

التصميم المعياري للفواصل الزجاجية الذكية في الأماكن العامة نحو تكامل الذكاء الاصطناعي في التحكم البيئي والتفاعلي"

Modular Design of Smart Glass Partitions in Public Spaces: Towards the Integration of Artificial Intelligence in Environmental and Interactive Control

أ.م.د. مروة حسين توفيق

الأستاذ المساعد بقسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

Asst. Prof. Dr. Marwa Hussein Tawfik

Assistant Professor, Department of Interior Design and Furniture, Faculty of Applied Arts, Helwan University

DR.MARWAHUSSEIN@GMAIL.COM

أ.م.د. ولاء حامد محمد حمزة

الأستاذ المساعد بقسم الزجاج، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

Asst. Prof. Dr. Walaa Hamed Mohamed Hamza

Assistant Professor, Department of Glass, Faculty of Applied Arts, Helwan University

WALAA_GLASS@YAHOO.COM

الملخص:

في ضوء التطورات التكنولوجية الحديثة، أصبح الذكاء الاصطناعي أداة أساسية لتعزيز كفاءة واستدامة المباني المعاصرة ويُعد أحد أكثر تطبيقاته ابتكارًا استخدامه في التحكم البيئي والتفاعلي لقواطع الزجاج الذكية في الأماكن العامة وتمثل هذه القواطع مثالًا عمليًا للاستفادة من التقنيات المتقدمة في تصميم المباني لتحقيق الراحة وكفاءة الطاقة.

تؤكد التحديات البيئية المتزايدة والضغط المستمر على الموارد الطبيعية على ضرورة وجود حلول مبتكرة لتحسين كفاءة واستدامة المباني العامة وتوفير قواطع الزجاج الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي حلاً واعدًا، حيث تعزز التحكم البيئي داخل المباني وتقدم إمكانيات فريدة ومع ذلك، لا تزال هناك تساؤلات حول فعالية هذه القواطع في تحقيق أهدافها المنشودة، لا سيما فيما يتعلق بالأداء البيئي وتقليل التكاليف التشغيلية.

يوفر التصميم المعياري إطارًا واعدًا لتطوير قواطع الزجاج الذكية، حيث إنه أداة فعالة لتحسين الاستدامة عن طريق تقليل النفقات وزيادة الكفاءة وخفض التكاليف التشغيلية وتعزيز الأداء البيئي ويُعرّف التصميم المعياري بأنه نهج يقسم النظام إلى وحدات أصغر ومستقلة يمكن تجميعها بسهولة لتكوين أنظمة أكبر ويمكن هذا النهج من إنشاء مكونات زجاجية موحدة تلبي متطلبات التصميم المتنوعة وتدعم الاستدامة من خلال تقليل النفقات وتحسين استخدام الموارد.

توفر قواطع الزجاج الذكية، بالاعتماد على التصميم المعياري والذكاء الاصطناعي، فرصًا فريدة لتعزيز الأداء البيئي، مثل العزل الصوتي والحراري والتحكم في الإضاءة، بالإضافة إلى إثراء تجربة المستخدم من خلال التفاعل مع التغيرات الحسية في الأماكن العامة وتدمج هذه القواطع تقنيات الاستشعار الذكية ومعالجة البيانات لتحسين كفاءة المبنى بشكل عام.

تكمن أهمية هذا البحث في استكشاف إمكانيات الذكاء الاصطناعي لتعزيز قواطع الزجاج الذكية وأدائها البيئي، مما يفتح آفاقًا جديدة للابتكار في التصميم المعماري والإنشاء والهدف هو تحليل الخصائص التصميمية لقواطع الزجاج المعيارية المستخدمة في الأماكن العامة، واقتراح نموذج تصميم ذكي يدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتقييم تأثير هذه التقنيات على راحة

المستخدم وكفاءة الطاقة وتعتمد الدراسة منهجية وصفية وتحليلية وتجريبية لدراسة إمكانات هذه القواطع في خفض استهلاك الطاقة وتعزيز الراحة البيئية.

الكلمات المفتاحية: التصميم المعياري، الاستدامة، الفواصل الزجاجية، الذكاء الاصطناعي، التحكم البيئي.

Abstract:

In light of modern technological advancements, artificial intelligence has become a fundamental tool for enhancing the efficiency and sustainability of contemporary buildings. One of its most innovative applications is its use in the environmental and interactive control of smart glass partitions in public spaces. These partitions represent a practical example of leveraging advanced technologies in building design to achieve comfort and energy efficiency.

Environmental pressures demand innovative, sustainable public building solutions. AI-powered smart glass offers promise for enhanced environmental control and unique functionalities. Modular design is key, improving sustainability by cutting waste and costs. It uses independent units for adaptable, standardized glass.

Smart glass, combining modularity and AI, boosts environmental performance and user experience via sensory interactions, using smart sensing and data processing for building efficiency. This research explores AI's role in optimizing smart glass for environmental benefits, driving architectural innovation. It analyzes modular glass in public spaces, proposes an AI-integrated design, and assesses its impact on comfort and energy use through descriptive, analytical, and experimental methods.

Keywords: modular design, sustainability, glass partitions, artificial intelligence, environmental control

مشكلة البحث

كيف يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تُسهم في تحسين استجابة الفواصل الزجاجية المعيارية للظروف البيئية المحيطة؟

- ما هي العوامل التي تؤثر على أداء الفواصل الزجاجية الذكية ؟
- ما مدى إمكانية صياغة نموذج تصميم معياري يجمع بين الخصائص الجمالية، والوظيفية، والتقنية للفواصل الذكية؟

أهمية البحث:

- يساهم في تطوير تقنيات جديدة وتحسين الفواصل الزجاجية الذكية، مما يفتح آفاقاً جديدة للابتكار في مجال البناء والتصميم المعماري.
- استكشاف إمكانيات توظيف الذكاء الاصطناعي في تحسين الأداء البيئي للفواصل (مثل العزل الصوتي والحراري والتحكم في الضوء).

اهداف البحث:

- تحليل الخصائص التصميمية للفواصل الزجاجية المعيارية المستخدمة في الأماكن العامة.
- تصميم نموذج تصميمي ذكي مقترح للفواصل الزجاجية يستخدم تقنيات الاستشعار والمعالجة الذكية للبيانات.
- تقييم الأثر المحتمل لهذا الدمج التكنولوجي على راحة المستخدم وكفاءة استخدام الطاقة .

فروض البحث :

يسهم دمج التصميم المعيارى مع تقنيات الذكاء الاصطناعى في الفواصل الزجاجية الذكية في تحسين الأداء البيئى والتفاعلى داخل الفضاءات العامة وتعزز في تحقيق المرونة والخصوصية والتكامل مع احتياجات المستخدم.

منهجية البحث : وصفي تحليلي - تطبيقي**حدود البحث:**

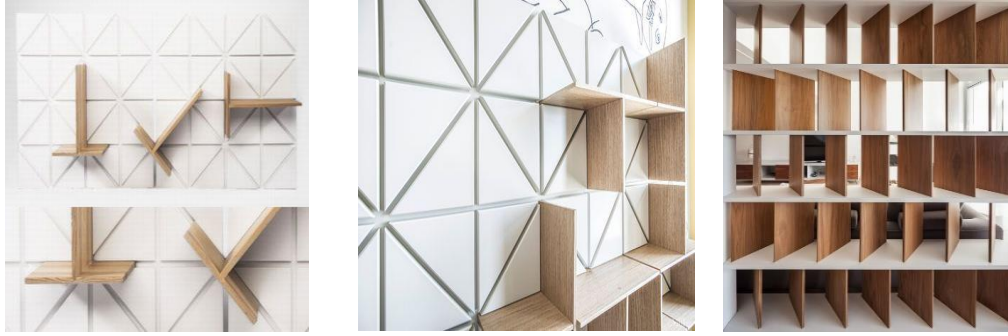
- حدود موضوعية : دراسة الفواصل الزجاجية المعيارية الذكية
- حدود مكانية: الأماكن العامة
- حدود زمانية : الفترة الحالية للبحث

مقدمة:

في ظل التطور السريع للتكنولوجيا والابتكارات المعمارية، أصبح التصميم المعيارى للفواصل الزجاجية الذكية في الأماكن العامة أحد الحلول المبتكرة التي تجمع بين الجمالية والوظيفية ، يهدف هذا البحث إلى استكشاف كيفية استخدام الفواصل الزجاجية الذكية لتحقيق تكامل بين الذكاء الاصطناعي والتحكم البيئي والتفاعلي، مما يعزز من كفاءة المساحات العامة ويوفر تجربة مستخدم متميزة ، ويتناول هذا البحث مفهوم التصميم المعيارى للفواصل الزجاجية الذكية، ويستعرض أنواع الزجاج الذكي المستخدمة في الفواصل الداخلية والخارجية ، كما يسلط الضوء على دور الذكاء الاصطناعي في تحسين التحكم البيئي والتفاعلي في الأماكن العامة، من خلال تحليل البيانات البيئية وتقديم حلول تصميمية مبتكرة ، يتضمن البحث دراسة حالات عملية لتطبيقات الفواصل الزجاجية الذكية في المكاتب، والمباني التجارية، والمرافق العامة، مع التركيز على الفوائد التي يقدمها هذا النهج في تحسين كفاءة الطاقة، وتوفير الخصوصية، وتعزيز الجمالية.

أولا : الإطار النظري**تعريف التصميم المعيارى:**

التصميم المعيارى (Modular design) ، أو النمطية في التصميم، هو نظرية وممارسة تصميمية تُقسّم النظام إلى أجزاء أصغر تُسمى وحدات، والتي يمكن إنشاؤها أو تعديلها أو استبدالها أو تبادلها بين أنظمة مختلفة بشكل مستقل (Baldwin & Clark (2000)) ، وهو نهج يقسم النظام إلى أجزاء أصغر سواء كانت (نماذج أو وحدات) التي يمكن أن تُصنع باستقلالية لاستخدامها في نظم مختلفة للعديد من الوظائف ، تسمح لهم بالفصل وإعادة التوليف وتعطي الدرجة من المرونة في تصميم المنتج النهائي(ولاء حامد محمد(2020)).

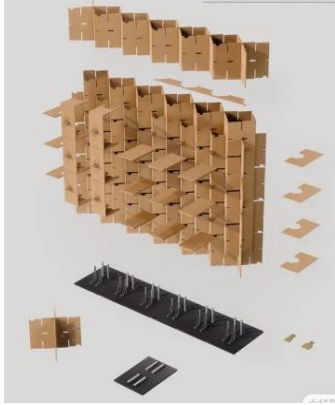


شكل (١) يوضح مرونة تصميم الوحدات المعيارية وسهولة توظيفها
<https://www.pinterest.com/pin/4011087175975722/>

تحليل لمزايا المنتجات المصممة وفقاً لمنهجية التصميم المعياري

تتميز المنتجات القائمة على مبادئ التصميم المعياري بعدة خصائص جوهرية تساهم في تعزيز دورة حياتها وتقديم قيمة مضافة للمستخدم والشركة المصنعة على حد سواء (Baldwin & Clark, 2000) تتجلى هذه المميزات في النقاط التالية:

جدول (١) يوضح خصائص ومزايا المنتجات القائمة على التصميم المعياري		
الخصائص	تعريفها	صورة توضيحية
١ قابلية للترقية المستقبلية	يتيح الهيكل المعياري إمكانية دمج تقنيات أو مكونات جديدة بسهولة في المستقبل، مما يطيل من عمر المنتج ويقلل من الحاجة إلى استبداله بالكامل.	
٢ توسيع نطاق تنوع المنتجات	توسيع نطاق تنوع المنتجات: من خلال تجميع وحدات قياسية بطرق مختلفة، يمكن للمصنعين تقديم مجموعة واسعة من المنتجات المشتقة بتكاليف تطوير أقل. https://www.pinterest.com/pin/140596819611074781	
٣ فعالية التكلفة الإنتاجية	يساهم الإنتاج النمطي في تحقيق وضبط الحجم وتقليل التعقيد في عمليات التصنيع والتجميع، مما ينعكس إيجاباً على سعر المنتج النهائي.	
٤ مرونة وقابلية للتعديل	يتيح التصميم المعياري سهولة تعديل أو استبدال الوحدات الفردية، مما يسهل عملية تحديد ومعالجة نقاط الضعف في المنتج دون التأثير على الأجزاء الأخرى. https://www.pinterest.com/pin/74731675062942121	

	٥ تبسيط الصيانة والتخلص	تبسيط الصيانة والتخلص: يسهل تقسيم المنتج إلى وحدات عملية الصيانة المستهدفة أو التخلص الجزئي من المكونات عند انتهاء عمرها الافتراضي، مما يقلل من النفايات.
	٦ تعزيز الاستدامة	من خلال إمكانية ترقية الوحدات وإعادة استخدامها أو التخلص منها بشكل جزئي، تساهم المنتجات المعيارية في تحقيق ممارسات أكثر استدامة. https://www.pinterest.com/pin/626352260714324319
	٧ التوافق مع احتياجات العملاء المتغيرة	يسمح الهيكل المعياري بتكوين المنتجات لتلبية التخطيطات والمتطلبات الخاصة بكل عميل.
	٨ تخصيص وتفضيلات المستخدم	يتيح اختلاف طرق تجميع الوحدات للمستخدمين إمكانية ترتيب وتكوين المنتج وفقاً لتفضيلاتهم الوظيفية والجمالية، مما يؤدي إلى تنوع ظاهري في المنتجات النهائية https://www.pinterest.com/pin/7107311901599953

أنواع الوحدات المعيارية:

1- الوحدات النمطية الكسورية Fractal Modularity

يُعد مفهوم "الوحدات النمطية الكسورية" تجسيداً متقدماً للهندسة المعيارية، حيث تتجاوز فكرة تجميع عناصر مستقلة لتشمل خاصية التكرارية الذاتية، تبرز مكعبات الليغو كمثال جوهري للوحدات النمطية فكل قطعة بمفردها تمثل وحدة قابلة للاستخدام، وكل مجموعة من القطع تشكل نظاماً والأكثر إثارة للاهتمام هو أن هذا النظام نفسه، حتى لو كان بسيطاً مثل قطعتين متصلتين يمكن أن يصبح وحدة نمطية أصغر ضمن نظام أكبر، وهكذا بتكرار لا نهائي هذه الخاصية تجعل من الليغو، والعديد من الأنظمة النمطية الأخرى، وحدات نمطية كسورية.

صحيح أن البنية الكسورية ليست شرطاً أساسياً للوحدات النمطية، لكنها تمثل حالة كافية لتحقيقها بمعنى آخر، كل شكل كسري يمتلك خاصية الوحدوية، ولكن ليس كل نظام وحدوي يُعتبر كسرياً السمة المميزة الرئيسية للكسر خارج نطاق الوحدوية هي التماثل المتكرر لا ترتبط كل قطعة ببقية القطع بشكل متساوٍ فحسب بل تبدو جميع القطع متشابهة بصرف النظر عن مستوى التعقيد الهرمي للنظام.

سبب آخر يجعل الليغو مثالاً على الوحدات الكسورية هو امتلاك كل قطعة لنفس نوع واجهة الاتصال (نقطة وصل بين قطعتين) تحتوي كل قطعة ليغو على الأقل على نتوء دائري واحد وتجويف دائري واحد هذا التصميم الموحد يسمح لأي قطعة بالاتصال بأي قطعة أخرى بشكل عام، تتميز الليغو بواجهات عالمية ووحدات عالمية.

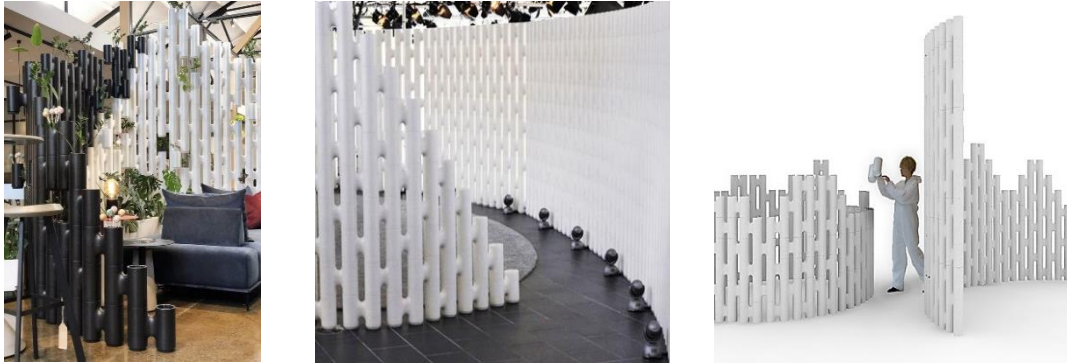


شكل (٢) الوحدات النمطية الكسورية Fractal Modularity

<https://www.pinterest.com/pin/1477812373125118/>

• توظيف الوحدات النمطية الكسورية في الفواصل :

تعتمد الهندسة الكسورية على تكرار الأنماط ذاتية التشابه على مقاييس مختلفة، مما يتيح إنشاء هياكل ذات تعقيد بصري غني وكفاءة في استخدام المواد يهدف هذا الاستكشاف إلى فهم كيف يمكن لخصائص الوحدات النمطية الكسورية مثل التكرار والتوسع الذاتي، أن تساهم في تصميم فواصل معمارية فريدة وفعالة في تحقيق أهداف محددة، سواء كانت بصرية أو وظيفية.



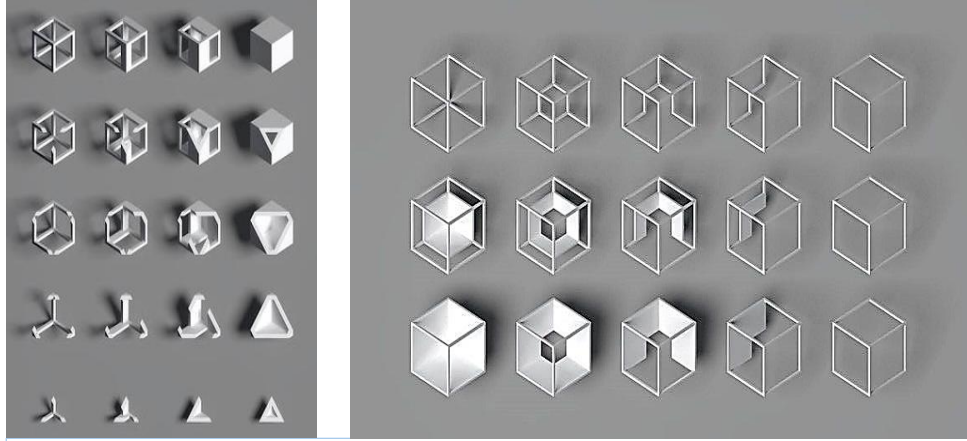
شكل (٣) توظيف الوحدات النمطية الكسورية كفواصل

<https://www.pinterest.com/pin/802203752401241847/>

2- وحدات الفتحات Slot Modularity

يشير مفهوم "وحدات الفتحات" ضمن هندسة الناقل المعياري إلى تصميم نظام يتم فيه تحقيق التوسع الوظيفي أو تحديث القدرات من خلال استخدام فتحات توصيل قياسية (Slots) تتفاعل مع ناقل أساسي (Bus) مركزي ويتميز هذا التصميم بتوفير واجهات اتصال موحدة ومشتركة بين العنصر الأساسي للنظام (مثل اللوحة الأم في الحاسوب) ومجموعة متنوعة من الوحدات الوظيفية القابلة للإضافة بصورة مبسطة يتكون النظام من لوحة رئيسية تتضمن عددًا من "الجيوب" أو "الفتحات" ذات تصميم موحد يمكن إدخال بطاقات أو وحدات مختلفة في هذه الفتحات حيث تضيف كل وحدة وظيفة جديدة أو قدرة محسنة للنظام (مثل بطاقة رسومات، بطاقة صوت، أو وحدات ذاكرة إضافية) يعمل الناقل الأساسي بمثابة "طريق سريع" داخلي يتيح لهذه الوحدات التواصل الفعال مع بعضها البعض ومع المكونات الأساسية الأخرى للنظام.

- **توظيف وحدات الفتحات Slot Modularity** هندسة الناقل المعياري في الفواصل
إمكانية دمج مفهوم وحدات الفتحات (Slot Modularity) المستوحى من هندسة الناقل المعياري في تصميم الفواصل المعمارية ويقترح هذا التوجه تحويل الفواصل من عناصر ثابتة إلى منصات مرنة متعددة الوظائف، قادرة على استيعاب وحدات وظيفية متنوعة وقابلة للتخصيص عبر فتحات قياسية، مما يعزز من تكيفها مع الاحتياجات المتغيرة للفراغات.



شكل (٤) وحدات الفتحات Slot Modularity

<https://www.pinterest.com/pin/2744449757626334/>

أمثلة على الوحدات الوظيفية القابلة للدمج:

- إضاءة: وحدات قابلة للتبديل والترقية (شدة، لون، ديناميكية).
- عرض معلومات: شاشات تفاعلية (نقاط معلومات، إعلانات، تحكم).
- صوت: مكبرات صوت موجهة، وحدات امتصاص صوت.
- تهوية/تنقية الهواء: وحدات تهوية صغيرة، فلاتر.
- تخزين/عرض مؤقت: أرفف قابلة للإزالة، وحدات عرض.
- استشعار وتحكم ذكي: مستشعرات (حركة، حرارة، إضاءة)، وحدات تحكم BMS.
- جمالية/فنية: ألواح ملونة، أنسجة، عناصر فنية قابلة للتغيير.

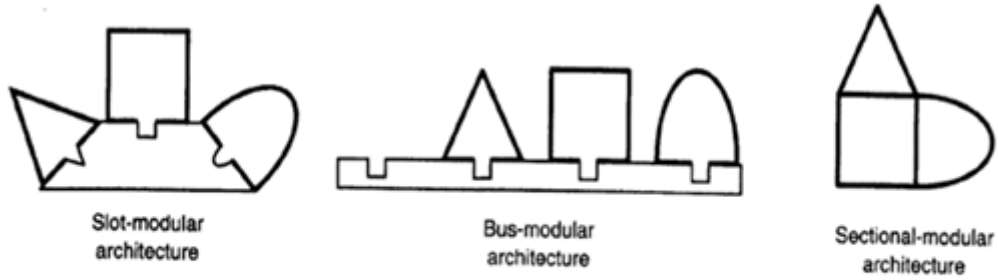
آلية التوظيف تتطلب:

- إطار معياري بفتحات قياسية وموحدة.
- وحدات وظيفية قياسية متوافقة.
- آلية تثبيت سهلة للوحدات.
- توصيلات كهربائية وبيانات مدمجة.

2- النمطية المقطعية bus Modularity

هندسة الناقل المعياري - واجهات شائعة للتوصيل بعنصر أساسي (مثل: موصلات USB في أجهزة الكمبيوتر).
لا توجد أجزاء رئيسية فقط وحدات لا نهائية بنقاط اتصال لا نهائية يمكن للمستخدمين إنشاء أي نوع من الكائنات، وحفظها، ثم دمجها مع أي كائن آخر أنشأوه كما يمكنهم السحب من قاعدة بيانات متنامية للعناصر المحفوظة للمستخدمين الآخرين

من الجدير بالذكر أن إنشاء الكائنات هو في حد ذاته عملية معيارية ، مما يؤدي إلى وجود العديد من الميزات القابلة للتعديل للكائن مثل اللون والشكل والحجم والرسوم المتحركة والتأثيرات على البيئة وأي شيء آخر يمكن أن يفعله كائن في العالم الحقيقي.



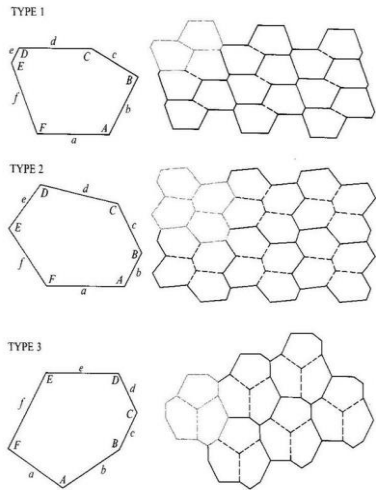
شكل (٥) النمطية المقطعية bus Modularity

https://www.techcoil.com/blog/types-of-modular-interface-design/#google_vignette

• توظيف الوحدات النمطية المقطعية bus Modularity في الفواصل

إنشاء نظام تعتمد فيه الوحدات المختلفة على ناقل مشترك (Bus) أو واجهة موحدة للتوصيل والتفاعل على عكس وحدات الفتحات حيث قد تكون الواجهات فريدة لكل نوع من الوحدات تعتمد الوحدات النمطية المقطعية على مبدأ التبادلية حيث يمكن إضافة أو استبدال أي وحدة بنفس نوع الواجهة القياسية.

يتم توظيف الوحدات النمطية المقطعية في الفواصل الزجاجية على دمج ناقل مشترك أو واجهة موحدة تسمح بتركيب وتبديل وحدات وظيفية متنوعة بسهولة يشمل ذلك وحدات إضاءة قابلة للتبديل وشاشات عرض معلومات مرنة التوزيع ومكبرات صوت أو وحدات صوتية قابلة للتعديل ومستشعرات بيئية ووحدات تحكم مركزية وحلول تخزين وعرض مؤقتة ومنافذ طاقة مدمجة بالإضافة إلى وحدات جمالية قابلة للتغيير مما يوفر مرونة كبيرة في تخصيص وظائف الفاصل وتكييفه مع الاحتياجات المختلفة للفراغ.

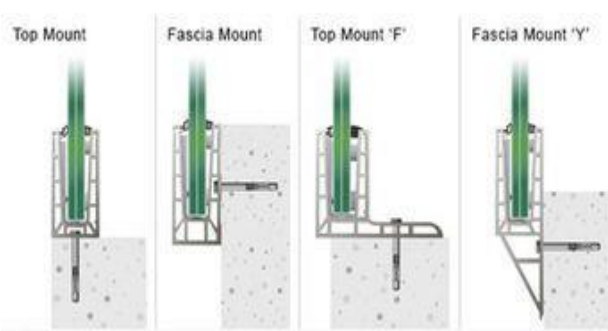
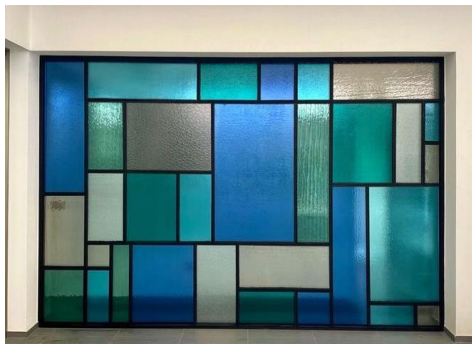


شكل (٦) توظيف النمطية المقطعية bus Modularity في الفواصل

https://www.techcoil.com/blog/types-of-modular-interface-design/#google_vignette

• **توظيف الفواصل الزجاجية (Glass Partitions) في العمارة الداخلية**
شهد استخدام الفواصل الزجاجية (Glass Partitions) في التصميم الداخلي تطوراً ملحوظاً حيث لم تعد تقتصر وظيفتها الأساسية على تقسيم المساحات بل أصبحت عناصر تصميمية وظيفية تساهم في تعزيز الإضاءة الطبيعية والمرونة البصرية مع توفير مستويات متفاوتة من الخصوصية والتحكم البيئي (The Architects Diary, 2024) يمكن تصنيف هذه الفواصل إلى عدة أنواع رئيسية مع طرق تركيبها:

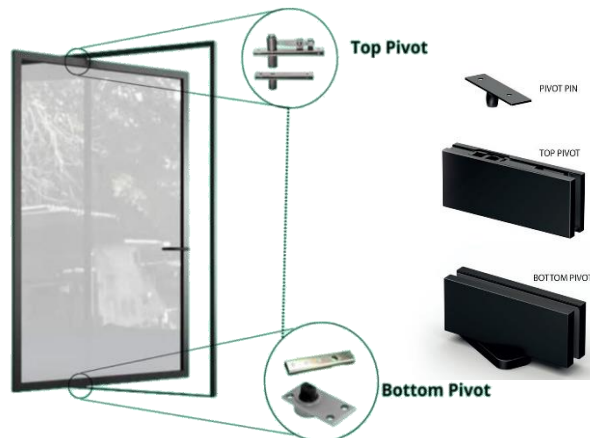
• **الفواصل الزجاجية الثابتة: (Fixed Glass Partitions)**
توفر حلاً دائماً لتقسيم المساحات، وتثبت عادةً بإطارات معدنية أو خشبية تُركب على الأرضية والجدران والسقف باستخدام مسامير أو براغي تثبيت في حالة الفواصل بدون إطارات (Frameless) يتم استخدام مشابك خاصة أو قنوات تثبيت لتثبيت الألواح الزجاجية مباشرة (National Glass Partitions, 2025).



شكل (٧) الفواصل الزجاجية الثابتة وطرق تركيبها

<https://www.pinterest.com/pin/2322237300762457/>

• **الفواصل الزجاجية المتحركة: (Movable Glass Partitions)**
توفر مرونة عالية في تغيير تخطيط الفراغات تتضمن أنظمة منزلقة (Sliding) تُعلق الألواح الزجاجية على مسارات علوية وسفلية تسمح بحركتها الأفقية أما الفواصل القابلة للطي (Folding) فتتكون من عدة ألواح متصلة بمفصلات وتتحرك على مسار علوي وتُجمع عند فتحها على جانب واحد (EG Movable Wall, 2023).

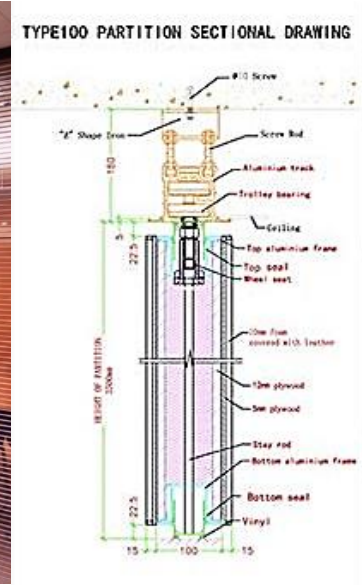


شكل (٨) الفواصل الزجاجية المتحركة وطرق تركيبها

<https://mannleeco.com/everything-to-know-about-pivot-hinges/>

• الفواصل الزجاجية العازلة للصوت: (Acoustic Glass Partitions)

تتطلب تركيباً دقيقاً لضمان عدم وجود فجوات تسمح بتسرب الصوت غالباً ما تستخدم إطارات خاصة وحشوات عازلة للصوت، وتثبت بنفس طرق تركيب الفواصل الثابتة مع اهتمام خاص بإحكام الإغلاق حول الألواح (Prism Glass, nd).



شكل (٩) الفواصل الزجاجية عازلة للصوت

<https://mannleeco.com/everything-to-know-about-pivot->
<https://www.avantisystemsusa.com/acoustic-solutions/inges>

• الفواصل الزجاجية المزخرفة (Decorative Glass Partitions)

يتم تركيبها بنفس طرق تركيب الفواصل الثابتة ويعتمد اختيار طريقة التثبيت على نوع الزجاج (مصنفر، ملون، بنقوش) وحجمه ووزنه بالإضافة إلى التصميم المطلوب (The Architects Diary, 2024).

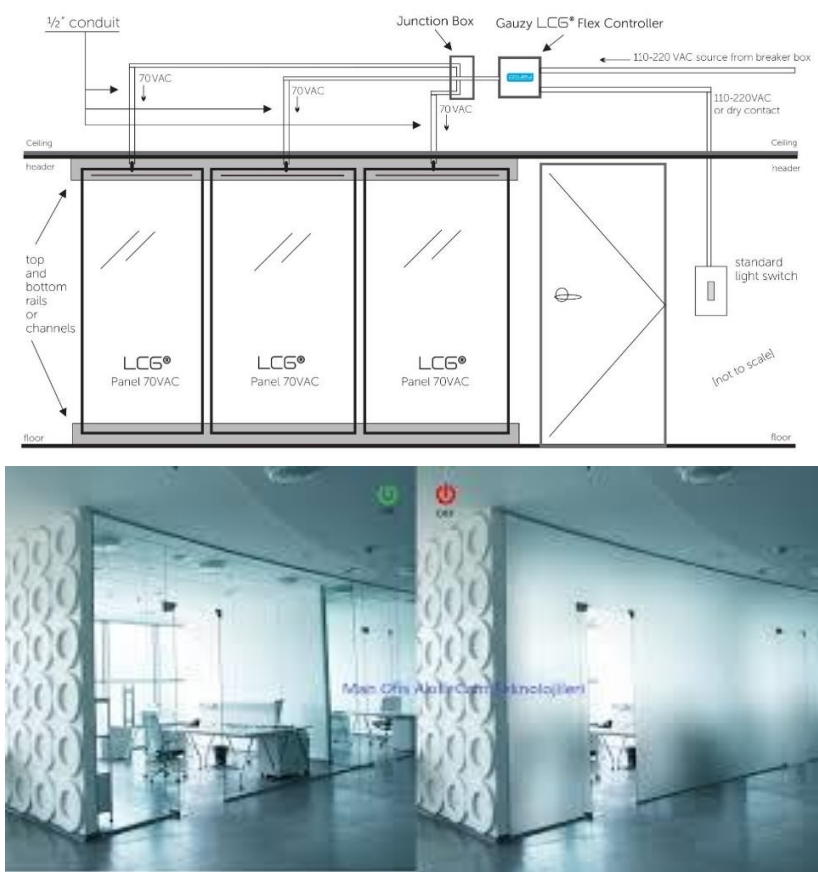


شكل (١٠) الفواصل الزجاجية المزخرفة

<https://www.pinterest.com/pin/69805862968217495>

• الفواصل الزجاجية الذكية: (Smart Glass Partitions)

تتطلب عملية تركيب تتضمن توصيلات كهربائية لتشغيل خاصية تغيير الشفافية يتم تثبيت الألواح الزجاجية الذكية بنفس طرق تركيب الفواصل الثابتة مع إضافة أسلاك مخفية توصل الطاقة إلى طبقة الكريستال السائل أو الفيلم الكهروكرومي داخل الزجاج (AIS Glasxperts, nd).



شكل (١١) الفواصل الزجاجية الذكية وطرق تركيبها

<https://www.gauzy.com/how-to-install-smart-glass-top-points-to-consider-for-glass-installers>

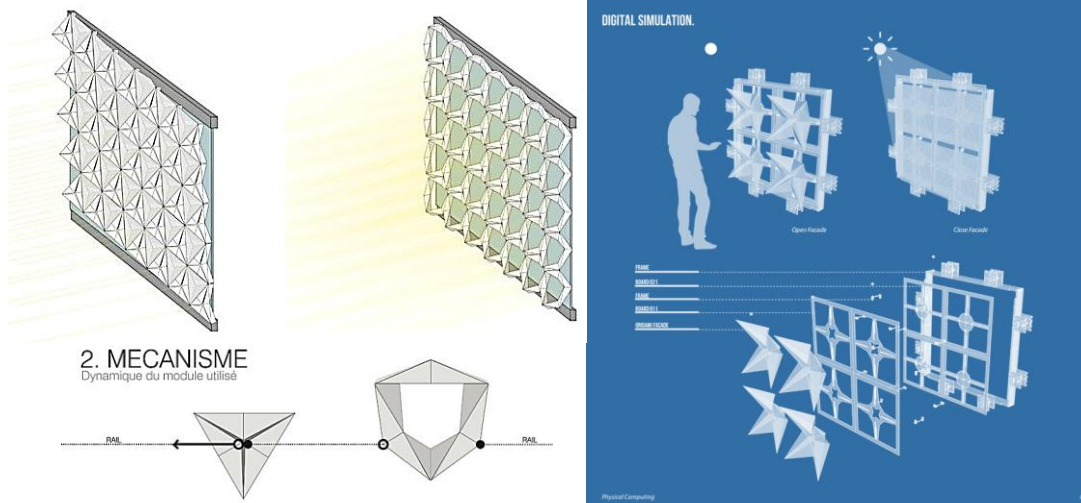
• الفواصل الزجاجية المعيارية: (Modular Glass Partitions)

تعتمد على نظام تجميع وحدات زجاجية قياسية بإطارات خاصة ويتم تركيب هذه الوحدات ببعضها البعض باستخدام أدوات بسيطة وموصلات مخصصة مما يسهل عملية التجميع والتفكيك وإعادة التكوين (Prance Ceiling, 2016).



شكل (١٢) الفواصل الزجاجية معيارية وطرق تركيبها

<https://parametrichouse.com/snapping-facade>



شكل (١٣) الفواصل الزجاجية معيارية وطرق تركيبها

<https://pin.it/36mhgf0Jk>

الذكاء الاصطناعي في التصميم الداخلي التفاعلي كوسيط لتحسين البيئات المعمارية الداخلية

الذكاء الاصطناعي يلعب دورًا متزايد الأهمية في تحسين البيئات المعمارية الداخلي مما يتيح تصميم مساحات أكثر تفاعلية وفعالية ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يكون وسيطًا لتحسين البيئات المعمارية الداخلية كما يلي:

- **تحليل البيانات البيئية:** يقوم الذكاء الاصطناعي بتحليل كميات ضخمة من البيانات البيئية مثل جودة الهواء ومستويات الإضاءة ودرجة الحرارة لتقديم توصيات حول كيفية تحسين البيئة الداخلية مما يساعد في خلق مساحات صحية ومريحة للمستخدمين .
- **التصميم التفاعلي:** تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لإنشاء تصاميم تفاعلية تتكيف مع احتياجات المستخدمين في الوقت الحقيقي على سبيل المثال يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي تعديل الإضاءة ودرجة الحرارة بناءً على تفضيلات المستخدمين وأنماط استخدامهم للمساحة.
- **تحسين استهلاك الطاقة:** يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة من خلال تحليل أنماط الاستخدام وضبط الأنظمة تلقائيًا لتقليل الهدر كما يمكن لأنظمة الذكاء الاصطناعي التحكم في الإضاءة والتدفئة والتبريد بطرق تزيد من الكفاءة وتقلل من استهلاك الطاقة .
- **التصميم المستدام:** يساعد الذكاء الاصطناعي في تحقيق الاستدامة من خلال تقديم حلول تصميمية تقلل من الأثر البيئي يمكن للذكاء الاصطناعي اقتراح مواد بناء مستدامة وتصميمات تقلل من استهلاك الموارد الطبيعية.
- **التفاعل مع المستخدمين:** يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين تجربة المستخدم من خلال توفير واجهات تفاعلية تسهل التواصل مع الأنظمة الداخلية حيث يمكن للمستخدمين التحكم في بيئتهم الداخلية عبر تطبيقات الهواتف الذكية أو الأوامر الصوتية .

استخدام الزجاج في الفواصل الذكية

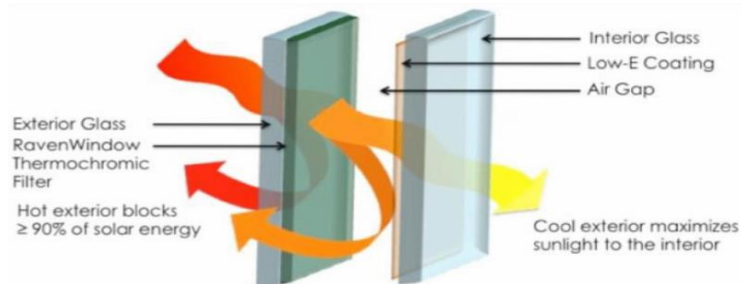
استخدام الزجاج في الفواصل الذكية يعد من الابتكارات الحديثة التي تعزز من كفاءة التصميم الداخلي وتوفر حلولاً عملية وجمالية والزجاج الذكي هو فئة من مواد الزجاج التي تُغيّر خصائص التحكم في الضوء استجابةً لمحفز خارجي ويُعرف أيضاً باسم الزجاج القابل للتبديل.

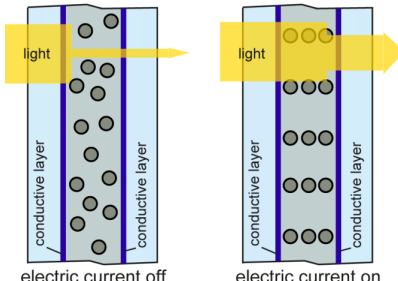
يُعد الزجاج الذكي فئة جديدة نسبياً من الزجاج عالي الأداء يتميز بخصائص تقنية نظيفة يمكن استخدامه في مجموعة واسعة من المنتجات اليومية مثل النوافذ والأبواب وفتحات السقف والجدران وواقيات الشمس وغيرها .

يمكن ضبط الزجاج الذكي يدوياً أو تلقائياً للتحكم في كمية الضوء والوهج والحرارة التي تمر عبر النافذة إذا استخدمنا الزجاج الذكي لتقليل الحاجة إلى تكييف الهواء خلال أشهر الصيف والتدفئة خلال أشهر الشتاء فقد تم تطبيق مصطلح النافذة الذكية على الأنظمة ذات الأسطح التفاعلية أو القابلة للتبديل عادةً ما تمتلك النوافذ الذكية واحدة أو أكثر من الوظائف التالية:

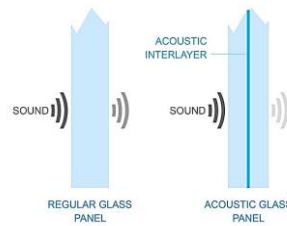
- **التحكم في النفاذية الضوئية:** يُستخدم تعديل في الشفافية للتحكم في الإشعاع الشمسي الساقط، وخاصةً في الأطوال الموجية المرئية والأشعة فوق البنفسجية القريبة تتراوح درجة شفافية النافذة من شبه معتمة إلى شفافة.
- **التحكم في النفاذية الحرارية:** تُشبه هذه الوظيفة ما سبق، ولكن الأطوال الموجية المعنية تمتد إلى منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة من الطيف يمكن تقليل الحرارة المنقولة بالإشعاع إلى أدنى حد في الصيف وزيادة استخدامها إلى أقصى حد في ظروف أخرى.
- **التحكم في الرؤية:** يُعد استخدام المواد القابلة للتبديل للتحكم في الرؤية حالياً أسرع تطبيقات المواد الذكية نمواً في المباني تسمح الألواح الداخلية والقواطع التي تتحول من شفافة إلى شبه شفافة بمرور الضوء.

جدول (٢) يوضح أنواع الزجاج الذكي			
نوع الزجاج الذكي	آلية العمل	المميزات الرئيسية	التطبيقات المحتملة
الزجاج الكهروكرومي (Electrochromic)	يتغير لونه أو شفافيته عند تطبيق جهد كهربائي، مما يؤدي إلى تحكم في امتصاص الضوء ونقله وتعتمد على مواد يتغير لونها بشكل عكسي عند تعرضها لشحنات كهربائية منخفضة الجهد.	تحكم دقيق في الإضاءة والخصوصية، إمكانية التحكم اليدوي أو التلقائي عبر مستشعرات الضوء كفاءة في استخدام الطاقة لتقليل الحاجة إلى التدفئة والتبريد.	النوافذ، المناور واجهات المباني زجاج السيارات، حواجز الخصوصية

 https://imagesappgoogl/AWLn5PBxKYpo34Ng8		
القواطع الداخلية للمكاتب والمنازل والمستشفيات غرف الاجتماعات، أبواب الحمامات شاشات العرض  www.hazemsakeek.com	تبادل فوري بين الشفافية والعامة لتوفير الخصوصية، يستخدم بشكل أساسي في القواطع الداخلية، يمكن دمجه مع أنواع أخرى من الزجاج (مثل الزجاج المقاوم للضغط).	يحتوي على جزيئات بلورية سائلة يتغير ترتيبها عند تطبيق الكهرباء مما يؤثر على نفاذية الضوء ويسمح بالتحكم في الشفافية يشمل نوع الكريستال السائل المشتت بالبوليمر (Polymer Dispersed Liquid Crystal - PDLC) الذي ينتشر الضوء في الحالة المعتمة ويكون شفافاً عند تطبيق الجهد. الزجاج البلوري السائل (Liquid Crystal) (Baig & Khan, 2017)
النوافذ، المناور واجهات المباني في المناطق ذات المناخ الحار	تقليل اكتساب الحرارة الشمسية في الأجواء الحارة توفير الطاقة لتقليل تكاليف التبريد استجابة تلقائية لتغيرات درجة الحرارة.	يغير مستوى شفافيته تبعاً لتغيرات درجة الحرارة حيث يصبح داكناً عند ارتفاع الحرارة لتقليل اكتساب الحرارة الشمسية تعتمد على مواد يتغير لونها عند درجة حرارة معينة. الزجاج الحراري (Thermochromic)
النظارات الشمسية، عدسات الكاميرات، النوافذ (تطبيقات محدودة بسبب الاعتماد على الأشعة فوق البنفسجية)	تعديل تلقائي لنقل الضوء بناءً على شدة الإضاءة الخارجية يوفر حماية من الأشعة فوق البنفسجية	يتفاعل مع الأشعة فوق البنفسجية والمرئية ليصبح معتماً أو شفافاً بناءً على شدة الضوء تعتمد على مواد تمتص الطاقة الإشعاعية الزجاج الفوتوكرومي (Photochromic)

	البنفسجية لا يتطلب طاقة كهربائية للتشغيل .	وتُظهر تغييرًا عكسيًا في اللون.
 indoor Clear indoors midlight Medium degree of gray (brown) on a slightly cloudy day outdoor Dark gray (brown) outdoors https://imagesappgoogl/5tYHLDs6NP4AdAcJ7		
نوافذ الطائرات، المناور المعمارية فتحات سقف السيارات تطبيقات تتطلب تحكمًا سريعًا في الإضاءة والخصوصية	تحكم فوري في كمية الضوء والحرارة المارة، القدرة على تحقيق حالات تعقيم متفاوتة، يمكن أن يظهر بألوان مختلفة في الحالة المعتمة (أزرق، رمادي، أسود).	يحتوي على طبقة رقيقة من جسيمات نانوية معلقة في سائل بين لوحين من الزجاج أو البلاستيك عند تطبيق جهد كهربائي تصطف الجسيمات للسماح بمرور الضوء وعند إيقاف الجهد تنتشر الجسيمات وتحجب الضوء.
 electric current off electric current on https://imagesappgoogl/Hm3fecKbNQiawpyk8		
		الزجاج الذكي المتفاعل (Suspended Particle Device - SPD) (Baig & Khan, 2017)

الخصائص التصميمية للفواصل الزجاجية المعيارية المستخدمة في الأماكن العامة

جدول (٣) يوضح الخصائص التصميمية للفواصل الزجاجية المعيارية المستخدمة في الأماكن العامة		
صورة توضيحية	الخصائص	
	الفواصل الزجاجية تسمح بمرور الضوء الطبيعي، مما يقلل من الحاجة إلى الإضاءة الاصطناعية ويخلق بيئة مشرقة وصحية هذا يجعلها مثالية للأماكن التي تحتاج إلى توزيع متوازن للإضاءة. وهذا لا يوفر الطاقة فحسب بل يُحسّن أيضاً المزاج والإنتاجية في البيئات السكنية والتجارية بالإضافة إلى ذلك تُساعد الفواصل الزجاجية على تقليل الوهج وهي مشكلة شائعة في المباني ذات النوافذ الكبيرة أو المناطق المعرضة لأشعة الشمس المباشرة. من خلال تعديل درجة تعتيمها تُحسّن هذه النوافذ راحة الرؤية وتمنع الانزعاج أو إجهاد العين المرتبط بالوهج مع تقليل الاعتماد على الستائر لحجب الضوء غير المرغوب فيه يُمكن للأفراد الاستمتاع بفوائد الضوء الطبيعي دون مواجهة أي سلبيات.	١ الإضاءة الطبيعية
/https://www.pinterest.com/pin/8373949302351610		
	يُعد الاستقرار الهيكلي تحدياً في الفواصل الزجاجية من خلال امتثالها لقوانين البناء، حيث تُصمم حالياً الفواصل الزجاجية على الرغم من مظهرها الرقيق، لتتحمل الأحمال والضغط الكبيرة تُصنع باستخدام نوع زجاج خاص يسمى الزجاج المُقسّى أو المُصفح، وهو أقوى بمرات عديدة من الزجاج العادي وهذا يضمن قدرة الفواصل على تحمل أحمال الاستخدام اليومي بأمان دون التعرض لأي خطر للكسر.	٢ الاستقرار الهيكلي للفواصل الزجاجية
/https://www.pinterest.com/pin/44965696273819372		
	على الرغم من شفافية الفواصل الزجاجية، إلا أنها توفر مستويات جيدة من العزل الصوتي يمكن اختيار زجاج متخصص لعزل الأصوات بين الأماكن المراد عزلها مما يضمن الخصوصية والراحة في بيئات العمل أو المنازل.	٣ العزل الصوتي

https://www.pinterest.com/pin/594334482110961627/	
	تضفي الفواصل الزجاجية لمسة عصرية على التصميم الداخلي حيث تتماشى مع الاتجاهات المعمارية الحديثة يمكن تصميم الفواصل الزجاجية لتحمل طابعا مميزاً للمكان سواء بقيم تشكيلية أو لونية أو من خلال الإطارات المختلفة سواء معدنية أو خشبية لإضافة لمسات جمالية إضافية كما تتوفر الفواصل الزجاجية بأشكال وأنواع متعددة مثل الفواصل الثابتة المتحركة القابلة للطي وذات الإطارات مما يتيح خيارات تصميمية متنوعة تتناسب مع احتياجات المكان .
https://www.pinterest.com/pin/1337074884538479/	
	تُعد متطلبات السلامة للفواصل الزجاجية بالغة الأهمية حيث يجب أن يكون الزجاج المستخدم عالي الجودة ليتحمل الصدمات دون أن يتحطم في حال انكسار الزجاج يجب أن يتكسر إلى قطع صغيرة حبيبية بدلاً من أن يكون شظايا كبيرة حادة قد تسبب إصابات يتم تحقيق ذلك عادةً باستخدام الزجاج المقسى أو المصفح علاوة على ذلك يجب ألا تُشكّل الفواصل الزجاجية أي خطر يجب تركيبها بإحكام، وألا تحتوي على أجزاء بارزة قد تُسبب حوادث.
https://newdelrayglass.com/how-do-glass-partitions-comply-with-building-codes/	

التكامل بين الفواصل الزجاجية والذكاء الاصطناعي

أصبح الذكاء الاصطناعي (AI) موضوعاً شائعاً للنقاش في العصر الحديث ومع استمرار تطور التكنولوجيا، بدأ الذكاء الاصطناعي يُحدث تأثيراً على مختلف الصناعات وجوانب الحياة اليومية الذكاء الاصطناعي هو مجال دراسي في علوم الحاسوب يُركز على تصميم وتطوير آلات قادرة على تنفيذ مهام تتطلب عادةً ذكاءً بشرياً تشمل هذه المهام التعلم وحل المشكلات وفهم اللغة الطبيعية والتعرف على الكلام والإدراك البصري واتخاذ القرارات.

هناك ثلاثة مبادئ أساسية للذكاء الاصطناعي:

1. الذكاء: صُممت أنظمة الذكاء الاصطناعي لإظهار ذكاء يُشبه ذكاء الإنسان من خلال معالجة البيانات وتحليلها لاتخاذ القرارات أو حل المشكلات المعقدة.

2. القدرة على التكيف: يجب أن تكون أنظمة الذكاء الاصطناعي قادرة على التعلم من التجارب السابقة وتكييف سلوكها وفقاً للتغيرات في بيئتها وهذا يشمل القدرة على إدراك الأنماط والتطور من خلال التجربة على غرار كيفية تعلم البشر من أفعالهم.

3. الاستقلالية: يجب أن تكون أنظمة الذكاء الاصطناعي قادرة على العمل باستقلالية دون الحاجة إلى تدخل بشري مستمر هذا يعني أنها قادرة على أداء المهام واتخاذ القرارات بأقل قدر من الرقابة.

وظائف أنظمة الذكاء الاصطناعي

تعمل أنظمة الذكاء الاصطناعي باستخدام مزيج من الخوارزميات والتعلم الآلي ومجموعات البيانات الضخمة يُمكن التعلم الآلي وهو جانب مهم من الذكاء الاصطناعي أجهزة الكمبيوتر من التعلم من البيانات عن طريق تعديل الخوارزميات بشكل متكرر وتحسين أدائها بمرور الوقت المكونات الرئيسية الثلاثة لوظائف أنظمة الذكاء الاصطناعي هي:

1. الخوارزميات: تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي على الخوارزميات وهي مجموعات من القواعد أو التعليمات التي تُملي كيفية معالجة البيانات تُحدد هذه الخوارزميات كيفية تعلم النظام وتكيفه استجابةً للمعلومات الجديدة.

2. البيانات: تتطلب أنظمة الذكاء الاصطناعي كميات كبيرة من البيانات للتعلم بفعالية باستخدام هذه البيانات يُمكن للنظام التعرف على الأنماط والتنبؤ وتحسين أدائه بمرور الوقت.

3. المعالجة: تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي على معالجات قوية وقدرة حاسوبية لتحليل ومعالجة البيانات والخوارزميات مع ازدياد كمية البيانات تزداد الحاجة إلى قدرات معالجة أسرع وأكثر كفاءة.

من الضروري إدراك أن أنظمة الذكاء الاصطناعي لا تعمل جميعها بنفس الطريقة هناك أنواع مختلفة من نماذج الذكاء الاصطناعي مثل النظام القائم على القواعد والشبكات العصبية والتعلم المعزز والتعلم العميق على سبيل المثال لا الحصر يستخدم كل نموذج مجموعة محددة من التقنيات والاستراتيجيات لإنجاز مهمة أو مجموعة مهام محددة.

جدول (٤) دمج الذكاء الاصطناعي في الفواصل الزجاجية

الذكاء الاصطناعي	التقنيات والحلول المدعومة بالذكاء الاصطناعي	آلية عمل الذكاء الاصطناعي وتأثيره	الفوائد والمزايا
تقنيات الزجاج الذكي	الزجاج الكهروكرومي: تغيير العتامة واللون بالجهد الكهربائي.	استخدام أجهزة الاستشعار والخوارزميات والتعلم الآلي لتحديد درجة التعقيم المثالية بناءً على ضوء الشمس الطقس وتفضيلات المستخدم.	تحكم متقدم في الضوء والحرارة والوهج تعزيز الخصوصية وكفاءة الطاقة.
	الزجاج الحراري: تغيير اللون استجابةً لتغيرات درجة الحرارة.	استخدام بيانات أجهزة الاستشعار وتوقعات الطقس للتنبؤ بضبط خصائص الزجاج لتحقيق أقصى قدر من كفاءة الطاقة وراحة المستخدم.	حجب اكتساب الحرارة الشمسية وتجنب الوهج تلقائياً، كفاءة طاقة وراحة محسنة.

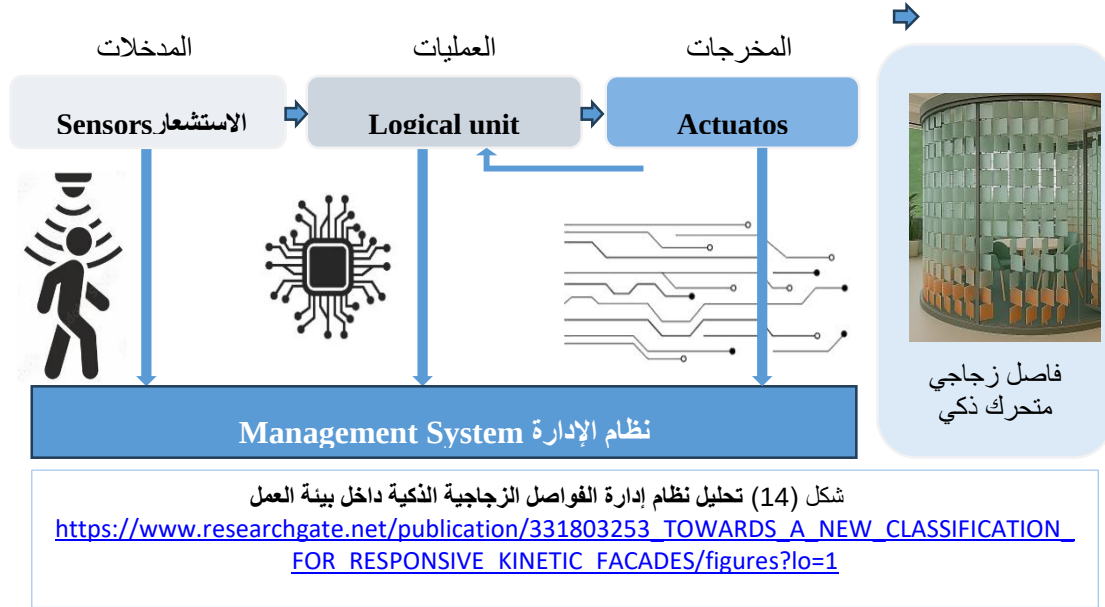
أجهزة الجسيمات المعلقة (SPDs) التحكم في انتقال الضوء والطاقة الشمسية عبر جسيمات تستجيب للمحفزات الكهربائية.	توقع الظروف البيئية المتغيرة والتفاعل معها لتحقيق كفاءة طاقة مثالية وراحة تامة للسكان.	تحكم ديناميكي في الطاقة الشمسية، الحفاظ على ظروف بيئية داخلية مثالية كفاءة وأداء مُحسن.
حلول التظليل الشمسي الآلية	التعلم من البيانات التاريخية والعوامل البيئية في الوقت الفعلي وتكييف الإعدادات تلقائيًا لتوفير المستوى الأمثل للتحكم الشمسي.	تحكم ديناميكي في الطاقة الشمسية، الحفاظ على ظروف بيئية داخلية مثالية كفاءة وأداء مُحسن.
تشخيصات مدعومة بالذكاء الاصطناعي لأداء الفواصل	الكشف عن المشكلات المحتملة (تيارات الهواء التسربات فقدان الحرارة) واقتراح إجراءات علاجية بناءً على المراقبة المستمرة في الوقت الفعلي.	اتخاذ قرارات مدروسة بشأن الصيانة وكفاءة الطاقة خفض تكاليف الطاقة والتأثير البيئي.
الفوائد العامة لدمج الذكاء الاصطناعي في الفواصل الزجاجية	الاستجابة التلقائية للظروف البيئية وتفضيلات المستخدم.	كفاءة الطاقة وتوفير التكاليف: تقليل استهلاك الطاقة لأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بنسبة تصل إلى ٢٠-٣٠%
	التحكم عن بعد عبر لوحات التحكم أو تطبيقات الهواتف الذكية إنشاء جداول ومشاهد مخصصة.	مستوى عالٍ من الراحة الحفاظ على درجة حرارة داخلية ثابتة ومريحة، سهولة التحكم وتخصيص مستويات الإضاءة.
	إمكانية الدمج مع أنظمة أمان المبنى للمراقبة والرصد عن بعد، وتفعيل التعطيم في حالات الطوارئ.	الخصوصية والأمان: الحفاظ على الخصوصية دون التضحية بالضوء الطبيعي، توفير طبقة حماية إضافية (بعض التقنيات مقاومة للكسر).

ثانياً الإطار العملي: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الفواصل الزجاجية المعيارية

يمثل دمج الذكاء الاصطناعي مع الفواصل الزجاجية المعيارية نقلة نوعية في تصميم وإدارة الأماكن العامة، حيث يتيح إمكانيات متقدمة للتحكم البيئي والتفاعلي (Waseef & Nashaat, 2017).

مكونات النظام

أجهزة الاستشعار التي تقرأ المتغيرات البيئية - الوحدة المنطقية تقوم بمعالجة البيانات المجمعة وتشكيل استجابة - المشغلات التي تستجيب للظروف البيئية - نظام إدارة يعمل بتقنية الاتصال السلكي/اللاسلكي ينقل المعلومات بين جميع المكونات.



شرح الفكرة:

يُوظف الذكاء الاصطناعي في الفواصل الزجاجية المعيارية لتعزيز التفاعل الذكي والتكيف الذاتي مع البيئة والمستخدم تعتمد هذه الأنظمة على أجهزة استشعار مدمجة تقيس الإضاءة، الحركة، درجة الحرارة، ومستويات الضوء وترسل البيانات إلى وحدة معالجة ذكية تقوم بتحليلها باستخدام خوارزميات تعلم آلي بناءً على هذه التحليلات تتحكم أنظمة الذكاء الاصطناعي في:

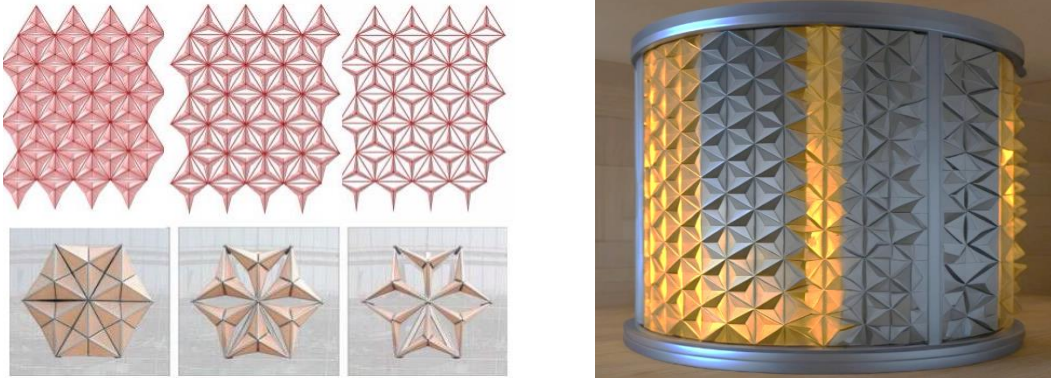
- تعتيم الزجاج (PDLC أو Electrochromic Glass) لتوفير الخصوصية أو تقليل التوهج.
- فتح وإغلاق الفواصل آلياً حسب كثافة الحركة أو الحاجة إلى تقسيم الفراغ.
- ضبط الإضاءة الخلفية أو العرض التفاعلي في الفواصل الذكية المزودة بشاشات.
- الاستجابة الصوتية أو التفاعلية باستخدام الأوامر الصوتية أو الإيماءات.
- تساهم هذه التطبيقات في تحسين كفاءة استخدام المساحات تعزيز الراحة البيئية وخلق بيئة عمل ذكية وتكيفية تتفاعل مع سلوك المستخدم لحظياً .

يمكن استغلال قدرات الذكاء الاصطناعي في عدة جوانب أساسية كما سيتم توضيحه في النقاط التالية:

1. التحكم الذكي في الشفافية والخصوصية:

يمكن تفعيل خاصية تغيير الشفافية في الزجاج الذكي بشكل تلقائي ومستند إلى تحليل البيانات اللحظية بواسطة خوارزميات الذكاء الاصطناعي ويعتمد هذا التحكم الديناميكي على عدة عوامل بما في ذلك عدد الأشخاص المتواجدين في المحيط وتوقيت اليوم (صباحاً، ظهراً، مساءً) ومستوى الإضاءة الطبيعية والصناعية المحيطة بالإضافة إلى طبيعة النشاط الدائر في المساحة (مثل الاستقبال، الاجتماعات، أو مناطق الانتظار) على سبيل المثال كما هو موضح، إذا ارتفع عدد الأشخاص في منطقة الاستقبال بشكل ملحوظ، يمكن لنظام الذكاء الاصطناعي أن يزيد من تعتيم الفواصل الزجاجية لتوفير

مستوى أعلى من الخصوصية للموظفين العاملين خلفها هذا التكامل بين الزجاج الذكي وقدرات التحليل الذكي يساهم في خلق بيئات أكثر تكيفاً مع احتياجات المستخدمين المتغيرة .



شكل (١٥) شرح لأشكال الفواصل معيارية في حالة الغلق والفتح

<https://images.app.goo.gl/7LZ51JoVbgaTPedDA>

فاصل زجاجي ذكي تفاعلي

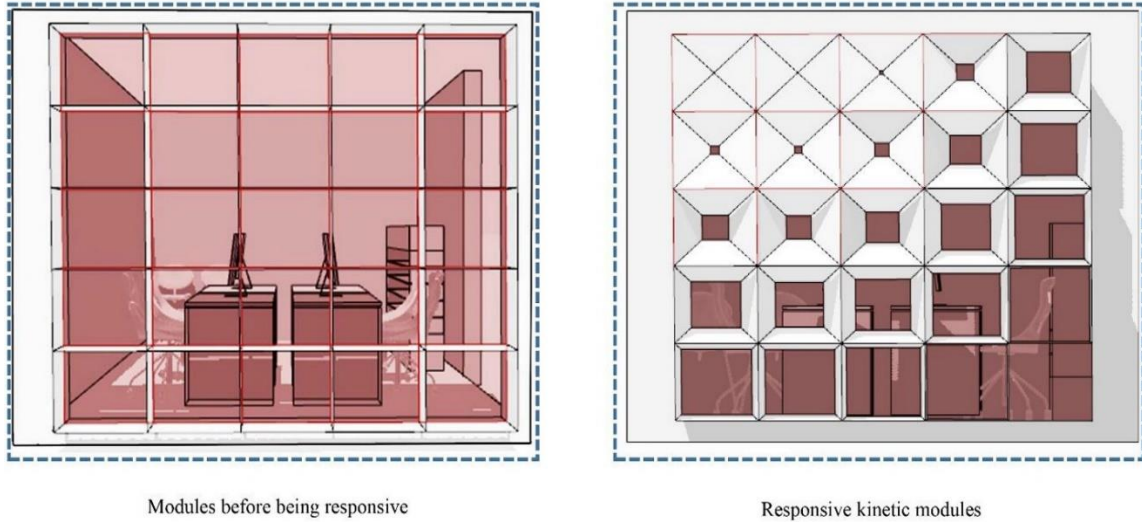
فاصل زجاجي ملون معتم

فاصل زجاجي شفاف



شكل (١٦) مقترح تصميم ١ تم الاستعانة ببرامج AI يوضح مرونة التصميم

<https://images.app.goo.gl/7LZ51JoVbgaTPedDA>



Modules before being responsive

Responsive kinetic modules

شكل (١٧) وحدة المربع في جميع تدرجات الخصوصية

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319301416>

فاصل زجاجي ذكي تفاعلي

فاصل زجاجي ملون معتم

فاصل زجاجي شفاف ذات
وحدات متحركة

شكل (١٨) مقترح تصميم ٢ تم الاستعانة ببرامج AI يوضح مرونة التصميم

<https://images.app.goo.gl/7LZ51JoVbgaTPedDA>

١. تحليل الحركة وتوجيه التدفق البشري:

من خلال دمج حساسات الحركة (Motion Sensors) مع أنظمة الذكاء الاصطناعي يصبح من الممكن تحليل أنماط حركة الأشخاص داخل الفضاء العام حيث تقوم الخوارزميات بتحليل البيانات الواردة لتحديد المسارات الأكثر استخدامًا وأوقات الذروة في الحركة هذه المعلومات القيمة يمكن أن تُستخدم لاتخاذ قرارات ذكية بشأن توزيع الفواصل الزجاجية المعيارية وخاصة في التصميمات المرنة والمتحركة ، على سبيل المثال قد يقترح النظام تلقائيًا تحريك بعض وحدات الفاصل لفتح ممر إضافي خلال ساعات الازدحام الشديدة ، مما يحسن من تدفق الحركة ويقلل من الاكتظاظ ، هذا الاستخدام للذكاء الاصطناعي يساهم في تصميم فراغات أكثر استجابة لاحتياجات التنقل الديناميكية.

2. التحكم الذكي في الصوت والضوضاء:

يمكن تعزيز وظيفة العزل الصوتي للفواصل الزجاجية الذكية باستخدام حساسات لقياس مستويات الضوضاء المحيطة حيث يقوم نظام الذكاء الاصطناعي بتحليل هذه البيانات والتحكم في خصائص العزل الصوتي للوحدات الزجاجية بشكل فعال لتقليل انتقال الضوضاء بين المناطق المختلفة، بالإضافة إلى ذلك يمكن دمج مكبرات صوت موجهة ضمن نظام الفواصل الذكية لتوفير مؤثرات صوتية محددة، مثل تشغيل موسيقى هادئة في مناطق الانتظار خلال فترات الازدحام الطويلة، مما يساهم في خلق بيئة أكثر راحة على سبيل المثال عندما يكتشف النظام ارتفاعاً في مستوى الضوضاء في منطقة معينة فإنه يقوم تلقائياً بتفعيل خاصية العزل الصوتي القصوى في الوحدات الزجاجية المحيطة لضمان بيئة أكثر هدوءاً .

3. الصيانة الاستباقية والتحكم المركزي المتكامل:

يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً هاماً في ضمان كفاءة تشغيل الفواصل الزجاجية المعيارية على المدى الطويل من خلال تتبع بيانات الاستخدام المستمرة وتحليلها، يمكن للنظام التنبؤ بالاحتياجات المحتملة للصيانة أو تنظيف الألواح الزجاجية قبل وقوع أي أعطال علاوة على ذلك يمكن دمج نظام التحكم في الفواصل الزجاجية الذكية بسلسلة مع نظام إدارة المبنى الذكي (Building Management System BMS) لربط وظائف الفواصل بوظائف أخرى مثل الإضاءة والتكييف والأمن على سبيل المثال إذا رصد النظام أن بعض الوحدات الزجاجية لا تستجيب لأوامر التحكم بالسرعة المتوقعة فإنه يرسل تنبيهاً تلقائياً إلى فريق الصيانة لتفقد الوحدة قبل حدوث عطل كامل هذا التكامل يساهم في تحسين كفاءة إدارة المبنى وتقليل تكاليف الصيانة.

يتضح من التحليل أن هناك تكاملاً قوياً ومتبادلاً بين خصائص التصميم المعياري والزجاج الذكي يوفر التصميم المعياري إطاراً مرناً وقابلاً للترقية لدمج مختلف تقنيات الزجاج الذكي مما يسهل تبادل الوحدات وتحديثها بتقنيات محسنة في المقابل يعزز الزجاج الذكي مرونة التصميم المعياري من خلال توفير خصائص وظيفية وجمالية متغيرة ضمن الوحدات القياسية يساهم كلا المفهومين في تحقيق كفاءة أكبر في الإنتاج والاستخدام والصيانة كما يدعمان الاستدامة حيث يسهل التصميم المعياري إعادة التدوير بينما يساهم الزجاج الذكي في كفاءة استهلاك الطاقة.

النتائج

1. يتطلب نجاح التكامل بين التصميم والذكاء الاصطناعي توفر بنية تحتية رقمية داعمة، تشمل الحساسات، وحدات التحكم، وشبكات الاتصال، مما يجعل من التصميم ليس مجرد عنصر مادي، بل جزءاً من نظام ذكي متكامل.
2. أظهرت الدراسة أن اعتماد الوحدات الزجاجية على التصميم المعياري يوفر مرونة تصميمية عالية هذه الوحدات قابلة للتجميع والتكوين بسهولة لتناسب مختلف الاحتياجات والمساحات مما يتيح للمصممين والمهندسين المعماريين إمكانية التكيف السريع مع المتطلبات المتغيرة وإعادة تشكيل الفراغات بكفاءة.
3. التأكيد من خلال استخدام الفواصل الزجاجية المدعومة بالذكاء الاصطناعي يساهم بشكل فعال في توفير الطاقة في المباني بالإضافة إلى تحسين تجربة المستخدم من خلال توفير الراحة والأمان.
4. أظهرت الدراسة أن تصنيع الوحدات الزجاجية المعيارية حسب الطلب يقلل بشكل كبير من إنتاج فائض المواد وبالتالي يقلل من الهدر في عملية التصنيع.
5. أكدت الدراسة أن تعزيز الاستدامة عبر إعادة التدوير من خلال سهولة تفكيك الوحدات الزجاجية المعيارية وإعادة تدوير مكوناتها يقلل من الضغط على الموارد الطبيعية مما يعزز مبادئ الاستدامة في قطاع البناء.

6. تصميم الوحدات الزجاجية المعيارية المدعومة بالذكاء الاصطناعي يحسن من خصائص العزل الحراري والضوئي، مما يساهم بشكل مباشر في تقليل استهلاك الطاقة في المباني.

التوصيات

1. يوصي البحث بضرورة الاستفادة القصوى من التكنولوجيا الحديثة مثل التصنيع الرقمي والطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير وحدات زجاجية معيارية مبتكرة تتميز بكفاءة أعلى وتصميمات متقدمة.
2. تبني الحكومات وضع سياسات محفزة لاعتماد الخامات المستدامة والتقنيات الذكية، بما في ذلك التصميم المعياري في قطاع التصميم الداخلي والبناء والتشييد .
3. نشر الوعي بأهمية التصميم المعياري والاستدامة من خلال إطلاق حملات توعية تستهدف المهنيين والمصممين والعاملين في قطاع البناء والتشييد لتسليط الضوء على أهمية مبادئ التصميم المعياري والاستدامة، وفوائدها البيئية والاقتصادية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال ورش العمل والندوات والمواد التعليمية المتخصصة.

المراجع:

أولا المراجع العربية

1. رشدي عبد الرازق، هند (٢٠٢٤، ديسمبر) منهجيات العمارة الذكية وتأثيرها الإيجابي على القدرة الإنتاجية لشاغلي الفراغات الإدارية(14) Journal of Arts & Humanities, Roshdy Abd Elrazek ,Hend(December,2024) Manhagiat alemara alzakia w tatheraha alegabey leshaghly alfragaat aledaria (14) Journal of Arts & Humanities,
2. ولاء حامد محمد (٢٠٢٠، أكتوبر) التصميم المعياري كمدخل لابتكار وحدات إضاءة زجاجية مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية, عدد خاص. Walaa Hamed Mohamed (October,2020) Altasmeem almiaary k madkhl elbtakar wehdat edaaa zogagia , meglet elmara w elfnon w elolom elensania , adad khas.

ثانيا المراجع الأجنبية

3. AIS Glasxperts (nd) Smart Glass Installation: A Step-by-Step Guide Retrieved from <https://www.glasxperts.com/blog/smart-glass-installation-a-step-by-step-guide/>
4. Baig, H, & Khan, M A (2017) Suspended particle devices (SPDs) for smart windows: A review of materials, fabrication techniques, and applications Journal of Materials Chemistry A, 5(45), 23797-23815.
5. Baldwin, C Y, & Clark, K B (2000) Design rules, volume 1: The power of modularity MIT Press.
6. EG Movable Wall (2023, March 29) Movable partition installation steps / methods Retrieved from <https://www.egmovablewall.com/info/movable-partition-installation-steps-methods-80710518.html>.
7. Granqvist, C G (2007) Electrochromic materials and devices for smart windows Solar Energy Materials and Solar Cells, 91(17), 1529-1535.
8. Jones, A, & Smith, B (2021) Advanced Sensor Technologies for Building Security (Note: If this is a journal article, book chapter, or other type of publication, please provide the source information for a more complete citation).
9. Lee, S H, Lee, K H, & Park, J W (2016) Electrochromic smart windows for energy efficiency Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62, 712-722.

10. надеждин, Б В, & Иванов, А Н (2019) Liquid crystal smart windows: Principles and applications Journal of Physics: Conference Series, 1350(1), 012053.
11. National Glass Partitions (2025, March 14) How to Install a Glass Partition: A Step-by-Step Guide Retrieved from <https://nationalglasspartitionsco.uk/blog/post/how-to-fit-a-glass-partition.html>.
12. National Oceanic and Atmospheric Administration (nd) Understanding Hurricanes (Note: If a specific webpage or document was used, please provide a more specific title if available).
13. Prance Ceiling (2016, November 26) Glass Partition Installation Techniques Retrieved from <https://prancebuilding.com/blog/2016/11/26/glass-partition-installation-techniques/>.
14. Security Industry Association (2023) Integrated Security Systems: Best Practices (Note: If this is a report, guide, or other type of publication, please provide more specific details if available).
15. Shower Door Masters (2024, July 9) What are the Different Types of Glass Partition Walls? Retrieved from <https://showerdoormasters.com/what-are-the-different-types-of-glass-partitions/>.
16. Smith, K, Brown, L, & Davis, M (2022) AI-driven spatial reconfiguration for enhanced pedestrian flow in public spaces Journal of Urban Planning and Development, 148(3), 05022002.
17. STIG Interior (nd) Modular partitions Retrieved from <https://www.uksee/en/modular-partitions>.
18. The Architects Diary (2024, January 8) 15 Innovative Glass Partition Designs That Transform Spaces Retrieved from <https://thearchitectsdiary.com/15-innovative-glass-partition-designs-that-transform-spaces/>.
19. вилисова, А В, & Петров, С И (2012) Photochromic materials for smart windows: A review Glass and Ceramics, 69(5-6), 187-192.
20. Waseef, A, & Nashaat, B (2017, April) Towards a new classification for responsive kinetic facades Paper presented at Memaryat International Conference "MIC 2017", Jeddah, Saudi Arabia.