مقومات انظمة الواجهات الذكية للابنية

ابتسام سمير ادريس الصواف

جامعة الموصل

أ.د.حفصة رمزي العمري

جامعة الموصل

أ.د. بهجت رشاد شاهين

جامعة بغداد

الخلاصة :-

أدت الزيادة في الاونة الأخيرة في الاستهلاك العالمي للطاقة, إلى حدوث ظاهرة تسمى الاحتباس الحراري (تغيير المناخ العالمي الناجم عن النشاط البشري, حيث يسهم غاز Co_2 بحدوث الظاهرة الناتج من حرق الوقود الاحفوري) والمشاكلات المتعلقة بالمناخ بوصفهما من اهم القضايا البيئية, مما اسفر عن ذلك تزايد الاهتمام في تطوير التقنيات المختلفة التي تهدف للحد من استهلاك الطاقة عالميا، بما في ذلك تعظيم التصاميم المنفعلة، والتي يمكن أن تقلل من حمل الطاقة للمبنى وتقليل الغازات الدفيئة . فالغلاف الذكي للمبنى له دور فعال في تقليل من استهلاك الطاقة الأحفورية ،باستخدام مصادر الطاقة المتجددة، وخلق بيئة مريحة للشاغلين . وتمثل الواجهات الأداة الرئيسة التي يمكنها ان تفعل ذلك الدور, فهي التي تفصل بين الفراغ الخارجي والداخلي, وبالتالي تعمل كمتحكم في رد فعل المبنى الديناميكي. وان وظيفة الواجهةالذكية هو توفير الراحة لمستخدمي المبنى (الراحة الحرارية , والراحة السمعية, والراحة البصرية). فتمثلت **مشكلة البحث** بـ **قلة الدراسات المحلية حول مقومات انظمة الواجهات الذكية للمبنى**.وعلية حدد **هدف البحث** بـ **(سد النقص المعرفي حول فاعلية انظمة الواجهات الذكية للمبنى وبيان اهميتها.**

1. المقدمة :

إن كميات الحرارة المكتسبة عن طريق غلاف المبنى، توجب تطوير اغلفة المباني وتفعيل استجابة غلاف المبنى لمتغيرات البيئة الخارجية فضلا عن تقليل استهلاك الطاقة واعطاء المبنى بيئة داخلية مريحة للشاغلين، ففي السنوات الأخيرة، اخذت اغلفة المباني تميل إلى أن تكون أكثر تكيفا, وتفاعلا مع المناخ، ووظائف الفضاء ، والبيئات الداخلية،والشاغلين والزوار.حيث يعمل الغلاف الخارجي للمبنى على حماية النظام الداخلي للمبنى, من العوامل الخارجية المحيطة به. بينما يتيح للمبنى:

1. ان يتنفس ويساعد في عملية تهوية المبنى بشكل طبيعي.
2. في عملية الإضاءة الطبيعية, التي يحتاج اليها للاستخدام في الحياة اليومية.
3. كما يعمل أيضاً على توصيل الرسالة الفلسفية التي يقصدها المعماري.

فيكمن التحدي : أن التكنولوجيا الجديدة، وتحسين تكامل الانظمة, باستخدام أدوات التصميم أكثر قدرة وذكاء لتشغيل المبنى, وكل ما يلزم لتحقيق هذه الأهداف. فالفرصة متاحة لإنشاء فئة جديدة من المباني, مسؤولة بيئيا على المستوى, الإقليمي, أو العالمي, وتسعى لتوفير وسائل الراحة وبيئات العمل للمالكين والشاغلين وذلك عن طريق اعلى استغلال للطاقات الطبيعية, واحمالها, المؤثرة في فضاءات المبنى الداخلية .

2. الغلاف الذكي للمبنى The intelligent skin

غلاف المبنى هو أحد أهم مقومات المبنى في التصميم البيئي, المؤثرة في تحديد البيئة الفضائية الداخلية المتعلقة بالراحة الحرارية, والراحة البصرية, و كفاءة الإشغال ، وبالتالي التي تؤثر في تقليل استخدام الطاقة الاحفورية في المباني[36].

يعرف الغلاف الخارجي المقدم من قبل (Richard Rush)* للمبنى على أنه: الجزء المسؤول عن توفير الحماية البيئية للمبنى، ويجب أن يستجيب غلاف المبنى, لكل من القيم الانسانية من جهة, والعوامل المناخية, المتمثلة بالقوى الطبيعية الخارجية, من جهة اخرى, فالقيم الإنسانية تضم السلامة والأمن, ونجاح النتاج . أما القوى الطبيعة تشمل احمال الرياح , والطاقات الشمسية الحرارية والضوئية, وتأثير الامطار ...الخ[30]. لذلك يجب ان تتجاوب أنظمة الغلاف بعقلانية للتغييرات في القوى المؤثرة للمناخ الخارجي, وضبط الحصول على مقومات الطاقة الشمسية، وضوء النهار، ومؤشرات فقدان الحرارة،

* ريجارد راش (Richard Rush): مهندس معماري حاصل على شهادة البكالوريوس في العمارة من معهد ماساجوسيتس التكنولوجي (Massachusets Institute Of Technology) في العام(1967), وحاصل على شهادة الماجستير في العمارة من اكاديمية الفنون في العام(1973) .ومن اهم مولفاته كتاب دليل تكامل منظومات المبنى The Building Systems Integration Hand Book, في العام(1991)[39]

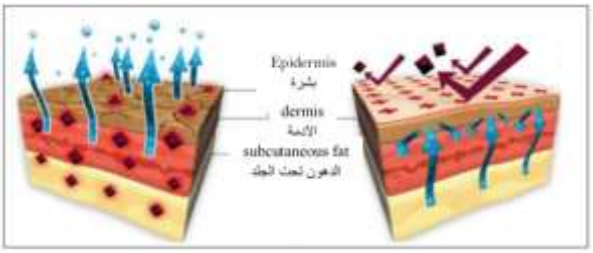
والتهوية، والتنفيس عن الاحتياجات المتغيرة للشاغلين داخل المبنى. فالتحكم للمبنى الذكي, والتحكم الجيد على مستوى الشاغلين, ينبغي أن تكون متسقة ومتوافقة, ولكن هناك اختلافات في اصول التنفيذ. فهناك أدلة على أن شاغلي المبنى يفضلون بشدة, أن يكون لديهم بعض مستوى السيطرة الشخصية للبيئة الداخلية المحلية، وأن هذا قد يؤدي بشكل أفضل للارتياح في العمل, وربما أفضل في الأداء والإنتاجية [32] ان إدخال صفة " الذكاء" لنظام الغلاف الخارجي للمبنى يعني: امكانية الغلاف باتخاذ قرارات ميكانيكية, لضمان البيئة الداخلية المريحة لفضاءات المبنى, ليتمكن المبنى من إجراء تغييرات على أنظمته, استجابة لتغير الظروف المناخية الخارجية واحتياجات الشاغلين, لغرض التقليل من استخدام الطاقة الاحفورية في المبنى, عن طريق التلاعب في غلاف المبنى دون التضحية براحة الشاغلين[13]. فتشتمل فكرة الغلاف الذكي (القشرة الخارجية): أن نسيج المبنى لا يكون خاملا، ولكن في حد ذاته هناك تغيير ديناميكي، من أجل الحد من متطلبات الطاقة الاحفورية للمبنى, والحد الاقصى للاستفادة من الطاقات المتجددة [35].ف "الاغلفة الذكية" هي وسائل تكنولوجية مختلفة معاصرة, للتعبير عن التوازن بين متطلبات البيئة الداخلية ومؤثرات البيئة الخارجية[8]. وغالبا ما ترتبط صفة الذكاء لغلاف المبنى بأهداف منطقية, مثل كفاءة السيطرة على الطاقة المؤثرة، والامتثال للاحتياجات البشرية، واستخدام امثل لمصادر الطاقة المتجددة: فالواجهة الزجاجية يمكن وصفها بشكل صحيح بأنها " ذكية ", عندما يتم الاستفادة من مناهل الطبيعة, و مصادر الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية الحرارية والضوئية, و تدفق الهواء, أو مؤثرات مصدر الحرارة كباطن الأرض, لتأمين متطلبات المبنى, من حيث التدفئة, والتبريد, والإضاءة. وهناك مجموعة واسعة من التدابير, الموفرة للطاقة, التي يمكن تنفيذها، مثل التهوية الطبيعية، والتبريد ليلا، والإضاءة الطبيعية، و إنشاء مناطق عازلة, وغير ذلك, وهذا يفترض التفاعل المكثف الديناميكي بين مفردات الواجهة والمبنى[7]. فمصطلح " الغلاف الذكي" هو مجموعة قدرات,أو خصائص, ومع ذلك، فالأدبيات الحالية تميز عموما غلاف المبنى: بانه له القدرة على أداء المهام, أكثر من مجرد السيطرة على تدفق الطاقة بين البيئة الداخلية و الخارجية, أي أنه متعددة الوظائف أو جدار متعدد التكافؤ. وقد أثبتت الاغلفة الذكية للمبنى القدرة على جمع وتنظيم وتوزيع الطاقة، وبمثابة فلتر للهواء والطاقة الشمسية، وتستجيب بشكل ديناميكي للتغييرات في المناخ, واحتياجات الشاغلين[13].

تم تعريف الغلاف الذكي من قبل (wiggintion) بانه : بمثابة تكوين من عناصر البناء تقتصر على منطقة معينة للحماية من الطقس الخارجي للمبنى، والتي تؤدي الوظائف التي يمكن أن تكون فردية, أو مجتمعة, ويعمل بالتعديل استجابة للتغييرات البيئية المتوقعة، للحفاظ على الراحة مع أقل استخدام للطاقة الاحفورية[35].

3. سلوك غلاف المبنى الذكي : تستوحي دراسة العلماء والمهندسين, للكائنات الحية , وتطبيقها على الابنية, ليس فقط من تصميم تشكل المظهر الخارجي، ولكن أيضا من مبادئ هيكلها . ففي كتاب العمارة التطورية Evolutionary An (Architecture)، لـ جون فريزر (John Frazer , يقول : " أنه عندما نستلهم من الطبيعة، ينبغي الحرص على الرجوع إلى(العمليات التكوينية الأساسية) للطبيعة وليس فقط الصفات السطحية " [9]. لذا اتخذت البحوث التي تنطوي على الذكاء الطبيعي, اي الفائدة من مواصفات الجلد البشري في قشرة للمبنى . فالهدف من ذلك: هو تنفيذ المبادئ التي تم العثور عليها في الطبيعة, على مكونات المباني, لرفع مستوى منهج التصميم الشامل . وذلك لأن مواصفات الطبيعة هي دائما أفضل مرجع, من أجل حل المشكلات التي نواجهها في حياتنا، وأي بنية تم بناؤها استناداً, على الأسس الطبيعية, على الأرجح لديها مستوى عال من الكفاءة [2]. فالتقليد الأحيائي في العمارة: هو "منهج تصميمي,يأخذ الإلهام من العمليات, ومبادئ الأنظمة البيولوجية". فقد تطورت الآليات في الطبيعة, على مدى ملايين السنوات وكانت ناجعة وكفوءه , فاجريت تجارب من الطبيعة, والكثير من الاحتمالات , للتعامل مع خصائص المواد, والهياكل التي أدت إلى ظهور أنظمة أكثر كفاءة من الموجودة في الطبيعة, فنظم الواجهة الذكية الحركية الفعالة صممت عن طريق اتخاذ إلالهام من الحركات في الكائنات البيولوجية[34].

يعمل جلد الإنسان على حماية الأعضاء الداخلية, ضد التهديدات البكتيرية الفيزيائية والكيميائية. وهو مثال جيد لفهم واستنباط وتمثيل وظيفة, وسلوك غلاف المبنى. حيث يتكيف ذاتياً مع درجة الحرارة, والرطوبة، و يمكن أن يشعر باللمسات الطفيفة، ويمكن إصلاح

نفسه, كما يوضح شكل (1), تكوين الجلد البشري. تحدث ردود الفعل بعد الإدراك فتتجاوب خلايا الجلد بذكاء, حيث الجلد يتكون من عدة طبقات حماية ويحتوي على كمية هائلة من العناصر, التي تحافظ على هيأتة الخالية من أي إصابات, أمام العديد من الظروف المناخية. وهذا هو بالضبط ما يتطلب ان يحدث على غلاف المبنى، حيث يلعب الغلاف دورا أساسيا في حماية, وحراسة المبنى, ضد العوامل البيئية التي تهدد الفضاءات الداخلية,كما في الحالة البايولوجية الانسانية [2][35].



شكل 1. يوضح تمثيل لإظهار الذكاء في الجلد البشري , لكيفية المحافظة وحمايته الأعضاء الداخلية للجسم من احمال الظروف الخارجية [2]

4. الواجهة الذكية The Intelligent Facade

شهدت حقبة التسعينات, اهتماما كبيرا في تطور البناء, فظهرت واجهات قادرة على إجراء تغييرات, في طريقة استجابتها للظروف البيئية عن طريق الحركية, أو خصائص المواد ورد فعلها [32]. ان "الواجهة الذكية" هي جزء لا يتجزأ من المبنى الذكي المعرف حديثا ، مشيرا إلى أنه العنصر الذي يؤدي وظيفة تغليف المبنى , وحماية الفضاءات الداخلية المشغوله. فيبدو أكثر ملاءمة لوصف هذا العنصر, باسم "الجلد الذكي" لقبول الاستعارة البيولوجية مؤكدا تقاربه مع البشرة للإنسان [35]. حيث ان الواجهات ذات أهمية حاسمة لاستهلاك الطاقة, والراحة في المباني, فان دمج الذكاء في تصميمها, هو وسيلة فعالة لتحقيق المباني, منفعلة الطاقة. باستنادها لثلاثة ستراتيجيات: الأول هو الاعتماد على ألانظمة الفعالة وأداء العناصر،الثانية: ستراتيجيات التصميم المنفعل الذكي فقط ، في حين أن الثالث : يجمع بين ستراتيجيات تصميم المنفعل مع تكامل العناصر الفعالة[12].

تهدف الواجهات الذكية, لتكون متجاوبة للمناخ المحلي, مؤثرات البيئة الخارجية من جهة, والأماكن المغلقة من وجهة اخرى, والمعايير المعتمدة: مثل أداء الطاقة, والراحة الحرارية, ونوعية الهواء في الأماكن المغلقة, والراحة البصرية...الخ [17] لا ينبغي النظر إلى واجهة المبنى بمثابة حاجز ثابت, وخامل, ولكن كفلتر بيئي ديناميكي, يزود المبنى بالطاقة المطلوبة التي تمر عبره[8]. ان الواجهات, تساهم بما يصل إلى ما يقرب من(36٪) من استهلاك الطاقة الطبيعية في المناخات الحارة ولذلك، يجب اعطاء اهتمام خاص بالتصميم, والمكونات والتشغيل, فضلاً عن, احد العوامل المهمة, التي في كثير من الأحيان يكون التغاضي عنها في خلق المباني كفوءة في استخدام الطاقة, هي عملية التصميم نفسها. حيث ان عملية تصميم الواجهة الذكية, يمكن أن يؤثر على استهلاك الطاقة الكلية والأداء [24]. فضلاً عن ذلك، تفاعل المستخدم مع البيئات المبنية المؤتمتة, حيث لا بد أن تدرس بعناية من أجل التنبؤ بالسلوك الواقعي[24].يجب ان تستجيب الواجهات الذكية لثلاثة معايير رئيسة تتضمن الطقس، والسياق والشاغلين [17] ونتيجة لذلك، لتصميم أي نظام للواجهة, ينبغي الاستفادة من كل الظروف والإمكانيات المحيطة بها, لتطوير التقنيات الذكية, لمراقبة سلوك الشاغلين, وتحقيق الادائية للغلاف, لتعزيز كفاءة الطاقة، وقابلية التكيف، والجماليات[2]. فالواجهات الذكية تكون ذات كفاءة في استخدام الطاقة المتجددة والاستجابة المتبادلة بين البيئة الداخلية والخارجية[17].

4-1 تصنيف الواجهات الذكية

تصنف انظمة الواجهات الذكية على عدة مستويات وهي كالاتي : على مستوى الطبقات (مفرد- مزدوج) ,على مستوى الاليات (ثابت – متحرك) ,على مستوى الاداء, وعلى مستوى السلوك , وعلى مستوى المواد... الخ , فيمكن بذلك تلخيصها بالتصنيف الاتي :

4-1-1 انظمة واجهات الغلاف المفرد Single-skin façades system

تحقق واجهة الغلاف المفرد, مستوى معين من التحكم في الطاقة الشمسية, بحيث يمكن تطبيق الطلاء على الزجاج لإمتصاص وعكس الأطوال الموجية على النطاق المرئي, جنبا إلى جنب مع أجهزة التحكم في الطاقة الشمسية الداخلية، والخارجية أو المتكاملة[12]. كما ان خصائصها ثابتة، و تحد من الحصول على الطاقة الشمسية في أشهر الشتاء الباردة و خفض مستويات الإضاءة في النهار. لهذا السبب فإنه من الضروري توفير إضافي لتدابير التحكم الشمسي, ويكون قابل للتعديل في المباني ذات المساحات الكبيرة من الواجهات الزجاجية

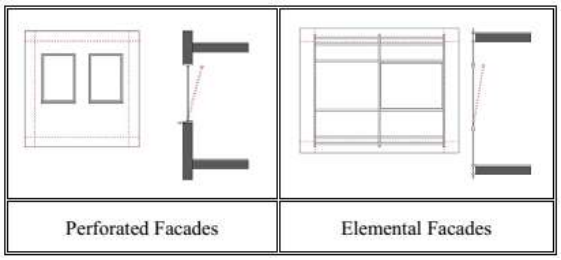
والمباني التي يتم تنظيمها بدقة لمتطلبات تكييف الهواء [5]وتقسم الى نوعين كالاتي:

1. الواجهات المخرمة او مثقبة (Perforated facades)

استخدمت الجدران المثقبة، لوحات (panels)، وشاشات(screens) , منذ قرون كوسيلة للتحكم في مستوى الضوء الداخل للمبنى أو لتقديم خصوصية للشاغلين. وظائف الثقوب بقيت الى حد كبير هي نفسها، ولكن تغيرت المواد وطرق التصنيع بشكل كبير [12].

2. واجهات عناصرية (Elemental facades)

لتحقيق مستوى معين من التحكم في الطاقة الشمسية في واجهة ألغلاف المفرد، يمكن تطبيق الطلاء على الزجاج، مثل الطلاء الذي يعكس الأشعة تحت الحمراء و / أو الطلاء القادر على استيعاب و عكس الاطوال الموجية في النطاق المرئي . كما ان خصائصها ثابتة، كما أنها تحد من الحصول على الطاقة الشمسية في ألاشهر الباردة وخفض مستويات الاضاءة الطبيعة[12] . يوضح شكل (2) انواع واجهة الغلاف المفرد .



شكل 2. يوضح الواجهة المثقبة والواجهة العنصرية المفتوحة والمباشرة[12]

4-1-2 انظمة الواجهات الذكية المتحركة ذاتيا

هناك مجموعة واسعة من احمال الظروف البيئية المؤثرة في واجهات المباني، بحيث تتطلب حلولا مبتكرة, لتكون جزءا لا يتجزأ في غلاف المبنى, الذي يمتلك ملامح ذكية قادرة على الاستجابة, بشكل حيوي لمطالب الشاغلين, فضلا عن التغييرات المناخية والبيئية .

احد انواع هذه التكنولوجيات المتقدمة و الذكية هي الواجهات المتحركة: هي احد انواع الغلاف الذكي, وهو تقدم تكنولوجي يتناول أنشطة اليوم الديناميكية المتغيرة باستمرار, من أجل تحسين الظروف, في الأماكن المغلقة, لتلبية احتياجات المستخدم. فالحركة النسبية الذكية لواجهات المبنى: " هي القدرة على التكيف المرن, والرد على الظروف البيئية المتغيرة، مع مراعاة التفاعل, والسلوك البشري". فينبغي أن تكون قادرة على التعامل مع الأنماط البيئية المتغيرة ذاتياً و سريعا , خلافا عن تداخل التفاعل البشري في الفضاء[11]. حيث ان تطوير أنظمة غلاف المبنى المتحركة, يمكنها من تحسين كفاءة الطاقة المصروفة في المبنى, عن طريق تغيير الخصائص الحرارية, والضوئية للغلاف, وفقا للتغييرات المناخية, بالنسبة للمواسم والايام المختلفة [36] .أن الواجهات المتحركة هي واجهات ديناميكية تفاعلية, قادرة على التكيف, من أجل الاستجابة للبيئة. فهي قادرة على تغيير شكلها ، والتوجه خلال الفتحات. للرد تلقائيا على المعايير البيئية المطلوبة: درجة الحرارة، والضوء, والرطوبة، والرياح وغيرها. حيث أن الواجهات المتحركة مؤثرة إلى حد كبير لخلق الطاقة المنفعلة وصولا الى الطاقة الصفر – كاربوني, في نهاية المطاف للمباني, كمنهج مستقبلي في اتجاه التنمية المستدامة للبيئة المبنية [17].

ان استخدام نظام الواجهة المتحركة ذاتياً: سوف يقلل من الحاجة إلى نفقات تقليل الطاقة الخارجية عن طريق خفض غير المرغوب فيها كـ اكتساب الحرارة الشمسية, أو فقدانها، وزيادة تنظيم استخدام الإضاءة الطبيعية، واستغلال الطاقة المتجددة في الموقع، مع زيادة فاعلية التهوية الطبيعية.عن طريق تنوع النظام، فالواجهة تكيف نفسها لأفضل وضع للحالة المناسبة البيئية ، وبالتالي زيادة تأثيرها المحتمل. لذلك يمكن لنظم الواجهة المتحركة ان تساعد في التخفيف من المشكلات البيئية، وتقليل من الحاجة للأنظمة الميكانيكية, مثل أنظمة التكييف, والإضاءة الاصطناعية، فضلاً عن راحة الشاغلين، وربما يمكن استخدامها لتوليد الكهرباء, فالأنظمة الحركية ليس هدفها هو استبدال الأنظمة الميكانيكية، ولكنها يمكن أن تقلل من الطلب على الطاقة الناضبة للمبنى إلى حد كبير[18]

تستخدم الواجهات الذكية الحركية , الديناميكية , كوسيط بيئي في السيطرة على أربعة متغيرات رئيسة هي:

1. **التحكم الحراري للطاقة الشمسية (اكتساب او فقدان حراري) .**
2. **والتحكم في استخدام ضوء النهار للفضاءات الداخلية .**
3. **والسيطرة على التهوية الطبيعية في المناخات المعتدلة .**
4. **وتوليد الطاقة الفعالة (حرارية,كهروضوئية).**

فالاحمال الشمسية الحرارية والضوئية يمكن السيطرة عليها من قبل الأجهزة المختلفة في الواجهة المتحركة، بدءً من فتحات التهوية الآلية, القابلة للتغيير . فالقصد

من هذه الأنظمة هو إما السماح أو حجب حمل الإشعاع الشمسي من النفوذ إلى الفضاء, عن طريق ضبط جهاز منفعل على أي من الداخل أو الخارج للمبنى . حيث يمكن لوسائل التظليل القابلة للتشغيل كالكاسرات الشمسية , بالسماح بنفوذ الإشعاع الشمسي , عندما يكون مرغوبا فيه ، كما هو الحال في فصل الشتاء . فهي بطبيعتها أكثر فاعلية من التظليل الثابت. وتكون وسائل التظليل الخارجية المتحركة قابلة للتشغيل , بحيث يمكن أن تقلل من اكتساب الحرارة الشمسية , عن طريق النوافذ , والمناطق المزججة , إلى حوالي (10-15٪) , من الأحمال الحرارية الشمسية التي تؤثر على الجدار مباشرة[16].

السيطرة على ضوء النهار, هو جانب آخر في الواجهات المتحركة , حيث يمكن أن تكون ذات فائدة كبيرة.فهي نظم مماثلة لتلك المستخدمة للسيطرة على الطاقة الشمسية الحراري، مثل الستائر وأنظمة التظليل الأخرى، بحيث يمكن أن تستخدم أيضا للسيطرة على ضوء النهار. ان هذه الأنظمة لديها ميزة حيث ليس لها تأثير فعال عند وضعها على المناطق الداخلية. اما نظم الكاسرة (Louver systems) , هي أيضا مهمة جدا في التحكم , في كمية ضوء النهار المكتسب ، والتي يمكن أن تتراوح من الصفر إلى إكمال دخول الضوء ,اعتمادا على زاوية الكاسرات والرفوف الضوئية [18]. ووجد الباحثون أن نظام التظليل الآلي, يوفر أفضل توزيع للإضاءة , بشكل موحد، والتحكم عن طريق الرفوف الضوئية بعمق اختراق ضوء الشمس، والوهج في وقت واحد, مع انخفاض التكلفة, ومن القضايا الأخرى هو تأثيرها المهم على العامل النفسي, وغالبا ما ذكرت , فنظم النوافذ المتحركة تعمل على زيادة رضا الشاغلين , وكذلك لها إمكانات لتسهيل كفاءة العمل[36]. مثال ذلك معرض (كيفر) التقني في ستريا في النمسا (kiefer technic showroom in Styria) , شكل (3) حيث تحتوي واجهة المبنى, على هياكل فريدة من نوعها, تميل إلى التغيير المستمر للتكيف مع المحيط. حيث الواجهات المتحركة الديناميكية التي يمكن أن يكون تكييفها بشكل فردي, مع الظروف, والاحتياجات المتغيرة. يمكن أيضا أن تسيطر عليها البرامج, في حاله المستخدمين ليسوا موجودين في الغرف وراءها. وبالتالي فإنه من الممكن تحقيق واجهات جديدة شفافة , تحافظ على جو مريح في الغرف. تتغير هذه الواجهات باستمرار حركيا, كل يوم، وتظهر كل ساعة على وجه جديد, يتكون نظام الواجهة الديناميكي, من لوحات معدنية متحركة فالتشغيل الآلي يسمح لهذه اللوحات بالصعود والهبوط، استناداًعلى راحة المستخدم [45]

شكل 3 . يوضح الواجهة الذكية المتحركة لمعرض (كيفر) التقني في ستريا (kiefer technic showroom in Styria) في النمسا [45] [46]

الواجهات المتحركة تعطي كفاية تقنية للسيطرة على التهوية, حيث توفر إمكانات كبيرة في مجال التهوية الطبيعية للمباني. فالعديد من المباني التي تستخدم الانظمة المتحركة للسيطرة على التهوية , تفعل ذلك مع أنظمة الكاسرات المتغيرة الاتجاه أو اغلفة (القشرة الخارجية) المزدوجة الذكية, او اقنعة متحركة للاستفادة من تأثير المدخنة الهوائية (Stack Effect).فيتم تصنيفها حسب تأثير التهوية, مباشر أو غير مباشر[18] . من الامثله على ذلك ابراج البحر (Al Bahar Towers) , في ابو ظبي في الامارات العربية المتحدة, الذي تم انجازة في العام (2012) من قبل المهندس المعماري (Aedas) , حيث ان أبراج البحر تستخدم نظام الواجهة المزدوجة الذكية الذي يلتف حول ما يقرب من ثلاثة أرباع من المبنى. حيث ان الطبقة الخارجية تصنف ضمن واجهات سريعة الاستجابة متحركة ذاتيا كما أنها مبرمجة لفتح وإغلاق وفقا لمسار اليومي للشمس شكل(4).تم تصميم الواجهة الشمالية للمبنى بدون تظليل وايضا للحفاظ على النظر إلى المدينة .

شكل 4. يوضح ابراج البحر, في ابو ظبي ونظام الواجهة المزدوجة الذكية الملتفة حول ما يقرب من ثلاثة أرباع من المبنى [42]

الاهتمام الخارجي لنظام التظليل الآلي بحيث الواجهة الديناميكية كما تصورها التفسير المعاصر للمنظمة الإسلامية التقليدية وهي المشربية التي تستخدم لتحقيق الخصوصية مع تقليل الوهج والحصول على الطاقة الشمسية. وتتألف المشربية في أبراج البحر من سلسلة مكونات مظلة شبه الشفافة التي تفتح وتغلق في استجابة لمسار الشمس. كل من البرجين يضم أكثر من (1000) وحدة من وسائل التظليل التي يتم التحكم فيها عن طريق نظام إدارة المباني (BMS) لإنشاء الواجهة الثانية الذكية. التركيب كله محمي من قبل مجموعة متنوعة من أجهزة الاستشعار التي ستفتح الوحدات في حال الظروف الجوية السيئة أو الرياح العاتية شكل (5). فوائد هذا النظام ما يلي: تخفيض الوهج، وتحسين اختراق ضوء النهار، التقليل من الاعتماد على الاصطناعية, تخفيض الإضاءة, وأكثر من(50٪) في الحصول على الطاقة الشمسية، مما يؤدي الى الحد من انبعاثات غاز(Co2) المتوقعة من (1750) طن سنويا [3][6]

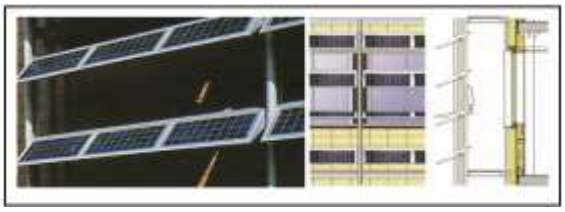
شكل 5. يوضح: وحدات وسائل التظليل الالية تفتح وتغلق استجابة لمسار الشمسل [38] [43]

وهناك جانب آخر مهم هو أن أنظمة الواجهات المتحركة يمكن أن تدمج فيها انظمة خلق الطاقة الفعالة مثل انظمة تكامل المنظومات الشمسية ضمن بنية المبنى الحرارية والضوئية (Building Integrated Photovoltaic System(BIPV)) ، فالانظمة المتحركة يمكن ان تزيد من كفاءة هذه النظم المنفعلة , عن طريق السماح للتعديل على الألواح الشمسية مباشرة من أجل تتبع الحركة الشمسية[18]. معظم الحركة النموذجية هي انزلاق , أو دوران , تمكن الألواح لتتبع أقصى قدر من الطاقة الشمسية المباشرة ، والتي تدعى في كثر من الاحيان (Helio Tropic) أنظمة تتبع الشمس , بالتالي تحقيق أقصى قدر من الإنتاج في الطاقة الكهروضوئية[36].مثال ذلك مبنى (Helio Trace Centre of Architecture) مبنى برج المكاتب , تم تشيد المركز في العام(2010) في نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية,المصمم من قبل (Skidmore, Owings and Merrill LLP)شكل(6),المفهوم الرئيسي لواجهة مركز (Helio Trace) هو الحفاظ على الطريق الصحيح لمسار الشمس على مدار اليوم والسنة, عن طريق وحدات الية حركية ، فكانت الميزات الاساسية لواجهة غلاف المبنى هو تخفيض اكتساب الطاقة الشمسية الحرارية والضوئية, و ضمان وجود معادلة دقيقة بين الظل والشمس, و تقليل استخدام الضوء الاصطناعي خلال النهار واستخدام الضوء الطبيعي،وتكييف الهواء بواسطة تدفق الهواء الطبيعي, والتفاعل مع النظام الإيكولوجي بالوظيفة والشكل[1], **حقق المبنى ثلاث اهداف رئيسة وهي : تقليل الوهج ، وزيادة ضوء النهار، والسيطرة على حرارة الشمس .**

شكل 6. يوضح نمط تكيف واجهة مركز (Helio Trace Centre of Architecture) [44][1]

يمكن توظيف عناصر الواجهة الخارجية للمبنى, كوحدة كسب شمسي متحركة دورانياً وتعمل بشكل متواتر مع تواجد الشمس, بامتلاكها خاصية حركية

لتعقب موقع الشمس خلال النهار, مثال ذلك واجهة مبنى مؤسسة الابحاث , والطاقة, في هولندا شكل (7) , حيث تم توظيف عناصر القشرة الخارجية للمبنى, للتحكم بالاستفادة من الكسب الحراري و الاضاءة النهاريه , بالاعتماد على مانعات شمسية افقية , ومن الكاسرات الشمسية المنفعلة متعددة التبلور كوحدة كسب شمسي متحركة , مضافة للمبنى , لتحسين الاداء الوظيفي . فخاصية الحركة تعزز من عمل المنظومة الشمسية , كما أنها تعمل في نفس الوقت على حماية المبنى من أشعة الشمس المباشرة , بحثا عن الزاوية العمودية لسقوط الأشعة الشمسية المباشرة على سطحها عند الحركة[29].



شكل 7. يوضح واجهة مبنى مؤسسة الابحاث , والطاقة في هولندا ويبين حركة الالواح الشمسية المنفعلة (الكهروضوئية)[29]

3-1-4 انظمة واجهات الغلاف المزدوج Double-skin Façades system

يوصف تاريخ واجهة الغلاف المزدوج, في العديد من الكتب,والتقارير,والمقالات,ويذكر أن في العام(1849)، (Jean-Baptiste Jobard)، في ذلك الوقت كان مديرا ل★-متحف الصناعي في بروكسل، وصف في وقت مبكر إصدار واجهة متعددة الغلاف بالتهوية الميكانيكية. ويذكر ان في فصل الشتاء يجب تعميم الهواء الساخن بالطاقة الشمسية بين لوحي الزجاج، بينما في الصيف ينبغي أن يكون الهواء البارد المتحرك عن طريق باطن الارض, نحو المدخنة الهوائية [28] .

يذكر أن الغلاف المزدوج "الجدار الستائري" ظهر لأول مرة في العام(1903) ، في مصنع (Steiff Giengen) ، في ألمانيا شكل (8)، حيث كانت من أولوياتة تحقيق أقصى قدر من ضوء النهار مع الأخذ بعين الاعتبار الطقس البارد, والرياح القوية في المنطقة. وكان من المفترض أن يكون هناك واجهة غلاف مزدوج (DSF) ذات كفاءة في استخدام الطاقة, وصديقة للبيئة، وتوفير الحد في استهلاك الطاقة من(40-60 ٪)، والحد من الضوضاء الخارجية، والتهوية الطبيعية حتى في ناطحات السحاب [25] .

شكل 8. يوضح مصنع Steiff، 1910 و الزاوية المزججة من المبنى الرئيسي للمصنع توضح الغلاف المزدوج للواجهة [15].

ان أزمة الطاقة للعام(1973) استلزم مبانى مصممه لاستغلال مصادر الطاقة المتجددة للتبريد,والتدفئة, والإضاءة, والتهوية, فأسفرت تلك القضايا في تطوير منتجات جديدة في صناعة الزجاج لحماية اكتساب الحرارة غير المرغوب فيها, في الصيف, وتحقيق الاستخدام الأمثل لضوء النهار.اما في الوقت الراهن, حاول المهندسون المعماريون دمج استخدام التهوية الطبيعية , والطاقة الشمسية, مما أدى إلى ظهور مفاهيم جديدة في نظام الواجهة مثل واجهة الغلاف المزدوج [4]. واجهة الغلاف المزدوج هي : توجه معماري أوروبي يقودها في الغالب الاتي [28] :

1. الرغبة الجمالية للواجهة الزجاجية الكاملة التي تؤدي إلى زيادة الشفافية والاكتساب الضوئي.
2. الحاجة العملية لتحسين البيئة الداخلية للفضاءات, بالاستفادة من مقومات الطاقات الطبيعية .
3. الحاجة إلى تحسين المناسيب الضوضائية الخلفية في المباني الواقعة في المناطق الملوثة بالضجيج المروري.
4. الحد من استخدام الطاقة الناضبة خلال تواجد الشاغلين في المبنى.

لذا فان التحدي الذي يواجه المباني ذات واجهات الغلاف المزدوج: هو الحفاظ على تحقيق التوازن بين الجمالية، والعزل الصوتي, والفوائد المرئية, بأداء المبنى من وجهة نظر تفعيل الطاقة الطبيعية .

يشير مصطلح واجهة الغلاف المزدوج : إلى تكوينات مزدوجة من الزجاج توضع أمام واجهة المبنى الحقيقي . كما توضع أجهزة التحكم في سلوك الطاقة الشمسية في مهوى التجويف بين غلافي الجدار الشفاف، حيث يقوم الغلاف المزدوج بوظيفة الحماية من تأثيرات الطقس, وتلوث الهواء, والتلوث الغباري, وهو عامل ذو اهمية خاصة في المباني المرتفعة المتعددة الطوابق أو تلك التي تقع على الطرق المزدحمة [12] [5] واجهة الغلاف المزدوج (DSF) المعروفة أيضا باسم: "نوافذ تدفق الهواء" تمثل تطور لتكنولوجيا الواجهات لتشمل نظام متخصص لمعالجة مسألة اكتساب الحرارة, عن طريق واجهات شفافة إلى حد كبير دون استخدام وسائل التظليل الخارجية .

مفهوم واجهة الغلاف المزدوج هو احد عناصر البناء التي تتكامل في المباني لتحقيق العديد من الخصائص البيئية التي يمكنها من زيادة الأداء الحراري والضوئي للمبنى. حيث أساس النظام يتم بتطبيق غلاف اضافي للمبنى بجدارين شفافين مع تجويف بين الجدار الخارجي والواجهة الجدار الداخلي [26], اذ يتكون من غلافين متوازيين وضعا بطريقة تسمح بتدفق الهواء خلالهما في تجويف وسطي يعمل كمنظم حراري وحاجز للرياح شتاءا، وتهوية هذا التجويف قد تكون طبيعية بفعل فرق الضغط، او ميكانيكية معتمدة على مراوح. ومن الممكن استعمال غلاف يتكون من وحدات زجاجية منفردة, أو مزدوجة بمسافة فاصلة تتراوح بين (20 سم إلى 2 متر). تستخدم آلات التحكم الذكى لتنظيم دخول الهواء من الفتحات بشكل أوتوماتيكى مع امكانية إغلاقها كعازل حرارى[14].فكرته قائمة على وجود منطقة عازلة من الهواء المتحرك بحيث تحتوى الواجهة الأمامية على سطح قابل للتغير للتعامل مع المتغيرات الجوية والبيئية سواء بالحركة, أو توجيه الهواء الى الفراغ الفاصل أو باستخدام عناصر أخرى مضافة مثل وحدات التظليل أو تغير طبيعة مادته التى تواجه تلك المتغيرات مثل أنواع الزجاج المقوى, والعاكس, وذو الصفائح أو الرقائق المعدنية, بينما تتكون الطبقة الداخلية للغلاف الذكى من واجهة زجاجية داخلية قابلة للفتح والغلق لتحقق عملية التهوية عن طريق المساحة العازلة بين طبقتى الغلاف[22]. شكل (9) يوضح شكل انموذجي لواجهة الغلاف المزدوج.

شكل 9. يوضح شكل انموذجي لواجهة الغلاف المزدوج(DSF) [4]

مباني واجهات الغلاف المزدوج قادرة على خفض استهلاك الطاقة بنسبة (65٪), وتكاليف التشغيل بنسبة (65٪) وخفض انبعاثات (Co2) بنسبة (50٪), في المناخ المعتدل البارد بالمقارنة مع واجهة الغلاف المفرد المتطور [27]

يعتمد سلوك واجهة الغلاف المزدوج , على العديد من المعايير منها : التوجه الصحيح نحو الطاقة الشمسية ، ضمان المعايير الهندسية المساحية (Geometry) ، و ستراتيجية التهوية المنفعلة, والحماية الشمسية (Solar Protections), وتامين الاكتساب الحراري المطلوب, والسيطرة على الفقدان الحراري شتاءا, وتنظيم الاستفادة الفعالة, لقيم الطاقة الشمسية عن طريق تجميع الطاقة الحرارية والكهروضوئية وما إلى ذلك. الموقع والتوجه في واجهة الغلاف المزدوج يعرف علاقة اتجاه الإشعاع الشمسي المباشر مع زاوية السقوط. زاوية الميل للعاكسة الضوئية, والمسافة الجانبية للستائر الزجاجية يؤثر على تدفق الهواء داخل الواجهة. وأخيرا، موقع مدخل الهواء, ومعدل التدفق الكلي المنفعل للتهويه ,الذي يصف مجال السرعة داخل مهوى التجويف[6].

4-1-3-1 تصنيف انواع الواجهات المزدوجة

هناك الكثير من الاستراتيجيات لتصميم واجهة الغلاف المزودج الذكي بيئيا, حيث تم تصنيفها حسب نوع المعالجة الحرارية المستخدمة فيها فتصنيف انواع الواجهات المزدوجة للمباني كالاتي[20]:

1. انواع واجهات الغلاف المزدوج , حسب نوع نظام التهوية The type Of Ventilation system

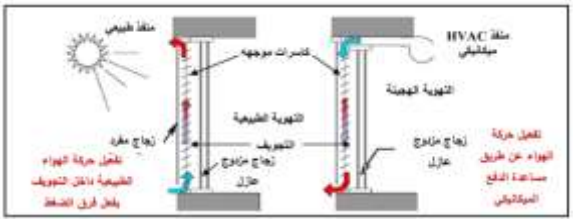
أداء واجهة الغلاف المزدوج يعتمد بشكل وثيق على اختياره وسائل لسلوك ومبادئ التهوية داخل التجويف الوسطي بين الغلافين. وسائل للتهوية يمكن أن تكون طبيعية, او ميكانيكية, أو مختلطة, لأن الفرق في درجة الحرارة بين الهواء في الخارج والهواء الساخن داخل الفضاء الوسطي يجب ان يكون كبيرا بما فيه الكفاية للعمل بالتهوية الطبيعية باختلاف الضغط [37].معظم ستراتيجيات التهوية تستخدم فكرة تأثير المدخنة الهوائية (Stack Effect), حيث لها اهمية كبيرة في الاقتصاد, في استهلاك الطاقة فمن الممكن استغلال التهوية الطبيعية عن طريق واجهة الغلاف المزدوج . أداء واجهة الغلاف المزدوج يعتمد بشكل وثيق على التهوية المنفعلة ضمن مجال التجويف الوسطي,توجد ثلاث نظم لسلوكيات التهوية بين جداري الواجهة المزدوجة وهي كالاتي[20]:

أ. **نظام التهوية الطبيعية (Natural)** : وهي تهوية تتحقق من فرق الضغط, الذي ينتج عنه حركة الهواء بطريقة تلقائية دون تدخل ميكانيكي, حركة الهواء داخل التجويف يكون بواسطة طريقتين: سواء عن طريق ضغط الرياح, أو تأثير المدخنة الهوائية (Stack Effect). حيث ان فرق ضغط الرياح عادة يتحكم في

معدل تدفق الهواء. إذا صممت بشكل صحيح، تدفق الرياح على الواجهة يمكن أن يخلق فرق بالضغط بين حركة الهواء لمدخل ومخرج الفجوة الهوائية . وعلاوة على ذلك، التجويف يمكن ان يعظم التحرك الهوائي بسبب تأثير السحب من المدخنة الهوائية (Stack Effect), بغض النظر عما اذا كانت الرياح السائدة موجودة أو لا. حيث ان الهواء يسخن في التجويف، فتنخفض كثافته ويصبح هناك فرق في الضغط في اعلى المدخنة الهوائية وداخل التجويف. ونتيجة لذلك، يحدث دوران للهواء من المداخل إلى المنافذ وبينما يحصل تدفق الهواء تزال الحرارة المتكدسة داخل التجويف. كما ان مسار الهواء والفتحات الخارجية في اعلى المدخنة الهوائية تتطلب أن تكون بشكل بفارق في المساحة والتكوين لزيادة فاعلية حركة الهواء ولمنع إمكانية حدوث ضغط معاكس مابين حركة الرياح وحركة الهواء داخل التجويف. وإلا فإن تدفق الهواء المسخن داخل التجويف قد يشع إلى الداخل، وعادة يفتح نافذة داخلية في فصل الشتاء لادخال الهواء الساخن الى داخل الفضاءات المشغولة [21].

ج. نظام التهوية الميكانيكية (Mechanical): هي تهوية تنشأ نتيجة التدخل الميكانيكي بوسائل تحفز على الحركة فتدفعه داخل تجويف الواجهه المزدوجة . ففي أنظمة التهوية الميكانيكية، عادة نظام التهوية العلوي او السفلي يستخدم التجويف لتجهيز, أو إزالة الهواء لضمان توزيع الهواء النقي, وسحب التكدس الحراري. حيث يتم دفع الهواء في التجويف من قبل الأجهزة الميكانيكية. فالهواء يرتفع ويزيل الحرارة من التجويف ويستمر صعودا إلى الطرد من الاعلى, او اعادة التوزيع, حيث لا يتم ضخ الهواء إلى الداخل مباشرة من الهواء الطلق [5].

ب.نظام التهوية المختلطة , الهجينة (Hybrid): هي تهوية مزدوجة من النوعين السابقين حيث يتم الاستفادة من التهوية الطبيعية لاقصى درجة ممكنة, ثم التدخل بالوسائل الميكانيكية بعد ذلك لزيادة قوى الدفع للتهوية الطبيعية باجهزة تحكم عند الحاجة فقط .شكل (10) يوضح رسم تخطيطي لنظم التهوية

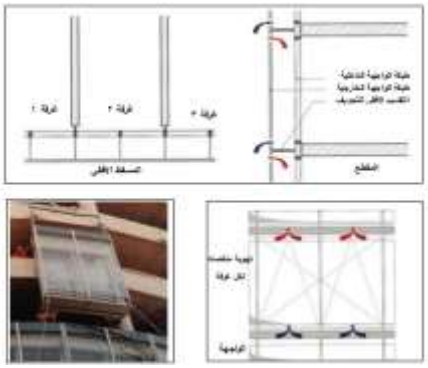


شكل 10. يوضح رسومات تخطيطية لانظمة التهوية الطبيعية والهجينة لواجهة الغلاف المزدوج[5]

2. انواع واجهات الغلاف المزدوج طبقا لتقسيم الواجهه The Partitioning Of Façade

أ.الواجهة الصندوقية (Box-window façade)

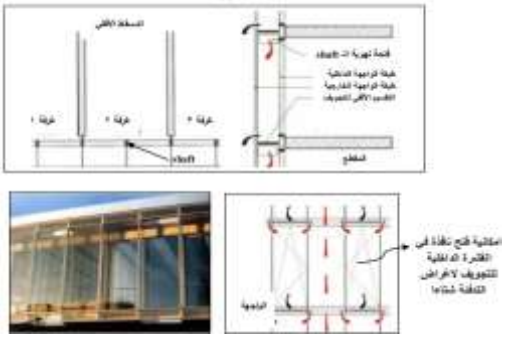
: في هذا النوع من الواجهات , يتم تقسيم الواجهة الى عدة تقسيمات افقية وراسية على شكل صناديق صغيرة منفصلة عن بعضها البعض كما موضح في الشكل (11) . وميزة هذا النموذج هو حرية النظام حيث يعطي للشاغلين الفردية في السيطرة الخاصة للبيئة الداخلية. اما العيب هو أن الحرية الممنوحة لاحد الشاغلين قد يؤدي الى أثر سلبي على الظروف التي يعاني منها آلاخر [19]



شكل 11. يوضح نافذة الواجهة الصندوقية (المسقط الافقي , المقطع , الواجهة)[25]

ب.واجهة عمود الهواء الصندوقية (A shaft-box façade)

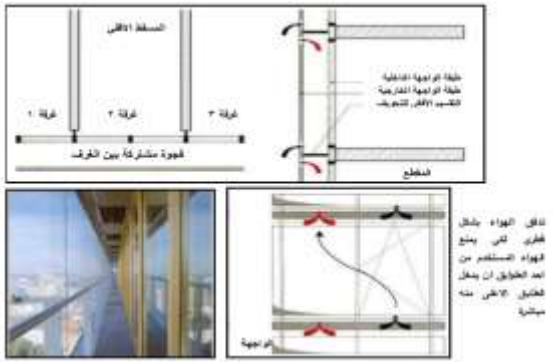
: تقوم فكرتها على الاستفادة من فرق الضغط وحركة الهواء, حيث يتحرك الهواء في عمود راسي يصل عادة الى عدة طوابق تحت الضغط والسرعة المرتفعة, فضلا عن الفرق في درجات الحرارة [31] كما موضح في الشكل (12).



شكل 12. يوضح واجهة عمود الهواء الصندوقية حيث تشير الأسهم إلى مسار تيار الهواء المتدفق عن طريق النوافذ إلى فتحة التهوية المشتركة , (المسقط الافقي , المقطع , الواجهة) [25]

ج.واجهة ممر الهواء (Corridor Façade):

مداخل الهواء والمنافذ متداخلة لذلك قد توضع الحواجز عمودية في التجويف بين الغلافين لمنع تدفق الهواء افقيا الذي يمكن أن يؤدي إلى التعرض الى مناسيب الضوضاء بين الغرف المجاورة , يمكن استخدام ثلاثة انواع من التهوية وهي الطبيعة والميكانيكية والمختلطة [19]و[33], في هذا النوع يكون مهوى التجويف بين الواجهة الخارجية والداخلية مقسم افقيا في مستوى كل طابق. يمكن ان تضاف تقسيمات عمودية لاسباب سمعية او للحماية من الحريق. وفتحات دخول الهواء وخروجة في الممرات توضع قطريا, لكي يمنع الهواء المستخدم من احد الطوابق ان يدخل الطابق الاعلى منه مباشرة[31]. كما موضح في الشكل (13).



شكل 13. يوضح واجهة ممر الهواء (المسقط الافقي , المقطع , الواجهة) [25][33]

د.الواجهة متعددة الطوابق (Multi Storey Façade) : تعتمد على فكرة وجود تجويف هوائي غير مقسم بين الغلاف الخارجي والغلاف الداخلي, ويتم عمل فتحات تهوية كبيرة اسفل واعلى الواجهة تسمح للهواء للدخول والخروج من الفراغ بين طبقتي الواجهة. في موسم الشتاء، يمكن أن يكون التجويف مغلق من ألاعلى وألاسفل للاستفادة من ظاهرة الاحتباس الحراري في مهوى تجويف. اما خلال موسم الصيف، يتم الاحتفاظ بالتجويف مفتوح لاستغلال طفو التبريد[4]. مهوى التجويف واسع بما فيه الكفاية ويسمح للأفراد (خدمة التنظيف، الخ) والأرضيات يمكن المشى عليها والتي تكون مثبتة على مستوى كل طابق من أجل الوصول إلى تجويف، تجدر الإشارة إلى أن واجهات هذا النوع عموما تمتاز باداء صوتي ممتاز فيما يتعلق بمناسيب الضوضاء من الهواء الطلق.هذه الخاصية يمكن أن تكون السبب وراء تطبيق هذا النوع من الواجهة بشكل واسع[33], موضح في الشكل (14) .

شكل 14. يوضح الواجهة متعددة الطوابق (المخطط , المقطع , الواجهة) [25][33]

هـ.واجهة متعددة الطوابق ذات الكاسرات (Multi Storey Louvers Façade) : وهي مشابه للنوع السابق مع اضافة كاسرات دوارة تعمل بمحرك في الواجهة مابين الطبقتين او امامها. فعند اغلاق الكاسرات تعمل كواجهة مغلقة اما في حالة فتحها, فتسمح الكاسرات بزيادة التهوية عن طريق مهوى التجويف بين طبقات الغلاف فضلا عن السيطرة على توزيع الانارة[10]كما موضح في الشكل (15)

شكل 15. يوضح واجهة ذات الكاسرات داخل التجويف المزدوج (Louvers Façade)[35]

3. طبقا لحالات تهوية مهوى التجويف (The Modes Of Ventilation Of The Cavity) ترجع حالة التهوية الى المسافة التي يقطعها الهواء اثناء دورته داخل مهوى التجويف للواجهة المزدوجة , وكذلك اتجاه دخوله وسلوكه الحراري , حتى يخرج من مهوى التجويف, استنادا لذلك تصنف واجهات الغلاف المزدوج حسب حاله التهويه الى خمس حالات[20] وهي كالاتي[4] وموضحة في الشكل (16):

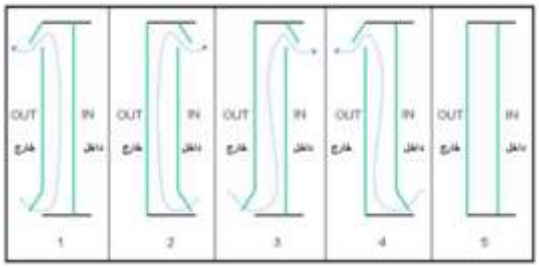
أ.تيار هوائي من خارج المبنى (Out Door Air): في هذة الحالة من التهوية: الهواء المتكون داخل مهوى التجويف للواجهة ياتي من خارج المبنى, ويقطع داخل مهوى التجويف عموديا للواجهة ليعود مرة اخرى لخارج المبنى كما جاء ساحبا الخزين الحراري داخل التجويف صيفا .

ب.تيار هوائي من داخل المبنى (In Door Air) :في هذة الحالة من التهوية الهواء ياتي من داخل غرف المبنى , ليمر عبر مهوى التجويف للواجهة , فتتغير خواصة الحرارية ويعود مرة اخرى لداخل غرف المبنى كما جاء لغرض ادخال الخزين الحراري الى الداخل شتاءا

ج.تيار هوائي من الخارج (Air Supply) :في هذا النوع ياتي تيار الهواء من خارج المبنى ويمر عبر مهوى التجويف للواجهة ثم يوجه بمراوح خاصة ليدخل داخل غرف المبنى .

د.تيار هوائي من الداخل (Air Exhaust) :الهواء هنا ياتي من غرف المبنى ليتم تفريغه بشفاطات خاصة نحو فراغ الواجهة المزدوجة لتحسين خواصة الحرارية وتبريده صيفا

هـ.تفريغ تام من الهواء (Buffer Zone) :في هذا النوع من الواجهات يعمل مهوى التجويف للواجهة المزدوجة كعازل تام (Buffer Zone), عن البيئة الداخلية لغرف المبنى والبيئة الخارجية المحيطة بالمبنى, ويتم هنا احكام حركة الهواء كعازل حراري للمبنى.

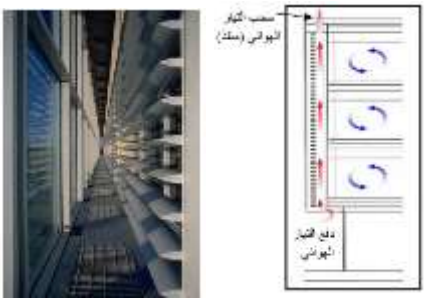


شكل 16. يوضح حالات تهوية مهوى التجويف لواجهات الغلاف المزدوج[4]

4. تصنيف واجهات الغلاف المزدوج حسب نوع النظام Classification Of Double Skin Façade Systems By Type

أن هناك العديد من الاختلافات في أنواع إنشاءات واجهة الغلاف المزدوج، فمن الضروري إنشاء نظام تصنيف من أجل تقييم ومقارنة مزايا النظم المختلفة وكذلك نجاحها البيئي , فهناك أربعة انظمة اساسية , فالأنظمة الاربعة تتفاوت تفاوتا كبيرا فيما يتعلق بطريقة التهوية وقدرتهاعلى الحد من الاستهلاك الكلي للطاقة وهي كالاتي [27]

أ.النظام الحاجز (Buffer System) : ظهرت الواجهات التى تتميز بهذا النظام منذ نحو مائة في العام، ومازالت تستعمل حتى الآن، وهى عبارة عن طبقتين من الزجاج بينهما ممر هوائى (فجوة) من(٢٥سم إلى ٩٠سم) [6], كما موضح في الشكل (17) ويعد مبنى (Hooker Building) , بنيويورك مثالا لاستخدام هذا النظام حيث يقوم المبنى باستنشاق الهواء النقى من ألاسفل ودفعه للأعلى خلال مهوى التجويف.



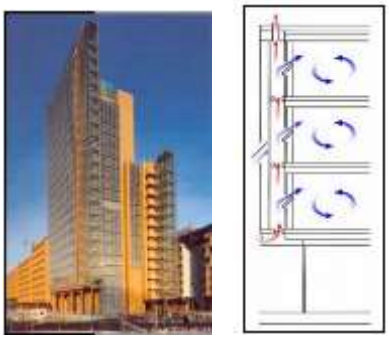
شكل 17. يوضح نظام الحاجز (Buffer System) لواجهة الغلاف المزدوج[6]

ب.نظام الاستخلاص الهوائي(Extract Air) : يشتمل هذا النظم على طبقة إضافية من الزجاج موضوعة داخل الواجهة المزدوجة، وتكون المسافة بين طبقتى الزجاج الداخليتين من (١٥إلى٩٠سم) تبعا لإمكانيات الصيانة والتنظيف, وطبقا لمقاسات كاسرات الشمس التى تثبت بها، ويعمل مهوى التجويف كجزء من نظام التدفئة والتهوية والتكييف (HVAC)، حيث يتم سحب الهواء الساخن المستخدم بين طبقتى الزجاج الداخليتين عن طريق مهوى التجويف باستخدام الشفاطات، فى حين تقوم الطبقة الخارجية من الزجاج العازل بالتقليل من معدل الفقد الحرارى كما موضح في الشكل (18)، وهذا النظام لا يؤدى إلى خفض استهلاك الطاقة حيث أن إمداد الهواء النقى لابد أن يكون بشكل ميكانيكى, ولا يستطيع مستخدم المبنى ضبط درجة حرارة الحيز الخاص به، حيث تنعدم إمكانية الاستفادة من التهوية الطبيعية بالمواقع التى توجد بها أدخنة ضارة, أو ضوضاء, أو رياح شديدة [5] ،ويعد مبنى (Helicon Building) , في لندن, انموذجا لاستخدام هذا النظام بالواجهات .

شكل 18. يوضح نظام الاستخلاص الهوائي (Extract Air) لواجهة الغلاف المزدوج[6]

ج.نظام الوجه التوأمى - الثنائى (Twin Face) :

يتكون هذا النظام من ستائر حائطية تقليدية (curtain wall)تثبت على واجهة المبنى الأصلية ، وتلك الطبقة الخارجية تكون من الزجاج العازل أو المؤلف من رقائق, ويتم وضع كاسرات للشمس بين الطبقتين، ويكون لهذا النظام فراغ داخلى (١٠سم) على الأقل من أجل الصيانة والتنظيف، ويتميز عن النظامين السابقين من حيث احتوائه على فتحات فى الواجهة الخارجية تمكن من استغلال التهوية الطبيعية بشكل مباشر في المواسم الجيدة. وتستخدم طبقة الزجاج الخارجية فى حماية كاسرات الشمس من العوامل الجوية والتقليل من تأثير الرياح الشديدة مع عزل الضوضاء الخارجية، ويقوم الغشاء الداخلى بتقديم خاصية العزل لتقليل الفاقد الحرارى[6], كما موضح في الشكل (19)، ويعد برج (Debis) , الذي يقع في برلين تم بنائه في العام(1998), مثال على استخدام هذا النظام.



شكل 19. يوضح الوجه التوأمى - الثنائى (Twin F) لواجهة الغلاف المزدوج[6].

د.النظام الترابطى المختلط (Hybrid system) :

يضم هذا النظام عدد من المظاهر المختلفة للأنظمة الثلاثة الأساسية, وتستخدم لتصنيف نظم المبانى التى لا يمكن إدراجها تحت أحد تلك التصنيفات, حيث يستخدم فى تلك المبانى طبقة من الألواح الحساسة, أو المواد غير الزجاجية سواء داخل أو خارج المانع البيئى الابتدائى[6]،ومثال على هذا النظام مبنى (Tjibaou Center), بكاليفورنيا, شكل (20).

شكل 20. يوضح مبنى (Tjibaou Center) ومقاطع تفصلية للنظام الترابطي المختلط (Hybrid system) لغلاف الواجهة المزدوجة[40][41].

5. الاداء البيئي في واجهة الغلاف المزدوج

ركزت معظم الدراسات السابقة فيما يخص واجهة الغلاف المزدوج (Double Skin Façade) من ناحية الاداء البيئي في المجالات الاتية[28]:

5-1 فيما يخص الاداء البيئي للفضاءات الداخلية :

5-1-1 الراحة الحرارية وتتضمن :

- إمكانية استخدام التحكم في الطاقة الشمسية على مدار السنة .
- تجنب الحرارة المفرطة للفضاءات الداخلية .
- ضمان درجات الحرارة السطحية الداخلية المقبولة خلال فصل الشتاء و الصيف .

يتم تحقيقها : عن طريق التحكم في النفاذية الحرارية للواجهة, كالتحكم في تظليل الواجهة , والمقاومة الحرارية, بجانب امكانية نفاذ الهواء للفضاء الداخلي عن طريق استخدام النوافذ القابلة للفتح والغلق عن طريق نظام [23]

يتم السيطرة على اكتساب الحرارة الشمسية في واجهة الغلاف المزدوج عن طريق استخدام وسائل التظليل, المتضمنة في التجويف الهوائي, او عن طريق مجسات (Sensors) بالتجويف، فضلا عن قدرة التجويف

نفسه لاستيعاب بعض من الإشعاع الشمسي, الهوائي فهناك تشكيلات مختلفة لأجهزة التظليل إما أن تكون ثابتة أو متحركة, افقية او عمودية، وعادة تكون وحدات قابلة للتشغيل يتم التحكم فيها سواء من قبل الشاغل أو عن طريق أجهزة الاستشعار داخل المبنى[6].

5-1-2 الراحة البصرية وتتضمن :

- إمكانية التحكم باستخدام الطاقة الشمسية الضوئية وعلى مدار السنة.
- تحسين الراحة البصرية (مثل تجنب الوهج).

فضوء النهار مهم من ناحيتين : أولا أنه يقلل من استخدام كمية الإضاءة الكهربائية الميكانيكية اللازمة, و الثاني هو أن نوعية ضوء النهار هو اكثر أفضلية من الإضاءة الكهربائية. فواجهة الغلاف المزدوج ومع زيادة التغطية بالزجاج يعمل على تحسين وصول ضوء النهار الى الفضاء الداخلي. فالإضاءة الجيدة في مكان العمل: هي واحدة من العوامل الرئيسة للراحة الداخلية التي يمكن أن تؤثر بشكل إيجابي على صحة وإنتاجية موظفي المكتب. فالضوء الطبيعي، وتنوعاته, وتكوينه الطيفي, ذو أهمية كبيرة للرفاه والصحة العقلية. فالضوء الطبيعي هو عنصر أساسي من حياتنا كالراحة الضوئية، ويساعد الجسم على إنتاج فيتامين(D)، وهو عنصر مهم ومضاد للسرطان, كما ان زيادة عنصر ضوء النهار في الواجهة الزجاجية بشكل كامل قد يدخل الوهج والحرارة الزائدة في أوقات معينة من اليوم. حيث تتطلب هذه الزيادات اتخاذ مزيد من التدابير في التصميم, لتقليل الآثار السلبية . فيتم تصميم أجهزة التظليل الشمسية داخل التجويف الهوائي لتقليل اكتساب الحرارة من الطاقة الشمسية عن طريق النوافذ وتقليل من كمية الوهج الناجم عن زيادة فرص الحصول على ضوء النهار[6].

5-1-3 الراحة الصوتية وتتضمن :

- تحسين الأداء الصوتي لفضاءات المبنى, والحماية من المناسيب الضوضائية الخارجية للمبنى عن طريق ايجاد منطقة عازلة وهي تجويف واجهة الغلاف المزدوج الذكي للفصل بين داخل وخارج المبنى.

5-1-4 التهوية وتتضمن :

- استخدام التهوية الطبيعية بدلا من التهوية الميكانيكية , عندما يكون ذلك ممكنا، وذلك باستخدام تجويف واجهة الغلاف المزدوج الذكي.

5-2 فيما يخص استخدام الطاقة :

- الحد من الطلب على زيادة طاقة التدفئة الاحفورية خلال فصل الشتاء .
- الحد من الطلب على احمال التبريد الاحفوري خلال فصل الصيف
- الحد من ذروة الأحمال التدفئة / التبريد
- استخدام ضوء النهار الطبيعي بدلا من الاصطناعي قدر الإمكان.

الاستنتاجات

1. يعد غلاف المبنى المحدد لانتقال الطاقة بين داخل وخارج المبنى , ومن ثم التحكم في الاداء الكلي للطاقة في المبنى , فالهدف هو تقليل الفقد الحراري خلال موسم الشتاء والاكتساب الحراري في موسم الصيف , وبالتالي تقليل استهلال الطاقة عن طريق الحد من إستخدام الأنظمة الميكانيكة واللجوء إلى إستخدام النظم المنفعلة في التصميم , للوصول إلى كفاءة عالية بشكل يتوافق مع البيئة .
2. انظمة الواجهات الذكية المتحركية ذاتيا تعد كوسيط بيئي في السيطرة على أربعة متغيرات رئيسة هي:
   - التحكم الحراري للطاقة الشمسية (اكتساب او فقدان حراري) .
   - التحكم في استخدام ضوء النهار للفضاءات الداخلية .
   - السيطرة على التهوية الطبيعية في المناخات المعتدلة .
   - توليد الطاقة الفعالة (حرارية , كهروضوئية).
3. اظهرت واجهات الغلاف المزدوج فوائد عظيمة , ففضاء مهوى التجويف الوسطي يمكن أن يكون طبيعيا لتجميع الطاقة الشمسية , وعازل لمنع ارتفاع درجة الحرارة داخل الفضاء , مع تأمين التهوية المطلوبة التي تعمل بشكل صحيح . بواسطة استخدام التجويف ، فالطاقة الشمسية الحرارية والضوئية , يمكن أن تنظم بكفاءة باستخدام حركة الهواء . وبذلك يمكن للمباني التي شيدت بواجهات مزدوجة ان تكون أفضل في الأداء الحراري من واجهة الغلاف المفرد التقليدية .
4. الغلاف المزدوج يعمل على عكس حرارة الأشعة الشمسية المكتسبة و تجنب انتقال الحرارة إلى الطبقة الداخلية في الصيف ،وهي ستراتجية لتقليل أحمال التبريد ،تلائم المناخ الحار و الإشعاع الشمسي المرتفع صيفا بينما تسمح بمشهد خارجي واضاءة طبيعية.
5. إنَّ مفهوم واجهات الأغلفة المزدوجة , موضوع معقد , كما أنَّ إستخدامه ووظيفته تؤثر على ألمعايير المختلفة

في المبنى (التي غالبا ما قد تتفاعل مع بعضها البعض، مثل ضوء النهار , والتهوية الطبيعية، ونوعية الهواء الداخلي، والصوتيات، والراحة الحرارية والبصرية، وإستخدام الطاقة، والملف البيئي، الخ) حيث درست الأدبيات مختلف المجالات. لتوضيح وتقديم وظيفة وتأثيرات النظام المذكور من مختلف وجهات النظر.
نستنتج من ذلك ان اهداف واجهات الغلاف المزدوج هو محاولة لتحقيق ما ياتي:

- التهوية الطبيعية المباشرة, خلال المواسم المعتدلة.
- التحكم في اكتساب اوفقدان الحرارة وحسب المواسم المختلفة .
- توفير الاضاءة الطبيعية , بواسطة المساحات الزجاجية الكبيرة والكاسرات والرفوف الضوئية .
- تقليل اثر الرياح , عن طريق حجب التحرك الهوائي غير المرغوب فيه.
- عزل مناسيب الضوضاء الخارجية (تعظيم معامل الحجب الصوتي) .
- وفورات في التكاليف , فواجهات الغلاف المزدوج بشكل ملحوظ يبدو أكثر تكلفة من تثبيت أنظمة الجدران الستائرية التقليدية . ولكنها تقلل من تكلفة تشييد وديمومة المباني عن طريق خفض احمال التدفئة والتبريد للمبنى على المدى الطويل.
- توفير إستهلاك الطاقة والمسؤولية البيئية حيث يتم تحقيق وفورات الطاقة وخفض متطلبات طاقة التبريد في المباني .
- الراحة الضوئية وتحكم المستخدم: عن طريق تمكين شاغلي المبنى للسيطرة على الضوء, عبر تأمين الظلال والسيطرة على حركة الهواء , ودرجة الحرارة , مع إمكانية تشغيل النوافذ في مواسم الاعتدال ، مما يعزز ليس فقط الراحة، ولكن الشعور بالرفاه الذي يأتي مع التحكم في بيئة واحدة ورعايتها أيضا.
- الجمالية المعمارية للمبنى .

التوصيات :

1. تفعيل العمل بمنظومة الغلاف الذكي للمبنى وخاصة انظمة الواجهات الذكية،لما لها من فوائد كبيرة اقتصادية وبيئية فضلا عن ما توفره من راحة بيئية داخلية للشاغلين.
2. دعوة لاستغلال اساليب وطرق التصاميم المنفعلة والفعاله في عمليات السطرة المناخية , للتوصل الى حلول كفؤة مناخيا .
3. العمل على توفير معلومات حول التقنيات البنائية الحديثة ومواد البناء المطورة والذكية لتمكين الباحثين من اختبار فاعلية هذه المواد والتقنيات في المباني ضمن بيئتنا المحلية.

المصادر :

1. Alkhayyat, Jamil Majed Jamil 2013**"Design strategy for adaptive kinetic patterns: creating a generative design for dynamic solar shading systems"** Master Thesis, School Of Build Environment MSc Digital Architectural Design, University of Salford. pp53,56
2. Al Thobait, Mohanned ,2014. **"Intelligent And Adaptive Façade System: The Impact Of Intelligent And Adaptive Façade On The Performance And Energy Efficiency Of Buildings"**, Master Thesis, University Of Miami, Coral Gables, Florida. pp. 7,12,13
3. Armstrong & others , Andy **" The Al Bahar towers: multidisciplinary design for Middle East high-rise"**,The Arup Journal, Issue 2, 2013
4. Azarbayjani, Mona,2010,**" Beyond Arrows: Energy Performance Of A New, Naturally Ventilated Double-Skin Facade Configuration For A High-Rise Office Building In Chicago"** thesis Doctor, The University Of Illinois At Urbana-Champaign. pp.29,30,36,43
5. Bayram ,Ayça, 2003**" Energy Performance Of Double-Skin Façades In Intelligent Office Buildings: A Case Study In Germany",** Master Thesis, Approval Of The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of The Middle East Technical University.PP.23,24,26,36

energy" , Doctoral thesis ,Arizona State University. p.13,15

14. Faggembauu, Débora ,2006**"Heat transfer and fluid-dynamics in double and single skin facades"** Doctoral Thesis, Centre Tecnològic de Transferència de Calor Departament de Màquinesi Motors Tèrmics Universitat Politècnica de Catalunya.P.21
15. Fissabre & Niethammer, Anke, Bernhard, 2009" **The Invention of Glazed Curtain Wall in 1903 - The Steiff Toy Factory**",Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Cottbus, May 2009.PP.2,5
16. Givoni, Baruch,1994**," Passive and Low Energy Cooling of Buildings",** John Wiley & Sons, New York. p. 29,.
17. Hoseini & others, Ghaffarian AmirHosein, 2012**" Intelligent Facades in Low-Energy Buildings"**, British Journal of Environment & Climate Change2(4):pp437-464. www.sciencedomain.org
18. Kensek & Hansanuwat, Karen ,Ryan 2011**,"Environment Control Systems for Sustainable Design: A Methodology for Testing, Simulating and Comparing Kinetic Facade Systems"**,Journal of Creative Sustainable Architecture & Built Environment, CSABE, Volume 1, Novermber, 2011.pp.27,28.
19. Knaack, Ulrich , 2007**" Façades: Principles of Construction "** , Springer Press , Berlin.pp.3,96.
20. Loncour, X. & Others, 2004, " **Ventilated Double Façade , Classification & Illustration Of Façade Concepts "** , Belgian Building Research Institute & Ministry Of Economic Affairs In Belgium.pp.8,13,210.
6. Boake ,Terri Meyer**," Understanding the General Principles of the Double Skin Façade System"**, BES Barchmarchleed Apschool Of Architecture | University Of Waterloo, November 2003. http://www.academia.edu/3437914/Understanding_the_General_Principles_of_Double_Skin_Facade_Construction
7. Compagno, Andrea, 1999**,"Intelligent glass facades: material, practice, design."**, Basel: Birkhäuser Verlag. 4th, revised and enlarged edition.P.129,
8. Comsa, Daniel , 2011,**"Contemporary Ways of Space Envelopment-Intelligent Building?"**, International Conference on Intelligent Building and Management, Proc .of CSIT vol.5, IACSIT Press, Singapore.PP. 303,304,
9. Crawford, Scott,2010**," A Breathing Building Skin: Designing with the Concepts of Biological Adaptation**", Master Thesis, University Of Washington.P.2
10. Danials,K , 2003 **" Building System "** , Birkhauser Publisher , Berlin. p.257
11. El Sheikh, Mohamed Mansour ,2011**," Intelligent Building Skins: Parametric-Based Algorithm For Kinetic Facades Design And Daylighting Performance Integration "**, Master Thesis, Faculty Of The Usc School Of Architecture University Of Southern California. p.39,40
12. Eren & Erturan ,Özlem ,Banu**," Sustainable Buildings with Their Sustainable Facades"**, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 5, No. 6, December 2013
13. Erickson ,James,2013. **" Envelope as Climate Negotiator: Evaluating adaptive building envelope's capacity to moderate indoor climate and**

21. Li, Shang-Shiou. **"A Protocol to Determine the Performance of South Facing Double. Glass Façade System-A Preliminary Study of Active/Passive Double Glass Façade Systems "**, Master's Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2001.
22. Meyer & others ,Terri. 2002,**" The Tectonics of the Double Skin:** North American Case Study", School of Architecture, University of Waterloo,.
23. Murray , Scott, 2009 "**Contemporary Curtain Wall Architecture"**, Architectural Press , an Imprint of Elsevier , New York
24. Ochoa & Capeluto, Carlos Ernesto, Isaac Guedi,2008**,"Intelligent facades in hot climates: energy and comfort strategies for successful application"** ,PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 22nd to 24th October2008.pp.1,6.
25. Oesterle & Others , Eberhard ,2001**" Double Skin Facades: Integrated Planning: Building Physics, Construction, Aerophysics, Air-Conditioning, Economic"** Published , Munich ; London ; New York Prestel.
26. Omidiani ,Afsanehsadat, 2015 **"Evaluation of the double skin façade in Warm and Humid climate, Mumbai Case study: ICICI TOWER, Jet Airway HQ"**,International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 5, Issue 4, April 2015p.1
27. Pollard & Beatty, Brett, Mary, 2008,"**Double Skin Façades More Is Less?"** ISES-AP - 3rd International Solar Energy Society Conference – Asia Pacific Region (ISES-AP-08) ,Incorporating The 46th ANZSES Conference Sydney Convention & Exhibition Centre,25-28 November 2008.p.4
28. Poirazis ,Harris, 2004"**Double Skin Façades for Office Buildings"** Printed by KFS AB, Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design. Lund University, Lund Institute of Technology,.
29. Prasad & Snow.Deo, Mark, 2005"**Designing With Solar Power**", Frst Puplished By Earthscan In The Uk And Usa,
30. Rush, Richard,1991, **"The Building Systems Integration Hand Book**", The American Institute of Architecture, John Willy and Sons, New York,.p.10
31. Santamouris,M,2007, "**Advances in Passive Cooling "**, EarthScan , An Imprint of James and James , USA.p.151
32. Selkowitz & Aschehoug & Lee ,Stephen ,Øyvind, Eleanor S**.** 2003**," Advanced Interactive Facades – Critical Elements for Future Green Buildings?"**, Presented at Green Build, the annual USGBC International Conference and Expo,.
33. Streicher ,Wolfgang,2005, **"Best Practice for Double Skin Façades"** EIE/04/135/S07.38652, WP 1 Report "State of the Art", nstitut of Thermal Engeneering, Graz University of Technoloygy (WP1 Leader).pp.47,48,49.
34. Suralkar, Rahul **,** 2011**" Solar Responsive Kinetic Facade Shading Systems inspired by plant movements in nature",** Proceedings of Conference: People and Buildings , Network for Comfort and Energy Use in Buildings, http://nceub.org.uk ,held at the offices of Arup UK, London, 23rd September 2011.p.1
35. Wigginton & Harris, Michael, Jude, 2002**" Intellıgent Skin"**, Oxford: Elsevıer, Architectural Pres.pp.23,28.
36. Wang & Beltrán & Kim, Jialiang (Julian), Liliana O. 2012, Jonghoon," **From Static To Kinetic: A Review Of**

41. http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/centro-cultural-jean-marie-tjibaou-une-tradicao.
42. http://www.theonlinecentral.com/amazing-building-facades/
43. http://skyscrapercenter.com/building/al-bahar-towers/9129
44. Gillin, Jaime ," Heliotrace Robotic Facade" April 11, 2011 http://www.dwell.com/great-idea/article/heliotrace-robotic-facade
45. Naidoo, Ridhika," **Ernst Giselbrecht + Partner: Kiefer Technic Showroom"** 10-2010. http://www.designboom.com/architecture/ernst-giselbrecht-partner-kiefer-technic-showroom/
46. Pleatfarmer **,"Dynamic Façade Design"** ,January 2010. http://www.pleatfarm.com/2010/01/18/dynamic-facade-design-kiefer-technic-showroom

Acclimated Kinetic Building Envelopes", Proceedings Of The Solar Conference; Volume 5;pp. 4022-4029, World renewable energy forum, Conference, World renewable energy forum, Denver, Colorado, USA ,13 - 17 May 2012
37. Wong, Pow Chew,2008**," Natural Ventilation in Double-Skin Façade Design for Office Buildings in Hot and Humid Climate**", Doctor thesis, The University of New South Wales, Australia, December,.

مصادر الانترنيت :

38. Duran, Virginia ," Buildings With Unusual Facades"2013. https://duranvirginia.wordpress.com/2013/04/18/curiosities-11-buildings-with-unusual-facades/
39. http://www.linkedin.com/pub/richard-rush/13/661/95b
40. https://procrastinationsubjects.wordpress.com/2012/01/19/jean_marie_tjibaou_cultural_center.

Elements of intelligent façades of Buildings Systems

Prof. Hafsa AL Omari
University of Mosul
Ebtisam Sameer Idrees Alsawaf
University of Mosul
Prof. Bahjat Rashad Shaheen
University of Baghdad

Abstract:

The world's recent increase in energy consumption has led to a phenomenon which is known as global warming (a change in the global climate as a result of human activities, where CO2 gas resulted from fossil fuel combustion contributes in this phenomenon). Global warming in particular is considered one of the most critical environmental issues. This has led to the increase in the attention regarding the development of different techniques which aim to reduce global energy consumption. These techniques include effective architectural designs which could reduce building energy loads and greenhouse gases. Hence, the intelligent insulator in buildings has an effective role in reducing fossil energy consumption by employing renewable energy sources and providing a comfortable environment for occupants. The intelligent façade represents the main means to achieve

this goal. It separates between the outer and inner space and thus it works as a controller of the dynamic performance of the building. The intelligent façade's function is to provide thermal, audio and visual comfort for its occupants. **The research problem represented was the lack of local studies on the elements of intelligent facade systems, therefore, we set the goal of the research by bridging the knowledge gap regarding the effectiveness of intelligent facade systems of buildings and indicating their importance**.