3] مدرس قسم الهندسة الكهربية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم، الفيوم 63514، مصر

How to cite this paper: Gaber E.S., Elmahdy A.S., & Mohamed R.S. (2023). Kinetic Architecture as a tool for Architectural Adaptation, *Fayoum University Faculty of Engineering*, 6(1), 1-19.
https://dx.doi.org/10.21608/FUJE.2022.157022.1017

Copyright © 2023 by author(s)
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

الملخص

في السنوات الأخيرة تم وضع العديد من الحلول التفاعلية القادرة على تكيف المبنى والاستجابة لمتغيرات البيئية الخارجية والاحتياجات الإنسانية المتغيرة ثم العودة إلى الوضع الطبيعي للمبنى عند انتهاء المؤثر دون حدوث أي تشوه في العنصر المتفاعل. وقد حفزت هذه الحلول مهندسي العمارة للاستفادة منها لخلق عمارة جديدة تفاعلية قادرة على تلبية احتياجات الإنسان ومتطلباته ورغباته بدلاً من العمارة الساكنة. وتلك الاحتياجات منها ما هو فطري ومنها ما هو مكتسب، منها ما هو ثابت أو متغير. وإشباع تلك الحاجات هو ما يشعر الإنسان بالراحة والرضا، وجميعها يؤثر بشكل مباشر على العمارة، وهذا ما يغير شكلها من مجتمع لآخر ومن وقت لآخر في نفس المجتمع، لذلك ظهر الدافع الأساسي نحو ظهور العمارة المتحركة التى تحقق تلك الاحتياجات الإنسانية المختلفة والمتغيرة.
وقد تم عرض تقديم عن العمارة الحركية والاحتياجات الإنسانية وتصنيفها بناءً على تأثرها بالعمارة الحركية، ثم عرض العلاقة بين العمارة الحركية والاحتياجات الإنسانية المتغيرة المادية (الراحة الحرارية - التفاعل مع تغيير مستوى الرطوبة - تحقيق الإظلال - تحقيق التهوية (الهواء النظيف) - الحماية من الرياح والعواصف - الراحة البصرية - الراحة الصوتية - إمكانية تغيير الوظيفة - توليد وتوفير الطاقة – حسن إدارة المياه)، وغير المادية (توفير الإطلالة الخارجية - تحقيق عنصر الجمال - تحقيق الخصوصية والاحتواء - تحقيق الأمان - التأكيد على الجانب النفسي والاجتماعي- التأكيد على الانتماء والهوية)، ثم التطرق إلى دراسة تحليلية لبعض النماذج للعمارة الحركية ومنها تم الوصول إلى معايير تصميمية للعمارة الحركية. وينتهي البحث في الدراسة التطبيقية بعمل استبيان عن هذه المعايير بهدف الاستفادة من مشاركة آراء بعض الخبراء في المجال الأكاديمي لنظريات العمارة (الهندسة المعمارية) والتوصل من خلاله إلي مسطرة قياس لتصميم وتقييم المباني الحركية.

الكلمات المفتاحية

العمارة الحركية، العمارة التكيفية، المباني المتفاعلة، المباني المستجيبة، الاحتياجات الإنسانية، تلبية احتياجات المستعملين، معايير تصميمية.

الهدف الرئيسي:

معالجة أوجه التناقض الموجود بين سكون العمارة واحتياجات المستعملين المتغيرة على الدوام، وذلك من خلال تحديد معايير تصميمية للعمارة الحركية تستجيب لتلك الاحتياجات، ويمكن تحقيق هذا من خلال عدة أهداف ثانوية هي :-
- التعرف على مفهوم العمارة الحركية واحتياجات المستعملين المتغيرة وتصنيفها.
- دراسة العلاقة بين العمارة الحركية والاحتياجات الإنسانية المتغيرة (المادية وغير المادية).
- استنتاج معايير تصميمية للعمارة الحركية يتم اتباعها من قبل المعماري.

المشكلة البحثية :

تكمن في أوجه التناقض الحادث بين العمارة الساكنة واحتياجات المستعملين المتغيرة بشكل مستمر، ويمكن تحديد المشكلة من خلال محورين:
-المحور الأول: سكون العمارة
-المحور الثاني: تغيرالاحتياجات

الفرضية البحثية :

إن طبقنا العمارة الحركية سوف تصبح المباني ذات قابلية للتكيف مع الاحتياجات الملحة والمتغيرة للمستعملين.

البحث يقوم على عدة دراسات وهي كما يلى:

الدراسة النظرية :عرض تقديم للعمارة الحركية والاحتياجات الإنسانية، وتصنيف الاحتياجات بناء على تأثرها بالعمارة الحركية وتأثير العمارة الحركية على الاحتياجات الإنسانية ومنها استخراج بعض المعايير التصميمية للعمارة الحركية.

الدراسة التحليلية : تحليل نماذج من العمارة الحركية

الدراسة الاستنباطية : استخراج معايير تصميمية من الدراسة النظرية والتحليلية

الدراسة التطبيقية:عمل إستبيان للمعايير التصميمية والتوصل من خلاله إلي مسطرة قياس لتقييم وتصميم المباني الحركية

أولاً: الدراسة النظرية

1- تقديم:العمارة الحركية والاحتياجات الإنسانية

شهد العالم في السنوات الأخيرة تطوراً واضحاً في مختلف فروع العلوم، وأصبح من الضروري أن تتفاعل العمارة مع هذه المتغيرات لإنجاح عمل المبنى وتوظيفها لتلبية احتياجات المستعملين. ولهذا ظهر ما يسمى "بالعمارة الحركية"، ومصطلح "الحركية" يشير إلى كل شيء تنتجه الحركة، ومصطلح العمارة هو اسم يشير إلى تصميم أو نمط البناء المتبع أومجموعة المباني [1]. وعند دمج المصطلحين معا يصبح مصطلح (العمارة الحركية Kinetic Architecture) يشير إلى مفهوم تصميم المباني التي تنتجها الحركة. وقد ذكر فوكس (مؤسس مجموعة التصميم الحركي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا) "إن كان المبنى يحقق التوازن ما بين احتياجاتنا والبيئة الخارجية فإنه يخفض الطلب على الموارد المادية [1]". وتنوعت آراء العلماء في تعريف المفاهيم المختلفة للاحتياجات الإنسانية فقد ذكر المفكر الفرنسي لامارتين (Lamartine) أن الحاجة هي المحرك الأقوى أثراً في الحياة وتتعين درجة التقدم بالقدرة على الحركة والتفاعل لسد الحاجة [1].

2- تصنيف الاحتياجات بناء على تأثرها بالعمارة الحركية:

الاحتياجات الإنسانية كثيرة ومتعددة، منها ما يتأثر بالعمارة الحركية ومنها ما لا يتأثر، وعليه فإنه سوف يتم التركيز على الاحتياجات التى تقوم العمارة الحركية بتلبيتها وسيتم استبعاد الاحتياجات التى لا تؤثر عليها العمارة الحركية. ويمكن تقسيم الاحتياجات الإنسانية التى تقوم العمارة الحركية بتلبيتها إلى احتياجات مادية وأخرى غير مادية، وهي على النحو التالي:

***احتياجات مادية** : الراحة الحرارية - التفاعل مع تغيير مستوى الرطوبة - تحقيق الإظلال - تحقيق التهوية (الهواء النظيف) - الحماية من الرياح والعواصف - الراحة البصرية - الراحة الصوتية - إمكانية تغيير الوظيفة - توليد وتوفير الطاقة - حسن إدارة المياه.

***احتياجات غير مادية**: توفير الإطلالة الخارجية - تحقيق عنصر الجمال - تحقيق الخصوصية والاحتواء - تحقيق الأمان - التأكيد على الجانب النفسي والاجتماعي - التأكيد على الانتماء والهوية.

وبذلك يكون قد تم تحقيق الهدف الأول من البحث وهو التعرف على مفهوم العمارة الحركية واحتياجات المستعملين المتغيرة وتصنيفها. وفي ما يلى يتم التعرف على تأثير العمارة الحركية على كل احتياج من الاحتياجات الإنسانية.

3- تأثير العمارة الحركية على الاحتياجات الإنسانية:

يتم تناول دور العمارة الحركية في التأثير على كل احتياج من الاحتياجات الإنسانية سواء المادية او غير المادية.

3-1- الاحتياجات المادية:

3-1-1- تأثير العمارة الحركية على الراحة الحرارية

ويتضمن إمكانية استخدام التحكم في الطاقة الشمسية على مدار السنة وتجنب الحرارة المفرطة للفضاءات الداخلية، ويمكن التحكم في درجة حرارة الفضاء الداخلى للمباني عن طريق:

أ- استخدام مواد تستجيب لحرارة البيئة المحيطة surrounding temperature response:

وهي المواد التي تتأثر وتغير من شكلها وخصائصها عند تعرضها للحرارة، مثل:المادة الحرارية (Thermal Bimetals) التي تتمدد وتنكمش مع تقلبات درجة الحرارة؛ فتعمل بمثابة الحماية من الشمس[1]. وتم استخدامها في جناح بلوم (Bloom pavilion) في معرض لوس انجلوس الشكل (1).

شكل (1) المادة الحرارية (Thermal Bimetals)

ب- -مواد تستجيب للتيار الكهربي electric current response:

يحدث تغير في خصائصها سواء في الشكل، أو اللون، أو الخصائص البصرية بمرور تيار كهربي خلالها مثال على ذلك:نوافذ سيجا الإلكتروكرومية (Sage Electrochromic) windows في الأيام الساطعة والحارة تصبح النوافذ داكنة لتقلل البهر وتمنع دخول الحرارة، وفي الأيام الباردة ذات السحاب تصبح النوافذ صافية وشفافة لتسمح بدخول أشعه الشمس والحرارة. ويمكن التحكم بمرور التيار بها أما بطريقة يدوية أو بطريقة أوتوماتيكية[2]. شكل (2)

شكل (2) نوافذ سيجا الإلكتروكرومية

ج - استخدام نظام يستجيب للحرارة الداخلية internal temperature response:

وهي التي تقوم على فكرة انها تفتح وتغلق نفسها استجابة لدرجة الحرارة الداخلية للمبنى، مثال على ذلك: نظام واجهات Homeostatic وتبدو الواجهة كأنها نافذة مع خطوط دوامية تقوم بتوزيع شحنة كهربائية عبر سطحها مما يؤدي إلى تشوهها، وعندما تنخفض درجة الحرارة الداخلية ينكمش ليسمح لمزيد من الضوء بالاختراق داخل المبنى كما في شكل (3) و(4). [3]

شكل (3) واجهات Homeo static وهي مفتوحة

شكل (4) واجهات Homeo static وهي مفتوحة

د- تغيير توجيه المبنى خلال فصول السنة Spatial features:

يمكن أن تتعدد الميزات المكانية، بدءاً من الموقع، التوجيه والربط بين الداخل والخارج وصولاً لتغيير التقسيم الداخلي، ويمكن أن يتغير موقع المباني خلال دورة حياة المبنى [4] وهناك عدة أمثلة على ذلك منها منزل شريفي-ها في إيران (sharifi-ha House) شكل (5). هو مبنى تم تصميمه بحيث يمكن استدارة ثلاث غرف فقط تسعين درجة فقط لكل منهما بحيث يمكن تغيير التوجيه.

شكل (5) منزل شريفي-ها واعادة توجيه الغرف حسب الفصول المناخية

3-1-2- تأثير العمارة الحركية على الرطوبة:

الحركة الناتجة عن الرطوبة هي ظاهرةٌ طبيعية تؤثر على مكوّنات البناء وهي تسمى بالحركة الحرارية، وتعد أحد أكثر المصادر الرئيسية المسببة للعيوب في عناصر البناء، ويمكن استخدام مواد مسترطبة للتقليل من تلك الآثار السلبية، وهي التي تستجيب للرطوبة Moisture responses وتتأثر بمحتواها من الماء أو الرطوبة الداخلية فتتغير في سلوكها بناء على امتصاصها للرطوبة. ومن أشهر الأمثلة على استخدام المواد المسترطبة materials hygroscopic هو الجناح الحساس للرطوبة HygroSkin Meteorosensitive Pavilion وتتأثر هذه الأخشاب بنسب الرطوبة في الهواء لتكون مفتوحة في ظروف الرطوبة المنخفضة

[1]) Galloway, Andrew. "**When Biology Inspires Architecture: An Interview with Doris Kim Sung**." ArchDaily, 14/5/2014, [Online]. Available: http://www.archdaily.com/505016/when-biology-inspiresarchitecture-an-interview-with-doris-kim-sung accessed 28/8/2022.

[2]) Ferrara, Marinella, Bengisu, Murat, **Materials that Change Color Smart Materials, Intelligent Design**, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, eBook, 2014

[3]) Yeadon, Decker, Homeostatic facade system, **Self-shading system for buildings**, 22/4/2016,]

[4]) Schnädelbach Holger, **Adaptive architecture: A conceptual framework**, MediaCity: interaction of architecture, media and social phenomena, 2010.

(شكل6)، وتغلق عند زيادة الرطوبة (شكل7)، ولا يتطلب توفير الطاقة التشغيلية ولا أي نوع من التحكم الميكانيكي أو الإلكتروني[5]

شكل (6) الألواح الخشبية مفتوحة-الرطوبة النسبية 45%

شكل (7) الألواح الخشبية مغلقة - الرطوبة النسبية 75%

3-1-3- دور العمارة الحركية في تحقيق الإظلال:

يمكن تعريف أنظمة التظليل المستجيبة على أنها أنظمة تظليل حركية تقوم بتحليل وتفسير التغييرات التى تحدث في البيئة المحيطة والاستجابة لهذه التغيرات لتلبية مختلف احتياجات المباني والمستخدمين [6]، ومن مزايا نظم التظليل هو السماح أو حجب الإشعاع الشمسي من النفاذ إلى الفضاء حسب الفصول المختلفة [7]

ومن أمثلة المباني التى تستخدم أنظمة التظليل: أبراج البحار في أبو ظبي شكل (8) وهي عبارة عن وحدات من وسائل التظليل الآلية تفتح وتغلق استجابة لمسار الشمس. ففي الليل تظل المظلات مطوية تسمح بظهور الواجهة الزجاجية الأساسية للمبنى، وعندما تشرق الشمس في الصباح الباكر في المنطقة الشرقية من المبنى تفتح المظلات المتواجدة في المنطقة الشرقية. [8]

شكل (8) أبراج البحار في أبو ظبي كمثال للتحكم الذكي في عملية الظلال بكاسرات أشعة الشمس.

3-1-4- دور العمارة الحركية في تحقيق التهوية(الهواء النظيف والنسمات الهادئة):

أهمية التهوية بالدرجة الأولى على تجديد الهواء والمساهمة في خفض الحرارة بالإضافة إلى أنها استراتيجية تصميم لعملية بناء منخفضة الطاقة والتخلص من الروائح والغازات وضبط مستوى الرطوبه داخل المبنى. ويمكن للعمارة المتحركة تسهيل التهوية الطبيعية الجيدة في المباني من خلال الواجهات المتحركة، ويمكن تطبيق العديد من الاستراتيجيات معمارياً من خلال تطوير مواد ذكية متفاوتة في النفاذية أو تعمل على تعديل فتحاتها اعتماداً على تركيز CO_2[9]، ويوجد العديد من المباني المتحركة التى تستخدم تلك الاستراتيجية منها: مبنى المحيط الواحد One Ocean, Thematic Pavilion EXPO 2012، حيث تتحرك الألواح لتوفير احتياجات المبنى من التهوية الطبيعية من خلال التقاط الرياح وتوجيهها من خلال المبنى [10](شكل9)

شكل (9) تغير شكل الألواح المنحنية المتحركة في مبنى المحيط الواحد

3-1-5- دور العمارة الحركية في الحماية من الرياح والعواصف:

يحدث الكثير من التغيرات والتقلبات الجوية منها اختلاف الضغط الجوي بين المناطق فيؤدي إلى حركة الرياح مما ينتج عنه حدوث أضرار للواجهات. لذلك من المهم مراعاة أنّ المبنى يكون جيد الإغلاق عند هبوب الرياح والعواصف، بمعنى ان تكون النوافذ مغلقة بإحكام وذلك لمنع أضرار الرياح [11]. وهذا يتحقق بشكل أساسي عند استخدام الحركة في المباني [12]، فعند وجود عواصف غير مرغوب فيها: تقوم الأبنية بإغلاق فتحاتها شكل (10) منعاً لوصول العواصف المحملة بالاتربة إلى داخل المبنى مثل منزل شريفي-ها في إيران sharifi-ha House خلال فصول الشتاء الباردة والثلجية يغلق المبنى نفسه مما يوفر الحد الأدنى من الفتحات مما يحد من تأثير الرياح على المبنى.

شكل (10) حماية من العواصف في حالة إغلاق صناديق المبنى

3-1-6- دور العمارة الحركية في تحقيق الراحة البصرية:

يتم تحقيق الراحة البصرية وإبصار الألوان على حقيقتها بالاعتماد على الإضاءة الطبيعية حيث تلعب الإضاءة الطبيعية دوراً رئيسيا في إمكانية الرؤية، فالشخص لا يستطيع الرؤية اذا كان الشئ المراد رؤيته في وسط أقل إضاءة، وتلعب العمارة الحركية دوراً كبيراً في التحكم في مستوى الإضاءة [13]

وهناك العديد من الأمثلة منها: المبنى البيئي بإنجلترا BRE، وهو مبنى إداري بمدينة جارستون-إنجلترا شكل (11)، ويتم التحكم في فتح النوافذ أوتوماتيكياً اعتماداً على حاجة المستخدمين من الإضاءة. كما يتم تثبيت في كل صف من وحدات الإضاءة الموجودة بالسقف اثنين من أجهزة الاستشعار تعمل على قياس مستوى الإضاءة شكل (12). ويتميز نظام التظليل الخارجي بوجود مجموعة من الشرائح الزجاجية الدوارة التي لا تعيق إدخال الإضاءة لتحقيق الراحة البصرية شكل (13).

شكل (11) المبنى البيئي بإنجلترا

شكل (12) حساسات الإضاءة بالسقف

شكل (13) فتح وغلق الشرائح الأفقية العاكسة لضوء الشمس

3-1-7- تأثير العمارة الحركية على تحقيق الراحة الصوتية:

الراحة السمعية أو الراحة الصوتية هي أحد الأركان المهمة لبيئة الإنسان والتي تؤثر على صحته النفسية والبدنية معاً [14]. وتتضمن الراحة الصوتية تحسين الأداء الصوتي لفضاءات المبنى والحماية من الضوضاء الخارجية للمبنى عن طريق إيجاد منطقة عازلة وهي تجويف واجهة الغلاف المزدوج الذكي للفصل بين داخل وخارج المبنى. ويوجد العديد من المباني الحركية التى تحقق الراحة الصوتية منها: منزل لومن هاوس بالولايات المتحدة الامريكية LUMENHAUS شكل (14). Lumenhaus هو مفهوم إسكان محمول تم تصميمه وبناؤه في مدرسة Virginia Tech للهندسة المعمارية 2010، ويسمح نظام Eclipsis الأوتوماتيكي

شكل (14) منزل لومن هاوس بالولايات المتحدة الامريكية

شكل (15) نظام Eclipsis وهو جدار شاشة منزلق تلقائي.

---

[5]) Correa, D., Krieg, O. D., Menges, A., Reichert, S. and Rinderspacher, K., **HYGROSKIN: A CLIMATERESPONSIVE PROTOTYPE PROJECT BASED ON THE ELASTIC AND HYGROSCOPIC PROPERTIES OF WOOD**, 33rd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture: Adaptive Architecture, ACADIA 2013. ACADIA, 2013.

[6]) Responsive textiles vs. reactive façade systems,

[7]) Givoni, Baruch. ***Passive low energy cooling of buildings***. John Wiley & Sons, New York, 1994, p. 29.

8) (https://www.albayan.ae/editors-choice/asfar/2015-11-23-1.2512401

[9]) SADRI, M., KAVANDI, M. JOZEPIRI, A. TEIMOUR, S and ABBASI, F. (2014). **Bionic Architecture, Forms and Constructions**, Research Journal of Recent Sciences, Vol. 3(3), 93-98. Iran.

[10]) SOMA, **IN PROGRESS: THEMATIC PAVILION EXPO 2012 / SOMA**, 22/2/2012, [Online]. Available: http://www.formakers.eu/project-117-soma-in-progress-thematic-pavilion-expo-2012 accessed 28/8/2022

[12]) آلاء صلاح- **تصميم الواجهات القابلة للتكيف مناخيا والمستوحاة من الطبيعة وتأثيرها على الأداء النهاري** للمبنى – رسالة ماجستير- جامعة الفيوم – مصر-2018

[13]) عصام رجب اسماعيل, **مفهوم الخصوصية وتأثيره على تصميم السكن في مصر** , بحث منشور, مجلة قسم الهندسة المعمارية, كلية الهنجسة جامعة اسيوط ,جمهورية مصر العربية ,1994

[14]) طرفة الشرياني- **الراحة السمعية** – 2007 – جريدة البيان الاماراتية.
https://www.albayan.ae/across-the-uae/2007-11-24-1.811131 2022/8/28

بالتحكم في البيئة الداخلية ومنع الضـوضـاء من خلال تغيير زاوية علامة التبويب البارزة عند رفع الثقوب كما في شكل (15).

8-1-3- تـأثير العمـارة الحركيـة على إمكـانيـة تغيير وتطوير الوظيفـة:

أ- القدرة على تعدد الوظائف (Multi-Function): ينشـأ مفهوم القدرة على تعدد الوظائف من وجود متطلبات أداء متعددة، أو الحاجة إلى القيام بتغيرات جديدة بمرور الوقت. وتعتبر "الشرفة التي يمكن طيها" مثالاً توضـيحيًا للقدرة على تعدد الوظائف حيث تتميز بقدرة متعددة اعتمادًا على الظروف المحيطة وتفضـيل المسـتخدمين، فإنها تتغير من نافذة إلى شـرفة عند الطلب شكل (16)[15].

شكل (16) البلكونة التى يمكن طيها والمسماة The Bloomframe® window

ب-القدرة على التطور Evolvability : بينما تتعامل القدرة على تعدد الوظائف بشكل أساسي مع التغيرات قصـيرة الأجل، فإن قابلية التطور هي خاصـية المرونة التي تتعامل مع التغييرات على مدى زمني طويل. فإن متطلبات البناء في المسـتقبل لا يمكن التنبؤ بها إلى حد كبير [16].

9-1-3- تأثير العمارة الحركية على توليد الطاقة:

يعد توليد طاقة المبنى بواسطة واجهاته الخارجية من أهم الاتجاهات الإبداعية التي اتبعها العديد من المعماريين المعاصـرين مستفيدين من مصـادر الطاقة المتجددة[17]، مثال على ذلك: **مبنى أورسـون سـبنسـر The Orson Spencer Hall في جامعة يوتا في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تم استخدام نظام** Ivy SMIT Solar المسـتوحى من ترتيب أوراق شـجر اللبلاب لالتقاط أشـعة الشـمس بطريقة مثلى [18]، و هذا الترتيب لا يؤثر فقط على السـطح المسـتخدم لتوليد الطاقة الكهربائية الضـوئية ولكن أيضـاً يزيد تأثير التبريد الطبيعي الناتج من حركة الرياح مما يعزز من كفاءة توليد الطاقة من الخلايا الشمسية الرقيقة شكل (17) [19].

شكل (17) مبنى أورسون سبنسر The Orson Spencer Hall

10- 1-3- حسن إدارة واستغلال المياه في العمارة الحركية:

يعتبر الماء إحدى ضـروريات الحياة ووسـيلة للتفاعلات الحيوية اللازمة لاسـتمرار الحياة، ومعمارياً يمكن تطوير الأسـطح مع الأخاديد الصـغيرة التي تحاكي المرشـحات الموجودة في الطبيعة لالتقاط ونقل مياه الأمطار ثم تجميعها في أماكن مخصـصـة، وهو ما يمكن أن تقوم به العمارة الحركية في مشـروع الكبسـولة الجبلية المسـتدامة، فقد صـمم المهندس المعماري السـورى إيهاب الحريري مفهوماً يُدعى "كبسـولة جبلية مسـتقبلية مسـتدامة" وهي منازل مسـتدامة مسـتوحاة من الزهور،وتتكون الكبسـولة من 7 بتلات تعمل كأذرع وتتفتح عند الحاجة إليها، ويمكن الوصـول إليها من خلال جسـر، ويمكن اسـتخدام البتلات لجمع مياه الأمطار والاستفادة منها، وإعادة استخدامها لاحتياجات مختلفة، شكل (18).

شكل (18) الكبسولة الجبلية المستدامة

2-3- الاحتياجات غير المادية:

1-2-3- دور العمارة الحركية في توفير الإطلالة الخارجيةoutside view:

تُعد تلبية الطلب على التواصل مع البيئة المعيشية الخارجية مكونًا نفسيًا مهمًا لضوء النهار، نظرًا لأن توفر أشعة الشمس وحدها لا يعني استغناء المستخدمين عن الإطلالة الخارجية. ويتم تحديد جودة الإطلالة الخارجية من خلال محيط المبنى والارتفاع الذي يقف عنده. ويجب مراعاة أنه عندما يكون المنظر الخارجي متاحًا فإنه يجب الاستفادة منه لأنه يعطي معلومات عن الاتجاهات والتغيرات الجوية ومرور الوقت خلال النهار ومنظر السماء وكذلك المناظر الطبيعية [20]. ويوجد العديد من المباني الحركية التى تتوفر فيها الإطلالة الخارجية منها مبنى أبراج البحر حيث تضفي الإطلالة الخارجية جاذبية هائلة للمبنى والتي من شأنها عدم إعاقة الرؤية والتمتع بالمناظر من حدائق ومرافق عامة، شكل (19).

شكل (19) الإطلالة الخارجية في مبنى ابراج البحر من خلال الوحدات المتحركة المفتوحة

يمكن أن تتيح العمارة المتحركة المطلات الخارجية المختلفة حيث يمكن مشـاهدة الشـروق والغروب من نفس الغرفة باستخدام آلية تتيح للمبنى الدوران بزاوية قدرها 360 درجة، والمبنى الأشهر في تعدد إطلالته هو البرج الدوار في دبي حيث يدور كل طابق منهم بشكل مستقل عن الطوابق الأخرى، شكل (20).

شكل (20) البرج الدوار في دبي.

2-2-3-تأثير العمارة الحركية في تحقيق عنصر الجمال:

تحقق المباني المتحركة تكاملاً تقنياً جمالياً بسبب التغير الشكلي، والمؤشرات الجمالية والنفعية والتقنية في العمارة المتحركة تسـاعد على تفاعل المتلقي مع هذه النتاجات بأعتبارها مؤثرات تزيـد من فـائـدة النتـاج. ولعنصـر الجمـال في العمـارة الحركيـة صـور ومـداخـل منـهـا:

أولا: المنفعة والتقنية: إن القيمة النفعية للمنتج المعماري يتحقق بتقديمه المنفعة الواضـحة والقدرة على إشـباع حاجة المتلقي الجمالية والوظيفية وفقاً للصـورة الذهنية والحاجة المادية، ويجب على المصـمم أن يجد قيمة نفعية متعددة المسـتويات وحينئذ سـوف تزداد الفئات المنتفعـة [21].

ثانيا: جذب الانتباه والبعد عن الملل: أن يكون المبنى من الأعمال التي تهدف إلى جذب الانتباه من خلال حركته وتغير شكله باستمرار مما يؤدي إلى الإثارة والبعد عن الملل [22].

ثالثا:الجانب التمثيلي (الاسـتيحاء من الطبيعية أو المحاكاة البيولوجية): هو أن تشـتق الأشـكال هيئتها من الطبيعة أو وفق ابتكارات المصـمم، والجانب التمثيلي للحركة قد يكون واقعياً أو طرازياً أو قريباً من التجريد، على سبيل المثال مبنى المحيط الواحد شكل (21). يقع المبنى في مدينة يوسو بكوريا وموقع المشروع الساحلي جعله في مهب الريح الشديدة. لذلك لابد أن يكون المبنى متكيفاً تماما مع ذلك المناخ. ويتكون المبنى من 108 لوحة متحركة بطول 140متر وقابلة للاستجابة لتغير ظروف ضوء الشمس ومتطلبات التهوية شكل (22). وطريقة انحناء الألواح المتحركة مستوحاة من طريقة انحناء أوراق زهرة عصـفور الجنة عند هبوط الطيور عليها فتنحني إلى الأسفل شكل (23). كما أن التحكم في فتح واجهة من الشقوق مثل الخياشيم في الأسـماك كما في شـكل (24) مماثل لآلية التنفس الموجودة في الكائنات المائية. فهي تقوم

---

[15]) Loonen, R. C., Trčka, M., Cóstola, D., & Hensen, J. L. M. **Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, PP 483–493. (2013). [Online].Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032113002670 accessed 28/8/2022

[16]) Loonen, R. C., Trčka, M., Cóstola, D., & Hensen, J. L. M. **Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, PP 483–493. (2013). previous reference

[17]) Ghaith M. Fateh, Alice Keswani, Modar Ali – مقال (العمارة الحركية التفاعلية – العمارة والتشييد – الاستدامة)– جريدة الباحثون السوريون – [Online].Available https://www.syr-res.com/article/9552.html accessed 28/8/2022

[18]) (SMIT (Sustainably Minded Interactive Technology), **Photovoltaic 'leaves' generate wind and solar power**, 21/12/2015, [Online]. Available: https://asknature.org/idea/smit-solar-ivy/#.WJ4wOIV96Uk accessed 10/2/2017.

2) SMIT (Sustainably Minded Interactive Technology), **Photovoltaic 'leaves' generate wind and solar power** [Online], previous reference

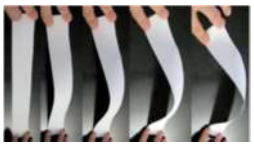
[20]) PHILLIPS, Derek, **Daylighting: natural light in architecture**, Routledge, Italy, 2004,[Online].Available:https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780080477053/daylighting-derek-phillips accessed 28/8/2022

[21]) اياد حسين عبدالله , **فن التصميم في الفلسفة والنظرية والتطبيق**, الشارقة, ج3,دائرة الثقافة والاعلام الطبعة الأولى (ص 215)

https://www.neelwafurat.com/itempage.aspx?id=lbb365682-361688&search=books accessed 28/8/2022

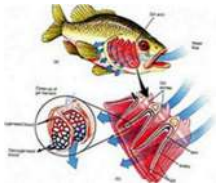
[22]) Ullmann ,Franziska," **Basic Energy Dynamics**", Vienna,2011,p106

بالتمدد أو التقلص استجابة لتركيزات CO_2، ولذلك تحقق توازناً مثالياً بين التحكم في فتحات الواجهة وفرق الضغط ومتطلبات التهوية ومتطلبات الإضاءة.



شكل (22) التغير في شكل انحناء الألواح المتحركة

شكل (21) One Ocean, Thematic Pavilion EXPO 2012



شكل (24) تبادل الغازات في الأسماك

شكل (23) زهرة عصفور الجنة، ومنصة هبوط الطيور

3-2-3- دور العمارة الحركية في تحقيق الخصوصية والاحتواء:

يختلف تعريف الخصوصية عن تعريف الاحتواء في العمارة كما يلى:

أولاً: الخصوصية :يمكن تعريف الخصوصية في العمارة تعنى الاستقلالية وهي قدرة الفرد أو الاشخاص على عزل أنفسهم، ولابد أن نراعي مبدأ الخصوصية لبعض الفراغات ذات الطبيعة الخاصة عند البدء في تصميم المشروعات وتخصيص المناطق الأساسية فيه.

ثانياً:الاحتواء: هو اقتطاع مساحة محددة من البيئة المحيطة وتشكيلها وفقا لاحتياجات البشر من الهدوء والحماية وخلق البيئة المناسبة لحياة الكائن البشري ونشاطه، وتوجد درجات للاحتواء منها الضعيف والمتوسط والقوى وذلك طبقاً لدرجة النفاذية.

وعلى الرغم من اختلاف مفهوم الخصوصية عن مفهوم الاحتواء في العمارة إلا أن العلاقة بينهما طردية فكلما زدات الخصوصية زاد الاحتواء، ويمكن التحكم في كلا منهما من خلال عدة أساليب منها ما يلي:

أ- فتح وإغلاق الفتحات: تتحكم العمارة الحركية بسهولة في فتح وإغلاق الفتحات في المبنى مما يؤدي إلى سهولة التحكم في خصوصيتهم ودرجة الاحتواء، مثل الجناح الحساس للرطوبة HygroSkin Meteorosensitive Pavilion شكل (25) و(26).

شكل (25) توسيع الفتحات في الجناح عند انخفاض الرطوبة النسبية 45% (أقل خصوصية وأقل احتواء)

شكل (26) اغلاق الفتحات في الجناح عن زيادة الرطوبة النسبية 70% (أكثر خصوصية وأكثر احتواء)

ب- تحريك الحوائط :تمكننا العمارة الحركية من التحكم في مكان الحوائط سواء بتحركيها من موضعها او إقامتها من عدمه وذلك حسب احتياج المستخدمين مما يؤدي إلى سهولة التحكم في خصوصيتهم ودرجة الاحتواء، مثل تحريك الحوائط في منزل لومن هاوس بالولايات المتحدة الامريكية LUMENHAUS شكل (27) و(28).

شكل (27) وفتح الحوائط (أقل خصوصية وأقل احتواء)

شكل (28) إغلاق الحوائط (أكثر خصوصية وأكثر احتواء)

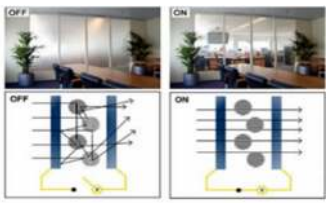
ج-حركة الكتل :يمكن التحكم في حركة كتلة كاملة من المبنى وتغيير موضعها واتجاها حسب احتياج المستخدمين كما في شكل (29)، مما يؤدى إلى سهولة التحكم في الخصوصية ودرجة الاحتواء.

شكل (29) استدارة ثلاث غرف في منزل شريفي-ها في إيران((sharifi-ha House لزيادة الخصوصية والاحتواء.

د-حركة الكاسرات داخل الزجاج المزدوج: وهي عبارة عن وجود كاسرات دوراة تعمل بمحرك داخل الزجاج المزدوج كما في شكل (30), وعند اغلاق الكاسرات تعمل كواجهة مغلقة ذات خصوصية عالية ودرجة احتواء أكبر، وعند فتحها تقل الخصوصية وكذلك تقل درجة الاحتواء[23].

شكل (30) الكاسرات الدوراة في the Cambridge Public Library

ه- تغير على مستوى الجزيئات عند مرور تيار كهربي:هي مواد تتغير في ترتيب جزيئاتها لتحقيق الشفافية او التغييش عند مرور تيار كهربي مما يؤدي إلى تغيرات في الخصائص البصرية، الخصائص الفيزيائية والحرارية أو خصائص السطح فيتم التحكم في الخصوصية الاحتواء شكل (31) [24].



شكل (31) تغير ترتيب الجزيئات عند مرور تيار كهربي والتحكم في الخصوصية و الاحتواء

ح - تغير استجابة للضوء الساقط :هو تغير يحدث في طبيعة المواد عند اختلاف في شدة الإضاءة التي تتعرض لها، وتتأثر بتغير لونها أو شفافيته وبذلك يمكن التحكم في الخصوصية الاحتواء [25] مثال على ذلك: الزجاج الفوتوكروميك photochromic glass شكل (32).

شكل (32) اختلاف الشفافية نتيجة اختلاف الحرارة وبالتالى التغير في الخصوصية والاحساس بالاحتواء

3-2-4- دور العمارة الحركة في تحقيق الأمان:

أولاً: أنظمة الأمان المشتركة بين العمارة الساكنة والمتحركة : تشترك المباني الثابتة والمتحركة في الحاجة لتحقيق الأمان داخل المبنى من خلال :أنظمة المراقبة بالفيديو وأنظمة الاتصال الداخلى المرئي، ويمكن توضيح كلاً منهم على النحو التالى:

أ- أنظمة المراقبة بالفيديو:تستخدم أنظمة المراقبة بالفيديو في المباني بشكل أساسي حيث أنها

[23]) Klaus Daniels, **Advanced Building Systems: A Technical Guide for Architects and Engineers**, Birkhauser publisher,Berlin,2003 p257

[24]) Bonsor, Kevin. "**How smart windows work.**" ***HowStuffWorks website*** (2001) , [Online].
Available:https://home.howstuffworks.com/homeimprovement/construction/green/smart-window3.htm accessed 28/8/2022.

[25]) Ferrara, Marinella, Bengisu, Murat, **Materials that Change Color Smart Materials, Intelligent Design**, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, eBook, 2014 , [Online].
Available:https://www.researchgate.net/publication/259077415_Materials_that_Change_Color_-_Smart_Materials_Intelligent_Design , accessed 28/8/2022

تمكن من الكشف عن أي تغيُرات بالبيئة بالاضافة إلى أنها تسهم في التحكم عن بُعد سواء بنظام سلكي أو لاسلكي بكل الوظائف.

ب- أنظمة الاتصال الداخلي المرئي :يمكن الاستفادة من أنظمة الاتصال الداخلي المرئي حيث أنه يقوم بنقل الصوت والصورة.

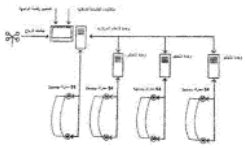
داخل الأبنية ومن ثم التحكم فيهما عبر أنظمة التوزيع الفائق Vidio Matrix & Audio[26].

ثانيا: أنظمة أمان □اصـــة بالعمارة الحركية

تنفرد المباني الحركية بنوع مختلف من أنظمة الأمان هو أمان التحكم في الغلاف الخارجي المتحرك للمبنى، فيتيح المبنى التحكم في الغلاف الخارجي من خلال ضغطة زر أو بأمر شفهي أو حتى بمجرد الإحســاس عن طريق حركة الأجزاء المكونة للغلاف الخارجي، ويوجد العديد من تلك الانظمة المتحكمة في الأجزاء المتحركة من المبنى منها:

- نظام Bus System: هو نظام تحكم في الواجهات عبارة عن مســار يتكون من كابلات وموصـلات تستخدم لنقل البيانات بين المعالجات الدقيقة للكمبيوتر والذاكرة الرئيسية، وتتحكم أربعة أجهزة كمبيوتر في عمليات حركة الواجهة عن طريق محركات (تحكم خارجي) متصلة بالألواح المتحركة شـكل (33)، ومن أمثلة المباني التى تسـتخدم ذلك النظام هو مبنى المحيط الواحد Thematic Pavilion EXPO 2012 One Ocean شكل (34)

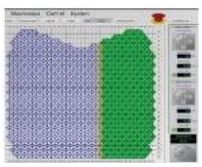
شكل (34) مبنى المحيط الواحد



شكل(33) نظام Bus-System المستخدم في واجهة مبنى المحيط الواحد

- نظام HMI: يعتبر هذا النظام بمثابة محطة تحكّم للمسـتخدم والتي تكون عادة على شـكل شـاشـة لمسـيّة أو شـاشـة مع أزرار موصـولة مع آلة ما، وفي معظم تطبيقات HMI يتمّ ربط الشّاشة مع متحكّم PLC متوافق معها شكل (36)، ويمكن برمجة.بعض الوظائف والحسّاسات للمراقبة والتحكّم على الشاشة، ومن أمثلة المباني التى تستخدم ذلك النظام هو مبنى ابراج البحر شكل (35).

شكل (35) واجهة مبنى أبراج البحر



شكل (36) برنامج التحكم وواجهة HMI لأبراج البحر.

3-2-5- دور العمارة الحركية في التأكيد على الجانب الاجتماعي والنفسي :

أجرى علماء النفس الاجتماعي العديد من الدراسـات لمعرفة المؤثرات على الصـحـة النفسـية والاجتماعية للمستعملين، وقد وجدوا أنها تتأثر بما يلي:

1- الإضاءة الطبيعية: يمكن أن يكون ضوء الشمس المباشر منعشا نتيجة لانتشار الإضاءة غير المنتظمة وتغير الإشعاع [27]

2- الخصوصية: للواجهات المتحركة أهمية اجتماعية ونفعية واضحة حيث أن الواجهات التى تعمل كمشـربيات متحركة تحقق قدر كبير من الخصـوصـية للمسـتخدمين وهذا أمر في غاية الأهمية للمجتمع العربي.

3- تغير شكل الكتل: تلعب العمارة الحركية دوراً كبيراً في وصول المستخدمين للشغف بسبب كثرة تغيير شكل الواجهات حسب رغبات المستخدمين.

4- الإطلالة الخارجية: هي إمكانية التواصـل مع البيئة الخارجية ومتابعة الاحداث و التغييرات الجوية مما يؤدي إلى وصـول المسـتخدمين إلى درجة عالية من الهدوء النفسـي وتقليل القلق بشأن الانعزال عن الخارج.

3-2-6- دور العمارة الحركية في التأكيد على الانتماء و الهوية:

يعد الانتماء شـعوراً ثابتاً بمعنى أن انتماء الإنسـان لمكان ما يكون مباشـراً وكاملاً وتاماً حتى يتحقق مفهوم الانتماء بشـكل صـحيح، كما أنه يعتبر عاملاً من عوامل بناء المجتمع؛ فعندما ينتمي الإنسـان لمجتمعه يؤدي ذلك إلى تشـجيعه للمحافظة عليه والحرص على نموه وازدهاره بشـكل دائم [28]، ويوجد العديد من أنواع الانتماء وجميعها يمكن ان يؤثر على العمارة الحركية منها الانتماء الوطني ، الانتماء الديني، الانتماء السياسـي والانتماء الفكرى

ويوجد العديد من المباني الحركية التى يظهر فيها الانتماء منها : مبنى معهد العالم العربي في باريس، وأُنشِـئ ليكون أداة للتعريف بالثقافة العربية ولنشـرها، حيث اتفقت 18 دولة عربية مع فرنسا على إقامته ليكون مؤسسة تهدف إلى تطوير معرفة العالم العربي، شكل (37)، وعلى الرغم من وجود هذا المبنى في باريس بفرنسـا إلا أنه يظهر فيه الطابع العربي كنوع من أنواع الانتماء القومى حيث يوجد في الواجهة الجنوبية للمبنى الزخارف الهندسـية التراثية العربية (38).

شكل (37) معهد العالم العربي.

شكل (38) مشربية معهد العالم العربي

ونخلص من ذلك أن للعمارة الحركية دور في تحقيق الكثير من الاحتياجات الإنسـانية سـواء المادية او غير المادية، وان العمارة الحركية قادرة على تحقيق راحه الإنسان ومتطلباته الحياتية ورغباته والاسـتجابة للمتغيرات البيئية والاحتياجات المتغيرة، وهذا بدوره يُشـعر المسـتخدم بالرضـا والراحة، وبذلك يكون قد تم تحقيق الهدف الثاني من البحث وهو دراسـة العلاقة بين العمارة الحركية والاحتياجات المادية وغير المادية للإنسـان ومنها تم اسـتنتاج بعض المعايير التصميمية للعمارة الحركية والتى سوف يتم عرضها لاحقاً.

ثانياً:الدراسة التحليلية:

تحليل بعض النماذج في العمارة الحركية

1- معايير اختيار عينة الدراسـة:

تم اختيـار المشـــاريع التي تحقق أهـداف الـدراســـة، وبمـا يتفق مع المعـايير التـالي

أ- أن تكون العمارة الحركية هي المحور الرئيسي لتلك المشروعات.

ب- حداثة المشروعات المعمارية المختارة، وأن تلبي معايير التصميم المعماري المعاصر منذ 2006 حتـى 2022م.

ج- التنوع في المشـروعات من حيث تعرضـها لعناصـر مناخية مختلفة، ومسـتوى التكيف.

د- تنوع المشاريع ما بين إقليمي،ودولي .

2- عينة الدراسة:

تم اختيار عدد من المشروعات المعمارية بما يتفق مع المعايير السابقة، ويحقق أهداف الدراسة وهي كما يلي في جدول (4-1):

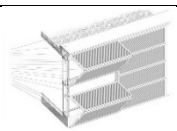
اسم المشروع	مستوى التكيف	الموقع
أبراج البحر Al Bahr Towers	كلي – مكونات مكملة	أبوظبي
Kiefer Technic Showroom مبنى كيفر	كلي – مكونات مكملة	النمساHG
منزل شريفي-ها sharifi-ha House	كلي	إيران
استاد مرسيدس-بنز Mercedes-Benz Stadium	جزئي	أمريكا

[26]) 33نظم ماسترى للبيت الذكي: متاح بالموقع الالكتروني http://masteryit.com. ;تم الدخول على الرابط بتاريخ 2021/7/4

[27]) Lechner, Norbert. ***Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects***. John wiley & sons, 2014.

[28]) مجد خضر – مفهوم الانتماء – جريدة موضوع–2016

[Online].Available:https://mawdoo3.com/%D9%85%D9%81%D9%87%D9%88%D9%85_%D8%A7%D9%84%D8%A7%D9%86%D8%AA%D9%85%D8%A7%D8%A1 ,accessed 28/8/2022

المبنى	أبراج البحر في أبوظبي	Kiefer Technic Showroom مبنى كيفر
الموقع	مدينة أبوظبي في الامارات العربية المتحدة	في مدينة Bad Gleichenberg في النمسا
التصميم المعماري	شركة Aedas-UK بالتعاون مع شركة Arup	شركة Ernst Giselbrecht بالتعاون مع شركة Partner ZT GmbH
عام التصميم	2007 م	2006 م
الوظيفة Function	مبنى مكاتب	مبنى مكاتب وصالة عرض
المسطح	11500 متر مربع	545 متر مربع
نبذة عن الفكرة التصميمية Concept	اكتمل إنشاء هذا المشروع في يونيو 2012، ويبلغ إرتفاع الأبراج 145 متراً، وتم استخدام الهندسة الوصفية لتشكيل واجهات ديناميكية، فكان الفريق قادرا على محاكاة عملها لتستجيب لتعرضها لأشعة الشمس وتغيير زوايا سقوطها خلال الأيام المختلفة من السنة، وتتميز أبراج أبوظبي بالحائط ستائرى curtain) wall) وهو عبارة عن مجموعة من الإطارات المثلثة تشد شبكة من الألياف الزجاجية والتى تمت مبرمجتها لتستجيب لحركة الشمس وذلك كوسيلة من الحد من إكتساب الطاقة الشمسية والوهج.	يتميز مبنى Kiefer Technic Showroomبواجهاته المعمارية المقسمة مع شرائط النوافذ، تم تقديم مفهوم جديد من خلال إعطاء المبنى صالة عرض ذات واجهة ديناميكية. حيث اتاح التصميم توسيع الاحتمالات بين الخصوصية والشفافية عن طريق تركيب جهاز متحرك على الواجهة الجنوبية للمعرض بالكامل، مما جعل من السهل إدراك الواجهة الشفافة مع الحفاظ على الجو المريح في الغرف. تمزج الواجهة الجنوبية الديناميكية الهندسة المعمارية مع سماحية تغيير واجهة المبنى ديناميكيًا[29]
مستوى التكيف	كلي (مكونات مكملة)	كلي (مكونات مكملة)
الهيكل المتحرك	الغلاف الخارجي (حائط ستائري)	الغلاف الخارجي (حائط ستائري)
الدافع لاستخدام الحركية	الإشعاع الشمسي المرتفع	الإشعاع الشمسي المرتفع
العنصر المتكيف	الوحدة الثلاثية	 الوحدة الثنائية
نمط الحركة	الطي	الطي
وقت الاستجابة	يتغير شكل الواجهة كل 15 دقيقة.	تتغير أجزاء من الواجهة كل ثانية على حسب رغبة وراحة المستخدمين فتتحول الواجهة إلى منحوتة ديناميكية [30]
طريقة التحكم	تحكم إلكتروني	التحكم يدوى + تحكم إلكتروني

المبنى	منزل شريفي-ها sharifi-ha House	استاد مرسيدس-بنز Mercedes-Benz Stadium
الموقع	مدينة طهران في إيران	أتلانتا التابعة لمدينة جورجيا في الولايات المتحدة الأمريكية
التصميم المعماري	NextOffice–Alireza Taghaboni	تصميم شركة tvsDesign بالتعاون مع HOK و Goode و Van Slyke Architecture Stanley Beaman & Sears.
عام التصميم	2014 م	٢٠١٤ وتم الافتتاح في اغسطس ٢٠١٧
الوظيفة Function	مبنى سكنى	استاد لكرة القدم الأمريكية
المسطح	1400 متر مربع	5793 متر مربع
نبذة عن الفكرة التصميمية Concept	يتوزع المنزل على سبعة طوابق، وقد تم تصميم المبنى على مفهوم المرونة في تصميم الموقع العام، حيث يمكن استدارة ثلاث غرف تسعين درجة فقط لكل منهما، ويتكون المبنى من شكل مستطيل مع عرض ضيق جداً للواجهة الجنوبية على الشارع، ويتم تثبيت ثلاثة منشورات مستطيلة أفقية أصغر داخله، واحد في كل طابق، ويمكن أن تدور جميع الغرف الثلاث بشكل مستقل عن بعضها البعض، وتستند الفكرة الأصلية إلى المبنى الإيراني التقليدي الذي يحتوي على غرفة معيشة صيفية وشتوية، فالغرف الثلاث تفتح في الصيف الحار للحصول على منظر جميل من الشرفة من خلال النوافذ الكبيرة، وتدور مرة أخرى في الشتاء البارد للحد من فقدان الحرارة.	يعتبر الاستاد أعجوبة معمارية نظراً لتطوره تكنولوجيا لدرجة وصف فيها بأنه الأكثر تقدماً على مستوى ملاعب الكرة الأرضية، ويتمتع الملعب بنظام لزيادة عدد المقاعد أو تقليلها بحيث تصل إلى 71 ألف مقعد في حال استضافة مباراة لكرة القدم الأمريكية، ويحتوي على مقاعد مكيفة بجانب مرافق عدة من مطاعم ومقاهي ومحلات تجارية وفنادق، ويتميز الاستاد بوجود سقفاً متحركاً يعد واحداً من خمسة فقط في ملاعب أمريكا لكرة القدم، يفتح ويغلق بسرعة قياسية تصل إلى ثماني دقائق فقط، ويبدو في شكله كأن سفينة فضاء هبطت على الأرض، كما يتميز الملعب بخاصية فريدة من نوعها بوجود شاشة بانورامية في المحيط الداخلي للسقف.
مستوى التكيف	كلي (مكونات مكملة)	جزئي
الهيكل المتحرك	دوران كُتل	السقف
الدافع لاستخدام الحركية	مرونة التصميم للتكيف صيفياً وشتاءً	الراحة البصرية (الحماية من البهر)
العنصر المتكيف	الصندوق الفولازي	بتلات الثمانى السقف
وقت الاستجابة	يستغرق الدوران 20 ثانية	يفتح ويغلق بسرعة قياسية تصل إلى ثماني دقائق فقط
نمط الحركة	الدوران	الانزلاق والدوران
طريقة التحكم	تحكم إلكتروني	تحكم إلكتروني

([29]) Fouad, S. M. A. E. "**Design methodology: Kinetic architecture**." **Master Thesis**, *Architectural Engineering, Alexandria University* (2012), p86.

([30]) Nina Kuipers , **FROM STATIC TO KINETIC The potential of kinetic façades in care-hotels**.

الراحة الحرارية	تم تغطية الوحدات الثلاثية بالفيبرجلاس ومبرمجة للاستجابة لحركة الشمس وتقليل اكتساب الحرارية	يعمل الغلاف كمنظم لدرجة الحرارة ودرع حماية ضد الحرارة الخارجية.
التفاعل مع اختلاف الرطوبة	يعمل الغلاف الخارجي للمبنى كغشاء رطب للتحكم في محتوى الرطوبة.	يمكن التحكم في الرطوبة نتيجة التحكم في الحرارة.
تحقيق الإظلال	حركة الوحدات توفر إظلال بنسبة 70-80%	واجهة الجص EIFS الأبيض تعمل حاجب للشمس تحقق إظلالا.
تحقيق التهوية	تسرب الهواء من خلال فتحات الغلاف الخارجي	توفر فتحات التهوية على كامل الواجهة الجنوبية للمبنى.
الحماية من الرياح والعواصف	يعمل الغلاف الخارجي كحاجز امان ضد الرياح.	سهولة اغلاق كل فتحات المبنى عند هبوب الرياح والعواصف
تحقيق الراحة السمعية	الوحدات المتحركة مصنوعة من الألياف الزجاجية المطلية بـ PTFE تعمل كعازل صوتي باستخدام مواد تشتت الموجات الصوتية.	استخدام الألواح الخارجية للواجهة من الجص EIFS الأبيض والذى له دور في عزل الصوت.
الراحة البصرية	سهولة التحكم في حجم الفتحات الخارجية للغلاف.	سهولة التحكم في حجم الفتحات الخارجية للغلاف.
إمكانية تغيير الوظيفة	مرونة خصائص الغلاف تُمكن المستخدمين من سهولة تغيير الوظيفة الداخلية.	مرونة خصائص الغلاف تُمكن المستخدمين من سهولة تغيير الوظيفة الداخلية.
توفير وتوليد الطاقة	سهولة التحكم في الغلاف أدى إلى توفير احمال التبريد بنسبة 25٪ وبين 20-50٪ انخفاض في اكتساب الحرارة الشمسية.	وقد وفرت الواجهة الديناميكية 86.3٪ في اكتساب الحرارة 49.6٪ لطاقة التبريد
حسن إدارة واستغلال المياه	لم يتحقق.	لم يتحقق.
توفير الإطلالة الخارجية	توفر جودة الإطلالة الخارجية بشكل مستمر.	توفر جودة الإطلالة الخارجية بشكل مستمر.
التأكيد على الجانب النفسي والاجتماعي	توفر راحة نفسية نتيجة توفر التواصل البصري مع البيئة الخارجية للمبنى والتهوية واضاءة طبيعية	توفر راحة نفسية نتيجة توفر التواصل البصري مع البيئة الخارجية للمبنى والتهوية واضاءة طبيعية
تحقيق عنصر الجمال	تحقق نتيجة وجود التقنية، الجانب التشيلي(محاكاة بناء قرص العسل- محاكاة طريقة فتح وإغلاق الزهور)، إمكانية تغيير شكل المبنى.	أدت إضافة الحركة إلى واجهة المبنى إلى تحويله إلى منحوتة حركية التي يمكن أن تقدم باستمرار وجوهًا جديدة من خلال قابليتها للتغيير بشكل لا نهائي.
تحقيق الخصوصية والاحتواء	التحكم في الفتحات عند اختلاف درجة الاحتياج للخصوصية.	التحكم في الفتحات عند اختلاف درجة الاحتياج للخصوصية.
تحقيق الأمان	استخدام برنامج التحكم وواجهة HMI للغلاف لأبراج البحر	نظام التحكم KPVF باستخدام Dynamo للتحكم عن بعد.
التأكيد على الانتماء و الهوية	قد استلهم تصميم الوحدات المتحركة من "المشربية" التقليدية التي كانت تزين نوافذ البيوت العربية التقليدية منذ القرن الـ14 وذلك كنوع من أنواع الانتماء القومى	لم يتحقق.

الراحة الحرارية	إمكانية دوران الكتلة يحقق للراحة الحرارية طوال فصول السنة.	تتحرك البتلات الثمانية لإغلاق السقف عند ارتفاع درجات الحرارة، وتتكون الواجهة من ألواح معدنية معزولة وألواح ETFE مما يعمل على تقليل درجات الحرارة الداخلية للاستاد
التفاعل مع اختلاف الرطوبة	إمكانية اغلاق المبنى لنفسه يمكن من الوصول لمحتوى معتدل من الرطوبة.	يمكن التحكم في الرطوبة نتيجة التحكم في الحرارة.
تحقيق الإظلال	يمكن التحكم في إظلال المبنى من خلال دوران الصناديق.	يزداد الأظلال ن اغلاق بتلات السقف
تحقيق التهوية	تم تصميم تفاصيل الدرابزين بحيث يتم التحكم في اختراق الهواء عن طريق تصميم الدرابزين القابل للطي	المواد المستخدمة في بناء السقف هي مادة ETFE والتى تتميز بمقاومة الملوثات والغبار والمواد الكيميائية المحمولة بالهواء.
الحماية من الرياح	إمكانية اغلاق المبنى لنفسه يساهم في الحماية من الرياح.	إمكانية اغلاق بتلات السقف يساهم في الحماية من الرياح.
تحقيق الراحة السمعية	يتحقق ذلك بسهولة عند دوران المبنى واغلاقه.	لا يمثل على الاحتياج ضرورة بالنسبة لطبيعة المشروع
الراحة البصرية	الوصول لمستوى إضاءة مناسب من خلال حركة كتل المبنى	يُفتح السقف للسماح بدخول ضوء الشمس ويغلق للحماية من البهر.
إمكانية تغيير الوظيفة	دوران الكتل يخلق مساحات داخلية متغيرة يساعد لى اختلاف الانشطة.	يمكن لمشغلي الاستاد إعادة تكوين المنشأة بسهولة لاستيعاب مباريات فالكونز.
توفير وتوليد الطاقة	تم توفير قدرمن الطاقة المفترض استهلاكها في لمعالجة الحرارة والاضاءة وغيرها.	يوفر الملعب 29% من استهلاك الطاقة مقارنةً بالملعب النموذجي، ويحتوي الموقع على أكثر من 4000 لوحة كهروضوئية قادرة على توليد 1.6 مليون كيلوواط / ساعة سنويًا
حسن استغلال المياه	لم يتحقق	لم يتحقق
توفير الإطلالة الخارجية	تحقيق إطلالة خارجية متغيرة حسب زاوية رؤية المستخدمين.	يمكن للإضاءة الخارجية أن تغير بسهولة لون الواجهة الشفافة والتى تخلق نافذة من 16 طابقًا توفر إطلالات بانورامية على أفق أتلانتا.
التأكيد على الجانب الاجتماعي	توفر راحة نفسية نتيجة توفر االإطلالة الخارجية للمبنى والتهوية واضاءة طبيعية	توفر ضوء النهار والإطلالة الخارجية يؤدي إلى شغف المشجعين ودفع الملل
تحقيق عنصر الجمال	تحويل الواجهة الثنائية الابعاد إلى واجهة ثلاثية تحقيق المزيد من الاثارة الكتلية.	حركة سقف الاستاد مستوحى من تغطية السقف في مبنى البانثيون القديم في روما، والسقف مكون من ثماني بتلات كل منها على شكل جناح الصقر
تحقيق الخصوصية والاحتواء	سهولة التحكم في الخصوصية تبعاً لسهولة التحكم في دوران الكتلة.	بناءً على طبيعة الأنشطة التى تُقام فلا يحتاج الاستاد إلى الخصوصية
تحقيق الأمان	تحقق من خلال استخدام الاقراص الدوارة واستخدام الدرابزين المتحرك.	تم تصميم مصفوفة يمكن استخدامها بواسطة نظام التحكم الآلى للتحكم في حركة السقف.
التأكيد على الانتماء والهوية	انفتاح وإغلاق المبنى هو إشارة إلى المنازل الإيرانية التقليدية	ظهور شعار شركة مرسيدس عند اغلاق السقف للسيارات التى قامت بتمويل استاد مرسيدس بنز من أجل الحصول على المردود المالى لصالح شركتها(مرسيدس-بنز) للسيارات.

وبذلك يكون قد تم الانتهاء من تحليل بعض نماذج العمارة الحركية ومنها تم استنتاج بعض المعايير التصميمية للعمارة الحركية والتى سوف يتم عرضها فيما يلى.

ثالثا:الدراسة الاستنباطية

المعايير التصميمية للعمارة الحركية لتلبية الاحتياجات الإنسانية

*خطوات تحديد المعايير التصميمية:

يتم تحديد نقاط المعايير التصميمية للمباني الحركية من خلال استخلاص معايير من الدراسة النظرية والتحليلة السابقة للعمارة الحركية وكذلك من خلال تحليل النماذج الشهيرة في العمارة الحركية.

* تقييم أداء المباني المتحركة:

المقصود من تقييم أداء المباني هو عمل دراسات نظرية وعملية تسمح بالتعرف على إيجابيات وسلبيات المباني سواء القائمة منها أو التي تحت الإنشاء، وذلك للتأكد من صلاحيتها وتحقيقها للأهداف المتوقعة منها.

* أنواع الأدلة المستخدمة في تقييم أداء المباني الذكية بصفة عامة:

هناك عدة أدلة على مستوى العالم صممت لتقييم مستوى أداء المباني الذكية المختلفة، وان كان يعيبها افتقادها الشديد للتخصص في تحديد نوعية المنشآت الداخلة في التقييم (مثل المباني الإدارية، والسكنية، والتجارية،... إلخ) ومراعاة الاختلاف في وظيفة كل منشأ على حدى وطريقة إدارته، بالإضافة لافتقار أغلب النماذج إلى قوة المقارنة بين المباني الحركية أو تفضيل أحدها عن الآخر بناء على تحقيقه معايير محددة خلافاً للآخر.

*طريقة استخدام الدليل العملي للمعايير التصميمية:

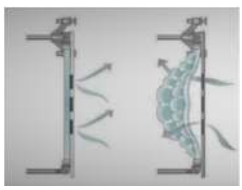
عند قياس نسبة التكامل لأحد المباني الحركية والرغبة في توفير الحد الأقصى من الاحتياجات الإنسانية، فإنه يجب التأكد من توافر بعض المعايير المحددة والتي تعطي للمبنى صفة التكامل، ويتم تحقيق هذه المعايير من خلال التأكد من توافر معيار أو عدة معايير في كل احتياج والتي تم التوصل إليها في المعايير التصميمية لإنشاء مبنى حركي يحقق الاحتياجات الإنسانية، وتزداد نسبة التكامل في المبنى بزيادة عدد النقاط التي تم تنفيذها في إنشاء المبنى.

أولا: المعايير التصميمية للاحتياجات المادية في العمارة الحركية

1- معايير تحقيق الراحة الحرارية عند التصميم الحركي:

- إمكانية التحكم في النفاذية الحرارية للواجهة عن طريق استخدام نوافذ قابلة للغلق و الفتح.

- إمكانية تغيير توجيه المبنى خلال فصول السنة المختلفة Spatial features للتكيف مع التغييرات في درجات الحرارة.



شكل (40) واجهة مغناطيسية بالهواء المضغوط حراريًا.

- استخدام أنظمة تقوم بالمقاومة الحرارية عن طريق دفع الهواء البارد لداخل الكتلة عند ارتفاع درجات الحرارة الداخلية مثل أنظمة الهواء المضغوط كنظام الواجهة المغناطيسية. كما في شكل (40)

- استخدام مواد تستجيب للتغير في درجات الحرارة المحيطة بالمبنى او درجات الحرارة الداخلية للفراغات مثل: اللدائن الحرارية Thermoplastics.

- استخدام أنظمة بيولوجية مثل استخدام الطحالب و اسقف/جدران خضراء من أجل الحفاظ على درجات الحرارة الداخلية للفراغات وكذلك خفض الطاقة المستهلكة كما في شكل (42).

شكل (42) جدران خضراء تساعد في الوصول للراحة الحرارية.

- استخدام أنظمة تقوم بإحداث انحناءات في الشكل كرد فعل تلقائي عند اكتساب الحرارة الشمسية، وبالتالي تنظيم البيئة الداخلية نتيجة تغيرات في البيئة الخارجية مثل نظامhomeostatic system وهو المطاط الصناعي مع طلاء الفضة كما في شكل (43).

شكل (43) إنحناء المطاط نتيجة التعرض لطاقة حرارية.

- استخدام نظام سبائك الذاكرة Shape memory alloys التي تتميز بإحداث تغير في شكلها عند تعرضها للحرارة والعودة إلى شكلها الطبيعي عند فقد تلك الحرارة كما في شكل (44)

شكل (44) نسيج ذكي يتضمن سبائك ذاكرة.

- استخدام نظام Thermobimetal الذي يتكون من مواد التمدد الحراري Thermal expansion materials وهو عبارة عن مزيج من النحاس و خليط من المعادن ويختلف شكل المواد عند تعرضها للحرارة او أشعة الشمس البسيطة وتعود إلى شكلها الاصلي عند زوال السبب كما في شكل (45)

- إعادة تدوير مخلفات الصرف واستخدامها في التدفئة او انظمة التبريد.

2- معيار تحقيق الرطوبة المعتدلة عند التصميم الحركي:

- استخدام المواد المستطربة materials hygroscopic التي تستجيب للرطوبة أى ان هذه المواد تتأثر بمحتواها من الماء أو الرطوبة الداخلية مما يؤدي إلى تغير سلوك تلك المواد عند امتصاصها للرطوبة مثل: الخشب المستخدم في الجناح الحساس للرطوبة Pavilion Meteorosensitive HygroSkin كما في شكل (46).

3- معايير تحقيق الإظلال في التصميم الحركي:

- مراعاة ان تكون عناصر الإظلال على الجهات الشرقية والغربية والجنوبية للمشروع و التى تقلل من الكسب الحراري صيفا وتسمح به شتاء لتحقيق التدفئة.

- استخدام وسائل الإظلال الخارجية القابلة للحركة أو المواد المماصة للإشعاع الزائد أو كلاهما.

- استخدام الحائط المزدوج double skin مع دمج عناصر حركية فيها يساهم في تقليل الكسب الحراري كما في شكل (47).

- استخدام الأغلفة المتحركة على الواجهات الأكثر عرضة لإشعاع دون غيرها.

- استخدام التفاعل النشط للبوليمرات Shape shift(EAP-electro-active polymer) التى تتميز باختلاف اشكالها عند تعرضها للطاقة الكهربائية وتحويلها إلى طاقة حركية، ويمكن استخدام تلك المواد في أنظمة التظليل كما في شكل (48).

شكل (54) اختلاف شكل المواد في نظامThermobimetal عند تعرضها للحرارة.

شكل (46) الخشب المستخدم في الجناح الحساس للرطوبة Pavilion Meteorosensitive HygroSkin

شكل (47) الغلاف الخارجي المزدوج.

شكل (48) شكل البوليمرات عند تعرضها للطاقة الكهربية.

شكل (49) نظام الشاشة الذكية Smart screen.

- استخدام نظام الشاشة الذكية Smart Screen الذي يتميز بوجود اسلاك تتوسع عند زيادة درجات الحرارة الخارجية فتعمل كأجهزة تظليل للمبنى، وعند انخفاض درجات الحرارة الخارجية تنكمش الأسلاك لتسمح بدخول الإشعاع الشمسي كما في شكل (49).

4- معايير تحقيق التهوية الطبيعة في التصميم الحركي:

- استخدام double skin واستغلال المسافة بين الغلاف الداخلي الساكن والغلاف الخارجي المتحرك في تجديد الهواء الفراغات الداخلية للمبنى مع عمل فتحات متحركة في اتجاه الهواء.

- استخدام العناصر المتحركة في الجهة الشمالية للمشروع لتحقيق التهوية عند فتحها.

- استخدام مواد ذكية متفاوتة في النفاذية أو تعمل على تعديل فتحاتها اعتمادا على تركيز ثاني أكسيد الكربون.

- تصميم المبنى على أساس المحاكاة البيولوجية لتل النمل الأبيض وحركة الهواء بداخله كما مبنى مجلس النواب Council House 2 (CH2) كما في شكل (50).

شكل (50) مجلس النواب Council House 2 (CH2)

- استخدام أنظمة تعمل على فتح وإغلاق الفتحات تلقائيا من أجل التهوية والتبريد مثل نظام HIVE الذى يتكون من وحدات قابلة للفتح كما في شكل (51).

شكل (51) الوحدة المكونة ل نظام HIVE

5- معايير الحماية من الرياح في التصميم الحركي:

- استخدام عناصر متحركة على الجهة الشمالية في المشروع لإغلاقها عند زيادة الرياح عن الحد المطلوب.
- استخدام عناصر متحركة جهة الجنوب او الجنوب الشرقي للحماية من الرياح غير المحببة.

6- معايير تحقيق الراحة البصرية في التصميم الحركي:

- مراعاة تجنب حدوث الابهار البصري بحيث تتحقق الراحة البصرية والتى تعتمد على: شده الإضاءة Illuminance و توزيع الإضاءة Distribution، والبهر Glare واتجاه الضوء Direction.

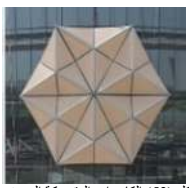
- استخدام المواد الذكية المستحدثة لتوفير الإضاءة الطبيعية مثل ETEF التى تتميز بالشفافية مثل الزجاج فتدخل الإضاءة الطبيعية دون الحرارة.

شكل (52) الزجاج المزدوج ذات الغلاف الخارجي المتحرك.

- تركيب عناصر خارجية متحركة مزدوجة الغلاف لدعم الإضاءة الطبيعية فتكون طبقة من الزجاج وطبقة أخرى من عناصر الإظلال أو غيرها من العناصر التى تتحرك تلقائيا مع حركة الشمس لتساهم في نفاذ الضوء كما هو الحال في مبنى ابراج البحر في أبوظبي كما موضح في شكل (52).

7- معايير تحقيق الراحة الصوتية في التصميم الحركي:

- استخدام مواد ماصة للصوت في تصنيع الأجزاء المتحركة من الواجهة.


شكل (53) الكاسرات المتحركة المصنوعة من الألياف الزجاجية المطلية ب PTFE في مبنى ابراج البحر.

- استخدام مواد تعمل على تشتيت الصوت الخارجي مثل الألياف الزجاجية المطلية ب PTFE كما هو الحال في كاسرات مبنى ابراج البحر في أبوظبي كما في شكل (53).

- استخدام الغلاف المزدوج الذي يحتوى على صمامات صوتية Dampers Acoustics التى بإمكانها الفتح أو الإغلاق مما يعمل على خلق منطقة من العزل الصوتى عن الضوضاء الخارجية كما في شكل (54).

شكل (54) استخدام صمامات صوتية داخل الزجاج المزدوج.

- استخدام نوع من الزجاج المزدوج double skin واستخدام مواد تعمل على عزل الزجاج مثل مادة الايروجيل Airogel لعزل الزجاج وملء الفراغ مما يؤدي إلى العزل الصوتى الجيد.

شكل (55) اغلاق فتحات نظامEclipsis الموجودة في الغلاف الخارجي.

- استخدام أحد أنظمة الكاسرات المتحركة مثل نظام Eclipsis الذي يتكون من طبقات منزلقة مستقلة للتحكم في البيئة الداخلية ومنه الضوضاء بإغلاق الفتحات بشكل تلقائي او بالتحكم الإلكتروني كما في شكل (55).

- مراعاة تحقيق الكفاءة الصوتية المكتسبة أثناء العملية الحركية وكذلك دراسة تأثير المواد المستخدمةعلى الكفاءة الصوتية للفضاء.

8- معايير تغيير وتطوير الوظيفة في التصميم الحركي:

- تصميم أجزاء من المبنى التى يمكن استخدامها او طيها عند عدم الحاجة إليها كما في شكل (56).

شكل (56) البلكونة التى يمكن طيها

- استخدام الأسقف المتحركة لتحقيق الراحة عند أداء الأنشطة المختلفة كما في شكل (57).

- استخدام الحوائط المتحركة عن تغيير الانشطة الداخلية للفراغات.

- تحريك حوائط داخلية مما يؤدي إلى تغيير الأنشطة الداخلية.

شكل (57) مبنى المنزلق

- القدرة على إضافة او اختزال بعض أجزاء من الكتلة.

- مراعاة التوافق الدائم بين الكتلة الحركية و الوظيفة الدائمة او المتغيرة حديثاً.

- مراعاة العلاقة بين الجزء الثابت والمتحرك وعدم إعاقة أي منهما وظيفة الأخر.

9- معايير توليد وتوفير الطاقة في التصميم الحركي:

شكل (58) استخدام توربينات افقية او رأسية لتوليد الطاقة.

- الاستفادة من طاقة الرياح و التى لا تتأثر بليل او نهار وتعد من اخصب انواع الطاقات المتجددة ويمكن أن يتم ذلك من خلال: استخدام توربينات افقية او رأسية في المبنى الحركي او استخدام الحركة في المبنى لتوليد طاقة الرياح كما في شكل (58).

شكل (59) استغلال الطاقة الشمسية من خلال دمجها مع المبنى.

- استغلال الطاقة الشمسية بعد تحويلها إلى صور مختلفة من الطاقة، والتى تعد من أهم سمات المبنى الحركي الموفر للطاقة حيث إمكانية الاستفادة من الاكتساب الضوئي من الأشعة الشمسية عن طريق تحويلها إلى طاقة كهربائية، أو من الاكتساب الحراري من الأشعة الشمسية عن طريق استخدامها في تسخين المياه والتدفئة داخل المبنى، على أن تكون هذه النظم المستخدمة مدمجة مع أحد أجزاء المبنى مثل (السطح أو الحوائط الخارجية أو الفتحات الخارجية أو أرضية المبنى) كما في شكل (59).

شكل (60) يمكن توليد الطاقة من خلال حركة المبنى.

- استخدام حركة المبنى في توليد الطاقة كما في شكل (60).

شكل (61) جدران خضراء تساعد في الوصول للراحة الحرارية.

- الاعتماد على عدة مصادر للطاقة المتجددة بالمبنى الحركي، ويمكن للعمارة الحركية ان توفر أكثر من 30% من تكلفة الطاقة المستهلكة في المباني اذا وضع في الحسبان فكرة توفير الطاقة عند تصميم المبنى الحركي مثل: السيطرة على ضوء النهار وكمية الحرارة النافذة إلى داخل المبنى، ويمكن ذلك من خلال النظم البيولوجية مثل استخدام الحوائط واسقف/جدران خضراء كما في شكل (61) من أجل الحفاظ على درجات حرارة الداخلية للفراغات وكذلك خفض الطاقة المستهلكة.

- تحقيق التهوية الطبيعية من خلال حركة أجزاء المبنى بحيث تقل تكلفة التهوية الصناعية.

- اختيار موقع مستدام مناسب وفقا لمعايير العمارة الخضراء LEED.
- استخدام استراتيجيات العمارة الخضراء وحصول المبنى على درجة من ال LEED.
- تميز المبنى الحركي بأن يكون ذاتي الطاقة كما هو الحال في مبنى BIQ House شكل (62).

شكل (62) تخزين الطاقة في آبار أرضية باستخدام نظام الطاقة الحرارية الأرضية.

- اختيار مواد صديقة للبيئة وذلك لإمكانية إعادة تدويرها.

10- معيار إدارة واستغلال المياه في التصميم الحركي:

- الاستفادة من مصادر المياه المتاحة اما تجميعها وتخزينها او استخدامها في توليد الطاقة كما في غلاف مبنى BIQ House شكل (63).

شكل (63) استخدام المياه الموجودة في ألواح مبنى BIQفي توليد الطاقة وتخزينها.

ثانيا: المعايير التصـــميمية للاحتياجات غير المادية في العمارة الحركية.

1-معايير توفير الإطلالة الخارجية في التصميم الحركي:

-استخدام كاسرات متحركة سواء قابلة للطي او الدوران او الانزلاق بحيث تسـمح بالإطلالة الخارجية من خلالها شكل (64).

شكل (64) الإطلالة الخارجية من خلال حركة الألواح الخارجية للمبنى المحيط الواحد

-استخدام المكثفات الشمسية التى تسمح بالإطلالة الخارجية بشكل جزئي شكل (65).

شكل (65) مكثفات متعددة موجودة داخل واجهة زجاجية

-استخدام الطوابق الدوارة التى تسمح بدوران بعض اجزاء المبنى بشكل كامل ٣٦٠ درجة مما يؤدي إلى إمكانية زيادة الإطلالة الخارجية بشكل واضح، شكل (66).

شكل (66) البرج الدوار في دبي.

2-معايير التأكيد على الجانب النفسي والاجتماعي في التصميم الحركي:

-السماح بدخول الإضاءة الطبيعية وتحقيق شدة الإضاءة المناسبة.

-التحكم في درجة التفاعل المجتمعي ما بين التواصل او الانعزال عن البيئة الخارجية حسب رغبة المستخدمين وذلك من خلال التحكم في فتحات المبنى.

-شغف المستخدمين بتغييرات مستمرة في شكل الواجهة او الكتلة حسب التغييرات المستمرة للمستخدمين في الأطر الاجتماعية والمكانية والمادية والتقنية والتكنولوجية والاقتصادية كما في شكل (67).

شكل (67) التغييرات مستمرة في شكل الواجهة مبنى كيفر

-إمكانية متابعة التغييرات الجوية الخارجية.

3-معايير تحقيق عنصر الجمال في التصميم الحركي:

-ان يحقق المبنى الأغراض والمقاصد الحسية والمادية للمتلقي بتحقيق العنصر النفعى (الوظيفة للمبنى)، بحيث يتم مراعاة الحفاظ على الموازنة بين الجماليات والأداء أثناء وضع أنظمة حركية.

-أن يكون شكل المبنى مستوحى من الطبيعة او الجانب البيولوجي أى انه يعتمد المبنى على فكرة تصميمية فلسفية كما في شكل (68).

شكل (68) الغلاف الخارجي لمبنى ابراج البحر والمستوحى شكل غلافه من الاشكال السداسية في خلايا العسل وعندما تتحرك الكاسرات تتشابه مع شكل الزهور المتفتحة.

-جذب الانتباه من خلال حركة أجزاء المبنى بشكل مستمر وان يؤدي كل عنصر متحرك دوره في الوحدة المتكاملة للمبنى.

- اختيار الشكل الكتلى للبنى ككل.

-دراسة البعد الجمالى للمبنى في الثبات والحركة.

- توافر الميزة الجمالية في المواد من اللون والملمس والتشكيل Patterns وطرق التحول بالمواد.

-وجود عدد من الوحدات التكرارية في التصميم بحيث يسهل تصميمها وتنفيذها مع مراعاة النواحى الإنشائية والحركية.

4- معايير تحقيق الخصوصية والاحتواء في التصميم الحركي:

- تحكم المبنى في فتح وإغلاق الفتحات في المبنى او تغيير موضوع الكاسرات حسب احتياج المستخدمين كما في شكل (69).

شكل (69) توسيع الفتحات في الجناح الحساس للرطوبة عند انخفاض الرطوبة النسبية (اقل خصوصية وأقل احتواء)

-التحكم في مكان الحوائط سواء بتحركيها من موضعها او إقامتها من عدمه كما في شكل (70).

شكل (70) تحريك وفتح الحوائط في منزل لومن هاوس بالولايات المتحدة الامريكية LUMENHAUS

-التحكم في حركة كتلة كاملة من المبنى وتغيير موضعها واتجاهها حسب احتياج المستخدمين كما في شكل (71).

-استغلال حركة الكاسرات داخل الزجاج المزدوج، فعندما تكون الكاسرات مغلقة يزداد الخصوصية والاحتواء وعند فتحها تقل الخصوصية وكذلك تقل درجة الاحتواء كما في شكل (72).

شكل (71) استدارة ثلاث غرف في منزل شريفي-ها في إيران((sharifi-ha House

-تعتيم الزجاج عند سقوط الضوء وهو تغير يحدث في طبيعة المواد عند اختلاف في مستوي شدة الإضاءة التي تتعرض لها، وتتأثر بتغير لونها أو شفافيتها، مثال على ذلك: الزجاج الفوتوكروميك photochromic glass.

شكل (72) الكاسرات الدوارة في the Cambridge Public Library

- تغبيش الزجاج عند مرور تيار كهربي مما يؤدي إلى تغيرات في الخصائص البصرية، والخصائص الفيزيائية والحرارية أو خصائص السطح.

5- معايير تحقيق الأمان في التصـــميم الحركي:

- استخدام أنظمة الأمان المشتركة بين العمارة الساكنة والمتحركة من أنظمة المراقبة بالفيديو و أنظمة الاتصال الداخلى المرئي و الأنظمة الارشادية و حساسات كشف الحركة.

- اختيار نظام التشغيل المناسب من خلال استخدام:

*حاسب شخصي او جهاز رقمي أو عدة أجهزة حسب طبيعة المشروع

* حساسات او مستشعرات.

* التحكم بشكل يدوي أو اتوماتيكي او هيدروليكي.

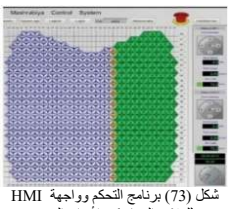
*إمكانية التحكم في زمن وسرعة أجزاء من المبنى بشكل مباشر او غير مباشر.

*التحكم في نوعية الحركة اذا كانت خطية او دورانية او محورية.ويوجد العديد من الانظمة الالكترونية منها:، نظام Bus system ، ونظامKPVF ، نظام HMIشكل (73).

6- معايير تحقيق الانتماء والهوية في التصميم الحركي:

- قدرة المبنى المتحرك على مواكبة المنطقة المحيطة.
- استلهام وتنوع الاشكال للعناصر المتحركة من التراث الوطني او الديني او السياسي او الفكري (مثل السوق المركز بأبوظبي، ابراج البحر) كما في شكل (74).

وبذلك يمكن عرض الدليل العملي لتقييم المباني الحركية الملبية لكافة الاحتياجات الإنسانية المادية وغير المادية كما يلي:



شكل (73) برنامج التحكم وواجهة HMI للغلاف الديناميكي لأبراج البحر

شكل (74) تشابه مشربية معهد العالم العربية مع المشربيات العربية القديمة.

أولاً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية	
الراحة الحرارية	- إمكانية التحكم في النفاذية الحرارية.
	- إمكانية تغيير توجيه المبنى.
	- استخدام أنظمة تقوم بالمقاومة الحرارية.
	- استخدام مواد تستجيب للتغير في درجات الحرارة.
	- استخدام أنظمة بيولوجية.
	- استخدام أنظمة تتأثر بالحرارة.
	- إعادة تدوير المخلفات واستخدامها للتدفئة والتبريد.
رطوبة معتدلة	- استخدام المواد المستطربة.
	- استخدام غشاء رطب يتحكم في محتوى الرطوبة داخل المبنى
الإظلال	- استخدام وسائل الإظلال الخارجية القابلة للحركة.
	- استخدام الحائط المزدوج مع دمج عناصر حركية فيه.
	- استخدام مواد يتغير شكلها عند تعرضها للكهرباء.
	- استخدام أنظمة تحدث تفاعل عن تعرضها للشمس.
التهوية الطبيعة	- استخدام الحائط المزدوج واستغلال المسافة البينية لتجديد الهواء.
	- استخدام العناصر المتحركة في الجهة الشمالية للمشروع لتحقيق التهوية عند فتحها.
	- استخدام مواد ذكية متفاوتة في النفاذية.
	- تصميم المبنى على أساس المحاكاة البيولوجية
	- استخدام أنظمة تعمل على فتح وإغلاق الفتحات تلقائيا.
الحماية من الرياح	- التحكم في فتحات الجهة الشمالية.
	- استخدام عناصر متحركة جهة الجنوب أو الجنوب الشرقي.
الراحة البصرية	- مراعاة تجنب حدوث الإبهار البصري.
	- استخدام المواد الذكية المستحدثة لتوفير الإضاءة الطبيعية.
	- تركيب عناصر خارجية متحركة مزدوجة الغلاف لدعم الإضاءة الطبيعية.
الراحة الصوتية	- استخدام مواد ماصة أو مشتتة للصوت.
	- استخدام نوع من الزجاج المزدوج واستخدام مواد تعمل على عزل الزجاج أو استخدام صمامات صوتية داخل الغلاف المزدوج.
	- استخدام أحد أنظمة الكاسرات المتحركة لإغلاقها بشكل تلقائي أو إلكتروني عند حدوث ضوضاء خارجي.
	- مراعاة تحقيق الكفاءة الصوتية المكتسبة أثناء العملية الحركية.
تغيير وتطوير الوظيفة	- تصميم أجزاء من المبنى قابلة للطي او الاستخدام.
	- إمكانية إضافة او اختزال بعض أجزاء الكتلة.
	- استخدام اسقف متحركة عند أداء الأنشطة المختلفة
	- استخدام الحوائط المتحركة عن تغيير الانشطة الداخلية للفراغات.
	- مراعاة التوافق الدائم بين الكتلة الحركية والوظيفة
	- مراعاة العلاقة بين الجزء الثابت والمتحرك.
توليد وتوفير الطاقة	أولا: توليد الطاقة - استغلال طاقة الرياح باستخدام التوربينات.
	- استغلال الطاقة الشمسية.
	- استخدام حركة المبنى في توليد الطاقة.
	- الاعتماد على عدة مصادر للطاقة المتجددة.
	ثانيا: توفير الطاقة - السيطرة على ضوء النهار وكمية الحرارة من خلال النظم البيولوجية
	- تحقيق التهوية الطبيعية من خلال حركة أجزاء المبنى بحيث تقل تكلفة التهوية الصناعية.
	- اختيار موقع مستدام مناسب وفقا لمعايير العمارة الخضراء LEED.
	- تحقيق ذاتية الطاقة للمبنى الحركي.
	- اختيار مواد صديقة للبيئة لإمكانية إعادة تدويرها.
إدارة واستغلال المياه	- الاستفادة من مصادر المياه المتاحة إما بتجميعها وتخزينها أو استخدامها في توليد الطاقة.
ثانياً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية غير المادية	
الإطلالة الخارجية	- استخدام كاسرات متحركة سواء قابلة للطي أو الدوران أو الانزلاق
	- استخدام المكثفات الشمسية تسمح بالإطلالة الخارجية بشكل جزئي.
	- استخدام الطوابق الدوارة التى تسمح بدوران جزء من المبنى ٣٦٠ درجة.
مراعاة الجانب النفسي والاجتماعى	- السماح بدخول الإضاءة الطبيعية.
	- التحكم في درجة التفاعل المجتمعي ما بين التواصل او الانعزال عن البيئة الخارجية.
	- شغف المستخدمين بتغييرات مستمرة في الكتلة.
	- إمكانية متابعة التغييرات الجوية الخارجية.
تحقيق عنصر الجمال	- تحقيق المبنى للأغراض الحسية والمادية للمتلقي.
	- استيحاء شكل المبنى من الطبيعة.
	- جذب الانتباه من خلال استمرار حركة أجزاء المبنى.
	- التدقيق في اختيار الشكل الكتلي للمبنى ككل.
	- دراسة البعد الجمالي للمبنى في الثبات والحركة.
	- توافر الميزة الجمالية في المواد.
	- وجود عدد من الوحدات التكرارية في التصميم.
الخصوصية والاحتواء	- تحكم المبنى في فتح وإغلاق الفتحات.
	- التحكم في حركة الحوائط.
	- التحكم في حركة كتلة كاملة من المبنى.
	- استغلال حركة الكاسرات داخل الزجاج المزدوج.
	- تغبيش الزجاج عند مرور تيار كهربي.
	-تعتيم الزجاج عند سقوط الضوء عليه.
تحقيق الأمان	- استخدام أنظمة الأمان التقليدية والمشتركة بين العمارة الساكنة والمتحركة.
	- اختيار نظام التشغيل الحركي المناسب.
تحقيق الانتماء والهوية	- قدرة المبنى المتحرك على مواكبة المنطقة المحيطة.
	- استلهام العناصر المتحركة من التراث الوطني او الديني او السياسي او الفكري.

ومن خلال عرض تلك المعايير نلاحظ ما يلي:

- يتم تحقيق العديد من الاحتياجات الإنسانية عند التحكم في الغلاف الخارجي للمبنى.

- قلة تحقيق نماذج العمارة الحركية لمعايير الرطوبة المعتدلة، والاهتمام بتحقيق غيرها من الاحتياجات.

- قلة تحقيق نماذج العمارة الحركية لحسن أدارة واستغلال المياه لانه يتطلب مشاركة المياه في مرحلة من مراحل الحركة وقلما يتحقق ذلك.

- مرونة تحقيق الإطلالة الخارجية بشكل مباشر او جزئى كما يمكن الدوران 360 درجة.

- يعتبر الراحة النفسية والاجتماعية نتيجة لتحقيق العديد من الاحتياجات فلا يمكن تحقيقها الا من خلال تحقيق التهوية والراحة الحرارية و البصرية والسمعية وغيرها.

- على الرغم من اختلاف الخصوصية عن الاحتواء الا أنهما يشتركان في المعايير.

- يتحقق الأمان في العمارة الحركية عن تحقيق السيطرة والتحكم في حركة أجزاء المبنى من خلال نظم التشغيل أو بشكل يدوي.

- يغفل الكثير من النماذج الحركية عن تحقيق الهوية إلا أنه يمكن أن يكون للعمارة الحركية دوراً فعالاً في تنمية الشعور بالانتماء من خلال إثراء الصور الذهنية بالعقل البشري عن المكان والبيئة المبنية من خلال تعددية شكل المبنى مع الحركة.

وبذلك يكون قد تم تحقيق الهدف الثالث من البحث وهو وضع معايير تصميمية للمباني الحركية لتلبية الاحتياجات الإنسانية بهدف وضع دليل مرجعي يختص بتحديد مستوى تحقيق الاحتياج في المباني الحركية بصفة عامة، كما ان هذا الدليل يساعد المهندس المعماري لمعرفة مدى تكامل المبنى، وتزداد نسبة التكامل في المبنى بزيادة عدد النقاط التي تم تحقيقها من المعايير التصميمية

رابعاً:الدراسة التطبيقية:

استبيان عن معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية في العمارة الحركية:

يتجه البحث هنا لإجراء التطبيق المطلوب وعمل استبان عن معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية وغير المادية في العمارة الحركية والتي تم استنتاجها مسبقا من الدراسة النظرية والتحليلية السابقة، وتم تحديد الفئة من المعماريين الخبراء في المجال الأكاديمي لنظريات العمارة للهندسة المعمارية، ويهدف الاستبيان للوصول لمصفوفة معايير محددة الأهمية النسبية لكل احتياج وكل معيار.

منهجية الاستبيان:

1-عرض الاستبيان على فئة العينة من المعماريين الخبراء في مجال نظريات العمارة للإستفادة من خبراتهم.
2-من خلال العمليات الحسابية يتم تحديد الأهمية النسبية (الوزن النسبي) لكل احتياج وكل معيار حسب ردود فئة العينة.
3-الوصول لمصفوفة معايير مرتبة حسب الأهمية الذسبية لكل معيار وكل احتياج.
4-عرض طريقة تقييم أي مبنى حركي لتحديد أوجه القصور لتطويرها.

تصميم استمارة الاستبانة

بعد الاطلاع على العمارة الحركية وجدنا أن هذه المباني تحقق بعض الاحتياجات الإنسانية عن طريق تحقيق بعض المعايير التصميمية، وبهذا قُسم الاستبيان إلى مستويين:
المستوى الأول: مستوى الاحتياجات المادية وغير المادية
المستوى الثاني: مستوى كل معيار.

ومن خلال هذين المستويين يمكن أن نتحقق من أهمية تحقيق تلك الاحتياجات الإنسانية في العمارة الحركية، بالإضافة إلى الوصول لأهمية تحقيق كل معيار في كل احتياج، وبعد إجراء الاستبانة سوف نستطيع التحقق من صحة فرضية البحث الرئيسية المتمثلة في أن العمارة الحركية تجعل المباني ذات قابلية للتكيف مع الاحتياجات الملحة والمتغيرة للمستعملين، وكلما تم تحقيق معايير أكثر كلما زاد نسبة تلبية هذا الاحتياج (العلاقة طردية بين عدد المعايير المحققة ونسبة النجاح في تلبية الاحتياج).

استمارة استبانة المستوى الأول (الاحتياجات الإنسانية المادية وغير المادية)

الاحتياج	غاية في الأهمية	متوسط الأهمية	ضعيف الأهمية
الراحة الحرارية			
الرطوبة المعتدلة			
الإظلال			
التهوية الطبيعة			
الحماية من الرياح			
الراحة البصرية			
الراحة الصوتية			
تغيير وتطوير الوظيفة			
توليد وتوفير الطاقة			
إدارة المياه			
الإطلالة الخارجية			
مراعاة الجانب النفسي			
تحقيق عنصر الجمال			
الخصوصية والاحتواء			
تحقيق الأمان			
تحقيق الانتماء والهوية			

استمارة استبانة المستوى الثاني (المعايير في كل احتياج):

	المعايير	غاية في الأهمية	متوسط الأهمية	ضعيف الأهمية
معايير تحقيق الراحة الحرارية	- إمكانية التحكم في النفاذية الحرارية.			
	- إمكانية تغيير توجيه المبنى.			
	- استخدام أنظمة تقوم بالمقاومة الحرارية.			
	-استخدام مواد تستجيب للتغير في درجات الحرارة.			
	-استخدام أنظمة بيولوجية.			
	-استخدام أنظمة تتاثر بالحرارة.			
	-إعادة تدوير المخلفات واستخدامها للتدفئة والتبريد.			

وهكذا يتم عرض المعايير في كل احتياج في استمارة استبانة المستوى الثاني.

العمليات الحسابية لتحليل الاستبيان:

* يتم التعويض عن الخيار (غاية في الأهمية) برقم(3)، والخيار (متوسط الأهمية) برقم(2)، والخيار (ضعيف الأهمية) برقم(1).

* بفرض أن أرقام ردود الاستبيان في أحد المعايير كالتالي:

س1 :هو عدد المجيبين غاية الأهمية.

س2:هو عدد المجيبين متوسط الأهمية

س3: هو عدد المجيبين ضعيف الأهمية.

فيكون قيمة **مجموع المعيار طبقاً للاستبيان** كالتالي: $ص_1 = 3(س_1)+2(س_2)+1(س_3)$

الأهمية النسبية عبارة عن مجموع المعيار طبقاً للاستبيان مقسوم على إجمالي مجموع المعايير في نفس الاحتياج، وهي ($ص_1 + ص_2 + ص_3 + \ldots$) كالتالي:

$$\frac{ص_1}{(ص_1 + ص_2 + ص_3 + \ldots)} * 100$$

إجمالي هو مجموع الأهمية النسبية لكل المعايير وهي 100%

وبنفس الطريقة يتم التعامل على **مستوى الاحتياج**، وفيما يلى عرض لنتائج الاستبيان في **مصفوفة المعايير** وتوضيح الأهمية النسبية لكل احتياج وكل معيار :

أولاً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية		الأهمية النسبية	إجمالي	الأهمية النسبية للاحتياج
الراحة الحرارية	- إمكانية التحكم في النفاذية الحرارية.	12.09	%100	%11.65
	- إمكانية تغيير توجيه المبنى.	13.95		
	- استخدام أنظمة تقوم بالمقاومة الحرارية.	16.27		
	- استخدام مواد تستجيب للتغير في درجات الحرارة.	16.27		
	- استخدام أنظمة بيولوجية.	14.41		
	- استخدام أنظمة تتاثر بالحرارة	13.95		
	- إعادة تدوير المخلفات واستخدامها للتدفئة والتبريد.	13.03		
رطوبة معتدلة	استخدام المواد المستطربة.	46.16	%100	%9.20
	استخدام غشاء رطب يتحكم في محتوى الرطوبة داخل المبنى	53.84		
الإظلال	- استخدام وسائل الإظلال الخارجية القابلة للحركة.	27.84	%100	%11.34
	- استخدام الحائط المزدوج مع دمج عناصر حركية فيه.	24.79		

	- استخدام مواد يتغير شكلها عند تعرضها للكهرباء.	22.55		
	- استخدام أنظمة تحدث تفاعل عن تعرضها للشمس.	24.79		
التهوية الطبيعة	- استخدام الحائط المزدوج واستغلال المسافة البينية لتجديد الهواء.	20.90	%100	%10.11
	- استخدام العناصر المتحركة في الجهة الشمالية للمشروع لتحقيق التهوية عند فتحها.	22.86		
	-استخدام مواد ذكية متفاوتة في النفاذية.	19.61		
	- تصميم المبنى على أساس المحاكاة البيولوجية	16.34		
	-استخدام أنظمة تعمل على فتح وإغلاق الفتحات تلقائيا.	20.27		
الحماية من الرياح	- التحكم في فتحات الجهة الشمالية.	47.82	%100	%9.2
	- استخدام عناصر متحركة جهة الجنوب أو الجنوب الشرقي.	52.17		
الراحة البصرية	- مراعاة تجنب حدوث الإبهار البصري.	32.79	%100	% 11.34
	- استخدام المواد الذكية المستحدثة لتوفير الإضاءة الطبيعية.	32.06		
	- تركيب عناصر خارجية متحركة مزدوجة الغلاف لدعم الإضاءة الطبيعية.	35.14		
الراحة الصوتية	- استخدام مواد ماصة أو مشتتة للصوت.	25.94	%100	%8.8
	- استخدام نوع من الزجاج المزدوج واستخدام مواد تعمل على عزل الزجاج أو استخدام صمامات صوتية داخل الغلاف المزدوج.	25.94		
	- استخدام أحد أنظمة الكاسرات المتحركة لإغلاقها بشكل تلقائي او إلكتروني عند حدوث ضوضاء خارجي.	24.41		
	- مراعاة تحقيق الكفاءة الصوتية المكتسبة أثناء العملية الحركية.	23.68		
تغيير وتطوير الوظيفة	- تصميم أجزاء من المبنى قابلة للطي او الاستخدام.	14.80	%100	8.9 %
	- إمكانية إضافة او اختزال بعض أجزاء الكتلة.	15.30		
	- استخدام اسقف متحركة عند أداء الأنشطة المختلفة	14.79		
	- استخدام الحوائط المتحركة عن تغيير الانشطة الداخلية للفراغات.	18.87		
	- مراعاة التوافق الدائم بين الكتلة الحركية والوظيفة	18.36		
	- مراعاة العلاقة بين الجزء الثابت والمتحرك.	17.85		
توليد وتوفير الطاقة	أولاً: توليد الطاقة - الاستغلال طاقة الرياح باستخدام التوربينات.	22.72	%100	%10.04
	- استغلال الطاقة الشمسية.	29.53		
	- استخدام حركة المبنى في توليد الطاقة.	20.47		
	- الاعتماد على عدة مصادر للطاقة المتجددة.	27.26		
	ثانياً: توفير الطاقة - السيطرة على ضوء النهار وكمية الحرارة من خلال النظم البيولوجية	22.77		

	- تحقيق التهوية الطبيعية من خلال حركة أجزاء المبنى بحيث تقل تكلفة التهوية الصناعية.	22.77	%100	
	- اختيار موقع مستدام مناسب وفقا لمعايير العمارة الخضراء LEED.	19.63		
	- تحقيق ذاتية الطاقة للمبنى الحركي.	18.35		
	- اختيار مواد صديقة للبيئة لإمكانية إعادة تدويرها.	16.46		
إدارة واستغلال المياه	- الاستفادة من مصادر المياه المتاحة إما بتجميعها وتخزينها أو استخدامها في توليد الطاقة.	100	%100	8.9%
الإجمالى				**%100**
ثانياً: معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية غير المادية		**الأهمية النسبية**	**إجمالى**	**الأهمية النسبية**
الإطلالة الخارجية	- استخدام كاسرات متحركة سواء قابلة للطي أو الدوران أو الانزلاق	40.22	%100	% 16.97
	- استخدام المكشفات الشمسية تسمح بالإطلالة الخارجية بشكل جزئي.	29.88		
	- استخدام الطوابق الدوارة التى تسمح بدوران جزء من المبنى ٣٦٠ درجة.	29.88		
مراعاة الجانب النفسي والاجتماعى	- السماح بدخول الإضاءة الطبيعية.	29.10	%100	%17.46
	- التحكم في درجة التفاعل المجتمعي ما بين التواصل او الانعزال عن البيئة الخارجية.	26.86		
	- شغف المستخدمين بتغييرات مستمرة في الكتلة.	20.89		
	- إمكانية متابعة التغييرات الجوية الخارجية.	23.13		
تحقيق عنصر الجمال	- تحقيق المبنى للأغراض الحسية والمادية للمتلقي.	14.97	%100	%15.58
	- استيحاء شكل المبنى من الطبيعة.	12.33		
	- جذب الانتباه من خلال استمرار حركة أجزاء المبنى.	11.02		
	- التدقيق في اختيار الشكل الكتلى للبنى ككل.	15.41		
	- دراسة البعد الجمالى للمبنى في الثبات والحركة.	14.97		
	- توافر الميزة الجمالية في المواد.	16.29		
	- وجود عدد من الوحدات التكرارية في التصميم.	14.97		
الخصوصية والاحتواء	- تحكم المبنى في فتح وإغلاق الفتحات.	18.18	%100	%17.46
	- التحكم في حركة الحوائط.	18.18		
	- التحكم في حركة كتلة كاملة من المبنى.	16.16		
	- استغلال حركة الكاسرات داخل الزجاج المزدوج.	16.67		
	- تغبيش الزجاج عند مرور تيار كهربي.	15.65		
	- تعتيم الزجاج عند سقوط الضوء عليه.	14.14		
تحقيق الأمان	- استخدام أنظمة الأمان التقليدية والمشتركة بين العمارة الساكنة والمتحركة.	50.66	%100	%17.95
	- اختيار نظام التشغيل الحركي المناسب.	49.33		

تحقيق الانتماء والهوية	- قدرة المبنى المتحرك على مواكبة المنطقة المحيطة.	52.37	%100	%14.55
	- استلهام العناصر المتحركة من التراث الوطني او الديني او السياسي او الفكري.	47.62		
الاجمالى				%100

بعد الإطلاع على نتائج الاستبيان نلاحظ أن الراحة الحرارية تتصدر مقدمة الاحتياجات المادية، وأن الراحة الصوتية جاءت في أواخر الاحتياجات المادية، مع الأخذ في الاعتبار تقارب الوزن النسبي لجميع الاحتياجات، وهذا يعطي مدلولاً على أن جميع الاحتياجات مهمة بدرجات متقاربة ولا يوجد فروق شاسعة في ترتيب أهميتها، وبالنسبة للاحتياجات غير المادية جاء الاحتياج للأمان في مقدمة الاحتياجات غير المادية وينتهي ترتيب الاحتياجات المادية بالاحتياج للانتماء والهوية مع ملاحظة تقارب الوزن النسبي للاحياجات غير المادية أيضاً، وفي ما يلى يمكن عرض مصفوفة المعايير والاحتياجات (المادية وغير المادية) مُرتبة تنازلياً بناءً على الأهمية النسبية طبقاً لنتائج الاستبيان، جدول(5-5):

أولاً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية	
الراحة الحرارية %11.65	– استخدام أنظمة تقوم بالمقاومة الحرارية. – استخدام مواد تستجيب للتغير في درجات الحرارة. – استخدام أنظمة بيولوجية. – إمكانية تغيير توجيه المبنى. –استخدام أنظمة تتاثر بالحرارة. – إعادة تدوير المخلفات واستخدامها للتدفئة والتبريد. – إمكانية التحكم في النفاذية الحرارية.
الإظلال %11.34	– استخدام وسائل الإظلال الخارجية القابلة للحركة. – استخدام الحائط المزدوج مع دمج عناصر حركية فيه. – استخدام أنظمة تحدث تفاعل عن تعرضها للشمس. – استخدام مواد يتغير شكلها عند تعرضها للكهرباء.
الراحة البصرية %11.34	– تركيب عناصر خارجية متحركة مزدوجة الغلاف لدعم الإضاءة الطبيعية. – مراعاة تجنب حدوث الإبهار البصري. –استخدام المواد الذكية المستحدثة لتوفير الإضاءة الطبيعية
التهوية الطبيعة %10.11	– استخدام العناصر المتحركة في الجهة الشمالية للمشروع لتحقيق التهوية عند فتحها. – استخدام الحائط المزدوج واستغلال المسافة البينية لتجديد الهواء. – استخدام أنظمة تعمل على فتح وإغلاق الفتحات تلقائيا. – استخدام مواد ذكية متفاوتة في النفاذية. – تصميم المبنى على أساس المحاكاة البيولوجية
توليد وتوفير الطاقة %10.4	**أولا:توليد الطاقة** – استغلال الطاقة الشمسية. – الاعتماد على عدة مصادر للطاقة المتجددة. – الاستغلال طاقة الرياح باستخدام التوربينات. – استخدام حركة المبنى في توليد الطاقة. **ثانيا:توفير الطاقة** – السيطرة على ضوء النهار وكمية الحرارة من خلال النظم البيولوجية – تحقيق التهوية الطبيعية من خلال حركة أجزاء المبنى بحيث تقل تكلفة التهوية الصناعية.
	– اختيار موقع مستدام مناسب وفقا لمعايير العمارة الخضراء LEED. – تحقيق ذاتية الطاقة للمبنى الحركي. – اختيار مواد صديقة للبيئة لإمكانية إعادة تدويرها.
لحماية من الرياح %9.2	– استخدام عناصر متحركة جهة الجنوب أو الجنوب الشرقي. – التحكم في فتحات الجهة الشمالية.
الرطوبة المعتدلة %9.2	– استخدام غشاء رطب يتحكم في محتوى الرطوبة داخل المبنى. – استخدام المواد المستطربة.
تغيير وتطوير الوظيفة %8.9	– استخدام الحوائط المتحركة عن تغيير الانشطة الداخلية للفراغات. – مراعاة التوافق الدائم بين الكتلة الحركية والوظيفة. – مراعاة العلاقة بين الجزء الثابت والمتحرك. – إمكانية إضافة او اختزال بعض أجزاء الكتلة. – تصميم أجزاء من المبنى قابلة للطي او الاستخدام. – استخدام اسقف متحركة عند اختلاف الأنشطة.
إدارة واستغلال المياه %8.9	– الاستفادة من مصادر المياه المتاحة إما بتجميعها وتخزينها أو استخدامها في توليد الطاقة.
الراحة الصوتية **%8.8**	– استخدام مواد ماصة أو مشتتة للصوت. – استخدام نوع من الزجاج المزدوج واستخدام مواد تعمل على عزل الزجاج أو استخدام صمامات صوتية داخل الغلاف المزدوج. – استخدام أحد أنظمة الكاسرات المتحركة لإغلاقها بشكل تلقائي او إلكترونى عند حدوث ضوضاء خارجي. – مراعاة تحقيق الكفاءة الصوتية المكتسبة أثناء العملية الحركية.
ثانياً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية غير المادية	
تحقيق الأمان %17.95	– استخدام أنظمة الأمان التقليدية والمشتركة بين العمارة الساكنة والمتحركة. – اختيار نظام التشغيل الحركي المناسب.
مراعاة الجانب النفسي والاجتماعى %17.46	– السماح بدخول الإضاءة الطبيعية. – التحكم في درجة التفاعل المجتمعي ما بين التواصل او الانعزال عن البيئة الخارجية. – إمكانية متابعة التغييرات الجوية الخارجية. – شغف المستخدمين بتغييرات مستمرة في الكتلة.
الخصوصية والاحتواء %17.46	– تحكم المبنى في فتح وإغلاق الفتحات. – التحكم في حركة الحوائط. – استغلال حركة الكاسرات داخل الزجاج المزدوج. – التحكم في حركة كتلة كاملة من المبنى. – تغبيش الزجاج عند مرور تيار كهربي. – تعتيم الزجاج عند سقوط الضوء عليه.
الإطلالة الخارجية 16.97 %	– استخدام كاسرات متحركة سواء قابلة للطي أو الدوران أو الانزلاق. – استخدام المكثفات الشمسية تسمح بالإطلالة الخارجية بشكل جزئي. – استخدام الطوابق الدوارة التى تسمح بدوران بعض اجزاء المبنى بشكل كامل ٣٦٠ درجة.
تحقيق عنصر الجمال	– توافر الميزة الجمالية في المواد. – التدقيق في اختيار الشكل الكتلى للبنى ككل.

%15.58	– تحقيق المبنى للأغراض الحسية والمادية للمتلقي. – دراسة البعد الجمالى للمبنى في الثبات والحركة. – وجود عدد من الوحدات التكرارية في التصميم. – استيحاء شكل المبنى من الطبيعة. – جذب الانتباه من خلال استمرار حركة أجزاء المبنى.
تحقيق الانتماء والهوية %14.55	– قدرة المبنى المتحرك على مواكبة المنطقة المحيطة – استلهام العناصر المتحركة من التراث الوطنى او الدينى او السياسي او الفكري.

وبذلك يكون قد تم وضع مسطرة قياس مرتبة تنازليا حسب الأهمية النسبية لكل من الاحتياجات والمعايير لتقييم المباني الحركية ومعرفة أوجه القصـــور في المبنى، وفيما يلى عرض لطريقة التقييم المُقترح اســـتخدامها للمباني الحركية، والتى يمكن اســـتخدامها في المباني الحركية قبل تنفيذها لتطوير التصـــميم أو اعتمادها قبل التنفيذ مطلقاً، كما يمكن اســـتخدامها في المباني الحركية المُنفذة سابقًا لتحديد أوجه القصور ووضع مقترحات لتطويرها لاحقاً.

تقييم المباني بناءً مصفوفة المعايير:

يتم عن طريق وضع نسب الأهمية (بناء على نتائج الاستبيان) لكل معيار تم تحقيقه في المبنى المراد تقييمه، ومنها يمكن الوصول إلى نسب تحقيق كلاً من الاحتياجات الإنسانية المادية وغير المادية .

تقييم مبنى أبراج البحر (محل الدراسة) حسب الأهمية النسبية في مصفوفة المعايير

أولاً: معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية		الأهمية النسبية	إجمالى
الراحة الحرارية	- استخدام أنظمة تقوم بالمقاومة الحرارية.	16.27	30.22
	- استخدام أنظمة تتاثر بالحرارة.	13.95	
رطوبة معتدلة	- استخدام غشاء رطب يتحكم في الرطوبة داخل المبنى	53.84	53.84
الإظلال	- استخدام وسائل الإظلال الخارجية القابلة للحركة.	27.84	52.63
	- استخدام أنظمة تحدث تفاعل عن تعرضها للشمس.	24.79	
التهوية الطبيعة	- استخدام العناصر المتحركة في الجهة الشمالية للمشروع لتحقيق التهوية عند فتحها.	22.86	22.86
الحماية من الرياح	- استخدام عناصر متحركة جهة الجنوب أو الجنوب الشرقي.	52.17	52.17
الراحة البصرية	- مراعاة تجنب حدوث الإبهار البصر	32.79	100
	- استخدام المواد الذكية المستحدثة لتوفير الإضاءة الطبيعية.	32.06	
	- تركيب عناصر خارجية متحركة مزدوجة الغلاف لدعم الإضاءة الطبيعية.	35.14	
راحة صوتية	- مراعاة تحقيق الكفاءة الصوتية المكتسبة أثناء الحركة.	23.68	23.68
تغيير وتطوير الوظيفة	- استخدام الحوائط المتحركة عن تغيير الانشطة الداخلية	18.87	55.08
	- مراعاة التوافق الدائم بين الكتلة الحركية والوظيفة	18.36	
	- مراعاة العلاقة بين الجزء الثابت والمتحرك.	17.85	
توليد وتوفير الطاقة	**أولا: توليد الطاقة** استغلال الطاقة الشمسية.	29.53	70.65/2= 35.32
	ثانيا: توفير الطاقة - تحقيق التهوية الطبيعية من خلال حركة أجزاء المبنى بحيث تقل تكلفة التهوية الصناعية.	22.77	
	- تحقيق ذاتية الطاقة للمبنى الحركي.	18.35	
إدارة المياه	لم تتحقق	0	0
المجموع			425.80/ 1000= 42.58%

ثانياً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية غير المادية		الأهمية النسبية	إجمالى
الإطلالة الخارجية	-استخدام كاسرات متحركة سواء قابلة للطي أو الدوران أو الانزلاق	40.22	40.22
مراعاة الجانب النفسي والاجتماعى	-السماح بدخول الإضاءة الطبيعية.	29.10	100
	-التحكم في درجة التفاعل المجتمعي ما بين التواصل او الانعزال عن البيئة الخارجية.	26.86	
	-شغف المستخدمين بتغييرات مستمرة في الكتلة.	20.89	
	-إمكانية متابعة التغييرات الجوية الخارجية.	23.13	
تحقيق عنصر الجمال	-تحقيق المبنى للأغراض الحسية والمادية للمتلقي.	14.97	87.56
	-جذب الانتباه من خلال استمرار حركة أجزاء المبنى.	11.02	
	-التدقيق في اختيار الشكل الكتلي للمبنى ككل.	15.41	
	-دراسة البعد الجمالى للمبنى في الثبات والحركة.	14.97	
	- توافر الميزة الجمالية في المواد.	16.29	
	- وجود عدد من الوحدات التكرارية في التصميم.	14.97	
الخصوصية والاحتواء	- تحكم المبنى في فتح وإغلاق الفتحات.	18.18	36.36
	- التحكم في حركة الحوائط.	18.18	
تحقيق الأمان	- استخدام أنظمة الأمان التقليدية والمشتركة بين العمارة الساكنة والمتحركة.	50.66	100
	- اختيار نظام التشغيل الحركي المناسب.	49.33	
تحقيق الانتماء والهوية	- قدرة المبنى المتحرك على مواكبة المنطقة المحيطة.	52.37	100
	- استلهام العناصر المتحركة من التراث الوطني او الديني او السياسي او الفكري.	47.62	
المجموع			464.14/ 600= 77.35%

وبذلك نرى أنه تم الالتزام بمعايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية بنسبة 42.58% كما تم الالتزام معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية غير المادية بنسبة 77.35% ، ويمكن تطوير مبنى أبراج البحر بالإعتماد على المعايير في المصفوفة.

تقييم مبنى كيفر (محل الدراسة) حسب الأهمية النسبية في مصفوفة المعايير

أولاً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية		الأهمية النسبية	إجمالى
الراحة الحرارية	– إمكانية التحكم في النفاذية الحرارية.	12.09	28.36
	– استخدام أنظمة تقوم بالمقاومة الحرارية.	16.27	
رطوبة معتدلة	المعايير لم تتحقق.	.	0
الإظلال	– استخدام وسائل الإظلال الخارجية القابلة للحركة.	27.84	52.63
	– استخدام الحائط المزدوج مع دمج عناصر حركية فيه.	24.79	
التهوية الطبيعية	–الحائط المزدوج واستغلال المسافة البينية لتجديد الهواء.	20.90	41.17
	–استخدام أنظمة تعمل على فتح وإغلاق الفتحات تلقائياً.	20.27	
الحماية من الرياح	–استخدام عناصر متحركة جهة الجنوب أو الجنوب الشرقي.	52.17	52.17

الراحة البصرية	– مراعاة تجنب حدوث الإبهار البصري.	32.79	67.93
	–تركيب عناصر خارجية متحركة مزدوجة لدعم الإضاءة	35.14	
الراحة الصوتية	– استخدام مواد ماصة أو مشتتة للصوت.	25.94	74.03
	– استخدام أحد أنظمة الكاسرات المتحركة لإغلاقها بشكل تلقائي او إلكترونى عند حدوث ضوضاء خارجي.	24.41	
	– مراعاة تحقيق الكفاءة الصوتية المكتسبة أثناء الحركة.	23.68	
تغيير وتطوير الوظيفة	– استخدام الحوائط المتحركة عن تغيير الانشطة الداخلية للفراغ	18.87	55.08
	– مراعاة التوافق الدائم بين الكتلة الحركية والوظيفة	18.36	
	– مراعاة العلاقة بين الجزء الثابت والمتحرك	17.85	
توليد وتوفير الطاقة	**أولا:توليد الطاقة**	0	22.77/2
	ثانيا:توفير الطاقة تحقيق التهوية الطبيعية من خلال حركة أجزاء المبنى بحيث تقل تكلفة التهوية الصناعية.	22.77	
إدارة المياه	المعايير لم تتحقق.		0
المجموع			382.72/1000=%38.27
ثانياً:معايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية غير المادية		الأهمية النسبية	إجمالى
الإطلالة الخارجية	– استخدام كاسرات متحركة سواء قابلة للطي أو الدوران أو الانزلاق	40.22	40.22
مراعاة الجانب النفسي والاجتماعي	– السماح بدخول الإضاءة الطبيعية.	29.10	100
	– التحكم في درجة التفاعل المجتمعي ما بين التواصل او الانعزال عن البيئة الخارجية.	26.86	
	– شغف المستخدمين بتغييرات مستمرة في الكتلة.	20.89	
	– إمكانية متابعة التغييرات الجوية الخارجية.	23.13	
تحقيق عنصر الجمال	– تحقيق المبنى للأغراض الحسية والمادية للمتلقي.	14.97	72.22
	– جذب الانتباه من خلال استمرار حركة أجزاء المبنى.	11.02	
	– دراسة البعد الجمالى للمبنى في الثبات والحركة.	14.97	
	– توافر الميزة الجمالية في المواد.	16.29	
	– وجود عدد من الوحدات التكرارية في التصميم.	14.97	
الخصوصية والاحتواء	– تحكم المبنى في فتح وإغلاق الفتحات.	18.18	**36.36**
	– التحكم في حركة الحوائط.	18.18	
تحقيق الأمان	– استخدام أنظمة الأمان التقليدية والمشتركة بين العمارة الساكنة والمتحركة.	50.66	100
	– اختيار نظام التشغيل الحركي المناسب.	49.33	
تحقيق الانتماء والهوية	المعايير لم تتحقق.		0
المجموع			348.8/600=%58.13

وبذلك نرى أنه تم الالتزام بمعايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية المادية بنسبة 38.27% كما تم الالتزام بمعايير تحقيق الاحتياجات الإنسانية غير المادية بنسبة 58.13%، ويمكن تطوير مبنى كيفر بالإعتماد على المعايير في المصفوفة.

النتائج:

نستنتج مما سبق أن:

- ثبوت صحة فرضية البحث من خلال الاستبيان والوزن النسبي لكل احتياج وكل معيار، وهي أن العمارة الحركية تجعل المباني ذات قابلية للتكيف مع الاحتياجات الملحة والمتغيرة للمستعملين.

- الهندسة المعمارية الحركية هي نتاج تفاعل كل من البيئة والشاغل والعناصر الأخرى

- تتمثل أهمية العمارة الحركية في تلبيتها للاحتياجات الإنسانية المتغيرة وفقا للتغيرات البيئية المختلفة.

- يدمج مفهوم العماره الحركية مجموعة من المصطلحات منه العمارة الذكية والتفاعلية والمستجيبة والمرنة وغيرها.

- يقاس نجاح المبنى الحركي بمقدار التغير والتفاعل مع الظروف البيئيه ومع المستعملين وليس فقط مقدار التكنولوجيا المتوفرة داخله.

- يمكن الجمع في تصميم المباني الحركية المتفاعلة بين شخصية ووظيفة المبنى وفكرته وبين تحقيق أقصي كفاءة للمبنى أثناء تشغيله من حيث : الراحة الحرارية - التفاعل مع تغيير مستوى الرطوبة- تحقيق الإظلال- تحقيق التهوية (الهواء النظيف) - الحماية من الرياح والعواصف - الراحة البصرية - الراحة الصوتية - إمكانية تغيير الوظيفة - توليد وتوفير الطاقة - حسن إدارة المياه - توفير الإطلالة الخارجية - تحقيق عنصر الجمال - تحقيق الخصوصية والاحتواء - تحقيق الأمان - التأكيد على الجانب النفسي والاجتماعي - التأكيد على الانتماء و الهوية.

- يمكن استنتاج معايير تصميمية لتقييم المباني الحركية من خلال دراسة العلاقة بين العمارة الحركة والاحتياجات الإنسانية المتغيرة، ويمكن تطبيق المعايير المستنتجة لتقييم المباني الحركية ومدى تحقيقها للاحتياجات الإنسانية المتغيرة ومنها يمكن استنتاج نسبة تكامل المبنى الحركي بناء على تحقيق عدد من الاحتياجات الإنسانية.

- كلما تم تحقيق معايير اكثر كلما زاد نسبة تلبية هذا الاحتياج (العلاقة طردية بين عدد المعايير المحققة ونسبة النجاح في تلبية الاحتياج).

المراجع:

1- آلاء صلاح- تصميم الواجهات القابلة للتكيف مناخيا والمستوحاة من الطبيعة وتأثيرها على الأداء النهاري للمبنى –رسالة ماجستير-جامعة الفيوم-مصر-2018

2- إياد حسين عبدالله , فن التصميم في الفلسفة والنظرية والتطبيق ,الشارقة, ج3,دائرة الثقافة والاعلام الطبعة الأولى (ص 215)

3- طرفة الشـــريـانـي-الـراحـة الســـمـعـيـة- 2007-جـريـدة الـبـيـان الامـاراتـيـة - https://www.albayan.ae/across-the-uae/2007-11-24-1.811131

4- عصام رجب اسماعيل, مفهوم الخصوصية وتأثيره على تصميم السكن في مصر , بحث منشور, مجلة قسم الهندسة المعمارية, كلية الهنجسة جامعة اسيوط ,جمهورية مصر العربية 1994,

5- مجد خضر-مفهوم الانتماء-جريدة موضوع-2016

1-Barozzi, M., Lienhard, J., Zanelli, A., & Monticelli, C. (2016). The sustainability of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture. Procedia Engineering, 155,PP275-284.

2- Bonsor, Kevin. "How smart windows work." HowStuffWorks website, (2001) .

3-Correa, D., Krieg, O. D., Menges, A., Reichert, S. and Rinderspacher, K., HYGROSKIN: A CLIMATERESPONSIVE PROTOTYPE PROJECT BASED ON THE ELASTIC AND

4-Fouad, S. M. A. E. "Design methodology: Kinetic architecture." Master Thesis, Architectural Engineering, Alexandria University (2012), p86.

5-Fox 2003 Kinetic Architectural Systems Design. In: Kronenburg (ed.) Theory,Context Design and Technology. Transportable Environments 2. 2nd ed. London:Spon Press.

6-Galloway, Andrew. "When Biology Inspires Architecture: An Interview with Doris Kim Sung." ArchDaily, 14/5/2014

7-Ghaith M. Fateh, Alice Keswani, Modar Ali مقال (العمارة الحركية التفاعلية - العمارة والتشـــيد – الاســـتدامة)-جريدة الباحثون الســـوريون-[Online].Available https://www.syr-res.com/article/9552.html accessed 28/8/2022

8-Hoberman. 2008. Adaptive Structures: Building for Performance and Sustainability [Online]. DesignIntelligence. Available: http://www.di.net/articles/archive/2881/[Accessed May 31 2012]

9-Hornby 2010. In: Weheier (ed.) Oxford Advanced Learner's Dictionary. 7th ed.Oxford: Oxford University Press.

10-Humanitarian Needs as a Fundamental Effect On The Design Of The Libyan Dwelling / Eng. Adil Hussein Gomaa Elmabrouk / MANSOURA ENGINEERING JOURNAL, (MEJ), VOL. , ISSUE , JUNE 2017 /p2

11-HYGROSCOPIC PROPERTIES OF WOOD, 33rd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture: Adaptive Architecture, ACADIA 2013. ACADIA, 2013 .

12-Klaus Daniels, Advanced Building Systems: A Technical Guide for Architects and Engineers, Birkhauser publisher,Berlin,2003 p257

13-Kronenburg 2007. Flexible: Architecture that Responds toChange, London, Laurence King Publishing Ltd

14-Loonen, R. C., Trčka, M., Cóstola, D., & Hensen, J. L. M. Climate adaptivebuilding shells: State-of-the-art and future challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25, PP 483-493 .(2013) . [Online].Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032113002670 accessed 28/8/2022

15-Manfred A. Max-Neef with Antonio Elizalde, Martin Hopenhayn.. (1991). Human scale development: conception, application and further reflections.New York: Apex.Chpt. 2. “Development and Human Needs”, p. 18.

16-Manfred Max-Neef, Antonio Elizalde, & Martín Hopenhayn. with the cooperation of. Felipe Herrera, Hugo Zemelman, Jorge Jatobá, Luis Weinstein (1989). "Human Scale Development: An Option for the Future." Development Dialogue: A Journal of International Development Cooperation. 1989, 1, 7-80. (in English)

17-Nina Kuipers , FROM STATIC TO KINETIC The potential of .kinetic façades in care-hotels

18-PHILLIPS, Derek, Daylighting: natural light in architecture, Routledge, Italy, 2004.

Responsive textiles vs. reactive façade systems, [Online]. Available: https://advancedtextilessource.com/2013/10/08/responsive-textiles-vs-reactive-facade-systems/Givoni,

19-Baruch. Passive low energy cooling of buildings. John Wiley & Sons, New York, 1994 ,p. 29.

20-SADRI, M., KAVANDI, M. JOZEPIRI, A. TEIMOUR, S and ABBASI, F. (2014). Bionic Architecture, Forms and Constructions, Research Journal of Recent Sciences, Vol. 3(3), 93-98. Iran.

21-Sanchez-del-Valle 2005. Adaptive Kinetic Architecture: A Portal To Digital Prototyping. Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture (ACADIA) 05: Smart Architecture: Integration of Digital and Building Technologies. Savannah, Georgia, USA

22-Schnädelbach Holger, Adaptive architecture: A conceptual framework, MediaCity: interaction of architecture, media and social phenomena, 2010.

23-SOMA, IN PROGRESS: THEMATIC PAVILION EXPO 2012 / SOMA, 22/2/2012, [Online].Available: http://www.formakers.eu/project-117-soma-in-progress-thematic-pavilion-expo-2012 accessed 28/8/2022

24-Whitehead. 2000. Steel Mesh and Engineering Wizardry Unfold into Dome

25-Yeadon, Decker, Homeostatic facade system, Self-shading system for buildings, 22/4/2016[,

26-Zuk 1970. Kinetic Architecture, New York, Van Nostrand Reinhold Company

Kinetic Architecture as a tool for Architectural Adaptation

Abstract

In recent years, many interactive solutions have been invented that are able to adapt and respond to external environmental variables and changing human needs, and then back again to the normal position of the building when the influence ends without any deformation in the interacting element. These solutions have motivated architects to take advantage of them to create a new interactive architecture capable of achieving human needs, requirements, and desires, instead of static architecture. Some of those needs are innate while others are acquired. Some are fixed or variable. Meeting those needs is what makes a person feel comfortable and satisfied. All of them directly affect architecture. This is what changes the architecture from one society to another and from time to time in the same society. Hence, the main motive for the kinetic architectureis to meet those changing and different human needs and to eradicate the contradictions between architecture's statics and changing human needs.

This paper presents the theoretical framework of kinetic architecture and human needs and their characteristics. Then, it identifies the role of kinetic architecture in meeting each of the different human needs. The research ends with a presentation of some design criteria as a way to satisfy changing human needs.

Kinetic architecture and human needs was presented and classified according to their impact on kinetic architecture. Then, the paper presented the relationship between kinetic architecture and the changing physical human needs (thermal comfort - interaction with changing level of humidity - achieving shadows - achieving ventilation (clean air) - protection from wind and storms - visual comfort - acoustic comfort - possibility of changing function - generation and energy saving - good water management), and non-materialistic human needs (providing an external view - beauty - privacy and containment - safety - emphasizing psychological and social aspect - emphasizing belonging and identity). An analytical study of some models of kinetic architecture was undertaekn, summarized in some design criteria for kinetic architecture. In the applied study, a questionnaire was made about these criteria in order to benefit from the opinions of some experts and workers in the field of architecture, and to reach measurable critria for the design of kinetic buildings.

The main objective of the research is to eliminate conflict between the statics of architecture and the ever-changing needs of users, by creating design criteria for kinetic architecture that respond to those needs. This can be achieved through several secondary goals:

- Identifying concepts of kinetic architecture and the changing needs of users and their classifications;
- Studying the relationship between kinetic architecture and changing human needs (material andimmaterial);
- Devising design criteria for kinetic architecture to be followed by architects to produce kinetic architecture that meets user needs.

Research problem: The contrasts between static architecture and the ever-changing needs of users.

Keywords: Kinetic Architecture, Adaptive Architecture, Interactive Buildings, Responsive Buildings, Human Needs, User Needs, Design Criteria.