المظلات الزجاجية بين التطور التقني والقيم التشكيلية للظلال في الفراغ العمراني. (تطبيقاً على الحرم الجامعي لجامعة حلوان)

Glass canopies between the technical development and the forming values of shades in the urban space.

م.د/ منى سيد رمضان
مدرس دكتور- قسم الزجاج – كلية فنون تطبيقية – جامعة حلوان
Dr. Mona Sayed Ramadan Ahmed
Doctor Lecturer - Glass Department - Faculty of Applied Arts - Helwan University
monahamza4mr@gmail.com

الملخص:
شغل مجال التصميم العمراني موقعه ضمن العلوم الإنسانية المطلوب فيها إعمال الفكر للوصول إلى بيئات مكانية تحقق متطلبات مستعمليها. نتناول هنا في مجال دراسة البحث التصميم من خلال العنصر المعماري (المظلة) كعنصر جمالي إنشائي يعمل على رفع القيمة المعمارية والحضرية للمكان. اتجهت الهياكل الخارجية، مثل البرجولات والمظلات، للتطوير في السنوات الأخيرة وفقًا لخطين رئيسيين من التطوير، أحدهما التطوير في الهيكل الخارجي للمظلة، إما ان تكون ثابتة أو متحركة، قابلة للطي بالكامل(مغلقة) أو غير قابلة للطي، إمكانية فتحها وامدادها للحماية من سوء الأحوال الجوية، في الوقت نفسه، أتجه الخط الثاني من التطوير أبحاثًا في تطوير المواد المغطاة (كأغطية واقية من أشعة الشمس، أغطية تعمل على توفير الحماية من المطر) وكان لخامة الزجاج باعا في هذا الإتجاه وهو التطوير في معامل الاكتساب الحراري وانعكاس الأشعة الفوق بنفسجية الضارة، ولا سيما فيما يتعلق باستخدامات جديدة للمظلات وهي المعروفة بالمظلات المخزنة للطاقة الشمسية حيث يتم تحويلها إلى طاقة كهربائية أو حرارية ليتم نقلها بطريقة "نظيفة. مما أثرى البرجولات والمظلات لتصبح عناصر أثاث قيّمة ومن هنا نجد أن الشوارع المصرية تفتقر إلى مثل تلك العناصر من أثاث الفراغ العمراني الذي يربط بين الحس الجمالي والأداء الوظيفي لها(من أماكن الانتظار والحدائق العامة) بالمظلات الزجاجية وتجميل (ممرات المشاة داخل جامعة حلوان خاصة) ومن هنا اتجهت **مشكلة البحث....**

مشكلة البحث:
- القصور في توظيف المظلات الزجاجية للشارع المصري كنوع من أنواع التغطيات التي تحقق الراحة الحرارية في الفراغ العمراني.
- الحاجة إلى الدمج بين وظيفتي التظليل (الحماية من الأشعة الشمسية) و تخزين الطاقة الشمسية.

هدف البحث:
- دعم منظومة العمارة الحديثة بمظلات زجاجية صديقة للبيئة ومولدة للطاقة الكهربية.
- الاستفادة من التقنيات الحديثة في الزجاج المعماري لإظلال و تجميل الممرات داخل الحرم الجامعي.

أهمية البحث:
- إثراء الشارع المصري بالتغطيات والمظلات الزجاجية لتجميل وتظليل أماكن الانتظار وممرات المشاة بالحدائق العامة ، مما يسهم في خلق فراغ عمراني مريح للجمهور وواقي لهم من أشعة الشمس الحارقة.
- توليد الطاقة الكهربية باستخدام الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية) لإنارة الشوارع والطرقات والأماكن العامة.
- اثراء الحرم الجامعي بالابداع الفني والتقني لبث روح الابداع والابتكار لدى الطلاب بالجامعة.

فروض البحث:

- وضع دراسة علمية وفنية لأساليب تشكيل وتركيب المظلات الزجاجية للتوصل إلى تغطيات خارجية لتشكل نوعا من أشكال الاستدامة البيئية.
- وضع بعض الحلول الإفتراضية لتغطية ممرات جامعة حلوان بالمظلات الزجاجية بهدف تحقيق قيم الظل والإستفادة المثلي من تلك المساحات الشاسعة في توليد الكهرباء تخدم الحرم الجامعي.

حدود البحث:

- وضع منهجية لتصميم مظلات زجاجية تتلائم مع احتياجات الحرم الجامعي.

الكلمات المفتاحية:

- المظلات الزجاجية، القيم التشكيلية للظلال، زجاج الخلايا الشمسية، الزجاج العازل ، الزجاج المصفح.

Abstract:

Urban design relates with the human sciences in which the realization of thought is required to spatial environments that achieve their users' requirements. In this study, we deal with design the architectural element (awning) as a structural element that raises the architectural and urban value of the place. In recent years External structures, such as pergolas and awnings, have tended to develop two main lines of development, First line is the development in the external structure of the canopy, either fixed or mobile, fully collapsible or non-collapsible, the possibility of opening an extension to protect from bad conditions Weather. the second line of development was directed towards research in the development of covered materials and the glass material had a significant impact, which is the development in the thermal gain coefficient and the reflection of harmful ultraviolet rays, especially Concerning new uses for parachutes, which are known as stored parachutes for solar energy, where they are converted into electrical or thermal energy to be transferred in a "clean" manner. This enriched pergolas and umbrellas to become valuable furniture elements. Hence, we find that the Egyptian streets lack such elements of urban space furniture .

- **Research problem:**

- Deficiency in employing the glass canopies of the Egyptian Street as a type of covering that achieves thermal comfort in the urban space
- Need to combine the two functions of shading (protection from solar radiation) and storing solar energy.

- **Research objective:**

- Supporting the modern architecture system with environmentally-friendly glass canopies that generate electric energy.
- To benefit from modern technologies in architectural glass to shade and beautify the university campus's walkways.

- **Research importance**:

- Enriching the Egyptian street with coverings and glass canopies to beautify and shade parking spaces and pedestrian paths in public parks .

- Providing electric energy by using renewable energy (solar energy) for lighting streets, roads, and public places.
- Enriching the campus with artistic and technical creativity to spread the spirit of creativity and innovation within the students at the university.

- **Research hypotheses**:
- Establishing a scientific and technical study of methods of forming and installing glass awnings to reach external coverings that constitute a form of environmental sustainability

- **Research limits:**

Develop a methodology for designing glass canopies that suit the needs of the university campus and urban space

Key words:

glass awnings, forming values of shades, insulating glass, laminated glass.

مقدمة:

في عام ٢٠١٣، ظهر مصطلح التصميم الداخلي الحضري داعياً للاهتمام بإنشاء مساحات خاصة داخل الفراغ العمراني؛ من ممرات المشاة أو الحدائق أو الساحات. نظرا للاهتمام بتكييف تلك البيئة الخارجية لتحقيق قدراً من الاستمتاع لدي الجمهور سواء بالجلوس في تلك الحدائق أو الساحات؛

لذا فكانت الناحية الوظيفية الوحيدة للمظلة هي التمثل في انتظار وسائل المواصلات المختلفة وحمايتهم من الظروف المناخية المختلفة كأشعة الشمس والامطار أو الاستمتاع بالجلوس وقضاء الوقت في الفراغ العمراني، إلا التقدم التقني بالمواد المستخدمة في صناعتها أدى إلى ظهور قيم ووظائف جديدة وهى استغلال مظلات انتظار وسائل المواصلات للدعاية والإعلان واستخدامها كموفر للطاقة الكهربية مما جعلها جزء من تصميم الفراغ العمراني.

بينما نحن في الشوارع المصرية نفتقد إلى الحس الجمالي والتنسيق الميداني بين مفردات الميدان والأداء الوظيفي لها، كما في محطات الأتوبيس و أماكن الانتظار وحتى بعض المتنزهات وممرات المشاة فهي تفقد الإهتمام بتوفير أماكن ظلية ذات حس جمالي غير نمطي يمتع الجمهور ويتناسب مع الوظيفة و البيئة المحيطة له.

1- المظلة وتطورها التاريخي

تعرف المظلة : ما يستظل به ويستتر من الشمس أو المطر، ، (الجمع: مظلات)، ظهر أقدم مثال موجود على المظلات القابلة للطي منذ حوالى ٢٣١٠ عام قبل الميلاد، وفي بلاد فارس تم العثور على المظلة مرارا في منحوتات (تخت خشميد) كما بالشكل (١) يظهر ملك فارسي وخادمه حاملا له مظلة فوق رأسه وهي تشبه تلك المستخدم اليوم.

كما ظهر بالفن المصري القديم نقوش عليها صورا للمظلة وترجع إلى الأسرة الخامسة؛ فقد عثر على أشكال مختلفة للمظلة فبعض النقوش كانت تظهر فيها مغطاة فوق عربة ومثبتة على عمود قوي في وسط العربة يشبه ما نستخدمه اليوم كمظلات للكراسي والمقاعد . في بعض اللوحات الموضوعة على جدار المعبد، وُضعت المظلة فوق صورة إله يُحمَل في موكب.وظهرت صورا واعمالا عديدة في مختلف انحاء العالم معبرة عن المظلة ففي الهند القديمة كما بالشكل (٢) تظهر امرأة تحمل مظلة إمبراطورية جوبتا ٢٣٠م. بالصين

شكل رقم (١) ملك فارسي وخادمه حاملا له مظلة فوق رأسه

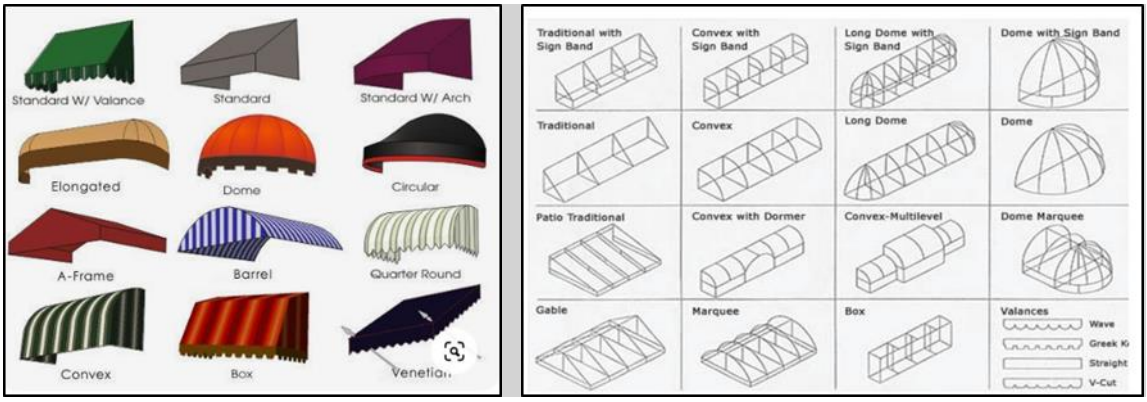
شكل رقم (٢) امرأة تحمل مظلة إمبراطورية جوبتا ٢٣٠م. بالصين

2- تصنيف المظلات

تصنف المظلات تبعا (للشكل – النمط – الوظيفة)

2-1- تصنيف المظلات تبعا للشكل :

- تتنوع هيئة المظلات فمنها ..(مسطحة الشكل - كروية الشكل – هرمية الشكل)



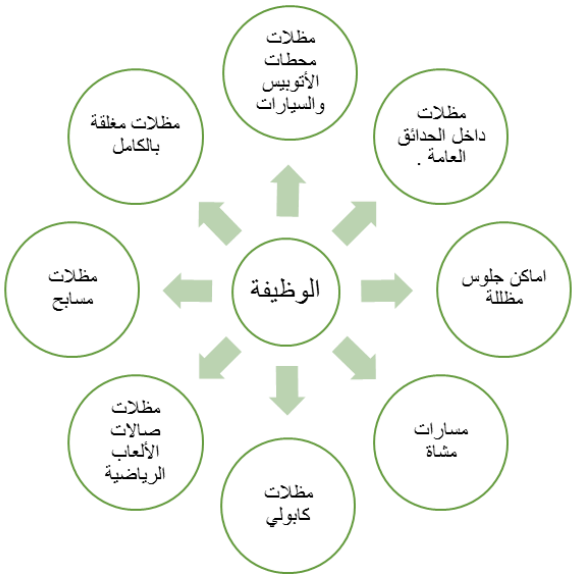
شكل(٣) الأشكال المختلفة لتغطيات التقليدية للمداخل أو واجهات المحلات[1]

2-2- تصنيف المظلات تبعا للنمط(الأداء):

- مظلات تقليدية (مظلات ثابتة)
- مظلات حديثة (معاصرة) مظلات متحركة
- مظلات مطوية (تفرد بالطي أو السحب أو اللف بالدوران) .

2-3- تصنيف المظلات تبعا للوظيفة:

تتعدد الاستخدامات الشائعة للتسقيفات الخفيفة والمظلات في كلا من الميادين والحدائق العامة تبعا للغرض والهدف: يختلف ذلك طبقا لطبيعة المكان والوظيفة المستهدفة من المظلة (التغطية)، **ففي ممرات المشاة** أو مداخل المطارات أو مترو الأنفاق مثلا قد تكون التغطيات بسيطة الشكل مسطحة أو منحنية بهدف الوقاية فقط من أشعة الشمس الحارقة أو الأمطار. أما



شكل (٤) مخطط لتصنيف المظلات تبعا للوظيفة

إذا كانت داخل الحدائق أو الأماكن العامة بهدف الاستمتاع بالفراغ العمراني مما قد يتطلب انغلاق شكلي أكثر عن تلك التغطيات المسطحة. هنا تحكم الوظيفة والمكان الاتجاه التصميمي المتبع في التغطيات الخارجية.[٢] وما اهتم به البحث بالدراسة هو المظلات داخل الحدائق العامة والمظلات المرتبطة بمسارات المشاة والتي تختلف كلا منهما في الاتجاه التصميمي المتبع.

3- المؤثرات الداخلة في القيم التشكيلية للظلال :

٣-١- مؤثرات جمالية ودورها في التأكيد على الجانب الوظيفي:

تختلف نسبة الإظلال باختلاف مظهر تشكيل السطح المغطي ويتمثل ذلك في:

شكل (٥) يوضح اثر اختلاف مستويات السطح في تشكيل الظلال

- **اختلاف مستويات السطح (folded structure)**

أدي فن الأوريجامي وتشكيلاته دورا هاما في تشكيل المظلات الخارجية والحدة من تأثير الأشعة الشمسية على الأسطح المغطاة ، فبتنوع مستويات السطح يزيد من انكسار الأشعة الشمسية والتى بدورها تقلل من حدة انبعاث الأشعة والعمل على تشتيتها ولذلك اتجهت بعض أعمال التغطيات للأسقف والمظلات لأتباع الأسقف المطوية والتى تعتمد على الخط المنكسر ليقلل من حدة الأشعة الشمسية الساقطة مشكلا بذلك قيم تشكيلية من الظل والنور الناتجة من الأسطح المنكسرة. كما بالشكل (٥) يؤكد باختلاف الأسطح يقلل من حدة انبعاث الأشعة.

- **الخامة (الشفافية أو الاعتام السطح) : (ناعم – خشن –متوسط)**

أثرت الخامة في كثافة أو رقة الغلاف المغطى وكذلك التنوع ما بين الشفاف والنصف شفاف سواء من خلال الخامة أو من خلال النسق المستخدم فتتنوع الخامة تبعا للبيئة المحيطة والتكافؤ معها وكذلك تبعا للقيمة الإقتصادية فقد تكون من خشب البامبو أو المعدن أو الألياف الصناعية كالبولي كربون و الفيبر الزجاجي أو الزجاج أو الأقمشة المعالجة فنلاحظ من الشكل (٦) اثر الظل للزجاج الشفافية كما بالشكل (أ,ب) من خامة البولي كربون والزجاج المعالج بالحفر الميكانيكي وكذلك كثافة النسق في الشكل (ج،د) وتقارب الوحدات مما يخلق نوعا من الحماية من أشعة الشمس

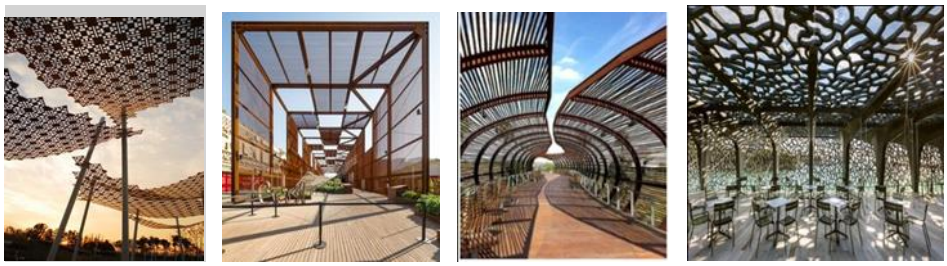
(أ) (ب) (ج) (د)

شكل (٦) يوضح التباين في الشفافية باختلاف الخامات المستخدمة من الواح البولى كربون والزجاج والمعدن والخشب.

- **النسق المعالج به مظهر السطح pattern:**

للنسق (pattern) أثر في التشكيل من خلال الخط وتتابع وكثافة الخطوط، تختلف هيئة النسق المعالج به سطح التغطية وتختلف نسب الفراغ فيها ويظهر من الشكل(٧) مقارنة بين الأنماط المختلفة لكثافة النسق والكثافة الضوئية و نسبة الظل باختلاف انماط النسق فمنها العضوى والهندسي. كما يتضح من الصور (ب ،ج ، د) لممر مشاة بكاليفورنيا من أغصان البامبو covered walkway at the Dos Lago’s center in Corona ، استخدام اساليب متنوعة من اختزال

السطح تعتمد معظمها على التكرار وفي البعض الآخر التدرج وترك مساحات مفتوحة بالكامل غير مظللة واظلال بعض المناطق الأخري كما بدى التنوع في الخطوط المستخدمة فمنها الشبكية والخطوط المستقيمة والخطوط المتموجة أو باستخدام الوحدات التكرارية كما بالشكل (د) .



(أ) (ب) (ج) (د)

شكل (٧) يوضح تنوع مظهر أسطح المظلة الخطي مما يؤثر في قيم الإظلال والتشكيل الجمالي للمظلة.

اللون:

أدى التطور الواسع للمواد الملونة إلى "جنون الألوان" في الهندسة المعمارية - من الجدران المعدنية وألواح الأسقف إلى أنظمة الزجاج والتزجيج إلى تجميعات الشبكات المعدنية - وتوافر الألوان المخصصة عبر مجموعة واسعة من خطوط الإنتاج إلى تزويد المهندسين المعماريين والمصممين بخيارات لا حدود لها تقريبًا للأجزاء الخارجية والداخلية لمشاريع التصميم.[٣]

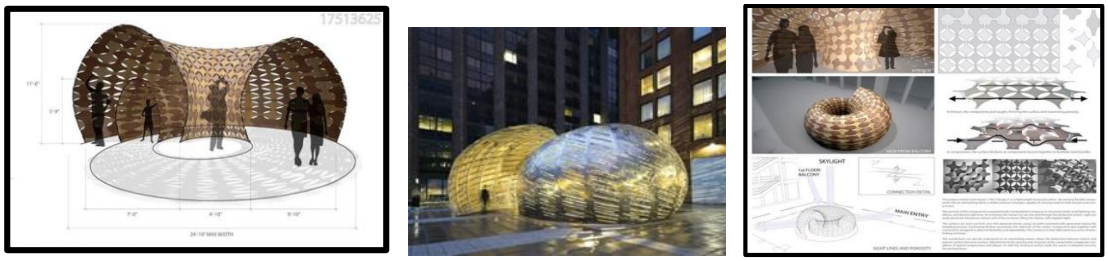
شكل (٨) يوضح أثر اللون كمؤثر جمالي

3-2مؤثرات بيئية:

- **التهوية والاظلال** عنصران هامان (مدى الحماية من التعرض للأشعة الفوق بنفسجية) وكلاهما يتأثران بالمدخلات التصميمية من الجانب الجمالي كتأثير نسبة الملمس أو تشكيل السطح في نسبة الإظلال والتهوية.

– **أثر اختزال السطح في التهوية والإظلال:**

يراعي في تشكيل المظلات أو التغطيات الخارجية تحقيق هدفي الظل مع السماح بمرور تيار هوائي يعمل على تبريد التغطية أو المظلة وخاصة إذا كانت مغلقة أو شبه مغلقة، كما بالشكل(٩) تتضح مظلة مستلهمة من أصداف البحر، شكل الهيكل من ألواح الألمنيوم مقطعة بتقنية النفث المائي ومنقوشة بأكثر من ١٠٠ مسار مداري تم تركيبها معًا ومثبتة بإطار منحني من أنابيب الألومنيوم. ويتضح من الشكل أثر اختزال السطح في تشكيل النسق واستخدامه كعنصر للإظلال والتهوية معاً.[٤]



شكل (٩) يوضح أثر النقش وعلاقات التكرار والمسافات البينية بينها في تشكيل الظلال والتهوية للمكان

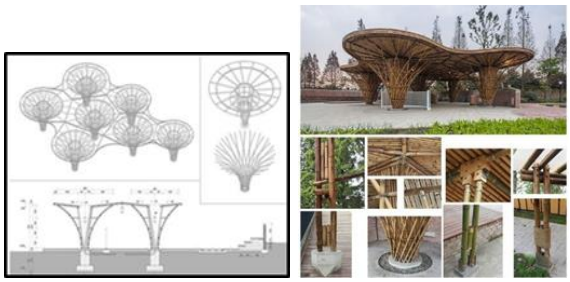
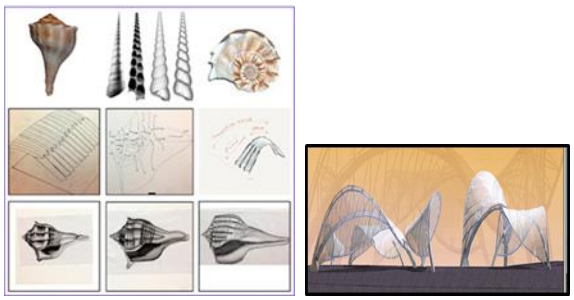
ومن الإعتبارات البيئية تحقيق الظل الكافي ومع استخدام الزجاج فانه يضفي قيمة بيئية أخري وهي توليد الطاقة الكهربية من خلال استخدام الخلايا الفولتوضوئية مع تقليل الإكتساب الحراري وتوفير الظل بدمجه مع طبقة من زجاج التحكم الشمسي مما يحسن من الأداء البيئي للمظلة مع تحقيق القيمة الجمالية الناجمة عن أثر تشكيل النسق من الخلايا الشمسية .

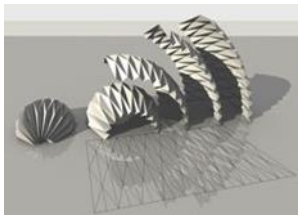
كما بالشكل (١٠) دمج الخلايا الشمسية وزجاج التحكم الشمسي في تغطية الأسقف والمظلات[١]

4- الاتجاهات التصميمية للمظلات:

اتجهت المشروعات المعمارية للمظلات والبرجولات إلى ثلاثة اتجاهات تصميمية وهي كما بالجدول التالي:

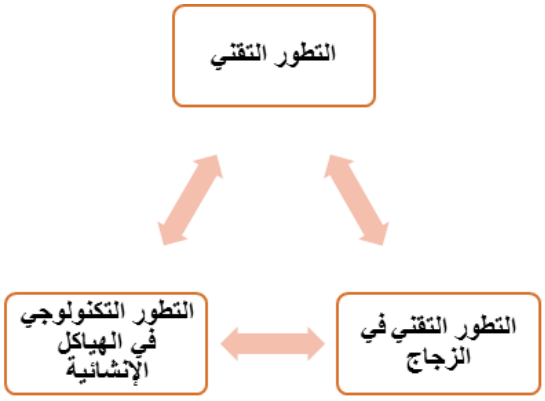
جدول (١) يوضح الاتجاهات التصميمية للمظلات.

الاتجاه	التحليل	
أولا: الاتجاه العضوى اهتم بالاستنباط من الطبيعة من خلال أنظمتها الشكلية والوظيفية كما في امتداد أفرع الأشجار وأنسجة النباتات و الهيئة البنائية للقواقع، ومن الشكل رقم(١١) يتخذ الهيكل الإنشائي للمظلة من أغصان البامبو والتي تتمتع بالصلابة في الإنشاء.	**يُظهر** هذا التصميم المرونة الطبيعية للبامبو ، ويخلق هيكلًا فنيًا مستوحى من أوراق الشجر ومغطى بغشاء شفاف. تؤسس العقدة المتصلة الفولاذية العارضة المركزية المقوسة التي تم بناء هيكل الورقة عليها.[٥]	 **شكل رقم (١١) يظهر الاتجاه العضوي في التصميم**
	يتشكل سطح قوقع البحر من خطوط متموجة لتواجه حركة أمواج البحر فاستوحي التصميم شكل (١٢) من تلك التموجات انشاء مظلة ذات هيكل مطوي تعمل تلك الطيات على ثبات المظلة ومواجهة الرياح ومقاومة الأحمال.	 **شكل رقم (١٢) يظهر الاتجاه العضوي في التصميم مستوحاه من القوقعة**

1- الاتجاه الهندسي: يعد من أبسط الاتجاهات التصميمية المستخدمة في تشكيل غلاف التغطية وهي تعتمد على الأشكال الهندسية خاصة (سداسي الشكل والمعين والمثلث)، كما بالشكل (١٣) لما لهم من سهولة في تشكيل والتنوع في الصياغات وسهولة التجميع والمرونة في التكرار.		 **شكل رقم (١٣) يظهر الاتجاه الهندسي في التصميم**
2- هياكل مطوية (فن الأوريجامي): اهتم فن الاوريجامي بتشكيل الهياكل المطوية وزيادة صلابة البناء واستقراره من خلال عمليات الطي. كما دعمت تلك الطيات التشكيل الخارجي بتقليل الوهج الحراري من انعكاس الأشعة الشمسية الناتجة عن اختلاف مستويات السطح يتضح من الشكل(١٤) هياكل بنائية للمظلات تعتمد على عمليات الطي كما يظهر اثر التشكيل في مظهر السطح		  **شكل رقم (١٤) يظهر الاتجاه الاوريجامي في التصميم**

5- التطور التقني:

يمثل هذا الشق التطور التقني والتكنولوجي لكلا من الزجاج والهيكل الإنشائي الحامل له والذي من خلالهما تتم صياغة بعض الاعتبارات والمتطلبات التصميمية للمظلات الخارجية عامة والمرتبطة بالحرم الجامعي (لجامعة حلوان خاصة).



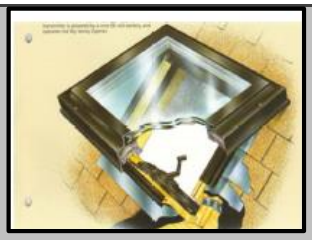
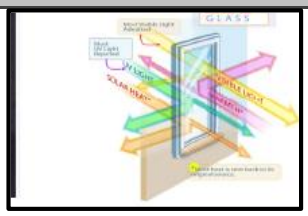
شكل رقم (١٥) يظهر العلاقة بين التطور التقني والتطور التكنولوجي في الهياكل الانشائية

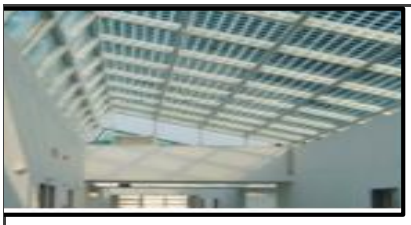
5-1- التطور التقني للزجاج (خاصة الزجاج الواقي من الأشعة الشمسية الضارة) :

الزجاج مادة لها من الميزات الخاصة التي تلبي المتطلبات الوظيفية للفراغ الداخلي والخارجي وقد تتطلب أنظمة تصميم المظلات اعتبارات خاصة مرتبطة بالمتانة والإستدامة ، ووفقا للخصائص الفيزيائية مواد التزجيج فهي تنقسم إلى السمك واللون والكتلة والكثافة البصرية والفيزيائية والملمس والسلوك الحراري. ومع التطور التكنولوجي وخاصة بعد الحرب العالمية الثانية ؛ فى عام ١٩٥٠م قدم البريطاني Pilkington زجاج عالي الشفافية لامع ذو خواص بصرية عالية الكفاءة منتجاً "بطريقة الطفو". مما ساهم ذلك في حدوث طفرة تكنولوجية في الزجاج مستمرة في التطوير، ومن الجدول (٢) يوضح دراسة مقارنة للأنواع الحديثة في الزجاج.

جدول (٢) دراسة مقارنة للأنواع الحديثة في الزجاج.

زجاج شفاف Clear glass	هو زجاج تقليدي من الزجاج العائم، يستخدم مفرد أو مزدوج أو ثلاثي الطبقات وتصل نفاذيته للضوءج المزدوج وثلاثي الطبقات المرئي ٨٥% بينما تقل النفاذية لكلا من الزجاج المزدوج والثلاثي إلي ٧٠% و٦٠% على التوالي.	
زجاج ملون Tented glass	ينقسم إلى نوعين أحدهما يعرف بالسميكthicker، وهو معدل للزجاج العادي بينما يتمتع بتحكم عالي في الإكتساب الحراري بينما تقل لديه النفاذية للضوء والأخر يتمتع بالنفاذية العالية للضوء وهو يغطي بطبقة من الأكسيد المعدني للوح الداخلي بينما	

التغطيات المختلفة Miscellaneous Glazing	يشمل مجموعة من التغطيات الزجاجية المختلفة كالزجاج المصفح **laminated glass** يدمج بطبقة من البولي فينيل بين لوحي الزجاج للحماية عند الكسر والتصاق اجزاه بطبقة الفينيل وهو من الزجاج الشائع الإستخدام ويفضل للمتاحف لحماية المعروضات من نفاذية الأشعة الفوق بنفسجية، أما زجاج الأمان الشبكي**wired glass** وهو أيضا شائع الإستخدام ويدمج بداخله شبك معدني بين لوحي الزجاج. أما الزجاج الفراغي**vacuum glazing** هو دمج ما بين الزجاج المخفض للإنبعاث في الطبقة الداخلية للحد من الإكتساب الحراري مع الزجاج الملو بالغاز.	 **زجاج فراغي vacuum glazing**
التغطيات الإنتقائية Wavelength Selective Coating	تنقسم تلك المجموعة إلى نوعين الأول الزجاج المخفض للإنبعاث **Low emissivity** يقلل من الإكتساب الحراري إلى ١٠% نظرا لإنعكاس الأشعة الحمراء إلى الخارج فهو يعمل كعاكس انتقائي للأشعة الشمسية الضارة وخاصة إذا ما تم دمجه في وحدات الزجاج المزدوج العازل . أما النوع الثاني الزجاج العاكس **Reflective glass**، فهو يحجب الأشعة الشمسية والحرارة المكتسبة ويعكس بنسبة تصل لأعلى من ٥٠% من الأشعة الشمسية.	 **Low emissivity** **زجاج المخفض للإنبعاث** **Reflective glass** **الزجاج العاكس**
الزجاج العازل Insulating glass	تتعدد أنواع الزجاج العازل فمنها الزجاج العازل الشفاف، يتم دمجه داخلياً بأي من الطبقات البلاستيكية، الجيل،الفيبر، أو اقراص العسل. وتتراوح نفاذية الضوء من ٤٥% إلى ٨٠%. الثاني زجاج **Aerogel glass** يستخدم لمنع الفقد الحراري من الداخل. تصل النفاذية لضوء النهار ل ٥٠% لوحدة زجاجية بسمك١٢مم، يتميز بالشفافية والصلابة وردئ التوصيل للحرارة حيث يملء الفراغ الهوائي بين ألواح الزجاج بمادة رغوية سيليكات مسامية دقيقة تقلل النقل الحراري، هناك نوعان محبب(على شكل حبيبات) ومتجانس (على شكل ألواح متصلة)	**Aerogel glass**

التغطيات الزجاجية عالية التقنية High Tech Glazing	تعتبر تلك التغطييات من الطلاءات البصرية للطيف الشمسي وتتميز باستقرارها تحت الظروف البيئية المختلفة وتعكس الأشعة الشمية الغير مرغوب فيها يعد زجاج Photovoltaicمن التكنولوجيا المتقدمة في الزجاج ومصمم بدمج الزجاج بخلايا شمسية لتوليد الكهرباء من الإشعاع الشمسي. تتنوع هذا النوع من الزجاج عالى التقنية كزجاج الفوتوكروميك(زجاج متغير بفعل الضوء) والثرموكروميك(زجاج متغير بفعل الحرارة) والإليكتروميك (زجاج متغير بالجهد الكهربي).	 **Photovoltaic glass** **Electrochromic glass**

جدول (٣) يوضح الأنواع المختلفة من الزجاج و معدلات النفاذية والحماية من الاكتساب الحراري.[٦]

المواد	زجاج أمان	Polycarbonate متعدد الجدار	Polycarbonate	جي ار بي	PVC
الشفافية	ممتاز	متوسط	ممتاز	متوسط	ممتاز
شفافية غير ملونة	متوسط	جيد	جيد	ممتاز	متوسط
قوة التحمل	متوسط	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ضعيف
معدل الحريق	فئة ٠، ١	فئة ٠,١	فئة ٠,١	فئة ٠،١،٣,٤	فئة ١ م
مقاومة الأشعة فوق البنفسجية	ممتاز	جيد	جيد	جيد	متوسط
المقاومة لدرجات الحرارة	جيد	جيد	جيد	ممتاز	متوسط
العزل الحراري	جيد	ممتاز	جيد	جيد	جيد
العزل الصوتي	ممتاز	متوسط	جيد	جيد	جيد
الصلابه	ممتاز	ممتاز	جيد	ممتاز	جيد
النسق (املمس)	نعم	لا	نعم	لا	لا
الألوان	نعم	نعم	نعم	نعم	
التقويس البارد	لا	جيد	ممتاز	جيد	جيد
القابلية للتشكيل	لا	لا	ممتاز	لا	ممتاز

جدول (٣) مقارنة لخصائص مادة الزجاج و المواد الأخرى في التغطيات.[٧]

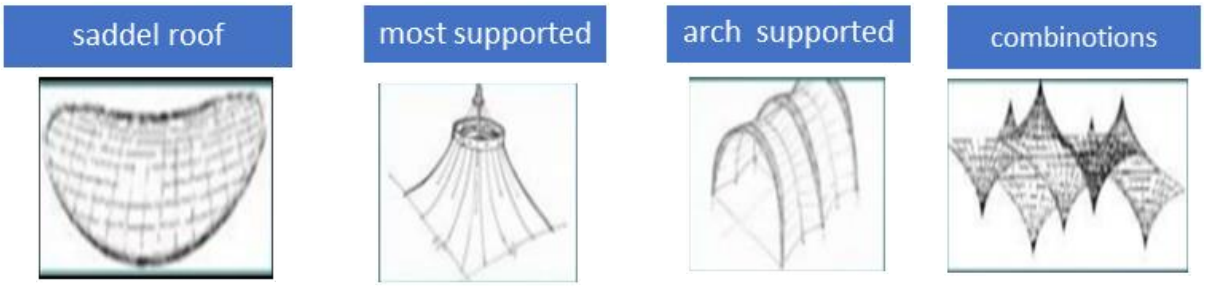
6- التطور الإنشائي للمظلات:

يجمع الهيكلي الإنشائي للمظلة ما بين الوظيفة والحركة والقيمة الجمالية (الشكلية)، يتطور النظام الإنشائي تبعا للحاجة (الوظيفة) التي يتطلبها نظام التغطية طبقا للمسافات والشكل والخامات المستخدمة والأداء الحركي لها. تصنف الأنظمة الإنشائية للبناء إلى : نظام الحوائط الحاملة /نظام الكابولي/ نظام الخيام/ النظام الهيكلي / النظام القشري.

6-1نظام الخيام: Tent structure

شكل رقم (١٦) الهياكل الخيامية

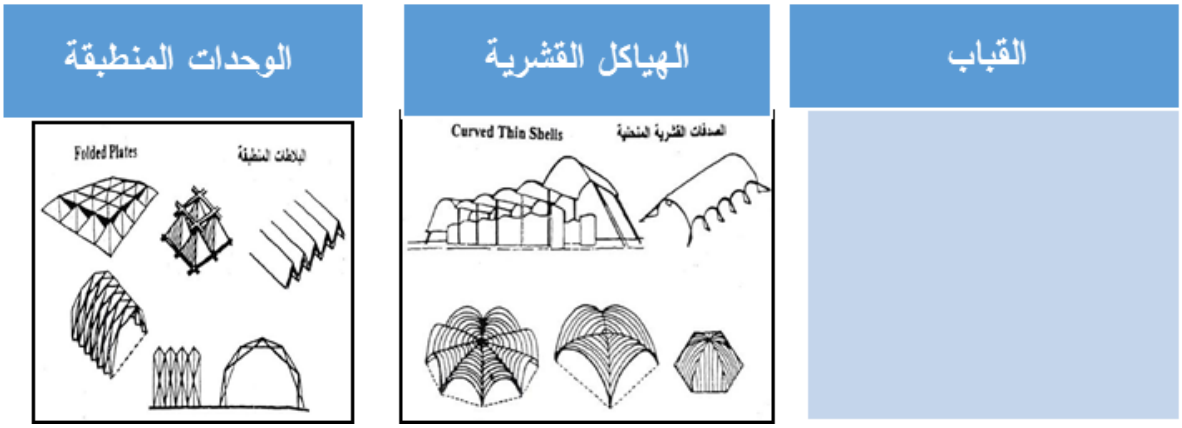
تعتبر الهياكل الخيمية من أقدم أنواع التغطيات كما بالشكل (١٦) . ومع التطور التقني للخامات والمنسوجات الصناعية كالفيبر جلاس أصبحت تغطي مساحات كبيرة وتتميز بأنها أبسط وأخف نظم الإنشاء على الإطلاق، إمكانية الإنتفاع الكامل بالمساحات الفراغية نظرا لقلة القطاعات الإنشائية المكونة له. يسمح بنفاذية الأشعة الشمسية والضوء بدرجات متفاوته والفكرة الإنشائية الأساسية هي تحويل القوى إلى قوى شد وضغط وبالتالى الغاء عزوم الإنحناء عن طريق تشكل شكل النسيج المغطي للمنشأ الخيامي، تتنوع أشكالها كما بالشكل (١٧).



شكل رقم (١٧) أشكال مختلفة من الخيام

6-2- النظام القشري: shell structure

يمثل النظام القشري تغطيات للبحور الكبيرة فهي تصمم بدون أعمدة داخلية حيث توجد أعمدة خارجية فقط على المحيط الخارجي للفراغ ويعرف عادة "الهياكل بوحدات السطحية surface structures"، فهي تقاوم وتنقل الأحمال بالرغم من ضئل سمكها إلا انها تعتمد على الأتجاه الصحيح وموضع الدعامات المناسبة لإداء هيكلها. كما بالشكل (١٨)



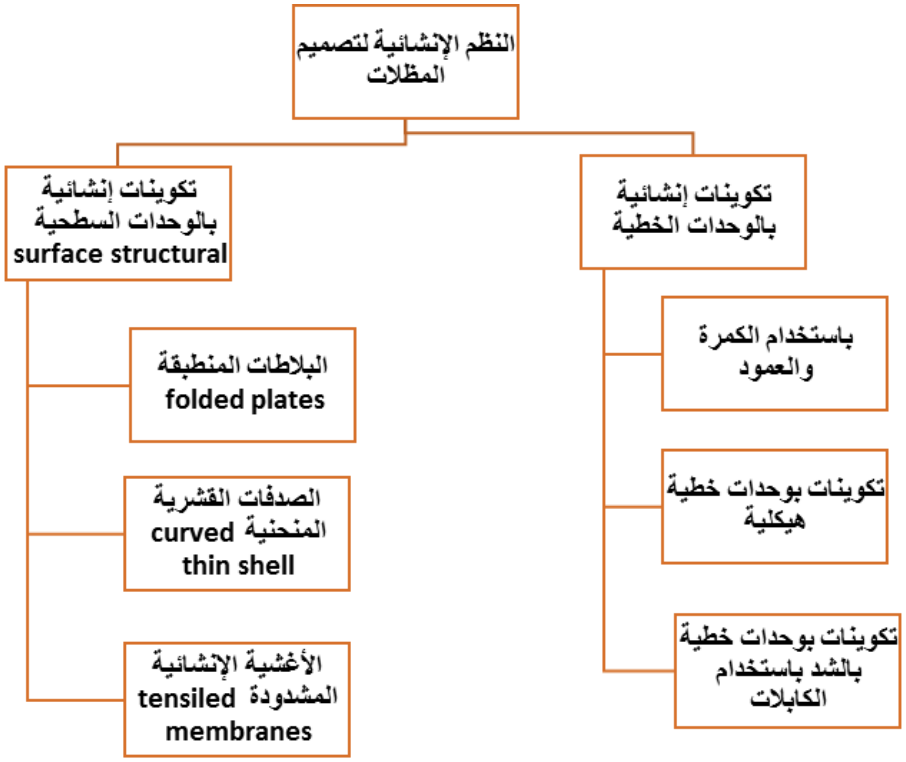
شكل رقم (١٨) أشكال مختلفة من االنظام القشري

6-3- النظام الهيكلي : (beam and column- frames -trusses-arch)

هو نظام يعتمد على نقل أحمال السقف والأرضيات إلى كمرات عرضية ثم تنقل إلى الأعمدة ثم أساسيات المبنى ومن ثم يصنف النظام الهيكلي إلى الأعمدة والكمرات، الإطارات (تطوير لفكرة العمود والكمرة حيث يدمج فيها كلاهما ليصبحا عنصرا واحدا ..تزداد البحور بين نقاط الإرتكاز)، الجمالونات (قد تكون بوحدات خطية، يتضح ذلك من الشكل (١٩):

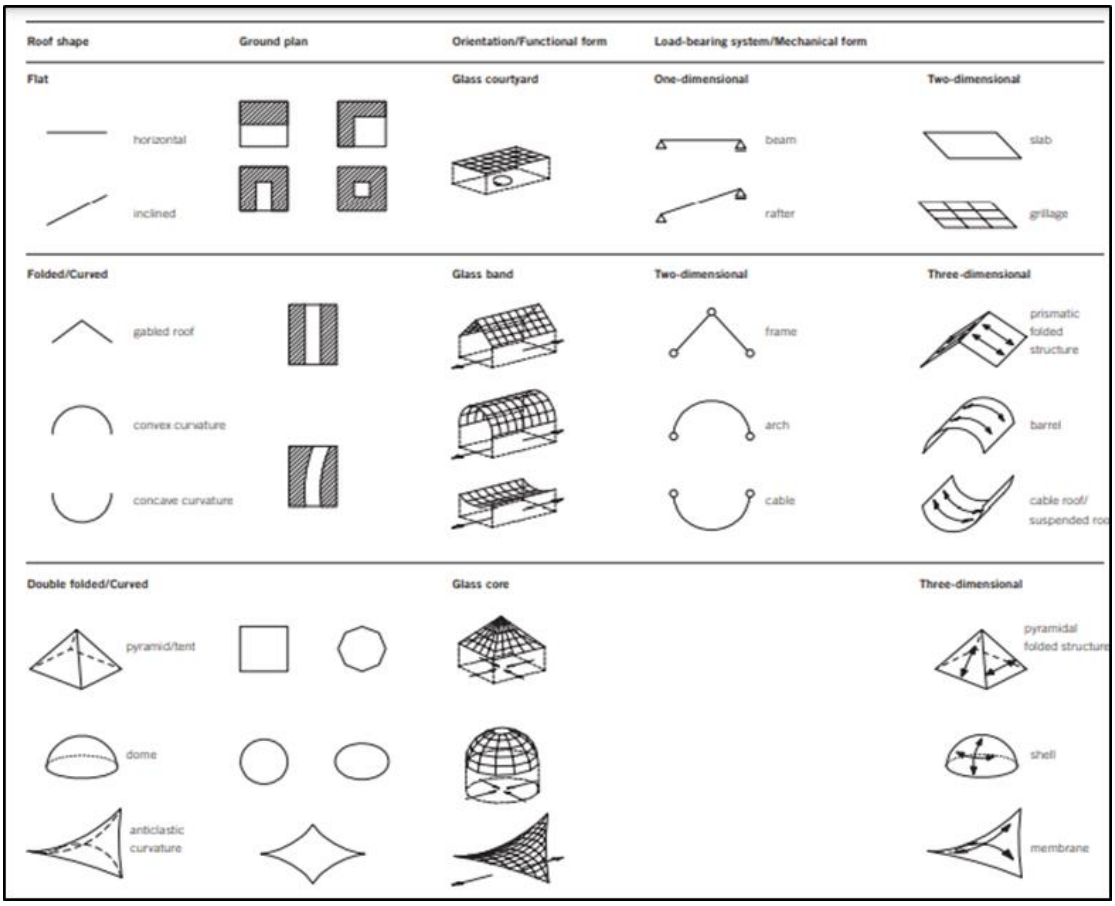
شكل رقم (١٩) انواع النظام الهيكلي

تصنف النظم الإنشائية للمظلات من أنظمة الإنشاء المعدنى الخفيف، ويمكن تقسيمها كما بالشكل (٢٠) إلى :



شكل رقم (٢٠) النظم الإنشائية لتصميم المظلات

اضافة لتلك التصنيفات إلا أن التغطيات الزجاجية تتبع بعض الأنظمة للتسقيف والتي تتضح من شكل (٢١).



شكل رقم (٢١) يوضح التصنيفات المختلفة لأشكال الأسطح الزجاجية المستخدمة في التغطيات السقفية[٩]

7- بعض النماذج من الهياكل الإنشائية للمظلات الزجاجية

يستوحى الهيكل الإنشائي من أغصان الشجر كما بالشكل (٢٢) من الخشب والفولاذ في حيث ينتمي للنظام الإنشائي الكابولي ، حيث تتكون المظلة من أعمدة رأسية تمثل العنصر الأساسي في الإنشاء وتتصل بأزرع كابولية لتصبح العنصر الحامل لسقف التغطية وهو مكون من هيكل من الفولاذ لحمل الزجاج ومثبت بالنظام العنكبوتي. شكلا آخر من النظام الكابولي بينما للأسطح المنحنية يشكل النظام من أعمدة رأسية تتصل بها أذرع كابولية منحنية الشكل تثبت بها الأذرع العنكبوتية مباشرة لربط الألواح الزجاجية كما بالشكل(٢٣)

شكل (٢٢) هيكل إنشائي لمظلة بالنظام الكابولي **شكل (٢٣) يوضح نظام كابولي لمظلة زجاجية**

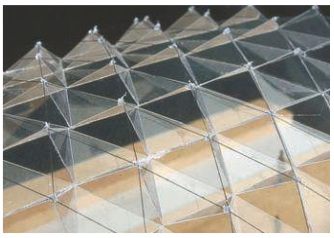
ومن الشكل (٢٤) يوضح هيكل إنشائي مكون من وحدات خطية منحنية لتمثل كعنصر انشائي حامل لسقف التغطية وهو مكون من مجموعة متقاطعة من القطاعات المعدنية مكونة بانوهات مستطيلة الشكل ليثبت بداخلها الألواح الزجاجية بينما في شكل (٢٥) هياكل من العقود الفولاذية بوصلات من النظام العنكبوتي لتثبيت الزجاج.

شكل (٢٤)
هيكل انشائي بالتكوينات الخطية المنحنية من الزجاج والمعدن

شكل (٢٥)
هياكل من العقود الفولاذية بوصلات من النظام العنكبوتي لتثبيت الزجاج

بينما لتثبيت الهياكل الأســـطوانية أو القببية فتتجه لنظام الكابلات وهو مكون من وحدات زجاجية رباعية الســـطوح، كما موضـــح بالشـــكل (٢٦) متحف ماكســـيميليان،ايســـبرغ Augsburg 2000 لعام ٢٠٠٠. للمصـــمم Chr. Schlaich, J. Wong مظلة أنبوبية الشكل بامتداد ١٤م .

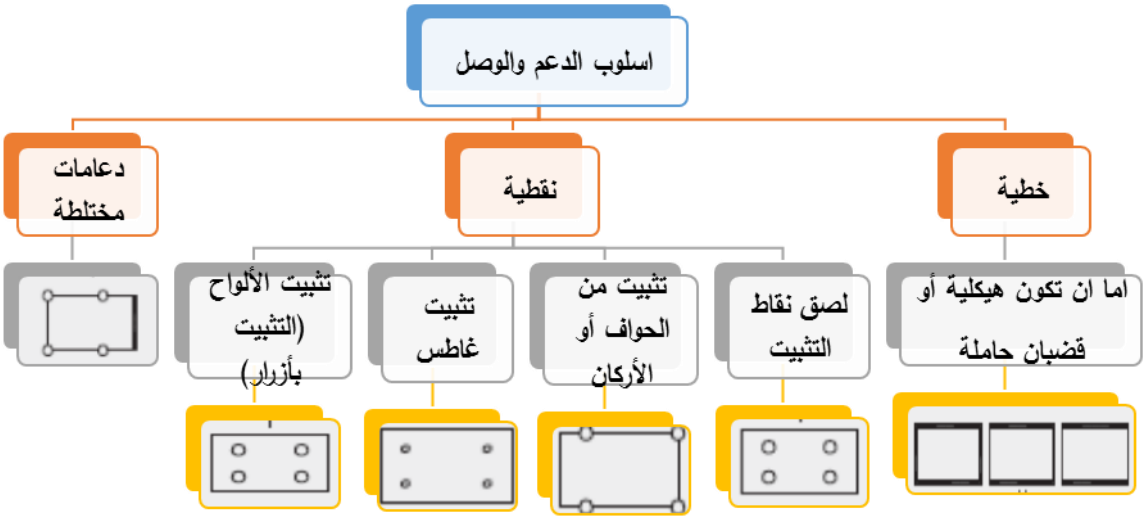
ومع التطور التقني أصبح الزجاج من العناصر الإنشائية ففي الشكل (٢٧) نموذج لمظلة زجاجية استخدم فيها نظام الكابلات مع الربط بين الشرائح الزجاجية المثلثة لتصبح من العنصر الحامل إنشائياً



شكل (٢٦) يوضح اللوح
الزجاجي كعنصر انشائي في
البناء من خلال الكابلات

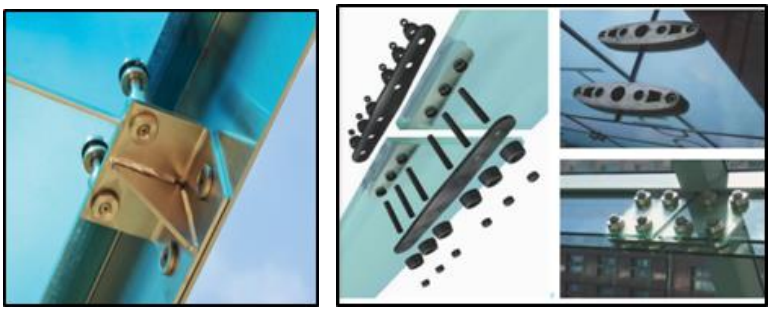
شكل (٢٧) استخدام الألواح الزجاجية كعنصر حامل مع نظام الكابلات

- **التثبيت من خلال عمليات الربط والتجميع:**



شكل (٢٨) يوضح نظم الدعم والربط للهيكل الإنشائي الزجاجي[١٠]

يتم تثبيت الزجاج من خلال التثبيت النقطي، الربط من خلال علبة من المسامير كما موضح بالشكل (٢٩)



شكل (٢٩) يوضح ثبيت الزجاج الربط بين ألألواح من خلال علبة من المسامير، التثبيت النقطي على التوالي.

8- الاعتبارات التصميمية والانشائية لتصميم المظلات الخارجية والعامة

شكل (٣٠) الاعتبارات التصميمية لتصميم المظلات الخارجية

المحددات التصميمية	الوصف
اعتبارات جمالية	اللون- الظل والنور – الملمس- الهيئة (التشكيل سواء دوراني أو مثلث- مخروطي- مستطيل الشكل).
اعتبارات بيئية	التهوية والاظلال (مدى الحماية من التعرض للأشعة الفوق بنفسجية) وكلاهما يتأثران بالمدخلات التصميمية من الجانب الجمالي كتأثير نسبة الملمس أو تشكيل السطح في نسبة الإظلال والتهوية.
اعتبارات تكنولوجية	• ترتبط بخامة الزجاج من الجانب التقني وخواصه في الحماية من الأشعة الفوق بنفسجية وتوفير الطاقة • طرق تثبيتها ومقاومتها للرياح وبين الهيكل الإنشائي الداعم له. – المتانة والصلابة . – تلائم الهيكل الانشائي مع المتطلب الوظيفي والشكل للمظلة. – مراعاة الأحمال الذاتية (الزجاج، الهيكل الإنشائي)

9- الجانب التطبيقي

عادة ما يتطلب الفراغ العمراني بعض المساحات الظلية في جميع المناطق الخارجية حيث يتجمع الناس ويقضون الوقت خلال اليوم. توجد بعض المناطق لديها الحاجة إلى الظل أكثر من غيرها، سواء كانوا في فناء خلفي خاص أو حديقة عامة. لذا فهناك بعض الشروط او الاعتبارات التي يجب مراعاتها أو اتباعها. تتمثل في:

- ❖ تحديد المواقع وتحديد أولوياتها (باجراء جرد المناطق المظللة لتحديد جميع المواقع التي يوجد بها الظل و تحديد أولويات المواقع على أساس أكبر حاجة للظل)
- ❖ التخطيط والتنفيذ.
- ❖ تقييم مشروع الظل.[١١]

وقد استهدف البحث جامعة حلوان ؛ تتميز جامعة حلوان بمساحة شاسعة وتقع جنوب شرق القاهرة، يتسم مناخها بالحرارة الشديدة صيفاً والأمطار الغزيرة شتاءاً، مما يتطلب حماية للطلاب وأساتذة الجامعة والعاملين والوافدين إليها من أشعة الشمس صيفاً والأمطار شتاءً. لذا اهتمت الدراسة بتحقيق مناطق ظلية تتلائم مع متطلبات الحرم الجامعى..

وبدراسة الموقع وجد الحاجة الظلية لبعض الأماكن التالية وكان منها:

- الممرات الداخلية لجامعة حلوان ومسارات الحركة الطلابية.
- الساحات الداخلية كموقع انتظار للطلاب (الكافتريات- ساحات أمام المدرجات)
- الأسوار الخارجية عند البوابات (مظلات لممرات المشاة حول السور الجامعي).
- أماكن ركن السيارات

وبدراسة الموقع (جامعة حلوان) وجد مجموعة من التغطيات المختلفة داخل الجامعة، فمن الشكل (٣١) يوضح مجموعة من المظلات كممرات للمشاة، حيث يتكون الهيكل الإنشائي للمظلة من أعمدة معدنية رأسية شدت إليها مجموعة من الكابلات المعدنية، وسقف التغطية مصنوع من مجموعة من الأغشية النسيجية.

شكل (٣١) يوضح لقطات مختلفة لمظلات لممرات المشاة داخل جامعة حلوان

كما توجد تغطيات أخري من المعدن والخشب أستخدمت فيها وحدات من العقود الهيكلية مشكلة من حزمة ثلاثية من المواسير المعدنية مثبتة على مجموعة من القواعد الأسمنتية ومغلفة تلك العقود بشرائح خشبية متراصة في اتجاهات طولية.[١٢]

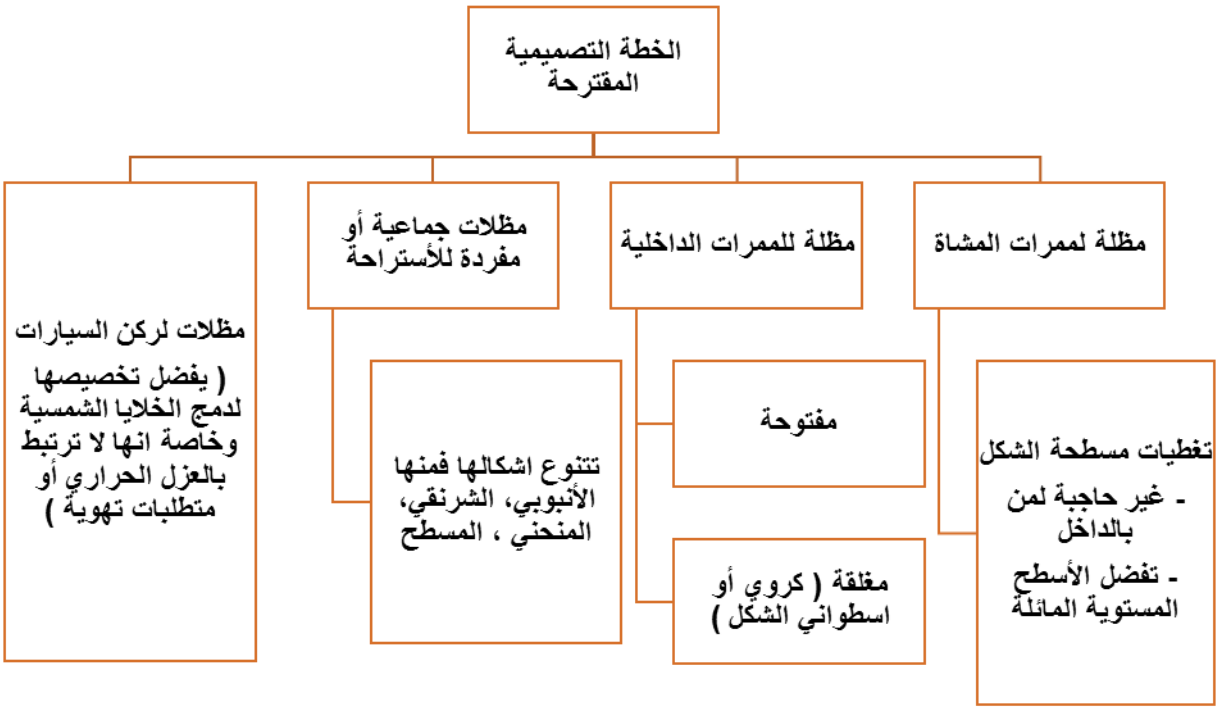
شكل (٣٣) يوضح منظر خارجي لمظلة لمرور المشاة داخل جامعة حلوان

شكل (٣٤) يوضح منظر داخلي لمظلة لمرور المشاة داخل جامعة حلوان

الاعتبارات التصميمية للخطة التصميمية المقترحة :

[redacted]	[redacted]
ممرات المشاة	❖ يفضل تغطيات مسطحة ❖ يفضل أن تكون غير حاجبة لمن بالداخل (لتجنب الأثر السلبي على النفس للجمهور بداخل الحرم الجامعي او الحدائق أو ما شابه) ❖ تفضل الأسطح المستوية المائلة بدلا من المنحنية لسهولة انزلاق مياه الأمطار وعدم تكدسها فوق الغطاء الزجاجي
مظلة للممرات الداخلية	❖ مغلقة (كروي أو اسطواني الشكل) لابد من ترك مساحات للدخول والخروج، كما يراعى اعتبارات التهوية والتظليل. ❖ مفتوحة (يراعي استخدام انواع خاصة من الزجاج للحماية من الاكتساب الحراري (زجاج

	المخفض للأنبعاث مع دمج زجاج الفولتوضوئي لتخزين الطاقة الشمسية واعادة توليدها كطاقة كهربية، ❖ يفضل أن تكون مائلة او متدرجة (مسننة) لإنكسار الأشعة الشمسية وإمكانية دمج الألواح الشمسية في وضع مواجه للأشعة الشمسية).
مظلات جماعية أو مفردة للأستراحة	❖ إلا انه يراعي استخدام الزجاج العازل والزجاج المخفض للإنبعاث مع مراعاة النسق لخلق فراغات للتهوية إذا كانت مغلقة
مظلات لركن السيارات	❖ يفضل تخصيصها لدمج الخلايا الشمسية وخاصة انها لا ترتبط بالعزل الحراري أو متطلبات تهوية



❖ **المحور الأول: مظلات لممرات المشاة حول أسوار الجامعة:**

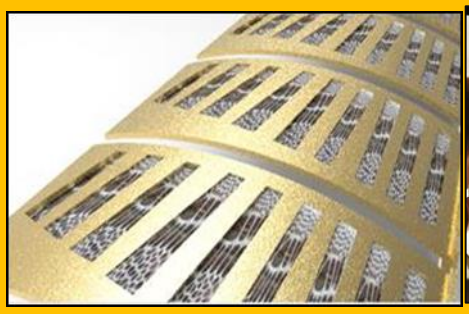
الفكرة الأولى : اعتمد الاتجاه التصميمي على الاتجاه الهندسي

الاتجاه التقني : الزجاج المستخدم وحدة من الزجاج العازل أحدهما من الزجاج المقوى بسمك ١٠مم والأخري من الزجاج الشفاف الصودي ويتم معالجته بالحفر بالرمال بسمك ١٢ مم، النظام الإنشائي من نظام الإطارات الخطية لتصبح كحامل للمسطحات الزجاجية بزاوية ميل ١٠درجات داخل اطار من الألومنيوم المصبوب المجوف ليحمل خدمات الصرف والكهرباء و/ أو الألياف الضوئية.

النسق المستخدم : مستلهم من التشكيلات النباتية بهدف تشكيل بعض المناطق الظلية والضوئية من خلال تطبيقه على الألواح الزجاجية بتقنية الرش بالرمال

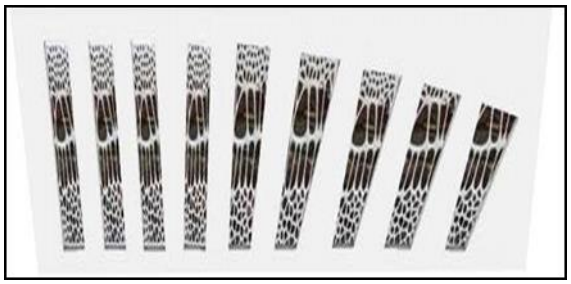
لقطات منظورية

الفكرة التصميمية الثانية : اعتمد الاتجاه التصميمي على الاتجاه الهندسي

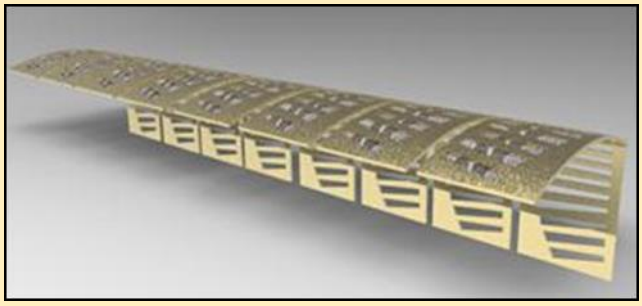


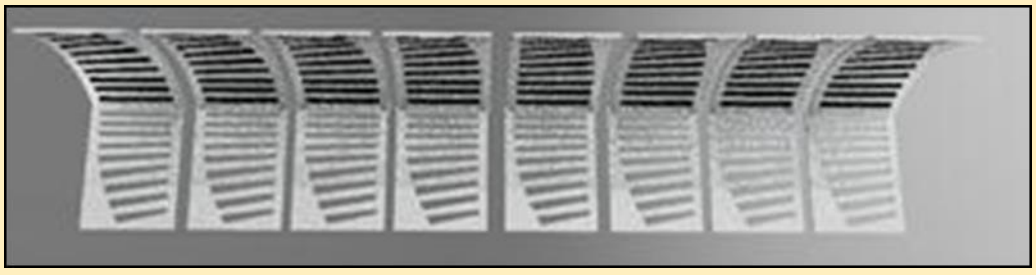
الاتجاه التقني: الأبعاد الأفتراضية للوحدة الزجاجية ١٥٠سم* ١٠٠سم للوح الواحد ويقترح أكثر من بديل للوحدة الزجاجية فإما أن تكون وحدة زجاجية عازلة أحدهم من الزجاج المخفض للإنبعاث يتم تقسيته وثنيه حرارياً مع دمج شرائح لونية يصل طول الشريحة ١٥٠*٤٠سم، أو أن يستخدم وحدات من زجاج الخلايا الشمسية لتحويل الطاقة الشمسية واستخدامها للإنارة ليلاً مع دعم الإطار المعدني بوحدات الصرف الصحي تصريف المياة . اتخذ النظام الإنشائي لنظام الإطارات المنحنية مع التقسيم الداخلي لمساحات مستطيلة تزرع بداخلها الألواح الزجاجية

النسق المستخدم : اعتمدت الوحدة الزجاجية على دمج الرقائق المعدنية (معدن النحاس) أو رقائق (الألومنيوم) بين وحدة الزجاج العازل لتحقيق النسق الذي يحقق تشتت للأشعة الشمسية مما يقلل من حدتها وتم صياغة النسق من نسق الفورنوى.[١٣]



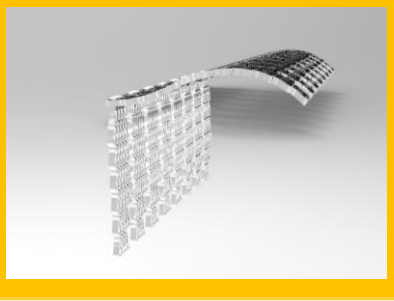
البدائل اللونية :



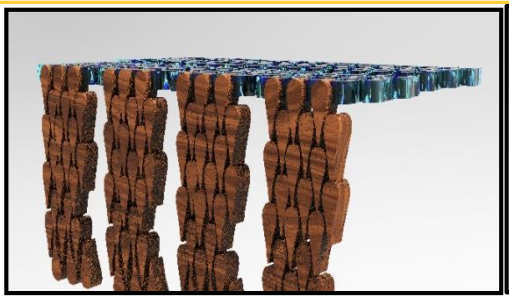


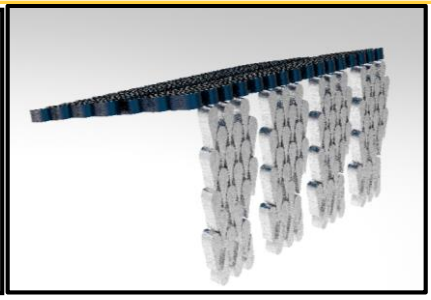
الفكرة التصميمية الرابعة:

الاتجاه التصميمي:الاتجاه الهندسي.



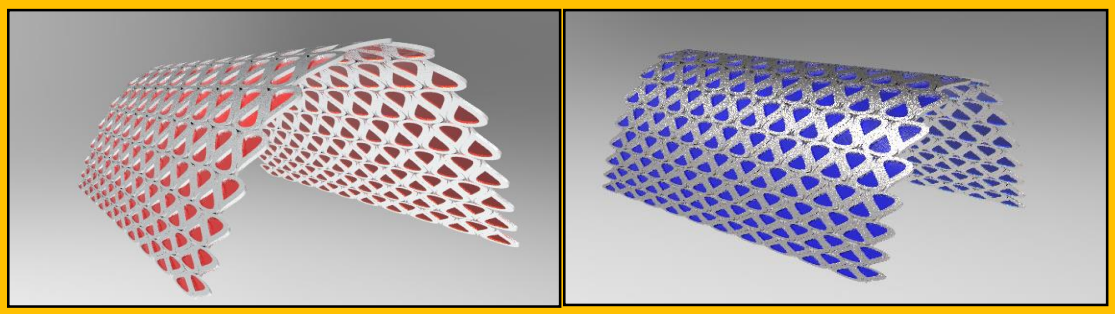
الاتجاه التقني: وحدات من الزجاج الملون منتج بطريقة الكبس ومجمعة داخل إطار معدني . اتخذ سقف التغطية احتمالين في التشكيل اما مستو مائل بزاوية ميل ١٠ درجات أو منحني لسهولة تسريب المياة وعدم تراكم مياه الأمطار كما اعتمدت فكرة التصميم علي تشتت الضوء من خلال اثر نسق التشكيل في البارز والغائر في الوحدة التشكيلية.





المجور الثاني للتصميم : ممرات المشاة الداخلية للحرم الجامعي:

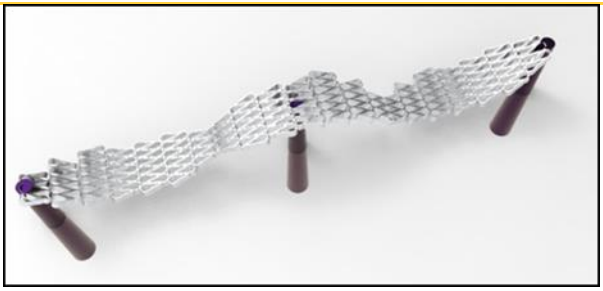
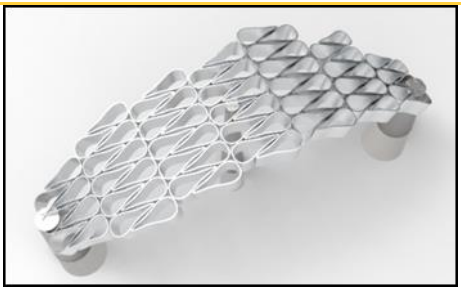
الفكرة التصميمية الخامسة :الاتجاه التصميمي : وحدات هندسية داخل هيكل نصف اسطواني الهيئة



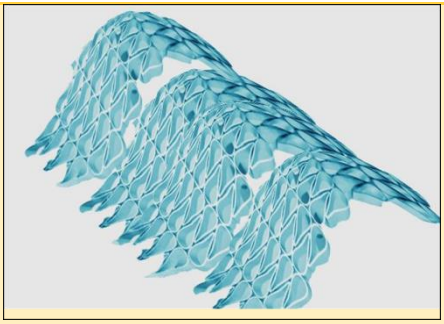
شكل (ا)

الاتجاه التقني :الزجاج المستخدم من الزجاج العاكس داخل إطارمعدني كما بالشكل (أ) وبالمثل كما بالشكل (ب) مع اختلاف هيئة المظلة من هيئة أنبوبية (اسطوانية الشكل) إلى أسطح منحنية الشكل.

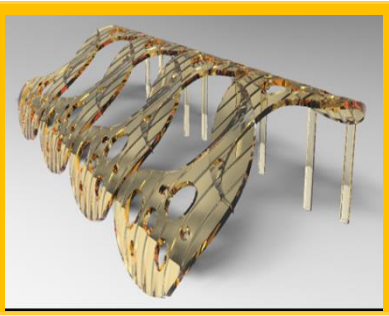
مع الدعم في الشكل (أ) بعقود حاملة لسقف التغطية مع ترك مسافات بينية بين الوحدات الأسطوانية في حال تكرار التغطية.

شكل (ب)



شكل (ج)

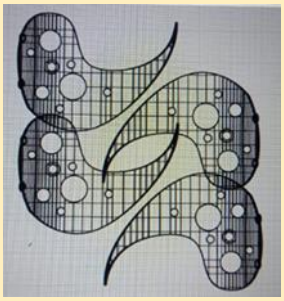


الفكرة التصميمية السادسة: مستوحي من الإتجاه العضوي، افترض النظام الإنشائي من نظام الإطارات مختلفة الإنحناءات كعنصر أساسي حامل للتغطية الزجاجية ويتم تثبيت الألواح الزجاجية بالنظام العنكبوتي مع تراص الألواح الزجاجية طولياً.

الأبعاد : الإرتفاع الكلي للمظلة ٣,٥م ، طول اللوح الزجاجي ٥٠×١٠٠م بسمك ١٢مم من الزجاج الملون

نماذج للإطارات الحاملة للتغطية

لقطات منظورية مختلفة للتغطية من المسقط الأفقي

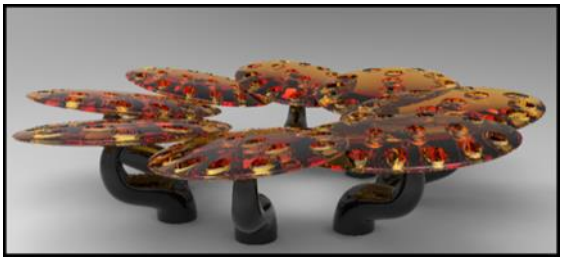


المحور الثالث: أفكار تصميمية لمظلات جماعية أو مفردة للإستراحة

الفكرة التصميمية السابعة: اتجه الفكر التصميمي للاتجاه العضوى، اتبع النظام الإنشائي النظام الكابولي حاملا لهيكل معدني ليحمل الألواح الزجاجية ، افترض الزجاج المستخدم من الزجاج العاكس ، أبعاد اللوح الواحد ١,٥×١,٥ بسمك ١٢مم

نموذج للهيكل الإنشائي الحامل لسقف التغطية من النظام الإطارات

لقطة منظورية

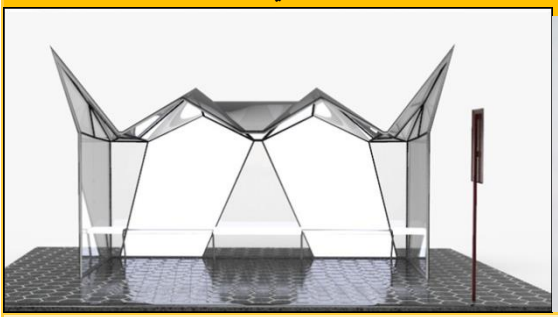


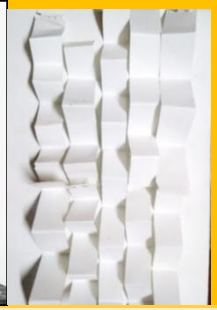
الفكرة التصميمة الثامنة: اتجه العمل نحو الفكر العضوي متبنيا نسق الفرونوي في التشكيل

الأبعاد: ارتفاع المظلة ٣,٥م ، مشكلة من الألواح الزجاجية الملونة تختلف أبعادها تبعا للتصميم المفترض

الاتجاه التقني: النظام الإنشائي يتبع نظام العقود ومقسم سطح التغطية لتقسيمات غير منتظمة الشكل لإسقاط بداخلها الألواح الزجاجية . الألواح المستخدمة من الزجاج المصفح المقوى حراريا مع طبقة زجاجية ملونة ويتم التثبيت داخل الإطارات

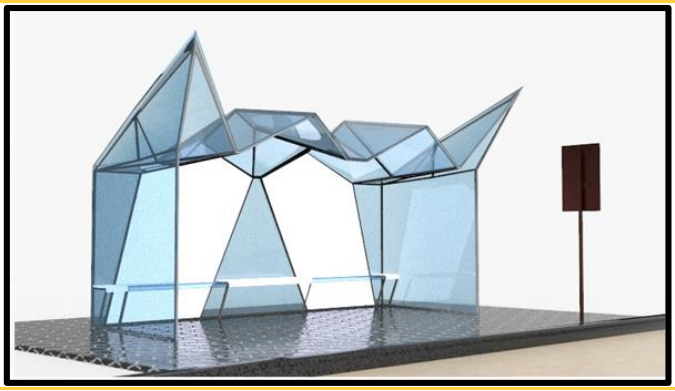
الفكرة التصميمية التاسعة: اتجهت نحو الإتجاه الأوريجامي





(فكرة الطالبة ندي وائل/ الفرقة الثالثة، مقرر تصميم معماري / تحت إشراف الباحثة٢٠٢٠)

الأبعاد : يصل طول المحطة ٣م ×١,٥×٣م ، المثلثات الزجاجية : يتراوح طول ضلع المثلث ٥٠سم



يتبع النظام الإنشائي الحامل لنظام الإطارات مع استخدام وحدات زجاجية من الزجاج التحكم الشمسي مدمجة مع زجاج الخلايا الفولتوضوئية لتشغيل المحطة كهربيا وانارة الطريق ليلا.

النتائج:

1- تعتبر المظلات الزجاجية مسطحة الشكل المائلة أو ذات أسطح متدرجة أو مسننة أفضل عن مثيلتها المستوية السطح لتقليل حدة الاشعة الشمسية.

٢- لابد من دمج أنظمة السحب والتخلص من مياه الامطار الزائدة وأنظمة الصرف والكهرباء فى الأعمدة الهياكلية الحاملة للنظام الزجاجى وخاصة فى المسطحات الزجاجية المستوية.

٤-إمكانية تشكيل المظلات الزجاجية مفردة الانحناء من خلال التشكيل بالشرائح الزجاجية مع الربط والتثبيت على اطار معدنى.

٥- امكانية استخدام الزجاج كعنصر انشائى حامل للاحمال من خلال نظام تشكيل البناء وأسلوب التراص.

٦- يفضل استخدام الزجاج المخفض للإنبعاث وزجاج الفولوتوضوئي في وحدات الزجاج المدمجة لتحسين الأداء الحراري وتوفير الطاقة.

التوصيات:

1- التعاون بين مؤسسات الصناعة والاستثمار وهيئات البحث العلمي والعمل الأكاديمي والطلابي لدعم وتجميل الشارع المصري والمؤسسات بمشاريع وظيفية جمالية كالمظلات الزجاجية لتطبيق وتجريب وقياس الأداء لضمان التطوير الدائم والمستمر.

2- تفعيل دور الزجاج كعنصر إنشائي هام تفعيل زجاج الخلايا الشمسية لتوفير الطاقة في تشكيل وتجميل الفراغات العامة والخاصة

3- الاهتمام بتجميل وتلبية متطلبات الشارع المصري من مظلات وتغطيات ظلية كافية عند أسوار المؤسسات العامة والهامة وأماكن الانتظار، مع توفير أماكن ظلية للاستمتاع وقضاء أوقات ممتعة .

المراجع :

المراجع العربية :

1- المظلات والمصدات https://download-engineering-pdf-ebooks.com/13892-redirect almizallat walmasaddat , https://download-engineering-pdf-ebooks.com/13892-redirect

2- فوزى أبو العزم، هاني - مفهوم التصميم البيئي وأثره على تصميم المظلات المعدنية كأحد نظم الإنشاء المعدني الخفيف- مجلة العمارة والفنون – العدد الحادي عشر- الجزء الأول -٢٠١٨

– Hani Fawzy Abo Elazm- Mafhom Altassmim Albeey wa asarhw ala tassmim ELmezallat Almaadania kahad nozom alenshaaa almaadany alkhfif- magalet alamara wa alfnon –adad hadi asher- gozaa 1- 2018.

المراجع الأجنبية:

1- Sun Smart Victoria, Shade Guidelines, Cancer Council Victoria, Melbourne, 2015 at sunsmart.com.au.

2- Graham Dodd, Structural Glass Sandwich Panels, presented at GPD 2017,at glassonweb.com.

3- Jan Wurm , Glass Structures Design and Construction of Self—Supporting Skins, Birkhauser Verlag AG, Berlin

4- Karam M.Al-Obaidi, A Review of Skylight Glazing Materials in Architectural Designs for a Better Indoor Environment, Modern Applied Science, 2013. At www. Researchgate.net.

مواقع الإنترنت :

1- https://www.awningsbydesign.com.au/wp-content/uploads/2019/01/Canopy-Awnings.jpg
2- WWW. Library. Online/files/download
3- https://www.bdcnetwork.com/final-report-bdcs-2020-color-trends-report
4- https://www.designboom.com/architecture/studiokca-nasa-orbit-pavilion-01-25-2016
5- http://www.bamboocompetition.com/spages/1369-09.html
6- https://www.glassonweb.com/news/vitro-architectural-glass-launches-solarvolttm-bipv-glass-modules

---

[1] https://www.awningsbydesign.com.au/wp-content/uploads/2019/01/Canopy-Awnings.jpg

[2] www.books.library.online/files/download

[3] https://www.bdcnetwork.com/final-report-bdcs-2020-color-trends-report

[4] https://www.designboom.com/architecture/studiokca-nasa-orbit-pavilion-01-25-2016/

[5] http://www.bamboocompetition.com/spages/1369-09.html

[6] Karam M.Al-Obaidi, A Review of Skylight Glazing Materials in Architectural Designs for a Better Indoor Environment, Modern Applied Science, 2013. At www. Researchgate.net

[7] Karam M.Al-Obaidi, A Review of Skylight Glazing Materials in Architectural Designs for a Better Indoor Environment, Modern Applied Science, 2013. At www. Researchgate.net

[8] المظلات والمصدات WWW. Library. Online/files/download

[9] Jan Wurm , Glass Structures Design and Construction of Self—Supporting Skins, Birkhauser Verlag AG, Berlin

[1] Jan Wurm , Glass Structures Design and Construction of Self—Supporting Skins, Birkhauser Verlag AG, Berlin

[1] Shadeguidline.pdf at sunsmart.com.au

[١] د. هاني فوزى أبو العزم– مفهوم التصميم البيئي وأثره على تصميم المظلات المعدنية كأحد نظم الإنشاء المعدني الخفيف– مجلة العمارة والفنون – العدد الحادي عشر– الجزء الأول–

[١] مخطط الفورونوى: هو نظام رياضيوهندسي، ذو نوع خاص من التحلل من الفضاء المترالذي يتم تحديده من قبل مجموعة منفصلة من النقاط، وهو يصف العديد من الهياكل الموجودة في الطبيعة ما بين المرئية وغير المرئية كهياكل شمع العسل أو درع السلحفاة