تأثير التقنيات المتقدمة في تصميم الواجهات الحديثة

Influence of Advanced Technologies in The Design of Modern Facades

أ.د/ نبيل محمود عبد العظيم

أستاذ أساسيات التصميم الداخلي والأثاث – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

Prof. Nabil Mahmoud Abd Al-Azim

Professor of Fundamentals of Interior Design – Department of Interior Design and Furniture - Faculty of Applied Arts – Helwan University.

nabil.a.azim1951@gmail.com

ا.م.د/ دينا فكري جمال

الأستاذ مساعد بقسم التصميم الداخلي والأثاث - كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

Assist. Prof. Dr. Dina Fikry

Assistant Professor - Department of Interior Design and Furniture Faculty of Applied Arts – Helwan University.

dinafekry@hotmail.com

م.م/ أمل محمد فايق السيد دياب

مدرس مساعد بالمعهد العالي للفنون التطبيقية – السادس من أكتوبر

Assist. Lect. Amal Mohamed Fayek El Sayed Diab

Assistant Lecturer in the Higher Institute of Applied Arts- October 6th

dr.amal.fayek@gmail.com

ملخص البحث:

تأثر التصميم المعماري والداخلي بالتطور التكنولوجي الهائل الذي يشهده العالم، حيث بدأ المصممون باستعمال أحدث التقنيات المتوفرة في تصميم وتنفيذ النتاج المعماري، وخصوصاً في مجال تصميم واجهات المباني التي تعتمد اساساً على التكنولوجيا في كافة جوانبها الشكلية والوظيفية.

وتتمثل مشكلة البحث في قلة الدراسات الفكرية والتطبيقية الشاملة والموجهة نحو تأثير التكنولوجيا فى تصميم الواجهات الخارجية للمباني، ويهدف البحث إلى توضيح تأثير التقنيات المتقدمة كمتغير أساسي فى تصميم الواجهات الخارجية من الناحية الوظيفية للواجهات وكذا الشكلية، ولتحقيق هدف البحث اعتمد البحث على شرح وتوضيح أنواع المفردات (الزجاج) الفاعلة والمؤثرة في تصميم الواجهات، حيث كان لتطور مفهوم استخدام الزجاج أهمية وأثرا كبيرا إستفاد منه المصممون المعماريون المعاصرون في محاولة تكييف الواجهات الخارجية وحل مشكلاتها، لما لهذه الخامة من مواصفات لا تتوافر في مثلها من الخامات الأخرى، فهي ذات قدرة على اكتساب أكبر كمية من الضوء والأشعة وتوزيعها في الإتجهات التي تتطلبها المنفعة في التصميم، وكذلك بلوغها الحد الأعلى فيما يتعلق بمقاومتها للعوامل الجوية كالحرارة والرطوبة، وقدرتها الهائلة على عزل الصوت جامعا بذلك بين خواص الحوائط المصمتة والفتحات الشفافة ذات التصميم والشكل الجميل، وبذلك أمكن له الوصول إلى تحقيق التكامل بين القيم الشكلية (الجمالية) والوظيفية لاستخدامه في تصميم الواجهات الخارجية، مع إيضاح أمثلة للواجهات الحديثة المصممة طبقا للتقنيات المتقدمة، واختتم البحث بإستنتاجات وتوصيات على المستويين النظري والتطبيقي.

الكلمات المفتاحية:

التكنولوجيا – الزجاج الذكي – الواجهات الخارجية للمباني - الواجهات الذكية.

Abstract

Architectural and interior design has been influenced by the enormous technological evolution of the world. Designers have begun to use the latest technologies available in the design and implementation of architectural products, particularly in the design of building interfaces, which rely mainly on technology in all its formal and functional aspects.

The problem of research is the paucity of comprehensive and technology-oriented intellectual and applied studies in the design of building interfaces. Research aims to illustrate the impact of advanced techniques as a key variable in the design of functional as well as formal interfaces. To achieve the objective of research, research has relied on explaining and clarifying the types of vocabulary. Glass has been instrumental and influential in the design of facades. The evolution of the concept of glass use has been of great importance and influence to modern architects in trying to adapt external facades and solve their problems, as these materials have features that are not available from other ores. They have the capacity to acquire and distribute the greatest amount of light and rays in the directions required by the utility of design, as well as to reach the upper limit in terms of design. (Aesthetic) and functional for use in the design of external interfaces, with examples of modern interfaces tailored to advanced techniques, and concluded with theoretical and applied conclusions and recommendations.

Keywords:

Exterior facades, smart glass, technology

المقــدمـة:

التقنيات المتقدمة (High–Technology) وهى من أكثر تيارات ما بعد الحداثة انتشارا وحضورا في التصميم المعماري المعاصر، فقد تأثرت المجتمعات بالتقدم العلمي والتكنولوجي الذى أدى إلى التفكير في العديد مما يمكن تحقيقه من ذلك التقدم التكنولوجي لتصبح الأدوات التكنولوجية هي الرؤية المشتركة للشعوب، وقد بدأت بعدها تبرز أهمية تللك التقنيات في العمارة والتصميم الداخلي من خلال تصميم واجهات المباني والنوافذ والأثاث والفراغات الداخلية، أي انه توجد مجموعة من العوامل تؤثر اليوم، وسوف تؤثر على الأرجح، في المستقبل المنظور في العمارة والتصميم الداخلي وهى:

- **أولا:** التطور الكبير في التكنولوجيا: الحاسوب، الشبكة العنكبوتية ووسائل الاتّصال والتواصل، بالإضافة إلى التطور التكنولوجي في الخامات.
- **ثانيا:** الوعي المتزايد بالبيئة وضرورة الحفاظ عليها، وبالتالي على الحياة والمجتمعات البشرية.
- **ثالثا:** تقنية النانو تكنولوجي: ان تقنية النانو قد فتحت امام المصممين افاقاً رحبة في مجال التصميم عامة لما توفره من امكانيات وتطبيقات كانت في الماضي تعد دربا من الخيال، بالإضافة الى فوائدها العديدة في مجال التصميم الداخلي المستدام من توافق مع البيئة وتوفير أفضل بيئة داخلية يمكن للمستخدم أن يعيش فيها، علاوة على الفوائد الاقتصادية حيث من المتوقع ان يصبح استخدام تقنية النانو أوفر اقتصاديا من استخدام بديلتها المستخدمة حاليا وذلك من حيث توفير الوقت والجهد والمال.

إن تصميم الواجهات الحديثة في عصرنا الحالي بعد التقدم التكنولوجي الهائل أصبح يعتمد على التركيز على حل المشكلات وهو ما دفع المصممون للابتعاد عن الزخرفة والإعتماد على التقنيات الحديثة وتحول التقييم الجمالي للواجهات الذي كان يعتمد على الزخرفة الفنية إلى الإعتماد على الحلول الإقتصادية والتقنية والثقافية والبيئية لتصميم الواجهات، وسوف يتم إلقاء

الضوء على واجهات المباني وكيف تغيرت طرق التفكير، وكيف يمكن للواجهة القيام بأكثر من وظيفة لتتحول لواجهة ذكية، ثم بعض الأمثلة للواجهات الخارجية الحديثة.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في قلة الدراسات الفكرية والتطبيقية الشاملة والموجهة نحو تأثير التكنولوجيا في تصميم الواجهات الخارجية للمباني.

هدف البحث:

ويهدف البحث إلى توضيح تأثير التقنيات المتقدمة كمتغير أساسي في تصميم الواجهات الخارجية من الناحية الوظيفية للواجهات وكذا الشكلية.

أهمية البحث:

التأكيد على دور التقدم التكنولوجي وكيفية الإستفادة من الأساليب التكنولوجية الحديثة وتطبيقها في العمارة والتصميم الداخلي والخارجي.

فروض البحث:

- أن مرونة تشكيل بعض المواد التكنولوجية وتطورها يجعلها أفضل الخيارات سواء في العمارة أو التصميم الداخلي.
- أن إستخدام التكنولوجيا الذكية يحقق فوائد متعددة منها: جمالية، وظيفة، وبيئية.

منهج البحث:

اعتمد البحث على جمع المعلومات المتنوعة عن الواجهات الخارجية الحديثة وكيف أثرت التكنولوجيا فيها لتصبح واجهات ذكية تحقق العديد من الفوائد لرفاهية المجتمع.

مصطلحات البحث:

1. التكنولوجيا:

التقنية أو التكنولوجيا هي كلمة أعجمية ذات أصل يوناني، تتكوّن من مقطعين، كلمة تكنو والتي تعني حرفة أو مهارة أو فن، وكلمة لوجي التي تعني علم أو دراسة ليصاغ الكل في كلمة تكنولوجيا بمعنى علم التّطبيق؛ وقد أورد الكثير من العلماء تعريفات أخرى عديدة للكلمة. تعرف التكنولوجيا بأنها مجموع التقنيات والمهارات والأساليب والعمليات المستخدمة في إنتاج البضائع أو الخدمات أو في تحقيق الأهداف.

- الزجاج الذكي:

هو الزجاج الذي يمنح الفرصة للتحكم البيئي بطريقة جديدة ومثيرة بالإضافة لاستطاعة الفرد تغيير كم الضوء المرئي الداخل منه و اعطاء الحماية والخصوصية، والتحكم في دخول الأشعة الشمسية وتحسين العزل الحرارى والوقاية من الموجات فوق البنفسجية داخل المبنى، يسمى أيضا بالزجاج المتحول وهو زجاج قابل للتحويل كهربائياً و يغير من خصائص نقل الضوء عند تطبيق الجهد عليه، وهذه الأنواع المعينة من الزجاج الذكي تتيح للمستخدمين التحكم في كمية الضوء وبالتالي الحرارة، و يتغير من زجاج شفاف إلى نصف شفاف أو يمنع الرؤية من خلاله بشكل جزئي، مع الحفاظ على الضوء واضحاً من خلاله، هذا الزجاج له القدرة على المحافظة على درجة حرارة المبنى مع اختلاف الظروف الخارجية.

- **الواجهات الخارجية للمباني:**

واجهات المباني هي الرابط بين الفراغات الداخلية والخارجية للمبنى, وهي الأجزاء الأكثر لفتًا للانتباه والمرئية من المبنى ، فهي تحمي من العوامل الخارجية وهي واحدة من العناصر الرئيسية في خلق فراغات مريحة حيث أنها تتحكم بكسب او خسارة الاحمال الحرارية، يجب أن تكون الواجهات لديها القدرة التقنية لتصبح قابلة للتكيف مع الظروف البيئية للمكان الذي توجد فيه.

- **الواجهات الذكية:**

الواجهات الذكية هي التي تتكيف مع الظروف البيئية وتحول نفسها, والاستجابة للتغيرات التي تحدث في خارج وداخل المبنى , عندما يتعلق الأمر بالواجهات , ينصب التركيز الرئيسي على معادلة ضوء الشمس الطبيعي , والحماية من الإشعاع الشمسي , مع التحكم في التهوية و (إدخال أو إخراج) الحرارة, يمكن أن تحدث هذه التبادلات من خلال الزجاج ، والتي يمكن اعتبارها ذكية عند تغير خصائصها في نفاذية الضوء بسبب الجهد الكهربائي أو الضوء أو الحرارة ، مما يتسبب في تغيير في مظهر الزجاج وبالتالي تغيير شدة الضوء وكذلك الأطوال الموجية من الضوء.

تمهيد:

في الأونة الأخيرة أدرك العالم أن هناك مشاكل إقتصادية متفاقمة ومخاطر بيئية متزايدة لذلك تم إعادة النظر في المباني بشكل عام وفي الواجهات بشكل خاص فظهرت الواجهات المزدوجة مثل تلك التي تتكون من واجهة زجاجية وأخرى تحمي الأولى من أشعة الشمس كما ظهرت الواجهات المزروعة بدافع زيادة الرقعة المساحية الخضراء في المدن بالإضافة إلى دورها العازل للحرارة وتحسين وسائل العزل المختلفة، كما ظهرت الواجهات المتحركة التي يمكن تحريك عناصرها حسب إتجاهات الشمس.

ومن المواد التكنولوجية الهامة والتي تستخدم في تصميم الواجهات الخارجية للمباني المختلفة هي الزجاج وذلك بعد تطويعه ليكون من أسس تصميم الواجهات الخارجية.

الزجاج ذلك التاريخ الحافل الذي تطور ليتحرر في النهاية من محدودية دوره كمادة للزخرفة ليصبح بعد مشوار طويل من التطوير مادة متكاملة لعبت دورا أساسيا في العمارة والتصميم الداخلي، حيث يتمتع الزجاج بمميزات عديدة لا تتوفر في أي مادة أخرى ولقد أسهم التطور التكنولوجي في إثراء هذه الخامة مما ساعد على إيجاد تقنيات جديدة لمعالجة تلك الخامة، وبذلك أمكن الحصول على أكثر من أداء وظيفي لهذه الخامة فأصبحت تؤدى أغراضا جمالية ووظيفية فى المجالات المعمارية الخارجية والداخلية على حد سواء.

وهذا البحث محاولة لإلقاء الضوء على عدد من التقنيات المستخدمة في الواجهات الخارجية، لفتح طريق للمصممين لفهم نوعيات الزجاج والتطورات الحديثة فيها، وكيفية إستخدامها في تصميم الواجهات الخارجية، وتصميمات أخرى متعددة. [1]

الصورة (٢،١) استخدام الزجاج في الواجهات الخارجية والديكورات الداخلية الجمالية.

اولا: تغير طرق التفكير في تصميم الواجهات الخارجية:

ولقد كان لتطور مفهوم استخدام الزجاج أهمية وأثرا كبيرا إستفاد منه المصممون المعماريون المعاصرون فى محاولة تكييف الواجهات الخارجية وحل مشكلاتها، لما لهذه الخامة من مواصفات لا تتوافر في مثلها من الخامات الأخرى، فهي ذات قدرة على اكتساب أكبر كمية من الضوء والأشعة وتوزيعها في الإتجهات التي تتطلبها المنفعة في التصميم، وكذلك بلوغها الحد الأعلى فيما يتعلق بمقاومتها للعوامل الجوية كالحرارة والرطوبة، وقدرتها الهائلة على عزل الصوت جامعا بذلك بين خواص الحوائط المصمتة والفتحات الشفافة ذات التصميم والشكل الجميل، وبذلك أمكن له الوصول إلى تحقيق التكامل بين القيم الشكلية (الجمالية) والوظيفية لاستخدامه في العمارة الداخلية والخارجية.

ساعد التطور التكنولوجي علي إنتشار الزجاج جماليا ووظيفيا واستخدامه في الواجهات المعمارية ، فقد ساعدت التكنولوجية المتطورة علي إيجاد أنواع جديدة لها القدرة علي مقاومة الحرارة، ومنه ما يقاوم الحريق وكذا تحمله للصدمات الميكانيكية ، وهناك أنواع أخري يتم معالجتها حراريا، ونوع آخر يمكن إعادة تشكيله حراريا بإستخدام تقنية الثني الحراري، وأخري تتسم بخاصية الذكاء، وأيضا الزجاج التفاعلي كل هذة الأنواع وفرت خواص (فيزيقية) حرارية – ميكانيكية – وأخري تشكيلية عملت علي التمكن من تشكيل مسطحات زجاجية متنوعة لها العديد من الخواص التي تحقق الجوانب الوظيفية والجمالية معا، وهناك المواد التي يمكن أن تغير من طبيعتها بهدف تحسين عزل المبنى بالإضافة إلى إستخدام تقنيات مثل إضاءة الواجهات بنظام (LED) والمواد الخفيفة الشفافة والعازلة في آن واحد. [2]

الصورة (٣)، (٤) تصميم الواجهات الحديثة – العمارة الديناميكية – مبنى أبراج البحر – ابو ظبي
المصدر: 2-5-2020 https://byarchlens.com/architecture-dynamic/

الصورة (٥)، (٦) تصميم الواجهات الحديثة

المصدر: http://cleanaircanada.blogspot.com/2012/10/a-tribute-to-green-architecture.html 22-3-2020

استمرت سيادة الزجاج كمادة بناء حديثة منذ استخدامها لأول مرة بشكل معاصر في منتصف القرن التاسع عشر في تشييد مبنى (القصر البللوري في لندن عام١٨٥١م)، ليشهد النصف الأول من القرن العشرين الإعتماد على الزجاج من خلال العديد من التوجهات المعمارية الفكرية كتوجه الطراز الدولي(والذي اعتمد مفاهيم الشفافية والبساطة) في تصميم الواجهات الخارجية وتنفيذها كمنهاج فكري استطاع تحقيقه عبر استخدام مسطحات الزجاج في تكسية تلك الواجهات، ليشهد النصف الثاني من القرن العشرين تطوير هائل في صناعة الزجاج وتطبيقاته، فظهرت أنواع جديدة من الزجاج، كما تم تطوير العديد من الأنواع المتاحة منه كالزجاج المسلح والطوب الزجاجي والألياف الزجاجية وغيرها، ومع التقدم التكنولوجي خلال تلك الفترة عرف الزجاج ذو الحساسية الخاصة للأضاءة والحرارة، والذي يتكيف مع كمية الإضاءة والحرارة بداخل المبنى.

الصورة (٧)، (٨) القصر البلوري (لندن)

المصدر:24-5-2020 https://www.thoughtco.com/britains-great-exhibition-of-1851-1773797

الواجهات الذكية:

الواجهات الذكية هي التي تتكيف مع الظروف البيئية وتحول نفسها في وقت واحد ويحدث هذا من خلال مكوناتها التي تتكيف مع الظروف المختلفة وتستجيب للتغيرات التي تحدث في الخارج والداخل من المبنى، مما يعنى أن وظيفتها تتمثل في:

- **الحماية من مشاكل البيئة المحيطة:** من خلال العزل الحراري والصوتي والرياح والأمطار والتلوثات المختلفة.
- **الربط أو الفصل بين الداخل والخارج:** تبعا لوظيفة المبنى حيث يمكن توفير الإضاءة والتهوية الطبيعية بطرق مختلفة كما يمكن التواصل البصري مع البيئة المحيطة والسكان كما يمكن توفير الخصوصية إذا دعت الحاجة.
- **التميز والجذب :**هناك مباني هامة ومباني دينية أو وطنية بحاجة إلى أن تميز نفسها في المنطقة التي تقع فيها، أو أن تتميز عن المباني المحيطة، ولقد أصبح من السهل تنفيذ وتصميم أشكال كانت خيالا في الماضي فبرامج التصميم الحديثة

ووسائل البناء جعلت الحلم حقيقة، كما أن المباني التجارية والترفيهية بحاجة لجذب الجمهور من خلال واجهات شفافة تماماً لتسمح بالتعرف على ما بداخل هذه المحلات سواء تجارية أو ترفيهية، أو يمكن أن تكون واجهات لمكتبات عامة أو متاحف تهدف إلى جذب المارة ورفع المستوى المعرفي والثقافي للسكان.

– **التعبير عن وظيفة المبنى**: في التاريخ القديم كانت واجهات المباني تتشابه بالرغم من إختلاف وظائفها، إنتبه المصممين لهذه المشكلة وبدأت الواجهات تعبر عن وظيفة أو وظائف المبنى وتطور هذا التوجه بحيث أصبح اليوم مطلباً أساسياً في التصميم.

ومما سبق يتبين أنه أصبح للزجاج دور كبير في التشكيل المعماري في عصر التكنولوجيا الرقمية كمادة شفافة أو عاكسة تتواصل مع ما حولها من طبيعة ومباني، كما أنه يضفي على الشكل المعماري الحياد إذا ما استخدم كمساحة مستوية، أما إذا استخدم كألواح منفصلة ومتحركة فيعطي أشكالًا متغيرة، ويعتبر من أهم نماذج المباني الذي تظهر مدى تأثير التكنولوجيا الرقمية على إعادة إبراز دور الزجاج كمادة بناء مهمة خلال تلك الفترة:

مبنى (برج أجبار Torre Agbar) بمدينة برشلونة الإسبانية (عام١٩٩٩ -٢٠٠٤م) من تصميم المعماري الفرنسي (جان نوفيل) والذي يعتبر ثالث أعلى مبنى في مدينة برشلونة ويعتبر ذلك المبنى من المباني المتغيرة و المتعددة في الألوان نتيجة وجود تكسية خارجية بكامل مسطح الواجهات الخارجية من الزجاج المعالج الخاص تقوم بالتبديل اللوني، حيث تم وضع أجهزة استشعار ذكية للحرارة على محيط البرج وهي التي تنظم عملية فتح شرائح الستائر الزجاجية أو غلقها بما يؤدي إلى تقليل الطاقة المستهلكة بواسطة أجهزة تكييف الهواء، كما يكتسب المبنى من خلال تلك التغطية الشفافية والوضوح طيلة النهار.

الصورة (٩)، (١٠) برج أجبار (برشلونة أسبانيا)
المصدر:4-5-2013 http://mtnsh.com/96148

وقد تطورت الواجهات الزجاجية بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة من ناحية نوع مادة الزجاج والتقنية العالية في صناعته التي تظهر مرونة توافق الشكل المعماري المطلوب، ومن ناحية تطور التقنيات المستخدمة في العمارة، وأهم المباني التي استخدم فيها الزجاج منذ القديم وصولا إلي الستارة الزجاجية بفترة الحداثة والروح الجديدة التي أعطتها لهذه المباني، ممثلة بالواجهات الذكية لتلائم مختلف الظروف والمتطلبات كما تطورت أساليب التصميم المعماري، ومن الأمثلة التي تجسد هذا التطور: **برج خليفة، وبرج المملكة، وأبراج البحر بأبوظبي وغيرها كثير.**

الصورة (١١) استخدام الزجاج الذكي في برج خليفة

الصورة (١٢) استخدام الزجاج الذكي في برج المملكة

المصدر: http://www.rediff.com/business/slide-show/slide-show-1-burj-khalifas-top-deck-hosted-over-187-mn-visitors-in-2013/20140204.htm 4-2-2020

http://www.al-jazirahonline.com/news/2017/20170924/116959 4-2-2020

نبذة عن الزجاج الذكي (Smart Glass) المستخدم في الواجهات الذكية:

هو الزجاج الذي يمنح الفرصة للتحكم البيئي بطريقة جديدة ومثيرة بالإضافة لاستطاعة الفرد تغيير كم الضوء المرئي الداخل من النافذة و اعطاء الحماية والخصوصية والتحكم في دخول الأشعة الشمسية وتحسين العزل الحرارى والوقاية من الموجات فوق البنفسجية داخل المبنى، يسمى أيضا بالزجاج المتحول وهو زجاج قابل للتحويل كهربائياً و يغير من خصائص نقل الضوء عند تطبيق الجهد عليه، وهذه الأنواع المعينة من الزجاج الذكي تتيح للمستخدمين التحكم في كمية الضوء وبالتالي الحرارة، و يتغير من زجاج شفاف إلى نصف شفاف أو يمنع الرؤية من خلاله بشكل جزئي، مع الحفاظ على الضوء واضحاً من خلاله، هذا الزجاج له القدرة على المحافظة على درجة حرارة المبنى مع اختلاف الظروف الخارجية.

فقد تمكن باحثون من تصنيع زجاج**" ذكي"** يمكنه أن يمنع حرارة الشمس من اختراقه سامحا لأشعتها فقط بالدخول بشكل تام أو جزئي، بحسب الرغبة، وتم التوصل إلى هذه النتيجة باستخدام جزئيات نانو ومزجها بالزجاج، وسبق أن صممت أنواع من الزجاج تمتزج فيه التقنيات الكيماوية بالكهربائية، لكن هذا الزجاج الجديد الذي عرضت مزاياه في مجلة نيتشر البريطانية، "هو الأول الذي يتمكن من تصفية الحرارة والأشعة كل على حدة"، بحسب ما يؤكد المصممون، واستخدم الباحثون نوعا خاصا من الزجاج يحتوي على أكسيد النيوبيوم، وبلورات من أكسيد الأنديوم - القصدير، الذي يبقى شفافا إذا كدست طبقات رقيقة منه فوق بعضها، وهو يستخدم في صناعة شاشات التلفزيون المسطحة أو التي تعمل باللمس.

ووضعت هذه الزجاجات إلى جانب طبقة من الزجاج الذي يحتوي على النيوبيوم، وبينهما إلكتروليت ومادة موصلة للتيار الكهربائي وعندما لا يمر التيار الكهربائي، تكون القطعة أشبه بأي قطعة عادية من الزجاج، التي تدع الضوء يخترقها أشعة وحرارة. لكن ما إن يعمل التيار الكهربائي حتى تتوقف الحرارة عن اختراق الزجاج وتمر الأشعة فقط.. وبحسب الباحثين، فإن النتائج المتوصل إليها لم تكن متوقعة. [1]

وأكد الباحثون "إن التحكم بالأشعة وبالحرارة في المباني يتطلب كميات كبيرة من الطاقة، ويمكن أن يوفر جزءا كبيرا من هذه الطاقة بواسطة الزجاج الذكي. وأضافوا إنه نوع جديد من الزجاج الذكي يمكن تشغيله إلكترونياً وتحويله إلى عدة حالات بحسب الحاجة.

فبالإضافة إلى إمكانية إعتماد هذا النوع من الزجاج للبنايات بشكل واسع في المستقبل، إلا أنه أصبح الآن هذا النوع من الزجاج الشفاف بهيئته يستخدم في المساحات الداخلية من المنازل والمكاتب والأماكن العامة، حيث يمكن تقسيم المساحات

المراد عزلها بهذا النوع من الزجاج مع الحفاظ على شفافيته بحسب الرغبة أو تحويله إلى زجاج مضبب عازل للصورة ١٠٠% من جانبي الزجاج، ويكون هذا الزجاج بثلاثة حالات، وهي:

الزجاج الشفاف أو **الزجاج المعتم** لأوقات الليل أو **الزجاج العازل** للصورة تماماً.

ويعد هذا النوع من الزجاج صديقاً للبيئة وموفراً للطاقة، حيث يمكن التحكم بكمية الضوء المار عبره، حيث أنه يوفر على المباني الحديثة المزيد من الطاقة، بتوفير كمية الإنارة والحرارة المارة عبره بنظام كهربائي إلكتروني يمكن تشغيله وإطفاءه، حيث أنه يحتوي على طبقة كريستالية سائلة هي التي تتحكم في عتامة طبقة الزجاج.

الزجاج والنانو تكنولوجي:

هناك العديد من تطبيقات النانو في مجال الزجاج و ذلك بهدف مشاركة هذه المادة في التحكم فى البيئة الداخلية للمبنى و تعتبر مادة ثاني اكسيد التيتانيوم TiO_2 من اهم المواد التي تستخدم في طلاء الزجاج و ذلك لإضافة العديد من الخواص مثل مقاومة التلوث و طرد المياة مما يجعل الزجاج يتمتع بخاصية التنظيف الذاتي، اما مادة ثاني اكسيد السيليكا SiO_2 و التي تستخدم كطبقة طلاء بين طبقات الزجاج فإنها تعمل على الحماية من الحرارة. [2]

كما أسهمت تكنولوجيا النانو في أيجاد نوع جديد من الزجاج قوى وغير قابل للكسر- فصفة الهشاشة تحدث نتيجة وجود فراغات بين الذرات وهو ما تم علاجه بتقليل الفراغات بين الذرات لتصل الى الحد الادنى -هذا بالإضافة الى العديد من الخصائص مثل:

١- منع التسرب الحراري لأشعة الشمس عبر النوافذ مما يترتب على ذلك من توفير في استهلاك الطاقة وذلك بإستخدام تكنولوجيا " الثروموكروماتيك " وهي عبارة عن طلاء طبقة رفيعة جدا تعمل على العزل الحراري مع توفير الاضاءة المناسبة.

٢- إختزان قدر من الحرارة ثم بثها مرة اخرى الى داخل الفراغ الداخلي في حالة انخفاض درجة الحرارة فيعمل كجهاز تدفئة.

٣- عاكس لأشعة الشمس الضارة فوق البنفسجية.

٤- خاصية التنظيف الذاتي بتحليل الإتساخات العضوية ومقاومة الضباب.

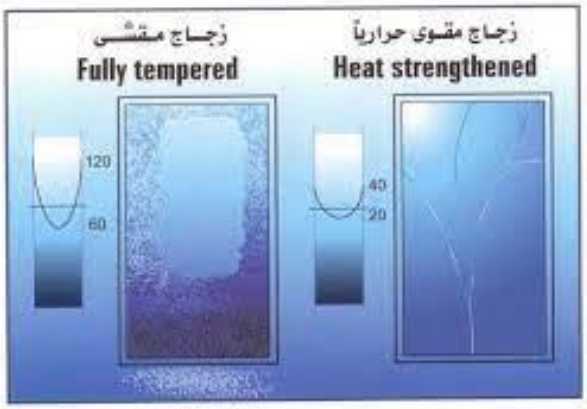
٥- تقنية التحكم في تغيرات شدة الاضاءة. [1]

أنواع الزجاج المستخدم في التصميم الداخلي والواجهات المعمارية:

1- الزجاج المسقي وهو نوعان:

- **الزجاج المقسى (Bent Tempered Glass): وهو الزجاج المسقى بالكامل** ويكون أكثر مقاومة للصدمات بـ ٥-٧ مرات من الزجاج العادي ويتحول عند تكسره إلي عدد كبير من الشظايا الصغيرة التي لا تجرح ولا تؤذي، ويمكن للزجاج المقسى مقاومة وتحمل فروق درجات الحرارة الداخلية والخارجية تصل إلي ٣٠٠° مئوية، في حين لا تتجاوز الفروق المقابلة في الزجاج العادي قبل تكسره ٧٠° مئوية. ويستخدم في الطوابق الثلاثة الأولي من المبنى، وفي واجهات المباني.
- **الزجاج المقوى حراريا (Glass Heat Strengthened):** يتميز بمقاومة للكسر تعادل ضعفي مقاومة الزجاج العادي كما أن ميله للتحطم أقل بكثير، ويتحول عند الكسر إلى عدد قليل من القطع الكبيرة ويبقى عالقاً في إطاره

دون أن يسقط، ويستخدم في الأسقف والمظلات الزجاجية والفتحات السماوية، كما ينصح به في الأبنية المرتفعة، حيث يبدأ استخدامه من الطابق الرابع وما فوق.



الصورة (١٣) الزجاج المقوى والمقسى

2- **الزجاج العازل (Insulated Glass Unit):** يتكون الزجاج العازل من لوحين زجاجيين على الأقل، متوازيين ومثبتين معاً لتكوين وحدة مختومة بإحكام تقوم على مبدأ ملء التجويف بين ألواح الزجاج بالهواء الجاف أو بغاز كالأرغون Argon ، أو الزينون Xenon ، أو الكربتون Krypton. وهو ما يعطي عزلاً حرارياً وعزلاً صوتياً بحدود ٨٥ % ويتعزز هذا العزل بوحدات زجاج مختلفة الأنواع (عاكسة، ماصة للحرارة، ملونة، مجلتن، ...إلخ) وثخانة غير متناظرة لكسر حدة أشعة الشمس ووهجها حسب الحاجة التصميمة. كما يملأ قضيب الألمنيوم الفاصل بين اللوحين بحبيبات ماصة للرطوبة، ويستخدم في الأبنية السكنية والتجارية والمشافي والمدارس والمطاعم والمباني المطلة على الطرق السريعة. [1]

الصورة (١٤) الزجاج الذكي العازل على نوافذ المنازل

الصورة (١٥) الزجاج الذكي العازل في المستشفيات

الصورة (١٦) الزجاج الذكي العازل في الفنادق

الصورة (١٧) الزجاج الذكي العازل في المكاتب

3- **الزجـاج المصفح((Laminated Glass):** يتألـف مـن طبقتين أو أكثـر من الزجـاج تفصـل بينها طبقة مـن الراتنجات (Resins مـواد عضوية)، وذلك لضمان درجـة أعلى مـن الأمـان. فـإذا تلقـى صدمـة عنيفـة أدت إلي كسر إحـدى الطبقـات الزجاجيـة، فإنـه يبقـى ثابتـاً في مكانـه ولا يتناثـر، ويسـتخدم في الفتحـات السماوية والمظلات الزجاجيـة في المبـاني الأمنيـة (سـفارات، وزارات، مطـارات).

الصورة (١٨) استخدامات الزجاج المصفح المقوس في واجهات العمائر

المصدر: /شركة-تركيب-واجهات-زجاج-بالرياض https://detectingwaterleaks.com

4- **الزجـاج المقاوم للرصاص (Resistant Bullet Glass): للرصاص (Resistant Bullet Glass):** يتكـون مـن طبقـات عـدة مـن الزجـاج المصفح الـذي يمكـن أن يحوي طبقـة من مـادة بولي كاربونات، ويعد هذا النوع أعلى مستوى من مستويات الزجاج المضاد للرصاص، كما يتم استخدام مادة بوليفينيل بيوترال (PVB)، حيث تستخدم هذه المادة في التطبيقات التي تحتاج قوة التحمل لـذا يسـتخدم في المباني المالية ومراكز الصرافة وفى السـيارات المصفحـة.

الصورة (١٩)، (٢٠) باستخدام الزجاج المقاوم للرصاص في المباني المالية، ومحلات الجواهرجية.

المصدر : https://en.wikipedia.org/wiki/Bulletproof_glass

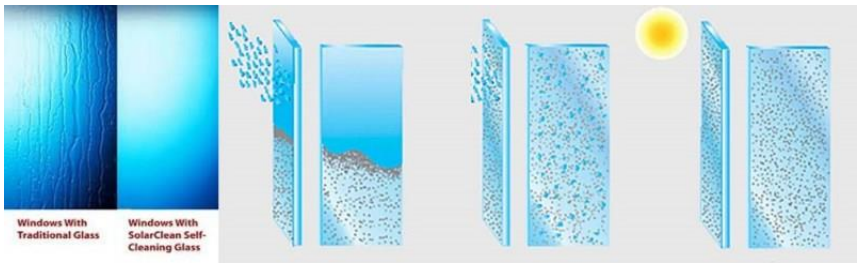
http://www.glasscentre.ie/pr-bullet-resistant-glass.html

5- **الزجاج المقاوم للحريق (Fire Rated Glass):** يتكون من رقائق عدة تجمعها طبقات بينية شفافة من مواد معينة، ففي الحريق يتصدع اللوح الذي يواجه اللهب لكنه يبقى في مكانه ولا ينهار وتتحول الطبقات البينية، بدرجة حرارة ١٢٠ ً مئوية تقريباً، الواحدة تلو الأخرى إلي رغوة سميكة عاتمة مرنة، تكون درعا عازلا يمنع حرارة الوهج من الانتقال إلي الجانب الآخر من الحريق، ويستمر هذا من ٤٥ إلي ١٢٠ دقيقة تكون الحماية خلالها كاملة، ويستخدم في المستشفيات والمدارس ومراكز التسوق والأبنية التجارية.

الصورة (٢١)، (٢٢) إستخدام الزجاج المقاوم للحريق

المصدر: http://www.roedrylinings.com/fire-protection.html

6- **الزجاج ذاتي التنظيف (Glass Self Cleaning):** الزجاج الذاتي التنظيف هو عبارة عن زجاج مغطى بطبقة رقيقة جدا من أكسيد مايكرو كرستالين التيتانيوم والذي يستجيب لضوء النهار، وهذا التفاعل يفصل القزارة عن الزجاج، دون الحاجة إلى استخدام الماسحات، وعندما تسقط عليه المياه، يحدث التفاعل الذي يؤدي إلى إنزلاق الأوساخ والمياه من على سطح الزجاج، وهو ما يجعل سطح الزجاج يبدو نظيفا، كما يقلل من نفاذ الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالإنسان بنسبة ٢٠%. ويستخدم في أنواع الأبنية كافة. حيث تحتوى بنيته البلورية على خلايا ضوئية كهربائية ميكروية حساسة، تقوم بالاستفادة من طاقة الأشعة الشمسية الواقعة عليه، عن طريق الخلخلة التدريجية للأوساخ والغبار والكتل العضوية العالقة باستخدام الطاقة الكهروستاتيكية الساكنة المتولدة من هذه الخلايا، (وهذا يجعل هذه المواد سهلة الإزالة تلقائيا ً عند سقوط الأمطار عليها) أو عند الرش بالماء ودون أن تترك أي آثار أو بقع.



الصورة (٢٣)، (٢٤) استخدام زجاج ذاتي التنظيف

المصدر: https://byarchlens.com/ **5-4-2019**

7- **الزجاج المقلل لنفاذ الإشعاع بشكل غير انتقائي:** يمتاز بتقليل كمية الحرارة المارة إلي داخل الفراغ من الإشعاع الشمسي ويعتمد ذلك على زيادة امتصاص أو عكس الزجاج للإشعاع ويستخدم في أنواع الأبنية كافة، ومن أنواعه الزجاج الماص للحرارة والزجاج العاكس والزجاج المطبوع بالسيراميك والزجاج متعدد الطبقات والأغشية المانعة لنفاذ الأشعة.

8- **الزجاج ذو النفاذية الانتقائية للإشعاع :**وهو من أكثر أنواع الزجاج تطورا حيث يمكنها الانتقاء بين زيادة النفاذية أو إقلالها تبعا للظروف، وأهمها الزجاج ذو النفاذية الانتقائية لطول الموجة حيث يتسم بأنه شفاف تقريبا ولا يعوق الرؤيا أو نفاذ الإضاءة الطبيعية، بينما يكون أقل شفافية للأشعة غير المرئية، وهو ما يؤدي إلي تخفيض الكسب الحراري الشمسي إلي النصف تقريبا، (منها الزجاج الماص للأشعة تحت الحمراء والزجاج العاكس للأشعة تحت الحمراء، والزجاج القليل الانبعاثية للأشعة تحت الحمراء). [1]

لو نظرنا حولنا لوجدنا إننا نقضي الكثير من أوقاتا داخل مباني مزودة بنوافذ زجاجية لتعزيز اتصالنا بالعالم الخارجي، حيث تسمح النوافذ الزجاجية لأشعة الشمس بتدفئة المبنى من الداخل، كما توفر الضوء الكافي للرؤية، وكما نعلم أن اشعة الشمس بالإضافة إلى ضوئها المرئي فإنها تحتوي على أشعة غير مرئية وبالتحديد الاشعة فوق البنفسجية التي تسبب احساسنا بارتفاع غير مرغوب به في الحرارة وتتلف الأثاث وترفع درجة حرارة المبنى، مما يؤدي إلى ضرورة استخدام أجهزة التكييف والتبريد التي تستهلك الكثير من الطاقة هذا بالإضافة إلى تكلفتها العالية على المستخدم.

لذا فكر العلماء في كيفية التقليل من استهلاك الطاقة عن طريق تطوير تكنولوجيا النوافذ الزجاجية، التي تعمل على أدخال أشعة الشمس اللازمة للمباني، ولكن هذه النوافذ لها القدرة على التحكم بكمية الضوء التي تدخل من خلالها.

إن امكانية التحكم في كمية الضوء التي تدخل عبر النوافذ للمبنى له الأثر الكبير في التقليل من استهلاك الطاقة.

٩- النوافذ الذكية:

النوافذ الذكية أو الزجاج الذكي هو مكون جديد من مكونات المنازل الذكية التي بدأت تجتاح الدول المتقدمة والدول العربية الغنية التي تريد أن تطوع التكنولوجيا بأكبر قدر ممكن لراحة الإنسان في بيته وهذه النوافذ الذكية هي نوافذ خاصة مصنوعة من زجاج معالج بوسائل تكنولوجية مختلفة تجعله قادر على التحكم في كمية الضوء.

فقد أدرك الإنسان أهمية ترشيد الطاقة والاستفادة من الطاقات المتجددة النظيفة المحيطة بنا ومن هنا جاءت فكرة النوافذ الذكية فهي نوافذ تعمل على التحكم في إضاءة المكان من خلال ضبط كمية الضوء التي تدخل من الخارج، وهو امر يساعد ايضا في التحكم في درجة حرارة المكان. وهو احيانا لا يكون نوعا من الرفاهية كما هو الحال في برج خليفة الشهير بدبي فهذا الصرح المعماري الرائع دون استخدام النوافذ الذكية لن يكون صالحا للاستخدام الآدمي لأن الزجاج العادي سيتسبب في رفع درجة الحرارة داخله بشدة تجعله اشبه بالجحيم على الارض ومن مميزات النوافذ الذكية أيضا انها تعكس الأشعة الفوق بنفسجية الضارة وتحمي أقمشة الستائر والأثاث والسجاد من التلف الناتج عن التعرض لأشعة الشمس.

الصورة (٢٥) التحكم في كمية الضوء من خلال زيادة او تقليل المجال الكهربي المار في النافذة

لمصدر:8-9-2014 ا http://hazemsakeek.net/QandA/SmartWindows/SmartWindows.htm

أمثلة للواجهات الحديثة:

- **مقر شركة أمازون - سياتل – واشنطن:**

صورة (٢٦) تصميم الواجهات الحديثة – مقر شركة أمازون الجديد

تصميم المبنى يشبه غابات الامازون عبارة عن ثلاث كرات تحوي غابة مصغرة، ويتم الحفاظ على درجات الحرارة من خلال ألوحا من زجاج خاص يقوم بتصفية الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء لتقليل الحرارة الخارجية، كما أن الكرات تخفف من حدة الصوت القاسي للمدينة وتعمل الألواح الزجاجية على كتم حركة المرور في الخارج.

- **مبنى متعدد الإستعمالات لمكتب (Foster & Partner) – لندن:**

صورة (٢٧) تصميم الواجهات الحديثة

تتميز عمارة هذا المكتب بالحلول التقنية والتي تظهر بها الواجهات، فتصميمها هنا ليس فنياً جمالياً بل يتبع الحل التقني الذي يهتم بتحقيق النواحي البيئية، حيث تجد في الواجهة نوعين من الزجاج أحدهما نوع زجاج مزدوج يتفاعل مع أشعة الشمس والنوع الأخر شفاف. [1]

<u>أمثلة للواجهات الحديثة عربيا:</u>

1-<u>برج خليفة – دبي:</u>

- تم افتتاح برج خليفة رسمياً في الرابع من شهر كانون الثاني من عام ٢٠١٠م، ارتفاع برج خليفة يبلغ ٨٢٨ متراً، أما عدد طوابق برج خليفة فهو ١٦٣ طابقاً.
- صمم برج خليفة من قبل ,المهندس المعماري أدريان سميث Adrian Smith : بمشاركة المهندس الإنشائي وليام فريزير بيكرWilliam F. Baker : وحاكى بتصميمه للبرج زهرة صحراوية محلية اسمها زهرة زنبق العنكبوت.

- استخدم في بناء البرج نحو ٣٣٠،٠٠٠ م٣ من الخرسانة، وكمية من حديد التسليح قدرت بنحو ٣٩،٠٠٠ طن متري، و١٠٣،٠٠٠م٢ من الزجاج، إضافة إلى ١٥،٥٠٠م٢ من ألواح الفولاذ المقاوم للصدأ.
- تم تشكيل البنية على شكلY ، مع إضافة التكسات على طول كل من أجنحتها الثلاثة التي توفر استقراراً للهيكل.
- تتكون الكسوة الخارجية في برج خليفة من الزجاج العاكس والألمنيوم والألواح الفولاذية، وقد تم استخدام ما يقارب ٢٦ ألف لوح زجاجي تم تقطيعها يدوياً.
- تم تصميم الواجهات على تحمل درجات الحرارة الشديدة في الصيف ويتكون من ١٤٢،٠٠٠ متر مربع من الزجاج العاكس، والألمنيوم والفولاذ المقاوم للصدأ. واستخدمت أكثر من ٢٦،٠٠٠ من الألواح الزجاجية في الواجهة الخارجية للبرج من الزجاج المعماري الذي يوفر حماية من اشعة الشمس، ودرجات حرارة الصحراء الشديدة والرياح القوية، في المجموع يغطي الزجاج أكثر من ١٧٤،٠٠٠ متر مربع. ويعتقد أن درجة الحرارة الخارجية في الجزء العلوي من المبنى أكثر برودة من عند قاعدته بـ ٦.°C. (1)

صورة (٢٨)، (٢٩) برج خليفة

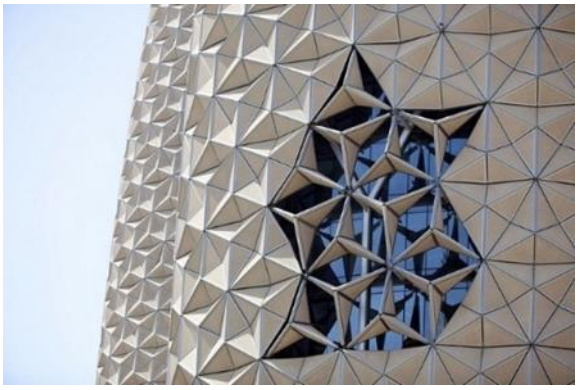
2- أبراج البحار فى أبو ظبى:

- اكتمل إنشاء هذا المشروع في يونيو ٢٠١٢م، ووضعت للأبراج التي يبلغ ارتفاعها ١٤٥ متراً نظام المشربية لتظليله والتي طورها فريق التصميم الحاسوبي في إيداس، واستخدام الهندسة الوصفية لتشكيل واجهات ديناميكية، فكان الفريق قادرا على محاكاة عملها لتستجيب لتعرضها لأشعة الشمس وتغيير زوايا سقوطها خلال الأيام المختلفة من السنة.
- تصميم البرجين لشركة معماريون إيداس (Aedas Architects) التي صممتهما بواجهة مستلهمة من "المشربية"، وهى الوسيلة التراثية الإسلامية القديمة للتظليل والتي كانت تزين نوافذ البيوت العربية التقليدية منذ القرن الـ١٤،هذا التصميم الهندسي الذكي للمشربية يوفر كلا من الظل والخصوصية، وفي نفس الوقت يسمح بإطلالة خارجية طوال الوقت.
- هو تصميم ذكي يتبع حركة الشمس، فقد بنيت الواجهة الخارجية للبرجين التوأمين المكونين من ٢٩ طابقا على ارتفاع ١٤٥ متراً، من الزجاج بشكل كامل ولكن تم تغطية السطح الخارجي بهيكل واقي مكون من ٢٠٠٠ مظلة شمسية تفتح وتغلق تلقائيا وفقاً لشدة أشعة الشمس. الهيكل الخارجي يبعد عن الهيكل الزجاجي للمبنى بمترين وصمم في إطار مستقل. كل مثلث مطلي بالألياف الزجاجية ومبرمج وفقاً لحركة 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 وكلما تحركت الشمس لتغطي المناطق

الأخرى من المبنى تتبعها المظلات وتفتح وفقاً لحركة الشمس، هذه المشربية الديناميكية، تخفض نسبة الأشعة الشمسية التي تدخل المبنى إلى النصف، وبالتالي توفر الكثير من الطاقة الكهربائية التي يستهلكها التكييف.

- الأبراج من الخارج فيها مشربيات متحركة حيث نجد لها أكثر من وظيفة **أولا**: نجد أنها تعمل على تقليل نسبة الأشعة الشمسية المكتسبة الساطعة على الأبراج.
- أما **ثانيا:** فهي تعمل على تقليل الاعتماد على استخدام الزجاج الملون والكثيف والذي من خلاله تستطيع أن تنظر على أكبر قدر من المناظر الطبيعية من البرج. (1)

صورة (٣٠) أبراج البحار-أبو ظبي



صورة (٣١) مقربة للواجهة المتحركة

مقارنة بين مشروع برج خليفة - دبي، وأبراج البحر أبو ظبي

الصورة		
اسم المشروع	**برج خليفة**	**أبراج البحار**
التصميم	محاكاة زهرة زنبق العنكبوت (هيمنوكاليس)، تم تشكيل البنية على شكلY .	محاكاة تصميم مستلهم من "المشربية"، وهي الوسيلة التراثية الإسلامية القديمة للتظليل. تصميم ذكى يتبع حركة الشمس.
المصمم	المهندس المعماري أدريان سميث Adrian Smith، بمشاركة المهندس الإنشائي وليام فريزير بيكرWilliam F. Baker	شركة معماريون إيداس (AEDAS Architects)
الإفتتاح	٢٠١٠	٢٠١٢
المواد المستخدمة	• ١٤٢،٠٠٠ متر مربع من الزجاج العاكس، والألمنيوم والفولاذ المقاوم للصدأ.	• الواجهة الخارجية للبرجين التوأمين المكونين من ٢٩ طابقا على ارتفاع ١٤٥ متراً، من الزجاج بشكل كامل.

للواجهة، واستخداماتها:	• واستخدمت أكثر من ٢٦،٠٠٠ من الألواح الزجاجية في الواجهة الخارجية للبرج، من الزجاج المعماري الذى يوفر حماية من اشعة الشمس، ودرجات حرارة الصحراء الشديدة والرياح القوية. • في المجموع يغطي الزجاج أكثر من ١٧٤،٠٠٠ متر مربع من الواجهة.	• تم تغطية السطح الخارجي بهيكل واقي يبعد عن الهيكل الزجاجي للمبنى بمترين وصمم في إطار مستقل، وهو مكون من ٢٠٠٠ مظلة شمسية تفتح وتغلق تلقائيا وفقاً لشدة أشعة الشمس، كل مثلث مطلي بالألياف الزجاجية ومبرمج وفقاً لحركة الشمس.
الإرتفاع وعدد الطوابق	• الإرتفاع يبلغ ٨٢٨ متراً أما عدد طوابق برج خليفة فهو ١٦٣ طابقاً.	• ارتفاع ١٤٥ متراً، أما عدد الطوابق فهي ٢٩ طابقا.

النتائج:

1. أن الواجهات الذكية تحقق للمبنى الحماية من مشاكل البيئة المحيطة، كما تقوم بالربط أو الفصل بين الداخل والخارج.
2. أن إستخدام الزجاج الذكي في الواجهات الخارجية والنوافذ يعمل على تحقيق التوازن بين متطلبات الإضاءة الطبيعية والمتطلبات الحرارية.
3. أن هناك أنواع من الزجاج قادرة على تقليل الكمية المارة من الإشعاع الشمسي بشكل عام، كما توجد نوعيات من الزجاج أكثر تقدما يمكنها الإنتقاء بين زيادة النفاذية أو إقلالها تبعا للظروف، ومتطلبات الإستخدام، كمأن الزجاج منخفض الإنبعاثية يمكنه تقليل الإشعاع الحراري النافذ دون تأثير كبير على الضوء المرئي.

التوصيات:

1. ضرورة الإتجاه نحو الإستفادة من التقنيات الحديثة في تصميم الواجهات الخارجية للمباني لتحقيق التوافق البيئي في العمارة المصرية.
2. زيادة الإهتمام بالدراسات المتخصصة في مجالات البيئة والتصميم.
3. استخدام الزجاج الذكي في الواجهات المعمارية والتصميم الداخلي يحقق فوائد عديدة.

المراجع:

اولاً: الكتب العربية:

1. حسين محمد جمعة (دكتور مهندس)، النانو تكنولوجي في قطاع التشييد والبناء، جمعية الحفاظ على الثروة العقارية والتنمية المعمارية، مكتب الدراسات والاستشارات الهندسية، مصر، ٢٠٠٩م.

- Hassin Mohamed Gomea (doktor mohandis), alnaanu tiknoloji fi qitae altashyid walbana'i, jameiat al7ifaz 3alaa altharwat al3aqariat waltanmiat almi3mariati, maktab aldirasat walaistisharat alhandasiati, masr, 2009m.

ثانياً: الكتب الأجنبية:

- (George Elvin Nanotechnology for Green Building, 2007, P.86)

ثالثاً: الرسائل العلمية:

1. ربا محمد العلوش - تطور استخدام الزجاج في العمارة - عضو هيئة تعليمية - كلية الهندسة المعمارية - جامعة دمشق - مجلة العمارة والتخطيط – الرياض،٢٠١٦ م.

- Rabana Mohamed Alealuwsh - tatawur aisti5dam alzujaj fi al3imarat - 3udw hayyat ta3limiat – koliyat alhandasat almi3mariat – gami3at dimash2 - majalat al3imarat waltakhtit - alriyadi,2016 m.

2. رشا محمد على حسن زينهم -" فاعلية المعايير التكنولوجية المتقدمة في تصميم الواجهات الزجاجية للعمارة في مصر " - رسالة دكتوراه – كلية الفنون التطبيقية =- جامعة حلوان – القاهرة – ٢٠٠٩ م.

- Rashaa Mohamed 3alaa Hassan zianihim -" fa3iliat alma3ayir altiknolojiat almuta2adimat fi tasmim alwajihat alzujajiat lil3imarat fi misr " - risalat doktorah - koliyat alfunon altatbi2iat -= gamieat 7olwan - alqahirat - 2009 m.

3. لميس سيد محمدي، دور التقنية في تطوير العناصر المعمارية التقليدية، ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الاسكندرية، ٢٠١١ م.

- Lamis Sayid Mohamedi, dawr alta2niat fi tatwir al3anasir almi3mariat alta2lidiati, magistir, koliyat alhandasati, gamieat alaiskandariat, 2011m.

4. مروة محمد حمزاوي - رشا محمد علي حسن - تأثير التصميم التفاعلي على الفكر المعماري لزجاج العمارة المعاصرة - بحث منشور - مجلة التراث والتصميم – المجلد الأول – العدد الثالث - يونيو ٢٠٢١ م.

5. Marwa Mohamed Hamzawi - Rasha Mohamed Ali Hassan - tathir altasmim altafa3uli 3alaa alfikr almi3marii lizujaj al3imarat almo3asirat – ba7th manshor - majalat alturath waltasmim - almujalad al'awal – al3adad althaalith - yuniu 2021 m.

رابعاً: شبكة المعلومات الدولية:

1. https://issuu.com/mayaarayman/docs/____ 14-5-2020
2. http://hazemsakeek.net/QandA/SmartWindows/SmartWindows.htm
3. https://ar.wikipedia.org/wiki/زجاج ذكي
4. https://cap.ksu.edu.sa/sites/cap.ksu.edu.sa/files/imce_images/jap_ksu_jan2016_ar5.pdf

---

(1) ربا محمد العلوش – تطور استخدام الزجاج في العمارة – عضو هيئة تعليمية – كلية الهندسة المعمارية – جامعة دمشق – مجلة العمارة والتخطيط – الرياض، ٢٠١٦م – ص ١٠٤.

(2 https://byarchlens.com –how–to–design–afacade/

https://ar.wikipedia.org/wiki (1)زجاج ذكي/

(2) حسين محمد جمعة (دكتور مهندس)، النانو تكنولوجي في قطاع التشييد والبناء، جمعية الحفاظ على الثروة العقارية والتنمية المعمارية، مكتب الدراسات والاستشارات الهندسية، مصر، ٢٠٠٩، ٢٠٠٩م، ص ٢٤٣: ٢٤٤

(1) (George Elvin Nanotechnology for Green Building, 2007, P.86)

(1) ربا محمد العلوش – تطور استخدام الزجاج في العمارة – عضو هيئة تعليمية – كلية الهندسة المعمارية – جامعة دمشق – مجلة العمارة والتخطيط – الرياض، ٢٠١٦م – ص ١١٥

(1) https://cap.ksu.edu.sa/sites/cap.ksu.edu.sa/files/imce_images/jap_ksu_jan2016_ar5.pdf

(1) https://ar.wikipedia.org/wiki

(1) https://www.albayan.ae/editors-choice/asfar/

(1) https://www.albayan.ae/editors-choice/asfar/2015