توظيف الهندسة العكسية في توليد الاشكال للمنتج الصناعي
ا.م.د محمد علي حسين القيسي

Received: 4/10/2020 Accepted: 1/12/2020 Published: 2020

توظيف الهندسة العكسية في توليد الاشكال للمنتج الصناعي

ا.م.د محمد علي حسين القيسي
كلية الفنون الجميلة-جامعة بغداد- قسم التصميم
Mohammed.ali@cofarts.uobaghdad.edu.iq
07707745382

المستخلص:

لقد تناولت الكثير من البحوث تطبيقات الهندسة العكسية في تطوير او استنساخ المنتجات الصناعية الا انها لم تتناول تطبيقات الهندسة العكسية في توليد الاشكال واستخدامها في تصميم منتجات صناعية جديدة والتي شكلت بنية مشكلة الدراسة الحالية فيما كان هدف الدراسة هو تحقيق الفرضية الآتية : استخدام الهندسة العكسية في توليد اشكال جديدة وتوظيفها في منتجات صناعية، تناولت هذه الدراسة مناقشة ثلاث دراسات سابقة ومقارنتها مع الدراسة الحالية ، اما الاطار النظري فقد احتوى على مفهوم الهندسة العكسية وآلية و اسباب استخدامها والعمليات العامة ومراحل الهندسة العكسية، فيما تناولت اجراءات البحث والتي شملت اخذ عينة قصدية لوجه الفنانة (انجليا جولي) وتطبيق آليات الهندسة العكسية لتوليد اشكال جديدة هذه الاشكال وظفت في مقترحات تصميمية لمنتجات صناعية، وكان من اهم نتائج الدراسة:

1- يمكن توليد سلسلة من الاشكال الجديدة ذات مرجعية واحدة حية او غير حية باستخدام تطبيقات الهندسة العكسية لتصميم منتجات صناعية مختلفة.
2- المنتج الصناعي المتحقق باستخدام الهندسة العكسية تكون له مرجعية حسية (حية او غير حية) تساعد المنتج في عملية التسويق.

الكلمات المفتاحية: الهندسة العكسية/ توليد الاشكال/ الماسحات الضوئية/ برامج (CAD)/ معالجة النقاط

توظيف الهندسة العكسية في توليد الاشكال للمنتج الصناعي
الفصل الاول

المقدمة:

يعد الوصول الى آليات توليد الاشكال الجديدة في التصميم الصناعي من المشاكل المستمرة، فضلا عن الكثير من الآليات المتوافرة في توليد الاشكال الجديدة في ادبيات التصميم الصناعي الا انه تبقى الحاجة في استخدام التطبيقات الحديثة وتوظيفها في توليد اشكال جديدة من الاوليات المهمة، تعد الهندسة العكسية واحدة من الآليات الحديثة في التصميم والانتاج بشكل عام والتي تتطلب دراستها و امكانية توظيفها في عمليات التصميم في جانب توليد الاشكال الجديدة والتي تعد مشكلة البحث القائمة.

مشكلة البحث:

لقد تطور استخدام الهندسة العكسية من خلال تطبيقاتها في المجال العسكري الى الاستخدامات المدنية ولجميع فروع العلوم التطبيقية و الصرفة، هذا التطور قد اسس الكثير من الادبيات البحثية و تطبيقاتها في تطوير او استنساخ المنتجات الصناعية الا انها لم تتناول تطبيقات الهندسة العكسية في توليد اشكال جديدة لغرض توظيفها في تصميم اشكال لمنتجات صناعية جديدة والتي شكلت بنية مشكلة البحث الحالي، لذا فمن الممكن صياغة تساؤل البحث بالآتي: هل من الممكن استخدام تطبيقات الهندسة العكسية في توليد اشكال جديدة وتوظيفها في منتجات صناعية جديدة.

هدف البحث: يهدف البحث الحالي الى تحقيق الفرضية الآتية : استخدام الهندسة العكسية في توليد اشكال جديدة وتوظيفها في منتجات صناعية.

أهمية البحث: تبرز اهمية البحث من خلال ما يأتي:

- توفير آليات جديدة في عملية توليد الاشكال للمنتجات والتي تخدم المصممين المحترفين والدارسين في مجال التصميم بشكل عام والتصميم الصناعي بشكل خاص.
- امكانية الحصول على مساحات كبيرة من الاشكال الحية وغير الحية ودمجها.

تحديد المصطلحات اجرائياً:

- **الهندسة العكسية:** هي عمليات تفكيك، فحص و تحليل التفاصيل لجسم ما(جسم حي او غير حي) باستخدام التكنولوجيا الرقمية مثل الماسحات الضوئية الثنائية والثلاثية الابعاد فضلا عن استخدام برامج (CAD) لمعالجة (Cloud pointe) المرحلة من الماسحات الضوئية للجسم، لغرض اكتشاف النظام البنائي للجسم والذي ينطوي عليه تركيبه الشكلي من اجل استخدامه لاحقاً ككل او جزء منه في تصميم منتجات جديدة.
- **توليد الاشكال:** هي آليات انشاء اشكال جديدة ثلاثية او ثنائية الابعاد باستخدام الطرق التقليدية او التكنولوجيا الرقمية مثل الهندسة العكسية.

خطة البحث: لتغطية البحث باسلوب علمي تم تقسيمه الى ثلاثة مباحث اساسية هما:

1- الدراسات السابقة 2-الاطار النظري 3-اجراءات البحث

الفصل الثاني

1- الدراسات السابقة

1-1 الدراسة الاولى: دراسة (Kevin): تطوير المنتج: الهندسة العكسية ومنهجية اعادة التصميم.

هدفت الدراسة في استخدام الهندسة العكسية لانشاء منتجات جديدة من خلال تطوير منتجات سابقة وتحليل الاحتياجات الجديدة للمستخدمين، اذ تم تطبيق الهندسة العكسية في دراسة النماذج المشابهة وتحليلها وتفكيكها باستخدام الماسحات الضوئية الثلاثية الابعاد وبرامج (CAD) للوصول الى نتائج تتوافق مع احتياجات المستخدمين في التصميم المطلوب اذ تم تحليل المقلاة الكهربائية باستخدام الهندسة العكسية لغرض اعادة تصميمها وفقاً الى الاحتياجات الجديدة للمستخدمين وقد كانت نتائج الدراسة تصب في جانب التطبيقات الصناعية وفي مناهج التعليم الخاصة بالتصميم[1].

2-1 الدراسة الثانية: دراسة (Paulus) تكنولوجية الهندسة العكسية في عملية اعادة التصميم الخزف الصناعي : هدفت الدراسة الى انشاء تصميم جديد لصحن من السيراميك اعتماداً على تطبيقات الهندسة العكسية والتي من خلالها تم الحصول على مقطع محوري للصحن ذي بعدين وتم معالجته في برامج (CAD) للوصول الى التصميم المطور الجديد باستخدام التعديلات على (Cloud pointe)، لذا حققت تطبيقات الهندسة العكسية تقليل الوقت والكلفة وزيادة الدقة في عمليات التصميم قياساً الى الهندسة التقليدية [2].

3-1 الدراسة الثالثة: دراسة (Zoran) تقنيات الهندسة العكسية قي التعديلات للسيارات.

هدفت الدراسة الى توليد عدد من النماذج الثلاثية الابعاد لعدد من اجزاء الهيكل الخارجي للسيارة باستخدام الهندسة العكسية، ثم استخدام تلك الاجزاء في اجراء التعديلات على هيكل لسيارة قائمة لغرض الاضافة والتطوير للوصول الى تصميم رقمي لهيكل سيارة مطور[3].

4-1 مناقشة الدراسات السابقة: لقد اشتركت الدراسات جميعاً في استخدامها اجهزة المسح الثلاثية الابعاد في تطبيقات الهندسة العكسية انظر الجدول (1) الا ان دراسة (Paulus) قد حولت المسح الثلاثي الابعاد الى الثنائي الابعاد وذلك لحاجة برامج (CAD) في اظهار التصميم المقترح باعتمادها

على المقطع النصفي الثنائي الابعاد في التشكيل المحوري (للصحن) وفي اجراء التعديلات، اما هدف الدراسة الاولى (دراسة المقلاة الكهربائية) هو تصميم منتج جديد بناءاً على البيانات الرقمية لمنتجات سابقة، اما الدراسة الثانية فكانت تطوير تصميم قائم (صحن سيراميك) فيما كانت الدراسة الثالثة تطويرمنتج قائم (هيكل خارجي للسيارة) بناءاً على اجزاء من هيكل سيارات اخرى، لقد اتفق البحث الحالي مع الدراسة الثانية فيما يخص تقنيات المسح الضوئي الثنائي الابعاد واشترك مع جميع الدراسات في استخدام برامج (CAD) فيما اختلف هدف البحث الحالي عن تلك الدراسات بتوليد اشكال جديدة من عنصر حي اجري عليه مسح ضوئي لغرض توظيف تلك الاشكال في منتجات صناعية جديدة.

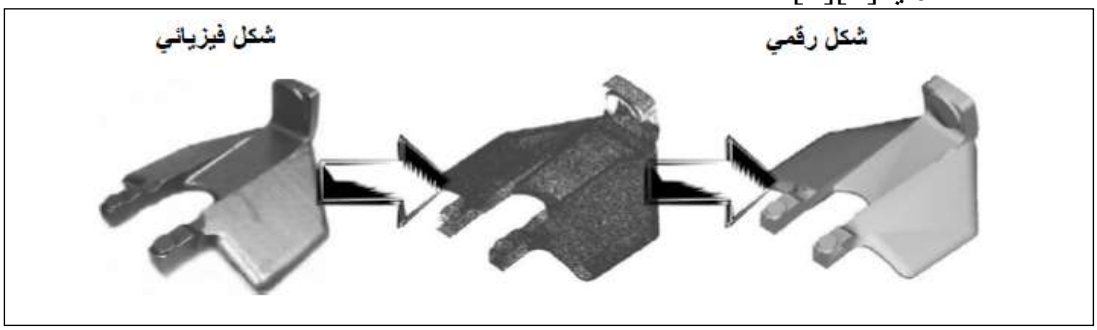
جدول رقم (1) مناقشة الدراسات السابقة المصدراعداد الباحث

الدراسات	اجهزة المسح المستخدمة	المنتج	الهدف
دراسة (Kevin)	ماسحات (3D)، استخدام برامج (CAD)	مجموعة من مقلاة كهربائية	تصميم جديد لمقلاة كهربائية
دراسة (Paulus)	ماسحات(3D) ثم التحويل الى(2D)، استخدام برامج (CAD)	صحن سيراميك	تطوير تصميم قائم
دراسة (Zoran)	ماسحات (3D)، استخدام برامج (CAD)	مجموعة من هيكل السيارة الخارجي	تطوير واضافة لمنتج قائم
الدراسة الحالية	ماسحات(2D)، استخدام برامج (CAD)	شكل عضوي حي او غير حي	توليداشكال جديدة واستخدامها في منتجات صناعية

2- الاطار النظري

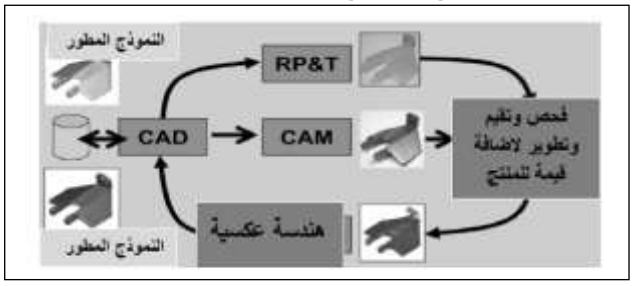
2-1 الهندسة العكسية: الهندسة هي عمليات التصميم والتصنيع والصيانة للمنتجات والانظمة، هناك نوعان هي الهندسة المتقدمة (Forward engineer) والهندسة العكسية (Revers engineer)، فالهندسة المتقدمة هي العمليات التقليدية للانتقال من التجريدات العالية المستوى والتصاميم المنطقية الى التنفيذ الفعلي [4] وتعرف ايضاً بالعمليات لبناء من نموذج او مفهوم معقد الى بناء تفاصيل مستوى ادنى، تعد الهندسة المتقدمة مهمة في تكنولوجيا المعلومات كونها الاساس التقليدي لعمليات تطوير تكنولوجيا المعلومات [5]، اما الهندسة العكسية (RE) فهي التي تعنى في انتاج نماذج او تصاميم من جسم لا تتوفر فيه رسومات هندسية او بيانات كما تعرف ايضا بأنها العملية للحصول على نموذج رقمي هندسي (CAD) [5] لمحاوره الثلاثة (XYZ) من خلال استخدام تطبيقات ادوات المسح (Scanners)، وقد عرفها (Motavalli) [2] أنها المفهوم والاجراءات لانتاج جزء قائم على نموذج اصلي او مادي دون استخدام الرسم الهندسي، اما (Abella) [13] فقد عرفها بانها المفهوم الاساسي في انتاج أو بناء جزء او كل من اصل كيان فيزيائي دون استخدام الرسومات الهندسية ، فيما عرفها (Yauetal) بأنها عملية استرجاع شكل هندسي جديد من جزء مصنع اصلاً من خلال تحويله الى معطيات رقمية لنموذج (CAD) قائم [6]، تستخدم الهندسة العكسية في الوقت الحاضر على نطاق واسع في العديد من التطبيقات مثل التصنيع والتصميم الصناعي والداخلي والمجوهرات ..الخ ، فمثلا عند انتاج سيارة جديدة للاسواق العالمية فأن المصنعين المنافسين يشترون احدها لغرض تفكيكها لغرض معرفة كيفية بناء اجزائها [7]، وفي بعض الحالات مثلا في هيئة السيارة الخارجية فأن المصممون يحاكون شكل السيارة بأستخدام نماذج مصنوعة من الطين او الخشب او المطاط اذ يتم

انشاء نموذج (CAD) باستخدام المسح لتلك النماذج والتعديل عليها لغرض انتاج النموذج الحقيقي [1]. ان المصممين الذين يستخدمون (CAD) يواجهون تحديات كبيرة في حال لا يوجد ضمان ان يكون النموذج المنتج بأستخدام (CAD) يمثل بشكل دقيق النموذج الاولي المنحوت لذا فأن الهندسة العكسية توفر حلولا لهذه المشكلة وذلك كون الشكل المادي (المنحوت) هو المصدر الاساسي للمعلومات للنموذج (CAD) والذي يشار اليه بالتعبير(العملية المادية الى الرقمية) شكل (1) توفر الهندسة العكسية بشكل اساسي تقليل الزمن اللازم لعملية تطوير المنتج والتي تعد اساسية ومهمة في عملية التنافس التجاري [8][9].



شكل (1) عملية تحويل من الشكل الفيزيائي الى الرقمي [10]

ان السوق التنافسية العالمية وحرص الشركات المصنعة للحصول على طرق جديدة في تقليل المدة الزمنية لتصنيع منتج جديد وتسويقه لذا تكون الحاجة الى تطوير المنتج بشكل سريع والتي يطلق عليها مصطلح (RPD) والتي تشير الى التقنيات والتكنولوجيا التي يتم تطويرها لغرض مساعدة المصممين والمصنعين في تلبية احتياجات السوق وبوقت قصير[1]، فمثلا تحتاج الشركات التي تستخدم الحقن بالقولبة (انتاج كرسي مثلاً) الى طرح نموذج جديد وبسرعة في السوق العالمية لذا يكون استخدام الهندسة العكسية هو الحل الأمثل لهذه المشكلة وذلك من خلال اعداد نموذج طيني ثم تحويله الى نموذج رقمي واجراء التعديلات الرقمية اللازمة له ليتم انتاجه خلال وقت قياسي قصير وذلك بأستخدام النمذجة السريعة او الانتاج السريع باستخدام تكنولوجيا (CNC).



شكل (2) دورة تطوير المنتج باستخدام الهندسة العكسية [10]

2-2 اسباب استخدام الهندسة العكسية:

1- الشركات المصنعة الاصلية للمنتج لم تعد موجودة الا انه هناك طلب على المنتج او اجزاءه، على سبيل المثال قطع غيار الطائرات تكون مطلوبة بعد مدة طويلة من الاستخدام او قطع اثاث او مكملات لفضاء داخلي لم تعد تنتج.

2- محدودية انتاج الصناعات الحرفية و التي تنتج نموذج واحد فضلا عن حاجة السوق المستمر من المنتج.

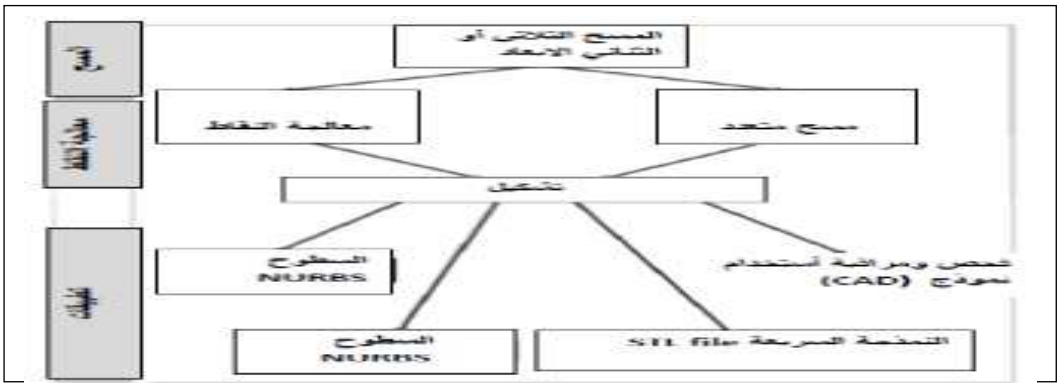
3- فقدان الوثائق والرسومات الهندسية للنموذج الاصلي .
4- انشاء بيانات (CAD) لتجديد او تصنيع أو تطوير منتج قائم.
5- التقييس اومراقبة الجودة من خلال مقارنة (CAD) مع عنصر قياسي .
6- تطوير لبعض اجزاء المنتج التي تضررت بسبب سوء التصميم من خلال معالجة المشاكل بأستخدام نموذج (CAD).
7- تعزيز المميزات الجيدة في المنتج بناءا على الاستخدام الطويل له.
8- انشاء بيانات ثلاثية الابعاد من نموذج او نحت لانشاء عمل فني.
9- اعداد رسومات المنتجات الصناعية ووثائق التصميم بشكل عام لغرض الانشاء او التطوير.
10- تقييس الملابس والاحذية لبيانات من الافراد لتحديد القياسات البشرية للعموم.
11- إنشاء البيانات لصناعة الاطراف الاصطناعية او العمليات الجراحية وهندسة الانسجة لاجزاء الجسم او للتخطيط الجراحي.
12- توثيق واستنساخ مشاهد الجريمة .
13- دراسة الاخفاقات او المرونة لحركة المستخدم في الفضاء الداخلي.
14- استخدام الاشكال الحية وغير الحية الطبيعية في التصميم الثلاثي الابعاد كما في العمارة والتصميم الداخلي وتصميم المنتجات.

تعد اسباب استخدام الهندسة العكسية سالفة الذكر لا تغطي جميع مجالات استخدام الهندسة العكسية اذ هناك مجالات وتطبيقات متنوعة لا يسع البحث ذكرها [8] [3].

3-2 العمليات العامة للهندسة العكسية

العمليات العامة للهندسة العكسية تمر في ثلاث مراحل كما هو موضح في الشكل(3) وتشمل المسح ومعالجة النقاط وتحديد التطبيقات ثم تطوير النموذج، ان استخدام استراتيجية الهندسة العكسية يجب ان تراعي المتغيرات الآتية [10]:

1- يجب معرفة الاجزاء المراد مسحها سواءا كانت فردية أم متعددة ومعرفة حجمها فيما لو كانت كبيرة او صغيرة.
2- فهم تعقيد الجزء (معقد او بسيط).
3- معرفة كثافة المادة فيما لو كانت صلبة او لينة و معرفة الانهاءات الخارجية (لامعة او قاتمة).
4- تحليل الجزء كونه عضوياً او هندسياً للشكل الخارجي والفضاء الداخلي.
5- الدقة المطلوبة فيما لو كانت خطية او حجمية [8].



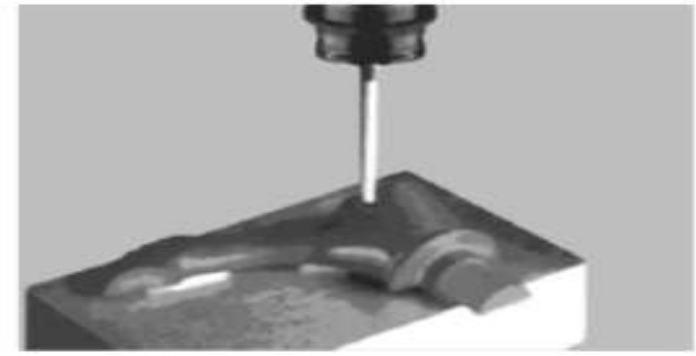
الشكل(3) العمليات العامة للهندسة العكسية (المصدر اعداد الباحث)

4-2 مراحل نمذجة الهندسة العكسية: المرحلةالاولى: المسح (Scanning)

تشمل هذه المرحلة استراتيجية المسح باستخدام تقنية الماسح واختيار التقنية المناسبة ، اذ يتم اعداد المنتج المراد اجراء عملية مسحه لتوثيق المعلومات التي تمثل توصيف جميع الخواص الهندسية الشكلية للمنتج مثل الفتحات والجيوب والثقوب والمستويات اذ تساعد مخرجات الماسحات الثلاثية الابعاد في تمثيل المنتج من خلال (Clouds pointe) والتي تحدد حدود الشكل الفيزيائية، تكون هذه الماسحات كأدوات مخصصة منفصلة او ملحقة بأجهزة الكومبيوتر او اجهزة (CNC) ، هناك نوعان من الماسحات (الماسحات الضوئية اللمسية والماسحات غير اللمسي) [10].النوع الاول الماسحات الضوئية اللمسية (Contact Scanners) .

توفر هذه الماسحات اتصالاً تلقائياً مع سطح الجزء المادي شكل (4)، تعتمد هذه الاجهزة على تقنيات ماكنة قياس الاحداثيات والتي تعمل بمخرجات سماح (0.01 ، 0.02 ملم)، هذه الاجراءات ممكن ان تكون بطيئة اعتمادا على حجم الجزء الممسوح ودرجة تعقيده،[11].

ان ماكنات المسح تحدد النقاط الممسوحة بالتتابع فضلا عن حركة الماسح بشكل حر غير مقيد لتسجيل اي نقطة لذا سيكون هناك درجة من ضغط تلامسي بين الجزء الماسح (مسبار اللمس) والجسم الفيزيائي الممسوح لذا تكون هذه الاجهزة غير مناسبة للاستخدام على السطوح المرنة مثل المطاط اذ يكون من الصعوبة المحافظة على درجة معينة من ضغط التلامس لذا تكون النتائج غير دقيقة على السطوح المرنة [12].



شكل (4)- المسح بالتلامس (مسبار لمس) [13]

أما النوع الثاني فهو الماسحات غير اللمسية (Noncontact Scanners)

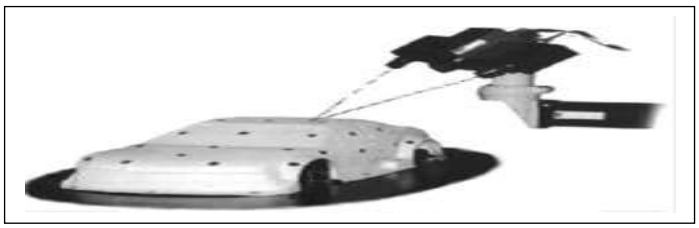
هي مجموعة متنوعة من الماسحات تستخدم تقنية المسح بدون اتصال اذ يستخدم فيها اجهزة الليزر والبصريات وحساسات جهاز الشحن المزدوج (CCD)* لالتقاط البيانات كما في الشكل (5) ، اذ على الرغم من ان هذه الماسحات تلتقط كمية كبيرة من البيانات في وقت قصير نسبياً الا انه هناك بعض المشكلات المتعلقة بهذه التقنية نذكر منها [6]:

- قيمة السماحات لهذه التقنية كبير نسبياً اذ يقع ضمن (0,025-0.2 ملم).
- بعض تلك الاجهزة تواجه مشكلات في انشاء ووصف السطوح التي تكون بشكل موازٍ لحزمة الليزر شكل (6).

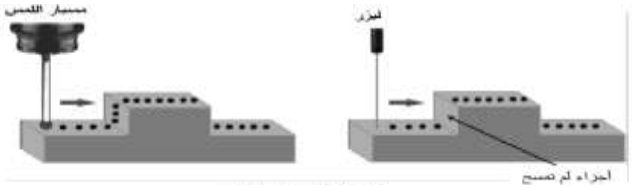
***جهاز اقتران الشحنات (charge-compiled-device).ويعرف ايضاً بمجس (CCD) يعتبر من اسهل انواع الماسحات والكاشفات الضوئية وله حساسية ضوئية افضل من الاجيال السابقة للماسحات، اخترعه العالمان (جورج سمث و يلارد بويل) عام 1969 وبسبب اختراعهما لهذا الجهاز حازا على جائزة نوبل عام 2009م، استخدم الجهاز في الدراسات الفلكية والاستشعار عن بعد.**

- تستخدم هذه الاجهزة الحزم الضوئية في عملية المسح لذا فأن دقة المسح تكون ضعيفة خصوصا للاسطح اللماعة لذا تجهز تلك الاسطح بطبقة من مسحوق ناعم قبل المسح لحل هذه المشكلة [12].

هذه المشكلات لا تُقيد من استخدام تلك الاجهزة في اجهزة الاستشعار عن بعد عندما تكون دقة المعلومات المطلوبة ثانوية وذلك لسرعة التقاط البيانات، ان التطورات التي شهدتها التطبيقات والبحوث والتطويرات لاجهزة المسح الضوئي جعلتها تتحسن في مخرجاتها لبيانات(Cloud points) والتي يمكن تصديرها باشكال خزن متنوعة (Formats) والتي سهلت استخدامها في برامجيات الهندسة العكسية [11].



شكل (5) يوضح جهاز شحن مزدوج ، [10]



شكل (6) مسبار اللمس العامودي، بعض المشاكل لاجهزة المسح التي تكون السطوح الممسوحة موازية لحزمة الليزر، [10]

المرحلة الثانية : معالجة النقاط (Points Processing)

تشمل هذه المرحلة استيراد البيانات الى برامج (CAD) لغرض تقليل الضوضاء للبيانات المستوردة وتقليل عدد النقاط اذ يتم تنفيذ هذه المهام بواسطة مجموعة من المرشحات (Filters) المختارة مسبقاً وحسب نوع المنتج المراد تعديله، ومن المهم للمشغل ان يفهم بشكل جيد خوارزميات المرشحات ليكون خياره لاستخدام مرشح مناسب صحيح، هذه المرحلة ايضاً تتيح دمج مجموعة من بيانات المسح اذ قد يتطلب في بعض المنتجات اجراء اكثر من عملية مسح لضمان ان تكون جميع بيانات المنتج قد تمت عملية مسحها والذي يتطلب في بعض الاحيان دوران الجهاز الماسح حول الجزء المطلوب لقراءة تفاصيله بشكل جيد و يساعد في تسهيل عملية المعالجة واتمامها بشكل دقيق، ان نتيجة هذه المرحلة ستكون عبارة عن مخرجات لمجموعة نقاط دقيقة ونظيفة [10].

المرحلة الثالثة: تطبيق وتطوير النموذج الهندسي : ان التطور الحاصل في عمليات النمذجة السريعة (Rapid Prototyping) ساعد بشكل كبير في تقليل الزمن اللازم لانتاج النموذج الفيزيائي من نموذج (CAD)، لقد ساعدت التكنولوجيا الحديثة للهندسة العكسية في تقليل الزمن لانتاج نماذج (CAD) الكترونية من منتج فيزيائي، اذ يعد انشاء هذا النموذج من بيانات نقطية هو اكثر تعقيداً خلال اجراءات الهندسة العكسية لان خوارزمياته تمثل السطح، اذ يجب ان تمثل بشكل دقيق المعلومات الثلاثية الابعاد المنقولة من المنتج الفيزيائي [12]. ان معظم برامج (CAD) غير مصممة لعرض ومعالجة مجموعة كبيرة من النقاط لذا فأن هناك حاجة دائماً لتطوير وانشاء برامج لحل هذه المشكلة على الرغم من ظهور بعض الخوارزميات التي تساعد المصممين في التفاعل مع البيانات النقطية

لانشاء نماذج فيزيائية قائمة على نموذج (CAD) حالي، تعد اهمية النماذج الهندسة العكسية لانتاج نموذج (CAD) باهمية التكنولوجيا التي سوف تستخدمها و معتمدة بشكل اساسي على قرار الادارة في اختيار احد نماذج الهندسة العكسية المناسبة لعملهم، اذ ان لكل حقل صناعي هناك نماذج هندسة عكسية مناسبة له فمثلاً عند الحاجة لاستنساخ ماكنة حقن متضرر احد اجزائها سيكون من المهم اختيار نموذج الهندسة العكسية فضلا عن (Iso G code) والذي يوفر انتاج الجزء المتضرر و بمدة قصيرة جدا، [14].

5-2 أنظمة توليد الاشكال: لقد ساعدت الرياضيات وتكنولوجيا المعلومات والحاسوب والاجهزة الداعمة الباحثين في إنشاء أنظمة لتوليد أشكال جديدة، هذا التوجه قد ساهم في خلق أدوات جديدة للتصميم من خلال استخدام اللوغارتميات والرياضيات المتقدمة وبرامج الحاسوب (CAD)، لقد غير هذا التوجه طبيعة ادراكنا للشكل في التصميم الصناعي والعمارة وقد اوجداشكال بسيطة ومعقدة لا يمكن التنبؤ بها وفيما يأتي عدد من هذه الانظمة والادوات الخاصة بتوليد الاشكال.

- **قواعد الشكل (SG):** وهي اداة وظيفية توليدية يتم من خلالها اختيار قاعدة شكلية بسيطة وتطبيق قانون معين عليها، فمثلاً تدوير مربع او مثلث حول محور وفق قياسات معينة لتوليد اشكال جديدة شكل (7)، قدمت هذه الآلية كورقة بحثية عام 1971 وكانت مقتصرة على الفنون فقط من خلال اعداد مجموعة من القوانين الشكلية لعدد من اللوحات الفنية والتي تعود الى (Stiny)، ثم انتقلت الى العمارة من خلال مشروع من تمرينين الاول هو استخدام قواعد الشكل في التحليل للتصاميم اما الثاني فهو انشاء اشكال جديدة اصيلة [15]، تستخدم قواعد الشكل في توليد الاشكال ولكافة تخصصات التصميم مثل العمارة وتصميم المنتجات والتصميم الداخلي .

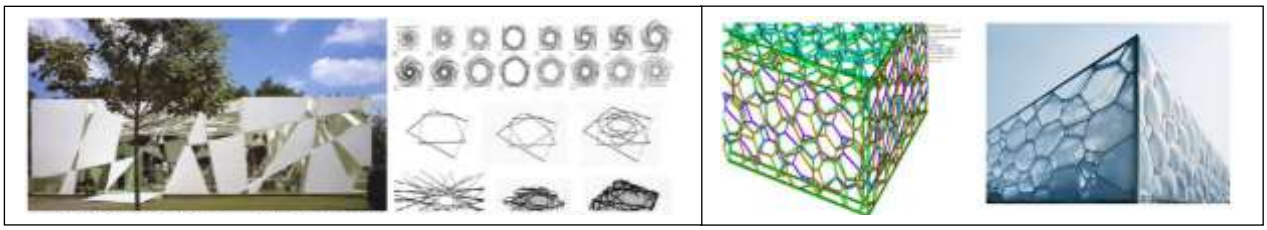
شكل (7) بعض القوانين البسيطة لتوليد أشكال جديدة من خلال تطبيق قاعدة الشكل

- **نظم (لندمايرز) (LS)** يعد عالم الاحياء (ليندنمايرز) مؤسس هذا النوع من النظم عام 1968 وقد استخدمت هذه النظم في انتاج اشكال ثلاثية وثنائية الابعاد ذات تعقيد عال، اذ تبدأ هذه الآلية بأستخدام شكل نباتي بسيط ومن ثم استبدال الاجزاء بطرق تكرارية بناءاً على مجموعة من النظم والقواعد، يكون الشكل النهائي المعالج بهذه الآلية أقرب الى الاشكال الطبيعية، تستخدم هذه النظم في تقنيات التحليل و التركيب للاشكال وفق نظم معينة وبأستخدام خوارزميات متسلسلة اذ تكون العينة عبارة عن اختيار نبات ومراقبة نموه ثم معالجة الاشكال بأستخدام برامج (CAD) لغرض تكوين اشكال جديدة ومن تطبيقات هذه النظم في مجال العمارة استخدمها البروفيسور (Grohmann) لتصميم وتطوير هيكل كجزء من مشروع (Blurring stracturs) شكل (8) [16]، كما في شكل ()، كما استخدم في التصميم الصناعي من خلال تصميم المظلات في مسجد الحرام في السعودية شكل (9) .

شكل (8)هيكل مطور باستخدام نظم (LS) كجزء من مشروع (Blurring stracturs)

شكل (9) تصميم المظلات في مسجد الحرام في السعودية باستخدام نظم (LS)

- الخوارزميات الجينية **(GA):** عام (1960) استخدم هذه الآلية كتقنية حسابية مستندة الى مبدأ تطور في الطبيعة معتمدة على مفهوم التطور في نظرية (دار ون) ، أما الغرض منها فهو دراسة التكيف الذي يحصل في الطبيعة من خلال العمليات التطورية ثم انشاء روابط لتصديرها الى انظمة الحاسوب، لهذه الخوارزمية وظيفتان اساسيتان الاولى هي قراءة الاشكل كعدد من المشكلات ثم ايجاد الحلول لها، اما الثانية فهي تركيبية اذ تقوم بانتاج الاشكال ومن ثم توليدها الى اشكال جديدة معقدة، تعد هذه الخوارزمية فعالة في انشاء الهياكل الخفيفة للتقليل من الوزن الاجمالي والذي يؤدي الى خفض التكاليف للمشاريع المعمارية [17]، ومن تطبيقاتها استخدامها في تصميم قاعة السباحة لدورة الالعاب الاولمبية في بكين كما في الشكل (10) فضلاً عن استخدامها في مشروع (Gallery Pavilion) كما في الشكل (11).



شكل (10) تطبيق الخوارزميات الجينية في تصميم قاعة السباحة لدورة الالعاب الاولمبية في بكين عام 2008

شكل (11) تطبيق الخوارزميات الجينية في تصميم مشروع (Gallery Pavilion)

- الخلوية الآلية (CA) ظهرت هذه الآلية في اربعينيات القرن الماضي وهي عبارة عن عملية تشكيل مجموعة من الخلايا على نظام شبكي ذي اشكال محددة بناءاً على مجموعة من القوانين المشتقة من شكل الخلايا المجاورة، تكون الشبكات المنجزة ثنائية الابعاد (خطوط احادية البعد) الى الشبكات الديكارتية ذات الابعاد العشوائية ، تستخدم هذه الآلية لتحديد خصائص الاشكال بناءاً على هيئة مجموعة من الخلايا وعلى قاعدة توليد الاشكال منها [18]، اما في التصميم فتكون هذه الآلية في سياق الشكل يتبع الوظيفة وذلك كون الشكل لاهر من الخلايا هو ناتج طبيعي عن وظيفة تلك الخلايا، من الممكن لهذه الآلية ان تنتج اشكالاً تصميمية جديدة يكون فيها هوية الشكل هو مساحة او حجم لفضاء الوظيفي لتلك الخلية انظر الشكل (12)

شكل (12) استخدام طريقة نمو الخلايا في تصميم فندق

يرى الباحث ان هذه الانظمة قد اختلفت وتشابهت بالتقنية ومخرجات التصميم الا ان جميعها يتطلب أداؤها استخدام الحاسوب باستثناء (قواعد الشكل) والتي من الممكن ان تعمل يدويا ايضاً، ان مخرجاتها الشكلية ممكن ان تكون اشكال بسيطة او معقدة ولكنها اشكال اصلية اذ من الممكن استخدام هذه الاشكال كعناصر تصميمية اوانشائية او تحليلية لجميع حقول التصميم هذه النظم انجزت بين عام (1940-1968) قد استخدم في بناءها الخوارزميات والتي كانت في حينها جديدة الا ان تطور برامج الحاسوب (CAD) في الوقت الحاضر قد ادمج تلك الخوارزميات في انظمته فضلاً عن خوارزميات جديدة متقدمة ممكن انجاز الكثير من التغيرات في جدول (1) ،

الخصـــائـص والمفـــــردات	SG	LS	CA	GA	البحث الحالي
قابليتها على التحليل على مستوى الفضاء الداخلي	*	*	-	*	*
قابليتها على تحليل ومحاكاة لغات فضاءات داخلية سابقة	*	-	*	=	*
قابليتها على توليد اشكال ولغات جديدة	*	*	*	*	*
قابليتها على التعامل مع برامج الكوميوتر	*	*	*	*	*
قابليتها على التعامل بدون برامج الكومبيوتر	*	-	-	-	-
مدخلات الاشكال المعالجة	اشكال بسيطة مجردة	نباتات	خلايا هندسية	تطور الشكل في الطبيعة	جميع الاشكال الطبيعية
مجال استخدامها	جميع حقول التصميم	جميع حقول التصميم	جميع حقول التصميم	جميع حقول التصميم	جميع حقول التصميم
SG = قواعد الشكل/ LS = نظم(ليندماير) / CA = الخلوية الآلية/ GA = الخوارزميات الجينية					

جدول (1) يوضح الاختلافات والتشابه بين انظمة توليدالاشكال والبحث الحالي

3- اجراءات البحث:

3-1 الأجراءات التطبيقية:

قام الباحث باختيار نموذج قصدي حي وهي صورة لوجه الفنانة العالمية (انجليا جولي) انظر ملحق (1) وذلك لشهرتها والتي سوف تساهم الى تدعيم مقترح التصميم من الجانب التسويقي اذ سيكون للشكل المنتخب مرجعيته ذات التأثير العاطفي الانساني في المجتمع.

تمت معالجة ملف الصورة في احد برامج (CAD) اذ حول (mode) الصورة من (RGB) الى (grayscale) ثم تم تحويل (Cloud pointe) المحددة لشكل الوجه الى (path) ثم ترحيله الى (AI format) ليتم فتح هذا الملف في برنامج (3dsmax) ومشاهدة جميع تفاصيل الوجه بصيغة (Editable spline) كأشكال منفصلة مثل (حدود العين، مقلة العين، حدود الشفاه الخارجية

والداخلية....الخ) ملحق (2)، هذه الاشكال من الممكن استخدامها في تصميم منتجات صناعية، قام الباحث باختيار احد هذه الاشكال وهي اجزاء الحدود الداخلية للشفه انظر ملحق (2) هذا الشكل ممكن استخدامه في الكثير من المنتجات الصناعية من خلال استخدام علاقات التصميم كالتدرج والتكرار...الخ اذ تتوافر امكانية تطبيق هذه العلاقات في برامج (CAD)، ففي ملحق (1) تم تعديل القياسات للشكل من خلال التصغير المتساوي لجميع محاور الشكل (x,y,z) لتصميم حلي مثل (حلقة اذن) و (قلادة)، من الممكن تكبير محاور الشكل وتوظيف علاقة التكرار لتصميم اسيجة معدنية للحدائق والسلالم انظر ملحق (4-1)، (4-2) ، (4-3)، (4-4).

2-3 النتائج:

1- من الممكن استخدام الهندسة العكسية في الفنون التشكيلية والتطبيقية لتوليد او تطوير اشكال ذات دلالات تعبيرية.

2- تطوير اجهزة المسح الضوئي وبرامج (CAD) ساعد على تسهيل استخدام الهندسة العكسية في جانب الدقة والسرعة والعملية الابتكارية.

3- يمكن توليد سلسلة من الاشكال الجديدة ذات مرجعية واحدة حية او غير حية باستخدام تطبيقات الهندسة العكسية.

4- امكانية استخدام الشكل ككل او اجزاء منه كاشكال جديدة باستخدام برامج (CAD) وتوطيفها في انتاج تصاميم صناعية مختلفة.

5- المنتج الصناعي المتحقق باستخدام الهندسة العكسية تكون له مرجعية حسية (حية او غير حية) تساعد المنتج في عملية التسويق.

6- تساعد برامج (CAD) المستخدمة في الهندسة العكسية على تطوير الشكل الواحد من خلال استخدام العلاقات التصميمة في تلك البرامج مثل التدرج والتكرار والقياس ...الخ.

3-3 الاستنتاجات:

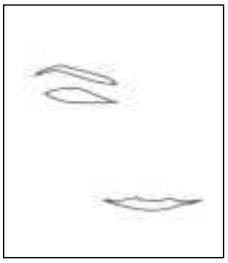
1- ان الهندسة العكسية هي واحدة من الآليات التي من الممكن ان تستخدم في عمليات الاستنساخ او التطوير او الابتكار في جميع حقول المعرفة الفنية منها والهندسية والتطبيقية .

2- يوفر استخدام الهندسة العكسية تحقيق الوحدة في التصميم من خلال استخدام اجزاء من البناء الشكلي للجسم في تصاميم مختلفة ترتبط في مرجعيتها الى الشكل الاصلي ذي المكون العاطفي.

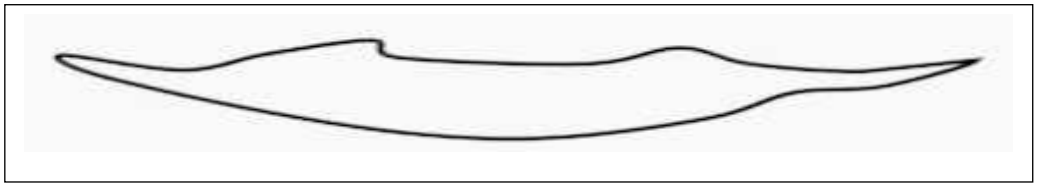
3- تطبيقات الهندسة العكسية في توليد الاشكال قد تكون صعبة في مراحلها الاولى الا ان نتائجها تكون سلسة ومتعددة المخرجات.

4- يمكن الافادة من تدريس تطبيقات الهندسة العكسية في معاهد وكليات التصميم في العراق كونها توفر اداة جديدة للطلاب لتوليد اشكال جديدة ومبتكرة.

ملحق (1) انموذج وجه الفنانة



ملحق (2) تفاصيل الوجه بصيغة Editable spline كأشكال منفصلة
المصدر اعداد الباحث

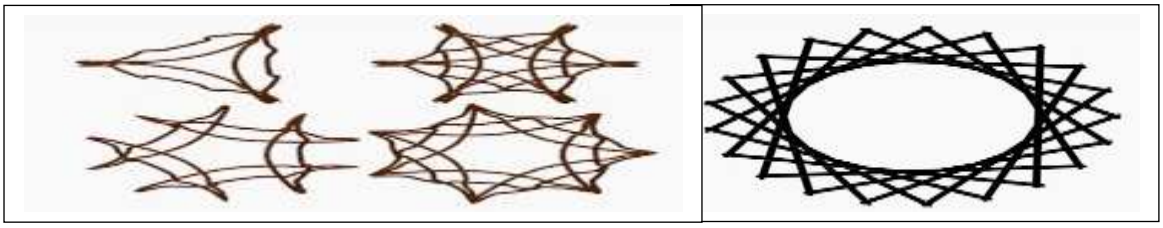


ملحق (3) اختيار شكل حدود الشفاه الداخلية بعد تطبيق الهنسة العكسية المصدر اعداد الباحث

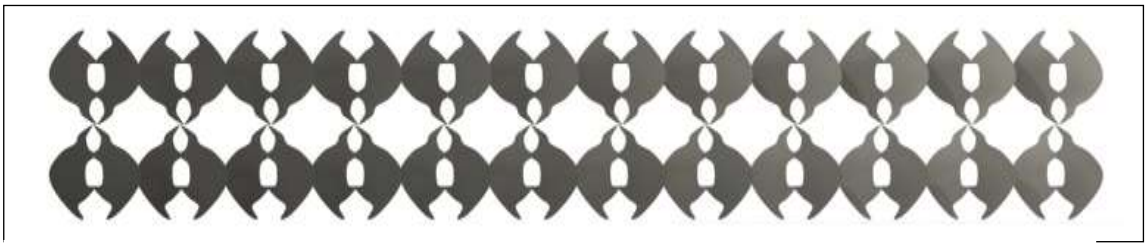
ملحق (4) تطبيقات استخدام الشكل المولد في تصاميم مختلفة كما في الاشكال ادناه- المصدر تصميم الباحث

ملحق (4-1) مقترح تصميم قلادة وحلقة اذن- المصدر تصميم الباحث

ملحق (4-2) مقترح تصميم ابواب خشبية او معدنية من الشكل المولد- المصدر تصميم الباحث



ملحق (4-3) مقترح تصميم اشكال زخرفية ممكن استخدامها في الجدران ،الارضيات،السقوف من الشكل المولد- المصدر تصميم الباحث



ملحق (4-4) مقترح تصميم سياج معدني او خشبي للسلالم او اسيجة الحدائق او الجزء الخارجي للشبابيك (للحماية) من الشكل المولد- المصدر تصميم الباحث

Reference:

[1] Kevin N. Otto1 &Kristin L. Wood2, Product Evolution: A Reverse Engineering and Redesign Methodology, Springer-Verlag, London,1998.
[2] Paulus Wisnu Anggoro*, Baju Bawono, Ivan Sujatmiko. Reverse engineering technology in redesign process ceramics: application for CNN plate, Procedia Manufacturing, Indonesia.2015.
[3] Zoran Lulić,& others, Application of Reverse Engineering Techniques in Vehicle Modifications, Springer-Verlag London 2013.
[4] https://encyclopedia2.thefreedictionary.com/forward+engineering.
[5] https://www.techopedia.com/definition/.
[6] Ling Sha. The Innovation Design of Product Based on Reverse Engineering, International Conference on Computer Science and Information Technology. Singapore.2011,p543.
[7] Colin Bradley and Bernadette Currie, Advances in the Field of Reverse Engineering, Computer-Aided Design & Applications, Vol. 2, No. 5, 2005.
[8] Ranjeet Kumar &Amar yadav, Application of Reverse Engineering on CAD Modelling Using Least Square Fitting Technique,International journal of advance research in Scince and engineering,volum 06 no 02,2017,p459-461.
[9] Roseline Bénière & others. A comprehensive process of reverse engineering from 3D meshes toCAD models. Computer-Aided Design,2013,p138-140.
[10] Vinesh Raja ،Kiran J. Fernandes,Reverse Engineering: An Industrial Perspective. Springer Science & Business Media.2008,p7-8.
[11] Kumaresan. M& others, Enhancement of Reverse Engineered 3d Model Features through the Integration of Contact and Non-Contact Scanned Data, International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 7 Issue 04,2018,p696,p666.p670.
[12] Kumar A: Jain, P.& Pathak, P.M, Rrverse Engineering in Product Mnufaactring and Overvies, DAAAM International Scientific Book,. 2013,p696,p666,p670.
[13] J.A., Ryal, C.J. and Wimpenny, D.I. Rapid Prototyping Casebook, John Wiley and Sons Limited d, 2001,p210.
[14] Douglas D. Lefever& Kristin L. Wood, DESIGN FOR ASSEMBLY TECHNIQUES IN REVERSE ENGINEERING AND REDESIGN, ASME Design Theory and Methodology Conference,1996,p133.

[15] Krawczyk , Robert J. , Architectural Interpretation of Cellular Automata , College of Architecture, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, USA , 2002 ,p10.
[16] Ahmed Medhat, FORM GENERATION IN ARCHITECTURE, M.Sc. Degree in Architecture, Faculty of Engineering AinShams University,2008,p34.
[17]Mitchell, Melanie, An Introduction to Genetic Algorithms, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, United States ,1991,p7.
[18] Wolfram, S, A new kind of science, Wolfram Media 2002.p40.

Employing reverse engineering in generating industrial product shapes

Assistant Professor. Mohammed A.Hussein alqaisi/Design
Department/college of Fine Arts/University of Baghdad.
Mohammed.ali@cofarts.uobaghdad.edu.iq

Abstract:

A lot of research has addressed the applications of reverse engineering in the development or reproduction of industrial products, but it did not address the applications of reverse engineering in generating shapes and using them in designing new industrial products that formed the structure of the current study problem while the goal of the study was to achieve the following hypothesis: Using reverse engineering to generate New forms and their employment in industrial products. This study discussed the discussion of three previous studies and compared them with the current study. As for the theoretical framework, it contained the concept of reverse engineering, a mechanism and the reasons for its use, general operations and reverse engineering stages, while the research procedures, which included taking an intentional sample of the artist's face (Angelia Jolie) and applying reverse engineering mechanisms to generate new shapes. These shapes were employed in design proposals for industrial products, and the most important results of the study were:

1- A series of new shapes with a single live or non-live reference can be generated using reverse engineering applications to design various industrial products.

2- The industrial product achieved using reverse engineering has a physical reference (live or non-living) that helps the product in the marketing process.

Keywords: reverse engineering / shape generation / scanners / CAD software / point processing