تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية وأثرها البيئي

Interactive and smart facades technology and its environmental impact

أ.م.د/ نها سيد محمد عفيفي

أستاذ مساعد، قسم الزخرفة، المعهد العالي للفنون التطبيقية، التجمع الخامس القاهرة.

Associ. Prof. Dr. Noha Sayed Mohamad Afify

Associate Professor, Department of Decoration, Higher Institute of Applied Arts, Fifth Settlement, Cairo.

nohanew72@yahoo.com

م.د/ وائل محمد كامل السيد

مدرس، قسم التصميم الداخلي والاثاث، المعهد العالي للفنون التطبيقية، التجمع الخامس القاهرة.

Dr. Wael Mohamed Kamel Elsayed

Lecturer, Department of Interior Design and Furniture, Higher Institute of Applied Arts, Fifth Settlement, Cairo.

waeelkamel2000@yahoo.com

الملخص

ساهم التطور العلمي والتكنولوجي على إثراء العمارة بشكل عام، حيث حققت تكنولوجيا الواجهات العديد من التطورات في كل من مواد وتكنولوجيا البناء ولاسيما مع ظهور العمارة المتقدمة تكنولوجيا، مثل العمارة المستدامة والعمارة التفاعلية والعمارة الذكية. إن الواجهات هي الأجزاء الأكثر وضوحًا في المبنى وتشكل نمط المبنى من خلال عناصرها، وتحمل تكنولوجيا تفاعلية وذكية تجعل المبنى قابل للتكيف والتفاعل مع الظروف البيئية، مع تحديد الأثر البيئي له.

يحدد الأثر البيئي الاثار البيئية الناتجة عن إقامة المشروعات، وتشمل الخامات وتكنولوجيا البناء والإنتاج .... والتي تؤثر على النظام البيئي، وتقييم الاثار المحتملة سلبية كانت أم إيجابية لمشروع ما مقام على البيئة الطبيعية. يهدف الأثر البيئي إلى الحد من التلوث البيئي، وتحقيق التوازن ما بين البيئة والتنمية، الحفاظ على النظام البيئي.

أضافت التكنولوجيا المتقدمة ولاسيما تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية في الواجهات نمطاً جديداً للمباني يتصف بالبساطة المعقدة، في كل من الشكل وتكنولوجيا البناء، وعلاقتها بالنظام البيئي، من خلال عرض وتحليل نماذج توضيحية لمباني ذات واجهات تفاعلية وذكية وتحديد الاثر البيئي لها ومدى توافقها مع الأنظمة البيئة المستدامة، واختص البحث بتحليل أنواع الواجهات التفاعلية من خلال تحديد: الفكرة التفاعلية، وتكنولوجيا التفاعل، والأثر البيئي.

تتنوع الواجهات التفاعلية بأنواع من التفاعل الديناميكي: (ميكانيكي، ايهامي، بواسطة المستخدم، رقمي) مما يؤثر في شكل الواجهة، وتفاعلها وأثرها البيئي.

تعتمد تكنولوجيا الواجهات التفاعلية على تكنولوجيا التكسيات المطبقة، ومنها "الواجهات ذات التهوية" والتي تعتمد على وجود هيكل التثبيت، وتتميز بالتقليل من كمية مواد البناء، وخفض درجة حرارة المبنى وترشيد استهلاك الطاقة الكهربية.

تشتمل الواجهات التفاعلية والذكية على مواد تكسية خارجية متطورة ذات طبيعة تفاعلية، مثل تكسيات الالكوبوند والدهانات التفاعلية والزجاج الذكي..... تتميز مواد التكسية التفاعلية بمواصفات صناعية وبيئية من أهمها مقاومة العوامل الجوية وأشعة الشمس والرطوبة والآفات والحرائق، وخفض استهلاك الطاقة الكهربية، والاستفادة من الطاقة الشمسية الطبيعية وطول عمرها الزمني وسهولة الصيانة. تتوافق الواجهات التفاعلية والذكية مع الأنظمة البيئية المستدامة عندما يتوفر فيها معايير الأثر البيئي.

الكلمات المفتاحية :
الواجهات التفاعلية والذكية، تكنولوجيا تكسيات الواجهات، النظام البيئي، الأثر البيئي، هيكل التثبيت

Abstract:

The scientific and technological development has contributed to the enrichment of architecture in general, as facade technology has achieved many developments in both building materials and technology, especially with technologically advanced architecture, such as sustainable architecture, interactive architecture and smart architecture. The facades are the most visible parts of the building and shape the building style through its elements, with an interactive and smart technology that makes the building adaptable and interacting with environmental conditions, while determining its environmental impact.

The environmental impact determines the environmental impacts resulting from the establishment of projects, including raw materials, construction technology, and production ... which affect the ecosystem, and assesses the potential negative or positive effects of a project on the natural environment. The environmental impact aims at reducing environmental pollution, achieving a balance between environment and development, and preserving the ecosystem.

The advanced technology, especially the interactive and smart facades technology, added a new style of buildings that is characterized by complex simplicity, in both form and construction technology, and its relationship to the ecosystem, by presenting and analyzing illustrative models of buildings with interactive and smart facades, determining their environmental impact and their compatibility with sustainable environmental systems. The research is concerned with analyzing the types of interactive facades by identifying: the interactive idea, interaction technology, and the environmental impact.

Interactive facades vary with types of dynamic interaction: (mechanical, delusion, by user, media) which affect the interface's shape, its interaction and its environmental impact.

The interactive façade technology depends on the applied cladding technology, including "ventilated facades," which depend on the existence of the installation structure, and is characterized by reducing the amount of building materials, reducing the temperature of the building and rationalizing electrical energy consumption. The interactive and smart façades include advanced external cladding materials of a reactive nature, such as Alucopond cladding, Interactive paints and Smart glasses .... Interactive cladding materials have industrial and environmental specifications, which are: resistance to weather, sunlight, humidity, pests and fires, reducing electrical energy consumption, and making use of Natural solar energy, longevity and ease of maintenance. Interactive and smart interfaces are compatible with sustainable environmental systems when they contain environmental impact criteria.

Keywords:

Interactive and smart façades, façade cladding technology, Ecosystem, environmental impact, Anchoring structure

المقدمـــة

تعتبر عمليات تطوير تكنولوجيا البناء من منتجات ومواد تكسية الواجهات المعمارية؛ عملية مستمرة، حيث تطورت تقنيات البناء واعتمدت على الآلات والماكينات الحديثة، يليها التكنولوجيا التفاعلية والذكية في الواجهات.

تعتبر الواجهات المعمارية ذات أهمّية في المبنى، ومن هنا جاء دور البحث عن تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية وعرض نماذج توضيحية يتضح من خلالها فكرة وتكنولوجيا التفاعل لتلك الواجهات وتحديد أثرها البيئي.

تتميز الواجهات الذكية والتفاعلية ليس فقط من حيث المظهر؛ بل بمقدورها التحكم في المبنى من حيث درجة الحرارة وتوفير الطاقة، وإعطاء الحماية والأمان المطلوبين، بل ويمكن أن يمتد آثرها إلى البيئة المحيطة بالمبنى.

تشتمل الواجهات التفاعلية والذكية كذلك على تكنولوجيا تكسيات الواجهات من خامات وتقنيات، من خلال تطبيق تكنولوجيا متقدمة وخامات بناء متطورة صناعياً وبيئياً، ذات طبيعة تفاعلية وتتميز بمواصفات صناعية وبيئية.

ومن الدراسة البحثية يمكن تحديد الأثر البيئي للواجهات التفاعلية والذكية، وتحديد مدى توافق الواجهات التفاعلية والذكية مع أنظمة الاستدامة البيئية.

مشكلة البحث:

يركز البحث على الإجابة على أربعة أسئلة رئيسة تعتبر محاور البحث وهم:

- ماهي تكنولوجيا التفاعل في الواجهات التفاعلية والذكية؟
- هل ترتبط تكنولوجيا تكسيات الواجهات التفاعلية مع الأنظمة البيئية من خلال تطبيق تكنولوجيا متقدمة ومواد بناء متطورة صناعياً وبيئياً؟
- ما هو الأثر البيئي للواجهات التفاعلية والذكية؟
- هل تتوافق تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية مع الأنظمة البيئية المستدامة؟

أهداف البحث:

- القاء الضوء على أنواع تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية.
- مواصفات تكنولوجيا التكسيات التفاعلية والذكية من تقنيات وخامات وأثرها البيئي.
- تحديد الأثر البيئي للواجهات التفاعلية والذكية.

فرضية البحث: يفترض البحث أن تتوافق تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية مع الأنظمة البيئية المستدامة.

منهج البحث:

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي: وصف وتحليل نماذج من الواجهات التفاعلية.

كما يتبع المنهج التجريبي التحليلي: يتضمن ذلك تصميم استبيان، وتحليله للتأكد من فرضية البحث.

حدود البحث:

حدود زمانية: منتصف القرن التاسع عشر والفترة الحالية والمستقبلية.

حدود مكانية: يتضمن مدن عربية وأوروبية تم تطبيق تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية بها.

إجراءات البحث:

قام الباحثان بإعداد استبيان لتحكيم نتائج البحث من أهمية ودور "تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية وأثرها البيئي"، وهل نجحت المباني التفاعلية في خلق بيئة مستجيبة ومستدامة من خلال تحقيق التكامل بين النظم التكنولوجية والنظم البيئية والتحقق من مدي جدوى تأثيرها على واجهات المباني المتقدمة والحصول على إجابات مقبولة اجتماعيا واقتصاديا وإيكولوجيًا. **كالآتي:**

- يتألف الاستبيان من (٥) فقرات لمعرفة آراء المتخصصين من قسم التصميم الداخلي والأثاث وقسم الزخرفة وقسم الزجاج بكليات الفنون التطبيقية جامعة حلوان، جامعة دمياط، جامعة بنها، جامعة ٦ أكتوبر، والمعهد العالي للفنون التطبيقية بالتجمع الخامس، والمعهد العالي للفنون التطبيقية بالسادس من أكتوبر.

عينة البحث: عدد (٣٠) من متخصصي التصميم الداخلي والأثاث والزخرفة والزجاج.

مصطلحات البحث: الواجهات التفاعلية والذكية، النظام البيئي، تكنولوجيا تكسيات الواجهات، الأثر البيئي، هيكل التثبيت.

حققت تكنولوجيا الواجهات العديد من التطورات في كل من مواد وتكنولوجيا البناء فتحررت واجهات المباني من كونها ثابته إلى واجهات تتفاعل مع الساكنين والبيئة، كما دخلت تقنيات النانو (*٢) في إنتاج مواد وتكنولوجيا تكسيات الواجهات مثل: الالواح المعدنية، مواد العزل والدهانات، الزجاج، بهدف تحسين خواصهم الصناعية والبيئية من حيث الوزن والمتانة، وسهولة الصيانة، وثبات الألوان، ومقاومة العوامل الجوية، وغيرها من المزايا. كما اقترنت العديد من المصطلحات للتعبير عن العمارة المتقدمة تكنولوجيا بشكل عام منها:

العمارة التكنولوجية:Technologic Architecture

مصطلح عام يصف العمارة التي تطبق التكنولوجيات المتاحة سواء في إعداد تصميمات ونماذج هذه العمارة، أو في طرق وأساليب تنفيذها، وإبراز حقيقة التكنولوجيا والمواد المستخدمة في المبنى بكل مكوناتها.

العمارة المستدامة أو العمارة الخضراء:Sustainable Architecture

وصف تقنيات التصميم البيئي، وهي عملية تصميم وإنشاء المباني بأسلوب يحترم البيئة مع الاخذ في الاعتبار تقليل استهلاك الطاقة والمواد والموارد الطبيعية مع تقليل تأثيرات الإنشاء والاستعمال على البيئة، مع تنظيم الانسجام مع الطبيعة.[٢٢]

العمارة الذكية: smart Architecture

قدرة المبنى على رد الفعل التلقائي تجاه أحد العوامل الخارجية، وفق آلية تكنولوجية صمم بها المبنى سواء أنظمة برمجية أو ميكانيكية أو محسسات، وذات قابلية للتوائم مع منشط خارجي، أو تجاوب الواجهة مع المؤثرات البيئية المختلفة لتأدية وظيفة ما.[٢/ ص ٣٤]

العمارة التفاعلية:interactive architecture

قدرة المبنى على أداء وظائف واسعة المدى، تساعد قاطني المكان والمرتادين على تلبية متطلباتهم واحتياجاتهم وتشاركهم حياتهم.[٥/ ص٥٧]

يمكن للمبنى أن يتضمن أكثر من نوع من التكنولوجيا فيمكن أن يتضمن المبنى تكنولوجيا ذكية وتفاعلية ومستدامة، كما تشتمل على تكنولوجيا تكسيات الواجهات من خلال تطبيق تكنولوجيا متقدمة وخامات بناء متطورة صناعياً وبيئياً. ولا تعد أهمية الواجهات التفاعلية في التحديث في مظهرها النمطي وحسب، ولكنها تعمل على حماية المبنى وتوفير الراحة للمرتادين، ويمكنها المحافظة على البيئة والنظام البيئي (*٢)بشكل عام.

الواجهات التفاعلية والذكية:Interactive& smart facades :

الواجهات هي الأجزاء الأكثر وضوحًا في المبنى، تقوم بحماية المبنى من العوامل الخارجية وتساهم في خلق بيئة داخلية مريحة، ومسئولة بشكل رئيس عن الاكتساب والفقد الحراري، لذا من الطبيعي أن تكون الواجهات هي الجزء الذي يحمل تكنولوجيا قادرة على أن تجعل المبنى قابل للتكيف مع الظروف البيئية للمكان الذي يوجد فيه ويتفاعل معه ويؤثر فيه ويتأثر به وهو ما يطلق عليه الأثر البيئي.

الأثر البيئي Environmental impact:هي الاثار الناتجة والمحتملة عن المشروعات في كافة مراحلها ، وتشمل الخامات وتكنولوجيا البناء والإنتاج ....والتي تؤثر على صحة الانسان والطبيعة وجمال المدن والموروث الثقافي .

بدأ استخدام تقييم الأثر البيئي عام ١٩٦٩ في الولايات المتحدة الامريكية لتقييم الاثار المحتملة سلبية كانت أم إيجابية لمشروع ما مقام على البيئة الطبيعية لاعطاء متخذي القرار وسيلة لاقرار الاستمرار في المشروع أم التوقف عنه .

يهدف الأثر البيئي إلى الحد من التلوث البيئي ، تحقيق التوازن ما بين البيئة والتنمية ، الحفاظ على عناصر التنوع البيولوجي.[١/ص٢٧]

هذا وتعتبر الواجهات التفاعلية والذكية هي واجهات المباني المزودة بتقنيات ديناميكية أو برمجية في جزء أو في كامل الواجهة. يمكن اعتبار واجهة المبنى تفاعلية عندما تتكيف مع الظروف البيئية، ويحدث هذا من خلال مكوناتها والتي تقوم بالعزل والحماية من الإشعاع الشمسي، مع التحكم في التهوية واكتساب أو فقد الحرارة... كما تستجيب للتغيرات التي تحدث في خارج وداخل المبنى. تعتبر الواجهات المعمارية بشكل عام ذات أهمّية خاصة في المبنى وذات أثر بيئي، باعتبارها من عناصر الجذب للمبنى، وكثيراً ما تعبر عن وظيفة وأهمية المبنى ضمن الحيز العمراني كما تقوم بالربط بين الخارج والداخل.

تتضمن الواجهة المعمارية مجموعة من المكونات تشكل نمط المبنى وتشمل:

- الفتحات المعمارية.
- مواد وخامات التكسية.
- مكملات واكسسوارات تجميلية.

وجميعها تساهم في تشكيل واجهة المبنى وحمايته.

- الفتحات المعمارية: هي فراغات تخصص في الجدران لاستقبال (الأبواب والنوافذ والواجهات الزجاجية)، وللفتحات المعمارية دورًا رئيسًا في المبنى من حيث تزويده بالتهوية والاضاءة الطبيعية الكافية، كما أنها تعمل على توفير مجال الرؤية المطلوبة خارج المبنى، وتؤثر بشكل كبير على النمط الحراري في داخل المبنى، وفي زيادة التهوية الطبيعية أو التحكم بها، أو في توفير إنارة طبيعية داخل المبنى.[١٦]

- مواد ومنتجات التكسية: لها تأثير بصري خاص وهي من العناصر الاساسية لتكوين الصورة العامة للكتلة المعمارية، كما أن لها دورًا هامًا في حماية المبنى، وتكيفه مع البيئة المحيطة، ويتوقف اختيار مواد التكسية تبعًا للتصميم وللغرض المطلوب ودرجة الاداء. كما يمكن أن تتوافق مواد ومنتجات التكسية مع الأنظمة البيئية من خلال تطبيق تكنولوجيا متقدمة وخامات بناء متطورة صناعياً وبيئياً.

يجب عند اختيار مواد تكسية الواجهات التفاعلية أن تتوفر بها المواصفات التالية:

- المتانة، وخفة الوزن.
- مقاومتها للعوامل الجوية والرطوبة، الامطار، الصقيع.

- مقاومتها للحريق، ولا تساعد على الاشتعال.
- المدى الزمني الطويل.
- صديقة للبيئة.

- منتجات تكميلية تجميلية: هي منتجات تستخدم لتجميل الواجهات (وحدات الإضاءة، وحدات زخرفية ونحتية..... الخ)، ويفضل اختيار منتجات تتوافق مع أنظمة البيئة مثل وسائل إضاءة ذات كفاءة بتوفير الطاقة، كما تشتمل على العناصر النباتية والتي لها دورا وانعكاسًا بيئيًا هامًا في تنقية الجو والجمال البصري.

تعتمد تكنولوجيا الواجهات التفاعلية على تكنولوجيا التكسيات المطبقة على تلك الواجهات، والتي تشكل بدورها نوعًا من التفاعل دون إحداث إضرار بالنظام البيئي، ومنها "الواجهات ذات التهوية".

(أ) - الواجهات ذات التهوية:"ventilated facades"

هي الواجهات متعددة الطبقات شكل (١) وتعتمد على هيكل التثبيت لتركيب مواد التكسيات المتنوعة مثل الواح الاخشاب والومنيوم، الزجاج، ...).[١٢]

تعتبر ألمانيا مسقط رأس أنظمة الواجهات ذات التهوية منذ الخمسينيات من القرن الماضي، تتميز الواجهات ذات التهوية بالتقليل من كمية مواد البناء اللازمة لتشييد جدران المباني، وبالتالي توفير التكاليف أثناء البناء، وإمكانية خفض أو الحفاظ على الحرارة داخل المبنى، مع منع ظهور الرطوبة، وبالتالي رفع كفاءة المبنى. تتميز الواجهات ذات التهوية بمواصفات صناعية وبيئية متعددة.

مواصفات الواجهات ذات التهوية:

1. إمكانية استخدام مواد متنوعة في تشكيل وإكساء الواجهات (الواح خشبية، الواح ألمنيوم المركبة، بورسلين)
2. توفير مزيدًا من المتانة والفاعلية للمبنى.
3. حماية المبنى من العوامل الجوية المختلفة.
4. تزويد المبنى بأنواع العزل المختلفة.
5. المحافظة على نظافة جدران المبنى من الفطريات والتعفن.
6. توفير استهلاك الطاقة الكهربية عن طريق خفض درجة حرارة المبنى.
7. سهولة الصيانة في حالة حدوث ضرر جزئي.
8. سهولة عمليات الصيانة.

شكل (١) قطاع يوضح طبقات الواجهة ذات التهوية كالتالي:
- الحائط الأساسي للمبنى:
- هيكل التثبيت المثبت فوق الحائط الاساسي.
- طبقة العزل.
- فجوة التهوية بين طبقة العزل ومواد التكسية.
- مواد التكسية.

يوضح الجدول التالي طبقات الواجهات ذات التهوية:

	تتكون الواجهات ذات التهوية من خمس (٥) طبقات أساسية:	
١	**الحائط الأساسي للمبني: Building wall:**	التي تطبق عليها هذه التقنية، ويجب أن تكون من مواد مناسبة (الطوب، الأحجار، الأسمنت المسلح،) بحيث تكون قادرة على تثبيت الهيكل المعدني للواجهة ذات التهوية، وقوية بدرجة كافية لتحمل الأحمال الواقعة عليها من باقي الطبقات.
٢	**هيكل التثبيت: Anchoring structure:**	يكون هيكل التثبيت من الألومنيوم أو من الفولاذ مع عناصر التثبيت، ويستخدم لتثبيت مواد التكسية فوقه بدون تثبيتها على الحائط الأساسي للمبنى، ولإنشاء فراغ (فجوة التهوية) شكل (٢).
٣	**طبقة العزل: Insulating layer:**	يشمل أنواع العزل (الحراري والمائي والصوتي) وتكون المواد العازلة من مادة صلبة أو شبه صلبة كما في الألياف النباتية أو المعدنية أو السيليولوز البلاستيكي مثل ألواح البولي ستيرين، أو الصوف الصخري.... وسمكها يتراوح من ٣إلى ٥ سم ويتوقف على نوعية الخامة المستخدمة والمتطلبات الحرارية التي يتطلبها المبني، ويتم تثبتيها على الحائط الأساسي للمبنى.

٤	**فجوة التهوية: Ventilated air :gap**	يقصد بها مسافة الفراغ المتروك بين الطبقة العازلة وبين طبقة التكسية الخارجية، ويتراوح سمك هذه الفجوة ما بين ٣٠مم الي ٨٠ مم، تعمل على تحريك الهواء الداخلي الساخن الناتج من الاشعاع الشمسي الساقط على الواجهة والحرارة القادمة من مناطق المعيشة داخل المبني والتي تسخن الهواء الموجود في هذا الفراغ، مما يؤدي إلى حركة دائرية للهواء ويستبدل بهواء بارد وبالتالي تقليل حرارة المبنى.[١٥]
٥	**طبقة تكسية الواجهة facade cladding covering**	تتعدد الخامات المستخدمة في تكسية الواجهات التفاعلية، ويتم اختيارها وفقاً للمتطلبات المرجوة، من أهمها مقاومة العوامل الجوية، وعدم قابلية الاشتعال، وخفة الوزن، وخفض متطلبات الصيانة، علاوة على القيمة الجمالية التي تكسبها للواجهة شكل (٣).

جدول (١) طبقات الواجهات ذات التهوية

شكل (٢) هيكل التثبيت المعدني مثبت فوق الحائط الأساسي للمبنى بواسطة وحدات التثبيت المعدنية.

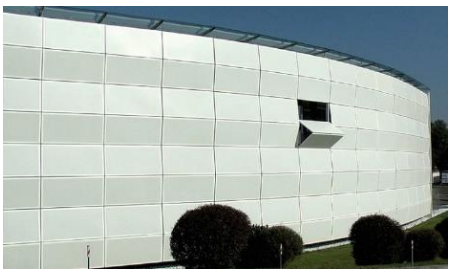
شكل (٣) أحد الواجهات بعد تركيب الواح التكسية فوق هيكل التثبيت، الواح من الألومنيوم المفرغ تعمل على تقليل حرارة المبنى، ومقاومة العوامل الجوية.

(ب) - هذا وتتنوع تكنولوجيا التفاعل في الواجهات بما يؤثر في مظهر المبنى وعلاقته بالبيئة. يتضح ذلك في النماذج التوضيحية التالية:

نماذج توضيحية لتكنولوجيا الواجهات التفاعلية وأثرها البيئي:

النموذج الأول: تفاعل ديناميكي ميكانيكي واجهة معرض Kiefer Technic Showroom (كيفر تكنيك) النمسا.

الفكرة التفاعلية : يتغير شكل الواجهة في أوقات اليوم مع تغيير أوضاع الشاشات الخارجية في الواجهة بالفتح والغلق تبعاً لقوة أشعة الشمس شكل(٤) تتفاعل واجهة المعرض مع الظروف المناخية اليومية من خلال الفتح والغلق أوتوماتيكيا، وبذلك تكون قادرة على تحسين جو المبنى من الداخل ككل، أو في الوحدات الداخلية بشكل مستقل وفقًا للظروف المطلوبة. هيكل المبنى من الطوب والاسمنت والواجهة من الزجاج المثبت في هيكل التثبيت أفقياً ورأسيًا. ومثبت فوقها شاشات الفتح والغلق. **تكنولوجيا التفاعل** صممت الواجهة لتتفاعل الشاشات مع أشعة الشمس، بنظام برمجي للفتح والغلق إلكترونياً. مما يغير مظهر واجهة المبنى بأكمله باستمرار مع تغيير المناخ [*]الشاشات مصنوعة من الالومنيوم ومطلية باللون الأبيض أشكال (٥،٦،٧).



شكل (٤) واجهة معرض Kiefer Technic، تفاعل ديناميكي مبرمج، مزودة بنظام برمجي للفتح والغلق الكترونياً.

شكل (٥،٦،٧) تتغير شكل الواجهة فتح الوحدات وغلقها كما تتفاعل مع الظروف المناخية.]١١ [

الاثر البيئي: تساهم واجهة المبنى في ترشيد استهلاك الطاقة، كما تعمل مادة الألمونيوم المقاوم للصدأ في شاشات الفتح بها على اكساب الواجهة المتانة، والمظهر الجيد، مع مقاومة العوامل الجوية، ومقاومة الحريق وعمرها الزمني طويل.

النموذج الثاني: تفاعل ديناميكي ايهامي واجهة مبنى المواقف الطابقية مستشفى اسكنازي Eskenazi مدينة إنديانابوليس الولايات المتحدة الامريكية (*).

الفكرة التفاعلية: يتغير شكل الواجهة وألوانها، تبعاً لزاوية المشاهد ومكانه من الواجهة. [٢٧]

صممت واجهة مبنى موقف السيارات الطابقي بمستشفى اسكنازي بمدينة إنديانابوليس بتشكيل نحتي مجسم مع التنوع اللوني للواجهة.

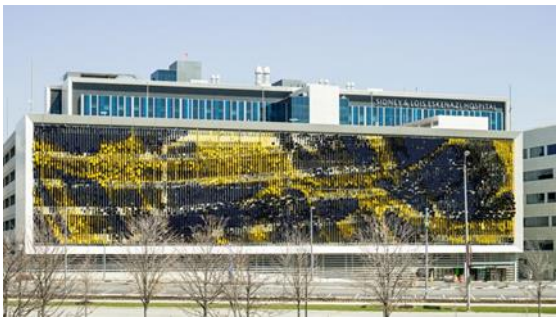
هيكل المبنى من الاسمنت بواجهة من الزجاج الستائري، يحيط بها إطار اسمنتي خارجي يحوي بداخله ٧٠٠٠ لوحة معدنية مثبتة بأسياخ معدنية متراصة رأسيًا ومثبتة بهيكل المبني. تختلف تلك الالواح المعدنية من حيث المقاسات والاحجام واتجاه الرص وتبدأ من ٣٠٠مم طول٦٠٠مم عرض، و٣٠٠مم طول *١م عرض.

متراصة بشكل يشبه التصميم البارامتري ولكن بتصميم حر وغير مرتب هندسيًا، الالواح مطلية بلونين؛ سطح باللون الأصفر والسطح الاخر باللون الازرق، كما تتغير درجة الألوان حسب اسقاطات الضوء وبالتالي تتغير الواجهة تبعاً لمكان المشاهد وزاوية الرؤية.[٢٣]

تكنولوجيا التفاعل يتغير شكل الواجهة والوانها نتيجة تغير اتجاه وزوايا الالواح المعدنية، فتظهر الواجهة على يمين المشاهد بشكل يختلف عن شكلها في يساره، كما تتغير درجات ألوان الواجهة إيهاميًا نتيجة تغيير اتجاه وزوايا اللوحات المعدنية من درجات اللون الأصفر ودرجات الازرق في تشكيل نحتي ثلاثي الابعاد للواجهة أشكال (٨،٩،١٠،١١). كما يتغير شكل الواجهة بشكل مستمر كلما تغيرت زاوية وقوف المشاهد، مما يتولد منه تفاعل المشاهد مع الواجهة. توفر الواجهة الظل والحماية من أشعة الشمس القوية أثناء النهار مما يقلل من استهلاك الطاقة. ومتناغمة مع المحيط البيئي.

شكل (٨) شكل الواجهة من زاوية يمين المشاهد يغلب اللون الأصفر .

شكل (٩) الواجهة من اتجاه اليسار مع حركة المشاهد يغلب اللون الأصفرالمختلط بالازرق.



شكل (١٠) شكل الواجهة من الامام يختلط اللون الازق باللون الأصفر للواجهة.

شكل (١١) الواجهة من اليسار مع اختلاف زاوية منظور الرؤية حيث يغلب اللون الازرق في معظم الواجهة.

النموذج الثالث: تفاعل ديناميكي مبرمج واجهة "أبراج البحار" أبو ظبي الامارات.

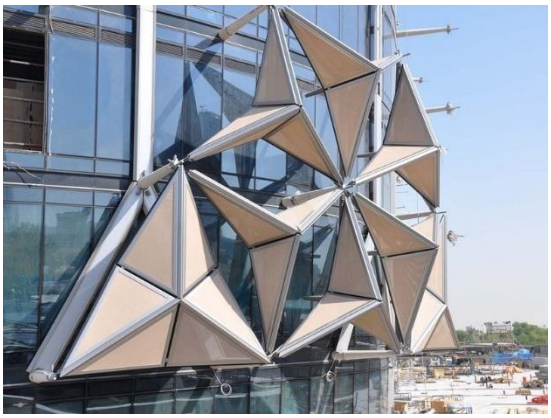
فكرة وتكنولوجيا التفاعل : الواجهة مبرمجة لتتحرك ديناميكيًا عند تعرضها لأشعة الشمس من خلال وحدات تفتح وتغلق يوميًا للحد من أشعة الشمس القوية ولتوفير الحرارة والضوء المناسبين بداخل المبنى.

مواصفات البرجيين : برجان متماثلان مكونان من ٢٩ طابقًا على ارتفاع ١٤٥ متراً، بمساحة كلية ٧٠،٠٠٠ متر مربع على المدخل الشرقي. وهما على طراز العمارة الإسلامية الحديثة ومستدام هندسياً، تم افتتاح البرجين عام ٢٠١٢ .[٢٤]

شكل (١٢) واجهة "أبراج البحر" الواجهة مزودة هيكل معدني مزود بوحدات ديناميكية قابلة للفتح والغلق أوتوماتيكيا.

الواجهة مكسوة بحائط ستائري (curtain wall) من الزجاج الشفاف، تم تثبيت هيكل آخر معدني فوق الحائط الستائري يبعد عن الهيكل الزجاجي للمبنى مترين، وصمم في إطار مستقل شكل (١٢).

هذا الهيكل مبرمج بحيث يتحرك وفقًا لأشعة الشمس، من خلال ٢٠٠ مظلة شمسية مثبتة به. وهذه الوحدات الهندسية على شكل مثلثات مسطحة من الالياف الزجاجية بإطار من الألومنيوم قابلة للفتح والغلق أوتوماتيكياً شكل (١٣).



شكل (١٣) وحدات الواجهة تتفاعل ديناميكيا مع أشعة الشمس، من خلال الفتح والغلق لتوفير الطاقة الكهربائية.

الاثر البيئي: استُلهِم تصميم البرج من "المشربية" التقليدية التي كانت تزين نوافذ البيوت العربية التقليدية منذ القرن الـ ١٤. والتي كانت توفر كلًا من الظل والخصوصية في نفس الوقت، كما تسمح بإطلالة خارجية طوال الوقت. تساهم تلك المشربية الديناميكية المتطورة على خفض نسبة الأشعة الشمسية التي تدخل المبنى إلى أكثر من ٥٠ في المئة، كما تخفض من حاجة المبنى من استهلاك طاقة تكييف الهواء، وبالتالي توفر في الطاقة الكهربائية التي تستهلكها أجهزة التبريد بالمبنى. وفرت تلك المظلات كذلك الظل للمبنى مما دفع إلى لاستغناء عن الزجاج الداكن الذي يحجب الضوء الخارجي في جميع الأوقات استخدام نوافذ أكثر شفافية، مما يعمل على توفير الكهرباء التي تستهلكها الإضاءة في النهار. ويتيح المزيد من الإضاءة الطبيعية بحيث تكون الرؤية أفضل الحاجة أقل للضوء الاصطناع.[١٩]

عندما تشرق الشمس تفتح المظلات المتواجدة في المنطقة الشرقية، فتحجب الضوء وكلما تحركت الشمس تتفاعل وحدات المظلات من خلال الفتح والغلق حسب شدة أشعة الشمس(*)، وتغلق في الليل أشكال (١٤&١٥&١٦) مما يوفر في استهلاك الطاقة الكهربية ويزيد من كفاءة واستدامة المبنى.[٨]

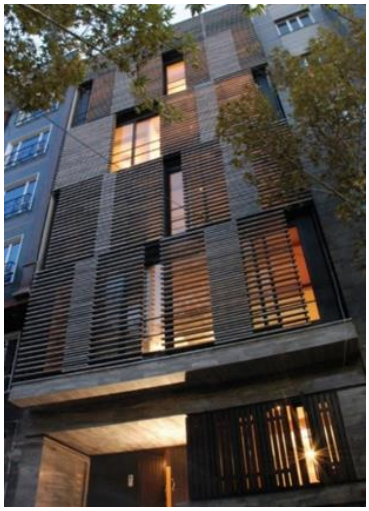
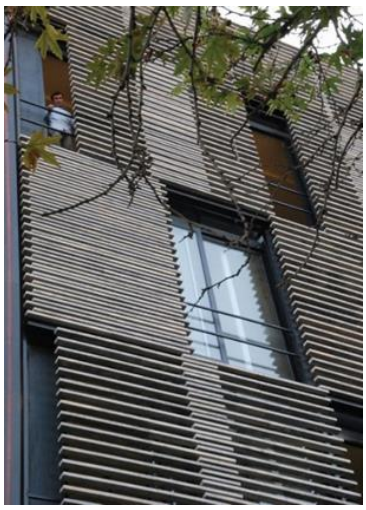
شكل (١٤) تتفاعل الوحدات على الواجهة بالانفتاح والانغلاق حسب قوة أشعة الشمس، شكل (١٥) الوحدات منفتحة عند توهج أشعة الشمس، شكل (١٦) الوحدات منغلقة بالكامل في الليل.

النموذج الرابع: تفاعل ديناميكي يدوي واجهة مبنى مجمع (Checker Box Office) طهران- إيران.

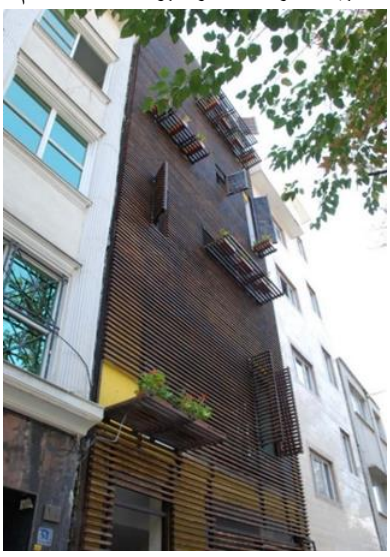
الفكرة التفاعلية: الواجهة ديناميكية تتحرك بواسطة المستخدم، من خلال شرائط خشبية متحركة فوق هيكل التثبيت. واجهة مبنى مجمع (Checker Box Office) يأتي ضمن مشروع يهدف إلى تطوير المباني المكتبية التقليدية بمدينة طهران الايرانية .[١٣]

تم الانتهاء من الاعمال بواجهة المبنى عام ٢٠٠٩. تتكون الواجهة الديناميكية من شرائط خشبية مثبتة فوق هيكل معدني مثبت فوق جدار المبنى الاساسي، بعضها ثابت وبعضها يتحرك من خلال مجاري الانزلاق بالهيكل أو من خلال مفصلات التحريك. وصممت منها أسطح لتغطية النوافذ بالكامل بمقاسات متنوعة، هذه الكسوة الخشبية الخارجية غيرت الواجهة

الساكنة إلى ديناميكية تفاعلية تبعاً لنشاط مرتادي المبنى، كما يمكن أن يستقل كل جزء منها في حرية الفتح والغلق وتحقيق الخصوصية المطلوبة. يظهر التأثير البيئي في هذه الواجهات كونها مستلهمة من فكرة عمل "المشربية"، فهي تعمل على توفير الظل مع عدم حجب الرؤية الداخلية وبالتالي توفير استهلاك المبنى من الطاقة الكهربية، علاوة على استخدام خامة الاخشاب الصناعية لتكسية الواجهة، التي أضفت أثراً بيئيًا طبيعيًا متناغمًا مع المبنى ومع المحيط البيئي أشكال (١٧،١٨،١٩،٢٠).

شكل (١٧&١٨) واجهة ديناميكية من الشرائط الخشبية المنزلقة، تتحرك بواسطة المستخدم.



شكل (١٩&٢٠) واجهة ديناميكية شرائط خشبية مثبتة بمفصلات التحريك تشكل نوافذ وجلسات لأوعية الزهور، تتناغم مع المحيط البيني.

النموذج الخامس: تفاعل ديناميكي مبرمج واجهة مبنى جامعة سيدانسك (Syddansk Universitet) جنوب الدنمارك.

الفكرة التفاعلية: تتحرك الواجهة ديناميكيا بنظام برمجي من خلال وحدات ظلية تتفاعل مع قوة أشعة الشمس وتعمل كوحدات تظليل للحد من الإضاءة والحرارة من خلال فتح الوحدات وغلقها مما يغير من شكل الواجهة بشكل مستمر.[٢٥] الواجهة الاصلية مكسوة بالزجاج، مثبت فوقها وحدات ظلية مزودة بنظام برمجي تفاعلي لفتح الوحدات أوتوماتيكيا مع قلة أشعة الشمس، والغلق مع شدة سطوع ووهج الشمس، تفتح الوحدات بشكل كامل شكل (٢١) أو بشكل منفصل شكل (٢٢)، تبعا لقوة أشعة الشمس بحيث توفر للمرتادين الراحة الحرارية مما يقلل من استهلاك طاقة أجهزة التبريد، الوحدات الظلية خفيفة الوزن من مواد صناعية لا تتفاعل مع العوامل الجوية على هيئة مثلثات قائمة الزاوية تم وضع كل مثلثين بشكل

متعاكس ليشكل مربع، ومثبتين من الضلع القائم للمثلث بواسطة هيكل التثبيت المعدني فوق الهيكل الزجاجي للواجهة، ومكسوة بألياف صناعية مثقوبة لمرور الضوء إلى الداخل عند الغلق. يتناغم لون الواجهة مع البيئة كما تم تصميم بعض الوحدات بألوان مبهجة لإضفاء لون بالواجهة.

شكل (٢١&٢٢) الواجهة تتفاعل ديناميكيًا من خلال وحدات ظلية تتحرك من خلال الفتح والغلق بواسطة نظام برمجي يتوقف على شدة أشعة الشمس.

النموذج الخامس: تفاعل ديناميكي رقمي واجهة مبنى جدار الوسائط الرقمية المستدامة GreenPix - Zero Energy Media Wall بكين الصين.

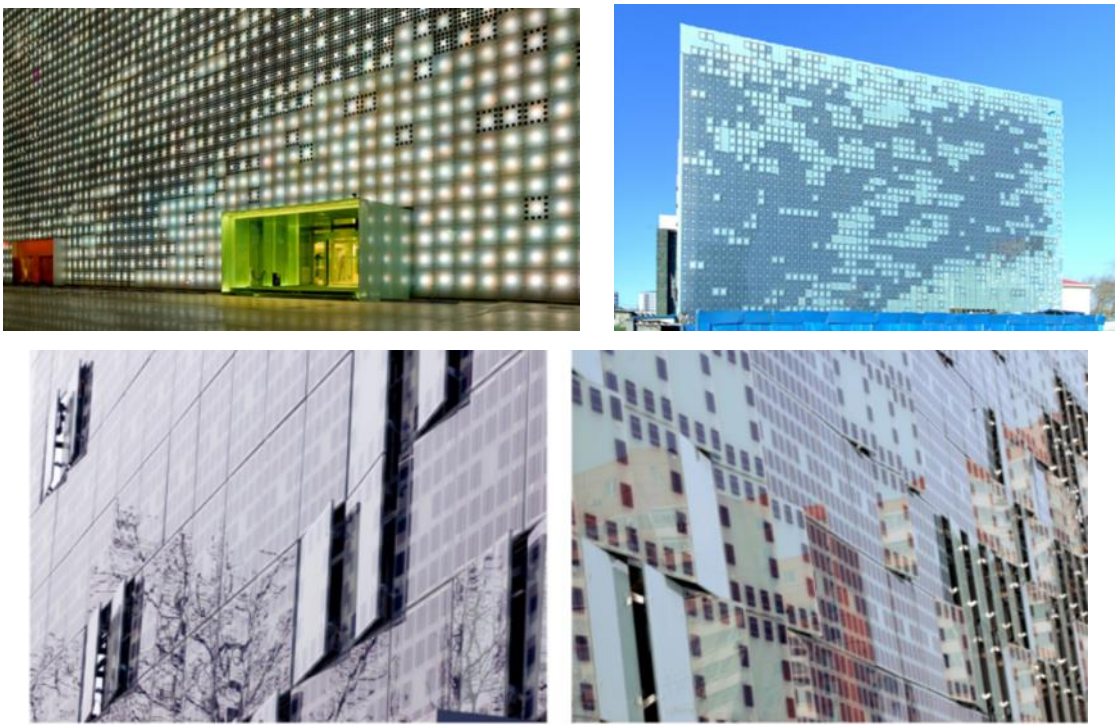
شكل (٢٣) واجهة تفاعلية "مبنى جدار الوسائط الرقمية المستدامة" بتكنولوجيا كهروضوئية متغيرة باستخدام شاشات (LED).

الفكرة وتكنولوجيا التفاعل تطبيق تكنولوجيا الوسائط الرقمية على واجهة المبنى بأكمله باستخدام شاشات (LED) كما تتفاعل الشاشة مع البيئة بتكنولوجيا كهروضوئية لتخزين الطاقة الطبيعية وتحويلها إلى عروض ضوئية في الليل. هو مبنى مجمع (Xicui) الترفيهي في مدينة بكين. واجهة المبنى عبارة عن حائط ستائري بالإضافة إلى كونها شاشة عرض GreenPix كبيرة الحجم تتكون من ٢٢٩٢ لونًا (RGB) من نقاط الإضاءة LED تساوي شاشة بطول ٢٤٠٠٠ وعرض ٢٢٠٠ م٢، تقوم الشاشة بعروض ضوئية ملونة ومتحركة. هي أكبر شاشة LED ملونة في العالم إلى الان، وأول نظام ضوئي مدمج في جدار ستائري زجاجي في الصين (*).

الأثر البيئي: يتبع المبنى معايير الاستدامة البيئية التي تهدف إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية وتوفير الطاقة والموارد المائية، وخلق ظروف بيئية للتنمية الاقتصادية، مع تقليل التلوث والإضرار بالبيئة.[٦]

وتحقيق الاكتفاء الذاتي، حيث تخزن الواجهة الطاقة الشمسية في النهار التي تُستخدم لإضاءة الشاشة بعد حلول الظلام. تعتمد تقنية شاشات الواجهة على تصفيح الخلايا الكهروضوئية في جدار ستائري زجاجي، وتوضع بكثافة متغيرة على واجهة المبنى بأكمله. مما يسمح للضوء الطبيعي بالدخول عند الحاجة إليه بواسطة برنامج حاسوبي داخلي، مع تقليل اكتساب الحرارة وتحويل الإشعاع الشمسي المفرط إلى طاقة كهربية لتشغيل العروض الديناميكية الضوئية ليلاً.[١٤]

التي تنعكس أضوائها لتضيء المحيط البيئي حولها بألوان متنوعة شكل (٢٣). وفي النهار تقوم شاشات النوافذ بتخزين الطاقة الشمسية الطبيعية وترشيد استهلاك الطاقة الكهربية، أشكال (٢٤، ٢٥،٢٦،٢٧).

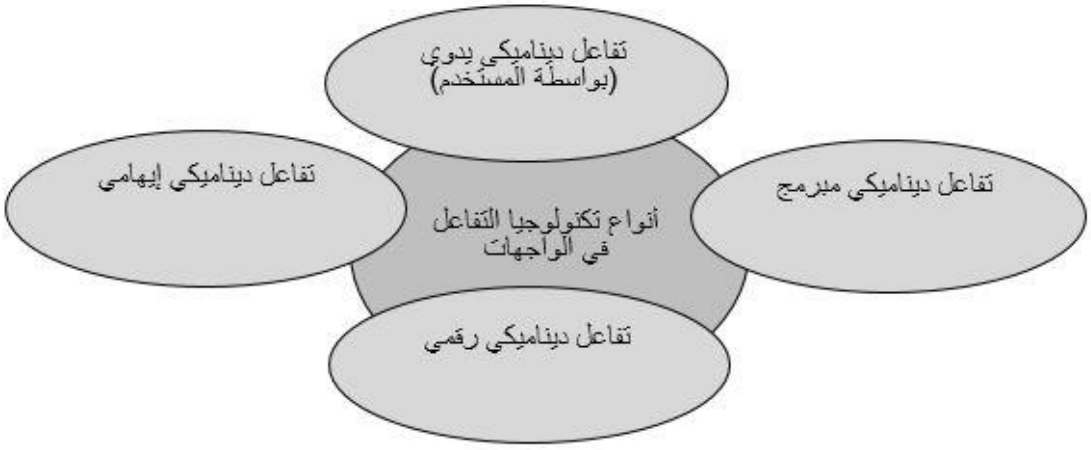


تخزن الواجهة الطاقة الشمسية في النهار وتستخدمها في العروض الضوئية في الليل التي تنعكس على المحيط البيئي حولها.

مما سبق نستنتج أن للواجهات أشكال متنوعة من تكنولوجيا التفاعل الديناميكي منها: تفاعل ديناميكي بواسطة المستخدم، تفاعل ديناميكي مبرمج، تفاعل ديناميكي إيهامي، تفاعل ديناميكي رقمي.

أنواع تكنولوجيا التفاعل في الواجهات:

يوضح المخطط التالي أنواع تكنولوجيا التفاعل في الواجهات.



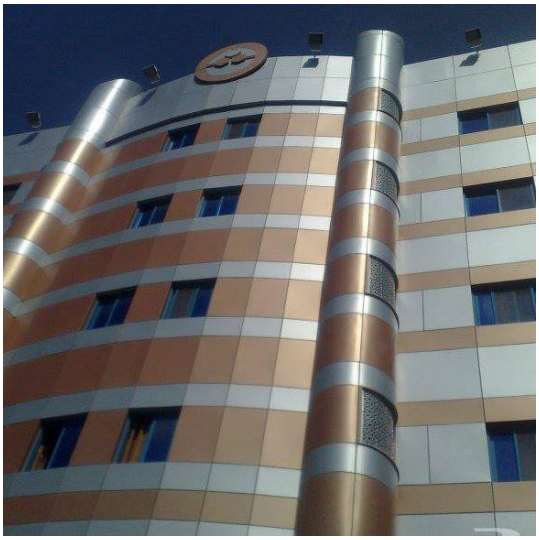
مخطط (١) أنواع تكنولوجيا التفاعل الديناميكي في الواجهات.

كما تشتمل الواجهات التفاعلية والذكية على مواد تكسية خارجية ذات طبيعة تفاعلية متطورة، ومواصفات صناعية وبيئية فريدة.

مواد تكسيات خارجية ذات طبيعة تفاعلية:

أولاً الواح كسوة الالومنيوم الالكوبوند:(Alucopond)

شرائح الومنيوم بسمك ٤ مم مكون من شريحتين من الالومنيوم سمك كل شريحة ١مم مطليين بمادة PVDF والتي تعمل كعازل والمحافظة على شكل الالواح من الخدش، يحتويان بداخلهما على مادة البولي إيثلين وهي مادة بوليمرية مطاطية لديها القدرة على عزل الحرارة والبرودة، وغير قابلة للاشتعال بسمك ٢مم، يستخدم الالكوبوند خاصة في تكسية واجهات الشركات والمؤسسات الكبرى، لما يضفيه من مظهر الفخامة والرقي للواجهات شكل (٢٨)، تعتبر الواح الالكوبوند من المواد التفاعلية والذكية وبمواصفات بيئية هامة.



شكل (٢٨) الواح الالكوبوند باللونين الذهبي والفضي، تكسو واجهات أحد المؤسسات.

مواصفات الواح الالكوبوند وتأثيره البيئي:

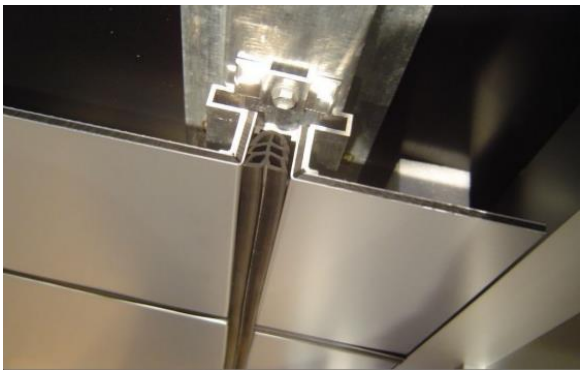
1. لا يتفاعل مع العوامل الجوية بالكامل.
2. غير قابل للاحتراق ولا يساعد على الاشتعال.
3. مقاومة التآكل وعمره الزمني يدوم لسنوات.
4. لا يصدأ ولا يتغير لونه.
5. لا ينبعث منه غازات أو روائح.
6. عازل للصوت والماء والحرارة.
7. لا يتأثر بالأشعة فوق البنفسجية.
8. لا يمتص الرطوبة.
9. لا يتفاعل مع القلويات والأحماض.
10. سهولة التنظيف ومقاومته للأوساخ لفترة طويلة.

أنواع الالكوبوند:

- الالكوبوند من طبقة واحدة من الألمنيوم: بسماكة ٠,٣ مم، ويُستخدم في إكساء الأقواس والمنحنيات، ويتميز بالمرونة لعدم وجود طبقة وسطية.

- الالكوبوند المزدوج: يتألف من صفيحتي ألمنيوم وطبقة عازلة بينهما.

–الالكوبوند الخاص: يمتاز بسمك أكبر لاستيعاب حجم الفتحات.



شكل (٢٩) قطاع في الواح الالكوبوند يظهر طبقات اللوح وطريقة تركيبه واتصاله مع الزاوية المعدنية، والشرائط المتواجدة بين الالواح من الكاوتشوك أو من السيليكون.

تكنولوجيا تطبيق الالكوبوند فوق الواجهات:

1. يتم تأثيث هيكل التثبيت الحامل من الالومنيوم أو الحديد.

2. يُثبت الهيكل الحامل على جدار المبنى الأصلي باللوالب ، أو المسامير أو باللحام إذا كان السطح معدنياً.

3. تجهيز وتقطيع الواح الالكوبوند طبقاً للتصميم المطلوب.

4. ثني الواح الالكوبوند من الأطراف لتأخذ شكلاً مطابقاً لشكل الهيكل الحامل.

5. تُجمّع ألواح الالكوبوند على الهيكل الحامل عن طريق (الثقب الذاتي) (البرشمة).[٩]

أو وحدات تثبيت معدنية تثبت بالهيكل الحامل يثبت بها الواح الالكوبوند، أو عن طريق استخدام أكتاف مخفية بداخل فواصل الالواح فوق الهيكل الحامل شكل (٢٩).[٢٦]

6. تُملأ الفجوات بشرائط مطاطية خاصة من الكاوتشوك أو من السيليكون المطاطي لتجميل الواجهة.

ثانياً الدهانات التفاعلية الذكية:

من المعروف أن الدهانات تستخدم عادة للحماية والتجميل. لكنه يصبح ذكياً وتفاعلياً عندما يمتلك قدرات استشعار وكشف. وقد ظهر في الاعوام القليلة الماضية عدة أنواع من الدهانات باستطاعتها الكشف عن المواد الكيميائية، وملاحظة الاهتزازات، كما أنها صديقة للبيئة وذات مواصفات بيئية جيدة: .[١٧]

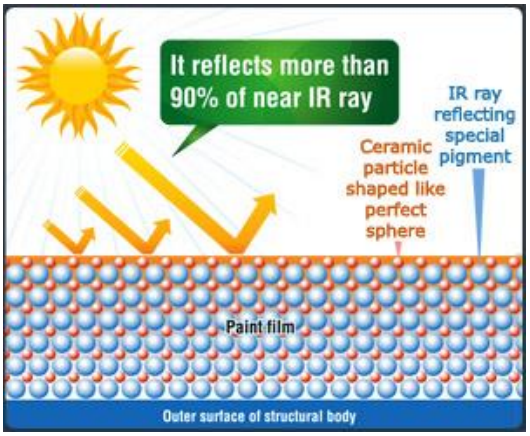
مواصفات الدهانات التفاعلية الذكية.

- لا يعمل سطحها على نمو الميكروبات ونمو العفن الفطري.
- لا تنبعث منها أبخرة أو غازات في الجو.
- مقاومة الحريق وعدم انتشاره.
- مضادة للتكربن، الناتج عن استخدام الرصاص .
- لا يتفاعل مع الاحماض والقلويات.
- سهولة التنظيف واستمرار نصوع الألوان.
- مقاومة الرطوبة والأملاح.[٧]

تكنولوجيا التفاعل في الدهانات الخارجية: تظهر في تغيير الخصائص اللونية والحرارية، بحيث تكون مؤشر يدل على تغير درجة حرارة السطح لوجود حرائق أو ما شابه. وطلاءات أخرى تحتوي على حافز ضوئي حيث تقوم بامتصاص الطاقات الضوئية، ثم تعيد انبعاث الفوتونات مرة أخرى فتعطى وهج فسفوري فتُظهِر وجود تصدعات.

دهان السيراميك العازلة(ANZ) :

دهانات تفاعلية متطورة تتكون من مادة طلاء تعمل كغطاء عازل وعكس الحرارة وترشيد استهلاك الطاقة. مصممة بتكنولوجيا النانو، تتكون من بلورات وجزيئات متناهية الصغر ذات شكل كروي وملتصقة مع بعضها بشكل هندسي دقيق، لكي تعمل على تكوين سطح تشتيت وانعكاس لأشعة الشمس وحرارتها عن السطح المدهون شكل (٣٠).



شكل (٣٠) دهان السيراميك (ANZ) من الدهانات التفاعلية المتطورة تعمل على تخفيض تكلفة الطاقة.

في المعتاد عندما تكون درجة حرارة الجو في الخارج (٣٥) مئوية تكون درجة حرارة جدران الواجهة حوالي (٦١) مئوية؛ حيث تعمل هذه الدهانات على خفض درجة حرارة الواجهة لتصبح (٤٠) مئوية، مما يعمل على خفض استهلاك المبنى من طاقة المستهلكة في التبريد من مصادر توليدها.

تكنولوجيا التطبيق تتم بطلاء ثلاث طبقات فوق أسطح الواجهة طبقتين دهان وطبقة عزل لإتمام كامل الطلاء والعزل.

مواصفاته وتأثيره البيئي:

- يستخدم على معظم الاسطح الخرسانية والمعدنية.
- تعمل على عزل الموجات الصوتية.
- لا يتأثر بتمدد وانكماش الاسطح المعدنية مع تغيير درجات الحرارة.
- عمره الافتراضي من ١٥ إلى ٢٠ سنة على الوجهات الخارجية في الظروف العادية
- حماية الاسطح من الصدأ وتسرب المياه.
- يساعد على خفض نسبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO2 من المصادر المنتجة للطاقة.[١٧]

ثالثاً أنواع الزجاج التفاعلي بالواجهات:

هي أنواع من الزجاج ذات طبيعة تفاعلية بمحفزات خارجية، يتم تكسيتها للواجهات تكسبها صفة التفاعلية.

1. الزجاج الذي يغير لونه عند وجود محفز: هو زجاج تفاعلي Interactive glass ذكي تنتجه شركة Saint)(*) (Gobain. هو زجاج واجهات شفاف يسمح بدخول الضوء الطبيعي واكتساب الحرارة الشمسية، يتحول إلى زجاج ملون شفاف بدون تغيير خاصية نفاذية الضوء، بواسطة سينسور استشعاري (sensor).

فكرة التفاعل تظهرفي إمكانية تحول الزجاج من زجاج شفاف بدون لون إلى زجاج ملون شفاف والتحكم في تغيير درجة اللون أشكال (٣١&٣٢&٣٣).

تكنولوجيا التفاعل: يتم من خلال تغير الإجهاد الموجود على اللوح الزجاجي من خلال تحفيزه كهربياً فيتم التحكم في لونه (Electro chromic) والتغيير في كل من شدة الضوء والإشعاع فوق البنفسجي والأشعة تحت الحمراء التي تنتقل عبر هذه الألواح. كما يعمل التوصيل الكهربائي على تنشيط تفاعل كيميائي يعمل بدوره على تغير خواص المادة الموضوعة بين شريحتي الزجاج من حيث امتصاص المادة للضوء، بحيث تتفاعل مع الضوء الساقط عليها فتصبح ملونة وتزداد درجة

وتشبع اللون (Color Saturation) كلما زادت قوة أشعة الشمس، وبالتالي تقلل من كمية الضوء والحرارة الداخلية مقارنة بالكمية التي يسمح الزجاج الشفاف الغير ملون بدخولها، مما يقلل من استهلاك الطاقة الكهربية في المبنى.

أشكال (٣١&٣٢&٣٣) زجاج واجهات تفاعلي يتحول من زجاج شفاف غير ملون إلى زجاج شفاف ملون مع التحكم في زيادة تشبع اللون كلما زادت قوة الاشعة الشمسية.

2. الزجاج الذكي (smart glass): فكرة التفاعل تعتمد على تحول الزجاج من الحالة المعتمة وعدم نفاذية الضوء إلى الحالة الشفافة، أو نصف شفاف حسب حاجة المستخدم .تكنولوجيا التفاعل في الزجاج الذكي تعتمد على وجود شرائح اليكترونية ذات لون أبيض بين شريحتي زجاج، تلك الشرائح (الافلام الالكترونية) يتغير حالة نفاذية الضوء اليها (نتيجة لتغيير ترتيب الجزيئات بها) عند توصيلها بمصدر كهرباء فتسمح بمرور الضوء من خلالها ، وعند الضغط على مفتاح التشغيل تتغير حالتها من اللون الأبيض المعتم الذي يمنع الرؤية الداخلية بالكامل إلى الحالة الشفافة ودخول الضوء الطبيعي شكلي (٣٤&٣٥)، مما يقلل استخدام الإضاءة الصناعية في النهار وكذلك رؤية ما خلف الزجاج، وعند إطفاء مفتاح التشغيل يتحول لون الفيلم الشفاف إلى اللون الأبيض المعتم مرة أخرى لتوفير الظل والخصوصية. يمكن استخدام الزجاج الذكي في الداخل والخارج وفي تكسية واجهات المباني السكنية والمنشآت التجارية.

شكلي (٣٤&٣٥) الزجاج الذكي ((smart glassيتحول من زجاج معتم إلى زجاج شفاف أو نصف شفاف حسب احتياج المستخدم.

3. الزجاج ذاتي التنظيف: Self-cleaning glass تقلل هذه النوعية من الزجاج من الحاجة إلى التنظيف المستمر، وبالتالي ترشيد استهلاك المياه والتقليل من استخدام المنظفات الضارة بالبيئة. أي أن الزجاج يتم تنظيفه بواسطة الامطار أو بمجرد رش الماء عليه. وهو من المواد الذكية كونه يستطيع تكوين سطحاً كارهًا للمياه (طارداً للماء) فوق سطحه مما يجعل تنظيفه سهلاً، شكلي (٣٦&٣٧) الفرق بين الزجاج العادي والزجاج الذكي.

تعتمد تكنولوجيا الزجاج ذاتي التنظيف على وجود طبقة من

أكسيد التيتانيوم ترتبط كيميائيًا

بسطح الزجاج، تخلق حاجزًا

غير لاصق مقاومًا للأوساخ

والتآكل والحفر والتلوين. فيصبح الزجاج المعالج مقاوم للماء والاتربة ...، وعند سقوط الامطار عليه يقوم

بتجميع الماء على سطحه على

هيئة بلورات صغيرة، ثم تتبخر

أو تنزلق تاركة سطح الزجاج نظيفًا،

كما لا تلتصق الأوساخ العضوية فوقه فيسهل تنظيفه.[٣/ ص٩]

وكذلك تقليل مرات التنظيف، وبالتالي يقلل الحاجة إلى استخدام منتجات تنظيف الزجاج الملوثة للبيئة.

كما يتمتع الزجاج ذاتي التنظيف بمواصفات صناعية وبيئية أخرى وهي:

- منع التسرب الحراري إلى الفراغات الداخلية.
- عكس الاشعة فوق البنفسجية الضارة.[٢١]

شكل (٣٦) الزجاج العادي (Normal glass)تلتصق قطرات الماء بالسطح مما يستوجب تنظيفه بصفة مستمرة.
شكل (٣٧) الزجاج ذاتي التنظيف (Self-cleaning glass) لا يلتصق فوق سطحه الماء ولا أنواع الاوساخ.

شكل (٣٨) زجاج نوافذ المبنى مزود بألواح من مكثفات الطاقة الشمسية يمكنه تخزين الطاقة، كما يمكن تنظيفه وصيانته.

4. زجاج مزود بمكثفات الطاقة الشمسية: لا يزال في مرحلة التجريب، يتكون من الواح من مكثفات الطاقة الشمسية عبارة عن أفرخ رقيقة ذات لون أسود شفاف تسمح بنفاذية الضوء، يمكن تثبيتها فوق الأسطح الزجاجية للواجهات. يعتبر الزجاج المزود بمكثفات الطاقة الشمسية من المواد التفاعلية والذكية حيث يتم تحويل نوافذ واجهات المباني إلى سطح تخزين للطاقة والاستفادة منها في توليد طاقة طبيعية غير ضارة بالبيئة. كما يمكن تنظيفها وصيانتها. تعتمد تكنولوجيا التفاعل في ذلك الزجاج على دمج طبقة رقيقة من مكثفات الطاقة فوق أسطح زجاج النوافذ والأبواب شكل (٣٨)، والتي تقوم بتوجيه الموجات الغير مرئية من الضوء وخاصة الأشعة فوق البنفسجية والأشعة القريبة من تحت الحمراء الساقطة على الاسطح الزجاجية، نحو الخلايا الشمسية المخزنة للطاقة والمدمجة في الألواح، للحصول على الطاقة الشمسية. يحقق زجاج مكثفات الطاقة الشمسية العديد من المزايا البيئية.

التأثير البيئي:

- الحصول على طاقة نظيفة ومتجددة.
- توفير الطاقة الغير متجددة.
- تحقق الاكتفاء الذاتي من الطاقة والاستدامة للمبنى.
- يمكن ملاحظتها وتنظيفها وسهولة صيانتها.
- توفير الظل للحماية من أشعة الشمس.[٢٠]

شكل (٣٩) جزء من تكسية واجهة المبنى من الاخشاب البلاستيكية بمظهر الاخشاب الطبيعية.

5. الخشب (الذكي) البلاستيكي WPC:

يجمع بين مظهر الاخشاب وخواص البلاستيك، هو خليط مكون من بودرة بواقي الاخشاب مع مواد بوليمرية (بلاستيكية) أولية ومواد كيميائية لتحسين خواص المنتج من حيث المتانة والتحمل. يتم تصنيع الخشب البلاستيكي خلال عدد من مراحل التصنيع المتقدمة تكنولوجيًا. ومن ثم تحويله إلى المنتج المطلوب للتكسية بواسطة ماكينات التشكيل المتخصصة. يكون المنتج النهائي على هيئة الواح أو بلاطات أو قطاعات متنوعة. يستخدم الخشب الذكي في التكسيات الخارجية سواء للمسطحات الافقية مثل الأرضيات والجسور أو المسطحات الرأسية مثل الواجهات والمداخل ..... بمظهر يشبه الاخشاب الطبيعية شكل (٣٩) جزء من تكسية واجهة. يتم تركيب منتجات الخشب البلاستيكي على الأسطح الرأسية المتنوعة وفوق الواجهات بواسطة هيكل الثبيت ووحدات التثبيت المعدنية شكل (٤٠). يتميز الخشب البلاستيكي (الذكي) بعدم تفاعله مع العوامل الجوية كما يتميز بخواص تجمع بين الاخشاب والبلاستيك علاوة على كونه صديق للبيئة.

شكل (٤٠) يتم تثبيت الخشب البلاستيكي (الذكي) فوق الاسطح بواسطة هيكل ووحدات التثبيت المعدنية.

خواصه وتأثيره البيئي:

- يتناغم لونيًا مع المحيط البيئي.
- عازل للكهرباء والمياه والصوت.
- مقاوم للحرارة والرطوبة.
- يتميز بصلابة الاخشاب والبلاستيك معاً.
- خالي من عيوب الخشب الطبيعي.
- مقاوم لنمو الحشرات والآفات.
- غير سام ولا ينتج عنه روائح ضارة بالبيئة.
- قابل لإعادة التدوير.
- لا يحتاج لصيانة دورية.

6. الخرسانة الشفافة المضيئة (Transparent concrete): على عكس الخرسانة العادية فإن هذا النوع من الخرسانة يتسم بكونه شفاف ومضيء. تتكون من الاسمنت والألياف البصرية والركام الناعم، وتستخدم في الأعمال المعمارية الإبداعية كواجهات المباني أو لأكساء الجدران الداخلية شكل (٤١،٤٢).

مكوناتها وتنفيذها: تتكون من خرسانة ناعمة بنسبة ٩٥% ومواد موصلة للضوء (الالياف البصرية) بنسبة ٥% ويتم إضافتها أثناء الصب. تسمح الالياف البصرية بمرور الضوء من خلالها، لذا توضع في جميع أجزاء الخرسانة. يتم تنفيذ الخرسانة المضيئة بأسلوب شبيه بتنفيذ الخرسانة العادية، حيث يتم صب من ٢ إلى ٥ طبقات من الخرسانة العادية ثم طبقة من الألياف البصرية، كما يمكن التحكم في نسبة الشفافية بها.

تستخدم الخرسانة المضيئة في الواجهات، الأرضيات والأرصفة، القواطيع الداخلية، ممرات المشاة داخل المبنى حيث تعطي إضاءة من الأسفل، مما تجعل العلامات المرورية أكثر فاعلية.

تعمل الخرسانة الشفافة على دخول أشعة الشمس إلى المبنى وبالتالي توفير الطاقة المستخدمة في الإضاءة النهارية.

عيوب الخرسانة المضيئة:

١- التكلفة العالية، يتم تصنيع الألياف البصرية بتقنية النانو مما يزيد تكلفة إنتاجها وارتفاع أسعارها.

٢- عملية الصب تحتاج إلى عناية وإلى كوادر عمل ماهرة.[٢٨]

شكل (٤١&٤٢) الخرسانة الشفافة المضيئة، تسمح بمرور الضوء من خلالها، وتعمل على توفير الطاقة.

نستنتج مما سبق أن تكنولوجيا تكسيات الواجهات التفاعلية والذكية لا تساهم فقط في حماية المبنى ولكنها تساهم في تحقيق الاستدامة البيئية للمباني سواء من خلال تكنولوجيا التفاعل بأنواعها أو تكنولوجيا التكسيات المطبقة عليها.

ومن خلال الدراسة النظرية والتحليلية تم تحديد معايير الأثر البيئي للواجهات التفاعلية والذكية بشكل عام.

<u>معايير الأثر البيئي للواجهات التفاعلية والذكية:</u>

1. تطبيق تكنولوجيا نظيفة غير ملوثة للبيئة وبدون إحداث اضرار بالنظام البيئي.
2. عدم التفاعل مع جميع العوامل الجوية، والأشعة فوق البنفسجية الضارة، والرطوبة، الامطار، الصقيع.
3. استخدام مواد تكسية صديقة للبيئة، ولا تتسبب في انبعاث روائح أو غازات بالبيئة.
4. مقاومة الحريق حيث أن المادة المثالية للتكسية تكون غير قابلة للاشتعال ولا تطلق سموم أثناء الاحتراق.
5. تعمل على الاستقرار الحيوي ومقاومة نمو العفن وآثار الآفات الحشرية والقوارض والفطريات على السطح.
6. توفير الحماية للمبنى من خلال متانة وتحمل مواد التكسية والعزل بها.
7. تناغمها في اللون أو الشكل أو الموروث الحضاري مع المحيط البيئي.

8. طول العمر الزمني حيث صممت مواد التكسية الحديثة لمدة بقاء من ٢٠ - ١٠٠ سنة من الخدمة .[١٠]
9. سهولة الصيانة، ولا تتطلب عناية مستمرة، ولديها القدرة على التنظيف الذاتي.
10. تستطيع الاكتفاء الذاتي من الطاقة، أو ترشيد استهلاك الطاقة الكهربية الغير متجددة.
11. الاستفادة من مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة.
12. الحفاظ على الموارد الطبيعية.

ولذلك فإنه عند توفر هذه المعايير في واجهات المباني التفاعلية والذكية تكون قد حققت توافقًا مع الأنظمة البيئة المستدامة.

ويرى البحث أن واجهات المباني ستطبق هذه المعايير في المستقبل القريب لأنه يعتبر الحل الأمثل للحفاظ على البيئة، ولإنتاج مباني مستدامة، كما يتوقع البحث أن تتطور تكنولوجيا تكسيات الواجهات لتصبح ذات جودة وأداء عاليين لتحل محل التكنولوجيا الحالية.

هذا واستكمالا للدراسة البحثية تم تصميم استبيان لقياس فرضية البحث والتأكد من النتائج على يد مجموعة من المتخصصين.

نموذج لاستمارة الاستبيان

ملحق (١) استمارة استبيان للمتخصصين من أعضاء هيئة التدريس

عدد العينة: (٣٠) من السادة أعضاء هيئة التدريس من أقسام التصميم الداخلي والزخرفة والزجاج.

المكان: كليات الفنون التطبيقية جامعة حلوان، جامعة دمياط، جامعة ٦ أكتوبر، جامعة بنها، بني سويف والمعهد العالي للفنون التطبيقية بالتجمع الخامس، والمعهد العالي للفنون التطبيقية بالسادس من أكتوبر.

نموذج استمارة الاستبيان:

استمارة الاستبيان

البحث بعنوان: "تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية وأثرها البيئي"

الاسم (اختياري):	القسم: .....
الوظيفة:	النوع: .....

- يهدف هذا الاستبيان إلى تقييم "تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية وأثرها البيئي"، وهل نجحت المباني التفاعلية في خلق بيئة مستجيبة ومستدامة من خلال تحقيق التكامل بين النظم التكنولوجية والنظم البيئية. وهل تؤثر تكنولوجيا تكسيات الواجهات التفاعلية والذكية من تقنيات وخامات البناء على البيئة، ولا تقتصر تلك الواجهات على دورها التكنولوجي والبنائي في الواجهات المتقدمة على تطوير نمط واجهات المباني ولكنها تساهم في الاستدامة البيئية للمباني.

- ولقياس "تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية وأثرها البيئي"، سوف يتم التعامل مع هذا الاستبيان بغرض البحث العلمي.

لذا نرجو من سيادتكم ملئ هذه الاستمارة بموضوعية بوضع علامة (√) في داخل المربع.

	العبارة	موافق	موافق إلى حد ما	غير موافق
١.	- المباني التفاعلية نجحت في خلق بيئة مستجيبة من خلال تحقيق التكامل بين النظم التكنولوجية والنظم البيئية.	☐	☐	☐
٣.	- ضرورة تنمية الوعي التصميمي لدى المصمم التطبيقي بدراسة الأساليب التكنولوجية المستخدمة لتطبيق تكنولوجيا التفاعلية وأثره في خدمة البيئة والمجتمع.	☐	☐	☐
٢.	- تتوافق الأنظمة التفاعلية والذكية مع أنظمة الاستدامة من خلال تطبيق تكنولوجيا متقدمة وخامات بناء متطورة صناعياً وبيئياً، فتمكنت المباني التفاعلية من استخدام التكنولوجيا المتقدمة وساعدت على تحقيق أهداف الأنظمة البيئية.	☐	☐	☐
٤.	- ترتبط مواد ومنتجات التكسيات التفاعلية تكنولوجياً بفكر العمارة الخضراء وأنظمة التصميم البيئي من حيث ترشيد استهلاك الطاقة، والحفاظ على موارد الطاقة الطبيعية.	☐	☐	☐
٥.	- الاهتمام بتطبيق التكنولوجيا التفاعلية والذكية عند تصميم وإعادة تطوير واجهات المنشآت، حيث كونت نمط جديد في تصميم وتكنولوجيا أنظمة البناء.	☐	☐	☐

يمكن تدوين أية ملاحظات:

.....مع وافر الاحترام والتقدير

نموذج استمارة الاستبيان من تصميم الباحثين

❖ **التحقق من صدق وثبات أدوات البحث:**

أولاً: استبانة آراء السادة أعضاء هيئة التدريس من قسمي التصميم الداخلي والزخرفة والزجاج:

نتائج صدق الاتساق الداخلي للاستبانة:

استخدم الباحثان معامل ارتباط "بيرسون" لحساب معامل الارتباط بين درجات كل عبارة والدرجات الكلية للاستبانة للتحقق من صدق الاتساق الداخلي للاستبانة، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول (١).

جدول رقم (١):

العبارات	معامل الارتباط	مستوى الدلالة	الدلالة الاحصائية
١- المباني التفاعلية نجحت في خلق بيئة مستجيبة من خلال تحقيق التكامل بين النظم التكنولوجية والنظم البيئية.	٠,٨٨	٠,٠١	دال
٢- ضرورة تنمية الوعي التصميمي لدى المصمم التطبيقي بدراسة الأساليب التكنولوجية المستخدمة لتطبيق تكنولوجيا التفاعلية وأثره في خدمة البيئة والمجتمع.	٠,٩٦	٠,٠١	دال
٣- تتوافق الأنظمة التفاعلية والذكية مع أنظمة الاستدامة من خلال تطبيق تكنولوجيا متقدمة وخامات بناء متطورة صناعياً وبيئياً، فتمكنت المباني التفاعلية من استخدام التكنولوجيا المتقدمة وساعدت على تحقيق أهداف الأنظمة البيئية.	٠,٩٢	٠,٠١	دال
٤- ترتبط مواد ومنتجات التكسيات التفاعلية تكنولوجياً بفكر العمارة الخضراء وأنظمة التصميم البيئي من حيث ترشيد استهلاك الطاقة، والحفاظ على موارد الطاقة الطبيعية.	٠,٩٠	٠,٠١	دال
٥- الاهتمام بتطبيق التكنولوجيا التفاعلية والذكية عند تصميم وإعادة تطوير واجهات المنشآت، حيث كونت نمط جديد في تصميم وتكنولوجيا أنظمة البناء.	٠,٩٤	٠,٠١	دال

يوضح معاملات الارتباط بين درجات العبارة والدرجات الكلية للاستبانة

حيث يتضح من الجدول (١) أن معاملات الارتباط بين درجات كل عبارة والدرجات الكلية للاستبانة تراوحت ما بين (٠,٨٨ – ٠.٩٦) وجميعها دالة إحصائياً عند مستوى معنوية (٠,٠١) وبذلك تعتبر عبارات الاستبانة صادقه لما وضعت لقياسه.

❖ **نتائج ثبات الاستبانة:**

تحقق الباحثان من ثبات الاستبانة من خلال معامل ألفا كرونباخ والنتيجة كما موضح في الجدول (٢).

	عدد العبارات	معامل ألفا كرونباخ
استبانة المخصصين	٥	٠,٩٢

جدول رقم (٢): يوضح نتائج اختبار ألفا كرونباخ لثبات الاستبانة.

حيث بلغ (٠,٩٢)، وهي نسبة ثبات مرتفعة مما يطمئن الباحثان لنتائج تطبيق الاستبانة.

النتائج والمناقشة:

قام الباحثان بتحليل آراء أفراد عينة البحث من السادة المتخصصين من أعضاء هيئة التدريس في استبانة حول مدى تقييم تكنولوجيا الواجهات التفاعلية والذكية وأثرها البيئي، وهل نجحت المباني التفاعلية في الحفاظ على البيئة من خلال تحقيق التكامل بين النظم التكنولوجية والنظم البيئية. ومن خلال تقنيات وخامات بناء متطورة صناعياً وبيئياً، ولا تقتصر تلك الأنظمة على دورها التكنولوجي والبنائي في الواجهات المتقدمة بل في الأثر البيئي الإيجابي لها، وذلك وفقا لمقياس ثلاثي متدرج "موافق، موافق إلى حد ما، غير موافق" بأوزان (٣ ،٢ ،١) على الترتيب وتم حساب المدى، حيث ظهر الوزن المرجح لإجابات كل عبارة من العبارات على النحو التالي: (١– ١,٦٦ "غير موافق")، (١,٦٧ – ٢,٣٣ "موافق إلى حد ما")، (٢,٣٤ – ٣ "موافق").

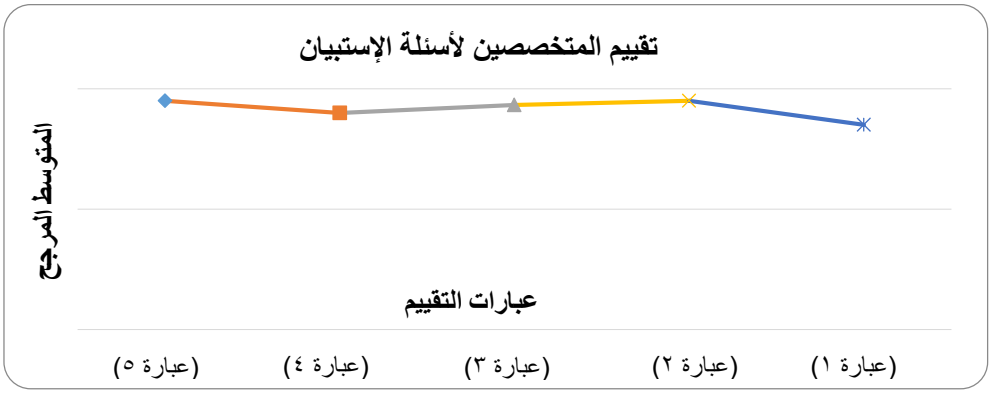
قام الباحثان باستخدام التكرارات والنسب المئوية لحساب المتوسط المرجح ومعامل الجودة لكل عبارة من عبارات التقييم وفقاً لمقياس ثلاثي متدرج، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول رقم (٣).

❖ **تقييم المتخصصين (٣٠ عضو):**

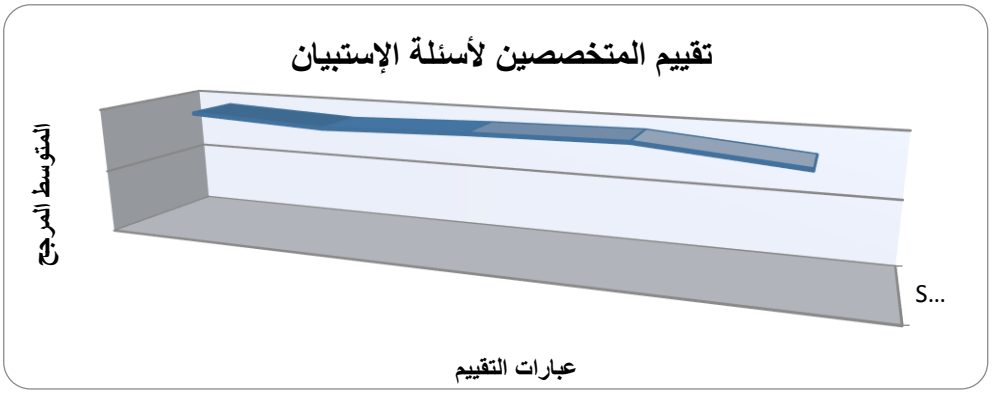
عبارات التقييم	الاستجابة			مجموع الأوزان	المتوسط المرجح	معامل الجودة (%)	درجة الموافقة
	موافق	موافق إلى حد ما	غير موافق				
١- المباني التفاعلية نجحت في خلق بيئة مستجيبة من خلال تحقيق التكامل بين النظم التكنولوجية والنظم البيئية.	٢٤	٦	-	٨٤	٢,٨٠	%٩٣,٣٣	موافق
٢- ضرورة تنمية الوعي التصميمي لدى المصمم التطبيقي بدراسة الأساليب التكنولوجية المستخدمة لتطبيق تكنولوجيا التفاعلية وأثره في خدمة البيئة والمجتمع.	٢٨	٢	-	٨٨	٢,٩٣	%٩٧,٦٧	موافق
٣- تتوافق الأنظمة التفاعلية والذكية مع أنظمة الاستدامة من خلال تطبيق تكنولوجيا متقدمة وخامات بناء متطورة صناعياً وبيئياً، فتمكنت المباني التفاعلية من استخدام التكنولوجيا المتقدمة وساعدت على تحقيق أهداف الأنظمة البيئية.	٢٦	٤	-	٨٦	٢,٨٧	%٩٥,٥٦	موافق
٤- ترتبط مواد ومنتجات التكسيات التفاعلية تكنولوجياً بفكر العمارة	٢٥	٥	-	٨٥	٢,٨٣	%٩٤,٣٣	موافق

الخضراء وأنظمة التصميم البيئي من حيث ترشيد استهلاك الطاقة، والحفاظ على موارد الطاقة الطبيعية.							
٥- الاهتمام بتطبيق التكنولوجيا التفاعلية والذكية عند تصميم وإعادة تطوير واجهات المنشآت، حيث كونت نمط جديد في تصميم وتكنولوجيا أنظمة البناء.	٢٧	٣	-	٨٧	٢,٩٠	%٩٦,٦٧	موافق
التقييم الكلى للمتخصصين	**١٣٠**	**٢٠**	**-**	**٤٣٠**	**٢,٨٧**	**٩٥,٥١٢ %**	**موافق**

جدول رقم (٣) نتائج تحليل الاستبيان



شكل بياني يوضح المتوسطات المرجحة لعبارات التقييم وفقاً لآراء المتخصصين حول أسئلة الاستبيان



المتوسطات المرجحة لعبارات التقييم وفقاً لآراء المتخصصين حول أسئلة الاستبيان والتصميم

بالرجوع إلى الجدول رقم (٣) والشكل البياني يتضح الاتي:

اتفاق آراء السادة المتخصصين بالموافقة على عبارات الاستبيان، حيث جاءت تقييمات معاملات الجودة مرتفعة لجميع العبارات ووقعت جميعها في مستوى (موافق) بناء على التدرج الثلاثي للوزن المرجح، وتراوحت معاملات الاتفاق ما بين

نسبة (٩٣,٣٣% -٩٧,٦٧%) وتراوح المتوسط المرجح ما بين (٢,٨٠– ٢,٩٣). وهو ما يؤكد فرضية البحث أن:

"الواجهات التفاعلية والذكية تتوافق مع الأنظمة البيئية المستدامة عندما يتوفر فيها معايير الأثر البيئي ".

قائمة المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

١- أومري، أديب داري:"دراسة الاثر البيئي على المباني الترفيهية معمارياً وعمرانياً"، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العليا، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (٣٦)، العدد (٤)، ٢٠١٤، سوريا.

'adib dari 'awmry:"drasat al'athar albiyiyi ealaa almabani altarfihiat memaryaan١-wemranyaan", majalat jamieat tishrin lilbihawth waldirasat aleulya, surya, silsilat aleulum alhandasiat, almajalid (36), aleadad (4), 2014.

Available from: http://journal.tishreen.edu.sy/index.php/engscnc/article/view/1381

٢- إبراهيم، ماجدة بدر أحمد: "العمارة الذكية" كمدخل لتطبيق التطور التكنولوجي في التحكم البيئي وترشيد استهلاك الطاقة بالمبنى، دراسة تحليلية لتقييم الأداء البيئي للمباني الذكية"، ماجستير، الهندسة المعمارية، القاهرة ٢٠١٠م.

majidat badr 'ahmad 'iibrahim: "aleamarat aldhakiyati" kamudkhal litatbiq altatawur٢-altiknulujii fi altahakum albiyiyi watarshid aistihlak alttaqat bialmabanaa, dirasat tahliliat litaqyim al'ada' albiyiyi lilmabani aldhakiyata", majsatayr, alhindasat almuemariat, alqahrt 2010m

٣- القزاز، هناء، محمد، منار ، رجب، محمد:" إنتاج زجاج نصف شفاف ذاتي التنظيف واستخدامه في إعادة صياغة واجهات محطة أتوبيس الترجمان بالقاهرة" ٢٠١٧.

manar muhmd, hana' alqizazi, muhamad rajba:" 'iintaj zujaj nsf shafaf dhati altanzif٣-waistikhdamih fi 'iieadat siaghat wajihat mahatat 'atawbis altarjuman bialqahirt" 2017.

Available from: https://journals.ekb.eg/article_20547_e87530ee4208b86abbd4ca733828a3d7.pdf

٤- سليم، رشا محمد عبد العال :" تأثير تكنولوجيا البناء المستخدمة في الغلاف الخارجي على ترشيد الطاقة في المباني، ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، ٢٠١٤، ج م. ع

4- salim, rsha muhamad abd elaal:" tathir tiknulujia albina' almustakhdimat fi alghilaf alkharijii ealaa tarshid alttaqat fi almabani, majstyr, kuliyat alhindasat, jamieat alqahirt, 2014, j m. e

٥- عبد العظيم، أميرة السيد ، "تأثير العمارة الرقمية التفاعلية على التصميم الداخلي للمتاحف الأثرية"، ماجستير، قسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، ٢٠١٤، ج م ع.

' -٥amirat alsyd eabd aleazim "t'athir aleamarat alraqamiat altafaeuliat ealaa altasmim alddakhilii lilmatahif al'athriata", majstir, qism altasmim alddakhilii wal'athathi, kuliyat alfunun altatbiqit, 2014.

٦- محمد، نها سيد:" "تكنولوجيا التكسيات البديلة ومدى توافقها مع أهداف الاستدامة البيئية"، بحث قيد النشر، مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية، المجلد السابع، العدد (٣٥) ،٢٠٢١، مصر.

- ٦naha syd muhmda:" "tkanulwjya altaksiat albadilat wamadaa tuafiqiha mae 'ahdaf alaistidamat albiayiyata", bahath munshur, majalat aleamarat walfunun waleulum alainsaniati, almajalid alsaabie, aleadad (35) ,2021..(

دوريات من شبكة المعلومات الدولية:

7- https://www.aldar2030.com

8- https://ara.architecturaldesignschool.com/al-bahar-towers-responsive-facade

9- http://aramalsham.sy/portfolios/stone-artwork/

10- http://www.arch2o.com/dynamic-facades-the-story/

11- https://ar.designlvl.eu/

12- https://ar.decorexpro.com/materialy/fasadnye-luchshaya-oblicovka/
13- https://ar.mehomez.com/77364-building-with-dynamic-facades-15
14- https://ar.odwebdesign.net/30-dazzling-and-interactive-media-facades
15- https://www.cerceis.com/4361/
16- https://www.facebook.com/yahiakafa/posts/626763474172535/تصميم الفتحات المعمارية
17- https://ibtoday.expertsudan.com/2019/07/31/nano-technology-تكنولوجيا النانو الخضراء
18- https://ibtoday.expertsudan.com/2019/07/31/nano-technology-3العمارة الخضراء/
19- https://www.lovely0smile.com/Msg-12600.html
20- https://www.google.com/search&aqs=chrome
21- https://www.marefa.org/
22- https://regenerativebuildingsacademy.com/green-buildings-arabic/what-are-high-performance-green-buildings/
23- https://www.syr-res.com/article/6529.html
24- https://www.syr-res.com/article/12189.html
25- https://www.syr-res.com/article/6529.html
26- https://www.slideshare.net/AhmedAli75/exterior-finish
27- https://www.trendhunter.com/trends/interactive-facade
28- https://shade.ms/2770-2

* – تقنية الجزيئات متناهية الصغر ،وهو العلم الذي يهتم بمعالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي.وتهتم تقنية النانو بابتكار تقنيات ووسائل متنوعة تقاس أبعادها بالنانومتر وهو جزء من الألف من المايكرومتر أي جزء من المليون من الميليمتر.

*٢ - هو ما تحويه الطبيعة من مكونات حية وغير حية تشكل نظاماً بيئياً محدداً يعتمد كل منها على الاخر.

*٣ – المبنى من تنفيذ شركة Ernst Giesbrecht + Partner

4*- Design by" Urbana Architecture".تصميم المبنى لشركة إربانا المعمارية

*5 - صمم الأبراج شركة (إيداس) للتطوير المعماري، يعد مشروع أبراج البحر من التصاميم المعمارية المميزة من حيث الابتكار والأتمتة والتوافق مع المعايير البيئية. يعتبر النهج المستخدم بهذا المشروع مطابق لمعايير الاستدامة، ومتأثر ثقافياً وحضرياً بالثقافة العربية، تم منح الأبراج جائزة Tall Building Iovation Award الابتكار عن فئة المباني فائقة الارتفاع (٢٠١٢) من قبل مجلس المباني الشاهقة والمساكن الحضرية Council of Tall Buildings and Urban Habitat .)

*٦ - مشروع مشترك من كل من الشركات الألمانية Schueco وSunWays وشركة SunTech الصينية التقنية.

*٧- شركة فرنسية متعددة الجنسيات ، مقرها في باريس . تنتج مجموعة متنوعة من مواد البناء والمواد عالية الأداء.