أنساق الإضاءة الطبيعية في عمارة (Le Corbusier) و(Kahn)

سحر محمد خروفة
مهندسة معمارية

د. حسان محمود الحاج قاسم
مدرس

د. علي حيدر الجميل
أستاذ مساعد

قسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة/ جامعة الموصل

الخلاصة

يعدُّ (Le Corbusier) و (Kahn) من أبرز المعماريين الذين عملوا على توظيف الإضاءة الطبيعية في العمارة على المستوى التعبيري. وبالرغم من الانطباع العام الذي تعطيه الدراسات السابقة عن تشابه المعماريَّين في تعاملهما مع الإضاءة الطبيعية، فإن البحث الحالي يركز على مشكلة عدم كفاية ووضوح المعرفة الخاصة بتباينهما في الخصائص التعبيرية للإضاءة الطبيعية في نتاجاتهما متَّخذاً تحديد طبيعة هذا التباين هدفه ومستفيداً من مفهوم الأنطقة الضوئية بعدِّها مقاربة لدراسة الإضاءة الطبيعية ومستثمراً الإمكانات التي توفرها البرمجيات الحاسوبية البيئية الجديدة الخاصة بتمثيل وتحليل الإضاءة الطبيعية. ومن خلال دراسة تحليلية مقارنة لنتاجين من أعمال المعماريَّين، نوقشت النتائج وطرحت الإستنتاجات الخاصة بطبيعة التباين بيـــــن(Le Corbusier) و (Kahn) فيما يخص متغيرات محددة تمثل مجموعة من خصائص الإضاءة الطبيعية المرتبطة بالبعد التعبيري للعمارة.

الكلمات المفتاحية: الإضاءة الطبيعية، البعد التعبيري للعمارة، مفهوم الأنطقة الضوئية .

Patterns of Natural Lighting in the Architecture of Le Corbusier & Kahn

S. M. Kharrufa
Architect

Dr. H. M. Hag Kasim
Senior Lecturer

Dr. A. H. Al-Jameel
Assistant Professor

Department of Architectural Engineering
College of Engineering/ Mosul University

Abstract

Le Corbusier and Kahn are two of the most distinguished architects who had employed natural lighting on the expressive dimension of Architecture. Despite the general impression given by previous literature about the resemblance between the two architects regarding natural lighting in Architecture, this research focuses on the problem of the inadequacy of the knowledge about the two architects variance regarding the expressive properties of natural lighting in their works and adopts defining this variance as its objective. The research adopts the approach of light zones and employs the relevant computer program for representing and analyzing natural lighting. And through a comparative study for two cases, the conclusions about the variance between the two architects, regarding defined variables representing a group of natural lighting properties, related to the expressive dimension of architecture, are introduced.

Key Words: **Natural Lighting, Expressive Dimension of Architecture, Light Zones.**

أستلم: 22-5-2013 **قبل: 1-9-2013**

1. مقدمة:

تكتسب الإضاءة الطبيعية بالنسبة للعمارة أهمية جوهرية متأتية من الوظائف والأدوار التي تؤديها، وبصورة عامة فإن للإضاءة الطبيعية فئتين رئيستين من الوظائف، الأولى منها الوظائف المرتبطة بالمستوى الوظيفي والنفعي للعمارة وأبرزها دور الإضاءة الطبيعية في عملية البصر ورؤية الأشياء وفي إضفاء الوضوح والنظافة على البيئة الداخلية وعلاقتها بصحة الإنسان والشعور بالأمان والإنتاجية الأفضل إضافة إلى الفوائد الإقتصادية من ناحية التوفير الناتج عن تقليل الإعتماد على الكهرباء المستحصلة من مصادر الطاقة غير المتجددة .أما الفئة الثانية فهي الوظائف المرتبطة بالمستوى الجمالي للعمارة وأبرزها، في أقل تقدير، الوظيفتان التعبيرية والدلالية التي تؤديها الإضاءة الطبيعية بعدِّها الوسط الذي يُظهر الشكل والفضاء والملمس واللون بما يؤثر في التجربة الحسية والشعورية للعمارة. ورغم الإرتباط الوثيق بين البعدين فإن البحث الحالي سيركز على البعد التعبيري للإضاءة الطبيعية في العمارة وهو البعد المرتبط بطرائق توظيف الإضاءة الطبيعية بعدِّها من أبرز العناصر التعبيرية التي يستخدمها المعماري في إنتاج العمارة، كما أن البحث لايركز على البعد الدلالي إلا في سياق ارتباط تلك الطرائق بالمعاني التي يقصد المعماري تضمينها في نتاجاته وبشكل بعيد ومنفصل عن مسألة ما يمكن أن يتشكل لدى المتلقي من مضامين ودلالات.

2. مشكلة البحث وهدفه:

يعدُّ (Le-Corbusier) و (Kahn) من أبرز المعماريين الذين عملوا على توظيف الإضاءة الطبيعية في العمارة على المستوى التعبيري وهذا ما أشارت إليه الدراسات العديدة التي تناولت الطروحات النظرية والممارسات العملية لهذين المعماريين في إطار العمارة الحديثة. ولأسباب مرتبطة بالتغيرات عبر الزمن للوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في العمارة وتغير مفهوم الضوء بحد ذاته وأخيراً التطورات الحاصلة في مقاربات ومنهجيات دراسة الإضاءة الطبيعية والإمكانيات التي وفرتها البرمجيات الحاسوبية الخاصة بتمثيل وتحليل الإضاءة الطبيعية، يتناول هذا البحث **المشكلة المعرفية المتمثلة بعدم كفاية ووضوح التصورات الخاصة بطبيعة التباين بين (Le Corbusier) و(Kahn) فيما يخص الوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في العمارة**، وعلى هذا الأساس فقد تبنى البحث **هدف استكشاف طبيعة التباين بين المعماريَّين المذكورين فيما يخص الوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في نتاجاتهما**. تتمثل أهمية هذا البحث في أنه محاولة لإنتاج معرفة علمية تسهل بمحتواها ومنهجيتها في التحليل تحقيق الاستثمار والتكامل المطلوب لطرائق التعامل مع الإضاءة الطبيعية المستخدمة في النتاجات المعمارية السابقة في تصميم النتاجات الجديدة.

1.2. الوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في العمارة: خلفية تاريخية

تناولت الدراسات السابقة مسألة توظيف الإضاءة الطبيعية في العمارة من الناحية التعبيرية عبر التاريخ مستعرضة طرائق مختلفة لهذا التوظيف، وتعدُّ دراسات (Plummer، 2009، ص8-6) و(Portoghesi، 1994، ص6-21) و(Baker & Steemers، 2002، ص4-25) أمثلة بارزة .

فقد أشار (Plummer) إلى أن علاقة الإنسان بالضوء في العمارة قد تجاوزت منذ بداياتها حدود الضرورة ونطاق الواقع الموضوعي لترتبط بمقاصد ذات طبيعة دينية، إذ استثمر الضوء لإثارة مشاعر التصوف والإبلاغ عن قدسية مكان ما. وقد استعرض في دراسته أمثلة للتعامل البارع مع الضوء في العمارة القديمة، فعلى سبيل المثال، استثمرت الأنفاق المحورية في المعابد المصرية لتأسيس روابط شعائرية مع سماء أسطورية وبحجم صرحي إذ يُعتقد بأن هذه الممرات الرأسية قد أُريد بها أن تكون أوعية لفيضان من الضوء الذي يخترق في يوم واحد من السنة الطول الكلي للفضاء الداخلي ذي الأعمدة. وعُدَّ مبنى(البانثيون) في روما استثناءً من التوجهات العقلانية في التعامل مع الضوء في العمارة (الكلاسيكية) إذ أن قوة التجربة الحسية لهذا المبنى لاترتبط بكتلته أو فضائه وإنما بحواره الفعال مع السماء عبر (عين كبيرة) تُدخِل حزمة شمس مثيرة تصوغ فضاءها الخاص بها وتضيء وتعيد إحياء (الآلهة) الموجودة. وفي الكاتدرائيات (القوطية) أصبح ضوء النهار، على المستوى المجازي، ضوءاً مقدساً يُشرق في الظلام حيث تتشكل خلفية الواقع الفيزياوي من ضوء شفق تشوبه ظلال تنتشر مُحدِثةً حضوراً مثيراً في الفراغات الحجرية، وتكون الجدران والأقبية في شبه ظلام يعزز في الأعلى إنتشاراً للضوء الملون المنبعث من الشبابيك الكبيرة الشبيهة بالجواهر وهو يملأ الفضاء بضباب محسوس يذهب ويجيء بمرور الوقت. أما عمارة النهضة فقد أحدثت إنقطاعاً عن الفضاء الروحاني للعصور الوسطى من خلال التعامل المنتظم للضوء الذي كان دوره الأساسي تعزيز الرؤية الصافية بصورة تفسح المجال لفهم شمولي وسهل مع إضاءة الفضاء الذي يمثل وعاءً مادياً خالٍ من الغموض، أي أن الضوء هنا أصبح وسطاً مستقلاً ومحايداً ومجهول المصدر لايتميز عن الهواء وهو مطلوب لتوكيد الجوانب الموضوعية للعمارة وهي الدقة والإكتمال والتناسب والنظام والهندسية. في حين شهد عصر(الباروك) محاولات لإعادة توكيد الغموض وإثارة المشاعر الدينية، إذ استبدلت إضاءة السكون بطاقة مضطربة تحدثها رسوم منظورية جوية عومل الضوء فيها بطريقة متعمدة لالتهام الكتل الصلدة وتفجير الفضاء نحو أعماق وهمية. من ناحية أخرى، تعاملت الثقافات الشرقية مع الضوء بطرائق مختلفة كلياً للإفصاح عن معتقداتها الخاصة حول الحياة والوجود،

فبالنسبة للمعبدين (البوذي والهندوسي) إرتبط الظلام بفكرة إعادة الحياة التي تبدأ رحلتها من الكهف الشبيه بالرَحِم المظلم وتنتهي بالوهج المتنامي ببطء في المركز. بالمقابل كان المقصود في إضاءة المساجد العثمانية إنتاج جو من السكينة حيث تقل مستويات العواطف وتتبدد التوترات، إذ الجدران المكسوّة والقباب المرتفعة عبارة عن بلاطات مزججة تعيد الضوء بزوايا منتظمة فتصبح الأسطح لامعة وتتحرر البناية من الوزن ويتزايد الشعور بالطفو بواسطة القطع الحر للقباب مع حلقات الشبابيك (Plummer، 2009، ص6-8).

2.2. مفهوم الضوء: تصورات متغيرة عبر الزمن

إن قراءة للدراسات المعنية بالإضاءة الطبيعية في العمارة تبرز حدوث تغيرات جوهرية، في بدايات القرن العشرين، في فهم خصائص وأهمية الضوء، كمفهوم بحد ذاته، في كل من ميدان العلم والفن على حد سواء مما أدى إلى التأثير على طبيعة علاقة الإضاءة الطبيعية بالعمارة في مستويات عديدة أبرزها المستوى التعبيري. فقد أشار (Plummer) إلى أنه على مستوى العلم كان يتم تصور بنية الضوء، في تلك الفترة، كجسيمات كروية وفقاً لطروحات (Newton)، وكموجة ألكترومغناطيسية بعد إكتشافات (Maxwell)، إلا أن طرح نظرية الكم (Quantum Theory) من قبل (Planck) عام 1900وتوسيعها من قبل (Einstein) عام 1905 بتصوره للضوء كحزم منفصلة صغيرة جداً من الطاقة أسماها(الفوتونات)، قد أحدث تغييراً جوهرياً في تصور الضوء، إذ برز مفهوم (الضوء الحديث) الذي تضمَّن فهماً للضوء بِعدِّه في آن واحد، موجة وفوتوناً، وهي حالة كشفت تمازجاً غريباً بين خصائص الموجة وخصائص ما يشبه الجسيمات. من ناحية أخرى وفي آن واحد، كانت التصورات الجديدة بأن الضوء ذو حضور واقعي في فضاء فارغ أو ضمن الأشياء الفيزياوية، فرضية يتم إستكشافها في ميدان آخر هو الفنون البصرية، وقد كان ذلك ظاهراً في الضباب والدخان اللذين برزا في رسومات الانطباعيين من أمثال (Monet) حيث أمكن رؤية (الضوء المولي Molecular Light) يتراكم عبر الفضاء ليحجب الأشياء وليصبح القلب الحقيقي للصورة. كما أتاحت الإذابة المتزايدة للشكل الصلد في الرسومات التجريدية المجال للمزاج المتقلب والتدفق واللون وظل الضوء لتصبح الموضوعات المهيمنة للوحات الرسم، كما كانت رسومات (Hopper) الرمزية تُظهر الضوء حراً عن الأشياء التي يمتزج بها (Plummer، 2009، ص10).

3.2. الإضاءة الطبيعية في العمارة الحديثة:

في سياق التغيرات الخاصة بطبيعة الضوء كمفهوم، شهدت العلاقة بين الإضاءة الطبيعية والعمارة الحديثة بصورة عامة وعلى المستوى التعبيري خصوصاً، تغيرات كبيرة في طبيعتها بتأثير مجموعة معقدة من العوامل. وقد تناولت الدراسات السابقة حيثيات هذه التغيرات، فعلى سبيل المثال، أشار (Portoghesi) إلى أن قانون الوظائفية الأساسي، الذي ولد من إختزال العمارة إلى فن رمزي قائم على إنتاج خزين معماري لايحتاج إلى الإنتماء والإستمرارية التاريخية، قد طوَّر واحتفى بموضوعة الشفافية والضوء مع تجريده من طبيعته الثنائية القائمة على جدلية الظلام/ الضوء ومن أية تداعيات (ميتافيزيقية) ممكنة، فالضوء العقلاني (الديكارتي) للوظائفيين لايولد من الظلام ولايحتاج لضده لكي يوجد وهو يعيش بصورة مستقلة مؤكداً ذاته كحالة طبيعية وضرورية للعمارة، فمبنى (Bauhaus) ومسكن(Shroeder) وفيللا (Savoye)، وهي ثلاثة من أبرز النماذج الأساسية للوظائفية، تشترك في نفس التصور لمفهوم الضوء الذي عُرِف بالضوء الشامل (Universal Light) وهو الضوء الذي يبرز التماسك (الجيومتري) للنتاج المعماري، كما أنه ضوء منتصف النهار الساقط بدرجة 45 ويخترق الداخل بدون تغيير لنوعيته طالما كانت جميع الفواصل بين الداخل والخارج ذات طبيعة وقتية لاتفصل بين عوالم مختلفة ولكنها تميز، في أقصى حالاتها، بين أنطقة ومناخات مصغرة ضمن نفس البيئة. كما كانت الشفافية والضوء بالمنظور الوظائفي رموزاً فكرية لا تهدف إلى إحداث إنطباعات أو مشاعر أو عواطف بقدر تركيزها على مبدأ يربط الضوء بالجوانب الصحية والإشغالية، ومع الدعوات إلى ضرورة ألا يبقى شيء ما غامضاً أو مخفياً فَقَدَ الضوء طبيعته الجدلية وبالتالي كثيراً من وظيفته التعبيرية. إلا أن خمسينات القرن العشرين شهدت عودة إلى جدلية الظل / الضوء والانتباه إلى أهمية تاثيرات تلك الجوانب من الضوء المؤهل لإعادة إنتاج البعد المفقود من العمارة وقد تجلَّت هذه العودة في ممارسات (Le Corbusier) و(Kahn) و(Aalto) و(Ando) وآخرين (Portoghesi، 1994، ص9).

أما (Plummer) فقد لاحظ أن التصورات الجديدة عن الضوء في ميداني الفن والعلم كان لها تأثيرات تحويلية على عمارة القرن العشرين، فرواد العمارة بدأوا، في إطار حقبة جديدة من تاريخ العمارة، باستكشاف مكثف لنوع جديد من الضوء، وفي سياق تركيزهم بصورة متزايدة على إنتاج عمارة يمكن أن تكون ميداناً للقوى المتدفقة غير المادية المرتبطة مع السماء، أصبحوا يتساءلون فيما إذا كان للضوء وجود بحد ذاته ومرئي بذاته وليس مجرد أداة لجعل الأشياء الأخرى مرئية، فالضوء بالنسبة للمعمار (Wright) "مجمِّل البناية"، وكان المعماري (Le Corbusier) "يَنظِم بالضوء"، أما (Aalto) فكان يلجأ إلى المماثلات بين الضوء والصوت مستخدماً الخطوط المنتشرة، المشابهة لتلك التي يستخدمها الفيزياويون، في دراسة كيف يمكن حَنْيُ أشعة الضوء وتوجيهها داخل الأبنية، في حين كان (Kahn) يعدُّ الضوء "وجوداً

ميتافيزيقياً وأنه مصدر الوجود وأن الضوء الطبيعي هو الضوء الوحيد الذي يجعل العمارة عمارة". كما أنتج هؤلاء الرواد، مع عدم تجاهلهم وتلبيتهم للإحتياجات الفيزياوية، أعمالاً (ميتافيزيقية) مثيرة في إعطائها الضوء الطبيعي دوراً رئيساً في التعبير المعماري، وتعدُّ كنيسة (Ronchamp) ومتحف (Kimbell) للفنون من بين الإسهامات الأكثر جودة في سياق هذا التراث (Plummer، 1996، ص10-11).

كما لاحظت (Gill) أن العمارة قد شهدت ببروز الحداثة في بدايات القرن العشرين مع المواد المستحدثة والتقنيات الإنشائية المطوَّرة تحولاً كبيراً في خصائص وأجواء الفضاءات المعمارية، فقد أدى إستخدام الزجاج كغشاء خارجي إلى تغيير في الحاجة إلى الشبابيك التقليدية في واجهات الأبنية، وأتاح الكونكريت المسلح بخصائصه المختلفة وخاصة قابليته على القولبة حرية وإمكانيات كبيرة في تشكيل وتصميم الكتل والفضاءات المختلفة، ولم تعد فتحات الإضاءة مقتصرة على المستوي الإفقي كما كانت تقليدياً، كما استخدمت هذه الفتحات بأحجام وتوجيهات مختلفة لتعديل الضوء الطبيعي عند دخوله إلى المبنى بما يعطي الفضاءات الداخلية سمات إستثنائية (Gill، 2006، ص1-2).

3. الوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في عمارة (Le Corbusier) و:(Kahn)

1.3. إستعراض الدراسات السابقة:

يعدُّ كل من Le Corbusier وKahn من أبرز المعماريين الذين كان للإضاءة الطبيعية وظيفة تعبيرية في عمارتيهما، ويبرز هذا في العديد من الأدبيات التي عرضت طروحات المعماريَين ومواقفهما الفكرية أو التي تناولت بالدراسة والتحليل نتاجاتهما المعمارية، فكثيراً ما يردُ تعريف Le Corbusier للعمارة بأنها: " اللعب الماهر والدقيق والمبدع للأشكال وهي مرئية في الضوء"، وعبارات أخرى من مثل: "أنا أستخدم الضوء بإفراط ... فالضوء بالنسبة لي المبدأ الأساسي للعمارة ... فأنا أنظِم بالضوء"، و" إن تاريخ العمارة هو تاريخ الكفاح من أجل الضوء (Lau، 2008) و(Baker & Steemrs، 2002).

أما (Kahn) فقد لاحظ أن معماريي الحداثة قد فقدوا اعتقادهم بالضوء الطبيعي وأصبحوا مقتنعين بالضوء (الستاتيكي) ونسوا خصائص الضوء الطبيعي لانهائية التغير التي تجعل الفضاءات مختلفة في كل لحظة من النهار(Kahn، 1970)، وقد سجلت العديد من الدراسات مقولاته وعباراته حول الموضوع، ومنها أن" الهيكل هو المعطي أو الصانع للضوء و" أن الغرفة لاتعدُّ غرفة بدون الإضاءة الطبيعية ... فالإضاءة الطبيعية تمكِّن الوقت من النهار ومزاج الفصول من الدخول ... وأن إختيار هيكل ما يرادف الإضاءة التي تعطي صورة لذلك الفضاء ... وأن مخطط البناية يجب أن يُقرأ كتناغم من الفضاءات في الضوء..... (Andre، 1995، صix-6).

ومع ذلك، فإن قراءة متفحصة للأدبيات المختلفة المعنية بموضوع الإضاءة الطبيعية في العمارة تُظهر أنها لاتتيح تصورات كافية وواضحة عن تباين (Le Corbusier) و(Kahn) فيما يتعلق بهذا الموضوع لأسباب عديدة من أبرزها أسلوبها وطبيعة تعاملها مع الموضوع، ويتضح هذا باستعراض هذه الأدبيات بأنواعها المختلفة.

فالدراسات التي تناولت الإضاءة الطبيعية في العمارة يمكن تصنيفها عموماً إلى مجموعتين رئيستين، أولاهما الدراسات التي ركزت على الجوانب الفيزياوية للإضاءة الطبيعية، أما الثانية فهي تلك التي عُنيت بالجوانب التعبيرية للإضاءة الطبيعية ولذلك ستكون هذه المجموعة من الدراسات بتوجهاتها المختلفة محوراً لتركيز البحث الحالي.

يتمثل النوع الأول من دراسات المجموعة الثانية بتلك التي تطرح مسألة التعامل مع الإضاءة الطبيعية على المستوى العام من ناحية أن الإضاءة الطبيعية بحد ذاتها لم تكن محور تركيز هذه الدراسات وإنما يتم التطرق لها في سياق وصف وتحليل النتاجات المعمارية المختلفة من جوانب عديدة مختلفة من بينها الإضاءة الطبيعية، وتعد معظم أدبيات نظريات العمارة من هذا النوع، ومنها على سبيل المثال، دراسات (Curtis، 1996) و(Curtis، 1983) .

أما النوع الثاني من دراسات المجموعة الثانية فهي تلك التي كانت الإضاءة الطبيعية وجوانبها التعبيرية موضوعها الأساس إلا أنها تباينت فيما بينها من ناحية طبيعة الهدف المحدد للدراسة وطبيعة المنهج المعتمد فيها.

فهنالك الدراسات العامة التي ركزت على الوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في العمارة متناولة إياها بصورة شمولية ومن خلال مفردات عامة وليست متغيرات تفصيلية محددة يمكن في ضوئها تحديد التباين بين النتاجات المعمارية عموماً وبين المعماريَين محور تركيز هذا البحث على وجه الخصوص، وتعدُّ دراسات (Horvath، 2010) و(Barrett، 2009) و(Portoghesi، 1994) و(Plummer، 2009) أمثلة واضحة لهذا النوع من الدراسات.

وهنالك الدراسات التي ركزت، بصورة خاصة، على البعد التعبيري للإضاءة الطبيعية في عمارة كل من (Le Corbusier) و (Kahn) منفردين، وهذه الدراسات لم تكن تهدف أولاً إلى المقارنة بين النتاجات وإنما إلى وصف وتحليل حالات منتقاة، إضافة إلى عدم تقديم وفرز مفردات أو متغيرات محددة وواضحة يمكن في ضوئها وصف وتحليل الحالة المدروسة بما يتيح إمكانية المقارنة. وتبرز في هذا السياق دراسة (Lau، 2008) بالنسبة للمعماري (Le Corbusier) ودراسة (Andre، 1995) بالنسبة للمعماري(Kahn).

من ناحية أخرى، أعطى قسم من الدراسات، ولأسباب مرتبطة بطبيعة هدفها أولاً ومحتواها ثانياً، إنطباعاً عاماً بتشابه تعامل (Le Corbusier) و(Kahn) مع الضوء الطبيعي، ويبرز هذا في دراسات (Horvath، 2010) و(Barrett، 2009) و(Plummer، 2009) و(Gill، 2006) و(Portoghesi،1994). فقد قامت(Gill)، على سبيل المثال، بدراسة تأثير الضوء الطبيعي في ثلاثة من النتاجات المعمارية المشيَّدة بالكونكريت المسلح في منتصف القرن العشرين هي كنيسة (Ronchamp) للمعماري (Le Corbusier) ومتحف (Kimbell) للفنون للمعماري (Kahn) وكنيسة (The Church of Light) للمعماري (Ando). واستنتجت الدراسة بعد تحليل ذات منهج وصفي، أن أعمال المعماريين الثلاثة المنتشرة في العالم قدمت طرائق جديدة في السيطرة على التأثيرات المتنوعة للضوء الطبيعي بمفردات معمارية متشابهة (Gill، 2006، صiii-iv)، وأن النتاجات الثلاثة المدروسة توظِّف مبادئ تصميمية متشابهة لتحقيق تأثيرات مشتركة للضوء، وأن خصائص الضوء المرتبطة بالإحساس الكلي للفضاء كالتوجيه والشدة والغموض والظل والتضاد واللون والإختلاف الذي تسببه حركة الشمس، لاتختلف كثيراً عند الإنتقال من نتاج لآخر، كما كان التوكيد على مصدر الضوء الطبيعي موضوعة مشتركة في الأبنية الثلاثة (Gill، 2006، ص165-175).

ومن الدراسات التي اعتمدت منهجاً تحليلياً مقارناً دراسة (Lau) التي هدفت للتوصل إلى(ستراتيجيات) التعامل مع الإضاءة الطبيعية لدى (Le Corbusier) في نمط واحد هو الأبنية الدينية من ناحية لغة الإضاءة (منطقاً ومعنى) ومفردات (وسائل وأنظمة إضاءة) وذلك بتحليل البيئة الضوئية في كنيسة (Ronchamp) ودير (La Tourette) كمياً ونوعياً باعتماد الخطوط (الكونتورية) لمعامل ضوء النهار وخواص الأنطقة الضوئية إضافة إلى اعتماد تقييمات ذاتية للتجربة الفضائية مدعومةً بإجراء قياسات نقطية في مواقع مختارة (Lau، 2008). أما (Madsen) فقد استخدمت مقاربة الأنطقة الضوئية في تحليل فضاءين في إثنين من النتاجات المعروفة للعمارة الحديثة، هما صالة الإعارة لمكتبة البلدية في (Rovaniemi) في (Finland) للمعمار (Aalto) وصالة الإستراحة في شقة (Le Corbusier) في (Paris) مستنتجة أن صالة الإعارة تتسم بأنطقة ضوئية معرَّفة إنفرادياً بواسطة الفصل بينها بأنطقة ظلال معتمة في حين أن صالة الإستراحة تتسم بنمط معقد من الأنطقة الضوئية المتداخلة (Madson، 2006).

بالمقابل فإن البحث الحالي لاحظ، بعد قراءة متفحصة للدراسات أعلاه، أنها قد طرحت في واقع الأمر، توافق المعماريَّين في موقفهما إزاء مسألة أهمية الإضاءة الطبيعية ووظيفتها التعبيرية في العمارة أولاً، وفي تصوّرهما للضوء ككيان أو عنصر فيزياوي يمكن تشكيله من قبل المعماري ثانياً، وفي فهمهما للطبيعة الجدلية الثنائية للضوء الطبيعي واستثمارهما هذا الفهم في نتاجاتهما المعمارية، رغم أن (Le Corbusier) كان قد توصّل إلى هذا الفهم في مرحلة لاحقة من حياته العملية ثالثاً. لذلك فقد برزت فكرة دراسة تباينهما في طرائق توظيف الإضاءة الطبيعية كعنصر تصميمي في العمارة بصورة عامة وفي أنساق الإضاءة الطبيعية المستثمرة في نتاجاتهما على وجه الخصوص. وتكتسب هذه الفكرة أهميتها من جانبين: يتمثل الأول في أن التوصل إلى تحديد التباين سيوفر معرفة هامة لنظريات العمارة يمكن أن تصبح جزءاً من التعقيبات على نتاجات المعماريَّين المعنيَّين والمعماريين الآخرين فيما يتعلق بطرائق توظيف الإضاءة الطبيعية في العمارة تعبيرياً. أما الجانب الثاني فيتمثل في أن دراسة التباين ستعتمد منهجية يمكن استثمارها في المراحل الأولى للعملية التصميمية التي تدرَّس وتمارس في (أستوديوهات) التصميم المعماري في الوسط الأكاديمي والمهني على حد سواء لاتخاذ القرارات المرتبطة بالإضاءة الطبيعية في مستواها التعبيري.

2.3. مفهوم الأنطقة الضوئية: مقاربة لدراسة الإضاءة الطبيعية في العمارة تعبيرياً

إعتمدت دراسات الإضاءة الطبيعية في الأبنية مقاربات مختلفة أوجزت دراستي (Kota & Heberl, 2009) و(Moore، 1985) أبرزها، إلا أن البحوث والدراسات المتأخرة في نهايات القرن العشرين تضمنت تطوير مقاربات ومنهجيات جديدة لعل أبرزها مفهوم الأنطقة الضوئية الذي اقترحته (Madsen) لفهم وتصوُّر وتحليل ضوء النهار في العمارة بعد أن كان قد طرحه أولاً (Ansel Adams) في مجال التصوير (الفوتوغرافي) لدراسة خواص اللقطة (الفوتوغرافية) وتعديلها بالتلاعب بهذه الأنطقة أعتماداً على مبدأ التضاد، إذ تُصَنِّف الأنطقة أجزاء اللقطة بحسب تدريجات الرمادي الى (9) درجات، ثُمَّ يُحدَّد عدد وشكل وتوزيع الأنطقة الضوئية إستناداً الى هذه التدريجات (Light Zone، 2006) (McCann، 2010).

يعدُّ مفهوم الأنطقة الضوئية مقاربة لتصوُّر ضوء النهار في فضاء ما كأشكال من الفقاعات أو الأجسام الكروية أو البيضوية من الضوء وهي يمكن أن تنضغط أو تتمدد أو تندمج أو تتفتت...إلخ تبعاً لطبيعة أسطح الإلتقاء بين الأنطقة الضوئية والفضاء ولذلك يمكن اعتبار ضوء النهار في فضاء ما تكويناً من الأنطقة الضوئية، كما أنه وسيلة لتحليل ضوء النهار في الفضاء بصورة أكثر تفصيلية، وتتم منهجية التحليل بتحديد الأنطقة الضوئية في الفضاء وربطها بمصادر الضوء، إذ يمكن تحديد أنطقة ضوئية يحدثها ضوء السماء المباشر وأنطقة يحدثها ضوء الشمس المباشر المنعكس من الأسطح غير المرآتية داخل الفضاء وأنطقة أخرى تحدثها مصادر أخرى، علماً أنه لاتوجد حدود ثابتة لعدد أنطقة الضوء فهذا يعتمد دائماً على الفضاء الخاضع للتحليل، ومن ثم يتم تمثيل هذه الأنطقة كرافيكياً في كل من المخططات الأفقية

والمقاطع العمودية وبطريقة تُظهر متغيرات الإضاءة ذات الأهمية بالنسبة للخصائص التي تعطي الأشياء أشكالها (Form-giving Properties)في الفضاء.

ترجع أهمية الأنطقة الضوئية إلى عدة اعتبارات منها، أنها مقاربة تتوافق مع تصور الضوء في طبيعته الجدلية التي تجسدها ثنائية الضوء /الظلام، فهنالك (أنطقة الضوء) المتمثلة في مساحات ومجالات ومناطق مضيئة وهنالك(أنطقة الظلام) المتمثلة في عتبات ومناطق إنتقالية. كما أن مفهوم أنطقة الضوء يربط الضوء بفضاء محدد، فعلى سبيل المثال، تعتمد شدة إضاءة نطاق ضوئي ما على حجم وشكل وموقع الفتحات باتجاه الخارج إضافة إلى خصائص الأسطح الداخلية المحيطة بالفضاء، إلّا أن هذا الأنطقة الضوئية ستتغير بتغير أية خاصية أو عامل كانا مؤثرين في تشكيلها فضلاً عن إستجابة الأنطقة الضوئية للتغير الذي يحدث في الفضاء إذ إنها تتسم بقدرتها على تحسس الإمكانيات الكامنة للفضاء وقدرتها على تمثيل خصائصه التعبيرية. إستناداً إلى ماورد آنفاً، فإن أنطقة الضوء تجسر الفجوة الموجودة بالنسبة للتعامل مع الضوء الطبيعي بين مجالي نظريات العمارة (Theories of Architecture) وتقانات الإضاءة (Lighting Technology)، فقد كان التعامل مع الضوء الطبيعي في نظريات العمارة يتم على مستوى المفاهيم ولم يكن تحليل التأثيرات التفصيلية لخصائص الضوء الحيزية والمعرِّفة للشكل يشغل حيزاً هاماً في أدبيات نظريات العمارة، بالمقابل طُرحت في مجال تقانات الإضاءة تحليلات كمية خاصة بتلك الخصائص إعتماداً على حسابات مقاسة في نقاط محددة ضمن الفضاء، وقد أدت هذه الفجوة بين المقاربات المعتمدة في المجالين إلى حالة إشكالية بالنسبة للعمارة لأن مقداراً كبيرة من المعرفة النظرية والتجريبية لم يكن بالإمكان إستثمارها في ممارسة عملية التصميم المعماري (Madsen، 2006).

من ناحية أخرى، قدمت دراسات (Demers) تطويرات مهمة فيما يتعلق بدراسة الإضاءة الطبيعية في العمارة إستناداً إلى كل من مقاربة الأنطقة الضوئية ضمنياً ومفهوم التضاد الذي عدَّته المتغير الذي يمكن أن يؤسس لأرضية مشتركة لمقارنة نوعية وكمية أكثر موضوعية بين الحلول التصميمية، فقد كانت الحسابات التقليدية المألوفة لمفهوم التضاد مقتصرة على المقارنة بين سطوع الأجسام وخلفياتها، إلا أن دراسات (Demers) إعتمدت منهجية في التحليل قائمة على توظيف لقطات تصويرية من الفضاءات بعدِّها ممثلة لها ككل، مع مراعاة دقة أدوات التصوير وظروف عملية التصوير. ومع ذلك فقد أشارت (Demers) إلى أن الباحثين والمعماريين يجب أن يستحضروا، عند إجراء هذه التحليلات، أن اللقطة (Image)وإطار الرؤية لأداة التصوير يرتبطان بجزءٍ من الفضاء الكلي الحقيقي وقد تجمد في لحظة زمنية محددة (Demers، 2006) و(Demers، 2000) و(Demers، 1998).

3.3. بروز وتطور برمجيات دراسة الإضاءة الطبيعية في العمارة:

يعدُّ هذا البحث محاولة تأخذ بنظر الإعتبار التطورات الحاصلة في مجال البرمجيات، عموماً والبرمجيات البيئية على وجه الخصوص، التي أتاحت من خلال قدرتها على التمثيل البصري للضوء إلى جانب القيم الرقمية وبرمجيات التمثيل ثلاثي الأبعاد إضافة الى تقنيات تحليل الإضاءة الموجودة حالياً كنمط الإنارة (Luminance Pattern) مثلاً، إمكانية توظيفها في دراسات تحليلية أكثر موضوعية ودقة لمسائل في نظريات العمارة ذات طبيعة نوعية من بينها الوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في العمارة وتباينها في النتاجات المختلفة للمعماريين .إضافة إلى ذلك، ولأن هذه البرمجيات والتقنيات توفر مقاييس موضوعية للجوانب الكمية والنوعية للظاهرة الضوئية، تبرز إمكانيـــــــــــة وأهمية مُكاملتها في(استوديو) التصميم المعمـــــــــــاري لاستخدامها في المراحل الإبتدائية من العملية التصميمية بما يتيح إمكانية تقييم وتعديل الأفكار التصميمية الأولية وفق الأهداف التي يحددها المعماري فيما يخص الجوانب التعبيرية للتصميـــــــــم المعماري (Autodesk, Ecotect Analysis، 2011).

4.3. متغيرات البحث:

لغرض التوصل إلى التباين بين (Le Corbusier) و(Kahn) فيما يتعلق بالوظيفة التعبيرية للإضاءة الطبيعية في نتاجاتهما المعمارية وتحديد طبيعة ذلك التباين، فقد تطلَّب إجراء تحليل مقارن لتلك النتاجات في ضوء مجموعة من المتغيرات الخاصة بالإضاءة الطبيعية التي استخلصت من الدراسات السابقة وهي كما يأتي:

1.4.3. المتغيرات العامة للتضاد:

يعدُّ التضاد المفهوم الأساس الذي تقوم عليه مقاربة الأنطقة الضوئية إذ أن هذه الأنطقة لاتتشكل إلا من خلاله، ويرتبط التضاد بخصائص ومتغيرات تتمثل أهميتها في أنها تعطي الإنطباعات الأولى عن طبيعة الإضاءة في الفضاء، وتعنى هذه المتغيرات بوصف التوزيع الإحصائي لتدرجات اللون الرمادي في الفضاءات المختلفة، وهذه المتغيرات هي:

1.1.4.3. السطوع العام للفضاء: (General Brightness)

يعدُّ هذا المتغير مقياساً لدرجة السطوع الضوئي للسياق البصري الذي يحدث فيه التضاد الضوئي، ويمكن تمثيله على نوعين من المدرَّجات الإحصائية (Histogram): يتضمن النوع الأول تسجيل النسب المئوية لمعدل المساحات التي يشغلها كل تدرج من التدرجات التسعة للون الرمادي لكل مستوٍ أفقي في الفضاء وعلى طول إرتفاعه، علماً أن تدرُّجات اللون الرمادي تتراوح بين 0% (الأسود) وبين 100% (الأبيض) مقسمة إلى9 فترات، في حين يتكون المدرَّج الثاني من محورين يمثل الأفقي منهما تدرجات اللون الرمادي التسعة المذكورة آنفاً في حين يمثل المحور العمودي النسب المئوية لمعدل مساحات تدرجات اللون الرمادي التسعة لكل مستوٍ على طول ارتفاع الفضاء.

يقدم هذين المدرَّجين الإحصائيين صورة عن السطوع العام للفضاءات المختلفة، يتيح الأول منهما مقارنة النسب المئوية لتدرجات اللون الرمادي بين تلك الفضاءات، في حين يقدم المدرّج الثاني صورة أخرى تتيح مقارنة طبيعة تمركز القيم العليا للنسب المئوية لتدرجات الرمادي، فميل القيم العليا للتمركز قريباً من القطب0% (الأسود) يعطي صفة السطوع الواطئ في حين أن تمركز القيم العليا باتجاه القطب 100% (الأبيض) يعطي صفة السطوع العالي.

2.1.4.3. التضاد الضوئي العام في الفضاء: (General Lighting Contrast)

يعدُّ التضاد متغيراً كمياً يمكن أن يصف نوعية الإضاءة في الفضاءات، ويمكن قياسه من خلال نوعين من المدرجات الإحصائية يعطي الأول منهما إلماحات عن التضاد الضوئي في الفضاء تحددها طبيعة تضام أو إنتشار المنحني الذي يمثل النسب المئوية لمساحات تدرجات اللون الرمادي، فكلما كان البعد الأفقي للمنحني أكثر تضاماً، كان ذلك مؤشراً لمستوى تضاد واطئ من حيث وقوع معظم قيم اللون الرمادي ضمن عدد محدود من التدرجات في حين أن إنتشار المنحني على المحور الأفقي للمدرج الإحصائي يؤشر مستويات عالية للتضاد لأنه يتضمن القيم العليا والقيم الدنيا وحتى القيم المتوسطة من التدرجات. كما يعدُّ الإنحراف المعياري مؤشراً آخر للتضاد الضوئي من ناحية أنه مقياس إحصائي لطبيعة التشتت الموجود في البيانات الخاصة بمعامل ضوء النهار وهو يقدم صورة عن معدلات المسافات التقريبية للحالات عن المعدل وكلما كان الإنحراف المعياري أكبر كان ذلك يعني أن الحالات أكثر تشتتاً. وتشير الدراسات إلى أنه في الحالات المثالية تتيح المدرجات الإحصائية أحادية القمة نتائج واضحة في حين أن هنالك مدرجات إحصائية ذات توزيع ثنائي أو متعدد القمم وفي هذه الصدد يتم عزل هذه الحالات لتحليل منفصل بخصوصها.

2.4.3. الخصائص (المورفولوجية) للأنطقة الضوئية:

إذا كانت الخصائص العامة للأنطقة الضوئية معنية بأنماط توزيع الإضاءة الطبيعية إحصائياً، فإن الخصائص المورفولوجية معنية بالبيانات والمعلومات الخاصة بأنماط توزيع الإضاءة الطبيعية فيزياوياً في الفضاءات. وتأتي أهمية الخصائص المورفولوجية من أنها تعنى بالجوانب النوعية لأنماط الإضاءة الطبيعية، الأمر الذي يتيح إمكانية استثمار وتوظيف هذه الأنماط بعدِّها تمثيلات (كرافيكية)، بدلاً من القيم العددية، في عملية التصميم المعماري ذات المحتوى البصري، كما أن التعامل مع هذه الخصائص بمنهج كمي يسهل إمكانية تكاملها في العملية التصميمية.

1.2.4.3. التكوين الشكلي للأنطقة الضوئية: (Formal Composition)

وفقاً لمقاربة الأنطقة الضوئية، فإن أنطقة الضوء فقاعات أو كريات من الضوء تمتلك إمكانية الإنضغاط والتمدد والإندماج والإنفجار وغير ذلك بتأثير طبيعة الإلتقاء بين الأنطقة الضوئية وبين الفضاء ومايحتويه، وعلى هذا الأساس فإن الضوء في فضاء ما عبارة عن تكوين (Composition) من الأنطقة الضوئية التي تكوِّن تجمُّعات حيزية (Spatial Groupings) يتم حساب النسبة المئوية لمساحاتها ولهذه التجميعات من الأنطقة الضوئية مجموعة من الخصائص كالشدَّة والإتجاه والتوزيع واللون تعمل على تشكيلها.

2.2.4.3. طبيعة أسطح إلتقاء الأنطقة الضوئية:(Nature of Interfaces)

تُعدُّ أنطقة الضوء مساحات وأماكن ومناطق ساطعة من الإضاءة في حين تعدُّ أنطقة الظلام عتبات أو أنطقة إنتقالية، أي أن أنماط الإضاءة هي تكوينات من أنطقة الضوء وأنطقة الظلام، وتؤثر هذه التكوينات في الإحساس بالفضاء. وعلى هذا الأساس، فإن المتغير الخاص بطبيعة أسطح إلتقاء الأنطقة الضوئية يرتبط بطبيعة المنطقة الإنتقالية بين الأنطقة المتجاورة. وقد طرحت (Demers) هذه الخاصية عبر مفهوم التضام (Compactness) الذي يتعلق بطبيعة انتشار الخطوط (الكونتورية) الممثلة لنطاق الضوء أو نطاق الظلام (كرافيكياً)، فالأنماط الضوئية ذات حالات التضاد القليل تتسم بتباينات أقل في السطوع وانتقالات أكثر سلاسة بين أنطقة الإضاءة الساطعة تمثلها خطوط (كونتورية) متباعدة، وهذا مايحدث في حالات الإضاءة المنتشرة، في حين تتضمن حالات التضاد العالي تباينات أكبر وانتقالات حادة تمثلها خطوط (كونتورية) متقاربة، وهذا مايحدث في حالات الإضاءة المباشرة محدثة أنماطاً من الضوء والظل تعزز المعلومات البصرية في منظومة (ديناميكية) (Demers، 1998).

3.2.4.3. إتجاه إنتشار الأنطقة الضوئية: (Direction of Distribution)

تعنى هذه الخاصية التي يمكن أن تُعدَّ مؤشراً للتضاد في الفضاءات بالإتجاه الذي تنتشر به الأنطقة الضوئية متدرجة من السطوع إلى الظلام، وهي ترتبط بمواقع الأنطقة الساطعة كنقاط مرجعية بما يتيح تأسيس علاقة فيزياوية بين الضوء والفضاء وهي علاقة أساسية بالنسبة للإحساس بالبيئة البصرية، فالضوء له القدرة على توكيد الملمس والتفاصيل والملامح الإنشائية في الفضاءات مما ينتج في بعض الأحيان تكوينات معمارية معقدة وفي أخرى تكوينات مختزلة أو منتظمة، كما أن في فضاءات معينة تعمل الأنطقة الضوئية الساطعة بصورة منفصلة عن أنماط مستويات التفاصيل أو تعمل متراكبة معها مما يعزز مواقع محددة في الفضاء (Demers، 1998).

4. الدراسة العملية:

إن الوصول إلى تعميمات موضوعية حول التباين في الخصائص التعبيرية للإضاءة الطبيعية في عمارة كل من-Le Corbusier وKahn، هدف يستلزم إخضاع جميع أعمالهما للدراسة والفحص المنهجيين في عملية بحثية تراكمية، إلَّا أنه لأسباب مرتبطة بالوقت وحجم البحث الحالي والحدود المعني بها، فقد تم إختيار قاعتي الإجتماعات الرئيسة في بناية المجلس في (India/Chandigarh) وبناية البرلمان (Parliament) في (Bangladesh/Dacca) وإخضاعهما للدراسة للأسباب والإعتبارات الآتية:

- يعد النتاجان من بين أبرز أعمال المعماريين على مستوى العمارة عموماً وبالنسبة للبعد الخاص بتوظيف الإضاءة الطبيعية في العمارة تعبيرياً على وجه الخصوص، وهذا ما أشارت إليه العديد من الدراسات المعنية السابقة.
- يستلزم الإستنتاج الموضوعي للتباين فيما يتعلق بالخصائص التعبيرية للإضاءة الطبيعية إجراء دراسة مقارنة بطريقة منهجية يراعى فيها أكبر عدد ممكن من العوامل المؤثرة الممكنة كما يأتي:

- تشابه الحالتين المختارتين للدراسة في العديد من النواحي المرتبطة بتوظيف الإضاءة الطبيعية في العمارة تعبيرياً، فالفضاءان يشتركان في كونهما الجزء الرئيس لبنايتين تنتميان إلى نمط وظيفي واحد،أي الأبنية(البرلمانية)، الأمر الذي يعني التقارب في المتطلبات والأداء الوظيفي من ناحية والتقارب في المتطلبات والأداء على المستوى التعبيري من الناحية الأخرى .كما تتشابه الحالتان في أن الكونكريت المسلح هو مادة الإنشاء الرئيسة، أي أن المادة المستخدمة في التعبير المعماري تتسم بأسطح أحادية اللون مما يوفر خلفية حيادية لدراسة خصائص الضوء الطبيعي مع تباينات قليلة في الخصائص الإنعكاسية لأسطح الفضاء تسهل المقارنة بين الحالتين.
- تعدُّ الحالتان متقاربتان من ناحية حجم الفضاء الخاضع للدراسة وارتفاعه ومقياسه.
- تعدُّ الحالتان متقاربتان من ناحية سياقهما الجغرافي وبالتالي وقوعهما تحت تأثيرات متقاربة من السماء وخصائصها وخط العرض والشمس وزواياها وغير ذلك.
- إلا أن الحالتين تتباينان فيما يتعلق (بالعوامل الرئيسة المرتبطة بالضوء الطبيعي المؤثرة في الخصائص التعبيرية للفضاء) كمصدر الضوء من ناحية شدَّته وخصائصه الإتجاهية ولونه، والخصائص الهندسية المرتبطة بالعلاقة بين مصدر الإضاءة والأسطح المستلمة للضوء داخل الفضاء، والأسطح التي تستلم وتعدل الضوء فتصبح بحد ذاتها مصادر ثانوية للضوء. على أن من الأهمية بمكان الإشارة إلى أن البحث الحالي يركز على الهدف الخاص بوصف التباين بين أنساق الإضاءة الناتجة داخل الفضاءين الخاضعين للدراسة فقط، ورغم أن هذا التباين يرجع بطبيعة الحال إلى العوامل أعلاه، إلا أن البحث الحالي لايركز على طبيعة علاقة الإرتباط التأثيرية بين هذه الأنساق وبين العوامل المؤثرة المذكورة وهو ما يمكن أن يكون محور تركيز بحوث لاحقة.

- إستخدم البحث لتمثيل أنطقة الضوء وتحليلها برمجية (ECOTECT 2011) لتحليل ضوء النهار، وهي أداة تحليلية شاملة للتصميم المستدام بدءاً من المراحل الأولى للفكرة التصميمية وصولاً إلى تفاصيلها وبمدى واسع للتمثيل والتحليل على أرضية منفردة مع أدوات لتخيل وتمثيل أداء نموذج المبنى وهو في سيـــــــــاق بيئته (Autodesk Ecotect Analysis، 2011، ص1). ولإنجاز عملية التمثيل فقد تطلَّب تغذية البرنامج الحاسوبي بالمعطيات الآتية الخاصة بالمبنى المطلوب دراسته:

- الموقع الجغرافي والزمن الذي يتم فيه القياس.
- نوع منظومة الإضاءة الطبيعية من الفتحات أشكالها ومساحاتها ومواقعها وموادها وتفاصيلها.
- مواد البناء والإنهاءات لأجزاء وعناصر المبنى.
- أشكال ومساحات وارتفاعات الفضاءات.

- ولغرض تنفيذ التحليل فقد تم إتخاذ الإجراءات الآتية:

- تجميع التصاميم الخاصة بالفضاءات المطلوب دراستها، علماً أن البحث قد أفرز في الدراسات السابقة وجود تباينات في تصاميم القاعتين، ولذلك فقد اختيرت التصاميم المنفذة فعلياً لأغراض التحليل.
- رسم المخططات ثلاثية الأبعاد للفضاءات المعنية باستخدام برنامج (REVIT IBM) ثم تصدير الرسومات إلى برنامج (ECOTECT 2011) كملفXML .
- تخرج النتائج شاملةً الفضاء الداخلي بأكمله مُمَـــــــــــثَّلة بأنطقة ضوئية لقيم معامل ضوء النـــــــــــهار (Daylight Factor) وتكون هذه الأنطقة إما على شكل توزيع شبكي أو (كنتوري) حسب خيار داخلي ضمن البرنامج، ويمكن تمثيل هذه الأنطقة بألوان يُحَدِّدها البرنامج سلفاً، وهي إما تدرجات الرمادي التسعة، التي اعتمدها البحث في التحليل والمقارنة، أو الألوان المتدرجة التي استخدمت في متن البحث لأسباب متعلقة بوضوح عرض النتائج.
- يعرَّف معامل ضوء النهار بأنه نسبة إضاءة ضوء النهار في نقطة معينة ضمن فضاء ما إلى إضاءة ضوء النهار الخارجية الآنية غير المعاقة معبراً عنها بنسبة مئوية، ويحسب بالمعادلة الآتية:

$$DF = SC + ERC + IRC$$

حيث (DF)= معامل ضوء النهار

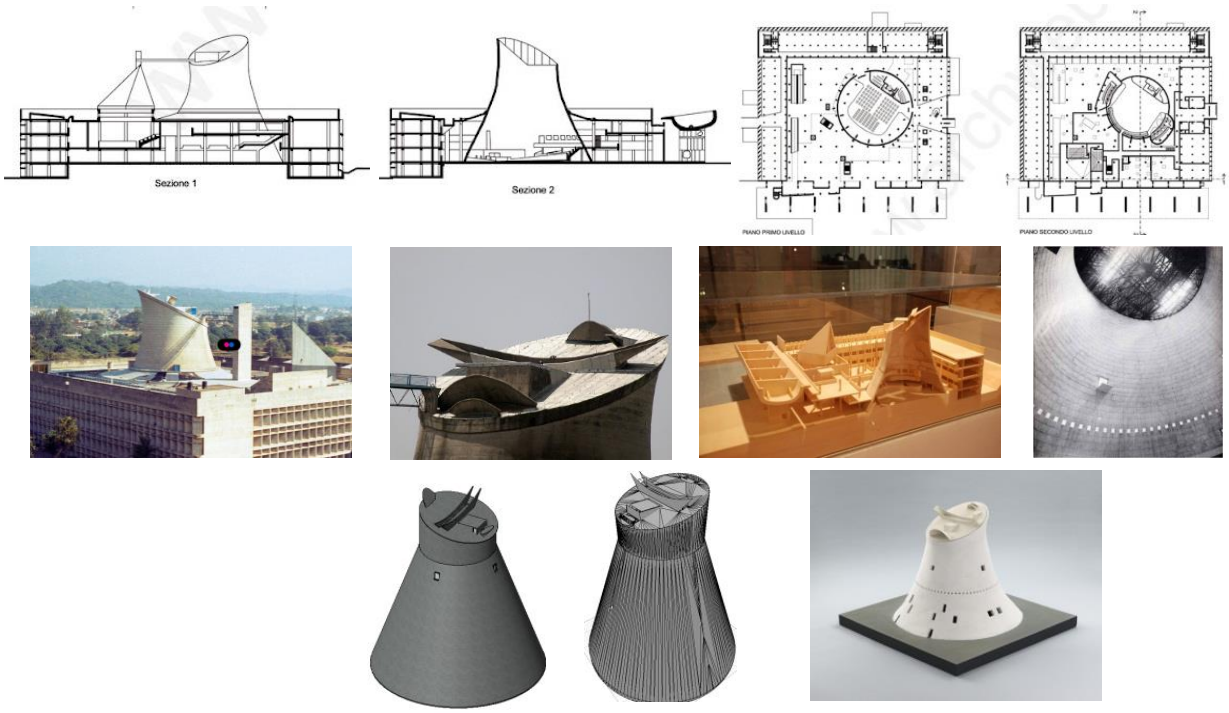
(SC)= مركبة ضوء السماء المباشر الداخل إلى الفضاء من خلال الفتحات كالشبابيك مثلاً.

(ERC)= مركبة الضوء المنعكس خارجياً من الأرضية والأشجار والأبنية.

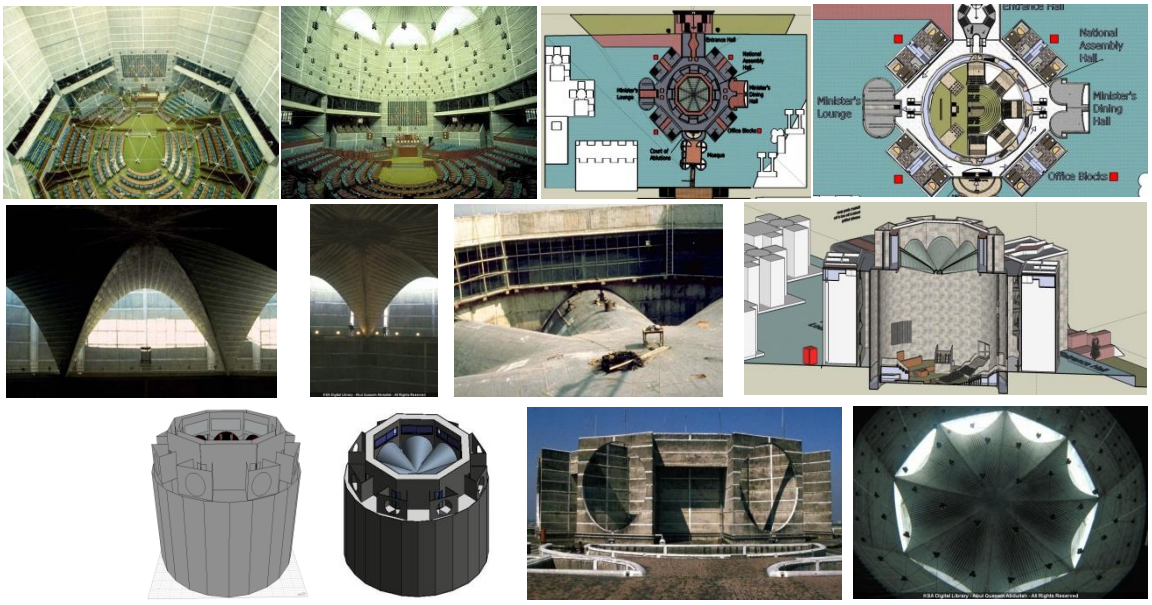
(IRC)= مركبة الضوء المنعكس داخلياً من الإضاءة التي تحدثها المركبتين أعلاه على الأسطح الأفقية والعمودية.

وعلى وفق الدراسات المعنية ولكي يكون معامل ضوء النهار أداةً تصميمية مفيدة فإنه عادة ما يتم إعتماد حالة السماء الغائمة في الحسابات لتمثيل الحالة الأسوأ وبذلك تكون الإضاءة موحدة من جميع الاتجاهات بحيث تبقى العوامل الوحيدة المؤثرة هي (جيومترية) التصميم وطبيعة مواد إنهاء الأسطح المحيطة بالفضاء .

- لغرض إنجاز تحليل مقارَن بين الشرائح من ناحية الأنطقة الضوئية وخصائصها خُزِّنت النتائج بصيغة صور أُرسِلت الى برنامج (Autocad) لحساب مساحة كل نطاق نسبة الى المساحة الإجمالية، ومن ثم سُجِّلت النتائج في ملف (Excel) لإجراء تحليل البيانات إحصائياً للنصوع والتضاد التي مُثِّلت وَحُلِّلت بإستخدام نفس البرنامج.
- فيما يتعلق بدارسة الخواص الشكلية للأنطقة الضوئية فقد وُصف شكل وطبيعة أسطح إلتقاء الأنطقة الضوئية والعلاقة بينها ومن ثم اتجاه الانتشار من مناطق الضوء الى مناطق الظلمة.
- يوضح (الشكل1) أنظمة الإضاءة الطبيعية في قاعة الإجتماعات في بناية المجلس في (India/Chandigarh) إذ تقتصر على النوافذ العلوية الموجودة في السقف مع أربع فتحات مربعة صغيرة تتوزع على قطر المجسم المخروطي.
- يوضح (الشكل2) أنظمة الإضاءة الطبيعية في قاعة الإجتماعات في بناية البرلمان في(Bangladesh/Dacca) إذ تقتصر فتحات الإضاءة على النوافذ الجانبية الموجودة في أعلى الجدار.



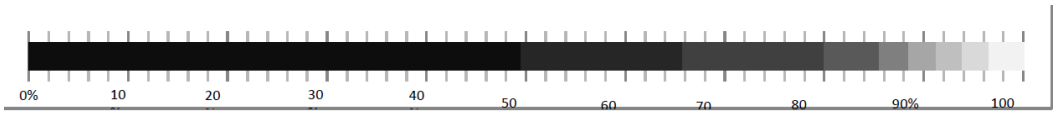
الشكل(1): قاعة الإجتماعات في بناية المجلس في (India/Chandigarh) للمعماري(Le Corbusier)



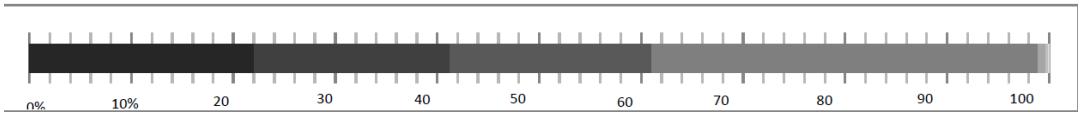
الشكل(2) : قاعة الإجتماعات في بناية البرلمان في (Bangladesh/Dacca) للمعماري(Kahn)

5. مناقشة النتائج:

أولاً / بالنسبة لدرجة النصوع العام للفضاء، يُظهر (الشكل 3) مقارنة نسب تدرجات الرمادي في الفضاءين المدروسين، فقد إختلفت نسبة (التدرج الغامق 0%) بدرجة كبيرة فيهما، فبينما كانت بأعلى قيمة لدى(79.93%) (Le Corbusier) ، فقد اختفت تماماً لدى(Kahn) ، كما أن نسبة (التدرج الفاتح % 100) لدى (Le Corbusier) قليلة جداً (3.51%) وقد اختفت أيضاً لدى (Kahn). أما التدرجات (Mid Gray) المحصورة بين (25%، 50%، 75%) فإنها تَسِم كامل فضاء قاعة البرلمان في بناية (Kahn) بنسبة 100%، أما لدى (Le Corbusier) فان نسبتها(16.56) وهي نسبة منخفضة.



معدل نصوع فضاء(Le Corbusier)

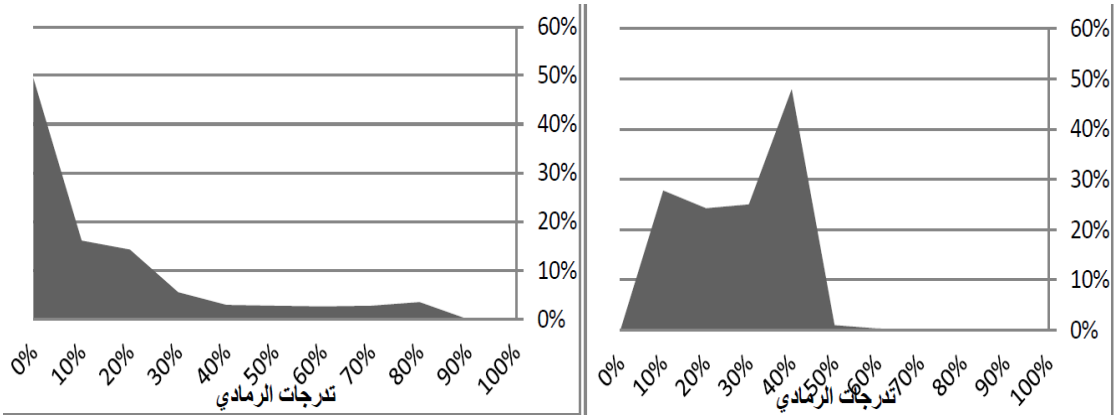


معدل نصوع فضاء(Kahn)

شكل(3) : درجة النصوع العام لفضاء (Le Corbusier) وفضاء(Kahn)

أما فيما يتعلق بالمقارنة بين الفضاءين من ناحية طبيعة تمركز القيم العليا لتدرجات الرمادي، فإن المدرج الإحصائي (الشكل 4)يظهر ميل هذه القيم في فضاء (Le Corbusier) للتمركز باتجاه (القطب الغامق 0%) في حين تميل في فضاء (Kahn)للتمركز في منطقة منتصف تدرجات الرمادي.

أما من ناحية طبيعة النصوع العام الذي يتسم به الفضاءين على مستوى المقطع العمودي، فيمكن ملاحظة أن جميع الشرائح الممثلة لإرتفاع فضاء (Le Corbusier) تتسم بنصوع واطئ بدءاً من أسفل الفضاء وصولاً للمناطق العليا (الشكل5) ، في حين تتباين الشرائح الممثلة لفضاء (Kahn) في قيم نصوعها إذ تتسم الشرائح التي تمثل المناطق السفلى بنصوع واطئ في حين يغلب على الشرائح الممثلة لمنتصف إرتفاع الفضاء نصوع متوسط ثم تتسم الشرائح العليا بنصوع واطئ أيضاً عند اقترابها من السقف.



فضاء(Le Corbusier) **فضاء (Kahn)**

شكل(4) : تدرجات الرمادي لفضاء (Le Corbusier) وفضاء(Kahn)

شكل(5): أنساق معدلات نصوع شرائح المقطع العمودي لفضاء (Le Corbusier) وفضاء(Kahn)

الشريحة	Luis Kahn			Le Corbusier		
	أعلى قيم ضمن 0% أسود	أعلى قيم ضمن ,25% 50% ,75%رمادي	أعلى قيم ضمن 100%ابيض	أعلى قيم ضمن 0%أسود	أعلى قيم ضمن ,25% 50% ,75%رمادي	أعلى قيم ضمن 100%أبيض
	نصوع واطئ	نصوع متوسط	نصوع عالي	نصوع واطئ	نصوع متوسط	نصوع عالي
600		0	0		0	0
1200		0	0		0	0
1800		0	0		0	0
2400		0	0		0	0
3000		0	0		0	0
3600		0	0		0	0
4200	0		0		0	0
4800		0	0		0	0
5400		0	0		0	0
6000	0		0		0	0
6600	0		0		0	0
7200	0		0		0	0
7800		0	0		0	0
8400		0	0		0	0
9000	0		0		0	0
9600	0		0		0	0
10200	0		0		0	0
10800	0		0		0	0
11400	0		0		0	0
12000	0		0		0	0
12600	0		0		0	0
13200	0		0		0	0
13800	0		0		0	0
14400	0		0		0	0
15000	0		0		0	0
15600	0		0		0	0
16200	0		0		0	0
16800	0		0		0	0
17400	0		0		0	0
18000	0		0		0	0
18600	0		0		0	0
19200	0		0		0	0
19800	0		0		0	0
20400		0	0		0	0
21000	0		0		0	0
21600	0		0		0	0
22200	0		0		0	0
22800	0		0		0	0
23400	0		0		0	0
24000	0		0		0	0
24600	0		0		0	0
25200	0		0		0	0
25800	0		0		0	0
26400	0		0		0	0
27000	0		0		0	0
27600	0		0		0	0
28200	0		0		0	0
28800	0		0		0	0
29400	0		0		0	0
30000	0		0		0	0
30600	0		0		0	0
31200	0		0		0	0
31800	0		0		0	0
32400	0		0		0	0
33000	0		0		0	0
33600		0	0		0	0
34200		0	0		0	0
34800		0	0		0	0
35400		0	0		0	0
36000		0	0		0	0
36600		0	0		0	0
37200		0	0		0	0
37800		0	0		0	0
38400		0	0			
39000		0	0			
39600		0	0			
40200		0	0			
40800		0	0			
41400		0	0			
42000	0		0			
42600	0		0			

ثانياً / فيما يتعلق بدرجة التضاد العام للإضاءة الطبيعية في الفضاءين المدروسين، فإن تفحصاً لطبيعة إنتشار المنحني الخاص بالنسب المئوية لتدرجات الرمادي (الشكل4) يبيِّن أن المنحني الذي يمثل فضاء (Le Corbusier) يميل للإنتشار على تدرجات اللون الرمادي إذ أن أعلى القيم تقع ضمن منطقة 0% الاسود، فيما يبدأ بالتدرج نزولاً وبسرعة على طول المحور الافقي شاملاً كل تدريجات الرمادي بما يؤشر حالة تضاد عالية .في حين يتسم المنحني الممثل لفضاء (Kahn) لأن يكون متضاماً ومتركزاً في عدد محدود من التدرجات إذ أن أعلى قيم تقع ضمن منطقة منتصف المقياس ويتدرج على الجانبين ولمسافة محدودة وهذا يدل على حالة تضاد متوسط .

أما بالنسبة لخاصية التضاد على مستوى المقطع العمودي، فإن (الشكل 6) يبين أن الشرائح الممثلة للمناطق السفلى لفضاء (Le Corbusier)تتسم بتضاد واطئ عموماً وبنسبة قليلة من الإرتفاع، في حين تتسم الشرائح الممثلة لباقي الإرتفاع وصولاً للأعلى بتضاد عالٍ. أما بالنسبة للمقطع العمودي لفضاء(Kahn) ، فإن معظم الشرائح الممثلة للمقطع العمودي تتسم بتضاد واطئ مع شرائح ذات تضاد عالٍ في المناطق العليا من الفضاء القريبة من عناصر منظومة الإضاءة الطبيعية (الفتحات).

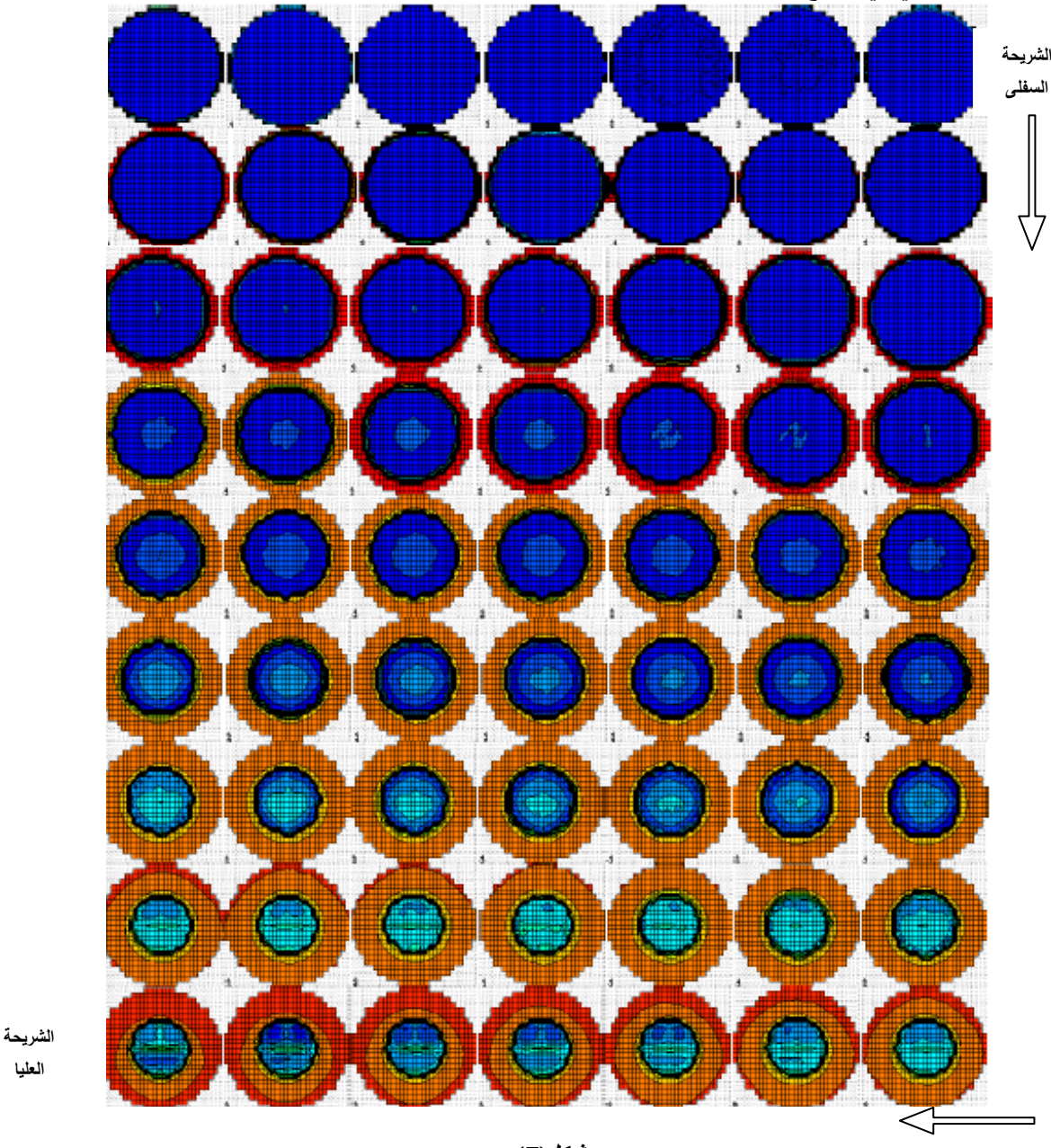
شكل(6) : أنساق قيم التضاد في المقطع العمودي لفضاء (Le Corbusier) وفضاء(Kahn)

الشريحة	Luis Kahn			Le Corbusier		
	قيم متراصة	قيم متوسطة التراص	قيم ممتدة	قيم متراصة	قيم متوسطة التراص	قيم ممتدة
	تضاد واطئ	تضاد متوسط	تضاد عالي	تضاد واطئ	تضاد متوسط	تضاد عالي
600		0	0		0	0
1200		0	0		0	0
1800	0		0		0	0
2400	0		0		0	0
3000	0		0		0	0
3600	0		0		0	0
4200	0		0		0	0
4800	0		0		0	0
5400	0		0		0	0
6000	0		0	0		0
6600	0		0	0		0
7200	0		0	0		0
7800	0		0	0	0	
8400	0		0	0	0	
9000	0		0	0	0	
9600	0		0	0	0	
10200	0		0	0	0	
10800	0		0	0	0	
11400	0		0	0	0	
12000	0		0	0	0	
12600	0		0	0	0	
13200	0		0	0	0	
13800	0		0	0	0	
14400	0		0	0	0	
15000	0		0	0	0	
15600	0		0	0	0	
16200	0		0	0	0	
16800	0		0	0	0	
17400	0		0	0	0	
18000	0		0	0	0	
18600	0		0	0	0	
19200	0		0	0	0	
19800	0		0	0	0	
20400	0		0	0	0	
21000	0		0	0	0	
21600	0		0	0	0	
22200	0		0	0	0	
22800	0		0	0	0	
23400	0		0	0	0	
24000	0		0	0	0	
24600	0		0	0	0	
25200	0		0	0	0	
25800	0		0	0	0	
26400	0		0	0	0	
27000	0		0	0	0	
27600	0		0	0	0	
28200	0		0	0	0	
28800	0		0	0	0	
29400	0		0	0	0	
30000	0		0	0	0	
30600	0		0	0	0	
31200	0		0	0	0	
31800	0		0	0	0	
32400	0		0	0	0	
33000	0		0	0	0	
33600	0		0	0	0	
34200	0		0	0	0	
34800	0		0	0	0	
35400	0		0	0	0	
36000	0		0	0	0	
36600	0		0	0	0	
37200	0		0	0	0	
37800	0		0	0	0	
38400	0					
39000	0					
39600	0					
40200	0	0				
40800	0	0				
41400	0	0				
42000	0	0				
42600	0	0				

ثالثاً / فيما يتعلق بالتكوين الشكلي للأنطقة الضوئية في فضاء (Le Corbusier) (الشكل7)، فإن تحليل الشرائح الناتجة يبرز أن شكل الأنطقة الضوئية في المستويات الأولى للفضاء كانت ممتدة ومن ثم تتغير الى الشكل المركزي وأخيراً الى

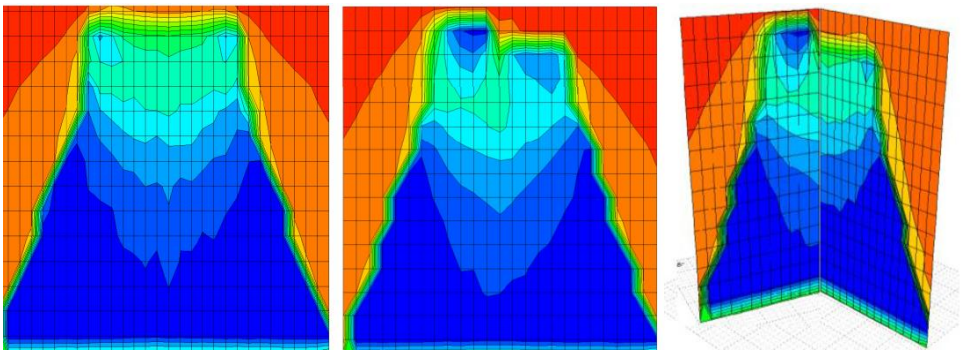
الشكل المجمع، أي حدثت ثلاثة إنتقالات في أشكال الأنطقة الضوئية .وبصورة تفصيلية، يبرز التشكيل المركزي للانطقة الضوئية بدءاً من الشرائح الاولى وكأنها عملية انبثاق للضوء من قلب العتمة وبشكل تدريجي حيث تحتل العتمة الإطار الخارجي ثم ينبثق الضوء من قلب الفضاء ويتوسع صعوداً الى الشرائح في المستويات العليا، ويتبين ذلك واضحاً في الشريحتين الممثلتين للمقطع العمودي للفضاء وهي كالطبقات المتكشفة عن النور (الشكل8).

أما بالنسبة للتكوين الشكلي لأنطقة الإضاءة في الشرائح الممثلة لفضاء (Kahn) (الشكل9)، فيلاحظ وجود تنوع كبير في شكل الأنطقة الضوئية حيث بدأ الفضاء ببقع ممتدة ثم تغير شكل البقع الى مجمَّعة ثم تغير ليأخذ الشكل المركزي وأخيراً الشكل الشعاعي، أي حدثت أربعة انتقالات في أشكال الأنطقة الضوئية، وبذلك يمكن القول انه لم يتم التركيز على شكل دون آخر بل حدث تغاير وتنوع في أشكال البقع على إرتفاعات مختلفة. وبصورة تفصيلية، تبدو أشكال الأنطقة الضوئية للشرائح المحللة وكأنها مستعمرات بكتيرية ذات حواف مفصصة تنتشر بشكل عشوائي في جميع مساحة الشريحة وفي أغلب الشرائح المحللة وصولاً الى الشرائح القريبة من أنظمة الاضاءة الطبيعية، إذ تبدأ بالتأثر بشكل وأسلوب توزيع تلك الأنظمة فيظهر النمط الشعاعي في توزيع الانطقة الضوئية.

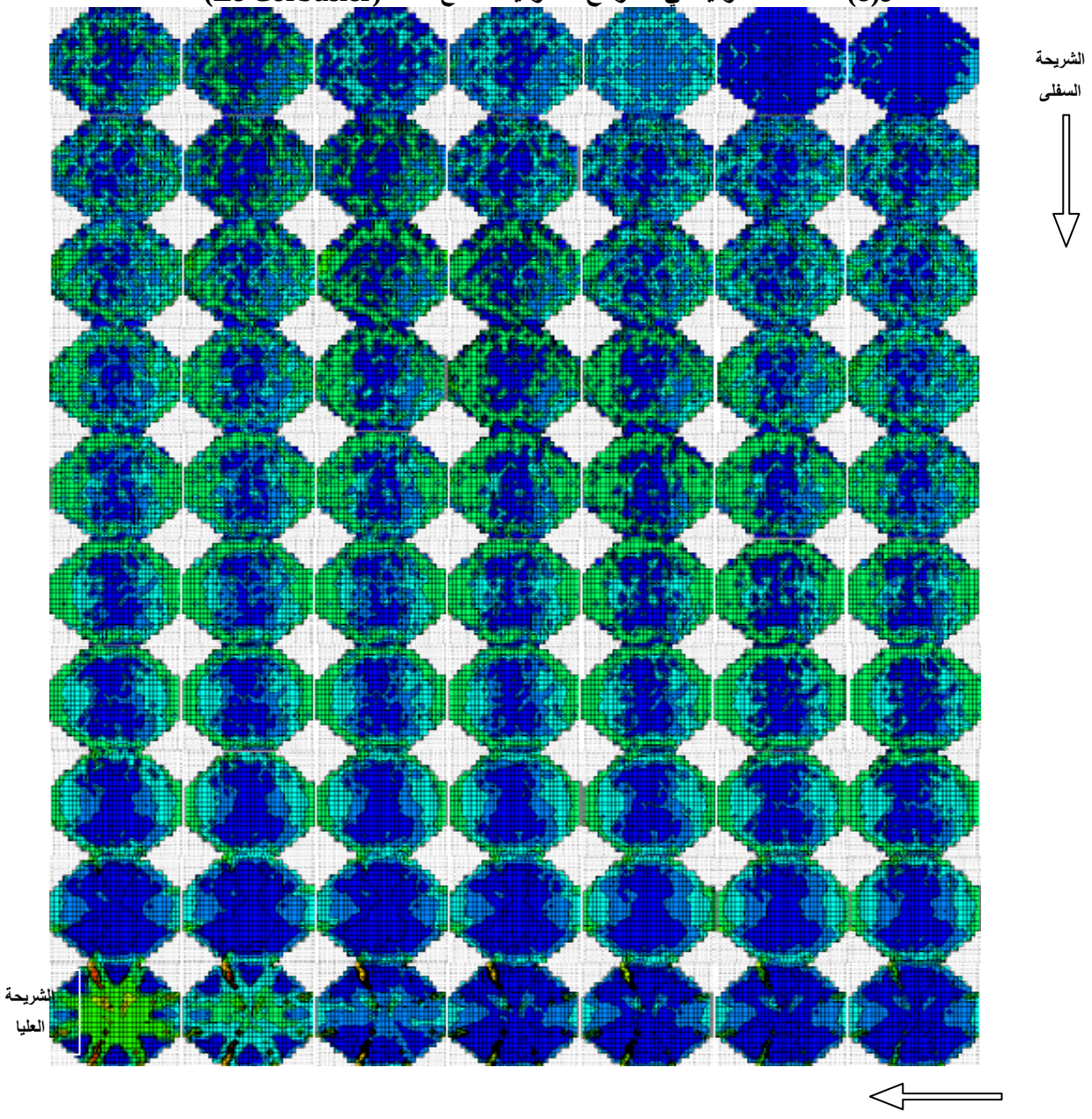


شكل(7)

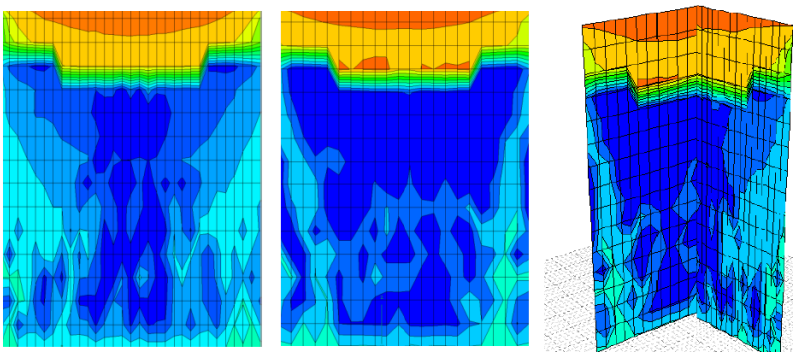
الأنطقة الضوئية في الشرائح الأفقية لفضاء (Le Corbusier) من المستوى 0.0 إلى الأعلى بدءاً من اليمين



شكل(8) الأنطقة الضوئية في الشرائح العمودية لمقطع فضاء(Le Corbusier)



شكل(9)
الأنطقة الضوئية في الشرائح الأفقية لفضاء (Kahn) من المستوى 0.0 إلى الأعلى بدءاً من اليمين



شكل(10) : الأنطقة الضوئية في الشرائح العمودية الممثلة لمقطع فضاء(Kahn)

رابعاً / بالنسبة لأسطح إلتقاء الأنطقة الضوئية، فيلاحظ أنها في الشرائح الممثلة لفضاء (Le Corbusier) كانت ذات طبيعة متقاربة ومن ثم أصبحت متقاطعة، أي حدث انتقال من تدرج الأنطقة المتسلسلة في الإنتشار إلى الطبيعة الأكثر تقاطعاً من حيث عدم وجود التدرجات المتسلسلة وإنما قفزات سريعة من تدرج أو قيمة ضوئية إلى أخرى وبشكل متداخل.
أما بالنسبة إلى (Kahn) فقد كانت في الشرائح الممثلة للفضاء ذات طبيعة متقاطعة ومن ثم متقاربة وأخيراً في المستويات العليا عادت لتكون متقاطعة، وعندما يكون الانتشار متقارباً يحافظ كل نطاق على قيمته الضوئية حيث يمكن ملاحظة وجود تدرج في قيم الانطقة الضوئية وبشكل متسلسل.
خامساً / بالنسبة لإتجاه إنتشار الأنطقة الضوئية، فقد كان اتجاه إنتشار الضوء في فضاء (Le Corbusier) باتجاه الداخل وصولاً إلى المستويات العليا القريبة من السقف وفتحات الإضاءة حيث تحول الإنتشار إلى متعدد الإتجاهات .في حين كان اتجاه إنتشار الأنطقة الضوئية في فضاء (Kahn) من الضوء الى الظلمة، إذ بدأ الانتشار بشكل متعدد الإتجاهات في المستويات الأولى ومن ثم تحول باتجاه الداخل وأخيراً عند اقترابه من السقف وأنظمة الإضاءة أصبح الإنتشار متعدد الاتجاهات .

6. الإستنتاجات:

- رغم الإنطباع العام الذي أعطته الدراسات السابقة عن تشابه (Le Corbusier) و (Kahn) فيما يخص المستوى التعبيري للإضاءة الطبيعية في عمارتيهما، فقد أمكن في هذا البحث إستنتاج أن توافقهما في حقيقة الأمر قد كان في مسائل تتعلق بارتباطات ظاهرة الإضاءة الطبيعية بالعمارة، كتوافقهما في الموقف إزاء أهمية الإضاءة الطبيعية بالنسبة للبعد التعبيري في العمارة، وفي تصوُّر الضوء بالنسبة للعمارة بعدِّه عنصراً تصميمياً(Design Element) وعنصراً معدِّلاً (modifier) في آن واحد، وفي استيعاب الطبيعة الجدلية الثنائية للضوء واستثمارها في نتاجات العمارة. ومع ذلك، فإن نتائج التحليل الرقمي لفضائين من نتاجاتهما قد أظهرت تباينهما في خصائص مرتبطة بظاهرة الإضاءة الطبيعية بحد ذاتها على المستوى التعبيري، وقد أمكن تحديد طبيعة هذا التباين فيما يتعلق بمتغيرات محددة تتمثل بدرجة السطوع العام ودرجة التضاد الضوئي العام للفضاء إضافة إلى طبيعة التكوينات الشكلية للأنطقة الضوئية وطبيعة أسطح إلتقائها واتجاه إنتشارها، وبذلك تم تحقيق هدف البحث مع الأخذ بنظر الإعتبار إمكانية تطبيق ذات المنهجية في تحليل نتاجاتهما الأخرى للتوصل إلى تعميمات أكثر موضوعية.
- أظهرت نتائج التحليل ميل (Le Corbusier) لإنتاج فضاء يتسم بدرجة نصوع منخفضة في عمومه وهذا ناتج عن النسبة العالية للتدرج الغامق مقارنة بالتدرجات الأخرى للون الرمادي من جهة وتمركز هذه القيم باتجاه القطب الغامق للمدرج الإحصائي من جهة أخرى، وتغلب هذه السمة شمولياً وموضعياً على حد سواء. أما (Kahn) فقد برز ميله لإنتاج فضاء يتسم في عمومه بدرجة نصوع متوسط وهي حالة ناتجة عن سيادة تدرجات الرمادي الواقعة في منتصف المقياس مع اختفاء التدرج الغامق والناصع على حد سواء من جهة وتمركز النسب العليا لهذه التدرجات في منتصف المدرج الإحصائي من جهة أخرى، وترتبط هذه السمة بالمستوى الشمولي، إما موضعياً فإن ارتفاع الفضاء يتسم بتناوب التدرجات السائدة بين درجة النصوع الواطئ والمتوسط.
- برز من نتائج التحليل ميل (Le Corbusier) لإنتاج فضاء ذو إضاءة طبيعية بدرجة عالية من التضاد في عموم الفضاء وتسود هذه الحالة على المستوى الموضعي تقريباً إذ تشغل حالة التضاد العالي معظم إرتفاع الفضاء في حين يتسم أسفل الفضاء بتضاد واطئ الدرجة. أما (Kahn) فقد برز ميله لإنتاج فضاء ذات إضاءة طبيعية بدرجة متوسطة من التضاد في عموم الفضاء، أما على المستوى الموضعي فإن الجزء الأسفل للفضاء يتسم بتضاد واطئ في حين يتسم الجزء العلوي منه القريب من عناصر الإضاءة الطبيعية بتضاد عالٍ.

- ❖ أبرزت نتائج التحليل فضاء (Le Corbusier) يتسم بانتقالات حادة بين الأنطقة الضوئية الساطعة وأنطقة الظلام وهذه حالة مترافقة مع درجة السطوع الواطئ للفضاء وحالة التضاد العالي فيه إضافة إلى نسق مكثف للإضاءة، أما فضاء (Kahn)فيتسم بانتقالات متدرجة بسلاسة بين الأنطقة الضوئية الساطعة والأنطقة الأقل منها سطوعاً ويترافق ذلك مع درجة السطوع المتوسطة للفضاء وحالة التضاد المتوسط أيضاً إضافة إلى نسق منتشر للإضاءة.
- ❖ برز تباين المعماريين في كل من طبيعة التكوينات الشكلية المتشكلة في فضاءيهما وفي علاقة هذه التكوينات بالفكرة التصميمية الكلية للنتاج المعماري، فقد أظهرت النتائج ميل (Le Corbusier) لتشكيل تكوين ضوئي كروي ذات استطالة تحيطه أنطقة من الظلام في منطقة قريبة من الأعلى وبما يعطي صورة كرة ضوئية في نهاية النفق أو تكوين ضوئي محفور أو منحوت في الظلام مذكراً بالنور في نهاية النفق الذي يتكشف قدماً وصولاً الى نهايته، ويتعزز الوجود الفيزياوي لهذا التكوين بدرجة السطوع الواطئة التي اتسم بها الفضاء، ويبدو أن ميل المعماري لهذا النوع من التكوينات الشكلية يندرج ضمن توجهاته لإنتاج صورة (التلألؤ) التي استثمرها في نتاج آخر على الأقل وفي فترة مقاربة أي في كنيسة (Ronchamp). كما أن إنتاج هذه الصورة والتكوينات الشكلية قد ترافق مع استخدامه لأنظمة الإضاءة المباشرة)الفتحات (الموجودة في سقف فضاء بناية المجلس وفي جدران الكنيسة .بالمقابل برز ميل (Kahn) لتشكيل تكوين ضوئي متمفصل مركزياً وكأنه مستعمرات بكتيرية ذات حواف مفصصة تنتشر بشكل عشوائي في منطقة قريبة من الأعلى بما يعطي صورة ثريا ضوئية تنتشر أشعتها على مساحة واسعة من الفضاء رغم تمفصلها الفيزياوي المعتدل الناتج عن درجة السطوع المتوسطة لعموم الفضاء. وإن تأملاً في طبيعة التكوين الشكلي المركزي للأنطقة الضوئية الساطعة يثير الشعور بميل (Kahn) إلى إستثمار الإضاءة الطبيعية في تعزيز الفكرة التصميمية للنتاج المعماري الكلي من خلال إنتاج تكوين شكلي للإضاءة الطبيعية ذات بنية متوافقة مع البنية المركزية التي طالما إتسمت بها نتاجاته المعمارية عموماً وبناية البرلمان في (Dakka) على وجه الخصوص، مع عدم إغفال الطبيعة (الديناميكية) للإضاءة الطبيعية الناتجة عن التغير المستمر في موقع الشمس طوال ساعات النهار .كما أن إنتاج هذا النمط من التكوينات الشكلية قد ترافق مع اعتماد المعماري على أنظمة الإضاءة غير المباشرة حيث الفتحات موزعة بنمط مركزي على الجدران الجانبية للفضاء من الأعلى، وهي (ستراتيجية) طالما اعتمدها (Kahn) في نتاجاته كمتحف (Kimbel) على سبيل المثال.
- ❖ مما سبق يمكن القول بأن فضاء (Le Corbusier) يتسم بإضاءة مباشرة وتوزيع لها غير موحد إذ تتركز في مناطق معينة دون اخرى، وقد يرتبط هذا بأن إدراك هذا الفضاء مجزأ وذو طابع مادي حيث يتم التأكيد على سطوح المادة والظلال المتولدة عليها وتكون اضاءة الفضاء بؤرية مركزة. بالمقابل فإن فضاء (Kahn) لا يبدو أنه يتمتع بهذه الحدية في خواصه إذ أنه ذو مصدر إضاءة شبه منتشر وتوزيع لها شبه موحد ومتساوٍ، وقد يرتبط هذا بخواص إدراكية للفضاء تتمثل بأنه فضاء شبه موحد ذو طابع شبه مادي وإضاءة شبه مشتتة.
- ❖ إن طبيعة الاضاءة في فضاء (Le Corbusier) التي تشبه القمع المقلوب تقوم بسحب النظر الى الأعلى حيث تزداد قيم النصوع والتضاد، مشكلاً محوراً بصرياً موجهاً إلى أعلى، أما فضاء (Kahn) فلا تظهر عليه سمة الإتجاهية والتركيز على عنصر أو جهة أو مستوٍ معين دون آخر وكأن السمة الأساسية للفضاء هي المساواة والوحدة في الأهمية والإضاءة.

7. التوصيات:

- أمكن من خلال هذا البحث إستنتاج طبيعة التباين بين (Le Corbusier) و (Kahn) فيما يتعلق بجوانب محددة من ( )ستراتيجيات) التعامل مع الإضاءة الطبيعية في العمارة تعبيرياً، ولذلك فإن هذا البحث يوصي باستثمار هذه المعرفة المستنتجة في تطوير مادة نظريات العمارة في المدارس المعمارية بهذا الخصوص.
- أبرز البحث الحالي إمكانية توظيف برنامج (ECOTECT 2011) في إلتقاط التباين بين النتاجات المعمارية فيما يتعلق بالخصائص التعبيرية للإضاءة الطبيعية في العمارة، ولذلك فإنه يوصي باستثمار هذا البرنامج ومكاملته في العملية التصميمية لتقييم الأفكار التصميمية المرتبطة بالبعد النفعي أو البعد التعبيري وسواء كان ذلك في المراحل الإبتدائية أو النهائية لعملية التصميم المعماري.

المصادر

1. Ander, G., (1995), "Daylighting Performance and Design. New York: Van Nostrand Reinhold.
2. Autodesk® Ecotect® Analysis 2011, Readme and Installation Guides for Autodesk Ecotect Analysis 2011
3. Baker N. & Steemers K., (2002), "Daylight Design of Buildings", James & James (Science Publishers) Ltd.

4. Barrett R., (2009), "The Case for Daylighting in Architecture" in International Journal of Architectural Research, Vol. 3, No. 2, (6-21).
5. Buttiker, U., (1994), "Louis I Khan: Light and Space", New York: Whitney Library of Design, New York.
6. Curtis, W., (1996), "Modern Architecture since 1900", Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
7. Curtis W., (1983), "Authenticity, Abstraction and the Ancient Sense: Le Corbusier's and Louis Kahn's Ideas of Parliament", in Perspecta: The Yale Architectural Journal, Vol: 20.
8. Demers C., (2006), "Assessing Light in Architecture: A Numerical Procedure for A Qualitative and Quantitative Analysis", International Lighting Conference, Venise.
9. Demers C., (2000), "Light and the Digital Image: A Proposed Framework for Design and Analysis", (PLEA) Passive Low Energy in Architecture, Cambridge, UK.
10. Demers C., (1998), "Qualities of Light and Space: Contrast as a Global Integrator", First Symposium of the Quality of Light, Ottawa.
11. Gill S., (2006), "A Study of the Characteristics of Natural Light in Selected Buildings Designed by Le Corbusier, Louis Kahn and Tado Ando", Texas A&M University.
12. Horvath N., (2010), "Architecture & Enlightment: An Exploration of the Experiential Possibilities of the Constituents of Architecture", An M.A (Professional) Thesis, Unitec Institute of Technology.
13. Kota S. & Haberl J., (2009). "Historical Survey of Day lighting Calculations Methods and Their Use in Energy Performance Simulations", Proceedings of the 9th International Conference for Enhanced Buildings Operations, Austin, Texas.
14. Lau B., "The Poetics of Sacred Light- a comparative study of the luminous environment in the Ronchamp Chapel and the Church in the Monastery of La Tourette", The 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin.
15. Le Corbusier, (1923), Translated by Etchells, F., (1989), "Towards a New Architecture", Butterworth Architecture, London.
16. Madsen, Merete, (2006), "Light Zone as Concept and Tool", The Royal Danish Academy of Fine Arts, School of Architecture.
17. Moore, F., (1985), "Concepts and Practice of Architectural Daylighting", Van Nostrand Reinhold, New York.
18. Pallasmaa J., (2005), "The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses". John Wiley: New York.
19. Plummer, Henry, (2009), "*The Architecture of Natural Light*", Thames & Hudson.
20. Portoghesi, P., (1994), "Light and Modern Architecture", In *Light & Space: Modern Architecture,* Futagawa, Y. ed., Ga International Co Ltd, Tokyo.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل