international DESIGN JOURNAL
Print ISSN 2090-9632
Online ISSN 2090-9640

الاستفادة من المتحكمات الدقيقة في إعداد نماذج أولية ذكية لتصميم واجهة معمارية زجاجية متحركة

Taking advantage of microcontrollers in preparing smart prototypes to design a movable glass architectural facade

إبراهيم محمد طه الخطيب
مدرس بقسم الزجاج، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، Ibmimt82@Gmail.com، ibraheam-elkhateb@du.edu.eg
محمد جمال جارحي سعداوي
مدرس بقسم التصميم الصناعي، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، mohamedelgarhy@du.edu.eg، melgarhy320@gmail.com

ملخص البحث

تعد النماذج الأولية للواجهات المعمارية الزجاجية هي عينات مبكرة تم تصميمها لاختبار مفاهيم محددة قبل تنفيذ الواجهات بشكل نهائي فهي تعد من المراحل النهائية للتصميم وفي ظل الإتجاهات الحديثة في العمارة ومع التيارات والمدارس التي تظهر في العصر الحالي وتعكس التغيرات الاجتماعية والثقافية والتقنية ومع الإتجاهات الحديثة والمتمثلة في العمارة عالية التقنية والعمارة البيئية والعمارة الخضراء والعمارة المستدامة والعمارة الذكية والعمارة ما بعد الحداثة يتجه البحث إلى دراسة كيفية تطوير تلك النماذج الأوليه من نماذج مجسمة ثلاثية الأبعاد جامده خالية من الحركة أو التفاعل مع البيئة إلى نماذج ذكية محاكية للوجهات المعمارية الزجاجية الحديثة وذلك من خلال الإستفاده من المتحكمات الدقيقة والرقائق الإلكترونيه القابله للبرمجه والمحركات الصغيرة والإلكترونيات التفاعليه وغيرها لإعداد نموذج أولي ذكي قابل للحركة والتفاعل لتصميمات واجهات معمارية زجاجية تتناسب مع العصر الحديث ومتطلباته . ولذلك تنقسم الدراسه إلى بعض المحاور الهامه حيث يهتم المحور الأول بدراسة المتحكمات الدقيقة وتحديد قدراتها من خلال التطرق إلى مكوناتها والأجزاء الإضافيه التي يمكن الإستعانه بها في تلك النماذج لتحقيق أكبر قدر من المحاكاة، المحور الثاني دراسة بعض التصميمات المعمارية المتحركة والتي تم تنفيذها في بعض المباني الحديثة ودراسة قدراتها الذكية في التفاعل مع البيئه المحيطة ودراسة، جوانب تلك الحركة أما المحور الثالث يهتم بوضع بعض التصميمات للواجهات المعمارية الزجاجية المتحركة يمكن إعداد نماذج أولية متحركه لها بالإستعانه بالمتحكمات الدقيقة.

نتائج البحث: 1- اسفرت الدراسة عن قيم معرفية بالمتحكمات الدقيقة وامكانياتها وكيفية الإستفادة منها في إعداد نموذج تفاعلي متحرك. 2- توصلت الدراسة إلى بعض الإعتبارات الجمالية والوظيفية للواجهات المعمارية والتي يمكن أن تحققها خامة الزجاج بكفائة عالية منتجه واجهات معمارية متحركة تفاعلية ذكية. 3- توضح الدراسة أنه من الممكن عمل واجهات معمارية زجاجية متحركة تفاعلية حيث أنه لم يسبق وأن تم تحريك الواجهة الزجاجية فهي دائماً ثابتة إلا من بعض النوافذ أو أن يكسوها هيكل متحرك بخامات أخرى. 4- القاء الضوء على أهمية النماذج المتحركة الذكية والتفاعلية في مجال الواجهات المعمارية المتحركة والتي يمكن تحقيقها بالإستعانة بالمتحكمات الدقيقة من خلال لوحة الأردوينو وبعض المستشعرات والإلكترونيات المساعدة. 5- التوصل إلى أفضل نوع زجاج يمكن إستخدامة في الواجهات المعمارية المتحركة وطريقة تثبيته.

كلمات دالة

المتحكمات الدقيقة؛ الأردوينو؛ واجهات معمارية حركية؛ واجهات زجاجية متحركة ؛ نماذج أولية ذكية متحركة
Microcontrollers; Arduino; Kinetic architectural facades; Movable glass facades; Smart prototypes.

Paper received February 22, 2025, Accepted May 02, 2025, Published on line July 1, 2025

المقدمة: Introduction

تعد مرحلة الإخراج لتصميم الواجهات المعمارية هي من المراحل النهائية والهامة لما لها من دور كبير في إبراز التصميم بكل عناصره وأفكاره وإظهار رؤية المصمم في تلك العمل الذي يجمع بين المتطلبات الجمالية والوظيفية والمحافظة على الهوية والقيم البيئية والإجتماعية وغيرها من العناصر الهامه وقد مرت تلك المرحلة بالعديد من التطوير حيث بدأت بالرسومات البسيطه ثم الرسومات الأكثر دقة ذات الطابع المنظوري والألوان والظلال محاكية للشكل النهائي ثم الرسومات الثلاثية الأبعاد بإستخدام الحاسب والذي تفوق عليها في السرعه والدقه واظهار الخامات والملامس بشكل اكثر واقعية ثم تطور الأمر لتصبح نماذج أولية مجسمه بإستخدام العديد من الخامات أو استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد مما أتاح إظهاره بشكل أشبه للحقيقه من جميع الإتجاهات وبخامات تحاكي الخامات الحقيقيه إلا أن التطور الهائل في مجال التكنولوجيا والعماره لم يبقي تلك الوجهات كما كانت جامدة بل أضاف لها روح وجعلها قابله للتفاعل من حيث الحركة والاضائة والتغيير في اللون والشكل وغيرها من الأمور الرائعة التي جعلت منها عمل فني وظيفي تفاعلي يؤثر ويتأثر ولذلك اتجه البحث لتطوير تلك النماذج الأوليه وجعلها نماذج أوليه متحركة تفاعلية وذلك من خلال دراسة بعض العناصر التي تساهم في الوصول لتلك النماذج.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

رغم التطور الكبير في عمل النماذج الأوليه وإستخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد إلا أن تلك النماذج الجامدة لا تعبر بشكل حقيقي عن الواجهات المعمارية الزجاجية التفاعلية ولذلك يجب تطوير النماذج لتصبح متحركة تتفاعل مع البيئه المحيطه لتحقيق أكبر قدر ممكن من المحاكاة . ندرة وجود واجهات معمارية زجاجية حركية حيث تعتمد التصميمات على ثبات الواجهات الزجاجية إلا من بعض النوافذ وترك الحركة لخامات أخرى تتقدمها.

هدف البحث: Research Objectives

تصميم واجهات معمارية زجاجية متحركة يمكن إعداد نماذجها الأولية المتحركة إلكترونياً بشكل تفاعلي ذكي.

أهمية البحث: Research Significance

تكمن أهمية البحث في تصميم واجهات زجاجية متحركة يمكن التحكم من خلال التكنولوجيا المتقدمة حيث أن كافة المباني تستخدم الزجاج كستائر ثابته إلى من بعض النوافذ القابلة للفتح وذلك لملائمة

CITATION Ibraheam Elkhateb, Mohamed Seadawy (2025), Taking advantage of microcontrollers in preparing smart prototypes to design a movable glass architectural facade, International Design Journal, Vol. 15 No. 4, (July 2025) pp 39-54

طقسهم في أجواء البرد القارص أو شديد الحرارة والرياح والأتربة في الأجواء الأخرى، إلى أن هناك أجواء معتدلة التقس يتطلب تحريك تلك الواجهات لتحقيق عنصر التهوية ومن ثم الغلق للحماية من أي تقلبات، كما أن البحث يقوم بدراسة كيفية إعداد نموذج أولي ذكي تفاعلي متحرك لتلك الواجهة لمحاكات الواجهة الزجاجية كمرحلة أخيرة للتصميم قبل الإنتقال لمراحل التنفيذ.

منهج البحث: Research Methodology

المنهج التحليلي والوصفي.

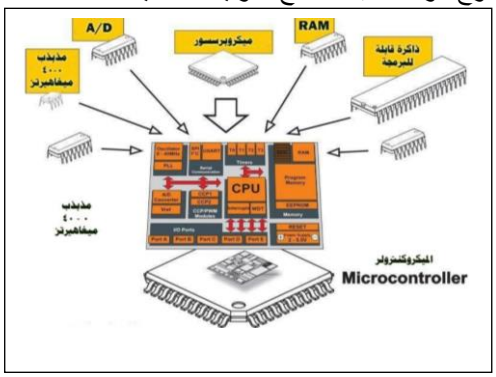
فرضية البحث: Research Hypothesis

بدراسة الواجهات المعمارية المتحركة ذات الخامات المختلفة ودراسة جوانب الحركة لكل منها يمكن تصميم واجهات زجاجية متحركة تحقق الإستدامة من خلال تهوية الفراغ الداخلي وحمايته من العوامل الجوية وذلك بدراسة أنواع الزجاج الملائمة لذلك وجوانب الحركة للواجهة، كما يمكن الإستعانه بالمتحكمات الدقيقة لإعداد نماذج أولية متحركة محاكية لتلك الواجهات من حيث الحركة والتفاعل مع متغيرات البيئة.

الإطار النظري: Theoretical Framework

المتحكمات الدقيقة:

هي أنواع من الحواسيب الصغيرة التي تحتوي على وحدة معالجة مركزية وذاكرات وواجهات اتصال في رقاقة واحدة تستخدم في النظم المدمجة التي تحتاج إلى التحكم في عمليات محددة أو متغيرة، وتعد تلك المتحكمات محاولة ناجحة لتطوير معالجات مبسطة وأكثر ملائمة لأغراض محددة عندما يتطلب الأمر صغر الحجم والتكلفة واستهلاك الطاقة وعوامل مهمة اخرى في حين لا توجد حاجة لقوة معالجة كبيرة ولذلك تم إختيارها كعنصر أساسي في عمل تلك النماذج التفاعليه، كما أنه يوجد متحكم يقوم بأداء واحد لا يمكن تغييره وهناك متحكمات يمكن تغيير أدائها وذلك من خلال برمجتها وهذا النوع هو الأنسب للنماذج الأوليه التفاعلية.



إمكانيات المتحكم الدقيق وتطبيقاته:

تتنوع امكانياتها وتطبيقاتها بشكل كبير حيث أنه يستطيع التحكم في العناصر الإلكترونية أو الدوائرة الإلكترونية كما يشاء بل ويتعامل أيضا مع الجهزة الكهربائيةالمختلفة ومن الأمثلة التطبيقية له التحكم في أجهزة المنزل حيث يمكن المستخدم من التحكم بالمصابيح الكهربائية وأجهزة التبريد وفتح الباب وغلقه عن بعد فعند الضغط على زر معين في اداة التحكم تقوم الدائرة الإلكترونية التي تحتوي على المتحكم بتشغيل او غلق المصابيح او الأجهزه المعنيه بذلك، كما يمكن التحكم بهما في خلال وقت معين فمثلا نحدد وقت معين يقوم فيها المتحكم بتشغيل او غلق او تكرار الفتح والغلق من خلال معطيات راجعه كوصول الحراره لدرجه معينه في اجهزه التبريد او نسبه الأكسوجين في الحضانه او الرطوبه في التربه او الهواء او شده الإضائه وغيرها من المعلومات المتغيرة التي تعمل كمعلومات تتحول إلى اشارات تتحكم بالأجهزة بدقة عالية، كما يمكننا من تصميم خط إنتاج مصنع حيث يتحكم في المواتير الخاصة بالسير وكذلك في الجهزة المختلفة والعمليات الدقيقة بكل سرعة وبدقة متناهية، كما تمكننا من تصميم دائرة تقوم بفتح الباب وغلقه أليا بمجرد الإقتراب والابتعاد عنه، وأيضا بالعد في الأشخاص الزائرين أو في المصانع بعد المنتجات وغيرها، كما يمكن تصميم دوائر للإضائه والصوت كاللتي تستخدم في الأمن والحمايه من السرقات، وهناك العديد والعديد من إستخداماتها في حياتنا اليوميه.

المتحكم القابل للبرمجة:

هي قطعة اليكترونية رقمية صغيرة تقوم بتخزين البرامج ويقوم المتحكم الدقيق بحفظ مجموعة من التعليمات بداخله والتي يكون من السهل التعديل فيها بدل من إعادة تغيير الأسلاك والتوصيلات كما كان متبع قديماً ولكنه لا يمكن إستخدامها مباشرة ولكن يجب إستخدام تلك القطعه الإلكترونيه داخل لوحه الكترونيه تمكننا من البرمجة والإتصال بمصادر التيار او مخارج USB وتوصيل العناصر الأخرى لتنفيذ البرنامج المطلوب وهناك العديد من اللوحات الإلكترونيه ومن أشهرها لوحه الأردوينو.

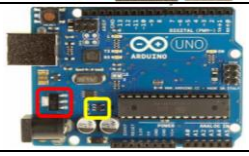
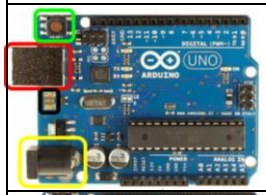
اللوح الإلكتروني القابل للبرمجه (الأردوينو):

هي من أشهر اللوحات الكترونيه التي تهدف لتطبيق الأفكار ذات التحكم الألي والطابع التفاعلي بصورة سهلة وبسيطه وذلك من خلال برمجة المتحكم الدقيق الموجود بها فهي تستخدم فى بناء دوائر الكترونية ذكية وتستطيع التفاعل مع البشر بسهولة ويسر ويمكن لأى فرد استخدامها لعمل مشروعه الخاص دون الحاجه لمعرفه مسبقه بعلم الألكترونيات ودون دراسة تعقيدات الدوائر الألكترونية، وهناك العديد من أنواع لوحات الأردوينو ومنها UNO, Mega, Nano, Mini, Lilypad, Demulive, Boarduino، والتي تختلف فيما بينها من حيث عدد المخارج والمداخل والتي تحدد عدد الأجهزه التي يمكن التحكم بها وعدد الحساسات التي يمكن دمجها مع اللوح وكذلك نوع المتحكم الدقيق وسرعة المعالجة الموجوده بداخله.

شكل يوضح بعض الأنواع المختلفة للوحة أردوينو الإلكترونيه

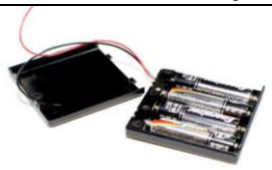
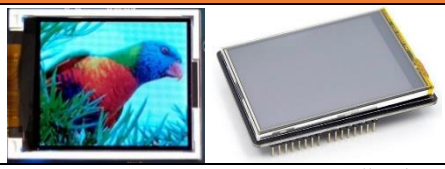
ومن الممكن تناول لوحه الأردوينو اونو كونها تحقق المتطلبات الحركية والتفاعلية في النماذج الأوليه وسوف تقوم الدراسه بالتطرق إلى مكونات تلك اللوحه لمعرفة دور كل منها مما يتيح إستخدامها بشكل مثالي كما تتجه الدراسة أيضا إلى بعض الأجزاء الملحقة التي تساعد على تحقيق الهدف منها كما نقوم بدراسة كيفيه تلك اللوح مع هذه الاجزاء للحصول على الوظيفه المناسبة.

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

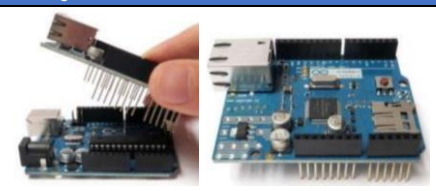
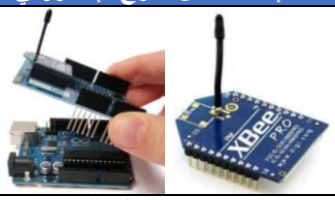
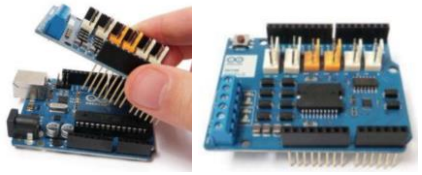
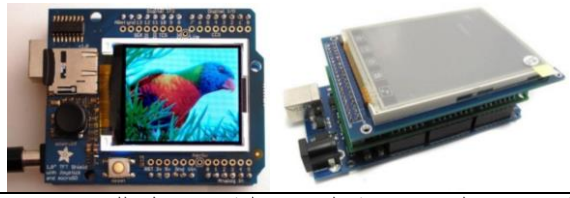
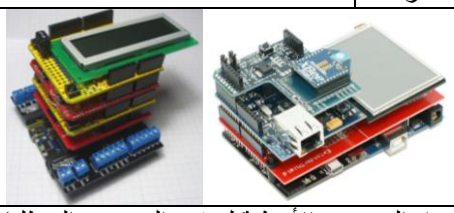
مكونات اللوح الإلكتروني القابل للبرمجه الشامل على المتحكم الدقيق (الأردوينو أونو)			
العنصر	الهدف من وجوده		المكان في اللوح
المتحكم الدقيق الرئيسي	أهم عنصر في اللوحة الإلكترونية حيث يحدد خواصها ومزاياها، عند برمجة اللوح فهو يتم برمجه هذا المتحكم تحديدا مع تنفيذ التغذية الكهربائية على اللوحة يقوم المتحكم بتنفيذ البرنامج المخزن فيه لتعمل اللوحة وفق المطلوب منها		
المتحكم الدقيق الثانوي	لا يمكن للمتحكم الدقيق الرئيسي أن يتبادل البيانات مع الحاسب من خلال USB ولذلك تم اضافه متحكم أخر يحتوي في بنيته الداخلية على وحده إتصال تسلسلية USB		
منظم جهد	تعمل اللوحه بمنظم جهد +5V لذلك تحتاج لمنظم جهد +5V عند تغذيتها كهربائيا من منبع خارجي	+5V	
	توفر اللوحه أيضا جهد مقداره 3.3V يمكن أن يستخدم من دارات أخرى	3.3V	
ثنائيات ضوئية	عند الإضاءه يشير إلى تطبيق جهد كهربي +5V على اللوحة وتصبح جاهزة للعمل	ON	
	وهو متصل بالمخرج الرقمي 13 عند الإضاءه يشير إلى تطبيق جهد كهربي +5V على هذا المخرج	L	
	تومضان عند انتقال البيانات من الحاسب خلال USB إلى المتحكم الدقيق	RX TX	
منفذ USB	وله عده إستخدات وهي برمجة اللوح وتبادل البيانات مع الحاسب وتغذية اللوح بجهد +5V		
مقبس طاقة	وفيه يمكن مد اللوح بجهد خارجي يوصى أن يكون من 7Vالى 12V		
زر إعادة التشغيل	يعمل على إعادة تشغيل اللوحه لتنفيذ الأوامر من جديد		
دائرة متكاملة	وهي بمثابة مكبر عمليات يستخدم كمقارن جهدي لإختيار تغذية اللوحه من منفذ USB او منفذ Vin وعازل ما بين المخرج 13 والثنائي الضوئي L		
منفذ برمجي تسلسلي	يوجد طريقة أخرى للبرمجه من خلال منفذ ICSP وتحتوي اللوحه على إثنان إحداهما لبرمجة المتحكم الدقيق الرئيسي باللون الأحمر والأخر لبرمجة المتحكم الدقيق الثانوي باللون وهما يمكنان اللوح من البرمجه خارجياً أومن خلال لوح أردوينو أخر.		
منافذ الإستطاعة	يمكن من خلاله تطبيق مصدر تغذية خارجي للوحة بدلا من منفذ USB	VIN	
	أرضي لوحة الأردوينو ويوجد منه منفذين يمكن الإستفاده منه عند وصل اللوحه مع دارات أخرى	GND	
	تعطي لوحة الأردويني من خلال هذا المخرج جهداً مقداره +5V يمكن استخدامه لتغذيه الدارات الخارجية المربوطه مع اللوح	+5V	
	تعطي لوحة الأردويني من خلال هذا المخرج جهداً مقداره 3.3V يمكن استخدامه لتغذيه الدارات الخارجية المربوطه مع اللوح	3.3V	
	من خلاله يمكن اعادة تشغيل اللوحه كبديل لزر إعاده التشغيل	RESET	
	يقدم هذا المنفذ الجهد المرجعي الذي يعمل فيه المتحكم الدقيق	IOREF	
منافذ دخل تشابهية	تسمح هذه المنافذ بإدخال إشارات تشابهية والتي تنتج عادة عن الحساسات التشابهية ومكونه من 6 منافذ هما (A0, A1, A2, A3, A4, A5,)		

مكونات اللوح الإلكتروني القابل للبرمجه الشامل على المتحكم الدقيق (الأردوينو أونو)		
العنصر	الهدف من وجوده	المكان في اللوح
منافذ دخل وخرج رقمية	تحتوي على مجموعه منافذ منها 14 منفذ يعملوا كمداخل ومخارج رقميه للوحة وهي مرقمه من 0 إلى 13 كما أن المنافذ ذات الأرقام (3 و5 و6 و9 و10 و11) تناظريه فيمكن لكل منها توليد إشاره تعديل عرض النبضه، كما يوجد منفذ GND أرضي وايضا منفذ AREF للجهد المرجعي كما يوجد مخرجان SCL, SDA يعملان جواجهة اتصال	

لكي لنتمكن من تحقيق الهدف من تلك اللوحه والحصول على الوظيفه المطلوبه منها في النماذج التفاعلية للوجهات المعمارية الزجاجية يجب الإستعانه ببعض الأدوات المساعدة وهي كالتالي:

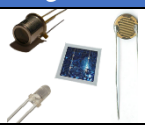
الأدوات المساعده للإستفاده من اللوح الإلكتروني القابل للبرمجة			
أولاً مصادر دعم الطاقة			
يتم توصيل اللوح الإلكتروني بمصدر طاقة كهربائية اللازمة لإتمام المهام المطلوبه منها			
			
الدعم من خلال منفذ USB عن طريق الإتصال بجهاز الحاسوب الشخصي	إستخدام محول كهرباء AC/DC لمد اللوح بالقدر المناسب من الطاقة	استخدام 4 بطاريات جافة 1.5 فولت للبطارية الواحدة	استخدام بطارية جافة واحدة قدرة 9 فولت
ثانيا: الإلكترونيات مساعدة			
هي مجموعه من الأسلاك والمقاومات ومصابيح البيان ولوحة تجارب والمفاتيح والريليهات اللازمة للتوصيل وتشغيل الأجزاء الإلكترونية الإضافية للوح من (محركات ومستشعرات وشاشات وغيرها).			
لوحه تجارب	مصابيح LED	مقاومات متنوعه	اسلاك توصيل	مفاتيح ريليهات
ثالثا: المحركات الصغيرة			
محرك سيرفو وهو محرك دائري يمكن تحريكه بأي زاويه بحد اقصى 360 درجه ثم العوده مرة اخرى ويستخدم عادة في الفتح والغلق او اصدار حركة وحركة معاكسة.		محركات متنوعه الحجم والقدره من حيث عدد السرعه والقوة(اللفات في الدقيقه) وهي دائمه الدوران وفي اي من الإتجاهين بخلاف محركات السيرفو لا نزيد عن لفه واحده.	
رابعاً: شاشات عرض			
			
هي شاشات تعمل كمخرجات لإظهار بعض البيانات او الكلمات		هي شاشات تعمل باللمس وهي بمثابه مدخلات ومخرجات	
خامساً: لوحة إدخال الأرقام والحروف			
وهي لوحات إدخال أرقام او حروف او رموز وهي متعددة الأشكال كما يوجد لوحات مرنه للتوظيف وفقاً لشكل التصميم.			
سادساً: أغطية للوحه الإلكترونيه			
تعمل أغطية اللوحه بنفس فكرة كروت الجهاز الحاسوب الشخصي حيث لتوصيل اللوحه بشبكة الإنترنت يتم تثبيت غطاء فوق اللوحه للقيام بتلك المهمه وهناك العديد من الأنواع التي تختلف فيما بينها من حيث الوظيفة			

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

الأدوات المساعده للإستفاده من اللوح الإلكتروني القابل للبرمجة		
		
غطاء يمكن من توصيل اللوح بالحاسب وبشبكة الإنترنت من خلال وصلة خاصة ويساعد في التحكم باللوحة من خلال الحاسب الألي.	غطاء يمكن من توصيل اللوح بشبكة الإنترنت بدون أسلاك والتحكم من خلال نطاق يصل إلى 100 متر.	غطاء يمكن من توصيل اللوح بمجموعه من المحركات الصغيره
		
غطاء يستخدم لتوفير شاشة ملونه تفاعلية من خلال اللمس		يمكن استخدام العديد من الأغطية لتحقيق العديد من المتطلبات

سابعاً: المستشعرات

هو جهاز حساس او هو أداة استشعار تعمل على كشف الحالة الفيزيائية المحيطية وهناك العديد من الأنواع التي تحقق كل منها حدف محدد ومن تلك المستشعرات التالي:

المستشعر	الوظيفة	طريقة العمل	الشكل
المستشعر الضوئي	تستشعر الضوء وتحوله إلى إشارات كهربائية	عندما يتعرض الديود الضوئي او الخلايا الضوئية للضوء، يتم إنتاج تيار كهربائي يتناسب مع كمية الضوء الساقط عليه	
المستشعر الصوتي	حساسات التي تعمل على استشعار الصوت	يصنع مستشعر الصوت من طبقتين يحدث بينهما اهتزاز يعمل على توليد تيار كهربائي	
مستشعر المسافة بالأشعة تحت الحمراء	يستخدم لقياس المسافة بينه وبين جسم معين	يعمل عن طريق إرسال إشارة وعندما ترتد هذه الإشارة من الجسم، يتم حساب المسافة بناءً على الوقت المستغرق لعودة الإشارة	
مستشعر المسافة بالموجات الصوتية	يستخدم لقياس المسافة بينه وبين جسم معين	يعمل عن طريق إرسال موجات وعندما ترتد هذه الإشارة من الجسم، يتم حساب المسافة بناءً على الوقت المستغرق لعودة الإشارة	
مستشعر درجة الحرارة والرطوبة	يُستخدم لقياس درجة الحرارة والرطوبة في البيئة المحيطة	يعمل عن طريق إرسال إشارة لتحديد درجة الحرارة والرطوبه بدقة عالية	
مستشعر الحركة	يكشف عن الحركة في منطقة معينة	يعتمد في عمله على كشف الأشعة تحت الحمراء الصادرة عن الأجسام المتحركة	
مستشعر القرب	يحدد اقتراب جسم على بعد مسافة محددة	عند اختراق جسم ما الحيز المحدد يعمل المستشعر على إرسال تيار كهربي	
مستشعر الغاز	يكشف عن وجود الغازات المختلفة في البيئة المحيطة	يستخدم في أنظمة الكشف عن الحرائق والتسربات الغازية بإصدار إشارات عند الإستشعار بالغازات او الحرائق	
مستشعر الضغط الجوي	يُستخدم لقياس الضغط الجوي والارتفاع	يعمل عن طريق قياس الضغط الجوي وتحويله إلى بيانات رقمية يمكن قراءتها ومعالجتها	

المباني الحركية:

لقد عرفت العمارة الحركية معماريا على أنها: المباني ذات العناصر المتغيرة في الموقع أو الشكل الهندسي، معتمدة في ذلك على أنظمة ميكانيكية، ومن هذا التعريف يمكن توصيف الأنظمة الحركية على أنها أنظمة ميكانيكية تستخدم في تصميم المباني لتكون قادرة على تحريك أجزاء من المبنى دون التأثير على سلامة الهيكل ككل، بغرض الاستجابة للظروف البيئية، أو تعزيز الصفات الجمالية للمبنى، أو أداء مهام آخري غير متاحة بالأنظمة الثابتة للمباني، كما تُحقق المباني المتحركة تكامل تقني جمالي، بسبب التغير الشكلي. إذ يؤدي هذا التغيير إلى تسلم قراءات صورية مختلفة تساعد على تفاعل المتلقي أو المستخدم مع هذه الأبنية مما يؤثر بصورة جديدة على المجتمع لأنها تقدم نظرة مختلفة عن العمارة.

كما أن المباني الحركية هي نوع من المباني المتميزة بحركتها التي مزجت بين الميكانيكية الحركية والتقنية المتطورة في الوقت العصر الحديث، وقد عبرت هذه الأنظمة عن أثر التغير الفكري الناتج عن عصر التكنولوجيا، فبعد أن كانت العمارة موضعاً للثبات والاستقرار الشكلي أصبحت متحركة ومتغيرة الشكل، وأصبح من السهل أن يتحرك المبنى بأكمله أو جزء منه حول محور دوران واحد أو أكثر. حيث تُستخدم هذه الأبنية ذات الأنظمة الحركية وفقاً لثلاثة جوانب أساسية.

الجوانب الأساسية للحركة في واجهات المباني المعمارية

الجانب الوظيفي للحركة	الجانب التعبيري والجمالي	الجانب الميكانيكي للحركة
أن يُوصل التصميم المتحرك الرسالة والغرض المصمم من اجله، بما يلبي الحاجة العملية للمستخدمين.	أن يكون المبنى ذو الغلاف المتحرك من الأعمال التي تجذب الانتباه من خلال حركته وتغير شكله، وأن يؤدي دوره التعبيري في تنظيم عناصره بحسب حركة كل عنصر.	يُشتق الجانب الميكانيكي للحركة أما من الحركة الطبيعية أو من ابتكارات المصمم وهي تعتمد على النظم الميكانيكية والهيدروليكية لتحقيق آلية الحركة المطلوبة

أنواع الحركة بالمباني :

قد تكون الحركة للمبنى ككل أوكل طابق يتحرك بإتجاه بهدف التفاعل مع حركة الشمس أوالرياح مثلاً، وقد تكون الحركة لبعض العناصر المعمارية كغلاف المبنى مثلاً, وقد تكون لجزء من أجزاء المبنى كالفتحات أوالأسقف، أوتكون الحركة بالإضاءة متفاعلة مع مؤثر خارجي أو داخلي.

الوظائف الأساسية لحركة الواجهات في المباني:

تعمل الأنظمة الحركية في غلاف المبنى كوسيط بيئي يسعى إلى السيطرة على أربعة متغيرات رئيسية تدعم تطبيق مبادئ العمارة الخضراء بشكل كبير وتشمل: التحكم الحراري الشمسي، التحكم في ضوء النهار، والتحكم في التهوية، توليد الطاقة.

التحكم بالحركة في واجهات المباني:

التحكم فى الحركة هى وظيفة لملائمة وإستجابة المبنى للاحتياجات المتغيرة، ويعد التحكم فى الحركة أمر أساسى للمسائل المتعلقة بأساليب التصميم والإنشاء والقدرة التشغيلية والصيانة بالإضافة إلى المسائل المتعلقة بالتفاعل مع الإنسان والبيئى .

أنواع التحركات المختلفة في واجهات المباني:

تنقسم الحركاة في واجهات المباني الى 3 انواع من الحركات الرئيسية وهما:

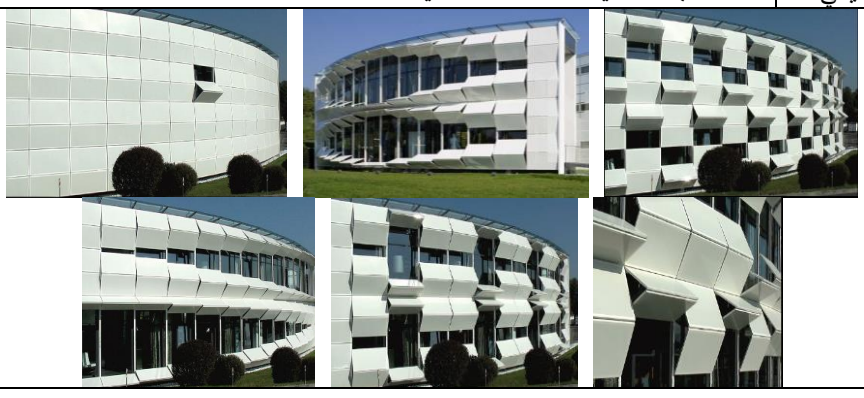
الحركة الإنتقالية :هي حركة عنصر على مسار مستو منتظم.

الحركة الدورانية :هي حركة العنصر حول محور.

التحجيم :هو التغيير في كتلة الجسم عن طريق التوسع أو الإنكماش.

وتهتم تلك الدراسة بالواجهات المعمارية المتحركة للمباني والتي تتميزبتأثيرها البصري القوي والمؤثرحيث تضفي تصميماتها على المبنى أهميته وخصوصيته، حيث أنها مع تطور الزمن قد تجاوزت كونها غلافاً للمبنى، وأصبحت تستجيب للتغيرات المناخية والتقنية وللتغيرات في ضوء الشمس وشدة الرياح، وتعد الواجهات المتحركة للمباني وهي تقنية مبتكرة تستخدم الأجهزة المتقدمة لتغيير مظهر الواجهة الخارجية للمبنى بطرق مختلفة حيث يمكن أن تتحرك الواجهات بشكل دوري أو بناءً على تغييرات في البيئة المحيطة مثل الضوء أو الحرارة والأمطار والرياح وغيرهم، كما أن هذه التقنية تستخدم غالبًا في العمارة الحديثة لإضفاء لمسة فنية وتفاعلية على المباني، وقد شهدت الأعوام الماضية ظهوراً واضحاً للواجهات المتحركة.

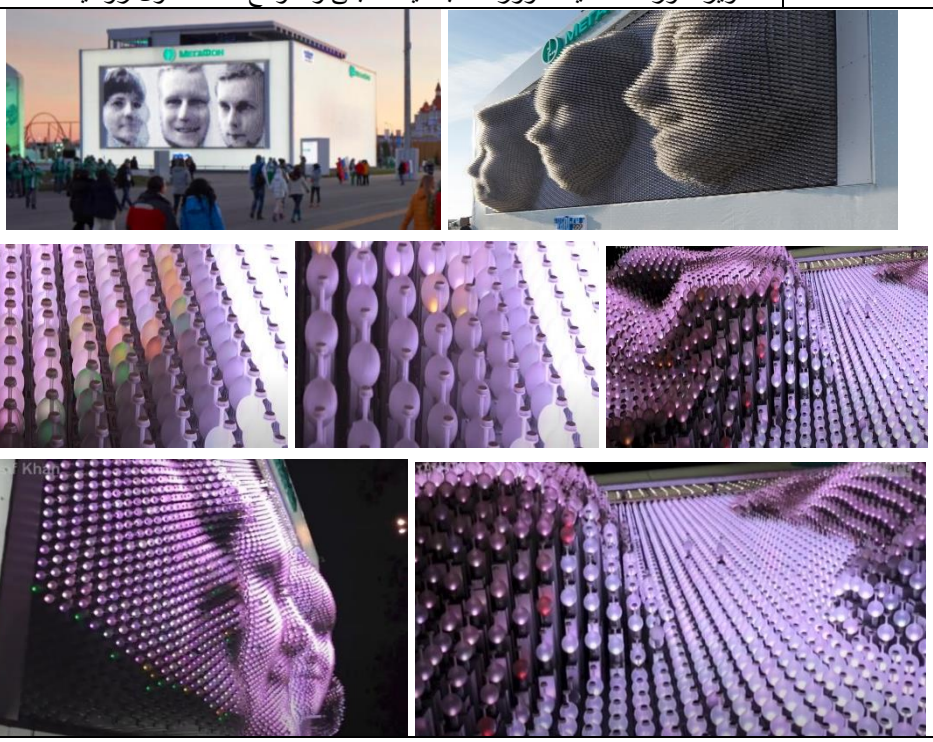
قبل البدء في وضع تصميمات الواجهات المعماريه الزجاجيه المتحركه يجب دراسة بعض الواجهات المعمارية المتحركة الحديثة ذات الخامات المختلفه للاستفادة منها والاضافة عليها لعمل تصميمات ذات طابع ابتكاري تفاعلي يؤثر ويتاثر مع البيئه المحيطه له.

النموذج الأول لواجهات المباني المتحركة		
التعريف بالمبنى	معرض كيف التقني (Kiefer Technic Showroom) - النمسا -2007م.	
المصمم	إرنست جيزلبريشت وبارتنر Ernst Gieselbrecht & Partner	
وصف المبنى والواجهة	مبنى مكاتب ومساحة عرض بواجهة ديناميكية تتغير إلى الظروف الخارجية ، مما يحسن المناخ الداخلي ، مع السماح للمستخدمين بتخصيص مساحاتهم الخاصة باستخدام عناصر تحكم المستخدم. يتكون بناء الواجهة من جدران من الطوب الصلب وأسقف وأرضيات خرسانية مسلحة وأعمدة خرسانية مغطاة بالصلب. تتكون الواجهة من أعمدة ورافعات من الألومنيوم مع جسور بارزة للصيانة مع واجهة من الجص الأبيض. يعمل واقي الشمس على مصاريع إلكترونية لألواح الألمنيوم الفعالة.	
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	إضافة قيمة جمالية للبيئه المحيطة بالمبنى حيث التلاعب بتحريك تلك الألواح يكسر الشعور بالملل في ثبوت شكل الواجهه وإضافة قيم نحتية بارزة لها.
	الجانب الوظيفي	تساعد تلك الحركه في هذه الواجهة بالتحكم في كمية الإضائة النافذة للمساحات الداخلية للمباني كما يمكن الحصول على ظلال منها عند تحريكها بزوايا معينه محدثة إنكسار لأشعة الشمس الساقطه عليه كما أن لها دور كبير في توفير الطاقة داخل المبنى.
	الجانب الميكانيكي	نوع الحركة منزلقة يتحرك العنصروهو شكل من مربعين يتحركوا حركه انزلاقية للأعلى مما يؤدي إلى طي تلك المربعات حتي التطابق أو الإنزلاق للأسفل حتى الإستواء
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة		

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

النموذج الثاني لواجهات المباني المتحركة		
التعريف بالمبنى	المبنى الجديد لمتحف Milwaukee للفنون - ويسكنسون Wisconsin ، الولايات المتحدة- 2001	
المصمم	المعماري سانتياغو كالترافا	
وصف المبنى والواجهة	يمتاز هذا المبنى الصرحي بإطلالة بانورامية على بحيرة ميتشغان، ولذلك تم تصميم المبنى ليشبه شكل السفينه متماثل من الجانبين تم بناؤه من من الفولاذ والخرسانه مع وجود مساحات من الزجاج ويرتبط هذا المبنى بهيكل حركي يفتح ويغلق اليا ليبدو كجناحي طائر كبير مما يجعل من هذا المبنى نقطه علام وجذب للمدينه	
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	إضافة قيمة جمالية للبيئه المحيطة بالمبنى حيث التلاعب بتحريك تلك الهيكل واللذي يبدو كجناح طائر عملاق يحنو وضم ويظل على المبنى بحركات رائعه مستوحاه من الطبيعه والبيئه المحيطه من حيث السفينه وجناح الطائر اللذي يعلوه
	الجانب الوظيفي	يساعد هذا الهيكل المتحرك على تخفيف مقدار الحراره المكتسبه داخل المبنى عبر تشتيت اشعه الشمس من خلال سلسله من القواطع المعدنيه التي تفتح وتغلق اليا
	الجانب الميكانيكي	تتحرك أذرع الهيكل المترابطة معاً بشكل محوري واحدة تلو الأخرى في شكل انسيابي متصل لتحاكي حركة جناح الطيور وهي حركه مستوحاه من الطبيعة
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة		

النموذج الثالث لواجهات المباني المتحركة		
التعريف بالمبنى	معرض الحديقة الأولمبية سوشي، روسيا - 2014	
المصمم	المعماري اللندني آصيف خان ونفذتها شركة iart	
وصف المبنى والواجهة	واجهة عصرية تجمع بين الابتكارات التقنية والنحت والعمارة وهي أشبه بلوح من الدبابيس، قادرة على الحركة. أبعاد الواجهة 18× 8م وتتألف من 11000 اسطوانة متداخلة يمكن التحكم بكل منها بشكل متفضل وتحمل كل منها براسها كرة نصف شفافة تحوى مصباح LED متغير الإضاءة، ويشكل كل منها نقطة بيكسل (pixel) مكونا الشكل المراد تجسيده بشكل ثلاثي الأبعاد .	
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	إضافة قيمة جمالية للمكان حيث تتجسد الواجهة وفق الأبعاد الثلاثة لتحاكي الوجوه البشرية فهي تعرض الصور الذاتية لزوار المبنى والمشجعين الرياضيين حول روسيا، وتعرض على الواجهة ثلاثة وجوه في آن واحد بارتفاع ثمانية أمتار وبنسبة تكبير تبلغ 3500% ، وتتغير الوجوه كل دقيقة، وتعتبر البديل الحديث لأسلوب الناس في تخليد ذكرياتهم.
	الجانب الوظيفي	لا تؤثر تلك الوظيفة على المبنى الداخلي ولكنه يعمل على خلق نوع من التفاعل والتواصل والربط بين المبنى والزائرين مما يزيد من قيمة المبنى لدى الزائرين

النموذج الثالث لواجهات المباني المتحركة		
	الجانب الميكانيكي	حركة منزلقة للكرات بشكل عمودي على واجهة المبنى تتحرك هذه النقاط التي تحتوي على كره نصف شفافة داخلها إضائه حركة أفقياً بعيداً عن الواجهة مسافة معينة تصل حتى المترين تبعاً لدورها بالتكوين ثلاثي الأبعاد كما يتغير لونها وفق الصورة التي يتم عرضها. وتنتقل الصور للواجهة المتحركة من خلال ماسحات الصور ثلاثية الأبعاد تتواجد بأكشاك تصوير طورت خصيصاً ووزعت بمحيط المبنى والمواقع العامة حول روسيا
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة		

النموذج الرابع لواجهات المباني المتحركة		
التعريف بالمبنى	جامعة جنوب الدنمارك كولدينغ -ا لدنمارك- 2015م	
المصمم	المعماري هينينج لارسن	
وصف المبنى والواجهة	الواجهة هي جزء لا يتجزأ من المبنى ومعا يخلقون تعبيرا فريدا ومتغيرا. يتغير ضوء النهار ويختلف على مدار اليوم والسنة. وبالتالي ، تم تجهيز Kolding Campus بتظليل شمسي ديناميكي ، والذي يتكيف مع الظروف المناخية المحددة وأنماط المستخدم حيث يتكون نظام التظليل الشمسي من حوالي 1,600 مصراع مثلث من الفولاذ المثقب.	
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	توفر الواجهة المتحركة للمبنى مظهرا معبرا للغاية من خلال الثقوب المتواجدة في الألواح الفولاذية المثلثة الشكل والتي تظهر بشكل مسطح على طول الواجهة عند غلقها وأيضاً تظهر بمظهر مميز ذو طابع ثلاثي الأبعاد عند تحريكها وفتحها بالإضافة لوجود بعض الألوان المميزة لها
	الجانب الوظيفي	تسمح الواجهة بالتكيف مع ضوء النهار المتغير والتدفق المطلوب للضوء عند غلقها وفتحها كلياً او جزئياً مما ينعكس على استهلاك الطاقة ليصبح استهلاك الطاقة 36 كيلو واط ساعة / م 2 / سنة، كما تضمن التوزيع العادل لضوء النهار ويوفر ضوء النهار الأمثل ومساحات مناخية داخلية مريحة على طول الواجهة
	الجانب الميكانيكي	حركة محورية للألواح تصل إلى التطابق بين الواجهة عند فتحهم بشكل كامل تم تجهيز الألواح لتتحرك من الغلق التام او الفتح بشكل جزئي او الفتح الكامل أو العكس وفقاً لنظام التظليل الشمسي بأجهزة استشعار تقيس باستمرار مستويات الضوء والحرارة وتنظم المصاريع ميكانيكياً عن طريق محركات صغيرة .

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

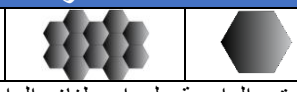
النموذج الرابع لواجهات المباني المتحركة	
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة	

النموذج الخامس لواجهات المباني المتحركة		
التعريف بالمبنى	معرض إكسبو 2012 - مدينة يوسو في كوريا الجنوبية– 2012م	
المصمم	Architect :soma ZT GmbH	
وصف المبنى والواجهة	يتبنى باستمرار موضوع "المحيط والساحل". من أجل المساهمة في إيجاد مستقبل أكثر إشراقا للبشرية من خلال تسليط الضوء على أهمية تحقيق الازدهار المشترك لكل من البحر والبشر وتقديم رؤية لبناء اقتصاد أخضر يحافظ على الحياة في المحيط من خلال التكنولوجيات النظيفة. وتتألف واجهته الخارجية من سطوح منحنية وتتداخل هذه السطوح مع سلسلة متعرجة من جذوع المخاريط المصمتة والتي تطل على البحر مباشرة، وما يميز هذا المبنى واجهة الدخول الرئيسية التي تحتوي على سلسلة متناغمة من الصفائح الرقيقة التي تتباين في ارتفاعها والقابله للفتح والغلق.	
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	تعتبر مشاهدة الحركة لتلك الواجهة تجربة عاطفية مليئة بالإحساس والإثارة ليشكل المبنى نقطة علام للمدينة منسجماً مع النسيج العمراني والبيئة المحيطين به
	الجانب الوظيفي	تستخدم الصفائح المتحركة للتحكم بمقدار الأشعة الشمسية الداخلة للمبنى من خلال الفتح والغلق، كما تلعب دور في التهوية حيث تجدد الهواء الداخلي للمبنى.
	الجانب الميكانيكي	تتحرك الصفائح حول محور جانبي بشكل مقوس وتلك الحركة ناتجة من عمل حركة منزلقة من الطرفين الأعلى والأسفل حيث تحدث ضغط على تلك الصفائح المرنة لتحدث تقوس في الصفائح ينتج عنه الفراغ اللازم لمرور الإضاءة والتهوية.
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة		

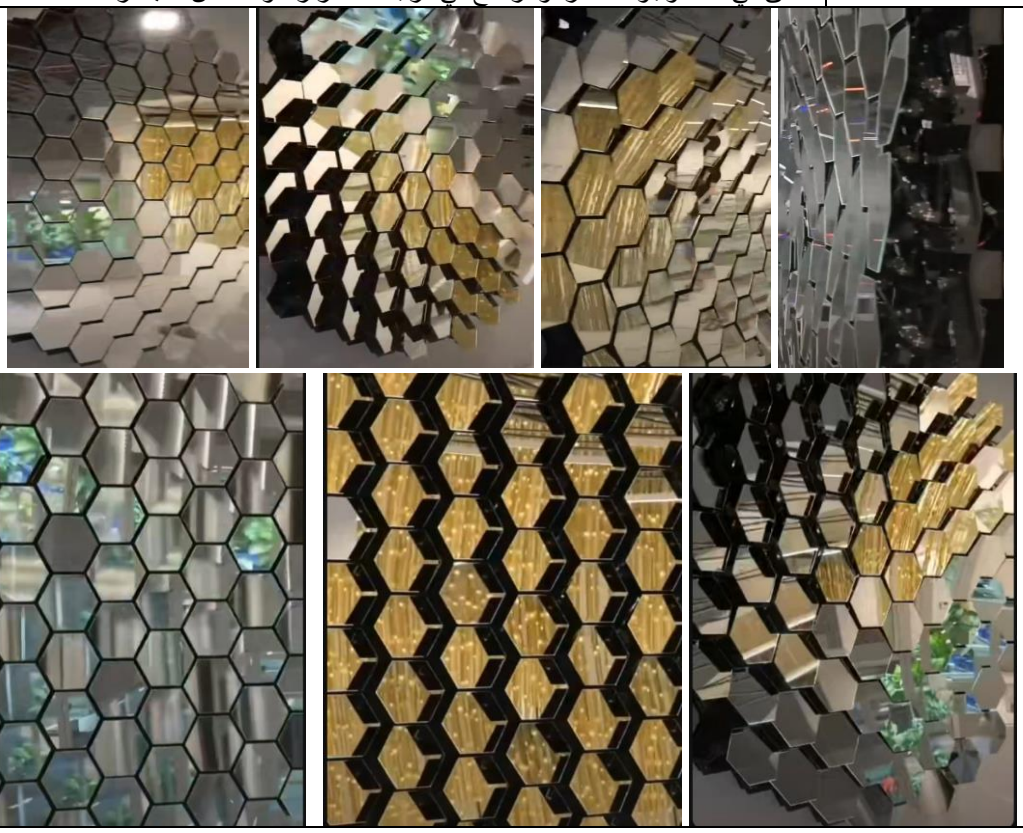
النموذج الخامس لواجهات المباني المتحركة	

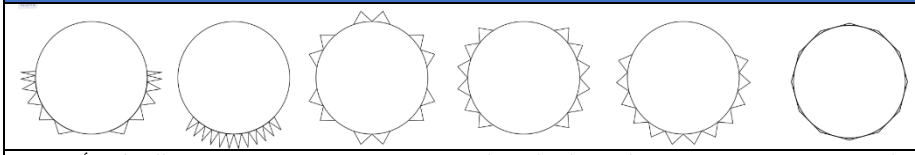
النموذج السادس لواجهات المباني المتحركة		
التعريف بالمبنى	أبراج البحر – أبو ظبي – الإمارات العربية المتحدة 2012	
المصمم	شركة إيداس للتصميم الهندسي مع شركة آروب الهندسية	
وصف المبنى والواجهة	هي صرح بنائي يتكون من اثنين من أكبر الأبراج وأضخمها في العالم كما أن واجهة الأبراج تشيد بالعمارة والتصميم العربي التقليدي، فالسمة المميزة للأبراج هي جدار واقي مكون من 2000 عنصر زجاجي يشبه المظلة تفتح وتغلق تلقائياً اعتماداً على موقع وشدة ضوء الشمس، وهو تصميم مستوحى من المشربية ويقع الجدار على بعد مترين من الواجهة الخارجية للمباني في إطار مستقل ويضم مثلثات كل منها مغطى بألياف زجاجية مثقبة دقيقة ومبرمجة للاستجابة لحركة الشمس	
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	التصميم مستوحى من المشربية ويعتبر مفهوم التصميم مناسباً ثقافياً وبيئياً ويلبي أهداف خطة التنمية لعام 2030 لإمارة ولذلك فهو أضاف قيمة جمالية عالية لهم
	الجانب الوظيفي	تساعد الظلال القابلة للتعديل على تقليل مكاسب الحرارة الداخلية الناتجة عن ضوء الشمس بحوالي 50%، مما يقلل الوهج ويحسن تغلغل ضوء النهار، ويقلل من الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية ويوفر الطاقة، كما تشتمل الأسطح المواجهة للجنوب في كل برج على خلايا ضوئية تولد ما يقرب من 5% من إجمالي الطاقة المطلوبة من مصادر الطاقة المتجددة والتي تُستخدم لتسخين المياه
	الجانب الميكانيكي	تتحرك الألواح المثلثة حركة محورية ناتجة عن حركة منزلقة عمودية على الواجهة تلك الألواح مبرمجة للاستجابة لحركة الشمس، مزودة بمجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار التي تفتح الوحدات في حالة تغير الظروف الجوية، ويتم التحكم في واجهة بشكل ديناميكي من خلال نظام إدارة المباني.
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة		

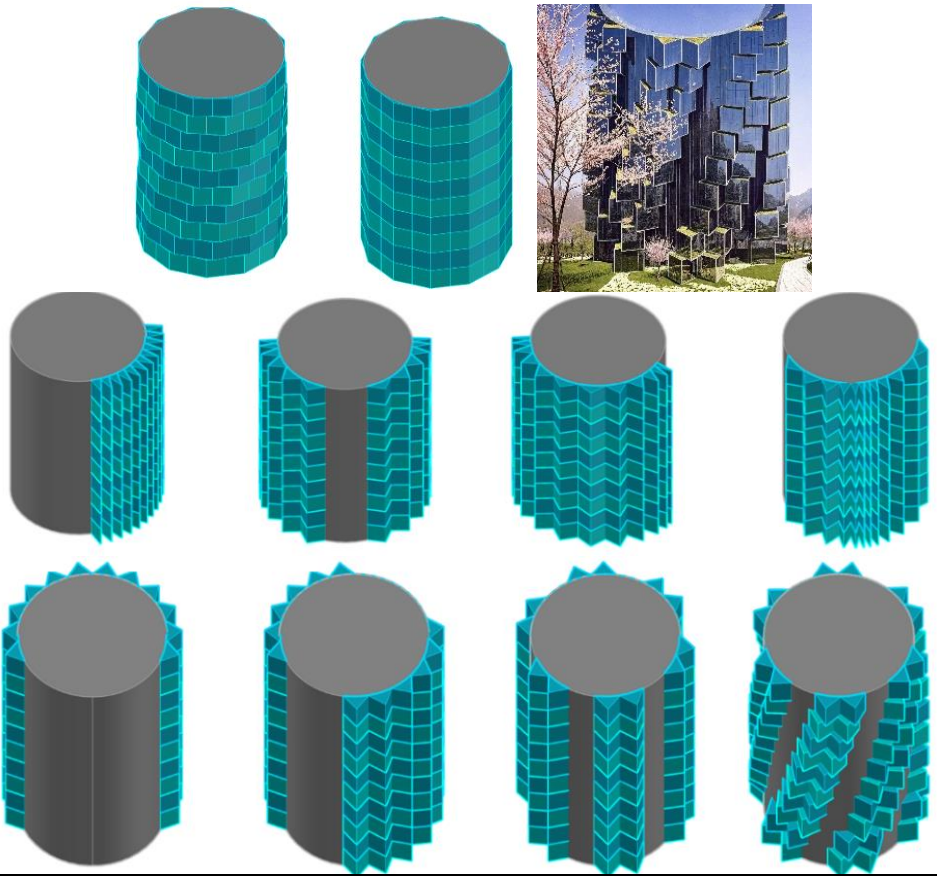
ينتقل البحث من دراسة الواجهات المعمارية المتحركة إلى وضع بعض الأفكار التصميمية البسيطة لواجهات زجاجية متحركة يمكن تنفيذها على نماذج أولية متحركة ذكية وتفاعلية.

الفكرة التصميمية الأولى لواجهة زجاجية متحركة		
الفكرة التصميمية		تعتمد الفكرة التصميمية على تكرار الشكل السداسي متساوي الأضلاع بشكل منتظم مستوحى من خلية النحل في الطبيعة
وصف الواجهة المتحركة	تعتمد الواجهة على اصطفاف الواح زجاجية سداسية الشكل قابلة للحركة في العديد من الإتجاهات محدثة حالة من التناغم في التعامل مع الطقس الخارجي ، تم استخدام الزجاج العاكس لمزيد من الإنعكاسات خاصة عند تحريك الألواح للتأكيد على الحركة ، ويستخدم نوع من الزجاج المزدوج الطبقات مع الطبقة العاكسة في الخارج لزياده العزل الحراري والصوني والمرئي وإضافة المزيد من الخصوصية للمبنى	

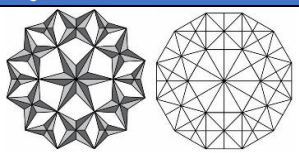
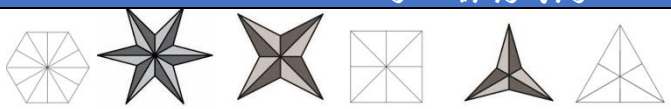
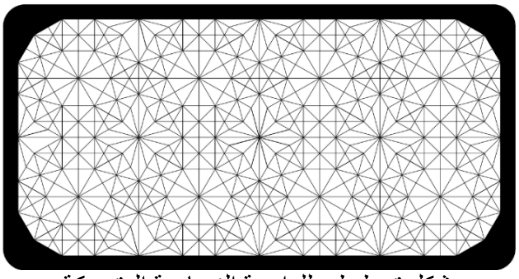
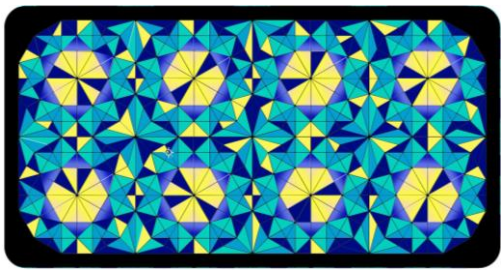
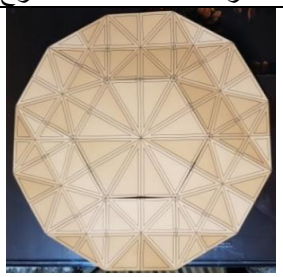
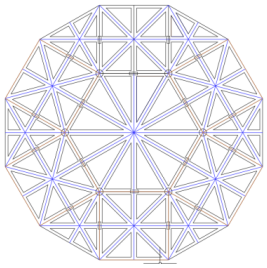
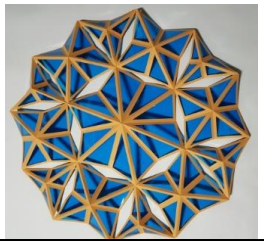
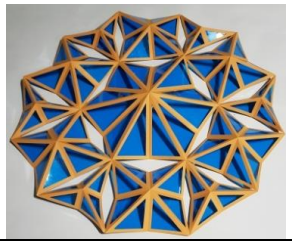
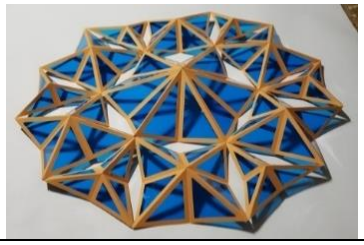
Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

الفكرة التصميمية الأولى لواجهة زجاجية متحركة		
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	رغم بساطة الفكرة التصميمية للواجهة الزجاجية إلا انها تضفي على المبنى طابع جميل مستوحى من السداسيات المنتظمة لخلية النحل تتحرك في حركة انسيابية تشبه الموج أو حركات عشوائيه تعمل على تشتيت الضوء وخلق حاله مميزة من الإنكسارات أو حركة منفردة لبعض منها مع سكون الباقي يضيف لها جمالاً
	الجانب الوظيفي	تهدف حركة تلك الألواح إلى خلق فتحات في الواجهة مما تساعد على تجديد الهواء الداخلى للفراغ خاصة مع تحسن الطقس كما أن استخدام تلك الألواح الزجاجية تعمل على توفير الطاقة للمبنى بسبب العزل الحراري وحجب الرؤية وعزل الضوضاء الخارجية عن المبنى.
	الجانب الميكانيكي	يوجد أذرع تتحرك بشكل منزلق عمودي على المبنى حيث يتحكم بكل شكل سداسي ستة أذرع (من كل زاوية ذراع) تمكننا من ابتعاده عن المبنى من أي ضلع وفقا للحركة المطلوبة والتي يمكن التحكم فيها الكترونيا وفقا للطقس الخاري كي تتفاعل معه أو لإضافة مظهر جمالياً للمبنا أثناء الحركة (كحركة الأمواج) أو يمكن التحكم في كل لوح على حده يدوياً عند الضرورة.
متطلبات عمل نموذج أولي متحرك	الهيكل الخارجي والحشوة	يتم رسم الهيكل الخارجي للأشكل السداسية بستخدام برامج الرسم ثلاثية الأبعاد مع مراعات طريقة تثبيت الزجاج وطريقة تثبيت كل شكل بالأذرع المتحركة من كل زاوية، ويمكن استخدام حشوات بلاستيكية أو من الزجاج الرقيق
	ألية الحركة	تستخدم أذرع عند كل زاويه تتحرك حركة منزلقة محاكية للحركة الهيدروليكية من خلال تحويل الحركه الدائرية من موتور السيرفو إلى حركة منزلقة
	الإلكترونيات المتحكمة	يجب إستخدام لوحة أردوينو مستعينا باسلاك التوصيل ومفاتيح ريليهات والوصلات السلكية وبعض محركات السيرفو وبعض مستشعرات الرطوبه والحرارة والضوء للتحكم ألياً في الغلق في حالة وجود أمطار او ارتفاع في درجات الحرارة أو الشمس المباشرة.
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة		

الفكرة التصميمية الثانية لواجهة زجاجية متحركة	
الفكرة التصميمية	مسقط لإظهار الفكرة  تعتمد الفكره على تحريك خطوط مستقيمه مكونه شكل مضلع إلى مثلثات عند دورانها وتحريكها كاشفى للشكل الأساسي، وهي مستوحاه من حركة الأكرديون عند فتحه وضمه إلى أنها على شكل دائري.
وصف الواجهة المتحركة	تتكون الواجهة من الواح الزجاجية مستطيلة الشكل تغلف مبنى اسطواني لتجعله مضلع مكون من 24 ضلع كل لوحين

الفكرة التصميمية الثانية لواجهة زجاجية متحركة		
		متجاورين متصلين من طرفيهما بشكل يسمح لهما الدوران حول حافتهما والطرفان الأخران ينزلقا حول محيط المبنى ليكونو شكل مثلث من المسقط العلوي وكلما زاد انطباقهما معا كلما بعد رأس المثلث عن المبنى إما محدثا فراغ بينه وبين المثلث المجاور او انضمامهما معاً تاركين المبنى مكشوف من احدى النواحي.
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	هناك العديد من الجوانب الجمالية والتي تميز هذا التصميم حيث أنه يمكن الحصول على أشكال لا نهائية من تحريك تلك الألواح أثناء فتحه فمن الممكن ضم كل الألواح على إحدى الجوانب وترك مساحه كبيره مفتوحه او ضم صفوف وترك صفوف بينها مفتوحه أو التلاعب بزاوية الضم فتضفي مظهراً مختلفاً وغيرها من الأشكال التي يمكن الحصول عليها وفقا لكل حركة كما أنه يمكن التلاعب بالشكل اثناء الغلق بتحريك كل طابق بزاويه معينه مما يظهر المبنا وكأنه تم التوائه بالكامل
	الجانب الوظيفي	تقوم تلك الفكرة المنكسرة الأسطح على تشتيت الأشعه الشمسية الساقطة عليها مقارنه بوجود واجهة مسطحة تستقبل جميع الأشعه الساقطه عليها، كما أن تلك الألواح الزجاجية تصنع من الزجاج المزدوج الطبقات والذي يقوم بدوره بنوع من العزل الحراري والصوتي ، كما أن تحريك تلك الألواح ينشئ فتحات تهويه للمساحات الداخلية للمبنى، كما يتم حماية المبنى من الرياح والأمطار عند الغلق
	الجانب الميكانيكي	تعتمد تلك الفكره على تحريك ألواح الزجاج في كل طابق على حدى وفق مسارات للإنزلاق كما ينتج عنها أيضا حركة محورية للألواح المترابطه معاً من إحدى الأضلع ليحدث انطباق بين كل لوحين، والتي يتم التحكم بها إلكترونياً.
متطلبات عمل نموذج أولي متحرك	الهيكل الخارجي والحشوة	يتطلب الأمر عمل مسارات دائرية وفق هيكل من الأفضل أن يكون معدني ، يتم عمل القطاعات وأدوات الربط بين الألواح بإستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد، بتم إستخدام حشوات زجاجية رقيقة أو من رقائق البلاستيك الملون.
	ألية الحركة	تستخدم عجلات تنزلق في مسارات وفق تروس لنقل الحركة يتم ربطها بمحركات دائرية تعمل على تحريكها وفقا للشكل المطلوب
	الإلكترونيات المتحكمة	يتم إستخدام لوحة أردوينو مستعينا باسلاك التوصيل ومفاتيح ريليهات والوصلات السلكية وبعض محركات الدائرية وبعض مستشعرات الرطوبه والحرارة والضوء للتحكم ألياً في الغلق في حالة وجود أمطار او ارتفاع في درجات الحرارة أو الشمس المباشرة، كما يمكن ضبط بعض البرامج ليتم فتح المبنى وتحريك الواجهة والظهور بمظهر وكأنها تتراقص وتلتوي.
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة		

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

الفكرة التصميمية الثالثة لواجهة زجاجية متحركة		
الفكرة التصميمية	  مكونات الطبق النجمي	
	تعتمد الفكرة على طبق نجمي مستوحى من الفن الإسلامي يتكون من أشكال أساسية متساوية الأضلاع وهي السداسي والمربع والمثلث، تقسم تلك الأشكال إلى مثلثات متساوية يمكن طيها لينتج عن تلك الحركة فراغات	
وصف الواجهة المتحركة	هي واجهة عريضة تتكون من ستة أطباق نجمية رئيسية يحتوي كل طبق نجمي على شكل سداسي في المنتصف وشكلين مربع ومثلث عند أضلاعه الخارجية تم تكرارهم تكرار مركزي حول مركز السداسي وتم تقسيم تلك الأشكال إلى مثلثات حيث كل مثلث منهم يمثل لوح من الزجاج مزدوج الطبقات ذو الطبقة العاكسة في الخارج والمثبته في اطار معدني تمكن اللوح من الدوران من الضلع الملاصق للوح المجاور محدثة انطباق بين كل مثلثين وذلك نتيجة تحريك أذرع منزلقة هيدروليكية عمودية على الواجهة	
الجوانب الأساسية للحركة في الواجهة	الجانب الجمالي	يعد إحياء التراث وتجديده بخامات معاصرة وتكنولوجيا متقدمة هو من اكبر القيم الجمالية التي يحققها تلك التصميم فهو يعمل على الربط بين الماضي والحاضر تاركا في نفس المتذوق قيم ومعاني قوية تحمل في طياتها التأكيد على الهوية والأصالة
	الجانب الوظيفي	تقوم تلك الفكرة المنكسرة الأسطح على تشتيت الأشعه الشمسية الساقطة عليها مقارنه بوجود واجهة مسطحة تستقبل جميع الأشعه الساقطه عليها، كما أن تلك الألواح الزجاجية تصنع من الزجاج المزدوج الطبقات والذي يقوم بدوره بنوع من العزل الحراري والصوتي ، كما أن تحريك تلك الألواح ينشئ فتحات تهويه للمساحات الداخلية للمبنى، كما يتم حماية المبنى من الرياح والأمطار عند الغلق
	الجانب الميكانيكي	تعتمد الحركة على هيكل مثبت به أذرع هيدروليكية تتحرك بشكل أفقي لتقوم بالضغط على إحدى أطراف المثلث مبعدة اياه عن الواجهة فينتج عنه حركة محورية للألواح نتيجة ترابطها مع طرف المثلث المجاور فيحدث التطابق بين تلك المثلثات منشاة فتحات في الواجهة
متطلبات عمل نموذج أولي متحرك	الهيكل الخارجي والحشوة	يتطلب الأمر عمل هيكل يقوم بحمل تلك الألواح مثبت به الأزرع لتتحرك حركةمتعامدة علية ، يتم بناء الواجهة من الورق المقوى عن طريق رسم إفراد للشكل ومن ثم تفريغ مساحات لوضع رقائق بلاستيكية محاكية للزجاج ومن ثم طي تلك الأوراق المقوية بالحشوات لنتمكن من الحصول على الحركة المحورية محدثة التطابق فيما بينها.
	ألية الحركة	تستخدم أزرع منزلقة تحاكي حركة الأزرع الهيدروليكية يتم تحريكها داخل مسار للضغط على أطراف المثلث فيتحرك حركة محورية محدثاً التطابق.
	الإلكترونيات المتحكمة	يتم إستخدام لوحة أردوينو مستعينا باسلاك التوصيل ومفاتيح ريليهات والوصلات السلكية وبعض محركات الدائرية وبعض مستشعرات الرطوبه والحرارة والضوء للتحكم ألياً في الغلق في حالة وجود أمطار او ارتفاع في درجات الحرارة أو الشمس المباشرة.
شكل واجهة المبنى	 بشكل تخطيطي للواجهة الزجاجية المتحركة  مقترح لوني للواجهة الزجاجية المتحركة	
شكل واجهة المبنى أثناء الحركة	    	

اعتبارات تصميم واجهات معمارية زجاجية متحركة:

من المتعارف عليه أن الواجهات المعمارية الزجاجية تكون ثابته لا يوجد بها أي نوع من أنواع الحركة إلا في النوافذ لتحقيق بعض التهوية للفراغ الداخلي بينما يتم عمل واجهة متحركة تكسوا الواجهة الزجاجية وهي المسئوله عن الحركة والوظيفة والشكل الجمالي ولا يمثل الزجاج سوى ستائر مغلقة تحمي الفراغ الداخلي من التقلبات الجوية للبيئة المحيطة:

لذلك اتجه البحث لتصميم واجهات زجاجية متحركة ويكون لها الدور الرئيسي في الجوانب الجمالية والوظيفية والميكانيكية.

أولاً إعتبارات جمالية:

هناك مجموعة من العناصر التي تؤثر في القيم الجمالية للواجهة الزجاجيه المتحركة ومنها:

1- **قيمة الفكرة التصميمية:** تعتمد على توظيف الخطوط والأشكال ومدى تأثيرها على المتلقي فقد تكون فكرة مستلهمه من الطبيعة اوعناصر زخرفية لإحياء التراث وغيرها من الأفكار المتنوعة ذات الطابع الفني .

2- **القيم اللونية:** حيث أنه يوجد العديد من ألوان الزجاج التي تضيف جمالها على المبنا وأيضاً الطبقة العاكسة للزجاج بلونها الفضي المميز، كما يجب اختيار ألوان متجانسة بين الإطارات والحشوات الزجاجية والهياكل المستخدمة في الحركة.

3- **انسيابية الحركة ومرونتها:** حيث أن للحركة ايقاع يضيف قيمة فنية تقع في نفوس المتلقين وقد تكون الحركة معنويه عند إستخدام الخطوط والأشكال لإعطاء إنطباع الحركة رغم ثبوته مثل تصميم واجه بشكل به إلتواء فإنه يعطي الشعور بالدوران رغم ثبوته.

4- **التنوع في المظهرالناتج عن الحركة:** تعد من الأمور التي تزيد من قوة التصميم وإعتباراته الجمالية الحصول على الأشكال المتنوعه من تحريك الواجهة الزجاجية حيث يبدو المبنى وكأنه مبنى مختلف في كل مره يتم تحريكه بها مما يجذب الأنظار ويجعله محطه يقف عندها المستخدمين للتأمل.

ثانياً: إعتبارات الوظيفية :

الوظيفة هي الدافع الأساسي لتلبية الواجهات المعمارية للإحتياجات سواء إحتياجات المستخدمين أو الفراغ الداخلي أو لمقاومة العوامل الخارجية ومنها :

1- المحافظة على الطاقة الداخلية للمبنى
2- الحماية من الأمطار
3- الحماية من الرياح والأتربة
4- الوقاية من أشعة الشمس الحارقة
5- تهوية الفراغ الداخلي
6- الشعور بالأمان من الأخطار الخارجية

وهناك العديد من العوامل التي تحقق الإعتبارات الوظيفية

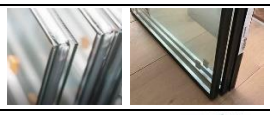
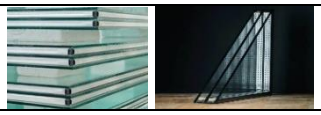
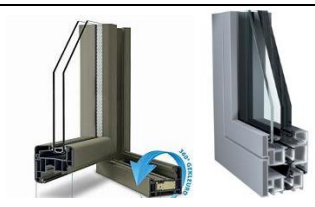
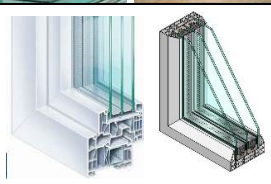
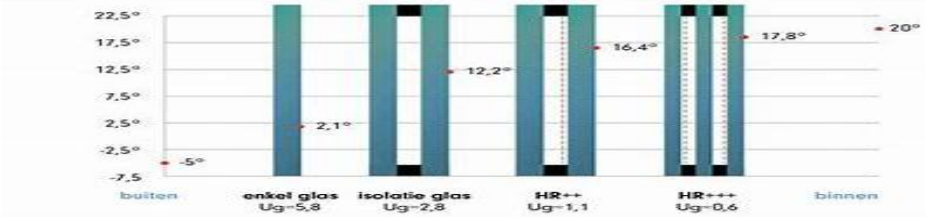
1- **نوع الزجاج المستخدم:** يتحكم نوع الزجاج في تحقيق بعض المتطلبات الوظيفية للفراغ الداخلي حيث يمكن التحكم في العزل الصوتي والعزل الحراري من خلال إستخدام الزجاج مزدوج حيث أنه يتكون من طبقتين بينهما فراغ ممتأ بالغاز الخامل مما يعمل على تخلخل الموجات الصوتيه وفقد الحرارة المارة إلى الداخل كما يمكن التحكم في زياده تلك النسبه من العزل بإستخدام الزجاج متعدد الطبقات في كل ناحية وأيضا إستخدام الزجاج low-e والذي يزيد من انعكاس الأشعه وفقد الحرارة، كما أن نوع الزجاج يحدد مدى صعوبة الإختراق للفراغ الداخلي محقق عنصر الأمان.

2- **مساحه الألواح الزجاجية:** على الرغم من التقدم التكنولوجي الذي يمكننا من صناعة ألواح ذات ابعاد كبيرة جدا إلا انه لا ينصح بإستخدامها حيث أن كلما كبر الحجم ذادت المخاطر(أثناء التصنيع والنقل والتركيب) وكذلك يزيد حجم اللزح المتحرك مما يسبب جهد كبير على الهياكل الحاملة ونواقل الحركة كما أنه قد يحدث تلاصق في منتصف الزجاج المزدوج مما يصيبه بعيوب بصرية.

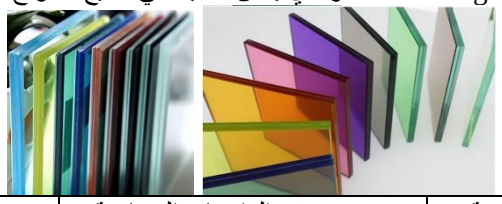
3- **طريقة التثبيت:** ينصح بوضح الألواح الزجاجية في إطارات معدنية محكمة التثبيت ولا ينصح بتثبيت أدوات الربط في الزجاج مباشرة وذلك لرفع معامل السلامه والأمان كما أن الإطارات المعدنية أكثر توافقاً مع الأنظمة الميكتنيكية والهيدروليكية الازمة لحركة تلك الألواح

4- **سهولة الفتح والغلق:** تحقيق سهولة إستخدام تلك الواجهات المتحركة في الحصول على التهوية اللازمة للفراغ الداخلي كما يمكنالتحكم فيه الكترونياً او من قبل المستخدمين.

الجدول التالي مقارنة بين أنواع الزجاج المختلفة التي يمكن إستخدامها في الواجهات الزجاجية المتحركة:

نوع الزجاج المستخدم في الواجهات المعمارية الزجاجية المتحركة			
نوع الزجاج	زجاج منفرد single glass	زجاج مزدوج dubbel glass	زجاج ثلاثي Triple glass
توصيف الزجاج	هو زجاج من كتلة واحدة من الزجاج وإن كانت تلك الكتلة منفردة أو متعددة الطبقات (laminated glass) أي من طبقتين أو ثلاث طبقات إلا أنه لا يوجد فراغ بين الطبقات وهو بمثابة كتله واحده.	هو بمثابة كتلتين من الزجاج بينهما فراغ به غاز خامل وقد تكون الكتله من لوح زجاج واحد أو متعدد الطبقات	هو بمثابة ثلاث كتل من الزجاج بينهما فراغ به غاز خامل وقد تكون الكتله من لوح زجاج واحد أو متعدد الطبقات
شكل الزجاج			
قطاع التثبيت			
مقارنه بين الأنواع الثلاثة			

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

نوع الزجاج المستخدم في الواجهات المعمارية الزجاجية المتحركة			
الإضافة اللونيه	يمكن إضافة لون من خلال فيلمP.V.B أوسط طبقات الزجاج المتعدد الطبقات laminated glass والذي يمكن تطبيقة في جميع الأنواع 		
الأفضلية في الإستخدام	لا ينصح به في الواجهات الزجاجية المتحركة	ينصح به في الواجهات الزجاجية المتحركة مع إستخدام زجاج متعدد الطبقات في إحدى طبقاته	ينصح به في الواجهات الزجاجية المتحركة

النتائج: Results

1- اسفرت الدراسة عن قيم معرفية بالمتحكمات الدقيقة وامكانياتها وكيفية الإستفادة منها في إعداد نموذج تفاعلي متحرك
2- توصلت الدراسة إلى بعض الإعتبارات الجمالية والوظيفية للواجهات المعمارية والتي يمكن أن تحققها خامة الزجاج بكفائة عالية منتجه واجهات معمارية متحركة تفاعلية ذكية.
3- توضح الدراسة أنه من الممكن عمل واجهات معمارية زجاجية متحركة تفاعلية حيث أنه لم يسبق وأن تم تحريك الواجهة الزجاجية فهي دائماً ثابتة إلا من بعض النوافذ أو أن يكسوها هيكل متحرك بخامات أخرى.
4- القاء الضوء على أهمية النماذج المتحركة الذكية والتفاعلية في مجال الواجهات المعمارية المتحركة والتي يمكن تحقيقها بالإستعانة بالمتحكمات الدقيقة من خلال لوحة الأردوينو وبعض المستشعرات والإلكترونيات المساعدة .
5- التوصل إلى أفضل نوع زجاج يمكن إستخدامة في الواجهات المعمارية المتحركة وطريقة تثبيته.

التوصيات: Recommendation

1- استكمال المنظومة البحثية في دراسة الواجهات المعمارية الزجاجية المتحركة بشكل اكبر تطبيقها في المباني الحديثة.
2- يوصي البحث بضرورة إجراء أبحاث مشتركه بين التخصص العلمي ومصانع إنتاج الزجاج لحل أي من المشكلات المهنية .
3- تصميم موضوع الدراسة داخل مقررات برنامج تصميم الزجاج المعماري لإحتياج سوق العمل إليه.
4- ضرورة الإستعانة بالمتحكمات الدقيقة في عمل نماذج متحركة ذكية تفاعلية في مادة نماذج في الأقسام العلمية.

المراجع: References

1- أحمد محمد حماد، خالد فاروق السنديوني(2014). الاستفادة من التقنيات الحديثة في تصميم الزجاج للواجهات المعمارية. مجلة الفنون والعلوم التطبيقية ،مج1، ع2.
2- إسماعيل سراج الدين.(2007) التجديد والتأصيل في عماره المجتمعات العمرانيه –تجربه جائزه الأغا خان للعماره – مكتبه الأسكندريه.
3- الشقمان عبد السلام فرج. (2014) . بحث بعنوان "مفهوم التصميم وأبعاده التطبيقية" . مجلة الأستاذ بجامعة ترابلوس، ليبيا.
4- رشا محمد على حسن زينهم (2009). فاعليه المعايير التكنولوجية في تصميم الواجهات الزجاجيه للعمارة في مصر، رساله دكتوراه، كلية الفنون التطبيقيه، جامعة حلوان.
5- عزة عثمان.(2017). الاستفادة من روافد وآليات الإبداع الطبيعي في عمل تصميمات معاصرة تصلح للواجهات المعمارية المصرية. مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية -مج 2،ع7.
6- محمد على حسن زينهم، أمجد محمد حسني، عزة عثمان، سمر محمود.(2021). العوامل الطبيعية (الإضاءة) وتأثيرها على الواجهات الزجاجية في العمارة المستقبلية. مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية، مج6،ع26.
7- محمد نبيل غنيم.(1999). الإنطباعات البصريه للعمارة. رساله ماجيستير، كليه الهندسة، جامعه القاهرة.
8- نثيله عبد السميع مصطفى الحامولى.(2003). تأثير العماره الزجاجيه على الطابع المعماري – رساله دكتوراه –كليه الهندسه- جامعه القاهره.
9- Barozzi. Marta, Lienhard. Julian, Zanelli. Alessandra, Monticelli. Carol, (2016), "The sustainability of adaptive envelopes: developments of kinetic architecture", Procedia Engineering, Vol. 155.
10- Sharaidin. Kamil, (2014), " Kinetic Facades: Towards design for Environmental Performance", Ph.D in Philosophy, School of Architecture and Design RMIT University, Australia.
11- Bharati. Pragya, (2014), "Kinetic Architecture: on Sustainable Means", E. book, https://issuu.com/.
12- Nagy. Zoltan, (2016), "The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes", Frontiers of Architectural Research, Vol. 5, Elsevier B.V.
13- Kensek. Karen& Hansanuwat. Ryan, (2011), "Enviroment Control Systems for Sustainable Design: A MethodologyFor Testing, Simulating and Comparing Kinetic Façade", Journal of Creative Sustainable Achitecture& Built Environment, CSABE, Vol. 1.
14- khayat. Youssef Osama, (2014),"Interactive Movement in Kinetic Architecture", Paper Published, Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 42, No. 3.
15- Fortmeyer. Russell& Charles Linn, (2014), "Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes", IMAGES Publishing Group, Australia.
16- Brakke. Aaron Paul, (2015), "Dynamic Façades and Computation: Towards an Inclusive Categorization of High Performance Kinetic Facade Systems", Computer-Aided Architectural Design Futures, Springer, New

York , USA.
17- Guenther Gridling, Bettina Weiss Publisher. (2007). Introduction to Microcontrollers. Vienna University of Technology.
18- Milan Verle. (2010). Architecture and Programming of 8051 Microcontrollers. Publisher: mikroElektronika.
19- Simon Monk. (2016). Programming Fpgas: Getting Started with Verilog. Publisher McGraw Hill Tab
20- Ethan Thorpe. (2020). Arduino: Advanced Methods and Strategies of Using Arduino. Kindle Edition.
21- https://www.syr-res.com/article/12189.html
22- https://calatrava.com/projects/milwaukee-art-museum.html
23- Dynamic Facades : The Story - Arch2O.com
24- www.archdiwanya.com/2022/04/Kinetic-Facade.html?m=1
25- https://iart.ch/en/work/megafaces
26- https://www.gooood.cn/university-of-southern-denmark-by-henning-larsen-architects.htm

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.