رقم البحث (5)

أهمية رفع كفاءة الإضاءة الطبيعية فى المبانى وتأثيرها على راحة المستخدمين

The importance of raising the efficiency of daylight in buildings and its impact on the users' convenience

مقدم من : د.م. / أحمد حنفى محمود أحمد

دكتور مهندس – رئيس قسم الهندسة المعمارية

بمعهد القاهرة العالى للهندسة وعلوم الحاسب والإدارة–القاهرة الجديدة

القاهرة – جمهورية مصر العربية

Tel./0226247111

Mob./01022338171-01146000117

Email address : elwessam4@Gmail.com

❖ **ملخص البحث :**

- تمتلك البيئة عناصر كثيرة يمكنها المرور إلى الفراغات الداخلية بصور حسية متنوعة ومنها الشعاع الضوئى حيث يعطى إنطباعات ومشاعر متنوعة يمكن التحكم فيها بناء على التحكم فى خصائص الضوء، والخلل فى متطلبات الإضاءة ينتج عنه العديد من المشاكل الصحية والنفسية والعضوية حيث تسهم الإضاءة فى تحقيق الإستقرار النفسى للإنسان إلى جانب إسهامها فى المحافظة على الصحة العامة له، بالإضافة إلى التأثير الجمالى والعاطفى وما تولده من إنطباعات حسية داخل الإنسان من الإحساس بالفراغ من حيث الضيق والإتساع، الإحساس بالراحة والإسترخاء أو بالإرتباك والتشتت، الإحساس بالخصوصية، الإحساس بالرضا والسرور، الإحساس بالأمان أو بالخوف، ويجب أن يراعى تجنب مشكلات الإضاءة حيث تتنوع إحتياجات الفراغات للإضاءة وتختلف باختلاف وظائفها وخصائصها فلكل وظيفة متطلباتها البصرية التى تتناسب معها، وتحسين الأداء البصرى يرتبط **بعاملين أولهما** : توفير مستويات الإضاءة بالقدر اللآزم لتأدية الوضائف البصرية، **وثانيهما:** تحسين جودة الإضاءة بقدر الإمكان لتلافى المشاكل البصرية، وبالرغم من إختلاف مصادر الضوء الطبيعى كماً وكيفاً إلا أنه يجب تحقيق الهدف العام من الإضاءة الطبيعية بالمبنى وهو إعطاء ضوء ذو جوده عالية مع حجب الإنعكاسات ونسب السطوع العالية مع التغلب على جميع مشكلات الإضاءة، ويكون كل ذلك للوصول من خلال كفاءة الإضاءة الطبيعية إلى راحة المستخدمين للفراغات المعمارية المختلفة وظيفياً وتجنب الأضرار الصحية والنفسية الناتجة عن سوء إستخدام وتوظيف الإضاءة الطبيعية فى المبانى.
- وتستخدم الطاقة الضوئية القادمة من الشمس فى العمارة بطريقتين سالبة وموجبة، فالطريقة السالبة يتم فيها إستخدام ضوء النهار كما هو حيث يتم الإعتماد على تشكيل المبنى وطبيعة مواده دون الحاجة إلى إستخدام معدات ميكانيكية أو بذل طاقة لذلك، أما الطرق الموجبة للإضاء منها إستخدام مجمعات الضوء، وإستخدام أنابيب الضوء الشمسى، حيث تسعى الإستراتيجيات المبتكرة للإضاءة الطبيعية لكسر حواجز الأساليب التقليدية، ونقل الضوء الطبيعى إلى الأماكن التى لا يوجد بها فتحات أونوافذ أو الفراغات البعيدة عن مصدر الضوء، وذلك من خلال نظم موجهات الضوء الطبيعى، والتى كانت تستخدم فى توفير الضوء الطبيعى فقط إلى أن تم تطويرها فى اللأونة الاخيرة لتجمع بين الإضاءة الصناعية مع الإضاءة الطبيعية حيث يوجد الكثير من النظم والإبتكارات المستخدمة فى رفع أداء الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات العميقة والبعيدة عن الضوء وتستخدم هذه الوسائل فى حالة تعذر توافر الإضاءة الطبيعية بالشكل التقليدى ومن هذه الأنظمة ما يعتمد على تعقب مسار الشمس للحصول على أكبر إستفادة ممكنه من أشعتها في إضاءة الفراغات الداخلية، ومن هذه النظم ما أثبت جدواه إقتصادياً ومنها ما لم يحقق النجاح المرجو ومنها ما هو رهن التطوير فعلى مدار العقد الماضى تم التركيز على تطوير التقنيات الفنية وأداء نظم الإضاءة لزيادة وتوسيع إستخدامها فى المبانى.

❖ **هـــدف البحـث :**

الهدف من البحث هو التأكيد على أهمية الوصول إلى الإضاءة الطبيعية المطلوبة داخل الفراغات والتى تعتمد على عدة عوامل منها نوعية ووظيفية وحجم هذا الفراغ بالإضافة إلى التوقيت الزمنى المستخدمة فيه، حيث أن كفاءة أداء المبنى يعتمد فى جزء كبير منه على رفع كفاءة وتوظيف الإضاءة الداخلية بالشكل الأمثل، وذلك من أجل الوصول إلى راحة المستخدمين بالفراغات المعمارية، وتجنب الأضرار الصحية والنفسية لهم والناجمة عن سوء تصميم وتوزيع الإضاءة الطبيعية داخل هذه الفراغات.

❖ **التساؤلات المـثارة :**

- هل للإضاءة الطبيعية تأثير مباشر على حياة الإنسان؟ وهل يمكن من خلال التصميم والتوزيع الجيد للإضاءة تجنب المشاكل الناتجة عنها لمستخدمى الفراغات المعمارية ؟
- ما مدى إمكانية إستخدام التقنيات والأساليب التكنولوجية الحديثة لرفع كفاءة الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات ؟

❖ منهجيـة البحـــث :

يتم الوصول إلى الغرض المطلوب من خلال تقسيم الورقة البحثية إلى 3 أجزاء وهى : **أولا: دراسة الإضاءة الطبيعية وأهميتها فى المبانى** من خلال التعرف على مفهوم الضوء وأنواع ومكونات الإضاءة الطبيعية مع التأكيد على أهميتها وتأثيرها المباشر على راحة المستخدمين وتأثيرها على صحة الإنسان العضوية والنفسية، **ثانيا: يتم التعرف على النظم الحديثة للإضاءة الطبيعية من أجل رفع كفاءة الأداء البيئى للمبانى**، وتوصيل الضوء الطبيعى إلى الفراغات البعيدة، وذلك من خلال دراسة إستراتيجية نظم توجيه الضوء الطبيعى والعناصر المكونة لهذه النظم وخصائصها وتكاملها مع أنظمة المبنى المختلفة، **ثالثا: إستغلال العمارة الشمسية الضوئية فى رفع كفاءة الإضاءة الطبيعية**، مع تحليل بعض الأمثلة كتطبيق لإستخدام النظم التكنولوجية فى تحسين أداء الإضاءة الطبيعية، وصولاً إلى النتائج النهائية المرجوة من البحث والتوصيات.

❖ تمهيـد البحـــث :

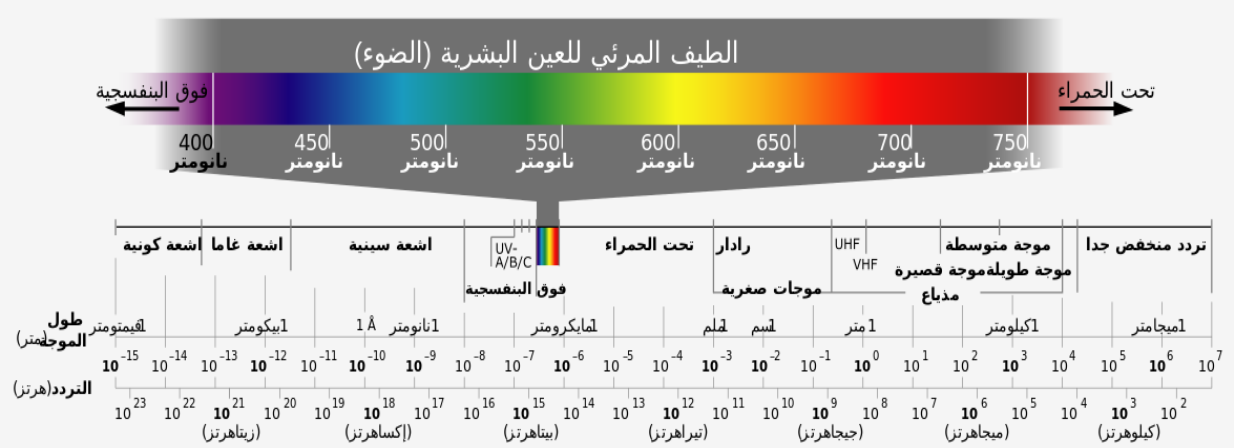
تمثل الإضاءة جانبا مهماً من جوانب العمل التصميمي والذي يرتبط به إرتباطاً وثيقاً نظراً لما تحققه من جوانب مهمة وعلى مختلف المستويات فهى بنوعيها الطبيعية والإصطناعية مثلت مجالاً خصباً للبحوث والدراسات وأسهمت نتائجها فى رفد الحركة المعمارية ودعمها بشكل مستمر، فلا يتوقف الإحتياج إلى الإضاءة على شدتها فقط بل يضاف عامل أخر وهو توزيع الضوء داخل الفراغ بصورة جيدة، فإن كمية الإضاءة فى فراغ ما ليست هى نهاية التصميم الضوئى لأنه قد تكون الإضاءة كافية من ناحية شدة الضوء ولكنها غير مريحة للبصر وتسبب كثيراً من الضيق وذلك لكون مصادر الضوء غير مدروسة أو لم تكن موزعة توزيعا جيداً داخل الفراغ، فالراحة البصرية تشكل تحديا عند تصميم الضوء، كما أكد العلماء على أن الرؤية فقط تستهلك ربع الطاقة الكلية اللآزمة للجسم فى حالة الإضاءة غيرالصحية، أى أن أى نقص فيها معناه إستنزاف الطاقة من الجسم لتعويض هذا النقص، بالإضافة إلى أن كمية الإضاءة المطلوبة للفراغ تعتمد على وظيفته وحجمه فضلاً عن طبيعة تباين الفراغ الداخلي والمحيط الخارجي.

كما تعد الإضاءة الطبيعية بلا شك أحد أهم متطلبات البيئة الصحية حيث لم يعد الإهتمام التصميمى العالمى يركز فقط على تقليل الإضاءة الصناعية داخل الفراغات وإنما امتد ليشمل التركيز على تحسين جودة الإضاءة وتناسب كميتها مع طبيعة الفراغ الداخلى ووظيفته ليتم الوصول إلى التصميم ذو الإستعمال المخطط للضوء الطبيعى بواسطة التقنيات والإستراتيجيات الذكية بما يحسن من كفاءة الطاقة بتقليل الإضاءة الصناعية وأحمال التبريد الناتجة عنها، لذلك سوف يتناول البحث دراسة الإضاءة الطبيعية وأهميتها فى المبانى مع التعرف على إستراتيجية النظم المبتكرة المستخدمة فى توجيه الإضاءة الطبيعية لأعماق الفراغ بل وإلى الفراغات الداخلية المظلمة التى لا يصلها الضوء الطبيعى بطريقة مباشرة، وأخيراً إستغلال العمارة الشمسية الضوئية كتطبيق فى رفع كفاءة الإضاءة الطبيعية، حيث لم يعد الإتجاه السائد هو فقط تطوير نظم الفتحات أوالإضاءة السقفية لإعتبارها مسئولة عن نفاذ الضوء للداخل وإنما بدأ الإتجاه لإستخدام نظم ضوئية مبتكرة لتحسين أداء الضوء الطبيعى بالفراغات الداخلية للمبنى.

1- الجزء الأول : نبذة عن الإضاءة الطبيعية وأهميتها فى المبانى

1-1 مفهوم الضوء

عندما تثار الذرة بفعل الحرارة ويصبح أحد الإلكترونات فى مستوى طاقة للذرة عال، ولا يستطيع الإلكترون البقاء فى ذلك المستوى فسرعان ما يقفز إلى طاقة سفلى ويطلق فارق الطاقة فى هيئة فوتون (شعاع ضوء) له تردد وطول موجة محدد، والضوء المرئى للعين البشرية هو ذلك الإشعاع الكهرومغناطيسى ذو طول موجى يقع بين نحو740نانومتر(الضوء الاحمر) و380 نانومتر (الضوء البنفسجى) شكل(1)، والطاقة الإشعاعية للأطوال الموجية المختلفة تعطي إحساسا بالألوان من البنفسجي إلى الأزرق والأخضر والأصفر والبرتقالي ثم الأحمر، والظاهرة المسماة بالضوء تمثل قدراً بسيطاً من الإشعاع.



شكل (1): يوضح الأشعة التى يمكن للإنسان رؤيتها بالأشعة الشمسية والأطوال الموجية والترددات لها

المصدر:www.asc-csa.gc.ca

2-1 أنواع الإضاءة في المباني

تنقسم الإضاءة إلى نوعين إضاءة طبيعية وإضاءة صناعية:

1-2-1 الإضاءة الطبيعية

المصدر الأساسى للإضاءة الطبيعية هو الشمس وتتوقف خواص الإضاءة الناتجة وتختلف بإختلاف الموقع والبعد عن خط الإستواء، وحالة الطقس والمناخ سواء بتتابع الفصول أو بتغير حالة الجو وحركة الشمس على مدار اليوم، وقد عرف لوكوربوزييه العمارة على أنها اللعب المتقن والماهر والصحيح بالكتل تحت الضوء، فالضوء بشدته وتتابعه هو الذي يحرك الفراغات المختلفة ويصبغها بالحياة، فيجب على المهندس المعمارى الإهتمام بدراسة الإضاءة الطبيعية لتحقيق تصميم سليم متمتع بالضوء الطبيعى، و ذلك من خلال التوجيه السليم للفراغات المختلفة، والإبتكار والتجديد في عملية اللعب بالإضاءة الطبيعية عن طريق التشكيلات المختلفة للكتل في الواجهات، وإستخدام النظم والأساليب الحديثة لتحسين مستوى الإضاءة الطبيعية وتوفيرها فى كافة الفراغات المعمارية.

2-2-1 الإضاءة الصناعية

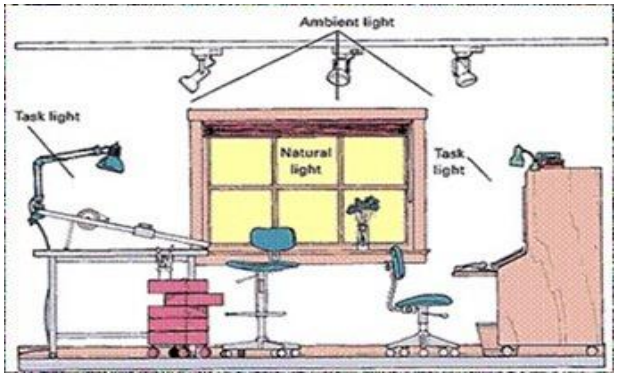
لا تستطيع الإضاءة الطبيعية توفير جميع المتطلبات الضرورية لممارسة الإنسان نشاطاته المختلفة في جميع الأوقات، فتُستَخدم الإضاءة الصناعية عندما تكون الإضاءة الطبيعية غير كافية أو فى فترات الليل، كذلك قد تفرض بعض المتطلبات الوظيفية والتقنية والإقتصادية إقامة مبانى لا تدخلها الإضاءة الطبيعية لضرورات شتى كالمحافظة على درجة حرارة أو درجة رطوبة ثابتتين، وعند تصميم الإضاءة الصناعية لابد من معرفة نوع ووظيفة المكان المراد إضاءته، وتنقسم الإضاءة الصناعية إلى نوعين :

أ) الإضاءة العامـــة: هى التى تضئ المكان ككل للمساحات غير المحدودة شكل(2).

ب) الإضاءة الخاصة: تكون هذه الإضاءة محددة ومركزة على سطح العمل لأدآء نشاط معين كالقراءة مثلا، شكل (3).

كما يتم إستخدام الإضاءة الصناعية بأساليب مختلفة حسب الوظيفة المستخدمة من أجلها، فمنها الإضاءة الموجهة والتى تستخدم لتبرز النقاط الجمالية فى الفراغ، والإضاءة المباشرة ويعيب هذا النوع من الإضاءة الظلال الشديدة فوق سطح العمل وهذا الأسلوب يناسب الأعمال الدقيقة مثل أعمال الحفر أو تصفيف الحروف بالمطابع حيث يساعد الظل على إظهار الحروف وبالتالي تلافى الخطأ، والإضاءة الشبه مباشرة، والغير المباشره حيث ينعكس الضوء على الأسقف والجزء العلوى من الحوائط، والإضاءة المختلطة.

شكل(2): يوضح الإضاءة العامة فى المساحات غير المحدودة



شكل(3): يوضح الإضاءة الخاصة والمركزة على سطح العمل

المصدر:www.ergo-eg.com

3-1 مكونات الضوء الطبيعى

يمكن تقسيم الضوء الطبيعى الذى يصل إلى نقطة معينة داخل الفراغ إلى عدة مركبات تختلف بإختلاف حالة السماء شكل(4) وهى:

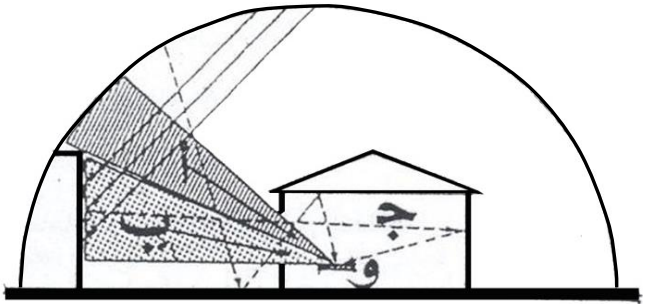
أ) **ضوء الشمس المباشر Direct Sun Light**: يؤدى إلى العديد من المشاكل عند تعرض المبنى المباشر له مما يستوجب عدم التعامل المباشر معه لما يحمله من حرارة وأشعة ضارة.

ب) **ضوء السماء Sky Light:** ينتج من الإنكسارات المتعددة فى ضوء الشمس أثناء مروره فى طبقات الغلاف الجوى وينتج عنه إضاءة متجانسة وتختلف شدة الإضاءة تبعا لإختلاف التوجيه وإختلاف فصول السنة.

ج) **الضوء المنعكس خارجياً Externally Light Reflected:** ويشمل الإضاءة المنعكسة من الأرض أو من الأجسام المجاورة المختلفة مثل عناصر تنسيق الموقع والمبانى المحيطة ويتوقف هذا النوع من الإضاءة على معامل إنعكاس الأسطح الخارجية لهذه المصادر والتى تعد من العوامل الهامة فى تصميم الإضاءة.

د) **الضوء المنعكس داخلياً Internally Light Reflected:** على الأسطح الداخلية للفراغات من عناصر تشطيبات الحوائط والأرضيات والأسقف والأثاث وألوانها المختلفة ونوعية الأسطح الداخلية، ونوع الزجاج وحجم الفتحات وأماكنها ونوع دعائمها وإطارها والتي تؤثر في مجموعها على كل من الإنعكاسات الداخلية وكمية الإضاءة الطبيعية الداخلة إلى الفراغ.

مكونات الإضاءة الطبيعية لنقطة (و)
(ا) مركبة السماء.
(ب) المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية.
(ج) المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية.



شكل (**4**): يوضح مكونات الإضاءة الطبيعية الداخلية

المصدر: http://srv4.eulc.edu.eg/eulc_v5/Libraries/start

4-1 أهمية الإضاءة الطبيعية وتأثيرها على راحة المستخدمين

عند تصميم الأبنية ينحصر فكر المعمارى في كيفية إضاءة الفراغات الخاصة بها بالقدر الذي يساعد على الرؤية ويظهر عناصرها المعمارية وهو لهذا يلجأ إلى وسائل مختلفة طبقا لما تقتضيه طبيعة الموقع وحالة الإضاءة وفى بعض الأحيان يضطر إلى الإستعانة بالإضاءة الصناعية عندما تنخفض الإضاءة فى عمق المبنى، ولكن الإضاءة الطبيعية لها أهمية كبيرة، وتتفاعل بشكل مؤثر فى تكوين البيئة المحيطة بالإنسان.

وتتمتع بعدد من المميزات منها :

أ) تأثيرها على صحة الإنسان

أجريت العديد من الأبحاث لدراسة تأثير الإضاءة على صحة الإنسان، سواء النفسية أو الجسدية، كشفت أن الخلل فى متطلبات الإضاءة ينتج عنه العديد من المشاكل الصحية والنفسية والعضوية، فمتطلبات الإضاءة لا تقتصر فقط على وضوح الرؤية وإنما لها دور فى تنظيم وظائف أعضاء الجسم وتخفيف الصراع النفسى الذى يعانى منه الإنسان.

- **على الصحة العضوية**

الإضاءة الطبيعية تتغير في شدتها ولونها من الشروق إلى الغروب ومن يوم لآخر وفى خلال شهور السنة مما يحافظ على نشاط الإنسان وتكيفه مع المكان الذى يعيش فيه، وأكدت الأبحاث أن الإنسان يحتاج إلى التغيير المستمر فى إضاءة المرئيات حتى يحافظ على مستوى ذكائه، كما أن الثبات فى الإضاءة له أثر سيئ بالنسبة لمعدلات إفراز الهرمونات وعلى الجهاز التنفسى وحيوية الأوعية القريبة من الجلد وكذلك مقدرة الإنسان على الإحساس، فالإضاءة لها دور هام فى تنظيم وظائف أعضاء جسم الإنسان، والإنخفاض فى مستوى الضوء يؤدى إلى الشعور بالإجهاد وتركيز السموم بالجسم، كما أكدت أن الأشخاص المعرضين لإضاءة غير صحية يصابوا بتليف الأنسجة وتمزق الشرايين وإضطراب الدورة الدموية وأمراض الكلى وضعف عضلات القلب علاوة على نقص كمية الأكسجين بأنسجة الجسم (hypoxia) والإصابة بالشيخوخة المبكرة، كما أثبتت الأبحاث إن للإضاءة تأثير منشط للأعصاب نتيجة التغيرات التي تطرأ على كرات الدم البيضاء عند تعرض الإنسان للإضاءة، ولوحظ أن الأطفال الذين تم تعريضهم بصفة يومية للأشعة فوق البنفسجية تنخفض أمراض الجهاز التنفسى لديهم بشكل ملحوظ، وتتحسن قدرتى السمع والرؤية عندهم، هذا بالإضافة إلى العديد من الأبحاث التى أثبتت التأثيرات الإيجابية للإضاءة الطبيعة على الجينات في جسم الإنسان، وعلى إفرازات الغدد ونشاطها.

- **على الصحة النفسية**

للإضاءة الطبيعية تأثير قوى على الصحة النفسية للإنسان فمستويات الإضاءة المتوفرة فى فراغ ما قد تكفي للرؤية إلا إنها قد تخفق فى إيضاح غموض المكان ورسم صورة مريحة بالمخ، وهذا قد يصيبه بالإرتباك النفسى ويعرض صحته النفسية للإضطراب، ونظام الإضاءة المستخدم فى بيئة ما يمكن أن يولد لدى الإنسان نوعين من الإنطباعات أو ردود الفعل، أحدهما جمالي Aesthetical والأخر عاطفي Emotional فرد الفعل الجمالى كأن يشعر الإنسان أن المكان جيد أو سيء، ساطع أو مظلم، أو نحو ذلك من ردود الفعل التى هى فى مجملها ردود فعل لحظية، أما رد الفعل العاطفي كأن يشعر الإنسان أن المكان مبهج أو هادئ أو نشط أو نحو ذلك من ردود الأفعال التى تعبر عن إحساس عميق بالنفس تكون تلقائيا بعد فترة من المكوث بالمكان.

ب) دورها في تمييز الألوان

للإضاءة الطبيعية أهمية فى إظهار الألوان فمن الصعب تمييز مجموعة من الألوان المجتمعة فى حالة الإضاءة الصناعية ولكن يكون من السهل تحقيقه تحت تأثير الضوء الطبيعى حيث يعتبر وسطاً صحيحاً لمراجعة الألوان خاصة الإضاءة الشمالية فتظهر الألوان في صورتها الطبيعية.

جـ) أهميتها فى الإحساس بالفراغ

الإضاءة الطبيعية تضيف أو تزيد من الإحساس بالإتساع بالنسبة للفراغ وذلك لأن فتحة الإضاءة الطبيعية تفتح الفراغ للخارج مما يعطى إحساسا بأنه أكثر إتساعا لذا يجب اختيار مواقعها بعناية عند التصميم، كذلك فإن دخول الضوء الطبيعى في الفراغ يخلق خاصية ديناميكية بداخله، وذلك لما يحققه من تباين فى لون الفراغ وفى الضوء نفسه مما يزيد من جمال الفراغ وزيادة جاذبيتة مؤدى إلى الإحساس بالبارز والغاطس وبالملمس واللون والإتساع وغيرها من المظاهر الجمالية، حيث يؤدى التغير في اتجاه ضوء الشمس إلى إضفاء البعد الثالث على الأجسام.

د) دورها فى الإتصال بالطبيعة الخارجية

إن من أهم خصائص نوافذ الإضاءة أنها تعد قنوات إتصال حيوي بين الداخل والخارج وهو ما يحقق عنصراً هاماً وهو الإتصال الخارجي (View) والذي يؤثر فى الإحساس بالوقت والإتجاه والإحساس بالتوازن ويتحقق ذلك من خلال رؤية الضوء الطبيعي متخللاً عناصر تنسيق الموقع من نباتات وأشجار ومسطحات مائية وغيرها، كما أن فتحات الإضاءة الطبيعية تشبع لدى الإنسان رغبة في البقاء بقربها.

هـ) الإحساس بالزمن

تساعد الإضاءة الطبيعية الإنسان على الإحساس بالزمن شكل(5)، فإنعزال الإنسان داخل المبانى المغلقة وإنقطاعه عن التغيرات البيئية الطبيعية بالخارج يفقده الإحساس بتعاقب الليل والنهار وهو مايربك ساعته الداخلية، فإتصال الإنسان بالعالم الخارجى يجعل مايراه من تغير يتفق مع ما تمليه عليه ساعته الداخلية.

و) أهميتها في حالة الطوارئ

هناك عوامل منفعية أخرى للمبانى المضاءة طبيعياً وهو دور فتحات الإضاءة الطبيعية (النوافذ) فى حالات الحريق وغيره من حالات الطوارئ.

شكل (5): يوضح تغيير مستويات اللإضاءة الطبيعية على مدار اليوم يعطى الإنسان الإحساس بالزمن
المصدر :www.igutzzini.com

وبعد ذكر المميزات للإضاءة الطبيعية ومدى تأثيرها على راحة المستخدمين للفراغات المعمارية المختلفة فى المبانى، ومن أجل الوصول إلى رفع كفاءة الأدآء البيئى وخاصة الإضاءة الطبيعية للمبانى، سوف يتنأول الجزء الثانى من البحث دراسة النظم الحديثة للإضاءة الطبيعية وكيفية الإستفادة منها فى رفع كفاءة الإضاءة الطبيعية فى المبانى.

2- الجزء الثانى: النظم الحديثة للإضاءة الطبيعية من أجل رفع كفاءة الأدآء البيئى للمبانى

تستخدم نظم توجيه الإضاءة الطبيعية daylight guidance systems(DGS) لتوصيل الضوء داخل الفراغات البعيدة عن مصادره التقليدية مثل النوافذ أو فتحات الأسقف والتى تعتبر محدودة فى نقل الضوء لهذه المساحات، فيوجد العديد من النظم المبتكرة لتوجيه الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات التى لا يصلها الضوء الطبيعى بطريقة مباشرة، وقد تم تطويرنوعين منها: الأول نظم تنتج إضاءة طبيعية فقط مثل أنظمة التوجيه الأنبوبية (tubular daylight guidance systems(TDGS)، وهى ناجحة تجارياً، والنوع الثانى نظم الإضاءة المهجنة(hybrid lighting system(HLS) حيث تنتج إضاءة طبيعية وإضاءة صناعية، أما البعض الآخر من نظم التوجيه غير منتشر على نطاق واسع مثل نظام الهليوباص والأنابيب الشمسية solar light pipe(SLP)، كما يوجد العديد من النظم الناجحة من الناحية النظرية ولكنها غير ناجحة من الناحية الإقتصادية مثل نظام سولاكس Solux، ونظام Arthelio، وبعض هذه النظم لم يتخطى مرحلة النمذجة النظرية والمادية، فتعمل هذه التكنولوجيا على التقاط الضوء الطبيعى بإستخدام المجمعات ونقله داخل المبنى بإستخدام ناقلات الضوء، ومن ثم توزيعه داخل الفراغ، وفيما يلى دراسة هذه النظم.

1-2 العناصر المكونة لنظم توجيه الإضاءة الطبيعية(DGS)

تتكون هذه النظم من ثلاثة عناصررئيسية هى: عناصر التجميع لإستقبال الضوء، وعناصر توجيه الإضاءة إلى نقطة الإستخدام، وعناصر التوزيع عند نهاية نقط الإستخدام.

1-1-2 دراسة عناصر التجميع (مجمع الضوء الطبيعى) Daylight Collector

تحتوى جميع نظم التوجيه على مجمعات للضوء الطبيعى والتى تقع فى النهاية الخارجية لها، حيث تحدد خصائص هذه المجمعات مقدار الضوء الطبيعى الذى يتم تجميعه وخواصه .

أ) العناصر البصرية فى مجمعات الضوء

قد تكون هذه العناصر بسيطة مثل إستخدام قبة زجاجية شفافة أو مجموعة من المرايا والعدسات، وتستخدم القبة الشفافة والمعالجة لمنع نفاذ معظم الأشعة فوق البنفسجية شكل (6)، عادة فى نظم موجهات الضوء الأنبوبية tubular daylight guidance systems (TDGS) ، أما فى نظم سولاكس solux وUFO يتم إستخدام عدسات فريسنيل بقطر1م، وتقوم بتركيز أشعة الشمس شكل(7)، وفى أنظمة هيمأوارى وParans يتم إستخدام مصفوفة من عدسات فريسنيل صغيرة الحجم شكل(8)، كما يتم إستخدام مجموعة من المرايا فى نظام الإضاءة المهجنة HSL شكل(9)، وهذه النظم دقيقة للغاية تحتاج لمهارة فنية فى التركيب، أما فى نظم scis يتم إستخدام مجموعة من 74 مرآة شكل(10)، كما تستخدم أيضا مجموعة من المرآيا والعدسات فى نظم الهليوباص Heliobus وArthelio، أما نظام هيماوارى فيعتمد على عدسات فريسنيل السداسية لتجميع الضوء وتركيزه شكل (11).

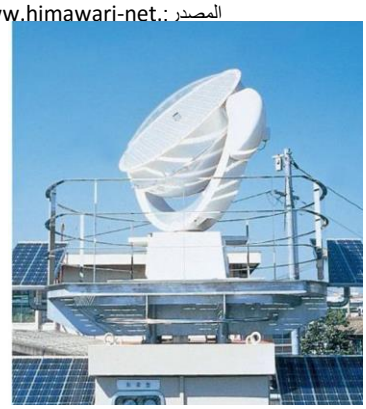
شكل(6):يوضح استخدام أنابيب الإضاءة الثابتة والتى يمكن أن يكون ملحق بها ملقف هواء
المصدر:www.eren.doe.gov

شكل (7):يوضح استخدام عدسات فريسنيل فى Solux collector
المصدر:www.solarserver.com

شكل (8):يوضح استخدام مجموعة عدسات فريسنيل فى Himawari small collector
المصدر:www.himawari-net.

شكل (9):يوضح استخدام المرآيا فى HSL collector
المصدر:www.jimonlight.com

شكل (10):يوضح استخدام مصفوفة المرايآ فى SCIS collector
المصدر:www.chinagb.net



شكل(11):يوضح مجموعة عدسات فريسينيل المتحركة بنظام هيماوارى
المصدر:www.himawari-net.co.jp

ب) قدرة مجمعات الضوء على الحركة

المجمعات فى نظم موجهات الإضاءة الأنبوبية TDGS شكل(12)، وبعض أنظمة الهليوباص Heliobus تكون ثابتة سواء تم تركيبها أفقياً على سطح المبنى أو رأسيا على الواجهة أو مائلة بإتجاه الأشعة الشمسية، أما فى معظم الأنظمة الأخرى فتحتوى مجمعات الضوء على نظم تتبع مسار الأشعة الشمسية على مدار اليوم لتوفير أقصى قدر من الإضاءة الطبيعية، أما نظام هيماورى فيحتوى على مجسات شمسيةSun Sensors لتحديد موقع الشمس ومن ثم الإحتفاظ بالعدسة دائما موجهة إلى الأشعة الشمسية، مع ضرورة متابعة وسائل التحكم فى حركة المجمعات للزيادة من الكفاءة الضوئية الناتجة، كما لابد من دراسة تأثير الظلال ووضع المجمعات بعيدة عن مصادر الظل.

جـ) تركيب مجمعات الضوء وتوجيهها

توضع المجمعات على الأسقف أو على واجهات المبنى وتكون المجمعات المثبتة على الأسقف أكثر تعرضا للأشعة الشمسية على مدار اليوم أكثر من المجمعات المثبتة على الواجهة، وهذا النوع أكثر ملائمة للتطبيق فى الطوابق العلوية الأخيرة والمبانى ذات المسقط الأفقى العميق، أما المجمعات الملحقة بالواجهات مثل نظام SCIS، وبعض أنواع الأنابيب الشمسية، ونظم parans شكل(13) فهى قابلة للتطبيق فى الأدوار المتعددة، ويفضل وضعها فى الواجهات الجنوبية لزيادة كفاءتها

شكل (12): يوضح المجمعات الثابتة فى نظم TDGS
المصدر:www.tubulargeorge.com

شكل (13): يوضح المجمعات الملحقة بالواجهة والقابلة للتطبيق فى المبانى عالية الإرتفاع فى Parans system
المصدر:www.ecostructures.in

د) حجم مجمعات الضوء وأشكالها

حجم المجمعات الضوئية وأشكلها تعتبر من العوامل المؤثرة على الشكل الخارجى للمبنى وخاصة اذا كانت مثبتة على الواجهة، بالإضافة إلى أنها تحدد نوع ومقدار الضوء الطبيعى الذى يتم تجميعه، حيث تتراوح أحجامها من حوالى 0.06 م2 وتصل إلى 4 م2 ، ولها العديد من الأشكال المختلفة مثل القبة والمخروط والمكعب أو الأشكال الطبقية، فالمجمعات الصغيرة نسبياً كما فى أنظمة TDGS لها أقطارها تتراوح من250مم إلى 360مم، والحجم المتوسط من المجمعات كما فى أنظمة الإضاءة المهجنة وسولاكس والهليوباص وبعض أنواع من نظم هيماوارى قطر المجمعات لها حوالى 1م، أما الأحجام الكبيرة من المجمعات مثل التى توجد فى نظام SCIS البعد التقريبى لها 3*1.3*1 م.

2-1-1-1خصائص مجمعات الضوء Light Collertor Guidelines

من الجوانب الرئيسية التى تراعى فى مجمعات الضوء والتى تؤثر فى أداء وإمكانية تطبيق النظام هى نسبة تركيزها للضوء وحجمها، واسلوب التركيب، ووجود أجهزة تتبع للأشعة الشمسية.

أ) نسبة التركيز

- المجمعات ذات نسبة التركيز العالية من خصائصها:

تجميع الأشعة الضوئية المباشرة، لذا فهى مناسبة للتطبيق فى حالات السماء المشمسة، كما تتطلب المزيد من العمليات الضوئية لتركيز الضوء، وهى أصغر حجما مقارنة بالمجمعات الغير مركزة للضوء أو ذات التركيز المنخفض.

- المجمعات ذات نسبة التركيز المنخفضة من خصائصها:

تتطلب موجهات ضوء ذات الأحجام الصغيرة لنقل الضوء المركز كما تتطلب المزيد من الدقة لتركيز الأشعة الشمسية المركزة إلى أنظمة التوجيه، وتعتبرأكثر تعقيدا من الناحية الفنية وبالتإلى أعلى تكلفة، كما أنها أكثر عرضة لمخاطر الحريق، وتتطلب مهارات عالية فى العمالة للتركيب والتعديل وتحتاج المزيد من الصيانة الفنية.

ب) الحجم

بالنسبة إلى أحجام مجمعات الضوء، فالأحجام الصغيرة منها لها خصائص تتعارض مع ما يفضل الحصول عليه من المجمعات كبيرة الحجم ومن هذه الخصائص:

- القدرة على تجميع الضوء أكثر من المجمعات صغيرة الحجم مع نفس نسبة التركيز، وتعتبر أكثر تأثيرا على الشكل الخارجى للمبنى، وأكثر صعوبة فى التركيب كما يمكن أن تحتاج إلى دعم إنشائى.

جـ) التركيب

هناك أسلوبين لتركيب مجمعات الضوء منها ما يثبت فى الأسقف و من خصائصها:

- القدرة على تجميع الضوء الطبيعى على مدار فترة النهار بالكامل، وتعتبر أقل تأثيراً على الشكل الخارجى للمبنى من المجمعات الضوئية المثبتة على الواجهات، كما تشغل مساحة من الأسقف وخاصة النظم التى تحتاج إلى دعم إنشائى، أو متطلبات إنشائية خاصة، وتتطلب فتحات فى الأسقف لتوصيلها بناقلات الضوء المجمع، كما تعتبرأكثرملائمة للتطبيق فى المبانى ذات المسقط الأفقى والفراغات العميقة.

ومنها المجمعات المثبتة فى الواجهات ومن خصائصها:

- أقل عرضة للأشعة الشمسية أو لحالة السماء المشرقة خلال فترة النهار من نظم المجمعات المثبتة على الأسقف، ويفضل وضعها فى الإتجاه الجنوبى من المبنى، وهى أكثر تأثيراً على الشكل الخارجى للمبنى من نظم المجمعات المثبتة على الأسقف، وتتطلب عمل فتحات فى الواجهة لتوصيلها بناقلات الضوء المجمع، لذا تعتبر أكثر ملائمة للتطبيق فى المبانى الشاهقة الإرتفاع، كما أنهاغير قابلة للتطبيق غالبا فى الفراغات القريبة من الواجهة الشمالية.

د) نظم التتبع لمسار الشمس

النظم التى لا يمكنها تتبع الأشعة الشمسية من خصائصها:

- تعمل على تجميع كمية أقل من الضوء الطبيعى، ويفترض أن يتم تثبيت المجمعات الضوئية فى هذه النظم بشكل أفقى، أما إذا تم تثبيته مائلاً فسوف يعمل على تجميع الضوء لفترة قليلة، فتعتبر أنظمة أقل تعقيداً وأرخص فى التكلفة وتحتاج إلى صيانة أقل، أما نظم التتبع لمسار الأشعة الشمسية فيمكنها تجميع كمية أكبر من الضوء الطبيعى وتعتبر أكثر تعقيداً وأعلى فى التكلفة.

2-1-2 دراسة ناقل (موجه) الضوء الطبيعى Daylight Guide

بعد تجميع الضوء بأى من طرق التجميع يلزم نقله إلى الفراغ المستهدف، ويعتبرموجه الضوء أهم ما يميز نظم توجيه الإضاءة الطبيعية، حيث يعمل على نقل الضوء الطبيعى إلى مصدر التوزيع الذى غالباً مايكون فى النهاية الداخلية من الموجهات الضوئية داخل المبنى، كما يعمل فى بعض الأحيان على نقل وتوزيع الضوء

على طول مساره، بالإضافة إلى خصائص هذا الموجه تحدد المسافة التى يمكن للضوء الوصول اليها، بجانب تأثيرها الواضح فى الحفاظ على خصائص الضوء الطبيعى الناتج.

أ) المواد البصرية لموجهات الضوء

يوجد نوعين رئيسيين من وسائل نقل وتوجيه الضوء هما: الألياف الضوئية وأنابيب (قنوات) الضوء ،وكلاهما يعتمد فى نقل الضوء على الإنعكاسات الداخلية الكلية، لذا فلابد أن يكون السطح الداخلى لأنابيب الضوء من مواد عالية الإنعكاس مثل الألومنيوم المصقول أو المرآيا أو الرقائق الضوئية، والأنابيب أوالمناور الضوئية المصنوعة من مواد منشورية يمكن أن تكون موزعة للضوء الطبيعى شكل(14)، كما فى نظم SCIS، Heliobus وArthelio ونظم SLP، أما فى نظام هيماورى تقوم عدسات فريسنيل بتركيز الضوء على مجموعة من النهايات الطرفية للألياف الضوئية، كما يمكن إستخدام الألياف الزجاجية أو البلاستيكية فى نقل الضوء ولكن الألياف الزجاجية جودتها عالية إلا أن تكلفتها أعلى ومرونتها أقل، أما ناقلات الضوء السائلة مثل المستخدمة فى نظام سولاكس Solux فهى عبارة عن أنابيب مرنة مملوءة بسائل ضوئى شفاف optical clear liquid يتم من خلاله إنتقال الضوء وينتج عنه جودة إضاءة أقل.

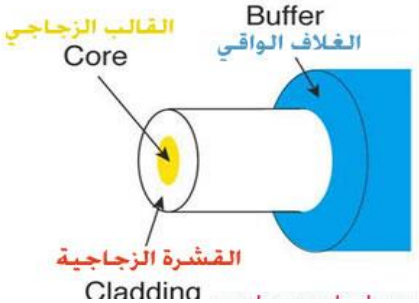
شكل (14): يوضح إستخدام موجه الضوء المصنوع من مواد منشورية فى توزيع الإضاءة فى نظم Heliobus، SLPguides.
المصدر:www.pinterest.com

ب) توجيه وتركيب موجهات الضوء

عند إستخدام الألياف البصرية فى نقل الضوء يمكن التعامل معها فى المبنى مثل كابلات الكهرباء والأنابيب الضوئية تكون مثل مناور التهوية، وتثبت بطريقة أفقية أو رأسية أو بزوايا مختلفة لتصل إلى مكان تطبيقها، فالناقلات الأفقية يمكن أن تثبت بتجاويف السقف أو تركها مكشوفة لذا فقد يعيقها الكمرات فى الهيكل الإنشائى فى المبنى وفتحات التكييف، وغالبا ما يتم تثبيتها فى الواجهات مثل نظم SCIS ، وناقلات الضوء الرأسية فغالباً ما يتم تركيبها فى المجمعات الضوئية المثبتة فى الأسقف وتمر خلال فتحات رأسية فى المبنى، وقد يعيقها التصميم الداخلى للفراغ حيث تحتل حيز منه.

جـ) حجم وشكل موجهات الضوء

تتراوح أقطار الأنابيب الضوئية من 0.23-50 سم، وتكون حوإلى 0.25 سم فى الأحجام الصغيرة من نظم TDGS، وتصل إلى 1.75م فى نظم SLP، أما فى الأنظمة ذات المقطع المستطيل الشكل مثل نظم SCIS فالأبعاد القياسية لها هى 0.25*0.60م، وأطوال أنابيب وقنوات الضوء متعددة وتختلف على نطاق واسع حيث تبدأ من أقل من 1م مثل الموجهات المستخدمة فى الأدوار الأخيرة من المجمعات المثبتة بأسقف المبانى، ويصل إلى 36م مثل المستخدم فى نظم SLP، اما بالنسبة إلى الألياف الضوئية فنقلها للضوء أكثر سهولة ومرونة ولكن نسبة فقد الضوء يحد من المسافة الفعالة لها ليصل أطوالها إلى 20م.



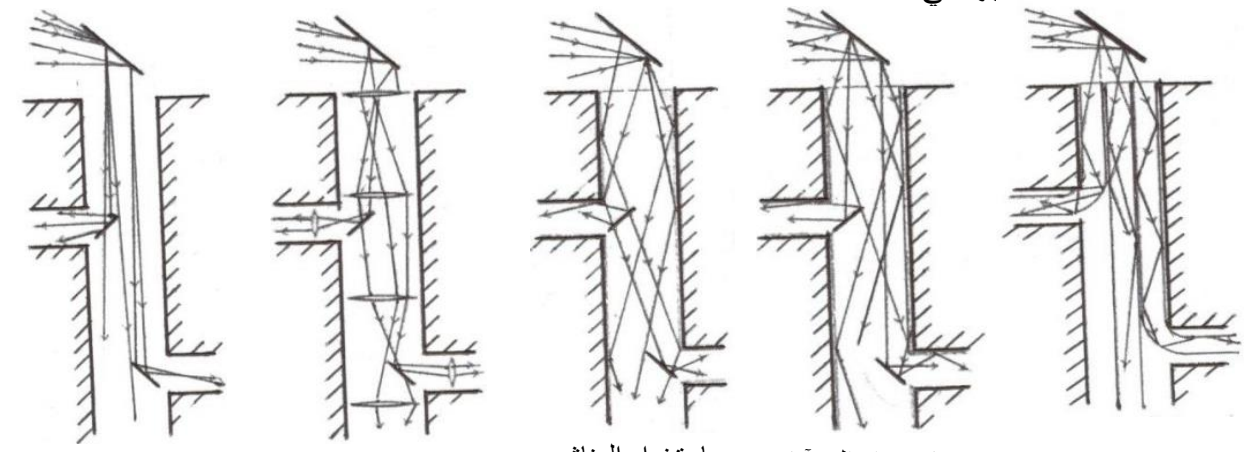
شكل(15):يوضح شكل توضيحى للألياف الضوئية
المصدر:www.tech-wd.com

- **أسلوب النقل بإستخدام الألياف الضوئية**

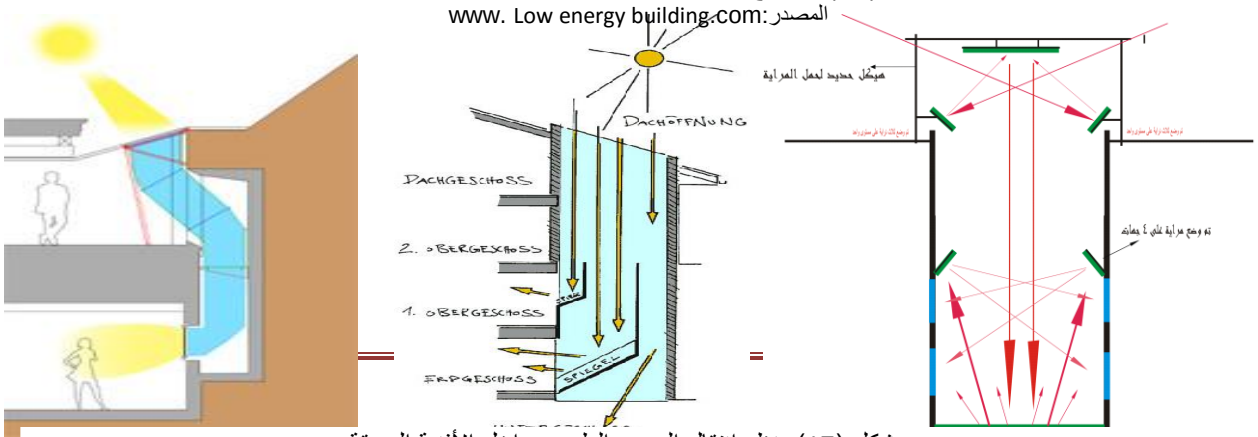
هى عبارة عن شعيرات طويلة من زجاج على درجة عالية من النقاء، تصطف هذه الشعيرات معا لتكون حزمة من الألياف الضوئية(optical cable)،شكل(15) وتتكون من:القالب Core، والقشرة الزجاجية cladding، الغلاف الواقي Buffer coating وفكرة عمل الألياف الضوئية هى نقل الضوء بواسطة الإنعكاس المستمر عن الجدار المحاذى للقالب الزجاجي (cladding) إنعكاساً داخلياً كلياً، ولأن هذا الجدار لا يمتص أى من الضوء الساقط عليه فإن الإشعاع الضوئى يمكن أن يسير لمسافات طويلة.

- **أسلوب النقل بإستخدام قنوات وأنابيب الضوء**

يكون ذلك بإستخدام بعض العناصر الموجهة والتي من أهمها الأسطح العاكسة، العدسات المجمعة والموجهة، المرآيات، المناشير الضوئية شكل(16،17)، إلا أنه يعيب الطرق التى تستخدم العدسات حدوث إنعكاسات غير مرغوبة عند التداخلات الضوئية، ومن المباني التى إستخدمت فيها العواكس والمرايات بنجاح مبنى فندق بافليون إنتركونتيننتال PAVILION INTER CONTINENTAL شكل(18)، حيث إستخدمت هذه العواكس في تجميع الإضاءة الطبيعية الخارجية ثم توجيهها إلى داخل فراغ الأتريوم لتعود وتسقط على عواكس ومرايات أخرى داخلية تعيد توجيهها في الداخل.



شكل (16): يوضح طرق نقل الضوء إلى الفراغات بعد تجميعه
المصدر:www. Low energy building.com



شكل (17): نظم انتقال الضوء الطبيعى داخل الأفنية العميقة
المصدر:www.egyptarch.net

شكل(18):يوضح تجميع الضوء داخل فراغ الأتريوم فى فندق بافليون إنتركونتيننتال
المصدر :www.asiatravelcare.com

2-1-2-1 خصائص موجه (ناقل) الضوء Light Guidance Guidelines

الجوانب الأساسية التى يجب أن تراعى لتأثيرها فى أدآء وإمكانية تطبيق ناقلات (موجهات) الضوء فى المبنى هى الحجم والمسار وإنبعاث (بث) الضوء.

أ) الحجم

ناقلات الضوء ذات المقطع العرضى الكبيرمثل Light duct من خصائصها:

- إحتمالية التعارض مع باقى خدمات المبنى مثل عناصر النظام الإنشائى وتتطلب مساحات إضافية أو تشغل مساحات قابلة للإستخدام فى المبنى، ومرونتها أقل فى نقل الضوء، كما يحدث تناقص فى الضوء الذى يتم نقله عند كل إنحناء له.

أما ناقلات الضوء ذات المقطع العرضى الصغير مثل الألياف البصرية فمن خصائصها:

- أكثر ملائمة للتطبيق وإمكانية الوصول إلى مسافات بعيدة، وتتطلب تعديلات أقل فى المبنى للتركيب وبالتإلى تكلفتها أقل.

ب) المسار

هناك مسار أفقى ورأسى، فالمسار الأفقى من خصائصه :

- يتطلب إرتفاع أكبر للطابق وخاصة فى موجهات الضوء الكبيرة الحجم، كما يحتاج إلى عمل فتحات فى الحوائط الداخلية والخارجية.

أما المسار الرأسى فمن خصائصه :

- يتطلب عمل فتحات فى أسقف طوابق المبنى، ويمكن أن ينقل الضوء من خلال أى قنوات رأسية ملائمة، ولكن أحجام قنوات الضوء الكبيرة قد تخترق فراغات قابلة للإستخدام، مما يسبب فقد هذه المساحات وهذا من عيوبها.

جـ) نقل (إرسال) الضوء

بالنسبة لنقل الضوء فالمواد عالية الإنعكاس تنقل الضوء بنسبة تتجأوز 99% لكل إرتداد للضوء، وأصبحت متوفرة مؤخراً بتكلفة أقل، حيث تستخدم لزيادة فاعلية الـ Light ducts.

3-1 دراسة مصدر توزيع الضوء الطبيعى Daylight Output

ضوء النهار الذى تم تجميعه ونقله يتم توزيعه بواسطة مخارج توجد فى النهاية الداخلية من نظم توجيه الضوء الطبيعى أو الطول الداخلى بكامله أو جزء منه أو جانب أو أكثر من الموجهات لتكون هى مصدر

انبعاث الضوء، كما تحدد أجهزة التوزيع إمكانية إستخدام اجهزة توجيه الضوء الطبيعى DGS بشكل صحيح، واختيارها يعتمد على نوع المبنى ووظيفة الفراغ المستخدمة فيه، ويمكن أن يكون مخرج الضوء على هيئة نقطية أو خط إنارة أو أسطح مضيئة، وتكون مخارج الضوء وحدات الإنارة تقليدية كما فى نظم

SCIS،HSL شكل(19،20)، أو تكون وحدات خاصة مثل نظام Parans، يتأثر تصميم توزيع الضوء بنوعية نظام التوجيه المستخدم داخل الفراغ المطلوب إضاءته محققا كفاءة التوزيع، مما يستلزم اختيار وسائل التحكم الضوئى المناسبة لتحقيق أفضل إستخدام لضوء النهار.

شكل(19): يوضح إستخدام وحدات إنارة خاصة فى نظام sundolier
المصدر:www.epubl.luth.se

شكل(20): يوضح غستخدام وحدات إنارة تقليدية فى نظام HSL
المصدر:www.epubl.luth.se

2-1-3 خصائص مصدر توزيع الضوء الطبيعىOutput Device Guidelines

الجوانب الرئيسية التى تراعى فى مخرج الضوء والتى تؤثرفى أدآئها وإمكانية تطبيقها هى الحجم والشكل بالإضافة إلى مراعاة جوانب اخرى فرعية منها عدد وحدات الإنارة وطريقة تثبيتها وتوزيعها فى الفراغ.

أ) الحجم

أنظمة نقل الضوء بواسطة الألياف الضوئية فى أكثر الحالات تولد إضاءة نقطية ناتجة من الحزم الضوئية المنبعثة من نهايات الألياف البصرية المستخدمة، وتستخدم فى العديد من الإستعمالات لتحقيق أهداف الإضاءة، ويمكن أن ينبعث الضوء من جوانب الألياف البصرية وينتج عنها إضاءة خطية، أماlight ducts ينتج عنه إضاءة دائرية أومستطيلة، كما يمكن الحصول على مثل هذه الإضاءة من الألياف البصرية اذا ما تم إستخدام وحدة توزيع (مصباح) مناسبة.

ب) الشكل

بعض الأنظمة توزع الضوء بإستخدام وحدات إضاءة مصممة خصيصا لهذه الأنظمة، وهذه النوعية يمكن أن تكون مطلوبة وظيفيا لتوزيع أفضل للضوء ومرغوب فيها لتعزيز مفهوم الإضاءة الطبيعية، وبالرغم من أن إستخدام وحدات الإضاءة التقليدية قد تزيد من إمكانية تطبيق النظام إلا أن هذا يكون على حساب إدراك الضوء الطبيعى.

2-2 العوامل المؤثرة على أداء نظم توجيه الإضاءة الطبيعية (DGS)

تصميم الإضاءة الطبيعية بإستخدام أنظمة توجيه الإضاءة يعتمد على التكامل بين استراتيجيات نظم الإضاءة واستراتيجيات تصميم المبنى، والتى تحقق الأهداف الوظيفية والجمالية، ولكن هناك عوامل يجب أن تراعى مثل توفر الضوء الطبيعى،الموقع الجغرافى، وتخطيط المبنى وإرتفاعه والمناطق المحيطة به، وحالة المبنى.

أ) توفر الضوء الطبيعى

توفر الضوء الطبيعى يمكن أن يتم تحديده من خلال قيمة مركبة الإضاءة التى تعتبر مزيج من أشعة الشمس المباشرة وضوء السماء المنتشر، والزيادة فى كمية الإضاءة الخارجية لا تعنى بالضرورة الزيادة فى مقدار الضوء الطبيعى المنقول أو الذى يتم توجيهه، وهذا بالنسبة إلى الأنظمة الغير مركزة للضوء أما فى أنظمة

التركيز فالتغير فى قيمة الإضاءة المباشرة يؤثر بشكل كبير على مقدار الضوء الناتج لأنها تعمل على تجميع أشعة الشمس المباشرة فقط، لذلك تكون نظم التركيز أكثر قابلية للتطبيق فى حالات السماء المشمسة.

ب) الموقع الجغرافى

تختلف مدة سطوع الأشعة الشمسية ومواضعها تبعاً لخطوط العرض مما يؤثر فى قدرة الأنظمة على جمع ضوء الشمس، وبالتإلى تدعيمها بنظم تتبع يزيد من قدرتها على تجميع أقصى قدر من أشعة الشمس المباشرة، وخاصة عند خطوط العرض العليا، كما لابد من عمل الصيانة الدورية المنتظمة لهذه النظم وخاصة العناصر البصرية بها للحفاظ على كفاءتها وأسطحها لامعة، وخاصة فى المناطق الملوثة بالدخان والغبار لتجنب إنخفاض أدآء هذه النظم.

جـ) تخطيط المبنى

موقع المبنى وتشكيله وتصميمه والمناطق المحيطة به قد يتعارض مع بعض الحلول فى المراحل الأولى من التصميم، فمثلاً فى المبانى البعيدة عن خط الإستواء فالنظم ذات التركيز العالى الملحق بالواجهات لا تناسب هذه المبانى، كما أن المبانى العالية الإرتفاع لا يناسب لها نظم التجميع الملحقة بالأسقف، والنظم الملحقة بالواجهات لا تتناسب مع المبانى ذات المساقط الأفقية العميقة لإمداد الفراغات الداخلية والبعيدة عن واجهة المبنى بالضوء الطبيعى.

3-2 التصميم المتكامل لنظم توجيه الإضاءة الطبيعية (DGS)

إستخدام نظم توجيه الإضاءة له تأثير داخلى وخارجى على المبنى، فالعلاقة بين المجمعات المثبتة على الواجهات أو الأسقف وشكل المبنى، والعلاقة بين ناقلات الضوء والشبكات فى المبنى وعناصره الإنشائية، والعلاقة بين أجهزة انبعاث الضوء والتصميم الداخلى، كل هذا يجب أن يؤخذ فى الإعتبار من بداية التصميم وليس فى المراحل النهائية من البناء، ونتيجة لتلك التأثيرات المتعددة فلابد من التكامل بين هذه هذه النظم وإستراتيجيات المبنى، وفيما يلى دراسة هذه العناصر :

2-3-1التكامل مع التصميم المعمارى

التكامل بين نظم الإضاءة وكلاً من نوع المبنى والتشكيل المعمارى له يعتبر نقطة أساسية لنجاح إستخدام هذه الأنظمة فى المبانى، حيث تؤثر نظم توجيه الإضاءة على تصميم المبنى داخلياً وخارجياُ، **فخارجياُ** يمكن إعتبار مجمع الضوء فى النظام المستخدم عنصراً دخيلاً ذو حجم كبير نسبياً، ملحق بواجهة المبنى أو مثبت على السقف، والذى يجب أن يبقى مكشوف للتعرض لأكبر مساحة ممكنة من السماء، كما أن المجمعات المثبتة بالواجهة يمكن أن تؤثر على الناحية الجمالية المعمارية للمبنى، فالمجمعات مثل التى تستخدم فى نظم الـ SCIS يمكن أن تعمل كعنصر للتظليل ولكنها تحتاج إلى بعض التطوير لتتكامل أكثر مع النسيج العام للمبنى، أما المجمعات صغيرة الحجم مثل المستخدمة فى نظام parans فعلى الرغم من تأثيره البصرى الأقل لكن لا يزال يعتبر عنصر مضاف على الواجهة، أما المجمعات المثبتة فى الأسقف يمكن أن تعامل مثل أطباق الأقمار الصناعية لذلك يكون أقل تأثيراً بصرياُ، **أما داخلياُ**، فالقنوات الناقلة للضوء هى عناصر بحجم كبير يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند التصميم المعمارى لتجنب عمل تعديلات فى تشييد المبنى أو توزيع الفراغات أو كليهما، كما يمكن إدخال قنوات الضوء داخل المبنى خلال قنوات التهوية أو أى فتحات مفرغة مناسبة بدلاً من إختراقها للفراغات ما يضيف المزيد من العوائق والقيود داخل المبنى، أما قنوات الضوء الأفقية فيمكن أن تتطلب زيادة إضافية فى إرتفاع الطابق وبالتإلى زيادة تكلفة المبنى ويمكن أن ينتج عنه التقليل فى عدد الطوابق لتطبيق قوانين تشريعات المبانى الخاصة بالإرتفاع الكلى للمبنى، فقنوات الضوء يمكن أن تكون فى جميع أنحاء تجويف السقف طبقاً لمتطلبات التصميم.

2-3-2 التكامل مع التصميم الداخلى

لابد أن تتكامل عناصر التوزيع فى نظم توجيه الإضاءة مع التصميم الداخلى للفراغ لما لها من تأثير مباشر على تصميم السقف بالإضافة إلى أنواع المصابيح وتوزيع الإضاءة، كما تتوفر مجموعة واسعة من وحدات التوزيع لتلبية متطلبات الوظيفة وتوزيع المساحات، فعلى سبيل المثال وحدات التوزيع فى نظام SCIS أكثر ملائمة للتطبيقات التجارية أكثر من السكنية، أما مصابيح الإضاءة النقطية فى نظام parans أكثر ملائمة لمتطلبات الإضاءة الخاصة بدلاً من الإضاءة العامة، وقنوات الضوء الرأسية يمكن أن تستخدم فى الإضاءة الرأسية باعثة للضوء بطول مسارها مثل المستخدمة فى نظام الهليوباص، فالتكامل ضرورى لتقليل الفقد فى المساحات والتغيير فى ترتيب ووضع الأثاث الداخلى.

2-3-3 التكامل مع النظام الإنشائى

قد تكون هناك حاجة لعمل بعض المتطلبات الإنشائية لتثبيت المجمعات أو الموجهات فى نظم الإضاءة لذلك من الأفضل أن يوضع ذلك فى الإعتبار فى مرحلة التصميم، مثل الأحمال الميتة ومقأومة الرياح كذلك الأحمال الناتجة من مجمعات الضوء يجب أن تدرس أيضاً من الناحية الإنشائية، والتى يمكن التعامل معها مثل الأسقف التقليدية المثبت بها معدات التبريد أو أطباق الأقمار الصناعية، كما أن الفتحات الكبيرة فى بلاطة السقف اللآزمة لموجهات الضوء المنخفضة التركيز مثل نظم الهليوستات لابد من مراعاتها إنشائياً، وكذلك الفتحات فى واجهة المبنى مثل الفتحات اللآزمة لإدخال ناقلات الضوء فى نظم SCIS يجب أن يؤخذ فى الإعتبار العناصر الإنشائية للمبنى مثل الكمرات أو حمل الحوائط، أما أحمال قنوات الإضاءة لا تظهر أى تأثير إنشائى مثل قنوات التهوية حيث ان الأحمال الناتجة عنها ضئيلة نسبياً، ولكن يجب أن يتم توجيهها بحيث لا تتعارض مع العناصر الإنشائية، بالإضافة إلى أن أى زيادة فى إرتفاع الدور والناتج عن قنوات الضوء الأفقية يؤدى أيضا إلى زيادة كبيرة فى أحمال المبنى.

2-3-4 التكامل مع شبكات الخدمة

تعتبرموجهات الضوء هى العنصر الأساسى والذى يتطلب ضرورة التكامل مع شبكة خدمات المبنى، وذلك لضمان وجود مساحات كافية لمسار ناقلات الضوء خلال تجويف الأسقف دون أن يتعارض مع أنظمة التكييف أو أنظمة المبنى الأخرى، واذا كانت شبكة خدمات المبنى مكشوفة، أى غير معلقة بالأسقف فلابد من الحفاظ على الحد الأدنى من الإرتفاع الصافى المطلوب للطابق، أما كابلات الألياف البصرية فهى صغيرة الحجم ومرنة بدرجة كافية ليتم التعامل معها مثل الكابلات الكهربائية، ولكن مع ضرورة تجنب وجود إنحناءات لتحسين أدائها، وفى الوقت نفسه قنوات الإضاءة تشبه قنوات التهوية، لذلك فمن الضرورى التكامل بين هذه النظم وشبكة الخدمات وخاصة نظم التكييف لتقليل الإنحناء إلى اقصى حد مع تجنب الفقد فى الضوء، والحفاظ على جميع المسارات داخل نطاق الخدمة، ويمكن تثبيت أو إضافة نظم الإضاءة الحديثة السابقة فى المبانى القائمة بالفعل ولكن مع عمل تعديلات لإعادة توجيه شبكة الخدمات فى المبنى.

وبعد الإنتهاء من دراسة العناصر المكونة لنظم توجيه الإضاءة الطبيعية فى المبانى باعتبارها أهم تطبيقات النظم الحديثة للإضاءة الطبيعية وذلك من أجل رفع كفاءة الأداء البيئى للمبانى وبخاصة فى مجال الإضاءة، خلصنا إلى المقارنة التالية:

2-4 مقارنة بين بعض نظم الإضاءة الطبيعية المبتكرة، جدول (1)

النظم	المجمع			ناقل (موجه) الضوء	
	العنصر البصرى	الحجم والتركيز	القدرة على الحركة	العنصر البصرى	الحجم
TDGS	قبة شفافة	صغيرة الحجم نسبيا (250-360مم)ولا تعمل على تركيز الأشعة الشمسية	ثابتة،ولا تتبع مسار الشمس، وبعض الأنواع منها قابلة للتطبيق فى الأدوار المتعدد	انبوب من الالومنيوم المبطن بالفضة أو الرقائق المعدنية عالية الإنعكاس	بعض الأنواع صغيرة الحجم تستخدم أنابيب ضوئية أقطارها0.25م

					ويتـرأوح قطرهـا بين 23-50 سم
Solux	عدســـــــات فريسنيل	قطرها حوإلى 1م وتعمل علـى التركيـز العـالى لضوء الشمس	لها القدرة على تتبع مسار الشمس	أنابيب مرنة مملوءة بســائل بصـــرى شفاف	لهـا احجـام صـغيرة نسبيا
HSL	مجموعـة مـن المرايا	مـرآة علـى شـكل قطـع مكـافئ بقطـر 1.22م مـع وجود مرآه اخرى ثانوية وعالية التركيز	لها القدرة على تتبع مسار الشمس بحرية	حزمـة من الألياف الضوئية	ذات قطـر لايتعـدى سنتيمترات
SCIS	مجموعـة مـن 74 مرآة	البعـد التقريبـى لهـا 3*1.3*1م ومـنخفض التركيز لأشعة الشمس	محدودة الحركة فى تتبع مسار الشمس وقابلـة للتطبيـق فـى الادوار المتعددة	الأنابيـب أوالمنـاور الضوئية	0.25 * 0.60م ويصـل طولهـا إلـى 12م
Heliobus	مـرآة متحركـة تأخـذ شـكل ملعقة	قطرها حوإلى 1م	لهـا القـدرة علـى الحركة لتتبع الأشعة الشمسية	الأنابيـب أوالمنـاور الضوئية	تختلـف طبقـا للعنصـر البصـرى الموجه للضوء
Parans	مصـفوفة مـن عدســـات فريســـنيل صغيرة الحجم	1.1*0.45 م وعاليـة التركيز	كـل عدسـة قـادرة علـى تتبـع الاشـعة الشمسـية وقابلـة للتطبيق فـى الأدوار المتعددة	الألياف الضوئية	احجـام صـغيرة ولا يتعدى قطرها بضع ســنتيمتراء،والحد الاقصى من الطول 20م
Himawari	مصـفوفة مـن عدســـات فريســـنيل صغيرة الحجم	الأنـواع الصـغيرة الحجم مـن أنظمـة هيمـأوارى 0.52*0.81م وبعـض الأنـواع قطرهـا حـوإلى 1م وتعمـل علـى تركيـز الأشعة المباشرة	لها القدرة على تتبع أشعة الشمس	الألياف الضوئية	صـغيرة الحجـم نسبيا
UFO	تستخدم عدسات فريسنيل بقطر1م لتجميع الإضاءة الطبيعية وتعمل على تركيز أشعة الشمس المباشرة وتكون أحجامها صغيرة نسبيا.				
Arthelio	تستخدم مجموعة من المرايا والعدسات فى تجميع ضوء النهار ويمكن أن يتم فيها إستخدام الأنابيب أوالمناور الضوئية لنقل الإضاءة داخل المبنى				
SLP	يتم فيها إستخدام الأنابيب أوالمناور الضوئية لنقل الضوء داخل المبنى حيث أن أقطار الأنابيب الضوئية تصل إلى 1.75م وأطوالها إلى 36م				

جدول 1يوضح مقارنة بين نظم توجيه الإضاءة المختلفة

المصدر:الباحث

والجدول السابق يوضح مقارنة بين بعض النظم الحديثة للإضاءة الطبيعية لتوضيح الفرق بين كلاً من العناصر الرئيسية المكونة لهذه النظم لمعرفة إمكانيات كلاً منها، فتناول مقارنة المجمعات الضوئية وناقلات الضوء أما بالنسبة لموزعات الضوء فمعظم وحدات التوزيع تناسب جميع أنواع نظم توجيه الإضاءة الطبيعية الحديثة، والإختلافات بينها محدود.

3- الجزء الثالث: دراسة لبعض الوسائل لرفع كفاءة الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات

3-1 إستخدام العمارة الشمسية الضوئية فى رفع كفاءة الإضاءة الطبيعية

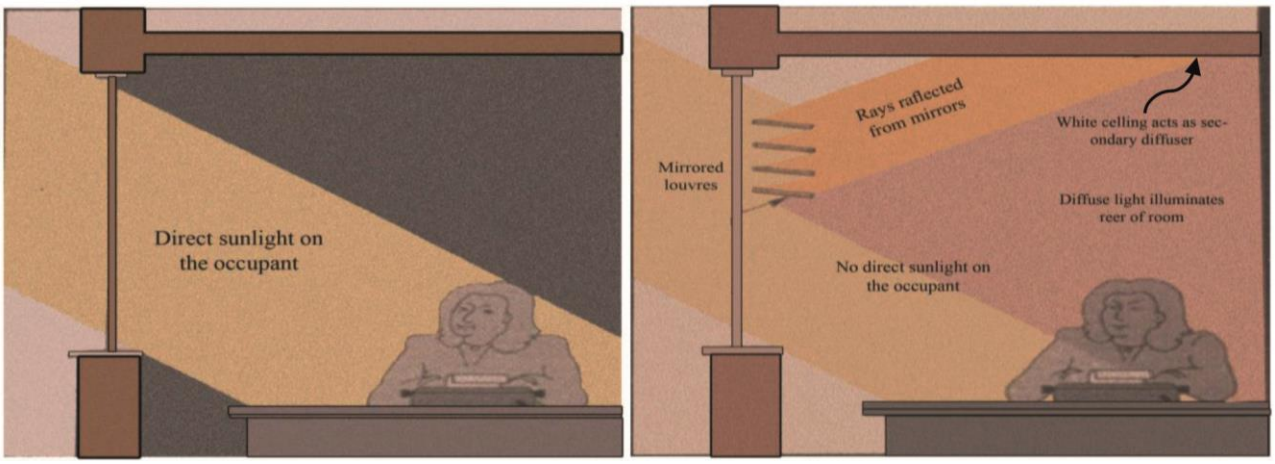
يمكن إستخدام الطاقة الضوئية الناتجة عن الإشعاع الشمسى فى العمارة بطريقتين هما:

أ) العمارة الشمسية الضوئية السالبة Passive Solar Method

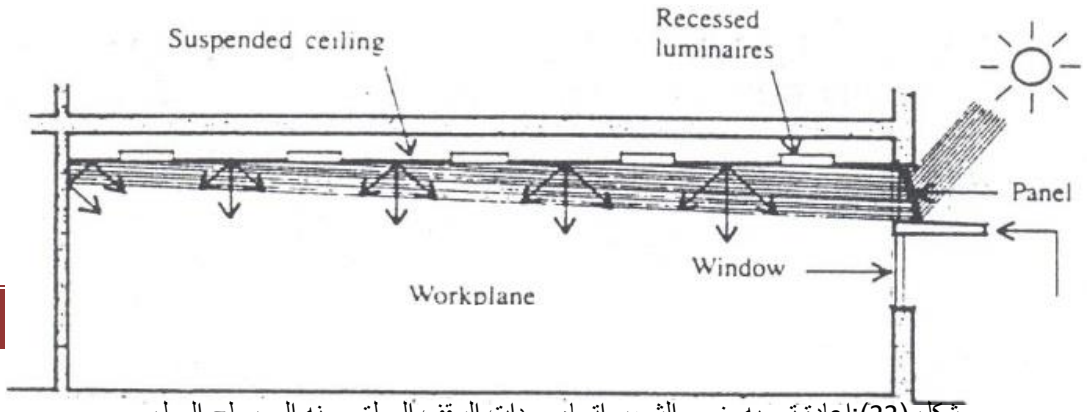
هى نمط من التصميم المعماري يتم فيه الإعتماد على تشكيل المبنى وتصميمه ومفرداته وعناصره فى التعامل مع الظروف الخارجية دون الحاجه لبذل طاقة أو إستخدام معدات ميكانيكية، للوصول إلى أهداف العمارة المختلفة التى منها الراحة الضوئية للإنسان داخل المبنى بإستخدام عدد من أنواع المعالجات بدءاً من المشربيات والأفنية وصولاً إلى المعالجات المعمارية الذكية لتتوافق مع البيئة المحيطة والحصول على تصميم ضوئى جيد ومناسب لفراغات المبنى، ويستلزم ذلك مراعاة تصميم عدة عناصر منها: الموقع العام، الفكرة الرئيسية للتصميم، شكل الكتلة وتوجيهها، المفردات المعمارية، تصميم البيئة الخارجية المحيطة للمبنى، حيث تتضمن العمارة السالبة عدة تقنيات متدرجة المستويات منها :-

- العناصر والتفاصيل المعمارية مثل إستخدام كاسرات الشمس أوإستخدام أنواع خاصة من الزجاج.
- تصميم المبنى بإستخدام الأفنية المفتوحة أو المغلقة Atriums، توجيه الفراغات، شكل كتلة المبنى .. الخ
- تصميم التجمع العمرانى مثل تجميع المبانى فى نسيج شريطى أو متضام .

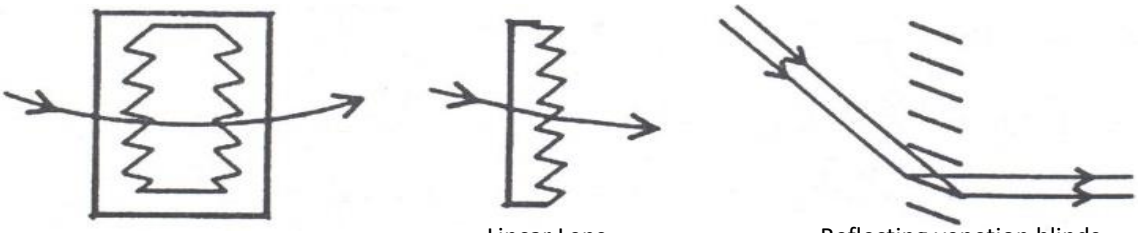
ومن الطرق السالبة أيضا لإستخدام ضوء النهار ما يسمى بـ Beam Deflection Light أى عمل عواكس أومرآيا عند فتحات الشبابيك شكل(21)، تقوم بعكس ضوء الشمس إلى الأسقف والحصول على إضاءة غير مباشرة، وكذلك إستخدام عناصر يمكن بواسطتها حياد الضوء ليخترق مسافات أبعد داخل الفراغ، ويتم ذلك بإعادة توجيه الضوء ناحية السقف ومنه إلى مسطح الفراغ شكل (22)، وهناك العديد من الوسائل الفنية المتوفرة لتحقيق هذه الأهداف، والتي تشتمل على وحدات حياد الضوء كالبلوكات المنشورية، والعدسات، والكاسرات العاكسة شكل (23)، وعند سقوط الضوء على هذه المواد ينكسر لغير اتجاهه ومن ثم يخترق الفراغ لمسافة أعمق في إتجاه سطح العمل أو في إتجاه السقف، وتكون هذه الوسيلة ناجحة في الإستفادة من أشعة الإضاءة الطبيعية ذات الميول المرتفعة النافذة من الفتحات العلوية لفراغ شكل(24)، شكل(25)، حيث يوجه هذا النوع بإستخدام مساحة قطاع رفيعة الضوء إلى مسافات عميقة خاصة عند إستخدام وحدات سقف ذات معامل إنعكاس عالي لسطحه .



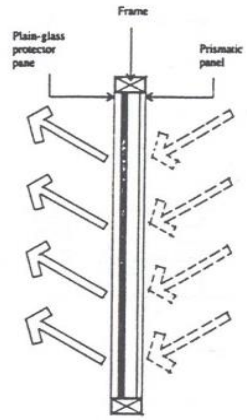
شكل (21): يوضح إستخدام ضوء الشمس في الإضاءة بالطريقة السالبة
المصدر: www. daylight Guidance System



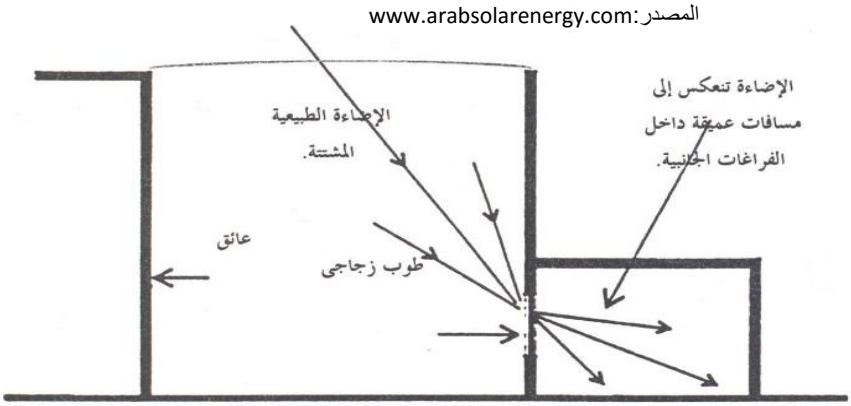
شكل (22):اعادة توجيه ضوء الشمس اتجاه وحدات السقف المعلق ومنه الى سطح العمل
المصدر: www.arabsolarenergy.com



شكل (23):الأساليب الفنية لإداخل الأشعة الضوئية
المصدر:www.arabsolarenergy.com



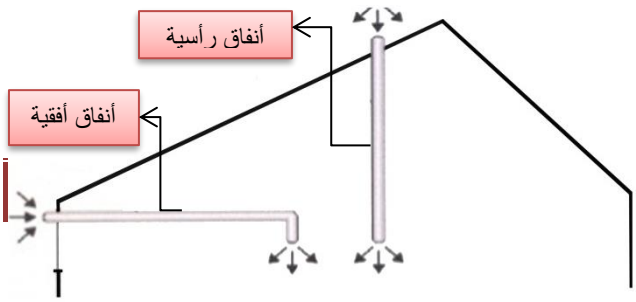
شكل(24): الوحدات المنشورية .



شكل(25): نقل الإضاءة الطبيعية ذات الميول المرتفعة النافذة من الفتحات العلوية لفراغ الأتريوم الى داخل الفراغات الجانبية بإستخدام الطوب الزجاجى.
المصدر:www.bluffton.edu

ب) العمارة الشمسية الضوئية الموجبة Active solar method

هى نمط من التصميم المعمارى تهدف إلى توفير احتياجات المبنى من الطاقة الضوئية من مصادرها الطبيعية، لتحقيق الراحة الضوئية للإنسان داخل المبنى شكل(26) بإستخدام عدة أنظمة منها المجمعات والمركزات الضوئية، وأنابيب الضوء الشمسى.



نظم دخول الضوء الى المبنى	Remote source basics-transport
	Hollow
	prismati
	Beam/len

شكل (26): يوضح إستخدام ضوء النهار فى الإنارة بالطريقة الموجبة

2-3 بعض الأمثلة لرفع كفاءة الإضاءة الطبيعية وتحسين أداءها داخل المبانى بإستخدام النظم التكنولوجية :

سوف يتناول هذا الجزء دراسة تحليلية لعدد 4 نماذج لمبانى ذكية تم فيها إستخدام التكنولوجيا والأساليب والنظم الذكية للحصول على أكبر قدر من الإضاءة الطبيعى، وهذه المبانى :

- مبنى الهليوتـروب – المانيا ، مبنى لومن هـأوس – أمريكا، منزل الجـــوزاء – النمسا، معهد العالم العربي – باريس

1-2-3 مبنى الهيليوتروب Heliotrop

1-1-2-3 نبذة عن المبنى

- مبنى عباد الشمس Heliotrop ويقع فى فرايبورغ – ألمانيا Merzhausen-Germany Freiburg- شكل (27) ،من تصميم المهندس المعمارى: رولف ديش Rolf Disch وقد تم الإنتهاء من بنائه عام 1994.
- إستوحى المهندس المعمارى فكرة إنشائة من زهرة الهيليوتروب التى تتحرك مع حركة الشمس طول فترة النهار.

المصدر:inhabitat.com
شكل (27):يوضح الموقع العام للمبنى فى وادى الراين

2-1-2-3 وصف المبنى

تقوم الفكرة المعمارية للمبنى على إنشاء هيكل من الخشب القائم على محور مركزى قادر على الدوران حول نفسه لتتبع أشعة الشمس طوال فترة النهار للإستفادة من أكبر قدر ممكن من الضوء الطبيعى شكل (28)، وتشكيل المبنى عبارة عن جزئين: جزء مصمت وجزء زجاجى يأخذ إتجاهات مختلفة فيحقق الإضاءة الطبيعية المطلوبة مع تحقيق الإتصال بالخارج، ويمتلك المبنى القدرة على تلبية إحتياج مستخدمية يدوياً، لتحديد الإتجاه المرغوب فيه، ويتم إستخدام مفتاح التحويل يدوياً لتعريف الكمبيوتر بالفراغات المستخدمة، والإبقاء على حرارة الغرف الشاغرة فى أدنى حالاتها.

شكل (28): مبنى Heliotrop يجسد مفهوم الإستفادة من النظام الذاتي للطاقة الشمسية، حيث يحتوي علي مسطحات زجاج تسمح بمرور أشعة الشمس إلي الفراغات الداخلية، ويتم ذلك من خلال دوران المنزل حول نفسه وتوجيهه لإتجاه الشمس طبقا للإحتياج.
المصدر:www. tobeinspa-d.com

3-1-2-3 دراسة حصول المبنى على الإضاءة الطبيعية

تتصل جميع أجزاء الغلاف الخارجى لمبنى Heliotrop بنظام(BMS)Building management system، وتم برمجة الكمبيوتر المسؤول عن إدارة وتشغيل المبنى على دوران الجزء السكنى حول محورة كل عشر دقائق وفقا لعملية حسابية تقوم بتحديد حركة الشمس طوال فترات النهار،وذلك على حسب إحتياج المبنى لأشعة الشمس المباشرة لتغذية المبنى بها فترسل البيانات إلى الـ BMS.

ولكن لم يصل المبنى إلى درجة الذكاء التى تسمح له بالقدرة على تغيير حالة الغلاف الخارجى بناءاً على التنبؤ بحالة الجو المستقبلية أو الإستفادة من البيانات الواردة له بتغيير حالته طبقاً لتجارب مشابهة مرت به فى الماضى، فلا يستطيع التصرف التلقائى دون الرجوع للمستخدم، ولكن يمتلك المبنى القدرة على تغيير خصائص الغلاف الخارجى على حسب الفصول المناخية على مدار العام، وفى اليوم الواحد بناءاً على حرارة الجو شكل (29)، ففى فصل الصيف يتحول المبنى بعيدا عن أشعة الشمس لمنع الحرارة الزائدة، وذلك من خلال إدارة المبنى لجهة الشمال الشرقى وفتح النوافذ ليلاً، مما يمكن الحفاظ على درجة حرارة الغرفة 25 درجة مئوية، وفى ذروة فصل الصيف، يمكن للمبنى تتبع الشمس مع إزاحة 180 درجة لتجنب إنتشار الحرارة الشمسية إلى مناطق المعيشة الزجاجية، ويتم إدارة المبنى للفترة المتبقية من العام للحصول على الإستفادة القصوى من الطاقة الشمسية، كما تم إستخدام من خلال نوعين من الزجاج، أحدهما يغطى النصف الشمالى من المنزل بإستخدام زجاج قابل للفتح، والأخر يغطي النصف الجنوبي من المنزل والذى يتكون من ثلاث طبقات من الزجاج مع تجاويف مملوءة بمادة الكريبتون، شكل (30).

شكل (30): يوضح إستخدام نوعين من الزجاج فى الواجهة أحدهما قابل للفتح والآخر ثلاثى الطبقات
المصدر:questpointsolarsolutions.com

شكل (29) :واجهة المبنى توفر اقصى قدر من الإضاءة الطبيعية على مدار العام
المصدر:www.oregonlive.com

2-2-3 مبنى لومن هاوس Lumen Haus

1-2-2-3 نبذة عن المبنى

منزل لومن هاوس تم تصميمه وبنائه في جامعة فرجينيا- الولايات المتحدة الأمريكية بواسطة طلبة وأساتذة جامعة فرجينيا التكنولوجية، وبدأ تنفيذه عام 2002 وتم تطويره سنوياً وتم الإنتهاء في 2010، وهو المنزل الشمسي الثالث الذى تم تصميمه وبناؤة في جامعة فرجينيا التكنولوجية كجزء من برنامج الأبحاث الذي بدأ عام 2002، والتصميم المبتكر دمج العمارة والتكنولوجيا معاً ويعتبر اشارة إلى حركة الباوهاوس، وفاز المبني فى المسابقة العشرية فى مدينة مدريد الاسبانية كأفضل مبنى بيئى في أوروبا لعام 2010.

3-2-2-2 وصف المبنى

يمتلك المنزل القدرة علي تغير خصائص غلافه الخارجي علي حسب الفصول المناخية علي مدار العام وفي اليوم الواحد بناء علي حالة الجو فمن أهم ما يميز المبنى القدرة علي التعلم والإستفادة من المعطيات التى تصف حالة الجو المتوقعة لليوم مما يؤهله لإتخاذ القرار الأمثل لحالة الغلاف الخارجي فى ذلك اليوم .

كما تم عمل نظام من المظلات عبارة عن مجموعة من الحوائط المتحركة شكل (31)،متصلة بنظام إدارة المبني الـ BMS تتغيربناءاً على حالة المناخ الخارجي، ومدى إحتياج المنزل للإتصال المباشر بالخارج ، ففى الصباح تتصل شاشة التلفزيون فى صالة المعيشة بشبكة الإنترنت والتى تمدها بمعلومات عن حالة الطقس المتوقعة فى هذا اليوم وتصل هذه المعلومات الي نظام الـ BMS الخاص بالمنزل مما يسهل من عملية التوقع للحالة المثلى للغلاف الخارجى للمنزل فى هذا اليوم.

وتتكون الواجهات الخارجية المتحركة للمنزل من خمس طبقات في الحائط الواحد تتحرك كل طبقة على حدة لتوفير نوع معين من الإضاءة أو التهوية وهى طبقة المخرمات الخارجية والطبقة المعتمة وسلك معدنى والألواح الزجاجية وستائر القماش المتحركة شكل (32)، وتتكون طبقة المخرمات من فتحات دائرية مزودة بشرائح من الفولاذ المقاوم للصدأ لمحاكاة الكسوف الشمسى ولتوفير الخصوصية ولتشتييت ضوء الشمس عند الحاجة وتختلف حجم المخرمات فى الواجهه الجنوبية عن الشمالية، حيث تعد المخرمات الجنوبية أصغر حجما لزيادة نسبة الإظلال فى الفراغات الداخلية بعكس المخرمات الشمالية والتى تسمح بزيادة نسبة إختراق أشعة الشمس الغير مباشرة إلى الداخل ففي فصل الشتاء يتم فتح طبقة المخرمات الخارجية وغلق الألواح الزجاجية لتوفير أكبر قدر ممكن من الإضاءة الطبيعية.

شكل(31): يوضح مجموعة الحوائط المتحركة والمتصلة بنظام إدارة المبني الـ BMS والتى تتغير بناءاً على حالة المناخ الخارجي، ومدى إحتياج المنزل للإتصال المباشر بالخارج
المصدر: www.flickr.com

شكل (32): يوضح طبقة المخرمات الخارجية حيث أنها أهم عنصر فى الغلاف الذكي
المصدر: www.flickr.com

3-2-2-3 دراسة حصول المبنى على الإضاءة الطبيعية

تتحكم الحوائط المتحركة في مقدار شدة أشعة الشمس الواصلة إلى الفراغات الداخلية للمنزل لتوفير الإضاءة الطبيعية وتتصل جميع أجزاء الغلاف الخارجى بنظام إدارة المبني BMS حيث يتحكم في جميع عناصر المنزل، كما يتصل الـ BMS بمجسمات الحرارة الخارجية لمعرفة السطوع الشمسي طوال النهار وزاوية سقوط الشمس على المنزل، لإتخاذ القرار الأمثل لحركة المظلات الخارجية ففى فصل الصيف يتم غلق

الشراعات الشمسية فى الغلاف نهاراً للحماية من أشعة الشمس المباشرة، فى فصل الشتاء يتم غلق الألواح الزجاجية وفتح الشراعات الشمسية لتزويد المنزل بضوء الشمس المباشر.
وللمستخدمين قدرة التحكم فى نسبة فتح وغلق شراعات الغلاف الخارجى حيث من الممكن تحديد مدى فتح وغلق الشراعات الشمسية أو الستائر الداخلية ويتم التحكم فى كل عنصر من عناصر الغلاف الخارجي عن طريق نظام التحكم الـ BMS بإستخدام الهاتف المحمول من داخل المنزل أو خارجه فمثلاً يمكن غلق الألواح الزجاجية فى الليل بنسبة 50% فقط لإدخال الهواء إلى المنزل بدون الشعور بالبرد، أو فتح الطبقة المعتمة بنسبة 20% فقط فى نهار يوم مشمس لإدخال إضاءة طبيعية خافتة لإراحة الأعصاب وفى فصل الصيف يتم غلق طبقة المخرمات الخارجية وفتح الألواح الزجاجية للسماح بدخول الهواء الطبيعى والإنارة الطبيعية الخافتة وفى حالة شدة الحرارة يتم غلق الألواح الزجاجية وتشغيل التكييف الداخلى بطريقة تلقائية.

3-2-3 منزل الجوزاء Gemini Haus

1-3-2-3 نبذة عن المبنى

يقع مبنى الجوزاءGemini Haus فى ويز- النمسا Weiz-Austria وقام بتصميمه المعمارى: إروين كالتنجر Erwin Kaltengger والمهندس: رولاند موسيل Roland Mosl وتم الإنتهاء من التشييد فى 2001 وهو مبنى قادر علي التفاعل مع حركة الشمس .

2-3-2-3 وصف المبنى

شكل (33):يوضح الحركة اليومية للخلايا الشمسية والتي تتوافق مع حركة الشمس طوال فترة النهار
المصدر: inhabitat.com

تم تصميم المبنى على شكل إسطواني من دورين، ولا تتوافر فيه إمكانية التحكم عن بعد فى خصائص الغلاف الخارجي وإنما يمتلك القدرة على التحكم اليدوى والسلكى فى حركة الغلاف الخارجى حيث يسمح بتغيير إتجاه الشراعات الشمسية المتتبعة لحركة الشمس للحصول على الإظلال التام للفراغات الداخلية للمبني وقت الحاجة، كما يمتلك الغلاف الخارجى القدرة على تغيير موضع الخلايا الشمسية والتى تعمل ككاسرات للشمس وتحريك هذه الخلايا على مجرى أفقى حول المبنى يصل الي 180 درجة وهي الحركة اليومية للخلايا الشمسية والتى تتوافق مع حركة الشمس طوال فترة النهار شكل (33)، كما يمتلك المبنى القدرة علي تلبية إحتياجات مستخدمية حيث يمتلك المستخدم القدرة على إدارة الكاسرات الشمسية يدوياً وقد يحتاج المقيمين إلى تثبيت الخلايا الشمسية وعدم حركتها مع أشعة الشمس، ولكن لم يصل منزل الجوزاء إلى درجة الذكاء التى تسمح له بالقدرة على تغيير حالة الغلاف الخارجى بناءاً على التنبؤ بحالة الجو المستقبلية أو الإستفادة من البيانات الواردة له بتغيير حالته طبقاً لتجارب مشابهه مرت به فى الماضى فلا تستطيع التصرف التلقائى دون الرجوع للمستخدم.

3-3-2-3 دراسة حصول المبنى على الإضاءة الطبيعية

يحتوى المبنى على مسطحات زجاج خارجية واسعة تسمح بمرور أشعة الشمس مباشرة إلى الفراغات الداخلية والتي توفر إضاءة طبيعية طوال فترة النهار، ويمكن التحكم في كمية الإضاءة الداخلة إلى المبنى من خلال القدرة على التحكم فى الشراعات الشمسية الخارجية إمام المسطحات الواسعة للنوافذ شكل (34)، مما يقلل من الأشعة الشمسية الداخلية إلى الفراغات فى فصل الصيف.

شكل (34): يوضح التحكم في كمية الإضاءة الداخلة إلى المنزل من خلال القدرة على التحكم في الشراعات الشمسية الخارجية امام المسطحات الواسعة للنوافذ
المصدر:energieprojekte.com

4-2-3 معهد العالم العربي فى باريس The Arab World Institute in Paris

1-4-2-3 نبذة عن المبنى

يقع معهد العالم العربى على الضفة اليسرى لنهر السين بجانب كاتدرائية نوتردام في وسط العاصمة الفرنسية باريس، على مساحة 13000م 2، والمشروع عبارة عن محصلة تضافر الجهود العربية لإفتتاح مركز ثقافى عربى فى أوروبا، وفى مسابقة مغلقة تم إختيار التصميم المقدم من فريق جون نوفيل Jean Nouvel بواسطة الرئيس الفرنسى فرنسوا ميتران وتم الانتهاء منه عام 1989فقد عمل جون نوفيل على توفير نقطة إلتقاء ما بين حضارتين قديمتين جمعهم الكثير عبر التاريخ.

2-4-2-3 وصف المبنى

قد حقق جون نوفل تكوين صريح وبسيط للكتل شكل (35) حيث الحائط المنحنى الذى يطل على نهر السين والذى يصل إلى زاوية حادة تقابل الكتلة المتعامدة، وقد عالج الأسطح الخارجية للواجهات بحائط ستائرى مكون من تجريد للتكوينات العربية والأطباق النجمية وإستخدم التكنولوجيا الحديثة فى جعل تلك التكوينات تفتح وتغلق للتحكم فى شدة نفاذ الإضاءة أثناء النهار، ويتألف المبنى من متحف ومكتبة وصالة معرض ومكاتب وغرف للإجتماعات تتوزع على جناحين يفصل بينهما مدخل يطل على كاتدرائية نوتردام، أما الواجهة الرخامية البراقة للجناح الشمالى بطوابقه السبعة فتنحنى لتساير تقوس رصيف الميناء، وفى الطرف الشرقى من هذا الجناح توجد المكتبة وبرج حلزونى من الكتب خلف جدار زجاجى شفاف يقدم رؤيا بانورامية للمكان.

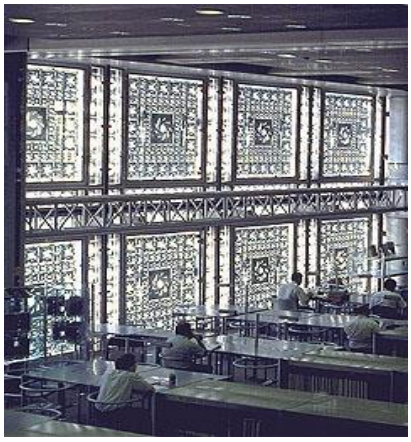
توجه نوفيل ورؤيته لهذا المبنى يعتمد على وجود عنصرى المشربية والفناء الداخلى شكل (36) اللذان يتشكلان فى أغلب أشكال وطرز العمارة العربية المختلفة يطعّمان مبنى زجاجى يعكس ما حوله فى محيطه، فقد تم إستيحاء تصميم معهد العالم العربي من الفنون المعمارية الإسلامية ولكن مع دمج التقنيات الغربية.

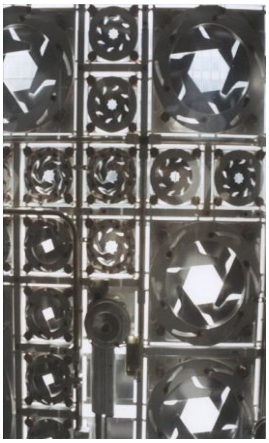
3-4-2-3 دراسة حصول المبنى على الإضاءة الطبيعية

هيكل المبنى الخارجي عبارة عن طبقة زجاجية مكسوة بطبقة معدنية مخرمة من الألمنيوم شكل (37) وظيفتها التحكم بمرور الضوء إلى داخل البناء، تماما كمبدأ عمل المشربيات التى كانت تصمم سابقاً في البيوت العربية

القديمة، **أما الإضافة الجديدة لتصميم معهد العالم العربي كانت في طريقة تحرك واجهاته اعتماداً على تقنية الخلايا الشمسية** ليكون بذلك عملها فلتره ضوء الشمس وترشيحه، لتفتح وتغلق حسب الحاجة من الضوء المطلوب فى المكان للإضاءة فتحولت لآلة إستدامة غير مسبوقة، ومن الجدير بالذكر أن المشربية فى الثقافة العربية كانت للخصوصية وللتظليل وتلطيف الجو،بينما لا تحتاج ذلك فى باريس الباردة، ولكنها كانت إستعارة

شكل(36):يوضح التشكيل المعماري لمعهد العالم العربى بباريس
المصدر:www.alriyadh.com





شكل(37):يوضح التقنية الحديثة المستخدمة فى الحائط الستائرى
المصدر:www.alriyadh.com

تم تناول دراسة أربعة نماذج مختلفة من المبانى المعمارية والتى إعتمدت بشكل أو بآخر على التكنولوجيا الحديثة وتطبيقاتها فى الحصول على الإضاءة الطبيعية ورفع كفاءتها فى الفراغات المختلفة لهذه المبانى.
مع تحليل كل نموذج بعرض البيانات الأساسية للمبنى، ثم وصف المبنى معمارياً وتشكيله وتصميمه، وأخيراً دراسة حصول المبنى على الإضاءة الطبيعية.
وتم إختيار النماذج الأربعة عن عمد لتوضيح الأساليب المختلفة لكيفية الحصول على الإضاءة الطبيعية بداية من إستخدام نظام BMS فى النموذج رقم(1)، (2)، مع وجود إختلاف من حيث إعتماد النموذج الثانى على الذكاء الإصطناعى ايضا لمتابعة المناخ على مدار العام، وتعديل ذلك أتوماتيكيا للحصول على أكبر قدر من الإضاءة الطبيعية، أما النموذج الثالث فيعتمد على التحكم اليدوى والسلكى والخلايا الشمسية لتلبية إحتياج مستخدميه من الإضاءة الطبيعية ولا يتعامل مع فكرة الذكاء الإصطناعى مطلقاً، وأخيراً النموذج الرابع فيعتمد على إستخدام التكنولوجيا الحديثة وتقنيات الخلايا الشمسية للإستفادة منها فى الحصول على الإضاءة الطبيعية وبالقدر الكافى لكل الفراغات.
هذا التنوع يمكن الإستفادة منه لرفع كفاءة الإضاءة الطبيعية فى كل مبانينا اليوم مما يساعد على خفض إستهلاك الطاقة والتى تعتبر من أهم أزمات العصر اليوم، كذلك يساعد هذا التنوع فى الأساليب والنظم والأفكار فى حالة كافة المشاكل والتعامل مع كافة أنواع المبانى للحصول على الإضاءة الطبيعية مما يساهم فى رفع كفاءة الأداء للمبانى ومدى تأثير ذلك على راحة المستخدمين.

❖ النتائج والتوصيات

1- الإضاءة الطبيعية تتميز بأنها مصدر دائم ومتجدد تعود بالفائدة الصحية والنفسية على شاغلى المبنى، ذلك بجانب تدرجها الطبيعي على مدار اليوم مما يؤدي إلى الإحساس بالوقت، والإتجاه، والمتعة، فهى تمتاز عن الإضاءة الصناعية بأنها متغيرة الشدة حسب حركة الشمس ومسار السحب وهذه التغيرات في الإضاءة بدرجتها وألوانها المختلفة ضرورية للحفاظ على ذكاء الأفراد وتكيفه مع المكان الذى يعيش فيه.

2- فى الوقت الذى يعانى فيه العالم من تنامى مشاكل الطاقة وتناقصها وإرتفاع تكلفتها فضلاً عن مشاكل تلوث البيئة أصبح مدخل الإستفادة من الطبيعة ضرورة ملحة وحتمية يجب أن يتعامل معها المعمارى بشكل يوازن ما بين إبداعاته ومابين تحقيق المبنى لأهدافه الوظيفية.

3- تحقيق الإعتبارات البصرية فى المبانى عامة وتوفير الإضاءة الطبيعية يؤمن الإستقرار النفسى للإنسان والإنفاق على تحسين شروط الإضاءة ورفع كفاءتها له كبير الجدوى وسريع التعويض مادياً ونفسياً.

4- الإضاءة الغير كافية تتسبب فى حدوث إصابات مرضية مختلفة في العين وإصابات جسمانية متنوعة إلى جانب إرهاق البصر والإرهاق العام وما ينتج منها جميعاً من سوء إنتاج وتعب نفسى.

5- يؤدى موقع الفتحات وتوجيهها دوراً مهما فى التحكم بالضوء الشمسى فى المبانى بحسب الفصل والوقت والوظيفة والمساحة للفراغات الداخلية، ولهذا يجب الإهتمام بتصميم وتشكيل الفتحات فهو يعتبرنظام معقد متعدد المهام قد يتناقض بعضها مع الآخر منها أنه عنصر إتصال بين الداخل والخارج بشكل إنتقائى يسمح بمرور المؤثرات البيئية المرغوبة ويعزل المؤثرات الغير مرغوبة بالإضافة لدورها فى السماح بالرؤية الخارجية مع حفظ الخصوصية، مع عدم إهمال التأثير التشكيلى لها.

6- يجب على المعماريين الإهتمام وعدم التجاهل لدور الإضاءة عند تصميم المبانى بصفة عامة ومراعاة الإعتبارات البصرية وتحقيق الأسس العلمية التى تحقق الراحة البصرية داخل الفراغات.

7- من الضرورى أن يراعى المعماري فى تصميمه للإضاءة أن تكون الإضاءة الطبيعية هي الأساس والإضاءة الصناعية مكملة لها وذلك لأهميتها الفسيولوجية والصحية والإنتاجية والوظيفية والإقتصادية .

8- يجب على الجهات المعنية بالتطوير والتخطيط المعمارى والعمرانى مراعاة توجيه المبانى ومعرفة إحتياجاتها من الأشعة الشمسية بحسب المنطقة الجغرافية لضمان الإضاءة المناسبة.

9- يجب أن يراعي في تخطيط المواقع إرتفاعات المبانى والمسافات بينها بحيث لا تحجب المبانى الضوء عن بعضها البعض.

10- يجب الإهتمام بالتقنيات الحديثة وإستخدامها لتعزيز الإضاءة الطبيعية داخل فراغ المبنى والإطلاع على أخر ما أفرزته العقول وأحدث ما أنتجته الجهات البحثية لتطوير العملية التصميمية وزيادة فعالية منظومة الإضاءة بالمبنى،مع الإستفادة بالتقنيات التكنولوجية الحديثة فى رفع كفاءة الإضاءة الطبيعية داخل المبانى .

11- نرى أهمية إصدار مجلة دورية في مصر تعنى ببحوث العمارة وعلاقتها بالضوء يفيد منها الطلاب والمهندسون وتوضع في المكتبات يشترك فيها باحثون نفسيون وإجتماعيون وفيزيائيون ومعماريون وفنانون ومصممو الإضاءة والطلاب وغيرهم .

12- نوصي بعدم إعتماد أية تصاميم معمارية للمبانى فى مصر من قبل الجهات الإدارية صاحبة القرار ما لم تكن متضمنة دراسة الإضاءة الطبيعية والصناعية بشكل جيد ومتكامل.

13- كما نوصى بتعزيز نشر ثقافة الإحساس البصري بالإضاءة، ومن ثم زيادة الحس المعماري بدءاً من رياض الأطفال والمدارس وانتهاءا بكليات الهندسة المعمارية والفنون الجميلة في الجامعات.

14- صياغة معايير وأنظمة معمارية وعمرانية على درجة عالية من المرونة تراعى الإضاءة في فراغات المبنى بحيث تتلاءم مع متطلبات المستخدمين وإحتياجاتهم على مختلف وظائف المبنى.

❖ المراجع

1- وجيه فوزى يوسف:**الإضاءة الطبيعية والعمارة قديما وحديثا**،مجلة المهندسين،العدد،37،1985.

2- جهاز تخطيط الطاقة،**"دليل الطاقة والعمارة"**، الشركة المصرية للنشر والاعلام إيباك ، القاهرة 1998،ص149.

3- ريهام الدسوقى رشدى:**"نحو بناء منهج تصميمى ضوئى لرفع كفاءة الإضاءة الطبيعية بالمبانى الادارية الحديثة"**، دكتوراة ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، 2007.

4- نجيل كمال،سرى فوزى:**"تشكيل واجهات المجمعات السكنية وأثره فى المشهد الحضرى"**،مجلة الهندسة و التكنولوجيا ، المجلد 26، 2008م.

5- صفاء الدين حسين،**"اثر الإضاءة الاصطناعية فى الإيحاء البصرى للمبانى"**،مجلة الهندسة والتكنولوجيا،المجلد 28،العدد7، 2010.

6- أسماء مجدى فاضل:**"العمارة الذكية و إنعكاسها التكنولوجى على التصميم"**، ماجستير،كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، 2011.

7- محمد حسن:**"تأثير تكنولوجيا المعلومات على تطور الفكر المعمارى"**،رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الازهر،2011.

8- أحمد السيد سعد عبد السلام:**"مستقبل الأسطح الخضراء في مصر"**،الفوائد البيئية والإقتصادية من زارعة سطح أخضر علي مبني سكني في القاهرة، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة،2012.

9- محمد عصام الدين:**"التطورالتكنولوجى لعمارة القرن الواحد والعشرون"**،رسالة ماجستير منشورة،كلية الهندسة،جامعة القاهرة،2012.

10-على علوى محمد**:"الاعتبارات البصرية و اسس دراسة الإضاءة عند تصميم المبانى السكنية"**،مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية ، المجلد التاسع و العشرون ، العدد الأول،2013.

11-دينا خاطر:**"الاسطح الخضراء فى الاسكان"**،رسالة ماجستير منشورة، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ،2014.

12-عبد المطلب محمد،**"تأثير الظروف المناخية على تشكيل عمارة جنوب الوادى بمصر"**،مجلة العلوم والتكنولوجيا.العدد20.

13- William Illiam.C.Lam:**Sun Lighting as forngiver for Architecture,van nostrand reinioldcompany**,New York,1986.

14- Dr.Carter,David:**Daylight Guidance System**,The university Of liver pool,2003.

15- National Renewable Energy Lab**.: Concentrating Solar Power,U.s**. Department of Energy,June,2003.

16- Cyberspace: **The world of digital architecture**, Images Publishing, Australia,2004.

17- John K. **Branner Travelling FellowshipOn Light and Dematerialization in Architecture**, Final Report, USA.2004.

18- Youth Damanhour: **lighting and their role and their impact on the decorations of homes and shops and public places**, the Internet 2009.

19- Dumaini, Abdul Haq:**climate adaptation in the contemporary architecture of Yemen** ,Damascus ,2009.

20- Moamen ElSoudany:**Solar Energy Applications in Urban Development**,Master in Architecture, Faculty of engineering Mansoura University, 2009.

21- Conservation Landscaping Council:"**Conservation Landscaping Guidelines:The Eight Essential Elements of Conservation Landscaping**", 2010.

22- Sidonie Carpenter, President Green Roofs Australia: **Design & Installation of Green Roofs**, September 2011

23- Michelle de Roo:**The Green City Guidelines**, 2011.

24- Mayhoub, M.S**. Guidelines for daylight guidance systems application**. In the Proceedings of PLEA 2012, Lima, Per.

- مواقع الكترونية :

1- http://www.asc-csa.gc.ca/eng/educators/resources/satellite/grade9-radiation.asp

2- http://www.mmsec.com/ml-eng/sun-power.htm

3- http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/glossary.html

4- http://www.interactivearchitecture.org/musclehrgandonl.html

5- http://www.michaelscholz.de/neuehomepage/tutorial/tut

6- http://www.southwesturbanhydrology.com/urbanization-concerns/urban-heat-island-effect/