دور هندسة العوامل البشرية في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية

The Role of Human Factors Engineering in Designing Interactive Metal Facades

أ.د وائل محمد جليل محمد جليل

أستاذ هندسة العوامل البشرية بقسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية والحديدية، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

Prof. Wael Mohamed-Galil Mohamed-Galil

Professor of Human Factors Engineering - Department of Metal Furniture - & Constructions – Faculty of Applied Arts - Helwan University

dr.wgalil@hotmail.com

أ.م.د وليد إبراهيم حسن

الأستاذ المساعد بقسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية والحديدية، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

Dr. Walid Ibrahim Hasan

Assistant Professor - Department of Metal Furniture - & Constructions – Faculty of Applied Arts - Helwan University

drwel.1977@gmail.com

ملخص البحث:

إن التطور المتسارع في الثورة التكنولوجية الرقمية الحديثة إلى التأثير على كافة مجالات الحياة والتي وصل أثرها إلى فنون العمارة والتصميم, ومع دخول التفاعلية في التطبيقات المعمارية أصبحت المواد والتقنيات المتطورة تعيد تعريف العلاقة بين العمارة والعالم المادي وخاصة فيما يتعلق بأغلفة وواجهات المباني.حيث أصبحت الواجهات تستجيب بفاعلية مع المؤثرات الداخلية والخارجية فى البيئة وهو ما يعرف بمصطلح السلوك الذكي والذي يعمل على تجاوب هذه الواجهات التفاعلية مع المؤثرات البيئية المختلفة من خلال ما تزوده به الأنظمة الحاسوبية من معلومات .لذا تعرض هذه الدراسة من خلال منهج تحليلى استقرائى لدور هندسة العوامل الإنسانية في دعم تصميم الواجهة المعدنية التفاعلية.وتهدف الدراسة إلى التأكيد على أهمية هندسة العوامل الإنسانية كمحدد تصميمي لجوانب الصياغة التعبيرية والوظيفية لتصميم الواجهة المعدنية التفاعلية, وكذلك وضع منهجية تصميمية قائمة على الاستفادة بهندسة العوامل البشرية في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية.وتوصلت الدراسة إلى تقديم منهجية تصميمية مقترحة لإبداع واجهات معدنية تفاعلية تتوافق وخصائص هندسة العوامل البشرية وهو ما يمكن أن ينتج تفاعل مادي بين الواجهات المعدنية التفاعلية والمستخدم وبالتالي إحداث تغير ثلاثي الأبعاد لكل وحدات الواجهات المعدنية التفاعلية نتيجة الاستجابة للمحفزات البيئية الخارجية مثل الصوت والحركة والضوء والحرارة ، لينتج عنها تشكيلات تصميمية حيوية كنتيجة لإعادة ترتيب وحداتها.

الكلمات المفتاحية: هندسة العوامل البشرية –الواجهات المعدنية– الواجهات التفاعلية

Abstract:

The rapid development in modern digital technology has influenced all life aspects; and its impact has reached the arts of architecture and design. As interactivity has been introduced to architectural application; the advanced materials and techniques is redefining the relation between architecture and the physical world; especially in the fields of buildings claddings and facades.Facades nowadays effectively respond to the internal and external effects of the environment; in what is known as “the intelligent behavior”, which ensures that these facades can react to the different environmental effects through the information fed into it by

computer systems. This research discusses the role of human factors engineering in supporting the process of designing interactive metal façade, through an analytical inductive method.The research aims to emphasize the importance of human factors engineering; as a design determinant of the expressive and functional formation aspects; in designing interactive metal façades, and to develop a design methodology based on the utilization of human factors engineering, to design interactive metal facades.The research managed to provide a proposed design methodology to create interactive metal facades, that comply with the characteristics of the human factors engineering; and can develop a physical interaction between the interactive metal facades and the user, thus; create a three-dimensional change in all the units of the interactive metal facade, as a result of responding to the external environmental effects; such as sound, movement, light and temperature, so that active design formations are created due to the re-arrangement of its units.

Keywords: Human Factors Engineering - Metal Facades - Interactive Facades

مقدمة البحث

إن التطور المتسارع في الثورة التكنولوجية الرقمية الحديثة إلى التأثير على كافة مجالات الحياة والتي وصل أثرها إلى فنون العمارة والتصميم، ومع دخول التفاعلية في التطبيقات المعمارية أصبحت المواد والتقنيات المتطورة تعيد تعريف العلاقة بين العمارة والعالم المادي وخاصة فيما يتعلق بأغلفة وواجهات المباني.

حيث أصبحت الواجهات تستجيب بفاعلية مع المؤثرات الداخلية والخارجية فى البيئة وهو ما يعرف بمصطلح السلوك الذكي والذي يعمل على تجاوب هذه الواجهات التفاعلية مع المؤثرات البيئية المختلفة من خلال ما تزوده به الأنظمة الحاسوبية من معلومات.

ولأن كل تصميم هو موجه لخدمة الإنسان فإن الاعتبارات البشرية توضع دائما في الحسبان كاعتبار رئيسي يستهدف توافق هذه الأنظمة مع الخصائص البشرية لتحقيق الراحة والأداء المثالي، وبالتالي التوجه نحو إبداع غلاف معدني ذكي تقوم فكرته على دمج مجموعة الخواص التى تقوم بها الأغلفة التقليدية لواجهات المباني فى غلاف واحد متطور ومركب يحقق أهداف هندسة العوامل البشرية وهي دراسة الصفات البشرية وتصميم بيئة مناسبة للعمل والمعيشة تتجاوب مع الخصائص البشرية.

والواجهة المعدنية التفاعلية كأحد عناصر البيئة تنبثق عنها عديد من ردود الأفعال إيجابية وسلبية، إزاء ما تكفله خصائص الواجهة المعدنية التفاعلية من استيفاء "لاعتبارات هندسة العوامل الإنسانية" فالواجهة تعبر عن المنشأ، باعتبار أن اعتبارات هندسة العوامل الإنسانية هي " نتاج " لتشكل استجابات الفرد والمجتمع، وتعد الأساس للتلاقي الوظيفي التشكيلي لتصميم الواجهة المعدنية التفاعلية والتي تتوافق مع حاجات مستخدمي المنشأ.

لذا تعرض هذه الدراسة من خلال منهج تحليلى استقرائى لدور هندسة العوامل الإنسانية في دعم تصميم الواجهة المعدنية التفاعلية.

المشكلة البحثية: تنبع مشكلة البحث من النقاط التالية:

1. القصور في الاستفادة بعلم هندسة العوامل البشرية في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية.
2. الحاجة إلى وضعمنهجية تصميمية المقترحة لإبداع واجهات معدنية تفاعلية تتوافق وخصائص هندسة العوامل البشرية

أهداف الدراسة: تهدف الدراسة إلى:

1. التأكيد على أهمية هندسة العوامل الإنسانية كمحدد تصميمي لجوانب الصياغة التعبيرية والوظيفية لتصميم الواجهة المعدنية التفاعلية.
2. وضع منهجية تصميمية قائمة على الاستفادةبهندسة العوامل البشريةفي تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية.

المنهج المتبع في الدراسة:

ينتهج البحث في سياق الدراسة منهج استقرائي تحليلي.

محاور البحث:

لتحقيق أهداف البحث تقوم الدراسة على المحاور التالية:

المحور الأول: الخصائص العامة للواجهات المعدنية التفاعلية

المحور الثاني: انعكاس هندسة العوامل البشرية على تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية

المحور الثالث: دراسة تحليلية لبعض نماذج الواجهات المعدنية التفاعلية

المحور الرابع: منهجية مقترحة لتفعيل الاستفادة بهندسة العوامل الإنسانية في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية

المحور الأول: الخصائص العامة للواجهات المعدنية التفاعلية

تعتبر الواجهات المعدنية بمثابة الغلاف الحامي /الفلتر بين المناخ الخارجي والداخلي، ويعتمد تصميم عناصر الواجهات المعدنية التفاعلية على تحقيق أهداف وظيفية وبيئية (كالعزل والتهوية والإضاءة الطبيعية ...)

شكل (1) بعض أشكال الواجهات المعدنية التقليدية

وأنظمة الواجهات المعدنية التفاعلية تعمل كأسطح رأسية (ثنائية الأبعاد) تحيط بالفراغ الداخلى والواجهات يمكن أن تعمل كعنصر إنشائى فى بعض الأحيان لكن لا يشترط ذلك. ويمكن ان يحدث فيه دمج بين الفراغ الداخلى والواجهات ليشكل غلاف ثلاثى البعد يغلف الفراغ الداخلي للمنشأ ليكون أشمل وأكثر مرونة، والذي يتفاعل مع المؤثرات الخارجية والداخلية لتوفير أكثر سبل الراحة والأمان والمعالجات الشكلية الجمالية في إطار رقمي تكنولوجي.

لذلك تستخدم النظم الحركية الديناميكية فى تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية للحصول على تصميم ديناميكي يلبى الاحتياجات البيئية الثابتة والمتغيرة، من خلال منظومة التكامل بين هندسة الإنشاء، ونظم التحكم التلقائي، والتكيف البيئي، مع دمج تقنيات التحكم الرقمي داخل منظومة التصميم التفاعلي للواجهة.

حيث أدت العمارة التفاعلية الحديثة إلى تطوير مفهوم العمارة المهني والمعرفي من خلال "تحطيم" حدود العمارة التقليدية والتطلع نحو آفاق مهنية جديدة، لم تكن سابقا ضمن اهتمامات العمارة وحتى مجالها الحيوي المؤثر عادة، فالتفاعلية تأخذ بعين الاعتبار المتغيرات الرقمية الكبرى التى طرأت على هذا العصر وتوظفها في إبداع عمارة كونية متغيرة تتجاوز المفهوم التقليدي، لتصبحتصميم جديد ذو أبعاد افتراضيةمتأثرا يتلك المتغيرات المشغولة بها البشرية الآن. (Fox, M and Kemp, M 2009)

وفي تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية تتجه العمارة التفاعلية الحديثة نحوإحلال قيم تصميمية جديدة تكون متماشية مع متطلبات العصر، عصر المعرفة المتجددة، والبيئة المعلوماتية المتحمكة بها الرقمية، انها باختصار تدفع في اتجاه الغاء قوانين الهندسة الاقليدية المألوفة، والتوجه نحو صياغات تكوينية لواجهات تفاعلية تتحدى قوانين الجاذبية، وتكون مليئة بالالتواءات الديناميكية والانحرافات والاستجابة اللحظيةلمتطلبات المستخدم وتجاوب فوري بين عناصرها التصميمية لأي مؤثرات سواء كانت خارجية أو داخلية.

حيث أدت التفاعلية إلى أنيخترق الواقع الافتراضى العمارة الحقيقية ليحل محلها جزئياً, ليتحول مجال العمارة إلى الجمع بين تنوعات كثيرة من العالم الافتراضى وهو ماأشار إليه " يان كير سالى Yann Kersale "(*)والذي لايرى نفسه معماريا ولا فنانا ضوئيا ولا فنانا أرضيا لكن كفنان يأخذ عناصر من هذه المجالات ويدمجها فى التكنولوجيا المتطورة لخلق أشكال مولدة جديدة والنتيجة تتزاوج فيها العمارة التكنولوجيا العالية مع لا مادية الضوء وبخلط المادة والموجة تمكن كيرسالى Kersaleمن إبداع فن جديد يجمع بين العلم والتكنولوجيا.(رأفت ,علي:2007)

ومن تطبيقات الأنظمة التفاعلية الحركية في تصميم الواجهات المعدنية ما يعرف بتقنيات الأسطح البينية والتي تتحكم في الفصل والتحول بين المناخ الداخلي والخارجي، وتعتمد تلك التقنية على تطوير فكرة استخدام الزجاج المزدوج الطبقات، بإضافة طبقة زجاجية أخرى ذات سطح خشن لخلق فجوه هوائية، مع إضافة عناصر التحكم الشمسي كمثل الكاسرات والستائر الهوائية المتحركة كاستجابة للمؤثرات البيئية، والتي يمكن بواسطتها التحكم في حركة الهواء Air flow من أعلى أو من أسفل، وبفعل التعرض للهواء يتكون ضغط بسيط داخل التجويف الهوائي يسمح بحركة الفتح لشرائح الستائر الهوائية، للتخلص من الهواء العادم ومن ثم يأخذ الهواء الدافئ مكانه، ثم ترتد الشرائح لتغلق ذاتيا.

*يان كير سالى Yann Kersale: فنان ومعماري فرنسي ولد 1955 اشتغل في معظم أعماله بالضوء والإبداع الضوئي والمتحرك.

شكل (2) نموذجلأحدى الواجهات المعدنية التفاعلية المتحركة

وهناك أربع درجات من الأنظمة التفاعلية في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية: أنظمة سلبية Passive، أنظمة مستجيبةReactive، أنظمة مستقلة Autonomous، وأنظمة عوامل Agent. في النظم السلبية والمستجيبة، تكون استجابات النظام لبيئته مثل إجراء منعكس للمؤثرات. في حين أن المدخلات/المؤثرات البيئية، في الأنظمة المستقلة والعوامل، تمر عبر عدة تقييمات ثابتة ضد المخرجات المطلوبة لتحويل هدف التصميم التفاعلي من تصميم السلوك إلى تصميم العملية التي تؤدي إلى السلوك. في هذه الحالة، تشكل المخرجات المرغوبة جزءًا من المدخلات، وبالتالي، يمكن للنظام تقييم الأداء الأمثل والقيام به للوصول إلى السلوك المطلوب. (Shemirani,Tella Irani:2017: p.15)

ويوضح الجدول التالي الفروق بين الواجهات المعدنية التقليدية والواجهات المعدنية التفاعلية:

جدول (1) الفروق بين الواجهات المعدنية التقليدية والواجهات المعدنية التفاعلية

عنصر المقارنة	الواجهات المعدنية التقليدية	الواجهات المعدنيةالتفاعلية
البعد التصميمي والتشكيلي		
الفكر التصميمى	الواجهة مسطح رأسى يفصل بين الفراغ الداخلى والخارجى	الواجهات مع الفراغ الداخلى تشكل غلاف تفاعلي يتكامل ومحتوى الفراغ المعيشى
التشكيل والتعبير المعمارى	تشكيلات رأسية وأفقية أو مزيج منها , والتعبير التشكيلي يعتمد على تطويع المصمم للطرز التقليدية	تشكيلات ديناميكية تفاعلية حرة ثلاثية الأبعاد, والتعبير الجمالي مبتكر يعتمد على الإبداع العلمي والفهم المتعمق لوظائف الغلاف

العلاقة التبادلية مع الطبيعة	الواجهات حاجز فاصل بين الفراغ الداخلى للمنشأ والطبيعة	الغلاف الخارجى متفاعل ومندمج مع الطبيعة ويتغير شكله بتغير الموقع
البعد الوظيفي والبيئي		
الوظيفة	التحكم فى السماح بدخول ومنع الظروف البيئية المرغوبة والغير مرغوبة	مرشح تفاعلي مرن يستجيب بتفاعلية وذكاءللمؤثرات البيئية الخارجية والداخلية
الإنشاء	الواجهة جزء مضاف إلى المنشأ وقد تحتوى الواجهات على العناصر الإنشائية	الغلاف التفاعلي عنصر إنشائي مستقل بذاته له وظائفتشكيلية وبيئية
العوامل البيئية والتحكم البيئى	المعالجات البيئية جزء مضاف إلى الواجهات ومن ثم يكون تحكم بيئى محدود	المعالجات عناصر مكونة لتصميم الغلاف التفاعلي ومن ثم التحكم البيئي المتكامل فى الظروف الداخلية والخارجية
المفردات المعماريةوالمواد المستخدمة		
المفردات المعمارية	عناصر تقليدية – تكسيات – كاسرات شمس – فتحات ذات تغطيات (شيش – حصيرة...)	أسطح ديناميكية تفاعلية حرة التشكيل وتؤدى الوظائف البيئية والتشكيلية
مواد البناء	المواد التقليدية – طوب – أحجار – حوائط زجاجية – خشب	مواد مرنة التشكيل عالية الكفاءة ذات خصائص تكنولوجية ورقمية وتقنية نانونية

المحور الثاني: انعكاس هندسة العوامل البشرية على تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية

1- مدخل إلى علم هندسة العوامل البشرية:

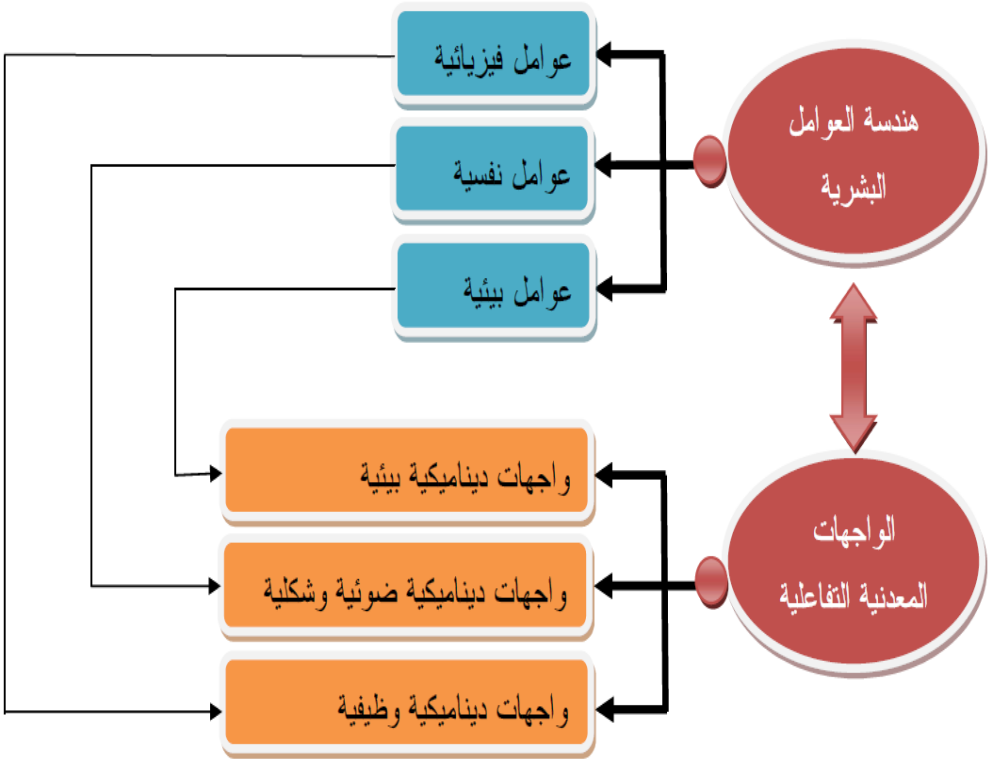
يعتبر علم هندسة العوامل الإنسانية Human factors من العلوم التي فرضتها حاجة الإنسان لتصميم وتطوير المنتجات من أجل البشر وكيفيه تحقيق ذلك من خلال التقنيات المتاحة ويضم فرع معرفة هندسة العوامل الإنسانية كل من الهندسة engineeringوعلم النفس المعرفيcognitive psychology, حيث تهتم الهندسة بالأنتروبومترية anthropometry, وبيئة العمل , بينما يهتم علم النفس المعرفيبدراسة السلوك البشرى في ضوء العمليات الداخلية النفسية والذهنية التي تدفعه لذلك السلوك, وهندسة العوامل البشرية يطلق عليها في بعض الدول الأرجونوميكسErgonomics.

وكلاً من الأرجونوميكس أو هندسة العوامل الإنسانية له نفس التعريف العلمي ونفس الأهداف, وتمثل نطاق علميهتم بالعوامل البشرية وهو يتعلق بفهم التفاعل بين الإنسان وعناصر النظام الأخرى - وهو المهنة التي تطبق النظرية والمبادئ والبيانات والأساليب في التصميم بغرض تحسين معيشة البشر وأداء النظم التي يشكلون هم جانبا منها,ويسهم هذا العلمفي تصميم وتقييم المهام والوظائف والمنتجات والبيئات والنظم بغرض جعلها متوافقة مع احتياجات وقدرات ومعوقات أداء البشر.(https://www.iea.cc)

وقد تطور علم هندسة العوامل الإنسانيةأوالأرجونوميكس من السياق التقليدي لعلاقة الإنسان والآلة مروراً بالماكروارجونوميكس الذي يتضمن إطار تنظيمي لعلاقة الإنسان والآلة في البيئة ووصولاً إلى السياق التفاعلي الذي يتضمن علاقة الإنسان مع الأجهزة التفاعلية والبيئات التفاعلية. (J. Guastello,Stephen:2013)

2- العلاقة التبادلية بين هندسة العوامل الإنسانية وتصميم الواجهات المعدنية التفاعلية

تتسم العلاقة بين العوامل الإنسانية وتصميم الواجهات المعدنية التفاعلية في كيفية التأثير المتبادل بينهما حيث ترتبط العوامل الإنسانية بتحديد الفعل السلبي على الإنسان وتحديد كيفية تجنبه، بينما تهتم عملية تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية بتحقيق استجابة متغيرة تتوقف ونوعية المؤثر وحجمه ومن ثم الحاجة إلى ردود استجابة متوافقة والإنسان وتحقيق راحته داخل المنشأ الذي تمثل الواجهة أولى عناصره والغلاف الحامي له.



شكل (3) العلاقة التبادلية بين هندسة العوامل الإنسانية وتصميم الواجهات المعدنية التفاعلية

وسيتم توضيح هذا التأثير من خلال النقاط التالية:

أ-العوامل الإنسانية الفيزيائية (البدنية)Physical H.F :

وهو مجال يتعامل مع رد فعل الإنسان والأحمال الفيزيائية، يشير مصطلح "رد الفعل " إلى المهام الضرورية لأداء العمل، ويعتني هذا المجال بما يمكن تسميته (تحليل المخاطر Hazard Analysis) والتي تتضمن ما يلي:

- العوامل الفيزيائيةPhysical Factors
- القياس فيزيائيPhysical Size
- النوع/الجنسSex
- العمرAge
- الخصائص البدنيةPhysical characteristics
- القوةStrength
- الحدود الحسيةSensory limitations . (Michael Maddox: 2014: p.7)

ومن ثم يهتم فرع العوامل الإنسانية البدنية لدراسة الطبيعة البشرية من حيث:

- الصفات البدنية والتشريحية والفسيولوجية متضمنة التشريح الوظيفي Functional Anatomyوالوصفي Descriptive Anatomy والظاهري Surface Anatomyللجسم البشرى.

– وظيفة وأداء الحواس البشرية (الإبصار-السمع –الشم –اللمس-التذوق) وعلاقتها بتصميم المنتجات التي يتعامل معها الإنسان.

– قياسات أبعاد جسم الإنسان والمدى الوظيفي لحركة أجزاء الجسم المختلفة.

– دراسة لأنماط الجسم البشرى.

– الصفات الميكانيكية للجسم البشرى. (مصطفى، أحمد وحيد: 2010: ص79:76)

ويمكن تحديد العوامل الإنسانية الفيزيائية المؤثرة على تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية فيما يلي:

إن اتخاذ العوامل الإنسانية الفيزيائية "مؤشرا تصميميا" لتصميم الواجهة المعدنية التفاعلية يهتمبتحديد دور تلك العواملفي الدفع بالصياغة التصميمية للواجهة المعدنية التفاعلية بشقيهاالوظيفي النفعي والتشكيلي التعبيري تجاه ما يكفل استيفائها للجوانب الوظيفية للإنسان المستخدم، إزاء الدور الذي تلعبه "الملائمة الوظيفية" في تعزيز المردود النفعي لايجابيات استخدام المنشأ، وباعتبار أن وظيفة التصميم الوظيفي والتصميم التشكيلي كل لا يتجزأ، أهدافه المجملة تخلص إلى تحقيق الراحة ، ومن ثم فان دور العوامل الإنسانية الفيزيائية في توجيه الصياغة التصميمية للجوانب الوظيفية والتعبيرية لتصميم الواجهة المعدنية التفاعلية يتعلق بشقين (شق نفــعي وظيفي - شق حســي تشكيلي).

ولأنإنشاء وصيانة الواجهات المعدنية التفاعلية من المجالاتالديناميكية المهمة والمحفوفة بالمخاطرمما يجعلها فريدة من نوعها في إيجاد تحدياتتتعلق بجوانب العوامل الإنسانية الفيزيائيةوالتي يتم تنفيذها في الموقع. ولذلك هناك الكثير من العوامل الحاكمة التي يمكن أن تؤخذ بعين الاعتبار في تنفيذ الواجهات المعدنية التفاعلية والتحكمفي عوامل الخطر الأرجونومية على الإنسان أثناء التصنيع والتشييد والاستخدام. ((A. H. Abdul-Tharim et. Al,2011: p.80

وتحليل المخاطر المحتملة Prospective Hazard Analysis هو نهج تنظيمي مرتبط بهندسة العوامل الإنسانيةويسمح بنهج تنبؤي واستباقي لحل المشكلات الناتجة عن المخاطر المرتبطة بالتصميموالمؤثرة على العنصر البشري بشكل مباشر، وبالتالي توفر إمكانية لتحديد المشاكل في النظم القائمة والمصممة، والأهم من ذلك، فرص تحسينها. وتستخدم هذه الطرق بشكل متزايد في أماكن ومنشأت الرعاية الصحية، خاصةً لتقييم مخاطر سلامة المرضى، ومن ثم فإن مراعاة تحليل هذه المخاطر يبدأ من الغلاف الخارجي للمنشأ. (Ward et al.,2010: p.19)

وتتم عملية تحليل المخاطر المحتملة Prospective Hazard Analysis في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية عبر مجموعة من الخطوات المتتابعةالضرورية لإجراءتحليل **PHA** وهي كما يلي:

1. وصف دقيقللنظام الاجتماعي-التقني socio-technical system المتواجد به الواجهات المعدنية التفاعلية.
2. إنشاء وصف دقيق للعملية محل التحليل.
3. تحديد المخاطر مستقبلاً - أي أين الضرر المحتمل؛ أين قد يفشل النظام؟
4. تحليل العواقب الناشئة عن المخاطر وتحديد أولوياتها.
5. التوصية باستراتيجيات التخفيف والحد من المخاطر أو القضاء على المخاطر. (Buckl,Pete:2014: p.2)

ب- العوامل الإنسانية النفسية :Psychology H.F

ويهتم هذا المجال بتطبيق مبادئ علم النفس في تصميم المنتجات والبيئات المختلفة من اجل تعزيز الإنتاجية والسلامة في بيئة العمل ,وتتعدد الموضوعات التي يطرحها كالأخطاء البشرية Human errorوالتفاعل بين الإنسان والحاسب الآلى Human-Computer interaction والقدرات البشرية Human capability وسهولة الاستخدام Usability وخبرة المستخدم User experience والسلامة في بيئة العمل Workplace safety , ويهدف أيضاً إلى تطوير

المنتجات ليزيد من سهولة الاستخدام , ويحسن من كفاءة العمل في البيئات المختلفة , وذلك من خلال استكشاف الطرق التي يتفاعل بها الإنسان مع المنتجات والبيئات , وتصميم واجهات إستخداميه أكثر فهما وسهولة , وتقييم الأساليب المختلفة التي يمكن أن تحسن من فائدة المنتج والأداء . وتقع العوامل الإنسانية الذهنية والعاطفية ضمن نطاق العوامل الإنسانية النفسيةكما يلي:(مصطفى، أحمد وحيد: 2010: ص82)

العوامل الإنسانية الذهنية Cognitive H.F:

يبحث في الصفات العقلية والقدرات الذهنية للإنسانكالإدراك الحسي والقدرة على الفهم Perception والذاكرة Memoryوأعمال المنطق فى الاستنتاج والاستنباط Reasoning والاستجابات الحركية Motor responses

العوامل الإنسانية العاطفية :Emotional H.F

تهتم بكيفية تصميم المنتجات والخدمات والبيئات وغيرها بحيث تكون مرغوبا فيها ومحببة إلى النفس، وتشعر من يستخدمها أو يراها بالسعادة والمتعة والرضا، وعلى عكس ذلك تجنب استخدام ما يثير غضب المستخدم.

ويمكن تقسيم محددات العوامل الانسانية الفسيولوجية Psychological Factors إلى مجموعة من المحددات الرئيسية تتفرع منها مجموعة أخرى فرعية كما يلي :(Maddox,Michael: 2014: p.7)

- المحددات البدنية والعقلية Mental:

عبء العملWorkload - الخبرة Experience-المعرفةKnowledge - تدريبTraining -الصحة Health- التعب Fatigue- الحدود البدنية Physical limitations.

- المحددات النفسية والاجتماعية:

الموقف /الاتجاهAttitude - الحالة العقلية أو العاطفيةMental or emotional state-أسلوب الحياة Lifestyle- الصراعات الشخصيةInterpersonal conflicts - خسارة شخصيةPersonal loss - المصاعب المالية.

ويمكن تحديد العوامل الإنسانية السيكولوجية المؤثرة على تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية فيما يلي:

إن إغفال العوامل الإنسانية السيكولوجية (الحسية والإدراكية) للإنسان حال التناول التصميمي للواجهة المعدنية التفاعلية ينعكس على البيئة العمرانية المحيطة بعديد من السلبيات.. أكثرها وضوحا يتعلق بأوجه التغير المحتملة للنسيج العمراني الخارجي؛ نتيجة عدم استيفاء متطلبات المستخدم الحسية والإدراكية، والمتعلقة بجوانب الصياغة التشكيلية؛ ولان الواجهة هي غلاف المبنى.. وأداة التعبير التشكيلي.. فمن الطبيعي أن تؤثر الصيغ البنائية لعناصر الواجهة المعدنية التفاعلية في خصائص الأداء الوظيفي داخليا، ويمكن تحديد متطلبات العوامل الإنسانية السيكولوجيةلتصميم الواجهة المعدنية التفاعلية فيما يلي:

- متطلبات العوامل الإنسانية السيكولوجية الرمزية "التشكيلية ".. تحدد هوية المنشأ، وتثرى ثقافة ووعي المستخدم بحاضرهوماضيه.. وتجسدها الدلالات الرمزية للموروثات مع/أو الدلالات المرتبطة بالتكنولوجيا الحديثة، مع عناصر ومفردات تشكيل الواجهة المعدنية التفاعلية على اختلاف صورها الوظيفية.

- متطلبات العوامل الإنسانية السيكولوجية الإستاطيقية "الحسية ".. وترتبط بالدلالات الرمزية للعناصر التشكيليةللواجهة المعدنية التفاعلية المرتبطة بمقومات التكوين البصري ".. وتجسدها: الوحدة، والنسب، والإيقاع، والتماثل، والتوازن، والتباين.

ج- العوامل الإنسانية البيئية :Environmental H.F

يشير مصطلح "البيئة"، عند استخدامه في سياق العوامل البشرية، إلى مكان العمل المادي والإطار التنظيمي العام (Maddox,Michael: 2014: p.14)، والعوامل الإنسانية البيئية تعد مجال يبحث في التأثير البيئي على العمل بما يتضمن اعتبارات البيئة الحرارية من حرارة وبرودة ورطوبة وتهوية. كما تشكل البيئة السمعية الضوضاء واعتبارات التلوث السمعي جانبا هاما من هذا المجال. كما يهتم هذا المجال أيضا بالبيئة البصرية والإضاءة والتلوث البصري وتأثير هذه العوامل جميعا على الإنسان وما يتعامل معه من نظم ومنتجات ومهام.

ويمكن تحديد العوامل الإنسانية البيئية المؤثرة على تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية فيما يلي:

محددات الأداء الحراري:

أولاً: تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية بحيث تحقق الوصول إلى بيئة داخلية ملائمة حرارياً عن طريق تصميم غلاف المنشأ وتوزيع العناصر العازلة الداخلية وعناصر تحقيق البيئة الحرارية الداخلية بما يتلائم مع هدف المنشأ.

ثانياً: منع الآثارالحرارية غير المرغوب فيها أثناء تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية من خلال منع الاحتباس أو التسريب الحراري داخل المنشآت.

محددات الأداء الضوئي:

أولاً: الوصول إلى بيئة داخلية ذات إضاءة مناسبة للمهام والوظائف داخل المنشأ باستخدام ضوء النهار عن طريق تصميم عناصر الواجهات المعدنية التفاعلية بما يسمح بتحقيق مثاليللإضاءةسواء كانت إضاءة طبيعية أو صناعية بما يتلاءم مع هدف المنشأ.

ثانياً: تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية بحيث تمنع الإنعكاسات الضوئيةالخارجية غير المرغوب (التي تأتي من البيئة الخارجيةللمنشآت).

محددات الأداء الصوتي:

أولاً: الوصول إلى بيئة داخلية ملائمة لوصول قدر صوتي مناسب عن طريق تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية وتوزيع عناصر العزل الصوتي في غلاف المنشأ بما يتلاءم مع هدف المنشأ.

ثانياً: تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية بحيث تساهم في منع الأصوات غير المرغوب فيها ومنع الضوضاء داخل المنشآت.

المحور الثالث: دراسة تحليلية لبعض نماذج الواجهات المعدنية التفاعلية

تتعامل الدراسة التحليلية في هذا المحور مع العلاقة التبادلية بين هندسة العوامل البشرية والواجهات المعدنية التفاعلية وذلك من خلال ثلاثة اتجاهات، حيث يمثل اتجاه العوامل الهندسية الفيزيائية الارتباط بالواجهات الديناميكية الوظيفية، بينما يمثل اتجاه العوامل الهندسية السيكولوجية الارتباط بالواجهات التفاعلية الشكلية والضوئية، ويمثل اتجاه العوامل الهندسية البيئية الارتباط بالواجهات الديناميكية البيئية، وتوضح النماذج التالية هذه الاتجاهات التحليلية: -

الاتجاه الأول: العوامل الهندسية الفيزيائية /الواجهات الديناميكية الوظيفية

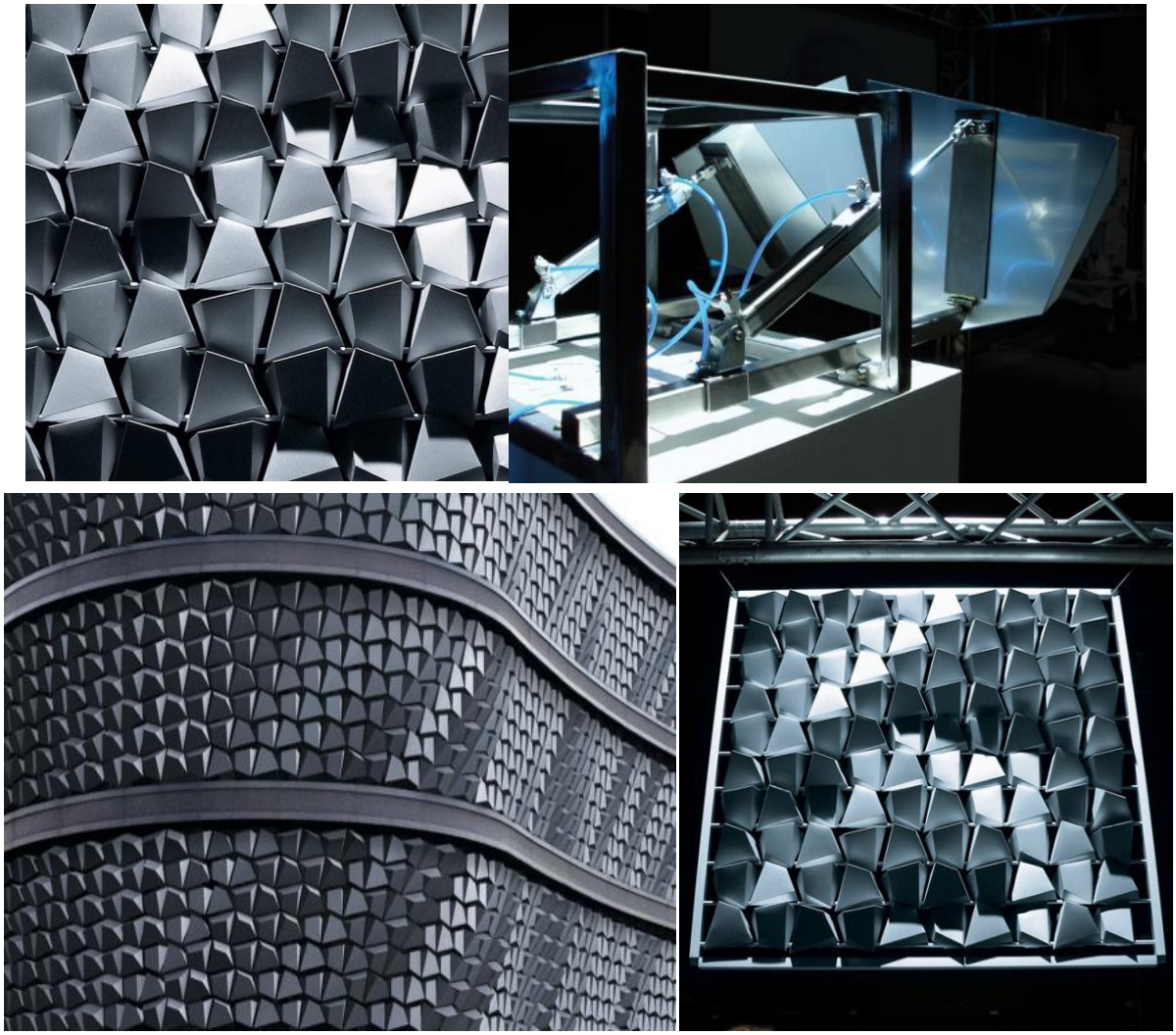
- الواجهة التفاعلية الديناميكية باستخدام تقنية انعكاس الغشاء الحركي FLARE kinetic ambient reflection

يتكون النظام **FLARE**من موشور غير منتظم irregular prismمصنوع من معدن عاكس، يتم تثبيته على شكل معدني وإطار هيدروليكي يتحكم في تحركاته. يعمل كل ذراع هيدروليكي بشكل مستقل يتم التحكم فيه بواسطة البرنامج الدوميكانيكي(*) domotic program. تتيح الحركات المختلفة درجة انفتاح الواجهة، مما يسمح بدخول الإشعاع الشمسي والتهوية القابلة للتعديل. يخلق أيضا تأثير عاكس يسمح للضوء بدخول المنشأ باستخدام نظام (تغير ديناميكي شكلي).

- تتصرف الواجهة مثل "البشرة الحية"، تسمح الواجهة المضيئة للمنشأ بالتعبير عن بيئته والتواصل والتفاعل معها.

- يتكون النظام من عدد من أجسام رقائق المعدن القابلة للإمالة والتي تكملها أسطوانات هوائية قابلة للتحكم بشكل مفرد.

- من خلال عكس الضوء المحيط أو أشعة الشمس المباشرة، تعمل رقائق Flare الفردية مثل البكسلات التي تشكلها الضوء الطبيعي. (Loonen, R. C. G. M.: 2010: p.41)



شكل (4) نظام FLEAR للواجهات الديناميكية التفاعلية

domotic*:تعنيالتكنولوجيا الروبوتية Robotic technology للاستخدام في العمارة. أو التحكم الآلي في الأجهزة داخل المحيط المعماري عن طريق الأنظمة الإلكترونية. والذي يعنيبالاتصال بين جميع العناصر ، والتي يتم تنفيذها بشكل أساسي عن طريق إرسال إشارة عبر خط تحكم ديناميكي (منفصل عن خط الالكتروني) ،.ويتمالربط بين المحركات وأجهزة الاستشعار داخل النظام بواسطة خط تفاعلي واحد.

الاتجاه الثاني: العوامل الهندسية السيكولوجية /واجهات تفاعلية ضوئية وشكلية

- واجهة فندق جاردينز- ساوباولو/البرازيل Hotel WZ Jardins in Sao Paulo, Brazil

عند الغسق، تظهر الواجهة على قيد الحياة. يتكون جزء لا يتجزأ من الغلاف المعدني من 200 شريط من مصابيح LED منخفضة الطاقة التي تخلق ديناميكية تفاعلية بين المدينة وسكانها والفندق. يتصرف النظام بشكل مستقل، يتفاعل في الوقت الحقيقي مع المحفزات البيئية والناس. تؤثر الضوضاء المحيطة التي يتم التقاطها من خلال الميكروفونات في الموقع بشكل مباشر على شكل وحركة الواجهة التفاعلية الضوئية باستخدام نظام (مواد ذكية متغيرة الضوء).

باستخدام أجهزة الاستشعار الموجودة في الموقع، يمكن للمنشأ أيضًا تغيير الألوان دقيقة تلو الأخرى لتعكس جودة الهواء المحلي. يتم تصوير الملوثات من خلال درجات نارية دافئة مثل الأحمر العميق والبرتقالي. عندما تأخذ الظروف الجوية منعطفاً للأفضل، تظهر ألوان زرقاء وخضراء أكثر برودة. يسمح تطبيق الجوال كذلك للجمهور بالتفاعل مع الشاشة. باستخدام الشاشة والصوت، يمكن للشاشة والميكروفون نقل البيانات إلى الواجهة. (Requena,Estudio (Guto:2015: p.22

- نظرًا لأن غلاف المنشأ يعمل كـ "ترمومتر"، فإنه يعطي مظهرًا جماليًا خاصًا للمنشأ.

- تتكون كل عقدة من شبكة الواجهة المعدنية steel mesh من خلية شمسية واحدة photovoltaic cell، وبطارية، ووحدة معالجة مركزية CPU، و LED RGB ، مما يخلق سحابة ضوئية صناعية حول الفندق.

- تحتوي شبكة الواجهة المعدنية المضيئة على مستشعرات تقرأ سعة الشمس في النهار، ثم تقوم كل عقدة في الليل بإعطائها اللون وفقًا لمقدار امتصاص تلك العقدة. .(Loonen, R. C. G. M. : 2010:p.52)

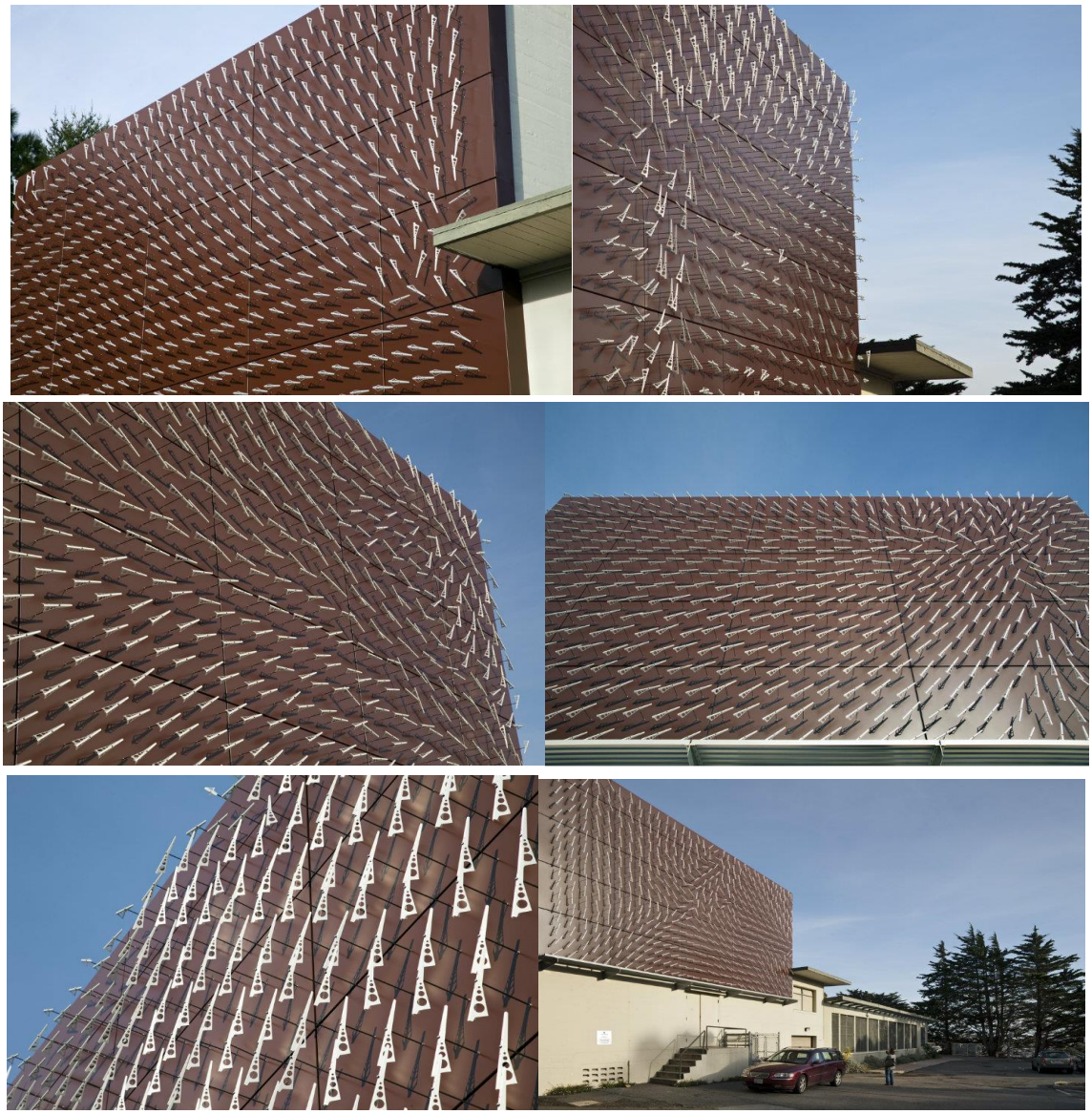
شكل (5) واجهة فندق جاردينز التفاعلية الضوئية

الاتجاه الثالث: العوامل الهندسية البيئية /الواجهات الديناميكية البيئية:

أ- الرياح / واجهة ويندسويبت Windswept-السطح الخارجي لمتحف راندال / سان فرانسيسكو:

تعد واجهة ويندسويبت Windswept هي واجهة حركية تفاعلية تستجيب للمؤثرات البيئية المتعلقةباتجاه الريح، وهي واجهة تفاعلية رائعة تتحرك في اتجاه الريح، تكشف عن الاتجاه الدقيق لوضع الرياح في موقع محدد. وتقع هذه الواجهة على السطح الخارجي للمتحف راندال في سان فرانسيسكو Randall Museum in San Francisco, ويتسم التركيب الحركي المدفوع بالرياح منتشارلز سوويرزCharles Sowerبأنه يعد جزء من تجربة فنية وعلمية في ذات الوقت، تُظهِر أداة تشارلز سوير الدقيقة التفاعلات المعقدة بين الرياح والمنشأ وتعطينا فكرة عن شيء يكون غير مرئي في العادة، وتتضمن نظام (تغير ديناميكي للاستجابة البيئية).

تم تصميمها بواسطة تشارلز سوويرز Charles Sowerعلى مدار عام، ويسعى التصميم إلى الكشف عن حركة الرياح التي تتفاعل مع جانب المنشأ، ويعد تصميمWindwept هو أحد الأمثلة على كيفية جعل الرياح مرئية، أو على الأقل اتجاهها. كل من 612 أسهم اتجاهية تدور بحرية على نقاط ارتكاز حرة تتجاوب مع الرياح ومن ثم فهي تشير إلى اتجاه التدفق الخاص بالرياح. (Draper,Powell:2015: p.15)



شكل (6) واجهة ويندسويبت Windswept التفاعلية لحركة الرياح

ب- التظليل / الواجهة الديناميكية لمعرض كيفر التقني Kiefer Technical Showroom

"الواجهة الديناميكية للتحكم بواسطة المستخدم"، وهي صممتلمعرض كيفر التقني Kiefer Technical Showroom، وهو مشروع بني في مدينة ستيرمارك Steiermark، النمسا (2007). الطريقة التي تعمل بها الواجهة الديناميكية هي من خلال أدوات التحكم الإلكترونية من داخل المنشأ والتي يمكنها التحكم بشكل فردي في كل محرك من المحركات الـ 54 التي تكون الواجهة. إنها تقنية بسيطة لا تتضمن أي نوع من الأنظمة الذكية ذاتية التجاوب وتستجيب فقط إلى تحكم المستخدم من شاغلي المنشأ. وفي نفس الوقت تعمل الواجهة نفسها كجهاز تظليل ولكنها تمنح المستخدمين التحكم في زاوية اللوحة، وكمية الضوء التي تنتقل إلى الفراغ الداخلي، وهي تتضمن نظامي (تغير ديناميكي شكلي) او (تغير ديناميكي للاستجابة البيئية).

يتميز معرض Kiefer Technical Showroom في النمسا بواجهة ديناميكية المكونة من واقيات الشمس التي يمكن فتحها وغلقها وفقًا للظروف البيئية المتغيرة. عند فتحها بالكامل، يمكن دخول الكثير من ضوء النهار لأن الجدار الخارجي للمنشأ شفاف تمامًا. (Marysse,Chloë:2016: p.172)

شكل (7) واجهة معرض كيفر للتظليلالتفاعلي

المحور الرابع: منهجية مقترحة لتفعيل الاستفادة بهندسة العوامل الإنسانية في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية

يعتبر دمج وتحليل المعلومات والتي تم التوصل إليها من خلال هذا المحور في صورة منهجية مقترحة لتفعيل الاستفادة بهندسة العوامل الإنسانية في تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية من أهم الدلائل التي تؤكد أهمية البحث، والتي تؤكد أيضاً ما تم عرضه من معلومات خلال البحث بحيث تهدف المنهجية المقترحة إلى تطوير أساليبتصميم الواجهات المعدنية التفاعلية بحيث تخضع منذ مراحله الأولى لهندسة العوامل الإنسانية.

وتهدف المنهجية المقترحة إلى الوصول إلى حلول تصميمية متعددة من خلال توفير أساس علمي وخطوات منهجية متتابعة والتي تتكون من أربعة مراحل رئيسية وهي: -

المرحلة الأولى: تحديد متطلبات هندسة العوامل البشرية

وتنقسم هذه المرحلة إلى ثلاثة خطوات وهي: -

تحديد متطلبات العوامل الفيزيائية المرتبطة بالمستخدم والتي على أساسها يمكن تحديد متطلبات وخصائص الأداء الوظيفي للواجهة موضع التصميم.

تحديد متطلبات العوامل السيكولوجيةالمرتبطة بالمستخدم والمجتمع والبيئة الثقافية والتي على أساسها يمكن تحديد متطلبات وخصائص الأداء الشكلي للواجهة موضع التصميم.

تحديد متطلبات العوامل البيئيةالمرتبطة بخصائص البيئة الخارجية والداخلية للمنشأ والتي على أساسها يمكن تحديد متطلبات وخصائص الأداء البيئي سواء الحراري أو الضوئي أو الصوتي للواجهة موضع التصميم.

المرحلة الثانية: تحديد نوع الواجهات المعدنية التفاعلية

وتنقسم هذه المرحلة إلى ثلاثة خيارات وهي: -

واجهات ديناميكية بيئية وهي الواجهات التي تحقق تفاعلية مع المؤثرات البيئية المختلفة وهي أكثر ارتباطاً بتحقيق اعتبارات هندسة العوامل الإنسانية البيئية.

واجهات ديناميكية ضوئية وشكليةوهي الواجهات التي تحقق تفاعلية مع المؤثرات الجمالية والتشكيلية المختلفة وهي أكثر ارتباطاً بتحقيق اعتبارات هندسة العوامل الإنسانية السيكولوجية.

واجهات ديناميكية وظيفيةوهي الواجهات التي تحقق تفاعلية مع خصائص المستخدم المختلفة وهي أكثر ارتباطاً بتحقيق اعتبارات هندسة العوامل الإنسانية الفيزيقية.

المرحلة الثالثة: تحديد طبيعة النظم التفاعلية المستخدمة

وتنقسم هذه المرحلة إلى ثلاثة أنظمة يتم اختيارهم وفق المرحلة السابقة وهي: -

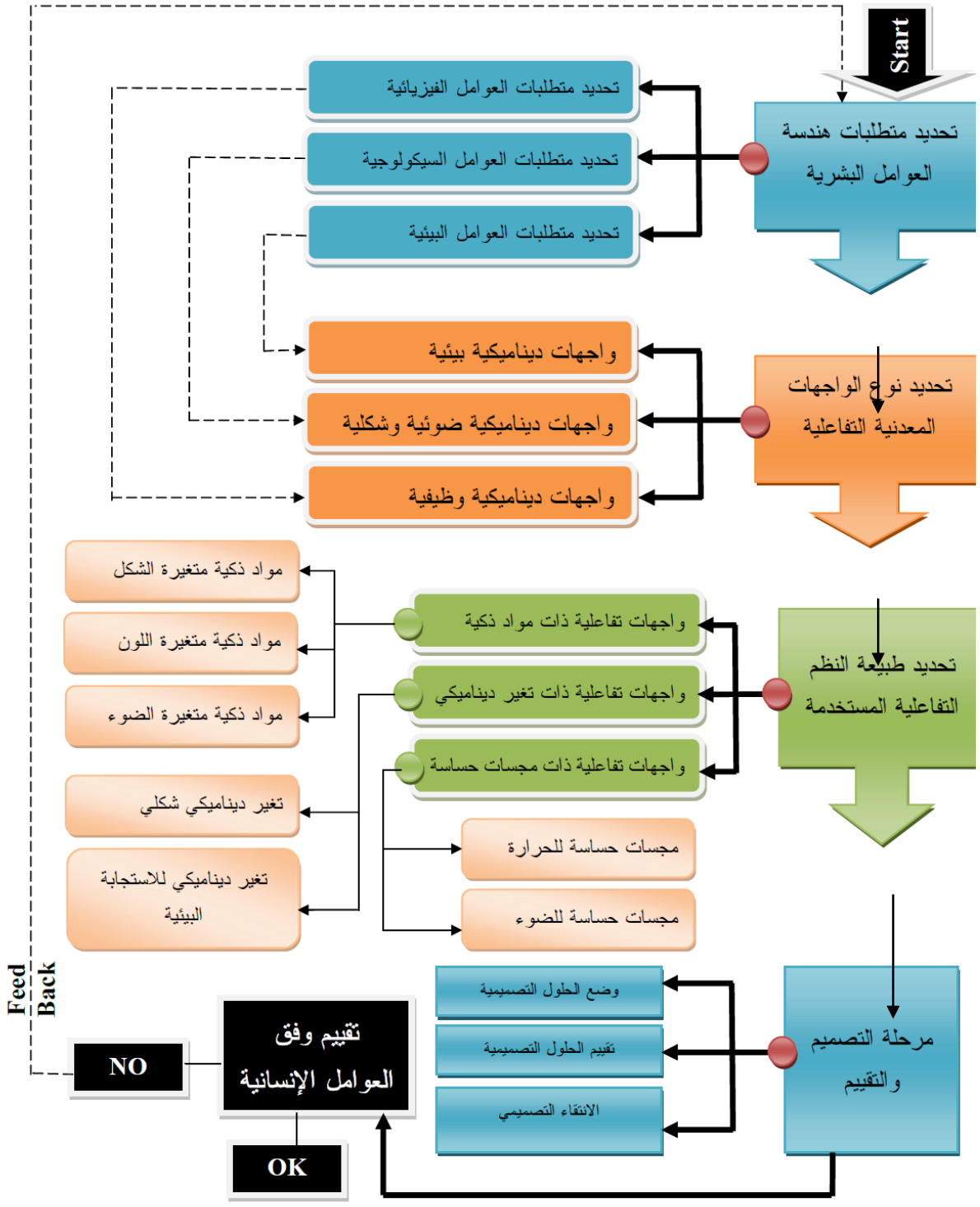
واجهات تفاعلية ذات مواد ذكية وتكون هذه المواد أما (مواد ذكية متغيرة الشكل) او (مواد ذكية متغيرة اللون) أو (مواد ذكية متغيرة الضوء).

واجهات تفاعلية ذات تغير ديناميكيوتكون هذه النظم أما (تغير ديناميكي شكلي) او (تغير ديناميكي للاستجابة البيئية)

واجهات تفاعلية ذات مجسات حساسةوتكون هذه النظم أما (مجسات حساسة للحرارة) او (مجسات حساسة للضوء)

المرحلة الرابعة: مرحلة التصميم والتقييم

وفي هذه المرحلة يتم وضع الحلول التصميمية ثم تقييم الحلول التصميمية ومن ثم الانتقاء التصميمي وبعد ذلك التقييم العام وفق هندسة العوامل الإنسانية، في حالة النجاح في التقييم يتم إجراء الرسومات التفصيلية والهندسية ودراسة للأنظمة التفاعلية الداخلة في التصميم، أما في حالة الفشل في التقييم يتم إجراء تغذية عكسية نحو متطلبات هندسة العوامل الإنسانية، ومن ثم تعديل التصميم، ويوضح الشكل التالي مخطط للمنهجية التصميمية المقترحة: -



شكل (8) المنهجية التصميمية المقترحة

نتائج البحث:

1. تتسم العلاقة بين العوامل الإنسانية وتصميم الواجهات المعدنية التفاعلية في كيفية التأثير المتبادل بينهما حيث ترتبط العوامل الإنسانية بتحديد الفعل السلبي على الإنسان وتحديد كيفية تجنبه، بينما تهتم عملية تصميم الواجهات المعدنية التفاعلية بتحقيق استجابة متغيرة تتوقف ونوعية المؤثر وحجمه ومن ثم الحاجة إلى ردود استجابة متوافقة والإنسان وتحقيق راحته داخل المنشأ الذي تمثل الواجهة أولى عناصره والغلاف الحامي له.
2. يعتمد تحقيق العلاقة التبادلية بين هندسة العوامل الإنسانية وتصميم الواجهات المعدنية التفاعلية على إعطاء الواجهة المعدنية التفاعلية شكل متكامل كوحدة واحدة محكمة تتجاوب بفاعلية مع العوامل والمؤثرات الخارجية المختلفة مع تحقيق الأداء الشكلي الجيد والبيئي من خلالالأداء الضوئيوالصوتي والحراري لهذه المنشأت.
3. مع توظيف التقنيات التفاعلية وإدماجها في تصميم الواجهات المعدنية، أصبح بإمكان هذه الواجهات الاستجابة بفاعلية للمؤثرات البيئية الخارجية وكذلك الاستجابة لتوقعات المستخدم وتحقيق رغباته بصورة سريعة وميسرة وتقابل احتياجاته ورضاه وراحته الداخلية
4. توصل البحث إلى تقديم منهجية تصميمية مقترحة لإبداع واجهات معدنية تفاعلية تتوافق وخصائص هندسة العوامل البشرية وهو ما يمكن أن ينتج تفاعل مادي بين الواجهات المعدنية التفاعلية والمستخدم وبالتالي إحداث تغير ثلاثي الأبعاد لكل وحدات الواجهات المعدنية التفاعلية نتيجة الاستجابة للمحفزات البيئية الخارجية مثل الصوت والحركة والضوء والحرارة، لينتج عنها تشكيلات تصميمية حيوية كنتيجة لإعادة ترتيب وحداتها.

مراجع البحث

1. رأفت، على (2007) دورات الإبداع الفكري، الدورة البيئية عمارة المستقبل" ثلاثية الإبداع المعماري، الطبعة الأولى، مركز أبحاث كونسلت، القاهرة.

- Raft, Ali (2007) Dorat Alebda3 Elfekry- Eldora Elbeaya 3mart Elmostkbl, Tholathyt Elebda3 Elme3mary, Eltab3a Elawla, MarkzAbhathKonslt, Elkahera.

2. مصطفى، أحمد وحيد، (2010)" الأرجونوميكس فن التصميم لراحة ورفاهية البشر "، نقابة مصممي الفنون التطبيقية، الجزء الأول، القاهرة،

- Mostfa, Ahmed Waheed(2010)ElargonomicsfnAltasmeemLeraht we RafahytElbashr, NekabtMosammyElfnonEltatbekia, ElgzaaElawalm, Elkahra.

- Buckle, Pete(2014) Human factors that influence the performance of the telecare system,(CIRCLE)Centre for International Research on Care, Labour and Equalities, University of Leeds.

- Draper, Powell (2015) ENCLOSURE DESIGN RETROFIT for EPPLEY RECREATION CENTER, ARCH 478A/678A - Spring 2015, School of Architecture, Planning and Preservation, University of Maryland

- Fox, M and Kemp, M (2009) Interactive Architecture, Princeton Architectural Press, New York

- H. Abdul-Tharim, N. Jaffar, N. S. Lop, I. F. Mohd-Kamar.(2011)" Ergonomic Risk Controls in Construction Industry- A Literature Review", The 2nd International Building Control Conference, Procedia Engineering 20 .

- J. Guastello,Stephen,Human(2013) Factors Engineering and Ergonomics: A Systems Approach, Second Edition ,CRC Press.

- Loonen, R. C. G. M. (2010). Overview of 100 climate adaptive building shells. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

- Maddox,Michael,(2006) The Human Factors Guide for Aviation Maintenance,2nd edition, , Retrieved from: http://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/training_tools/media/HF_Guide.pdf

- Marysse, Chloë (2016)Structural Adaptive Façades, Master of Science in Civil Engineering,, Faculty of Engineering and Architecture, Ghent University , Gent, Belgium.

- Requena,EstudioGuto.(2015) Light Creature. São Paulo, Brazil: Hotel WZ Jardins,2015.

- Shemirani,TellaIrani(2017) Interactive facade ,Master in Architecture,CarletonUniversity,Ottawa, Ontario.

- Ward, J.R., Clarkson, P.J., Buckle, P., Berman, J., Lim, R. & Jun, G.T. (2010) Prospective hazard analysis: Tailoring prospective methods to a healthcare context, Department of Health, Patient Safety Research Portfolio, Report.

- https://www.iea.cc.