الهندسة العكسية كقيمة مضافة في مجال تصميم الأثاث

أ.د/محمد حسن إمام
استاذ تصميم الأثاث بقسم التصميم الداخلي والأثاث – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان
M_EmamArt@yahoo.com

م.د/ أحمد كمال الدين عبد الحميد
مدرس بقسم التصميم الداخلي والأثاث – كلية الفنون التطبيقية – جامعة دمياط
Ahmed.75eldeen@gmail.com

سمر فتحي محمد صيري
مصمم حر
samar.fathy87@outlook.com

المستلخص:

يُعد استخدام الهندسة العكسية (RE) من أحد أهم الطرق المستخدمة في تكنولوجيا التصنيع قديماً وحديثاً؛ نظرًا لدورها الإيجابي تجاه عمليات التحسين المستمر للمنتج. وخاصةً في حال تكامل منهجية عملياتها مع التقنيات التكنولوجية الحديثة ، بما في ذلك الماسحات الضوئية الليزرية ثلاثية الأبعاد ، وآليات التحكم الرقمية لآلات الحذف CNC وآليات الإضافة كالطابعات ثلاثية الأبعاد مروراً بالإستعانة بآليات الأتمتة المرنة والبرامج الحديثة لتحقيق المزيد من الكفاءة الإقتصادية والإنتاجية الخاصة بصناعة الأثاث.بالإضافة إلي محاولة الوصول لتقديم منهجية تعمل علي حل الكثير من المشكلات التي من نشأنها العمل علي تهديد الدور التنافسي في مجال صناعة الأثاث محلياً ودولياً.

لذا تهدف هذه الدراسة البحثية إلى التعرف علي نشأت الهندسة العكسية مع توضيح لأهم المفاهيم الخاصة بها، مع إبراز الجانب القانوني والإقتصادي وأهم مجالات الإستخدام الخاصة بها وكذلك تناول الدور الإيجابي لأهمية استخدامها في الصناعات المختلفة بشكل عام وفي صناعة الأثاث بشكل خاص، وفي المجالات الفنية للتصميم والتصنيع والتطوير الخاصة بصناعة الأثاث.

الكلمات المفتاحية:

الهندسة العكسية؛ الماسحات ثلاثية الأبعاد؛ النمذجة؛ الطباعة ثلاثية الأبعاد

تاريخ استلام البحث: 2022/3/10 تاريخ إجازة البحث: 2022/3/27

تمهيد:

تُعد الهندسة العكسية كنهج متكامل يعمل علي دراسة المبادئ التكنولوجية والفيزيائية لأي جزء أو مكون قابل للخضوع لإجراء تحليل لبعض جوانبه الأساسية كالهيكل ، أو الوظيفة ، أو التشغيل أو غيرها.. وهناك أسباب محددة تدفع المصممين والفنيين والقائمين علي أعمال البحث والتطوير داخل المنشأت والمؤسسات الإنتاجية وخارجها نحو التوجه للإستعانة بتلك الأنواع من العمليات الخاصة بالهندسة العكسية علي وجه التحديد من خلال توافر استخدام واسع النطاق لمتطلبات التصميم المنهجي والتقني ، وإدخال استخدام الأتمتة بشكل أكثر انتشارًا وظهور طرق ووسائل لإجراءات معالجة البيانات بشكل أكثر حداثة؛ حيث تم امداد وضخ دفعة هائلة من الأفكار الحديثة بشأن التطوير المنهجي لآليات الهندسة العكسية من قِبل المختصين بالعمليات التصميمية والإنتاجية ، والتي لا تزال أفكارهم الثورية تشير إلى طرق ايجاد الحلول والتعامل مع المهام المتعلقة بعمليات تصميم المنتجات بشكل أفضل. لذا ركزت هذه الدراسة البحثية بتناول دور عمليات الهندسة العكسية في مجال صناعة الأثاث بشكل خاص نظراً لندرة الأبحاث المتعلقة بهذا النوع من المجالات علي الرغم من التنوع الكبير في مجالات استخدام الهندسة العكسية.

مشكلة البحث:

تقليدية عمليات تطوير صناعة الأثاث ،وإغفال الأثر الإيجابي ،والقيم المضافة التي يمكن أن تحققها آليات الهندسة العكسية في الرقي بعمليات تصميم وإنتاج الأثاث في مصر.

هدف البحث:

يهدف البحث إلي تقديم رؤية منهجية لتوظيف آليات الهندسة العكسية لتحقيق قيمة مضافة في مجال تصميم وإنتاج الأثاث.

أهمية البحث:

- التعرف علي أهم المفاهيم الخاصة بعمليات الهندسة العكسية من الناحية الوظيفية

- بيان مدي أهمية الإستعانة بعمليات الهندسة العكسية في العملية الإنتاجية لصناعة الأثاث وبيان الفرق بينها وبين العمليات الخاصة بالطرق التصميمية التقليدية ،إلي جانب توضيح القيود التشريعية الخاصة بالإستعانة بعملياتها وبيان موقفها قانونياً.

فروض البحث:

في حال الإستعانة بالجانب الإيجابي لعمليات الهندسة العكسية داخل المنشأة الصناعية وتفعيل نشاطها جنباً إلى جنب مع التقنيات المضافة يمكن التوصل إلى حلول وبدائل تصميمية تنعكس على تنشيط عملية صناعة الأثاث محلياً وعالمياً أيضاً.

مجال البحث:

الهندسة العكسية، الطباعة ثلاثية الأبعاد

منهجية البحث:

يتناول البحث المنهج الوصفي التحليلي

محاور البحث:

- نبذة تاريخية عن نشأت الهندسة العكسية مع مراحل تطور عملياتها ،ومفهومها
- الأدوات والبرمجيات الخاصة بعمليات تصميم الأثاث وفق إجراءات الهندسة العكسية
- تطبيقات الهندسة العكسية الخاصة بتطوير تصميم الأثاث
- دور الجانب الإقتصادي-الجانب القانوني-الجانب الوظيفي الخاص بعمليات الهندسة العكسية في دفع الجانب الإبتكاري التصميمي والإنتاجي داخل المؤسسات الصناعية الخاصة بإنتاج الأثاث

نبذه تاريخية عن نشأت الهندسة العكسية:

تنوعت تطبيقات الهندسة العكسية Reverse Engineering Applications علي نطاق واسع ،وأصبحت أكثر انتشاراً ونمواً؛وذلك يرجع إلي التطور التكنولوجي والتقني الكبير .وقد طُبقت الهندسة العكسية علي مر العصور بمختلف الأنشطة الإقتصاية ويصعب تحديد الفترة الزمنية التي ظهرت فيها الهندسة العكسية كإتجاه تصميمي Design direction لإعادة تطوير

البيانات التقنية Technical data development،ولا سيما منها في المجالات الصناعية والعسكرية Industrial and military fields ، ولكن علي الرغم من توفير القاعدة القانونية الصحيحة اقتصادياً إلا أن بعض الدول حرمت الإستعانة بها منذ بداية السبعينات وحتي أواخر الثمانينات ؛ويرجع ذلك إلي التفسير الخاطىء والإعتقاد الشائع بعدم شرعية استخدامها علي النحو الذي يراعي حقوق الحماية الفكرية Intellectual protection rights أو تناولها كنهج غير تقليدي فضلاً عن المنهجيات المتبعة للأساليب الإنتاجية المتعارف عليها وعدم إدراك كون الفكر المنهجي الخاص بها ماهو إلا طريقة أو سبيل من أجل التعلم من الآخرين ،ومحاولة البحث عن فرص الإضافة والتحديث والتحسين ،أو للكشف عن ما تم اخفاءه من بيانات ومعلومات تساعد في تقديم العديد من الإبتكارات.

مفهوم الهندسة العكسية:

يمكن وصف عملياتها بأنها طريقة للتحليل المقارن؛ والتي يتم فيها أو من خلالها إجراء تفكيك وتحليل المنتجات والنظم والآليات المتبعة والمكونات وتجميع البيانات لمقارنتها بصرياً بغرض تحديد وظائفها وأيضا لتحسين جودة القيمة المضافة للمنتج محل أو قيد الدراسة ، هذا المفهوم تناول عدة عناصر مهمة وأساسية خاصة بعمليات الهندسة العكسية وهي:

جدول (1)يبين العناصر الهامة الخاصة بعمليات الهندسة العكسية

تسلسل	العنصر component	الوظيفة Occupation
1	المنتج The product	تستهدف الهندسة العكسية نوع من المنتجات تامة الصنع ، وموجود بالفعل ، وأيضا منتشر تسويقياً بشكل كبير ومحقق نجاحاً وعليه طلب.
2	البيانات statements	تمثل عناصر المعلومات والتي حين العمل علي دمجها يتم تحقيق عملية التشكيل الأساسية للتحليل
3	المكون former	يمثل العنصر المستهدف في عمليات تشكيل الأجزاء القابلة للإستبدال أو التجديد.

4	العمل أو الأداء work or performance	فهي تمثل عملية وصف الفعل الهادف والذي يتم من خلاله تعريف الشيء المحقق للهدف المطلوب
5	التحليل المقارن Comparative analysis	فهي تمثل عملية المقارنة بين اثنين أو أكثر من عناصر المنتج أو النظام الذي يقوم بنفس الوظيفة

لذا تُعد الهندسة العكسية مجالًا متكاملًا يساعدنا على إبراز المبادئ التكنولوجية والفيزيائية لأي جزء أو مكون من خلال الخضوع لإجراء تفكيك وتحليل لبعض جوانبه الأساسية والمُتعلقة بالهيكل والوظيفة والتشغيل. ويُعبر عن RE كتكنولوجيا تجديد أو ابتكار، وهي عملية تؤدي إلى إعادة الإعمار والاستنساخ لبعض الإبتكارات الخاصة بمختلف المنتجات.

الأدوات والبرمجيات الخاصة بعمليات تصميم الأثاث وفق إجراءات الهندسة العكسية بمساعدة الحاسب(CARE)

الأدوات الخاصة ببرمجيات الهندسة العكسية باستخدام الحاسب(CARE) تستخدم في أداء مهمتين أساسيتين:

(1)تحويل نقطة cloud لنموذج Poly mesh model

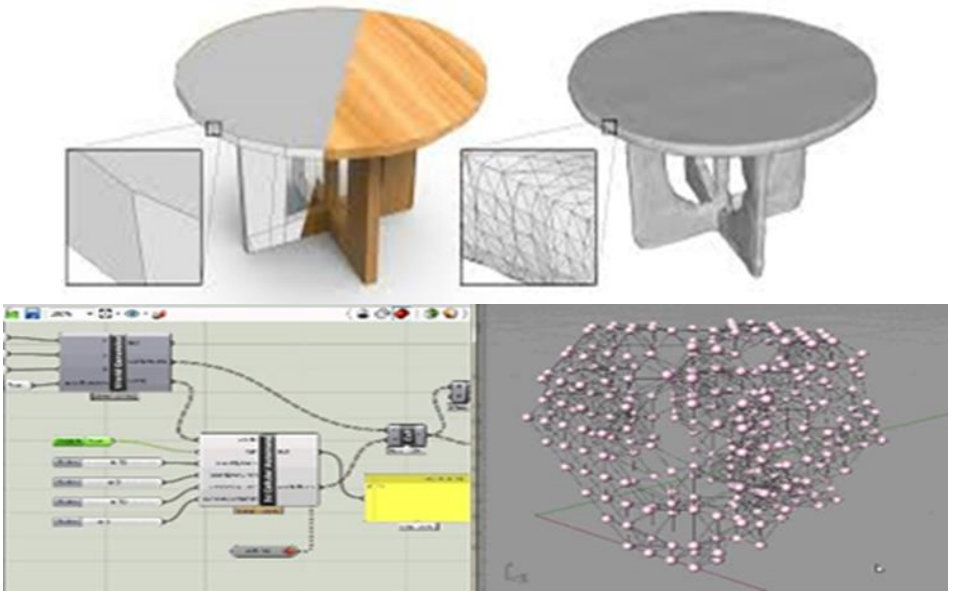
(2)إنشاء نموذج صلب محكم watertight solid model ، واستكشاف ميزات التصميم ونوايا التصميم لنموذج بارامتري.Parametric model

حيث أن Cloud تعني: تعني مجموعة من نقاط البيانات في الفضاء. وتمثل هذه النقاط شكلاً أو كائنًا ثلاثي الأبعاد. وكل نقطة لها مجموعتها من إحداثيات X و Y و Z. بعد ذلك يتم إنتاج السحب النقطية بشكل عام بواسطة برنامج الماسح الضوئي ثلاثي الأبعاد 3D scanner software، والذي يقيس العديد من النقاط على الأسطح الخارجية للكائنات من حولهم.

(https://www.aventec.com/post/reverse-engineering-how-to-use-cloud-of-points-effectively)

Polygon mesh: تعبر شبكة المضلع Polygon mesh عن مجموعة من الحواف والوجوه ونقاط الإتصال والأسطح والتي تحدد شكل جسم متعدد السطوح خلال عمليات النمذجة الصلبة Sold modeling .وكذلك لتوفير نموذج مضلع للنمذجة ثلاثية الأبعاد والرسوم المتحركة بالكمبيوتر. يمكن تخزين تركيبته الهندسية من أجل تسهيل أنواع مختلفة من محاكاة العروض ثلاثية الأبعاد.وتتكون عادة من مجموعة أسطح علي شكل مثلثات وأشكال رباعية الشكل أو علي شكل مضلعات محدبة بسيطة ، نظراً لأن ذلك سيساعد في اختصار وتسهيل عملية الإظهار. أو بمعني آخر فهو نوع من من أنواع شبكة المضلعات المستخدمة في رسومات الكمبيوتر فهي مجموعة من المثلثات ترتبط بحوافها ورؤوسها المشتركة في شكل ثلاثي الأبعادكما هوموضح بالشكل (1).

(https://www.techopedia.com/definition/31616/polygon-mesh)

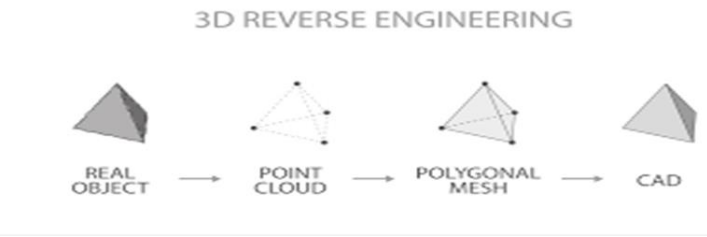


شكل(1) يوضح إظهار لنموذج ثلاثي الأبعاد3D model لمنضدة باستخدام مجموعة من أسطح المثلثاتPolygon mesh

https://www.techopedia.com/definition/31616/polygon-mesh

أما**Surface**: فيتمثل بطوبولوجيا تجميع رؤوس الشبكة Vertices of a mesh معًا لإعطاء تعريف رياضي Mathematical definition للمسافة بين الرؤوس. وسينتج عن ذلك مادة صلبة متعددة الحدود A polynomial solid صلبة بدون سماكة أو نموذج غلاف.

Solid طريقة لإضافة سمك Add thickness لمجموعة من الأسطح ، مما يمنحها كتلة.



شكل(2)يوضح خطوات النمذجة الثلاثية لعمليات الهندسة العكسية

https://papottigabor.wordpress.com/2012/06/30/reverse-engineering-fan/

المعايير الرئيسية والمعايير الفرعية لتطبيقات المسح ثلاثي الأبعاد في مجال فحص الأثاث والهندسة العكسية:

جدول (2) يوضح أهم المعايير الرئيسية والفرعية الخاصة بالمسح ثلاثي الأبعاد

الرمز	المعايير الرئيسية Main Criteria	المعايير الفرعية Sub Criteria
ST	Scanning Technology تكنولوجيا المسح	3D scanning: automotive application
AM	Additive Manufacturing التصنيع الإضافي	Time and cost of final products
QC	Quality control التحكم في الجودة	Quick response industries
IN	Inspection التفتيش	Dimensional measurements
RE	Reverse Engineering الهندسة العكسية	3D modelling; CAD reconstruction

تصنيف البرامج الهندسية العكسية استناداً للتطبيقات المتبعة وفق مجالات إنتاج الأثاث:

لا يوجد برنامج RE واحد يمكنه تلبية متطلبات معالجة بيانات عمليات الهندسة العكسية والنمذجة الهندسية Geometric Modeling بشكل كامل. يعتمد اختيار برامج الهندسة العكسية على المتطلبات المحددة The specific Requirements لمجالات التطبيق المختلفة للهندسة العكسية .Raja, V., & Fernandes, K. J. (Eds.) (2007)، p.53

جدول(3)يبين توصيف البرمجيات المتبعة وفق إجراءات الهندسة العكسية

التطبيقApplication	البرنامجSoftware	الوظائف الرئيسية Main functions
CAD entity manipulation	ICEM surf, Imageware and other common CAD packages such as UG, ProEngineer and Solidworks.	التي يتم CAD معالجة الكيانات استخراجها من السحب نقطية وشبكات النقاط CAD المضلع. تتضمن كيانات مثل CAD والخطوط الكونتور و بدائيات الدوائر والمستطيلات والأسطوانات والمربعات Manipulate CAD entities that are extracted from point clouds and polygon meshes. CAD entities include points, contour lines, and CAD primitives such as circles, rectangles, cylinders, and boxes
Polygon and NURBS surface construction	GSI Studio, CopyCAD, Rapidform, Geomagics, Polyworks (Modeler) and	توفير مجموعة كاملة من أدوات معالجة البيانات RE من العمل مع السحب نقطية والمضلعات لبناء السطوح NURBS وكذلك التفتيش ثلاثي الأبعاد. Provide a complete set of RE data processing tools from working with

point clouds and polygons to constructing NURBS surfaces as well as 3-D inspection	Paraform	
للحصول على RE التحكم في أجهزة البيانات. مع إجراء عملية المعالجة الأساسية لهذه البيانات وتحويلها . Control RE devices to obtain data with an operation Basic processing and conversion of this data	Mitutoyo Cosmos, Hymarc,Metris scan, Cyberware Cydir and GSI Crystal Studio	Hardware Control
يستخدم للتفتيش ثلاثي الأبعاد، وإنشاء خريطة الخطأ وتحليلها، وتقرير التفتيش والوثائق. Used for 3-D inspection, error map creation and analysis, inspection report and documentation	OMETinspect, Metris Focus Inspection, Power INSPECT, PolyWorks Inspector and Geomagic Qualify	3D Inspection
يستخدم لمعالجة صور المسح الضوئي ثلاثي الأبعاد ،و إعادة بناء ثلاثية الأبعاد. Used for processing 2-D scan images (CT/MRI) and 3D re-construction	Mimics, Rapidform, BioBuild, Velocity2, Amira,Scan IP,Analyze And 3D Doctors	2-D Scan Image Processing and 3D modeling
NURBS توفير أدوات نمذجة وتحرير الأساسية CAD استنادًا إلى كيانات والأولية. Provide NURBS modeling and	Pro Engineers, UG, Solidworks, Catia and Rhino	NURBS surface and solid modeling

editing tools based on basic CAD entities and primitives		
تحرير وتعديل وتحسين بيانات المضلع ثلاثي الأبعاد 3D polygon data editing, modification, and optimization.	Magic RP, DeskArtes , Catia Shape Sculptor and Viscam RP	Polygon manipulation

آليات تطبيق عمليات التصنيع العكسي وفق إجراءات النمذجة الرقمية الحديثة (3D Scanning- 3D Printing)

يشكل مسح ثلاثي الأبعاد والطباعة ثلاثية الأبعاد في الواقع مزيجًا قويًا جدًا للنماذج الأولية السريعة والهندسة العكسية في جميع الصناعات .وتجمع المنهجية الحالية والقائم عليها هذه الدراسة البحثية بين النهج الهندسي الكلاسيكي (تجزئة السحابة النقطية واستخراج بيانات السمات) ، واستعادة التصميم والنهج القائم على المعرفة ، وتقنيات إعادة بناء CAD الحديثة والمبتكرة واختيار تقنيات المسح المناسبة وبالمثل فإنه قد يُؤخذ بعين الإهتمام مجموعة من الإعتبارات الخاصة بقابلية التصنيع المضاف (الطباعة ثلاثية الأبعاد) وكذلك متطلبات العملاء وجدوي التصنيع الجزئي من أجل تحليل وتقييم واستعادة تصنيع المكونات التي تفتقر إلي البيانات ثلاثية الأبعاد عبر تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

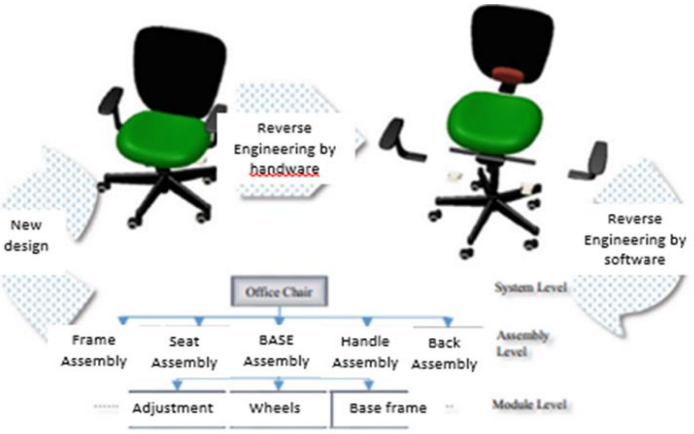
1-تبدأ العملية بتفكيك المقعدDismantling Chair ، ويتم مسح الأجزاء المفككة كما هو مبين بالشكل (3) للحصول على سُحب النقطية من السطح الخارجي.

2-تتم معالجة البيانات المكتسبة لإستعادة أسطح النموذج الإفتراضي.Default model

3-يمكن بعد ذلك تعريف النموذج الصلب باستخدام أسطح الحدود Border surfaces التي تم تعريفها في الخطوة السابقة

4-ثم يتبع النموذج الصلبة من قبل عملية إعادة تصور Re-imagining process لإكتشاف نوايا التصميم وتوليد تمثيل بارامتري Parametric رفيع المستوى من النماذج المبينة.

5-ثم يتم تجميع نماذج الأجزاء الإفتراضية كمقعد كامل.



شكل(3)يبين الخطوات المنهجية المتبعة وفق إجراء تطبيق عكس هندسة المقعد

الإستفادة من عمليات المسح الثلاثي EinScan Pro 2X Plus و Wood Carving CNC (CNC)خلال عمليات الهندسة العكسية:

يتم العمل وفق مجموعة إجراءات وخطوات تجهيزية وخاصة قبل عملية المسح الثلاثي EinScan Pro 2X Plus:

- يتم تنظيف الأجزاء المراد رقمنتها وإذا كان لديهم سطح لامع ، يتم تحضيرهم للمسح الضوئي باستخدام المسحوق المطور.
- يتم مسحها ضوئيًا باستخدام الماسح الضوئي ثلاثي الأبعاد المحمول متعدد الوظائف EinScan Pro 2X Plus.
- بعد انتهاء عملية المسح ، يتم تحرير ملفات الشبكة عبر برنامج .Geomagic Studio بعد ذلك يتم ملء الثقوب ، و تنعيم الأسطح ، تنعيم الحواف وتغيير حجم الكائن بناءً على متطلبات العمل.
- يتم حفظ العملية كملف STL لعملية إنتاج أثاثCNC

إجراءات عملية التنفيذ عبر:Wood Carving CNC

- يتم استيراد ملف STL الذي تم الحصول عليه في برنامج Autodesk powerMILL
- ويتم نحت أثاث CNC بناءً على رمز G الذي تم تحويل ملف STL إليه .

- عقب عملية النحت يتم تنظيف قطع الأثاث وتجميعها بواسطة نجارين محترفين ويتم إخراجها بالألوان وأغطية النسيج.

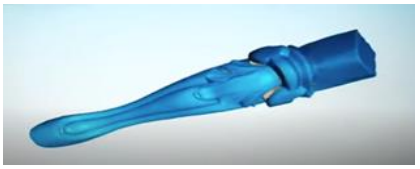
https://www.einscan.com/applications/cnc-furniture-customized-design-through-3d-scanning-with-einscan /

صورة(1)مسح القطعة المراد تنفيذها باستخدام EinScan Pro 2X Plus

وتتم هذه الخطوة من خلال تسليط الأشعة المنبعثة من الماسح بشكل مباشر ودقيق حول الوحدة المبينة من جميع الإتجاهات بشكل كامل

صورة(2)من خلال المسح يتم التركيز علي المناطق الدقيقة والغير ظاهرة بشكل كافي والتي تحتوي علي العديد من المنحيات المتداخلة والمعقدة لضمان جودة تطابق نتائج عملية المسح بالنسبة للوحدة الأصلية

https://www.youtube.com/watch?v=dOIiFf9me8Q&t=23s



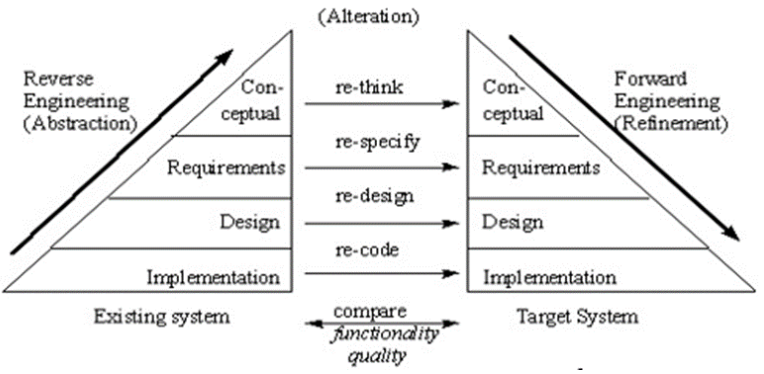
صورة(3)بعد نجاح عملية المسح يتم معالجة البيانات الناتجة عن عملية المسح وتكوين الشكل الإفتراضي stl وتحويله إلى ملفات

صورة(4)في هذه المرحلة يتم تصدير ملف البيانات النهائية الخاصة بعمليات المسح إلي التنفيذ عبر متعددة المحاور ويتم CNC ماكينات التحكم الرقمية تنفيذ عدة نماذج للوحدة بشكل مطابق للوحدة الأصلية

الفكر الهندسي الأمامي والفكر الهندسي العكسي نحو مواكبة عجلة التطور في تصميم وإنتاج الأثاث:

تعتبرالهندسة العكسية ت بمثابة التطبيق المنهجي للعملية التحليلية - الإرشادية الموجهة التي تسعى إلى تحديد خصائص أو وظائف الجهاز أو المنتج أو جزء من مكون أو نظام فرعي. الغرض الرئيسي منه هوتحديد نموذج أو خاصية واحدة على الأقل لكائن أو منتج أو نظام مرجعي معلوماته محدودة أو غير كاملة أو غير موجودة .

كلتا العمليتان عمليه الهندسة العكسية (Reverse Engineering) وعملية الهندسة الأمامية (Forward Engineering) تسعي نحو نفس الهدف علي الأغلب من أجل تحقيق المزيد من القيمة المضافة أو إبراز تطور ما في العملية الإنتاجية من أجل الحصول علي منتج يمتاز بطابع التميز والإبتكار ، ولكن عملية الهندسة العكسية (Reverse Engineering) هي بمثابة تكنولوجيا إعادة إعمار للنماذج الموجودة بالفعل سواء هذه النماذج هندسية أو ميكانيكية أو غير ذلك ، حيث أن عملية تكنولوجيا الإنتاج الخاصة بها تختلف عن تكنولوجيا الإنتاج الخاصة بالنموذج الهندسي التقليدى ، فهي تمثل وسيلة لتحليل مكون داخلي مجهول ،ومن ثَم تعمل علي كشف حلول تصميمية جديدة حول النموذج محل الدراسة من أجل تحليل النظام إلي مكونات وظيفية وإكتشاف فرص إدخال التحسينات عليه من خلال تحليل العلاقة بين المكونات الشاملة لسير النظام.



شكل(4)يبين العلاقة بين الهندسةالعكسية والهندسة الأمامية

مراحل تطبيق الهندسة الأمامية والهندسة العكسية:

جدول(4)يبين الفرق بين عمليات الهندسة الأمامية وعمليات الهندسة العكسية للإستفادة منها في مجال إنتاج الأثاث

الهندسة الأمامية Forward Engineering(FE)	الهندسة العكسية Reverse Engineering(RE)
مراحل عملية التنفيذ: (López, E. J., Flores,et (2019)، p101) •المرحلة الأولي تحليل متطلبات العميل: Analysis of client requirements •المرحلة الثانية تخيل التصميم: Conceptual design •المرحلة الثالثة تصميم النموذج: Design body •المرحلة الرابعة : تصميم التفاصيل Design to details •المرحلة الخامسة التصنيع والتجميع Manufacturing and assembly •المرحلة السادسة التأكد من صحة التحقق والإختبار Testing and validation •المرحلة السابعة نقل الصناعة Industrial transfer •المرحلة الثامنة تحليل دورة حياة المنتج : Product lifecycle analysis •المرحلة التاسعة الإبتكار التكنولوجي : Technological Innovation	مراحل عملية التنفيذ López, E. J., Flores,et) : (2019)،p98) المرحلة الأولي صياغة المشكلة Formulation of the problem وتنقسم إلي: ▪ تحليل الكائن المرجعي ▪ تحديد الأهداف ▪ تصميم البرامج التطبيقية المرحلة الثانية تطوير الهندسة العكسية Development of RE وتنقسم إلي: ▪ تطبيق البرامج على الكائن المرجعي ▪ إنشاء نموذج تمثيلي ▪ تحليل التكافؤ بين النموذج والكائن المرجعي ▪ النتائج المرحلة الثالثة التطبيقات والنتائج Evaluation and applications وتنقسم إلي: ▪ إعادة تقييم النموذج الذي تم إنشاؤه ▪ تطبيقات النموذج الذي أعيد تقييمه

واستناداً لمعطيات نتائج الأبحاث والتطبيقات السابقة يمكن اعتبار التصميم بإستخدام الهندسة العكسية هو بمثابة تنفيذ لعمليات التقدم العكسي للهندسة الأمامية ؛ لذلك من أجل فهم أنشطة فرص التطبيق لعمليات الهندسة العكسية يجب علينا أولا فهم استيراتيجية استخدام الهندسة الأمامية أي عمليات التصميم المباشرة لعمليات تصميم الأثاث لضمان الحصول علي الإستفادة المطلوبة من إضافة قيمة جديدة.

دور الجانب الإقتصادي لعمليات الهندسة العكسية في دفع الجانب الإبتكاري التصميمي والإنتاجي داخل المؤسسات الصناعية الخاصة بإنتاج الأثاث

Raja Vinesh and Kiran J. Fernandes(2007) P.15

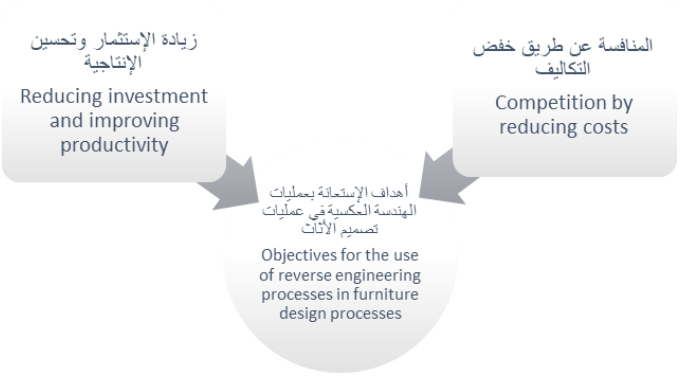
الآثار الإقتصادية للهندسة العكسية تعتمد على عدد من العوامل ، بما في ذلك الغرض الذي يتم من أجله الصناعة يتم ذلك علي نحو السياق الذي يحدث فيه الإجابة علي تلك التساؤلات:

- كم يكلف ؟
- كم من الوقت يستغرق ؟
- ما إذا كان الترخيص بديلاً قابلاً للتطبيق ؟
- وكيفية عمل الفريق القائم علي أعمال الهندسة العكسية؟

لذا لابد من التركيز على اقتصاديات الهندسة العكسية التي أجريت بغرض تطوير منتج منافس فالهندسة العكسية لا تجعل السر التجاري بحد ذاته عديم القيمة لأن بالإتجاه المعاكس لا ينشر المصممون بشكل عام اكتشافاتهم، بل يحافظون على اكتشافهم المعلومات باعتبارها سرهم التجاري. ومن هنا نستطيع القول أن الحق القانوني في الهندسة العكسية لا يُحدث عادة تهديداً للشركة المصنعة المبتكرة لأن الشركة المصنعة لديها عموماً شكلان من أشكال الحماية ضد المنافسين الذين يقومون بالهندسة العكسية: الوقت وتكلفة عكس هندسة. فالكلفة قد تمنع أو تلغي أو تستبعد مبدأ استخدام الهندسة العكسية تمامًا ، خاصة إذا كان المبتكر يرخص للآخرين كاستراتيجية قانونية للوقاية من الدخول الغير مرخص بشرط أن تكون تكلفة الهندسة العكسية عالية بما فيه الكفاية ، فإن هذا الترخيص سيكون بشروط تسمح للمبتكّر بتعويض نفقات البحث والتطوير(P&D) الخاصة بها ، بينما في الوقت نفسه تقيد ممارسة قوة السوق من أجل ثني الداخلين المحتملين الآخرين.

أهم الأهداف الإقتصادية لعمليات الهندسة العكسية داخل المؤسسات الصناعية الخاصة بصناعة الأثاث: (يعقوب، فيحاء عبد الله. صالح ، حميد علي-ص259)

تعتمد المؤسسات الصناعية على العديد من الأهداف الإيجابية للإستعانة بعمليات الهندسة العكسية من أجل إبراز قيمة مضافة لصناعات الأثاث والمنتجات الخشبية، ومن بين هذه الأهداف هدفان رئيسيان تعتمد عليهم هذه الصناعة هما:



شكل (5) يبين أهم الأهداف الرئيسية الخاصة بالهندسة العكسية

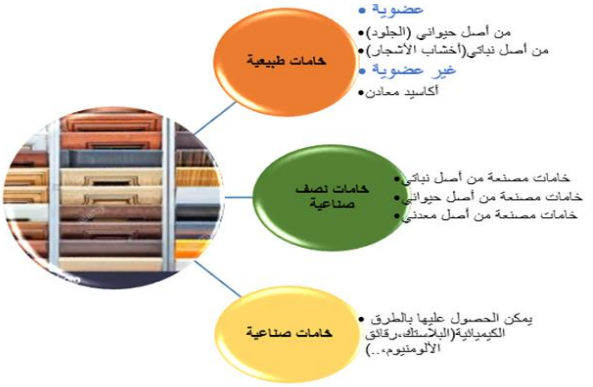
- **يتم تحقيق هدف (المنافسة عن طريق خفض تكاليف) صناعة الأثاث عن طريق:**

1 - تخفيض تكلفة الأجزاء (وسائل الربط كالمفصلات Connectors، الأجزاء الهيكلية للوحدة Structural parts of the unit، طرق التشطيب Finishing methods، الإكسسوارات accessories، إلى غير ذلك ...) من خلال عمليات الفك (التحليل المفكك للتكلفة Deconstructed cost analysis) يتم دراسة المكونات الداخلية للأجزاء للعمل علي إجراء عمليات خفض التكاليف من خلال إجراء عمليات الحذف أو الإضافة أو التغير للجزء المتاح أو المحدد داخل مكونات المنتج.

صورة (5) تبين طريقة التفكيك للمنتج المحلل
Disassembly of the analyzed product

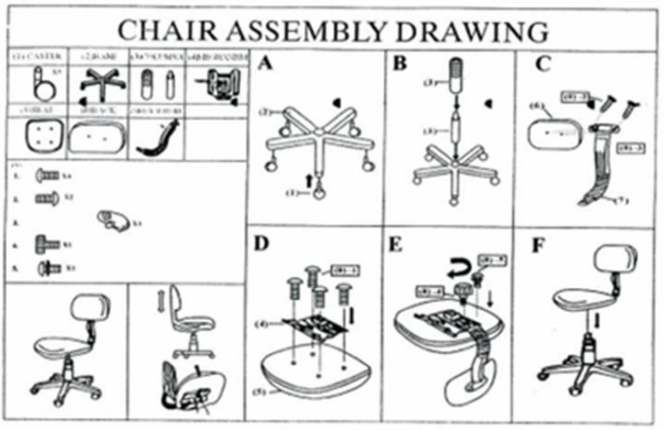
- تخفيض تكلفة الخامات (التحليل المفكك للخامات Deconstructed raw materials analysis) كما هو مبين من خلال عمليات المقارنة الأولية للخامات الأولية Primary comparison of raw materials سواء كانت (خشبية، معدنية، بوليمرات، إلى غير ذلك.. والمعالجة الشكلية للخامات الرئيسية Formal processing of the main raw materials (تعديل ، أو تبديل) والبحث عن بدائل أقل تكلفة .

تحليل تصنيف خامات صناعة الأثاث Analysis of the classification of materials for the furniture



الشكل(6)يبين أنواع الخامات الأساسية الخاصة بالأثاث Types of basic materials for furniture

-العمل علي تخفيض عدد عمليات التجميع (التحليل المفكك الديناميكي Dynamic Deconstructive Analysis) من خلال التركيز علي الوقت والجهد الذي تحدده عملية تجميع المنتج Product assembly .



صورة(6) تبين نموذج لعملية تجميع لوحدة أثاث مجمعة قابلة للفك والتركيب Assembly of a detachable and assembled furniture unit

يتم تحقيق هدف (زيادةالإستثماروتحسين الإنتاجية الخاص بصناعة الأثاث)من خلال :

- تقليل الأجزاء والمكونات والتفاصيل التي يمكن الإستغناء عنها والمستخدمة داخل وحدة الأثاث أو المنتج بشكل عام من خلال الإستعانة بمصفوفة(Matric)
- تنميط العملية الإنتاجية (تفكيك العملية) من خلال التركيز علي العمليات الأساسية والرئيسية واستخدام عمليات مشتركة هذا يساهم بشكل كبير من خلال اختزال الوقت shortening of time وتقليل المخاطر reduce risk وتفادي الأخطاء Avoid mistakesوالذي ينتج عنه ترشيد في الإستثمارات ، وتخفيض تكاليف الأجزاء الإنتاجية مما يؤدي إلي سرعة تقديم المنتج للسوق وتفادي مشكلات تأخير مواعيد التسليمات.
- الإستعانة بعملية (التفكيك الساكن static deconstruction) أي جمع وتصفية الأفكار وهذا يعتبر الجزء الأهم خلال عمليات الهندسة العكسية وهو خاص بتفكيك

وتحليل الأجزاء Disassembly and analysis of parts وإبرازها من أجل العمل علي مقارنتها ومحاولة العمل علي خفض تكاليفها .

دور الجانب القانوني الخاص بالإستعانة بعمليات الهندسة العكسية:

وصفت الهندسة العكسية بأنها جزء أساسي من الإبتكار والتي من المحتمل أن تؤدي إلى تعزيز تطوير المنتج وقد تؤدي إلى حدوث تغييرات كبيرة من أجل التقدم في هذا المجال والمختص بصناعة الأثاث؛ وعلاوة على ذلك هناك واقع تنافسي عكسي فقد تعمل الهندسة العكسية كمحفز للمخترع لتطوير أفكار قابلة للبحث والتطوير دون المساس بموجب الحماية لبراءة الإختراع. حتى في حالة أن الهندسة العكسية لا تؤدي إلى مزيد من الإبتكار فإنه قد يستمر في تعزيز رفاهية المستهلك من خلال تزويد المستهلكين بمنتج منافس بسعر أفضل.

ويختص بالقيام بهذا النشاط وحدات البحوث والتطوير للأساليب الصناعية وتتمثل هذه بالإدارة المتوفرة في كافة المؤسسات والمنشأت الصناعية الإنتاجية تختص بإجراء أعمال البحث والتطوير علي المنتج من أجل تحسينه أو لإكتشاف طرق صناعية جديدة من خلال تحليل بنيته ووظيفته.وفي مايتعلق بالجانب القانوني والخاص بعمليات الهندسة العكسية وكذلك موقفه الشرعي من الناحية القانونية بالنسبة لبراءات الإختراع ومحميته بقوانين حقوق الملكية الفكرية تبين بعض النقاط الهامة والأساسية الخاصة بعلاقة كلا منهم بإستخدام أو تداول العمليات الخاصة بالهندسة العكسية والتي من شأنها تحديد موقفها من الناحية القانونية خاصة إذا كانت هذه العمليات سوف تستهدف نوع من الإبتكارات الحاصلة علي براءة إختراع أو محمية من خلال قوانين الحماية الفكرية لا بد من مراعاة بعض النقاط والتي قام المشرع بتحديدها في حال ضمان حق المخترع وتتمثل هذه الشروط في:

1. عمليات الهندسة العكسية هي المحرك الأساسي للكشف عن الكثير من المعارف الفنية والتكنولوجية والتقنية والخاصة بالإبتكارات أو الإختراعات، ويعتبر هذا الكشف هو قائم بالمجهودات الذاتية للفريق المتخصص في تلك العمليات
2. لابد للمؤسسة الصناعية أو المنشأة التجارية أيا كان نوعها سواء كانت مصنع، ورشة، من ضرورة الإلتزام بإستخدام الطرق المشروعة في تلك المماراسات.

3. لا يجوز للقائم بعمليات الهندسة العكسية القيام بعمليات الترخيص للغير بالسماح لإعادة تصنيع هذا المنتج المبتكر.
4. لا يجوز إفشاء الأسرار الفنية التي توصل إليها القائم على أعمال الهندسة العكسية.

أما في حال استخدام عمليات الهندسة العكسية على معارف فنية وتكنولوجية غير مطبق عليها قوانين الحماية الفكرية (غير محمية) ففي هذه الحالة تتم عمليات الهندسة العكسية وفق الشروط الآتية:

5. صاحب الإبتكار يمكنه أن يرخص للغير في حال الإلتزام بالشروط التي يحددها العقد المشترك بينهم والخاصة بعملية حفظ السرية للمعلومات الخاصة بالإبتكار للمالك الأصلي (المخترع) ففي هذه الحالة يمكن استخدام المعلومات والمعارف دون المساس بالتقنيات أو إجراء أي تعديلات أو إضافات. كل ذلك في ظل وجود عقد مشترك بين مالك المعرفة والمستخدم لها أما في حال عدم وجود تعاقد فيحق للمستخدم نشر السرية المعرفية في حال الوصول إليها عن طريق المجهودات الذاتية. عبده، محمد مرسي. (2016) ص236

الأهمية الوظيفية لاستخدام الهندسة العكسية في عمليات تصميم المنتجات بشكل عام وتصميم الأثاث بشكل خاص:

يُعبر عن استخدام الهندسة العكسية من منطلق كونها أسلوب ممنهج يدار بشكل علمي ويطبق علي معظم التخصصات والمجالات العلمية والصناعية . وتستخدم إما لإعادة صورة طبق الأصل للجزء الأصلي ، أو لفك شفرة آلية ، أو لتتبع أحداث أو مراحل تستخدم عل نطاق واسع في صناعة البرمجيات وتكنولوجيا المعلومات وصناعة السيارات والطب الشرعي والنظم الطبية والهندسية وبناء السفن ، كما أنها تستخدم في إنتاج النموذج الأولي للتصميم والإصلاحات الجديدة للأجزاء المستخدمة ويتم تناول أهمية استخدام الهندسة العكسية في عدة نقاط منها:

1-الشركة المصنعة الأصلية لم تعد موجودة ، ولكن العميل يحتاج إلى المنتج أو أجزاء معينة من ضمن المكونات الأساسية للمنتج (قطع الغيار) فالهندسة العكسية تساعد علي إمكانية الوصول لإنتاج نفس الجزء المطلوب من خلال اتباع التقنيات التنفيذية الخاصة بالهندسة العكسية.

2-تم فقد وثائق تصميم المنتج الأصلي مثل الملفات الخاصة ب (CAD) أو لم تكن موجودة مطلقًا.

3-كذلك استخدام الهندسة العكسية في عمليات التفتيش ومراقبة الجودة للمنتجات سواء كانت منتجات ميكانيكية أو منتجات إلكترونية أو أثاث أو غيره.

4-يمكن من خلال استخدام تقنيات الهندسة العكسية استكشاف طرق جديدة لتحسين أداء المنتج والميزات .

5-تساعد الهندسة العكسية علي إنشاء بيانات ثلاثية الأبعاد من المكون أو النموذج أو نحت نموذج أو إعادة إنتاج لعمل الفني.

6-تساعد المصمم علي فتح آفاق جديدة إبداعية تعمل علي تحقيق المزيد من الأكتشافات للأجزاء والعناصر نظرا لعدم اعتمادها علي سيناريوهات عمل ثابتة .

7-الهندسية العكسية تسعي جاهدة نحو فهم عملية تصنيع المكونات في السوق مع إمكانية الكشف عن الحلول أو البدائل التي تعمل علي رفع مستوي أداء المنتج أو إدخال التحسينات عليه.

8-كما أنها تعمل على تقديم تقييم عام وشامل خاص بجودة المنتج محل الدراسة، مع إيجاد نظرة عامة من حيث مستوي الأداء وكم التعقيد وكذلك المظهر الخارجي(التصميم) مقابل السعر المطروح.

النتائج:

من أهم النتائج المترتبة علي أثر دراسة آليات تطبيق عمليات الهندسة العكسية كرؤية منهجية لتحقيق قيمة مضافة في مجال تصميم وإنتاج الأثاث تمثلت في عدة نقاط كالتالي:

- تساعد عمليات الهندسة العكسية مصمم الأثاث أو فريق العمل القائم على عمليات تطوير صناعة الأثاث في تحديد الإحتياجات اللازمة لتحسين المنتج وتحسين آليات التصنيع لزيادة أرباح المؤسسة. وغالبًا ما تكون الهندسة العكسية ضرورية من أجل توفير التفاصيل اللازمة لتوفير إمكانية التشغيل المتبادل بين المنتجات الحالية والجديدة أو لتوفير معلومات عن المنتجات المنافسة.

- من خلال الإستعانة بالماسحات ثلاثية الأبعاد والتي تُعد إحدي أهم التقنيات الخاصة بآليات الهندسة العكسية يتم إنشاء نموذج افتراضي لكائن مادي (منتج) سواء كان هذا المنتج ميكانيكي، أو تكنولوجي، أوجزء من مكونات وحدة أثاث، أو وحدة أثاث كاملة ومن ثَم العمل على تنفيذه

- الجمع بين التقنيات الرقمية الحديثة كالماسحات ثلاثية الأبعاد وتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد كآليات متطورة بعمليات الهندسة العكسية مكن المؤسسة القائمة على تصنيع وإنتاج الأثاث من إحداث ثورة تكنولوجية هائلة في مجالات صناعة الأثاث المُطور بمختلف أنواعه وأشكاله وإضافة قيمة مضافة سواء كانت إضافة وظيفية أو جمالية أو غير ذلك.. خلال فترات زمنية قصيرة.

- من أجل فهم طبيعة فرص التطبيق الخاصة بأنشطة عمليات الهندسة العكسية في مجال تطوير تصميم الأثاث، لابد أولاً من فهم استيراتيجية استخدام الهندسة الأمامية لضمان الوصول إلى تحقيق أقصي فرص الإستفادة من القيم المضاقة.

- تتمثل أهم الأهداف الإقتصادية لعمليات الهندسة العكسية في اثنين من أهم العناصر الهامة والأساسية بالنسبة للمؤسسات الصناعية بشكل عام والقائمة على إنتاج الأثاث بشكل خاص ألا وهي:

1. زيادة فرص الإستثمار وتحسين الإنتاجية
2. المنافسة عن طريق خفض التكاليف.
3. ما تم تناوله فيما يختص ببند قانونية القيام بأعمال الهندسة العكسية يمكننا من الإشارة إلى أن الإستعانة بعمليات الهندسة العكسية لا يُشكل خطراً كبيراً علي الشركات المصنعة للمنتج الأصلي؛ نظراً لكونها تتمتع بحماية تميزها عن باقي منافسيها تمثلت في عنصري الوقت والتكلفة المطلوبة لإجراء عملية عكس هندسة المنتج الأصلي.

التوصيات:

- ضرورة مراجعة الجانب القانوني والتشريعي الخاص بعمليات الهندسة العكسية بشكل مفسر ودقيق قبل البدء في تطبيق وتنفيذ العمليات الإنتاجية منعاً للوقوع في مشكلات الحماية الفكرية وبراءة الإختراع وحقوق الإبتكارات.
- لابد من تبني المؤسسات التعليمية لدراسة المفهوم والفكر العلمي النظري والعملي لكيفية الإستفادة من الجانب الإيجابي لمنهجية الهندسة العكسية وبيان مدي أهميتها تضامناً واستكمالاً للمنهجية المتبعة خلال عمليات التصميم بالهندسة الأمامية أو التقليدية.
- لابد من إبراز أهمية هذه المنهجية حيث أنها تعتبر من أحدث وأدق المنهجيات القائمة على الإستعانة بأحدث التقنيات كالماسحات الضوئية والليزرية والطابعات ثلاثية الأبعاد والماكينات المحوسبة وغيرها.
- تكامل استخدام عملية الهندسة العكسية الهندسية (GRE) مع الأتمتة الحديثة مكنت شركات تصنيع الأثاث على إصلاح المنتجات البالية، مما يوفر جودة أعلى وكفاءة أفضل من استخدام عملية الإصلاح اليدوي التقليدي.

المراجع

المراجع العربية:

1. يعقوب، فيحاء عبد الله. صالح، حميد علي. (2013)، تطبيق تقنية الكلفة المستهدفة باستخدام الهندسة العكسية. مجلة دراسات محاسبية ومالية، 8(25)
2. عبده، محمد مرسي. (2016). الإعتراف القانوني بعمليات الهندسة العكسية (دراسة مقارنة). مجلة القانون. كلية الحقوق40 ,(4).

المراجع الأجنبية:

1. López, E. J., Flores, M. A., Sandoval, G. L., Velázquez, B. L., Vázquez, J. J. D., & Velásquez, L. A. GReverse,(2019) Engineering and Straightforward Design as Tools to Improve the Teaching of Mechanical Engineering. In Industry Integrated Engineering and Computing Education (pp. 93-118). Springer, Cham.
2. Raja, V., & Fernandes, K. J. (Eds.). (2007)– "Reverse engineering: an industrial perspective". Springer Science & Business Media
3. Raja, V.,(2008) - Introduction to reverse engineering. In Reverse Engineering (pp. 1-9). Springer, London.

مو اقع شبكة الإنترنت:

1. https://www.artec3d.com/cases/mu-form-furniture-design

13/3/2222

2. https://en.wikipedia.org/wiki/Copying (6/2/2021)
3. http://docs.artec-group.com/as/14/en/hardware.html(/1/202231)

4. https://www.techopedia.com/definition/31616/polygon-mesh (30/1/2022)

5. https://www.aventec.com/post/reverse-engineering-how-to-use-cloud-of-points-effectively30/1/2022)

6. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-19139-9_7 (31/1/2022)

7. https://www.digitalengineering247.com/article/old-school-design-meets-new-reverse-engineering-technology(31/1/2022)/

8. https://www.einscan.com/applications/cnc-furniture-customized-design-through-3d-scanning-with-einscan(12/3/2021) /

9. https://www.creaform3d.com/blog/explore-3d-scanners-and-3d-measurement-technologies(20 /1/2022)/

10. https://www.youtube.com/watch?v=dOIiFf9me8Q&t=23s

11. https://almohandes.org/t/29874 /المفهوم-الحديث-للهندسة-العكسية