# مخططات تصميم الانارة 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 للإنارة في ظروفها الخارجية. ولقلة الدراسات المهتمة بتصميم الانارة الطبيعية في السماء الصافية، فقد توجه هذا البحث الى الاهتمام بجانب تصميم الانارة الطبيعية. وحدد الهدف بمحاولة إيجاد طريقة يمكن ان تساعد المصممين في تحقيق المستويات الملائمة للإنارة الطبيعية داخل الفضاءآت المعمارية باختلاف أشكالها واحجامها.

تم حساب المعدل السنوي لتوزيع الاستضاءة السماوية على الاسطح الافقية المختلفة التوجيه والسطح الافقي غير المعاق علاوة على حساب شدة الاضاءة السماوية والشمسية الساقطة على الاسطح العمودية لواجهات الابنية المقابلة للشبابيك.

توصل البحث الى طريقة يمكن خلالها تقدير مستوى الإنارة الطبيعية في نقاط منتخبة داخل الفضاء تحت ظروف السماء الصافية لمدينة بغداد. شملت الطريقة الخاصة بالبحث إنشاء عدد من المخططات على هيئة منقلات تستخدم مع الرسوم المعمارية للفضاءآت (المخططات الافقية والمقاطع العمودية) وبإعتماد هذه المنقلات يمكن قياس مستويات الانارة 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 امكانية التنبؤ بتوزيع مستويات الانارة 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 الانارة 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.

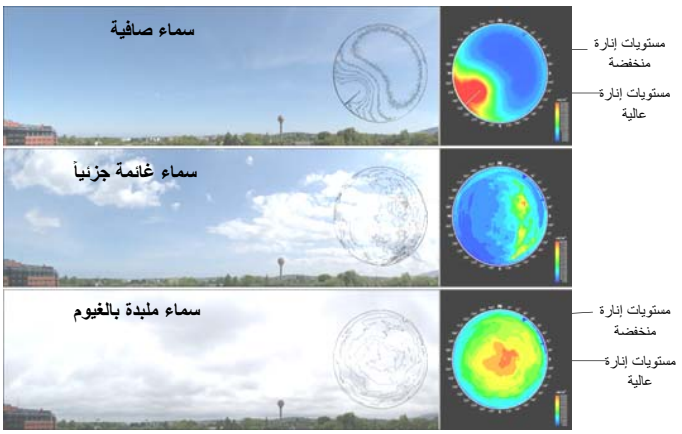
ان لضوء النهار ميزات عديدة تجعل استعماله لإنارة المباني ليس مرغوبا فحسب بل قيما من وجهة النظر النفسية والجمالية وحتى الاقتصادية في بعض الاحيان عندما يكون تصميمه صحيحاً من حيث الكم والنوع، لذا هدف هذا البحث الى تحديد طريقة يمكن ان تساعد المصممين في تحقيق المستويات الملائمة للإنارة الطبيعية داخل الفضاءآت 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 الانارة الطبيعية:

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

**الشمس:** ان مساهمة الاضاءة الشمسية المباشرة تُستثنى عادة من حسابات الانارة 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 بوساطة الغبار والجزئيات 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).

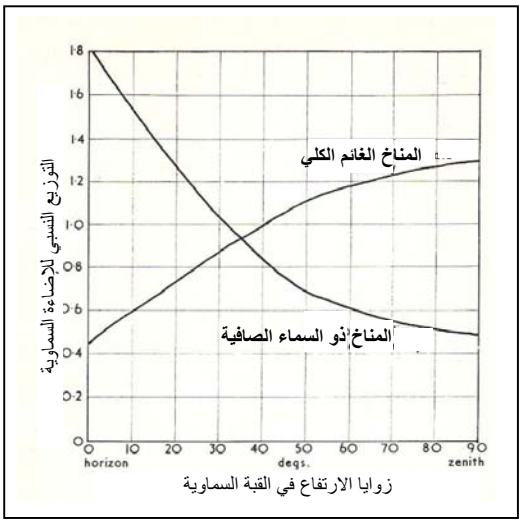



**شكل (1) انواع السماوات نسبة لكمية الغيوم المغطية لها**[2]

**السماء الصافية:** تتغير انارة 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 انارية السماء الملبدة بالغيوم باختلاف الموقع والوقت وكثافة الغيوم وانتظامية التلبيد أخذين 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 الانارة بين السماء الصافية والسماء الملبدة بالغيوم [3].




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

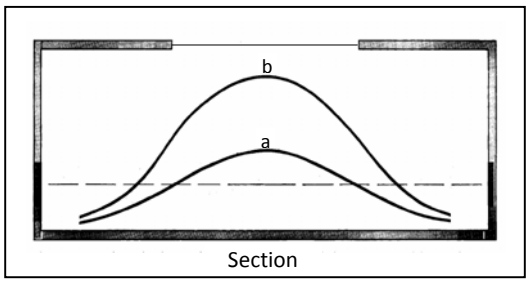
**الضوء المنعكس:** يمكن للضوء المنعكس من الخارج الى الاماكن الداخلية في المباني ان يساهم في رفع مناسيب الإنارة الداخلية او ان يؤدي الى ابهار غير مرغوب او الى النتيجتين معاً. وباستعمال مواد فاتحة اللون في سطوح المباني المجاورة فانه يمكن عادة زيادة الضوء المنعكس عن تلك المباني الى الشبابيك وبالتالي الضوء 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 الانارة الطبيعية:**

تعتبر فتحات الشبابيك الموجودة في غلاف المبنى المنفذ الرئيس لإنارة الفضاءآت الداخلية، وعادة ما تقسم هذه الفتحات اعتمادا 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:** لايحبذ في المناطق ذات السماء الصافية استخدام فتحات للإنارة العلوية، ومع ذلك فانه قد تزود بعض المباني بفتحات علوية تسمح للانارة الطبيعية بالوصول الى داخلها. واذا استعملت الشبابيك العلوية بوضعٍ افقي مع زجاج صاف فان ذلك سيتسبب في نفاذ كميات كبيرة من الحرارة الشمسية المباشرة والانارية الساطعة من السماء واللتان يؤثران سلبياً على الشعور بالراحة البصرية وزيادة درجات الحرارة داخل الفضاء بشكل كبير (أمّا في حالة استعمال شبابيك علوية بوضع عمودي فانها ستعامل كالفتحات 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 الشبابيك الافقية في السماء الصافية قد تستلم مستويات انارة أقل مما تستلمه الشبابيك 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**

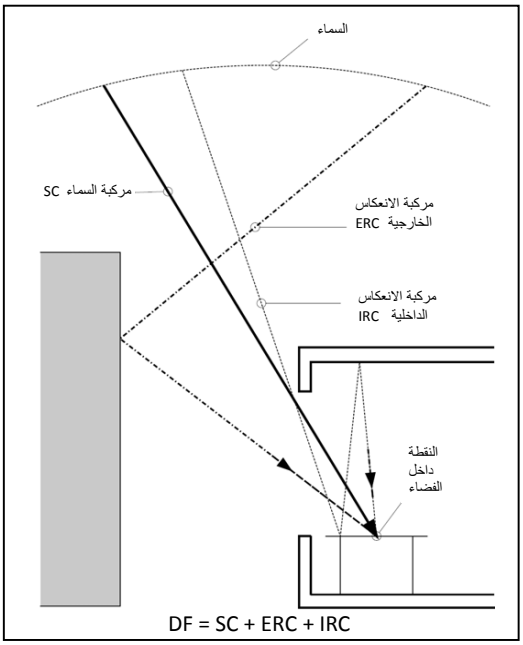
**4- تصميم الانارة الطبيعية:**

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 القصوى والدنيا او مع الظرف 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 الاستنارة 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 والاعاقة 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 الرئيسة لتصميم الانارة الطبيعية بإعتماد طريقة عامل ضوء النهار**[5]

الا ان هذه الطرق عادة ما تكون مبنية على سماء غائمة كليا اوسماء 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 أحدى المحاولات لإيجاد طريقة يمكنها التنبؤ بقياس مستويات الانارة الطبيعية لظروف مدينة بغداد ضمن مستويات العمل داخل الفضاءآت .

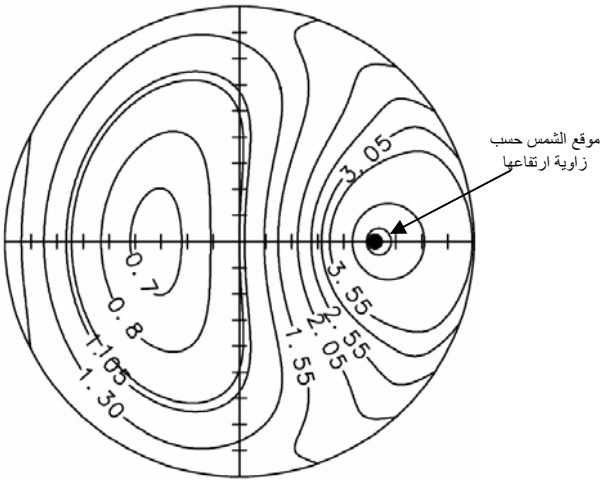
## 5- الطريقة المقترحة للتنبؤ بمستويات الانارة الطبيعية في الفضاءآت الداخلية:

لقياس مستويات الانارة الطبيعية داخل الفضاءآت 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 الشبابيك والمعوقات الخارجية وبالتالي تحديد كمية الانارة السمائية والانارة المنعكسة الخارجية.

وسيتم توضيح الطريقة المقترحة بالخطوات الآتية:

أ. حساب مستويات الانارة في ظروف سماء مدينة بغداد.

تم في هذه المرحلة الاعتماد على عدد من المعادلات الرياضية[6][1] ومخططات (Kittler) الخاصة بوصف طبيعة توزيع مستويات الانارة في السماء الصافية وفقا لحركة الشمس خلال اشهر السنة وتغير قيم زوايا اتجاه الشمس (Az) وقيم زوايا ارتفاعها (Al)[7]، شكل (5).




**شكل (5) نموذج لمخططات Kittler حول توزيع مستويات الانارة السمائية لظروف السماء الصافية إعتماداً على زاوية ارتفاع الشمس**[7]

تمت دراسة ظروف الانارة في سماء مدينة بغداد باختيار حركة الشمس في اربعة أيام تمثل معدل حركة الشمس السنوية، وهي:

- يوم 21 آذار يمثل الاعتدال الربيعي.
- يوم 21 حزيران يمثل الانقلاب الصيفي.
- يوم 24 أيلول يمثل الاعتدال الخريفي.
- يوم 21 كانون الاول يمثل الانقلاب الشتوي.

وبتطبيق المعادلات الرياضية وفقا لطبيعة حركة الشمس في مدينة بغداد، تم الحصول على معدلات الانارة الطبيعية وكالآتي:

- يبين الجدول (1) القيم الساعية للانارة السمائية للسطوح الافقية وللتوجيهات المختلفة.

---

[1] تم اعتماد المعادلات الاتية:

استنارة السماء على السطح الافقي ($E_{kH}$) $E_{kH} = 16.25 \sin^{0.5}(AL) \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$

إستنارة السماء على السطح الافقي المواجهه لنصف القبة السماوية ($E_{kh}$): $E_{kh} = 8.2 \sin^{0.5}(AL) + 6.9 \sin(AL)\cos(AL)\cos(HSA)$

إستنارة السماء على جدار أو سطح عمودي ($E_{kv}$): $E_{kv} = [4.0\ AL^{1.3} + 12.\sin^{0.3}(AL)\cos^{1.3}(AL)]\cdot[(2+\cos(HSA))/(3-\cos(H$

حيث ان:

(Al) = زاوية ارتفاع الشمس، وهي الزاوية العمودية المحددة بين خط الافق وارتفاع الشمس في قبة السماء

(HSA) = زاوية الظل الافقية، وهي الزاوية المحصورة بين العمود الساقط على السطح العمودي واتجاه الاشعاع الشمسي.

المصدر: ( Noell, Eunice, Daylighting Design, Energy Environment & Architecture, American Institute of Architects, (Washington, DC, 1992.

**جدول(1) المعدلات الساعية لمستوى الانارة الساقطة على السطح الافقي (لوكس)**[الباحث]

| التاريخ | الساعات | زاوية الارتفاع Al | زاوية الاتجاه Az | توجيه السطح الافقي المعاق | | | | | | | | | | | | | | | السطح الافقي 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 الاضاءة (LUX)** | | | | **4545** | **4651** | **4954** | **5408** | **5943** | **6479** | **6932** | **7235** | **7342** | **7235** | **6932** | **6479** | **5943** | **5408** | **4954** | **4651** | **11778** |

– يبين الجدول (2) نسبة شدة الانارة في كل اتجاه مقارنة بشدتها بالاتجاه الافقي غير المعاق.

**جدول (2) المعدلات الساعية لتباين مستويات الإنارة الطبيعية للسطوح الافقية المختلفة التوجيه (لوكس)** [الباحث]

| | السطح الافقي غير المعاق | توجيه السطح الافقي المعاق | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 337.5 | 315 | 292.5 | 270 | 247.5 | 225 | 202.5 | 180 | 157.5 | 135 | 112.5 | 90 | 67.5 | 45 | 22.5 | 0 |
| **مستوى الاضاءة السمائية الساقطة على المستوي الافقي** | 11778 | 4651 | 4954 | 5408 | 5943 | 6479 | 6932 | 7235 | 7342 | 7235 | 6932 | 6479 | 5943 | 5408 | 4954 | 4651 | 4545 |
| **نسبة ما يستلمه السطح الافقي حسب توجيهه الى ما يستلمه السطح الافقي غير المعاق** | 1.00 | 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 | 0.386 |

يظهر من الجدول (2) ان متوسط مستوى الانارة للسطح الافقي غير المعاق هو (11778) لوكس، وسيتم في هذا البحث ولغرض تسهيل عمليات الحساب تقريب الرقم واعتبارهُ (**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 (لوكس)** [الباحث]

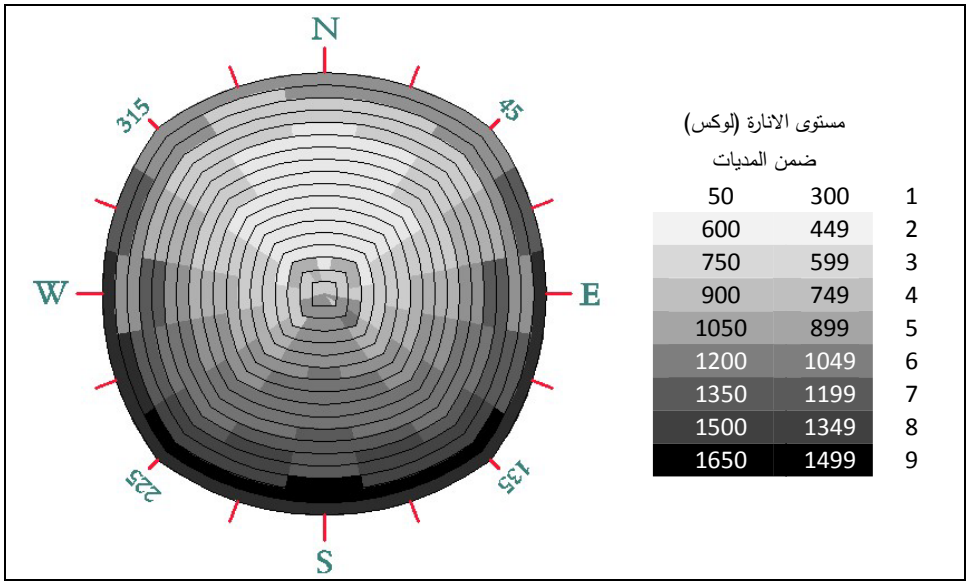
| | توجيه السطح العمودي | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 337.5 | 315 | 292.5 | 270 | 247.5 | 225 | 202.5 | 180 | 157.5 | 135 | 112.5 | 90 | 67.5 | 45 | 22.5 | 0 |
| متوسط الاضاءة الكلية (الشمسية + السمائية) الساقطة على المستوى العمودي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

ب. مخططات توزيع الاستضاءة في القبة السماوية

بالإعتماد على نتائج الجداول الثلاث السابقة وبمقارنة قيم شدة الانارة في كل حالة مع نمط توزيعها في القبة السماوية وفقاً لمخططات Kittler (الشكل5) أمكن رسم مخططات توزيع الاستضاءة في قبة السماء لمدينة بغداد للحالات الآتية:

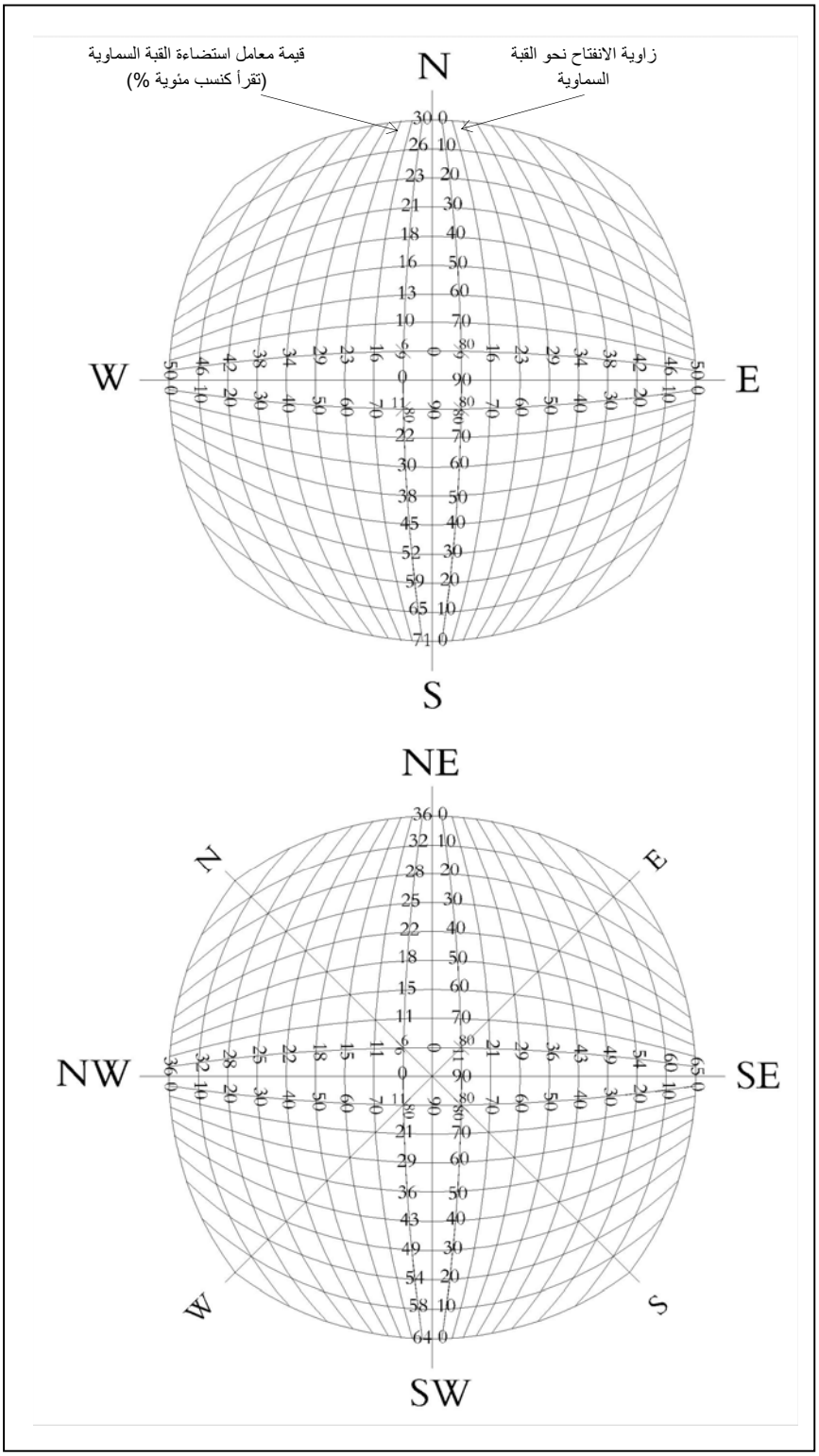
i. مخططات توزيع إستضاءة القبة السماوية لمدينة بغداد.

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 السقفية الافقية.




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

ii. مخططات توزيع مستويات الانارة الطبيعية للأسطح الافقية المختلفة التوجيه

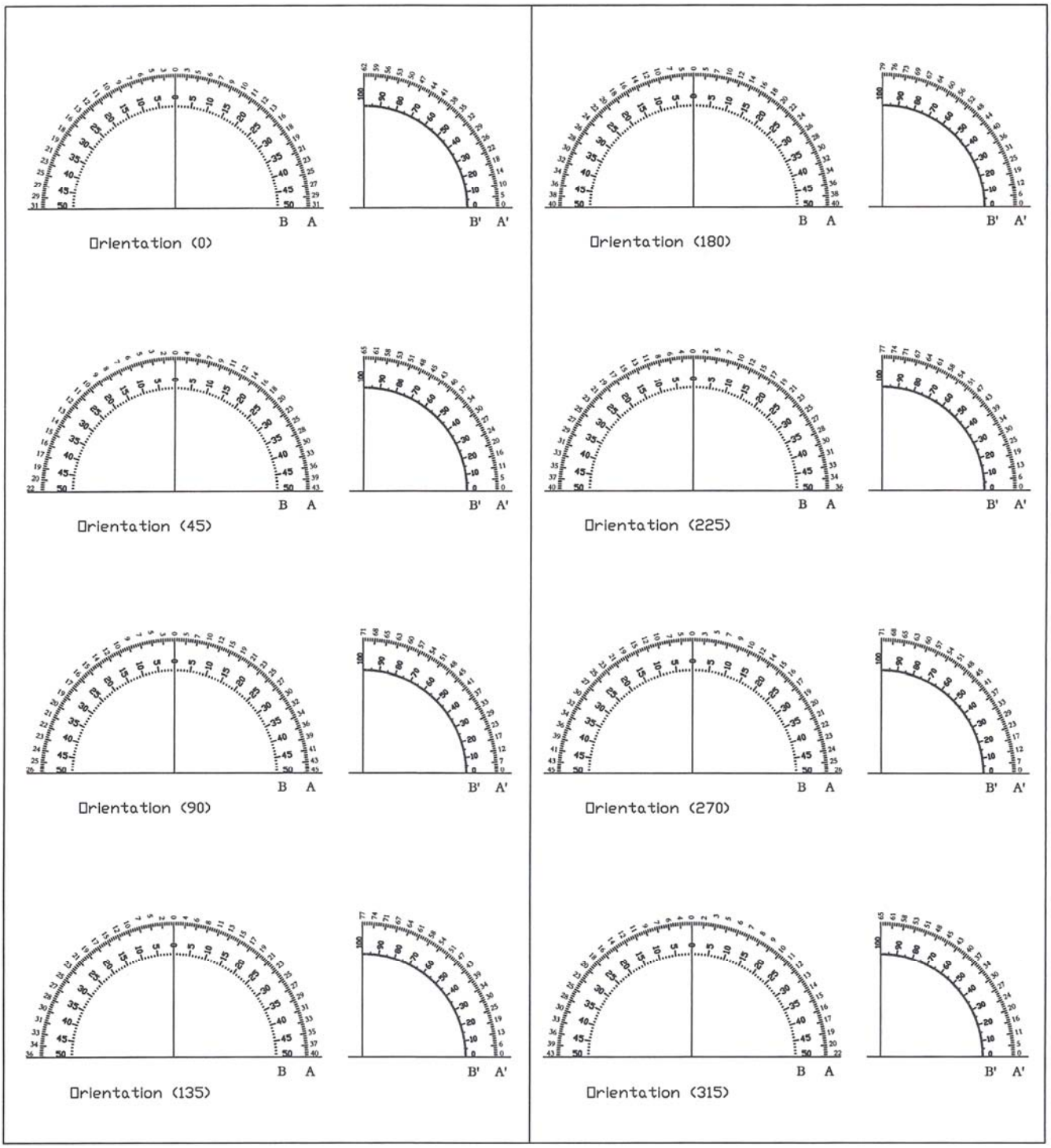
من الجداول والمخططات السابقة تمكن البحث من التوصل الى مجموعة مخططات (لثمانية توجيهات) بهيئة منقلات نصف دائرية ومنقلات ربع دائرية في الشكل (8) توضح قيم توزيع مستويات الانارة للأسطح الافقية المواجهة لنصف القبة السماوية، التي ستعتمد لقياس مستويات الانارة في نقاط داخل فضاء يحوي على شبابيك عمودية ضمن جدرانه 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 المنقلات تقرأ كنسب مئوية (%)

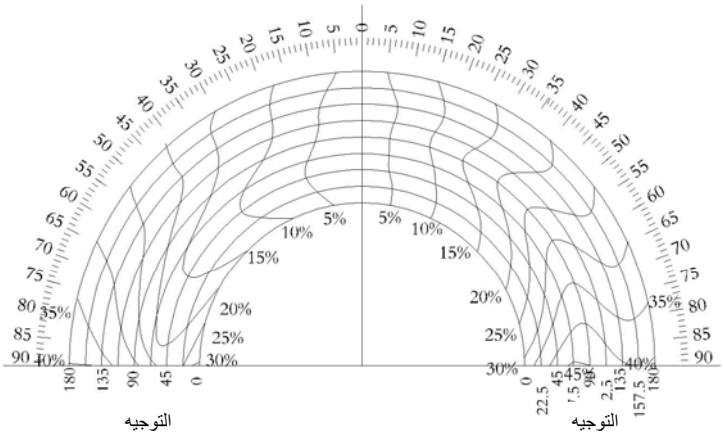
تستخدم المنقلة نصف الدائرة مع المخطط الافقي للفضاء

تستخدم المنقلة ربع الدائرة مع المقطع العمودي للفضاء

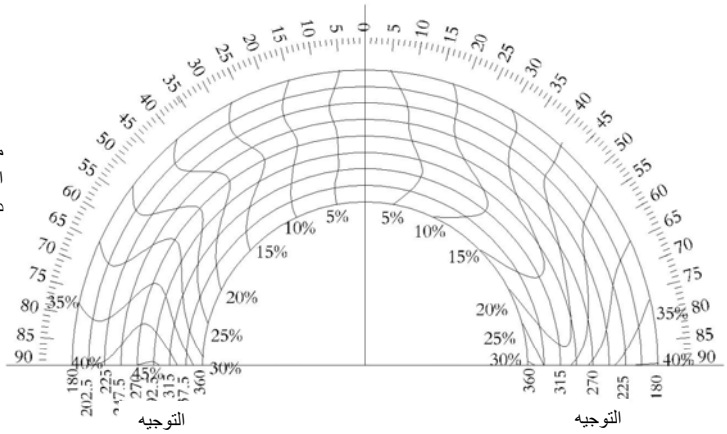
يتم اختيار المنقلة الملاءمة حسب توجيه الشباك ضمن الفضاء

**شكل (8) منقلات استضاءة السماء والمباني المقابلة**[الباحث]

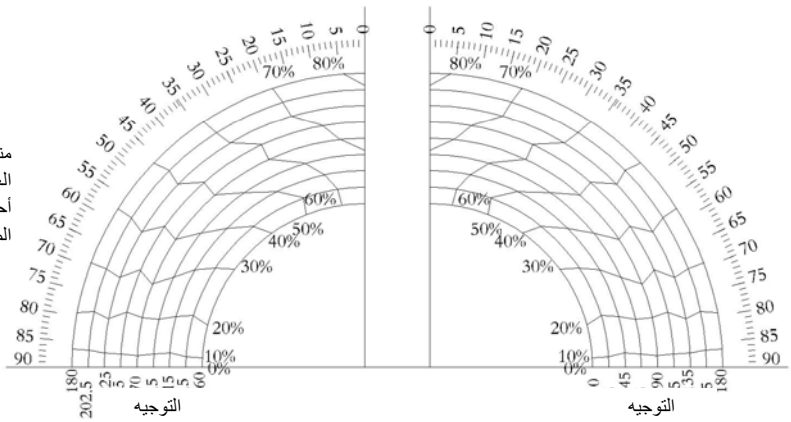
منقلة نصف دائرة تستخدم مع المخطط الافقي للفضاء للتوجيهات (0-180) درجة وفقاً لإتجاه عقرب الساعة.




منقلة نصف دائرة تستخدم مع المخطط الافقي للفضاء للتوجيهات (180-360) 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 الفضاءآت 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 إعاقة 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)، وكالآتي:

- 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 والاوساخ عليه بالمقارنة مع الزجاج ذي الوضع العمودي، لذا يجب استعمال العوامل كما واردة في الجدول الاتي:

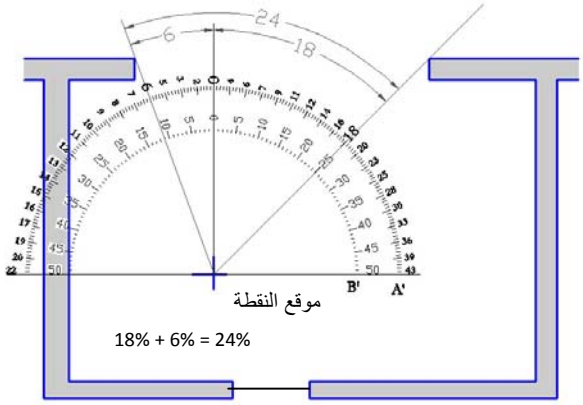
**جدول (5) عامل اتساخ الزجاج**[8]

| 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.

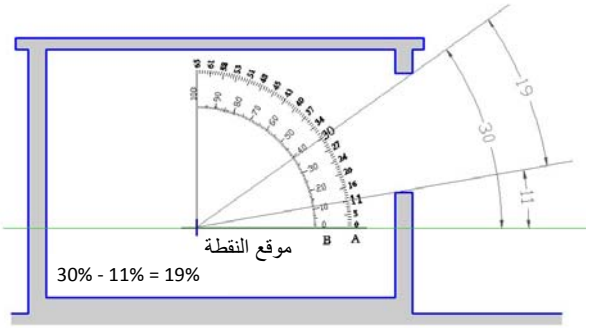
بعد ان تم استعراض كيفية الوصول الى مخططات توزيع الانارة الطبيعية في مدينة بغداد، فانه سيتطلب بعد ذلك توضيح الخطوات الملائم اتباعها لإستخدام هذه المخططات، والتي تتطلب في البدء وجود مخططات معمارية للفضاء المراد تقييم مستويات الانارة الطبيعية داخله، وكالآتي.

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 الاعاقة 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 السمائية) 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.

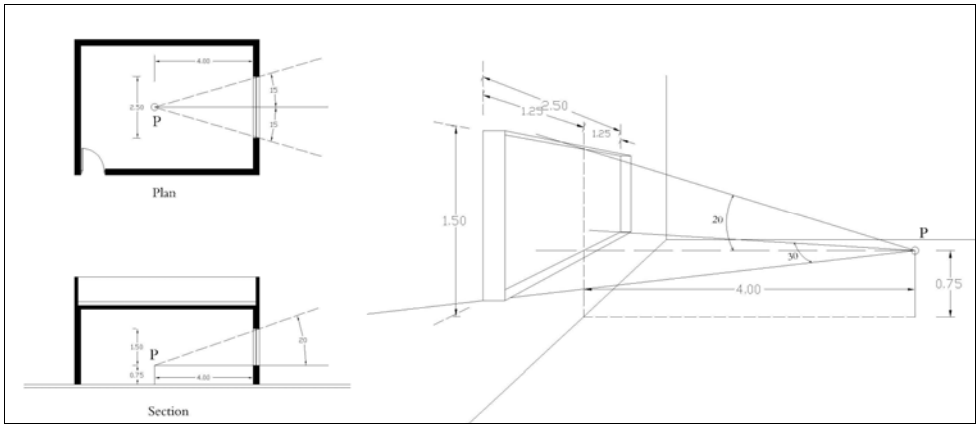
يمكن حساب مستويات الانارة في مستوى العمل داخل الفضاء الذي يشترك فيه نوافذ الجدران الجانبية المتقابلة أو المتجاورة او التصاميم التي تشترك فيها الشبابيك الجانبية مع فتحات الانارة العلوية بطريقة الجمع، وذلك بحساب استنارة مستوى العمل من احد النوافذ على حدة ثم حساب الاستنارة من النافذة الاخرى وجمع الاستنارتين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

## 6- امثلة تطبيقية:

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

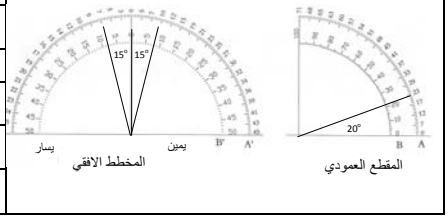
**(مثال/1):** فضاء بابعاد (5*7) متر، وارتفاع (3) متر، يحوي على شباك يتجه نحو الشرق ابعاده (2.5 م عرضاً و1.5م ارتفاعاً) في وسط ضلعه القصير وترتفع عتبته السفلى (0.75) متر فوق مستوى الارضية. المطلوب قياس مستوى الانارة في مستوى العمل الذي يرتفع (0.75) متر، وعلى بعد (4.00)م من وسط الشباك.

**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:

| | المقطع العمودي | المخطط الافقي | | |
|---|---|---|---|---|
| | | يسار | يمين | |
| قيمة الزاوية (درجة) | (0 - 20°) | (0 - 15°) | (0 - 15°) | |
| قيمة معامل الانارة(الافقية والعمودية) المرافقة لقيمة الزاوية (تؤخذ من التدرج A) | (0-23)% 23% | (0-7)% | (0-10)% | |
| | | 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 Lux

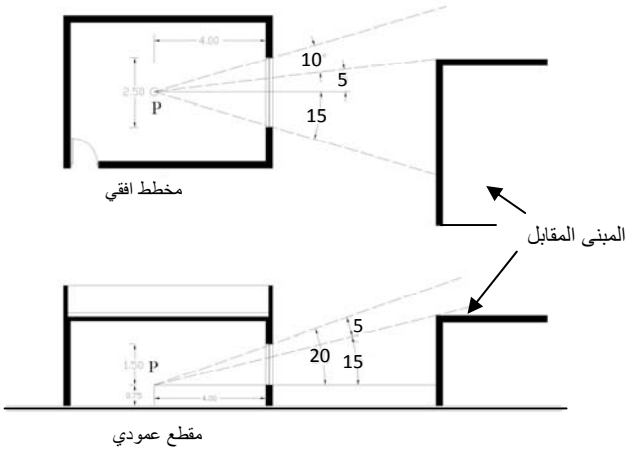
ان وجود اللوح الزجاجي واطار الشباك ووجود الاتساخ على الشباك سوف يعمل على التقليل من كمية الانارة الواصلة الى النقطة داخل الفضاء، ويمكن ان يحسب تأثير هذه المتغيرات بإفترض القيم الآتية:

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

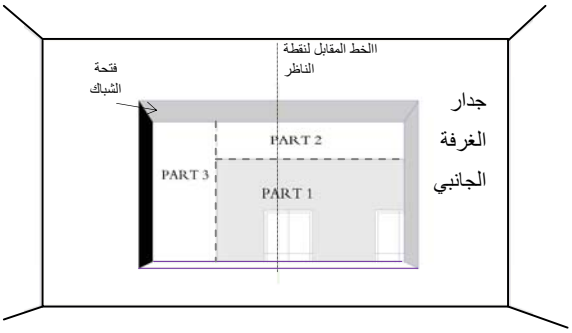
469 * 0.684 = 320 Lux

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 جزءً من الانارة السماوية من الوصول الى الشباك، وفي الوقت نفسه يعكس جزءً من الاضاءة الساقطة عليه. كما موضح في المخطط الآتي:



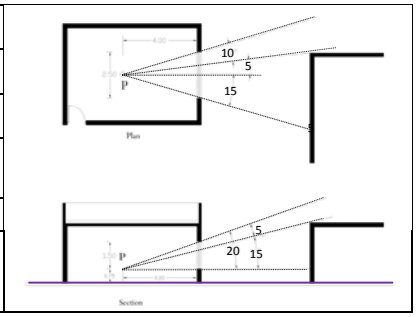

في هذه الحالة يتم تقسيم الانارة النافذة خلال الشباك والواصلة الى النقطة المطلوب قياس مستوى الانارة فيها الى ثلاث أجزاء، هي:




- انارة منعكسة من المبنى المقابل.
- انارة سماوية من جزء السماء المرئي الذي يعلو 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) $^{o}$ | (0-5) $^{o}$ | (0-15) $^{o}$ |
| 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% | | |

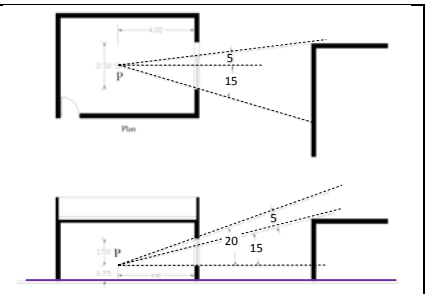
ان قيمة معامل الانارة المنعكسة (1.9%) تضرب بقيمة معدل الاضاءة الكلية (الاضاءة الشمسية والانارة السمائية) الساقطة على المبنى المقابل (أي ذات التوجيه الغربي وقيمته 20393 لوكس- لاحظ الجدول3)، ثم تضرب بقيمة

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 Lux

**– الانارة السماوية من جزء السماء الذي يعلو مستوى المبنى المقابل:**

| | المقطع العمودي | المخطط الافقي | |
|---|---|---|---|
| | | يسار | يمين |
| قيمة الزاوية (درجة) | (15 - 20)° | (0-5)° | (0-15)° |
| قيمة معامل الانارة السمائية (تؤخذ من التدرج A,A`) | (17 - 23)% | (0-3)% | (0-10)% |
| | 6% | 13% | |
| القيمة الكلية لمعامل الانارة | (6% * 13%) = 0.78% | | |

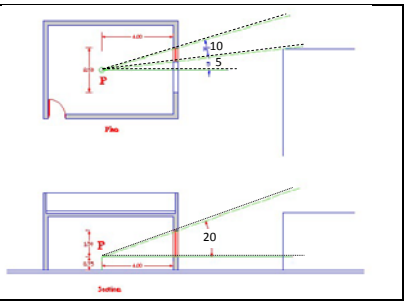



وتحسب قيمة الانارة من جزء السماء الذي يعلو المبنى المقابل كالآتي:

( 0.78% * 12000) = 93.6 Lux

**– الانارة السماوية يسار الشباك للجزء المرئي من القبة السماوية:**

| | المقطع العمودي | المخطط الافقي | |
|---|---|---|---|
| | | يسار | يمين |
| قيمة الزاوية (درجة) | (0 - 20)° | (5 - 15)° | 0 |
| قيمة معامل الانارة السمائية (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 Lux

بعد ذلك تجمع القيم الثلاث للإنارة ، وكالآتي:

(155 + 93.6 + 166.6 ) = 414 Lux

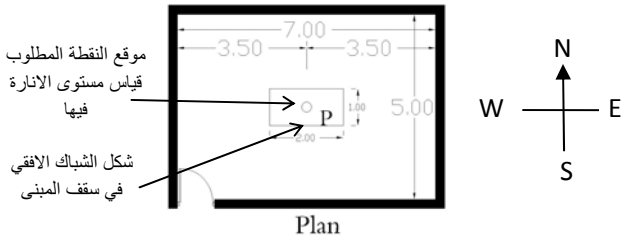
ثم يؤخذ تأثير مادة الشباك في تقليل كمية الانارة النافذة، وكالآتي:

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

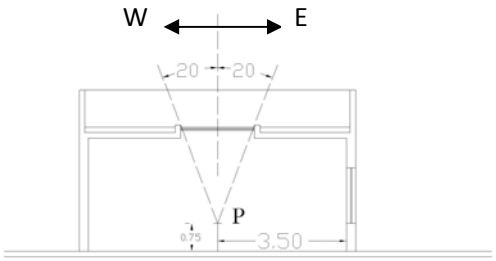
414 * 0.684 = 283 Lux

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

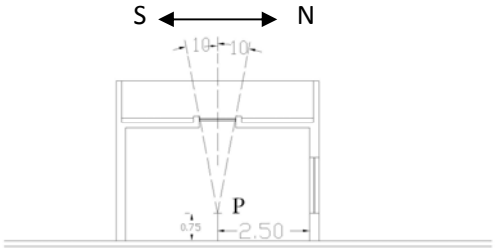
**(مثال/3):** للفضاء نفسه الوارد في المثال الاول، الا ان الشباك الذي يحويه هو شباك سقفي افقي (Skylight) بابعاد (1.0 * 2.0) متر، وموقع العمل المطلوب قياس مستوى الانارة فيه يقع في وسط اسفل الشباك الافقي وعلى ارتفاع (0.75) متر من أرضية الفضاء. كما موضح في المخطط التالي:



Plan



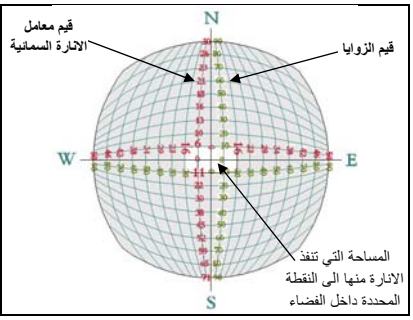
Section



Section

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

| | N + S | | E + W | |
|---|---|---|---|---|
| | N | S | E | W |
| قيمة الزاوية (درجة) | $(0\text{-}10)^o$ | $(0\text{-}10)^o$ | $(0\text{-}20)^o$ | $(0\text{-}20)^o$ |
| قيمة معامل الانارة السمائية | 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 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 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، وكالآتي:

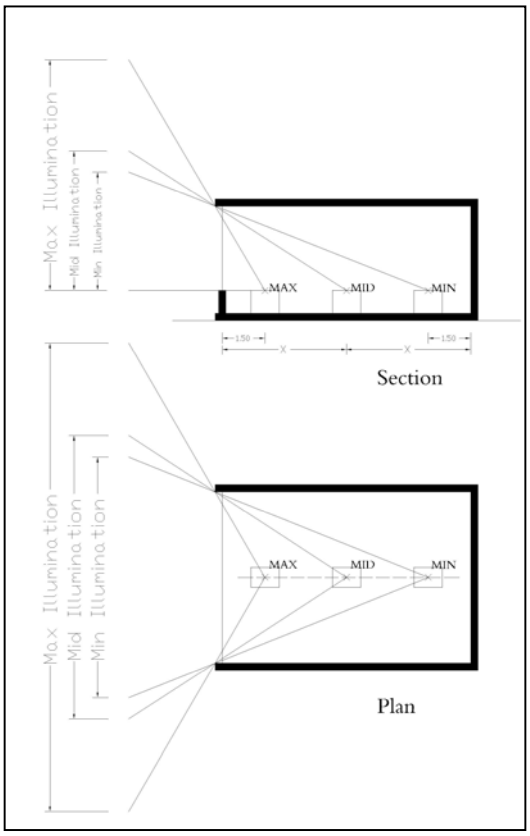
**1- مستويات الانارة داخل الفضاءآت بدلالة قيم معاملات الانارة الطبيعية الخاصة بمركبة السماء لمدينة بغداد:**

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[II] (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% |

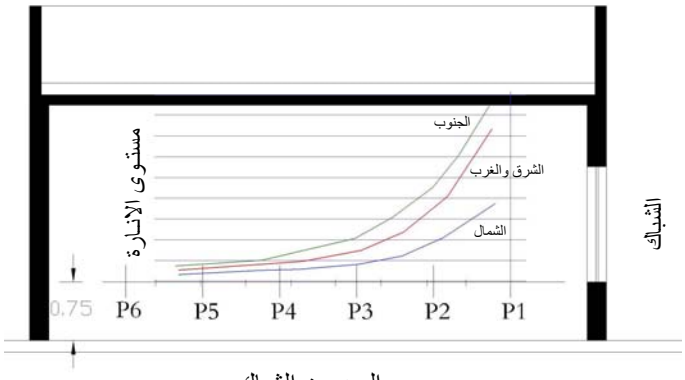
وتعتبر قيم معاملات الانارة المثبتة في الجدول هي الحد الادنى من مستويات الانارة الملائم توفيره في عموم مساحة الفضاء، ويتم عادة قياس مستوى الانارة بأخذ المعدل لثلاث نقاط توزع داخل الفضاء[9]، بحيث تبعد النقطة الاولى عن فتحة الشباك بمسافة (1.5) متر ويعتبر مستوى الانارة عندها أكبر مايمكن، وتقع النقطة الثانية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

[II] الفتحات المجردة: هي الفتحات في غلاف المبنى الخارجي لاتحوي على الزجاج اوعنصر الشباك.




**2- تباين مستويات الانارة داخل عمق الفضاء:**

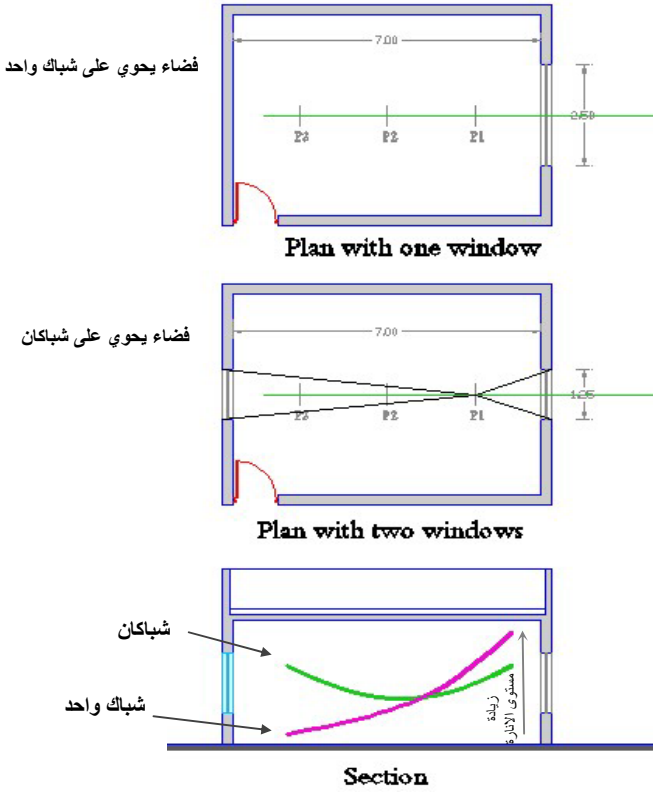
تم قياس الانخفاض في مستويات الانارة بزيادة الابتعاد عن الشباك داخل عمق الفضاء، وتباين نمط ذلك الانخفاض بتغير توجيه الشباك. كما موضح في الشكل الآتي:




البعد عن الشباك

**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 اقتراحهُ 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:

| وظيفة الفضاء | قيم معاملات الانارة الطبيعية |
|---|---|
| السكن: | |
| المطبخ | 4% |
| غرفة المعيشة | 1.2% |
| غرفة الدراسة | 2% |
| ممرات الحركة | 0.8% |
| السلالم | 1.2% |
| خزن الاطعمة | 1.2% |

| وظيفة الفضاء | قيم معاملات الانارة الطبيعية |
|---|---|
| المدارس: | |
| الصف الدراسي عموماً | 2.4% |
| لوحة الكتابة | 4% |
| المكتبات: | |
| رفوف الكتب | 1.2% |
| مناضد القراءة | 2.4% |
| مخزن الكتب | 0.8% |

3- عند احتواء الفضاء على أكثر من جدار معرض للبيئة الخارجية، يفضل توزيع مساحة الشبابيك على جدارين أو أكثر من جدران الفضاء. اذ ان استخدام شباك واحد ( وخاصة اذا وقع ضمن الضلع القصير للفضاء) قد يعمل على التقليل من التوزيع المتجانس للإنارة 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 للشبابيك. اما مركبة الانارة الداخلية المنعكسة (Internal Component) فهذه لم تدخل ضمن نطاق هذا البحث وعموما فان قيم هذه المركبة ستزيد من مستويات الانارة الواصلة الى موقع العمل اعتمادا 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 للفضاءآت ذات الارتفاع المقارب الى (3) أمتار، وهو يعتمد بالدرجة الاساس على عرض الفضاء وتوجيهه وعلى وجود المصدات الخارجية. ولغرض تحقيق الانارة الجيدة للفضاءآت ذات العمق الكبير يمكن استخدام شبابيك ضمن جدارين متقابلين او بتركيب الانارة الاصطناعية المساعدة، ولا يفضل استخدام الشبابيك السقفية الافقية الا في حالات تصميمية معينة وضمن معالجات خاصة لان هذه الشبابيك عموماً تعمل على نفاذ كميات كبيرة من الحرارة المصاحبة للإشعاع الشمسي المباشر.

6- رغم قلة مستويات الانارة الطبيعية القادمة من الشبابيك 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)

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