"تأثير التكنولوجيا الرقمية على عمليات التصميم و التصنيع الرقمي لتشكيل و معالجة حيز الفراغات المعمارية الداخلية"

"The Impact of Digital Technology on digital design and fabrication process to form architecture interior spaces"

أ.د / أحمد السيد عريضة

أستاذ التكنولوجيا بقسم التصميم الداخلي و الأثاث

كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

م / إيناس عبد الناصر علي إبراهيم زكي

معيدة بقسم التصميم الداخلي و الأثاث

المعهد العالي للفنون التطبيقية – التجمع الخامس

ملخص البحث:

يشهد العالم مجموعة من التطورات الهائلة في شتى مجالات الحياة تحت مسمى عصر الثورة الرقمية التي ظهرت في أواخر القرن العشرين والتي جاءت نتاج عدة ثورات بعد الثورة الصناعية، مثل الثورة التكنولوجية والثورة المعلوماتية. وكان لظهور الثورة الرقمية أثرا كبيرا علي تطور العمارة والتصميم الداخلي؛ فتطورهما يرتبط بما يحرزه تطور العلوم والتطبيق التكنولوجي في مختلف الصناعات. ولقد تعددت أوجه التطور التكنولوجي لنظم الحاسب ووسائل المعلومات لتأتي تطبيقاتها المختلفة وفقاً لمتطلبات حياتنا اليومية بحيث تنعكس أثارها تدريجيا علي العمارة والتصميم الداخلي من خلال دمج التكنولوجيا الرقمية بالتصميم المعماري والتصميم الداخلي من خلال برامج الكمبيوتر المُتآلِفة فيما بينها بحيث تولد فكر إبداعي تصميمي مميز ومبتكر وذي أبعاد وجوانب تقنية ووظيفية وشكلية وا إنشائية وجمالية جديدة والتي من شأنها تلبية احتياجات ومتطلبات مجتمعية تعكس مردود الحقبة الزمنية المعاصره ومن ثم الارتقاء بالفكر المجتمعي والتذوق الفني لدى جمهور العامه.

أدى ظهور الحاسب الآلي إلى إحداث تطور هائل في مجال الإلكترونيات التي أحدثت بدورها ثورة في الفكر التصميمي الإبداعي والأدائي لدى المصمم، حيث تغيرت سمات العملية التصميمية بدخول بعض الاتجاهات والمدارس الفكريه الجديدة نطاق التصميم المعماري والتصميم الداخلي كنتيجة مباشرة للثورة الرقمية والتي مكنت المصممين من إيجاد حلول تشكيليه كان من الصعب التعبير عنها بالوسائل التقليدية القديمة . حيث أتاحت هذه االادوات الرقمية الجديدة للمصمم الفرصة لاختبار التشكيل المتكامل تصميميا سواء من الناحية التصميمية التشكيلية أو من الناحية الإنشائية أو من الناحية التنفيذية، إضافة إلي إمكانية التعديل واكتشاف نقاط الضعف التصميمية أثناء التصميم وليس بعد التنفيذ.

ساعد ظهور برامج الحاسب الآلي التي أنتجتها الثورة الرقمية المصممين على تحقيق هذا الهدف –أي تقديم الأفضل وكل ما هو غير تقليدي– حيث فتحت لهم آفاق جديدة لتوسيع مجال الفكر والإبداع لابتكار تصميمات جديدة في إطار تحقيق الأسس التصميمية من حيث الشكل، والوظيفة والاقتصاد وصولا إلى التصميم المثالي غير التقليدي من خلال تطبيق التكنولوجيا الرقمية المتقدمة، حيث ظهرت اتجاهات تصميمية جديدة تدعو للنظر إلى الهيكل الشكلي ليكون متزنا ديناميكيا وليس إستاتيكيا تقليديا، متأثرا بأشكال الرخويات والخلايا الموجودة داخل الكائن الحي وذلك بالاستفادة من تقنيات العصر الحديث ومن التطور الهائل في مجال المعلومات الرقمية وأجهزة الاستشعار وأنظمة التحكم الإلكترونية، كما يمكن التحكم في

عملية التشكيل باستخدام الحاسب الآلي بدءً ا من مرحلة التصميم ووصولا إلى مرحلة التنفيذ ثم يتبعها التحكم في شكله أثناء الاستخدام تبعا لتغيرات تحدث داخل الفراغ و الذي ساعد في حدوث طفرة تصميمية وتغير هائل في العصر الحالي واختلاف فكري متطور في كيفية صياغة العملية التصميمية والإنشائية للعمارة و التصميم الداخلي.

Abstract:

The world has witnessed a lot of great developments in all fields under named "Digital revolution era" that was appeared in 20th century as a result of several revolutions after industrial revolution such as technological revolution and informal revolution. There was a great effect for the digital revolution on architecture and interior design's development which associated with science development and applied technology in all industries.

Nowadays, technological development for computer's system has several faces according to our life needs that will has gradual effect on architecture and interior design through merging digital technology in architecture and interior design, so we can have different and special design thought. According to the great development in electronics field, there was a design and creative thought revolution. That is shown through appearing new thoughts and schools in architecture and interior design. As a result, designers could find new design ways that was hard to apply by the old traditional methods. The new digital tools helped designers in doing tests on the designed forms to discover the shortage points and do the suitable modification within the design process not after its implementation.

Computer's systems and digital revolution helped designers in doing their best which opened the door to appear new thoughts, more creativity and innovation in designing new forms to reach for the ideal and untraditional design through applying high digital technology; which was affected by new design movements aiming to look at a form to be in balance dynamically not statistically which took from mollusks forms and shapes of body cells by using developed digital technology to transform these shapes to physical forms through design and fabrication process.

كلمات مفتاحية:

الثورة الرقمية/التكنولوجيا الرقمية/التصميم بمساعدة الحاسب الآلي/التصنيع الرقمي.

Key Words:

Digital revolution/Digital technology/digital fabrication/CAD/computer aided design/Architecture interior space.

مقدمة:

العمارة و التصميم الداخلي هما المرآة التي تعكس روح حضارة الشعوب، حيث تستمد ملامحها من ملامح العصر الذي تتواجد فيه، فالعمارة في العصر المصري القديم أستمدت ملامحها من المعتقدات و التقنيات التي تميزت بها في هذا العصر، و العمارة في العصر الإسلامي استمدت ملامحها من أسس العقيدة و التشريع الإسلامي في ذلك العصر، و العمارة في الثورة الصناعية بدأت تستمد ملامحها من روح الماكينات التي ميزت هذه الفترة.

شهد مجال العمارة و التصميم الداخلي تطور كبير بعد قيام الثورة الصناعية و التي انطلقت من إنجلترا في القرن الثامن عشر و من ثم الى جميع أنحاء العالم، حيث ظهرت الالات و الماكينات و المصانع خاصة مصانع الحديد، و كذلك ظهور مواد إنشائية جديدة و تقنيات بنائية لم تستخدم سابقا، و بذلك واجهت العمارة و التصميم الداخلي طفرة نتيجة للعصر الحديث و الإكتشافات العلمية و الإختراعات الحديثة و التي أثرت على شكل العمارة و التصميم الداخلي تأثير ملحوظ.

ظلت العمارة و التصميم الداخلي في تطور منذ بدء الثورة الصناعية حتي بدء فجر جديد لعصر جديد في أواخر القرن العشرين و هو عصر الثورة الرقمية، و هو العصر الذي يحمل لنا الكثير من المتغيرات في جميع نواحي الحياة، الأمر الذي يؤثر بدوره على المنتج المعماري.

أثر الثورة الرقمية على العمارة و التصميم الداخلي:

١. تطور وسائل و أدوات التصميم المعماري و التي مكنت المصمم من إنتاج تصميمات مبتكرة كان من الصعب إنتاجها في ظل الأدوات القديمة للتصميم المعماري و التصميم الداخلي حيث تمكن من إيجاد كتل كان من الصعب التعبير عنها بالوسائل التقليدية القديمة، فقد تم إيجاد الأداة التي يستطيع بها التعبير عن أفكاره المعمارية مهما بلغ تعقيد هذه الأفكار.
٢. أتاحت للمصمم الفرصة لإختبار التشكيل الذي توصل إليه سواءا من الناحية التصميمية التشكيلية أو من الناحية الإنشائية.
٣. أتاحت له إمكانية التعديل و إكتشاف نقاط الضعف التصميمية أثناء التصميم و ليس بعد التنفيذ.
٤. وفرت للمصمم حرية التأثير على الكتل بأي شكل من أشكال القوى المختلفة، الأمر الذي مكن المصمم من إختبار عدد غير محدود من التشكيلات المعمارية للتوصل للتشكيل المطلوب.
٥. إختلاف الإحتياجات لمستعملي الفراغ مما أدى لإختلاف نمط المباني التي سوف يحتاجها هذا المجتمع.
٦. ظهور العديد من التشكيلات الإنسيابية المعقدة في المباني و التي نتجت عن آلية التصميم الحديثة في القرن الحادي و العشرين عكس ما أنتجته عصر الثورة الصناعية من مباني جامدة التشكيل.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث الرئيسية في:

- ظهور تكنولوجيا التصميم و التصنيع الرقمي دون معرفة كيفية الإستفادة القصوى الفعلية من هذه التكنولوجيا للحصول على أعلى طاقة إنتاجية و أقصى دقة ممكنة و أقل وقت و جهد و تكلفة ممكنة في عمليات التصميم و الإنتاج و التصنيع.

هدف البحث:

- معرفة كيفية الإستفادة من تكنولوجيا التصميم الرقمي في تشكيل حيز الفراغات المعمارية الداخلية.
- معرفة كيفية الإستفادة من تكنولوجيا التصميم و التصنيع الرقمي لإختبار ما تم تصميمه و معرفة نقاط الضعف للحصول على أعلى جودة ممكنة عند التصنيع.
- معرفة كيفية الإستفادة من تكنولوجيا التصنيع الرقمي لإنتاج ما تم تصميمه و إختباره رقميا بإستخدام الماكينات الرقمية المختلفة الحديثة.
- معرفة كيفية الإستفادة من تكنولوجيا العرض الرقمية لإعطاء الفراغ بعد تصميمي اخر.

فرضية البحث:

- يفترض البحث ان هناك علاقة قوية بين مراحل التصميم و التصنيع الرقمي للحصول على أعلى طاقة إنتاجية و أقصى دقة و جودة ممكنة و أقل وقت و جهد و تكلفة ممكنة.

منهجية البحث:

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي

محاور البحث:

- مراحل و عمليات التصميم و التصنيع الرقمي.
- طريقة التفكير في وضع الفكرة التصميمية
- عملية نمذجة التصميم
- عملية إختبار و تحليل المنتج
- عملية التصنيع و التنفيذ
- عملية التركيب و التجميع
- عملية العرض التفاعلي بإستخدام التكنولوجيا الرقمية

مراحل و عمليات التصميم و التصنيع الرقمي:

التفكير و تصور الفكرة Design Concept

تطورت و تغيرت عملية التفكير من خلال وضع معادلات و محددات رياضية لخلق تصميمات تقوم على اسس هندسية ومفاهيم ذات منطق رياضى مستوحاة من الطبيعة، يتم إدخال هذه المعلومات للحاسب الالى و يقوم بترجمتها و رسمها بسهولة. جديدة

المحاكاة التصميمية
Design Simulation

مكن الحاسب الآلي المصمم من التعامل مع المجسمات وخاصة ذات البنية المعقدة التي كان من المستحيل ادراك بنيتها سابقا وتتبع نظامها البنائي

نمذجة التصميم رقميا
DIGITAL DESIGN MODELING

مكن الحاسب الآلي المصمم من بناء المجسمات ليتمكن المصمم من تصورها في الفراغ

إختبار التصميم تنفيذيا
Fabrication Analysis

يقوم المصمم بإختبار المجسم الذي تم تصميمه بإستخدام بعض البرامج و ذلك لإكتشاف نقاط الضعف بالمجسم ليعيد معالجتها قبل التنفيذ

التجهيز للتصنيع Fabrication Modeling

تجهيز الخامات قبل دخولها مرحلة التقطيع و الشطف و التجميع لتوفير اقل هادر من خلال برامج تقوم بعمل هذه الحسابات بأقل مجهود

ماكينات التصنيع الرقمي Digital fabricating machines

لكل ماكينة وظيفة معينة تصلح لخامة معينة يتم برمجتها مسبقا و إختبار أدائها من خلال برامج الحاسب الآلي

النقل و التركيب و التجميع Packaging, transporting, installation

العرض الرقمي Digital show

بإستخدام التكنولوجيا التفاعلية من خلالها التوصيل بأجهزة الكمبيوتر لعرض ما تم تصميمه خلال خامات غير ملموسة كالماء أو الهواء أو عن طريق خامات ملموسة كالستارة الإلكترونية و شاشات اللمس الذكية

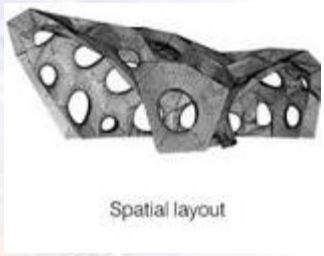
أولا: طريقة التفكير في وضع الفكرة التصميمية The Way of thinking:

ساعدت التكنولوجيا الرقمية في تطوير و تغيير عملية التفكير change strategies in thinking و ذلك من خلال وضع معادلات و محددات رياضية لخلق تصميمات جديدة، ظهرت هذه الطريقة تحت مسمى التصميم البارامتري او المعياري او القياسي parametric design، و هو عبارة عن مساحات برمجية تحتوي على خوارزميات وعمليات رياضية واحدة او اكثر، التي تقوم على اسس هندسية ومفاهيم ذات منطق رياضي مستوحاة من الطبيعة، يتم إدخال هذه المعلومات للحاسب الالي و يقوم بترجمتها و رسمها بسهولة.

١. **الإستلهام من الطبيعة:**

وذلك من خلال تحليل و تجريد و تلخيص (عناصر نباتية-حيوانية – ظواهر طبيعية phenomena – مشهد من حركة طبيعيةslow motion – فلسفة كونية cosmic philosophy – ظاهرة بيولوجية – جيولوجية – كيميائية – فيزيائية).

الإستلهام من حركة النبات

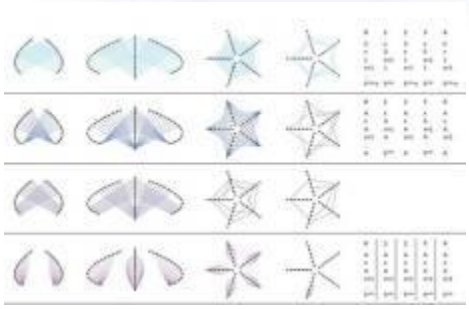


تحليل نسيج فطر البطاطس

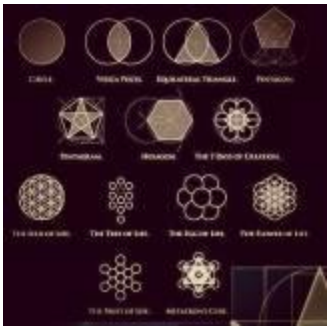
٢. **إستخدام عمليات أسس التصميم** لعمل إضافة على ما تم تحليله:

(التكبير و التصغير Scale – التكرار Array & repetition – الدوران Rotation – التماثل Symmetry– الإشعاع المركزي Centering – الانتقال من شكل لاخر Transition & transformation – التغيير من حجم لاخر Density – مصفوفة رياضية باستخدام التباديل و التوافيق Matrix – Branching).

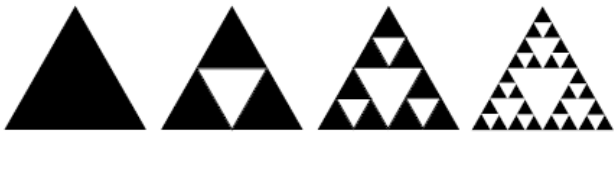
Transition & transformation



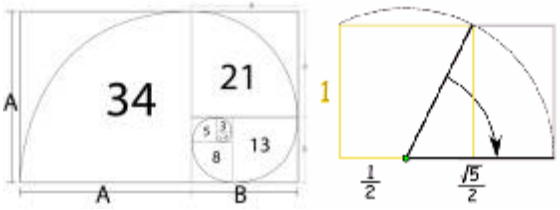
Matrix concept design strategies



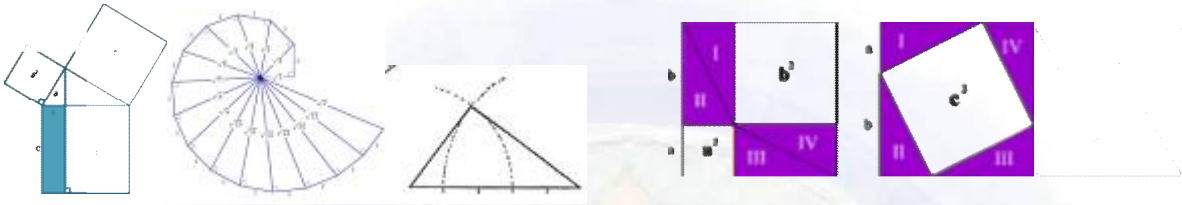
عمليات أسس التصميم المختلفة



نسبة مثلث سيربينيسكي Sierpinski Triangle



نسبة القطاع الذهبي Golden Ratio



نسبة مثلثات فيثاغورث و إقليدس Pythagoras & Euclid's Ratio

٣. **<u>الألوان و الخامات:</u>**

من خلال عملية الإستلهام و الدراسات التي قام بها المصمم للتناسب مع البعد الوظيفي و التاريخي و الإجتماعي و الإقتصادي و يلائم التصميم المراد تنفيذه.

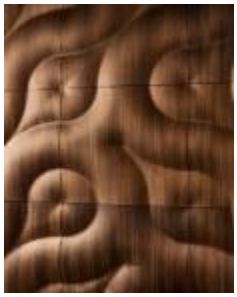
<u>– تنقسم الخامات الى خامات مادية ملموسة و خامات غير مادية غير ملموسة:</u>

<u>– تنقسم الخامات الملموسة الى خامات رئيسة، و خامات وسيطة، و خامات مكملة:</u>

<u>١ – الأخشاب الطبيعية:</u> تستخدم الاخشاب الطبيعية في المنشات الخشبية التي تتحمل العوامل البيئية المحيطة مثل **خشب الأرز** Northern Eastern White Cedar - Western Red cedar - Southern Red cedar ، **خشب السرو** Australian Cypress ، **الصنوبر الأبيض** White Pine ، **الخشب العزيزي** Pitch pine و **الخشب الأحمر** Red-wood.

Natural wooden pavilions

<u>٢ – الأخشاب المصنعة:</u> و هي اخشاب معاد تصنيعها في صورة الواح خشبية معالجة ضد العوامل البيئية المحيطة مثل ألواح **الكونتر الطبقات** Ply-wood، **خشب رقائقي مغطي بالفينول** laminated veneer lumber، **الخشب المضغوط** Glued laminated Timber و الـ **MDF** و الـ **HDF** و منها معالج ليستخدم خارجيا و منها يستخدم داخليا.



Indoor wooden cladding

Outdoor wooden structures

كما تستخدم الاخشاب في الهياكل الخشبية المكونة للتشكيل النهائي للمنتج كمادة وسيطة للتشكيل.

Wooden structure forms

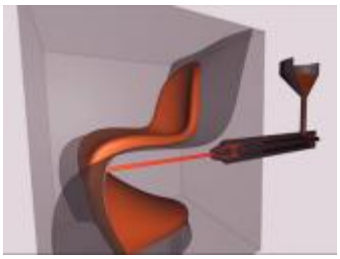
٣- <u>المعادن</u>: تستخدم كنظام انشائي حديث لعمل تشكيلات منحنية مثل ستانلس ستيل، الحديد المجلفن و يعتبر كخامة وسيطة للتشكيل .

Steel structures

٤- <u>الالومنيوم</u>: مادة تستخدم للتكسيات الخارجية للمنشات مثل الألوكوبوند alucobond cladding.

Steel structures with Alucobond cladding

٥- اللدائن Polymers: منها الألواح و منها البوليمرات الحرارية السائلة التي تتشكل من خلال قوالب تصنيع معينة من هذه اللدائن الاكريلك و البولي استر و الايبوكسي و البوكسيت او بودرة الرخام مع أصباغ لونية Acrylic, Polyester, Epoxy, marble dust و من انواع الرخام الصناعي Avonite and Corian.



Polymers sheets thermal bended to form shapes or by vacuum

Poly-thermal injection process into molds

٦- البوليمرات المسلحة بالألياف الزجاجية Glass-reinforced plastic GRP : لدائن متصلبة حراريا مثل البولي استر و الايبوكسي و الفينيل استر يتم تصنيعها مع طبقات من الألياف الزجاجية.

GRP in forming panels for interior and in forming furniture

٧- الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية Glass-fiber reinforced concrete GRC: و هي عبارة عن خرسانة ممزوجة بطبقات او رايش من الالياف الزجاجية تستخدم في الواجهات الخارجية و التكسيات الداخلية و الاثاث الخارجي.

GRC for outdoor furniture

GRC for interior cladding

Outdoor cladding

GRC Panels

GRC Mold

٨- **الجبس المسلح بالألياف الزجاجية Glass-fiber reinforced gyps GRG**: و هو عبارة عن جبس ممزوج بطبقات او ر ايش من الالياف الزجاجية تستخدم في التكسيات الداخلية و الكرانيش الداخلية و الحليات في الواجهات الخارجية.

GRG Cornices

GRG ceiling

GRG Production

٩- **الفوم المضغوط high-temperature foams**: يستخدم في عمل القوالب او كخامة وسيطة لتساعد في التشكيل و لعمل منشات و هياكل خفيفة سواء كانت داخلية او خارجية مثل البولي ستيرين و الستيروفوم Polystyrene EPS - Styrofoam.

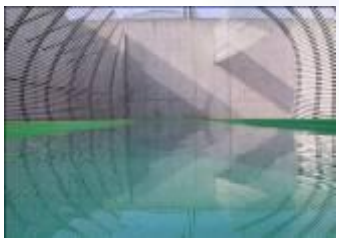
Foam in forming the shape to make lighten structure

Foam wooden panels

٤. **التصنيع[1]:**

طريقة التصنيع عامل جديد أضافه التصميم الرقمي حيث يختلف الناتج تبعا لإختلاف الماكينة المستخدمة و الخامة التي تم إختيارها مما يؤثر على شكل التصميم بالأخير، من هذه العمليات التي أثرت في الشكل التصميمي:

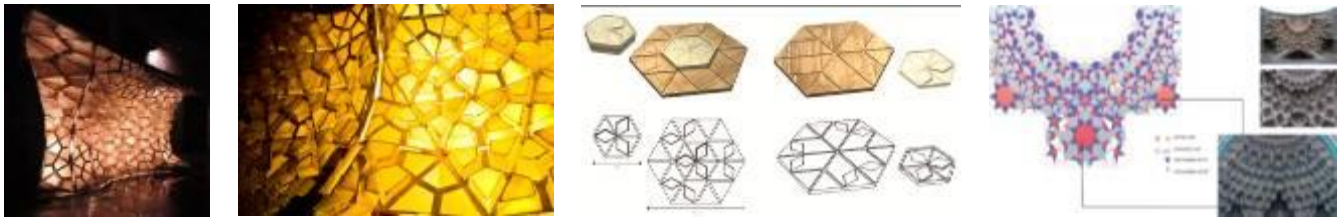
١. **Sectioning**: عمل قطاعات عرضية Cross-sections خلال المجسم لتكون مجموعة من الإطارات المتوازية لتكون الأحرف هي الشكل المكون للمجسم الثلاثي الأبعاد.



Playa Urbana/Urban Beach by William E. Massie

[1] Iwamoto, Lisa "Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques" - ISBN 9781568987903 - 2009

٢. **Tessellation:** مجموعة أشكال هندسية تملأ المستوى المعني بدون ثغرات ودون تداخلات كالفسيفساء لتكوين المجسم الثلاثي الأبعاد.



Tessellated pavilions

٣. **Paneling:** مجموعة أشكال مستوية من عنصر تشكيلي واحد مع الإحتفاظ بنسبته أو التغيير فيها Scaling فتملأ المستوى المعني بمسافات أو بدون مسافات مع المحافظة على شكلها.

Paneled pavilions

٤. **Folding:** تحويل سطح مستو الي مسطح ثلاثي الابعاد عن طريق عمل علاقات بين أشكال هندسية Geometries لتكوين السطح سواء كان مسطح منكسر أو منحني Curved structure مما يخلق علاقات و طرق ربط و تعاشيق جديدة مبتكرة لتراكب هذه الأشكال الهندسية.

Folded Pavilions

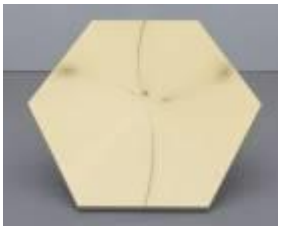
٥. **Contouring** [٢]: تقطيع مجسم ثلاثي الأبعاد بقطاعات متوازية ليتم إنتاج مسطح معقد التشكيل بخامات ذات ألواح مسطحة كالأكريلك و الأخشاب المصنعة و الفوم.

٦. **Forming:** عمليات تشكيل يتم تطبيقها على الخامات المختلفة كالبثق و الطرق و الثقب و الثني...، و تختلف طرق التشكيل حسب كل خامة، حيث كل خامة لها عمليات تشكيل و ماكينات خاصة بها تبعا لخواصها الكيميائية و الفيزيائية.

[2] Kolarevic, Branko "Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age" , published research, University of Pennsylvania, USA, 2001.

Contouring fabrication process to build the form

Forming stainless steel sheets



Forming acustic soft-material with mirrored tiles
barrisol pavilion, Biennale interior 2014 in Kortrijk, Belgium.

Forming MDF sheets

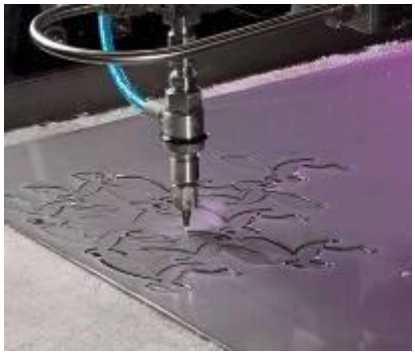
Forming plywood developed material

أنواع الماكينات حسب كل خامة مستخدمة:

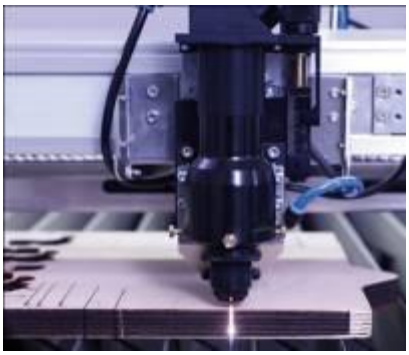
تنقسم أنواع الماكينات حسب نوعية التقطيع و حسب الخواص الفيزيائية للخامة المستخدمة[٣]:

١. **التصنيع الثنائي الأبعاد 2D Fabrication:** تكنولوجيا التقطيع تنائي الأبعاد بإستخدام ماكينات التقطيع 2 CNC cutting with axis عن طريق طرق قطع مختلفة كالبلازما Plasma-arc و الليزر laser-beam و النفث المائي water-jet.

[3] Kolarevic, Branko "Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age" , published research, University of Pennsylvania, USA, 2001.

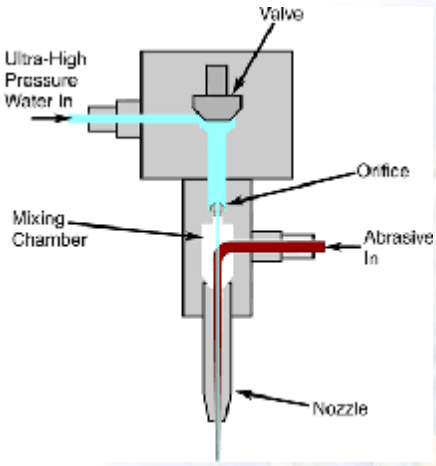


Water-jet cutting machine



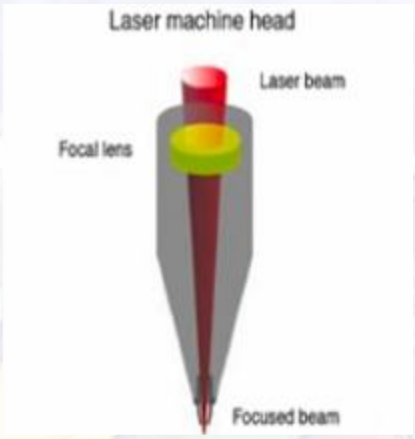
Laser-beam cutting machine

Plasma-arc cutting machine



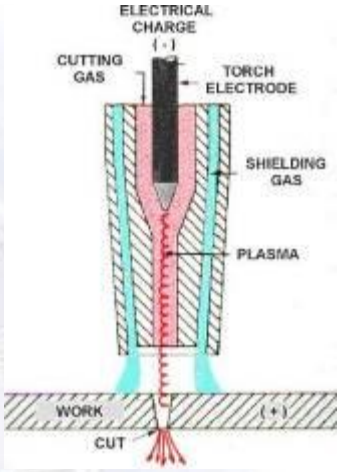
Water-jet cutting process

Can cut materials up to 15”



Laser-beam cutting process

Can cut materials up to 0.6”, and materials absorb light-energy



Plasma-arc cutting process

٢. **التصنيع المطروح Subtractive Fabrication:** إزالة أجزاء معينة من الكتلة بإستخدام بونط متعددة الإتجاهات multi-axis milling و تستخدم لعمل القوالب لصب خامات فيها كالخرسانة المسلحة الجاهزة GRC، او الجبس المسلح GRG، او اللدائن المسلحة GRP، لإنتاج تشكيلات معينة منها.

Milling the mold from blocks of lightweight polystyrene (Styrofoam) using milling CNC machine.

Laminated glass panels from reinforced concrete using blocks of lightweight polystyrene (Styrofoam), which were shaped by CNC milled machine.
Gehry Conde Nast Cafeteria project

٣. **التصنيع بالإضافة Additive Fabrication:** التشكيل عن طريق إضافة طبقة فوق طبقة لتكوين الشكل النهائي و يطلق عليه أيضا التصنيع الطبقي layered fabrication، عمل النماذج السريعة rapid prototyping fabrication، solid freeform fabrication، desktop manufacturing.

أ. **Stereolithography SLA:** تعتمد هذه الطريقة على البوليمرات السائلة التي تتصلب عند التعرض لأشعة الليزر.

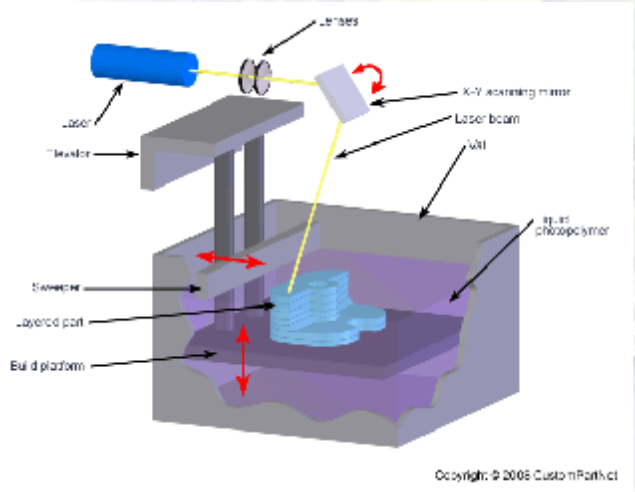
ب. **Selective Laser Sintering SLS:** تعتمد على إذابة أشعة الليزر لبودرة معدنية لتشكيل المجسم طبقيا layer by layer.

جـ. **3D Printing 3DP:** تعتمد على إذابة بودرة سيراميك مع لاصق ليتم تشكيل المجسم طبقيا حتي يتصلب، ثم يتم لصقه

د. **Laminated Object Manufacture** [4]: التصنيع من خلال عمل طبقات Layers من roll من الخامة كبير لتقطيع كل طبقة على حدى لإنتاج الشكل ثلاثي الأبعاد في النهاية.

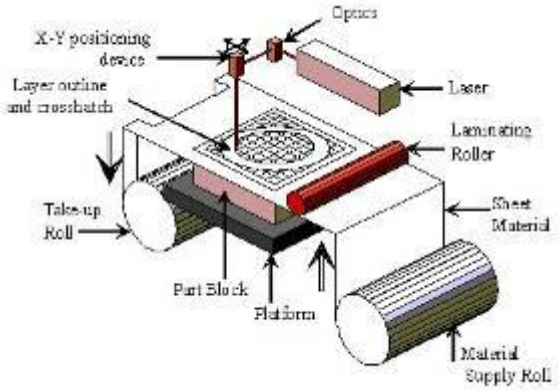
هـ. **Fused Deposition Modeling** [5]: التصنيع من خلال عمل طبقات من الخامة السائلة التي تضخ خلال مضخ ثم تسليط الليزر عليه عن خروجها من الفوهة لتتصلب لينتج بالنهاية مجسم ثلاثي الأبعاد.

و. **Multi-jet manufactured** [5]: تصنيع النفث المتعدد حيث يتم نفث طبقة رقيقة جدا من لدائن شمعية حرارية مذابة لتكوين مجسم ثلاثي الأبعاد صلب.

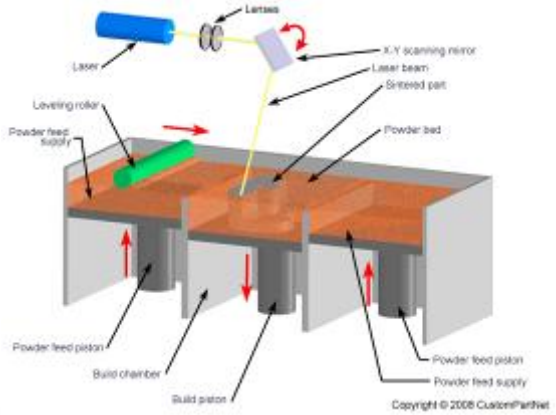


Stereolethography process

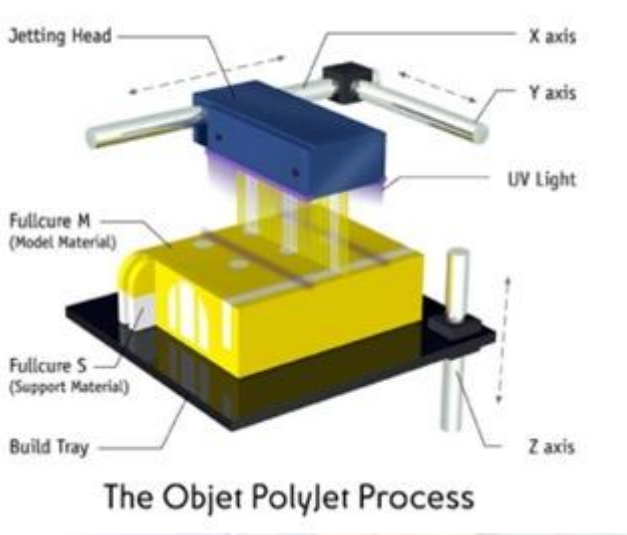
[4] http://www.bomberebuild.webspace.virginmedia.com/rptc01.htm
[5] http://www.smartprinting.co/3d-printers/what-is-3d-printing-2/



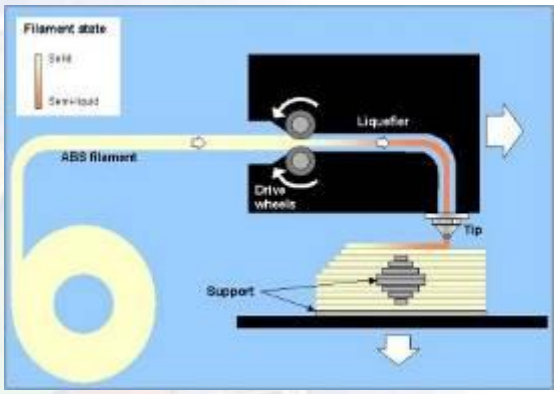
Laminated Object Manufacture



Selective Laser Sintering SLS

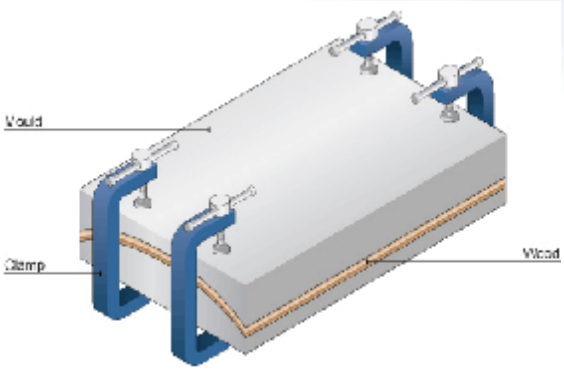


Multi-jet manufactured



Fused Deposition Modeling

٤. **التشكيل Formative fabrication:** عمليات تشكيل يتم تطبيقها على الخامات المختلفة كالبثق و الطرق و الثقب و الثني...، و تختلف طرق التشكيل حسب كل خامة، حيث كل خامة لها عمليات تشكيل و ماكينات خاصة بها تبعا لخواصها الكيميائية و الفيزيائية.



Heat and bend to form the metal

Steam and bending

Steam and bend to form the wood

ماكينات رقمية اخري:

Canned cycle	Milling machines	Lathes	Embroidery machines	EDMs	Drills
Surface grinders	Oxy-fuel	Hot-wire foam cutters	Wire bending machines	Sheet metal works (Turret punch	Wood routers
	Glass cutting	Knife cutting	submerged welding	Induction hardening machines	Cylindrical grinders

ثانيا: عملية نمذجة التصميم Design modeling process:

مكن الحاسب الآلي المصمم من التعامل مع المجسمات وخاصة ذات البنية المعقدة التي كان من المستحيل ادراك بنيتها سابقا وتتبع نظامها البنائي ، كما مكنه من محاكاة الطبيعة وفهم الانظمه البنائية التي تقوم عليها بنية الاشكال فيها، ليوظف تلك المفاهيم في تصميمات مبهرة غايه في التعقيد موائمة للعصر.

١. **جمع المعلومات Data collecting:**

و تكون عن طريق تجميع صور لفراغات مماثلة و الخامات و الألوان المراد إستخدامها و تجميع معلومات عن الفراغات الوظيفية و الحركية داخل المكان.

٢. **وضع البرنامج و الفكرة التصميمية Programming & conceptual design:**

عن طريق تغذية الحاسب الالي بالمعلومات عن علاقات مكونات التصميم (العلاقات الوظيفية للفراغ) و كذلك محددات الفراغ و مساحاتها، فتقوم البرامج بإعطاء و حساب البدائل المتاحة التي تحقق المتطلبات بين جميع عناصر التصميم[٦].

[٦]) إنجي فوزي أحمد عرابي، الإتجاهات المعاصرة في العمارة (على ضوء العمارة الرقمية)، رسالة ماجستير، كلية هندسة قسم عمارة، جامعة القاهرة.

٣. **إختيار البرمجيات المتخصصة لعمل التصميم Programs choosing:**

لا بد ان تتوافر هذه الأدوات داخل البرنامج لعمل التصميم[٧]:

١. إمكانية الرسم و التعديل.

٢. التجسيم الثلاثي الأبعاد.

٣. عرض الفراغ الثلاثي الأبعاد (التعبير المرئي) Visualization.

٤. إمكانية الحركة داخل الفراغ (Walk through) و تسمى هذه الخطوة النمذجة و المحاكاة في الواقع الإفتراضي Modeling & Simulation in virtual reality.

٥. إمكانية تنوع السلوك داخل الفراغ عبر الزمن.

٦. إمكانية إخراج ملفات للماكينات *CAD/CAM.

و تسمى هذه الأدوات بالـ CAD tools التصميم بمساعدة الحاسب الآلي Computer aided design و هي أدوات تميز بأنها تضم قاعدة من المعلومات الأساسية اللازمة للعملية التصميمية في إطار ما يسمى بالنظرية الكلية في التصميم المعماري و هي التي تقدم الإطار التحليلي للأشكال المعمارية و تعمل كقاعدة للعملية التصميمية التي تجمع بين الترابط الوظيفي و الترابط الفراغي بنظامه المتدرج من الكليات إلى الجزئيات و مجموعة العوامل الإقتصادية و الإجتماعية و الخلفية التاريخية و الامكانيات المستقبلية للشكل في إطار هذه العملية –العملية التصميمية– ليتم ترجمتها رياضيا لتكون أساس برامج الـ CAD[١] و من ثم إخراجها في صورة ملفات CAM ليتم قراءتها من قبل ماكينات الإنتاج و التصنيع.

مرت البرامج المساعدة على التصميم و التصنيع الرقمي بجيلين[٨]:

١. **الجيل الأول** : النماذج الرقمية – نماذج تنائية و ثلاثية الأبعاد لأعمال المسح و تحرير رسومات لعمل نمذجة و محاكاة للواقع مرئيا.

٢. **الجيل الثاني:** برامج تكاملية و تفاعلية و التي اعتمدت على نماذج معلومات المبنى BIM building information modeling و هو مشروع محاكي للمشروع الحقيقي و الذي يحتوي على نماذج ثلاثية الأبعاد مع ربط هذه العناصر بالعناصر الإنشائية و الموقع و جميع التخصصات المكونة للمبنى مما يسمح الإستفادة منها في التصميم و التعديل و التحليل و التوصيف و تحرير الرسومات، و تطورت بعد ذلك لتعتمد على المعادلات الرياضية و الخوارزمية.

---

[٧]) عمر عبد الفتاح غنيم، أماني أحمد مشهور، ايه لطفي زكريا ، صناعة الأثاث بين التصميم و التحول الرقمي، بحث منشور،مجلة علمية "علوم و فنون/ دراسات و بحوث"، المجلد السادس و العشرون، العدد الأول، يناير ٢٠١٤.

*) CAD: التصميم بمساعدة الحاسب الالي Computer aided design -- CAM: التصنيع بمساعدة الحاسب الالي Computer aided manufacturing.

[٨]) تامر نبيل عبد الفتاح أحمد، "تأثير التطور التكنولوجي على قاعات المعارض الدولية في القرن الحادي و العشرين (دراسة تحليلية للتكنولوجيا الرقمية)"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة-قسم عمارة، جامعة القاهرة.

من البرامج التي تساعد المصمم لبناء الفكرة التصورية لما تم تصميمه من خلال المعلومات السابق ذكرها:

	اسم البرنامج		استخداماته في مجال التصميم
١	AUTODESK AutoCAD		لعمل رسومات التصميم و الإنتاج و التنفيذ.
٢	AUTODESK Revit		لعمل رسومات التصميم و الإنتاج و التنفيذ و الجداول و المواصفات.
٣	Primavira		لإدارة المشروعات.
٤	AUTODESK 3D-max		انتاج رسومات ثلاثية الأبعاد للإظهار المرئي و امكانية الحركة.
٥	V-ray		انتاج رسومات ثلاثية الأبعاد للإظهار المرئي.
٦	Rhino		انتاج رسوم ثلاثية الأبعاد معقدة التشكيل و اخراج ملفات لماكينات التصنيع.
٧	grasshopper		مجموعة من اللوغاريتمات و الاوامر لإنتاج رسوم ثلاثية الأبعاد بدقة عالية لتكون جاهزة للتصنيع على الماكينات الرقمية.
٨	Nest Rhinoceros plug-ins		ترتيب اجزاء المنتج في منطقة مغلقة كلوح التقطيع و ترتيبها داخله باكبر عدد ممكن في لوح واحد ليكون جاهز للتقطيع علي الماكينات الرقمية.
٩	CATIA "Dassault Systèmes"		نظام تفاعلي ثلاثي الأبعاد يدخل اطار برامج التصميم الثنائي و الثلاثي الابعاد و برامج إدارة دورة حياة المنتجات و برمجيات الإدارة، فهو يدعم مراحل متعددة من تطوير المنتج، من تصميم وتصور (CAD)إلى التصنيع (CAM) والهندسة الإدارية (CAE) .
	Rapcam rhino plug-ins		محاكاة لحركة الماكينات الرقمية في الخامة و طريقة التقطيع.

ثالثا: عملية إختبار و تحليل المنتج Design fabrication analysis process:

يقوم المصمم بإختبار المجسم الذي تم تصميمه بإستخدام بعض البرامج و ذلك لإكتشاف نقاط الضعف بالمجسم ليعيد معالجتها قبل التنفيذ.

من البرامج التي تساعد المصمم على تحليل و اختبار المجسم قبل عملية التنفيذ:

	اسم البرنامج		استخداماته في مجال التحليل و الاختبار
١	AUTODESK Simulation Mechanical		المحاكاة الميكانيكية لإجراء تحليلات الإجهاد والانفعال على النموذج الذي تم تصميمه.
٢	AUTODESK React Structures “Structural Analysis”		جساب و تحليل ردود الفعل للمنشأ سواء كان المنشأ خرساني أو معدني أو خشبي.
٣	STAR CCM+ Star simulating system		حساب و تحليل تدفق الموائع مثل الغازات و السوائل ،حيث يعتبر من أحد التطبيقات النموذجية لحساب (الديناميكا الهوائية، ومعامل السحب، والاضطراب) لتدفقات الموائع خلال النماذج التي تم تصميمها.

رابعا: عملية التصنيع و التنفيذ Fabrication & implementation process:

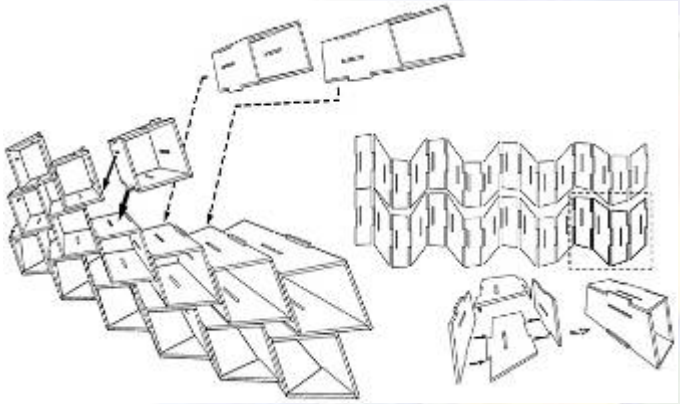
من البرامج التي تساعد المصمم على تصنيع و تنفيذ ما تم تصميمه على الماكينات الرقمية:

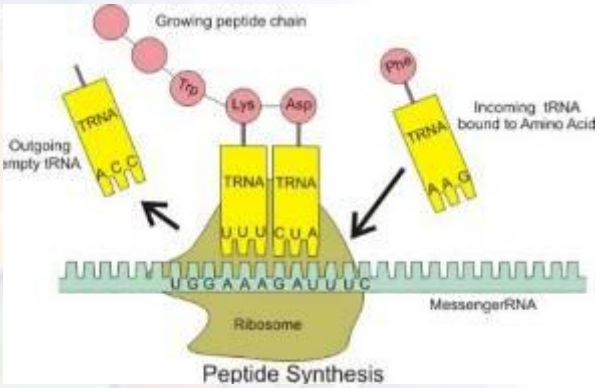
	اسم البرنامج		استخداماته في مجال التتنفيذ
١	Artcam	Delcam ArtCAM	يستخدم في الحفر و القطع و النحت للأخشاب و المعادن
٢	Alpha cam	alphacam	يستخدم مع الاخشاب و المعادن و الاحجار و يمكن استخدامه مع ماكينات ذات محورين و ٣ و ٤ و ٥ محاور مع ماكينات Milling machine, routering machines
٣	Delcam Powermill	Delcam PowerMILL	يستخدم مع الاخشاب و المعادن للتشطيبات السطحية لماكينات ذات محورين و ٣ و ٤ و ٥ محاور مثل ماكينات Milling machines

٤	Fast-CAM	FastCAM	لتقطيع المعادن لماكينات Plasma, laser, water jet
٥	Rhino-CAM	RhinoCAM	يستخدم لماكينات ذات محورين و ٣ و ٤ و ٥ محاور مثل ماكينات Milling machines, drilling machines

خامسا: عملية التركيب و التجميع Assembly fabrication [٩]:

و يتم من خلالها تحديد أماكن التراكيب بإستخدام ماكينات Laser positioning و ذلك ليكون من السهل تركيب و تجميع المنتج في الموقع بسهولة من خلال Embedded codes ارقام مطبوعة لسهولة تشكيلها.





CNC-cut panels that have all connection details already encoded into them. This would allow for easy assembly and disassembly as all connections between modules can be snap fit joints without the use of glue.

سادسا: عملية العرض التفاعلي بإستخدام التكنولوجيا الرقمية Digital interactive

يتم من خلالها التوصيل بأجهزة الكمبيوتر لعرض ما تم تصميمه خلال خامات غير ملموسة كالماء أو الهواء أو عن طريق خامات ملموسة كالستارة الإلكترونية و شاشات اللمس الذكية.

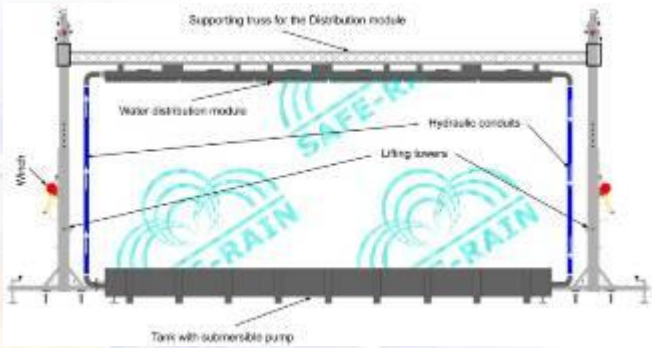
١. **تكنولوجيا الحائط المائي الرقمي Digital water wall [١٠]:**

تتكون من مجموعة من المضخات المائية متصلة بمجسات للتحكم في فتح او غلق المضخات عند المرور تحتها متصله بمجموعة من وحدات عرض صغيرة من الـ Projection LED light المتصلة بجهاز الكمبيوتر سواء كان بكابلات أو لاسلكيا و المتصلة بسماعات لعمل محاكاة لصوت حركة الماء او ما يتم عرضه.

[9] http://www.ameijde.dds.nl/wordpress/?page_id=116

Digital water wall

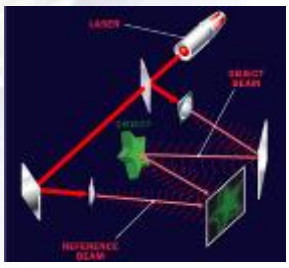
برنامج كمبيوتر للتحكم في ما سوف يتم عرضه



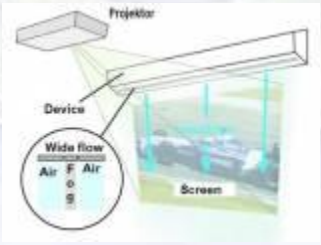
تفصيلة للمضخات المائية و وحدات العرض المتصلة بالكمبيوتر

٢. **تكنولوجيا الهولوجرافيك Holographic technology** [١١]:

عرض ما يتم تصميمه بإستخدام أشعة ليزر من خلال جهاز عرض مخصص ليتم توجيه هذه الأشعة خلال مجال وسيط ليقوم بعرض الصورة المجسمه خلاله، سواء كان هذا المجال مجال هوائي او لوح زجاجي او طبقة عاكسة شفافة كالفويل.



مسار شعاع الليزر الذي يتم توجيهه لإخراج الصورة



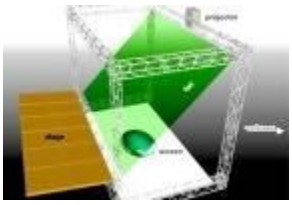
عرض الصورة من خلال مجال هوائي

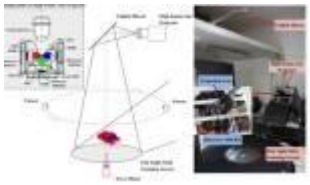
عرض الصورة خلال مجال هوائي و عاكس

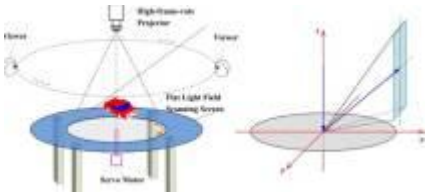
[10] http://www.saferain.com/en/water-show/digital-water-curtain.html#!prettyPhoto , http://www.saferain.com/en/blog/how-to-make-digital-water-curtain.html , http://www.alibaba.com/product-detail/Digital-Waterfall-Graphic-Waterfall-digital-waterfall_384306464.html

[11] http://science.howstuffworks.com/hologram.htm , Xinxing Xia, Xu Liu*, Haifeng Li, Zhenrong Zheng, Han Wang, Yifan Peng and Weidong Shen , A 360-degree floating 3D display based on light field regeneration, *State Key Laboratory of Modern Optical Instrumentation, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China*- published 1 May 2013

عرض صورة مجسمة على خشبة مسرح



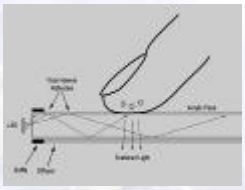




طريقة عرض المجسمات الطافية على السطح من خلال مجال انعكاسي يساعد على طفو الصورة

٣. شاشات اللمس الذكية Smart touch screens [١٢]:

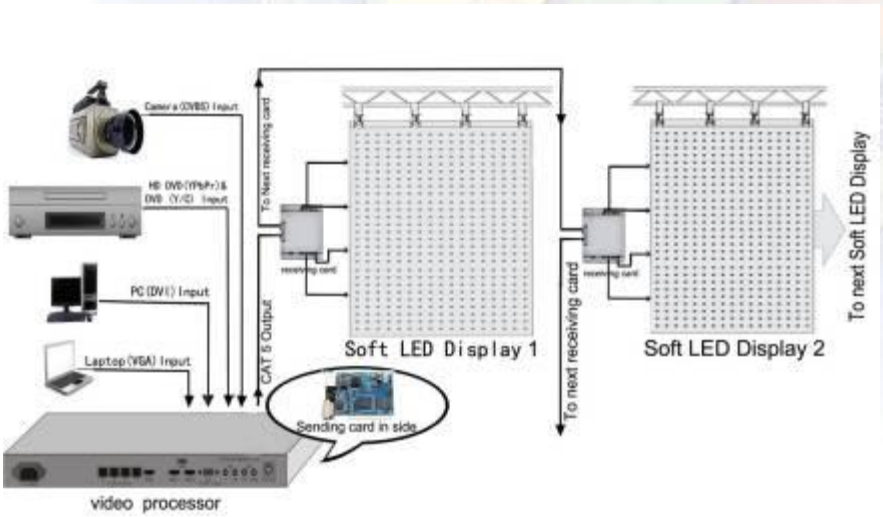
تتكون هذه الاسطح من لوح زجاجي اسفله مجموعة من الجزيئات التي تقوم بتوصيل الحركة على المسطح الزجاجي للمجسات الموجودة على اطراف المسطح لتنقله للكمبوتر ليقوم بعمل رد فعل مقابل يظهر على هذه الشاشة.

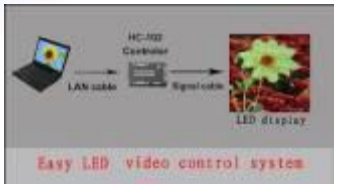


توصيل الاسطح الزجاجية التفاعلية

٤. تكنولوجيا الستائر الإلكترونية LED Curtain technology [١٣]:

عبارة عن شبكة الكترونية من لمبات موصلة بجهاز كمبيوتر ليتم عرض ما تم تصميمه على شاشة الكمبيوتر.





تكنولوجيا الستائر الإلكترونية

[12] http://techglobal.com/touch-technologies/ , http://www.instructables.com/id/Interactive-Multitouch-Display/

[13] http://ledvideocurtain.blogspot.com.eg/2010/11/how-to-connect-flex-led-display-to.html

النتائج و التوصيات:

ساعدت التكنولوجيا الرقمية على الربط بين مرحلة التصميم و مرحلة التنفيذ لتمكن المصمم من نمذجة و محاكاة عملية التصنيع لإجراء التعديلات اللازمة بعد تحليل النموذج الذي قام بإبتكاره المصمم لمعرفة نقاط الضعف بالمنتج ليقوم بإجراء التعديلات اللازمة قبل البدء في عملية التنفيذ و التصنيع، و ذلك يساعد في إنتاج التصميم في اقل وقت و بأعلى جودة و بأقل جهد و بأقل تكلفة.

المراجع:

أولا االرسائل و الابحاث العلمية العربية

١ إنجي فوزي أحمد عرابي، الإتجاهات المعاصرة في العمارة (على ضوء العمارة الرقمية)، رسالة ماجستير، كلية هندسة قسم عمارة، جامعة القاهرة.

٢ تامر نبيل عبد الفتاح أحمد، "تأثير التطور التكنولوجي على قاعات المعارض الدولية في القرن الحادي و العشرين (دراسة تحليلية للتكنولوجيا الرقمية)"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة-قسم عمارة، جامعة القاهرة.

٣ عمر عبد الفتاح غنيم، أماني أحمد مشهور، ايه لطفي زكريا ، صناعة الأثاث بين التصميم و التحول الرقمي، بحث منشور،مجلة علمية "علوم و فنون/ دراسات و بحوث"، المجلد السادس و العشرون، العدد الأول، يناير ٢٠١٤.

ثانيا الرسائل و الابحاث العلمية الاجنبية:

1 Kolarevic, Branko "Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age" , published research, University of Pennsylvania, USA, 2001.

2 Xinxing Xia, Xu Liu*, Haifeng Li, Zhenrong Zheng, Han Wang, Yifan Peng and Weidong Shen , A 360-degree floating 3D display based on light field regeneration, *State Key Laboratory of Modern Optical Instrumentation, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China*- published 1 May 2013

ثالثا الكتب الأجنبية:

1 Iwamoto, Lisa “Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques” - ISBN 9781568987903 - 2009

رابعا مواقع الانترنت:

1 http://www.bomberebuild.webspace.virginmedia.com/rptc01.htm

2 http://www.smartprinting.co/3d-printers/what-is-3d-printing-2/

3 http://www.ameijde.dds.nl/wordpress/?page_id=116

4	http://www.saferain.com/en/water-show/digital-water-curtain.html#!prettyPhoto
5	http://www.saferain.com/en/blog/how-to-make-digital-water-curtain.html
6	http://www.alibaba.com/product-detail/Digital-Waterfall-Graphic-Waterfall-digital-waterfall_384306464.html
7	http://science.howstuffworks.com/hologram.htm
8	http://techglobal.com/touch-technologies/
9	http://www.instructables.com/id/Interactive-Multitouch-Display/
10	http://ledvideocurtain.blogspot.com.eg/2010/11/how-to-connect-flex-led-display-to.html