

مخططات تصميم الإضاءة الطبيعية لحالة سماء مدينة بغداد

د. يونس محمود محمد سليم

مدرس

قسم الهندسة المعمارية / الجامعة التكنولوجية

الملخص:

تشكل مدينة بغداد إحدى المناطق ذات السماء الصافية والتوزيع غير المتجانس للإضاءة في ظروفها الخارجية. ولقلة الدراسات المهمة بتصميم الإضاءة الطبيعية في السماء الصافية، فقد توجه هذا البحث إلى الاهتمام بجانب تصميم الإضاءة الطبيعية. وحدد الهدف بمحاولة إيجاد طريقة يمكن أن تساعد المصممين في تحقيق المستويات الملائمة للإضاءة الطبيعية داخل الفضاءات المعمارية باختلاف أشكالها وأحجامها.

تم حساب المعدل السنوي لتوزيع الاستضاءة السماوية على الأسطح الأفقية المختلفة التوجيه والسطح الأفقي غير المعاق علاوة على حساب شدة الأضاءة السماوية والشمسية الساقطة على الأسطح العمودية لواجهات الابنية المقابلة للشبابيك.

توصل البحث إلى طريقة يمكن خلالها تقدير مستوى الإضاءة الطبيعية في نقاط منتخبة داخل الفضاء تحت ظروف السماء الصافية لمدينة بغداد. شملت الطريقة الخاصة بالبحث إنشاء عدد من المخططات على هيئة منقلاات تستخدم مع الرسوم المعمارية للفضاءات (المخططات الأفقية والمقاطع العمودية) وبعتماد هذه المنقلاات يمكن قياس مستويات الإضاءة الطبيعية لنقاط في موقع العمل داخل الفضاء.

طبقت هذه الطريقة على عدد من الخصائص التصميمية لشكل فتحة الشباك وتوجيهه وتم قياس أثر ذلك في تغير مستويات استنارة النقاط داخل الفضاء عند تغير بعدها عن فتحات الشبابيك. اتجهت استنتاجات البحث نحو الربط بين إمكانية التنبؤ بتوزيع مستويات الإضاءة الطبيعية داخل الفضاء ونمط توزيع الشبابيك ضمن جدرانه المختلفة.

Daylight Design Graphs for Baghdad City Sky

Dr. Younis Mahmoud M. Saleem

Lecturer

University of technology/ department of Architecture

Abstract:

Baghdad city constitutes one of the areas have clear sky with complex and ununiform distribution of light in the sky dome. This was one of the explanations why there is few studies concern with daylighting design in clear skies, from there, this research oriented to devise a new method that can assist in achieving the appropriate levels of lighting for interior spaces. The aim of this research is tempted to find a method that can help designers in achieving the appropriate levels of daylight in architectural spaces with different forms and sizes.

The annual distribution rate of daylight was calculated for the horizontal surfaces of different orientations and unobstructed horizontal surface Furthermore account the Intensity of sky light and sun light on vertical surfaces of building facades opposite to the windows.

Been reached a number of Graphs as protractor used with architectural drawings (horizontal plans and vertical sections), and by adopting of such Graphs, designers can measure the levels of daylight in any points within the space.

Applied this method on a number of design characteristics of shape and direct the window and measure its influence in enlightened points within the space as their distance changes away from window. The research found a number of conclusions linked between the predictability of the distribution of daylighting levels within the space and pattern of distribution of windows within its walls.

1- المقدمة:

تعتبر الإنارة المناسبة في المبنى ضرورة ملحة ليتمكن الانسان من ممارسة نشاطاته في هذه المباني على الوجه الاكمل. وتبقى الطاقة الكهربائية مستعملة بشكل أساس في المباني بوصفها مصدراً رئيساً للإنارة والتدفئة والتكييف الا ان الاقتصاد في التشغيل يضطر المصممين الى اتباع طرق أكثر ملائمة، وذلك بتحليل الانظمة البيئية التي تعتمد على كل من الإنارة الشمسية الطبيعية والطاقة الكهربائية. ويجب ان تستغل الإنارة الطبيعية بمصادرها المختلفة والطاقة الشمسية بطريقة مثالية ومتوازنة للحصول على انارة ذات نوعية جيدة وتكييف حراري يفي بمتطلبات الانسان.

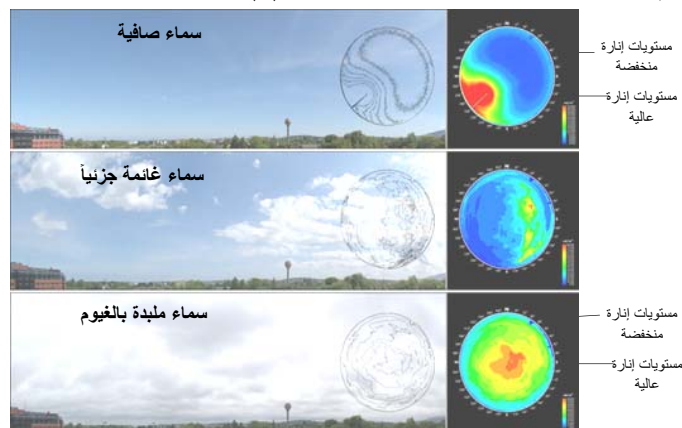
ان لضوء النهار ميزات عديدة تجعل استعماله لإنارة المباني ليس مرغوباً فحسب بل قيماً من وجهة النظر النفسية والجمالية وحتى الاقتصادية في بعض الاحيان عندما يكون تصميمه صحيحاً من حيث الكم والنوع، لذا هدف هذا البحث الى تحديد طريقة يمكن ان تساعد المصممين في تحقيق المستويات الملائمة للإنارة الطبيعية داخل الفضاءات المعمارية المختلفة بأشكالها واحجامها، والذي سيساعد في مراحل لاحقة في تحقيق الموازنة بين متطلبات الراحة الاستخدامية للمبنى وبين جانب حفظ الطاقة وتقليل صرفياتها.

2- مصادر الإنارة الطبيعية:

ان الإنارة الساقطة على الشبائيك والتي هي الاساس في انارة الفضاء الداخلي تأتي من عدة مصادر خارجية، تشمل:

الشمس: ان مساهمة الاضاءة الشمسية المباشرة تُستثنى عادة من حسابات الإنارة بضوء النهار نظراً لشدتها الكبيرة ومشاكلها الحرارية وبخاصة في المناخات الدافئة والحارة. لذا تصمم فتحات المباني بشكل يساعد على تجنبها او تخفيضها^[1].

السماء: يتشتت الضوء الشمسي المباشر في أثناء مروره خلال الغلاف الجوي المحيط بالارض بواسطة الغبار والجزيئات الغازية المكونة للهواء. ونتيجة لذلك تظهر السماء ساطعة في أثناء ساعات النهار بشكل متغير وتصبح السماء المصدر الرئيس للإنارة بضوء النهار الملائم للإستخدام في داخل المباني. وتتغير حالة السماء بتغير كمية الغيوم المغطية لها أو بتغير مستويات الغبار في الجو والتي عادة ما تصنف نسبة لكمية الغيوم الى سماء صافية وسماء ملبدة بالغيوم أو حالة تتوسط هذين الصنفين، شكل (1).

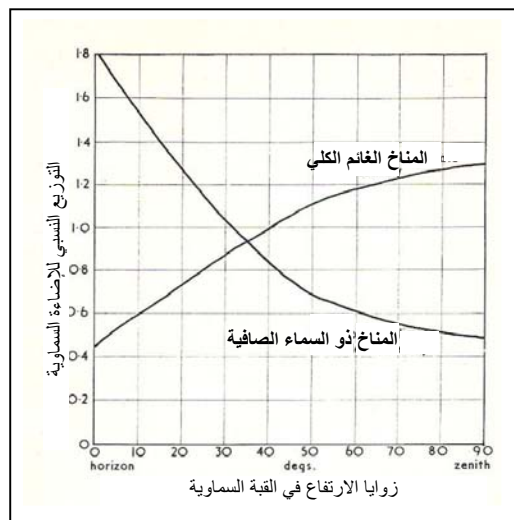


شكل (1) انواع السماوات نسبة لكمية الغيوم المغطية لها^[2]

السماء الصافية: تتغير اضاءة السماء الصافية بتغير موضع الشمس وكمية الغبار الجوي او الضباب الخفيف، ويستثنى من ذلك المكان القريب حول قرص الشمس الذي يكون الاكثر استضاءةً في اجزاء القبة السماوية. كما تكون السماء الصافية قرب الافق اكثر سطوعاً منها في الاتجاه الرأسي. وتعد مدينة بغداد ومعظم مناطق العراق ضمن السماوات الصافية.

السماء الملبدة بالغيوم: يختلف توزيع اضاءة السماء الملبدة بالغيوم باختلاف الموقع والوقت وكثافة الغيوم وانتظامية التلييد أذنين بعين الاعتبار طوبوغرافية المكان. وتكون السماء الملبدة بالغيوم بانتظام ساطعة في الاتجاه الرأسي عادة بما يعادل مرتان ونصف الى ثلاث مرات من سطوعها قرب الافق.

يوضح الشكل (2) الاختلاف في توزيع الاضاءة بين السماء الصافية والسماء الملبدة بالغيوم [3].



شكل (2) التوزيع النسبي للإضاءة بين السماء الصافية والسماء الغائمة كلياً [3]

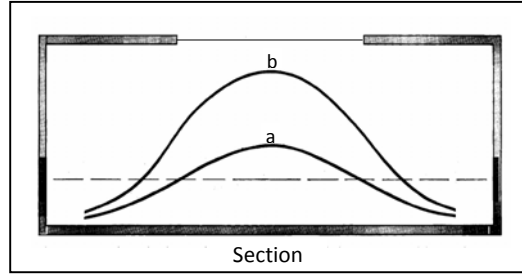
الضوء المنعكس: يمكن للضوء المنعكس من الخارج الى الاماكن الداخلية في المباني ان يساهم في رفع مناسبة الإضاءة الداخلية او ان يؤدي الى ابهار غير مرغوب او الى النتيجةين معاً. وباستعمال مواد فاتحة اللون في سطوح المباني المجاورة فانه يمكن عادة زيادة الضوء المنعكس عن تلك المباني الى الشبابيك وبالتالي الضوء الواصل الى داخل المبنى بشكل ملحوظ. حيث تعمل المصدات الخارجية كالمباني المقابلة والنباتات على تقليل قيم مركبة السماء لكنها ستزيد من مركبة الانعكاس الخارجي [3].

3- فتحات الإضاءة الطبيعية:

تعتبر فتحات الشبابيك الموجودة في غلاف المبنى المنفذ الرئيس لإضاءة الفضاءات الداخلية، وعادة ما تقسم هذه الفتحات اعتماداً على موقعها في غلاف المبنى الى فتحات جانبية وفتحات علوية.

فتحات الانارة الجانبية: تعتمد كمية الانارة الطبيعية التي تنفذ من الفتحات الجانبية للمبنى على توجيه الفتحة بشكل رئيس وعلى كل من عرض الفتحة وارتفاعها فوق مستوى العمل وعلى نوع تزجيجها وعناصر التظليل المستخدمة للتحكم في كمية ونوع الانارة النهارية المارة خلالها.

فتحات الانارة العلوية: لايجبذ في المناطق ذات السماء الصافية استخدام فتحات للإنارة العلوية، ومع ذلك فانه قد تزود بعض المباني بفتحات علوية تسمح للانارة الطبيعية بالوصول الى داخلها. وإذا استعملت الشبائيك العلوية بوضع افقي مع زجاج صاف فان ذلك سيتسبب في نفاذ كميات كبيرة من الحرارة الشمسية المباشرة والانارة الساطعة من السماء واللتن يؤثران سلبياً على الشعور بالراحة البصرية وزيادة درجات الحرارة داخل الفضاء بشكل كبير (أما في حالة استعمال شبائيك علوية بوضع عمودي فانها ستعامل كالفحات الجانبية). كما ان فقدان الحرارة من خلال تلك الفتحات الافقية شتاءً يكون ذا أهمية بالغة اذا لم يتم التحكم فيه وتصميمه بشكل جيد. من جانب آخر فان الشبائيك الافقية في السماء الصافية قد تستلم مستويات انارة أقل مما تستلمه الشبائيك ذاتها عند استخدامها في المناطق ذات السماء الملبدة بالغيوم، شكل (3).



شكل(3) منحنيات مستوى الاستضاءة في فضاء بفتحة افقية^[4]
(a) سماء صافية، (b) سماء ملبدة بالغيوم

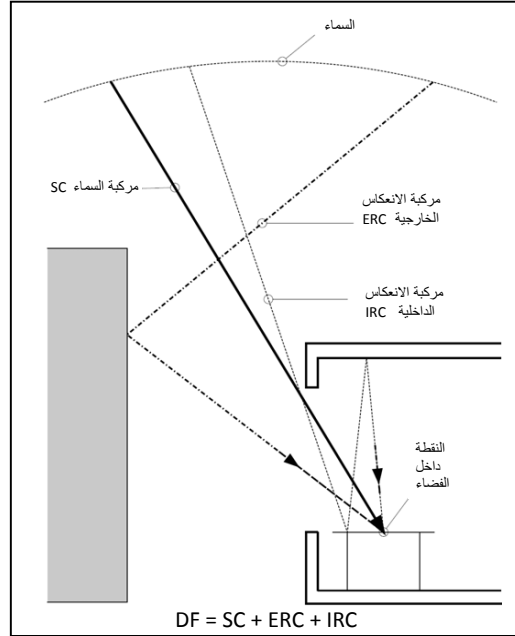
4- تصميم الانارة الطبيعية:

تتغير حالة السماء بدرجة كبيرة في جميع الاوقات من الصباح وحتى المساء وبين فصل وآخر. لذا فان من غير الممكن الاعتماد على حالة واحدة من ظروف السماء لاستخدامها كقاعدة مطلقة للتصميم، ضمن هذه الاعتبارات وبشكل عام على المصمم التعامل مع ظروف انارة السماء القسوى والدنيا او مع الطرف الذي يمكن اعتباره اكثر شيوعاً او متوسطاً.

وتصمم الانارة الطبيعية اعتماداً على عدد من الطرق، وتعد طريقة (اللومن) وطريقة (عامل ضوء النهار) من أوسع الطرق الرياضية انتشاراً في حسابات الانارة الطبيعية.

طريقة اللومن (LUMEN): يعتمد التنبؤ بمستويات الانارة الطبيعية بشكل رئيس على طريقة اللومن المستعملة بشكل شائع في حساب الاستتارة الناتجة عن الاضاءة الكهربائية، فهي تتعامل مع الشباك وكأنه لوح مضاء صناعياً، وبالتالي تكون كمية الانارة النافذة الى الفضاء عبر الشباك عبارة عن الانارة المنبعثة من السماء مضروبة في عدة عوامل لتصحيح تأثير نفاذية الزجاج والاعاقبة المتسببة من اطارات الشباك وتراكم الاتربة على اللوح الزجاجي، ومن خلال معادلة مركبة لجميع المتغيرات المؤثرة.

طريقة عامل ضوء النهار (Daylight Factor- DF): وهي تعبر عن نسبة الانارة داخل المبنى الى الانارة خارجه مع الاخذ بالاعتبار تأثير نفاذية الزجاج والاعاقة المتسببة من الاطارات وتراكم الاتربة على الشباك. وتعتمد على إيجاد ثلاث مركبات لعامل ضوء النهار هي: مركبة السماء والمركبة المنعكسة الخارجية والمركبة المنعكسة الداخلية، الشكل (4).



شكل (4) المركبات الرئيسية لتصميم الانارة الطبيعية باعتماد طريقة عامل ضوء النهار^[5]

الا ان هذه الطرق عادة ما تكون مبنية على سماء غائمة كليا او سماء قياسية ملبدة بالغيوم، ولاينصح باستعمال هذه الطرق في البلاد ذات السماء الصافية بالرغم من وجود عدد من الدراسات حاولت التوصل الى طرق جديدة لتصميم الانارة الطبيعية في ظروف السماء الصافية. ويعد هذا البحث إحدى المحاولات لإيجاد طريقة يمكنها التنبؤ بقياس مستويات الانارة الطبيعية لظروف مدينة بغداد ضمن مستويات العمل داخل الفضاءات .

5- الطريقة المقترحة للتنبؤ بمستويات الانارة الطبيعية في الفضاءات الداخلية:

لقياس مستويات الانارة الطبيعية داخل الفضاءات اتجه البحث الى ايجاد مخططات لتوزيع الانارة الطبيعية تنتج من تحليل توزيع الانارة السماوية لظروف السماء الصافية لمدينة بغداد، تستعمل هذه المخططات في مرحلة التصميم حيث يتطلب استخدامها وجود رسوماً معمارية للمخططات الافقية والعمودية للفضاءات المصممة ليتم تطبيق تلك المخططات عليها، موضحا فيها تفاصيل الشبائك والمعوقات الخارجية وبالتالي تحديد كمية الانارة السائمية والانارة المنعكسة الخارجية.

وسيتم توضيح الطريقة المقترحة بالخطوات الآتية:

جدول (1) المعدلات الساعية لمستوى الإنارة الساقطة على السطح الأفقي (لوكس) [البحث]

التاريخ	الساعات	زاوية الإرتفاع A1	زاوية الإرتفاع A2	توجيه السطح الأفقي المعاق														السطح الأفقي غير المعاق			
				0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5		315	337.5	
21-Jun	6	13	70	4319	4806	5143	5279	5192	4896	4436	3883	3319	2832	2495	2359	2446	2742	3202	3756	7568	
	7	25	77	5877	6805	7503	7864	7832	7414	6672	5719	4701	3773	3075	2714	2746	3164	3906	4859	10481	
	8	37	84	6710	7945	8939	9540	9657	9272	8444	7299	6010	4775	3781	3180	3063	3447	4276	5421	12604	
	9	50	92	7052	8363	9489	10260	10558	10337	9632	8549	7254	5943	4816	4045	3747	3968	4673	5756	14175	
	10	62	102	7105	8220	9257	10058	10501	10518	10107	9331	8307	7192	6155	5354	4911	4894	5305	6081	15271	
	11	74	122	7050	7727	8450	9111	9607	9864	9842	9545	9018	8342	7618	6958	6462	6205	6227	6523	15922	
	12	80	180	7017	7102	7347	7712	8143	8574	8940	9184	9270	9184	8940	8574	8143	7712	7347	7102	16137	
	13	74	238	7050	6523	6227	6205	6462	6958	7618	8342	9018	9545	9842	9864	9607	9111	8450	7727	15922	
	14	62	258	7105	6081	5305	4894	4911	5354	6155	7192	8307	9331	10107	10518	10501	10058	9257	8220	15271	
	15	50	268	7052	5756	4673	3968	3747	4045	4816	5943	7254	8549	9632	10337	10558	10260	9489	8363	14175	
	16	37	276	6710	5421	4276	3447	3063	3180	3781	4775	6010	7299	8444	9272	9657	9540	8939	7945	12604	
	17	25	283	5877	4859	3906	3164	2746	2714	3075	3773	4701	5719	6672	7414	7832	7864	7503	6805	10481	
	18	13	290	4319	3756	3202	2742	2446	2359	2495	2832	3319	3883	4436	4896	5192	5279	5143	4806	7568	
	21 March + 24 Sep.	7	13	98	3679	4268	4799	5192	5387	5353	5097	4657	4100	3511	2979	2586	2392	2425	2681	3122	7707
		8	25	107	4558	5584	6571	7370	7858	7961	7664	7012	6103	5077	4090	3291	2803	2700	2997	3650	10564
		9	36	119	4696	5915	7191	8329	9156	9547	9441	8855	7877	6658	5382	4244	3417	3027	3133	3719	12458
		10	47	133	4665	5807	7133	8440	9530	10236	10452	10144	9360	8218	6892	5585	4496	3789	3573	3881	13897
		11	54	154	4426	5201	6307	7576	8814	9833	10478	10651	10325	9550	8444	7175	5937	4918	4273	4100	14616
12		57	180	4358	4598	5281	6303	7509	8716	9738	10421	10661	10421	9738	8716	7509	6303	5281	4598	14882	
13		54	206	4426	4100	4273	4918	5937	7175	8444	9550	10325	10651	10478	9833	8814	7576	6307	5201	14616	
14		47	227	4665	3881	3573	3789	4496	5585	6892	8218	9360	10144	10452	10236	9530	8440	7133	5807	13897	
15		36	241	4696	3719	3133	3027	3417	4244	5382	6658	7877	8855	9441	9547	9156	8329	7191	5915	12458	
16		25	253	4558	3650	2997	2700	2803	3291	4090	5077	6103	7012	7664	7961	7858	7370	6571	5584	10564	
17		13	262	3679	3122	2681	2425	2392	2586	2979	3511	4100	4657	5097	5353	5387	5192	4799	4268	7707	
21-Dec		8	10	126	2683	3086	3531	3949	4278	4466	4486	4334	4034	3631	3186	2767	2439	2250	2230	2382	6655
		9	19	137	3139	3817	4628	5448	6153	6635	6821	6683	6240	5562	4751	3931	3226	2744	2558	2696	9293
		10	27	149	3120	3845	4821	5901	6918	7720	8183	8237	7873	7148	6172	5092	4075	3273	2810	2756	10892
		11	32	164	2983	3539	4461	5610	6810	7879	8654	9017	8913	8357	7435	6286	5086	4017	3242	2879	11787
		12	34	180	2917	3159	3848	4879	6094	7310	8341	9030	9272	9030	8341	7310	6094	4879	3848	3159	12077
		13	32	196	2983	2879	3242	4017	5086	6286	7435	8357	8913	9017	8654	7879	6810	5610	4461	3539	11787
	14	27	211	3120	2756	2810	3273	4075	5092	6172	7148	7873	8237	8183	7720	6918	5901	4821	3845	10892	
	15	19	223	3139	2696	2558	2744	3226	3931	4751	5562	6240	6683	6821	6635	6153	5448	4628	3817	9293	
16	10	234	2683	2382	2230	2250	2439	2767	3186	3631	4034	4334	4486	4466	4278	3949	3531	3086	6655		
معدل الإضاءة (LUX)				4545	4651	4954	5408	5943	6479	6932	7235	7342	7235	6932	6479	5943	5408	4954	4651	4545	11778

- يبين الجدول (2) نسبة شدة الإنارة في كل اتجاه مقارنة بشدتها بالاتجاه الأفقي غير المعاق.

جدول (2) المعدلات الساعية لتباين مستويات الإنارة الطبيعية للسطوح الأفقية المختلفة التوجيه (لوكس) [البحث]

توجيه السطح الأفقي المعاق																السطح الأفقي غير المعاق	مستوى الإضاءة السمانية الساقطة على المستوى الأفقي
0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5		
4545	4651	4954	5408	5943	6479	6932	7235	7342	7235	6932	6479	5943	5408	4954	4651	11778	نسبة ما يستلمه السطح الأفقي حسب توجيهه الى ما يستلمه السطح الأفقي غير المعاق
0.386	0.395	0.42	0.46	0.50	0.55	0.59	0.61	0.62	0.61	0.59	0.55	0.50	0.46	0.42	0.395	1.00	

يظهر من الجدول (2) ان متوسط مستوى الإنارة للسطح الأفقي غير المعاق هو (11778) لوكس، وسيتم في هذا

البحث ولغرض تسهيل عمليات الحساب تقريب الرقم واعتباره (12000) لوكس، وهو ما سيمثل متوسط قيمة مركبة

السماء لمدينة بغداد. على ان تحافظ بقية التوجيهات للسطوح الافقية على النسب نفسها مقارنة باستضاءة السطح الافقي غير المعاق.

- ولتعلق الموضوع بالاضاءة المنعكسة من المباني المجاورة فقد تم حساب التباين في شدة الاضاءة الكلية (الاضاءة الشمسية المباشرة والانارة السمائية) الساقطة على اسطح المباني العمودية، الجدول (3).

جدول (3) المعدلات الساعية لتباين مستويات الإنارة الطبيعية للسطوح العمودية المختلفة التوجيه (لويس) [الباحث]

توجيه السطح العمودي															
0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5
3343	5689	9829	15100	20393	25399	28858	30350	30453	30350	28858	25399	20393	15100	9829	5689
متوسط الاضاءة الكلية (الشمسية + السمائية) الساقطة على المستوى العمودي															

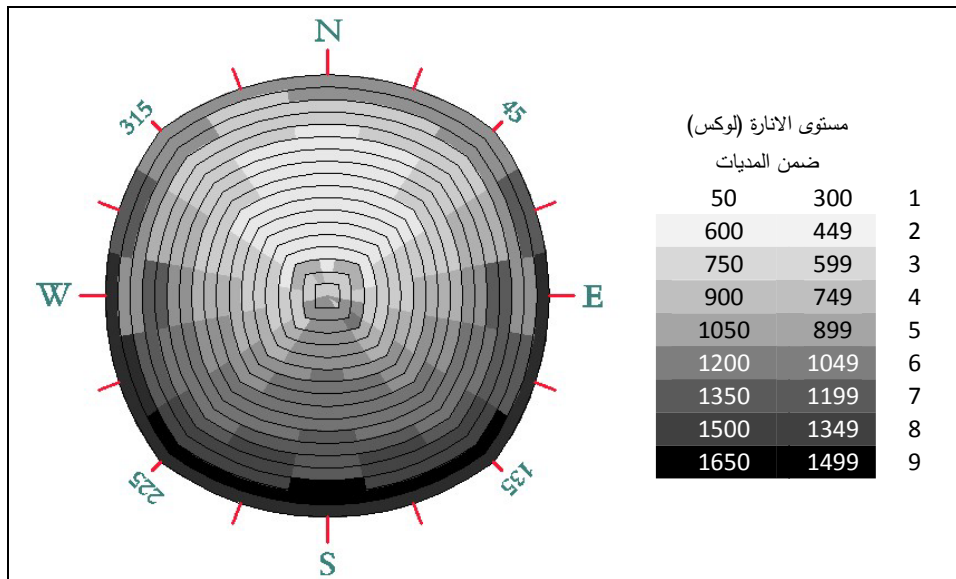
ب. مخططات توزيع الاستضاءة في القبة السماوية

بالاعتماد على نتائج الجداول الثلاث السابقة وبمقارنة قيم شدة الانارة في كل حالة مع نمط توزيعها في القبة السماوية وفقاً لمخططات Kittler (الشكل 5) أمكن رسم مخططات توزيع الاستضاءة في قبة السماء لمدينة بغداد للحالات الآتية:

ا. مخططات توزيع إستضاءة القبة السماوية لمدينة بغداد.

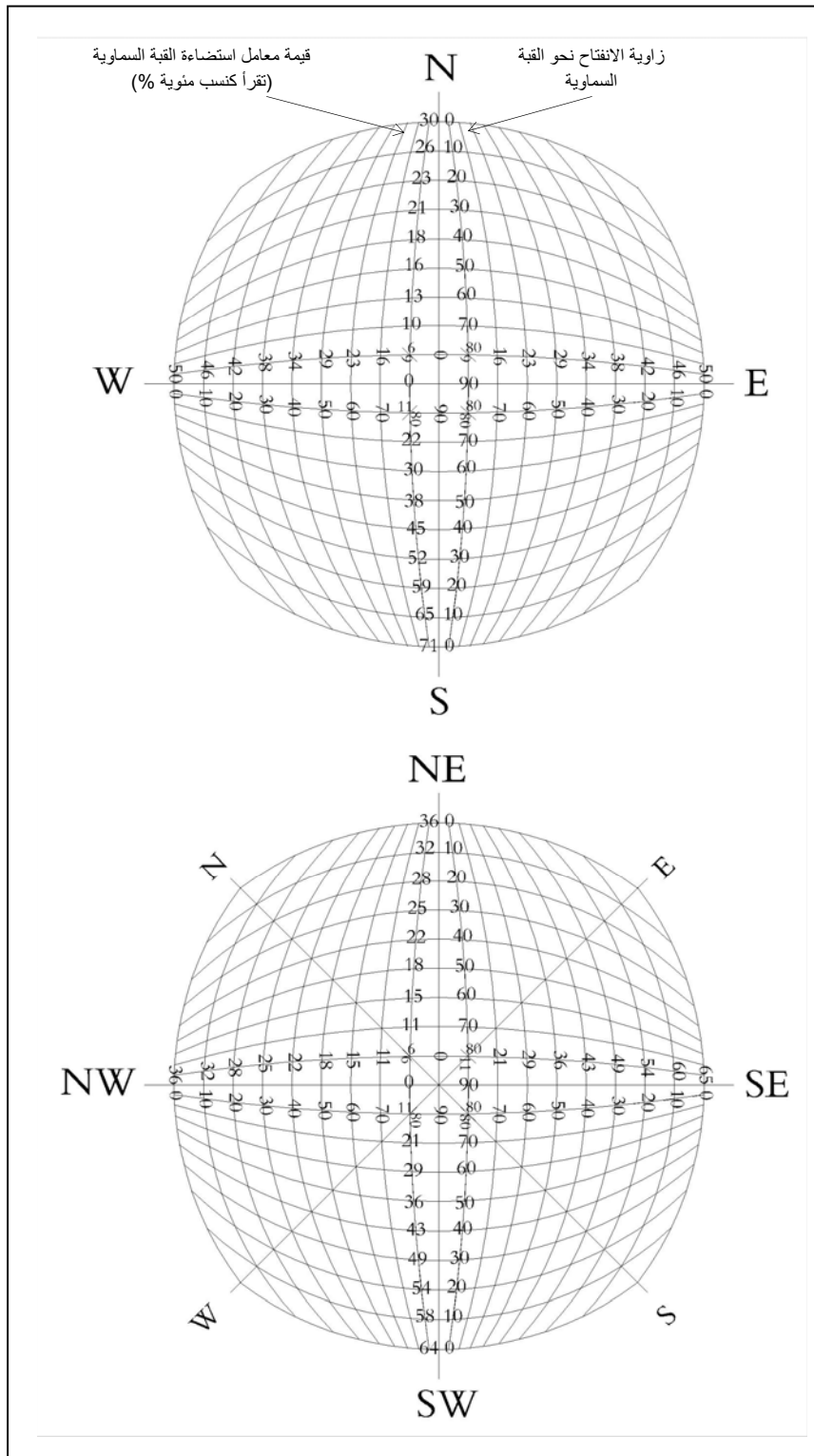
من خلال تطبيق حركة الشمس في الساعات المحددة في البحث على مخططات (Kittler) ثم جمعهم ضمن مخطط واحد أمكن التوصل الى مخطط يوضح المعدل السنوي لتوزيع مستويات الإستضاءة في القبة السماوية لمدينة بغداد،

الشكل (6).



شكل (6) معدل الاستضاءة السماوية في مدينة بغداد [الباحث]

في حين يبين الشكل (7) توزيع قيم مستويات الانارة في القبة السماوية التي توصل اليها البحث لحساب مستويات الانارة الخاصة بالشبابيك السفلية الافقية.



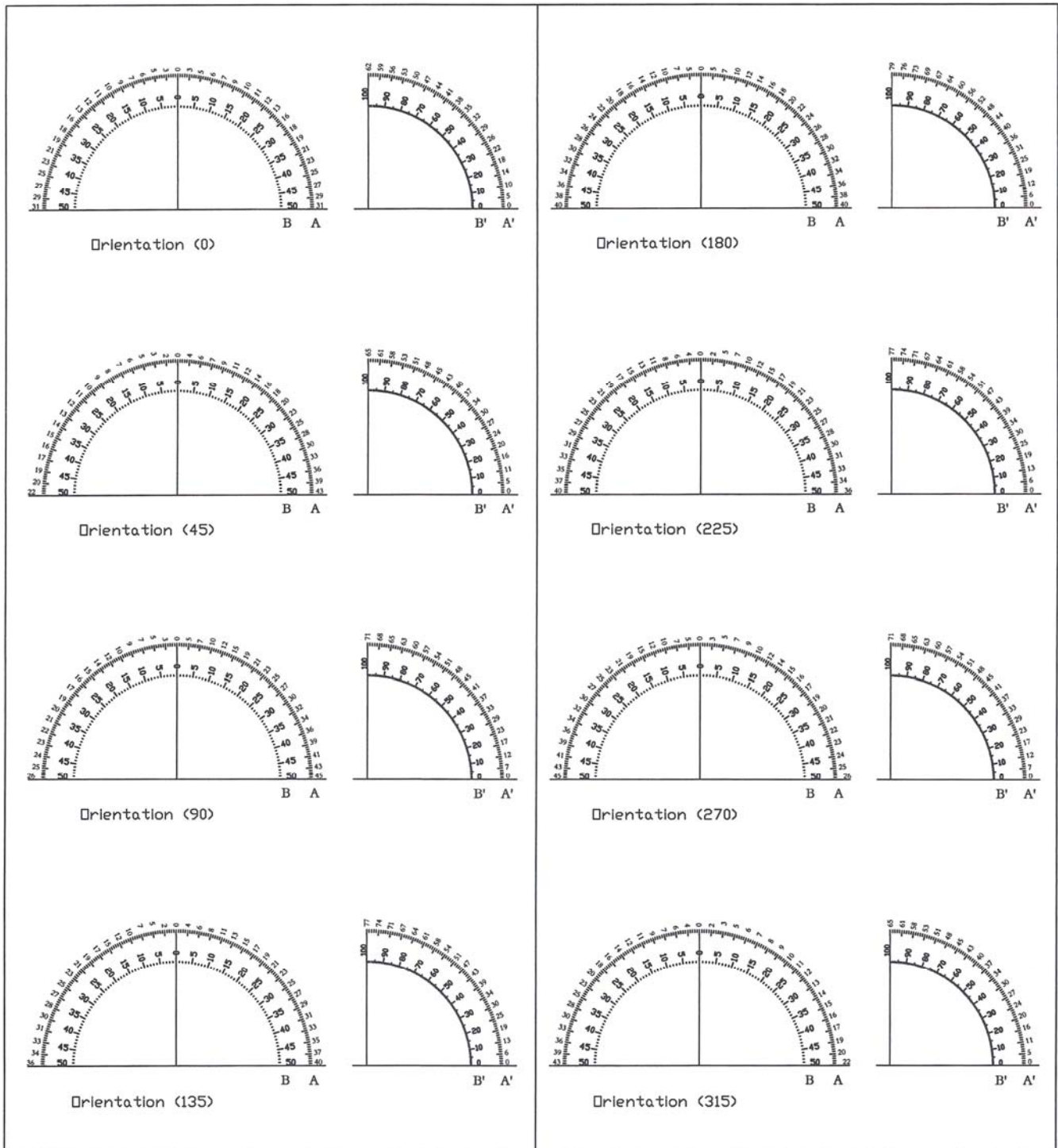
شكل (7) مخططات توزيع الانارة في القبة السماوية للشبابيك الأفقية [الباحث]

.ii

مخططات توزيع مستويات الانارة الطبيعية للأسطح الافقية المختلفة التوجيه من الجداول والمخططات السابقة تمكن البحث من التوصل الى مجموعة مخططات (ثمانية توجيهات) بهيئة منقلا نصف دائرية ومنقلا ربع دائرية في الشكل (8) توضح قيم توزيع مستويات الانارة للأسطح الافقية المواجهة لنصف القبة السماوية، التي ستعتمد لقياس مستويات الانارة في نقاط داخل فضاء يحوي على شبابيك عمودية ضمن جدرانها الخارجية.

حيث تشمل مخطط المنقلة الخاص بكل توجيه على الآتي:

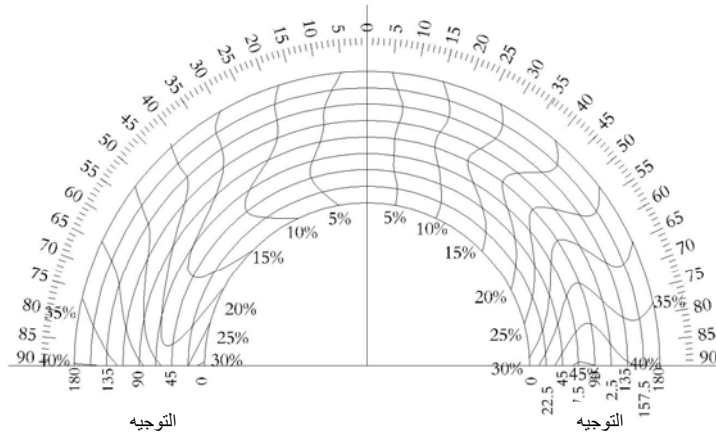
- منقلة بشكل نصف دائرة: تستخدم لوصف التوزيع الافقي لمستويات الانارة في القبة السماوية المقابلة للشباك، والموضحة قيمها على التدرج (A). وتستعمل هذه المنقلة مع المخطط الافقي للفضاء.
 - منقلة بشكل ربع دائرة: تستخدم لوصف التوزيع العمودي لقيم مستويات الانارة في القبة السماوية المقابلة للشباك، والموضحة قيمها على التدرج (A'). وتستعمل هذه المنقلة مع مخطط المقطع العمودي للفضاء.
- ولغرض التقليل من عدد المخططات الواردة في الشكل (8)، أمكن جمع المخططات (نصف الدائرية) الواردة في الاتجاه (0-180) ضمن مخطط واحد، والمخططات الواردة في الاتجاه (180 - 360) ضمن مخطط آخر وجمع المخططات ربع الدائرية لجميع الاتجاهات ضمن مخطط واحد، الشكل (9). حيث تعطي مجموعة المخططات في الشكل (8) أو المخطط في الشكل (9) النتائج نفسها.



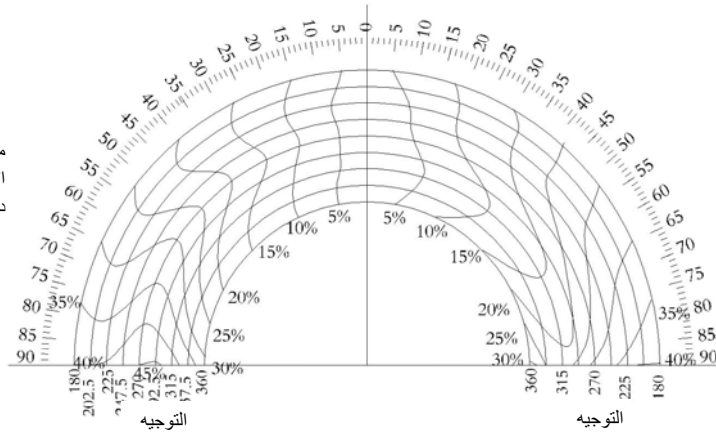
* جميع القيم الواردة في هذه المنقولات تقرأ كنسب مئوية (%)
تستخدم المنقولة نصف الدائرة مع المخطط الافقي للفضاء
تستخدم المنقولة ربع الدائرة مع المقطع العمودي للفضاء
يتم اختيار المنقولة الملائمة حسب توجيه الشباك ضمن الفضاء

شكل (8) منقولات استضاءة السماء والمباني المقابلة [الباحث]

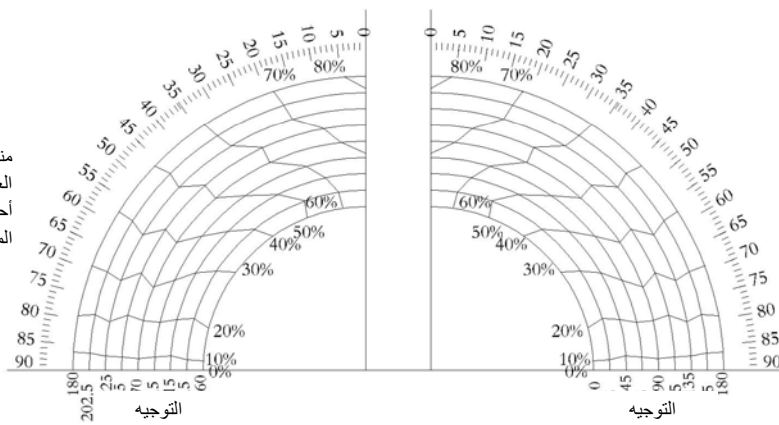
منقلة نصف دائرة تستخدم مع المخطط الأفقي للفناء للتوجيهات (180-0) درجة وفقاً لإتجاه عقرب الساعة.



منقلة نصف دائرة تستخدم مع المخطط الأفقي للفناء للتوجيهات (360-180) درجة



منقلتين ربع دائرة تستخدم مع المقطع العمودي لجميع التوجيهات، ويتم اختيار أحد الرسمين حسب اتجاه رسم مخطط المقطع



شكل (9) المنقلة العامة لاستضاءة السماء [الباحث]

iii. مخططات أثر وجود المباني المقابلة في عكسها للإضاءة الساقطة عليها الى داخل الفضاء تعتبر الإضاءة المنعكسة من المباني المقابلة أحد مصادر الانارة الطبيعية في الفضاءات الداخلية، ويعتمد مقدار الانارة المنعكسة بشكل عام على حجم الجزء الظاهر من المبنى المقابل للشباك وعلى توجيه المبنى ومعامل انعكاس أسطحه الخارجية. وسيتم تقدير كمية الانارة المنعكسة من المباني الخارجية بالاعتماد على المخططات الواردة في الشكل (8) والقيم الواردة في الجدول (3) السابقين. حيث تستخدم المنقلة النصف دائرية لوصف موقع الاسقاط الافقي للمبنى المقابل وموضح قيمها على التدرج (B)، في حين تستخدم المنقلة ربع دائرية لوصف ارتفاع المبنى المقابل نسبة الى الشباك وموضح قيمها على التدرج (B').

ج. خصائص الشباك في إعاقه نفاذ الانارة.

ان كمية الانارة الساقطة على الشباك لايسمح بنفاذها جميعا خلال الشباك، فهناك عامل الشباك في فقدان الإنارة الذي يعتمد على نوع مادة لوح الزجاج المستخدم (عامل التزجيج) ونوع مادة اطار الشباك (عامل التشكيل) مع أخذ تجمع الأوساخ على النافذة (عامل اتساخ الزجاج)، وكالاتي:

- عامل التزجيج: (Glazing Factor- GF):

كلما كان الزجاج غير نقي يكون عامل التزجيج مساويا للقيمة الواردة في الجدول (4) الاتي^[8]:

جدول (4) عامل نفاذية الزجاج

نوع الزجاج	عامل التزجيج
زجاج صافٍ	0.95
زجاج ناشر	0.95-0.90
زجاج ماص للحرارة	0.75 - 0.60
بلاستيك اكريلي	0.90 - 0.65

- عامل التشكيل (Framing Factor- FF):

يمكن حسابه على اعتبار انه نسبة مساحة الزجاج الصافية الى مساحة فتحة الشباك^[8].

$$\text{عامل التشكيل} = \frac{\text{مساحة الزجاج الصافية}}{\text{مساحة فتحة الشباك الكلية}}$$

الا انه يمكن استعمال قيمة عامة تساوي (0.75) في أغلب الاحيان.

- عامل اتساخ الزجاج (Dirt on Glass- D):

يعتمد على نوع موضع الشباك وتكرار تنظيفه ويكون الزجاج ذو الوضع الافقي او المائل اكثر تعرضاً لترسب الاتربة والاوزاخ عليه بالمقارنة مع الزجاج ذي الوضع العمودي، لذا يجب استعمال العوامل كما واردة في الجدول الاتي:

جدول (5) عامل اتساخ الزجاج^[8]

الموضع	عمودي	مائل	افقي
نظيف	0.90	0.80	0.70
صناعي	0.70	0.60	0.50
وسخ جداً	0.60	0.5	0.40

د. الخطوات المتبعة في تحديد مستويات الانارة على سطح العمل.

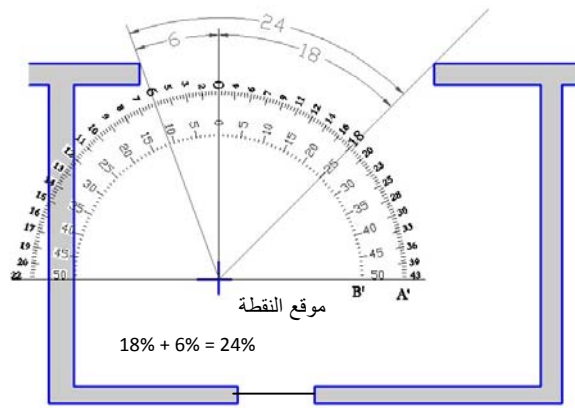
بعد ان تم استعراض كيفية الوصول الى مخططات توزيع الانارة الطبيعية في مدينة بغداد، فانه سيتطلب بعد ذلك توضيح الخطوات الملائم اتباعها لإستخدام هذه المخططات، والتي تتطلب في البدء وجود مخططات معمارية للفضاء المراد تقييم مستويات الانارة الطبيعية داخله، وكالآتي.

1. يرسم مخطط افقي للفضاء يوضح عليه موقع الشباك واتجاهه وموقع النقطة المطلوب حساب مستوى الانارة فيها، شكل (10).

2. يرسم مقطع عمودي للفضاء يحدد فيه ارتفاع مستوى العمل وارتفاع الشباك، شكل (11).

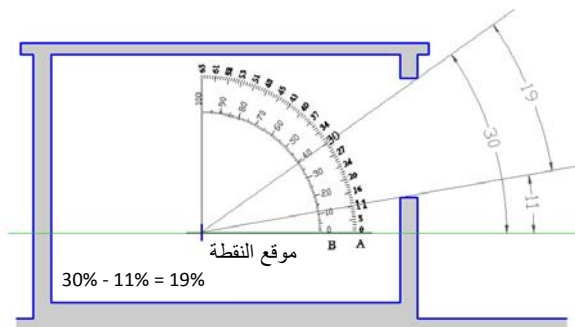
3. يتم اختيار مخطط المنقلة الملائم من الشكل (8) حسب توجه الشباك او من الشكل (9)

4. توضع المنقلة (نصف الدائرية من الشكل 8) على المخطط الافقي للفضاء بحيث ينطبق مركز المنقلة في النقطة المطلوب قياس مستوى الانارة الطبيعية فيها، ويتجه الخط الوسطي للمنقلة بالاتجاه العمودي على الشباك. شكل (10).



شكل (10) مخطط افقي للفضاء [الباحث]

5. توضع المنقلة (ربع الدائرية من الشكل 8) على المقطع العمودي للفضاء وفي النقطة المحددة المطلوب قياس مستوى الانارة فيها. شكل (11).



شكل (11) مقطع عمودي للفضاء والشباك [الباحث]

6. توصل نهايتا الفتحة (في كل من المخطط الافقي والعمودي على حدة) مع النقطة المحددة داخل الفضاء.

7. عند المستوى الافقي: تقرأ القيمتان عند تقاطع الخطين مع محيط التدرج (A)، تجمع القيمتان اذا كانت نقطتا التقاطع على جانبي نصف الدائرة المدرجة، أما اذا وقعتا على جانب واحد منه فيؤخذ الفرق بينهما ويكون ذلك هو معامل الانارة الافقي للشباك.
8. على مستوى المخطط العمودي: يحدد الفرق بين القيمتين التي تم تأشيرها بواسطة الخطين الموصلين الى حافتي الشباك، ويكون ذلك هو معامل الانارة العمودي للشباك.
9. تضرب قيمة معامل الانارة الافقي للشباك (الفقرة 7) في قيمة معامل الانارة العمودي (الفقرة 8) فينتج قيمة معامل الانارة الطبيعية للفتحة لكن بدون تأثير الاعاقه التي يسببها الشباك.
10. تضرب القيمة الناتجة (الفقرة 9) بقيم عامل التزجيج وفقا لنوع الزجاج المستخدم (GF) وعامل التشكيل لنوع الاطار المستخدم (FF) وعامل اتساخ الزجاج (D). فينتج قيمة معامل الانارة الطبيعية (الخاص بالمركبة السائبة) للنقطة المحددة داخل الفضاء.
11. تضرب قيمة معامل الانارة الطبيعية (الفقرة 10) بقيمة مركبة السماء لمدينة بغداد التي تم حسابها في هذا البحث والبالغة (12000) لوكس.
12. القيمة الناتجة هي المعدل السنوي لمستوى الانارة الطبيعية في النقطة المحددة داخل الفضاء.

هـ- حساب مستويات الانارة الطبيعية في الفضاء الحاوي على أكثر من شباك.

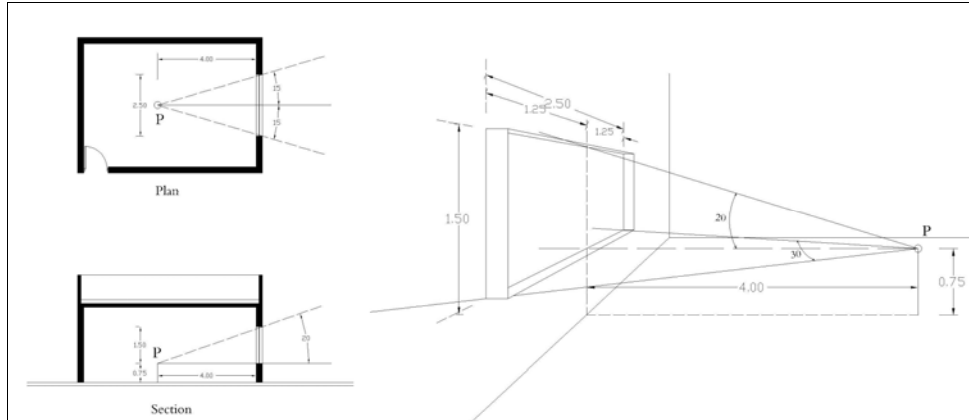
يمكن حساب مستويات الانارة في مستوى العمل داخل الفضاء الذي يشترك فيه نوافذ الجدران الجانبية المتقابلة أو المتجاورة أو التصاميم التي تشترك فيها الشبائيك الجانبية مع فتحات الانارة العلوية بطريقة الجمع، وذلك بحساب استنارة مستوى العمل من احد النوافذ على حدة ثم حساب الاستنارة من النافذة الاخرى وجمع الاستنارتين معا للحصول على الاستنارة الكلية على مستوى العمل.

6- امثلة تطبيقية:

لغرض توضيح كيفية تطبيق مخططات الانارة الطبيعية في قياس مستويات الانارة داخل الفضاءات سيتم استعراض ثلاث امثلة تشمل قياس حالات تصميمية متباينة.

(مثال/1): فضاء بابعاد (7*5) متر، وارتفاع (3) متر، يحوي على شباك يتجه نحو الشرق ابعاده (2.5) م عرضاً و1.5م ارتفاعاً) في وسط ضلعه القصير وترتفع عتبته السفلى (0.75) متر فوق مستوى الارضية. المطلوب قياس مستوى الانارة في مستوى العمل الذي يرتفع (0.75) متر، وعلى بعد (4.00)م من وسط الشباك.

الحل: يبين الشكل التالي مخطط الفضاء وموقع النقطة المطلوب قياس مستوى الانارة فيها، مع تحديد قيم الزوايا الافقية والعمودية بين النقطة وحافات الشباك.



بعد تحديد قيم الزوايا المؤشرة في الرسم، يتم الاعتماد على منقلة قياس الانارة الافقية والعمودية الخاصتين بالتوجيه الشرقي (90 درجة) (راجع الشكل 7). ليتم استخراج قيم معاملات الانارة الافقية والعمودية. كما موضح في الجدول الآتي:

قيمة الزاوية (درجة)	المقطع العمودي (0 - 20°)	المخطط الافقي	
		يسار (0 - 15°)	يمين (0 - 15°)
قيمة معامل الانارة (الافقية والعمودية)	(0-23)%	(0-7)%	(0-10)%
المراقبة لقيمة الزاوية (تؤخذ من الندرج A)	23%	17%	
القيمة الكلية لمعامل الانارة	(23% * 17%) = 3.9%		



تضرب قيم معاملات الانارة الكلية (3.9%) بقيمة مركبة السماء (البالغة 12000 لوكس) ليتم تحديد مستوى الانارة في النقطة المحددة لموقع العمل داخل الفضاء.

$$3.9\% * 12000 = 469 \text{ Lux}$$

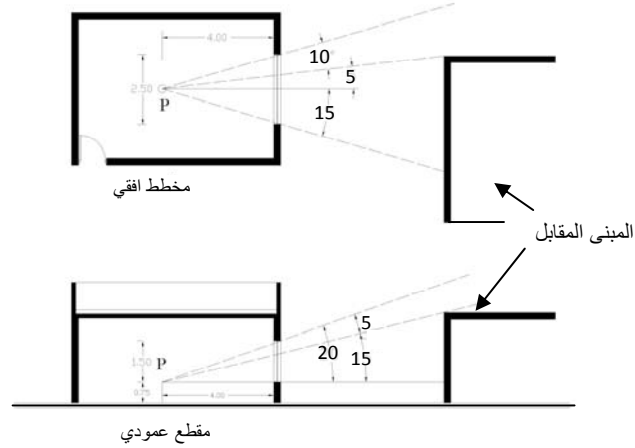
ان وجود اللوح الزجاجي واطار الشباك ووجود الاتساخ على الشباك سوف يعمل على التقليل من كمية الانارة الواصلة الى النقطة داخل الفضاء، ويمكن ان يحسب تأثير هذه المتغيرات بإفترض القيم الآتية:

$$(GF=0.95 * FF=0.80 * D=0.90) = 0.684$$

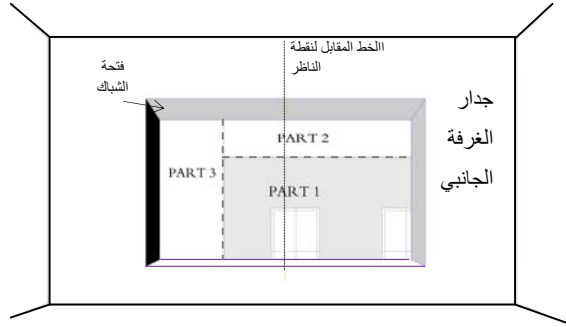
$$469 * 0.684 = 320 \text{ Lux}$$

بذلك يكون معدل مستوى الانارة الطبيعية الواصل الى موقع العمل (320) لوكس.

(مثال/2): للحالة السابقة نفسها، لكن مع وجود مبنى مقابل يعمل على حجز جزء من الانارة السماوية من الوصول الى الشباك، وفي الوقت نفسه يعكس جزء من الاضاءة الساقطة عليه. كما موضح في المخطط الآتي:



في هذه الحالة يتم تقسيم الانارة النافذة خلال الشباك والواصلة الى النقطة المطلوب قياس مستوى الانارة فيها الى ثلاث أجزاء، هي:



- انارة منعكسة من المبنى المقابل.

- انارة سماوية من جزء السماء المرئي الذي يعطو مستوى المبنى المقابل.

- انارة سماوية على يسار الشباك للجزء المرئي من القبة السماوية.

ويتم حساب كل من القيم الثلاث لهذه الانارة على حدة، ومن ثم تجمع هذه القيم للحصول على قيمة الانارة الكلية الواصلة للنقطة. كما موضح أدناه للحساب التفصيلي لكل قيمة من القيم الثلاث:

- الانارة المنعكسة من المبنى المقابل:

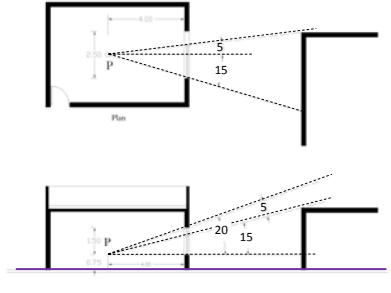
	المقطع العمودي	المخطط الافقي	
		يسار	يمين
قيمة الزاوية (درجة)	$(0 - 15)^\circ$	$(0-5)^\circ$	$(0-15)^\circ$
قيمة معامل الانارة المنعكسة من المبنى المقابل (تؤخذ من التدرج B,B')	$(0-16.5)\%$	$(0-3)\%$	$(0-8.5)\%$
	16.5%	11.5 %	
القيمة الكلية لمعامل الانارة المنعكسة	$(16.5\% * 11.5\%) = 1.9\%$		

ان قيمة معامل الانارة المنعكسة (1.9%) تضرب بقيمة معدل الاضاءة الكلية (الاضاءة الشمسية والانارة السمائية) الساقطة على المبنى المقابل (أي ذات التوجيه الغربي وقيمته 20393 لوكس- لاحظ الجدول 3)، ثم تضرب بقيمة

معامل انعكاس واجهة المبنى (وفي هذه الحالة نفترض ان قيمته 40%). فتكون قيمة الانارة المنعكسة من المبنى المقابل الواصلة الى النقطة داخل الفضاء كالآتي:

$$(1.9\% * 20393 * 40\%) = 155 \text{ Lux}$$

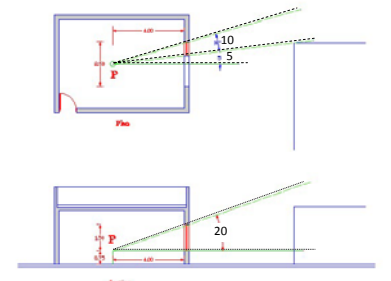
- الانارة السماوية من جزء السماء الذي يعلو مستوى المبنى المقابل:

	المقطع العمودي	المخطط الافقي		
		يسار	يمين	
قيمة الزاوية (درجة)	$(15 - 20)^\circ$	$(0-5)^\circ$	$(0-15)^\circ$	
قيمة معامل الانارة السماوية (تؤخذ من التدرج A,A')	$(17 - 23)\%$	$(0-3)\%$	$(0-10)\%$	
	6%	13%		
القيمة الكلية لمعامل الانارة	$(6\% * 13\%) = 0.78\%$			

وتحسب قيمة الانارة من جزء السماء الذي يعلو المبنى المقابل كالآتي:

$$(0.78\% * 12000) = 93.6 \text{ Lux}$$

- الانارة السماوية يسار الشباك للجزء المرئي من القبة السماوية:

	المقطع العمودي	المخطط الافقي		
		يسار	يمين	
قيمة الزاوية (درجة)	$(0 - 20)^\circ$	$(5 - 15)^\circ$	0	
قيمة معامل الانارة السماوية (تؤخذ من التدرج A,A')	$(0 - 23)\%$	$(3-9)\%$	0	
	23%	6%		
القيمة الكلية لمعامل الانارة	$(23\% * 6\%) = 1.38\%$			

وتحسب قيمة الانارة السماوية كالآتي:

$$(1.38\% * 12000) = 166.6 \text{ Lux}$$

بعد ذلك تجمع القيم الثلاث للإنارة ، وكالآتي:

$$(155 + 93.6 + 166.6) = 414 \text{ Lux}$$

ثم يؤخذ تأثير مادة الشباك في تقليل كمية الانارة النافذة، وكالآتي:

$$(GF=0.95 * FF=0.80 * D=0.90) = 0.684$$

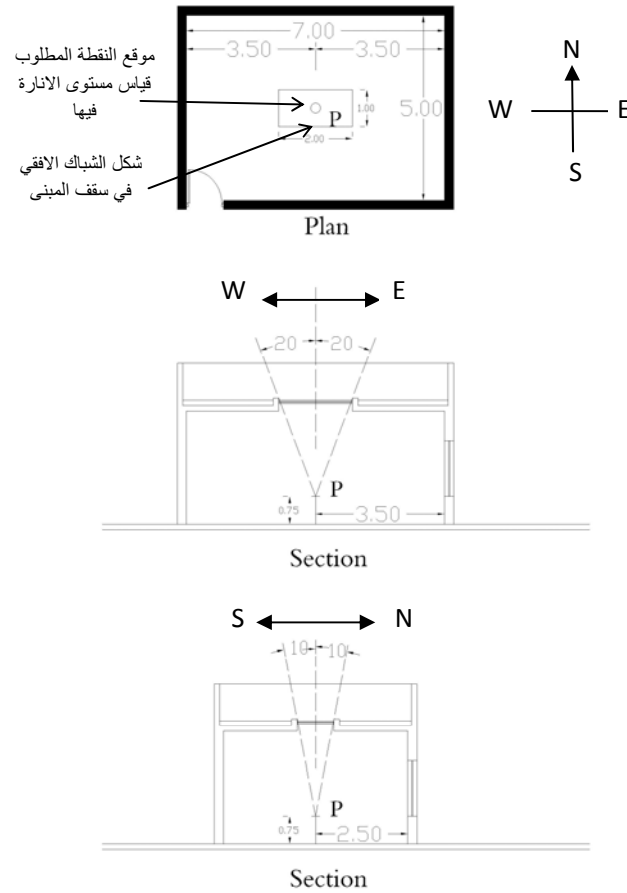
$$414 * 0.684 = 283 \text{ Lux}$$

اي ان معدل مستوى الانارة الطبيعية الواصل الى النقطة المحددة داخل الفضاء (283) لوكس.

(مثال/3): للفضاء نفسه الوارد في المثال الاول، الا ان الشباك الذي يحويه هو شبك سقفي افقي (Skylight) بابعاد

(2.0 * 1.0) متر، وموقع العمل المطلوب قياس مستوى الانارة فيه يقع في وسط اسفل الشباك الافقي وعلى ارتفاع

(0.75) متر من أرضية الفضاء. كما موضح في المخطط التالي:



الحل: تحسب قيم الزوايا الواردة في المقطعين ذي الاتجاهين المتعامدين، وتطبق قيم هذه الزوايا مع مخطط توزيع الانارة للقبعة السماوية (الشكل 7 السابق) للحصول على قيم معامل انارة السماء، وكالآتي:

	N + S		E + W	
	N	S	E	W
قيمة الزاوية (درجة)	(0-10) ^o	(0-10) ^o	(0-20) ^o	(0-20) ^o
قيمة معامل الانارة السماوية	6%	11%	16%	16%
تجمع قيم كل اتجاهين متقابلين	17%		32%	
القيمة الكلية لمعامل الانارة	(17% * 32%) = 5.44%			

ثم تضرب قيمة معامل الانارة (5.44%) بقيمة مركبة السماء (12000) للحصول على مستوى الاضاءة على مستوى العمل.

$$(5.44\% * 12000) = 653 \text{ Lux}$$

ويكون لمادة الشباك تأثير في تقليل كمية الانارة النافذة:

$$(GF=0.95 * FF=0.80 * D=0.90) = 0.684$$

$$653 * 0.684 = 446 \text{ Lux}$$

بذلك فان معدل مستوى الانارة الطبيعية الواصل الى النقطة المحددة أسفل الشباك السقفي (446) لوكس.

7- النتائج:

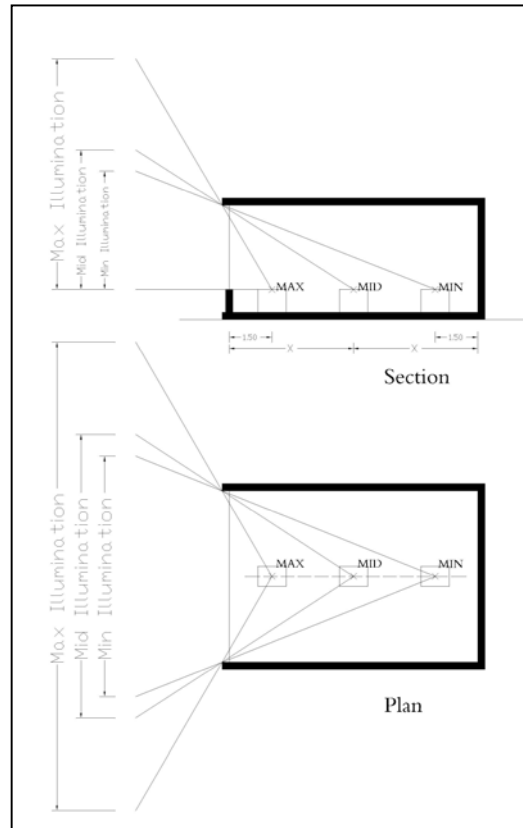
في هذه المرحلة تم تطبيق الطريقة التي توصل اليها البحث على عدد من الخصائص التصميمية لشكل الشباك وابعاد الفضاء لغرض قياس نمط التغير الحاصل في مستويات الانارة الطبيعية لنقاط منتخبة داخل الفضاء، وكالاتي:

- 1- مستويات الانارة داخل الفضاءات بدلالة قيم معاملات الانارة الطبيعية الخاصة بمركبة السماء لمدينة بغداد: يمكن في التصميم الاعتماد على تحقيق قيم معاملات الانارة الطبيعية دون الحاجة الى حساب مستويات الانارة الطبيعية. فالعلاقة بين مستوى الانارة داخل الفضاء وقيم معاملات الانارة الطبيعية موضحة في الجدول الآتي:

مستوى الانارة الطبيعية للفضاء (لوكس)	قيم معاملات الانارة الطبيعية (وفقاً للطريقة المحددة في البحث)	الانارة النافذة خلال فتحات مجردة ¹¹ (لاتحوي على الواح زجاجية)	الانارة نافذة خلال شبابيك ذات الواح زجاجية اعتيادية
50	0.42%	0.68%	
100	0.83%	1.36%	
150	1.25%	2.04%	
200	1.67%	2.72%	
250	2.08%	3.40%	
300	2.50%	4.08%	
350	2.92%	4.77%	

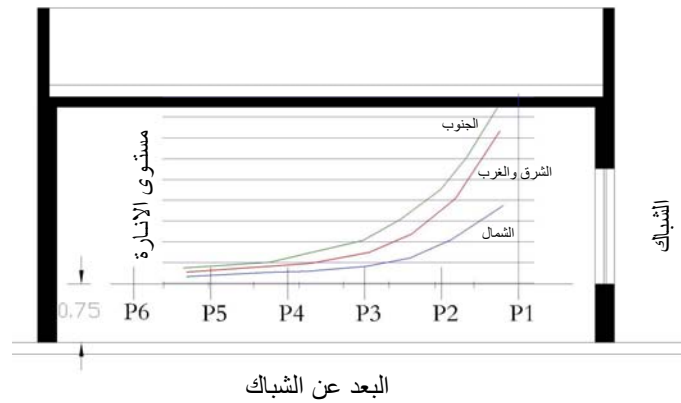
وتعتبر قيم معاملات الانارة المثبتة في الجدول هي الحد الأدنى من مستويات الانارة الملائم توفيره في عموم مساحة الفضاء، ويتم عادة قياس مستوى الانارة بأخذ المعدل لثلاث نقاط توزع داخل الفضاء^[9]، بحيث تبعد النقطة الاولى عن فتحة الشباك بمسافة (1.5) متر ويعتبر مستوى الانارة عندها أكبر مايمكن، وتقع النقطة الثانية عند منتصف عمق الفضاء، وتقع النقطة الثالثة قبل الجدار المقابل للنافذة بمسافة (1.5) متر ويعتبر مستوى الانارة عندها أقل مايمكن، الشكل الآتي:

¹¹ الفتحات المجردة: هي الفتحات في غلاف المبنى الخارجي لاتحوي على الزجاج اوعنصر الشباك.



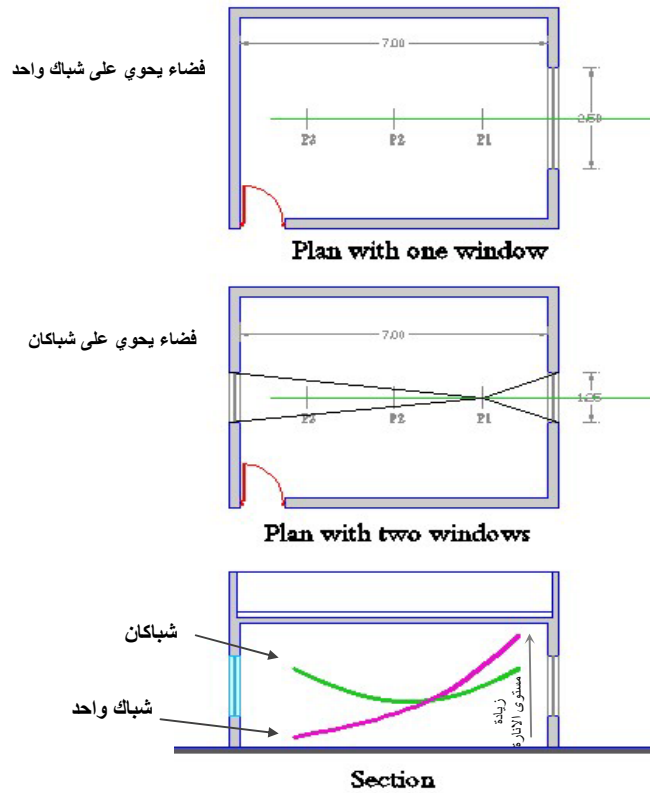
2- تباين مستويات الانارة داخل عمق الفضاء:

تم قياس الانخفاض في مستويات الانارة بزيادة الابتعاد عن الشباك داخل عمق الفضاء، وتباين نمط ذلك الانخفاض بتغير توجيه الشباك. كما موضح في الشكل الآتي:



3- تجانس توزيع الانارة داخل الفضاء عند استخدام أكثر من شباك:

تمت مقارنة تجانس توزيع الانارة داخل الفضاء عند تقسيم مساحة الشباك المستخدم الى شباكين يقعان في جدارين مختلفين، والشكل الاتي يوضح ان استخدام أكثر من شباك يساعد في تحقيق تجانس أكبر في انارة الفضاء الداخلي:



8- الاستنتاجات:

- 1- يمكن للمصمم تطبيق الاسلوب الذي تم اقتراحه في هذا البحث عند مرحلة التصميم، باعتماد المخططات المعمارية الافقية والعمودية للفضاء المطلوب تصميم الانارة الطبيعية فيه. كما يمكن في هذه الحالة الاعتماد على تحقيق قيم (معاملات الانارة الطبيعية) داخل الفضاء دون الحاجة الى تكملة الحسابات بالوصول الى تحديد شدة الاستنارة المقاسة باللوكس.
- 2- ان قيم معاملات الانارة الطبيعية الملائم تحقيقها في الفضاءات المختلفة الوظائف يمكن توضيحها في الجدول الآتي:

قيم معاملات الانارة الطبيعية	وظيفة الفضاء	قيم معاملات الانارة الطبيعية	وظيفة الفضاء
المدارس:		السكن:	
2.4%	الصف الدراسي عموماً	4%	المطبخ
4%	لوحة الكتابة	1.2%	غرفة المعيشة
المكتبات:		2%	غرفة الدراسة
1.2%	رفوف الكتب	0.8%	ممرات الحركة
2.4%	مناضد القراءة	1.2%	السلالم
0.8%	مخزن الكتب	1.2%	خزن الاطعمة

- 3- عند احتواء الفضاء على أكثر من جدار معرض للبيئة الخارجية، يفضل توزيع مساحة الشبائيك على جدارين أو أكثر من جدران الفضاء. إذ ان استخدام شبائك واحد (وخاصة اذا وقع ضمن الضلع القصير للفضاء) قد يعمل على التقليل من التوزيع المتجانس للإضاءة وبالتالي قد ينتج ظلال غير مريحة ضمن مساحة العمل داخل الفضاء.
- 4- ان مصادر الانارة التي تم حسابها في هذا البحث هي مرتبطة بقيم إنارة مركبة السماء (Sky Component) الواصلة الى موقع العمل داخل الفضاء، يضاف اليها كميات الانارة المنعكسة من المباني والمصدات الخارجية المقابلة للشبائيك. اما مركبة الانارة الداخلية المنعكسة (Internal Component) فهذه لم تدخل ضمن نطاق هذا البحث وعموماً فان قيم هذه المركبة ستزيد من مستويات الانارة الواصلة الى موقع العمل اعتماداً على خصائص تصميم الفضاء الداخلي من حيث المساحة والابعاد وطبيعة الاسطح الداخلية.
- 5- العمق الذي يمكن أن تصله مستويات الانارة الطبيعية الملائمة داخل الفضاء يتحدد عموماً بـ (5-7) امتار بالنسبة للفضاءات ذات الارتفاع المقارب الى (3) أمتار، وهو يعتمد بالدرجة الاساس على عرض الفضاء وتوجيهه وعلى وجود المصدات الخارجية. ولغرض تحقيق الانارة الجيدة للفضاءات ذات العمق الكبير يمكن استخدام شبائيك ضمن جدارين متقابلين او بتركيب الانارة الاصطناعية المساعدة، ولا يفضل استخدام الشبائيك السقفية الافقية الا في حالات تصميمية معينة وضمن معالجات خاصة لان هذه الشبائيك عموماً تعمل على نفاذ كميات كبيرة من الحرارة المصاحبة للإشعاع الشمسي المباشر.
- 6- رغم قلة مستويات الانارة الطبيعية القادمة من الشبائيك ذات الاتجاه الشمالي، الا انها أكثر تحقيقاً للتجانس في توزيع الانارة داخل عمق الفضاء مقارنة ببقية التوجيهات.

المصادر:

- 1- كودة الانارة الطبيعية، كودات البناء الوطني الاردني، مجلس البناء الوطني الاردني، الطبعة الاولى، 1992
- 2- Kenny, P., Olley, J., Lewis, J. O, " Whole-Sky Luminance Maps from Calibrated Digital Photography", *EUROSUN 2006* Glasgow, Scotland, , 27-JUN-06 - 30-JUN-06.
[http://www.pro-lite.co.uk/File/case_study_illumination_design.php\(2006\)](http://www.pro-lite.co.uk/File/case_study_illumination_design.php(2006))
- 3- Evans, M., "Housing, Climate and Comfort", Architectural Press Ltd, 1980.
- 4- Daylight in architecture, Dr. Naseer M.A., department of architecture, national institute of technology, Calicut, Kerala, 2008
- 5- "DAYLIGHT PERFORMANCE INDICATORS", The Energy Systems Laboratory, 2009
<http://esl.eslwin.tamu.edu/ESL-IC-09-11-07.pdf>
- 6- William, Pierpoint, "A Simple Sky Model for Daylighting", 1983.
- 7□ Kittler, R., "Standardization of Luminance Distribution on Clear Skies", Bureau Center Dela Cie, France, 1973.
- 8□ Yeoh OonSoon, Daylight Factor Prediction , May 2009
- 9□ الاضاءة، د. حاتم جلال عبد العظيم ابراهيم، قسم العمارة وعلوم البناء، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية، 2008م
<http://faculty.ksu.edu.sa/hatem%20ibrahim/lighting%20lectures/lecturere%205.pdf>