المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات
العدد الرابع عشر شهر (8) 2019
EIMJ
المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات
www.eimj.org

تقنيات التصميم الرقمي وأثره على تصميم وتنفيذ الاسقف المعلقة.

اعداد: أسامة جلال فخري علي

مجال البحث: الهندسة المعمارية، جامعة الزقازيق

الايميل: ojalal1980@gmail.com

تمهيد

اعتاد المعماريون الاعتماد على اساليب التصميم التقليدية والتي تتمثل في التصميم المديولي (Modular Design) في اغلب الاحيان، حيث غالبا ما يسفر هذا النوع من التصميم على عدد قليل من الحلول والخيارات التصميمية، و بالرغم من تطور اجهزة الحاسب الالي تطور كبيرا الا ان دورها و تأثيرها على العملية التصميمية كان محدودا، اذ انه انحصر في كونه ادوات لتسهيل و تمثيل الرسم.

في الآونة الاخيرة عمل المهندسين المعماريين جنبا الى جنب مع مطورين البرامج لاعتماد نهج جديدة في التصميم لمواكبة ديناميكية التطور المجتمعي، هذا التطور ادى الى اكتشاف عدد أكبر من الحلول التصميمية. ان البحث عن الافكار و التصاميم الهندسية المبتكرة و الحديثة خلال السنوات الأخيرة كان موضوعا مثيرا للاهتمام في العمارة المعاصرة، كما ان القرن الواحد و العشرون جلب حقبة جديدة من التصميمات المعمارية بسبب تطور البرمجيات جنبا إلى جنب مع تطور اساليب و طرق تصنيع المواد المعمارية، و هذا التطور التقني جعل تعاون المهندس المعماري مع الكمبيوتر اكثر فائدة، من حيث البحث في الشكل المناسب لتصميمات معينة، الامر الذي ادى الى ظهور إجراء التصميم المعماري بشكل شبه آلية، الاهم من ذلك امكانية تنفيذ و تصنيع مواد البناء التي نتجت عن هذا التطور.

ان استنتاج التصميم الرقمي (Digital Design) ، يعنى الإجراء الذي يتبع لإيجاد حلولا للمشاكل المكانية باستخدام المتغيرات هندسية القابلة للتعديل، و هنا نقل منهج التصميم في مجال العمارة الى تقديم مجموعة من القواعد لوصف متغيرات الشكل و ليس تصميم الشكل ذاته (تصميم التصميم).

ان التصميم الرقمي ساعد في حل العديد من المشاكل المتعلقة بتصميم الاسقف المعلقة منها على سبيل المثال :

- انتاج وتكوين اشكال هندسية يصعب الوصول اليها بطرق التصميم التقليدية.
- اختيار انسب التصميمات والاشكال لتحقيق اعتبارات تتعلق بأسس تصميم الفراغ مثل التصميم الصوتي او انعكاسات الاضاءة وغيرها.
- مشاكل تتعلق بطرق التصنيع المثلى من اعطاء البيانات الدقيقة لإنتاج أسقف ذات ابعاد متغيرة بالإضافة الى أفضل انتاجية من حيث الاستغلال الامثل للمواد الخام بالإضافة الى الوصول الى اقصى انتاجية.

ملخص البحث: -

ان البحث عن الافكار و التصاميم الهندسية للأسقف المعلقة المبتكرة و الحديثة خلال السنوات الأخيرة كان موضوعا مثيرا للاهتمام في العمارة المعاصرة، كما ان القرن الواحد و العشرون جلب حقبة جديدة من التصميمات المعمارية بسبب تطور البرمجيات جنبا إلى جنب مع تطور اساليب و طرق تصنيع المواد المعمارية، و هذا التطور التقني جعل تعاون المهندس المعماري مع الكمبيوتر اكثر فائدة، من حيث البحث في الشكل المناسب لتصميمات معينة، الامر الذي ادى الى ظهور إجراء التصميم المعماري بشكل شبه آلية، الاهم من ذلك امكانية تنفيذ و تصنيع مواد الاسقف المعلقة التي نتجت عن هذا التطور.

يتكون البحث من خمسة فصول تناولت الموضوعات المتعلقة بالتصميم الرقمي وأثره على تصميم وتنفيذ الاسقف المعلقة،

ففي الفصل الأول تم تناول تاريخ وأساليب التصميم والتصنيع الرقمي من حيث النشاءة وأساليب التصميم والتصنيع الرقمي وعرض الفصل الثاني الاسقف المعلقة من حيث المميزات، الأنواع وطرق التصنيع بالإضافة الى الخصائص الفنية للأسقف المعلقة وعرض الفصل الثالث أنواع الاسقف الرقمية واختلافها عن الاسقف المديولية ثم عرض أحد المشاريع التي استخدم فيها التصميم والتصنيع الرقمي، اما الفصل الرابع جاء بالإجابة على تساؤل البحث لمعرفة المعوقات التي تحد من انتشار التصميم الرقمي للأسقف المعلقة، ثم الفصل الأخير الذي جاء بالنتائج والتوصيات.

مشكلة البحث:

- ما أثأر التصميم الرقمي على تصميم وتنفيذ الاسقف المعلقة؟ و ما هي معوقات انتشاره ؟

عدم انتشار استخدام التصميم الرقمي في التصميم الداخلي (Interior Design) بشكل عام وتصميم الاسقف المعلقة على وجه الخصوص بالرغم من ان اجهزة الحاسوب تدخلت في عمليات التصميم الرقمي من ستينات القرن الماضي الا ان هنالك ميل للتصميم بالطرق التقليدية على الرغم من كل الحلول التصميمية والبيئية المبتكرة التي يمكن ان يقدما التصميم الرقمي باستخدام اجهزة الحاسوب، وهذا قد نتج عن عدة عوامل قد تكون تقنية او تعليمية او تتعلق بطرق التصنيع والتنفيذ.

تساؤلات البحث: -

- ما هي الحلول التي يمكن ان يقدمها التصميم الرقمي في تصميم و صناعة الاسقف المعلقة؟
- ما هي العوامل التي تجعل التصميم الرقمي بالرغم من أهميته لا يحقق الانتشار المطلوب بين المصممين؟

اهداف البحث: -

ان الهدف الرئيسي للبحث هو معرفة إثر تطور التصميم الرقمي على تصميم وتنفيذ الاسقف المعلقة وعدم انتشاره والذي يمكن تحقيقه من خلال التالي:

- تحديد مفهوم التصميم الرقمي، محدداته، مميزاته وعيوبه.
- تحديد طرق تصنيع الاسقف المعلقة.
- تقيم الخصائص الفنية للأسقف المعلقة بشكل عام ومدى تحقيقها في الاسقف البارامترية.
- تحديد اوجه الاختلاف بين الاسقف المعلقة التقليدية والاسقف البارامترية.
- دراسة أحد المشاريع القائمة للتوصل لأساليب تطبيق تقنيات التصميم الرقمي.
- الوصول الى العوامل التي ادت الى تأخر انتشار استخدام التصميم الرقمي بالرغم من كفاءة الحلول التي يقدمها.

منهجية البحث: -

استخدام المنهج الاستقرائي حيث يتم جمع معلومات عن التصميم والتصنيع الرقمي وعلاقته بتصميم وتنفيذ الاسقف المعلقة، بالإضافة الى اسلوب التحليل الوصفي حيث يتم عمل دراسة مسحية تتناول فحص شامل ودقيق لاحد المشاريع التي استخدمت التصميم الرقمي في تصميم وتنفيذ الاسقف المعلقة للتوصل للنتائج المطلوبة وصولا الى معوقات انتشاره و التوصيات الواجبة لزيادة استخدامه.

Abstract

The technological dimension plays an important role in defining the nature of architecture. The comparison between architecture in its different ages and the architecture of the twentieth century (in particular) reveals to us the great difference in the development in design and constructing the buildings

This thesis addressed the topic in five axes, the beginning of the digital design and manufacturing as the first axis and has been discussed the creation and development of digital design, its techniques (procedural, parametrical, and the algorithm) and digital manufacturing technologies.

The second axis addressed the ceiling systems through the benefits, types, manufacturing processes, and performances.

The third axis handled the parametric ceiling systems, through display the types, and compression with the modular ceilings and present one project showing parametric ceiling system.

The fourth axis Impediments to the spread of digital design of suspended ceilings, and the last axis is the research summary, conclusions and recommendations

١- الفصل الاول - التصميم والتصنيع الرقمي: -

سيتم تناول تاريخ واساليب التصميم والتصنيع الرقمي من خلال الاتي:

ا- نبذة عن نشاءة وتطور التصميم الرقمي.

ب- اساليب التصميم الرقمي (الاجرائية، الحدودية، والخوارزمية).

ج- تقنيات التصنيع الرقمي (طرق الاضافة مثل الطباعة ثلاثية الابعاد، طرق الطرح مثل القطع بالليزر وماكينات سي ان سي، طرق التجميع للوصول الى المنتج النهائي).

١-١- مقدمة الفصل الاول:

فالثورة الرقمية التي يمر بها العالم اليوم ساهمت بشكل فاعل في دمج وربط العلاقة بين صناعة البناء والتصميم المعماري، وذلك من خلال برامج الكمبيوتر المتآلفة فيما بينها ومناطق صناعة البناء. كذلك مساهمة الرقميات في تشكيل وتصنيع الأشكال الاسقف الرقمية والتي يستحيل تنفيذها باستخدام الطرق التقليدية، أيضاً أصبحت الحاجة ملحة لتطوير وتحديث برامج التصنيع بما يتوافق مع التطور لمثيلاتها في مجالات التصميم المعماري. (محمد ٢٠٠٧). وبشكل خاص في تصميم وتصنيع الاسقف المعلقة

١-٢- تاريخ ونشأة العمارة الرقمية :Digital Architecture

و على مدار العقود الماضية ادى التعقيد المتزايد للمباني الى ايجاد استراتيجيات هامة في تحديد الشكل المباني غير المنتظمة، و تطورت هذه الاستراتيجيات من النماذج الواقعية القائمة على متغير واحد (الجاذبية) الى النماذج الواقعية القائمة على عدة متغيرات مثل الشكل الهندسي geometry ، القوى الديناميكية مثل الرياح ، والعوامل البيئية و الاجتماعية. (Tedeschi 2014)

١-٢-١-المراحل الاساسية في تطور نظم التصميم والرسم بمساعدة الكمبيوتر:

- **فترة الستينات:** ظهر الجيل الاول من اجيال نظم التصميم بمساعدة الحاسب ألالي " Computer Aided Design (CAD)، ولم يتم التوسع في استخدامه نتيجة التكلفة الباهظة واحتياجه بيئات تشغيل خاصة. (عرابى ٢٠١٠)
- **فترة السبعينات:** ظهر الجيل الثاني من انظمة التصميم بمساعدة الحاسب الالي واصبحت عنصرا هاما في المكاتب الهندسية نتيجة انخفاض التكلفة. (عرابى ٢٠١٠)
- **فترة اوائل الثمانينات:** ظهرت تكنولوجيا الجيل الثالث والتي تميزت بصغر الحجم وبدأ استخدامها كنشاط في خدمة بعض المدارس المعمارية، ثم ظهر الحاسب الشخصي Personal Computer PC والذي انتشر استخدامه بواسطة المكاتب الهندسية والافراد والمؤسسات، وتقسم هذه الفترة الى قسمين. (عرابى ٢٠١٠)
- **فترة النصف الاول من الثمانينات:** ظهرت انظمة التصميم بواسطة الحاسب الالي، حيث بدا استخدام الحاسب الالي ينتشر بصورة اوسع، ثم تم اصدار برامج مبسطة من قبل الشركات المنتجة والتي يتم التدريب عليها بسهولة على نطاق المدارس المعمارية والمكاتب الهندسية، ومن الاثار السلبية لهذا الجيل، تكوين فكرة سطحية بسيطة في فكر العديد من المعماريين تجاه استخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسب الالي واعتبروها انها مجرد معالجات للرسومات (برامج لإدخال وتعديل وانتاج الرسومات فقط). (عرابى ٢٠١٠)

- **فترة النصف الثاني من الثمانينات:** ظهر الجيل الجديد وكان ذلك بسبب التوسع في استخدام اجهزة الحاسب الشخصية فحدث توحيد وتجميع التكنولوجيا الحديثة في مجال الالكترونيات مع الخبرات والمفاهيم السابقة لإنتاج نوعيات جديدة من الاجهزة تؤدي اعقد العمليات ببساطة وسرعة فائقة، فبدا التوسع في انتاج البرمجيات والتطبيقات المساعدة السهلة التي مكنت المعماريين الاستعانة بها في عملية التصميم المعماري. (عرابى ٢٠١٠)
- **فترة التسعينات:** حدثت تطورات هائلة في استخدام الحاسب الالي في العملية التصميمية عن طريق تقنية اللغات المستعملة، والتي جعلت الحاسب الالي يظهر بصورة مختلفة، كما ساعد ظهور الانترنت في ربط اجهزة الحاسب الالي ببعضها ببعض عن طريق الخطوط التلفونية، والتي ساعدت مستخدميها في جميع نواحي العالم من تبادل الخبرات والمعلومات. (عرابى ٢٠١٠)
- **الفترة الحالية (ثورة المعلومات):** ظهور البرمجيات الذكية التي يمكن ان تساعد في انشاء بيئات التصميم نفسها والتي تأخذ بعين الاعتبار العوامل الفيزيائية والميكانيكية في العملية التصميمة والتي تساعد في تقديم المقترحات والحلول للمشاكل التي تواجه التصميم، بالإضافة الى سرعة الانترنت الفائقة التي ساعدت على مشاركة فريق التصميم في الاماكن المختلفة في العمل على التصميم نفسه بالإضافة الى متابعة سير عملية تنفيذ البناء ومطابقته بالتصميم الاصلي والوصول الى حلول المشاكل المتوقعة في التنفيذ.

١-٣- اثر تكنولوجيا التصميم الرقمي على التصميم الحديث:

ان التأثير الكبير لهذه التكنولوجيا كان على عملية التصميم نفسها، يستخدم معظم المعماريين هذه الأيام البرامج لتطوير الأفكار وليس فقط رسمها أو التعبير عنها، يمكن لهذه البرامج أن تقوم بالتنسيق بين عدة معطيات وأنواع مختلفة من المعلومات التي يتم تزويد البرنامج بها لتكون أشكالا انسيابية ومتناسقة دون تحديد وظيفة معينة لها، هذا جعل من الممكن خلق أشكال عضوية وديناميكية بطريقة منظمة ومحكمة مما ساعد في نقل هذه الأفكار من خيال المصمم إلى حيز الواقع، ويتم توليد هذه الأشكال من معلومات حول البيئة أو مصدر آخر لعوامل ممكن أن تؤثر على التصميم من خلال تحويلها إلى معادلات أو رسومات بيانية ومن ثم تطبيقها على التصميم لتغير في شكله .وكل هذا أدى إلى ولادة أنماط جديدة من المعمار لم تكن موجودة من قبل مثلBlob Folding, Deconstruction, Parametric, Digital . (محجوب ٢٠١٢)

١-٤- مقارنة بين التصميم بالطريقة التقليدية والطريقة الرقمي:

لا يستطيع الكمبيوتر رؤية الاشياء بمعاني مختلفة مثلما يستطيع العقل البشرى، وتفيد تلك المقدرة الانسان على فهم معاني مختلفة للأشياء واستخلاص نتائج غير متوقعة، للغموض دور هام في التصميم لأنه يساعد على التخيل والابداع و يشجع على تعبيرات و استجابات ذات ابعاد مختلفة، ولكن الغموض يختفى عندما نبدأ التصميم بمساعدة الكمبيوتر حتى في الاشكال الاساسية عندما يتم التصميم بالخطوط فقط و السبب هو طبيعة رسومات الكمبيوتر المبنية على النظام. (محجوب ٢٠١٢)

من وجهة نظر الكمبيوتر لا يوجد غموض في الاشكال، كل خط في الرسم له وصف مكون من احداثيات يستطيع عن طريقها الكمبيوتر تركيب الاشكال بلمسة واحدة. (محجوب ٢٠١٢)

١-٤-١ مقارنة شاملة بين التصميم المعمارى بالطريقة التقليدية وبمساعدة الكمبيوتر (التصميم الرقمى)

المحددات	الطريقة التقليدية	بمساعدة الكمبيوتر
الحدود التصميم	لا حدود للعقل البشري	حسب البرامج م مهارات الذي يعمل
الفهم	الإحساس البشري	الكمبيوتر لا يفهم بل يترجم المعطيات Junk in & Junk out
مستويات التعبير عن التصميم	مقيد بمستويات التعبير المتدرجة و المتزايدة في الدقة مع تطور التصميم	غير مقيد بمستويات تعبير في المراحل المختلفة من التصميم
طرق التعبير عن التصميم	الرسومات التقليدية و المجسمات	طرق متعددة تعتمد على الامكانات
اتخاذ القرارات التصميمية	قرارات محددة في رسومات محددة	قرارات مستمرة في أي وقت
القواعد المتبعة	قواعد ممارسة المهنة و الرسم	قواعد الكمبيوتر
المشاكل التصميمية	حل المشاكل التصميمية بالطرق التقليدية	استغلال امكانات الكمبيوتر في حل المشاكل التصميمية
العملية التصميمية	التوجه من اعلى الى اسفل تبدأ بالعموميات و تنتهي بالتفاصيل	ليس لها توجه يمكن ان تبدأ من اسفل الى اعلى او من اعلى الى اسفل
المعلومات الاساسية	يتم اعداد النظم و التفاصيل و حساب الكميات بالطريقة التقليدية	النظم و التفاصيل و الكميات متاحة بطريقة الكترونية دائمة التحديث
التحليلات البيئية و الانشائية	بطيئة و غير دقيقة	سريعة و دقيقة
عمل المرادفات	بطيئة	سريعة
تقييم المرادفات	اسلوب شخصي	اسلوب علمي
الوقت	احتياج لوقت اقل في البداية و وقت اكثر مع تطور العمل	احتياج متساوي للوقت في بداية و نهاية العمل
المقياس	يعتمد على مقياس الرسم	لا يعتمد على مقياس الرسم
التجهيزات	الاقلام والاوراق ومساطر الرسم والطابعات الخ	الكمبيوتر والبرامج والطابعات وسعة خلايا المعلومات الخ

جدول ١: مقارنة بين التصميم المعماري بالطريقة التقليدية و بمساعدة الكمبيوتر (التصميم الرقمي)

١-٥- اساليب التصميم الرقمي (الاجرائية، الحدودية، والخوارزمية).

الطريقة التقليدية التي يقوم المعماريون باستخدامها لتطوير و وصف تصميماتهم خلال ال 400 سنة الماضية كانت الرسومات الخطية، حيث يبدأ التصميم عادة بفكرة ابتدائية يتم رسمها على شفافات ثم يتم تعديلها و تطويرها عدة مرات عن طريق الكروكيات، و احيانا لا توصل هذه الطريقة الى أي نتيجة مرضية فيتم استبعاد الفكرة و sketch بطريقة الرسم الحر تظهر بوضوح من خلال computationsالعودة الى المراحل الاولى من التصميم مرة اخرى او يتم اقتراح فكرة جديدة و هكذا، و يمكن اعتبار هذه الطريقة على انها عملية حسابات الطريقة التي يستخدمها المصممون في شف المعالم الاساسية للأفكار من خلال الورق الشفاف التي يظنون انها ينبغي الا تتغير اثناء تطوير الافكار ثم اعادة رسم تلك الاجزاء التي يظنون انها يجب ان تتغير و خاصة في مراحل التصميم الاولى . (محسن ٢٠١٣)

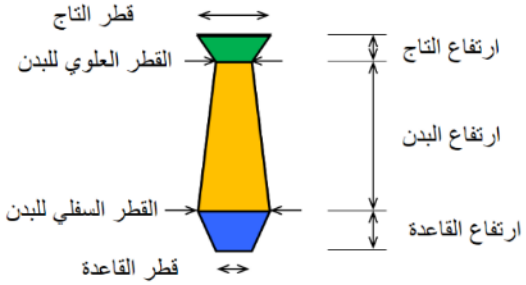
١-٥-١-التصميم الاجرائى Procedural design :

هو استخدم قائمة من التعليمات لإخبار الكمبيوتر ما يجب القيام به خطوة بخطوة، يعتمد هذا النوع من التصميم على الاجراءات ويستخدم الكمبيوتر كاده رسم يوفر نفس الادوات التي تستخدم في الرسم اليدوي، يقوم المصمم في هذا النوع من التصميم برسم الخطوط والاشكال والمجسمات مع اتاحة العديد من الخدمات والادوات التي تسهل وتسرع من عملية اظهار التصميم وعمل اللوحات التنفيذية. يوفر هذا النوع من التصميم العديد من الادوات التي تسرع عملية الرسم المعماري والتي وقت كم هائل من وقت عملية الرسم حيث يتوفر وحدت أدوات القص واللصق، التكبير والتصغير، المسح والتراجع ومقاييس الرسم المختلفة.

٢-٥-١-التصميم الحدودى (البارامترى) Parametric design:

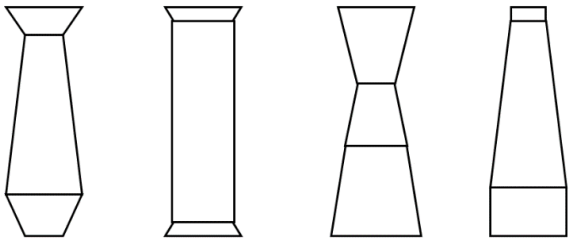
ان كلمة بارامتري مشتقة من الكلمة بارامتر parameter و التي تعني (الحدود، او العوامل المتغيرة في التجربة) و هي من اصل يوناني يرجع لكلمة para و التي تعني الفرعي او الفقرة او الجزء الاجرائي كما هو الحال في القياس و في الرياضيات تعرف الحدود على انها كمية ثابتة في المعادلة و لكنها متغيرة باختلاف المعادلات. (Hudson، ٢٠١٠)

يتيح التصميم المعياري(البارامتري) للمصمم تعريف العلاقات بين مجموعات من العناصر، فالمبدأ الأساسي هنا هو (الربط والعلاقة)، فبدلاً من تفاعل المصمم مباشرة مع عناصر التصميم الفردية (كما في عمليات CAD التقليدية) فإنه يخلق سلسلة من العلاقات التي تقوم من خلالها العناصر بربط وبناء التصميم التي تمكن العناصر من التواصل وتوليد التصميم نتيجة المحددات المؤثرة فيه، اذ يستطيع المصمم في أي وقت من تغيير القيم أو المعادلات التي تشكل العلاقات بين العناصر وستدرج آثار هذه التغييرات عبر النظام بأكمله (الخفاجي ٢٠١٦)



ولتبسيط فكرة التصميم البارامتري نوضح المثال التالي الخاص برسم و تصميم احد الاعمدة، حيث ان العامود في التصميم المعماري يتكون من القاعدة و البدن و التاج و لكل جزء من هذه الاجزاء له ارتفاع و نصف قطر عند البداية و نصف قطر عند النهاية و باعتبار ان ارتفاع العامود الكلي (من الارض الى السقف) ثابت

رسم توضيحي ١: يوضح مكونات العامود و الابعاد السبعة المتغيرة



من المثال السابق نلاحظ ان ارتفاع القاعدة + ارتفاع البدن + ارتفاع التاج = ارتفاع العامود وهو ناتج ثابت حيث ان المسافة من الارض للسقف ثابتة، عليه نجد ان العامود يحتوي على سبع متغيرات لعامود واحد، يمكن التحكم بها لتغير شكل تصميم العامود، حيث بوضع قيم رقمية متنوعة لهذه المتغيرات سنحصل على اشكال اعمدة مختلفة، وتغير هذه القيم الرقمية (**parameters**) سينتج عنه اشكال لا نهائية لتصميم العامود. (Fitzgerald 2016)

رسم توضيحي ٢: يوضح بعض الاشكال التي يمكن الحصول عليها.

١-٢-٥-١- مميزات التصميم البارامتري

- أظهر مفهوم البارامتري وجود حلول مرنة للمشاكل التصميمية داخل الفراغات بأي تصميم وفي مختلف البيئات.
- مرونة استحداث كتل واشكال باستخدام وحدات بسيطة.
- اعطاء ايحاء بالحركة والاتساع للمكان نتيجة التكرار والامتداد.
- يتميز التصميم بالمرونة والانسيابية وتحقيق القيم الجمالية.
- سهولة التنفيذ والتصنيع نظرا لاستخدام الوحدات التكرارية Proto type
- امكانية إضافة البعد الرابع (الحركة) من خلال التحكم في التكوين.
- يمكن على المدى البعيد من خلال انتشار البرامج واستخدام المفهوم بنطاق واسع أن تنخفض تكلفة التصميم والانتاج.
- امكانية التطور والتغيير لمطابقة المعايير بشكل مستمر.
- امكانية اجراء تعديل على جزء من التصميم ومن ثم تطبيقه بشكل تلقائي على بقية التصميم.
- امكانية استخدام التصميم البارامتري كنوع من التكسية للمناطق القديمة والمتضررة دون أعادة تشطيبيها من جديد بالإضافة الى اعطائها قيم وظيفية ولونية جديدة
- توافق التصميم البارامتري مع مبدأ الاستخدام من خلال مبدأ التدوير واعادة الاستخدام. (سويدان ٢٠١٦)

٢-٢-٥-١- سلبيات التصميم البارامتري:

- يحتاج الي مهارة عالية في استخدام البرامج المخصصة.
- لا يصلح لجميع الاغراض الوظيفية فاستخدام التصميم البارامتري يوحي بالحركة والنشاط في المكان وما قد لا يتناسب مع بعض الفراغات كفراغات النوم والاستشفاء حيث أنه قد لا يحقق الراحة والهدوء البصري إذا استخدم بشكل مبالغ فيه.
- يحتاج إلى تكلفة عالية في التنفيذ نظرا لاستحداثه واستخدامه تقنية القطع الآلي واستخدام خامات كثيرة.
- بعض الغير متخصصين ينظرون إليه بنظرة تكرارية مملة.
- عدم إقبال الكثير من المصممين بصورة كبيرة لضرورة التدريب و التعليم لبرامج جديدة.
- ضرورة وجود عمالة ماهرة مدربة لتجميع الوحدات بشكل متقن وسرعة في الأداء.
- لا يتوافق مع الطرز والموروثات القديمة والشعبية.
- الاعتماد على البرامج التصميمية وحدها يفقد المصمم القدرة الابتكارية اليدوية (سويدان ٢٠١٦)

٣-٥-١-التصميم الخوارزمي algorithm design:

يستخدم كوسيلة لتوليد وتطوير الأفكار التصميمية والتي تتطلب تحول في الطريقة التي تستخدم بها الحواسيب، فبدلاً من النظر الى الحاسوب كمجرد أدوات متقدمة تتيح إنتاج أشكال معقدة وتصورات ذات جودة عالية،

يتم التعامل مع عملياته الداخلية من خلال البرمجة، حيث يتم استكشاف العمليات غير المحددة، والغامضة والتي غالبا ما تكون غير محددة بسبب طبيعته الاستكشافية والتي تعتمد على القدرات التصنيعية للماكينة فهي تستخدم كلغة للبرمجة أو كخوارزميات حسابية لتمكين المصمم من الوصول المباشر للقدرة الحسابية للحاسوب. (الخفاجي ٢٠١٦) ، أهمية استخدام الخوارزميات في توليد وإنتاج أشكال هجينة غير متوقعة بدلاً من تصميمها، واستكشاف فضاءات جديدة مدهشة من قبل المصممين اعتماداً على المحاكاة بالحاسوب بوضع نموذج لبيئة رقمية افتراضية، واعتماد الشفرة الجينية الرقمية الافتراضية للأشكال المعمارية الرقمية خلال التصميم المساعد بالحاسوب بتعديل النماذج المخزونة مسبقاً والتلاعب بها لتوليد الأشكال الجديدة. (م. يعقوب ٢٠١٠)

١-٣-٥-١- التصميم الخوارزمي:

كما يمكن تعريفه بانه إجراء يستخدم لأداء مهمة معينة - من خلال قائمة محدودة من التعليمات الأساسية ومحددة جيدا. تتبع الخوارزميات القدرة البشرية على تقسيم المشكلة إلى مجموعة من الخطوات البسيطة التي يمكن حسابها بسهولة، وعلى الرغم من ارتباطها القوي بالكمبيوتر. (Tedeschi 2014)

١-٦- تقنيات التصنيع الرقمي:

تصف تقنيات التصنيع الرقمي مجموعة متنوعة من التقنيات التي يمكن من خلالها دمج البيانات الرقمية المولدة اثناء عملية التصميم مع عملية التصنيع لتعزيز الفهم للمصمم قبل التنفيذ ولتوفير عمليات مثيرة ومبتكرة يمكن للمصممين من خلالها ان يحسنوا تصاميمهم المصنعة، ويمكن ان يتضمن تقنيات التصنيع التي تعمل من العامل الرقمي الي العالم المادي. (الخفاجي ٢٠١٦)

١-٦-١-مفهوم التصنيع الرقمي :

وسيلة للتصنيع تستخدم فيها البيانات الرقمية المندرجة تحت مظلة التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب كونه يعتمد على أدوات آلية متنوعة يحركها الحاسوب لقطع وتركيب الأجزاء لتكوين (الكل)، والتي يتم فيها تغيير شكل أو حالة المادة الاصلية لإنتاج جزء مادي جديد من النموذج رقمي مولد بالحاسوب. (الخفاجي ٢٠١٦)

١-١-٦-١- التحكم الرقمىCNC :

هو مصطلح مستخدم لعمليّة الاستفادة من معلومات الكمبيوتر مخزّنة في الملفّات الإلكترونيّة (نماذج ثلاثيّة الأبعاد عادة) وعمل نموذج ثلاثي الابعاد باستعمال الماكينة الخاصة، تترجم هذه الماكينات الدقيقة معلومات الكمبيوتر و في الحقيقة تبنى نموذج الذي يمكن ان ينجز ببضع عمليات مختلفة.

وبجانب هذا التكنيك ظهراسلوب اخر يعتمد على توصيل الحاسب مباشرة بماكينة القطع او الحفر او الثني حيث تستقبل منه البيانات الرقمية مباشرة من خلال رسومات الكاد CAD فتقوم بالتشكيل المباشرة لقطعة ربما تكون من البلاستك او الحديد او الخشب الخ. (ا. مصطفى ٢٠١٣) ،

٢-١-٦-١- التحكم الرقمي (NC) والتحكم الرقمي بالحاسوب (CNC):

- إن مفهوم التحكم الرقمي بدأ في الأربعينيات من القرن العشرين كاستجابة للحاجة في تقنيات التصنيع المتقدمة لتشغيل مقاطع الطائرات المعقدة كما أشرنا سابقا، تقنية التحكم الرقمي ببساطة هي تطبيق الطرق الرقمية للتحكم في المكائن، برمجة التحكم الرقمي لا تقوم بتصنيع الأجزاء، ولكن تتحكم بالماكينة كيف و متى وإلى أين تتحرك لتصنع الأجزاء.

برمجة التحكم الرقمي هي نشاط عقلي وفيزيائي فعلي يتم بالمشاركة ما بين تصميم وتوثيق البرنامج الذي سيستخدم لتصنيع الجزء، التصنيع اليدوي غالباً ما تعرف ببرمجة الأجزاء يدوياً (Manual Part Programming) بسبب أنها تنجز بدون الحاسوب، بينما برمجة التحكم الرقمي التي يتم إنجازها باستخدام الحاسوب تسمى في بعض الأحيان برمجة الأجزاء بالحاسوب (CAPP Computer-Aided Part Programming) أو التصنيع بالحاسوب (computer aided manufacturing).

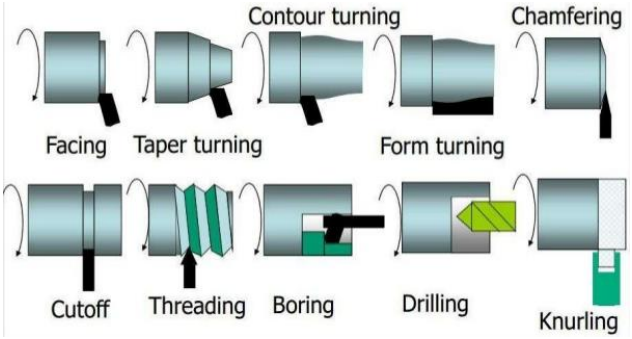
المكونات الأساسية لنظام التحكم الرقمي:

يتألف نظام التحكم الرقمي من المكونات الأساسية الثلاثة التالية:

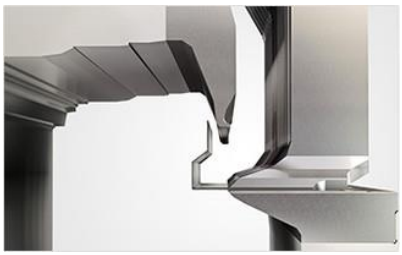
- البرنامج الذي يتضمن مجموعة التعليمات والتوجيهات التي تحدد حركة أدوات القطع.
- وحدة السيطرة (وتسمى أحياناً وحدة تحكم الماكينة Machine Control Unit).
- الماكينة أو أي عملية يراد التحكم بها. (الفلاحي ٢٠١٤)

٣-١-٦-١- أنواع أجهزة التحكم الرقمي:

١-٣-١-٦-١ - ماكينات إزالة المعادن:



رسم توضيحي ٣ : العمليات التي يمن ان توفرها المخارط



٢-٣-١-٦-١ - ماكينات ثني وتقطيع المعادن The metal removal industry :

وهي أكثر الماكينات استخداما في تصنيع الاسقف المعدنية المعلقة (الباحث)، ان عمليات التصنيع التي تتم عادة على الشرائح المعدنية، فالشرائح الرقيقة المصنوعة من ألواح الصلب توضع في أماكن مخصصة ويتم تقطيعها وتشكيلها حتى تصل إلى شكل النهائي. (أ. مصطفى ٢٠٠٦)

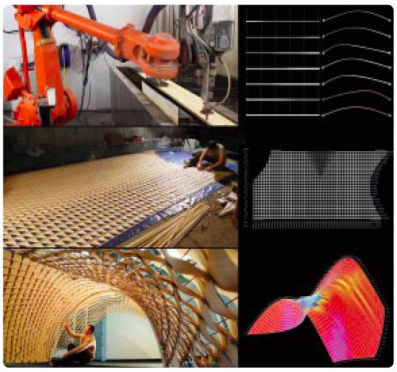
صورة ١: توضح احد عمليات الثني من شركة سلفانيني ماكينة CNC (المصدر موقع شركة سلفانيني).

٣-٣-١-٦-١ - القطع بالتفريغ الكهربائي The electrical discharge machining EDM:

وهي عملية إزالة المعدن باستخدام الشرر الكهربي التي تحرق المعدن تماما، وحدات التحكم الرقمي CNC لل - EDM لها شكلان رأسي وسلكي يتطلب استخدام أقطاب كما يحتاج إلى أحواض بلاستيكية EDM ، السلكي يستخدم لعمل فتحات وخروم في ألواح الصلب EDM إحدى أهم التطبيقات التي تحتاج إلى التحكم الرقمي. (أ. مصطفى ٢٠٠٦)

٤-٣-١-٦-١ - ماكينات الصناعات الخشبية.

استخدمت وحدات ال تحكم الرقمي CNC في صناعات المعادن يستفاد منها ايضا في الأعمال الخشبية فتخريم الثقوب وتشكيل أسطح الألواح هي من العمليات التي شاع استخدام التحكم الرقمي CNC فيها. (أ. مصطفى ٢٠٠٦)



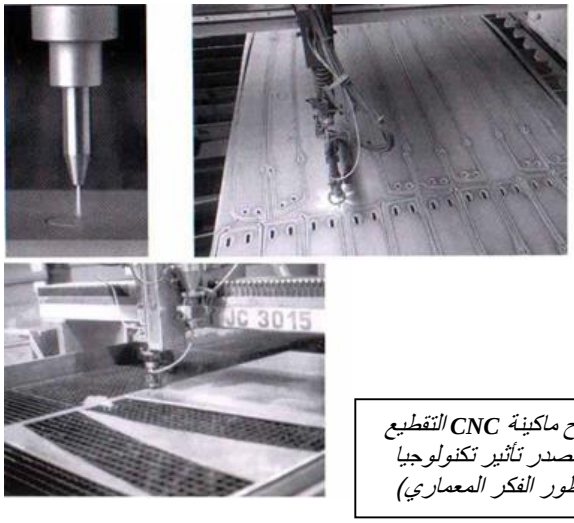
صورة ٢ : ماكينة التحكم الرقمي للأعمال الخشبية و احد الاعمال التي يمكن ان تقوم بها

٥-٣-١-٦-١ - تقنية التصنيع القطعي cutting:

تعد هذه الطريقة من اكثر الطرق أهمية حيث تستخدم في تطبيقات تكوين الغلاف الخارجي و الاسقف المعلقة و هي الاكثر سهولة وتطبيقا في التصنيع الرقمي ويشار اليها احيانا باسم (التصنيع ثنائي الابعاد) وهي تستخدم عمليتين للقطع؛ اما ميكانيكية تتمثل في مكائن CNC ثنائية الابعاد ومكائن المياه النفاثة أو إلكترونية مثل قوس البلازما وشعاع الليزر، وتتطلب اثنين من محاور الحركة لسطح المواد بالنسبة الي راس القطع ويتم تنفيذها اما بطريقة راس قطع متحرك او تحرك المنصة التي توضع عليها المواد أو مزيج من الاثنين معا. (الخفاجي ٢٠١٦)

صورة ٣: تنفيذ لمشروع كجزء من استوديو الأداء في كلية الدراسات في جامعة هارفارد للتصميم في عام ٢٠٠٩ ***(PRENTICE, ADS 2015)***

٦-٣-١-٦-١- تقنية التصنيع الطرحى subtraction:



صورة ٤:يوضح ماكينة CNC التقطيع بواسطة الماء (المصدر تأثير تكنولوجيا المعلومات علي تطور الفكر المعماري)

وغالبا ما تم تطوير بيئات التصميم الرقمي مثل أنظمة كاد لمحاكاة عمليات التصنيع الرقمي، جزء كبير من عمليات التصنيع تتم من خلال عمليات الطرح هو مطروح حيث يتم تشكيل المنتج المطلوب عن طريق طرح (طحن، قطع) المواد من قاعدة (المادة الاساسية)، وكثيرا ما تم تطوير برمجيات كاد / كام مع الأخذ في الاعتبار هذه العملية الطرحية ليحاكي بيئة التصميم الرقمي، عمليات كاد نموذجية لعمليات الطرح تشمل الضغط الهيدروليكي، الشطب، مزج، والقصف. كل هذه العمليات تطرح المواد من حجم المادة الخام من النموذج المطلوب. (Kestelier 2009)

يعتمد التصنيع بطريقة الطرح على إزالة حجم معين من المواد الصلبة، وذلك باستخدام عمليات تصنيع (متعددة المحاور) مختزلة بطريقة كهربائية وكيميائية وميكانيكية،

٦-٣-١-٦-١- تقنية التصنيع بالإضافة Addition:

تعمل هذه الفئة من التصنيع الرقمي في تناقض مع التقنيات المذكورة اعلاه عن طريق بناء المواد بشكل طبقات بدلا من ازالتها بشكل تدريجي وينتج الجسم المادي من خلال عملية تراكمية للطبقات تنتج بواسطة طابعات ثلاثية الابعاد أو مكائن تشكيلية، ولكن بسبب الحجم المحدود للأجسام التي يمكن انتاجها والمعدات المكلفة واوقات الانتاج الطويلة، فان تطبيقات عمليات التصنيع بالإضافة محدودة نوعا ما في انتاج الاسقف المعلقة.

٦-٣-١-٦-١- تقنية التصنيع التكويني formation:

تستخدم في عمليات التكوين قوي خارجية لإعادة تشكيل او تشويه المواد الي الشكل المطلوب بدلا من ازاله الأجزاء، ان بناء المواد وعادة ما تستخدم الحرارة أو البخار في تكوينها، ويمكن تقسيمها الي ثلاث عمليات ؛ تتضمن الاولي عمليات (تغيير الطور) Change Process -phase والذي يمكن ان يكون محوريا او مقيدا بالسطح (مثل صب مادة تم تحويلها الي الحالة السائلة تم تصلبها في شكل معين)،اما الثانية فتشمل عمليات (اللي والتدوير) Twisting And Rotation والتي تعمل علي اجراء تغييرات في بنية العديد من المواد لخلق تشوهات مطلوبة فيها ،واخيرا عمليات (الربط والتصلب) Linking And Sclerosis وتتمثل بتجميع الاجزاء الى قطعة واحدة لتحقيق الشكل او البنية المطلوبة. (الخفاجي ٢٠١٦)

٩-٣-١-٦-١- تقنية التجميع التصنيعي Assembling Fabrication وتشتمل علي:

بعد أن تحدثنا عن طرق تصنيع أجزاء ومواد البناء المختلفة بأكثر من طريقة تصنيع رقمية، تأتى مرحلة تجميع هذه العناصر في الموقع لكي تعطى التكوين النهائي للسقف، وهي المرحلة النهائية في تنفيذ السقف. ففي مرحلة التجميع تستخدم التكنولوجيا الرقمية في هذه المرحلة بكاملها دون تدخل أي من الطرق التقليدية (مثـــل القياس بواسطـــة شريط الأبعاد، أو استخدام المهـــارات الحرفية واليدوية)، فالعملية التي تتم كلها تعتمد على النموذج الرقمي الثلاثي الأبعاد، وعلى مرحلة تكويد وتشفير العناصر والأجزاء التي تم تصنيعها، بحيث يتم وضعها في أماكنها باستخدام التكويد والشفرة وبدقة عالية جداً حيث أنه لا يسمح بالخطأ، فكل قطعة أو عنصر من عناصر الغلاف أو الإنشاء المحدد مسبقاً يحدد مكانه على الغلاف بواسطة رقم مكوّد بحيث يكون لكل قطعة رقم لا يتكرر، وليكن مثلاً: (R W M 0125) فيكون رمز (R) يقصد به ماكينة التقطيع المستخدمة والرمز (W) يقصد به أن هذه القطعة توضع كبلاطة سقف معلق والرمز (M) يقصد به أن مادة الشريحة من الميتال (Metal) ويكون المقصود من الرقم (5210) بأنه رقم الشريحة والذي يحدد خصائصها الشكلية. (أحمد ٢٠١١)

صورة ٥: صورة لمطعم جورجيس بمركز بومبيدو – باريس – فرنسا (المصدر:2010 (www.floornatural.com/

٢-٦-١-استراتيجيات انتاج التصنيع الرقمي:

بعد مناقشة مجموعة ادوات التصميم الرقمية وتقنيات التصنيع المتوافقة معها، تقدم هذه الفقرة الاستراتيجيات التي يمكن من خلالها توليد ودمج افكار التصميم مع تقنيات التصنيع المتكامل لأقصي حد في العمارة مع وصف مزاياها المختلفة علي النتاج، جنبا الي جنب مع الاثار والقيود المفروضة علي وسائل تحقيقها ويمكن تصنيف هذه الاستراتيجيات الي:

١-٢-٦-١- استراتيجية الاجتزاء sectioning:

تمثل استراتيجية تقسيم المكونات حسب الشكل الهندسي للسطح او تجزئته الي مقاطع تتبع خطوط الاشكال الهندسية والتي يتم تزويديها بالمادة او القشرة، وكما موضح بالشكل وعادة ما توفر اوامر برمجيات النمذجة الرقمية مقاطع فورية من خلال الشكل ثلاثي الابعاد، وباستخدام سلسله من هذه المقاطع في موازاه ذلك سيصبح من الواضح على الفور كيف يمكن تحويله الي هيكل وسطح مادي، ومع انها تقنية جديدة نسبيا في ربط التصنيع الرقمي مع العمارة، الا انها تعكس تقليدا اقدم بكثير في بناء السفن والطائرات. (الخفاجي ٢٠١٦)

٢-٢-٦-١- استراتيجية التثليث (القرمدة) Tiling:

يتمثل اعتماد التليث والذي يعرف ايضا ب(القرمدة) الاستراتيجية التي يتم من خلالها وضع العناصر دون اي ثغرات او تدخل فيما بينها لتشكيل قشرة سطحية او نظام هيكلي مرتب (الخفاجي ٢٠١٦)،حيث يمكن بناء سطح منحني بسهولة من الأوجه المثلث (Gane 2004) حيث يمكن لهذا السطح ان يكون اي شكل هندسي شريطة ان تتوافق بعضها مع البعض وكما موضح في الشكل ومن المزايا العديدة لهذه الاستراتيجية الرقمية عن باقي الاستراتيجيات الانتاج الأخرى هي القدرة على التغلب بشكل فعال على المشاكل المتعلقة بالوقت والقليل من النفايات. (الخفاجي ٢٠١٦)

صورة ٦: مظلة المتحف البريطاني ، تصميم نورمان فوستر (Gane 2004)

٣-٢-٦-١- استراتيجية الطي folding:

تعد هذه الاستراتيجية الاكثر انتشارا لتطوير السطوح ثنائية الابعاد في الاسقف المعلقة الي اشكال ثلاثية الابعاد قشرية بالإضافة الي تحويل المواد البسيطة المسطحة الي تكوينات شكلية معقدة التي لا تنتج حجما مكانيا وحسب، ولكنها تعطي خصائص هيكلية وصلابة من خلال الطي. اما برامج التصميم الرقمي فهي تمكن من حساب وتحديد انماط الطيات المعقدة وتتيح للمعماري مجموعة أكبر من خيارات التصميم كونه يمثل عملية لتحويل السطح ثنائي الابعاد الي اشكال ثلاثية الابعاد. (الخفاجي ٢٠١٦)

٤-٢-٦-١- استراتيجية التشكيل Forming:

يمثل استراتيجية تشكيل المكونات البنائية ذات الحجم الكامل والزخارف الفريدة غير المتكررة من خلال قالب او شكل معين بواسطة تقنيات مثل مكائن الطرح والاضافة. وعادة ما يتم تقييد شكل كل جزء بحدود القالب او الشكل الذي يمكن انتاجه، اذ تنتج قوالب ايجابية وسلبية يشار اليها ايضا ب (ذكر) و(انثي). (الخفاجي ٢٠١٦)

٣-٦-١ تأثير التصنيع الرقمي في النتاج المعماري:

يؤثر التصنيع الرقمي على النتاج المعماري المتحقق ضمن مستويات متعددة تتمثل في:

- *تحسين سطوح المباني (علاقة الشكل بالهيكل):*

يعمل التصنيع الرقمي علي انتاج اغلفة المباني التي لا تؤثر فقط في الصفات التعبيرية والجمالية الجديدة ولكن ايضا في التعقيدات التكونية. (الخفاجي ٢٠١٦)

- *تفرد النتاج* ***Production Uniqueness:***

قبل ظهور التكنولوجيا الرقمية ولا سيما انظمة CAM/CAD، كانت عمليات البناء والتجميع المستخدمة في العمارة نتيجة مباشرة للصناعة التحويلية ومنطق الانتاج الكمي والتوحيد القياسي .Mass Production (الخفاجي ٢٠١٦)

- *استخدام برمجيات الحاسب الآلي في تكوين الأسطح:*

ننتقل العمليات السابقة في هذه النقطة إلى مرحلة متقدمة من تطور عمليات الإنتاج والتصنيع والتنفيذ الرقمي على مستوي تكوينات الأسطح. وهي مرحلة كانت نتيجة للحاجة إلى تطوير طريقة واضحة وسهلة للتعامل مع تنفيذ الأسطح، وبخاصة الأسطح المعقدة والغير منتظمة وذلك على صعيد عمليات التصميم والتنفيذ أيضاً. (أحمد ٢٠١١)

٢- الفصل الثاني - الاسقف المعلقة وخصائصها: -

التعرف على طرق تصميم وتصنيع الاسقف المديولية والخصائص العامة لها عن طريق النقاط التالية:

ا- العناصر الرئيسية المكونة لأي سقف معلق.

ب- انواع الاسقف المعلقة ومكوناتها.

ج- طرق تصنيع الاسقف المديولية (ذات مقاسات محددة يمكن انتاجاها بكميات كبيرة mass production).

د- الخصائص الفنية للأسقف المعلقة Technical performance .

١-٢- المقدمة

تعتبر الاسقف من أكثر عناصر الفراغ المعماري أهمية بالرغم من كونها بعيدة الملمس و لا تستعمل بنفس الأسلوب الذي تستعمل فيه الارضيات و الجدران، فالسقف يلعب دورا بصريا هاما في تكوين الفراغ الداخلي و تحديد البعد الراسي لهذا الفراغ، كما انه يوفر الحماية الجسدية و النفسية لما يقع تحت مظلته. **(Mahmoud, 2017)**

تتكون الاسقف من الطبقة التحتية للأسطح وارضيات الطوابق، و تثبت مكوناتها اما مباشرة بالهيكل الانشائي او تعلق منه، و في بعض الحالات يترك الغطاء الانشائي العلوي ظاهرا ليكون بحد ذاته سقفا للفراغ، ويوثر ارتفاع السقف تأثيرا جذريا على مقياس الفراغ ومن المفروض ان يتناسب هذا الارتفاع مع القياسات الأخرى للغرفة مع وظيفتها وطبيعة استعمالها. (معروف، ١٩٩٤)

١-١-٢-بين السقف الانشائي والسقف المعلق:

هو الجزء المغلق بين هيكل المبنى والسقف المعلق ولهذا الفراغ أهمية كبيرة تتمثل في تجميع الاعمال الميكانيكية مثل السباكة واعمال الحريق والكهربائية مثل الإضاءة والتمديدات الكهربائية وغيرها من الأنظمة، بالإضافة الى انها جزء من إعادة تدوير الهواء في المبنى (Air ruturn system) حيث يتم وضح مضخات شفط الهواء الخاصة بنظام التكيف داخل هذا الفراغ وتركيب النواشر (Diffusers) في السقف المعلق دون وصلات مباشرة بينهم. (BINGGELI, 2003)

صورة ٧: توضح اعمال التكيف اعلى السقف المعلق، تصوير الباحث.

٢-١-٢-فوائد الاسقف المعلقة:

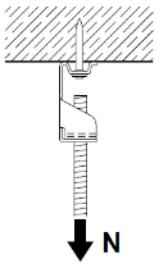
- تحسين خصائص الفراغ المعماري (مقاومة الرطوبة، قابلية التنظيف، الخ)
- تقليل حجم الفراغ، والذي بدوره يقلل من استخدام أجهزة التكيف.
- عمل الاسقف المعلقة المديولية يساعد في سهولة الصيانة، حيث سهولة إزالة البلاطات وعمل الصيانة واعادتها مرة أخرى. (Blogger, 2017)
- إخفاء اعمال التمديدات الميكانيكية والكهربائية. (Blogger, 2017)
- زيادة جمال الفراغ الداخلي، بإضفاء تصميمات مختلفة للأسقف.
- توزيع أجهزة الصوت والإضاءة والتدفئة وموانع الحريق.
- تلعب الاسقف المعلقة دورا أساسيا في منع وامتصاص الصوت، حيث تساعد على تقليل الضوضاء وتوفير الهدوء في الفراغ. (Blogger، ٢٠١٧)
- المساهمة في انتشار وتصميم الإضاءة حيث يمكن توفير اضاءات مخفية او غير مباشرة. (Verma، ٢٠١٢)

٢-١-٣-مكونات الاسقف المعلقة (Suspended Ceilings) :

وتسمى ايضا الاسقف الساقطة او الاسقف ثانوية هو نوع من انوع التشطيبات الداخلية ذو هيكل خفيف يوضع تحت السقف الأساسي وتتفاوت ارتفاع المسافة بينه وبين السقف الاساسي بتفاوت كمية الخدمات الميكانيكية والكهربائية اعلاه والمتطلبات التصميمية للفراغ أسفل هذا السقف وتتكون من خمسة أجزاء أساسية وهي كما يلي:

٢-١-٣-١- قطع التثبيت بالسقف الأساسي للمبنى Attachment Devices:

وهو الجزء الذي يتم تثبيته سواء بالبلاطة الخرسانية او الهيكل المعدني للمبنى نفسها ويثبت بها اسلاك التعليق، وتختلف أنواعها واشكالها وفقا للأحمال المطلوب تثبيتها فيها. (Technical manual on metal ceiling، ٢٠٠٣)



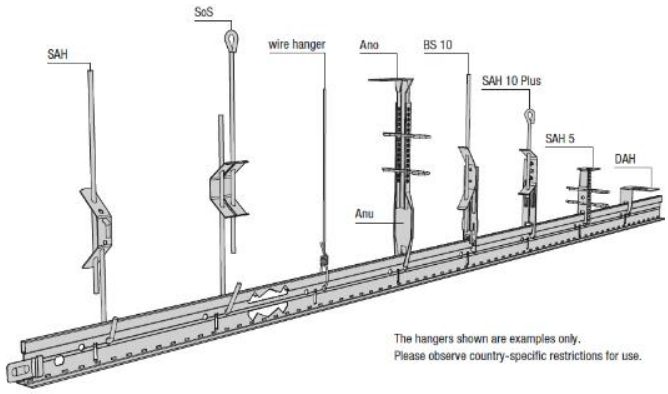
Fastener designation	N_{rec} [kN]	V_{rec} [kN]	h_{ET} [mm]
X-HS_U32	0.4	0.4	27
X-HS_U27	0.3	0.3	22
X-HS_U22	0.2	0.2	18
X-CC_U27	0.2*	0.3	22
X-CC_U22	0.15*	0.2	18
X-CC CS27	0.2	0.3	22
X-CC CS22	0.15	0.2	18

*) eccentric loading considered

شكل ١: يوضح الاتصال مع الخرسانة و الاحمال لكل موديل، المصدركتالوج شركة

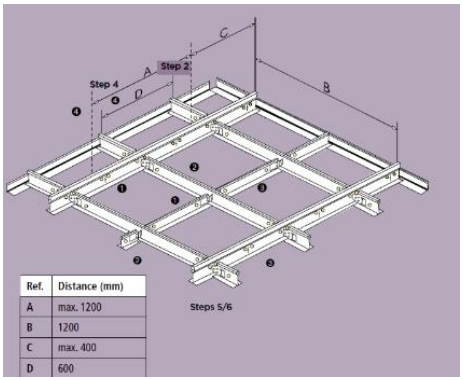
٢-١-٣-٢- اسلاك التعليق Wire Hangers:

وهي عبارة عن السلك الذي يحمل نظام التعليق للسقف المعلق ويختلف نوعه وسمكه حسب الحمل المراد رفعه، ويعتمد ارتفاعه على المسافة المطلوب تركها للأعمال الميكانيكية والكهربائية وغيرها من الخدمات اعلى السقف المعلق وكذلك صافي الارتفاع المطلوب للفراغ المعماري، وسنعرض منها الأكثر استخداما.



*شكل ٢ : يوضح أنواع اسلاك التعليق ، المصدر كتالوج شركة اي ام اف **VENTATEC** صفحة ١١*

٣-٣-١-٢- نظام التعليق Suspension system:



ويختلف هذا النظام باختلاف نوع السقف المعلق، وغالبا ما يتم تثبيته بشكل مديولي لأغلب أنواع الاسقف المعلقة مثل الجبسية وبلاطات الالياف المعدنية والبلاطات المعدنية، اما بما يخص الاسقف غير المديولية فيتم تثبيته حسب شكل وحدات السقف المعلق.

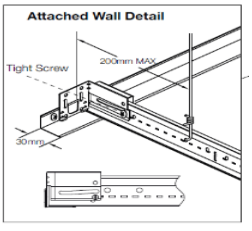
شكل ٣ : نظام التعليق للأسقف المديولية مثل الالياف المعدنية او الجبسية او الخشبية ، الخ .. المصدر كتالوج شركة يو اس جي صفحة ٤٩

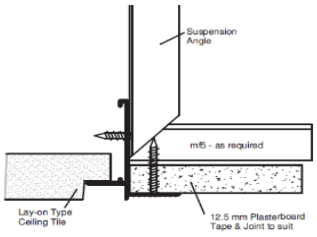
٤-٣-١-٢- السقف المعلق False ceiling:

يتنوع باختلاف المواد الخام المكونة للسقف حيث يمكن ان يكون من الالياف المعدنية، الصوف الصخري، الصوف الزجاجي، القماش، البلاستك، الخشب، المعادن بكل أنواعها، الخ.

٥-٣-١-٢- الاكسسوارات:

تتنوع اكسسوارات الاسقف باختلاف نوع السقف المعلق، يمكن تقسم الاكسسوارات الى اكسسوارات ذات وظائف انشائية او فنية مثل الاكسسوارات الخاصة بنظام الزلازل seismic او اكسسوارات لتسهيل اعمال التركيب لبعض الأماكن التي بحاجة الى معالجات خاصة اكسسوارات لتضيف قيمة جمالية للسقف المعلق ومنها قطاعات الالمنيوم التي تستخدم في اتصال نوعين مختلفين من الاسقف المعلقة الالياف المعدنية و الجبس او عمل السقف المعلق علة عدة مستويات لإضافة قيمة جمالية للسقف.





شكل ٥: يوضح اكسسوارات تثبيت حديد التعليق في حالة الزلازل، المصدر ارمسترونج كالتوج (اكسسوارات الزلازل صفحة ٢)

شكل ٤: اكسسوار من قطاعات الالمنيوم يوضح اتصال الاسقف الجبسية ببلاطات الالياف المعدنية، المصدر كتالوج شركة اسك اس، صفحة٧

٢-٢- أنواع الاسقف المعلقة:

هناك تصنيفات عديدة لأنواع الاسقف المعلقة، حيث يمكن تصنيفها وفقا لمادة التصنيع كخشب او معدن او الياف زجاجية وغيرها، او عن طريق نظام التعليق من كونه ظاهر او مخفي، مثل الالواح الجبسية او البلاطات الألياف المعدنية، او حسب الأداء الذي يقدمه من صوتي او حراري او غيرها.

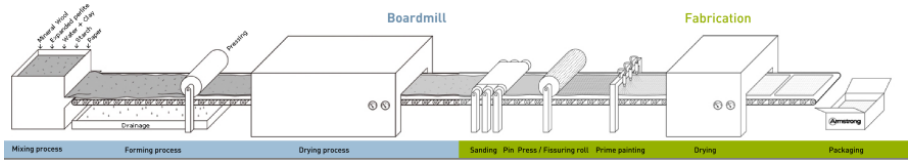
وسيتم تناول أنواع الاسقف المعلقة حسب المادة الخام المكونة للأجزاء الظاهر من السقف سواء كان الواح او بلاطات او شرائح:

٢-٢-١-الالياف المعدنية Mineral Fiber:

تتكون بلاطات الألياف المعدنية من الصوف المعدني، البيرلايت، الطين، ومادة لاصقة لتجميع المكونات مع بعضها البعض.

شكل ٦: العناصر المكونة لبلاطات الالياف المعدنية.(المصدر تدريب فني تم تقديمه في المانيا للباحث)

ويرجع تاريخ بلاطات الالياف المعدنية الى بدايات القرن التاسع عشر، ولكن تطور ومر بمراحل عديدة جددا الى ان وصل الى المنتج النهائي اليوم، وتعتبر الالياف المعدنية من المنتجات التي لابد ان تنتج بكميات كبير جدا (Mass Prduction) حيث ان خط الإنتاج يبلغ طوله أكثر من ٨٠٠ متر ويعمل بشكل الى تماما دون تدخل أي عمالة ما عدا الأشخاص الذين يعملون على البرمجة و متابعة جودة المنتج و خطوط الإنتاج.



وتعتبر بلاطات الالياف المعدنية منتج مديولية لا يمكن تصنيعها بأشكال معقدة الا بكميات كبيرة كما تم الإشارة الى خط الإنتاج والتكلفة الباهظة إعادة ضبط التشغيل، أشهر مقاسات هذه النوع ٦٠٠X٦٠٠ مم و ١٢٠٠X٦٠٠مم،

٢-٢-٢-بلاطات الالياف الحجرية Rock wool:

و تتكون من أحجار البازلت البركانية، الخبث (هي نفايات صهر المعدن الخام)، بالإضافة الى المواد المعاد تدويرها سواء من نفس خط الإنتاج او من صناعات أخرى.

صورة ٨: المكونات الاساسية لبلاطات الصوف الصخري (المصدر تدريب فني للباحث من شركة روكفون -بلجيكا ***Rockfon*** *)*

وينتج هذا النوع من الاسقف كوحدات مديولية تبدأ من ٦٠٠x٦٠٠ مم وصولا الى ١٢٠٠x٢٤٠٠مم وذلك لخفة وزنه، ويمكن تركيبه اما على حديد تعليق ظاهري او يمكن تركيبه مخفي تماما كما هو الحال في الاسقف الجبسية Seamless و يتميز هذا النوع بامتصاص عالي للصوت حيث ان مساماته كبيرة وكثافته قليلة.

٣-٢-٢-الالياف الزجاجية:

صورة ٩: بلاطات الياف زجاجية، المصدر ***http://www.industrialfoams.co.in/rockwool-panel.html***

تشبه الى حد كبير نوع الصوف الصخري من حيث خفة الوزن وقابلية امتصاص الصوت ولكن يختلف في المواد المكونة للبلاطة، حيث انها تتكون من الصوف الزجاجي بدلا من الصوف الصخري.

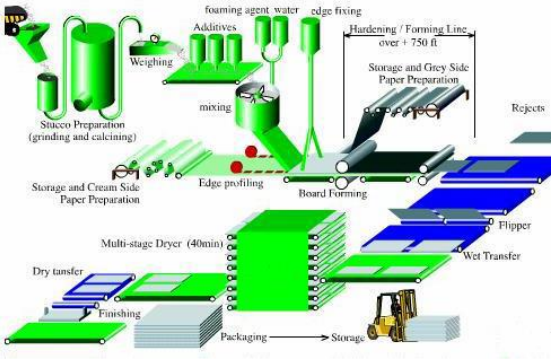
٤-٢-٢-الاسقف الجبسية:

يعتبر الجبس من المواد الخام الأساسية لمعظم منتجات التشطيب الداخلي (حوائط وأسقف)، حيث استخدم الجبس لفترات طويلة في البناء والتصميم الداخلي ويرجى ذلك الى خصائصه الطبيعية المقاومة للحريق. (Mahmoud، ٢٠١٧)

تتكون من مادة الجبس وهي مواد متوفرة بكثرة وكمية كبيرة من الماء لتشكيلة من نوعين أحدهما مديولي (غالبا ٦٠٠*٦٠٠مم) ويكون مغطاة بطبقة من الفينيل فائدتها تعطي شكل ديكوري، والفائدة الأخرى هي ان الجبس في هذا المقاس يكون بحاجة الى سطح يحافظ على قوامه، ويتم تركيب هذه البلاطات على نفس نظام التعليق الخاص ببلاطات الالياف المعدنية (الأنظمة المديولية).

صورة ١٠: توضح شكل احدى البلاطات الجبسية المغطى بطبقة من الفينيل.

اما النوع الاخر من الاسقف الجبسية و هو الالواح و هو الأكثر شيوعا و استخداما لما يمكن ان يحققه من اشكال ديكوريه مختلفة و متنوعة في المقاسات و الارتفاعات يكون مقاس اللوح ١٢٠٠*٢٤٠٠ و يأتي بساماكات تتراوح بين ١٢،٥ مم الى ١٦مم .



رسم توضيحي ٤: خط انتاج الالواح الجبسية (المصدر MAHMOUD 2017)

٥-٢-٢-الاسقف الخشبية:

تعتبر الاسقف الخشبية من الاسقف الديكورية التي تعطي الفراغات الفخامة و الثراء حيث انها مكلفة، تتكون من خشب مضغوط متوسط الكثافة medium density fiberboard او رقائق الخشب المضغوط و الراترنج compressed wood chips and resin مغطى بقشرة من الخشب الطبيعي Natural Veneer حيث لا ينصح باستخدام الواح الخشب الطبيعي لأنها ثقيلة الوزن مما يشكل خطورة كبيرة في حال سقوطها على شاغلين الفراغ.

صورة ١١: توضح شكل الالواح المغطى بقشرة من الخشب الطبيعي و الالواح الصغيرة Grilled ceiling، المصدر http://9wood.com/series/index/1000http://9wood.com/series/index/1000

اشكالها عديدة ومتنوعة، حيث يمكن تصنيعا بأشكال ومقاسات مختلفة ومتعددة وذلك بسبب سهولة التعامل معها وتوافر الأدوات المستخدمة في تصنيع و تقطيعها، و يشار هنا الى انها لا يفضل ان تنتج بمقاسات كبيرة الامر الذي يؤدي الى زيادة الوزن الامر و ينعكس عن ذلك حدوث بعض الانحناءات Sagging و كذلك سهولة الصيانة.

٦-٢-٢-الاسقف البلاستيكية:

هي أحد أنواع الاسقف التي غالبا ما تستخدم لوضع لمسة تصميمة لبعض الفراغات و

صورة ١٢ : توضح سقف من بلاطات البلاستك

٧-٢-٢-الاسقف القماشية:

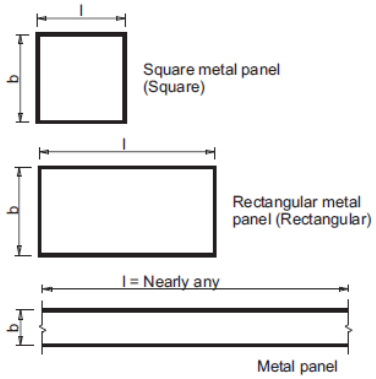
و تسمى أيضا بالأسقف المشدودة حيث تتكون من عنصرين أساسيين، أولهما هو البرواز المعدني المكون من الالمنيوم Extruded Aluminum Profiles ، و العنصر الثاني هو القماش او بلاستيكية PVC بسماكة تبدا من ٠,٢ مم، و يتم شد هذا القماش داخل قطاعات الالمنيوم، و يمكن ان يكون ماص للصوت (ذو تخريم ميكروني) و كذلك يمكن ان يوضع خلفه اضاءة، و يمكن الطباعة عليه. (اسماعيل، ٢٠١١)

صورة ١٣: بعض تصميمات الاسقف القماشية

٨-٢-٢-الاسقف المعدنية:

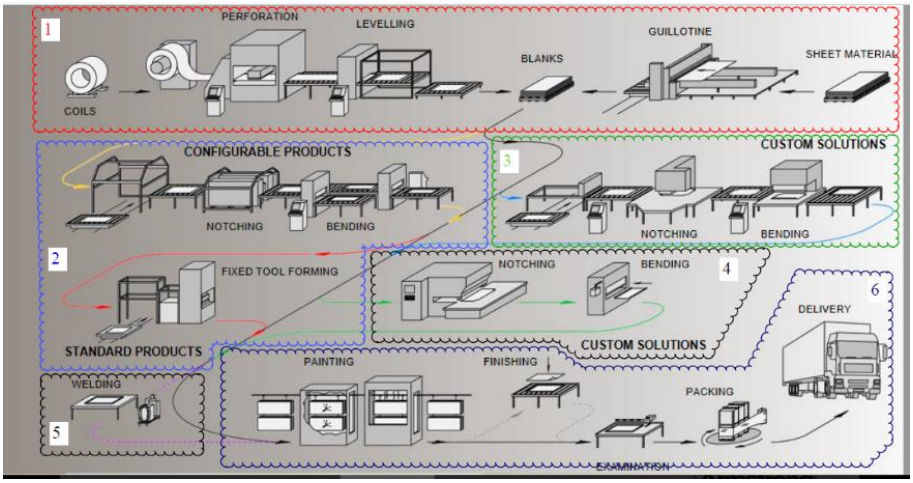
تعتبر الاسقف المعدنية أحد أشهر أنواع الاسقف المعلقة سواء كانت للمباني الجديدة او المباني التي يتم عمل تجديدات لها فان الاسقف المعدنية طويلة العمر وجذابة بصريا و قوتها الميكانيكية و قابلية إعادة التدوير. (Technical manual on metal ceiling، ٢٠٠٣)

ويمكن ان تكون مديولية او مقاسات خاصة مختلفة حيث تبدأ من عرض ٣٠٠ مم والطول يمكن ان يصل الى ٣٦٠٠ مم ام عن تصميم الفواصل والحواف فهي متغيرة بتغير نظام التعليق، كما يصنع منها أسقف بارامترية أيضا كما سيتم الإشارة اليها في الفصل الثالث.



رسم توضيحي ٥: اشكال بلاطات الاسقف المعدنية حسب المقاسات

يمكن انتاج الاسقف المعدنية من الالمنيوم aluminum، الحديد steel او الفولاذ المقاوم للصدأ stainless steel كما انها ننتتج بساماكات مختلفة بدايتا من ٠,٥٠ مم وصولا الى ٢,٠٠مم. مراحل تصنيع الاسقف المعدنية المديولية:



تتشابه مراحل تصنيع الاسقف المعدنية المديولية سواء كانت ذات نظام التعليق المخفي او الظاهر في مراحل التصنيع حيث ان بينها العديد من الخطوات المشتركة فيما بينها كما هو موضح في الشكل المجمع ادناه.

فيما يلي شرح مبسط لمراحل تصنيع البلاطات المعدنية:

شكل ٧: مراحل تصنيع الاسقف المعدنية (المصدر: تدريب الباحث سنة ٢٠١٠ في النمسا)

١ ـ١ ـ٨ـ٢ ـ٢ ـ مرحلة تجهيز المواد الخام:

في حال تصنيع البلاطات المديولية ذات مقاس ٦٠٠*٦٠٠:

يتم إدخالها على خط الإنتاج مبسط ذات ماكينات يتم تعديل خصائصها ومعايرتها يدويا، حيث تقوم الماكنة بعدد من النتوءات والقصات Notchingالمطلوبة في الأطراف ثم عملية ثني الجوانب بواسطة مكبس هيدروليكي كبير ابعاده نفس ابعاد البلاطة المراد تصنيعها (٦٠٠*٦٠٠) وبذلك قد تمت مرحلة تشكيل البلاطة المديولية.

٢ ـ١ ـ٨ـ٢ ـ٢ ـ اما في حالة البلاطات ذات المقاسات المختلفة عن ٦٠٠*٦٠٠:

فانه يتم ثني الأطراف و عمل النتوءات بواسطة ماكينات يتم معايرتها و تعديل خصائصها بواسطة الكمبيوتر (تصنيع رقمي) ، حيث يتم التعامل مع كل جانب من جوانب بلاطة السقف على حدى لضمان الحصول على البلاطات بأشكال و مقاسات مختلفة.

٣ ـ١ ـ٨ـ٢ ـ٢ ـ الاعمال اليدوية:

صورة ١٤: ماكينة لعمل النتوءات بشكل يدوي (المصدر: تدريب الباحث سنة ٢٠١٠ في النمسا)

في نعض حالات تصنيع الاسقف المعلقة قد تحتاج البلاطات الى مزيد من النتوءات او اجراء اعمال الثني على نطاق أوسع، لذلك يتوفر لدى المصانع ماكينات عملاقة لإتمام اعمال الثني و الفتحات يدويا.

٤ ـ١ ـ٨ـ٢ ـ٢ ـ اعمال إضافية:

قد تحتاج بعض البلاطات الى اعمال اللحام او والتنظيف بعد الانتهاء من تشكيل الحواف في حالة و هي مرحلة غير شائعة حتى بالنسبة للاسقف ذات الحلول الخاصة

٥-١-٨-٢-٢- اعمال الدهان في حالة ما لم تكن المواد مسبقة الدهن:

ثم تشترك بعد ذلك كل من السقف المديولية و الاسقف ذات المقاسات الخاصة بالمراحل المتبقية من تصنيع بلاطات الاسقف المعلقة، حث تتم اعمال الدهان في افران الكتروستاتيكية لضمان ان الدهان يغطي كامل الوجه دول اغلاق مسامات التخريم الخاصة بالاداء الصوتي.

٦-١-٨-٢-٢- تثبيت العزل الصوتي:

لتليها بعد ذلك مرحلة تثبيت المادة الماصة للصوت (Acoustical Fleece) واختبارات الجودة للمنتج من حيث دقة المقاس وخلوه من عيوب التصنيع.

٧-١-٨-٢-٢- التعبئة و التغليف:

وأخيرا مرحلة التعبئة والتغليف ثم النقل الى خارج المصنع.

٣-٢- الخصائص الفنية للأسقف المعلقة:

هنا سيتم الحديث عن الخصائص و الفوائد الفنية للأسقف المعلقة (Ceiling Performance)

٢-٣-١- انعكاس الضوء Light Reflectance:

من الأمور المهمة التي يوفرها السقف المعلق هي عكس الإضاءة الساقطة عليه و التي تساعد على توفير الطاقة بالإضافة الى منع الابهار بجانب توفير الإضاءة الطبيعية و يدل الكود العالمية ASTM الى ان اقل نسبة انعكاس هي ٧٥% من الضوء الساقط على سطح بلاطة السقف ، و تتحقق هذه النسبة بسهولة للون الأبيض و تصل الى نسبة ٩٠% ، و تقل هذه النسبة كلما اتجهنا نحو الألوان القاتمة وصولا الى اللون الأسود و الذي يعطي اقل نسب انعكاس.

٢-٣-٢-مقاومة البكتيريا والفطريات Anti Microbial Performance:

عادتا ما يتطلب في المنشات الصحية توافر بيئة صحية خالية من الفطرات والبكتيريا والتي بدورها تعمل على نشر الامراض، فعند الحديث عن العناية المركزة وغرف العمليات وغرف العزل الطبي بالإضافة الى اقسام الحروق وغيرها من الغرف المتخصصة كالمختبرات والمعامل التحاليل، في جميع هذه الفراغات يتطلب معالجة الاسطح لتكون مقاومة لانتشار البكتيريا والفطريات. (Douglas S. Erickson, 2010)

ومعنى الحد من انتشار البكتيريا هو ان السقف يحتوي على دهان عضوي يعمل على جدار الخلية يمنع من انشطارها وتكاثرها وبذلك يتم الحد من انتشار مستعمرات البكتيريا.(Gardiner, 2006)

٢-٣-٣-جودة الهواء Air Quality :

تعبر ذات أهمية كبيرة في نفس الفراغات السابقة وتتحدث الاكواد العالمية عن عدد الجزيئات الموجودة في الجو، هذه الجزيئات تكون بطبيعة الحال بيئة خصبة للبكتيريا والجراثيم، يتم التحكم ببهذه الجزيئات عن طريق التحكم بضغط الغرفة بحيث عند فتح الباب لا يحدث خلخلة في الضغط داخل هذه الغرفة، والسقف في مثل هذه الغرف يجب ان يكون محكم تماما ولا يسمح بحركة بلاطات السقف.(Gardiner, 2006)

وهناك تصنيف عالمي لعدد الجزيئات الموجودة في الهواء في الأماكن الطبية، حيث تتطلب في بعض الأماكن شديدة الخطورة ان يكون عدد الجزئيات يكاد معدوم مثل غرف العمليات.(Gardiner, 2006)

٤-٣-٢-التنظيف Cleanablilty :

يعتبر التنظيف من الأمور التي تدرس باهتمام واسع في قطاع المباني الصحية على وجه الخصوص وباقي المنشآت بشكل عام حيث ترتبط اعمال التنظيف بالشكل الجمالي للسقف بإزالة أي أنواع من العوالق على السقف من اتربة او غبار.

كما ترتبط أعمال تنظيف الاسقف بمقاومة البكتيريا و الفطريات، حيث ان بعض أنواع الاسقف المستخدمة بغرف العمليات و المختبرات الطبية حيث انها قابلة للتنظيف بمعقمات كيميائية لقتل البكتيريا.

وتختلف قابلة التنظيف من منتج الى منتج حسب الشركة المصنعة، حيث تبدأ من التنظيف بقماشة ناشفة مرورا بقماشة مبللة بالماء ثم الماء والصابون وبعدها الغسيل بالفرش والصابون، وهناك بعض أنواع الاسقف قابلة للغسيل بالمياه ذات ضغط مرتفع.

٥-٣-٢- مقاومة الرطوبة Humidity resistance:

ترتبط الرطوبة بمشكلات تقنية توثر على شكل البلاطة وكفاءتها، حيث عدم التصدي للرطوبة في الاسقف المعلقة وخاصة الالياف المعدنية منها يؤدي الى تكوب بيئة خصبة لنمو البكتريا، كما ان زيادة نسبة الرطوبة عن معدلات معينة يؤدي الى تغير لون البلاطة و حدوث بعض التقوسات بيها عند تعرضها للرطوبة لفترات طويلة.

٦-٣-٢- المعالجة الصوتية Acoustical performance:

عند الحديث عن المعالجة الصوتية و هي من اهم خصائص السقف المعلق حتى انه في بعض الاحيان تسمى الاسقف المعلقة بالأسقف الصوتية Acoustical ceiling و تنقسم المعالجات الصوتية في الاسقف المعلقة الى قسمين رئيسيين و هما كالتالي:

- **معالجة الصوت داخل الفراغ.**
- **معالجة الصوت بين الفراغ والفراغات المحيطة.**

١-٦-٣-٢- معالجة الصوت داخل الغرفة:

تحتاج بعض الفراغات مثل المسارح ودور الاوبرا مكاتب المفتوحة معالجة الصوت متخصصة لتحسين جودة الأداء الصوتي للمستمع، وللتعرف على هذه المعالجات لابد من التعرف أولا على ما يحدث عند صدور الصوت من مصدره، عند صدور الصوت من مصدر يصل الى المستمع أولا بصورة مباشرة وثم عن طريق الحوائط والسقف وغيرها من الاسطح الموجودة في الفراغ

المواد تمتص الطاقة الصوتية من ملامسة الصوت للأسطح التي تحتوي على مسامات صغيرة حيث يجري نقل الصوت في المساحات الصغيرة بين الألياف. ويعتمد امتصاص الصوت للمادة على السماكة وكثافته ومسامته ومقاومته لتدفق الهواء. يجب أن تمتد المسمات من جانب من المواد إلى أخرى، بحيث يمر الصوت من خلالها .

المواد التي تحتوي على مسام اقل لا تعمل لامتصاص الصوت، كذلك الدهان الاضافي للبلاطات الماصة للصوت قد يغلق المسمات و يمنع الامتصاص، و يلعب السمك الكبير دور ايجابيا في المعالجة الصوتية. (BINGGELI، ٢٠٠٣)

٢-٦-٣-٢- منع انتقال الصوت بين الفراغات:

تعتبر معالجة انتقال الصوت من فراغ الى اخر من اهم المعالجات التي تحتاجها الفراغات ذات الخصوصية العالية، مثل مراكز اتخاذ القرار او الإدارات العليا، او الفراغات التي تحدث فيها ضوضاء مرتفعة، و للنجاح في هذه المعالجة لابد من استخدام اسقف ذات كثافة عالية تمنع انتقال الصوت من و تقال بوحدة الديسيبل، و درجة نقل الصوت Ceiling attenuation class، و يعرف بانه كمية الصوت مقاس بالديسيبل الذي يمنع انتقاله من فراغ الى فراغ اخر.

٧-٣-٢-معالجة الحريق:

يتم مقاومة الحريق في المباني بطريقتين مختلفتين و هما كالتالي:

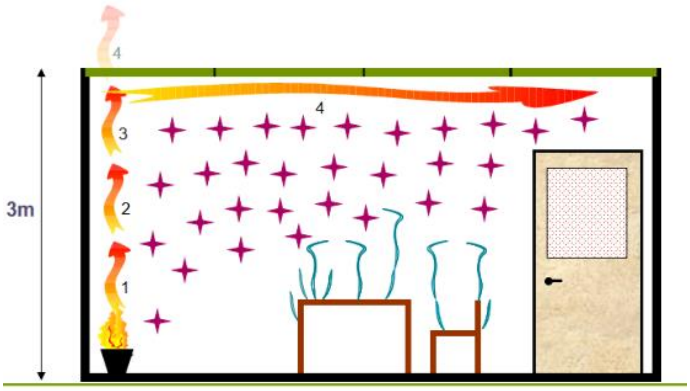
- عن طريق أنظمة و معدات مقاومة الحريق سواء كانت رشاشات المياه، كواشف الدخان، او عن طريق طفايات و خراطيم الحريق و هذا النوع من مقاومة الحريق يعمل بعد انشاء المبنى.
- تساهم الاسقف المستعارة بواسطة خصائص موادها في مقاومة الحريق عن طريق التالي : (Mahmoud، ٢٠١٧)

ا- التقليل من انشار اللهب.

ب- تقليل السمية في أنواع الادخنة الناتجة عن الحريق.

ج- إعطاء مستخدمين المبنى وقت أطول للهروب.

اختيار مواد تقلل من انتشار اللهب و تبعث ادخنة اقل سمية تعتبر من اهم المعالجات التي يجب ان تدرس بشكل دقيق في اختيار مواد البناء لان ٩٠% من نسبة الوافيات تحدث بسبب الدخان و السمية الموجودة في الغازات المنبعثة من المواد عند الحريق، و يحدد كود البناء الأمريكي نسب لكل قطاع من المواد تحت بند ASTM E84.



رسم توضيحي ٦ : سرعة انتشار اللهب و الادخنة و الابخرة الناتجة عن الحريق (المصدر تدريب الباحث في دبي ٢٠١٢)

٣- الفصل الثالث- تصميم الاسقف المعلقة بالطرق الرقمية

ان التصميم الرقمي لا يعني استبدال فعل التصميم البشري باللوغاريتمات، و انما هي البحث النقدي على لغة مشتركة بين التصميم و التنفيذ (Carpo, 2013) ، و ان الاسقف الرقمية هي نتاج استخدام الانسان ما توصلت اليه برامج الرسم و نمذجة الاشكال و الماكينات الخاصة بتشكيل و تقطيع المواد الصناعية المختلفة، لذلك يمكن ان نجد اسقف خشبية ، معدنية، بلاستيكي (اللدائن) كأسقف رقمية او بارامترية ذلك لان هناك الات يمكنها التعامل مع هذه الخامات و انتاج اشكال منها و هو ما يطلق عليه تقارب التمثيل و الإنتاج Convergence of Representation and Production.

صورة ١٥: سقف بارامتري مبنى One Main Office Renovation / dECOi Architects
(المصدر:www.archdaily.com)

سيتم التعرف في هذا الفصل على اساليب تطبيق التصميم والتصنيع الرقمي على الاسقف المعلقة عن طريق التالي:

١- أنواع الاسقف المعلقة البارامترية حسب أنواع التصميم البارامترية:
٢- عرض لبعض المكونات التي قد تختلف عن الاسقف المديولية:
٣- مقارنة بين الاسقف المديولية والاسقف الرقمية.

١-٣- أنواع الاسقف المعلقة البارامترية حسب أنواع التصميم البارامترية:

صورة ١٦: تصميم بواسطة القطع بالليزر لبلاطة معدنية
(المصدر: http://www.hibeamlasercut.in)

ان الاسقف البارامترية او الاسقف الرقمية هي اسقف تصمم تصميما خاصا بناءا على ابعاد فراغ معين و محدد، يختلف عن الاسقف المديولية باختلافات كثيرة أهمها ان مقاسات بلاطات الاسقف ذات ابعاد و اشكال مختلفة، كذلك انها اسقف تتميز انها تعطي إحساس بالحركة.

باستخدام التكنولوجيات الرقمية، أصبح من الممكن الآن إنشاء أشكال معقدة بطرق جديدة، وكذلك بناءها في حدود ميزانيات معقولة، بعبارة أخرى، يمكن انتاج اشكال أكثر تعقيدًا لأن المعلومات يمكن استخراجها وتبادليتها واستخدامها بسهولة وسرعة أكبر؛ باختصار، مع استخدام التقنيات الرقمية، فإن معلومات التصميم هي نفس معلومات الانتاج. هذا التغيير القائم على عمليات الانتاج أكثر أهمية بكثير من التغيير الرسمي، و هو التقارب القائم على التكنولوجيا الرقمية لعمليات التمثيل والإنتاج التي تمثل أهم فرصة للتحول العميق (KOLAREVIC, 2016) لصناعة الاسقف المعلقة، وبالتالي امتداد صناعة البناء بأكملها بمنتجات غاية في الروعة.

لا تعتمد الاسقف الرقمية على الاشكال الهندسية الناتجة عن التكوين الشكلي فقط و انما يضاف اليها أنواع التخريم المختلفة و التي تساعد في انتاج مناظر جمالية يتداخل معها أنواع اضاءة مختلفة تضفي على التصميم بعد اخر من الجمال و الأداء.

أنواع الاسقف الرقمية:

١-١-٣-الاسقف الطبوغرافية (الكنتورية) contouring ceilings:

السطح الكنتوري هو السطح المحيطي يحتوي على منحنيات ومنحدرات عليه، بدلاً من أن يكون مسطحًا.(Sinclair) .

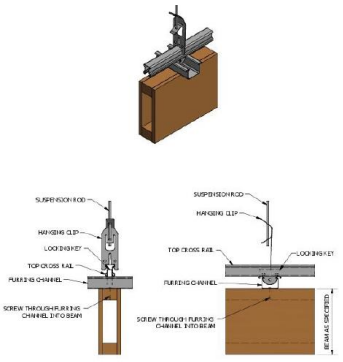
و السطح الطبوغرافي هو عبارة عن سطح يحتوي على مرتفعات و منخفضات يتم تمثيلها عن طريق خطوط تسمى بخطوط المناسيب Contour lines، و هي عبارة عن خطوط وهمية تصل جميع النقاط التي على السطح التي لها نفس الانخفاض او الارتفاع في مستوى معين (الرديسي، ٢٠٠٢)

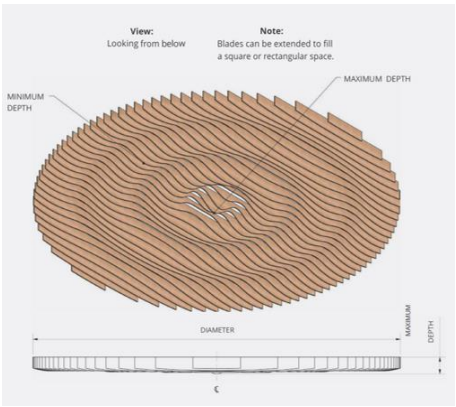
نفس التعريف السابق ينطبق على الاسقف الطبوغرافية او الكنتورية حيث انه يحتوي على ارتفاعات و انخفاضات متعددة و مختلفة تسمح بتكوين الشكل الطبوغرافي، و يمكن تشكله عن طريق اسقف ذات عناصر راسية baffles او عن طريق بلاطات منحنية يتم تجميعها مع بعضها البعض لتكوين عدة مستويات.(Tedeschi, 2014)

صورة ١٧: سقف طوبوغرافي لمشروع مطعم بينك الولايات المتحدة (المصدر: www.archdaily.com)

وهناك أنواع اشكال مختلفة ومتنوعة من الاسقف الطبوغرافية واهم هذه الاشكال هي:

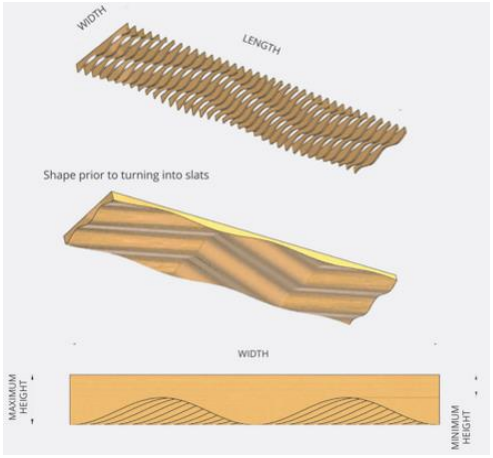
١-١-١-٣- نقطة المطر Rain Drop:





وهو سقف له نقطة مركزية غالبا ما يكون على شـــكل دائرة يحتوي على منطقـة مركزيـة تتغير حركـة خطوط الكنتور باتجاه المحيط.

صورة ١٨: سقف طبوغرافي بشكل نقطة المطر (المصدر supawood.tallyfox.net)

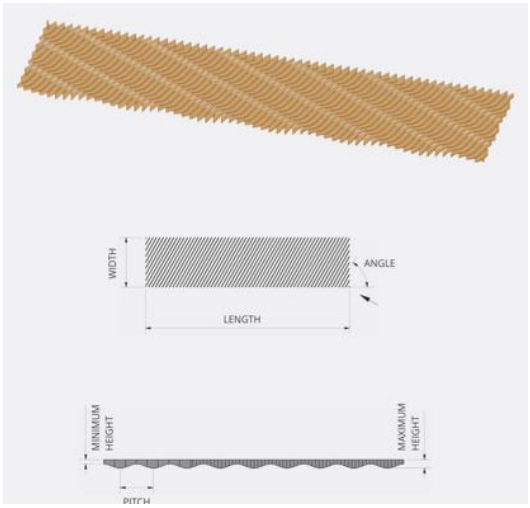


٢-١-١-٣- متعرج Zigzag :

هو عبارة عن تشـكيل متعرج متكرر، تتحرك فيه خطوط الكنتور بشـكل منتظم متعرج، عادا ما يســتخدم مثل هذا النوع في الفراغات الطولية مثل الممرات و مســارات الحركة في الأماكن المفتوحة مثل المكاتب، ينتشــر استخدامه من خامات الخشــب حيث ان الالواح تأتي بمساحات كبيرة ١٢٠٠*٢٤٠٠مم .

صورة ١٩: سقف متعرج بشكل طولي (المصدر (supawood.tallyfox.net

٣-١-١-٣- المموج Wave:



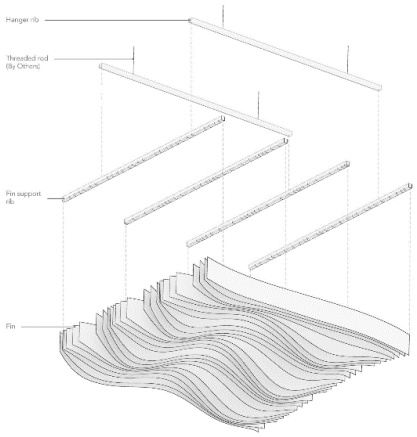
يشبه الى حد كبير السقف المتعرج ولكن تتحرك خطوط الكنتور بشكل موجة منتظمة تكون شكل فني، ويستخدم كذلك في الفراغات الطولية.

صورة ٢٠: سقف مموج بشكل طولي (المصدر (supawood.tallyfox.net

٤-١-١-٣- الغير منتظم Irregular:

يحتاج هذا النوع الى الكثير من الدراسة والتصميم لكل مكونات السقف سواء كانت البلاطات او حتى نظام التعليق، وهو قد ينتج باي شكل كان.

صورة ٢١ : سقف طوبوغرافي غير منتظم لمركز كوتي بروفيشنال للتجميل الولايات المتحدة (المصدر: www.americansalon.com)

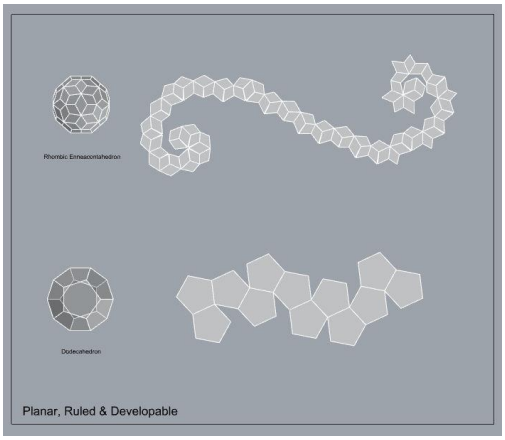


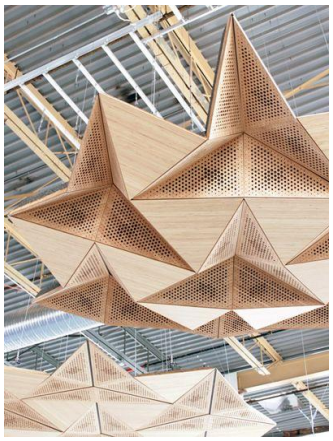
رسم توضيحي ٧: احد طريق تعليق السقف الطبوغرافي (المصدر arktura.com)

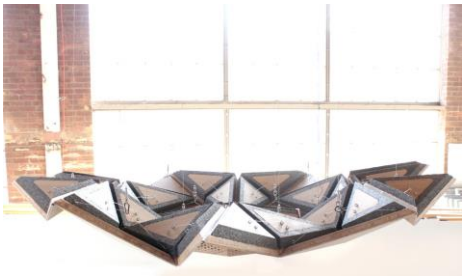
٢-١-٣-الاسقف المنبسطة او الافرادية Unrolled Ceiling:

١-٢-١-٣- تعريف الإفراد:

الافراد الهندسي هو تحويل شكل الجسم ثلاثي الابعاد الى مسطح ثنائي الابعاد بحيث يمكن التعبير عنه بواسطة الرسم (القصاص، ٢٠٠٦) و من هنا نستنتج ان الاسقف المنبسطة او الافرادي هي اسطح لأشكال هندسية او فنية يتم افرادها اما يدويا اذا كان الشكل بسيط او باستخدام البرامج اذا كان الشكل معقد.







شكل ٨: افراد الكرة و الاشكال الهندسية المتكونة منها (المصدر http://mkmra2.blogspot.com)

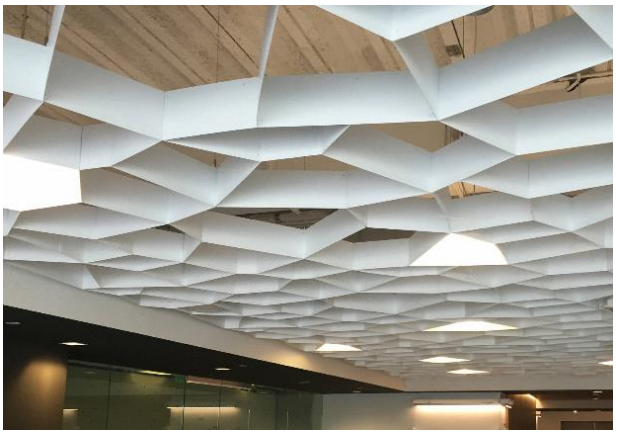
صورة ٢٢ :سقف نتج عن افراد كرة كدراسة لهندسة القباب الصوتية المتغيرة في جامعة متشجن (المصدرwww.rvtr.com)

٣-١-٣-السقف المنفتح Unfolded Ceiling

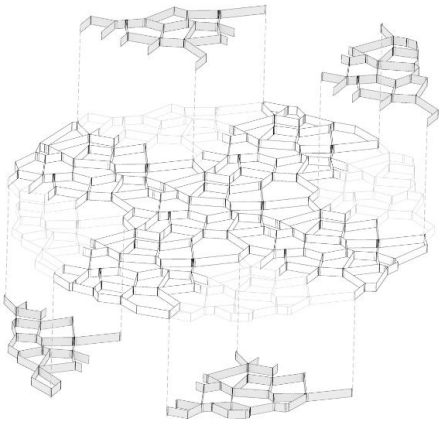
تعني كلمة Unfolded بسط أو نشر (شيئًا مطويا) (المرجع: قاموس المعاني)، ويشبه هذا النوع من الاسقف فن قص الورق origami حيث انه يشبه الى حد كبير تجميع عدد معين من الأوراق ولصقها مع بعضها من الأطراف ثم شدها من النهايات.

الاسطح المنبسطة هي احد أنواع الاسطح القابلة للتطوير لتكون اسطح مستوية دون حدوث تشوه. (Panchuk، ٢٠٠٦)

يتم جميع الواح السقف مع بعضها البعض اما عن طريق مفصلات خاصة إذا كان من البلاستك او الخشب او طريق اللحام إذا ما كانت الالواح من المعدن، ثم تعليقها بواسطة اسلاق تعليق مباشرة بالسقف الانشائي.

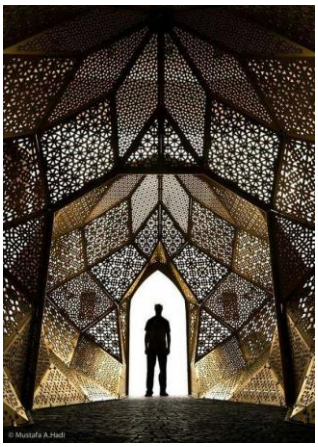


صورة ٢٣: سقف معدني منبسط Unfolded ceiling (المصدر arktura.com)



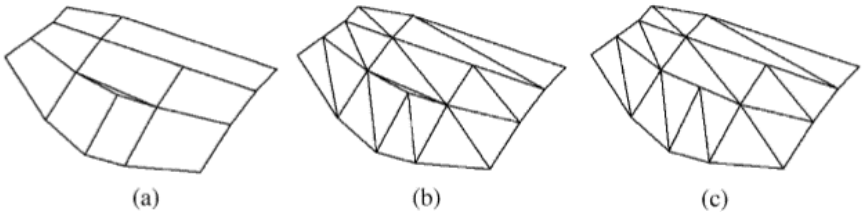
شكل ٩: طريقة تجميع الوحدات المنبسطة مع بعضها

٤-١-٣-السقف الفسيفسائي Tessellated Ceiling:



الاسطح البارامترية الفسيفسائية هي واحدة من اكثر الخوارزميات استخداما في تطبيقات التصميم الهندسي بمساعدة الحاسوب ، و هنالك دراسات عديدة لهذا النوع من الاسطح و التي يمكن تصنيفها تقريبا لقسمين، الأول هو ذات الاشكال الموحدة uniform sampling و الثاني الاشكال القابلة للتكيف adaptive sampling ، يكون في السطح في النطاق الأول مقسم على شبكة بشكل موحد حيث يتم انتاج السطح لأشكال دون زيادات tolerance او أخطاء اما النوع الثاني فقد ينتج عنه بعض الأخطاء التصميمية والتي يمكن معالجتها بإضافة عدد اكبر من الاسطح المثلثية. (Seok-Hyung Bae، ٢٠٠٢)

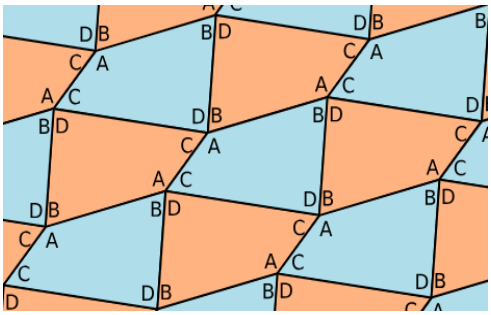
صورة ٢٤: متحف البحرين الوطني (المصدر www.pinterest.com)



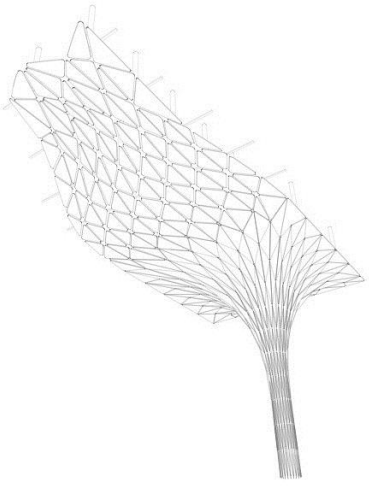
شكل ١٠ :يوضح الشرخ الحاصل في التصميم و الذي احتاج الى اضافة اسطح اكثر(نفس المصدر السابق)

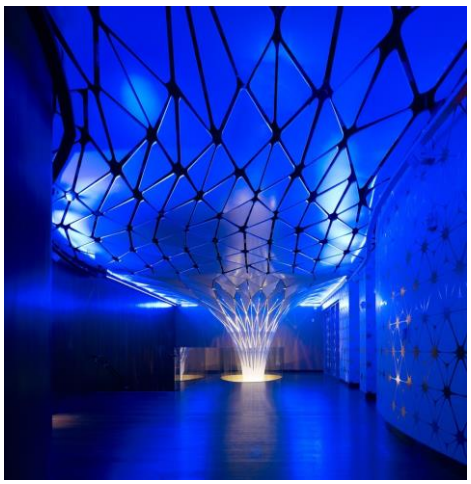
وفي صناعة الاسقف يتم تجميع مجموعة من الالواح او القطع مع بعضها البعض لتكون شكل هندسي موحد يشبه هذا النوع من الاسقف الإسلامية المرصعة بالفسيفساء.

ويمكن تصـــميمه من خلال مقاس واحد للبلاطات مع تغير اتجاها لتكون مع باقي البلاطات اشكال هندسية، او ان يتم تصميمه بعده بلاطات مختلفة الاشكال يمكن تجميعها مع بعضها البعض لتكون الشكل النهائي



شكل ١١: مديول سقف مكون من بلاطة واحد يتغير اتجاها لتكوين السقف (المصدر: http://mathstat.slu.edu)

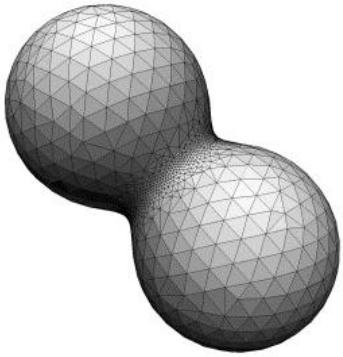




صورة ٢٥ : سقف مكنون من عده انواع من البلاطات بمقاسات مختلفة لتكوين الشكل الفسيفسائي (المصدر مشروع مطعم و بار كانجو في لوس انجلوس www.archdaily.com)

٥-١-٣-الاسقف المثلثية Triangulation:

وهي عبارة عن أسطح ناتجة من تقسيم الأسطح الى مثلثات للوصول الى افراد لأي شكل منحني معقد سواء كان ثنائي او ثلاثي الابعاد (Pfeifer, 2002)



يعتبر هذا النوع من الاسقف من اكثر الأنواع شيوعا أيضا حيث انه يشبه الى حد كبير الاسطح الفسيفسائية و لكن التقسم هنا فقط الى مثلثات دون الاشكال الأخرى ، اغلب برامج التصميم الهندسي بمساعدة الحاسوب تعتمد بشكل رئيسي على هذه التقنية مثل Nurbs لتقسيم الاشكال المنحنية وتحويلها الى اسطح مستوية يمكن انتاجها بسهولة (Tasso Karkanis, 2001)

شكل ١٢: تقسيم الشكل الى مثلثات متساوية الاضلاع قدر الامكان (نفس المصدر السابق)

وقد تختلف مقاسات واشكال المثلثات في الشكل الهندسي حسب طبيعة الشكل وحدة الانحناءات فيه، الامر الذي قد يؤدي في بعض الأحيان في حالة المنحنيات الثلاثية الابعاد الحادة الى تكون مثلثات صغيرة لا يمكن انتاجها، لحد مثل هذه المشاكل قد يلجا مصممين الاسقف الى ترك بعض الفراغات بين Void لتفادي تكون مثلثات غير مرغوب بها.

صورة ٢٦: ترك فرغات بين المثلثات دون معالجة(المصدر (www.mintdesignblog.com

٢-٣- مقارنة بين الاسقف المديولية والاسقف البارامترية

تتعد جوانب المقارنة بين الاسقف المديولية بكافة اشكالها واختلاف طرق تصنيعها عن الاسقف البارامترية، وتعتمد المقارنة على العديد من المحددات التي تتشابك مع بعضها البعض، فعند النظر الى التكلفة نجد ان هذا المحدد يتداخل مع التصميم وتكلفة المعدات المنتجة، من ثم المواد، وصولا الى اعمال التركيب والصيانة والتشغيل.

الرقم	المحددات	الاسقف الرقمية	الاسقف التقليدية
١	**التكلفة**	اعلى في التكاليف، وتختلف من مشروع لأخر.	التكلفة ثابتة و معروفة.
٢	**التصميم**	غالبا ما يكون التصميم معقد.	تصميم بسيط.
٣	**الوقت**	تأخذ وقت اكبر في كل المراحل من التصميم الى التنفيذ.	وقت اقل بسبب تكرارية الاعمال.
٤	**اختبارات الخصائص الفنية للأسقف**	تحتاج الى دراسات تتعلق بالتصميم المنتج.	اختبار واحد يمكن تطبيقه على نفس المنتج.
٥	**التكنولوجيا المستخدمة في التصميم والتصنيع**	معقدة في جميع المراحل.	بسيطة.
٦	**أنواع الآلات والمعدات**	متطورة و حديثة.	تقليدية.
٧	**جودة المركبين**	فرق محترفة بالإضافة الى مهندسين يشرفون على التركيب.	عمالة مهارة.
٨	**نسبة المواد الهالكة في العملية التصنيعية**	كبيرة تصل الى ١٠% .	محدودة جدا.
٩	**التغليف، النقل، المناولة والتخزين**	تحتاج اعمال لوجستية خاصة.	الاعمال اللوجستية الأساسية فقط.
١٠	**اعمال الصيانة والتشغيل**	تحتاج تعامل خاص من قبل الفنين.	تحتاج المعلومات الأساسية لإعادة الفك والتركيب.

جدول ٢: مقارنة بين الاسقف المديولية و الاسقف البارامترية

٣-٣- عرض احد المشاريع والتي ستتناول الغرض من استخدام واختيار التصميم، اساليب التصميم، المواد المستخدمة.

١-٣-٣-مركز زوار جسر الكويت:

١-١-٣-٣- نبذة عن المشروع: مشروع جسر الشيخ جابر الأحمد الصباح يربط مدينة الكويت بتطوير مدينة صبية، عبر خليج الكويت، حيث يوفر مركز الزوار Kuwait Causeway Visitor Center بوابة للسياح ويقع الموقع في منطقة الشويخ الحرة، غرب مدينة الكويت، ويعتبر

رسم توضيحي ٨ : منظور يوضح شكل المشروع (المصدر: http://www.dmppartners.com/works/detail.html?id=142&la(ng=en

مركز الزوار هو بوابة المدينة الجديدة. يجسد البرج الصاعد المرصع بالنجوم اتجاه المستقبل المشرق للكويتيين. (Peter)

٢-١-٣-٣- الفكرة التصميمة للأسقف:

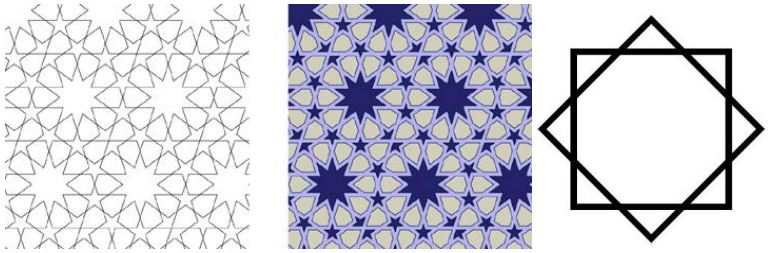
جاءت فكرة تصميم السقف على شكل نجمة ثمانية والتي لها دلالات تاريخية ودينية متعددة. (الباحث)

في التاريخ القديم: أن لهذه النجمة تاريخ أقدم من تاريخ الديانات السماوية كلها، اذ انها تعود للعصر السومري حيث كان أول ظهور لها هناك، كان لدى السومريون إله اسمه "آنو"، هو إله السماء، ويقع ترتيبه من حيث الأهمية في قمة الالهة السومرية الرئيسية وكذلك البابلية وقد نعت بأبي الآلهة وملك الآلهة. وتمثل السماء هذا الإله كما يدل على ذلك اسمه بالسومرية" آن ". (سليم، ١٩٩٢)

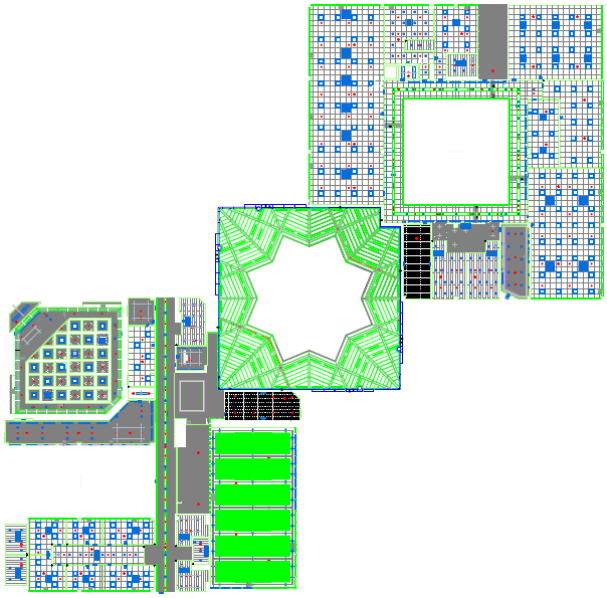
صورة27 : لوحة تمثل الإله شمش أو شماش وهو الاسم الذي كان يطلق على إله الشمس عند البابليين و هو يقدم قرص الشمس. (المصدر: https://mythsandgodsblog.wordpress.com/page/4/)

لقد كتب اسمه بالعلامة المسمارية التي كانت في الأصل صورة تشبه صورة النجمة ذات الثمانية رؤوس وبواسطة هذه العلامة نفسها كتبت كلمة سماء وكلمة إله أيضا، ولذلك استخدمه علامة النجمة ذات الثمانية رؤوس كعلامة دالة تسبق اسماء جميع الآلهة العراقية القديمة. ويرى بعض الباحثين أن سبب كتابة اسم الإله آنو وكلمة إله المطلقة بنجمة ذات ثمانية رؤوس، بأن هذه الرؤوس الثمانية ماهي في حقيقتها إلا مؤشرات إلى جميع جهات الكون الجغرافية. (سليم، ١٩٩٢)

في الديانة الاسلامية: النجمة الثمانية تعبر عن مفهوم الكون وخالق الكون في الفكر الإسلامي، والتي تتألف من مربعين متقابلين بمركز واحد، مربع يمثل الجهات الأربع كما هو مربع الكعبة المشرفة ومربع آخر يمثل عناصر الطبيعة الأربعة – الماء والهواء والنار والتراب، هذه النجمة هي شكل مخطط بناء قبة الصخرة التي كادت أن تصبح قبلة للمسلمين في عهد عبد الملك بن مروان، كما كان الحرم الشريف.)الحنيطي، ٢٠١٥(



صورة ٢٨: بعض تشكيلات النجمة الثمانية، المصدر (https://pngimage.net/islamic-star-pattern-png-3/)

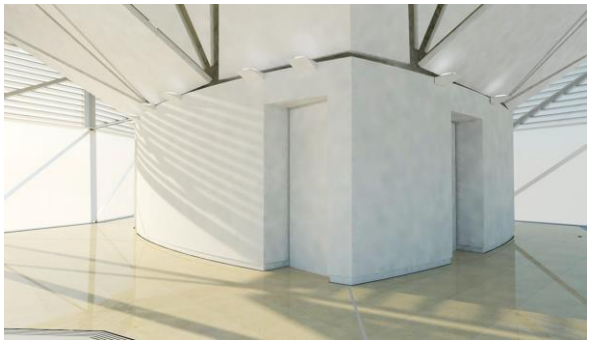


رسم توضيحي ٩: للمسقف الافقي للأسقف

النجمة الثمانية تتكون من تداخل مربعين والمربع يعبر عن الجهات الاصلية ويرمز للثبات والكمال والمثمن انعكاس للعرش الالهي الذي تحمله ثمانية ملائكة، (سيد، ٢٠١١)، "وَيَحْمِلُ عَرْشَ رَبِّكَ فَوْقَهُمْ يَوْمَئِذٍ ثَمَانِيَةٌ" (سورة الحاقة، الآية ١٧).

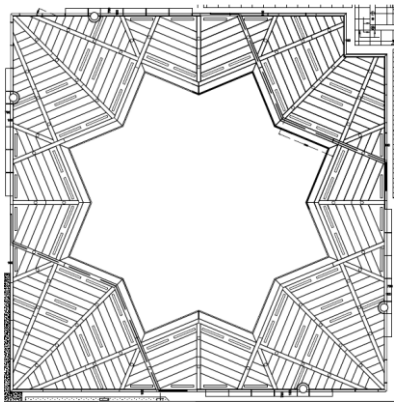
وقد عمد المصمم الى استخدام النجمة الثمانية في بهو المدخل الرئيسي لأهمية الفراغ وعلاقته المباشرة مع اغلب فراغات المركز حيث يربط الكتلتين الرئيسيتين في المركز، وقد أكد على وجودها بالجزء البرجي الذي يحتوي على مركز للمراقبة في أعلاه والذي صمم على شكل نجمة ثمانية ملفوفة بطريقة تضفي المزيد من الجمال على المبنى، وقد تم تصميم السقف المعلق في مركز المراقبة بطريقة أكثر تعقيدا حيث انها احتوت على عدة مستويات لنفس الفراغ الذي شكل تحد إضافي للوصول الى الشكل المطلوب. (الباحث)

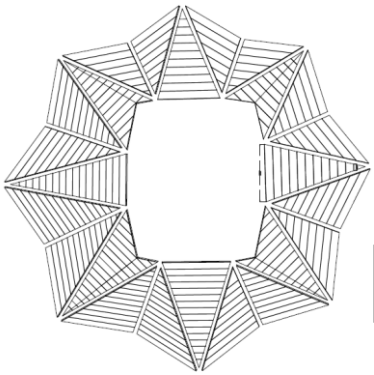
تصنيع والتنفيذ الاسقف المعلقة:



١- التصميم المبدئي: كان التصميم المبدئي للمشروع على ان تكون هذه المثمنات من الاسقف الجبسية، ولكن لضعف امتصاص الصوت للأسقف الجبسية بالإضافة الى صعوبة التنفيذ، قد تم تغير مواد التصنيع الى البلاطات المعدنية.

٢- البلاطات: تم تصنيع السقف من البلاطات المعدنية على أشكال شبه منحرفة والتي شكلت تحدي كبير في العملية التصنيعية حيث ان كل بلاطة تختلف في المقاس والشكل عن البلاطة المجاورة لها، مقاسات متعددة لتكوين كامل السقف، تراوحت مقاسات البلاطات من ٣٠٠مم الى ٣٠٠٠مم وبسماكة ٠,٩مم





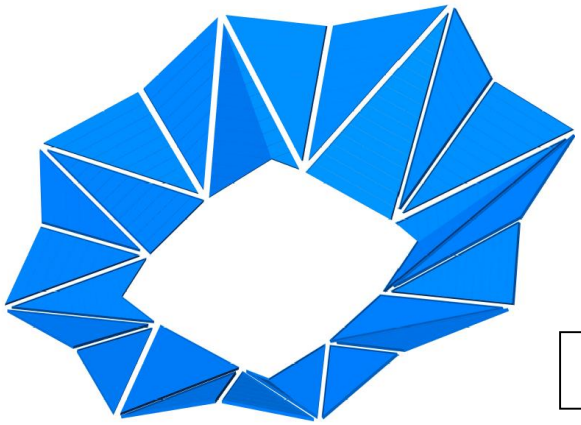
رسم توضيحي ١٠: المساقط الافقي للأسقف في الدور الأرضي و مركز المراقبة

٣- التصـــميم الصـــوتي: قد تم تصـــميم البلاطات على ان تكون مخرمة RD1850 بكامل سطح البلاطة مع إضافة الواح من الصوف الصخري المغطى بطبقة من القصدير لزيادة امتصاص الصوت.

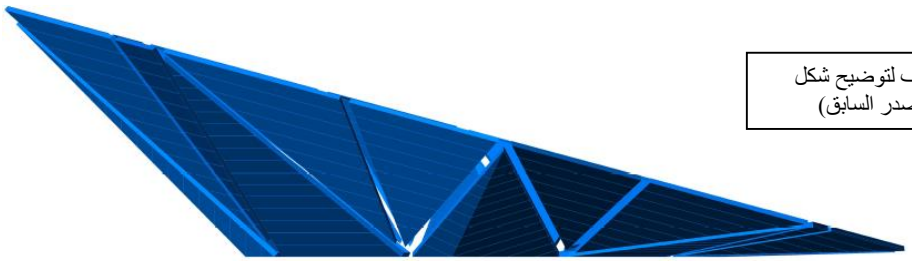
٤- نظام التعليق: اســتخدم نظام الزنبرك الملتوي Torsion Spring لتعليق البلاطات حيث يصـــعب تصـــميم نظام تعليق مديولي لكل هذا التنوع في المقاسات.

٥- طريق التصـــنيع: قد تم إعطاء الأوامر بواســطة الرســومات التفصــيلية لماكينات ال CNC بعد إتمام اعمال التخريم لكامل الالواح المعدنية.

٦- التصميم متعدد المستويات: أضاف المصمم الكثير من القيمة الجمالية بعمل السقف يبدا من قاعدة موحدة ولكن تتجه جميع النهايات الى ارتفاعات مختلفة.



رسم توضيحي ١١: الشكل ثلاثي الابعاد للسقف (المصدر: المصنع المنتج للسقف)



رسم توضيحي ١٢: واجهة جانبية للسقف لتوضيح شكل الانحناء لتتوافق مع البرج (نفس المصدر السابق)

رسم توضيحي ١٣: واجهة اخرة توضح تعدد المستويات (نفس المصر السابق)

صورة ٢٩: بهو المدخل بعد الانتهاء من اعمال تركيب الاسقف المعدنية (نفس المصدر السابق).

٤- الفصل الرابع- معوقات انتشار التصميم الرقمي للأسقف المعلقة:

ان تصميم وصناعة الاسقف المعلقة تطورت بشكل متسارع سواء كان من جهة المصممين او المصنعين وبشكل تدريجي كما هو الحال في العديد من صناعات مواد التشطيب الأخرى بسبب الحاجة الملحة للظهور بمنتجات جديدة تتوافق مع متطلبات بعض ملاك المشاريع، وقد نتج هذا التطور عن منتجات غاية في التعقيد والدقة والجمال والتكاليف المرتفعة على حد سواء، وعملية التطور هذه كان لها اثار كبيرة بالخروج بمنتجات لها تأثراتها المباشرة على شكل التصميم الداخلي النهائي للفراغ.

وفي هذا الفصل سنتعرف على العوامل التي اثرت على تصميم الاسقف المعلقة الرقمية، وإبراز المعوقات التصميمية والتنفيذية للأسقف المعلقة باستخدام تقنيات التصميم بالإضافة الى المحددات الاقتصادية، والتي سيتم تلخيصها في النقاط التالية:

١- العوامل والمؤثرات على التصميم البارامتري للأسقف المعلقة.

٢- المعوقات التصميمة.

٣- المعوقات التنفيذية.

٤- المعوقات الأخرى مثل التعليم، التكاليف وغيرها.

١-٤- العوامل والمؤثرات على التصميم البارامتري للأسقف المعلقة:

مما سبق من الفصول هذه الورقة البحثية يتضح ان العوامل المؤثرة على التصميم البارامتري تتلخص في النقاط التالية:

١- بدايتاً يجب ان تكون البيئة التصـــميمية والعمرانية المتوافقة مع هذا النوع من التصـــميم والتي قد لا تتوافق أحيانا مع التصميمات المبنية على مفهوم تراثي او تاريخي.
٢- المصممين المدربين على تصميم مثل هذه الأنواع من الاسقف، بالإضافة الى المام المصممين بتكنلوجيا البناء الحديثة.
٣- توافر البرامج والأجهزة التي يمكن انتاج من خلالها مثل هذه التصميمات، وقد تحتاج بعض المشاريع الى تصميم برامج خاصـــة بها تتوافق مع المتطلبات التصـــميمة و الفراغات المعمارية التي ســيتم تركيب الاســقف البارامترية بها كما تم العرض في احد امثلة المشاريع.
٤- المصانع المنتجة لمثل هذه الاسقف بمختلف أنواعها وخاماتها.
٥- التنسيق المباشر بين المصممين والمصنعين بالإضافة الى تواجدهم معا اثناء مرحلة التنفيذ.
٦- ايدي عاملة ماهة ومدربة على تركيب مثل هذه الاسقف ذات التصميمات المعقدة.
٧- رغبة أصحاب المشاريع في امتلاك مباني ذات تصميم متفرد.
٨- الميزانيات المالية لتنفيذ مثل هذه المشروعات التي غالبا ما تذهب بعيدا عن تكلفة المشروعات التقليدية.
٩- الدراية الكاملة بخصائص المواد المعمارية المستخدمة في الاسقف المعلقة، وكيفية خلق اشكال معمارية من هذه المواد.
١٠- الفهم الكامل للأعمال اللوجستية المتعلقة بتنفيذ الاسقف المعلقة.

٢-٤- معوقات انتشار التصميم الرقمي للأسقف المعلقة:

١-٢-٤-المعوقات التصميمية:

واجه التصميم الرقمي للأسقف المعلقة صعوبات ومعوقات من الناحية التصميمية هذه الفترة بسبب العوامل التالية:

١- صعوبة تخيل البنية الخاصة بتفاصيل الطبيعة وقياساتها وإعادة تمثيلها لتكوين شكل السقف البارامتري.
٢- اغلب الاهتمام ينصب في العملية التصميمية على المساقط الافقة، مسارات الحركة والواجهات.
٣- حاجة بعض التصـميمات الى خبرة في اسـتخدام البرامج المنتجة لمثل هذه التصـميمات، مقابل اعتياد اغلب المصـممين على استخدام الأدوات التقليدية.
٤- خوف المصـممين من عدم إمكانية تنفيذ تصـميماتهم لأسـباب تصـنيعية او مادية في حالة اذا ما كانت هذه التصـميمات معقدة.
٥- عدم دراية المصـممين بمكونات الاسـقف المعلقة، الامر الذي يؤدي الى صـعوبة توفير القطاعات التنفيذية للسـقف للجهة المركبة.
٦- قصـر الفترة الزمني في بعض الأحيان المعطاة من قبل المالك لتصـميم المشـروع، الامر الذي ينعكس على جودة المنتج النهائي، ولجوء المصمم الى التصميمات التقليدية.
٧- كثرة التغيرات في التصميم خلال فترة حياة المشروع بداية من التصميم مرورا بالمراحل التنفيذية.

٨- تضـارب اعمال تصـميم الاسـقف المعلقة البارامترية مع مكونات السـقف الأخرى من وحدات اضـاءة، نواشـر هواء، والأنظمة الميكانيكية والكهربائية الأخرى.

٩- صـعوبة حسـاب الخصـائص الفني للأسـقف البارامترية مثل الصـوت، اعمال تكيف الهواء، الحريق، و غيرها حيث لا يمكن تطبيق الطرق الحسابية التقليدية للحساب في مثل هذا النوع من التصميم.

١٠- ان التصميم البارامتري للأسقف هو تصميم متفرد لا يمكن نسخه او استخدامه لمشاريع أخرى، عليه فان المصمم بحاجة الى خلق أفكار جديدة مع كل مشروع.

١١- غياب بعض البرامج الخاصة بالتصميم البارامتري في المكاتب الهندسية جعل من التصميمات المحلية بسيطة ونمطية.

١٢- جهل بعض المصممين بالتكاليف الحقيقية لمثل هذا النوع من التصميم اثناء عملية التصنيع والتنفيذ.

١٣- عدم تطابق بعض التصـــميمات البارامترية مع المدارس المعمارية الموجودة في بعض البلدان، الامر الذي يحد من استخدام مثل هذا النوع من التصميم.

١٤- اعتياد العديد من المصـممين لاستخدام أدوات التصـميم التقليدية دفع العديد من المكاتب والمعمارين للعزوف عن مثل هذا النوع من التصميم

١٥- الاستخدام العشوائي في بعض الأحيان لمثل هذه التصميمات في الاسقف المعلقة يؤدي الى عدم إمكانية تنفيذ السقف من الناحية التصنيعية.

٤-٢-٢-المعوقات التنفيذية:

١- عدم مشاركة او مناقشة تصميمات الاسقف المُنتجَة في استديوهات التصميم مع المصانع المُنتجة للأسقف المعلقة لدراسة إمكانية تنفيذ التصميم المقترح من عدمه.

٢- عدم توافر المعالة الماهرة المدربة على تركيب مثل هذا النوع من الاسقف المعلقة.

٣- تصـنيع مثل هذه الاسـقف يحتاج الى مدد أطول في عملية التصـنيع لتجهيز الرسـومات التنفيذية، مرورا باعتمادها من الجهة المشرفة وصولا الى الرسومات التي سيتم تغذية الماكينات بها وصولا للمنتج النهائي، حيث يغفل اغلب المقاولين عن تلك المدد ويبدون بالعمل على الاسـقف بأوقات متأخرة من المشـروع مما يؤدي الى تضـاربها مع البرنامج الزمني للمشروع وبالتالي يتم اللجوء الى تحويلها الى أسقف مديولية.

٤- عدم توافر الأجهزة والآلات المصـــنعة لمثل هذا النوع من الاســـقف في اغلب المصـــانع الامر الذي يحتاج اللجوء الى مصانع متخصصة في مثل هذه المنتجات.

٤-٢-٣-المعوقات الأخرى:

١- عدم ادراج مثل هذا النوع من التصـــميم للأســـقف المعلقة في العديد من المدارس المعمارية، حيث ان دائما ما ينصـــب التركيز على دراسـة المدارس المعمارية المختلفة، المحددات التصـميمة للفراغات المختلفة، مسـارات الحركة وتكنلوجيا البناء المتمثلة في الرسومات التنفيذية.

٢- التطور السريع في البرمجيات المنتجة لمثل هذا النوع من التصميم دائما ما تحتاج الى أجهزة كمبيوتر ذات مواصفات عالية الامر الذي ينعكس على صعوبة توفيرها بسبب ارتفاع تكاليفها.

٣- ما زال اغلب المعمارين العاملين في هذا المجال لا يتحدثون كثيرا عن تصميماتهم البارامترية بشكل عام والاسقف البارامترية بشكل خاص الامر الذي يؤدي الى عدم انتشار المعرفة.

٤- غالبا ما تسند عملية التصميم الصوتي الى استديوهات متخصصة في ذلك الامر الذي يرفع التكاليف العملية التصميمية.

٥- ان التكاليف قد تكون من اهم العوامل المؤثرة على انتشار استخدام التصميم الرقمي في الاسقف المعلقة حيث هذا العامل ينعكس على كل جوانب تصميم وتنفيذ الاسقف الرقمية كما تمت الإشارة في الفصل الثالثة بالمقارنة مع الاسقف المديولية.

٥- الفصل الخامس- النتائج والتوصيات:

١-٥- النتائج

١. ان التصميم البارامتري للأسقف المعلقة يضفي جمالا من نوع خاص يمكن تميز المبنى به، وتكوين ذاكرة بصرية للمستخدم.

٢. التطور الحادث في تصميم وتصنيع الاسقف المعلقة من بداياته مرورا بالأسقف المديولية وصولا الى الاسقف البارامترية التي يتم تكوينها عن طريق حسابات ومحددات خاصة بفراغ السقف يعطي حلولا لا نهائية من التصميمات.

٣. ان التصميم البارامتري للأسقف المعلقة تصميم ديناميكي له القدرة على التعامل مع المجسمات من خلال برامج متخصصة مثل جروسهوبر والمايا وغيرها من البرامج التي يمكن تصميم الاسقف من خلالها والتي دائما ما تعطي إحساسا بالحركة

٤. تنوع الخامات (الخشب، الحديد، الألياف الإسمنتية وغيرها من المواد القابلة للتشكيل) التي يمكن استخدامها في التصميم البارامتري لإنتاج وتصنيع الاسقف المعلقة والتي منها يمكن الحصول على اشكال وألوان واحاسيس مختلفة باختلاف نوع المادة.

٥. ان التصميم البارامتري يعطي عدد لا نهائي من الحلول للأسقف المعلقة لحل المشاكل التصميمية التي قد تظهر مع حل دون الاخر.

٢-٥- والتوصيات:

١. زيادة التواصل بين الجهات التصميمية والمنفذة مع الشركات المصنعة للأسقف البارامترية.
٢. يجب دراسة خصائص المواد الهندسية المستخدمة في تصنيع الاسقف المعلقة من قبل المصممين لاختيار التصميم الانسب للفراغ.
٣. يجب ان يكون ممثل من الجهة المصممة والمصنعة موجود اثناء عملية التنفيذ.
٤. توصي الدراسة بضرورة تذكير القائمين على المشاريع التي تحتوي على أسقف البارامترية على ضرورة ربط القيمة الاقتصادية والتجارية بالقيمة الفنية والجمالية.
٥. تطوير المعرفة الخاصة في بالأسقف المعلقة من خلال تكثيف الدراسات وعمل محاضرات وورش عمل تخص الاسقف المعلقة.
٦. يجب اختيار مواد الاسقف المعلقة على أساس دراسة خصائصها وشكلها وإيحاءاتها بحيث تكون ذات علاقة بالتصميم الشامل للمبنى
٧. ضرورة التركيز على أهمية تدريس المواد المتعلقة بالحاسوب وبرامج التصميم الرقمي ابتداء من السنة الأولى لطلبة العمارة، وبحيث يكون الطالب قادراً على البدء بالتصميم باستخدام الحاسوب وعمل تصميمات بارامترية
٨. ضرورة ربط معظم المواد النظرية إن لم يكن جميعها، ببرامج حاسوب ذات صلة مباشرة بهذه المواد، لما في ذلك من أثر قوي في تقرير مقدرة الطالب على فهم هذه المواد والتجاوب معها. (نجيب)
٩. البدء في وضع الأسس، وإعداد الأجهزة والبرامج اللازمة لإدخال الحقيقية الافتراضية إلى صميم العملية الأكاديمية في الأقسام المعمارية. (نجيب)
١٠. اعداد المهندسين القائمين على تصميم وتركيب الاسقف المعلقة اعدادا فكريا مناسب مع ضرورة انشاء مراكز تدريب متخصصة بهدف تطوير تصميم وصناعة الاسقف المعلقة.

المراجع

BINGGELI, CORKY. 2003. *Building systems for interior designers.* New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2003.

Blogger, Guest. 2017. What are the advantages or disadvantages of having a false ceiling. [Online] July 28, 2017. [Cited: 6 1, 2018.] http://ghar360.com/blogs/home-decor/what-are-the-advantages-or-disadvantages-of-having-a-false-ceiling.

F.Smith, Peter. 2005. *Architecture In A Climate Of Change : A Guide To Sustainable Design.* Oxford : ElSEVIER, 2005. ISBN 0 7506 65440.

Fitzgerald, Elwin. 2016. Slide Player. *http://slideplayer.com.* [Online] 9 30, 2016. [Cited: 9 30, 2017.] http://slideplayer.com/slide/8171022/.

Gardiner, Rob. 2006. *HEALTHCARE PREMISES* . Stafford : Armstrong , 2006. Guidelines.

Hudson, Roland. 2010. *Strategies for parametric design in architecture.* Bath - south west of England : University of Bath, 2010.

Kestelier, Xavier De. 2009.*A Digital Design Environment for Large-Scale Rapid Manufacturing.* Chicago : Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), 2009. Building a Better Tomorrow. p. 203.

KOLAREVIC, BRANKO. 2009. *Architectural in the digital age* . New York : Spon Press, 2009.

Mahmoud, Ahmed. 2017. Scribd . [Online] 7 13, 2017. [Cited: 6 1, 2018.] https://www.scribd.com/document/353658171/%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B3%D9%82%D9%81-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B9%D9%84%D9%82%D9%87-2-pdf.

Panchuk, Neal. 2006. *An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital & Parametric [Architectural] Design.* Waterloo : University of Waterloo, 2006.

Pfeifer, von Norbert. 2002. *3D Terrain Models on the Basis of a Triangulation.* Wein : Technischen Universität Wien , 2002. 3-9500791-7-3.

Seok-Hyung Bae, Hayong Shin, Won-Hyung Jung, Byoung K. Choi. 2002. *Parametric-surface adaptive tessellation based on degree reduction.* Guseong-dong : Elsevier Science Ltd, 2002. S 0097-8493(02)00126-7.

Tasso Karkanis, A. James Stewart. 2001. *High Quality, Curvature Dependent Triangulation of Implicit Surfaces.* California : IEEE Computer Graphics and Applications , 2001. 10.1109/38.909016 .

Tedeschi, Arturo. 2014. *Algorithms-Aided Design.* Brienza : Le Penseur, 2014.

Verma, Bushra Khan and Siddhartha. 2012. *False ceiling.* 5 3, 2012.

2003. *Technical manual on metal ceiling.* Düsseldorf : http://www.taim.info/media/download_gallery/TAIM_Techn_Manual_07_2006_GB.pdf, 2003. TECHNICAL MANUAL.

الحنيطي، معتصم . 2015. facebook.com. *www.facebook.com.* [Online] 12 01, 2015. [Cited: 05 31, 2019.] https://www.facebook.com/motasem.Alhunaiti/posts/425352074334328/.

الرديسي، سمير محمد .2002. *المرشد الحديث لرسم الخرائط* . الرياض : دار عالم الكتب ، ٢٠٠٢.2-41-884-9960 .

اسماعيل، احمد محمد .2011. *الاسقف المعلقة في العمارة* . القاهرة : جامعة القاهرة، ٢٠١١ .رسالة ماجستير.

الخفاجي، علي محسن الخفاجي و حيدر عدنان .2016. تاثير التصميم الرقمي على العمارة .*مجلة الهندسة و التكونوجيا* 5 . 19, 2016, pp. 275-297.

سليم، أحمد أمين .1992. *دراسات في حضارات الشرق الادنى العراق . ايران* . الاسكندرية : دار المعرفة الجامعية ، ١٩٩٢.0024500 .

.محمد، عبير سامي يوسف.2007. *العمارة ما بعد الثورة الرقمية* الإسكندرية : جامعة طنطا ، ٢٠٠٧ .المؤتمر الدولي الثالث للجمعية العربية للتصميم المعماري بمساعدة الحاسب.

الفلاحي، عامر حماد .2014. دور التصميم بالحاسوب في التصنيع والتحكم الرقمي .*التقنيات المكانية* ,24 10 [Online] . 2014. [Cited: 9 4, 2017.] https://www.geospatialtechnology.com/articles/%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%82%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%AA/118419-computer-aided-manufacturing-cam-and-computer-numerical-machines-cnc.

عرابى، إنجى فوزى احمد .2010. *الإتجاهات المعاصرة فى العمارة (على ضوء العمارة الرقمية)* . الجيزة : كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠١٠ .رسالة ماجستير.

محجوب، د. ياسر عثمان محرم . 2012. http://ymahgoub.blogspot.com. *http://ymahgoub.blogspot.com/2012/05/1997.html.* [Online] May 30, 2012. [Cited: September 10, 2016.] http://ymahgoub.blogspot.com/2012/05/1997.html.

محسن، د. عبد الكريم حسن خليل .2013. *دراسات معمارية معاصرة* .غزة : كلية الهندسة - الجامعة الاسلامية ، ٢٠١٣.

مصطفى، أحمد وحيد .2006. التصنيع بالتحكم الرقمى [.Online] 2006. [Cited: 10 14, 2017] .
http://www.ergo-eg.com/ppt/cncppt.pdf.

مصطفى، احمد وحيد .2013. *تقنيات النمذجة و التحكم الرقمي* .حلون : كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان، ٢٠١٣ . بحث.

.سويدان، عبير حامد علي أحمد.2016. *مفهوم البارمتري وتطبيقاته في التصميم الداخلي والاثاث* القاهرة : جامعة دمياط، ٢٠١٦ .جامعة حلوان.

يعقوب، م.م. لينا غانم .2010. *العمارة الرقمية (دارسة الخصائص الشكلية للعمارة الرقمية)* .بغداد : الجامعة التكنولوجية- قسم الهندسة المعمارية، ٢٠١٠.

فهرس الرسومات و الاشكال و الصور و الجداول:

رسم توضيحي ١: يوضح مكونات العامود و الابعاد السبعة المتغيرة ٨
رسم توضيحي ٢: يوضح بعض الاشكال التي يمكن الحصول عليها..... ٨
رسم توضيحي ٣ : العمليات التي يمن ان توفرها المخارط..... ١١
رسم توضيحي ٤: خط انتاج الالواح الجبسية (المصدر MAHMOUD 2017)..... ٢١
رسم توضيحي ٥: اشكال بلاطات الاسقف المعدنية حسب المقاسات..... ٢٢
رسم توضيحي ٦: سرعة انتشار اللهب و الادخنة و الابخرة الناتجة عن الحريق (المصدر تدريب الباحث في دبي ٢٠١٢)..... ٢٦
رسم توضيحي ٧: احد طريق تعليق السقف الطبوغرافي (المصدر ARKTURA.COM)..... ٣١
رسم توضيحي ٨ : منظور يوضح شكل المشروع (المصدر:
HTTP://WWW.DMPPARTNERS.COM/WORKS/DETAIL.HTML?ID=142&LANG=EN)..... ٣٥
رسم توضيحي ٩: للمسقف الافقي للأسقف..... ٣٦
رسم توضيحي ١٠: المساقط الافقي للأسقف في الدور الأرضي و مركز المراقبة..... ٣٦
رسم توضيحي ١١: الشكل ثلاثي الابعاد للسقف (المصدر: المصنع المنتج للسقف) ٣٦
رسم توضيحي ١٢: واجهة جانبية للسقف لتوضيح شكل الانحناء لتتوافق مع البرج (نفس المصدر السابق)..... ٣٦
رسم توضيحي ١٣: واجهة اخرة توضح تعدد المستويات (نفس المصر السابق)..... ٣٦

شكل ١: يوضح الاتصال مع الخرسانة و الاحمال لكل موديل، المصدركتالوج شركة هلتي ٢٠١٥ صفحة ٢١٨ ١٧
شكل ٢: يوضح أنواع اسلاك التعليق ، المصدر كتالوج شركة اي ام افVENTATEC صفحة ١١ .....١٨
شكل ٣: نظام التعليق للأسقف المديولية مثل الالياف المعدنية او الجبسية او الخشبية ، الخ .. المصدر كتالوج شركة يو اس جي صفحة ٤٩ .....١٨

شكل ٤: اكسسوار من قطاعات الالمنيوم يوضح اتصال الاسقف الجبسية ببلاطات الالياف المعدنية، المصدر كتالوج شركة اسك اس، صفحة٧ ..... ١٩
شكل ٥: يوضح اكسسوارات تثبيت حديد التعليق في حالة الزلازل، المصدر ارمسترونج كالتوج (اكسسوارات الزلازل صفحة ٢) ١٩
شكل ٦: العناصر المكونة لبلاطات الالياف المعدنية.(المصدر تدريب فني تم تقديمه في المانيا للباحث)..... ١٩
شكل ٧: مراحل تصنيع الاسقف المعدنية (المصدر: تدريب الباحث سنة ٢٠١٠ في النمسا) ٢٣
شكل ٨: افراد الكرة و الاشكال الهندسية المتكونة منها (المصدر HTTP://MKMRA2.BLOGSPOT.COM) ٣١
شكل ٩: طريقة تجميع الوحدات المنبسطة مع بعضها ٣٢
شكل ١٠ :يوضح الشرخ الحاصل في التصميم و الذي احتاج الى اضافة اسطح اكثر(نفس المصدر السابق) ٣٣
شكل ١١: مديول سقف مكون من بلاطة واحد يتغير اتجاها لتكوين السقف (المصدر: HTTP://MATHSTAT.SLU.EDU) ٣٣
شكل ١٢: تقسيم الشكل الى مثلثات متساوية الاضلاع قدر الامكان (نفس المصدر السابق)..... ٣٤

صورة ١: توضح احد عمليات الثني من شركة سلفانيني ماكينة CNC (المصدر موقع شركة سلفانيني). ١١
صورة ٣: ماكينة التحكم الرقمي للأعمال الخشبية و احد الاعمال التي يمكن ان تقوم بها..... ١٢
صورة ٢: تنفيذ لمشروع كجزء من استوديو الأداء في كلية الدراسات في جامعة هارفارد للتصميم في عام ٢٠٠٩ (PRENTICE, ADS 2015) ١٢
صورة ٤:يوضح ماكينة CNC التقطيع بواسطة الماء (المصدر تأثير تكنولوجيا المعلومات علي تطور الفكر المعماري) ١٣
صورة ٥: صورة لمطعم جورجيس بمركز بومبيدو – باريس – فرنسا (المصدر:WWW.FLOORNATURAL.COM/ 2010) ١٤
صورة ٦: مظلة المتحف البريطاني ، تصميم نورمان فوستر (GANE 2004)..... ١٥
صورة ٧: توضح اعمال التكيف اعلى السقف المعلق، تصوير الباحث. ١٦
صورة ٨: المكونات الاساسية لبلاطات الصوف الصخري (المصدر تدريب فني للباحث من شركة روكفون -بلجيكا ROCKFON) ٢٠
صورة ٩: بلاطات الياف زجاجية، المصدر HTTP://WWW.INDUSTRIALFOAMS.CO.IN/ROCKWOOL-PANEL.HTML ٢٠
صورة ١٠: توضح شكل احدى البلاطات الجبسية المغطى بطبقة من الفينيل. ٢٠
صورة ١١: توضح شكل الالواح المغطى بقشرة من الخشب الطبيعي و الالواح الصغيرة GRILLED CEILING، المصدر HTTP://9WOOD.COM/SERIES/INDEX/1000HTTP://9WOOD.COM/SERIES/INDEX/1000..... ٢١
صورة ١٢ : توضح سقف من بلاطات البلاستك ٢١
صورة ١٣: بعض تصميمات الاسقف القماشية..... ٢٢

صورة ١٤: ماكينة لعمل النتوءات بشكل يدوي (المصدر: تدريب الباحث سنة ٢٠١٠ في النمسا) ٢٣
صورة ١٥: سقف بارامتري مبنى ONE MAIN OFFICE RENOVATION / DECOI ARCHITECTS
(المصدر:WWW.ARCHDAILY.COM) ٢٧
صورة ١٦: تصميم بواسطة القطع بالليزر لبلاطة معدنية (المصدر: HTTP://WWW.HIBEAMLASERCUT.IN) ٢٨
صورة ١٧: سقف طوبوغرافي لمشروع مطعم بينك الولايات المتحدة (المصدر: WWW.ARCHDAILY.COM) ٢٩
صورة ١٨: سقف طبوغرافي بشكل نقطة المطر (المصدر SUPAWOOD.TALLYFOX.NET) ٢٩
صورة ١٩: سقف متعرج بشكل طولي (المصدر SUPAWOOD.TALLYFOX.NET) ٣٠
صورة ٢٠: سقف مموج بشكل طولي (المصدر SUPAWOOD.TALLYFOX.NET) ٣٠
صورة ٢١: سقف طوبوغرافي غير منتظم لمركز كوتي بروفيشنال للتجميل الولايات المتحدة (المصدر:
WWW.AMERICANSALON.COM) ٣١
صورة ٢٢:سقف نتج عن افراد كرة كدراسة لهندسة القباب الصوتية المتغيرة في جامعة متشجن (المصدرWWW.RVTR.COM)
..... ٣١
صورة ٢٣: سقف معدني منبسط UNFOLDED CEILING (المصدر ARKTURA.COM) ٣٢
صورة ٢٤: متحف البحرين الوطني (المصدر WWW.PINTEREST.COM) ٣٢
صورة ٢٥: سقف مكنون من عده انواع من البلاطات بمقاسات مختلفة لتكوين الشكل الفسيفسائي (المصدر مشروع مطعم و بار
كانجو في لوس انجلوس WWW.ARCHDAILY.COM) ٣٣
صورة ٢٦: ترك فرغات بين المثلثات دون معالجة(المصدر WWW.MINTDESIGNBLOG.COM) ٣٤
صورة27 : لوحة تمثل الإله شمش أو شماش و هو الاسم الذي كان يطلق على إله الشمس عند البابليين و هو يقدم قرص الشمس.
(المصدر: HTTPS://MYTHSANDGODSBLOG.WORDPRESS.COM/PAGE/4/) ٣٦
صورة ٢٨: بعض تشكيلات النجمة الثمانية، المصدر (HTTPS://PNGIMAGE.NET/ISLAMIC-STAR-PATTERN-PNG-3/)
..... ٣٦
صورة ٢٩: بهو المدخل بعد الانتهاء من اعمال تركيب الاسقف المعدنية (نفس المصدر السابق) ٣٦

جدول ١: مقارنة بين التصميم المعماري بالطريقة التقليدية و بمساعدة الكمبيوتر (التصميم الرقمي) ٧
جدول ٢: مقارنة بين الاسقف المديولية و الاسقف البارامترية ٣٥