دراسة الهياكل القشرية من خلال التكنولوجيا الرقمية وأثرها على التصميم

محمد السيد أحمد إمبابي * [١] شوقي عبد المعروف [٢] مروة زكريا [٣]

١- معيد بقسم الخزف، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر.
٢- أستاذ متفرغ بقسم الخزف، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر.
٣- مدرس بقسم الخزف، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر.

Submit Date:2023-01-12 13:58:47 | Revise Date:2023-08-26 14:14:37 | Accept Date: 2023-07-05 14:59:44

DOI: 10.21608/jdsaa.2023.186957.1246

ملخص البحث:-

بعد الدراسة النظرية والتحليلة لمدخل الهياكل القشرية Shell Structure فى الطبيعة ودراسة بعض من عناصره فى الطبيعة وتحليلها والأستفادة من دراستها ومن ثم النظر للتطور التكنولوجى الذى أحدث طفرة كبيرة مؤخرًا فى جميع المجالات المختلفة . ومن أهم التطورات التى أحدثتها التكنولوجيا الرقمية فى الآونة الأخيرة فى مجال التصميم من حيث الفكر والتصنيع . فأن دخول الرقمية فى هذا المجال أدى ألى تطوير فكر وأداء المصمم من خلال تمكينه من أدوات تساعده فى الأبتكار وتسهيل العملية التنفيذية . ومن المفترض عند تصميم أى منتج ما يجب عمل دراسة تفصيلية عنه كتصميم حوض وجه فيجب معرفة محددات التصميم الخاصة به ودراسة الخامة ومراحل إنتاجه والمشاكل التى يمكن أن تواجه المصمم فى أى مرحلة يجب أخذها فى الأعتبار ووضع بدائل وأكثر من حل . فبعد عمل دراسة لمدخل التصميم الخاص بالمصمم و دراسة المنتج قبل التصميم والتمكين من التكنولوجيا الرقمية من خلال التدريب وممارسة العمل على برامج التصميم الحديثة التي تعتبر أداة المصمم التي تساعده في ترجمة أفكاره الغير مرئية Unvisual إلى أفكار مرئية Visual يمكن رؤيتها والتعديل فيها وعمل أكثر من حل في وقت وجهد أقل . فى هذا البحث تم دراسة العديد من عناصر الهياكل القشرية فى الطبيعة مثل القوقعة الحلزونية وكيفية تشكلها فى الطبيعة وتكون الهيكل الأنشائى الخاص بها من خلال حسابات رياضية هندسية عبارة عن معادلات رياضية . فمن خلال تلك المعادلات الرياضية يمكننا عمل نظام System من خلاله يمكن إبتكار أشكال جديدة ومتطورة مبنية على أساس رياضى . ومن أهم البرامج الرقمية التى يمكنها أن تترجم ذلك هو الجراسهوبر Grasshopper وهو Plugin برنامج الراينو Rhino . وهو برنامج قائم على أسس التحليل الرياضى من خلال المعادلات والقيم الحسابية . ويترجم البرنامج تلك المعدلات والقيم إلى أشكال ثلاثية الأبعاد عند التعديل فى أى قيمة فى المعادلة الرياضية يحدث تلقائيًا تغيير فى الشكل وعمل متغييرات لانهائية والتعديل فيها أى وقت حيث يمكن المصمم من حلول غير محدودة . ومن ثم تحويل فكر المصمم الى منتجات حقيقية على أرض الواقع من خلال عمل Prototype من خلال التنفيذ عن طريق الماكينات CAM وبعد ذلك المرور عبر مراحل الانتاج المختلفة الأخرى للحصول على المنتج النهائى .

وتكمن مشكلة البحث مدى مساعدة مدخل الهياكل القشرية " Shell Structure " فى التوصل و الحصول على تصميمات مبتكرة . وهل مدخل الهياكل القشرية " Shell Structure " يحدث تطوير فى تصميم المنتجات من حيث الشكل والوظيفة ؟ وما مدى تأثير التكنولوجيا الرقمية Digital Technology " التصميم الرقمى " على مدخل الهياكل القشرية " Shell Structure " فى التصميم. لذلك قد يعطى مدخل الهياكل القشرية " Shell Structure " أبعادًا جمالية وظيفية جديدة . حيث أن مدخل الهياكل القشرية " Shell Structure " فى الطبيعة تمكن المصمم للوصول إلى تصميم ذو معايير وظيفية وجمالية. وأستخدام التكنولوجيا الرقمية " التصميم الرقمى " تتيح إمكانات واسعة من النتائج المتنوعة للتصميم من خلال مدخل الهياكل القشرية " Shell Structure " من حيث الأستخدام الوظيفى . لذلك فأن الهدف الأساسى والمباشر للبحث هو الوصول إلى تصميمات حديثة من خلال مدخل الهياكل القشرية " Shell Structure " أستخدام التكنولوجيا الرقمية Digital Technology " التصميم الرقمى" كوسيلة فى عمل حلول متنوعة للتصميمات المختلفة .

وتكمن أهمية البحث فى فتح مجال بحثى جديد للتكنولوجيا الرقمية والتى أصبحت تمثل واقع جديد فى مجال التصميم .

ويتبع البحث المنهج الاستقرائى والتحليلي .

الكلمات المفتاحية:-

الهياكل القشرية Shell Structure – التكنولوجيا الرقمية Digital Technol-ogy – التصميم الرقمى Digital Design – التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) – التصنيع بمساعدة الكمبيوتر (CAM) .

المقدمة :

إن نظريات التصميم القديمة والمداخل المختلفة للتصميم تعطى إمكانيات مختلفة للمصمم ولكن فى نطاق محدود ولكن مع ظهور التكنولوجيا الرقمية Digital Technology واتجاهاتها كثيرة أدت إلى طرق جيدة سواء فى البحث العلمى أو الإنتاج . ومن المعروف أن أساليب تطبيق التكنولوجيا الرقمية أصبحت هى مفاتيح العصر بالنسبة للمصمم حيث تمكنه من الحصول على نتائج مختلفة فى أقل وقت وجهد . وقد ظهرت تقنيات لم تكن معروفة من قبل سواء فى بناء النموذج الأولى لتصميم ما أو أستخدام وسيلة جديدة مثل

(Computer-Aided Design)(CAD) وهو التصميم بواسطة الحاسب الآلى وبرامجه المختلفة حيث أنه له أثر كبير على فكر وأداء المصمم ويعطى له مساحة واسعة من التفكير والمتغيرات العديدة التى لا حصر لها وينتقل بفكره من التصميم التقليدي إلى التصميم الغير تقليدى ويوفر الوقت والجهد مع التطبيق العملى للتنفيذ بمساعدة (Computer-Aided Manufacturing)(CAM) حيث أصبحت التكنولوجيا الرقمية متدخلة بشكل كبير فى التنفيذ والأنتاج مثل أستخدام ماكينة الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D Printing) .

وأيضا هناك تطور كبير فى مداخل التصميم . فالطبيعة هى أهم مصادر التصميم فهى الأصل حيث أنها مثالية وفى تجدد مستمر . فالنظم الكونية تتضمن ظواهر جمالية بالبيئة الطبيعية بما تشمل من كائنات حية وظواهر طبيعية وكل ما يتعلق بالطبيعة ، الطبيعة بكل ما تحتويه فى غاية المثالية فهذه المثالية تجعل الأنسان يبدع إذا تأمل فى هذا الكون وفى إبداع الخالق سبحانه وتعالى ولكن ليس فقط التأمل والنظر إلى المناظر الخلابة الطبيعية من ظاهرها ولكن النظر فى داخلها وكيف تكونت هذه الطبيعة المثالية والنظر فى أدق التفاصيل والتعلم من نظم تكوينها المثالى المتجدد والمستمر والدائم فتجعل الأنسان فى حالة أبداع وأبتكار وفى سعى دائم نحو التقدم والتطور المستمر ويسمى النظر إلى أنظمة الطبيعة والتدقيق فى تفاصيلها بالتحليل المورفولوجى "Morphological Analysis" ويعرف على أنه وصف للكائن الحى وفقًا لأجزاء محتواه وعلاقة هذه الأجزاء ببعضها البعض ثم علاقتها بالمجموع أى يدرس أصغر مكون لبناء أى شكل فى الطبيعة وعلاقة هذا المكون الصغير بباقى المكونات الآخرى التى تكون قائمة على نظام معين لتكوين الشكل النهائى . علم المورفولوجى هو أحد مداخل علوم التصميم وهو يشتمل على أصول العلوم الطبيعية التى تدرس الظواهر الكونية والكائنات بهدف الوصول إلى تصميمات جديدة ومتنوعة .

ويتضمن عدة مداخل للتصميم الحديث المرتبط بالتحليل المورفولوجى " Morphological Analysis " ومنها : علم الأحياء البيولوجية " Biomimicry " - التكيف " Adaptation " - النمو " Growth "

التنظيم الذاتى " Self Organization " - الهياكل القشرية " Shell Structure " وغيرها من مداخل التصميم الحديثة التى ظهرت مؤخرًا .

القشريات Shells :

الجزء الخارجي الصلب من البيض والمكسرات وبعض البذور وبعض الحيوانات مثل الحلزون و المحار والأصداف البحرية وهيكل قشرة جوز الهند و قوقعة سلحفاة و قشر البيض ، وقشر البندق . وتسمى أيضا هياكل الصفائح ، وإنها بنايات خفيفة الوزن باستخدام عناصر قشرية. هذه العناصر منحنية عادة ، ويتم تجميعها لصنع هياكل كبيرة . وتشمل التطبيقات النموذجية لصمامات الطائرات ، وقلاع القوارب ، وأسطح المباني الكبيرة. وتعرف الهياكل الرقيقة بأنها قشرة ذات سمك صغير مقارنة بأبعادها الآخرى والتي لا تكون فيها التشوهات كبيرة مقارنة بالسمك Thickness.

https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/shell_1?q=shells

الهياكل القشرية Shell Structure :

البناء القشري shell Structure هو بناء ثلاثي الأبعاد يقاوم الأحمال بواسطة بنائه الهندسي كما انه يتحمل الأحمال الخارجية عليه عن طريق هيكلها الخارجي وهي في الأصل هياكل طبيعية، وتعد القباب Domes من أشهر النماذج المعمارية لهذا الأسلوب، ففي القباب لا يمكن التمييز بين الحوائط والأسقف كل جزء في القبة هو بناء وهيكل في نفس الوقت. والبناء القشري الشبكي Grid Shell Structure هو مستوى من البناء القشري Shell Structure حيث أن لهما نفس البناء الهندسي والسلوك البنائي، و يعد القشري الشبكي Grid Shell هو Shell حيث تم تغيير الخامة واستبدالها بشبكة Grid Pattern، ويعد التحميل في القشري على الخامة أما في الشبكي القشري فتكون الأحمال على الشبكة و أهم ما يميز البناء القشري بصفة عامة إنها ذاتية التحميل Self-Standing .

منى محمود شمس الدين, شيماء أسامة عبد الحميد, The morphological analysis as approach to ceramic design process,بحث منشور , page 5 , ٢٠٢٣

نبذة تاريخية عن الهياكل القشرية :

هناك أربعة من المؤثرين الرئيسيين هم : أنطون تيديسكو Anton Tedesco (١٩٠٣-١٩٩٤) ، الذي ينسب له الكثير من النجاح فى مجال الهياكل الرقيقة في الولايات المتحدة ؛ بيير لويجي نيرفي Pier Luigi Nervi (١٨٩١-١٩٧٩) ، الذي أعطى في إيطاليا التكامل الهيكلي للمنحنيات المعقدة وهندسة الهياكل الخرسانية المسلحة مثل ساحة الطائرات Orbetello التى بدأت عام ١٩٣٨ وقاعة المعارض فى تورين (١٩٤٨ – ١٩٥٠) . والإسباني إدواردو توروجا Eduardo Toroga (١٨٩١-١٩٦١) وتلميذه فيليكس كانديلا Felix Candela (١٩١٠-١٩٩٧) الذي خطى خطاه . بشكل أساسي ، حاول كل واحد من الثلاثة الأخيريين إنشاء سقف مظلة مع تقسيم المساحة الداخلية منه حسب الحاجة ، مثل مدرج Torroja لمضمار سباق Zarzuela في مدريد (١٩٣٥) .

Nanette South Clark • Published on Jun 22, 2009 • Engineering BlogsThe History of Thin-Shells and Monolithic Domes , page 1

تطبيقات على الهياكل القشرية :

الصورة (١)

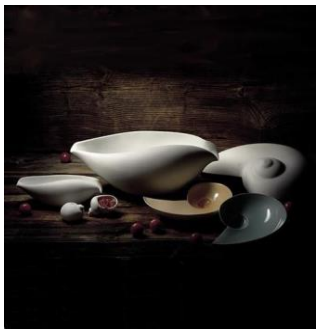
(فى العمارة) دار أوبرا سيدني Sydney Opera House : في أستراليا مبنية من الخرسانة وكابلات فولاذية لمنع التشقق وهو من أجمل مسارح العالم وصممه المهندس الدنماركي يورن أوتزون Jorn Utzon في عام 1974 م بتكلفة ١٠٠ مليون دولار.

https://www.slideshare.net/SusmitaPaul12/shell-structure , slide 54 , Jan. 23, 2017

الصورة (٢)

تصميم للمصمم النيوزلاندي ديفيد تروبريدج David Troubridge عن أحدث إبداعاته في مجال الإضاءة ، والتي تعتمد على الهياكل البحرية فى أعماق البحار.

https://www.pinterest.com/pin/717409415661831548/



الصورة (٣)

طقم من البورسلين للمصمم الأمريكي Ted Muehling مستوحى من الطبيعة من القواقع البحرية .

https://www.pinterest.com/pin/554646510370530643/

تحليل بعض الهياكل القشرية فى الطبيعة Analysis of Shell Structures in Nature :

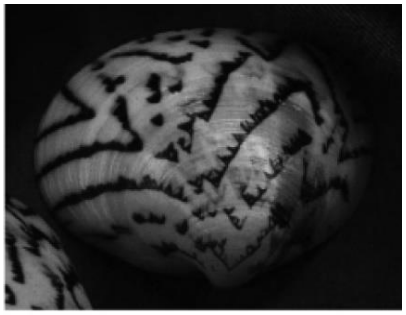
توجد الهياكل القشرية في الطبيعة فى الكائنات الحية مثل القواقع البحرية Seashells و الجمجمة البشرية Human skull وظهر السلحفاه Shell of Tortise وهيكل البيضة Shell of Eggs وهيكل البندق Shell of Nut وغيرهم . وكل كائن حى منهم لو خصائص ومميزات خاصة به ولمعرفة تلك المميزات يجب دراسة كل عنصرمنهم على حدى وعمل دراسة تحليلية لمعرفة ما هى بنية الشكل وكيف تتكون لمساعدة المصمم بعد ذلك فى عملية التصميم والأبتكار .

https://www.scribd.com/document/372065342/L16-17-Shell-Structures , slide 4

أنواع الأصداف البحرية Typs of Seashells :

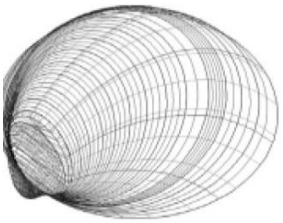
١- ذوات الفلقتين Bivales : هي النوع الأكثر شيوعًا من الصدف الذي يتواجد على الشواطئ ويشمل وجوده فى المياه المالحة وأنواع من المياه العذبة. وتتكون من صدفتين متصلتين عبر مفصل مرن يأوي ويحمي الكائن الحي الذي يعيش بداخله. عادةً ما تكون ذوات الصدفتين تتغذى بالترشيح ، ولها عيون ، ونظام دوري مفتوح ، وغالبًا ما يكون بداخلها لؤلؤ. تشمل بعض الأنواع ذات الصدفتين الشائعة مثل المحار وبلح البحر والمحارات الصدفية وتمتاز بملامس سطحية على الهيكل متنوعة ومختلفة.

https://biologydictionary.net/seashell/ , paragraph 6



الصورة (٤)

ذوات الفلقتين في الطبيعة



الشكل (١)

تحليل ذوات الفلقتين عن طريق برامج الكمبيوتر يبين الخطوط الإنشائية المكونة لهذه الصدفة حيث يظهر هذا التحليل أنها تتكون من مجموعة من المنحنيات مزدوجة الأنحناء فى اتجاهين متعامدين على بعضهما البعض مما يؤدى إلى أستجابة الهيكل الخارجى الأحمال الخارجية والداخلية عن طريق إعادة توجيه القوى داخل النطاق وتوزيع القوى على جميع النقط فى المساحة الكلية للهيكل .

ACSA.AM.93.64.pdf , page 5

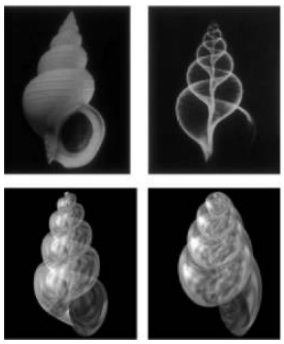
٢-الصدف المخروطى Conical Seashells : له قدم طويلة والرأس يقع في الطرف الضيق من الصدفة. تُبطن قطعة من الأنسجة تسمى الوشاح داخل القشرة ويتم لفها لتشكيل الهيكل الممتد لأعلى الذى يمتد إلى ما بعد القشرة ويسحب الماء إلى الخياشيم .

https://www.marinelifephotography.com/marine/mollusks/gastropods/cones/cones.htm , paragraph 1

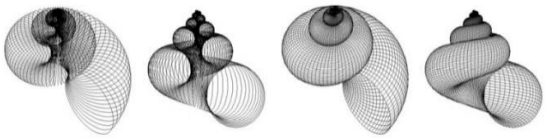
الصورة (٥)

الصدف المخروطى فى الطبيعة

https://www.pinterest.ca/pin/908953137458905543/



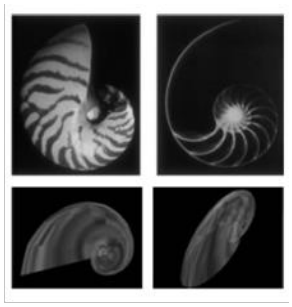
الصورة (٦)
للصدف المخروطى تحت الأشعة السينية



الشكل (٢) تحليل للصدف المخروطى عن طريق برامج الكمبيوتر (grasshopper)

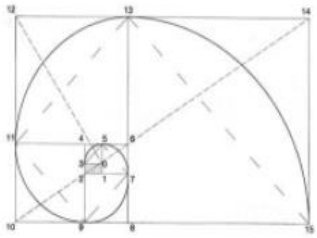
ACSA.AM.93.64.pdf , page 4

٣- الصدف الحلزونى Spiral Seashell : أهم ما يميزه هو منحنى النمو حيث ينمو فى مسار حلزونى ضيق الى واسع ويتميز هذا الهيكل بأنه كبير ومتين وتكون زاوية اللف الدائرية الحلزونية ٣٦٠ درجة ويتحور النمو الحلزونى الى قشرة تحمى الحيوان الرخوى الذى فى الداخل .



الصورة (٩) تحت الأشعة السينية

الصورة (٨) الصدف الحلزونى فى الطبيعة



الشكل (٣)

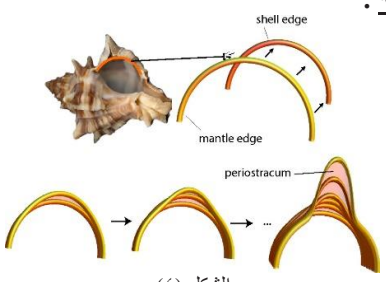
منحنى النمو للصدف الحلزونى

ACSA.AM.93.64.pdf , page 3

منحنى النمو للصدف الحلزونى . يوضح هذا التحليل كيفية تشكل الصدف الحلزونى حيث يتكون من مجموعة من المنحنيات التدريجية العمودية على المسار الحلزونى (منحنى النمو) . المنحنيات المكونة للهيكل تكون مزدوجة الإنحناء . أطلق عليها جاكوب برنولي Jacob Bernoulli (١٦٥٤-١٧٠٥) م أسم دوامة عجائب Spira Mirabilis . تم وصفها لأول مرة رياضيًا في عام ١٦٣٨ م من قبل ريني ديكارت Rene Descartes (الذي اعتقد أن الرياضيات فقط هي المؤكدة ، لذلك يجب أن يعتمد كل شيء على الرياضيات) .

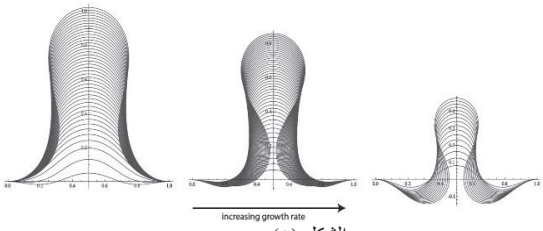
https://www.maa.org/sites/default/files/images/upload_library/23/picado/seashells/espiraleng.html

- الأستفادة من هذا التحليل فى ابتكار أشكار جديدة وأشكال ثلاثية الأبعاد مختلفة :



الشكل (٤)

يوضح الأستمرار فى تطوير الغلاف عن طريق زيادة طول حافة الهيكل بشكل تدريجي ، وتحديد شكل الهيكل عن طريق حل معادلات التوازن الميكانيكي . يخضع الشكل الناشئ لأبعاد الطول والخصائص المرنة لحافة الغشاء الداخلى ، وقوة الالتصاق ، ومعدل النمو ، أي زيادة الطول مقارنة بزيادة النمو السابقة. نوضح هنا كيف يمكن للاختلافات أن تؤدى إلى مجموعة متنوعة من الهياكل . كنموذج أولي ، نفترض النمو المنتظم وحافة الهيكل متجانسة. والتغيير الرئيسى هو معدل النمو ، أي مقدار الطول الزائد الموجود عند كل زيادة نمو ؛ يخضع هذا للمعامل g ، معدل زيادة طول الهيكل المرن . ينتج عن معدل النمو الأكبر هيكلًا أكثر انحناءًا وأقصر. يؤدي انخفاض معدل النمو إلى بنية أطول قبل أن ينثني العمود الفقري وينغلق على نفسه .

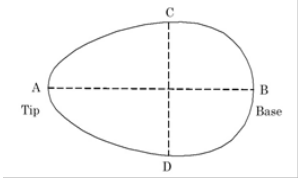


الشكل (٥)
معدل النمو والتغيير فى قيمة الإنحناء

https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1220443110#abstract , fig 2 , fig 3

- تحليل هيكل البيضة Eggshell Analysis : يعتبر هيكل البيضة من الهياكل القشرية الغنية بالمنحنيات الهامة والرئيسية وهم ثلاث منحنيات : المنحنى الزائدى Hyperbolic Curve – المنحنى الناقص Elliptic Curve – المنحنى المكافىء Parabolic Curve وهو أقوى المنحنيات الثلاث . هذه القشرة الخارجية وظيفتها هى حماية الجنين من التلف الميكانيكى وتمنع تلوث الجنين بالبكتريا والأمراض التى يمكن أن يتعرض لها ويصنف هيكل البيض الى ثلاث مجموعات وهم الشكل البيضاوى – الشكل الكمثرى – الشكل الدائرى .

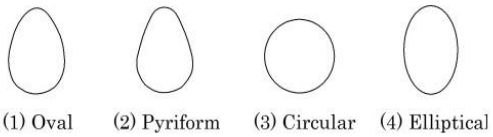
https://www.exploratorium.edu/explore/cooking/egg-anatomy , p1



الشكل (٦)

يوضح الشكل رسم هيكل البيضة من خلال محوريين إحداهما أكبر من الأخر . ونستنتج من هذا الشكل أن البيض ليس دائريًا ولا بيضاوي الشكل. البيض بيضاوي . إذا لاحظت ملف بيضة قريبة ، المسافة من المركز ليست دائرة ثابتة. الأفقي الجانبى له شكل أطول يشبه القطع الناقص . بالمراقبة عن كثب مرة أخرى ، يكون الاتجاه الأفقي منحنيًا بشكل دائري ولكن الآخر مدبب الشكل . هذا هو شكل البيضة. يسمى المحور الأطول المحور الرئيسي ، والأقصر يسمى المحور الثانوي . تسمى النهاية المستديرة القاعدة والمدببة فى النهاية تسمى الحافة.

- يتواجد هيكل البيضة فى الطبيعة على هيئة أشكال مختلفة وهم : الشكل الدائرى - الكمثرى - البيضاوى - بيضى . ويتوقف شكل كل بيضة عن الاخرى على حسب نوع الحيوان فبيضة النعامة مختلفة عن بيضة الدجاجة مختلفة عن بيضة الأسماك وهكذا .



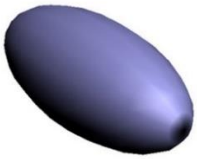
الشكل (٧) يوضح أشكال البيضة فى الطبيعة

http://yutaka-nishiyama.sakura.ne.jp/math2010/egg.pdf , page 2

أنواع الأسطح الهندسية لهيكل البيضة :

يتكون هيكل البيضة من عدة منحنيات غنية جدًا ويتميز سطح الهيكل بسمك رقيق مما يجعله مقاوم للأنحناء فى اتجاهين عن طريق الأجهادات والقوى الخارجية الطبيعية حيث يتم توزيع قوى الشد والضغط على السطح وتختلف أنواع الأسطح بأختلاف تكوينها فى الفراغ ونوع الراسم سواء خط مستقيم أو خط منحنى أو شكل ثنائى الأبعاد أو ثلاثى وكل هذه العناصر يتوقف عليها مدى قوة السطح إنشائيًا فى مواجهة القوى الخارجية المؤثرة عليه وتنقسم إلى أسطح منفردة الأنحناء وأسطح مزدوجة الأنحناء .

١-السطح الناقص : فى الهندسة الرياضية أو السطح الأهليجى Elliopsiod هو أحد الأسطح الثنائية فى فراغ ثلاثى الأبعاد .



الشكل (٨) يوضح سطح ناقص أو أهليجى Elliopsiod
II. Eggshell morphology and structure (berkeley.edu) , p1

2-الأسطح الدوارة : تتكون عن طريق دوران منحنى مستوى حول محور ثابت وتأخذ أشكالاً مختلفة مثل القبة الكروية وتتولد من دوران قوس دائرة حول محور رأسى وتنقسم إلى أربع أنواع :

-السطح الكروى : يتكون من دوران دائرة لها نفس القطر حول محور ثابت .

الشكل (٩) يوضح السطح الكروى Spherical Surface
جورج هارون , رسالة دكتوراة , تطوير منهجية تصميم الخزف باستخدام التكنولوجيا الرقمية – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان , صفحة ١٠٤

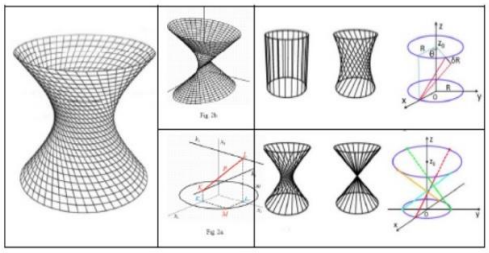
-السطح الحلقى : يتكون من حركة منحنى مفتوح أو مغلق عموديًا على مسار المحل الهندسى .

الشكل (10) يوضح السطح الحلقى المغلق والمفتوح Annular Surface

-السطح الكمثرى : ينشأ من دوران منحنى مستوى حول محور ثابت والمجسم مغلق عند نقطة والمنحنى غير متماثل .

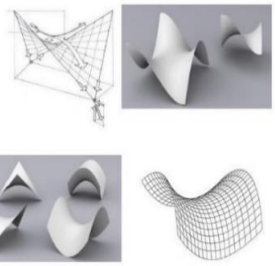
صورة (٩) السطح الكمثرى Pear Surface
جورج هارون , صفحة ١٠٥

-السطح الزائدى : ينشأ عن طريق حركة دوران خط مستقيم حول مستقيم اخر غير متوازين وغير متقاطعين والمسافة بين الخطين ثابتة .



الشكل (١١) السطح الزائدى Hyperboloid Surface
جورج هارون , صفحة ١٠٦

-السطح المكافيء الزائدى : هو سطح منحنى فى إتجاهين أى مزدوج الإنحناء وهو شكل هندسى مثلث أو مستطيل أو غيره يرفع فيه إحدى زواياه وغالبًا ما يتكون من حركة خط مستقيم ملامس لخطين مستقيمين ليسوا فى مستوى واحد .



الشكل (١٢) السطح المكافيء الزائدى Hyperboloid Parabola
جورج هارون , صفحة ١٠٩

تطبيق فى العمارة مستوحى من هيكل البيضة :

صمم المهندس المعماري الفرنسي بول أندرو Paul Andrew : المركز الوطني للفنون المسرحية ، وتقع في بكين . تتكون المنشأة من ثلاث قاعات (أوبرا ، القاعة والمسرح). تم افتتاحه في عام ٢٠٠٧ م . ويعرف باسم The Egg تحيط البحيرة الأصطناعية بالمبنى ، لذا فهي تبدو وكأنها بيضة تطفو على سطح الماء .

The National Centre for the Performing Arts (The Egg)
صورة (١٠) يوضح المركز الوطني للفنون المسرحية

-حيث تتيح الدراسة التحليلة للمصمم من توسيع آفاقه وفكره وإتاحه خيال كبير وواسع له من أجل الأبتكار والبدء فى تصميم أى منتج من خلال تحليل العناصر الطبيعية والنظر بداخلها وليس بخارجها فقط أو تحليل أى عمل فنى وفهم فكر أى شخص أخر يعلم المصمم طرق تفكير مختلفة أيضًا تحليل العناصر المختلفة فى الطبيعة وفهم طريقة خلق وإنشاء الخالق سبحانه وتعالى لهذه العناصر فكل عنصر له طريقة بناء مختلفة عن الأخر وطريقة نمو مختلفة هذا يعلم المصمم طرق تفكير مختلفة عند البدء فى أى تصميم من خلال هذه الدراسة التحليلية لهذا تم استعراض عنصرين من الطبيعة وتحليلهم وتوضيح بعض التطبيقات على أرض الواقع وكيفية الأستفادة من التحليل فى التصميم وتنفيذ منتجات حقيقية . ولكن يجب أن يكون هناك وسيلة مساعدة لتحويل فكر المصمم وخياله الغير مرئى Unvisual إلى فكر مرئى Visual كان قديمًا يتم استخدام طرق تقليدية فى التصميم مثل الرسم اليدوى ولكن مع التطور الكبير فى الأونة الأخيرة ظهرت وسائل مساعدة تساعد المصمم فى ترجمة أفكاره بطريقة بسيطة فى أقل وقت وجهد ممكن وهى برامج الكمبيوتر التى تتطورت بسرعة كبيره فى عصرنا هذا وأصبحت نافذة المصمم التى يفكر من خلالها وأدت تلك التكنولوجيا الرقمية Digital Technology من تطور فكر وأداء المصمم .

الباحث

فعالية وأهمية التصميم الرقمي اليوم :

يتخلل التصميم الرقمي العديد من جوانب حياتنا اليومية ، حتى لو لم نكن على دراية به بالفعل . قد يعتقد معظم الناس أن التصميم الرقمي يشير فقط إلى مواقع الويب ، لكنه في الواقع أكثر من ذلك بكثير. يتشارك كل منتج من حولنا تقريبًا في بعض عناصر التطوير من خلال التصميم الرقمي في مرحلة ما ، سواء كان ذلك فى خطط تصميم الفكرة الأولية أو شكل المنتج النهائي وطريقة تسويقه. حيث قد تجد التصميم الرقمي ينتشر في العديد من مجالات الحياة اليومية. تم استخدامه في تطوير الرسوم المتحركة لألعاب الكمبيوتر أو الأفلام ، وإنشاء شعار أو موقع ويب ، وخطط تصميم مبنى أو مركبة أو منتج جديد ، وكذلك تحرير ومعالجة مقاطع الفيديو والصور. أي شيء يتضمن استخدام تصميم الويب أو التصوير الرقمي أو النمذجة ثلاثية الأبعاد يعتمد على التصميم الرقمي.

الباحث

مفهوم التقنيات الرقمية : ترتبط التقنيات الرقمية بتكنولوجيا المعلومات و الاتصالات ، وآليات تطبيقها بواسطة الحاسب الآلي فى كل مجال تخصصه العلمي ، وقد بدأت بالظهور في ثمانينيات القرن العشرين لتزيل كل حدود التواصل الزمانية و المكانية في العالم ، لتشكل الآن مجتمع يعرف بعصر الحياة الرقمية ، و قد أصبحت التقنيات الرقمية بواسطة الحاسب الآلي و برامجه أداة لنقل الفكر التصميمي و مصدرًا استلهاميًا و تحليليًا في كافة مجالات التصميم ، و لاسيما العمارة و التصميم الداخلي والأثاث . وقد كان لظهور نظم التصميم بمساعدة الحاسب الآلي أثرا كبيرا علي فكر و أداء (Computer Aided Design)(CAD) المصمم ، بلغ هذا التأثير ذروته خلال القرن الحادي و العشرين ، إذ أصبحت هذه التقنية عنصرًا أساسيًا في كافة مراحل العملية التصميمية و التنفيذية ، مما انعكس إيجابيًا علي كفاءة المنتج التصميمي و مطابقته لفكر المصمم .

محمد حسن امام – بحث منشور فى مجلة التصميم الدولية – ٢٠١٥ - عن أثر التقنيات الرقمية على البناء المورفولوجي في تصميم الأثاث – صفحة ٤

التكنولوجيا الرقمية Digital Technology : تشير إلى الأنظمة والأجهزة والعمليات التي تستخدم البيانات أو الإشارات الرقمية لتحقيق مجموعة معينة من النتائج التي يحددها المستخدم . وهو أساس الاتصالات وأنظمة الكمبيوتر والملاحة والتصوير الفوتوغرافي ، ولكن أيضًا التصنيع والتمويل وغيرها.

في مجال البناء ، أحدثت التكنولوجيا الرقمية تحولًا ثقافيًا وتضم مجموعة من الأدوات التي تستخدم البيانات الرقمية وتعالجها للمساعدة في تحسين البيئة المبنية وتقديمها وتشغيلها . تشمل هذه الأدوات :

- استخدام الطائرات بدون طيار لتسهيل عمليات مسح الموقع .
- تسهيل الاجتماعات عن بعد (مثل سكايب) .

- الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي .
- الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing .
- الاتصالات مثل البريد الإلكتروني .
- برامج مثل التصميم بمساعدة الكمبيوتر والتصنيع بمساعدة الكمبيوتر ونمذجة معلومات البناء .
- الحوسبة Computing .
- أدت التكنولوجيا الرقمية إلى تحسين التعاون داخل فريق المبنى ، وبينه وبين أصحاب المصلحة الآخرين . وقد أدى أيضًا إلى مواد وعمليات جديدة ، وابتكار أكبر ومباني كان من الصعب جدًا أو من المستحيل تصميمها وتشييدها قبل ظهور الثورة الرقمية. لا تحقق التكنولوجيا الرقمية نتائج أفضل على كل المستويات فحسب ، بل تساعد أيضًا في جعل البناء أكثر أمانًا وتعاونًا وفعالية على سبيل المثال .

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Digital_technology , p1

أستخدام الحاسب الآلى فى التصميم (CAD) : يتضمن إنشاء نماذج بالكمبيوتر محددة هندسًا . هذه النماذج تظهر على شاشة الكمبيوتر ثلاثية الأبعاد والتى يمكن تعديلها بسهولة من خلال معايير ومحددات حسابية ذات صلة . نظم CAD تمكن المصمم من عرض النماذج فى إطار مجموعة واسعة من التمثيل واختبار هذه النماذج من خلال محاكاه واسعة لظروف العالم الحقيقى .

جورج هارون , صفحة ١٦٤

فوائد التصميم بمساعدة الكمبيوتر CAD :

١- تصور أفضل للمنتج النهائي والتجمعات الفرعية والأجزاء المكونة لنظام CAD وتسريع عملية التصميم بشكل كبير.
٢- دقة أفضل حيث يعمل الأشخاص الذين يستخدمون برامج CAD بشكل أكثر دقة. مما ينتج أرتكاب أقل للأخطاء .
٣- أسهل وأبسط لأنه يقدم وثائق تصميم أكثر قوة وسهولة ، بما في ذلك الأبعاد الهندسية والأبعاد ، وفواتير المواد ، وما إلى ذلك
٤- إعادة الاستخدام حيث تتيح البرامج إعادة الأستخدام والتعديل على بيانات التصميم .

https://marketbusinessnews.com/financial-glossary/computer-aided-design-cad/ , paragraph 5

البرامج المستخدمة فى (CAD) :

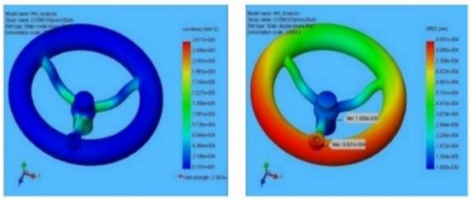
تنقسم برامج ال CAD إلى ثلاث مستويات تتوقف على حسب خبرة المصمم وإمكاناته وطبيعة عمله
(مبتدىء – متوسط – محترف) . وتوجد برامج للتصميمات ثنائية الأبعاد 2D وبرامج للتصميمات ثلاثية الأبعاد 3D التى تساعد المصمم فى نمذجة أفكاره وتخيلها فى الواقع الأفتراضى وجعل التصميم مرئى Visiual .

- المستوى الأول يشمل برامج : Tinker Cad Programe - Free Cad - Blocks Cad .
- المستوى الثانى يشمل برامج : Solid Edge - Cero Programe - 4D_Additive - Fusion 360 .
- المستوى الثالث يشمل برامج : Soliedworks Programe - Catia - Rhino - Autocad .

https://www.3dnatives.com/en/top10-cad-software-180320194/# , p1

الأختبار بمساعدة الكمبيوتر Computer Aided (CAE) (Examining) :

هى إحدى طرق التأكد من كفاءة التصميم وذلك لأن تلك البرامج تمنح الفرصه للتأكد من كفاءة آداء المنتج أثناء التشغيل ، وذلك بإستخدام المعادلات الرياضيه والهندسية والفيزيائية لدراسة محاكاة ما يحدث للتصميم عند وضعه فى ظروف التشغيل الحقيقية مثل التعرض لإجهادات الميكانيكية والحرارية مما يساعد المصمم على إتخاذ القرار ، بأي تعديل مطلوب مثل دارسة وزن المنتج ، الحجم ، وكذلك العمر الأفتراضى للمنتج . تعددت برامج الحاسب فى جميع مجالات التصميم والأنتاج ، كما لم تترك تلك البرامج مجال إختبار النماذج فهناك حزم متعددة من برامج الأختبارات المتعددة نشير منها إلى برنامج (Cosmos Xpress) يقوم هذا البرنامج بإختبار الإجهادات من خلال تحديد القوة المؤثرة على النموذج إذا كانت قوة أو ضغط . ثم يتم تعيين موقع تأثير تلك القوة والمقاومة الموجدة لها من خلال التصميم . ثم يقوم البرنامج بتحليل تلك القوة و إخراج النتائج المؤثرة على النموذج بالأضافة إلى بعض التوصيات بعمل دعامات أو ما شابه لبعض الأجزاء .



صورة (١١) توضح أختبار الإزاحة الإستاتيكية لمنتج & أختبار الإجهادات للنموذج من خلال برامج الكمبيوتر CAE
جمال السعدنى -٢٠١٩-رسالة ماجستير - إستخدام التكنولوجيا الرقمية فى تصميم موديلات وقوالب المنتجات الصحية – صفحة ١٠٧

- التصنيع بمساعدة الكمبيوتر Computer Aided Manufacturing) (CAM) :

يستخدم بيانات التصميم الهندسى للتحكم على الماكينات الآلية . وترتبط نظم CAM مع التحكم بجهاز الكمبيوتر بأستخدام (Computer Numberical Control) (CNC) التحكم الرقمى بالكمبيوتر .

جورج هارون , صفحة ١٦٤

وهو المرحلة الثانية التى تأتى بعد التصميم بمساعدة الكمبيوتر CAD القطعة يتم إنشاؤها بإستخدام برامج التصميم بمساعدة الكمبيوتر ويتم بعد ذلك تصنيعها بإستخدام الكمبيوتر هذه العمليه تسمى الـ CAM والتي تتضمن ثلاث محاور وهم : التصميم بمساعدة الكمبيوتر ، برامج التحكم الرقمى ، الشبكات وهى حلقة الوصل بين التصميم والتنفيذ . حيث برامج الـ CAM هى الوسيله لترجمة ما يقوم به المصمم على برامج الـ CAD . الـ CAM عبارة عن برنامج يمكن وضعها على حاسب شخصى يساعد المبرمج (مستخدم ماكينة التحكم الرقمى) . توفر تكنولوجيا الـ CAM الوقت والتكلفه فى الأنتاج والتسويق وذلك بتحويل تصميمات الحاسب إلى نموذج مادى دقيق للغاية كما تسمح بعمل المنتجات النهائيه الأستخدامية خاصة ذات التفاصيل الدقيقة المعقدة بشكل سريع وتتعدد أشكال نظم الـ CAMفمنها مايستخدم لأنتاج الأحجام الكبيره من المنتجات كأجزاء السيارات والقطارات ومنها ما يستخدم فى إنتاج الأحجام الصغيرة . ويتضمن هذا المجال من التصنيع الأستفاده من تقنيات الحاسب فى توجيه

أنواع الماكينات رقميًا أو أوتوماتيكيًا لإنتاج منتجات تتميز بالدقة وبسرعة عالية . يستخدم الكمبيوتر كمساعد للتصنيع ليس فحسب فى التحكم فى ماكينات التشغيل . وإنما أيضا فى عمليات التخطيط والتحكم فى الإنتاج ولقد تحقق التكامل بالفعل بين التصميم والإنتاج بفضل الأستخدام المتنامى لتكنولوجيا الحاسبات فيما يسمى بنظم تكامل التصميم والتصنيع بمعاونة الحاسب CAM/CAD Systems ويقوم العمل فى هذه الأنظمه على إستخدام المعلومات والبيانات الناتجة من عملية التصميم بالكمبيوتر CAD Processمباشرة فى إجراءات التصنيع بالكمبيوتر CAM Procedures .

جمال السعدنى , صفحة ١٥٥

- البرامج المستخدمة فى ال (CAM) :

NX - GbbsCam - Fusion 360 - Soliedwork Programe .

https://www.selecthub.com/manufacturing/cam-software/ , p6

- بعض ماكينات التصنيع من خلال التحكم الرقمى :

١- **3D Printing :** يمكن لـبرامج CAM أيضًا التحكم في عمليات التصنيع بالأضافة بشكل فعال مثل الطابعة ثلاثية الأبعاد . من خلال هذه العملية ، يمكن لـ CAM تصنيع أي شكل تقريبًا عن طريق ترسيب طبقة فوق طبقة من المواد المتوافقة حتى يصبح الشكل المطلوب جاهزًا .

صورة (١٢) نموذج خزفى من خلال التصنيع بالأضافة عن طريق ماكينة الطباعة ثلاثية الأبعاد

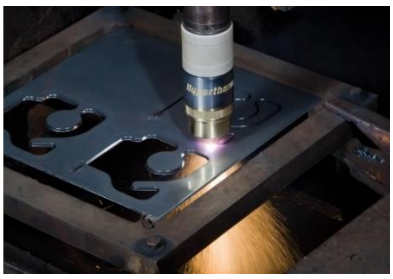
نهلة محمد رشوان –استراتيجية لتطور الخامات فى تكنولوجيا تصميم وتصنيع الخزف بالأضافة - رسالة دكتوراة – سنة ٢٠٢٠ – صفحة ٥٣

٢- **CNC Router :** يستخدم بشكل كبير فى الأعمال الخشبية وأعمال القطع والتفريغ والحفر و معالجة النقش الزخرفي المعقد على أسطح الأجسام الخشبية وعمل زخارف متنوعة ومختلفة سواء هندسية أو عضوية . تتمتع أجهزة التوجيه CNC بإمكانيات قطع ثلاثية المحاور ، مما يسمح لها بالتحرك على طول المحاور X و Y و Z .

صورة (١٣) ماكينة CNC Router للحفر على الخشب

https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/ , paragraph 7

٣- **CNC (Water, Plasma & Laser Cutters) :**
تستخدم هذه الآلات أشعة ليزر دقيقة ، أو ماء عالي الضغط ، أو شعلة بلازما لإجراء قطع محكوم أو تفريغ بدقة عالية . قد تستغرق تقنيات النقش اليدوي شهورًا حتى تكتمل يدويًا ، ولكن يمكن لإحدى هذه الآلات إكمال نفس العمل في ساعات أو أيام . قواطع البلازما سهلة الاستخدام لقطع المواد الموصلة للكهرباء مثل المعادن .



صورة (١٤) ماكينة القطع بالشرارة الكهربائية

https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/ , paragraph ٥

مزايا أستخدام CAM :

١- سريع ودقيق : يمكن أن يؤدي التصنيع بمساعدة الكمبيوتر إلى تسريع عملية التصنيع بشكل كبير .

٢- يقلل من الفاقد : يقلل استخدام CAM من مقدار الفاقد الذي يحدث عادة في المعالجة اليدوية .

٣- إنخفاض تكاليف العمالة : يمكن أن يوفر CAM تكاليف العمالة عن طريق إتمام معظم عمليات التصنيع من خلال الماكينة .

٤- زيادة السيطرة على التصنيع : يزيد إدخال CAM من مقدار سيطرة الشركة المصنعة على العملية بأكملها. من خلال ميزة تسمى شجرة CAM ، يمكن تتبع عمليات التصنيع من البداية إلى النهاية .

٥-يمكن لـ CAM أيضًا حفظ قوالب المعالجة للأستخدام المستقبلي ، وإعادة ترتيب تسلسل المهام ، وعمليات النسخ و اللصق . يمكن إجراء أي تعديلات في الجزء بسهولة دون الحاجة إلى إعادة برمجة الآلات .

https://fractory.com/what-is-computer-aided-manufacturing-cam/ , p9

م	CAD	CAM
١	ضياع ملفات التصميم بسبب الأنهيار المفاجئ لأجهزة الكمبيوتر	من الممكن حدوث أخطاء في الكمبيوتر
٢	ملفات التصميم عرضة للفيروسات	يمكن أن تكون باهظة الثمن
٣	يمكن اختراق العمل بسهولة والحصول على التصميمات الخاصة	التدريب على أوامر تشغيل برامج CAM مكلف
٤	عملية تستغرق وقتًا لمعرفة كيفية تشغيل البرنامج	تعد أجهزة الكمبيوتر وأجهزة التحكم لتشغيل البرامج وآلات CNC للتصنيع باهظة الثمن
٥	تكلفة إنتاج أو شراء عالية للأنظمة الجديدة	
٦	وقت وتكلفة تدريب الكادر الجديد الذي سيعمل على أنظمة CAD	
٧	الحاجة إلى التحديث المنتظم للبرامج وأنظمة التشغيل	
8	يحتاج إلى فرص عمل أقل	

جدول (١) يوضح عيوب CAD & CAM

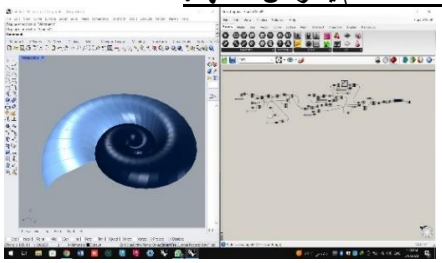
https://technicalfoamservices.co.uk/blog/what-is-cam/ , p1

علاقة التصميم بالتكنولوجيا الرقمية والتطبيق على منتجات خزفية (الحوض Basin) كمثال تطبيقى :

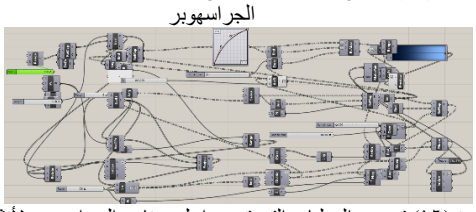
من الواضح تمامًا أن العملية تبدأ بـ CAD ثم تصل إلى مرحلة التصنيع بمساعدة الكمبيوتر CAM ولكن هناك ما هو أكثر من ذلك . تعد قيود آلات CAM من العوامل المهمة التي يجب على المصممين مراعاتها في مرحلة التصميم نفسها . خطوات الأحداث التي تحدث في تصميم وتصنيع المكونات من خلال التصميم والتصنيع بمساعدة الكمبيوتر .

عمليات التصميم Design Process : في هذه العملية ، يقوم المصمم بإنشاء النماذج في برنامج CAD حيث ينصب التركيز على الوظائف وقابلية التصنيع وجماليات النموذج . يمكن أن تخلق CAD تصميمات معقدة للغاية ، ولكن إذا لم يتم تصنيعها بواسطة أنظمة CAM الموجودة في متناول اليد ، فلا فائدة منها . ينشئ المصمم تصميمًا ثنائي الأبعاد أو ثلاثي الأبعاد في برنامج CAD تُعرف هذه التصميمات بنماذج CAD . يتم تحديد خصائص مادة المنتج من خلال مدى التعقيد في التصميم.
https://fractory.com/what-is-computer-aided-manufacturing-cam/ , p10

-الربط بين مدخل الهياكل القشرية كمدخل للتصميم والتكنولوجيا الرقمية كأداة المصمم يفكر من خلالها :



صورة (١٥) توضح طريقة إنشاء قطاع القوقعة الحلزونية من خلال برنامج الجراسهوبر

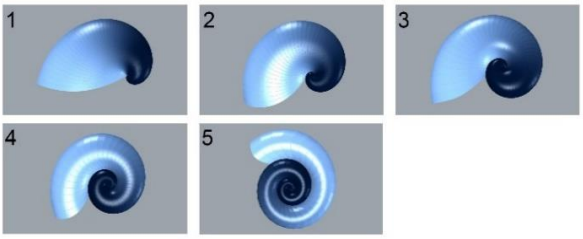


صورة (١٦) توضح العمليات التى تمت داخل برنامج الجراسهوبر لأنشاء الشكل وجعله مرئى

بعد إنشاء الشكل رياضيًا على البرنامج تأتى مرحلة عمل المتغيرات من خلال تغيير القيم الحسابية فى المعادلات الرياضية الناشئة للشكل حيث أنها طريقة عمل البرنامج من خلال إدخال مدخلات Input والحصول على مخرجات Output وتكون المدخلات عبارة عن (أوامر Orders – قيم حسابية Arithmetic Values – معادلات رياضية Mathematical Equations) . يمكن التغيير فى أحدى المدخلات الآتية للحصول على مخرجات متنوعة . لتجعل المصمم أمام حلول متعددة لانهائية ومختلفة . الباحث

- التغيير فى منحنى النمو Growth curve كمثال توضيحي :

وهذا أهم ما يميز القوقعة الحلزونية حيث كلما يكبر هذا المنحنى كلما تكبر القوقعة وتنمو وتصبح حلزونية وعند دراستها إنشائيًا نجد أكثر ما يميزها مقدار زاوية اللف (π من مركز فهى المتحكمة حسابيًا فى نمو المنحنى . حيث كلما ينمو المنحنى من المركز يكبر معه المساحة و يبعد لحدوث النمو المتكامل . Integrated Growth . الباحث



صورة (١٧) توضح التغيير فى منحنى النمو Growth curve

N	π
1	π2
2	π3
3	π4
4	π5
5	π7

جدول (2) يوضح مقدار تغيير زاوية الدوران وتأثيره على نمو الشكل

$X\,\pi$ حيث أن X هو قيمة عددية مضروبة فى π .

- تأتى بعد ذلك مرحلة التوظيف على البرامج ثلاثية الأبعاد ومحاكاتها مثل الواقع وذلك عن طريق برامج مثل Rhino – 3Dmax .

صورة (١٨) توضح شكل الحوض على برنامج 3Dmax مستوحى من الهياكل القشرية

الباحث

صورة (١٩) توضح شكل الحوض على برنامج 3Dmax مستوحى من الهياكل القشرية من زاوية مختلفة

- بعد الأنتهاء من مرحلة التصميم ننتقل لمرحلة عمل prototype وهو نموذج أولى بالمقاسات الحقيقية للمنتج للبدء فى تنفيذه ويمر بمراحل الأنتاج الصناعية المختلفة داخل المصنع . الباحث

- نتائج البحث :

بعد الدراسة النظرية والتحليلة لمدخل الهياكل القشرية Shell Structure فى الطبيعة ودراسة بعض من عناصره فى الطبيعة وتحليلها والأستفادة من دراستها ومن ثم النظر للتطور التكنولوجى الذى أحدث طفرة كبيرة مؤخرًا فى جميع المجالات المختلفة . ومن أهم التطورات التى أحدثتها التكنولوجيا الرقمية فى الآونة الأخيرة فى مجال التصميم من حيث الفكر والتصنيع . فأن دخول الرقمية فى هذا المجال أدى ألى تطوير فكر وأداء المصمم من خلال تمكينه من بأدوات تساعده فى الأبتكار وتسهيل العملية التنفيذية.

ومن المفترض عند تصميم أى منتج ما يجب عمل دراسة تفصيلية عنه كتصميم حوض وجه فيجب معرفة محددات التصميم الخاصة به ودراسة الخامة ومراحل إنتاجه والمشاكل التى يمكن أن تواجهنا فى أى مرحلة يجب أخذها فى الأعتبار ووضع بدائل وأكثر من حل . فبعد عمل دراسة لمدخل التصميم الخاص بالمصمم و دراسة المنتج قبل التصميم والتمكين من التكنولوجيا الرقمية من خلال التدريب وممارسة العمل على برامج التصميم الحديثة التى تعتبر أداة المصمم التى تساعده فى ترجمة أفكاره الغير مرئية Unvisual ألى أفكار مرئية Visual يمكن رؤيتها والتعديل فيها وعمل أكثر من حل فى وقت وجهد أقل .

فى هذا البحث تم دراسة العديد من عناصر الهياكل القشرية فى الطبيعة مثل القوقعة الحلزونية وكيفية تشكلها فى الطبيعة وتكون الهيكل الأنشائى الخاص بها من خلال حسابات رياضية هندسية عبارة عن معادلات رياضية . فمن خلال تلك المعادلات الرياضية يمكننا عمل نظام system من خلاله يمكن ابتكار أشكال جديدة ومتطورة مبنية على أساس رياضى . ومن أهم البرامج الرقمية التى يمكنها أن تترجم ذلك هو الجراسهوبر Grasshopper وهو Plugin برنامج الراينو Rhino . وهو برنامج قائم على أسس التحليل الرياضى من خلال المعادلات والقيم الحسابية . ويترجم البرنامج تلك المعدلات والقيم إلى أشكال ثلاثية الأبعاد عند التعديل فى أى قيمة فى المعادلة الرياضية يحدث تلقائيًا تغيير فى الشكل وعمل متغييرات لانهائية والتعديل فيها أى وقت حيث يمكن المصمم من حلول غير محدودة . حيث نجحت دراسة الهياكل القشرية فى الطبيعة من الحصول على أشكال تصميمية جديدة لما تحتويه من تجاويف وانحناءات طبيعية والحصول على احتواءات وظيفية مكنت المصمم من استخدامها فى تصميم أحواض صحية ممكنة التنفيذ فى السوق . وأثرت التكنولوجيا الرقمية تأثير كبير فى عملية التصميم من حيث التفكير والتنفيذ من خلال ترجمة أفكار المصمم فى أقل وقت وجهد ممكن وجعلته يرى أفكاره قبل التنفيذ واختباره ومعالجته كيفيما يشاء وتفادى العيوب والمشاكل قبل التنفيذ وتوفير الوقت والجهد والتكلفة .

الباحث

مراجع البحث :

أولاً المراجع العربية :

١- محمد حسن , " أثر التقنيات الرقمية على البناء المورفولوجي في تصميم الأثاث " , مجلة التصميم الدولية , مجلد ٥ , العدد ٣ , جامعة حلوان , القاهرة , ٢٠١٥ .

٢- فتحية معتوق , " النظام الإنشائي في الطبيعة وأثره على الشكل الخزفي " , رسالة دكتوراة , جامعة حلوان , مصر , ١٩٨٦.

٣- أحمد حامد , " مقومات الابداع في النظم البنائية الطبيعية كمصدر لتصميم هياكل معدنية للمنشآت الخفيفة " , رسالة دكتوراة , جامعة حلوان , مصر , ٢٠٠٥ .

٤- جورج هارون , " تطوير منهجية تصميم الخزف باستخدام التكنولوجيا الرقمية " , رسالة دكتوراة , جامعة حلوان , مصر , ٢٠١٧ .

٥- جمال السعدنى , " إستخدام التكنولوجيا الرقمية فى تصميم موديلات وقوالب المنتجات الصحية " , رسالة ماجستير , جامعة حلوان , مصر , ٢٠١٩ .

٦- نهلة رشوان , " استراتيجية لتطور الخامات فى تكنولوجيا تصميم وتصنيع الخزف بالأضافة " , رسالة دكتوراة , جامعة حلوان , مصر , ٢٠٢٠ .

ثانيًا المراجع الأجنبية :

[1] Michae , H and Michael , W , (2004–2006) : The Digital Turn in Architecture , [Online] . Accessed : (11/11/2022) .

[2] AUBIN, J.P., 1999 : Tools for Shape Evolution and Morphological Analysis , [Online] . Accessed : (11/11/2022) .

ثالثًا مواقع الأنترنت :

[3] Oxford Dictionary , Accessed: (5/11/2022) ,URL : https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/shell_1?q=shells .

[4] Slide Share , Accessed: (25/11/2022) , URL : https://www.slideshare.net/SusmitaPaul12/shell-structure .

[5] Scribd , Accessed: (25/11/2022) , URL : https://www.scribd.com/document/372065342/L16-17-Shell-Structures .

[6] Biology Dictionary Accessed : (25/11/2022), URL: https://biologydictionary.net/seashell/ .

[7] ACSA.AM , Accessed : (25/11/2022), URL: ACSA.AM.93.64.pdf .

[8] Marinelife Photography , Accessed: (1/12/2022), URL : https://www.marinelifephotography.com/marine/mollusks/gastropods/cones/cones.htm ,

[9] Maa.org , Accessed: (1/12/2022) , URL : https://www.maa.org/sites/default/files/images/upload_library/23/picado/seashells/espiraleng.html .

[10] Pnas.org , Accessed: (1/12/2022) , URL : https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1220443110#abstract .

[11] Exploratorium , Accessed: (1/12/2022) , URL : https://www.exploratorium.edu/explore/cooking/egg-anatomy .

[١٢] Yutaka-Nishiyama Accessed: (6/12/2022), URL : http://yutaka-nishiyama.sakura.ne.jp/math2010/egg.pdf .

[13] Designing Buildings , Accessed: (14/12/2022), URL : https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Digital_technology .

[14] Market Business News , Accessed: (14/12/2022) , URL :

https://marketbusinessnews.com/financial-glossary/computer-aided-design-cad/ .

[15] Autodesk , Accessed: (20/12/2022), URL : https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/ ,
[١٦] 3D Natives , Accessed: (20/12/2022), URL : https://www.3dnatives.com/en/top10-cad-software-180320194/# .