التصميم الأمثل للفناء الوسطي باستخدام الحاسوب

عبد الستار جابر عبد اللطيف كلية هندسة الإلكترونيات

عبد العزيز سليمان خليل كلية علوم الحاسبات والرياضيات

علياء موفق عبد المجيد

جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث : ٢٠٠٤/٩/٥ **تاريخ قبول البحث: ٢٠٠٥/٥/٩**

ABSTRACT

The courtyard occupied a great importance in the architectural constructions in olden times and recently, especially in the Arab and Islamic architecture, due to their large atmospheric benefits. In addition to the beauty which they add to these constructions especially in the hot and dry regions nevertheless, the sun has its large effects, +ve and –ve onto the atmosphere of these courtyards and then onto these constructions, and that obligates the architect to do a very complicated calculations and to keep on recalculating to determine these effects, and then to take into account in his design in order to reach the best design. For this reason, it is to be necessary to obtain a mechanical procedure, which enables the designer (the architect) to get the inclusion of these calculations quickly and precisely in order to save the effort, time and expense.

The system, which has been built, achieved these calculations quickly and precisely. This system includes a group of units which belong to a main menu to enable the user using it easily in order to obtain its calculation without a need for a perfect knowledge about (using) computer. Baghdad City has been selected as a pattern of geographical site in which the courtyard is situated.

الملخص

احتلت الفناءات الوسطية أهمية كبيرة في الإنشاءات المعمارية قديماً وحديثاً، وخصوصاً في العمارة العربية والإسلامية، لما لها من فوائد مناخية كبيرة في الأقاليم الحارة الجافة فضلاً عن الجمالية التي تضفيها على هذه الإنشاءات. كما أن للشمس تأثيراً كبيراً –سلباً وإيجاباً- في أجواء هذه الفناءات ومن ثم على هذه الإنشاءات، مما أوجب على المصمم المعماري إجراء حساباتٍ بالغة التعقيد والتكرار لتحديد هذه التأثيرات ومن ثم مراعاتها في تصميمه وصولاً إلى

التصميم الأمثل. لذا كان من الضروري استحصال صيغة آلية تمكنه من الحصول على نتائج هذه الحسابات بسرعة ودقة توفيراً للجهد والوقت والكلفة.

إن النظام الذي تم بناؤه يحقق هذه الحسابات بسرعة ودقة عاليتين, إذ يضم مجموعة من الوحدات تربطها واجهة رئيسية تمكن المستخدم من استعماله بسهولة للحصول على حساباته دون الحاجة إلى معرفة تامة بالحاسوب. وقد اختيرت مدينة بغداد نموذجاً للموقع الجغرافي الذي يقع فيه الفناء.

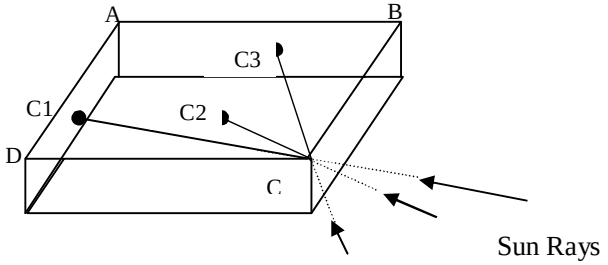
١ - مقدمة:

تلازم الفناء الوسطي مع البيوتات والإنشاءات منذ القدم وخصوصاً في العمارة العربية والإسلامية[١]، بوصفه معالجة مناخية وجمالية في آن واحد. وخصوصاً في الأقاليم ذات المناخ الحار الجاف[٢]. تؤثر الشمس في جو الفناء الوسطي ومن ثم في كفاءته ووفقاً لعوامل كثيرة: منها ما يتعلق بالموقع الجغرافي ومنها ما يتعلق بتصميم الفناء. مما أوجب على المعماري اختيار تصميم الفناء الذي يعطي أعلى كفاءة ولموقع جغرافي معين مع المحافظة على جمالية التصميم.
الفناء الكفوء: هو الفناء الذي يسمح للأشعة الشمسية المباشرة بالسقوط على جدرانه وأرضيته بأكبر مساحة ممكنة خلال الفترة الباردة، وإمكانية حجبه للأشعة الشمسية عن الجدران والأرضية بأقصى ما يمكن خلال الفترة الحارة من السنة[٢]. وعليه يتم تحديد نوعين من الكفاءة[٣]:
أولاً: الكفاءة الشتائية (Winter Efficiency)، والتي تتضمن: كفاءة التشميس (Sunny Efficiency)، وكفاءة التعرض (Exposure Efficiency).
ثانياً: الكفاءة الصيفية (Summer Efficiency)، والتي تتضمن: كفاءة التظليل (Shaded Efficiency)، وكفاءة عدم التعرض (Non-Exposure Efficiency).

٢ - حسابات التشميس والتظليل:

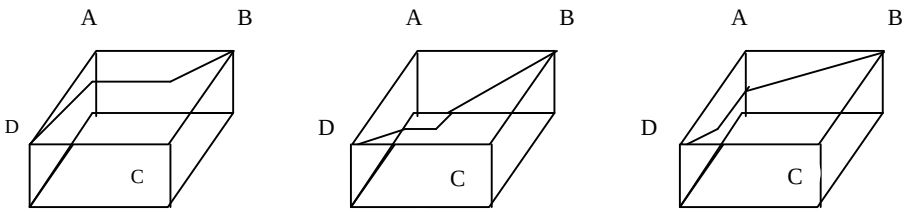
لغرض تحديد تأثير الأشعة الشمسية في جدران الفناء وأرضيته بشكل عام يتطلب ذلك معرفة شكل البقعة الشمسية المتكونة على الجدران والأرضية لغرض حساب مساحتها. ويعتمد شكل البقعة الشمسية المتكونة على متغيرات عديدة منها:
موقع الشمس الظاهري في قبة السماء.
موقع الشمس الظاهري بالنسبة إلى الفناء في ذلك الوقت.
تناسبات الفناء الهندسية (الطول، العرض، الارتفاع).
تحديد شكل البقعة الشمسية:

إن احتمالات أشكال البقعة الشمسية على الجدران والأرضية هي (المربع، المستطيل، المثلث، الشبه المنحرف) وهذا يعتمد على موقع سقوط ظل النقطة العليا للركن الذي تخترق الأشعة الشمسية الفناء باتجاهه (شكل ١).



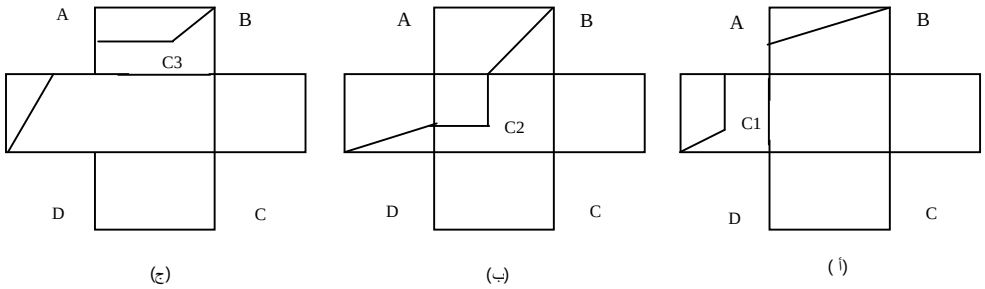
الشكل (١) بعض احتمالات مواقع سقوط ظل نقطة ركن الفناء

فعلى سبيل المثال عند سقوط ظل النقطة © على الجدران (DA) عند (C1) كما في الشكلين (٢-أ) و (٣-أ) فإن البقعة الضوئية على هذا الجدار ستكون بشكل شبه منحرف وتحسب مساحتها على هذا الأساس، وتكون البقعة الضوئية على الجدار (AB) بشكل مثلث، أما المساحات المتبقية من الجدارين (DA) و(AB) فتحسب كمساحات مظللة في ذلك الوقت وكذلك مساحة كل من الجدار (BC) و(DC) والأرضية. وهكذا بالنسبة إلى حالات سقوط ظل النقطة (C) على الجدار (AB) عند (C3) أو الأرضية عند (C2)، كما مبين بالشكلين (٢ و٣).



(ج) (ب) (أ)

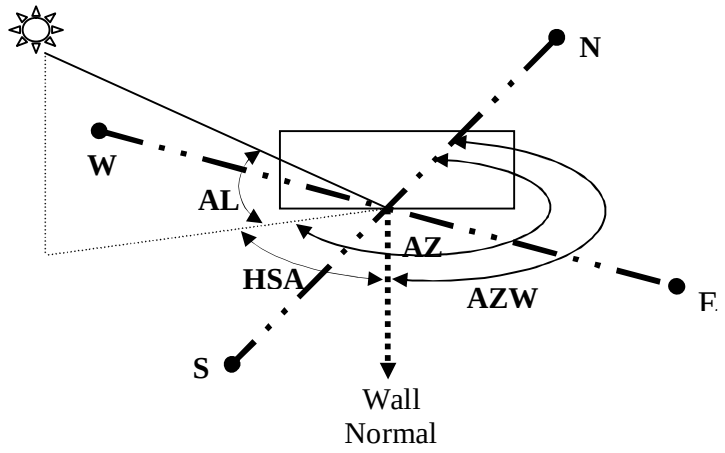
الشكل (٢) مجسم لاحتمالات شكل البقعة الضوئية والظل في الفناء



الشكل (٣) مسقط لجدران وأرضية الفناء يوضح شكل البقعة الضوئية

تعيين موقع الشمس في السماء:

يتـــم تعيين موقع الشمس فـــي السماء في وقت محدد اعتماداً على نظام الإحداثيات الموضح في الشكل (٤)، ففي هذا النظام يتحدد موقع الشمس في السماء من خلال زاويتين: الأولـــى تـــسمى زاوية ارتفاع الشمس (Altitude) ويرمز لها بـــ (AL): وهي الزاوية المحصورة بين خـــط الأشعة الشمسية ومسقطه على المستوى المماس للأرض في تلك النقطة. أمـــا الزاويـــة الثانيـــة فتسمى زاوية السمت (Azimuth) ويرمز لها بـــ(Az): وهي الزاوية المحصورة بـــين خـــط مسقط الأشعة الشمسية على الأرض وخط الشمال باتجاه عقارب الساعة، وتكون قيمتهـــا عنـــد الشمال (0°) وعند الجنوب (180°).



الشكل (٤) نظام الإحداثيات الشمسي

وتحسب هاتان الزاويتان من العلاقات الآتية[٤]:

$$Sin(AL)=Sin(LA)\times Sin(DE)+Cos(LA)\times Cos(DE)\times Cos(H)....(1)$$

$$Cos(AZ)=\frac{Sin(DE)-Sin(LA)\times Sin(AL)}{Cos(LA)\times Cos(AL)}.....(2)$$

حيث أن: LA: خط العرض للمنطقة (Latitude).

DE: زاوية الميل الشمسي (Declination): وهي الزاوية المحصورة بين شعاع الشمس ومحور الأرض وتحسب من العلاقة الآتية:

$$DE = 23.45 \times Sin(360 \times (284 + Dno)/365).....(3)$$

Dno: رقم اليوم السنوي.

H: الزاوية الساعية (Hour Angle) ويمكن حسابها من العلاقة الآتية:

$$H=(15\times Time)+180.....(4)$$

Time: أية ساعة من ساعات اليوم المختار من السنة (١-٢٤)، علماً أن الزاوية الساعية تحدد بواسطة دوران الأرض النظامي حول المحور وبناءً على ذاك ترتبط بشكل مباشر مع وقت الشمس الحقيقي.

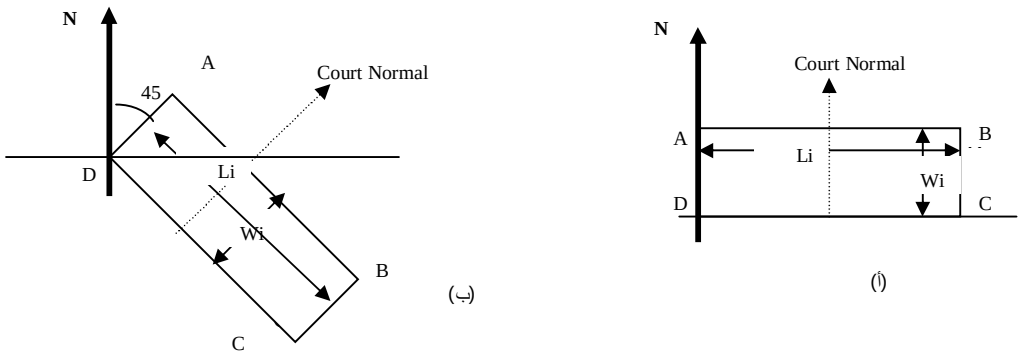
حساب زاوية الظل الأفقية (Horizontal Shadow Angle (HSA):

يطلق على الزاوية المحصورة بين خط مسقط الشمس على الأرض والخط العمودي على الجدار بزاوية الظل الأفقية ويرمز لها بـ(HSA) والموضحة في الشكل (٤) والتي يمكن حسابها من العلاقة الآتية[٤]:

$$HSA = Ro - AZ ....(5)$$

حيث أن Ro تمثل: زاوية دوران الفناء (Rotate Angle) لتحديد اتجاه الفناء.

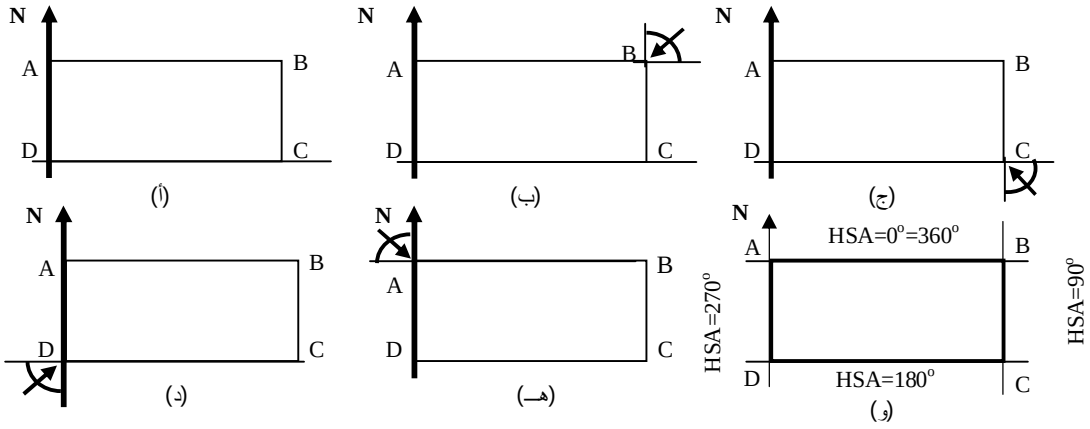
وتكون هذه الزاوية مساوية للصفر عندما يكون عرض الفناء (Wi) موازياً لمحور (الشمال-جنوب) وطول الفناء (Li) موازياً لمحور (الشرق – غرب) كما موضح في الشكل (٥-أ)، ويعتبر محور الفناء هو العمود المقام على الجدار (AB) أي طول الفناء (Li). عند تدوير الفناء بزاوية معينة مثلاً (45°) عن الشمال كما في الشكل (٥-ب) فنقول بأن توجيه هذا الفناء هو (45°) عن الشمال، وعليه يتم حساب زاوية الظل الأفقية (HSA) وفي حالة كون زاوية الدوران ($Ro=0^{o}$) – أي عندما يكون الفناء باتجاه الشمال- فإن (HSA = AZ)، أما عندما تكون (Ro=45) فتكون الزاوية ($HAS = 45^{o} - AZ$).



الشكل (٥) طريقة تمثيل توجيه الفناء

تحديد موقع الشمس بالنسبة إلى أركان الفناء:

لكي نحدد موقع الشمس بالنسبة لأركان الفناء، أي لمعرفة الركن الذي سينفذ الإشعاع الشمسي إلى الفناء من خلاله في وقت محدد، يتم حساب قيمة زاوية الظل الأفقية (HSA) بعد تثبيت اتجاه الفناء بالنسبة إلى الشمال -على سبيل المثال عندما تكون $Ro=0^o$ فإن $HAS=AZ$- الشكل (٦-أ)، وكما يأتي: يكون نفاذ الأشعة من خلال الركن B عندما تكون ($0^o<HAS<90^o$)، الشكل (٦-ب). ويكون نفاذ الأشعة من خلال الركن C عندما تكون ($90^o<HAS<180^o$)، الشكل (٦-ج). ويكون نفاذ الأشعة من خلال الركن D عندما تكون ($180^o<HAS<270^o$)، الشكل (٦-د). ويكون نفاذ الأشعة من خلال الركن A عندما تكون ($270^o<HSA<360^o$)، الشكل (٦-هـ). وأما في الحالات ($HSA= 0^o , 90^o, 180^o, 270^o, 360^o$) فإن نفوذ الأشعة سيكون بالاتجاهات الموضحة في الشكل (٦-و).



الشكل (٦) اتجاه نفوذ الأشعة الشمسية بالنسبة إلى أركان الفناء

حساب شدة الإشعاع الشمسي المباشر والحمل الإشعاعي:

إن أبسط طريقة لتخمين شدة الإشعاع المباشر العامودي كدالة لزاوية ارتفاع الشمس وعلى افتراض أن الجو نقي هي كما يأتي[٥]:

$$IDN = I \times \frac{0.921}{1 + [0.3135 / Sin(AL)]} \quad \text{.....(6)}$$

حيث أن IDN: شدة الإشعاع المباشر العمودي في وقت معين.

I: الثابت الشمسي وقيمته تساوي (1370).[٦].

AL: زاوية ارتفاع الشمس في ذلك الوقت.

وعند معرفة شدة الإشعاع المباشر العمودي نستطيع حساب الحمل الإشعاعي على السطح الأفقي (أرضية الفناء) مقاساً بـــ(الواط) من العلاقة الآتية:[٤]

$$IDH = IDN \times Sin(AL) \times A \text{.....(7)}$$

حيث أن A: مساحة السطح الأفقي.

وكذلك لحساب قيمة الإشعاع المباشر على السطوح العمودية نستخدم العلاقة الآتية:

$$IDV = IDN \times Cos(HSA) \times Cos(AL) \times A \text{.....(8)}$$

حيث أن A: مساحة السطح العمودي.

وقد تم اعتماد تأثير الإشعاع المباشر فقط ضمن النظام دون المنتشر أو المشتت وذلك لتأثيره الأكبر في السطوح ولكون الحسابات تفترض حالة الصحو في الجو والتي تكون فيها الأشعة المنتشرة والمنعكسة في أوطأ حالاتها.[٧]

٣ - المتغيرات المعتمدة في الدراسة:

لقد تم عزل أهم الخصائص المتعلقة بالفناء واعتبارها متغيرات مستقلة (مؤثرة) تؤثر في كفاءة الفناء (متغير معتمد) وهي:

المتغير المستقل (خصائص الفناء)

١ - شكل الفناء. ٢ - خصائص هندسية الفناء: (أ- تناسب أبعاد الفناء، ب- توجيه الفناء بالنسبة إلى اتجاه الشمال). ٣ - خط العرض. ٤ - الفترة الزمنية للتعرض.

شكل الفناء (The Shape of The Courtyard): يعد الفناء التقليدي شكلاً رباعياً للأرضية محاطاً بأربعة جدران أو فضاءات وسيتم تحديد هذا الشكل لغرض تصميم النظام مع اعتبار أن زواياه قائمة والجدران الأربعة المحيطة لها ارتفاعات متساوية.

هندسية الفناء (The Geometry of Courtyard): وتشمل:

أ- تناسب الفناء (Proportion of Courtyard): تم تحديد نسبتين لتمثيل أبعاد الفناء العمودية والأفقية بعد تثبيت التوجيه (0^o) ليكون أساساً لتمثيل هذه التناسبات.

النسبة الأولى (R1): وتمثل طول الفناء (Length) مقسوماً على ارتفاع الفناء (Hight)، أي أن: R1= Length/Hight. والنسبة الثانية (R2): وتمثل عرض الفناء (Width) مقسوماً على طول الفناء (Length) وتسمى نسبة استطالة الفناء (The Elongation of Plan)، أي أن: R2=Width/Length.

لقد تم تحديد (R1 و R2) بهذه الصيغة لغرض تثبيت مساحة أرضية الفناء وتغير النسب الأفقية للفناء ذي المساحة الموحدة والارتفاع الموحد لإعطاء المصمم عدة بدائل تصميمية لاختيار الأكفأ.

ب- توجيه الفناء (The Orientation of The Courtyard): اعتمد التوجيه (0^o) عندما الضلع (Wi) موازياً لمحور (الشمال-جنوب) والضلع (Li) موازياً لمحور (الشرق-غرب).

خط العرض (Latitude): يعد خط العرض من المتغيرات المؤثرة في كفاءة الفناءات وذلك لأنه يمثل موقع المنطقة شمال أو جنوب خط الاستواء وهذا يعني اختلاف مسار الشمس بالنسبة إلى الفناء، وبالنتيجة اختلاف التأثير من منطقة إلى أخرى ويعتمد في العراق خط العرض (33°) شمالاً والذي يمثل منطقة بغداد وهي تعد مثالاً عن مناخ العراق بشكل تقريبي.[٨]

الفترة الزمنية (Time Interval): من الأمور المهمة في حساب كفاءة الفناء هو تحديد الفترة الزمنية التي يكون فيها التعرض والتشميس مطلوب بأقصى ما يمكن وهي الفترة الشتائية ، أي الفترة التي نحتاج خلالها إلى تدفئة الفضاءات الداخلية للمبنى وكذلك الاستمتاع بالأشعة الشمسية بوصفها متطلباً نفسياً وصحياً وجمالياً. وكذلك يتم تحديد الفترة التي نحاول خلالها تجنب الأعباء التي يسببها الإشعاع الشمسي داخل الفناء أو هي الفترة التي نحتاج إلى تبريد فضاءات المبنى وهي فترة الصيف، وفي الدراسات الخاصة بهذا النوع من البحوث يتم تحديد الأيام المتناظرة في تساوي زوايا الميل الشمسي (Declination) لتمثيل أشهر السنة وتحديد الساعات الباردة والحارة خلال النهار الواحد اعتماداً على المعلومات المناخية لمدينة بغداد.[٩] وكما مبين بالجدول (١).

الجدول (١) التوقيتات الزمنية المعتمدة في النظام

الشهر	رمز الشهر	تاريخ اليوم	الساعات الباردة	الساعات الحارة	رقم اليوم السنوي	زاوية الميل الشمسي
كانون ٢	JAN	21	17-7		21	-20.13
شباط	FEB	23	17-7		54	-10.15
آذار	MAR	21	15-7		80	-0.4
نيسان	APR	16	8-7	18-10	106	+9.78
أيار	MAY	21	6	18-7	141	+20.13
حزيران	JUN	22		19-6	173	+23.44
تموز	JUL	24		18-6	205	+19.82
آب	AUG	28		18-6	240	+9.22
أيلول	SEP	24		17-7	267	-1.4
تشرين ١	OCT	20		17-10	293	-11.4
تشرين ٢	NOV	22	11-7	17-12	326	-20.63
كانون ١	DEC	22	16-8		356	-23.44
عدد الساعات			48	86		

المتغير المعتمد (كفاءة التعرض الشمسي للفناء):

ويمكن تقسيم كفاءة التعرض الشمسي للفناء إلى الأقسام الآتية:[٣]

أ- الكفاءة الشتائية (Winter Efficiency): تحتوي الأشعة الشمسية على نوعين من أنواع الطاقة (الطاقة الضوئية والطاقة الحرارية) فتأثير الطاقة الضوئية ينعكس بشكل أو بآخر على مستوى الإضاءة الطبيعية في الفناء والفضاءات المجاورة فضلاً عن تأثيرها النفسي والصحي والجمالي. وتعد المساحة المشمسة من الفناء مؤشراً إيجابياً خلال فصل الشتاء وتسمى الكفاءة عندها بكفاءة التشميس. وتشمل الكفاءة الشتائية: (كفاءة التشميس، مجموع الحمل الإشعاعي المباشر شتاءاً، وكفاءة التعرض الشتوي).

كفاءة التشميس (Winter Sunny Efficiency): تعرف كفاءة التشميس للفناء بأنها النسبة المئوية للمساحة المضاءة من جدران الفناء وأرضيته خلال فترة زمنية محددة إلى المساحة الكلية للجدران والأرضية خلال الفترة الزمنية نفسها. وعليه يكون الفناء الكفوء هو الذي يحقق أعلى

نسبة من التشميس شتاءً. ويقارن مع بقية الفناءات على أساس هذه النسبة، كما تحدد كفاءة كل جدار من جدران الفناء والأرضية بنسبة المساحة المضاءة منه إلى مساحته الكلية في فترة زمنية محددة.

$$SunnyEffic\quad iency\ = \frac{T.Sunny\ .A}{T.Surface\ .A} \times 100 \ \ldots\ldots\ldots\ (9)$$

حيث أن:

T.Sunny.A= مجموع المساحات المشمسة لسطوح الفضاء خلال الساعات الباردة.

T.Surface.A= مجموع المساحات السطحية لسطوح الفناء × عدد الساعات الباردة.

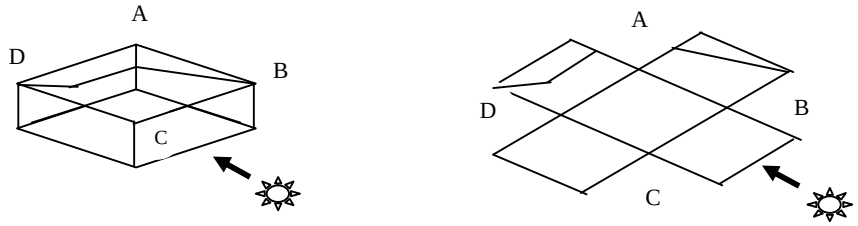
مجموع الحمل الإشعاعي المباشر شتاءً (Winter Direct Irradiation Load): يعد الحمل الإشعاعي المباشر الواصل إلى الفناء مؤشراً على كفاءة الفناء، ففي فصل الشتاء يكون الفناء الذي يسمح بأكبر مقدار من الحمل الإشعاعي المباشر هو الأكفأ ويمثل كمية الطاقة الحرارية المصاحبة للأشعة الشمسية ويقاس بوحدة (الواط) ويتم حسابه من المعادلات (٧ و٨).

كفاءة التعرض الشتوي (Winter Exposure Efficiency): إن المساحات المشمسة من الجدران قد تعطي انطباعاً عن مقدار الحمل الإشعاعي الساقط على ذلك الجدار، وكذلك فإن الحمل الإشعاعي المسلط على الجدار لا يعتمد على المساحة المشمسة بقدر اعتماده على زاوية التأثير، لذلك لا يمكن الاعتماد كلياً على المساحة المشمسة أو الحمل الحراري في التعبير عن الكفاءة الحرارية للجدار. لذا تم اصطلاح كفاءة تسمى كفاءة التعرض, والتي تعبر عن ألكفائتين وتعد مؤشراً أكثر دقة للتعبير عن كفاءة الفناء. وتعرف كفاءة التعرض الشتائية: هي النسبة المئوية للحمل الإشعاعي المباشر (ID1) لمجموع المساحات المعرضة فعلياً خلال الساعات الباردة إلى الحمل الإشعاعي المباشر (ID2) لمساحة الفناء السطحية وهو معرض بشكل عمودي على اتجاه الأشعة الشمسية، الشكل (٧).

$$ID1=IDN \times Cos(HSA - A) \times Cos(AL) \times A \quad \ldots\ldots\ldots(10)$$
$$ID2 = IDN \times Sin(AL) \times A1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(11)$$

حيث أن: A: المساحة المشمسة من الجدار والأرضية لذلك الفناء في فترة زمنية معينة.

A1: المساحة الكلية للجدار أو الأرضية لذلك الفناء.



ID1=IDN x Cos(HSA) x Cos(AL) x A ID2=IDN x Sin(AL) x A1

الشكل (٧) طريقة حساب كفاءة التعرض الشمسي للفناءات

وعليه فإن الفناء الكفوء هو الذي يحقق أعلى نسبة من كفاءة التعرض شتاءاً، ويقارن مع بقية الفناءات على هذا الأساس، وبالطريقة نفسها تحدد كفاءة التعرض لكل جدار من جدران الفناء وتحسب كفاءة التعرض من العلاقة الآتية:

$$\text{Winter Exposure Eff.} = \frac{\text{W. Real Load}}{\text{W. Equ. Load}} \times 100 \quad \text{.....(12)}$$

حيث أن:

W. Real Load: الحمل الإشعاعي المباشر (ID1) لمجموع المساحات المعرضة فعلياً خلال الساعات الباردة.

W Equ. Load: الحمل الإشعاعي المباشر (ID2) لمساحة الفناء المكافئة خلال الفترة الباردة.

ب- الكفاءة الصيفية (Summer Efficiency): مثلما كانت زيادة تأثير الأشعة الشمسية في الفناء كمؤشر إيجابي خلال الفترة الباردة فإنها تكون بمثابة مؤشر سلبي خلال الفترة الحارة أي فترة الصيف، ويتم العمل على حجب هذه الأشعة وتجنب تأثيراتها مع مراعاة حدود الإضاءة الطبيعية وتشمل الكفاءة الصيفية: كفاءة التظليل، مجموع الحمل الإشعاعي المباشر صيفاً، وكفاءة عدم التعرض.

كفاءة التظليل (Summer Shaded Efficiency): وتعرف بأنها النسبة المئوية للمساحة المظللة من الفناء خلال فترة زمنية محددة إلى المساحة السطحية لسطوح الفناء (الجدران والأرضية) خلال الفترة نفسها. فالفناء الكفوء هو الذي يحقق أعلى نسبة من كفاءة التظليل صيفاً، ويقارن مع بقية الفناءات على هذا الأساس كما تحدد كفاءة كل جدار من جدران الفناء وأرضيته بنسبة المساحة المظللة منه إلى مساحته الكلية وكما يأتي:

$$\text{Summer Shaded Eff.} = \frac{\text{T. Shaded. A.}}{\text{T. Surface. A.}} \text{ X } 100 \quad \text{.....(13)}$$

حيث أن:

T. Shaded. A.: مجموع المساحات المظللة لسطوح الفناء خلال الساعات الحارة.

T. Surface. A.: المساحة السطحية لسطوح الفناء.

$$\text{Shaded. A.} = \text{Surface. A.} - \text{A} \quad \text{.....(14)}$$

حيث أن: Shaded. A.: المساحة المظللة من الجدار أو الأرضية للفناء.

Surface. A.: المساحة السطحية لسطوح الفناء.

A: المساحة المشمسة للسطح الأفقي أو العمودي.

مجموع الحمل الإشعاعي المباشر صيفاً: إن تقليل الحمل الإشعاعي المباشر الواصل إلى الفناء صيفاً هو من الأمور التي تزيد من الكفاءة الصيفية للفناء، والفناء الكفوء هو الذي يستقبل أقل حمل إشعاعي، ويحسب الحمل الإشعاعي المباشر صيفاً من المعادلتين (٧ و٨).

كفاءة عدم التعرض الصيفية (Summer Non-Exposure Eff.): وتعبر عن الموازنة بين كفاءة التظليل والحمل الإشعاعي المباشر صيفاً وتحسب كنسبة مئوية من العلاقة الآتية:

$$\text{Summer Non Exposure Eff.} = 1 - \frac{\text{S. Real Load}}{\text{S. Equ. Load}} \text{ X } 100 \quad \text{.....(15)}$$

حيث أن: S. Real Load: الحمل الإشعاعي المباشر (ID3) لمجموع المساحات المظللة خلال الساعات الحارة.

S. Equ. Load: الحمل الإشعاعي (ID4) لمساحة الفناء المكافئة، شكل (٧).

$$\text{ID3=ID1,} \quad \text{ID4=ID2}$$

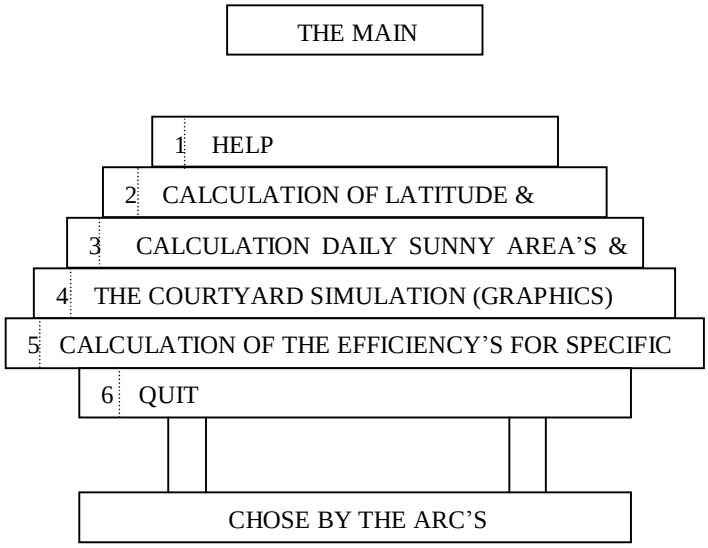
ج- الكفاءة السنوية للفناء (Annual Efficiency): لغرض الموازنة بين كفاءة التعرض الشتائية وكفاءة عدم التعرض الصيفية للفناء الواحد، أي إمكانية هذا الفناء في تلبيته لمتطلبات الصيف والشتاء في آن واحد ولغرض مقارنته مع فناءات أخرى تم تسمية هذه الكفاءة بالكفاءة السنوية للفناء، ولاختلاف الفترة الزمنية في عدد الساعات الباردة والحارة وفقاً لظروف المناخ المحلي لمدينة بغداد فقد تم اعتبار الفترة الصيفية هي مساوية لضعف الفترة الشتائية[٨] وعليه تحسب الكفاءة السنوية كما يأتي:

$$\text{Annual Efficiency} = \frac{\text{Winter Exp. Eff. +2xSummer Non Exp. Eff.}}{3} \text{ X } 100 \quad \text{.....(16)}$$

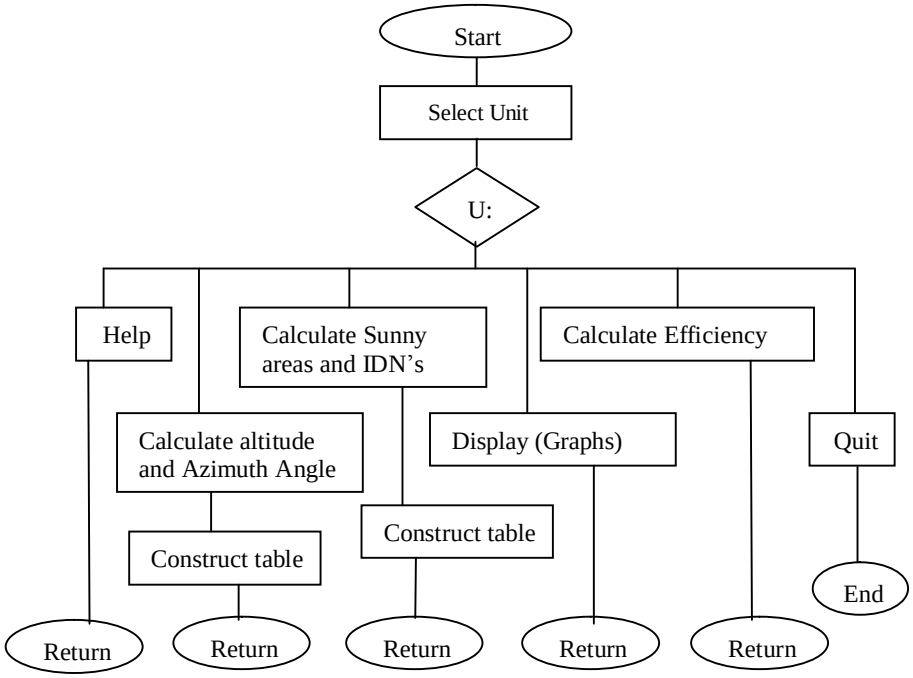
٤ - أسلوب عمل النظام:

فـــي بداية تشـــغيل النظام تظـــهر قائمة بالعناوين الرئيسية (Main Menu) للبرامج المختلفة للنظام (The Units) والتي لها بعض الأسس المشتركة في حسابات التشميس والتظليل، الشكل (٨).

تتضمن القائمة الرئيسية للنظام ستة اختيارات كما في المخطط الانسيابي فـــي الـــشكل (٩)، كل اختيار يمثل (Unit) بحد ذاته وتؤدي كل (Unit) وظيفة معينة من وظائف النظـــام والتي يتم الاعتماد على قيم مخرجاتها كمدخلات أو حسابات تستخدم في (Unit) لاحقة.



الشكل (٨) قائمة العناوين الرئيسية



الشكل (٩) المخطط الانسيابي العام

مساعد النظام (Help):

يعتبر مساعد النظام مرفقاً للنظام لخدمة المستخدم بإرشاده حول كيفية استخدام النظام وما هي المدخلات المطلوبة لكل اختيار وما هي المخرجات أو الجداول التي ستظهر لكل اختيار.

حساب زاويتي ارتفاع الشمس والسمت ليوم معين:

Calculation of Altitude & Azimuth Angles

وظيفتها: حساب قيم زاويتي ارتفاع الشمس (Altitude) والسمت (Azimuth) (من ساعة شروق الشمس إلى غروبها) بعد تحديد السنة والشهر واليوم ، وخط العرض.

فعاليات الوحدة:

حساب رقم اليوم السنوي (Day number) بالاعتماد على الشهر واليوم المحددين من قبل المستخدم مع الأخذ بنظر الاعتبار إذا كانت السنة كبيسة أو لا. حيث يفيد حساب رقم اليوم السنوي في المعالجات الضرورية لحساب زاوية الميل الشمسي (Declination) لذلك اليوم.

حساب قيمة زاوية الميل الشمسي (Declination) لذلك اليوم من العلاقة (٣).

حساب ساعة شروق الشمس (Sunrise) باستخدام العلاقة الآتية:

$$SR = \frac{Cos^{-1}(\tan(LA) \times \tan(DE))}{15} \quad \text{.....(17)}$$

وحساب ساعة غروب الشمس (Sunset) لذلك اليوم وباستخدام العلاقة الآتية:

$$SS = 24 - SR \quad \text{.....(18)}$$

حساب قيمة الزاوية الساعية (Hour Angle) من العلاقة (٤) والمستخدمة في حساب زاوية ارتفاع الشمس.

حساب قيمة زاوية ارتفاع الشمس (Altitude) من العلاقة (١).

حساب قيمة زاوية السمت (Azimuth) من العلاقة (٢).

تعاد عمليات الحساب السابقة (٤-٦) لبقية ساعات النهار.

إخراجها: جدول بقيم زاويتي ارتفاع الشمس (Altitude) والسمت (Azimuth) لذلك اليوم (من ساعة شروق الشمس إلى غروبها) فضلاً عن زاوية الميل الشمسي (Declination) واليوم السنوي لذلك اليوم، الجدول (٢).

الجدول (٢) إخراج الوحدة

THE LATITUD = 33	DECLENATION= -23.4445714	
THE DATE = 22/DEC	THE DAY No. 356	
THE TIME	THE ALTITUDE	THE AZIMTH
7	1.0054049	177.5855171
8	9.6730786	126.2940104
9	19.1099082	136.6410336
10	26.7217930	149.0979488
11	31.7710024	163.7813686
12	33.5554286	180.0000000
13	31.7710024	196.2186314
14	26.7217930	210.9020512
15	19.1099082	223.3589664
16	9.6730786	233.7059896
17	1.0054049	242.4144826

حسابات المساحات المشمسة والحمل الإشعاعي ليوم معين:

(The Calculation of the Sunny Area & Irradiation Load of Specific day)

وظيفتها: حساب المساحات المشمسة والحمل الإشعاعي لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته خلال يوم معين (من ساعة شروق الشمس إلى غروبها).

إدخالها: تتطلب هذه الوحدة مدخلات مشابهة لمدخلات الوحدة السابقة (Unit 2) فضلاً عن المدخلات المتعلقة بهندسية الفناء وهي: زاوية دوران الفناء (Rotate Angle)، ارتفاع الفناء (Hight)، نسبة طول الفناء إلى ارتفاعه (Length/Hight)، نسبة استطالة الفناء (Width/Hight).

فعاليات الوحدة:

حساب قيم زاويتي ارتفاع الشمس والسمت لذلك اليوم بالاعتماد على الوحدة السابقة (Unit 2).

حساب طول الفناء وعرضه.

حساب قيمة زاوية (SANG) من خلال نسبة الأبعاد الأفقية والعمودية باستخدام العلاقة الآتية.

$$SANG = \tan^{-1}\left(\frac{Li}{Wi}\right) \quad \text{.....(19)}$$

حساب قيمة زاوية الظل الأفقية (HSA) من العلاقة (٥) وكذلك حساب زاوية الظل الأفقية لكل جدار من جدران الفناء باستخدام العلاقات الآتية:

HSA_AB=HSA+180 .....(20)
HSA_BC=HSA+270 .....(21)
HSA_CD=HSA .....(22)
HSA_DA=HSA+90 .....(23)

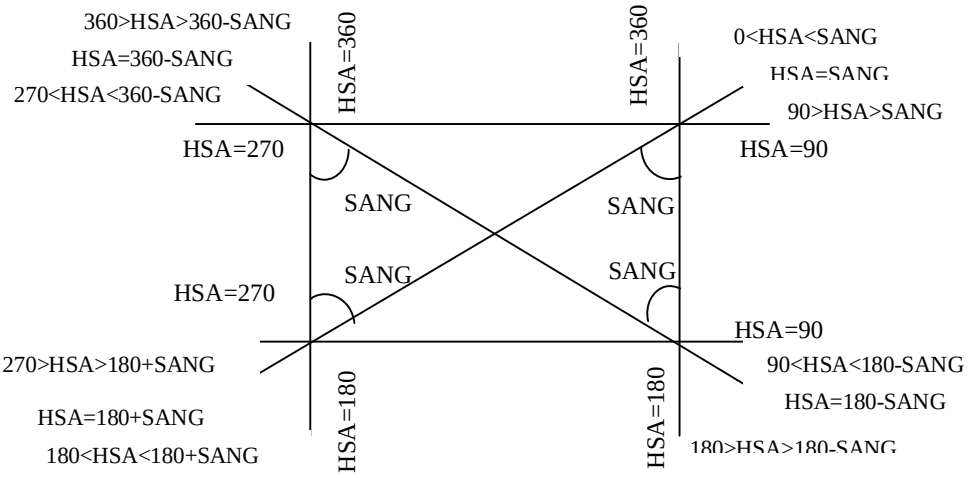
حيث أن: HSA_AB: زاوية الظل الأفقية للجدار AB.

HSA_BC: زاوية الظل الأفقية للجدار BC.

HSA_CD: زاوية الظل الأفقية للجدار CD.

HSA_DA: زاوية الظل الأفقية للجدار DA.

وتتم بعد ذلك المقارنة بين زاوية (HSA) وزاوية (SANG) لمعرفة الركن الذي سينفذ الشعاع الشمسي من خلاله داخل الفناء كما مبين بالشكل (٦) والشكل (١٠).



الشكل (١٠) اتجاه نفوذ الأشعة الشمسية حسب قيمة زاوية الظل الأفقية (HSA)

يتم بعد ذلك تحديد موقع سقوط ظل نقطة الركن العليا باستخدام العلاقة الآتية:

$$SL = \frac{HI}{\tan(AL)} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \quad .(24)$$

SL: طول ظل الركن للفناء في تلك الساعة.

HI: ارتفاع الفناء. و AL: زاوية ارتفاع الشمس (Altitude).

لتحديد فيما إذا كان ظل نقطة الركن العليا سيقع على أرضية الفناء أم على أحد جدرانه يحسب طول مقطع الفناء (SLS) الذي يمثل خط سير ظل الركن على أرضية الفناء حتى حافة الجدار المقابل، ويحسب من إحدى العلاقتين الآتيتين اعتماداً على قيمة (HSA):

$$SLS = \frac{Wi}{Cos(180 - HSA)} \text{ ....(25)}$$

$$SLS = \frac{Li}{Sin(180 - HSA)} \text{ .....(26)}$$

حيث أن: SLS: طول الفناء على خط سير الظل حتى حافة الجدار المقابل.

Wi: عرض الفناء. و Li: طول الفناء.

ومن مقارنة SLS مع SL يتم تعيين نقطة الظل لرأس الركن.

حساب كل الأبعاد المطلوبة لحساب المساحات المشمسة وحسب موقع الظل لرأس الركن.

حساب جميع المساحات المشمسة على الجدران وأرضية الفناء.

حساب شدة الإشعاع الشمسي المباشر للفناء باستخدام العلاقة (٦) وكذلك حساب الحمل الإشعاعي لكل جدار من جدران الفناء باستخدام العلاقة الآتية:

IDV = IDN x Cos(HSA) x Cos(AL) x A .....(27)

حيث أن:

IDV: الحمل الإشعاعي للسطح العمودي (جدار الفناء).

A: المساحة المشمسة للسطح العمودي (جدار الفناء).

HSA: زاوية الظل الأفقية للسطح العمودي (جدار الفناء).

وحساب الحمل الإشعاعي لأرضية الفناء باستخدام العلاقة الآتية:

IDH = IDN x Sin(AL) x A .....(28)

حيث أن: IDH: الحمل الإشعاعي للسطح الأفقي (أرضية الفناء).

A: المساحة المشمسة للسطح الأفقي (أرضية الفناء).

تعاد عمليات الحساب السابقة [٤-٩] لبقية ساعات النهار.

إخراجها: جدول بقيم المساحات المشمسة لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته، الجدول (٣)، وجدول ثانٍ بقيم الحمل الإشعاعي لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته، الجدول (٤).

الجدول (٣)

Time	AB	BC	CD	DA	Floor	Total
5	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02
6	0.00	0.00	0.17	0.14	0.00	0.31
7	0.00	0.00	0.34	0.32	0.00	0.66
8	0.00	0.00	0.55	0.59	0.00	1.13
9	0.77	0.00	0.00	0.71	0.25	1.73
10	0.94	0.00	0.00	0.67	0.42	2.03
11	1.07	0.00	0.00	0.64	0.54	2.26
12	1.20	0.00	0.00	0.64	0.66	2.49
13	1.08	0.64	0.00	0.00	0.54	2.25
14	0.94	0.66	0.00	0.00	0.41	2.01
15	0.77	0.70	0.00	0.00	0.24	1.71
16	0.00	0.61	0.54	0.00	0.00	1.15
17	0.00	0.33	0.34	0.00	0.00	0.67
18	0.00	0.14	0.17	0.00	0.00	0.31
19	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02
Total	6.78	3.09	2.13	3.72	3.05	18.78

الجدول (٤)

Time	IDNA	IDNB	IDNC	IDND	IDN_Floor	Total
5	0.00	0.00	0.46	0.55	0.00	1.02
6	0.00	0.00	30.95	65.62	0.00	96.57
7	0.00	0.00	53.85	204.64	0.00	258.49
8	0.00	0.00	44.57	386.42	0.00	431.00
9	5.35	0.00	0.00	414.57	167.43	587.35
10	79.24	0.00	0.00	286.71	344.50	710.45
11	147.79	0.00	0.00	147.25	493.81	788.84
12	190.37	0.00	0.00	1.85	623.51	815.73
13	157.08	142.90	0.00	0.00	488.87	788.84
14	94.11	280.42	0.00	0.00	335.92	710.45
15	21.75	405.09	0.00	0.00	160.51	587.35
16	0.00	399.70	31.30	0.00	0.00	431.00
17	0.00	212.94	45.56	0.00	0.00	258.49
18	0.00	68.95	27.26	0.00	0.00	96.57
19	0.00	0.59	0.42	0.00	0.00	1.02
Total	695.69	1510.59	234.37	1507.61	2614.55	6563.17

٥ - محاكاة الفناء على الحاسبة (The Courtyard Simulation):

وظيفتها: لغرض محاكاة توزيع الأشعة الشمسية على جدران الفناء وأرضيته ولأهمية هذه الحالة من الناحية المعمارية فقد تم بناء هذه الوحدة لهذا الغرض إذ تقوم هذه الوحدة بإظهار شكل لفناء موضحاً فيه المناطق التي تؤثر فيها الشمس المباشرة فضلاً عن المناطق المظللة.

إدخالها: تتطلب هذه الوحدة من المدخلات ما هو مشابه لمدخلات الوحدة السابقة.

إخراجها: رسم شكل الفناء موضحة فيه المناطق المشمسة والمظللة فضلاً عن جدول يتضمن قيم المساحات المشمسة والحمل الشعاعي لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته، والتي يتم حسابها في الوحدة السابقة، كما ويحدد الرسم موقع الفناء الجغرافي اعتماداً على محور الشمال الجنوبي.

٦ - حساب كفاءة الفناء:

(Calculation of the Efficiency for Specific Day)

وظيفتها: حساب كفاءة الفناء الوسطي كما موضح في المخطط الموضح في الشكل (١١)، إذ يتم الاعتماد على أيام من السنة محددة من قبل اختصاصيين في هذا المجال ووفقاً للجدول (١).

إدخالها: تتطلب هذه الوحدة عدد من المدخلات، وهي: زاوية دوران الفناء (Rotate Angle)، وارتفاع الفناء (Height) ، ونسبة طول الفناء إلى ارتفاعه (Length/Height)، ونسبة استطالة الفناء (Width/Length).

فعاليات الوحدة:

فضلاً عن البيانات التي يقوم المستخدم بإدخالها هنالك عدد من البيانات الثابتة ضمن هذه الوحدة يتم تحديدها داخل البرنامج اعتماداً على الجدول (١) والذي يحوي على الأيام المختارة من السنة والساعات الباردة والحارة (Start Hour) ونهايتها (End Hour) للنهار الواحد وإن كان صيفياً أو شتوياً.

تحديد ساعة شروق الشمس (SR) وساعة الغروب (SS) لذلك اليوم.

حساب المساحات المشمسة لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته باستخدام الوحدة السابقة.

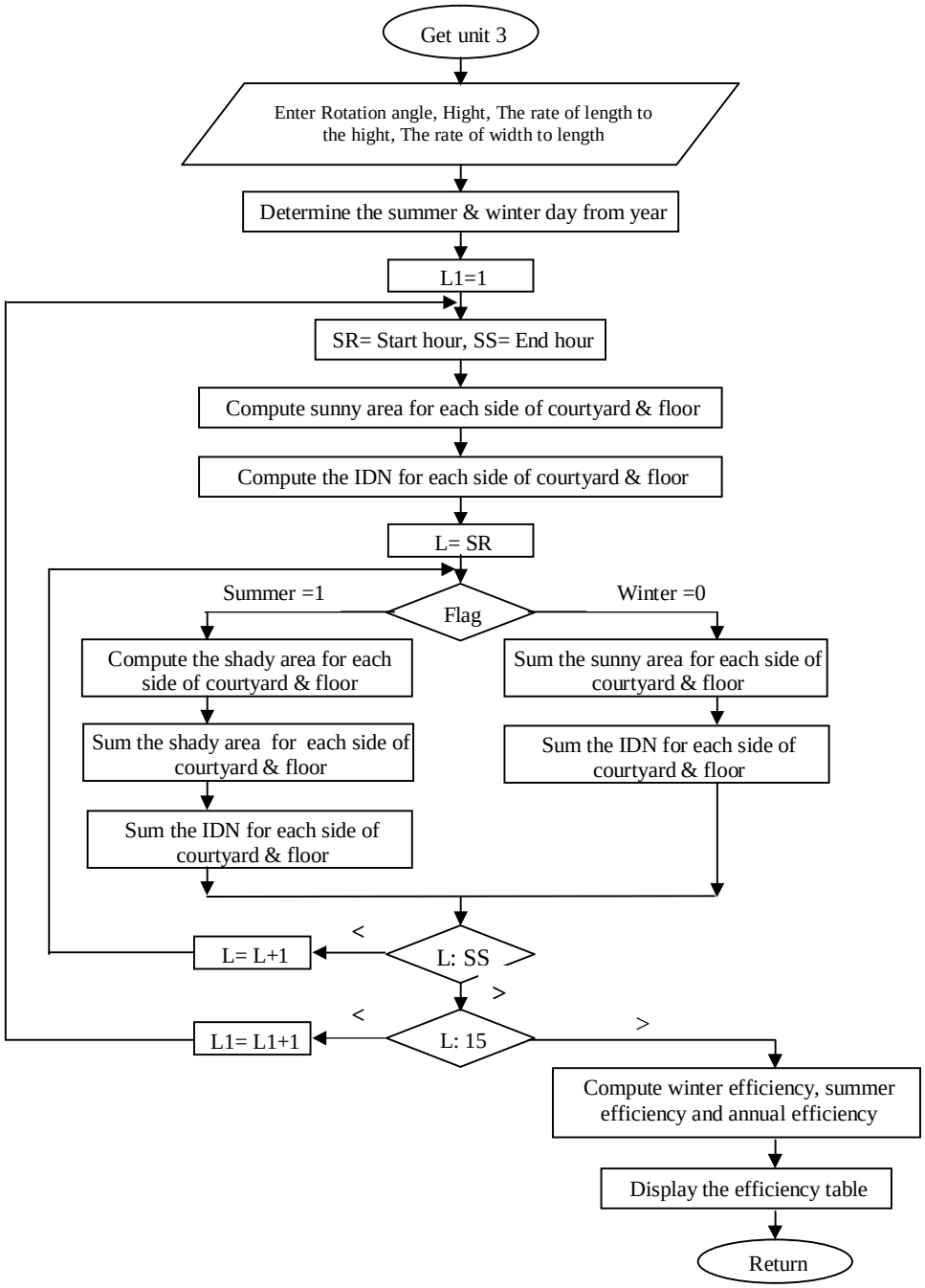
حساب الحمل الإشعاعي لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته باستخدام الوحدة السابقة.

إذا كان اليوم شتوياً فتتم إضافة المساحة المشمسة لكل جدار والأرضية إلى المساحة السابقة لذلك الجدار وإضافة الحمل الإشعاعي لكل جدار والأرضية إلى الحمل الإشعاعي السابق.

إذا كان اليوم صيفياً فيتم حساب المساحات المظللة لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته وإضافتها إلى المساحة المظللة السابقة والتي يتم حسابها من العلاقة والحمل الإشعاعي لذلك الجدار وإضافته إلى الحمل الإشعاعي السابق.

تعاد العمليات السابقة (٣-٦) لبقية النهار.

تعاد العمليات السابقة (٢-٧) لبقة الأيام المختارة.



الشكل (١١) المخطط الانسيابي لوحدة حساب كفاءة الفناء

حساب الكفاءة الشتوية وتتضمن: كفاءة التشميس ويتم حسابها من العلاقة (٩)، ومجموع الحمل الإشعاعي المباشر شتاءً، وكفاءة التعرض الشتوي وتحسب من العلاقة (١٢).

حساب الكفاءة الصيفية وتتضمن: كفاءة التظليل وتحسب من العلاقة (١٣)، ومجموع الحمل الإشعاعي المباشر صيفاً، وكفاءة عدم التعرض الصيفي وتحسب من العلاقة (١٦).

إخراجها: جدول بقيم الكفاءات لكل جدار من جدران الفناء وأرضيته. كما مبين في الجدول (٥).

الجدول (٥)

THE ANNUAL EFFICIENCY OF THE WALLS							
ROTATE ANGLE = 60.0				THE LATITUD = 33			
THE HIGHT = 1.0				LENDTH/HIGHT= 0.6			
WIDTH/LENGTH = 1.0							
WALLS	SUNNY %	WINTER LOAD	EXP. %	SHAD. %	SUMMER LOAD	EXP. %	ANUAL
AB	15.65	1921.83	19.71	71.59	5870.21	77.73	58.39
BC	0.75	5.51	0.06	92.88	798.57	96.97	64.67
CD	6.37	466.64	4.79	86.25	2235.93	91.52	62.61
DA	24.34	3467.12	35.56	68.99	5028.76	80.92	65.80
FLOOR	0.05	5.98	0.10	93.20	1881.32	88.10	58.77

الخروج من النظام (Quit): ويستخدم هذا الاختيار لغرض الخروج من النظام.

٧- الاستنتاجات:

النظام قابل للاستخدام ولجميع الأبعاد المستخدمة في الحياة العملية.

يمكن لمستخدم النظام إجراء دراسات لحالات متباينة واختيار الأفضل منها.

نتائج النظام يعول عليها في الدراسات المعمارية والتي تتناول التعامل مع الأفضل منها.

سهولة التعامل مع النظام من قبل مستخدمي الحاسبات غير المتخصصين.

محاكاة الفناء داخل الحاسبة وفر إمكانية مشاهدة التوزيع الشمسي داخل الفناء مسبقاً وقبل تنفيذ البناء مما وفر على المستفيد من النظام كثيراً من الجهد والوقت والمال.

المصادر

(١) الزعبي، يحيى يوسف، "**المباني ذات الفناء الداخلي كظاهرة مناخية**"، مجلة *اتحاد المهندسين العرب*، *العدد* ٣٧، ١٩٨٣.

(٢) عودة، رائد منصور، "**تقييم الكفاءة المناخية لفناءات الدور التراثية في بغداد**"، رسالة ماجستير، قسم *الهندسة المعمارية*، *الجامعة التكنولوجية*، *بغداد*، ١٩٨٨.

(٣) محمد، مقداد جميل، "**أثر المعالجات الإضافية (العاكسات) في كفاءة التعرض الشمسي للفناءات الوسطية شتاءً**"، رسالة ماجستير، قسم *الهندسة المعمارية في الجامعة التكنولوجية*، ١٩٩٦.

(٤) الصفار، سعد عبد الكريم، "**التعرض الشمسي للكتل البنائية**"، رسالة ماجستير، *كلية الهندسة*، *جامعة بغداد*. ١٩٩٣.

[5] Harkness, L. "**Solar radiation Control in Building**", *Applied Science, publishers, LTD. London*, 1978.

[6] Sodha, M. S. and others, "**Solar Passive Building-Science and Design**", *Pergamon Press*, 1986.

[7] World Meteorological organization, "**Meteorological Aspect of the utilization of solar Radiation**", *Technical Note, No. 172*. 1981.

[8] Shabban A. and Al-Jawadi M. "**Analysis of The Climate of Iraq**", *B.R.C. Baghdad*. 1973.

[9] Shabban A. "**The Impact of Hot Dry Climate on Housing in Baghdad**", MSc. Thesis, *University of California*, 1977.