وضع منهجية للتجميع الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني

Developing a Methodology for the Structural Connection of Prefabricated Components in Metal Furnishing and Construction Systems

أ.م.د/ محمد محمد عطاالله هلال

أستاذ مساعد بقسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية والحديدية - كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان – مصر

Assist. Prof. Dr. Mohamed Mohamed Attallah Helal

Assistant Professor, Department of Furniture and Construction of Metal and Iron, Faculty of Applied Arts, Helwan University, Egypt

ملخص البحث

التصميم للتجميع هي العمليات التي يتم من خلالها تصميم المنتج ليتم تجميعه بسهولة. حيث يتم تبسيط التصميم من خلال تقليل عدد عمليات الوصل والتنصيب المطلوبة للتجميع. كما أن تقنيات التصميم للتجميع يتم دمجها ضمن منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم وتطبيقها، مما يؤدي إلى خفض عدد أجزاء المنتج النهائي مع الحفاظ على احتياجات المستخدم والوظائف المرتبطة، والبنية الجديدة تؤثر على هيكل المنتج المخصص للتجميع، ويجب أن تتوفر في الوصلات الهيكلية خصائص سهولة الفك والتركيب التي تتكون من الحد الأدنى من الأجزاء، وتلبية كل من المتطلبات الإنشائية والوظيفية والجمالية من أجل تحسين منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

إن منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم التي يقدمها البحث تهدف في المقام الأول إلى تقليل عدد مكونات المنتج بإتباع إجراءات وأساليب تحليل تركيبة المكونات، وإزالة أو دمج واحد أو أكثر منها إن أمكن، مع تحديد النهج المنطقي للكشف عن المزيد من إزالة أو دمج عنصر أو مكون وتأثيرها على فرص التجميع. وتسمح هذه المنهجية بتقييم قابلية التصميمات كمياً مما يتيح تسريع عملية إعادة الابتكار وبالتالي تطوير منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني. كما يقدم البحث أيضاً طريقة لتقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز لاستخدامها في اختيار منهجي وشامل لافتراضات التصميم مما يعزز من السلامة الهيكلية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

تتلخص **مشكلة البحث** في ما هو أثر تطبيق منهجية لتجميع المكونات سابقة التجهيز على إعادة هيكلة المنتج، وما هي أساليب تقييم الوصلات الهيكلية، كأحد مسارات تطوير منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني. وبالتالي **هدف البحث** هو وضع منهجية قابلة للتطبيق لتجميع هياكل منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني عن طريق دمج تقنيات الهندسة العكسية وإعادة التصميم، مع وضع معايير لتقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز لاستخدامها في تطوير الإنشاء الجديد وتحسين كفاءة منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني. وللوصول لهذا الهدف تم اتباع المنهج الوصفي التحليلي القائم على جمع المعلومات وتصنيفها وتنظيمها، للوصول إلى استنتاجات تساعد في تطوير النظام الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز.

ومن أهم الاستنتاجات أن المنهجية المقترحة تدعم المصمم على المستوى النظري، التجريبي، والتطبيقي. كما أن معايير تقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز تقدم تصنيفاً موضوعياً يعمل على وضع حلولاً إنشائية، ووظيفية، وجمالية مما يعزز السلامة الهيكلية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، مع ضرورة وجود خطة لجمع وتنظيم المعرفة بين الشركات والصناعات المختلفة، من أجل الترويج المنهجي والتنظيمي لتطور التكنولوجيا، وذلك لمزيد من التنوع في تصميمات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

الكلمات المفتاحية: لتجميع - إعادة التصميم البارامترية - إعادة التصميم - الهندسة العكسية - التصميم الفرعي

Abstract

Design for assembly (DFA) refers to the processes through which the product is designed to be assembled with ease. It also aims at design simplification by reducing the number of connection and installation processes required for the assembly. Design for assembly (DFA) techniques are integrated into the methodology of reverse engineering, re-design and re-application which ultimately leads to reducing the number of final product parts while observing user's needs and the functions associated with them. The new structure affects the structure of the product customized for assembly. The structural connections should allow easy replacement and installation as inherent properties within them, utilize minimum parts for their construction, and meet the structural, the functional and the aesthetic requirements for the improvement and development of metal furnishing and construction systems.

The reverse engineering and re-design methodology presented in the research aims primarily at reducing the number of components of the product. This is done by following the procedures and methods of analyzing the component composition, and if applicable removing one or more of these components as well as identifying the logical approach for finding more about the removal of an element or component and its effect on potential assembly processes. This methodology allows quantitative evaluation of designability which accelerates the re-innovation process, and consequently improves and develops metal furniture products. The research also provides a method for evaluating the structural connections of prefabricated components to be utilized in the systematic and comprehensive selection of design assumptions, which enhances the structural integrity of metal furnishing and construction systems.

The research problem can be summarized in the following: How does the application of a methodology for prefabricated components assembly affect the restructuring of the product? What are the evaluation methods used to evaluate structural connections as a path for developing metal furnishing and construction systems? The research aims to develop a methodology that is applicable to the assembly of metal furnishing and construction systems structures through integrating reverse engineering and re-design techniques as well as establishing evaluation criteria to evaluate the structural connections of prefabricated components to be used in developing new structures and improving the efficiency of metal furnishing and construction systems. To achieve this objective, the research adopts the descriptive analytical approach which is based on information collection, categorization and organization to reach the findings and conclusions that would develop the structural system of prefabricated components. The research also applies the experimental approach through establishing criteria that are used to evaluate the structural connections and determine how suitable they are for metal furnishing and construction systems.

One of the most significant findings of the research was that the proposed methodology supports the designer on the theoretical, empirical, and applied levels. In addition, the evaluation criteria for structural connections of prefabricated components provide a thematic categorization that aims to find and develop structural, functional and aesthetic solutions that enhance the structural integrity of metal furnishing and construction systems. The most important recommendation of the research highlights the need to develop a plan for knowledge collection and organization to be followed by different institutions and industries, in order to systematically and organizationally promote technological advances for greater diversity in metal furnishing and construction systems designs.

Keywords: Assemblability – Parametric redesign – Redesign - Reverse engineering - sub-design.

مقدمة البحث

المنهجية هي الطريقة أو المسار أو الوسيلة التي يتم اتباعها من أجل الوصول الى هدف أو تؤدي إلى غاية. أي أنها مجموع الأدوات التي يتم استخدامها في تقديم البراهين والأدلة والحجج للتأكد من صحة أو عدم صحة فرضية معينة. لذلك فإن المنهجية تعتبر خطة منظمة للعديد من العمليات الحسية والذهنية من خلال مجموعة الإجراءات والآليات المتعارف عليها، والتي يمكن استخدامها للملاحظة والكشف والتحقيق من أجل اكتساب المعرفة والوصول للحقائق. والغرض الاساسي من المنهجية هو محاولة فهم الأمور والعلاقات في الوصول الى النظريات والقوانين في مجال معين.

كما أن منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم يتم تطبيقها على منتج قائم أو على الأقل على نموذج بدئي، وتستخدم مجموعة متنوعة من العمليات في شكل نماذج، وجداول، ورسوم بيانية، ورسومات هندسية (تشغيلية)، ونظريات معيارية لفحص وتحليل مجمل المكونات. وتعرف الهندسة العكسية بأنها "تبدأ بعمليات إعادة التصميم حيث يتم ملاحظة المنتج، وتفكيكه، وتحليله، والتوثيق من حيث الوظيفة والشكل، ومواصفات الخامات، وإمكانية التصنيع والتجميع. والقصد من هذه العمليات والخطوات هو الفهم الكامل واستعراض التجسيد الصحيح للمنتج"[7]. ويمكن تعريف إعادة التصميم بأنه مراجعة شكل، أو وظيفة، أو مكونات المنتج. إذاً هو خطة لإجراء تغييرات في هيكل ووظائف المنتج، وإعادة بناء منتجات ونظم الإنشاء المعدني بحيث يخدم بشكل أفضل الغرض من التصميم الأصلي. على الرغم من أن الهندسة العكسية هي الأكثر استخداماً لأغراض إعادة التصميم إلا أنها يمكن استخدامها لأغراض ودوافع أخرى لمكونات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني من خلال: -

- القياس المقارن بالأفضل.
- دراسة نقدية وتقييم منتج منافس.
- تحسين الجودة.
- تخفيض التكاليف.
- إدراج تكنولوجيا حديثة.

والوصلات تعبر عن الطريقة التي يمكن بها تجميع المكونات اللازم تركيبها بطريقة تتوافق مع بعضها البعض لتكوين المنتج. ولطبيعة الوصلات أهمية كبرى في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني لأنها تتحكم في الهيكل الإنشائي مما يؤثر في تصميم المكونات سابقة التجهيز، لذلك يجب أن تكون هذه الوصلات متوافقة مع المعايير الإنشائية، والوظيفية، والجمالية من أجل نجاح تلك المنتجات والنظم.

"ولكي يكون المنتج نظاماً مؤدياً لوظائفه المحددة له فلابد أن تكون مجموعة العناصر المكونة له قد تم بناؤها أو ترتيبها ترتيباً معيناً سواء كان شكلياً أو وظيفياً. فإذا ما تم تغيير البناء أو الترتيب لمجموعة العناصر نفسها أدى ذلك إلى منتج آخر، وهو ما يقوم عليه الفكر التصميمي لنظام البناء التجميعي".[1]

وتجرى عمليات التصميم للتصنيع، والتصميم للتجميع على مكونات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني التي يمكن اعتبارهم عمليات تصميم فرعية، بواسطة تقنيات ترتكز على مسائل محددة تخص كفاءة كل من التصنيع والتجميع. "وقد استثمرت مؤسسات الصناعة العالمية قدراً كبيراً من الجهد والموارد في تقنيات التصنيع الحديثة مثل الصب بالحقن بواسطة الغاز، والتشكيل بالليزر".[6] كما أن "برامج التصميم لكفاءة التصنيع. وفرت أدوات التصميم خلال مراحل التصميم".[9]

وأثناء عمليات الهندسة العكسية وإعادة التصميم يتم تقليل عدد المكونات والأجزاء التي تشكل منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني من خلال الحذف، أو دمج أجزاء المنتج بأخرى من أجل تحسين التجميع حيث أجزاء أقل تعني عمليات أقل وتجميع أسرع، ومميزات أخرى عديدة. ويمكن القول إن الوصلات عموما هي أضعف مكونات وأجزاء المنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني خصوصاً إذا كانت هذه المنتجات متعددة الأغراض وأن المتانة تعتمد أولا وقبل كل شيء على جودة هذه الوصلات. "ويلزم لإيجاد وصلات هيكلية من شأنها أن تكفل سهولة التجميع والتفكيك وتتكون من الحد الأدنى من الأجزاء، وتتميز بالبنية البسيطة والمظهر المناسب، مما يتطلب تقنية وحلول تكنولوجية، من أجل تطوير هذه الوصلات التي عادةً تتم من خلال التخطيط ومدى ملاءمتها للعمليات الإنتاجية، واختيار افتراضات التصميم التي هي واحدة من مراحل عديدة من هذه العمليات"[(5)].

وتجدر الإشارة إلى أن "التحديد الدقيق لافتراضات التصميم هو الشرط المسبق إلى حد كبير لنجاح أو فشل الوصلات الهيكلية للمنتج بأكمله. حيث لا يوجد طريقة عامة لاختيار مثل هذه الافتراضات وعلى كل مصمم أن يوظف له نهج الفردية الخاصة به، وتشمل الأساليب الأكثر انتشاراً تقنية العصف الذهني ومتغيراته العديدة، والطرق الاستدلالية[(3)]. كما أن مواصفات الوصلات الناتجة عن عمليات إعادة التصميم عليها تحقق المتطلبات الانشائية، والوظيفية، والصناعية، والجمالية، بالإضافة إلى قابلية الاستخدام في هيكل منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

لذا يقدم البحث منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم التي تعتمد على تقليل عدد الأجزاء مع الحفاظ على متطلبات المستخدم، والمواصفات الهندسية بالمنتج، كما يتم اقتراح معايير لتقييم الوصلات للمكونات سابقة التجهيز، لتحسين هيكلة منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني والتي بدورها تؤدي إلى تطوير تلك المنتجات، بهدف تقليل التكاليف، وزيادة القيمة، ومواكبة ظروف العصر.

مشكلة البحث

تدور مشكلة البحث حول التساؤلات التالية:-

- ما أثر وضع منهجية لتجميع المكونات سابقة التجهيز على إعادة هيكلة منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني؟
- ما هي أفضل طريقة لمعرفة عنصر أو مكون زائد عن الوظيفة ويمكن إزالته أو دمجه، وتشغيل المنتج كنظام بدونه؟
- ما أثر التقييم الموضوعي للوصلات على تطوير الإنشاء الهيكلي لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني؟
- كيف تتناسب منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم مع عملية تطوير منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني؟

هدف البحث: وضع منهجية قابلة للتطبيق لتجميع هياكل منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني عن طريق دمج تقنيات الهندسة العكسية وإعادة التصميم، مع وضع معايير لتقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز لاستخدامها في تطوير الإنشاء الجديد وتحسين كفاءة منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

منهجية البحث: يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي القائم على جمع المعلومات عن منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم وتصنيفها وتنظيمها، وتقييم قابلية تجميع الوصلات الهيكلية وتحديد مدى وملاءمتها لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، وصولاً إلى استنتاجات تساعد في تطوير النظام الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز.

أولاً: منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني

الهندسة العكسية تعني "إعادة اكتشاف المبادئ التقنية لمنتج ما من خلال عمليات التحليل الإنشائي، والتحليل التكنولوجي، وتحليل الأداء والوظيفة، وتحليل التشغيل، بحيث تتم إعادة صياغة البيانات التصميمية للمنتج من أجل تصميم أجزاء جديدة له بهدف تحسين الأداء".[4] كما توصف الهندسة العكسية بأنها عملية قياس فيزيائي لجزء ما أو مكون من المنتج وإنتاج شكل هندسي له، وإعداد رسوماته يدوياً أو بمساعدة الكمبيوتر، وإعداد البيانات الهندسية المناسبة لإعادة تصنيعه. حيث تبدأ الهندسة العكسية من المنتج النهائي، ويتم العمل عكسياً للتوصل إلى المفهوم الهندسي عن طريق تحليل المنتج المطلوب، ومكوناته وتحليل العلاقات الداخلية لتلك المكونات.

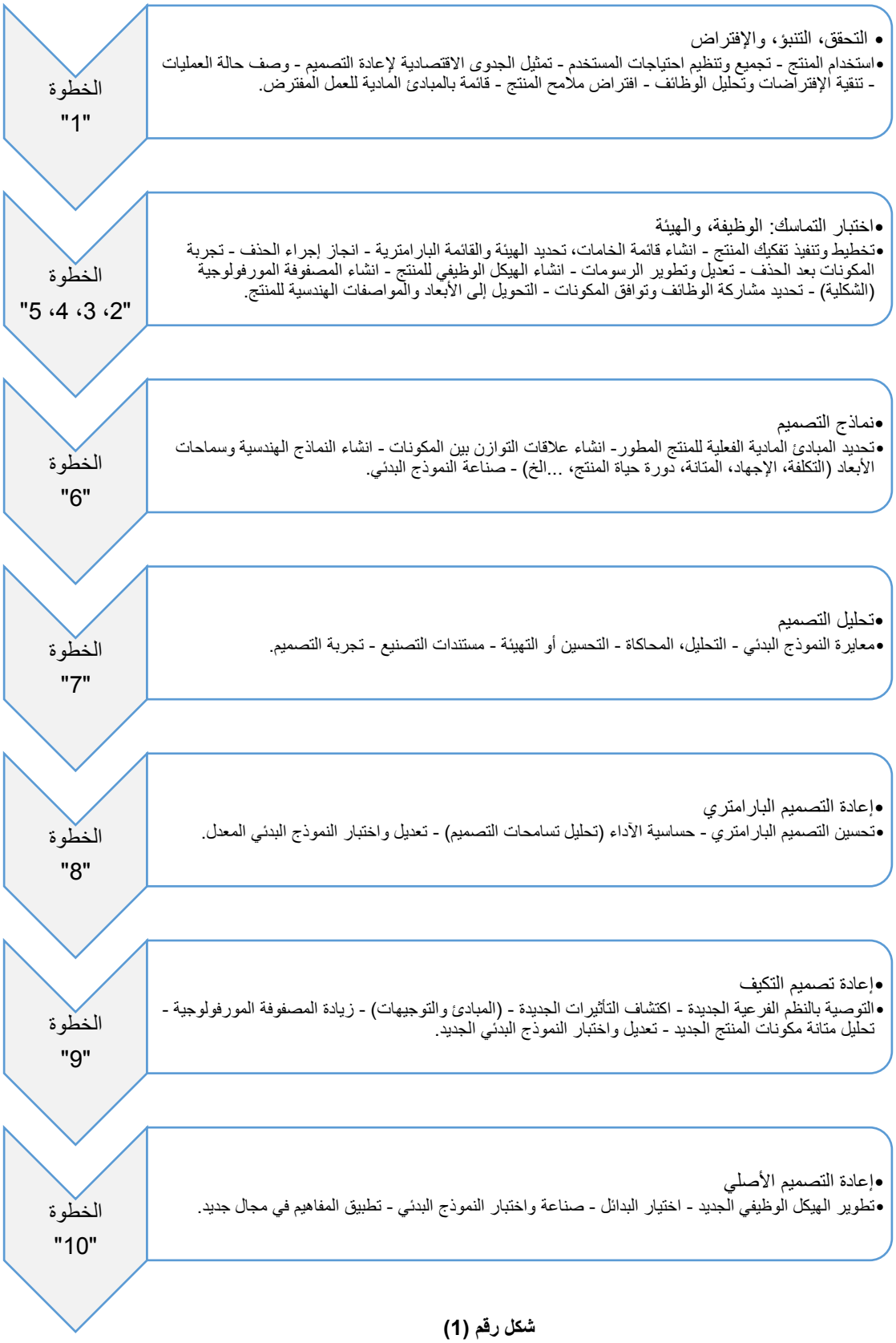
والهندسة العكسية نهج لفهم الهيكلة والأساس الذي تم تنفيذ المنتج به. من خلال عملية تكرارية لتصميم جزء محدد أو مكون لمنتج مصنع مسبقاً. كما أنها مجموعة من الممارسات المتسلسلة تعمل على فهم نظام أو منتج معين وتعد من أهم الوسائل التي تخدم عمليات التطوير وأكثرها كفاءة لكونها تدمج بين التصميم والمعرفة للمنتج الأساسي مع أفكار وخبرات مستخدم الهندسة العكسية.

كما يتم اجراء الهندسة العكسية عادةً للحصول على المعلومات، والأفكار، وفلسفة التصميم بهدف الكشف عن أسرار التصميم لصنع منتجات أفضل. وتتضمن الهندسة العكسية فحص المنتج، وتفكيكه، وتحديد عمل كل جزء أو مكون فيه بغرض تطوير منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

ويعرف إعادة التصميم على أنه "تصميم المنتج مرة أخرى أو بطريقة مختلفة، وهو يختلف عن التصميم الذي يسعى إلى خلق منتج جديد وأصلي عن طريق نقل فكرة أو رسالة من خلال ابتكار الشكل والوظيفة، بينما إعادة التصميم يركز على ما هو موجود بالفعل ويسعى إلى تغيير تصميم موجود أصلاً ويركز ليس فقط على ما يتم تغييره في المنتج الأصلي ولكن يؤكد على الذي لم يتم تغييره أيضاً".[10]

"وأساس دراسة إعادة التصميم هو منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم التي تم تمثيلها في عشرة خطوات"[8] كما في شكل رقم (1). وهذه الخطوات عبارة عن مجموعة واسعة من تقنيات التصميم الصناعي مرتبة منطقياً داخل منهج متناسق ومنظم. وتهدف الخطوات أو العمليات الستة الأولى إلى التنبؤ وفرضيات بناء المنتج، وجمع وتنظيم احتياجات المستخدم، ثم فهم كامل للمنتج من خلال التفكيك، والتحليل الوظيفي، ويليه دراسات التوافق، والنمذجة المادية. والتقنيات المستخدمة في الخطوات الستة توفر وسائل ليس فقط لفهم تجسيد المنتج الذي يتم تحليله، ولكن أيضاً طريقة لفهم الأساس المنطقي لدوافع التصميم القائم، لأن عرض الأسباب تقود لفهم وإدراك دوافع بنائية المنتج. كما أن الخطوات من "1: 6" توفر الهيكل الداعم للخطوات من "7: 10" والتي تتعامل مع إعادة تصميم المنتج في البارامتري من أجل ضبط أبعاد وملامح ومميزات المنتج، كذلك التكيف من أجل التعامل مع المكونات وتنصيبها بسهولة أكبر، أيضاً المستوى الأصلي. هذه التقنيات هدفها ربط تقييم قابلية تجميع أجزاء ومكونات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني بغرض إعادة تصميمها.

إن منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني المعروضة في الشكل تركز على خفض عدد الأجزاء والمكونات، هذا النوع من التصميم هو عادة تصميم تكيفي واحياناً يتطلب التصميم الأصلي. إعادة التصميم البارامتري أقل احتمالاً لاستخدامه حيث أن تقليل عدد الأجزاء عادة ما يتطلب دمج الأجزاء، ومع ذلك في حالة الأجزاء البسيطة يمكن الغاؤها من التجميع. وإعادة التصميم البارامتري قد يكون مطلوباً للتعويض عن الاختلافات الناجمة خلال حذف بعض الأجزاء أو المكونات من أجل ضبط ملامحها وخصائصها. واتباع منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم تؤدي إلى قابلية أفضل لتجميع منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.



شكل رقم (1)

خطوات منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم للمنتج

يتم تطبيق خطوات إعادة التصميم من خلال تحليل نموذج المنتج والتركيز على تركيبة المكون، بعد تفكيك أجزاء أو مكونات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني لتحديد الأحمال الواقعة على الوصلات الموجودة بين المكونات، ثم تَعَلُم وتوثيق وظيفة المنتج الفعلية وانشاء هيكل وظيفي تفصيلي له، ثم إعادة تصميم النظم الفرعية للمنتج. ويتم تطبيق الخطوات العشرة من منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم كالتالي:-

الخطوة الأولى: التحقق، التنبؤ، والافتراض

يتم توقع سلوك المنتج عن طريق التنبؤ أو الافتراض باستخدام مهارات المصمم في فرضية آليات التصميم. واستخدام المنتج، وتجميع وتنظيم احتياجات المستخدم، وتمثيل الجدوى الاقتصادية لإعادة التصميم، ووصف حالة العمليات، وتنقية الافتراضات وتحليل الوظائف، وافتراض ملامح المنتج، وانشاء قائمة بالمبادئ المادية للعمل المفترض.

الخطوة الثانية: تفكيك المنتج

تتم إجراءات خطة التفكيك والحذف في هذه الخطوة لتوافر المعلومات اللازمة عن المنتج المطلوبة عن طريق إجراءات:-

- التفكيك.
- إزالة مكون.
- تسجيل المكونات في جدول عملية التفكيك.
- إعادة تجميع المنتج بالاستعانة بجدول التفكيك.

وتهدف هذه الخطوة إلى تحليل المنتج القائم، وإنشاء قائمة بالخامات المستخدمة.

الخطوة الثالثة: فهم وتوثيق وظيفة المنتج القائم

تحليل أجزاء المنتج، علماً بأنه قد توجد صعوبات في تصور حلول بديلة، لذلك يتم جمع وتحليل احتياجات المستخدم، والأداء الوظيفي للمنتج، والهيكل الإنشائي، والتصنيع، والمظهر والنواحي الجمالية. وبالتالي توفر الوظائف الفرعية أساس لبيان وظيفي لكامل المنتج مما يحرك عملية إعادة التصميم، والجمع بين الوظيفة والشكل. وتهدف هذه الخطوة إلى تحديد الهيئة والقائمة البارامترية للمنتج القائم.

الخطوة الرابعة: إجراء الحذف

الحذف لمكون واحد أثناء التجميع، هو إزالة المكون أو أحد عناصره من أجل تقليل أحد الأجزاء في المنتج. ويلزم إعادة تجميع المكون مع باقي أجزاء المنتج الأساسية، وإذا تعذر إعادة تجميع الجزء بعد حذف أحد مكوناته مع أجزاء المنتج الأخرى، يمكن استخدام الإجراءات والتدابير اللازمة من أجل تكرار وظيفة المكون الناقصة في المنتج. ويتم عمل مصفوفة توضح رقم الجزء أو المكون ووصف له، ووظيفته، وملاحظة أثارة على إجمالي المنتج وتوثيقها، وذلك من أجل تحديد المكون الزائد عن التجميع.

ويتم تكرار إجراءات الإزالة عدة مرات واستبدال المكون وحساب عدد أجزاء المنتج في كل مرة. ويتم في هذه الخطوة إعادة تجميع أجزاء المنتج بعد إزالة كل مكون بالتناوب بين الأجزاء. وتكرار العملية يسمح بتحليل كل مكون في تجميع المنتج. وفي بعض الحالات يكون من الضروري تحليل المنتج وفقاً لنظم التجميع الفرعية للمكونات. ويتم الاستدلال عن الوظائف الفرعية للمكون الذي تمت إزالته من الخطوة الثالثة وبالتالي يمكن استخلاص الوظائف الفرعية للمكون المزال.

كما تجرى عمليات تحليل المنتج مع تأثير الإزالة وفقاً لنظام التجميع الجديد، ومن الضروري استخدام فحوص معملية أو عملية لاختبار المنتج خصوصاً إذا كان تأثير إزالة أحد مكونات المنتج غير واضحة.

الخطوة الخامسة: إنشاء الرسومات والهيكل الوظيفي للمنتج

إزالة المكونات التي لا تسبب أي تغيير في وظائف المنتج وغيرها من الوظائف الناتجة من إزالتها حيث يمكن حذفها عند إعادة التصميم والتعويض عنها. على سبيل المثال إزالة مقبض لدرج معدني والتعويض عنه بتشكيل وجه الدرج ليكون له مقبض ذاتي وذلك بعمل التشكيل اللازم للمسك والتقوية وتحمل الإجهادات المتوقعة أثناء السحب والغلق. ونستنتج من ذلك أن تفكيك عنصر يستلزم تفكيك مكونات أخرى للتعويض عن كل من الوظائف والوصل الهيكلي.

ومن المفيد التفكيك في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني بطريقة هرمية تبدأ من المنتج ككل، ثم التجميع الهيكلي، ثم الوصلات الفرعية على أن يتم تحليل المنتج بالكامل كنظام.

وبناءً على عمليات الحذف يتم تعديل وتطوير الرسومات مع التحويل إلى الأبعاد والمواصفات الهندسية، وانشاء الهيكل الوظيفي للمنتج المطور، وانشاء المصفوفة المورفولوجية (الشكلية)، وتحديد مشاركة الوظائف وتوافق المكونات.

الخطوة السادسة: نماذج التصميم

تنفيذ النموذج البدئي وتحديد المبادئ الفعلية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني المطوره من أجل انشاء علاقات التوازن بين المكونات وسماحات الأبعاد، مع دراسة التكلفة، والإجهاد، والمتانة، ودورة حياة المنتج وغيرها.

الخطوة السابعة: تحليل التصميم

تحديد المواصفات الفنية وتشغيل المنتج كنظام من خلال كامل أجزاءه ومكوناته. واختبار المنتج من خلال مجموعة من متطلبات المستخدم بالإضافة إلى المتطلبات الهندسية المرتبطة بها (الهيكلية، الأرجونومية، الحركية، وغيرها). والتحقق بدقة من تأثير إزالة أحد مكونات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، واستيفاء مستندات التصنيع.

الخطوة الثامنة: إعادة التصميم البارامتري

ان تحليل النتائج والتحقق من الوظائف الفرعية، ومعرفة تأثير التعويض الناتج عن إزالة المكونات يتم خلال إعادة التصميم البارامتري للمكونات الأخرى من خلال مبادئ حلول متعددة وتجسيدها من خلال تعديل النموذج البدئي لتحديد المواصفات الفنية النهائية ووضع مواصفات النموذج الهندسي للمنتج والتحقق من صحة التصميم. وبالتالي في حالة النجاح يكون قد تم تخفيض عدد أجزاء أو مكونات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

الخطوة التاسعة: إعادة تصميم الأنظمة الفرعية للمنتج (التصميم التكيفي)

ان تحليل الرسومات وتجميع مكونات المنتج مع التركيز على التصميم التكيفي، كما أن تكرار عمليات إعادة التصميم ومراعاة القيود المادية، والتجميع أو التفكيك تهدف إلى وضع مواصفات وسماحات النظم الفرعية بالمنتج، وبعد اكتشاف أي تأثير ناتج عن حذف أحد المكونات، مما يترتب عليه زيادة المصفوفة المورفولوجية، بالإضافة إلى تحليل متانة مكونات المنتج الجديد.

الخطوة العاشرة: إعادة التصميم الأصلي

وهي تمثل خطوة لتطوير الهيكل الوظيفي الجديد لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، واختيار البدائل، والنموذج البدئي النهائي، وتطبيق المفاهيم في مجال جديد.

وبناءً على ما تم عرضة في الخطوات العشرة السابقة نستنتج أن المكون أو الجزء لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني يجب أن يوجد في الحالات الآتية:-

1- الجزء أو المكون يتحرك بالنسبة لأجزاء أو مكونات أخرى.

2- الجزء أو المكون مصنوع من خامات أخرى مختلفة عن خامات الأجزاء أو المكونات المجاورة له.
3- الجزء أو المكون غير منفصل ويستحيل تجميعه أو تفكيكه مع أجزاء أو مكونات أخرى.
وبالتالي فإن كل من أجزاء أو مكونات المنتج تقع تحت واحدة من الحالات الأربع التالية[2]:-
الحالة الأولى: الجزء أو المكون لا يفي بأي من المعايير الثلاثة.
الحالة الثانية: الجزء أو المكون يلبي أحد المعايير الثلاثة.
الحالة الثالثة: الجزء أو المكون يلبي إثنين من المعايير الثلاثة.
الحالة الرابعة: الجزء أو المكون يفي بالمعايير الثلاثة جميعها.
وبالتالي فإن الحالة الأولى يجب التركيز على إعادة تصميمها غير أنه لا ينبغي تجاهل الحالات الأخرى. حيث أنه من المحتمل أن تكون الحركة النسبية بين مكونين (عنصرين) ليست ضرورية للوفاء بالمتطلبات الوظيفية للتصميم. وبالمثل يمكن تغيير التصميم عندما يكون التجميع بين مكونين (عنصرين) من خامات مختلفة غير الضرورية. كما ينبغي أن تستخدم عملية إعادة التصميم لتوافق المنتج الوثيق مع احتياجات المستخدم والمتطلبات الهندسية، ويمكن استخدام تقنيات التصنيع للتغلب على الخامات، وقيود التجميع والتفكيك.

إن منهجية الهندسة العكسية وإعادة تصميم منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني عبارة عن عمليات تحليل منهجي تهدف في المقام الأول إلى تبسيط هيكل المنتج وتقليل تكاليف التجميع، من خلال خفض عدد الأجزاء أو المكونات، لأن العدد الإجمالي لها في المنتج هو مؤشر رئيسي لجودة تجميعه. كما تسمح المنهجية للمصممين بتقييم قابلية تصميمات منتجاتهم كمياً. وتضمن هذه الطريقة أيضاً تطبيق قواعد التصميم من أجل التجميع بشكل صحيح ويتم تقييم عوامل التأثير وتحسينها، مما يتيح ابتكار أساليب التجميع وبالتالي تطوير المنتج. كما أن تحسين التصميم يتحقق من خلال المراجعة التكرارية وتفسير نتائج التقييم. بالإضافة إلى ذلك التصميم للتجميع أيضا يوفر طريقة لتحديد المكونات التي قد يتم التخلص منها تماما، أو دمجها مع مكونات أخرى، لأن مؤشر التصميم للتجميع مفيد لتصميم أكثر كفاءة لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.
كما أن منهجية الهندسة العكسية تقلل الكثير من الوقت والجهد في إعادة التصميم من خلال اعادة تنظيم وتعديل منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني لجعلها أقل في عدد الأجزاء أو المكونات مما يجعل المنتج أكثر مرونة في الاستخدام. كما توفر هذه المنهجية أداة عالية التقنية لتسريع عملية إعادة الابتكار من أجل التطور الصناعي لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، لأن البيئة العالمية الحالية تتطور بمعدل سريع، وتسعى إلى إيجاد طرق جديدة لتحسين منتجاتها الحالية.
إن استخدام منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم يؤدي إلى تحسين كل من الجودة، وخصائص الخامات، والتصنيع، كما أنها تعتبر تقنية هامة في تقصير دورة تطوير المنتجات، حيث تعمل على إعادة هيكلة المنتج مع الحفاظ على الوظائف ومراعاة القيود الهندسية والجمالية. وأخيراً ومن خلال عمليات الهندسة العكسية وإعادة التصميم يتم تجريب منهجي وايجابي، من أجل اتخاذ القرار المناسب المبني على اسستكشاف نقاط القوة والضعف بالمنتج، لابتكار تصميمات من شأنها الحفاظ على القدرة التنافسية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

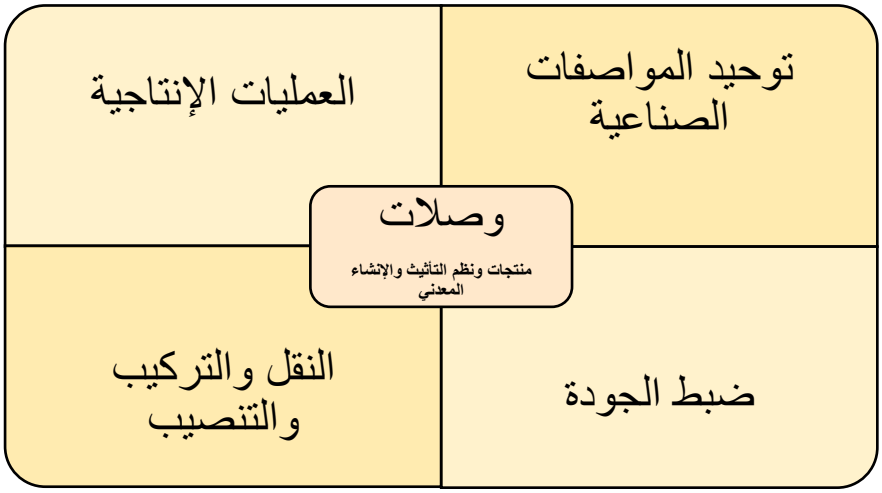
ثانياً: تقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني

توفر بنية الوصلات الهيكلية للمكونات والأجزاء سابقة التجهيز اتصال مرئي لأجزاء ومكونات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، كما يمكن أن تسمح بدرجة من الحركة مع مقاومة صلبة للثني أو الدوران. وتصنف الوصلات وظيفياً بالوصلات الثابتة، والوصلات ذات الحركة الجزئية، والوصلات متعددة الحركات مثل الحركة الزاوية، والحركة

المنزلقة، والحركة الرأسية. ومن حيث التصنيف الهيكلي يوجد الوصلات المجوفة، أو الوصلات المصمتة. ومن حيث التركيب البنيوي يوجد الوصلات المصنوعة من الصلب والمعادن الخفيفة، والمعادن القصفة، واللدائن بأنواعها. كما أن تقنيات وصل المكونات سابقة التجهيز المصنعة من مختلف القطاعات وعلى مختلف الماكينات تقدم حلول انشائية، ووظيفية، وجمالية، وغيرها لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني ويجب أن تتميز هذه الوصلات بالآتي:-

- خفة الوزن.
- المتانة والصلابة.
- سهولة سبق التجهيز والإنتاج الكمي.
- سرعة وسهولة التنصيب والتركيب.
- إمكانية وجود تفاصيل دقيقة.
- عدم التأثر بدرجات الحرارة من حيث التمدد والانكماش.
- انتظام الجودة للوصلات.
- السعر الاقتصادي.
- إعادة التدوير.

والهدف من سبق التجهيز في وصلات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني هو إيجاد أساليب مختلفة لتجميع أنواع مختلفة منها، وتقديم طريقة للمستخدم النهائي للحصول على منتج جيد يلائم احتياجاته. ويوضح شكل رقم (2) متطلبات تنفيذ استراتيجية ابتكار أنظمة هيكلية سابقة التجهيز لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.



شكل رقم (2)

متطلبات تنفيذ استراتيجية ابتكار أنظمة هيكلية سابقة التجهيز لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني

ان استراتيجية تطوير نظم التجميع الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني تأتي من خلال دمج كل من مواصفات التصنيع (التوحيد القياسي)، والعمليات الإنتاجية، وضبط الجودة، والنقل والتركيب وتنصيب المنتج، مع تقنيات الوصلات. ويعتمد ابتكار هذه الوصلات على التكنولوجيا المتاحة، وجمع المعرفة بين الشركات والصناعات المختلفة، من أجل الترويج المنهجي والتنظيمي لتطور التكنولوجيا وتعزيز المعرفة لتكون قابلة للتكيف مع الاحتياجات والتقنيات، من أجل مزيد من التنوع في تصميمات وصلات المكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

مع الأخذ في الاعتبار ما سبق تقدم الورقة العلمية (البحث محل الدراسة) طريقة لتقييم الوصلات الهيكلية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني. لاستخدامها في اختيار منهجي وشامل لافتراضات التصميم لكل نوع من منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني. كما أن استخدام اجراءات التقييم يساعد في اختيار خصائص مجموعة مناسبة من وصلات المنتجات. كما يهدف التقييم إلى وضع معايير تستخدم عند تصميم أو تطوير وصلات جديدة لهيكل المكونات سابقة التجهيز، مع تقديم توصيات للقيمة من أجل تطوير الإنشاء الجديد لهيكل منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

ان وضع معايير لتصميم، أو إعادة تصميم، أو اختيار وصلات جديدة للمكونات سابقة التجهيز تستخدم لتطوير الإنشاء الهيكلي لهذه المنتجات تعتمد على اختيار افتراضات التصميم لكل نوع من المنتجات بالنسبة لخصائص، وسمات، وملامح وصلات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني الجديدة، بهدف زيادة القيمة وتطوير المنتج وعليه صنف الباحث في جدول رقم (1) معايير تقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني فيما يلي:-

1- وضوح الرؤية
2- إمكانية الفصل
3- كتلة التجميع
4- القوة والمتانة
5- طريقة الوصل
6- قابلية الحركة
7- الأدوات المستخدمة (في الفك والتركيب)
8- الوزن
9- الجماليات
10- إعادة التدوير

ولقد تم صياغة معايير التقييم وتحديد الرتبة عددياً لكل معيار كالتالي:-

- القيمة "0" تشير إلى معيار سلبي أو غير مرغوب فيه.
- القيمة "0.5" تشير إلى معيار متوسط.
- القيمة "1" تشير إلى معيار إيجابي أو مرضي.

كما أنه عند اختيار الوصلات الهيكلية بمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني يجب حساب الوزن النسبي لكل معيار وأخذ المتوسط العددي لإجمالي المعايير ككل، بالإضافة إلى مراعاة عدد المكونات بالوصلة، وعدد الوصلات الهيكلية بالمنتج ككل، وعدد العمليات اللازمة لتجميع الوصلة. وقد تم تحديد المعايير السابقة لاستخدامها عند تصميم وصلات هيكلية لمنتجات جديدة، أو عند إعادة تصميمها، حيث تسمح قيم المعايير بتحديد سمات وخصائص كل وصلة على حده كمكون من مكونات المنتج.

جدول رقم (1)

معايير تقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني

م	الخاصية	معيار التقييم	الرتبة
1	وضوح الرؤية	غير مرئية	0
		مرئية جزئياً	0.5
		مرئية تماماً	1
2	إمكانية الفصل	غير قابلة للانفصال (تجميع دائم)	0
		قابلة للانفصال بصعوبة أو يسبب تلف بسيط	0.5
		قابلة للانفصال	1
3	كتلة التجميع	خارجية	0
		خارجية داخلية (مزدوجة)	0.5
		داخلية	1
4	القوة والمتانة	ضعيفة	0
		متوسطة	0.5
		عالية	1
5	طريقة الوصل	بدون استخدام عناصر ربط	0
		باستخدام عناصر ربط ضعيفة	0.5
		باستخدام عناصر ربط محكمة	1
6	قابلية الحركة (تعدد الأغراض)	ثابتة	0
		حركة محدودة	0.5
		حركة مرنة (زاوية – منزلقة - رأسية)	1
7	الأدوات	بدون استخدام أدوات ربط وفك	0
		باستخدام أدوات ربط مخصصة	0.5
		باستخدام أدوات ربط وفك شائعة	1
8	الوزن	ثقيلة (مصمتة)	0
		متوسطة	0.5
		خفيفة (مجوفة)	1
9	الجماليات	غير مرضية	0
		مرضية إلى حد ما	0.5
		مرضية	1
10	إعادة التدوير	خشب - زجاج - أخرى	0
		لدائن	0.5
		معدن (صلب، معادن خفيفة)	1

والتقييم العددي لإجمالي المعايير يكون من خلال المتوسط العددي:-

"0.0" ≥ إجمالي القيمة ≥ "0.5" ← معيار سلبي أو غير مرغوب فيه

"0.5" ≥ إجمالي القيمة ≥ "6.5" ← تشير إلى معيار متوسط.

"6.5" ≥ إجمالي القيمة ≥ "1.0" ← تشير إلى معيار إيجابي أو مرضي.

كما أن هناك ارتباطات تشير إلى وجود علاقة بين المعايير سواء كانت إيجابية أو سلبية، على سبيل المثال يتناسب معيار الجماليات مع معيار وضوح الرؤية طردياً، أذ يجب رؤية الوصلة أولاً قبل تقييم القيمة الجمالية. كذلك إمكانية الفصل تزيد من احتمال استخدام أدوات كطريقة الوصل. أيضاً الوصلات القابلة للحركة التي تستخدم في المنتجات متعددة الأغراض لها تأثير إيجابي على إمكانية الفصل. ومع ذلك يجب أخذ كل معيار في الاعتبار على حده كفرض من افتراضات تصميم منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

وتمكن طريقة التقييم المقدمة إلى وضع تصنيف موضوعي للوصلات الهيكلية التي يتم اختيارها في تصميم المنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني من حيث الوظيفة، والتركيب البنيوي، والشكل، والكتلة، وغيرها، لتكون أكثر فائدة في المنتج.

ويعتمد تحمل المنتج سواء أكان استاتيكياً أو ديناميكياً أثناء أقصى ظروف الاستخدام على معايير تقييم الوصلات الهيكلية، كما أن الغرض من الوصلات الهيكلية هو سهولة تجميع أو تفكيك المكونات سابقة التجهيز للمنتجات، مع وصل موثوق به على المدى القريب أو البعيد أثناء العمر الافتراضي المتوقع للمنتج مع ضمان ما يلي:-

- التجميع المستقر حتى عندما يكون التجميع والتفكيك متكرراً، أو قابلية الحركة ضروريا لاستخدام المنتج.
- الثبات الأقصى حتى مع الأوزان الثقيلة.
- التحمل لمختلف الاستخدامات حتى العنيفة للمنتج سواء من قبل الأطفال، أو أثناء النقل أو غيرة.
- مقاومة الانحناء، والالتواء، والماء، ولوازم التنظيف.
- الديناميكية والمرونة، والاعتماد على الوصلات طوال العمر الافتراضي المتوقع للمنتج.
- الحفاظ على جوانب التصميم الأخرى (مثل مواصفات المنتج، قابلية الاستخدام).

على أساس نتائج التقييم للمعايير التي يتم الحصول عليها سيكون من الممكن اختيار خصائص ومميزات الوصلات التي تشكل افتراضات التصميم الأساسية لهيكلة المكونات سابقة التجهيز في المنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني. إن توظيف الوصلات بناءً على المعايير المقترحة سوف يعزز السلامة الهيكلية للمنتج من خلال تحسين استقرار المكونات سابقة التجهيز إضافة إلى الجاذبية البصرية لها. كما أن تطبيق المعايير المقترحة ضرورية لضمان التجميع الهيكلي لمكوناتها لأنها تركز على تقليل الإجهاد، والحفاظ على التوازن، والحفاظ على الاستقرار أثناء استخدام المنتج، وزيادة الديناميكية، والسماح للمنتجات بالرص أو الطي أو الانزلاق من أجل التخزين أو تعدد الأغراض.

المناقشة

تستخدم منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم في إعادة هيكلة منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني. كما تستخدم أيضاً في تطويرها بطريقة فعالة وقادرة على الوفاء بالمتطلبات الصناعية، وخطوات هذه المنهجية هي بالأساس لوضع حلول تصميمية ناجحة معتمدة على تقليل عدد الأجزاء بالمنتج لتحسين القيمة، والأداء، وتقليل التكاليف وفقاً للعمليات والإجراءات المتبعة في هذه المنهجية يتم التركيز على تخفيض عدد الأجزاء، مع اختبار النموذج البدئي للمنتج في كل عملية تخفيض، ونتيجة لذلك يحصل المستخدم النهائي على منتجات ونظم للتأثيث والإنشاء المعدني تلبي احتياجاته، وتتوافق مع المتطلبات الهندسية. وتدعم المنهجية المقترحة المصمم أثناء إعادة التجميع الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز على المستويات الآتية:-

- المستوى النظري: يهدف إلى توليد المعرفة حول تصميم منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني في ظل ظروف مختلفة، من خلال توفر المفاهيم النظرية كنقطة انطلاق.
- المستوى التجريبي: يهدف إلى تقييم الفرضيات المصاغة من المصمم، وعمليات التشكيل المادي القابلة للتطبيق وهيكلة المنتجات.
- المستوى التطبيقي: يركز على تطبيق الأساليب، والعمليات للتقييم الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني بما في ذلك تكييف الطرق القائمة، وكذلك تطوير أساليب جديدة مستمدة من المستوى النظري.

كما تشير منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم إلى تطوير أنظمة أو طرق عمل المكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني بطريقة منظمة. إن مفتاح هذه المنهجية يكمن في إيجاد أفضل الحلول لاختيار التجميع الهيكلي المناسب. كما تستخدم كل من العصف الذهني، وأساليب البحث الأساسية مثل التحليل والاختبار، للعمل على تشجيع الأفكار الإبداعية من خلال كل فكرة مقترحة والوصول إلى أفضل الحلول، بعد تلبية كل من رغبات المستخدم، والمتطلبات الهندسية والجمالية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

ان تطبيق منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم على التجميع الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز في منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني تشمل مجموعة من الفلسفات، والمبادئ، والعمليات، والتقنيات يمكن أن تولد مجموعة واسعة من الأشكال مع الاستقرار الإنشائي لها، من خلال مبدأين هما مبدأ التبسيط الأقصى، ومبدأ القيود الأقل وهذه المبادئ فعالة لوصل موثوق به ومتوازن للمكونات سابقة التجهيز من أجل دعم هياكلها. كما أن هذه المنهجية تراعي كل من القيود الهيكلية، وقيود التجميع مما يتيح الاستقرار للمكونات سابقة التجهيز، الأمر الذي يبرهن على عمومية المنهجية المقترحة على أن يتم تطبيق معايير تقييم الوصلات الهيكلية المقترحة لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

بالإضافة إلى ذلك تُمكن تطبيق طريقة التقييم التي قدمها البحث للوصلات الهيكلية التي يتم اختيارها لتجميع المكونات سابقة التجهيز في هذا المجال من وضع تصنيف موضوعي لخصائص وسمات هذه الوصلات، لتكون أكثر فائدة في المنتجات، كما أنها تعزز من السلامة الهيكلية لها. الأمر الذي يمنح المصممين الحرية الإبداعية في تصميم نماذج جديدة اعتماداً على إعادة التجميع الهيكلي للمكونات سابقة التجهيز مع التركيز على المعايير الهندسية والجمالية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

أهم استنتاجات البحث

1- يعتبر تطبيق منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم التي ترتكز على تبسيط هيكل المنتج، وسيلة لتجميع أفضل، وزيادة مرونة الاستخدام، أيضاً تصميم أكثر كفاءة لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

2- توفر منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم الكثير من الوقت والجهد، كما تعمل على تسريع عمليات إعادة ابتكار أساليب تجميع جديدة، وبالتالي تطوير منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

3- تؤدي المنهجية إلى تحسين الجودة، وتقليل التكاليف، كذلك تحسين القيمة والأداء لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

4- تستخدم منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم في إعادة هيكلة منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، وتطويرها بطريقة فعالة وقادرة على الوفاء بالمتطلبات الصناعية والجمالية، بالإضافة إلى تلبية احتياجات المستخدم.

5- تولد منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم مجموعة واسعة من الأشكال، مع الاستقرار الإنشائي من خلال مبدأ التبسيط الأقصى، ومبدأ القيود الأقل، لوصل موثوق به ومتوازن للمكونات سابقة التجهيز في هيكل منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

6- منهجية الهندسة العكسية وإعادة التصميم تسمح بتقييم قابلية التصميمات، وتحسين كفاءة التجميع، والمساعدة في ابتكار تصميمات جديدة لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

7- تدعم المنهجية المقترحة مصمم الأثاثات والإنشاءات المعدنية على المستوى النظري، والتجريبي، والتطبيقي.

8- معايير تقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز تقدم تصنيفاً موضوعياً يعمل على وضع افتراضات التصميم وبالتالي تقديم حلولاً إنشائية، ووظيفية، وجمالية مما يعزز السلامة الهيكلية لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

9- تطبيق معايير تقييم الوصلات الهيكلية للمكونات سابقة التجهيز ضرورية لضمان قابلية التجميع الهيكلي لمنتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

10- منهجية التصميم المقترحة هي منهج شامل لتطوير منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني، حيث أنها تركز على المعايير الهندسية والجمالية، وتؤدي لتنمية أنظمة المكونات سابقة التجهيز في هذه المنتجات بطريقة منظمة.

11- ضرورة وجود خطة لجمع وتنظيم المعرفة بين الشركات والصناعات المختلفة، من أجل الترويج المنهجي والتنظيمي لتطور التكنولوجيا، لتكون قابلة للتكيف مع الاحتياجات والتقنيات، لتساعد في تنوع تصميمات منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني.

المراجع

1- رضوان، محمد عبدالله محمد: *النظم سابقة التجهيز كأحد الأساسيات التصميمية لعمليات التأثيث والإنشاء المعدني.* مجلة علوم وفنون، دراسات وبحوث، جامعة حلوان، العدد الثاني، المجلد الحادي عشر، ص. "7" 1999.

2- Boothroyd G. and P. Dewhurst.: *Product Design for Assembly*. McGraw-Hill, Inc., New York. P. 15 -1989.

3- Buzan, B., Buzan, T.: *Mapy twoich myśli. Łódź, Wydawnictwo* RAVI. P. "31" – 2004.

4- Eilam, Eldad: *Reversing, Secrets of Reverse Engineering Wiley Publishing,* Inc., Indianapolis, Indiana. P."3" – 2005.

5- J. Ginalski,; Liskiewicz, M.; Seweryn, J.,: *Rozwój nowego produktu. Kraków, Wydawnictwo Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie – Wydział Form Przemysłowych.* P."41" – 1994.

6- Kalpakjian, Serope.: *Manufacturing Engineering and Technology.* Addison-Wesley Publishing Co., New York. P. "124" – 1992.

7- Otto, K.: *"Forming Product Design Specifications,"* ASME Design Theory and Methodology Conference, Paper No. DETC/DTM-1517, Irvine CA. – 1996.

8- Otto, K. N. and Kristin L. Wood: *"A Reverse Engineering and Redesign Methodology for Product Evolution,"* ASME Design Theory and Methodology Conference, Peper No. DETC/DTM-1523, Irvine CA. – 1996.

9- Ullman, David G.: *The Mechanical Design Process.* McGraw-Hill Book Co., New York. P. "4" – 1992.

10- https://www.merriam-webster.com