جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الهيئة العامة للمباني

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مدونة الإنارة الطبيعية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠٦

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

جمهورية العراق

وزارة الإعمار والإسكان

الـهيئـة العامـــة للمبانـــي

وزارة التخـطـيـط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

مـــدونـة الإنـارة الطبيعية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع ٥٠٦

الطبعة الاولى

٢٠١٣م-١٤٣٤هـ

اللجنـــــــــــــــة العليا لمشـــــروع المـــــواصفات الفنيـــة والمدونـــات العراقيـــــــــــة

محمد صـاحب الدراجـــي / وزيـــر الاعمـــــار والاســـــــكان / رئيـس اللجنـــــــــــة

اسـتبرق ابراهيـم الشـــوك / الوكيـــل الاقـدم لـــوزارة الاعمـــــــــار والاســـــــــكان

د.حميد علي عمران الانباري / عضو هيئة المســتشـــــارين / الامانـة العامة لمجلس الـــــــوزراء

سعـد عبـد الوهـــــــاب / رئيس الجهاز المركزي للتقييس والسـيطرة النوعية / رئيس اللجنة الفنيـة

حســين مجيـد حســين / مديرعام الهيئة العامة للمباني / وزارة الإعمار والإسكان / مديرالمشـــروع

ريـاض حمـودي الوزيـــر/ مدير عام التخطيط والمتابـــعة / وزارة البلديـات والأشغـال العامـــــة

جـلال حسيـن حســـــن / مدير عام شـركة الرشـــــيد / وزارة الصنـــــاعة والمعـــــادن

لـــــواء كريـــم العبيـــدي/ وزارة البـيـــئـــة

د.نمير خورشيـــد سعـــيد / قسم هندســة البناء والانشـــاءات / الجامعـة التكنولوجيـــــــــــــــة

رعد عبد الجليل عبد الامير/ مدير عام دائرة التصـاميـــم الهندسية / وزارة الموارد المائيـــــــــــة

صـــادق محمـود الشمـــري / مدير عام شـــركة ابن الرشـــــــــد / أمانة بغـــــــــــــــــداد

خضـير عباس داود/ مديرعام دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في اقليم/ وزارة العلوم والتكنولوجيـا

الفريـــق العامـــل على إعـــــداد مدونـــــــة الانـــارة الطبيعيـــــة

الأســـــــتاذ الدكتور / مقـــــداد حيدر الجوادي

الأستاذ المساعد الدكتور/ يونس مـــحمود محمد سليم

الفريـــق العامـــل على تدقيـــــق مدونـــــــة الانـــارة الطبيعيـــــة

الاستاذ المساعد الدكتورة/ سهى حسن عبد الله الدهوي

الدكتـــــــــــور/ حســـــــن فيصـل

الســـــــــــيدة / غيـــــــد باســـل

الســـــــــــيد / محمـــــد علي رشـيد

الســـــــــــت / زينـب محمـــــد علي

اللجنـــــــــــــــة الفنيـــــــــــــــة للمشـــــــروع

الخبير المهندس سعـد عبـد الوهـــاب / رئيس اللجنـــــة

الدكتور المهندس علي عبـــــد الحسيـــــن مجبـــــــل

الدكتور الجيولـوجـي فـــراس فيصـــل عبـد الحمـيـــــد

ر.مهندسين أقدم حســـــيـــن محمـــــد علـــــــــــي

الدكتورالمهندس خالـــد احـــمـــد جـــــــــــودي

الدكتورالمهندس خالـــــــد كامـــــــــــــل داود

الدكتورالمهندس رائـــــد رمـــــــزي العمـــــــري

الدكتورالمهندس محمـــــــــد مصلـــح ســـــلمـــــان

ر.مهندسين أقدم داود عـــــــــواد حـــــمـــــــود

الدكتور المهندس ليـــــث خـــالـــــد كامـــــــــل

ر.مهندسين أقدم نيـــــران حســـــيـــن علـــــوان

ر.مهندســـين جنـــان رضـــــــا محـــــمـــــد

اللجنـــــــــــة الاداريـــــــــــة للمشـــــــــــروع

الخبير المهندس حسين مجيـد حسيـن / مديـرالمشـــروع

الدكتورالمهندس رائـــد حســـــــــــن عبـــــود

م.ر.مهندسيـــن الهـام ابراهيـــم عـــبـد الـــــــرزاق

لجنـــــــــــة متابعـــــــــــة المدونـــــــــــة

الخبير المهنـدس جبار حمزة لطيـــف / رئيـــس اللجنـــة

م.ر.مهنـدســـــين وليـــــــد خالـــــــــــد مصطفى

تقديم

بسم الله الرحمن الرحيم

لَئِنْ كانَ يَحِقُّ للأُمَمِ والأفرادِ أنْ تفْتخرَ بنتاجِها الفِكْريّ و العِلْميّ مِمّا يُجَلّي مَنْقبَةً ظاهِرةً، أو مَزيَّةً يَصْعُبُ مَرامُها، فلوزارةِ الاعمارِ والاسْكانِ السَّبْقُ والقدْحُ المُعَلَّى في أنْ تكُونَ قد اضْطَلَعتْ بأعباءِ قيادةِ مهمةِ مشروعِ إصدارِ مُدَوَّناتِ ومواصفاتِ البناءِ في العراق.

فانْبرتْ لهُ بعزيمةٍ ماضيةٍ وغايةٍ شَمّاءَ لاتقفُ دُونَها غايةٌ، بأنْ كَلّفتْ أُولي العِرفانِ وأهلِ التحصيلِ في كلِّ علمٍ (من عُلُومِ مُدَوَنَّاتِ ومواصفاتِ البناء) مِمَّن هُمْ أهْلٌ للاعدادِ، أَعَانَهم في ذلك نُظراءُ لَهم بالرّأيِ و المَشُورةِ مُدَقِقينَ عَمَلِ أقرانِهم، مُؤازرينَ لَهُم برأيٍ حَصِيفٍ ومَشُورةٍ صَواب .

فَسَارَتْ عَمَلِيّةُ إعْدَادِ كُلِّ مُدَوّنَةٍ على رَوِيّةٍ يَحْدُوها عَقْدٌ مُوَثَّق، مُيَمّمَةً سَمْتَ غايتِها مُقْتَصَّةً أَثَرَ تَجَارب الآخرينَ في مُدَوّنَاتهم، تَنْحُو نَهْجاً مُسَدَّداً. فَجَاءَتْ حَسَنَةَ الدِّيباجةِ، مُحْكَمَةَ التّبويبِ، مُطَّرَدَةَ الفُصُولِ، جَزِيلَةَ المَبْحَثِ، مَبْسُوطَةَ العِبَارةِ، مُسْتَوْعِبَةً لأطْرافِ غاياتِها، على النّحوِالذي بَيْنَ يَديّ قَارِئِها.

وما بقيَ على عَاتقِ الغيرِ إلّا الانتفاعُ من عُصَارةِ الفِكْرِ هذهِ بجَلِيلِ المَنفعةِ وأَرْجَاها، وأنْ تَتَضَافرَ الجّهُودُ نَحْوَ جَعْلِها مَوْضِعِ التّطبيقِ والإلْزامِ، بنيَّةٍ جَازِمةٍ حَازِمةٍ. وعندَ ذلك لَنْ يَغدُوَ المَطْلَبُ صَعْباً في أنْ يأتيَ البناءُ في العراق مُحْكَمَ السّمَاتِ والأشْرَاطِ تخطيطاً وتنفيذاً وإشرافاً واستعمالاً .

ووزارةُ الإعمارِوالإسكانِ تَضَعُ هذهِ المُدَوَّنَةَ لَبِنَةً تَرْصُفُها لإعْلاءِ صَرْحِ رايةِ العلمِ والبناءِ في عِراقِنا العزيز، واللهُ المُوفّقُ لِسَواءِ السبيلِ. إنهُ نِعْمَ الهادي ونِعْمَ النصير.

المهندس
محمد صاحب الدراجي
وزير الإعمار و الإسكان
رئيس اللجنة العليا
لمشروع المدونات و المواصفات العراقية

مقدمة فريق الاعداد

بسم الله الرحمن الرحيم

بتوفيق من الله وفضل وقع الاختيار من قبل الجهات ذات العلاقة على فريقنا لاعداد مدونة الانارة الطبيعية، الذي لم يألُ جهداً في تقديم خبرته التي يعتمدها أعضاؤه في تصاميمه وتجاربِهِ المنفذة وبحوثه، إيماناً منه أن تيسير الانارة الطبيعية ستتحقق منه فوائد صحية ونفسية. فهي بذلك تعد عاملاً مهماً في تهيئة الراحة المطلوبة للمستفيدين داخل الابنية، حيث يعتبر العامل النفسي في التصاميم المعمارية مهماً جداً لكون العمل المعماري يعنى بالانسان المستفيد من المبنى ككائن حي لهُ أحاسيسهُ وتفاعلاته مع الفضاء الذي يستعمله.

إن الانارة الطبيعية، رغم كون توافرها يعني إيجاد فتحات مزججة أو غير مزججة لنقل الاضاءة من الخارج الى الداخل فتصبح منافذ للتبادل الحراري صيفاً وشتاءً ودخول للأشعة الشمسية المباشرة الرافعة لدرجة حرارة الفضاء في الفترة الصيفية، أي انها عامل في زيادة الصرف على الطاقة وليس الاختصار منها داخل المبنى لحاجة المبنى الى تكييف هوائهِ وجعلهِ مقارباً للراحة الحرارية الملائمة التي يحتاجها شاغلو المبنى، لكن الأهمية النفسية والصحية تعتبران فوق كل هذه التكاليف. إذ أن توافر الانارة الطبيعية لايمكن ان يُتنازل عنه لأي غرضٍ ثانٍ، وأن حُسْن توزيعها داخل الفضاء المعماري لايقل أهمية عن كمية الانارة التي يحتاج إليها المستفيد منها لأداء الاعمال.

لقد حرص فريق الاعداد على أن تتضمن مدونة الانارة الطبيعية كل المعلومات ذات الصلة بمبادئ وطرائق تصميم الانارة الطبيعية المثالية. فقد اشتملت المدونة كافة البيانات والاساليب المطلوبة التي يحتاجها المصممون في عملهم، لكون أهمية وجود الانارة اللازمة لأداء الأعمال تتأثر تصميمياً بمواقع فتحات الانارة واتجاهاتها والسطوح الخارجية والداخلية الناقلة والعاكسة لها لتتحقق داخل المبنى الدرجة العالية من الراحة البصرية التي يجب ان تتهيأ مع بقية مستلزمات الراحة في المبنى.

تألفت المدونة من سبعة أبواب، واعتمدت في توصيف العمل على التجارب والبحوث الرصينة التي أُجريت عالمياً والبحوث التي أجراها فريق الاعداد خلال سيرهم البحثي الخاص، ومن خلال طلبة الدكتوراه والماجستير والتجارب المجراة في العراق.

ويسر فريق الإعداد وهو يضع بين أيدي المختصين هذه المدونة أن يقدم شكرهُ وتقديرهُ الى اللجنة العليا لمشروع إعداد وتطوير وتحسين مواصفات وتشريعات البناء العراقية وإدارة المشروع وكافة الجهات التي ساهمت وتعاونت معه في إظهار هذه المدونة. كذلك يسره أن يستقبل الآراء والملاحظات التي من شأنها تحسين المدونة مستقبلاً. ومن الله التوفيق.

أ.د. مقداد حيدر الجوادي

رئيس فريق الاعداد

المحتوى

الباب الاول

عموميات

الترقيم	المحتوى	الصفحة
1-1	الغرض من مدونة الانارة الطبيعية	1/1
2-1	المجال	1/1
3-1	التعاريف	2/1
	المراجع	7/1

الباب الثاني

الانارة الطبيعية

1-2	تمهيد	1/2
2-2	ارتباط الانارة الطبيعية بالعمارة	1/2
3-2	أهمية الانارة الطبيعية ومميزاتها	1/2
1/3-2	الراحة البصرية	1/2
1/1/3-2	التأثيرات الاتجاهية للضوء	2/2
2/1/3-2	ملمس الاشياء	2/2
3/1/3-2	اللون	2/2
2/3-2	كمية الضوء النافذ لأداء الاعمال	3/2
3/3-2	الاضاءة كعامل للمحافظة على صحة الفرد	3/2
4-2	الابهار (الوهج)	3/2
5-2	الظلال والتضاد	5/2
6-2	تكامل الانارة الطبيعية والانارة الصناعية	5/2
7-2	الانارة الطبيعية وتأثيرها في احمال التكييف (حفظ الطاقة)	6/2
	المراجع	7/2

الباب الثالث

مصادر الانارة الطبيعية

1-3	تمهيد	1/3
2-3	إضاءة الشمس المباشرة	1/3
3-3	إضاءة القبة السماوية	2/3
1/3-3	السماء الصافية	3/3
2/3-3	السماء الغائمة جزئياً	5/3
3/3-3	السماء الغائمة كلياً	6/3
4-3	الضوء المنعكس من الارض ومن السطوح الخارجية	6/3
	المراجع	8/3

الباب الرابع

عناصر تصميم الانارة الطبيعية

1-4	تمهيد	1/4
2-4	العناصر الخارجية	1/4
1/2-4	تنسيق الموقع الخارجي	2/4
2/2-4	توجيه المبنى	2/4
3/2-4	المباني المجاورة والسطوح الخارجية	3/4
4/2-4	وسائل التظليل الخارجية	4/4
5/2-4	سطح الارض المقابل	5/4
3-4	عنصر الشباك	6/4
1/3-4	الصيانة لتنظيف الشبابيك	6/4
2/3-4	التزجيج الملون	7/4
3/3-4	تأثير اطارات الشباك	7/4
4/3-4	الشبابيك المستجيبة	8/4
4-4	العناصر الداخلية	8/4
1/4-4	الشكل الهندسي للفضاء	8/4
2/4-4	عمق الفضاء	9/4
3/4-4	اثر موقع الشباك في توزيع الاضاءة الداخلية	10/4

4/4-4	أثر شكل الشباك في المساحة الداخلية المضاءة من الفضاء	10/4
5/4-4	مساحة الشبابيك	11/4
6/4-4	تعدد الشبابيك والفتحات	11/4
7/4-4	الستائر الداخلية	12/4
8/4-4	انعكاسية السطوح الداخلية للجدران والسقوف	12/4
9/4-4	الاثاث المستعمل	13/4
	المراجع	14/4

الباب الخامس

القيم القياسية لمستويات الانارة والابهار

1-5	تمهيد	1/5
2-5	الجوانب الكمية لمستويات الاضاءة الملائمة لأداء المهام	1/5
3-5	الابهار ومؤشرات قياسه	6/5
1/3-5	اساسيات حساب شدة الابهار	7/5
1/1/3-5	ثابت الابهار	7/5
2/1/3-5	دالة الابهار	8/5
2/3-5	المخططات البيانية لثابت الابهار	9/5
3/3-5	اجراءآت استعمال مخططات ثابت الابهار	10/5
4/3-5	بعض الارشادات لتقليل قيم دالة الابهار	13/5
	المراجع	14/5

الباب السادس

تصميم الانارة الطبيعية في مدن العراق

1-6	تمهيد	1/6
2-6	تعيين ظروف سماء التصميم	1/6
1/2-6	الاضاءة الشمسية	2/6
2/2-6	استضاءة السماء الصافية	3/6
1/2/2-6	استضاءة السماء الصافية على المستوى الافقي	4/6
2/2/2-6	استضاءة السماء الصافية على المستوى العمودي	4/6

3/2-6	استضاءة السماء الملبدة بالغيوم	4/6
4/2-6	الضوء المنعكس	5/6
5/2-6	شدة الاضاءة للسطوح المتعامدة على الاشعة الشمسية	6/6
6/2-6	شدة الاضاءة على السطوح الافقية	9/6
7/2-6	شدة الاضاءة على السطوح العمودية	11/6
8/2-6	القيم التصميمية لسماء العراق	16/6
3-6	التنبؤ بمستويات الاضاءة الطبيعية للفضاءآت الداخلية	17/6
1/3-6	خطوات استخراج قيمة مركبة السماء	18/6
1/1/3-6	محتويات منقلات الانارة	21/6
2/1/3-6	استعمال منقلات الانارة	21/6
2/3-6	الاضاءة العلوية	23/6
3/3-6	خطوات الحساب لتعدد مصادر الضوء الطبيعي	24/6
4/3-6	اشتراك الانارة الطبيعية مع الانارة الاصطناعية	24/6
	المراجع	25/6

الباب السابع

انظمة الانارة الطبيعية المساعدة

1-7	تمهيد	1/7
2-7	الانارة الطبيعية للفضاءآت العميقة	1/7
3-7	انظمة الانارة الطبيعية المبتكرة	2/7
1/3-7	الانظمة الموجهة للضوء	2/7
1/1/3-7	الانظمة ذات الاضاءة الجانبية	2/7
2/1/3-7	الانظمة ذات الاضاءة السقفية	6/7
2/3-7	الانظمة الناقلة للضوء	8/7
1/2/3-7	انظمة الانابيب الضوئية العمودية	9/7
2/2/3-7	انظمة الانابيب الضوئية الافقية	9/7
3/2/3-7	الالياف الضوئية	10/7
4/2/3-7	انظمة الاضاءة المرآتية	11/7
	المراجع	12/7

الملاحق

الملحق أ	زوايا ارتفاع الشمس واتجاهها لمدينة بغداد	م_أ /1
الملحق ب	تأثير تصميم مانعات الشمس في مستويات الاضاءة داخل الفضاءآت	م_ب/1
الملحق ج	قائمة المصطلحات الواردة باللغة الانكليزية	م_ج/1

الباب الأول

عموميات

1-1 الغرض من مدونة الانارة الطبيعية

تعتبر الإنارة الطبيعية حاجة ماسة للتوازن النفسي والجسدي للإنسان، وهذا ما أثبته علماء النفس والصحة، إذ يعتمد الأداء الفعال لأي نشاط إنساني على التفاعل بين الانسان وحيز العمل الذي تكون فيه العين أهم جزء في هذا التفاعل. وحيث أنّ الانارة الطبيعية التي تحوي أكبر حزمة للموجات في معظم الترددات والتي تنتشر في الفضاء تعمل على تلبية الحاجات النفسية والجسدية والأدائية، ولكي يصل المصمم الى إنتاجٍ يسد هذه الحاجات فلابد له من المعرفة المتوازنة للتعامل مع كافة عناصر التصميم التي تساعد على استغلال الانارة الطبيعية ليحصل على أفضل الآثار الإيجابية في توفير بيئة داخلية أفضل في مجال الراحة البصرية.

إن هذه المدونة تهدف الى التعريف بأهمية الضوء الطبيعي واسلوب توزيعه وطرائق حسابه والتحكم به لتحقيق الراحة البصرية للإنسان بحسب نوع النشاط الذي يمارسه بما يحقق مواصفات بنائية عالية، وكذلك تضع المدونة الحد الادنى من المتطلبات التي تحقق الانارة الطبيعية من خلال الفتحات وأنظمة الانارة الطبيعية بما يساعد في تهيئة بيئة صحية ملائمة.

كما تصبو هذه المدونة الى تقديم المعلومات المساعدة للمصمم على التوظيف الجيد للإنارة الطبيعية والتعرف على الجوانب السلبية لتجنب الاشكالات التي قد يسببها الاعتماد غير الصحيح للإنارة وكذلك التأثيرات الحرارية التي تنتج من الفتحات والشبابيك في الراحة الحرارية الداخلية، منبهين الى أن الانارة الطبيعية حاجة انسانية جسدية ونفسية رغم كون إعتمادها يعتبر زيادة في استهلاك الطاقة ولايعتبر نوعاً من أنواع الترشيد فيها.

2-1 المجال

- تحدد هذه المدونة الحدود والتوصيات الدنيا لمستويات الانارة الطبيعية وطرائق توزيعها الملائمة لأداء الوظائف في الابنية.
- أُعِدَّتْ هذه المدونة لتكون جزءاً من أنظمة البناء و قوانينه.
- لاتطبق هذه المدونة على المنشآت ذات الطابع الخاص
- تطبق المدونة على جميع أعمال البناء والتشييد في التصميم والتنفيذ والتشغيل والصيانة والتعديل وإعادة التأهيل للمباني والمنشآت.

3-1 التعاريف

تشمل هذه الفقرة التعاريف التي يتطلبها تطبيق مدونة الانارة الطبيعية.

الابهار (الوهج) Glare (G):

حالة الازعاج أو عدم الارتياح التي تعوق الرؤية وتحدد من مجالها نتيجة لشدة سطوع بعض الاشياء أو الاجزاء المضاءة بالنسبة للخلفية المحيطة بها.

الابهار المعوق (Disability Glare):

حالة الابهار التي تحول دون إمكانية رؤية الأشياء بغض النظر عن تسببها في الازعاج أو عدم الارتياح.

الابهار غير المريح (Discomfort Glare):

حالة الابهار التي تسبب ازعاجاً أو عدم الارتياح في الرؤية.

الانارة الطبيعية Daylighting:

هي الإضاءة الناتجة من اشعة الشمس المباشرة وغير المباشرة، والتي تنعكس عن قبة السماء والغيوم والمحيط الخارجي والاراضي المجاورة.

الانارية Luminance:

إصطلاح يعبر عن شدة الضوء الذي تبعثهُ وحدة المساحة لسطح منير أو عاكس للضوء في إتجاه معين.

الانتشار Diffusion:

هو تبعثر الاشعة الضوئية وبذلك ستنتقل في العديد من الاتجاهات بدلاً من الخطوط او الاشعة المتوازية[6].

الانعكاسية Reflectance :

النسبة بين كمية الضوء المنعكس من السطح الى الاضاءة الكلية الساقطة على السطح، ويعبر عنها كنسبة مئوية.

الإنارة (الإضاءة) Lighting:

هي إسقاط ضوء على سطوح الأشياء يُمَكّن من رؤيتها بالعين المجردة. فالضوء المرئي إشعاع طاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية. أما الإشعاعات الكهرومغناطيسية التي لا تحس بها العين فهي خارج الطيف المرئي، وقد تكون موجاتها أقصر كالأشعة فوق البنفسجية أو أطول كالأشعة تحت الحمراء[2].

التضاد (التباين) Contrast:

هو النسبة بين اضاءة الشيء الى اضاءة خلفيته المباشرة.

التظليل Shading:

عملية قطع او امتصاص للاشعة الشمسية المباشرة لغرض السيطرة على الكسب الحراري او الابهار غير المرغوب فيه.

التكيّف Adaptation:

العملية التي يتم فيها مضابطة أو تعديل فتحة بؤبؤ العين لتتناسب مع سطوع ولون الشيء المرئي في مجال الرؤية.

الدفق المنير Luminous Flux (Ø):

هو الضوء المنبعث من مصدر ضوء او الضوء الذي يستقبله سطح ما، ووحدة قياسه هي اللومن.

الرف الضوئي Light Shelf:

هو رف افقي (يكون عادة فوق مستوى العين) يعمل على انعكاس الضوء الطبيعي على السقف ويحمي من الاضاءة المباشرة الشديدة القادمة من السماء.

الشباك Window:

فتحة مزججة ثابتة أو متحركة ضمن غلاف المبنى الافقي او العمودي، تسمح بنفاذ الانارة الطبيعية، وتستعمل الأجزاء المتحركة منها للتهوية.

الضوء Light:

عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تقع ضمن الطيف الكهرومغناطيسي، وتتميز بانها موجات مرئية[1].

الضوء الطبيعي Daylight :

هو الضوء القادم من مصادر إضاءة طبيعية ويتميز بأنه الإنارة الأكثر ملاءمة فسلجياً للإنسان، غير أنه يتبدل ويختلف باختلاف الوقت والفصل والموقع والبعد عن خط الاستواء، وحالة الطقس، وغير ذلك.

الطيف المرئيVisible Spectrum :

حزمة صغيرة من الطيف الكهرومغناطيسي (بحدود 380 – 780 nm)[1] التي تحوي كل الاطوال الموجية الملاحظة كالوان مرئية مدركة[3].

اللوكس Lux (lx):

وحدة الإنارة أو الإستنارة في نظام الوحدات الدولي (SI) وتساوي لومناً واحداً لكل متر مربع.

اللومن Lumen (lm):

وحدة الدفق المنير في نظام الوحدات القياسية الدولية (SI)، ويعرَّف بانه الدفق المنير المنبعث من مصدر ضوء نقطي ذي شدة منيرية قدرها قنديل واحد من خلال زاوية مجسمة تساوي (1) ستراديان.

المصد Obstruction:

سطح خارج المبنى يعمل على الصد المباشر لجزء او كل من منظر السماء من نقطة مرجعية.

الناشر Diffuser:

جسم او سطح يستعمل لتوزيع الضوء مكانياً.

دالة الإبهار Glare Index (GI):

دالة رقمية محسوبة على وفق الطريقة الموصوفة في التقرير المرقم 10 لجمعية هندسة الانارة البريطانية (IES) التي بمقتضاها تحدد قيمة الابهار الناشيء عن تركيبة انارة معينة أو شباك. إذ تحسب شدة هذا الابهار وتقارن بالحدود المثبتة بجداول الابهار المسموح به تبعاً الى نوع المهام أو العمل[4].

زاوية اتجاه الشمس Azimuth (Az) :

هي الزاوية الافقية لموقع الشمس، وتحدد بين مستوى عمودي يمر بالشمس واتجاه الشمال الحقيقي[5].

زاوية ارتفاع الشمس Altitude (Al) :

هي المسافة الزاوية للشمس المقاسة فوق الافق ضمن السطح العمودي المار بموقع الشمس. إن قيم زاوية ارتفاع الشمس موجبة من الافق الى السمت (0–90) درجة.

[1] nm النانومتر $=10^{-8}$ متر.

زاوية الظل الافقية (Horizontal Shadow Angle) (HSA):

هي الفرق بين زاوية اتجاه الشمس وزاوية اتجاه الجدار او الشباك، وتكون قيمتها سالبة اذا كانت الشمس يسار الشباك وموجبة يمين الشباك.

زاوية الظل العمودية (Vertical Shadow Angle) (VSA):

وهي مسقط زاوية ارتفاع الشمس على المستوى العمودي على اتجاه الجدار أو الشباك، وتكون قيمها دائما إما بقدر زاوية ارتفاع الشمس أو أعلى.

شدة الإضاءة Luminous Intensity (I) :

وهي شدة الدفق المنير لضوء صادر عن منبع ضوئي، مصباح مثلاً، معبراً عنها بالشمعة (القنديل candle). أي إن شدة إضاءة منبع ضوئي نقطي (شمعة واحدة) تساوي تدفقاً ضوئياً قيمته لومَنٌ واحد في زاوية مجسمة solid angle قيمتها استراديان واحد steradian ($I=df/d\omega$) قنديلاً).

عامل الصيانة:

نسبة الانارة التي تعطيها تركيبة معينة (او نظام معين) وهي في حالة متوسطة من الاتساخ او التلوث المتوقع في الحياة العملية للتركيبة الى الانارة المعطاة من التركيبة حين تكون نظيفة. وبذلك فان عامل الصيانة يكون دائماً أقل من واحد.

عامل ضوء النهار Daylight Factor (DF):

نسبة الاستنارة الطبيعية عند نقطة معينة في فضاء داخلي الناشئة من التوزيع المباشر وغير المباشر للضوء من الفضاء الخارجي (السماء المعروفة او المفترضة الانارية) الى الاستنارة على مستوى افقي والناشئة من توزيع استنارة السماء او الفضاء الخارجي على (القبة السماوية)، وهي نصف كرة لاتعترضها عوائق محذوف منها ضوء قرص الشمس المباشر.

مستوى الاضاءة Level of light:

وهو شدة الدفق الضوئي المنير على وحدة المساحة.

مستوى العمل:

المستوى الذي تقع فيه أو عليه حالة الرؤية سواء أكان المستوى افقياً أم عمودياً أم مائلاً، وما لم يذكر خلاف ذلك فان ارتفاع مستوى العمل الافقي يكون عادة (85 سم) عن سطح الارض.

وسائل التظليل Shading Device:

وسائل ثابتة او متحركة لقطع او امتصاص الاشعة الشمسية المباشرة.

مراجع الباب الاول

[1] Geoffrey, G. Roy, "*The Development of Modelling Strategies for Whole Sky Spectrums under Real Conditions for International Use*", University of Sydney, Murdoch University, Warren Julian ,September 1995.
http://simulationresearch.lbl.gov/dirpubs/skymap_report.pdf

[2] "*Illuminance: Define Illuminance at Dictionary*" , 2011
http://dictionary.reference.com/browse/illuminance

[3] البدري، أمجد محمود عبد الله، *"الاساليب التقنية الحديثة في السيطرة على الاضاءة الطبيعية"*، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية/ جامعة بغداد، 1999

[4] بدران، ابراهيم و أونك، أديت، *"دليل هندسةالأضاءة"*، المركز القومي للإستشارات الهندسية والمعمارية، بغداد 1976 م.

[5] "*Green Building Encyclopedia*", 2011
http://www.whygreenbuildings.com/glossary.php

[6] "*Lighting Handbook - Daylight In Buildings - A Source Book*", 2009
http://www.scribd.com/doc/20629719/Lighting-Handbook-Daylight-In-Buildings-A-Source-Book

الباب الثاني
الإنارة الطبيعية

2-1 تمهيد

يعمل الضوء الطبيعي على تحسين الاداء من خلال الراحة البصرية، لذا فإن توفير الإضاءة يعتبر أحد مميزات العمارة الجيدة ذات الفضاءات الغنية بالاضاءة الطبيعية والتي تنتج من خلال شكل المبنى وحجمه وموقع ونمط توزيع الفتحات في غلافه الخارجي، وهذا ما سيتطلب معرفة الخصائص الكمية والنوعية لإنتقال الضوء وانتشاره داخل الفضاءات.

2-2 ارتباط الانارة الطبيعية بالعمارة

لايتم الحصول على تصميم جيد للضوء الطبيعي اذا تم النظر الى الانارة كجوانب تكميلية للمبنى المصمم، بل يجب الاهتمام بجانب الانارة الطبيعية منذ المراحل الاولية للتصميم، وبشكل موازٍ للإعتبارات الانشائية والبيئية الاخرى. إذ لايحقق المبنى فعاليته المثلى في أداء أعماله إذا لم يدخل الضوء الطبيعي كعامل تصميمي رئيس من خلال الاختيار الجيد لنوافذ وفتحات المبنى التي تسمح بنفاذهِ، وأن تحدد المعالجات التي تحد من الابهار (الوهج) ومن دخول أشعة الشمس المباشرة غير المرغوب فيها وبالذات في فصل الصيف. مع الاخذ بالاعتبار تطور صناعة الزجاج والمواد الشفافة الأخرى التي تساعد على تهيئة الخصوصية وتسمح بشكل فاعل في نفاذ الضوء خلالها مع خفض معدلات نفاذ الحرارة والابهار.

2-3 أهمية الانارة الطبيعية

تسهم الانارة الطبيعية في الجوانب التالية:

- تحقيق الراحة البصرية.
- تهيئة الاضاءة لأداء الاعمال والسلامة داخل الفضاءات
- المحافظة على صحة الفرد التي تؤثر في أداء أجهزته البايولوجية

2-3/1 الراحة البصرية

يمكن تحقيق الراحة البصرية عندما يستطيع شاغل الفضاء ان يتسلّم المعلومات المرئية المطلوبة من دون شعور بتعب أو اجهاد لعضلات العين لرؤية الاشياء والذي قد تضطر اليه العين لقلة الاضاءة في الفضاء او أنَّ الاضاءة قادمة من اتجاه يتعب العين وينشأ منه عوق للرؤيا (ابهار). ويمكن تحقيق الراحة البصرية إذا صممت

النوافذ ومواقع مصادر الضوء بما يساعد على تجهيز كمية من الضوء كافية للإبصار المريح بحسب نوع وحجم وملمس وطبيعة الاشياء المرئية واتجاهية وكمية وشدة ولون الضوء الساقط عليها.

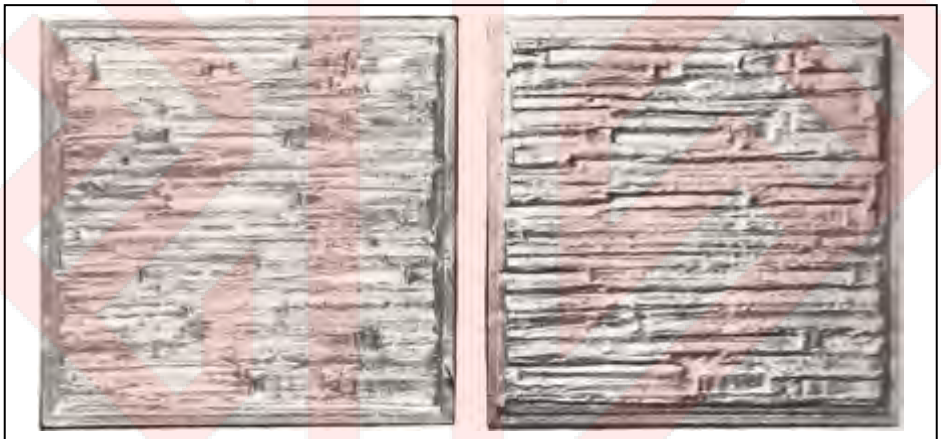
2-1/1/3 التأثيرات الاتجاهية للضوء

الضوء الذي يصل لأي نقطة داخل الفضاء يأتي جزءٌ منه مباشرةً من مصادر الاضاءة أو الشبابيك، وجزء غير مباشر من انعكاسات الجدران والسقف والأرضية والسطوح الاخرى في الفضاء. يحدد اتجاهية الضوء بالنسبة لأي نقطة موقع الظل المتكون وكثافتهُ، فتؤثر اتجاهية الضوء بالنتيجة في كيفية قراءة شكل الشيء والتمعن بتفاصيله المجسمة، علاوة على تأثيرها في عرض الاجزاء الداخلية والخصائص الهيكلية للفضاء الداخلي[2].

بعض التأثيرات الاتجاهية للضوء تجعل مشاهدة المهمة المرئية اكثر سهولة، في المقابل هناك تأثيرات اخرى تجعل النظر الى المهمة أكثر صعوبة. لذلك يجب على المصمم أن يأخذ نوعي التأثيرات هذين.

2-2/1/3 ملمس الاشياء

يظهر الملمس نتيجة سقوط الضوء على سطح الجسم بما يحمله من أجزاء بارزة واجزاء خاسفة (مظللة). تعتمد نعومة الظلال او قوتها على حجم مصادر الاضاءة المسلطة على سطح الجسم وعددها وطريقة توزيعها. يوضح الشكل (2-1/3) تأثر إظهار ملمس السطح بتغير إتجاهية الاضاءة.



(أ) يظهر ملمس الشكل أكثر خشونة عندما يكون اتجاه الضوء مائلاً بالنسبة للسطح

(ب) يظهر ملمس الشكل أكثر تجانساً عندما يكون اتجاه الضوء امامي بالنسبة للسطح

الشكل 2-1/3: اثر اتجاه الضوء في اظهار ملمس السطح

3-2/1/3 اللون

يعتمد لون الجسم او لون السطح كما تشاهده العين على خصائص عكسهِ لألوان الطيف الضوئي، والطريقة التي تستجيب بها العين للون الضوء بحسب إختلاف أطواله الموجية.

2/3-2 كمية الضوء النافذ لأداء الأعمال

يحتاج كل عمل أو أداء داخل الفضاءات سواء أكانت هذه فضاءآت سكنية أم خدمية أم معملية الى كمية من الاضاءة المطلوبة بحسب دقة العمل المطلوب وطبيعة أدائه، وهكذا ستحتاج هذه الفضاءات الى إدخال كميات مختلفة من الانارة الطبيعية. وحيث أنَّ كمية الضوء في الانارة الطبيعية الخارجية هي متغيرة خلال ساعات اليوم مع اختلاف الفصول مما سيؤثر في اداء الاعمال داخل المباني، لذلك قد يضطر شاغلو المبنى الى الاقتراب أو الابتعاد عن الشباك أو منفذ الإضاءة للحصول على الاضاءة المطلوبة لأداء الفعالية. وبإعتبار ان كمية الاضاءة المطلوبة للأداء هي كمية شبه ثابتة لفعالية معينة، لذا فعلى المصمم أن ينظر الى تحقيق هذه الكمية إما بواسطة عدد من منافذ الاضاءة لتحقيق المستوى المطلوب أو بإضافة مساعدات إصطناعية تحقق الحدود الموصى بها. وهذا لايعتبر خروجاً عن الانارة الطبيعية واستعمالاتها لأن الانارة الطبيعية لاتستعمل فقط لتحقيق كمية الاضاءة بقدر ما تعتبر في العمارة جانباً نفسياً وصحياً. ويتطرق الباب الخامس من هذه المدونة الى موضوع مستويات الاضاءة الملائمة للفعاليات المختلفة بشكل تفصيلي من خلال الجداول والقيم الموصى بها.

3/3-2 الاضاءة كعامل للمحافظة على صحة الفرد

يعتبر الضوء الطبيعي مهماً جداً للصحة والاداء البصري الحسن، فنوعية الضوء وكميته التي تلاقي أعيننا تؤثر في أنظمتنا البايولوجية وتساعد على عمل ساعاتنا الداخلية بصورة صحيحة. وبجانب إعتبار ان الضوء لاغنى عنه للإستقبال البصري، فهو ينظم العمليات الايضية في جسم الانسان، وفي حالة قلة الاضاءة سيؤدي ذلك الى بذل الانسان المزيد من الجهد.

لظروف الاضاءة الداخلية اعتبارات من حيث تأثيرها في حالة العقل وتأثيراتها الواضحة في حالة الشخص السايكولوجية، والعاطفية النفسية والصحة العامة.

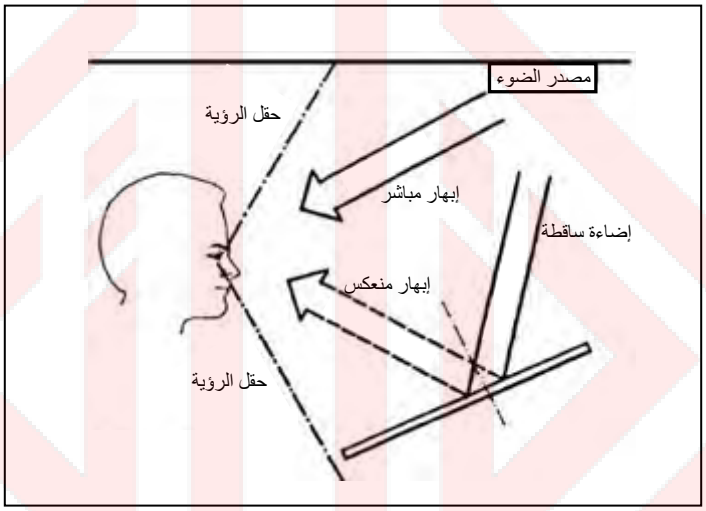
فالضوء الطبيعي يحسن صحة الجسم من خلال الاشعة فوق البنفسجية المحتواة في ضوء الشمس التي تساعد على تكون ڤيتامين D خلال جلد الانسان الضروري لتقوية العظام والاسنان.

4-2 الابهار (الوهج)

ان اتجاهية الضوء في الفضاء على موقع العمل لها الاثر الكبير في الراحة البصرية المطلوب تحقيقها داخل الفضاء وان عدم اخذ ذلك في التصميم يسبب حالة من الازعاج او عدم الارتياح او الإبهار الذي يعوق الرؤية او يقلل القابلية لمشاهدة التفاصيل والاشياء بسبب حدوث توزيع غير مناسب للإضاءة او بسبب المدى المتطرف او التباين العالي للإضاءة[4].

عرف الابهار ايضا كظاهرة ذاتية تنتج من مقدار الضوضاء البصري المتداخل مع ادراك المعلومات البصرية بسبب وجود مصدر إضاءة ساطع غير مريح في حقل الرؤية[5].

يعتمد الابهار على عدة عوامل منها: مستوى الاضاءة الذي تتكيف معه العين (إضاءة الخلفية)، وإضاءة المصادر المسببة للإبهار، وعلاقة هذه المصادر ومواقعها النسبية مع خط نظر المشاهد، والزاوية المجسمة المقابلة للعين وعدد مصادر الابهار[5]، يوضح الشكل (2-1/4) تأثير مصادر الابهار في عين الناظر.



الشكل 2-1/4: مصدر الابهار المباشر والمنعكس

هناك عدد من العناصر يمكنها ان تزيد من الابهار غير المريح[3]:

- إنخفاض زاوية مصدر الاضاءة.
- زيادة شدة المصدر الضوئي.
- زيادة مساحة المصدر الضوئي.
- إنخفاض إضاءة الخلفية.

يتم وصف شدة الابهار في الفضاء بمصطلح (دليل الابهار Glare Index GI)، حيث لايكون التجنب الكلي للابهار مرغوباً فيه دائماً، إذ يمكن ان يستفاد منه لإضافة البريق والابتعاد عن الرتابة والتجانس.

ويمكن من تعريف الابهار ملاحظة بعض الجوانب التي تزيد من تأثيره:

1. الفضاء الطويل، الذي ينتهي بشباك يجعل زاوية اتجاه الاضاءة القادمة من المصدر والاشياء المرئية في خط حقل النظر نفسه مما يكون إبهاراً.
2. وجود سقف منخفض ضمن فضاءات كبيرة تحوي شبابيك من جهة واحدة، يعمل على وضع خط مصدر الضوء والاشياء المرئية في خط حقل النظر نفسه مما يكون ابهاراً.

3. استعمال ديكورات وتأثيث داخلي ذي لون غامق، خاصة للسقف، يعمل كتضاد بين شدة مصدر الضوء وإضاءة الخلفية، مما يسبب إبهاراً.

4. قلة إحتواء مصادر الاضاءة على الناشرات الضوئية (Louvers)، يؤدي الى وضع مصدر الضوء في إتجاه مباشر مع عين الناظر (زاوية أقل من 45 درجة) مما يسبب إبهاراً.

أثبتت الدراسات الفسيولوجية أن أفضل ظروف للرؤية من أجل راحة الإبصار يمكن تحقيقها بشكل مقبول إذا اعتمد مايلي[1]:

1. سطوع السطوح الكبيرة والأشياء في مجال الرؤية يجب أن يكون متجانسا بقدر الإمكان.
2. نسبة التباين بين الشيء المنظور ومجاوره يجب ألا تتعدى 3:1 في مركز مجال الإبصار الدقيق.
3. نسبة التباين بين الشيء المنظور ومحيطه يجب ألا تتعدى 10:1 .
4. أكبر قيمة مسموح بها للفروق في الإضاءة داخل الفضاء للراحة البصرية هي 40:1.

ومن ذلك يتضح أنه يجب أن يوازن المصمم بين اضاءة النوافذ الساطعة أو مصادر الضوء الساطع فى الاتجاه الذي ينظر إليه الإنسان باستمرار، حيث يتحقق التوازن بإضاءات جانبية أو سقفية في الممرات او الفضاءات الكبيرة او بإضافة خلفية مقابلة لمصدر الابهار.

5-2 الظلال والتباين

تعتمد إستعمالات الظل والتباين الضوئي على طبيعة الشيء، ووظيفة المنظر الذي نريدهُ والرغبة في الرؤية. ويعتبر التباين بين الضوء والظل منظراً متحركاً للإنتقال القوي بين كمية الضوء المنعكس من الابيض والكمية القليلة منه المنعكسة من منطقة الظل، والتي تعتبر كالقفزات التي يقوم بها الجسم المتحرك او الرياضي. وتزداد حيوية العمل المعماري بما يحويه التشكيل من قابلية في التكوينات الظلية على الواجهة نتيجة تقلص العين وتوسعها، وهذا يحدث أيضاً مع الالوان. إن تكوين الظلال يعتبر مفضلاً في المواقع ذات الكتل الكبيرة كالواجهات او الديكور داخل قاعات الاستقبال ويفضل التقليل منها قدر الامكان في المواقع ذات الاعمال الدقيقة او التي تتطلب مكوثاً طويلاً في هذه الفضاءات.

6-2 تكامل الانارة الطبيعية والانارة الصناعية

بإعتبار أنَّ الضوء الطبيعي يتغير مستواهُ خلال اليوم الواحد وخلال أِشهر السنة، ويتأثر بالظروف الطبيعية لحالة السماء، فانه لايستطيع بصورة عامة مواجهة متطلبات الانارة وتهيئة المستويات المطلوبة لممارسة الانسان نشاطه في جميع الاوقات ضمن مستويات الاضاءة ذاتها، لذا أصبح من المهم ان تزود الفضاءات بإضاءة صناعية ساندة يتم استعمالها عندما تكون الانارة الطبيعية غير كافية لأداء المهمة البصرية، ولذا فسيحصل

الشخص على مستويات شبه ثابتة من الضوء ضمن الحدود المقبولة (المريحة) لأداء المهام خلال وجود الانارة الطبيعية نهاراً وسيعتمد على الاضاءة الاصطناعية كلياً خلال الفترات الليلية.

ولتجهيز المستوى الثابت للإضاءة فإنه يمكن حساب كمية الانارة الاصطناعية المساندة التي تبقي المستويات ضمن الحدود المقبولة. كما انه يمكن الاعتماد على متحسسات تُربط بمصادر الانارة الاصطناعية لتقوم بغلق جزء أو فتح أجزاء من المنظومة الاصطناعية لتساعد بشكل متكامل في تجهيز كميات الانارة المطلوبة لأداء المهام.

لايعني تصميم الانارة الطبيعية تحقيق السمات المعمارية المثالية فحسب، بل ينبغي أيضاً التكامل مع انظمة الانارة الاصطناعية (الكهربائية)، حيث يمكن مع استعمال السيطرة المتقدمة للإضاءة ضبط مستوى الانارة الكهربائية عند توافر إضاءة طبيعية كافية[6].

7-2 الانارة الطبيعية وتأثيرها في احمال التكييف (حفظ الطاقة)

من المعلوم انه لايمكن الاعتماد على الانارة الطبيعية لوحدها خلال اليوم الواحد ولا خلال أشهر السنة بدون الاستناد الى الانارة الاصطناعية المساعدة التي تجهز مستوى الاضاءة المطلوب لأداء المهام حتى لوتم جعل واجهات المبنى كلها زجاجية[7]. كما ان كلفة الاضاءة المساعدة المطلوب تجهيزها بالإضاءة الاصطناعية خاصةً بعد أن تهيأت المصابيح الاقتصادية (مصابيح الفلورسنت المدمجة) ضئيلة جداً إذا ماقورنت بالتعويض في طاقة التدفئة والتبريد بالخصوص في بلدنا. وبالرغم من ذلك لايمكن الاستغناء عن الانارة الطبيعية بل لابد من الاهتمام بوجودها بحسب معايير الراحة النفسية للإنفتاح على الخارج، وان تكون بالحدود الدنيا التي توازن بين طاقة التبريد والحاجة الى الانفتاح الخارجي وتعقيم الفضاءات بالاشعة الشمسية ، وان يضع المصمم في حسبانه ان معدل مايصرف على الانارة الاصطناعية بشكل وفير جداً انما يعادل عُشر ما يصرف على التكييف.

وكمثال على كيفية تحقيق التوازن المطلوب بين الحاجة الى الانارة الطبيعية وبين تقليل طاقة تبريد وتدفئة المبنى يظهر أنَّ زيادة مساحة الزجاج، بالرغم من أنها ستقلل من إستهلاك الطاقة المصروفة للإضاءة الكهربائية، إلا ان إستهلاك طاقة أحمال التدفئة والتبريد بسبب زيادة مساحة الزجاج سيزداد بشكل كبير. فخلال فصل الشتاء يمكن لهذه الشبابيك أن تزيد من الفقدان الحراري فيزداد حمل التدفئة وفي الصيف تزيد اكتساب الحرارة وتزيد من حمل التبريد. وهكذا لايمكن النظر الى الضوء الطبيعي كعنصر لوحدهِ، بل يجب النظر بشكل تكاملي الى تصميم المبنى وأنظمة حفظ الطاقة، آخذين بالإعتبار الراحة البصرية المطلوب تحقيقها في المباني والراحة الحرارية فيما لوتم إستعمال الضوء الطبيعي بالموازنة مع ضمان الجانب الاقتصادي في الطاقة[8].

مراجع الباب الثاني

[1] *التأثيرات الفسيولوجية للضوء على الإنسان*"، مركز معلومات ارجنومية"، 2007"
http://www.ergo-eg.com/22h.php

[2] IES (American), "*Recommended Practice for the Calculation of Daylight Availability*", Journal of the Illuminating Engineering Society, vol.13, No4, July, 1984 , pp.381-392.

[3] "*Solar Energy In European Office Buildings, Mid– Career Education*"
http://erg.ucd.ie/mid_career/pdfs/tech_mod_4.pdf

[4] "*An Examination of Visual Comfort In Transitional Spaces*", 2007
http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-7311305/An-examination-of-visual-comfort.html

[5] Hopkinson, R.G., "*Daylighting*", Pitman Press, Great Britain, 1966.

[6] "*Electric Lighting Controls*", Whole Building Design GuideNational Institute of Building Sciences**,** 2010.
http://www.wbdg.org/resources/electriclighting.php

[7] Littlefair, Dr Paul, "*Daylighting And Solar Control In The Building Regulations*", Building Services Centre, June 1999
http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/133358.pdf

[8] CIE, "*Guide on Daylighting of Building Interiors*". CIE Technical Committee TC-4.2 Daylighting, 1990.

الباب الثالث

مصادر الإنارة الطبيعية

3-1 تمهيد

تعتبر الشمس اهم مصدر للإنارة الطبيعية على الأرض، فهي تعطي مع إضاءتها طاقة حرارية متغيرة بحسب موقعها اليومي والسنوي وموقع البلد الذي تظهر عليه، وتختلف ردود الفعل بحسب درجة حرارة المناطق التي تقع فيها الابنية. ففي المناطق الحارة الجافة مثلاً يحاول القاطنون التخلص من الأشعة المباشرة لما تسببه من إجهاد حراري، لذا فإنهم يحاولون الحصول على إضاءة مبانيهم بدون أن يؤثر ذلك في الراحة الحرارية، وذلك باستعمال مصادر الانارة الطبيعية بشكل غير مباشر كإضاءة السماء الزرقاء والإضاءة المنعكسة من المباني المقابلة ومن النباتات وكل المصدات الخارجية.

إنَّ دراسة هذه المصادر ومعرفة اسلوب توظيفها من أجل الراحة البصرية سيتناولها هذا الباب. حيث يمكن للإضاءة الطبيعية أنْ تصل الى الفضاء الداخلي عن طريق ثلاثة مصادر[1]:

أ- الاضاءة الشمسية المباشرة

ب- الاضاءة السماوية المنتشرة.

ت- الاضاءة الشمسية والسماوية المنعكسة من سطح الارض المقابل والمصدات الخارجية.

3-2 اضاءة الشمس المباشرة

الشمس هي المصدر الرئيس للطاقة الحرارية والضوئية. تنتقل الطاقة المشعة او الأشعة الشمسية بموجات كهرومغناطيسية قصيرة، تشمل الموجات: فوق البنفسجية Ultra Violet ، والمرئية Visible وتحت الحمراء Infrared. ويتراوح طول الموجات ذات الاشعاع المرئي بين (380–750) nm [1].

تكون الاضاءة الشمسية المباشرة الساقطة على سطح متعامد معها كبيرة تصل الى (130000) لوكس، ولكن هذه الاضاءة لايمكن التعامل معها بصورة مباشرة لما تحمله من حرارة مصاحبة واشعة ضارة للإنسان وبعض المواد.

وتتغير إضاءة الشمس على السطوح وفقا لتغير زوايا الاتجاه والارتفاع خلال اليوم. فالسطح الافقي كسقف المبنى يتسلم اعظم اضاءة وسط الظهيرة عند اقصى ارتفاع للشمس، أما السطوح العمودية كالجدران فإنها تتسلم كميات كبيرة من الاضاءة بحسب اتجاهها الجغرافي نسبة الى موقع الشمس في قبة السماء، وتزداد القيمة كلما

كان الفرق بين زاوية السقوط وزاوية ميل الجدار متناهياً في الصغر (باستثناء ساعات الشروق الاولى وساعات الغروب الاخيرة) التي تتأثر فيها شدة الاشعاع لمرورها بسمك غلاف جوي أكبر عند الافق[2].

3-3 اضاءة القبة السماوية

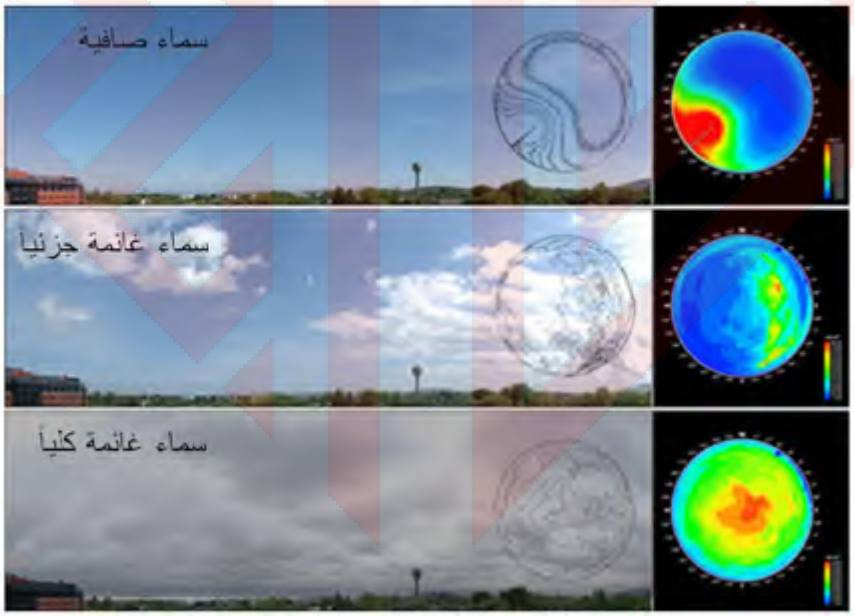
إن السبب في إضاءة القبة السماوية المحيطة بنا نهاراً هو سمك الطبقة الهوائية المحيطة بالكرة الأرضية ووجود دقائق الغبار وبخار الماء في الجو. فهذه العوامل تعمل على تشتيت الأشعة الشمسية عند مرورها في الغلاف الجوي، وتكون الاضاءة المصاحبة لها قليلة. هذه الظاهرة هي الأساس في إضاءة السماء، إذ بعدم وجودها ستكون القبة السماوية شبه مظلمة. وغالبا ما يتم الاعتماد على هذا الضوء في تصميم الانارة الطبيعية داخل المباني لقلة مايحويه من أشعة حرارية.

إن الانارة السماوية تتغير بصورة منتظمة اعتماداً على دوران الأرض حول الشمس خلال الفصول الأربعة ودورانها اليومي حول نفسها. يتم عادةً وصف حالة السماء وظروفها كما تبدو عند النظر اليها، فهي تختلف في انارتها اعتماداً على كمية الغيوم المغطية لها[2]. فهناك ثلاثة انواع رئيسة من الظروف السماوية، لاحظ الشكل(3-1/3):

سماء صافية clear sky .

سماء غائمة جزئياً partial sky .

سماء غائمة كلياً overcast sky .



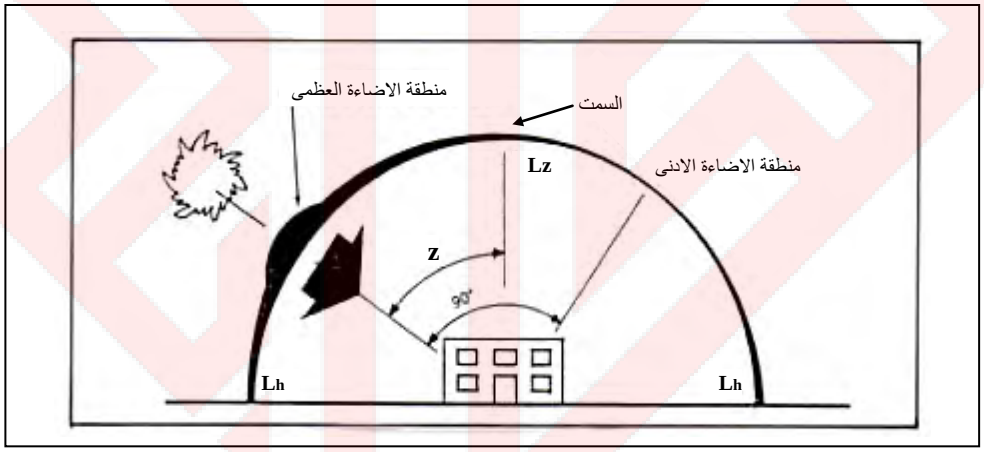
الشكل3-1/3: الانواع الرئيسة لتصنيف السماء استنادا الى كمية الغيوم المغطية لها[3].

1/3-3 السماء الصافية

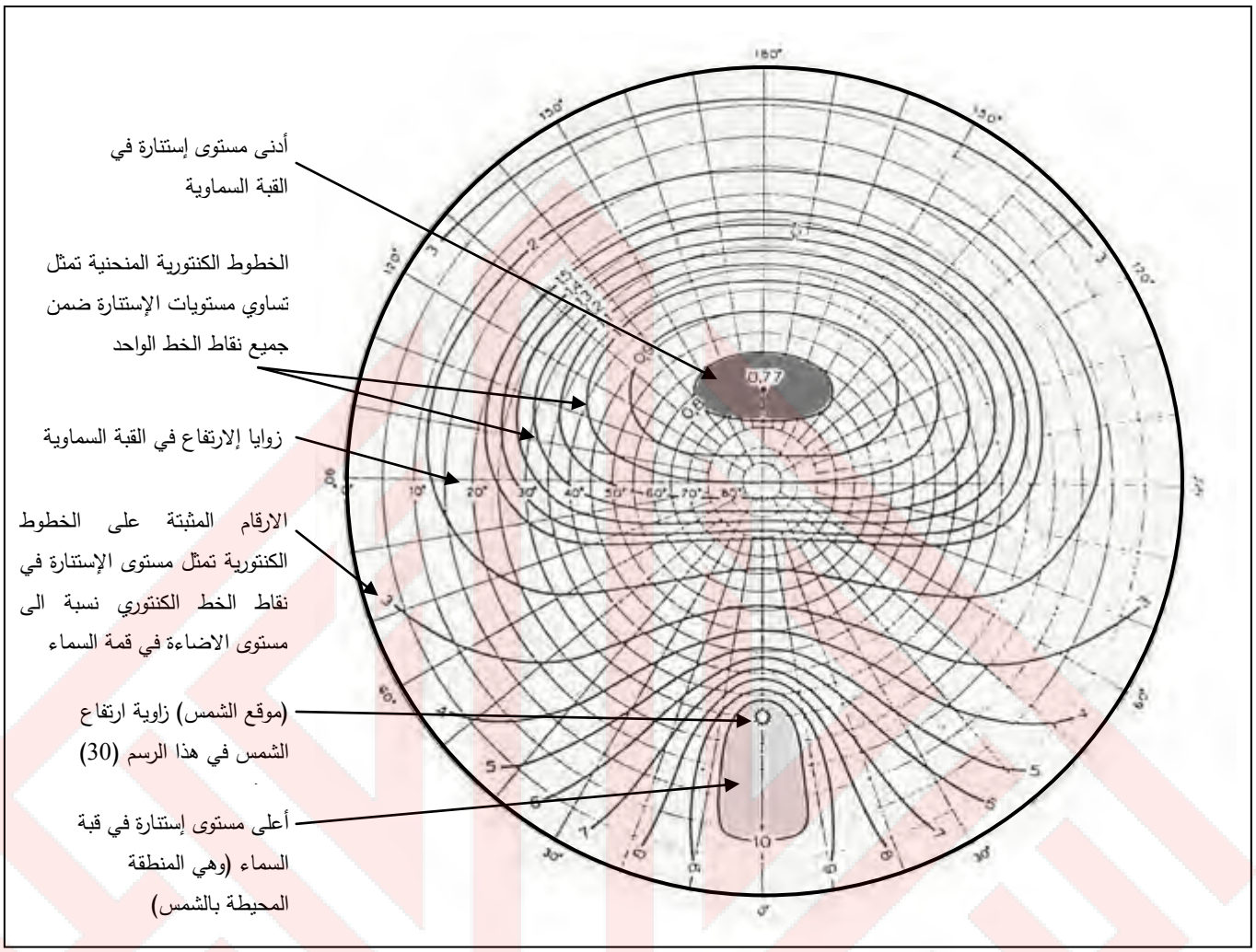
تعتبر السماء صافية إذا كانت الغيوم تغطي مساحة تتراوح (0 – 30%)، ويمكن في هذه السماء مشاهدة قرص الشمس المسبب توزيع اضاءة غير متجانسة في قبة السماء. حيث يعتمد توزيع الإضاءة على موقع الشمس في قبة السماء، إذ تكون أعلى قيم لشدة إستضاءة السماء الصافية في المنطقة المحيطة بقرص الشمس، كما أنَّ إستضاءة السماء عند الافق اكبر عدة مرات من الإستضاءة في قمة السماء (نقطة السمت) بسبب إنعكاس أشعة الشمس على الأرض قرب الافق وزيادة نسبة الغبار وبخار الماء. ومن جانب آخر فإن أقل إستنارة للسماء الصافية تكون في الموقع المقابل للشمس وعلى بعد زاوي قدرهُ (90) درجة، لاحظ الشكل (3–2/3).

ترتبط قيمة الاضاءة في اي نقطة في السماء (L) مع إضاءة السمت –نقطة رأس السماء – (Lz)، كما مبين ذلك تفصيلياً من المثال في الشكل (3–3/3) الذي يمثل توزيع الإضاءة في القبة السماوية حينما تكون زاوية إرتفاع الشمس (30) درجة، حيث يظهر ان أقل إضاءة بين اجزاء القبة السماوية هي حينما تكون الزاوية الفاصلة بين موقع الشمس وجزء القبة السماوية (90) درجة.

قد تصل قيمة الاشعاع المنتشر (الانارة السماوية) خلال ساعات النهار الى 10% من الاشعاع الشمسي الكلي وقد تزداد هذه القيمة الى حوالي 20% عند الصباح الباكر وماقبل الغروب[4]. وتصنف مدينة بغداد ومعظم مدن العراق ضمن المناطق ذات السماء الصافية الزرقاء.

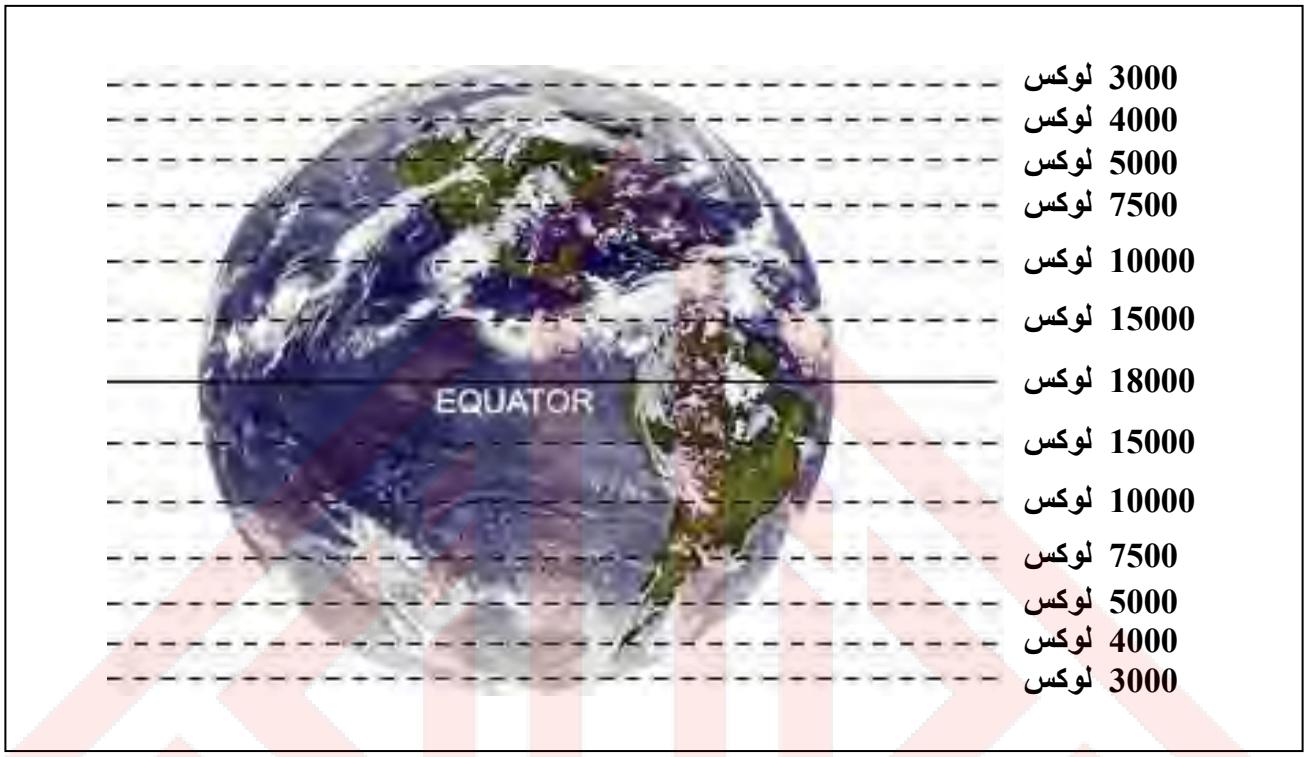


الشكل 3-2/3: إستضاءة السماء الصافية[5].



الشكل 3-3/3: توزيع مستويات الاضاءة في قبة السماء الصافية عندما تكون زاوية ارتفاع الشمس (30) درجة[6]

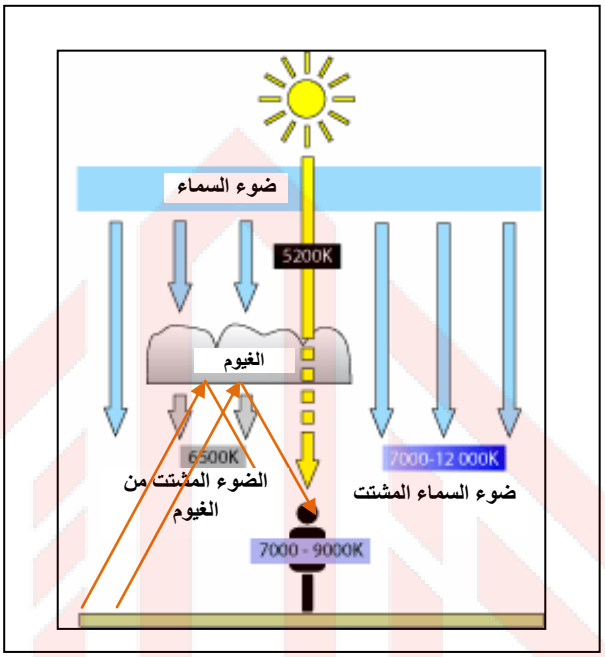
يتغير مستوى إستضاءة السماء الصافية اعتماداً على خطوط العرض لمناطق الارض المختلفة. حيث تبلغ قيمته على خط الاستواء وعندما تكون الشمس عمودية عليه (عند استبعاد تأثير أشعة قرص الشمس المباشرة) حوالي (18000) لوكس وتنخفض الى (3000) لوكس عند المناطق الشمالية والجنوبية من الكرة الارضية القريبة من القطبين، لاحظ الشكل (3-4/3)، اما في العراق فيمكن أن يصل مستوى استضاءة السماء صيفا في وقت الظهيرة الى ما يقارب (16500) لوكس. وفي حال إدخال أشعة قرص الشمس فان الاضاءة ستصل الى (130000) لوكس، وتزيد هذه الاضاءة على السطوح والشبابيك إذا حدثت إنعكاسات إضافية من مجاورات أو مقابلات ذات إنعكاسية عالية.



الشكل 3-4/3: مستوى الاضاءة السماوية ضمن مناطق الارض المختلفة مقيسا بحسب معدل عكورة السماء لهذه المناطق[7].

3-2/3 السماء الغائمة جزئياً

تتراوح الغيوم في مثل هذه السماء بين قليلة الى شديدة الكثافة وبنسبة (30 – 70%). وبسبب تغير ظروف السماء سيتغير مقدار الاضاءة بصورة كبيرة بسبب الانعكاس المتكرر للأشعة الشمسية النافذة من خلال الغيوم الى الأرض والمنعكسة عن الغيوم البيضاء مرات عدة، فيزداد بذلك مستوى الانارة بشكل كبير ويتغير لحظياً. لاحظ الشكل (3–5/3)[2]. حيث تكون الاستضاءة في بعض الاوقات أكبر بكثير من استضاءة السماء الصافية بسبب هذه الانعكاسات المتكررة.



الشكل 3-5/3: يمكن ان تزداد مستويات الاضاءة في السماء الغائمة جزئياً بسبب الانعكاسات المتكررة للإضاءة.

3-3/3 السماء الغائمة كلياً

تعتبر السماء غائمة كلياً حينما تكون كثافة الغيوم بين (70 – 100%). وتتغير شدة الاضاءة في هذه السماء مع تغير الوقت وكثافة الغيوم المغطية لها. وتكون شدة الاضاءة في قمة السماء ما يقارب ثلاثة أضعاف شدتها عند الافق. وموقع الشمس في قمة السماء عادةً لا يمكن رؤيته بسبب كثافة الغيوم المغطية لها، فهي تعمل كمشتت للضوء وتكون شدة الاضاءة على كل حلقة افقية من حلقات القبة السماوية متساوية الشدة، وشدة هذه الاضاءة لاتتغير مع تغير الاتجاه الجغرافي للمباني.

3-4 الضوء المنعكس من الارض ومن الأسطح الخارجية

يمكن للضوء أن يصل الى الفضاءات الداخلية بواسطة مصادر الضوء المباشر كالشمس أو المصابيح الكهربائية، كما يمكن، خاصةً في السماء الصافية، أن تكون المصدات الخارجية والارض المحيطة ذات الألوان الفاتحة او ذات الانعكاسية العالية هي مصادر لإستضاءة الفضاءات الداخلية من خلال شبابيكها المطلة على هذه المصدات[8].

كذلك تعمل المصدات الأرضية في البيئة الخارجية (الأبنية والأشجار) على صد جزءٍ من توزيعات الاضاءة القادمة من قبة السماء، بذلك ستقلل من مستويات الإنارة داخل الفضاء، وفي الوقت نفسه فهي تعكس جزءاً من

الاضاءة الشمسية المباشرة والسماوية الساقطة عليها اعتماداً على طبيعة سطحها وبالتالي قد تزيد من مستوى الإضاءة الداخلي. وعندما تكون سطوح المباني المجاورة وسطح الارض بالوان فاتحة فان الاشعة الضوئية المنعكسة منها قد تشكل مصدرا لإبهار يتطلب معالجته.

في الحالة العامة في العراق تكون السماء صافية معظم ايام السنة، ويصبح ضوء الشمس المنعكس من الارض والسطوح المجاورة عاملا مهماً في تصميم الانارة الطبيعية داخل المباني. ويتميز هذا الضوء بانه أكثر إضاءة من الضوء الساقط من السماء ذات اللون الازرق بما قد يصل الى خمسة اضعاف (حيث ان اعلى اضاءة تأتي من السماء الزرقاء –محذوفاً منها قرص الشمس– لاتزيد على (16500) لوكس في العراق، في حين أن الاشعة الشمسية الساقطة على الارض من قرص الشمس حوالي 130000 لوكس)[9].

مراجع الباب الثالث

[1] "*Clear Comfortable Low Energy Architecture*", Low Energy Architecture Research Unit, 2007
http://new-learn.info/learn/packages/clear/visual/daylight/index.html

[2] "*Implications - Daylight in Buildings*", 2005
http://www.informedesign.org/_news/mar_v03-p.pdf
www.informedesign.umn.edu

[3] "*Whole Sky Luminance Mapping"*, Pro-Lite Technology 2011
http://www.pro-lite.uk.com/File/case_study_illumination_design.php

[4] "*Solar Energy - From Sun to Earth*", 2011
http://almashriq.hiof.no/lebanon/600/610/614/solar-water/unesco/21-23.html

[5] Noell, Eunice, "*Daylighting Design*", Energy Environment & Architecture, American Institute of Architects, Washington, D.C., 1992.

[6] Kittler, R., "*Standardization of Luminance Distribution on Clear Skies*", Bureau Center Dela Cie, France, 1973.

[7] "*Natural Frequency: Sky Illuminance*", 2011
http://naturalfrequency.com/wiki/Sky_illuminance

[8] "*The School Of Environment, Resources And Development: daylighting*", 2011
http://www.serd.ait.ac.th/ep/mtec/selfstudy/Chapter3/calculation_skylight.html
http://www.serd.ait.ac.th/pages/home.php

[9] Al-Jawadi, Miqdad, "*Window Optimization for Iraqi Houses*", PhD Thesis, University of Strathclyde, 1986.

الباب الرابع
عناصر تصميم الانارة الطبيعية

4-1 تمهيد

من المتعارف عليه في تصميم الانارة الطبيعية داخل المباني في المناطق المشمسة هو محاولة ادخال اكبر قدر من الاضاءة السماوية مع تجنب سلبيات تأثير الاشعاع الشمسي المباشر في زيادة الحرارة الداخلية او في تلف المواد الداخلية نتيجة تعرضها للأشعة الشمسية. كما ان التأكد من التوزيع المتجانس للإضاءة هو أحد الجوانب المهمة في تصميم الانارة الطبيعية، فالتباين الشديد في مستويات الضوء يمكن ان يؤدي الى الابهار وصعوبة الرؤية بصورة جيدة[1].

من هنا يجب الاستفادة من الانارة الطبيعية غير المباشرة بأن يتم التعامل مع الضوء الآتي من السماء او المنعكس عن الارض والسطوح الخارجية. أما الاشعة الشمسية المباشرة فإنها لاتقع ضمن ما متعارف عليه في إعتماد الانارة الطبيعية ويترك السماح للمصمم المعماري للإستفادة منها للراحة النفسية والراحة الحرارية.

إن كمية الاضاءة الداخلة الى الفضاء تعتمد على معرفة سلوك مسار الضوء والعناصر التصميمية المهمة المساعدة على إيصال الضوء الى هذه الفضاءات والتي تشمل[2]:

1- العناصر الخارجية المتمثلة بمجموع مركبات الانارة الطبيعية الخارجية.

2- الخواص الفيزيائية والهندسية لعنصر الشباك (او مجموعة الشبابيك).

3- عناصر الفضاء الداخلية من حيث خواص الفضاء الفيزيائية والهندسية.

4-2 العناصر الخارجية (مجموع مركبات الانارة الطبيعية الساقطة على الجزء الشفاف من غلاف المبنى الخارجي)

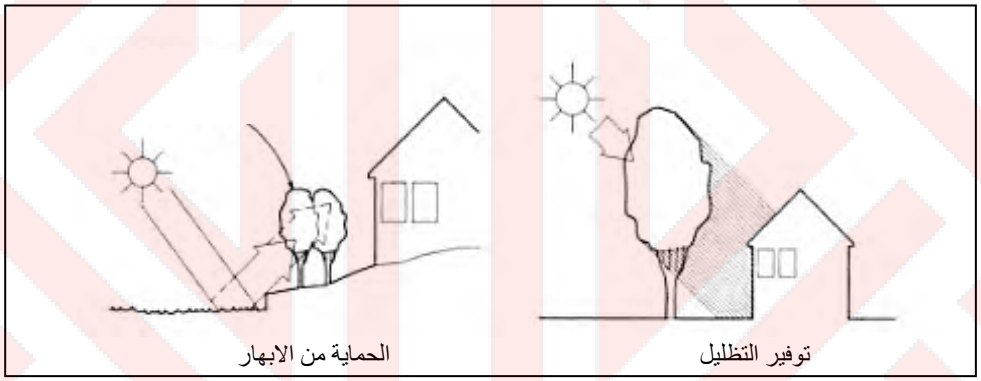
تكمن الصعوبة الاساسية في التعامل مع الانارة الطبيعية في قياس التغير المستمر في قيم مظاهر هذه الانارة الكمية والنوعية، مع تغير الوقت والسنة ضمن طبيعة المشروع التصميمي وبالأخص في المناطق ذات السماء الصافية. إن كمية الانارة الطبيعية الساقطة على الشبابيك تتأثر بمركبة الاستضاءة السماوية وبمركبة الاستضاءة المنعكسة التي تأتي من[3]:

1) تنسيق الموقع الخارجي
2) المباني المجاورة والسطوح الخارجية
3) سطح الارض المقابل
4) توجيه المبنى
5) وسائل التظليل الخارجية

1/2-4 تنسيق الموقع الخارجي

يعتبر تنسيق الموقع من أحد الجوانب المهمة للسيطرة على الاشعة الشمسية المباشرة والمؤثرة في كمية الانارة الطبيعية والسيطرة على مرورها خلال النباتات والاشجار التي تزرع في الموقع والذي قد يجعل توزيع الإضاءة أكثر تجانساً داخل الموقع أو ان يكون عاملاً مقللاً للإضاءة الطبيعية اوعاكساً لها[3].

يؤثر اختيار النباتات والاشجار في الاضاءة الشمسية المباشرة بحسب فصول السنة، فإذا اختيرت الاشجار النفضية فان وصول الاشعة المباشرة قد يُحدث (بحسب اتجاه المبنى) زيادة الاشعة الساقطة على الجدران المقابلة للشبابيك فتزيد من كمية الاضاءة الداخلة، او ان تكون الاشجار دائمة الخضرة التي تقلل من الاضاءة المنعكسة فتكون اما مقللة للاضاءة او موازنة لكميتها بحسب موقع المبنى او بحسب مايريده المصمم المعماري عند تصميمه للفضاءات الخارجية المحيطة بالمبنى، لاحظ الشكل (4-1/2).



الشكل 4-1/2: تنسيق الاشجار في الموقع

2/2-4 توجيه المبنى

عادةً ما يكون توجيه المبنى محدّداً بإعتبارات تخطيط المدينة واستعمال الارض، وفي الغالب يستطيع المصمم أن يحدّد افضل توجيه ممكن للمشروع منذ المرحلة المبكرة للتصميم، إذا كانت مساحة الموقع تسمح بذلك. هذا التفضيل للتوجيه يعتمد على الموقع الجغرافي للمنطقة كخطوط الطول والعرض واعتبارات الكثافة البنائية والجوانب الاجتماعية[4].

أحد أهم هذه الاعتبارات هو السيطرة على الاشعة الشمسية المباشرة، فمن المعروف ان اختلاف توجيه المبنى سوف يؤثر في وضع ستراتيجيات مختلفة لتصميم الانارة الطبيعية[3].

تتأثر كمية الاضاءة الطبيعية الساقطة على الجزء الشفاف من المبنى في المناطق ذات السماء الصافية باتجاه المبنى واتجاه الاشعة الشمسية المباشرة التي تسقط على المبنى او المجاورات له، حيث أنَّ الاشعة الشمسية اذا سقطت مباشرة على الواجهة التي تحوي الشباك فان ذلك سيؤدي الى دخول البقع الشمسية التي قد لاتكون مرغوباً فيها لما تحويه من طاقة حرارية، مما يتطلب إمّا وضع مانعات للشمس خارجية او وضع

مشبكات خشبية او مظلات متحركة. وبهذا فإننا سوف نحصل على إضاءة داخل الفضاء من الاشعة الشمسية المنعكسة عن الجزء الذي سقطت عليه الاشعة من مانعات الشمس، وكذلك إضاءة السماء والمصدات والمباني المقابلة للشباك، التي تستقبل إضاءتها الفعلية من القبة السماوية ومن الاشعة الشمسية المنعكسة عن الجدران المحيطة بالجزء الشفاف من المبنى.

أما اذا كان المبنى في الدول ذات السماء الصافية لايقابل الاشعة الشمسية المباشرة، فان الاشعة الشمسية الساقطة على المباني المجاورة والمنعكسة عنها هي مصدر إضاءة الاجزاء الشفافة من المبنى.

أما في الدول ذات السماء الغائمة فإن الانارة الواصلة الى أي مبنى لاتعتمد شدتها على إتجاه المبنى وذلك لكون إضاءة حلقات القبة السماوية لها شدة إستضاءة متساوية في كل الاتجاهات وتختلف هذه الشدة إذا ما وجدت الاشعة الشمسية المباشرة في الفضاء، لذا نجد ان الدول الغائمة تفضل بالنسبة للمعامل وضع الشبابيك بالاتجاه الشمالي للحصول على إنارة طبيعية جيدة عند وجود الاشعة الشمسية المباشرة.

3/2-4 المباني المجاورة والسطوح الخارجية

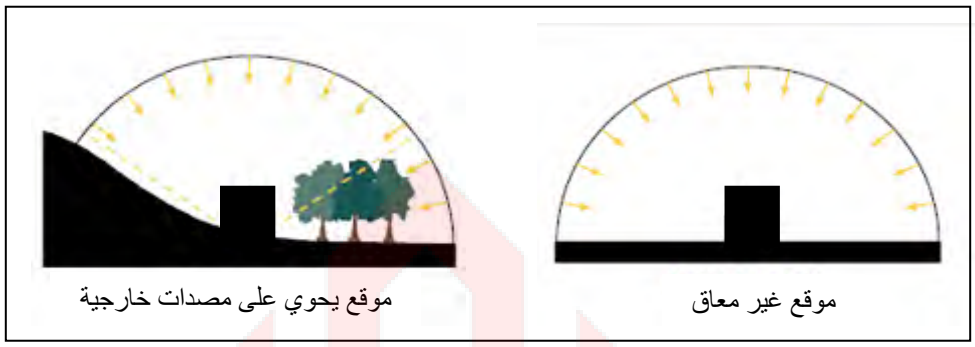
يمكن ان تساهم العناصر الخارجية في إضاءة المباني المقابلة لها من خلال عكسها للإنارة الطبيعية الساقطة عليها، حيث نجد أداءَها يتجسد في ايصال الضوء الى الاجزاء العميقة للفضاءات الكبيرة. لذلك من الضروري معرفة الطرائق التي تساعد في الحصول على اكبر إنعكاسية غير مزعجة للإستفادة من الانارة الطبيعية المنعكسة عن السطوح الخارجية[4].

ومماهو شائع في التعامل مع السطوح الخارجية، إعتبار ان جميع العناصر الخارجية لها سطوح مشتتة للإضاءة، وبذلك فهي سوف لاتعتمد على إتجاه سقوط الضوء، عدا حالة كون مادة السطح العاكس للإضاءة هي ماء أو زجاج عاكس مجاور للمبنى ففي هذه الحالة ينبغي عدم إهمال هذا الجانب.

تعمل السطوح الخارجية والمباني المجاورة غالباً على تقليل إمكانية النظر الى السماء خلال الشباك، لاحظ الشكل (4-2/2) ويمكن ان تصنف هذه الى جزأين أساسيين[5]:

- مصدات ملحقة او متعلقة بالمبنى، كالامتدادات الافقية والشُرَف وعناصر التظليل الذاتي للمبنى.
- عناصر موجودة في الموقع مسبقاً كتضاريس الموقع والمباني المجاورة المشيدة والاشجار المرتفعة.

يجب ان تؤخذ جميع المصدات بالاعتبار عند تصميم الانارة الطبيعية، حتى وان لم تكن قيم انعكاسية بعض سطوح المصدات المجاورة معلومة او ان هذه السطوح غير مشيدة في اثناء العملية التصميمية. ففي الحالة الاخيرة يجب على المصمم تقدير شكلها وموقعها الذي يمكن ان تكون عليه مستقبلاً وبالتالي دراسة تأثيرها في مشروعه التصميمي.



الشكل 4-2/2: تأثير المصدات الخارجية في حجب الانارة السمائية[5]

من جانب آخر، تعتبر المصدات الخارجية في المناطق ذات السماء الصافية عاملاً آخرَ لتعديل الانارة الطبيعية، إذا كان إرتفاعها يسمح بسقوط الاشعة المباشرة على الجدران المقابلة، فمن المحتمل جداً ان يعوق المصد الخارجي كمية من الضوء السماوي، لكنه يصبح مصدرا للإضاءة الشمسية المنعكسة إذا كان السطح الخارجي للمبنى له معامل إنعكاس عالٍ، فقد يكون هذا المبنى أكثر سطوعاً من السماء ويحتوي مقداراً كافياً من الضوء المنعكس.

4-2/4 وسائل التظليل الخارجية

تعمل وسائل التظليل المثالية على صد أكبر كمية من الاشعاع الشمسي المباشر صيفاً والسماح لها شتاءً، لكنها في الوقت نفسه يمكنها ان تسمح بمرور الضوء الطبيعي والمنظر وإدخال النسائم من الشبابيك، أما وسائل التظليل المتحركة فهي تحقق استجابة أفضل لتغيرات المناخ مقارنةً بالثابتة[3].

وتكون فعالية وسائل التظليل عالية حينما تكون عاملاً على ادخال كميات كبيرة من الانارة الطبيعية الى داخل الفضاء وتساعد على توزيع هذه الاضاءة بما يضمن تحقيق الراحة البصرية والتقليل من الابهار.

كما تعتبر الفتحات مصدرا رئيساً لنفاذ الحرارة إلى داخل المبنى، لذا يحرص المعماريون العاملون في المناطق الحارة على دراسة العوامل التي تتحكم في كمية النفاذ الحراري خلال الفتحات. ونظرا لاختلاف ارتفاع زوايا الشمس واستمرار حركتها خلال ساعات النهار المختلفة وتغير موقعها في القبة السماوية، فإن الحاجة تصبح ماسة لحجب أشعتها باستعمال المانعات الشمسية، التي رغم امكانية تساويها في قدرتها على منع الاشعة الشمسية لكن اشكالها تختلف في قابليتها على إدخال الإنارة النهارية بحسب شكلها التصميمي. وتقسم الى أنواع رئيسة[6]:

- **المانعات الافقية:** وهي ذات أشكال تصميمية متنوعة وتعتبر أكثر الأنواع تأثيراً في تحقيق السيطرة الشمسية حينما تكون الشمس مرتفعة في قبة السماء، وهي بشكل عام كغيرها من المانعات تقلل من شدة الاستضاءة

داخل المبنى، لكنها إذا طليت بالألوان الفاتحة والعاكسة فإنها تستلم الاضاءة المنعكسة من سطح الارض وتعكسها الى داخل الفضاء مسببة توزيعاً للاضاءة في الفضاء الداخلي.

- **المانعات العمودية:** وهي ذات أشكال تصميمية متنوعة ويزداد تأثيرها في توزيع الاضاءة افقياً في الاتجاه المعاكس داخل الفضاء خاصةً عند إنخفاض زوايا ارتفاع الشمس وزيادة زاوية إتجاهها.
- **المانعات المركبة:** وهي ذات أشكال تصميمية متنوعة ويكون تأثيرها في توزيع الاضاءة داخل الفضاء نتيجة إنعكاس الاضاءة عن سطوحها الافقية والعمودية، الذي يؤدي الى نوع من التوازن خلال ساعات النهار.
- **أدوات التظليل المتحركة:** ادوات التظليل الخارجية المتحركة مفيدة بسبب إستجابتها للتغيرات اليومية والفصلية الشمسية ومحاكاة الطقس بطرائق لاتستطيع وسائل التظليل الثابتة البسيطة إنجازها.

يمكن لوسائل التظليل المتحركة العملية أن تكون فعالة بتعديلات بسيطة خلال السنة. مثال ذلك، التظليل الدوار اليدوي الممتد، والمظلات، والزعانف الدوارة أو اللوفرات التي تعمل في بداية الصيف، ثم تنسحب وتتقلص في تظليلها بعد نهاية الفصل الحار (في الخريف). هذه الوسائل فعالة جداً في صد زوايا الشمس المنخفضة في الشرق والغرب. أما الوسائل المتحركة الاكثر تعقيداً فهي مظلات نموذجية تلقائية الحركة مبرمجة كهربائياً او الكترونياً يومياً وفصلياً.

4-2/5 سطح الارض المقابل

يتم عادة إعتبار سطح الارض ذي إنعكاسية متجانسة لجميع المساحة المشاهدة من الشباك، وهذه حالة نادرة، فالأرض تختلف في قيم إنعكاسية سطحها بقربها أو بعدها عن الشباك. وعلى العموم، هناك برامج حاسوبية متقدمة تتمكن من حساب تأثير إختلاف قيم إنعكاس سطح الارض. كما انه في معظم التطبيقات يتم اعتبار ان قيم معدل إنعكاسية الارض تقل عندما تكون الارض رطبة، في حين ان التضاريس المغطاة بالثلوج لها إنعكاسية أعلى، لاحظ الجدول (4-2/1).

الجدول4-1/2: قيم معامل الانعكاس لبعض المواد الخارجية[5]

المادة	الانعكاسية %
الارض الرطبة	7
الماء	7
الاسفلت	7
الارض الجافة	10
زجاج الشبابيك	10
الحصى	13
حجر كرانيت	20
النباتات (معدل)	25
العشب الاخضر الغامق	6
طابوق اصفر داكن	40
خرسانة	40
طلاء ابيض (قديم)	55
طلاء ابيض (جديد)	75

4-3 عنصر الشباك

هناك عوامل كثيرة ترتبط بعنصر الشباك تغير في مستوى الانارة ونوعيتها، لذا لابد من التعرف على كل واحد من هذه العناصر وما يؤثر فيه وفي مستوى أدائه ليعمل الشباك كمنظم للإنارة الطبيعية وموفراً للراحة البصرية.

4-1/3 الصيانة لتنظيف الشبابيك

تقلل الشبابيك غير النظيفة من الانارة الطبيعية النافذة خلالها، حيث يقل اداء الشبابيك العمودية بنسبة (10%) او أكثر. ولاتوجد هناك حدود لتقليل الاداء إذا سمح للاوساخ بالتجمع على الشبابيك الافقية السقفية rooflights . وهذا الجانب يعتمد على فترات التنظيف الدوري والصيانة[7].

ويعبر معامل الصيانة عن مقدار الفقدان بالاضاءة المتأثر بدرجة اتساخ الشباك والذي بدوره يرتبط بموقع المبنى كونه صناعياً او غير صناعي (نظيف) وكذلك بمعدل فترات إجراء الصيانة والتنظيف الدوري للشبابيك، وتقل قيمة هذا العامل كلما كانت الصيانة رديئة. والجدول (4-1/3) يوضح قيم معاملات الصيانة، فكلما كانت القيمة أقل دل ذلك على ان الشباك اكثر اتساخا وهو يسمح بنفاذ كمية أقل من الانارة خلاله.

الجدول 4-1/3: قيم معاملات الصيانة[13]

الموقع	انحدار الشباك	استعمال الفضاء	
		استعمال صناعي غير نظيف	استعمال غير صناعي أو صناعي نظيف
موقع غير صناعي	عمودي	0.8	0.9
	مائل	0.7	0,8
	افقي	0.6	0.7
موقع صناعي غير نظيف	عمودي	0.7	0.8
	مائل	0.7	0.7
	افقي	0.5	0.6

4-2/3 التزجيج الملون Tinted Glazing

تم في القرن العشرين التقليل النسبي لمشكلة الابهار من خلال استعمال الزجاج الملون[9]. فهذا الزجاج يحدد كمية الإنارة النافذة وبذلك يقلل من الاختلاف في ظهور السطوع بين الفضاء الداخلي والخارج. كذلك يساهم كل من الزجاج مخفض الوهج وواطيء النفاذية في إعطاء صبغة لون الى الضوء الطبيعي. هذه الصبغة اللونية يمكن ان تنتج في ظهور غير طبيعي للبيئة الخارجية وقد تؤثر بدرجات متفاوتة في الحالة النفسية لمستعملي المبنى، وكذلك في مستوى الانارة الطبيعية. يوضح الجدول (4-2/3) انواع الالواح الزجاجية المستعملة في الشبابيك.

الجدول 4-2/3: قيم معاملات النفاذية لأنواع الزجاج

نوع الزجاج	معامل النفاذية (%)
زجاج صاف	86
لون برونزي	48
لون رصاصي	43
لون أخضر	73
لون أزرق باستلي	35
لون فضي ميتاليك عاكس	42
زجاج صاف مزدوج الطبقات	80

3/3-4 تأثير اطارات الشباك

لإطارات الشبابيك أثر في كمية الانارة الطبيعية الداخلة إذ تقل كمية الانارة النافذة من فتحة الشباك بزيادة سمك الاطار المستعمل وزيادة عدد التقسيمات للفتحة، وتحسب كمعامل يمثل النسبة بين مساحة الزجاج الصافية الى مساحة الفتحة الكلية. وفي حالة عدم وجود هذه القيمة بصورة دقيقة يمكن استعمال المعلومات الواردة في الجدول (4-3/3)[8].

الجدول 4-3/3: قيم النفاذية بسبب إطارات الشبابيك

مادة الإطار	النفاذية %
شبابيك ذات اطار معدني	85-80
شبابيك ذات اطار معدني تحاط بإطار خشبي	75
شبابيك ذات اطار خشبي	70-65

4/3-4 الشبابيك المستجيبة

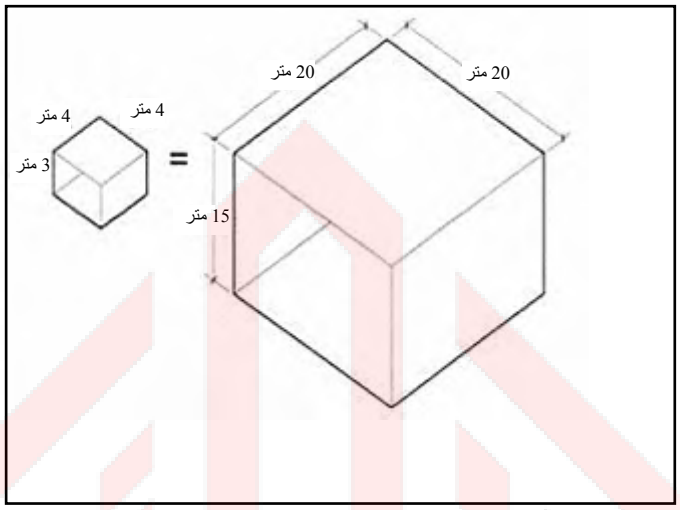
تم تطوير انواع من الزجاج ليصبح مستجيباً للتغيرات الحرارية، ويسمى هذا الزجاج المستجيب (Smart windows). وهذا الزجاج يحوي المتحسسات الضوئية التي هي دالة يستعملها المصممون للتحكم في كمية الطاقة الشمسية المطلوب حجبها. فهو مغطى بطبقة رقيقة فعالة للسيطرة على الحرارة وشدة الانارة الطبيعية القادرة على النفاذ الى داخل المبنى، فهي تغير من درجة لونها كإستجابة لكثافة الانارة أو الحرارة.

4-4 العناصر الداخلية

تتعلق عوامل توزيع وإنتشار الانارة الطبيعية داخل الفضاء بمجموعة من الخصائص التصميمية للفضاء كالتشكيل الهندسي للفضاء وتناسب ابعاده وعمقه ومواصفات إنهاءاته المستعملة بدلالة معامل إنعكاس الجدران والسقف، وتناسب ابعاد الشبابيك ومواقع توزيعها ضمن الفضاء.

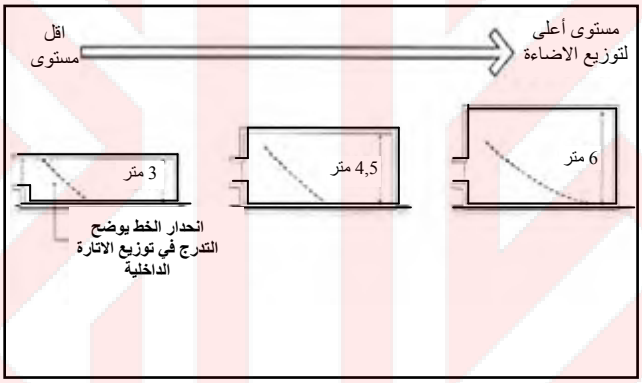
1/4-4 الشكل الهندسي للفضاء

ليس من السهولة تحديد عمق الفضاء الذي يمكن إضاءتهُ بإعتماد الانارة الطبيعية، إذ يعتمد وصول الانارة الطبيعية الى أجزاء الفضاء على تناسب أبعاد ذلك الفضاء. فالفضاءات المتشابهة بتناسب الأبعاد وبتناسب أبعاد الشبابيك وبجميع خصائصها سيكون لها التوزيع نفسه للإضاءة الطبيعية داخلها بغض النظر عن القيمة الحجمية للفضاء، لاحظ الشكل (4-1/4)[10].



الشكل 4-1/4: الفضاءات المتشابهة بالخصائص التصميمية والمختلفة بالحجم يكون لها التوزيع نفسه للإضاءة الداخلية

أما بالنسبة للإختلاف في ارتفاع الفضاء اوعمقهِ مع ثبات موقع الشباك فان لكل واحد منهما تأثيره الخاص بحسب نوعية الاداء المطلوب والمساحة المزججة وموقعها، لاحظ الشكل(4-2/4)[10].



الشكل 4-2/4: أثر زيادة إرتفاع سقف الفضاء في توزيع الإضاءة الداخلية

4-2/4 عمق الفضاء

تدل التجارب على ان مستوى الاستضاءة في نهاية الغرفة المقابلة للشباك ينخفض كلما ازداد عمق الغرفة (بثبوت ارتفاع السقف وشكل الشباك) وهذا يعود الى صغر المساحة المرئية من القبة السماوية. كما أن ارتفاع الشباك الى الاعلى (قرب السقف) يؤدي الى وصول الضوء الطبيعي الى مسافات أعمق داخل الفضاء.

3/4-4 أثر موقع الشباك في توزيع الاضاءة الداخلية

لتغير موقع الفتحات أثر في شكل وتوزيع الانارة الطبيعية النافذة خلالها الى داخل الفضاء، وبشكل عام فإن مواقع الفتحات يمكن ان تكون في أشكال ثلاثة، لاحظ الشكل(4-3/4)[11]:

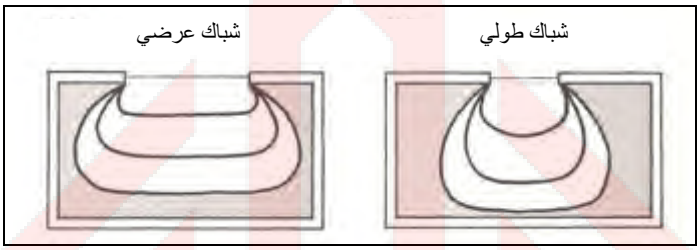
الشكل 4-3/4: تأثير مواقع الشبابيك في توزيع الاضاءة الداخلية[8].

4/4-4 اثر شكل الشباك في المساحة الداخلية المضاءة من الفضاء

لشكل الشباك تأثير في طبيعة توزيع الانارة الطبيعية وانتشارها داخل الفضاء، علاوةً على تأثيره في خصائص المنظر المشاهد من الشباك[4].

فالشباك العمودي الضيق (ذو العرض القليل) يحدد من حجم المنظر المشاهد خلاله افقياً ويسمح بشكل واسع بالمشاهدة العمودية من القبة السماوية، كما ويحد من توزيع الضوء الطبيعي، الا ان التعرض لمساحات مشاهدة كبيرة من القبة السماوية خلال الشبابيك المرتفعة يمكن ان يؤدي الى حدوث الابهار[12].

اما الشباك العريض والمنخفض ذو المساحة نفسها سوف يزيد من الاختلاف بين كمية الضوء الطبيعي النافذ قرب الشباك وبين كمية الضوء في عمق الفضاء، في حين يتم فيها تحسين الاتصال البصري مع البيئة الخارجية الى حد كبير، لاحظ الشكل **(4-4/4)**.



الشكل 4-4/4: ترسم الخطوط الكنتورية في المخطط الافقي لتوضيح نمط انتشار الاضاءة الداخلية نسبة الى شكل الشباك[8].

5/4-4 مساحة الشبابيك

ان مساحة فتحات الانارة الطبيعية ووسائل السيطرة الخارجية يجب ان تتغير نسبة للإتجاه الجغرافي، حيث ان كل واجهة محددة من المبنى تستلم كمية مختلفة من ضوء النهار خلال اليوم وعبر الفصول، وبالتالي ستتطلب معالجات مختلفة عن الواجهات الاخرى علاوة على تأثرها بطبيعة الفضاء الذي يحوي على الفتحات والتباين في مساحته ووقت إشغالهِ.

6/4-4 تعدد الشبابيك والفتحات

من الممكن تغيير شكل نفاذ وانتشار الانارة الطبيعية داخل الفضاء بتقسيم مساحة الزجاج الى عدد من الشبابيك المفصولة ضمن جدار واحد او ضمن جدارين أو أكثر، وكالتالي[2]:

- الإضاءة من جهة واحدة: تزود إضاءة قوية بنوعية ذات إتجاهية واحدة مع إنخفاض سريع في كمية الضوء بعيداً عن الشباك.
- الاضاءة الثنائية: تتحقق عندما يدخل الضوء الى الفضاء من إتجاهين مختلفين، بذلك يتحسن نسق التوزيع إعتماداً على عرض الفضاء وارتفاعه وموقع الفتحات. فإذا كانت الشبابيك في جدارين متقابلين فسيحصل افضل إمتداد وتوزيع للاضاءة داخل الفضاء. كما ان الإضاءة القادمة من جدارين متجاورين ستقلل من إمكانية حصول الابهار.
- الإضاءة متعددة الأطراف: تدخل الفضاء من إتجاهات مختلفة وتساعد على تقليل درجة التباين والابهار، كما انها تحسن من نسق توزيع الاضاءة على السطوح الافقية والعمودية.

7/4-4 الستائر الداخلية

قد تكون وسائل التظليل الخارجية في بعض الحالات غير فعالة بصورة كبيرة ، عندها يفضل استعمال وسائل التظليل الداخلية. وعادة ما يكون التحكم بالستائر الداخلية من قبل شاغلي المبنى انفسهم.

هناك بعض السلبيات التي تنشأ عند استعمال وسائل التظليل الداخلية المتحركة نهاراً إذ انها تحجب المنظر الخارجي وتطلق الحرارة الشمسية الممتصة الى داخل الفضاء، وهذه الأخيرة يمكن تقليلها بإستعمال المواد العاكسة للأشعة الشمسية، لكن هذه المواد يمكن ان تسبب في عدم الراحة البصرية والإبهار.

8/4-4 انعكاسية السطوح الداخلية للجدران والسقوف

تؤثر طبيعة سطوح الفضاء في توزيع الانارة الداخلية عن طريق انعكاس الضوء الساقط على هذه السطوح، وتتوقف معاملات الانعكاس على نوع إنهاء مادة السطح ولون الطلاء ودرجته، من هنا يكون لاختيار لون وطبيعة المواد المستعملة في تصميم وطلاء الجدران والأثاث وبالأخص ذات المساحات الكبيرة أهمية في توزيع وانتشار الضوء الطبيعي داخل الفضاء. يوضح الجدول (4-1/4) معاملات الانعكاس لسطوح الفضاء الداخلية التي يمكن ان تشكل دليلاً ارشادياً فى هذا الصدد.

الجدول 4-1/4: قيم انعكاس بعض مواد الانهاء الداخلية[5].

لون المادة	الانعكاسية%
الابيض	85
الأصفر الشاحب	82
الاصفر اللامع	70
البرتقالي الشاحب	54
الازرق الشاحب	45
البرتقالي اللامع	28
الاحمر اللامع	17
الاخضر الداكن	9
الاسود	5

اوصت بعض المنظمات بقيم محددة لمعاملات انعكاس سطوح الفضاء الداخلي والاثاث المستعمل والتي يفضل ان يلتزم بها المصمم قدر الامكان، وهي كما موضحة في الجدول (4-2/4).

الجدول 4-2/4: معاملات الانعكاس الملائم إعتماده لسطوح الفضاء الداخلي[4].

السطح	معامل الانعكاس
السقف	% 90 - 80
الأثاث	% 60 - 25
الأدوات والأجهزة	% 50 - 30
الأرضية	% 40 - 20
الومنيوم "معدن لامع"	% 70 - 60
زجاج أو بلاستيك شفاف	% 10 - 8
الجدران	% 80 - 40
فخار أبيض	% 80 - 65
حجر جيرى	% 60 - 35
رخام أبيض	% 45
كرانيت	% 25 - 20
سطح مطلى بالابيض (حديث)	% 75
سطح مطلى بالابيض (قديم)	% 55
نباتات	%25
جبس	% 92 - 90

تدل قيم إنعكاس سطوح الفضاء الداخلي على مستوى اداء الانارة الطبيعية، حيث يفضل لهذه القيم أن تكون بأعلى مايمكن. كما اعطت هيئة الاضاءة الدولية (CIE) توصيات في الحفاظ على انعكاسية السقف بأعلى من 70% والجدران بأعلى من 50% والارضية بحدود 20%[4]. ويلاحظ أن لانعكاسية الارضية التأثير الاقل في توزيع الانارة الطبيعية وقد تم حذفه من الحسابات الخاصة بالاضاءة في بعض الحالات، مع انه قد يكون له اعتبارات في توزيعه للإنارة الطبيعية وخاصة في الفضاءات الداخلية الواسعة. اما الالوان الفاتحة للسقوف والجدران فهي تحسن من إختراق الضوء الطبيعي الى داخل عمق الفضاء وتقلل من التضاد بين نصوع الشبابيك والسطوح الاخرى.

4-4/9 الاثاث المستعمل

يعتبر لون الاثاث المستعمل وملمس سطحه وطبيعة توزيعه جزءاً من سطوح الفضاء الداخلية التي لها تأثير في توزيع الانارة الطبيعية الداخلية. في المناخات الحارة الجافة ينبغي ان تكون السطوح الداخلية بألوان فاتحة ولكن ليس الى حد درجة سطوعٍ التي تسبب عدم الراحة البصرية. فقد اوصت الدراسات انه ينبغي إختيار الاجسام والاثاث ضمن الفضاء على وفق نوعية عكسها للضوء مع تجنب اللون الابيض الكامل، ويستحسن ان يكون لها لون ذو انعكاسية (50–70 %) لتقليل الابهار[12]، حيث من الضروري ان يضمن التصميم الملائم واختيار إنعكاسية الجدران والسقوف والاثاث تعزيز وتوزيع مستوى الإضاءة في كافة انحاء الفضاء[9].

مراجع الباب الرابع

[1] د .خالد عسكر الشيباني، *"العلاقة بين مساحة النافذة والمساحة الداخلية"*، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل(العلوم الاساسية والتطبيقية)، المجلد الثالث، اذار 2002م.
http://sjournal.kfu.edu.sa/ara/pdffiles/BVOL3NO1_2.pdf

[2] "*Solar Heating and Cooling Programme :Daylight in Building Design*"
http://www.iea-shc.org/task21/publications/source_lr/daylighting-c2-LR.pdf

[3] "*Focused on Energy Efficient Building and Environmentally Sound Construction*", Green Building Library Building Design, 2010
http://oikos.com/library/solar_site_design/index.html

[4] CIE, "*Guide on Daylighting of Building Interiors*". CIE Technical Committee TC-4.2 Daylighting, 1990.

[5] "*Solar Energy In European Office Buildings*", Mid– Career Education
http://erg.ucd.ie/mid_career/pdfs/tech_mod_4.pdf

[6] "*The Performance of Daylighting with Shading Device in Architecture Design*", 2004
http://www2.tku.edu.tw/~tkjse/7-4/7-4-2.pdf

[7] "*Your Guide to Electricity in the Home*", 2011
http://www.seai.ie/Publications/Your_Home_Publications/Your_guide_to_electricity_in_the_home.pdf

[8] Szokolay, S.V., "*Environmental Science Handbook*", Lancaster, England, 1980.

[9] Warren R. Hampton, "*Daylighting Strategies: Skylighting in Hot Dry Climates*" , 1989
http://ag.arizona.edu/oals/ALN/aln28/hampton.html

[10] Egan, M. David & Olgyay, Victor, "*Architectural Lighting*" Second Edition, Mc Graw-Hill, New York, 2002

[11] Hopkinson, R.G., "*Daylighting*", Pitman Press, Great Britain, 1966.

[12] "*Envelope & Room Decisions, Tips for Daylighting with Windows*"
http://windows.lbl.gov/daylighting/designguide/section3.pdf

[13] Neufert, "*Architects' Data, The Handbook of Building Types*", BSP Professional Books, Great Britain, 1988.

الباب الخامس

القيم القياسية لمستويات الاضاءة والابهار

5-1 تمهيد

كل نشاط يقوم به الإنسان يحتاج إلى مقدار معين من مستوى الإضاءة. ويتأثر مستوى الاضاءة المطلوب بنوع النشاط نفسه، وسرعة انجازه، ومن يؤديه شاباً كان أم كبير السن. كما يتأثر بالفضاء المحيط وانعكاسية سطوحه، واتجاه المصدر الضوئي وسرعة حركة الجزء المنظور، والتباين الكائن بين المحيط والجزء المنظور الذي يضمن أن تهيئ بيئة العمل او الحقل البصري راحة بصرية مناسبة لدوام انجاز النشاط بدون إجهاد او إرهاق. فالعمل مثلاً في معامل تجميع القطع الالكترونية الصغيرة يختلف عن العمل في معامل تجميع المبردات وغيرها. لذا سعى مصممو الاضاءة والمنظمات الدولية المهتمة بالإضاءة ومستويات الإضاءة الى وضع قواعد ومقاييس يوزن بها مستوى الراحة البصرية المطلوب تهيئتها بحسب نوعية العمل وموقعه. فتم وضع قوانين ناظمة لمستويات الاضاءة وفهارس لراحة البصر visual comfort index أو دالة الابهار glare index. وسيتم توضيح كل من مستويات الاضاءة ودالة الابهار لاحقاً في هذا الباب.

5-2 الجوانب الكمية لمستويات الاضاءة الملائمة لأداء المهام

إن أهم ما يجب مراعاته عند تصميم الإضاءة في مكان ما هو وجود ضوء كاف يسمح برؤية جيدة ولا يرهق العين، التي يمكنها التكيف مع الاضاءات الواطئة ولكن هذا التكيف يجهد العين فيؤثر في نوعية الانتاج او يقلل من ساعات العمل.

على وفق توصيات الـ (IES) للإضاءة المريحة في الفضاءات الداخلية، ينبغي تهيئة مستوى إضاءة لايقل عن (30) لوكس كحد أدنى لجميع الفضاءات الخالية من الاعمال. وتهيئة مستوى اضاءة لايقل عن (300) لوكس للفضاءات ذات الاعمال الاعتيادية. وبصورة عامة يمكن القول ان متطلبات الاضاءة ضمن مساحة المهمة يحددها كل من نوع المهمة المرئية أو طبيعة الفعالية وفترة انجازها.

حيث تتأثر مستويات الاضاءة بكلٍ من:

- تفاصيل المهمة المرئية.
- الانعكاسية والتباين الضوئي بين المهمة وخلفيتها.
- عمر الشخص وحالة العين.
- اهمية السرعة المطلوبة لإنجاز المهمة ودقتها.

كما ينبغي ان يكون مستوى الانارة الطبيعية داخل الفضاء مساويا للتوصيات الدنيا لإنارة المهمة البصرية او يزيد عنها، آخذين بالإعتبار تغير مستوى الانارة خلال ساعات اليوم.

يحتاج الاشخاص الذين بعمر 30-40 عاما الى كمية اضاءة مقدارها (1.17) مرة قدر ما يحتاجه من هم فى سن 20-30 عاما، ويحتاج الذين في عمر 60-70 الى كمية اضاءة تقدر بـ (2.51) مرة بقدر الاضاءة اللازمة لشباب فى سن 20-30 عاما ليروا بنفس القدر من الوضوح – بسبب قلة الاستجابة – وهي أمر هام عند تصميم الإضاءة اللازمة للمهام البصرية لكبار السن[1]، حيث يؤثر عامل السن على حساسية البصر، فتفقد عضلات العين مرونتها مع تقدم السن وتصبح أقل مرونة واستجابة لعملية التكيف مع الضوء [2].

يمكن لمستويات الاضاءة غير الكافية ان تكون غير مريحة وغير آمنة، في حين يمكن ان تولد المستويات العالية من الاضاءة الابهار الذي هو غير مريح ايضا وقد يسبب الصداع وآلام العين. كما أنَّ استعمال الانارة الطبيعية بشكل كبير بزيادة مساحة الشبابيك قد يكون غير إقتصادي بسبب الزيادة الحاصلة في استهلاك الطاقة لأغراض التدفئة والتبريد في الفضاء. حيث يمكن زيادة فعالية ترشيد الطاقة من خلال تهيئة المستويات الدنيا لمتطلبات الاضاءة طبيعياً ودعمها بمساعدات اصطناعية (الضوء الاصطناعي) للمحافظة على مستويات اضاءة شبه ثابتة داخل الفضاءات خلال اليوم.

ويعد تحديد المستويات الملائمة للإضاءة هو الاعتبار العام لنقطة البداية لأي تصميم للإضاءة. وتعطي جمعية هندسة الاضاءة IES توصيات لمستويات الاضاءة على شكل جداول لكل من المهام العامة والمهام الخاصة، وعادة ما يقاس مستوى الاضاءة عند ارتفاع (78-85 سم) فوق أرضية الفضاء (ارتفاع المنضدة) مالم يتم ذكر غير ذلك، الجدول (5-1/2) يبين مستويات الاضاءة القياسية المطلوبة في الفضاءات المختلفة[3].

الجدول 5-1/2: مستويات الإضاءة القياسية للفضاءات[3 و 4]

نوع الفضاء	مستوى الاضاءة (LUX)
CIRCULATION AREA منطقة حركة، وتشمل:	
الممرات	100
المصاعد	150
السلالم	150
درج متحرك	150
الطرق الخارجية المغطاة	30
ENTRANCESالمداخل، وتشمل:	
مداخل القاعات وغرف الانتظار	150
منضدة التحقيق	500
بوابة المسكن	300
المطابخ	
عموماً	500
خزن الاطعمة	150
خارج المبنى، ويشمل:	
مداخل ومخارج مواقف السيارات	30
مخازن وحظائر	30
المراكز الطبية والاسعافات الاولية، وتشمل:	
غرف الاستشاريين ومناطق المعالجة	500
المخازن الطبية	100
غرفة الاستراحة	150
خزانات التبديل وغرف التنظيف	150
المخازن وغرف التموين	150

نوع الفضاء	مستوى الاضاءة (LUX)
غرف لوحات المفاتيح والاتصالات	500
الكي اليدوي،	300
اللحيم بالغاز والقوس الكهربائي غير الدقيق	300
اللحيم متوسط الدقة	500
اللحيم الدقيق	1000
اللحيم الدقيق جداً	1500
الاسواق	500
الاسواق الكبيرة	500
المسارح	100
السينما	50
قاعة متعددة الاغراض	500
قاعة محاضرات	500
لوحة الكتابة	500
فضاء المقاعد	500
قاعات الامتحان والمناقشات	500
المختبرات	500
مشاغل (ورش) العمل التعليمية	300
غرف الفريق التدريسي وغرف الطلبة	300
رفوف الكتب	150
مناضد القراءة	300
فضاء المراجع (عناوين الكتب)	500
مخزن الكتب	100

وبشكل عام فإن الفضاءات غير المذكورة في الجدول السابق يمكن تحديد مستويات الاضاءة فيها تبعاً لتوصيات الـ (IES) في الجدول (5-2/2) مع الاستعانة بالجدول (5-3/2) والجدول (5-4/2) المستعملة بحسب عمر المستعمل وبيئة العمل، وكما موضح لاحقاً.

تم تصنيف جميع المهام البصرية ضمن تسعة اصناف ضوئية، تغطي حدود اضاءة من 20 الى 20000 لوكس. هذه الاصناف تعرف من (A – I) ولكل منها مجال ذو ثلاث قيم للإضاءة (منخفضة ومتوسطة ومرتفعة)، لاحظ الجدول (5-2/2)[2].

الجدول 5-2/2: قيم واصناف الاضاءة [2]

الصنف بحسب IES ومستوياته – لإضاءة الفعاليات الداخلية العامة		
الفعالية	الصنف	مستوى الاضاءة – لوكس
فضاءات عامة مع بيئة محيطة غامقة	**A**	**50-30-20**
فضاءات ذات فعاليات مكوث قصيرة	**B**	**100-75-50**
الفضاءات ذات فعاليات بصرية تؤدى بين الحين والآخر	**C**	**200-150-100**
اداء المهمة البصرية ضمن تباين عالٍ او حجم كبير	**D**	**500-300-200**
اداء المهمة البصرية ضمن تباين متوسط او حجم صغير	**E**	**1000-750-500**
اداء المهمة البصرية ضمن تباين واطيء او حجم صغير جداً	**F**	**2000-1500-1000**
اداء المهمة البصرية ضمن تباين واطيء او حجم صغير جداً ضمن فترة طويلة	**G**	**5000-3000-2000**
اداء المهمات البصرية المطولة جداً	**H**	**10000-7500-5000**
أداء مهام بصرية خاصّة جدا ضمن تباين منخفض جدا	**I**	**20000-15000-10000**

(A-C) لإضاءة الفضاءات ذات المساحات الكبيرة (كفضاءات المداخل)

(D-F) للمهام الموقعية

(G-I) للمهام البصرية الصعبة جدا

خطوات تطبيق طريقة الـ IES

الخطوة 1: تحديد المهمة البصرية ومستوى البصر.

الخطوة 2: إختيار صنف الاضاءة (باستعمال جداول الـ IES، الجدول (5-2/2) السابق).

الخطوة 3: تحديد مجال الاضاءة (من الجدول (5-2/2) السابق نفسه).

الخطوة 4: اختيار عوامل الوزن.

للأصناف A-C يستعمل الجدول (5-2/3).

للأصناف D-I يستعمل الجدول (5-2/4).

الجدول 5-2/3: عامل الوزن للفضاءات التي صنف إضاءتها (A-C)

خصائص الفضاء والمستعملين	عامل الوزن		
	-1	0	+1
عمر المستعمل	اقل من (40)	(40-55)	أكثر من (55)
معدل انعكاس سطوح الفضاء	أكثر من (70%)	(30-70%)	اقل من (30%)

تعليمات حول كيفية استعمال الجدول (5-2/3):

- يتم جمع عاملي الوزن رياضياً.
- اذا كان مجموع العاملين (-2) استعمل القيمة المنخفضة للإضاءة (الواردة في الجدول 5-2/2).
- إذا كان المجموع (+2) استعمل القيمة المرتفعة للإضاءة (الواردة في الجدول 5-2/2).
- إذا كان المجموع (0) استعمل القيمة المتوسطة للإضاءة(الواردة في الجدول 5-2/2).

فعلى سبيل المثال: إذا كان عمر مستعملي الفضاء أقل من (40) سنة وكان معدل انعكاس سطوح الفضاء أكثر من (70%) فسيكون مجموع قيمتي العاملين (−2)، أما إذا كان عمر المستعملين أكثر من (55) سنة ومعدل إنعكاس سطوح الفضاء أقل من (30%) فسيكون مجموع قيمتي العاملين (+2).

الجدول 5-2/4: عامل الوزن للفضاءات التي صنف إضاءتها (D−I)

خصائص الفضاء والمستعملين	عامل الوزن		
	1−	0	1+
عمر المستعمل	اقل من (40)	(40-55)	أكثر من (55)
أهمية السرعة و/أو الدقة	غير مهمة	مهمة	حرجة
انعكاسية خلفية المهمة	أكثر من (70 %)	(30-70 %)	اقل من (30 %)

تعليمات حول كيفية استعمال الجدول (5−2/4) :

- اجمع اوزان العوامل الثلاث جبرياً.
- اذا كان مجموع العوامل (−2) او (−3) استعمل القيمة الدنيا للإضاءة.
- إذا كان المجموع (+2) او (+3) استعمل قيمة الاضاءة العليا.
- في غير هاتين الحالتين استعمل القيمة الوسطى للإضاءة.

يمكن احيانا الحيود عن توصيات مستويات الاضاءة لـ IES [2]، إذ قد لاتطبق توصيات مستويات الاضاءة في عدد الحالات كما في بعض التطبيقات الواقعية للمتاجر، ومجالات الأعلان، والديكورات، والتطبيقات الفنية أو في الجوانب المتعلقة بالأمان. ففي هذه الحالات قد يكون من الضروري تهيئة مستويات إضاءة أعلى مما موصى بها لتحقيق التأثير الملائم.

هناك أيضاً حالات تحتاج مستويات إضاءة أقل مما هو موصى بتهيئتها، كتعلق الامر بالمحافظة على وثائق او تحف او مصنوعات يدوية نادرة وأعمال فنية قيِّمة.

3-5 الابهار ومؤشرات قياسه

لاتعتمد الاضاءة الجيدة على مستويات الاضاءة المطلوبة فقط وإنما تعتمد على اتجاه الضوء والانعكاسات القادمة من المحيط والمؤثرة في موقع العمل (الجزء المنظور) لتلافي البريق والتباين الذي يحدث في حقل الرؤية فيسبب عوقاً بصرياً أو إبصاراً غير مريح.

وإذا كانت الاضاءة غير مريحة ولو بتأثيرات صغيرة فانها يمكن أن تتراكم وتقود الى اضطرابات وظيفية ونفسية لكون العين تحاول تخطي الجهد البصري المتأثر باتجاهية الضوء المسبب للابهار المعيق للرؤية المريحة. فالابهار احد العوامل الرئيسة المؤثرة في الراحة البصرية.

ويمكن في المراحل الاولية في التصميم مقاومة الابهار والابهار غير المريح وذلك بالاستناد الى التنبؤ بوجود ابهار غير مريح بسبب الانارة الطبيعية، التي تنشأ في بعض الحالات بسبب حجم الفتحات وموقعها النسبي، وشدة إستضاءة السماء والانعكاس الداخلي ووجود سطوح عاكسة أو لماعة.

1/3-5 أساسيات حساب شدة الابهار (ثابت الابهار G ودالة الابهار IG)

توصلت الدراسات التجريبية الخاصة بالابهار والتباين الضوئي والتكيف الى معرفة العلاقات الدقيقة بين مختلف العناصر داخل المبنى التي تحدد الدرجة الملائمة للإبهار.

تتأثر درجة الابهار غير المريح الناتج من الانارة الطبيعية بمجموعة من العوامل[6]:-

- اضاءة المصدر الضوئي (العنصر المهيمن)
- اضاءة الخلفية
- حجم وعدد مصادر الابهار
- الموقع النسبي لمصدر الابهار في حقل الرؤية

1/1/3-5 ثابت الابهار

يرتبط الاحساس الذاتي بالابهار غير المريح مع العوامل السابقة بأسلوب معقد، الا انه امكن تجريبياً التعبير عنه بمقياس مبسط للتقييم، سمي بثابت الابهار (G)[7]،

الذي يمكن توضيح قيمته وفق الصيغة التالية:

$$G = \frac{B_S^{1.6} * \omega^{0.8}}{B_b^{1.0}} * P \quad \ldots\ldots\ (1/3-5)$$

حيث ان:

B_S : استضاءة (luminance) المصدر الضوئي المسبب للإبهار، وهي إستضاءة السماء خلال الشباك كما تبدو من نقطة المشاهدة، بوحدات اللوكس.

ω : الزاوية الصلدة للمصدر الضوئي المسبب للإبهار(solid angular subtense- steradians)، وهو الحجم الظاهر للشباك، وبدون وحدات.

B_b : مستوى او معدل إستضاءة السطوح الداخلية المحيطة بحقل النظر، بوحدات اللوكس.

P : عامل الموقع (position factor)، وهو يعطي مؤشراً لعلاقة موقع الناظر نسبة الى اتجاه الشباك، وتكون قيمة P كبيرة حينما يكون النظر عمودياً على الشباك. وقد تمَّ تحديد قيم (P) من تجارب عملية أُجريت لهذا الغرض، وهي موضحة في الجدول (5-3/3)[7]، الذي سيتم شرح استعماله لاحقاً.

يرتبط ثابت الابهار (G) الذي تم حسابه في المعادلة السابقة مع الاحساس الذاتي للإبهار، وفيما يخص جانب الانارة الطبيعية فثابت الابهار الناتج من عدد من الشبابيك يمكن ان ينتج تقريباً من مجموع مصادر الضوء القادم منها، وكالتالي:

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + ...G_n \quad \cdots\cdots\cdots (5-3/2)$$

حيث ان:

G_1 و G_2 و G_n : قيمة ثابت الابهار لكل شباك وفقاً للمعادلة (5-3/1) السابقة.

ان القيم الرقمية لثابت الابهار (G) الناتج من المعادلة يصعب استعمالها لكونها ذات قيم كبيرة ولا تتحسسها العين كقيم خطية، وقد وجد تجريبياً ان العين تشعر بالفروق على المقياس شبه اللوغارتمي، لذا تمَّ اقتراح مقياس لوغارتمي للقيم مضروباً بـ (10) والذي تطابق مع التجارب العملية وسمي بدالة الابهار Glare Index (GI) وكما موضح في المعادلة التالية:

$$GlareIndex = 10\log_{10}\sum G \quad \cdots\cdots\cdots (5-3/3)$$

حيث ان:

$\sum G$: مجموع ثوابت الابهار لجميع الشبابيك.

5-3/1/2 دالة الابهار

تم تجريبياً تحديد قيم لدالة الابهار (GI) وضعت للبيئات البصرية ذات التصانيف المختلفة. يوضح الجدول (5-3/1) التصانيف العامة لقيم دالة الابهار، في حين يعطي الجدول (5-3/2) بعض القيم النموذجية لمحددات دالة الابهار تبعاً للفعاليات المختلفة.

الجدول 5-3/1: تصانيف قيم دالة الابهار[8]

رد الفعل (مستوى الاستجابة)	قيم دالة الابهار GI
لايدرك	10-0
يمكن ملاحظته	16 – 10
مقبول	22 – 16
غير مريح	28-22
لايحتمل	28<

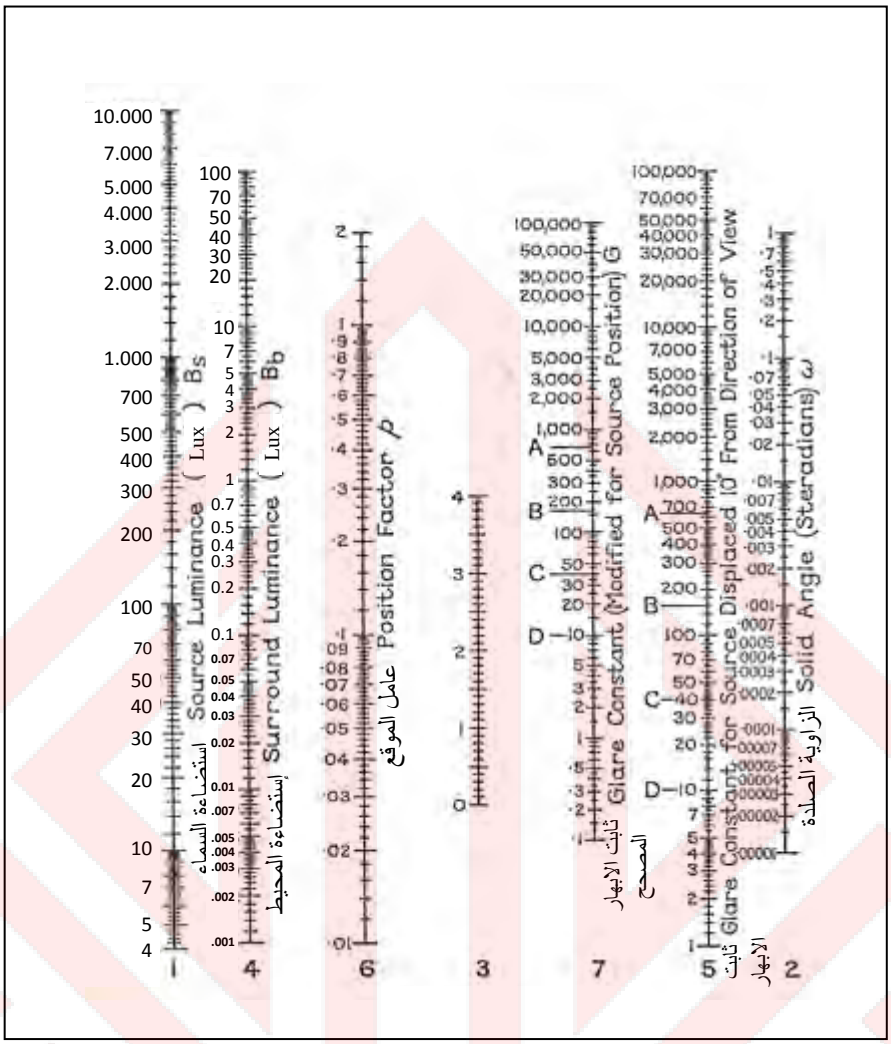
الجدول 5-2/3: توصيات الـ (IES) للقيم المحددة لدالة الابهار[7]

الموقع أو نوع المبنى	محددات دالة الابهار GI
المعامل:	
عمل قاسٍ	28
تركيب المحركات	25
تركيب دقيق	22
تجميع آلات	19
مبانٍ حقلية: مكان عمل الاشخاص	25
صياغة المجوهرات	10
المختبرات	19
متاحف	16
قاعات العرض	10
المكاتب:	
عامة	19
أماكن الرسم	16
المدارس:	
الصفوف الدراسية	16
غرف الخياطة	10
الردهات في المستشفيات	13

يمكن حساب دالة الابهار من المعادلات (5-1/3) و(5-2/3) و (5-3/3) المؤشرة سابقاً. من الواضح ان هذه المعادلات تتطلب وقتاً، لهذا السبب تم تحضير مخطط بياني (Nomogram) يساعد في اعطاء قيم ثابت الابهار ودالة الابهار.

5-2/3 المخططات البيانية لثابت الابهار(Nomogram)

احدى الطرائق لتحديد دالة الابهار هو استعمال مخططات ثابت الابهار[7] Glare Constant Nomogram، هذه المخططات موضحة في الشكل (5-1/3).



الشكل 5-1/3: المخططات البيانية (النوموكرام) لحساب ثابت الابهار[7]

5-3/3 خطوات إستعمال مخططات ثابت الابهار (G)

1- يتم ايجاد قيم (B_s)على التدرج المرقم (1) وهو ما يمثل إستضاءة السماء كما تبدو خلال الشباك من نقطة الملاحظة، وعادة ما تمثل هذه القيمة معدل استضاءة السماء ضمن اتجاه الشباك، آخذين بالإعتبار معامل نفاذية نوع الزجاج المستعمل.

2- يتم تحديد قيمة الزاوية الصلدة solid angle (ω) المقابلة للمصدر الضوئي على التدرج المرقم (2) ضمن المخططات. وذلك من خلال الصيغة المبسطة:

$$\omega = A / D^2 \quad \ldots\ldots \quad (4/3-5)$$

حيث ان:

A : المساحة المزججة من الشباك (م^2).

D : المسافة بين النقطة داخل الفضاء وجدار الشباك (م).

إذا كان موقع الشباك مزاحاً عن اتجاه الناظر بزاوية افقية قدرها (θ) وزاوية عمودية قدرها (Ø) من مركز الشباك، يتم حساب قيمة الزاوية الصلدة على وفق الصيغة التالية:

$$\omega = \frac{A\cos\theta\cos\phi}{D^2} \quad \ldots\ldots\ (5/3-5)$$

3- يتم رسم خط بين التدرجين (1) و (2).

4- من تقاطع الخط السابق مع التدرج المرقم (3)، يرسم خط أُفقي (من التدرج المرقم 3) الى التدرج (4) الذي يمثل استضاءة المحيط (B_b)، ليقابل امتداده التدرج المرقم (5)، الذي يعطي ثابت الابهار لمصدر موضوع بارتفاع (10) درجات عمودية فوق اتجاه النظر.

5- لأي مصدر اضاءة اخر مزاح عن حالة التدرج (5)، يتم تحديد قيم "عامل الموقع" (P) من الجدول (3/3-5).

6- ثم يرسم خط بين ثابت الابهار على التدرج (5) الى "عامل الموقع" (P) على التدرج (6).

7- يتم الحصول على قيمة ثابت الابهار المصحح تبعاً لموقع المصدر الضوئي من تقاطع الخط السابق مع التدرج رقم (7).

الجدول 5-3/3: قيم عامل الموقع (P) [يستعمل الجدول مع الشكل (5-1/3)][7]

الإزاحة العمودية Vertical displacement (V/R)	الزاوية الافقية Horizontal angle ($\phi = \tan^{-1} L/R$) 0°	6°	11°	17°	22°	27°	31°	35°	39°	42°	45°	50°	54°	58°	61°	63°	68°	72°	الزاوية العمودية Vertical angle ($\theta = \tan^{-1} V/R$)
1·9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	62°
1·8	—	—	—	—	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02	61°
1·6	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03	58°
1·4	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·04	0·03	0·03	54°
1·2	0·05	0·05	0·06	0·06	0·06	0·06	0·06	0·06	0·06	0·06	0·06	0·05	0·05	0·05	0·05	0·04	0·04	0·04	50°
1·0	0·08	0·09	0·09	0·10	0·10	0·10	0·10	0·09	0·09	0·09	0·08	0·08	0·07	0·06	0·06	0·06	0·05	0·05	45°
0·9	0·11	0·11	0·12	0·13	0·13	0·12	0·12	0·12	0·12	0·11	0·10	0·09	0·08	0·07	0·07	0·06	0·06	0·05	42°
0·8	0·14	0·15	0·16	0·16	0·16	0·16	0·15	0·15	0·14	0·13	0·12	0·11	0·09	0·08	0·08	0·07	0·06	0·06	39°
0·7	0·19	0·20	0·22	0·21	0·21	0·21	0·20	0·18	0·17	0·16	0·14	0·12	0·11	0·10	0·09	0·08	0·07	0·07	35°
0·6	0·25	0·27	0·30	0·29	0·28	0·26	0·24	0·22	0·21	0·19	0·18	0·15	0·13	0·11	0·10	0·10	0·09	0·08	31°
0·5	0·35	0·37	0·39	0·38	0·36	0·34	0·31	0·28	0·25	0·23	0·21	0·18	0·15	0·14	0·12	0·11	0·10	0·09	27°
0·4	0·48	0·53	0·53	0·51	0·49	0·44	0·39	0·35	0·31	0·28	0·25	0·21	0·18	0·16	0·14	0·13	0·11	0·10	22°
0·3	0·67	0·73	0·73	0·69	0·64	0·57	0·49	0·44	0·38	0·34	0·31	0·25	0·21	0·19	0·16	0·15	0·13	0·12	17°
0·2	0·95	1·02	0·98	0·88	0·80	0·72	0·63	0·57	0·49	0·42	0·37	0·30	0·25	0·22	0·19	0·17	0·15	0·14	11°
0·1	1·30	1·36	1·24	1·12	1·01	0·88	0·79	0·68	0·62	0·53	0·46	0·37	0·31	0·26	0·23	0·20	0·17	0·16	6°
0	1·87	1·73	1·56	1·36	1·20	1·06	0·93	0·80	0·72	0·64	0·57	0·46	0·38	0·33	0·28	0·25	0·20	0·19	0°
	0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0	1·2	1·4	1·6	1·8	2·0	2·5	3·0	

الازاحة الجانبية Lateral displacement (L/R)

V = المسافة العمودية من خط النظر الافقي.

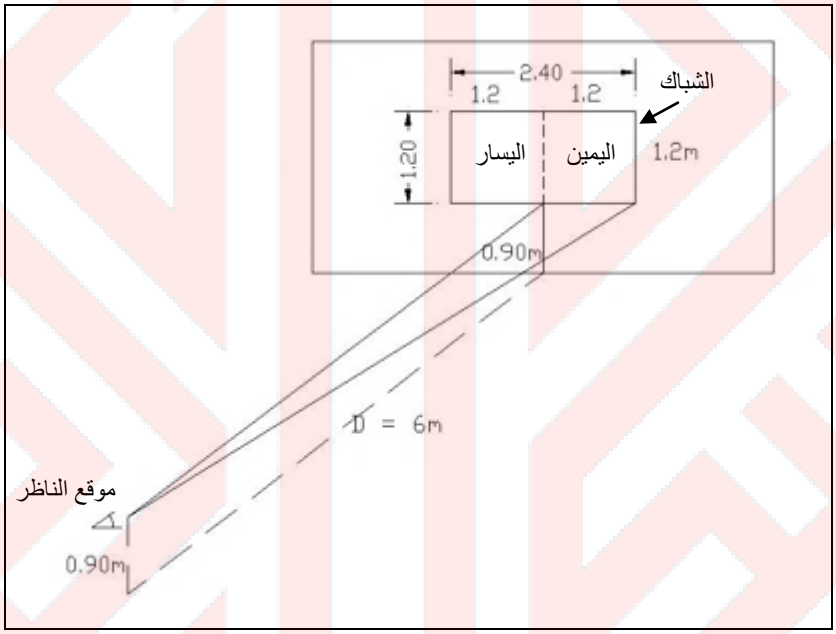
L = المسافة الجانبية من خط النظر الافقي.

R = المسافة الافقية من عين الناظر

وسيتم توضيح كيفية اجراء الحسابات الخاصة للحصول على قيم دالة الابهار من خلال المثال التالي:

مثال: غرفة أبعادها (6 * 9) متر وبارتفاع (3) متر، تحوي على شباك بابعاد (1,20متر إرتفاعاً و2,40متر عرضاً) يقع على الجدار الذي عرضه (6) متر وبارتفاع (90) سم عن أرضية الغرفة. ماهي دالة الابهار المتوقعة على الجالسين على بعد (6) متر من الشباك في الخط المقابل للشباك وعلى ارتفاع (90) سم لعين الناظر، علماً بأن قيمة إستضاءة السماء (5000) لوكس واستضاءة السطوح المحيطة الداخلية (300) لوكس. وإذا كانت دالة الابهار المقبولة في هذه الغرفة (27) فهل تعتبر هذه الغرفة مريحة من حيث مستوى الابهار؟

الحل: يوضح الشكل (5-2/3) أبعاد الشباك وموقع الشخص الناظر.



الشكل 5-2/3: رسم توضيحي للأبعاد المذكورة في المثال

يقسم الشباك الى قسمين (قسم ايمن وقسم أيسر)، حيث يتم حساب قيمة ثابت الابهار لكل قسم، ثمَّ تُجمع القيمتان لغرض استخراج قيمة دالة الابهار النهائية. وهي كما موضحة في الخطوات التالية:

- للحصول على قيم الزاوية الصلدة (ω):

من المعادلة (5-4/3) ، نحصل على:

قيمة (ω) للقسم الايمن من الشباك ... $\omega = A/D^2 = (1.2*1.2)/(6)^2 = 0.04$

قيمة (ω) للقسم الايسر من الشباك ... $\omega = A/D^2 = (1.2*1.2)/(6)^2 = 0.04$

- يتم استخراج قيمة عامل الموقع (P) بالاستعانة بالجدول (5-3/3):

قيمة عامل الموقع للقسم الايمن من الشباك ... $\Rightarrow P=0.98$ (V/R =1.2/6 = 0.2), (L/R= 1.2/6= 0.2)

قيمة عامل الموقع للقسم الايسر من الشباك ... $\Rightarrow P=0.98$ (V/R =1.2/6 = 0.2), (L/R= 1.2/6= 0.2)

- يتم حساب قيمة ثابت الابهار (G) من المعادلة (5-1/3) الآتية: $G = \frac{B_S^{1.6} * \omega^{0.8}}{B_b^{1.0}} * P$ او من المخطط البياني في الشكل (5-1/3)

قيمة ثابت الابهار للقسم الايمن للشباك ... $G_1 = \frac{5000^{1.6} * 0.04^{0.8}}{300} * 0.98 \Rightarrow G = 206$

قيمة ثابت الابهار للقسم الايسر للشباك ... $G_2 = \frac{5000^{1.6} * 0.04^{0.8}}{300} * 0.98 \Rightarrow G = 206$

- يتم جمع قيم ثابت الابهار للقسمين الايمن والايسر للشباك بحسب المعادلة (5-2/3): $G = G_1 + G_2$

$$G = 206 + 206 = 412$$

- تحسب قيمة دالة الابهار (GI) على وفق المعادلة (5-3/3) $GlareIndex = 10 \log_{10} G$

$$GI = 10 \log 412 = 26.15$$

وحيث ان قيمة دالة الابهار (GI) التي تم حسابها (26.15) هي أقل من الحدود العليا المسموحة لهذه الغرفة (27)، بذلك فان درجة الابهار تعتبر ضمن الحدود المقبولة في هذه الغرفة.

4/3-5 الارشادات لتقليل قيم دالة الابهار

بالرجوع الى المعادلة ($G = \frac{B_S^{1.6} * \omega^{0.8}}{B_b^{1.0}} * P$)، يمكن ملاحظة التالي:

أ- التقليل من قيمة مصدر الابهار (Bs) سيؤدي الى التقليل من الابهار.

ب-تقليل مساحة الشباك (تقليل قيمة ω) سيؤدي الى التقليل من الابهار.

ت-حرف اتجاه الشباك عن اتجاه الناظر سيؤدي الى تقليل قيمة (*P*) أي تقليل الابهار.

ث- زيادة قيمة معدل إستضاءة السطوح الداخلية (B_b) سيقلل من الابهار.

مراجع الباب الخامس

[1]2007, *المحددات الرئيسية لطرق ترشيد الطاقة بالمبانى*""
http://www.arab-eng.org/vb/t86198.html

[2] "*Footcandles and Lux for Architectural Lighting, An introduction to Illuminance*", Bill Williams, Edition 2.1, 1999
http://www.mts.net/~william5/library/illum.htm

[3] "*Room Illumination Level General Building Areas IES Standards*"
http://teaching.alexeng.edu.eg/EE/elgammal/EnergySystems/IESLuxLevel.pdf

[4]بدران، ابراهيم وأونك، أديت، "*دليل هندسةالأضاءة*"، المركز القومي للإستشارات الهندسية والمعمارية، 1976 م. ,

[5] "*A new daylight glare evaluation method*"
http://www.thedaylightsite.com/filebank/Daylight%20Glare%20Index.pdf

[6] "*The University of Manchester :Fundamentals of Discomfort Glare*"
http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/david.Carden/Discomfort_Glare.html

[7] Hopkinson, R.G., "*Daylighting*", Pitman Press, Great Britain, 1966.

[8] "*The Apache Software Foundation*: Methods for calculating illumination"
http://www.cs.cdu.edu.au/homepages/jmitroy/sph244/Lecture06.pdf

الباب السادس

تصميم الإنارة الطبيعية في مدن العراق

1-6 تمهيد

تختلف كمية الإنارة الطبيعية خارج المبنى من منطقة الى اخرى نتيجة لموقع الشمس وحالة الجو السائد. وتقع مناطق العراق ومدنه ضمن مناطق متقاربة نوعا ما من الناحية المناخية، وعلى العموم تقسم مساحة العراق الى ثلاث مناطق جغرافية يمكن ان تتباين بعض الشيء في مستويات إضاءَتها وحالات السماء، هي:

- المنطقة الجنوبية متمثلة بمدينة البصرة
- المنطقة الوسطى متمثلة بمدينة بغداد
- المنطقة الشمالية متمثلة بمدينة الموصل.

ويمكن في حالات اخرى اعتبار مدينة بغداد التي تقع في وسط العراق وقياسات الانارة الخاصة بها أنها تنطبق بشكل مقبول على بقية مدن العراق، حيث ان الاختلافات بين المناطق العراقية قليلة ليس لها تأثير واضحٌ في القرارات التصميمية الخاصة بالانارة الطبيعية من الجوانب المعمارية[1].

وتعد القياسات الميدانية لكميات الانارة الطبيعية على فترات طويلة من أفضل الوسائل للحصول على معلومات الانارة الطبيعية، ولكن لتغيرها المستمر اليومي والسنوي وتأثرها باعتكار الجو والغيوم متغيرة الكثافة يجعل الاعتماد على الحسابات الرياضية مقبولاً في تقدير الاستضاءة الخارجية والداخلية. لذا من المهم ان نتعرض الى حساب كميات الانارة الطبيعية الخارجية (خارج المبنى) والانارة الطبيعية الداخلة الى الفضاء ليتم للمصمم معرفة الكميات بدقة للحصول على كمية الاضاءة المطلوبة لتحقيق راحة بصرية. يتكامل ذلك مع ما بينته هذه المدونة في ابوابها السابقة من أساليب وعوامل تحقيق توزيع الانارة الطبيعية والتخلص من الابهار.

2-6 تعيين ظروف سماء التصميم

يتغير سلوك الضوء عند نفاذِهِ من طبقات الجو الى فضاء الارض القريب من المباني بنسب إعتكار الجو التي سببها بخار الماء ونسبة الغيوم والعوالق الترابية، حيث تسبب هذه (كعوائق تواجه سريان الاشعة) حصول انكسارات فيها تسبب تجانساً إضائياً احياناً نتيجة كثرتها. فالانكسارات الكثيرة والانعكاسات بين هذه الذرات الغبارية أو العوالق قد تسبب منعاً شبه كامل إذا تحولت هذه العوالق الى غيوم كثيفة. فآنذاك تكون الانعكاسات بشكلها الكبير مؤدية الى تجانس إضائي (قليل الشدة لكنه يجعل الانارة على كل واجهات الابنية متساوية ولا يحدث ظلاً على هذه الابنية أو من الشواخص السائرة على الارض بالشكل المُعَرَّف بهِ كظل). وهنا نجد ان

الدول ذات السماء الغائمة كلياً ينطبق عليها هذا الكلام. فإذا قلّت المعوقات واصبحت الغيوم قطعا مجزأة في الفضاء كانت الانعكاسات عليها من الشمس ومن الارض بشكلٍ لايمكن التنبؤ به حسابياً لكنهُ قابلٌ للقياس.

أما السماء المغبرة فإنها تعمل بشكلٍ أو بآخر متقاربةً مع السماء الغائمة كلياً مع زيادةٍ في إستضاءة القبة نتيجة كثرة الانعكاسات بين الجزيئات العالقة في الجو، أما إذا كانت كميتها كبيرة جداً فستسبب ظلمةً وإنارة قليلة جداً[2].

اما السماء الصافية ذات الغبار القليل فإن الاشعة الشمسية والاستضاءة السماوية فيها تسلك سلوكاً دقيقاً ومعقداً، ولم تكن حساباتها معروفة حتى سنة (1965)م حينما قدّم عالم الاضاءة (ريتجارد كتلر) معادلته في مؤتمر في جامعة (نيوكاسل) ، ولم تُقر المعادلة حتى سنة (1973)م من قبل منظمة الاضاءة العالمية (CIE)[3].

1/2-6 الاضاءة الشمسية

عند مرور الاشعة الشمسية في الفضاء المحيط بالكرة الارضية (المتكون من الهواء والعوالق) فإن الاشعاع الشمسي سيمر في مادةٍ ذات كثافات مختلفة بحسب سمك الطبقة التي يمر فيها هذا الاشعاع، فنجد ان الاشعاع الشمسي عند الصباح حينما تشرق الشمس يكون ضعيفاً رغم ان الطاقة الشمسية لم تتغير قيمها في الفضاء الخارجي، ولو انعدم تأثير الغلاف الجوي لكانت الاضاءة الشمسية على السطوح العمودية المقابلة للشمس أكثر بكثير مما هي عليه بوجود سمك طبقة الغلاف الجوي. ويتأثر هذا السمك بحسب زاوية ارتفاع الشمس، وقد اجريت قياسات لتعيين تأثير كتلة الهواء المحيطة بالكرة الارضية، والتي تتغير بحسب زاوية التقاط الاشعة الشمسية من قبل الناظر او السطوح المتعامدة مع اتجاه الاشعة الشمسية وارتفاع الشمس في الفضاء، وتوصلت الى المعادلة التالية[4]:

$$E_{dn} = E_{xt} \exp(-cm) \qquad \text{..... (1/2-6)}$$

حيث ان:

E_{dn} = الاستنارة الشمسية المباشرة العمودية (العمودية على الاشعاع الشمسي) باللوكس.

E_{xt} = الاستنارة الشمسية الواصلة لموقع الارض باللوكس، وتحسب من المعادلة[4]:

$$E_{xt} = E_{sc}\left(1 + 0.034\cos\left[\frac{\pi}{365}(j-2)\right]\right) \qquad \text{..... (2/2-6)}$$

حيث ان:

E_{sc} = ثابت الاستنارة الشمسي = 127500 lux

j = رقم اليوم من السنة $(1 \le j \le 365)$

exp = قيمة أساس اللوغارتم الطبيعي = 2.718282

c = ثابت فعالية نفاذية الغلاف الجوي (وهو للسماء الصافية الزرقاء = 0.21).

m = عامل نفاذية كتلة الهواء ويعتمد على زاوية ارتفاع الشمس (AL):

$$m = \frac{1}{\sin(AL)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3/2\text{-}6)$$

$\pi = 3.1428$

- **الاضاءة الشمسية المباشرة على السطح الافقي (E_{dh})**

وتحسب من المعادلة[5]:

$$E_{dh} = E_{dn} \sin(AL) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4/2\text{-}6)$$

حيث أنّ:

AL = زاوية ارتفاع الشمس.

- **الاضاءة الشمسية المباشرة على واجهات المبنى العمودية (E_{dv})**

وتحسب من المعادلة:

$$E_{dv} = E_{dn} \cos(AL) \cos(HSA) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5/2\text{-}6)$$

حيث ان:

HSA = زاوية الظل الافقية (وهي الفرق بين زاوية اتجاه الشمس وزاوية اتجاه الجدار او الشباك)، وتكون قيمتها سالبة اذا كانت الشمس يسار الشباك وموجبة يمين الشباك وعلى العموم تؤخذ القيمة المطلقة للزاوية في المعادلة.

ويوضح الملحق (أ) مخططات الزوايا الساعية لارتفاع الشمس واتجاهها لمدينة بغداد خلال أشهر السنة المختلفة علاوة على زوايا الظل الافقية والعمودية لتوجيهات الشبابيك المختلفة.

2/2-6 إستضاءة السماء الصافية

يعتبر سلوك توزيع الضوء في القبة السماوية في السماء الصافية الزرقاء معقداً لإعتماده على مؤثرات كتلة الهواء ونسبة العوالق القليلة، إذ ان اتجاهية الاضاءة ترسم مساراً اتجاهياً بالنسبة لمن هو على سطح الكرة الارضية بحيث ان مناطق القبة السماوية تكون اجزاؤها مختلفة في شدة استضاءَتها بشكل كبير من نقطة الى اخرى بحسب زاوية ارتفاع الشمس وزاوية انحرافها عن الشمال. وتكون اقل إستضاءة في القبة السماوية في المنطقة التي تصنع زاوية مقدارها (90) درجة بين الشمس وذلك الجزء من القبة السماوية لاحظ الشكل (3-2/3)، فمثلاً إذا كانت زاوية ارتفاع الشمس (45) درجة فان اقل استضاءة في القبة السماوية هي في زاوية (135) درجة في المستوي نفسه المار بالشمس[6].

6-2/2/1 استضاءة السماء الصافية على المستوى الافقي

هناك عدد من المعادلات لحساب كميات الاستنارة السماوية للسماء الصافية الزرقاء، وبحسب التجارب العملية التي اجريت في بغداد[7] وجد ان معادلة (كروخمان) هي اقرب المعادلات الى تمثيل ظروف سماء مدينة بغداد. ويمكن توضيح معادلة (كروخمان) بالشكل التالي[8]:

$$E_{kh} = 1.1 + 15.5 * \sqrt{\sin(Al)} \qquad \ldots\ldots \quad (6/2-6)$$

وسيتم اعتماد هذه المعادلة في حساب مستويات الاستنارة الطبيعية السماوية على المستوى الافقي لمدن العراق.

6-2/2/2 استضاءة السماء الصافية على المستوى العمودي:

يتم قياس مستوى الاستنارة السماوية من المعادلة التالية[9]:

$$E_{kv} = \left[4.0\ AL^{1.3} + 12.\ \sin^{0.3}(AL)\cos^{1.3}(AL)\right] \cdot \left[(2+\cos(HSA))/(3-\cos(HSA))\right] \qquad \ldots\ (7/2-6)$$

حيث ان:

E_{kv} = شدة الاستضاءة السماوية على المستوى العمودي (باللوكس).

Al = زاوية ارتفاع الشمس.

HSA = زاوية الظل الافقية.

6-2/3 إستضاءة السماء الملبدة بالغيوم (عدد الايام الغائمة)

تكون الاستضاءة في الحلقات الافقية لهذه السماء متساوية مع تغير الاتجاه الجغرافي، الا انها تتغير في شدة مستوياتها مع تغير الارتفاع حيث تكون اعلى شدتها في قمة السماء (السمت) وتتناقص بشكل منتظم حتى الوصول الى الافق الذي تصل استضاءته الى ثلث استضاءة السمت[10].

ان معدل استضاءة السماء عند وقت معين (B_{Al}) يرتبط مع زاوية ارتفاع الشمس (Al) ويحسب من المعادلة التالية:

$$B_{Al} = B_z\left(\frac{1+2\sin(Al)}{3}\right) \qquad \ldots\ldots \quad (8/2-6)$$

حيث ان:

B_z = استضاءة قمة (سمت) السماء.

والجدول (6-1/2) يوضح القيم النسبية لإستضاءة السماء الغائمة كلياً عند ارتفاعات مختلفة فوق الافق تم حسابها على وفق المعادلة (6-8/2) السابقة.

الجدول 6-1/2: القيم النسبية لاستضاءة السماء الغائمة كلياً[10]

الارتفاع فوق الافق (درجة)	الاضاءة نسبة الى السمت
0	0.33
5	0.39
10	0.45
15	0.50
20	0.56
30	0.67
40	0.76
50	0.84
60	0.91
70	0.96
80	0.99
90	1.00

6-2/4 الضوء المنعكس

يمكن لضوء الشمس غير المباشر النافذ الى الفضاء الداخلي للمبنى بعد انعكاسه من الارض ومن المباني في الفضاء الخارجي ان يعتبر مصدراً رئيساً للإضاءة الطبيعية في المناطق المشمسة.

ونظراً لكون مستوى الاضاءة الشمسية الساقطة على الارض في المناطق المشمسة يصل الى (90000-130000) لوكس، فانه حتى الاماكن الداكنة على الارض التي لها معامل انعكاس يقترب من (10%) ستبلغ إضاءَتُها (10000) لوكس وهي قيمة تقترب من الانارة القادمة من السماء الزرقاء. بذلك يمكن اعتبار استضاءة الارض المنعكسة عن ضوء الشمس كمصدر مهم للإضاءة الداخلية في المناطق الصافية.

كما تعتبر واجهات المباني المقابلة هي مصادر للإنارة الطبيعية أيضاً، وبالأخص عندما تكون زاوية ارتفاع الشمس قليلة، في حين تكون الانارة المنعكسة عن سطح الارض اكبر مايكون عندما تكون الشمس قرب السمت اي قرب مركز قبة السماء.

يجب ان يؤخذ تصميم الاضاءة الشمسية المنعكسة بالإعتناء، لأن الواجهات الساطعة بضوء الشمس يمكن ان تكون هي أيضاً مصدراً للإبهار.

يتم استخراج قيم الانارة المنعكسة عن السطوح الخارجية اعتماداً على المعادلة التالية[3]:

(9/2-6) ..... مجموع الانارة المنعكسة (الشمسية والسماوية) = الانارة الساقطة على السطوح الخارجية (الشمسية والسماوية) * الزاوية المجسمة * انعكاسية الواجهات * π

حيث ان:

الزاوية المجسمة (ω): وهي التي تم توضيحها في البند (5-1/3) من الباب الخامس.

انعكاسية الواجهات (%): وهو معدل انعكاس المواد المستعملة في الواجهة المقابلة للشباك، وتؤخذ قيمته من الجدول 4-1/2.

الانارة الشمسية الساقطة على السطوح الخارجية: موضحة قيمها في الجدول (6-5/2).

الانارة السماوية الساقطة على السطوح الخارجية: موضحة قيمها في الجدول (6-6/2).

6-2/5 شدة الاضاءة للسطوح المتعامدة على الاشعة الشمسية المباشرة

تم اعتماد المعادلة (6-1/2) لحساب قيم الاضاءة الشمسية المباشرة على السطوح المتعامدة على الاشعاع لمدن بغداد والموصل والبصرة، والموضحة قيمها في الجداول (6-2/2) و(6-3/2) و(6-4/2). حيث تم تطبيق هذه المعادلة على حركة الشمس ليومي 22 حزيران و 21 كانون الاول، اللذين يمثلان الفترة الحارة والفترة الباردة من السنة.

الجدول 6-2/2: اختلاف قيم اضاءة الشمس العمودية المباشرة بتغير زاوية ارتفاعها لمدينة بغداد

التأريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al) درجة	كتلة الهواء (m)	شدة الاضاءة الشمسية المباشرة (لوكس)
22 حزيران	7	25	2.40	79579
	8	37	1.66	92986
	9	50	1.31	100037
	10	62	1.13	103933
	11	74	1.04	105931
	12	80	1.01	106549
	13	74	1.04	105931
	14	62	1.13	103933
	15	50	1.31	100037
	16	37	1.66	92986
	17	25	2.40	79579
21 كانون الاول	8	10	5.96	37694
	9	19	3.06	69367
	10	27	2.23	82609
	11	32	1.90	88446
	12	34	1.81	90137
	13	32	1.90	88446
	14	27	2.23	82609
	15	19	3.06	69367
	16	10	5.96	37694

الجدول 6-3/2: اختلاف قيم اضاءة الشمس العمودية المباشرة بتغير زاوية ارتفاعها لمدينة الموصل

التأريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al) درجة	كتلة الهواء (متر)	شدة الاضاءة الشمسية المباشرة (لوكس)
22 حزيران	7	25	2.37	80209
	8	37	1.66	93000
	9	49	1.33	99812
	10	61	1.14	103693
	11	71	1.06	105577
	12	77	1.03	106274
	13	71	1.06	105577
	14	61	1.14	103693
	15	49	1.33	99812
	16	37	1.66	93000
	17	25	2.37	80209
21 كانون الاول	8	7	8.21	23532
	9	17	3.42	64280
	10	23	2.56	77019
	11	28	2.13	84284
	12	31	1.94	87687
	13	28	2.13	84284
	14	23	2.56	77019
	15	17	3.42	64280
	16	7	8.21	23532

الجدول 6-4/2: اختلاف قيم اضاءة الشمس العمودية المباشرة بتغير زاوية ارتفاعها لمدينة البصرة

التأريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al) درجة	كتلة الهواء (متر)	شدة الاضاءة الشمسية المباشرة (لوكس)
22 حزيران	7	24	2.46	78668
	8	37	1.66	93000
	9	50	1.31	100224
	10	63	1.12	104152
	11	75	1.04	106074
	12	83	1.01	106694
	13	75	1.04	106074
	14	63	1.12	104152
	15	50	1.31	100224
	16	37	1.66	93000
	17	24	2.46	78668
21 كانون الاول	8	11	5.24	43857
	9	20	2.92	71343
	10	29	2.06	85485
	11	34	1.79	90556
	12	37	1.66	92996
	13	34	1.79	90556
	14	29	2.06	85485
	15	20	2.92	71343
	16	11	5.24	43857

6/2-6 شدة الاضاءة على السطوح الافقية

باعتماد المعادلة (6-2/4) أمكن تقدير مستويات الاضاءة الشمسية المباشرة على السطوح الافقية، والموضحة قيمها في الجدول (6-2/5) التالي:

الجدول 6-5/2: قيم الاضاءة الشمسية على السطوح الافقية لمدينة بغداد

التأريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al) درجة	شدة الاضاءة الشمسية على السطح الافقي (لوكس)
22 حزيران	7	25	33107
	8	37	55936
	9	50	76117
	10	62	91787
	11	74	101692
	12	80	105078
	13	74	101692
	14	62	91787
	15	50	76117
	16	37	55936
	17	25	33107
21 كانون الاول	8	10	6322
	9	19	22687
	10	27	37117
	11	32	46537
	12	34	49789
	13	32	46537
	14	27	37117
	15	19	22687
	16	10	6322

في حين تم اعتماد معادلة الاستنارة الطبيعية للسماء الصافية (6-2/4) التي ذكرت سابقاً في حساب مستويات الاستنارة السماوية على السطوح الافقية لمدينة بغداد كما موضحة في الجدول (6-2/6) علماً ان هذه القيم هي للاضاءة السماوية غير المعاقة مستثنى منها الإضاءة المباشرة لقرص الشمس.

الجدول 6-2/6: قيم استضاءة السماء على السطح الافقي لمدينة بغداد

التأريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al) درجة	شدة الانارة السمائية (لوكس)
22 حزيران	7	25	11097
	8	37	13122
	9	50	14620
	10	62	15666
	11	74	16287
	12	80	16493
	13	74	16287
	14	62	15666
	15	50	14620
	16	37	13122
	17	25	11097
21 كانون الاول	8	10	7448
	9	19	9964
	10	27	11490
	11	32	12343
	12	34	12620
	13	32	12343
	14	27	11490
	15	19	9964
	16	10	7448

7/2-6 شدة الاضاءة على السطوح العمودية

تم باعتماد المعادلة (6-2/5) حساب قيم الاضاءة الشمسية المباشرة على واجهات المبنى العمودية ولستة عشر اتجاها للبناء، وكما موضحة قيمها في الجدول (6-2/7).

الجدول 6-7/2: شدة الاضاءة الشمسية المباشرة[1] على السطوح العمودية لمدينة بغداد

التأريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al)	زاوية اتجاه الشمس (Az)	شدة الاضاءة الشمسية على السطوح العمودية لمختلف الاتجاهات (لوكس)															
				اتجاه الجدار (درجة)															
				(شمال)0	22.5	45	67.5	(شرق)90	112.5	135	157.5	(جنوب)180	202.5	225	247.5	(غرب)270	292.5	315	337.5
22 حزيران	7	25	77	16291	42033	61377	71376	70508	58907	38337	11931	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	37	84	7832	35503	57769	71240	73866	65246	46693	21032	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	50	92	0	23052	44520	59209	64885	60682	47242	26609	1925	0	0	0	0	0	0	0
	10	62	102	0	8771	26457	40116	47667	47962	40955	27712	10251	0	0	0	0	0	0	0
	11	74	122	0	0	6656	17213	25149	29256	28909	24161	15735	4913	0	0	0	0	0	0
	12	80	180	0	0	0	0	0	6751	12474	16298	17641	16298	12474	6751	0	0	0	0
	13	74	238	0	0	0	0	0	0	0	4913	15735	24161	28909	29256	25149	17213	6656	0
	14	62	258	0	0	0	0	0	0	0	0	10251	27712	40955	47962	47667	40116	26457	8771
	15	50	268	0	0	0	0	0	0	0	0	1925	26609	47242	60682	64885	59209	44520	23052
	16	37	276	7832	0	0	0	0	0	0	0	0	21032	46693	65246	73866	71240	57769	35503
	17	25	283	16291	0	0	0	0	0	0	0	0	11931	38337	58907	70508	71376	61377	42033
21 كانون الاول	8	10	126	0	0	0	5612	19243	29943	36085	36734	31790	22006	8872	0	0	0	0	0
	9	19	137	0	0	0	0	23323	44992	59811	65525	61263	47674	26827	1897	0	0	0	0
	10	27	149	0	0	0	0	10767	37887	59240	71574	73011	63334	44014	17993	0	0	0	0
	11	32	164	0	0	0	0	0	20998	47038	65916	74760	72222	58689	36221	8239	0	0	0
	12	34	180	0	0	0	0	0	0	28754	53130	69418	75138	69418	53130	28754	0	0	0
	13	32	196	0	0	0	0	0	0	8239	36221	58689	72222	74760	65916	47038	20998	0	0
	14	27	211	0	0	0	0	0	0	0	17993	44014	63334	73011	71574	59240	37887	10767	0
	15	19	223	0	0	0	0	0	0	0	1897	26827	47674	61263	65525	59811	44992	23323	0
	16	10	234	0	0	0	0	0	0	0	0	8872	22006	31790	36734	36085	29943	19243	5612

توضح الجداول (6-8/2) و(6-9/2) و(6-10/2) قيم الاستضاءة السماوية الساقطة على واجهات المبنى مختلفة الاتجاه.

[1] الاضاءة الشمسية المباشرة : هي الاضاءة القادمة من قرص الشمس مباشرة مستثنى منها الاستضاءة السماوية أي الاضاءة القادمة من القبة السماوية

الجدول 6-2/8: شدة الاستضاءة السماوية على السطوح العمودية لمدينة بغداد

شدة الاستضاءة السماوية على السطوح العمودية لمختلف الاتجاهات (لوكس)

التاريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al)	زاوية اتجاه الشمس (Az)	اتجاه الجدار (درجة)													
				0(شمال)	22.5	45	67.5	90(شرق)	112.5	135	157.5	180(جنوب)	202.5	225	247.5	270(غرب)	292.5	315	337.5
22 حزيران	7	25	77	208	277	344	385	381	334	266	198	143	103	78	66	67	81	108	151
	8	37	84	318	430	547	634	653	594	485	368	267	191	142	115	110	127	165	229
	9	50	92	416	569	742	891	958	908	767	595	437	313	218	178	160	173	218	303
	10	62	102	477	662	886	1110	1260	1266	1125	904	678	490	352	264	220	218	259	343
	11	74	122	446	621	856	1143	1418	1589	1574	1380	1098	819	590	425	321	277	273	277
	12	80	180	300	329	419	574	800	1093	1417	1691	1801	1691	1417	1093	800	574	419	329
	13	74	238	446	333	277	273	321	425	590	819	1098	1380	1574	1589	1418	1143	859	621
	14	62	258	477	343	259	218	220	264	352	490	678	904	1125	1266	1260	1110	886	662
	15	50	268	416	298	218	173	160	178	228	313	437	595	767	908	908	891	742	569
	16	37	276	318	229	165	127	115	110	142	191	267	368	485	594	653	634	547	430
	17	25	283	208	151	108	81	66	67	78	103	143	198	266	334	381	385	344	277
21 كانون الاول	8	10	126	32	45	62	83	105	120	122	109	88	67	48	35	26	21	21	27
	9	19	137	65	88	123	168	220	264	284	269	227	176	129	93	67	53	47	51
	10	27	149	85	113	156	217	291	368	422	429	385	311	235	170	122	91	75	73
	11	32	164	94	116	157	219	301	397	487	537	522	450	354	262	189	136	104	91
	12	34	180	96	106	134	184	257	351	455	543	578	543	455	351	257	184	134	106
	13	32	196	94	91	116	157	219	301	397	487	522	450	354	262	189	136	104	91
	14	27	211	85	73	113	156	217	291	368	422	385	311	235	170	122	91	75	73
	15	19	223	65	51	88	123	168	220	264	284	227	176	129	93	67	53	47	51
	16	10	234	32	45	62	83	105	120	122	109	88	67	48	35	26	21	21	27

الجدول 6-9/2: شدة الاستضاءة السماوية على السطوح العمودية لمدينة الموصل

التاريخ	الساعة	زاوية ارتفاع الشمس (Al)	زاوية اتجاه الشمس (Az)	شدة الاستضاءة السماوية على السطوح العمودية لمختلف الاتجاهات (لوكس)															
				اتجاه الجدار (درجة)															
				0(شمال)	22.5	45	67.5	90(شرق)	112.5	135	157.5	180(جنوب)	202.5	225	247.5	270(غرب)	292.5	315	337.5
22 حزيران	7	24	78	210	280	348	392	391	344	275	205	148	107	80	68	68	82	109	152
	8	36	86	309	419	537	629	655	602	496	378	275	197	145	117	110	124	161	222
	9	48	95	390	537	706	861	942	909	780	611	451	324	235	180	158	167	206	280
	10	60	108	428	596	807	1032	1206	1253	1148	944	719	523	375	276	222	210	239	310
	11	70	130	380	525	731	989	1263	1473	1525	1394	1144	870	632	453	334	270	256	292
	12	77	180	283	311	395	542	756	1032	1339	1597	1701	1597	1339	1032	756	542	395	311
	13	72	223	347	276	255	284	365	502	700	953	1228	1452	1530	1420	1180	905	661	474
	14	62	249	409	298	233	209	227	287	392	546	748	974	1170	1256	1189	1003	777	571
	15	50	262	373	268	199	164	159	186	245	339	471	634	801	920	937	843	684	516
	16	39	272	300	216	157	122	110	118	149	203	283	388	507	610	656	623	527	409
	17	27	280	204	147	106	80	68	68	82	110	153	211	281	350	393	390	343	273
21 كانون الأول	8	7	127	22	30	42	56	71	82	83	75	61	46	33	24	18	15	14	17
	9	16	137	56	76	106	145	189	228	245	233	197	153	112	81	59	46	41	44
	10	23	150	70	92	128	177	239	302	348	356	321	260	197	143	102	76	62	60
	11	28	164	80	99	133	186	256	338	414	457	445	384	303	224	161	116	89	77
	12	31	180	87	96	122	167	232	317	412	491	523	491	412	317	232	167	122	96
	13	28	196	80	77	89	116	161	224	303	384	445	457	414	338	256	186	133	99
	14	23	210	70	60	62	76	102	143	197	260	321	356	348	302	239	177	128	92
	15	17	222	55	44	41	46	59	81	112	153	197	233	245	228	189	145	106	76
	16	7	233	22	17	14	15	18	24	33	46	61	75	83	82	71	56	42	30

الجدول 6-10/2: شدة الاستضاءة السماوية على السطوح العمودية لمدينة البصرة

التاريخ	الساعة	زاوية الارتفاع للشمس (Al)	زاوية اتجاه الشمس (Az)	شدة الاستضاءة السماوية على السطوح العمودية لمختلف الاتجاهات (لوكس)								
				0(شمال)	22.5	45	67.5	90(شرق)	112.5	135	157.5	180(جنوب)	202.5	225	247.5	270(غرب)	292.5	315	337.5
22 حزيران	7	23	76	205	272	336	374	369	322	255	190	137	98	75	64	65	79	106	148
	8	36	82	327	440	557	640	651	586	475	358	260	186	138	114	111	129	170	236
	9	48	89	437	596	771	916	970	906	756	581	425	305	223	176	162	179	229	314
	10	61	97	525	725	958	1177	1302	1271	1101	868	644	463	334	255	220	228	279	377
	11	74	113	520	725	991	1287	1539	1643	1547	1300	1004	736	528	385	302	274	299	380
	12	83	180	312	343	436	598	833	1138	1476	1760	1875	1760	1476	1138	833	598	436	343
	13	76	241	476	353	287	276	318	417	577	802	1082	1375	1591	1635	1482	1208	915	664
	14	64	260	503	361	270	225	223	263	349	484	672	900	1129	1284	1294	1152	926	695
	15	51	270	431	309	226	177	162	177	226	309	431	589	764	911	970	911	764	589
	16	38	277	323	232	168	128	110	114	140	189	263	363	480	590	653	637	552	435
	17	25	283	202	146	105	78	65	64	75	100	139	192	258	324	370	374	333	269
21 كانون الأول	8	11	126	38	52	73	98	123	141	143	128	103	78	56	40	30	25	24	29
	9	20	136	69	94	132	180	234	281	301	284	239	185	136	97	71	55	50	55
	10	28	148	96	127	176	245	328	412	470	475	424	342	257	186	133	100	83	81
	11	34	163	104	138	173	241	332	438	535	587	568	488	383	283	204	147	113	99
	12	37	180	109	120	153	209	292	399	517	617	657	617	517	399	292	209	153	120
	13	34	196	103	99	114	149	207	287	388	493	570	586	531	433	328	238	171	126
	14	29	211	95	81	83	101	135	188	260	345	427	476	469	409	324	241	174	125
	15	21	224	69	55	50	55	71	97	136	185	239	284	301	281	234	180	132	94
	16	11	234	38	29	24	25	30	40	56	78	103	128	143	141	123	98	73	52

وبذلك تكون أعلى قيم للإضاءة الطبيعية في ثلاث مناطق في العراق صيفاً (22 حزيران) وشتاءً (21 كانون الاول) كما موضحة في الجدولين (6-2/11) و (6-2/12) التاليين:

الجدول 6-2/11: اعلى مستويات للإضاءة الشمسية المباشرة العمودية تصل الى مناطق العراق المختلفة

المنطقة	اعلى مستوى للإضاءة الشمسية صيفاً وشتاءً (لوكس)	
	22 حزيران	21 كانون الاول
موصل	106274	87687
بغداد	106549	90137
بصرة	106694	92996

الجدول 6-2/12: أعلى مستويات للإستضاءة السماوية تصل الى مناطق العراق المختلفة

المنطقة	اعلى مستوى للإستضاءة السماوية صيفاً وشتاءً (لوكس)	
	22 حزيران	21 كانون الاول
موصل	16400	12223
بغداد	16493	12690
بصرة	16542	13124

يتبين من الجدولين ان الفروق بين مدينة بغداد في وسط العراق وبين المنطقة الشمالية والجنوبية من العراق (الموصل والبصرة) لاتتجاوز (4%). وهذه تعتبر نسبة قليلة في تغير مستويات الاضاءة، حيث يمكن لاغراض التصاميم المعمارية تجاهل هذه الفروق واعتبار أنّ مستويات الاضاءة السماوية في مدينة بغداد يمكن ان تنطبق على عموم مدن العراق. وهذا ماسيتم اعتماده عند تحديد القيم التصميمية لسماء العراق.

6-2/8 القيم التصميمية لسماء العراق

بالنسبة الى السماء الصافية المشمسة فانه لايمكن وضع قيم تصميمية واحدة لإستضاءة السماء كما في الدول الغائمة كلياً (هذه القيم التي تعتمد في تقدير كمية الانارة الداخلة من الفتحات والشبابيك الى الفضاءات والغرف) لإختلاف الاستضاءة السماوية بحسب اتجاه البناء. في حين تكون استضاءة السماء الساقطة على المباني متساوية في كل الاتجاهات في السماء الغائمة كلياً. لذا سيتم افتراض خمس قيم تصميمية لاستضاءة

السماء بحسب التوجيه الجغرافي للفتحات والشبابيك، إستناداً الى البحث المجرى حول مثالية الشبابيك لمساكن مدينة بغداد[7] مع اعتبار مدينة بغداد تمثل معدلاً وسطاً لمناطق شمال العراق وجنوبه ووسطه[2]، وهي كما في الجدول (6−13/2) التالي.

الجدول 6-13/2: القيم التصميمية لسماء العراق

الحالة	التوجيه	القيمة التصميمية لزاوية ارتفاع الشمس (درجة)	القيمة التصميمية للإستضاءة السماوية (لوكس)
1	180 – 0	35	12838
2	157.5 – 22.5 202.5 – 337.5	45	14133
3	135 – 45 315 - 225	55	14514
4	112.5 – 67.5 292.5 – 247.5	65	15128
5	270 – 90	65	15294

6-3 التنبؤ بمستويات الانارة الطبيعية للفضاءآت الداخلية

ان مستويات الانارة الطبيعية داخل الفضاءآت تأتي من ثلاث مركبات هي[10]:

- مركبة السماء Sky Component (SC).
- مركبة الانعكاس الخارجي External Component (EC).
- مركبة الانعكاسات الداخلية Internal Component (IC).

ومن الناحية العملية بالامكان اعتبار ان مركبة الانارة الكلية متكونة من :

$$\text{Total Component} = SC + EC + IC \quad \text{..... (1/3-6)}$$

ولأغراض هذه المدونة سيتم حساب قيم مركبة السماء (SC) الواصلة الى نقطة داخل الفضاء، وتعتبر قيم هذه المركبة كأساس لتقييم الانارة الداخلة من الشباك الى الفضاء، لكون مركبة الانعكاس الخارجية (EC) متغيرة بحسب المجاورات ووجود مانعات الشمس وبحسب حقل الرؤية من اشجار ومشاهد متحركة، ويوضح الملحق (ب) تأثير تصميم مانعات الشمس في مستويات الاضاءة داخل الفضاءآت. كما ان مركبة الانعكاسات الداخلية (IC) تتغير بحسب نوعية الانهاءات واسلوب التأثيث وعدد الاشخاص المتحركين داخل الفضاء.

[2] تمثل قيم الاستضاءة في مدينة بغداد المتقاربة مع وسط وجنوب العراق كمعدل قيم الاستضاءة لعموم العراق.

وسيعتبر في هذه المدونة ان القياسات او المحددات المطلوب تحقيقها تعتمد على قيم مركبة السماء (SC) المتحققة في التصميم لوحدها، وان أي زيادة تأتي من الانارة الخارجية المنعكسة أو من الانارة الداخلية المنعكسة (المتأثرة بطبيعة التصميم الداخلي والالوان الداخلية) ستحسن مستوى الانارة داخل الفضاء.

وللحصول على قيم الاضاءة الداخلية (باللوكس) تضرب قيم مركبة السماء (SC) بالقيمة التصميمية للسماء في ذلك الاتجاه (من الجدول 6-13/2 السابق).

6-1/3 خطوات استخراج قيمة مركبة السماء (SC)

يتم عمل منقلات خاصة لإعطاء قيمة مركبة السماء (SC) لارتفاع زاويا الشمس قدرها (35° و45° و55° و65°)، والتي تمثل زوايا ارتفاع الشمس للقيم التصميمية المعتمدة في حساب الانارة الطبيعية بحسب اتجاه الشباك، والمثبتة في الجدول (6-13/2) السابق[11].

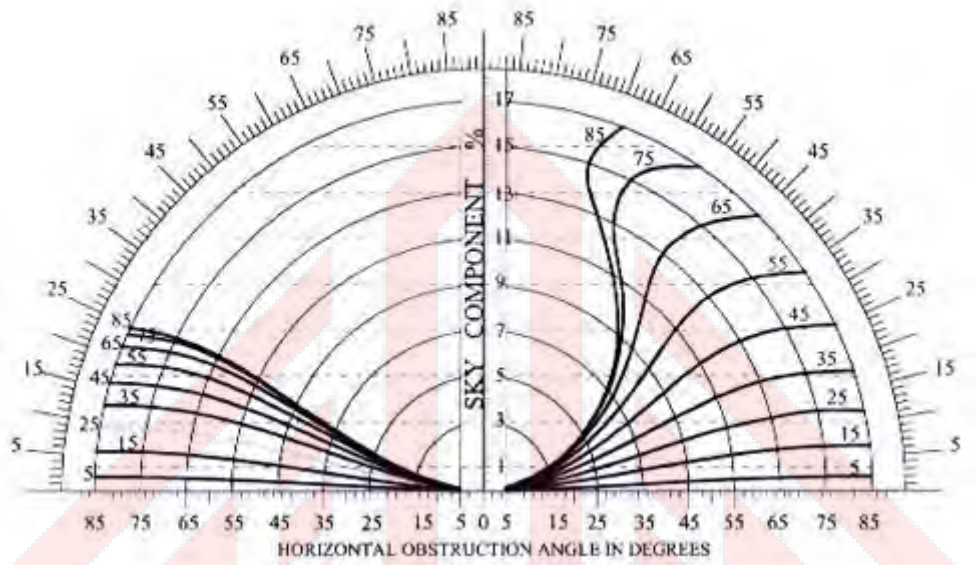
وهي أربع منقلات تمثل كل منقلة سلوك الاضاءة لمركبة السماء(SC) على ما لانهاية لهُ من النقاط داخل الفضاء من أي شباك من الشبابيك متعامدة الاضلاع في حالة كون اتجاه الشمس (الاشعاع الشمسي) موازياً لفتحة الشباك من الخارج، وهذه المنقلات هي:

المنقلة المرقمة (1) تمثل زاوية ارتفاع الشمس (35) درجة، في الشكل (6-1/3). وهي خاصة بالشبابيك الواقعة على الواجهتين (الشمالية 0°) و(الجنوبية 180°).

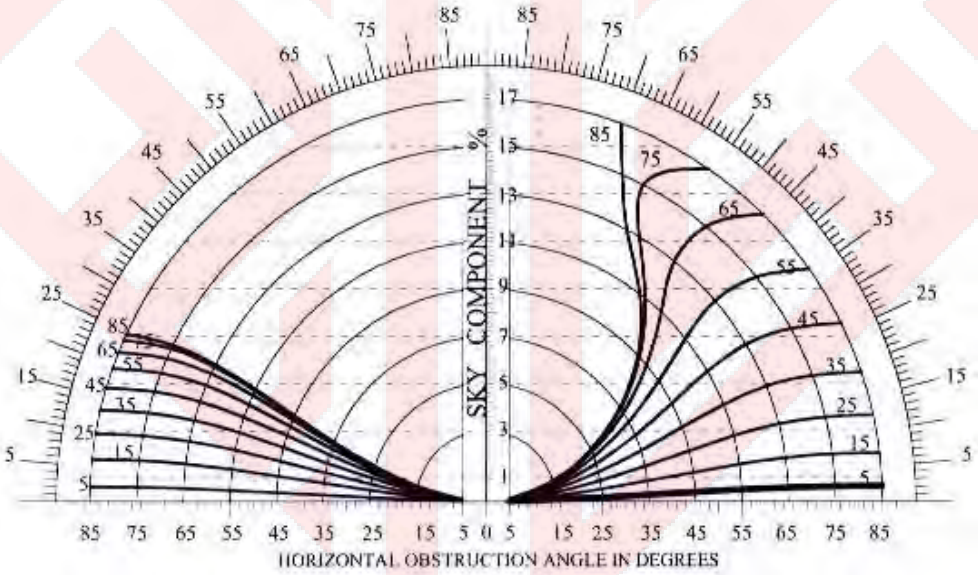
المنقلة المرقمة (2) تمثل زاوية ارتفاع الشمس (45) درجة، في الشكل (6-2/3). وهي خاصة بالشبابيك الواقعة على الواجهات (شمال الشمال الشرقي 22.5°) و (جنوب الجنوب الشرقي 157.5°) و (جنوب الجنوب الغربي 202.5°) و (شمال الشمال الغربي 337.5°).

المنقلة المرقمة (3) تمثل زاوية ارتفاع الشمس (55) درجة، في الشكل (6-3/3). وهي خاصة بالشبابيك الواقعة على الواجهات (شمال الشرق 45°) و (جنوب الشرق 315°) و (جنوب الغرب 225°) و (شمال الغرب 315°).

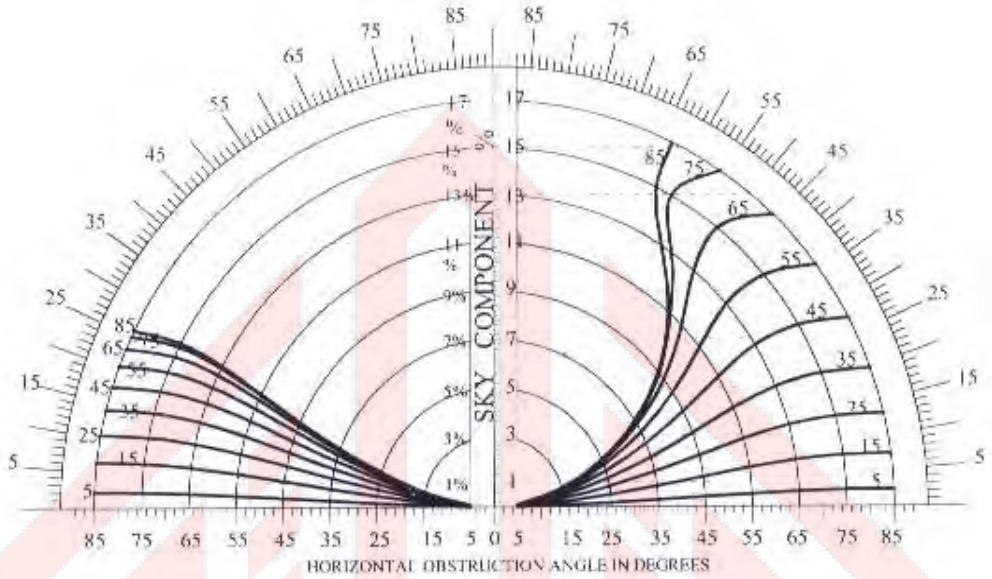
المنقلة المرقمة (4) تمثل زاوية ارتفاع الشمس (65) درجة، في الشكل (6-4/3). وهي خاصة بالشبابيك الواقعة على الواجهات (شرق الشمال الشرقي 67.5°) و (شرق الجنوب الشرقي 112.5°) و (غرب الجنوب الغربي 247.5°) و (غرب الشمال الغربي 292.5°)، وكذلك الواجهتين (الشرقية 90°) و (الغربية 270°).



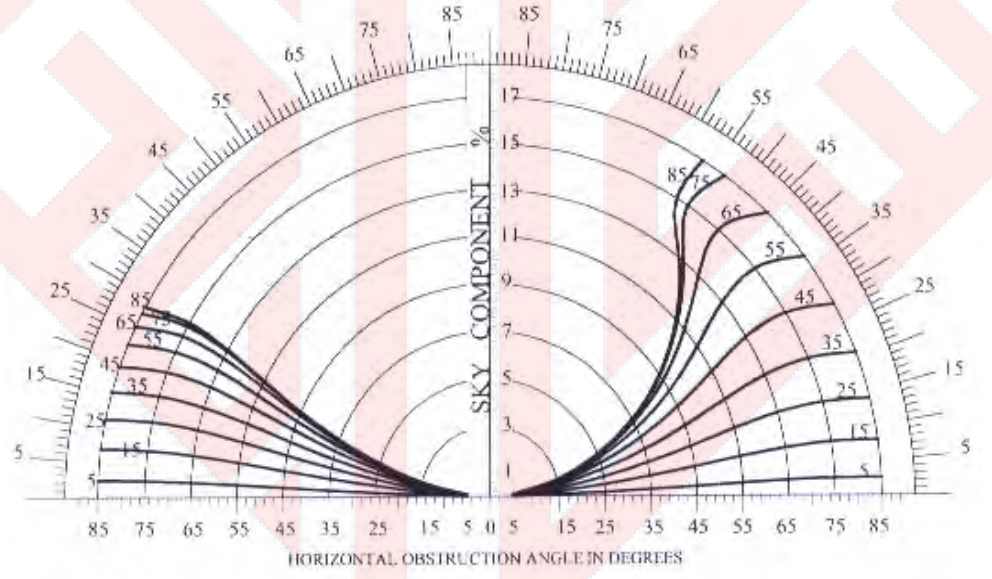
الشكل 6-1/3: حساب الانارة الطبيعية من مركبة السماء (SC) للشبابيك متعامدة الاضلاع (زاوية ارتفاع الشمس 35 درجة)



الشكل 6-2/3: حساب الانارة الطبيعية من مركبة السماء (SC) للشبابيك متعامدة الاضلاع (زاوية ارتفاع الشمس 45 درجة)



الشكل 6-3/3: حساب الانارة الطبيعية من مركبة السماء (SC) للشبابيك متعامدة الاضلاع (زاوية ارتفاع الشمس 55 درجة)



الشكل 6-4/3: حساب الانارة الطبيعية من مركبة السماء (SC) للشبابيك متعامدة الاضلاع (زاوية ارتفاع الشمس 65 درجة)

ولإستعمال المنقلات لابد من التعرف على محتوياتها.

6-3/1/1 محتويات منقلات الانارة

يوضح الشكل (6-3/5) اهم المعلومات والتأشيرات الواردة في المنقلات ليتسنى بعد ذلك توضيح اسلوب استعمالها في الفقرات اللاحقة.

(A): وتمثل تقسيمات منقلة هندسية في تحديد علاقة النقطة المطلوب حساب مركبة السماء عليها من الشباك المعرف ارتفاعه وعرضه بالزاوية من النقطة المطلوبة.

(B): خطوط نصف دائرية متحدة المركز تمثل قيم زوايا موقع النقطة من الحافة الافقية للشباك في الجزء المقابل لموقع الشمس (T_S). انظر الشكل (6-3/6)، وللزوايا من (0^o -85^o).

(B_b): خطوط نصف دائرية متحدة المركز تمثل قيم زوايا موقع النقطة من الحافة الافقية للشباك الواقعة في الجزء المعاكس لموقع الشمس (A_S). انظر الشكل (6-3/6)، وللزوايا من (0^o -85^o).

(C): تمثل قيمة مركبة السماء (SC%) للزوايا العمودية من (0^o -85^o) الممثلة للشباك للجزء المقابل لموقع الشمس(T_S).

(Cb): تمثل قيم مركبة السماء للزوايا العمودية (0^o -85^o) الممثلة للشباك للجزء المعاكس لموقع الشمس(A_S).

(E): مسطرة قيم مركبة السماء(SC%).

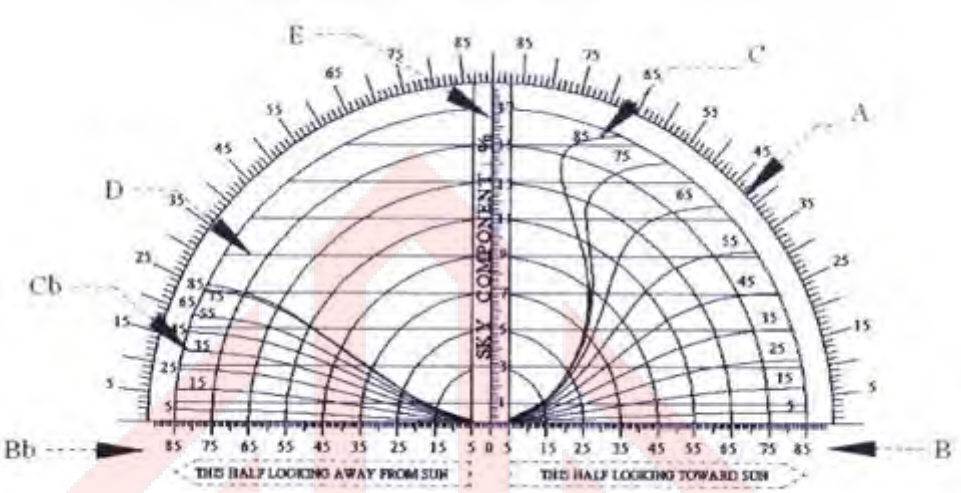
6-3/1/2 استعمال منقلات الانارة

استناداً الى تحليل مناخ العراق الذي بموجبه تمَّ تحديد القيمة التصميمية للإستنارة الخارجية للقبة السماوية، بحسب قيمة زاوية ارتفاع الشمس المعتمدة في كل الاتجاهات الستة عشر الرئيسة يتم اختيار المنقلة المناسبة لذلك الاتجاه.

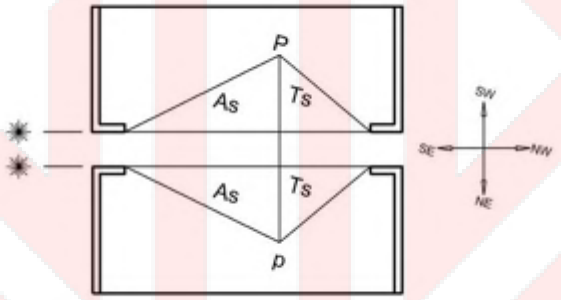
ولبيان كيفية استعمال هذه المنقلات نأخذ المثال التوضيحي:

<u>مثال:</u> شباك باتجاه الشرق واقع في غرفة موضحة كما في الشكل (6-3/7) الذي يمثل المخطط الافقي للغرفة، والشكل (6-3/8) الذي يمثل المخطط العمودي المثبت فيه موقع الشباك وموقع النقطة المطلوب معرفة مركبة السماء عليها(P).

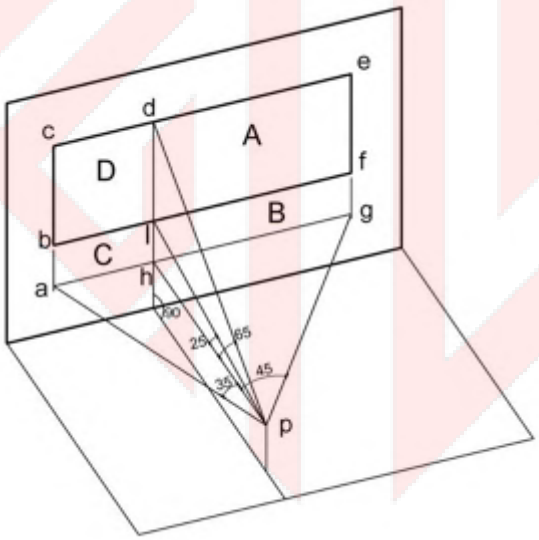
<u>المطلوب</u>: إيجاد قيمة مركبة السماء في النقطة (P) معبراً عنها باللوكس.



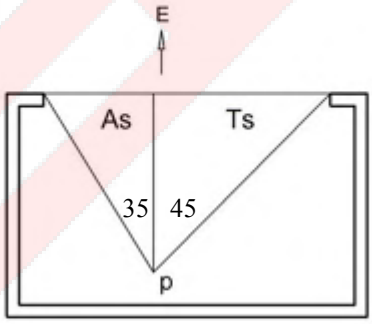
الشكل 6-3/5: المعلومات الواردة في المنقلات المعتمدة لهذه المدونة



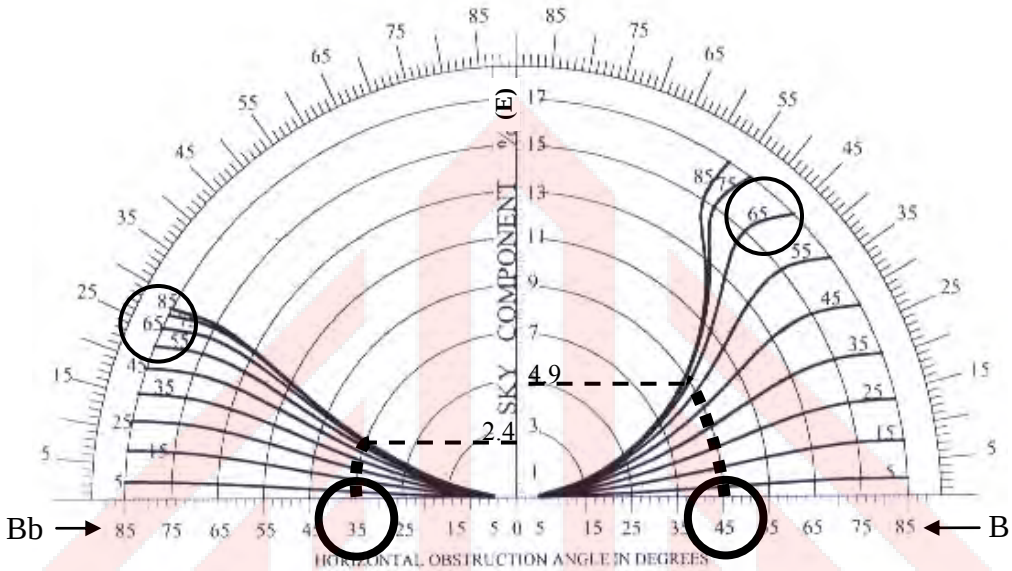
الشكل 6-3/6: المخطط الافقي بحسب الاتجاه الجغرافي وموقع الشمس (المماس)



الشكل 6-3/7: المخطط الافقي للغرفة مبيناً موقع الشباك



الشكل 6-3/8: المخطط العمودي مبيناً موقع الشباك وموقع النقطة المطلوبة



الشكل 6-9/3: المنقلة المعتمدة في حل المثال وهي ذات زاوية ارتفاع الشمس 65 درجة

الحل:

1- تحسب الزاوية (dph) ولتكن (65^{o}) والزاوية (Iph) ولتكن (25^{o})، لاحظ الشكل (6-8/3).

2- تحسب الزاوية (hpg) ولتكن (45^{o}) والزاوية (hpa) ولتكن (35^{o}).

3- من المخطط الافقي للغرفة واتجاه الجدار يحدد (As) و(Ts).

4- تثبت قيمة الزاوية (hpa) من الجهة اليمنى من المنقلة الممثلة الى (Ts)، وعلى الخط (B) وهي (45^{O})، لاحظ الشكل (6-9/3).

5- تثبت قيمة الزاوية (dph) على المنحنيات يمين المنقلة وهي (65^{O}).

6- تقرأ قيمة (SC) على الخط (E) وتساوي (4.9%).

7- تثبت قيمة الزاوية (hpg) في الجهة اليسرى من المنقلة الممثلة الى (As) وعلى الخط (Bb) وتساوى (35^{O}).

8- تستخدم (dph) بقيمة (65^{o}) وتقرأ قيمة (SC) على الخط (E) وتساوي (2.4%).

9- تجمع القيمتان (7.3% =2.4% + 4.9%).

10- يطرح من هذه القيمة قيمة الجدار تحت الشباك (C + B) وذلك بالاسلوب نفسه مع اعتبار ان زاوية ارتفاع الجزء (C) و (B) تساوي (25^{o}).

11- من المنقلة فإن قيمة (SC) القادمة من الجزء (C) تساوي (2.2%)، ومن الجزء (B) تساوي(1.2%). إذاً (B + C= 3.4).

12- تطرح قيمة الجزء (B + C) من القيمة الاصلية التي كانت (7.3%)

فتصبح: (3.9%= 3.4%- 7.3%).

13- قيمة (SC) النهائية (3.9%).

14- تستخرج قيمة الاستنارة باللوكس من مركبة السماء بضرب قيمة (SC%) بقيمة السماء التصميمية لإتجاه الشرق والتي هي (15294) لوكس. فتكون قيمة (SC) تساوي (596) لوكس على النقطة (P) من مركبة السماء.

6-2/3 الاستضاءة العلوية

باعتبار ان منطقتنا هي من المناطق الحارة التي لايفضل نهائياً إدخال الاشعة الشمسية المباشرة الى الفضاء (خاصة في الصيف) لكونها تزيد من الحرارة الداخلية للفضاءات، فلا ينصح نهائياً باستعمال السقوف الزجاجية الافقية في الفضاء، وان استعمال اضاءة علوية فيها يجب ان يكون جانبياً وليس افقياً. وتعتمد المنقلات الاربع السابقة لجميع الحالات العمودية وبالطريقة نفسها المبينة بالمثال.

6-3/3 خطوات الحساب عند تعدد مصادر الضوء الطبيعي

في حالة وجود شبابيك على اكثر من جدار في الفضاء تحتسب قيمة (SC) من كل شباك بشكل منفصل وتجمع القيم لتعتبر هي القيمة النهائية الممثلة لمستوى الاستضاءة في تلك النقطة والمتسببة من تعدد مصادر الضوء الطبيعي.

6-4/3 اشتراك الانارة الطبيعية مع الانارة الإصطناعية.

لتحقيق المستوى المطلوب والمحدد في القيم الموصى بها من قبل المنظمات الدولية المهتمة بمستويات الانارة بحسب نوعية الاداء، يتم وضع مصادر للإضاءة الاصطناعية فوق المواضع ذات الاداء الخاص للحصول على مستوى الانارة المطلوب عند تغير مستويات الانارة الطبيعية خلال النهار كعامل مساعد (Supplementary Lighting)، أما في الفضاءات ذات الاستعمال العام فإن هذه المصادر الاصطناعية توزع في السقف بما يساعد على توزيع انارة مساعدة إضافية يقوم المهندسون الكهربائيون بتصميمها، وتتعامل بعض الدول المتقدمة مع هذا الموضوع باستعمال مايسمى بآلات التحكم بالانارة بشكل تلقائي (Photoelectric Light Meter) تتحكم بكمية الطاقة الكهربائية المغذية لهذه المصابيح زيادةً ونقصاناً بما يجعل مستوى الاستضاءة داخل الفضاءات مقارباً لتوصيات منظمات الانارة العالمية[12]، ويمكن الاعتماد على المدونة العراقية للانارة الداخلية في تصميم آلات التحكم بالانارة بشكل تلقائي.

مراجع الباب السادس

[1]د. مقداد الجوادي، *أبعاد مانعات الشمس للفتحات والشبابيك للمباني العراقية– كتاب يد*"، بغداد، مركز بحوث البناء ، مجلس البحث العلمي، 1982.

[2] "*A Study of Solar Radiation Daylight Illuminance and Sky Luminance Data Measurements for Hong Kong*". http://www.questia.com/googleScholar.qst;jsessionid=M8bTmrS11hShwnnfny0DHT1xpnCKMJdQr8BQ30FRR21QMS5PTygq!1994532791!1909681886?docId=5002481399

[3] رزقو، نوفل جوزيف، *أثر المصدات الخارجية والأبنية المجاورة على مستويات الأنارة الطبيعية والأحمال الحرارية*"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، 1995 م.

[4] IES (American), "Recommended Practice for the Calculation of Daylight Availability", *Journal of the Illuminating Engineering Society*, vol.13, No4, pp.381-392, July, 1984.

[5] William, Pierpoint, "*A Simple Sky Model for Daylighting*", 1983.

[6] Noell, Eunice, "*Daylighting Design*", Energy Environment & Architecture, American Institute of Architects, Washington, D.C., 1992.

[7] Al-Jawadi, Miqdad, "*Window Optimization for Iraqi Houses*", PhD Thesis, University of Strathclyde, 1986.

[8] Krochmann,j, Muller,K and Retzow,U., " *The Horizontal Illuminance Intensity and The Zenith Lumiuance of Clear Sky*", Lichtcechnik, vol. 22, pp. 551-554, Germany, 1970.

[9] William, Pierpoint, "*A Simple Sky Model for Daylighting*", 1983.

[10] Hopkinson, R.G., "*Daylighting*", Pitman Press, Great Britain, 1966.

[11]د. مقداد الجوادي، "منقلات التنبؤ بمستويات الاضاءة الطبيعية في الفضاءات المعمارية لسماء العراق الصافية"، *المجلة العراقية للهندسة المعمارية* ،العدد السابع، اذار 2004، ص 118–131، الجامعة التكنولوجية، بغداد– العراق.

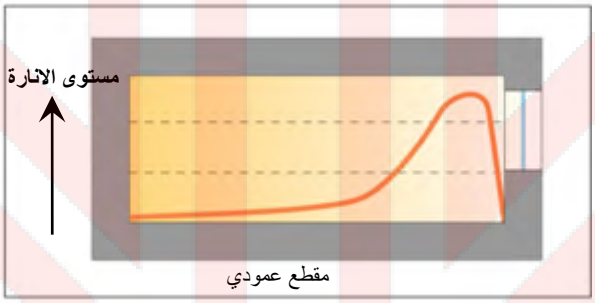
[12] Wikipedia, the free encyclopedia, "*Light meter*", http://en.wikipedia.org/wiki/Light_meter

الباب السابع
أنظمة الانارة الطبيعية المساعدة

7-1 تمهيد

ينخفض مستوى الانارة سريعا في الفضاءات ذات الشبابيك من جهة واحدة بالابتعاد عن فتحة الشباك، لاحظ الشكل (7-1/1)، لذا يكون التوجه الى زيادة مستوى الإنارة الطبيعية في الفضاء بتكبير مساحة الشباك، الذي بالوقت نفسه سيزيد من الابهار من اضاءة السماء ويزيد من الفقدان والاكتساب الحراري فيسبب مشكلة اخرى[1].

اما إضاءة الفضاءات العميقة فيمكن ان تحصل باقل إبهار اذا استعملت شبابيك عالية أو قرب السقف حيث تعمل الانارة المنعكسة من السقف على زيادة مستوى الانارة العام داخل الفضاء، وبالتالي ستقلل من التباين وعدم الراحة الناتجة من الابهار.



الشكل 7-1/1: تنخفض مستويات الاضاءة كلما ابتعدنا عن فتحة الشباك.

7-2 الإنارة الطبيعية للفضاءات العميقة

يعتبر المبنى عميقاً عندما يكون مخططه الافقي خارج عمق نظام الاضاءة الذاتي[2]، ويحدد عمق نطاق الإضاءة الذاتي بشكل تقريبي في المناطق ذات السماء الصافية كمدينة بغداد بقدر ثلاثة أضعاف ارتفاع الشباك، ويتطلب عمق المبنى الذي يلي هذا النطاق إنارة اصطناعية مساندة.

ولجعل المبنى يتمتع قدر الامكان بالاضاءة الطبيعية وبأقل مايمكن من استعمال الاضاءة الاصطناعية هناك وسائل مبتدعة عديدة لتهيئة إضاءة طبيعية توازن الاضاءة القادمة من الشبابيك العمودية مثل الآبار الضوئية الاعتيادية والآبار الضوئية ذات المرايا، ومانعات الشمس ذات الظهر المرآتي المستوي أو المقعر ذات القطع المشتتة للضوء، وانظمة الالياف الضوئية الناقلة للإشعاع الضوئي المرتبطة بسقوف الأبنية التي روعي في تصميمها نشر الإنارة من فوق مستوى منضدة العمل لتكون عاملاً على موازنة ما يحدث من إبهار من الشبابيك العمودية الواقعة في مستوى نظر العاملين.

3-7 انظمة الانارة الطبيعية المبتدعة

لغرض عدم الاعتماد على الاضاءة الاصطناعية جربت أساليب عديدة لإيصال أو لتكامل اضاءة الشبابيك الجانبية بإضاءات طبيعية مستخدمين انظمة مبتدعة للتعويض عن الاصطناعية خاصة في الفضاءات العميقة أو التي تَصعب إضاءَتها طبيعياً، فقد صممت انظمة ضوئية باشكال مختلفة لإيصال الضوء أو توجيههُ فوق مستوى النظر (من السقف) معتمدة على انعكاسية سقوف الغرف كاسلوب للتوزيع المتجانس القادم من فوق الرأس للحصول على إضاءة مريحة. وهي بذلك تهدف الى حل مشكلة تركيز الضوء الطبيعي والشمسي بفعالية واعادة توزيعهما بانتظام حيث تعيد توجيههما الى مساحة العمل الداخلية.

ويمكن تصنيف هذه الانظمة الى:

- الانظمة الموجهة للضوء light guiding systems .
- الانظمة الناقلة للضوء light transport systems .

1/3-7 الانظمة الموجهة للضوء light guiding systems

هي وسائل لتوجيه الضوء وتحسين مستويات الانارة الطبيعية في نهاية الفضاء البعيد عن الشبابيك.

وتصنف الانظمة الموجهة للضوء الى الانظمة ذات الفتحات الجانبية والانظمة ذات الفتحات السقفية، وكالتالي:

1/1/3-7 الانظمة ذات الاضاءة الجانبية Sidelighting Systems

هي تقنية لتجهيز الانارة الطبيعية خلال فتحات الجدران الخارجية وواجهات المبنى، لغرض زيادة اختراق الانارة وتقليل الابهارالناتج من الشباك.

وتشمل انظمة الاضاءة الجانبية:

1/1/1/3-7 الشبابيك العلوية

تكون هذه الشبابيك بهيئة شريط افقي قرب السقف يعمل على اضاءة السقف وتوزيع الاضاءة الى عمق الفضاء، وبتكاملها مع الكاسرات او رفوف الضوء يمكن ان توجه الضوء للسقف ليعكسه بعمق الفضاء. لاحظ الشكل (7-1/3)[3].

الشكل 7-1/3: الشبابيك العلوية

7-2/1/1/3 الرفوف الضوئية والرفوف العاكسة

هي عناصر مستوية او منحنية في فتحة الشباك، فوق مستوى العين، تقوم بإعادة توجيه الضوء الساقط عليها الى السقف، وفي الوقت نفسهُ تحمي شاغلي الفضاء من الاشعاع الشمسي المباشر[4].

يمكن تصنيف الرف الضوئي الى داخلي وخارجي او رفوف مركبة.

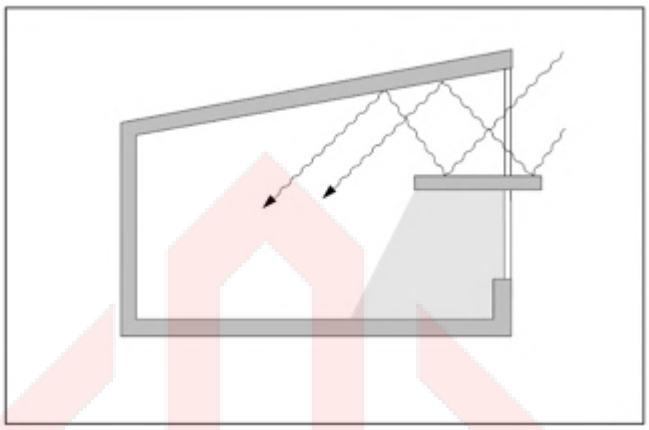
الرف الضوئي يقسم الشباك الى جزأين:

شباك النظر (اسفل الرف) view window.

الشباك العلوي (فوق الرف).

من الضروري ان يكون كل من الرف الضوئي والسقف ذا انعكاسية وتشتيت عالٍ لتحقيق افضل فعالية في انتشار الضوء داخل عمق الفضاء، لاحظ الشكل (7-2/3).

تتطلب الرفوف الضوئية وجود الاشعة الشمسية المباشرة، حيث يجب ان توجه الشبابيك الى الشمس لتحقيق اكبر انكسار في الوقت الذي يستعمل فيه الفضاء. بذلك فان الرف الضوئي يوزع ضوءاً مشتتاً بانتظام عالٍ مع تظليل الشباك وتجهيز استنارة عند السماء الصافية اكثر من النافذة المجردة منه، وعند السماء الغائمة اقل منها نسبياً، إذ انه يُستفاد في السماء الصافية من وجود انعكاسات ضوء الارض والسطوح من الصباح حتى المساء.

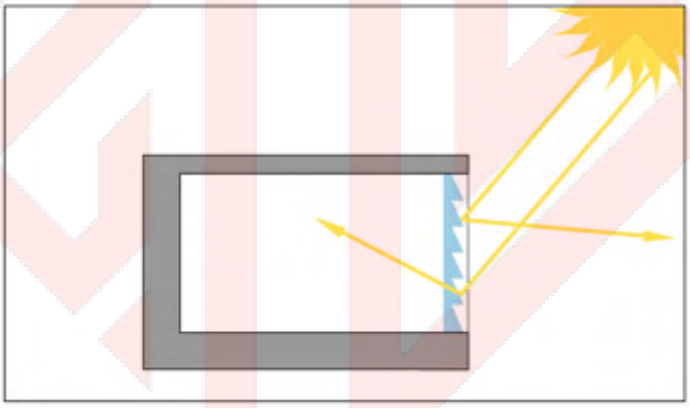


الشكل 7-2/3: الرفوف الضوئية[1]

7-3/1/1/3 الالواح الموشورية prismatic panels

تسيطر على الاضاءة المنتقلة بعكسها لاتجاه جزءٍ من الانارة الطبيعية القادمة. يتكون التزجيج الموشوري من سلسلة من المواشير الزجاجية او البلاستيكية مصممة لأن تجلس باحكام على النافذة مباشرة او مابين قطع الزجاج لتستعمل في توجيه الضوء الطبيعي الساقط بواسطة الانحراف (الانكسار Refraction إضافة الى الانعكاس Reflection) [5].

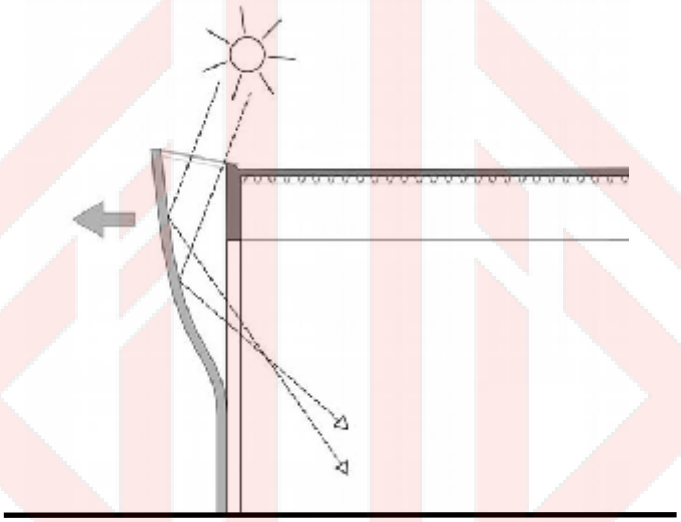
من سلبياتها: تحجب الالواح الموشورية الثابتة المنظر الخارجي بشكل دائم، لاحظ الشكل (7-3/3). ولا يفضل استعمالها على مستوى نظر الشاغلين لكون الشباك سيصبح كأنهُ قطعة مضيئة متساوية الاضاءة وهي تشبه استعمال الزجاج المشجر. ويفضل استعمالها في الشبابيك القريبة الى السقف في المواقع التي تسقط عليها الشمس مباشرة.



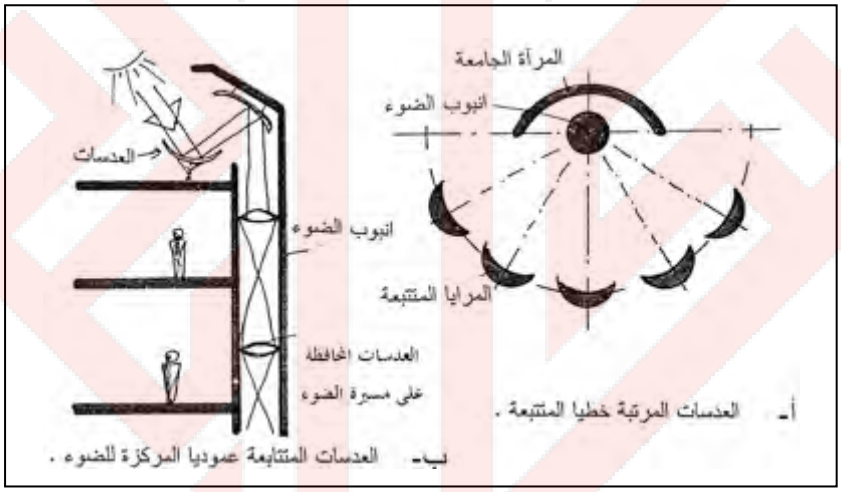
الشكل 7-3/3: شبابيك الالواح الموشورية

4/1/1/3-7 الأنفاق الضوئية (الآبار الضوئية)

تتضمن تجاويف في جدار المبنى او ملحق به تجمع الضوء وتنقله بواسطة الانعكاسات داخل تجويف الجدار لاحظ الشكل (7–4/3) ، ويحوي النفق الضوئي في بعض الحالات على عدسات تجمع الضوء وتوجهه نحو الفضاء او الشبابيك المطلة على النفق لاحظ الشكل (7–5/3)، وتعتبر الانفاق الضوئية بحسب بعض المصادر من الانظمة الناقلة للإضاءة.



الشكل 7-4/3: الآبار الضوئية

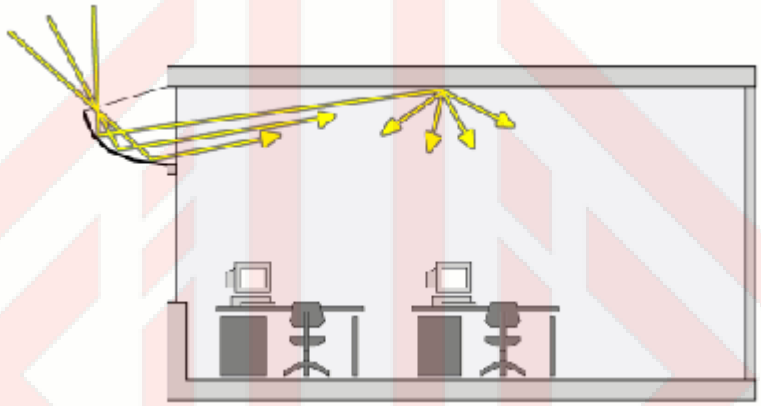


الشكل 7-5/3: الانفاق الضوئية ذات العدسات[5]

5/1/1/3-7 المجمعات الاهليلجية parabolic collectors

يمكن تحسين جودة الانعكاسية من خلال الاختيار الصحيح للشكل المنحني. هذا المنحني يحتاج الى تصميم وهيكل خاص لكل مشروع تصميمي، لاحظ الشكل (7–6/3).

تعمل هذه الوسائل على مبدأ تركيب التجميع الاهليلجي، وهو له شكل هندسي خاص (مطلي من الداخل بمواد عاكسة)، تتقبل الضوء ضمن مجال لزوايا محددة من السماء، وبعد ذلك تعيد توجيه الضوء عميقاً داخل الفضاء. حيث يمكن للنظام ان يجمع ويعيد توجيه الضوء الى عمق أكثر من (6) امتار داخل المبنى. أحد السلبيات الرئيسة لهذه الانظمة هو ضعف جانب التكامل المعماري مع المبنى إذا لم يؤخذ بالاعتبار مبكراً في العملية التصميمية[6].



الشكل 7-6/3: المجمعات الاهليليجية[7]

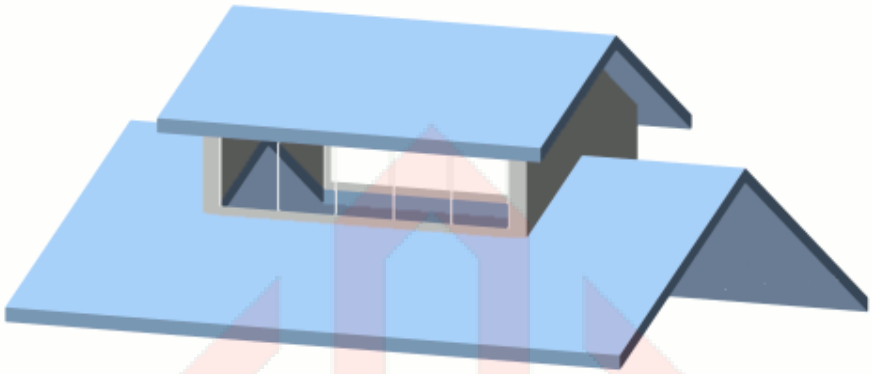
7-3/1/2 الانظمة ذات الاضاءة السقفية Rooflighting Systems

بامكان هذه الفتحات ان تجهز اضاءة طبيعية ذات توزيع أكثر تجانساً الى ارضية الطابق العلوي. الغرض الرئيس لهذه الانظمة هي الحماية من الابهار وتقليله، لكن لها مشاكل تراكم الغبار مما يتطلب صيانتها وتنظيفها بشكل مستمر. علاوة على اكتسابها العالي للطاقة الشمسية غير المرغوب بها داخل الابنية، ويفضل إستعمالها في الاسواق المفتوحة او المسقفات المظللة للسابلة.

وانظمة الاضاءة السقفية تنقسم الى:

7-3/1/2/1 الشبابيك السقفية roof monitors:

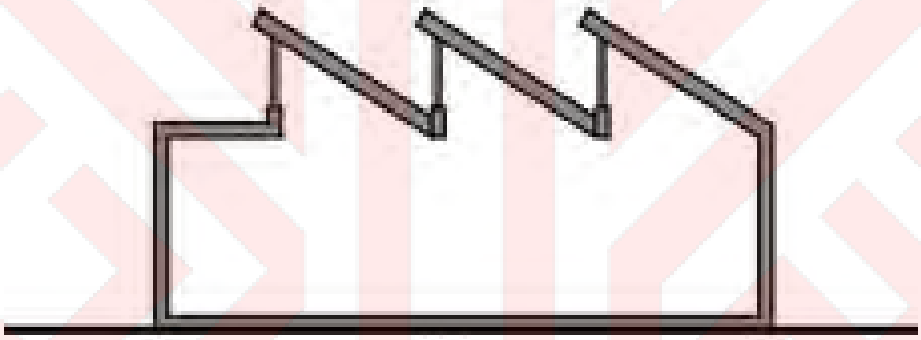
هي شبابيك عمودية ذات سقوف مستوية او مائلة، يمكن ان تجهز إضاءة من جميع الاتجاهات لكنها تزيد من الكسب الحراري للمبنى، لذا لاينبغي استعمالها في المناطق الحارة الجافة، لاحظ الشكل (7-3/7).



الشكل 7-3/7: الشبابيك السقفية

7-3/1/2/2 شبابيك السقوف المنشارية saw tooth monitors

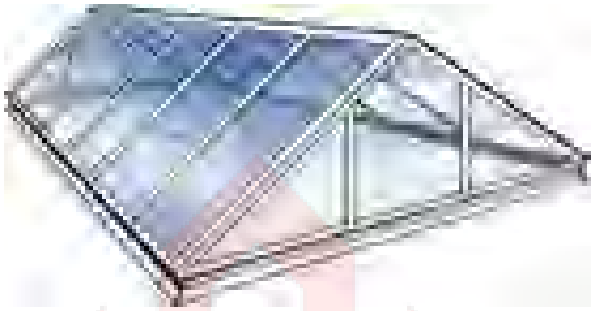
تستعمل السقوف المنشارية سلسلة من الشبابيك العمودية او المائلة، لاعطاء اضاءة متجانسة للفضاءات ذات المساحات الواسعة. يتم فيها توجيه الشبابيك عادة الى الشمال للتقليل من الكسب الحراري الناتج من الاشعاع الشمسي المباشر، لاحظ الشكل (7-3/8).



الشكل 7-3/8: شبابيك السقوف المنشارية

7-3/1/2/3 الشبابيك السماوية skylight

يمكن ان تكون باشكال مختلفة، ضمن قبة او مُسنَّم (جملون) او لوح مستوٍ، وتوضع في مستوى سقف المبنى. تولد الشبابيك الافقية مشاكل بسبب الكسب الحراري الشمسي الكبير، لاحظ الشكل (7-3/9). يمكن ان تعالج هذه المشاكل جزئياً مع الكاسرات الضوئية Louvers للسيطرة على كل من الكسب الحراري والابهار.



الشكل 7-3/9: الشبابيك السماوية

7-3/2 الانظمة الناقلة للضوء Light Transport Systems

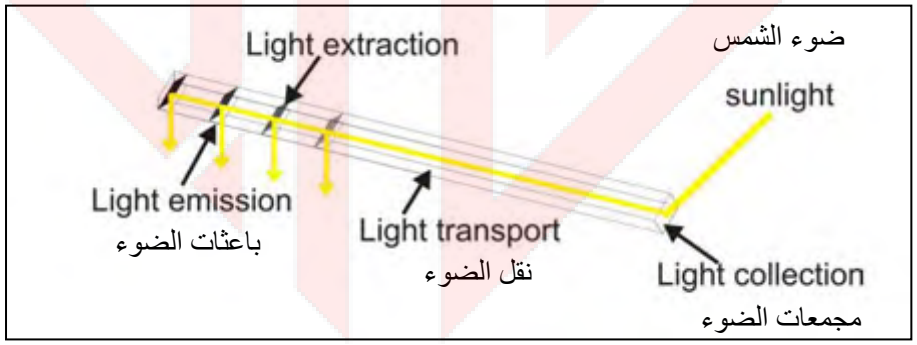
يتطلب اعتماد الانظمة الناقلة للضوء عندما يكون عمق المبنى خارج نطاق الاضاءة الذاتية. حيث يتم جمع ضوء الشمس ونقله لمسافة طويلة ضمن المبنى، وعادةً يكون النظام الناقل كأنابيب ضوء light pipes أو موجهات ضوء light guides. ان تطوير انظمة الاضاءة لنقل الاضاءة الشمسية الى مسافة العديد من الامتار يقدم الامكانية لتجهيز اضاءة طبيعية ذات نوعية عالية الى الفضاء الداخلي، او مركز الفضاءات للمباني متعددة الطبقات.

تحوي أنظمة نقل الضوء بصورة عامة على ثلاثة عناصر، لاحظ الشكل (7-3/10)

1- رأس التجميع الذي يتعقب ضوء الشمس، أو يعيد توجيهه وتركيزه الى داخل الانبوب. وذلك باستعمال العدسات او المرايا التي تكون عاكسة مرآتية عالية الصقل لترسل الاشعاع الشمسي خلال النهار.

2- الانبوب نفسهُ الذي ينقل الاضاءة الى المكان المطلوب، يعتمد على المواد المستعملة في تصنيع الإنبوب (مثل: العدسات، وانبوب الضوء المرآتي، وانبوب الموشوري وانظمة المركز core الصلد).

3- نظام التوزيع (باعثات الضوء) الذي يحوي وسائل إخراج الضوء من الانبوب الى الخارج وينشر الضوء بتجانس عبر الفضاء.

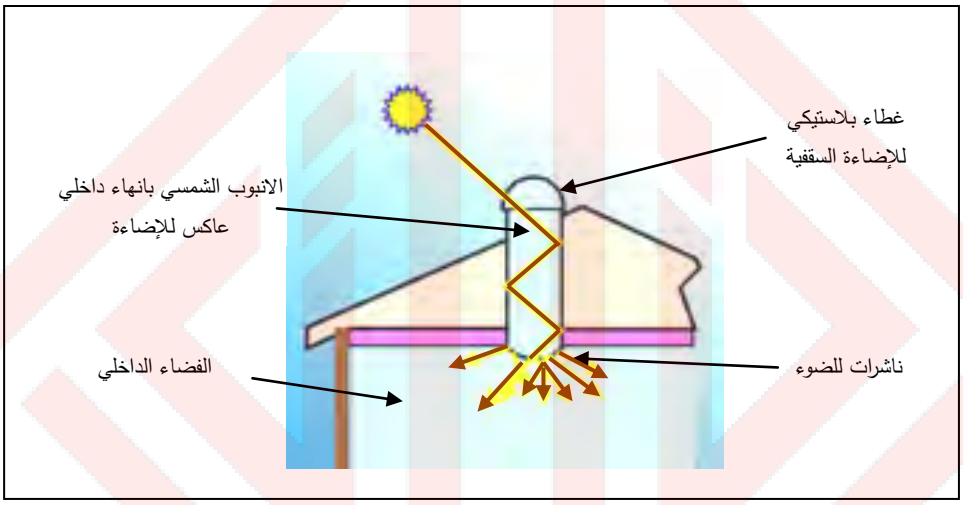


الشكل 7-3/10: مخطط لأنظمة النابيب الضوئية.

وتصنف اهم الانظمة الناقلة للضوء الى:

1/2/3-7 انظمة الانابيب الضوئية العمودية

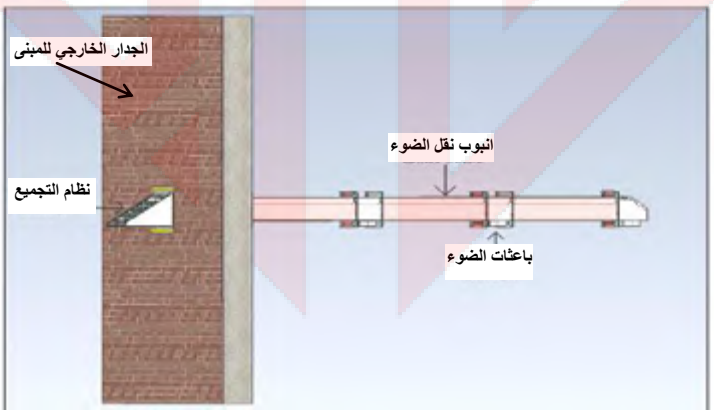
الانابيب الضوئية هي انابيب مجوفة مع سطح داخلي له انعكاسية عالية، بذلك يمكن للضوء الانتقال على طولها بأقل خسائر، لاحظ الشكل (7–11/3). يجلب انبوب الاضاءة الطبيعية عالي الأَداء الانارة الطبيعية الى معظم المساحات المظلمة العميقة داخل المبنى. تأتي الاشعة الشمسية خلال القبة العليا الصافية، وتنعكس الى اسفل في الانبوب المعدني الشبيه بالمرآة، وصولاً الى ناشر سقف موشوري الذي ينشر الضوء بانتظام في كافة انحاء الغرفة. حيث يضيف انبوب الضوء الطبيعي الانارة والمظهر الحسن لأي مبنى أو محل عمل[8].



الشكل 7-11/3: الانابيب الضوئية العمودية

2/2/3-7 انظمة الانابيب الضوئية الافقية

لايمكن دائما في الأبنية متعددة الطبقات تجميع الضوء الطبيعي من سقف المبنى، وعندما تكون واجهة المبنى المعرضة للإضاءة الطبيعية هي الضلع القصير للمبنى تظهر اهمية انابيب الاضاءة الافقية كونها الاكثر فعالية في إضاءة مركز المبنى العميق، لاحظ الشكل (7–12/3).

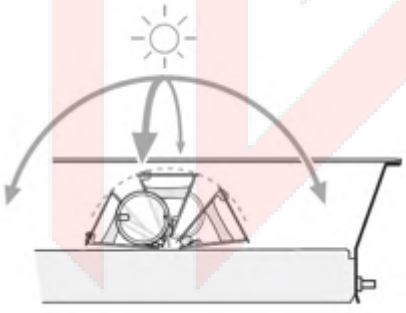


الشكل 7-12/3: انابيب الانارة الجانبية

7-3/2/3 الالياف الضوئية Fiber Optic Skylight

هي طريقة فريدة لجلب الإنارة الطبيعية عميقاً الى الفضاء الداخلي. يتضمن النظام لوحاً لتجميع الانارة الطبيعية الخارجية عبر (64) عدسة في داخله، لاحظ الشكل (7-3/13). تستدير هذه العدسات لتتعقب الشمس آلياً، لاحظ الشكل (7-3/14)، إذ تتم السيطرة عليها من خلال حاسوب داخلي. تتصرف كل عدسة كعدسة مكبرة لتركيز الضوء الشمسي، حيث تركز الضوء الشمسي الموجّه الى داخل الالياف الضوئية، كل ليف بصري منفرد strand يندمج مع الياف اخرى لتكوين سلك ليف بصري ذي قطر (6 ملم). يصدر من كل لوح عدد من الاسلاك (الياف ضوئية)، لكل من هذه الاسلاك يمكن ان يصل طوله الى أكثر من (15 متراً). يمكن لهذه الاسلاك ان توجه خلال الجدران والسقوف وتنحني حول العوائق. كما يمكن لكل سلك ليف ضوئي ان يستعمل لجلب الضوء الطبيعي لإضاءات داخلية مختلفة، او يمكن جمعها ضمن إضاءة واحدة. هناك تنوع في تكامل انواع الاضاءات المتوافرة، وبعضها يدمج الانارة الطبيعية مع الانارة الكهربائية عند الحاجة. حيث يمكن حينئذٍ ان تشترك مع المتحسسات التي تطفئ المصابيح الكهربائية تلقائياً عندما تكون الانارة الطبيعية كافية لتحقيق مستويات الاضاءة الملائمة.

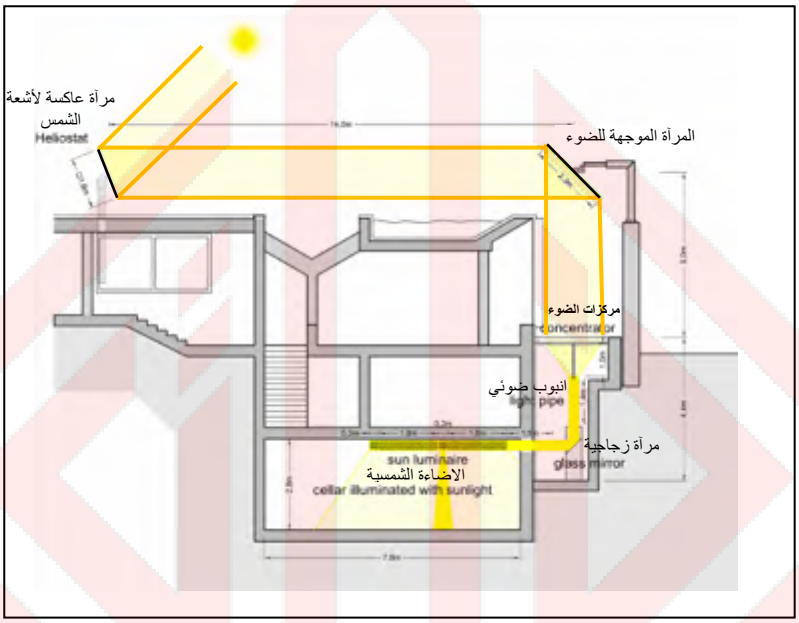
الشكل 7-3/13: الواح التجميع في انظمة الالياف الضوئية



الشكل 7-3/14: حركة العدسات لتعقب حركة الشمس[9]

4/2/3-7 أنظمة الاضاءة المرآتية Mirror Sunlighting Systems

ان المرايا تعكس نسبة عالية جداً من الضوء الذي يسقط عليها، حيث يتم نقل الاضاءة الشمسية من اعلى المبنى عن طريق عدد من المرايا المتحركة ، لاحظ الشكل (7-15/3).



الشكل 7-15/3: نظام ضوء الشمس المرآتي

مراجع الباب السابع

[1] "*Solar Energy In European Office Buildings*", Mid– Career Education, 2010
http://erg.ucd.ie/mid_career/pdfs/tech_mod_4.pdf

[2] "*Innovative Daylighting Systems For Deep-Plan Commercial Buildings*", University of Mendoza, Veronica Garcia Hansen, Doctor Of Philosophy (Ph.D.), 2006
http://eprints.qut.edu.au/16709/1/Veronica_Hansen_Thesis.pdf

[3] "*Advancing Technology in Commercial Buildings*", Stamats Business Media Inc,2011
http://www.architechweb.com/tabid/171/ArticleID/6502/Default.aspx

[4] "*Control and Use of Sunlight, Install a system of light shelves and shading*", Energy Institute Press, 1999
http://www.energybooks.com/pdf/10001005.pdf

[5]أمجد محمود عبد الله البدري، "*الاساليب التقنية الحديثة في السيطرة على الاضاءة الطبيعية*"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية/ جامعة بغداد، 1999

[6] Wikipedia, the free encyclopedia, "*Anidolic lighting*", 2011
http://en.wikipedia.org/wiki/Anidolic_lighting

[7] "*Inter-disciplinary Building Services Design*"
http://www.hku.hk/bse/interdisciplinary/bbse3005_wilson_lee.pdf

[8] "*Light Tube, Absolute Astronomy*", 2011
http://www.absoluteastronomy.com/topics/Light_tube

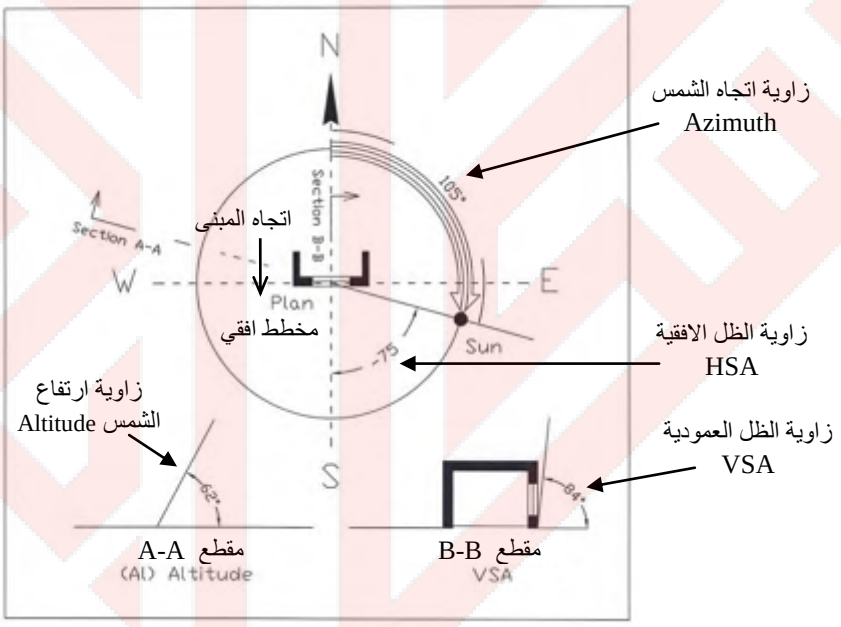
[9] Parans, "*Bring Nature Inside*", Installation Manual, 2009.

الملحق (أ)

زوايا ارتفاع الشمس واتجاهها لمدينة بغداد

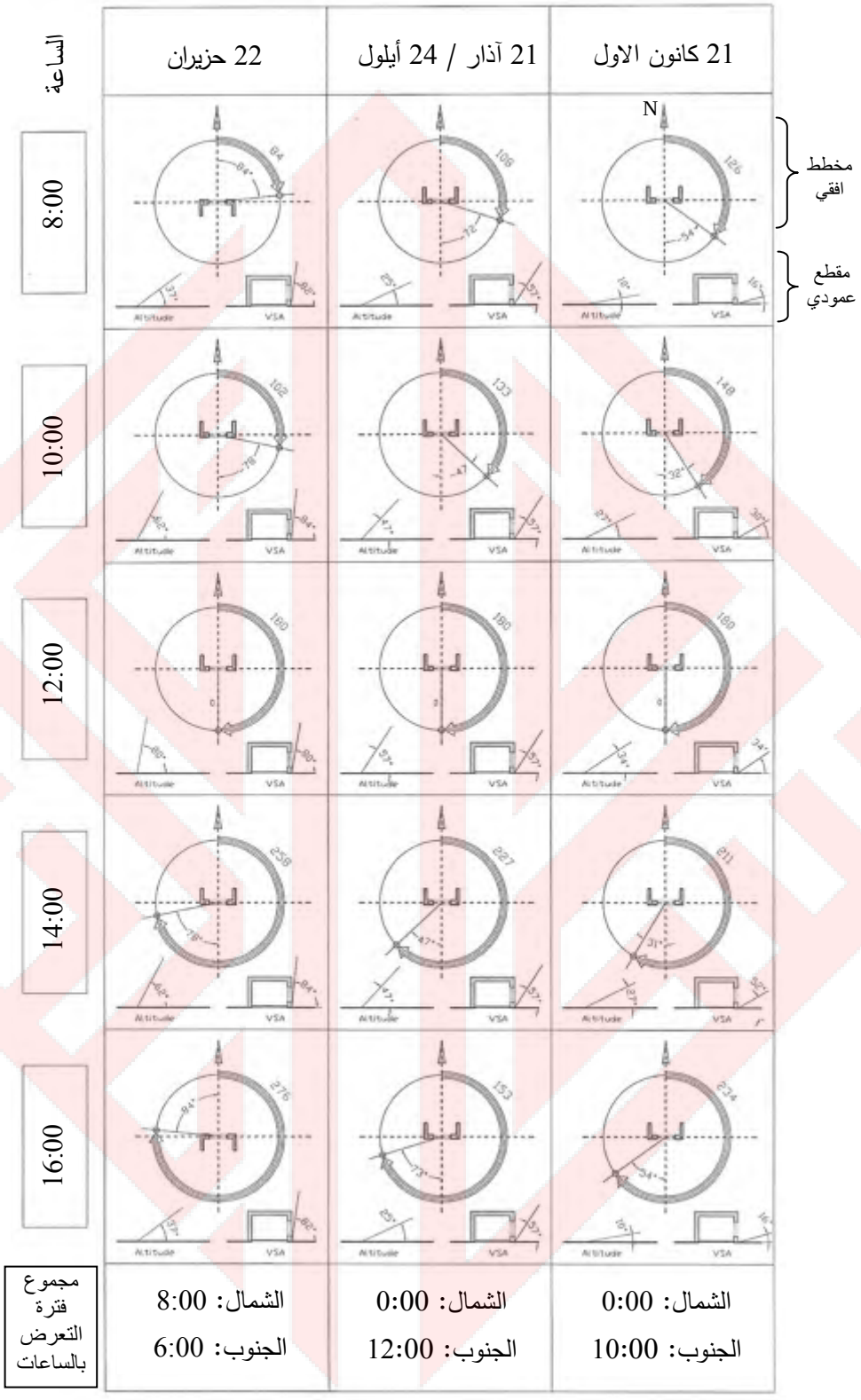
يوضح هذا الملحق مخططات للزوايا الساعية لإرتفاع الشمس (Altitude) واتجاهها (Azimuth) خلال أربعة أيام مختارة (22 حزيران و21 آذار و24 أيلول و21 كانون الاول)، إذ تمثل هذه الايام حركة الشمس خلال فصول الصيف والربيع والخريف والشتاء على التوالي لمدينة بغداد (وهي تمثل بصورة مقاربة حركة الشمس لبقية المناطق الشمالية والجنوبية للعراق)، ومن الساعة الثامنة صباحا حتى الساعة الرابعة عصرا. وحيث ان حركة الشمس ترتبط باتجاه المبنى او اتجاه الشباك فقد تمّت دراسة ثمانية اتجاهات جغرافية مختلفة للشبابيك وتم التعبير عن علاقة موقع الشمس باتجاه الشباك من خلال زوايا الظل الافقية (HSA) وزوايا الظل العمودية (VSA)[1].

يبين الشكل (أ–1/1) اهم الزوايا والتأشيرات التي تساعد في توضيح الاشكال (أ–2/1) الى (أ–5/1) الواردة في هذا الملحق

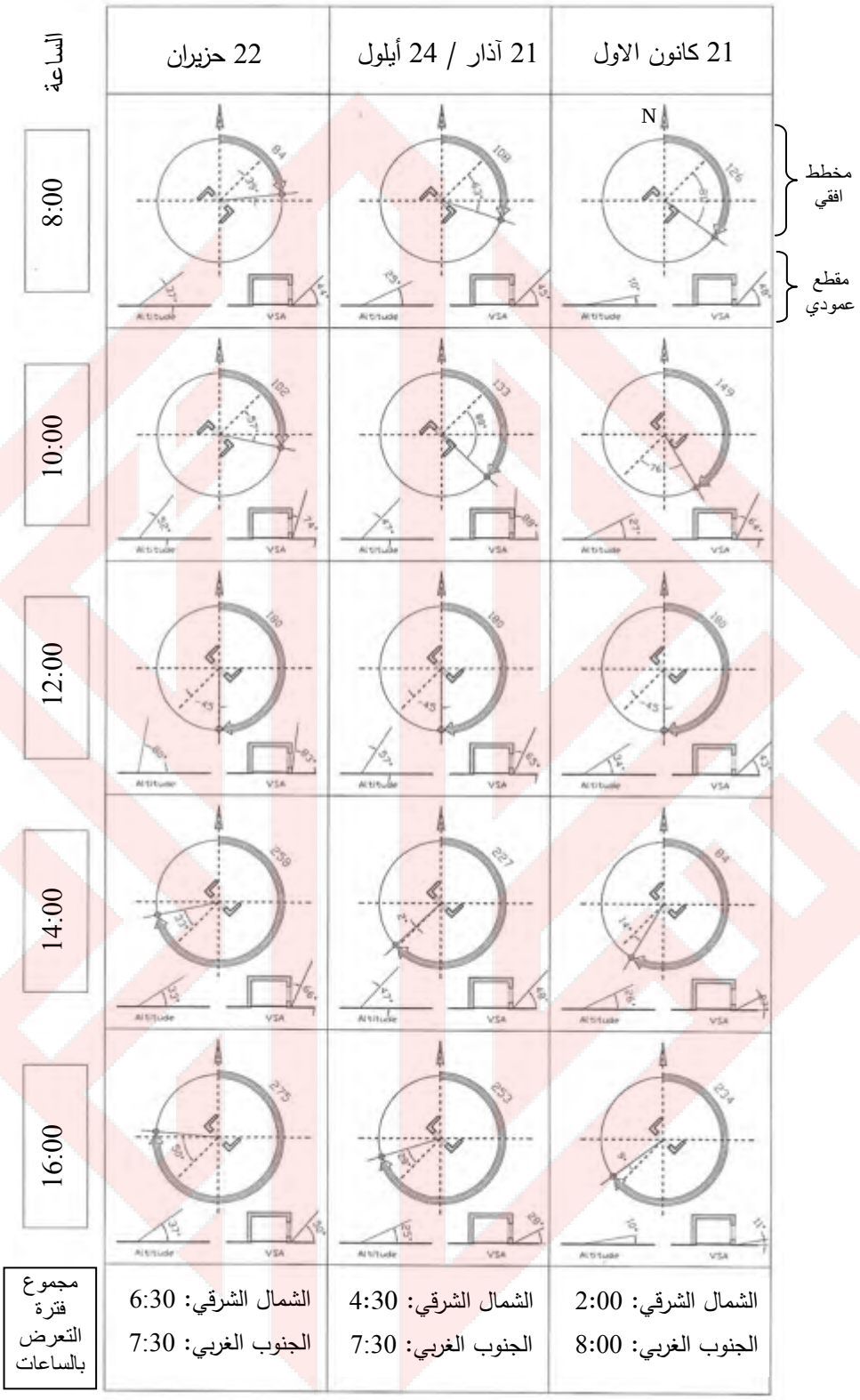


الشكل أ–1/1: التأشيرات التي تساعد في توضيح المخططات الواردة في الملحق

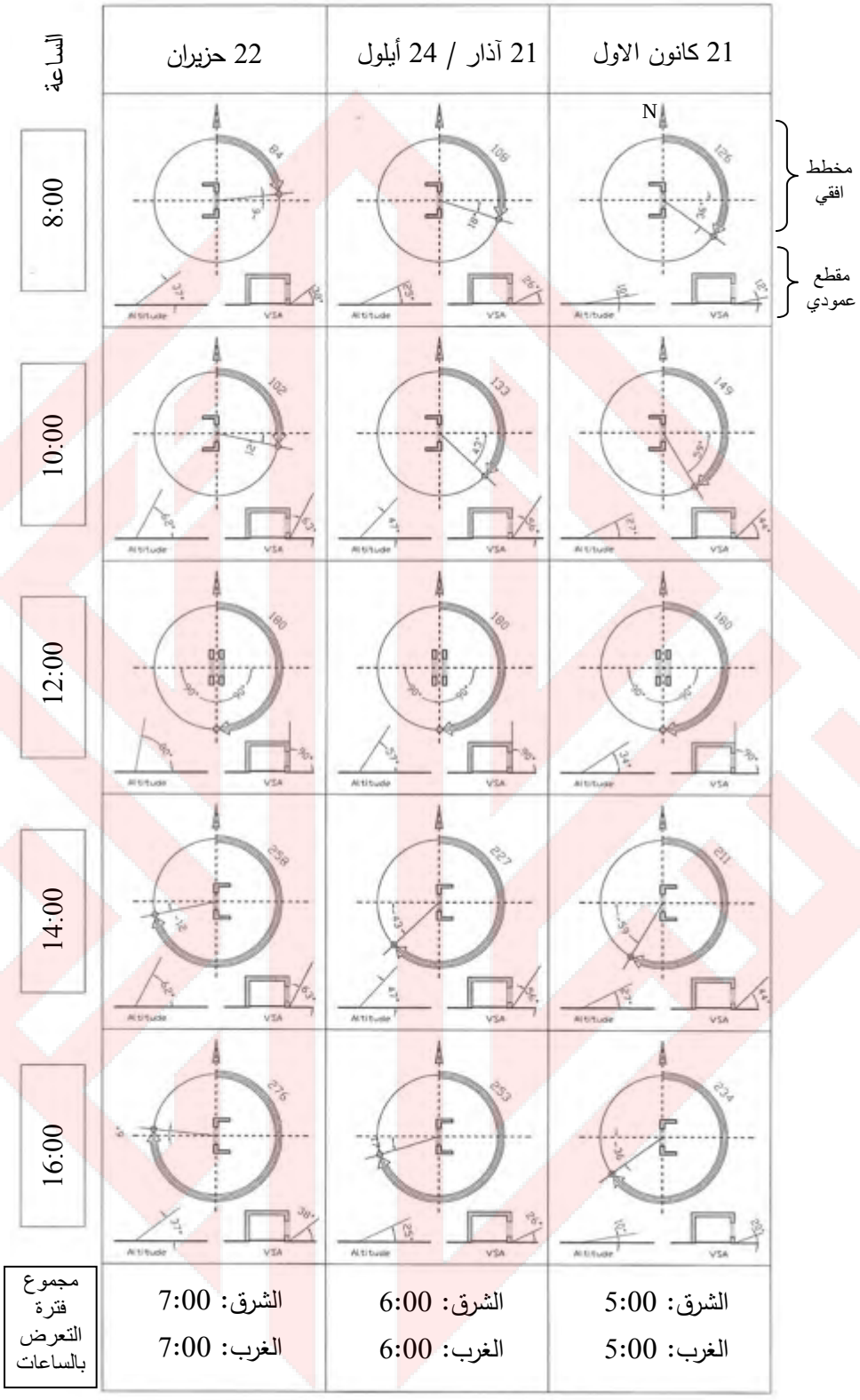
[1] Shaaban, Awni K. and Al-Jawadi, Miqdad, "Geometry and Behavior of Sunlight Control in Building ", Part,2, Building Research Center, 1973.



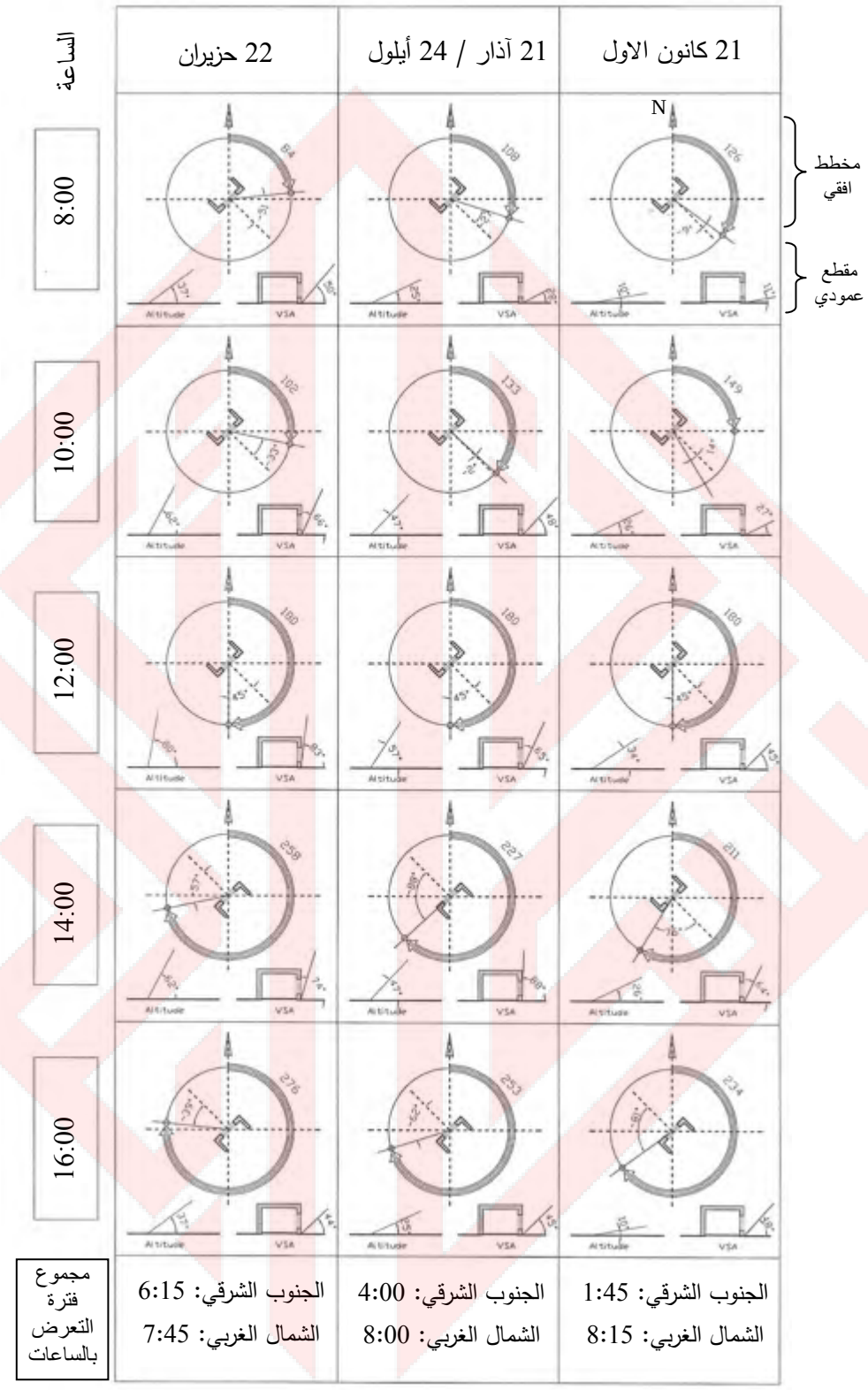
الشكل أ–2/1: زوايا التعرض الشمسي للواجهات الشمالية والجنوبية



الشكل أ–3/1: زوايا التعرض الشمسي للواجهات الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية



الشكل أ-4/1: زوايا التعرض الشمسي للواجهات الشرقية والغربية



الشكل أ–5/1: زوايا التعرض الشمسي للواجهات الجنوبية الشرقية والشمالية الغربية

الملحق (ب)

تأثير تصميم مانعات الشمس في مستويات الانارة داخل الفضاءات

تم في هذا الملحق توضيح مقدار ما تسببه مانعات الشمس من تأثير في نسب الإنارة الطبيعية داخل الفضاءات، وإظهار تمايز بعضها عن بعض في تأثيرها في توزيع مستويات الاضاءة داخل الفضاءات، وقد أجريت هذه الدراسة عمليا في ظروف السماء الصافية لمدينة بغداد. وقد اختير خمسة وعشرون نوعاً من مانعات الشمس شملت مانعات افقية وعمودية ومانعات مركبة ومانعة داخلية لاحظ الشكل (ب-1/1)، وهي تمثل معظم أشكال مانعات الشمس المستعملة في الأبنية[1].

إن وجود المانعات قلل من نسب الانارة داخل الفضاء بنسب متفاوتة، كان أقلها تأثيراً في مستويات الانارة الطبيعية الداخلية هي المانعة (H1) (وهي الحالة الافضل مقارنة ببقية المانعات، حيث جهزت مستويات أعلى من الانارة الطبيعية داخل الفضاء). تمَّ بعد ذلك مقارنة ما تهيؤه بقية المانعات من مستويات اضاءة داخلية نسبة الى الانارة التي جهزتها المانعة (H1).

وتم وضع التوصيات بحسب أفضلية متدرجة ضمن مجاميع:

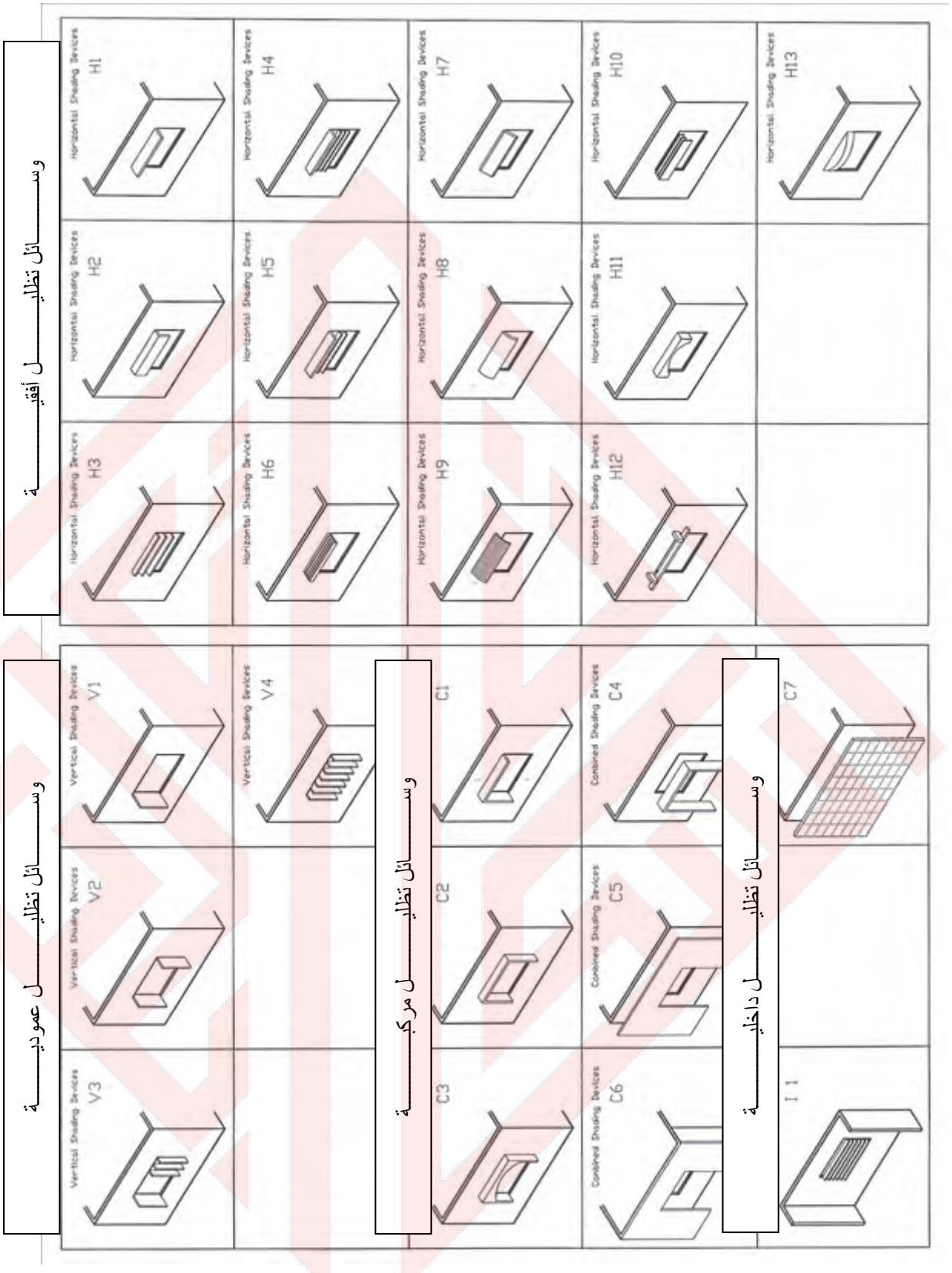
المجموعة الاولى:[2] المانعات ذوات الرموز H1, H4, H9 هي المانعات التي يمكنها تجهيز أعلى مستوى إنارة داخلية يمكن الحصول عليه بين مجموعة المانعات.

المجموعة الثانية: المانعات ذوات الرموز V1, H6, V2, C1, C4, H12, H3 وهي المانعات التي يمكنها تجهيز %(80-89) من مستويات الانارة مقارنة بمستويات المجموعة الاولى.

المجموعة الثالثة: المانعتان C2, V3 يمكنهما تجهيز %(70-79) من مستويات الانارة مقارنة بمستويات المجموعة الاولى.

المجموعة الرابعة: المانعات ذوات الرموز H8, H11, C3 وهي المانعات التي يمكنها تجهيز %(60-69) من مستويات الانارة مقارنة بمستويات المجموعة الاولى.

1 الجوادي، د.مقداد حيدر وآخرون، " تأثير مظلات النوافذ على الإضاءة الطبيعية داخل الفضاء"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، عدد 5 ، بغداد، 1994.
2 تم استعمال الرموز : (H) للمانعات الافقية و(V) للمانعات العمودية و(C) للمانعات المركبة.



الشكل ب–1/1: الأنواع المختلفة من مانعات الشمس

الملحق (ج)

قائمة بالمصطلحات الواردة باللغة الانكليزية ومرادفاتها باللغة العربية

Adaptation	تأقلم
Altitude	زاوية ارتفاع الشمس
Artificial lighting	الاضاءة الاصطناعية
Azimuth	زاوية اتجاه الشمس (زاوية السمت)
Clear Sky	السماء الصافية
Contrast	تضاد، تباين
Daylight	ضوء النهار
Daylight Factor	عامل ضوء النهار
Diffuser	ناشر للضوء
Disability glare	الابهار المعيق
Discomfort glare	الابهار المزعج
Energy conservation	الحفاظ على الطاقة
External Component	المركبة الخارجية
Fiber Optic	الالياف البصرية
Glare	الابهار ، الوهج
Glare Index	دليل الابهار
Horizontal Shadow Angle	زاوية الظل الافقية
Infrared waves	الموجات تحت الحمراء
Internal Component	المركبة الداخلية
Level of light	مستوى الاضاءة
Light	ضوء
Light guiding shades	المظلات الموجهة للضوء
Light Shelf	الرف الضوئي
Lighting	إضاءة
Lumen	لومن

Luminance	نصوع، اشراقة
Luminous Flux	الدفق المضيء
Luminous Intensity	شدة الاستنارة
Lux	لوكس
Maintenance	صيانة
Obstruction	حاجز، مصد
Overcast sky	السماء الغائمة كلياً
Partial sky	السماء الغائمة جزئياً
Reflectance	معامل الإنعكاس
Reflection	إنعكاس
Refraction	إنكسار
Rooflighting	الاضاءة السقفية
Shading	تظليل
Shading Device	وسائل تظليل
Sidelighting	الاضاءة الجانبية
Sky Component	مركبة السماء
Solid angle	الزاوية المجسمة
Supplementary Lighting	الاضاءة التكميلية
Tinted Glazing	الزجاج الملون
Ultra Violet waves	الموجات فوق البنفسجية
Vertical Shadow Angle	زاوية الظل العمودية
Visible Spectrum	الطيف المرئي
Visible waves	الموجات المرئية
Window	شباك، نافذة
Working level	مستوى العمل

الهيئة العامة للمباني

مشروع المدونات و المواصفات العراقية

www.codat.imariskan.gov.iq

E.mail:moch.codat@codat.imariskan.gov.iq

moch.codat@yahoo.com

moch.codat@gmail.com