تمهيد

رغم الأهمية البالغة للتصميم المناخى السليم للتجمعات العمرانية، على الظروف المناخية داخل الفراغات العمرانية والفراغات المعمارية، إلا أن القليل من الدراسات الكمية قد تطرق لهذا الموضوع.

ورغم التقدم الكبير فى برامج التمثيل الرقمى للسلوك المناخى للمبانى، إلا أن عدد البرامج التى تتعامل مع المحيط العمرانى للمبنى بشكل جاد قليل جداً، كما أن المتغيرات التى تتعامل معها فى هذا المحيط العمرانى لا تخرج عن كونا تتعامل مع أسطح المبانى كمظلات تقلل من الإشعاع الشمسى المباشر على واجهات المبانى المجاورة، أما المتغيرات الأخرى الأصعب فى حسابا فيتم التعامل معها على أساس متوسطات مبسطة أو قد يتم إهمالها بالمرة، مثل الإشعاع الحرارى طويل الموجة المنبعث من الأرض بسبب ارتفاع درجة حرارتا (حتى بعد غياب الشمس)، أو الأنماط المعقدة لحركة الهواء فى الفراغات الخارجية.

ويرجع ذلك لعدة أسباب منها:

١- صعوبة تمثيل عناصر المحيط العمرانى.

فهناك عناصر يسهل تمثيلها الرقمى والتعرف على سلوكها المناخى، مثل المبانى والمظلات الصناعية، وعناصر متوسطة الصعوبة مثل الأرض، سواء طبيعية أو مرصوفة، بينما هناك عناصر شديدة الصعوبة مثل الأشجار والمسطحات المائية.

٢- تعقيد عملية انتقال الحرارة بالإشعاع بين المبانى وعناصر العمران:

وكذلك الظلال الملقاة من المبانى على الأرض وعلى بعضها، وصعوبة حساب معاملات المواجهة بين الأسطح، وحساب الفوارق فى التعامل بين الإشعاع الشمسى والإشعاع الحرارى.

٣- صعوبة تمثيل حركة الرياح:

أولا بسبب تعقيد الأساليب الرقمية للتعامل مع ديناميكية الهواء.

ثانياً لأن الرياح فى حد ذاتا غير منتظمة وتغير اتجاهها وسرعاتا كثيرا.

كما أن سريانا قد يتغير إلى سريان مضطرب يستعصى على الحساب، مما جعل من تصميم برنامج يتعامل مع هذين المتغيرين مهمة صعبة.

والتصميم المناخى الذى يتم فى الغرب بدف الحفاظ على الطاقة، يتم فى جزء كبير منه فى منطقة اختصاص مهندس التكييف، وقد يتسع قليلاً ليتقاطع مع عمل المعمارى فى محاولة لدفعه لاتخاذ قرارات مناخية سليمة، بينما يتم تعامل الجميع مع ظروف الموقع (كمعطيات) يتم العمل على أساسها وليس تصميمها أو تقييمها، وتسمح تقنيات التحكم المناخى الميكانيكية لحد كبير للوصول لدقة مقبولة الحساب رغم إهمال ظروف الموقع فى التمثيل، لهذا تأجل ظهور برامج التصميم المناخى على المستوى العمرانى بعض الشىء عن المستويات الأصغر من التصميم.

أما فى الظروف المحلية التى لا تعتمد على أجهزة التكييف، والتى تتسم بمناخ صحراوى حار، يلعب التصميم العمرانى فى السلوك المناخى للمبنى دوراً كبيراً، فكان لابد من محاولة فتح الباب لتصميم برنامج للتصميم المناخى يستطيع التعامل مع القرارات التصميمية على مستوى التصميم العمرانى.

وقد شهدت هذه الدراسة محاولة لفتح هذا الباب عن طريق عرض طريقة للتمثيل الرقمى لتبادل انتقال الحرارة بالإشعاع بين المبانى وعناصر المحيط العمرانى، وكذلك الإظلال للمبانى والأشجار على الأرض.

١- المتغيرات الكمية التى تحكم السلوك المناخى للفراغات العمرانية

الموضوع ليس مطروق بشكل كبير، فرغم وجود دراسات كمية عن السلوك المناخى للتجمعات العمرانية، إلا أنا قليلة جدا، ولا تعطى صورة شاملة للمتغيرات المطلوب دراستها.

وفى هذا الفصل محاولة لاستعراض مجموعة من المتغيرات الكمية الرئيسية التى تؤثر فى السلوك المناخى للعمران، بدف فتح طرق للبحث الكمى فى هذا المال الواسع، مع التركيز على أحد المتغيرات الرئيسية وهو الإشعاع الشمسى والحرارى، بدف قياس تأثير العناصر العمرانية عليه كميا.

كما سبق الإشارة فى الفصل الأول، يتم التصميم المناخى للموقع العمرانى فى:

١- توفير ظروف مناخية مريحة للإنسان الموجود داخل الفراغ العمرانى.

٢- المساهمة فى توفير ظروف مناخية مريحة داخل المبانى التى تتصل بذا الفراغ العمرانى.

وإذا أردنا تقييم التصميم المناخى للموقع العمرانى كمياً، فلابد من تحديد المتغيرات الكمية المطلوب قياسها فى كلتى الحالتين.

أ- تحقيق الراحة فى الموقع العمرانى:

يجب عند أى نقطة فى الفراغ العمرانى لها استخدام بشرى أن تتوافر ظروف الراحة الحرارية، والتى تقاس بالمتغيرات الفيزيائية الآتية[1]:-

١- درجة حرارة الهواء (البصيلة الجافة).

٢- الرطوبة النسبية.

٣- الإشعاع (درجة الحرارة الإشعاعية المتوسطة.

٤- سرعة الرياح.

فإذا أمكن تحديد المتغيرات الأربعة فى كل نقاط الفراغ العمرانى، أو مجموعة نقط اختيارية، أمكن الحكم على مدى توفيره لظروف مناخية مريحة.

وليتحقق ذلك نستعرض العناصر العمرانية المؤثرة على كل متغير:-

١ـ درجة حرارة الهواء:

تتوقف درجة حرارة الهواء داخل الفراغ العمرانى على درجة حرارة الهواء فى المنطقة عامة والتى يمكن التنبؤ با من خلال بيانات الأرصاد الجوية، ولكن هناك بعض العناصر العمرانية التى يمكن أن تغير درجة حرارة الهواء، مثل الأشجار والمسطحات الخضراء، أو النافورات والمسطحات المائية، وذلك نتيجة عملية التبريد الناتجة عن تبخر المياه من الأوراق النباتات ومسطحات المياه، لتكون بعض الكتل الهوائية الأبرد نسبياً (٥ م -١٠م)، كما أن ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجة الإشعاع الشمسى يمكنها أن ترفع درجة حرارة الهواء الملاصق للتربة، والذى يبدأ تدريجياً فى الارتفاع إلى أعلى مشكلة تيارات الحمل الطبيعى، وليمكن تحديد الارتفاع فى درجة الحرارة نتيجة تسخين الهواء، يجب حساب معدل سريان كتلة الهواء الساخنة إلى أعلى، وبالتالى معدل انتقال الحرارة، وهذه العملية بالغة الصعوبة والتعقيد، وإن كانت غير مستحيلة، باستخدام ديناميكا الموائع Fluid Dynamics يمكن التنبؤ بعملية طبيعية مثل هذه كمياً بقدر معقول من الدقة، وينطبق نفس القول على عملية التبريد بالبخر الأبسط نسبيا، حيث أن الهواء الذى يبرد يبقى فى موقعه.

[1] Markus &Morris, Building,Climate and Energy, pp.34

ولكن عادة ما لا يكون الموقع العمرانى مغلقاً، فالرياح العابرة للموقع تدفع كل الهواء الذى تم تبريده أو تسخينه بعيداً بسرعة وتستبدله بهواء آخر له درجة الحرارة العامة للمنطقة، وهكذا يحدث خلط بينهما، وتتوقف درجة الحرارة فى هذه الحالة على معدل الخلط، حيث تصبح قيمة وسطا بين درجات حرارة الموقع المحلى (Microclimate) ودرجة الحرارة العامة.

وتتوقف درجة الحرارة النهائية على عدد مرات تغير هواء الموقع كل دقيقة، والتى تتحدد بناءا على سرعة الرياح، فسرعة الرياح العابرة ١م/ثانية (وهى سرعة محدودة) تسبب تغير الهواء بالكامل فى موقع مفتوح مساحته فدان كامل (٦٠م ×٧٠م) مرة كل دقيقة، مما لا يترك فرصة كبيرة لتأثير العناصر المحلية على درجة حرارة الهواء.

ولكى يوجد تأثير كمى محسوس لعلمية مثل التبريد بالبخر، يجب تقليل سرعة حركة الهواء فوق المناطق المزروعة أو النافورات، باستخدام أسوار شجرية أو عناصر تنسيق الموقع بحيث يبقى الهواء المبرد فى مكانه، وهو ما يكون له تأثير سلبى على الراحة الحرارية الناتجة عن حركة الهواء، أو أن يتم وضع هذه المؤثرات على حرارة الهواء فى اتجاه يسمح بالاستفادة من الهواء المنقول فى الفراغات العمرانية أو المعمارية التالية له.

(مثل وضع النافورات أمام الفتحات الشمالية لمبنى أو فى شمال ممر تجارى أو ساحة عامة.

وباختصار يمكن القول أن درجة حرارة الموقع المفتوح تماماً هى نفس درجة حرارة الهواء العامة، بينما يمكن فى المواقع المحمية حساب درجة الحرارة المحلية اعتماداً على المتغيرات :

١- كمية الحرارة الممتصة بالبخر.

٢- كمية الحرارة المنبعثة من التربة.

٣- سرعة حركة الهواء.

٤- درجة حرارة الهواء العامة.

ورغم إمكانية التنبؤ بذه القيم رقمياً اعتمادا على ديناميكية الهواء، إلا أن التأثير الكبير لتجديد الهواء يقلل التأثيرات المحلية لدرجة يمكن إهمالها حسابياً، إلا فى حالة:

أ- الفراغات المغلقة مثل الأفنية.

ب- الطبقة السطحية فى حدود ١ - ١,٥ م فوق المسطحات الخضراء، والتى يمكن أن يظهر خلالها تأثير التبريد بالبخر.

وهذه النقطة لا تزال بحاجة لكثير من البحث، سواءا على المستوى التجريبى أو الرياضى، ليمكن الوصول لطرق يعتمد عليها فى التنبؤ.

ويؤثر هذا المتغير على المبانى التى تستمد هوائها من الفراغ العمرانى، مما يغير من الظروف المناخية داخله، فالفناء المزروع أو الذى يحتوى على نافورة تقل درجة حرارته عن الهواء الخارجى بمقدار لا يمكن إهماله كمياً، وأن كانت الأفنية هى فراغات شبه مفتوحة يمكن تصنيفها كفراغات معمارية أو عمرانية تبعاً لنسبة ارتفاعها إلى عرضها.

الرطوبة النسبية:

تؤثر النباتات والمسطحات النباتية تأثير مباشر على الرطوبة النسبية للهواء، بسبب التبخير، ولكن هذا التأثير تدفعه الرياح بعيدا تماما مثلما تدفع الهواء المبرد وذلك فى الفراغات المفتوحة.

أما فى الفراغات شبه المغلقة مثل الأفنية/ فيكون للتغير فى الرطوبة النسبية تأثير واضح، يمكن حسابه كمياً عن طريق:

أ- حساب كمية المياه المتبخرة والتى تتوقف على الرطوبة النسبية، درجة حرارة المبانى، درجة حرارة الهواء، سرعة حركة الهواء.

ب- تحديد كمية الحرارة الممتصة بالبخر (حوالى ٢٤٠٠ جول لكل كجم من الماء المتبخر)، وبالتالى الانخفاض فى درجة الأسطح التى يتم عليها التبخر، وبالتالى الانخفاض فى درجة حرارة الهواء.

جـ- حساب الزيادة فى الرطوبة المطلقة (وزن الماء فى وحدة الحجم من الهواء، ومعلومية درجة حرارة الهواء، يمكن تحديد الرطوبة النسبية).

د- حساب معدل تغير الهواء لحساب تأثير درجة الحرارة العاملة.

وهذه الدراسة لا تتناول الحساب الكمى للتبريد بالبخر، وإن كان من العناصر شديدة الأهمية فى تحديد الظروف المناخية للمواقع العمرانية المحدودة، والتى لا زالت بحاجة لدراسات متعمقة.

الجزيرة الحرارية[1]:

وهى التأثير المحلى على درجة حرارة الهواء فى حالة خاصة من الفراغات المحمية، وهى الفراغ العمرانى للمدن والتجمعات العمرانية الكبرى، حيث تحدث عدة ظواهر تجعل الظروف فى هذه التجمعات تختلف عن المحيط العمرانى المفتوح بـا.

١- زيادة امتصاصية المدينة للإشعاع الشمسى:

فالمحيط العمرانى الخارجى ذو انعكاسية عالية إن كان صحراوياً، ويتم تبريده بالبخر إذا كان مزروعاً، بينما للمدينة معظم مسطحاتا إسفلتية أو خرسانية ذات امتصاصية عالية، كما أن نسبة كبيرة من الأشعة المنعكسة فقط على أسطح المبانى الرأسية مثلا تفقد للهواء، وتساهم ثانية فى ارتفاع درجة الحرارة.

٢- زيادة العوادم والملوثات:

والتى تقلل من شفافية الهواء للأشعة تحت الحمراء، وتمنع عملية التبريد الإشعاعى ليلاً، والتى تظهر فى زيادة درجة الحرارة الإشعاعية للسماء (فى المناطق المفتوحة تقل درجة الحرارة الإشعاعية للسماء عن درجة حرارة الهواء ٥ م - ١٠ م)، بينما يمكن أن يتساوى معها فى المناطق العمرانية خاصة الملوثة.

٣- تقليل سرعة حركة الهواء داخل التجمع العمرانى:

بسبب الكثافة العالية للتجمع وارتفاعات المبانى به تقل كثيراً سرعة حركة الهواء داخله، وبالتالى يقل دوره فى (تحييد) تأثير المؤثرات المحلية على درجة الحرارة،كما أن الهواء حين ينتقل من فراغ إلى فراغ ينقل التأثير المحلى إلى فراغ عمرانى آخر فتتراكم التأثيرات المحلية.

وتتوافر بعض المعلومات عن التأثير الكمى للجزيرة الحرارية عن الظروف المناخية داخل المدن عن طريق القياسات العملية ولكن لكى يتم التنبؤ بالظروف المناخية المحلية حسابيا، يجب تحديد معامل معين يحدد نسبة مشاركة المؤثرات المحلية فى الظروف المناخية إلى الظروف العامة،فإذا كانت طريقة الحساب الكمى للمتغيرات المحلية دقيقة بما يكفى، يمكن تمثيل السلوك المناخى للتجمعات العمرانية الكبيرة بقدر مقبول من الدقة، (وفى هذه الدراسة التى تركز فى الحساب الكمى على الإشعاع) يظهر موضوع تأثير الجزيرة الحرارية على زيادة درجة الحرارة الإشعاعية للسماء.

حركة الهواء:

حركة الرياح هى المؤثر الرئيسى فى الظروف المناخية لأى فراغ عمرانى، فكما سبق ذكره، تتغير أهمية كل المتغيرات مثل درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية بسبب الرياح، مما يعنى أن التنبؤ الكمى بسرعة واتجاه حركة الرياح هو المفتاح الأساسى لتحديد الظروف المناخية فى الفراغ العمرانى كمياً.

[1] colombo ,Landabaso &Sivilla, Oassive Solar Architecture for medeterranian Area. Pp.40

ولكن عند محاولة التنبؤ بتأثير المحيط العمرانى على الظروف الحرارية داخل المبنى، تتغير الأدوار لحد كبير، فتأثير حركة الرياح داخل المبانى قد يكون كبيراً إذا كانت الظروف المناخية الخارجية تقترب من الراحة الحرارية، مما يعنى تشجيع حركة الهواء لنقل تأثير هذه الظروف إلى داخل المبنى، على سبيل المثال فى السواحل الشمالية لمصر، أما فى المناطق التى تكون فيها الظروف المناخية الخارجية سيئة مثل جنوب مصر، يعمل المصمم المناخى على وقف التبادل الحرارى بقدر الإمكان، وبالتالى يستبعد حركة الرياح من خارج المبنى لداخله، وهكذا يقل تأثير الرياح على التصميم، حيث يكون الهدف هو منعها فحسب (مثلما هو الحال مع التصميم المناخى فى الدول الباردة).

ورغم أن حركة الهواء عادة ما تكون مرفوضة ناراً خلال الفترات الحارة، إلا أنا تكون مرغوبة ليلاً لتبريد المبنى وإزالة آثار ارتفاع حرارته ناراً بسبب الإشعاع الشمسى إذا كانت درجة حرارتا مريحة، ولكن فى منطقة مثل جنوب أسوان، تبقى درجات الحرارة ليلاً خارج نطاق الراحة (٤٥ - ٢٨) حيث أن درجة الحرارة الصغرى فجراً لا تقل عن ٢٨°، وهو ما يعنى أن متوسط درجة الحرارة أثناء الليل من ٣٠-٣٥°، وهى درجة حرارة غير مريحة، مما يعنى أن حركة الهواء يجب تجنبها حتى أثناء الليل، ولا يبقى لاستخدامها إلا فترات محدودة خلال أشهر الربيع والخريف.

خلاصة القول أن أهمية تأثير الرياح على الراحة الحرارية داخل المبانى يمكن التحكم فيها بقرارات تصميمية مناخية، فالمصمم المناخى قد يقرر الاستغناء تماماً عن حركة الرياح الخارجية، ويولد تأثيرات هواء داخلية داخل مبناه بواسطة معدات التهوية (المراوح) التى يمكن أن تنتج تأثيرات مماثلة للتأثير الإيجابى لحركة الهواء دون أن يتسبب فى آثاره الجانبية، ويمكن فى هذه الحالة تقييم الحل المناخى كمياً بمقارنة تكاليف تركيب وتشغيل هذه المعدات بالراحة الحرارية التى تسببها، مقارنة بالاعتماد على الهواء الخارجى.

أما فى الموقع العمرانى، فلا يمكن للمصمم المناخى اتخاذ قرار (بوقف تأثير الرياح) حتى لو أحاط الفراغ العمرانى بالمصدات والحوائط، فهو (سيعدل) من نمط حركة الرياح بدون أن يستطيع منعها تماماً، لذلك يصبح التصميم المناخى بدف توفير الراحة فى الفراغات العمرانية أكثر حساسية لحركة الهواء من التصميم العمرانى المناخى بدف توفير الراحة داخل المبانى المتصلة بالفراغات العمرانية.

وفى جميع الحالات هناك عدة متغيرات كمية تحدد حركة الرياح فى الفراغ العمرانى يجب حسابا للتعرف على خواص الفراغ.

١- مقدار سرعة حركة الرياح:

إن حركة الرياح على جسم الإنسان فى الظروف الحارة تزيد من شعوره بالراحة نتيجة زيادة تبريد الجلد بالبخر، إذا كانت درجة حرارة الهواء أقل من درجة حرارة جلد الإنسان (٣٤°)، أو أعلى بمقدار بسيط حتى (٣٧°)، أما إذا زادت درجة الحرارة عن ذلك، فيصبح لزيادة سرعة الهواء تأثير سلبى على شعور الإنسان بالراحة بسبب زيادة التبادل الحرارى مع الجلد، وينعكس هذا التأثير فى الظروف الباردة، وزيادة سرعة الرياح عن ٥م/ث تسبب إزعاجاً بغض النظر عن درجة الحرارة بسبب إثارة الغبار وزيادة جفاف العين ومقاومة حركة الإنسان واتزانه، مما يجعلها غير مرغوبة فى جميع الحالات إذا زادت عن ٨م/ث، **ويتحدد هدف التصميم بزيادة سرعة حركة الهواء أو تقليلها، تبعاً للظروف المذكورة.**

والهواء لا يتحرك بسرعة منتظمة طوال الوقت، فهو قد يهدأ للحظات ثم يتحرك بسرعة ثم يعود للحركة بسرعة هادئة وهكذا، ولكن يمكن حساب متوسط سرعة حركة الهواء خلال فترة زمنية معينة (ساعة مثلاً)، واعتبار هذه القيمة معبرة عن تأثير سرعة الهواء، وفى الظروف الباردة يكون من المفيد أحياناً تحديد السرعة القصوى للريح أثناء هبات الريح المفاجئة Gusts التى قد يكون لها تأثير لحظى ضار.

وعادة ما تقيس محطات الأرصاد سرعة الرياح المتوسطة على ارتفاع عشرة أمتار من الأرض، بينما الإنسان يشغل عادة ارتفاع لا يزيد عن مترين من الأرض، وهذا هو الارتفاع الذى يجب تحديد سرعة الرياح عنده لتقييم الراحة، أما فى حالة تصميم المبانى، فيجب حساب سرعة الرياح عند ارتفاع منتصف النفاذة. ويمكن بسهولة استنتاج سرعة الرياح عند أى ارتفاع بمعلومية سرعتها عن ارتفاع٠٫ م باستخدام المنحنى السابق أو ترجمته إلى معادلة رقمية، بينما الطريقة الدقيقة لذلك هى استخدام الديناميكا الهوائية الرقمية إذا أتيحت للمصمم.

٢- اتجاه الرياح

من الهام تحديد اتجاه الرياح عند لحظة معينة بالإضافة إلى قيمتها، لتحديد أنه كانت عناصر الموقع ستغير من سرعة حركة الهواء أم لا، ومقدار التغير إن حدث بالزيادة أو النقص.

وعادة ما تنتشر بيانات الأرصاد فى صورة معدل هبوب الرياح من اتجاه معين خلال فترة معينة، ويتم استنتاج الاتجاه السائد لهبوب الرياح خلال هذه الفترة.

وبالطبع لا تب الرياح فى هذه الفترة من نفس الاتجاه، بل يمكن ملاحظة أن الرياح خلال شهر إبريل مثلاً فى شمال مصر تكون فى العادة هادئة وقادمة من الشمال إلى الشمال الغربى، بينما تب الرياح الحارة السريعة من الغرب أو الجنوب الغربى، وهو ما يعنى وجوب حساب تأثير الرياح فى حالتين مختلفتين تماماً:

أ- التصميم فى **حالة الرياح الشمالية** ذات درجة الحرارة القريبة من الراحة الحرارية، (أو أقل قليلا)، بسرعات من ٢ - ٦ م/ث، وهى ما يطلق عليه وصفياً الرياح السائدة أو الرياح المحببة.

ب- التصميم فى **حالة رياح ساخنة ومتربة** تب من الجنوب الغربى بسرعات من ٨ - ١٥م/ث، وهو ما يطلق عليه وصفياً الرياح المرفوضة أو المطلوب تفاديها، ولكن يمكن أن تب الرياح من اتجاهات أخرى أحياناً بمواصفات مختلفة لفترات قد تصل إلى ٣٠ % من الوقت.

كما أن منطقة مثل جنوب أسوان، تكون الرياح فيها شمالية تقريباً طوال الوقت، وقد تكون هذه الرياح ملطفة، وقد تكون عواصف ترابية، أى أن الرياح المرغوبة والمرفوضة تأتى من اتجاه واحد ولكن بفارق زمنى، وهو ما يزيد من صعوبة المشكلة التصميمية.

وفى جميع الحالات، يحتاج التنبؤ بالتأثير الكمى للرياح على الراحة لتحديد قيمة محددة بسرعة واتجاه الريح خلال لحظة معينة، وإذا كان المطلوب حساب تأثير الرياح خلال فترة زمنية طويلة يجب جمع نواتج التنبؤ عبر كل الفترات، كل تبعاً لظروفه، وليس حساب متوسط مباشر أو الاعتماد على الاتجاه السائد فقط.

بمعنى آخر، لتقييم الظروف المناخية لمنطقة فى شمال مصر، يجب إجراء حسابات حركة الرياح ثلاث مرات:

مرة فى حالة هبوب الرياح من الشمال الغربى، بسرعات ٢ - ٦م.

مرة فى حالة هبوب الرياح من الجنوب الغربى، بسرعة ٨ - ١٢م.

مرة فى حالة هبوب الرياح من الشرق- الشمال الشرقى بسرعة ٢ - ٦م.

وبتحديد نسبة هبوب الرياح من هذه الاتجاهات خلال الشهر، يمكن تقييم الظروف المناخية خلال الشهر.

وبيانات الأرصاد لا توفر هذا بشكل مباشر، فهى توفر بيانات الاتجاهات ومعدل ترددها، وتوفر سرعات الرياح ومعدلات حدوثها، دون ربط بين اتجاه الرياح وسرعتها، والذى يحتاج لتحديده إلى :

١- الحصول على بيانات أكثر دقة من الأرصاد الجوية أو الحصول على البيانات الخام وإعادة تحليلها.

٢- الخبرة الشخصية للمصمم بمنطقة الدراسة ويقوم بتكوين جداول خاصة به لربط سرعات الرياح باتجاهاتا.

٣- ملاحظة موقع المشروع لفترة سنة أو أكثر لتحديد هذه العلاقات (حل صعب جداً على المستوى العملى).

٤- الاستفسار من سكان المنطقة عن الأنماط المعتادة للرياح (مثلاً سكان الإسكندرية وخاصة البحارة والصيادين على علم بمواعيد وخصائص النوات)، كما أن معظم سكان الصحارى على علم بأنماط العواصف الترابية واتجاهاتا، والمزارعين فى الدلتا على علم باتجاهات الرياح السريعة التى تسبب تساقط الأزهار والثمار ويزرعون مصدات الرياح لمواجهتها ... إلخ.

كيفية تعديل عناصر الموقع لخواص الرياح:

تقوم المبانى والأشجار وتشكيلات الأرض بتغيير سرعة وحركة الرياح واتجاهاتا، والتنبؤ الكمى بذه التغيرات عملية غاية فى الصعوبة، سواء على المستوى النظرى أو بالحساب الرقمى، ولفترة طويلة كانت الطريقة الوحيدة الممكنة هى تنفيذ نموذج مصغر للموقع ووضعه داخل نفق الهواء wind tunnel للتنبؤ بسلوكه.

ولكن كما سبق مناقشته فى الفصل الأول، هذه الطريقة مكلفة وغير عملية للتصميم، والمتاح حالياً تقنية لا تزال فى مجال التطور، وهى ديناميكا الموائع الرقمية Computational fluid dynamics CFD ، وهى إحدى التطبيقات المتقدمة فى الحاسب الآلى والتى تحتاج لأجهزة ذات قدرة حسابية كبيرة، مما منع تواجدها على الحاسبات الشخصية حتى فترة قريبة حين أصبحت هذه الحاسبات الصغيرة تتمتع بالقدرات الحسابية المطلوبة.

وظهرت عدة برامج للتصميم المناخى تتعامل مع بعض الجوانب متوسطة التعقيد من حركة الرياح فى المواقع العمرانية (مثل Flovent) أو داخل المبانى مثل comis ، وعدد من البرامج العامة لديناميكا الموائع مثل VWT Virtual Wind Tunnel .

وفكرة ديناميكا الموائع الرقمية تشبه فكرة العناصر المحددة التى تم استخدامها فى تحليل سلوك انتقال الحرارة، بالتوصيل والإشعاع، حيث يتم تقسيم الفراغ إلى عدد كبير من الخلايا الفراغية الصغيرة ذات حجم ثابت وذات شكل مكعب أو منشور سداسى أحياناً، ودراسة خواص الهواء فى كل خلية :(درجة الحرارة ، الضغط، الكثافة، محتوى الطاقة الحرارية (إنثالبى)، طاقة الحركة واتجاهها، ... إلخ)، وعن طريق تطبيق قوانين الديناميكا الحرارية وديناميكا الموائع وقوانين الطفو، وغيرها من القوانين الفيزيائية على هذه الخلية، وعلاقاتا بالخلايا الماورة، ويتم حساب معدل انتقال الهواء بين الخلايا المتراصة فى طبقات متتابعة، أما الطبقات التى تمس عناصر صلبة مثل المبانى أو عناصر العمران الأخرى، فيتم التعامل معها كطبقات حدودية Boundary layers تتأثر بالاحتكاك والضغط العكسى الناتج عن هذه العناصر.

وهذه العملية شديدة التعقيد كما هو واضح، وإن كانت قطعت خطوات كبيرة على المستويين النظرى والتطبيقى، ولم يبق إلا إدماجها مع أدوات التصميم المناخى بطريقة تسمح بالاستفادة منها عملياً، وهو ما سيحدث مع الوقت بسبب :

١- الزيادة السريعة فى قدرة أجهزة الحاسبات بحيث تصبح حاسبات CFD سريعة بما يكفى لاستخدامها فى التصميم.

٢- تطوير برامج التصميم المناخى، وحلها لكل المشاكل الأخرى بحيث يظهر احتياجها لإكمال دورها بدخول التنبؤ الدقيق بحركة الهواء.

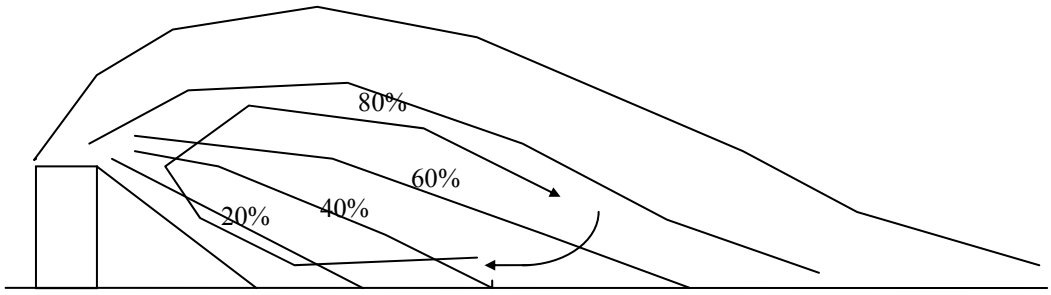
٣- التحول نحو استخدام برامج التصميم العمرانى باستخدام الحاسب لأغراض التصميم العادية، مما يتيح استخدامها نفس النماذج التمثيلية فى التصميم المناخى.

الطرق المبسطة للحساب الرقمى لحركة الرياح:

هناك طرق مبسطة سريعة لحساب سرعة واتجاه الريح فى المواقع العمرانية لا تعتمد على CFD وإنما تعتمد على الدراسات التجريبية، وهذه الطرق ذات دقة مقبولة فى حدود الحالات التى تم اختبارات عليها، ويلاحظ أن دقتها قد تكفى للتنبؤ بسرعات الرياح المطلوبة للتصميم المناخى للمبانى، بينما يصعب الاعتماد عليها فى تحديد السلوك المناخى للفراغات العمرانية. (وخاصة تأثيرها على تغير هواء المنطقة الذى يؤثر على قيمة درجات الحرارة والرطوبة النسبية).

ظل الرياح[1]:

أثبتت الدراسات التجريبية لحركة الرياح أن أى عائق (سور، مصدات رياح، أو مبنى) يتسبب فى حجز حركة الرياح عن المنطقة التى تقع خلفه، ويعتمد امتداد تأثير هذا العائق على ارتفاعه، ونفاذيته، فمصدات الرياح النباتية لا تكون مصمته، فهى تقلل سرعة الرياح ولا توقفها، أما الأسوار والمبانى فهى تحجز حركة الهواء تماماً عن المنطقة التى تقع خلفها مباشرة.



شكل (٩-١) تختلف سرعة الهواء عند نقطة خلف الحاجز تبعا لبعد هذه النقطة عنه وارتفاعها بالنسبة للحاجز

ولكن لا يجب تصور أن المنطقة خلف العوائق ذات هواء ساكن تماماً، بل تكون سرعة الهواء فيه أقل بشكل كبير من سرعة الهواء الحرة، ويمكن تحديد نسبة سرعة الهواء على بعد معين من العائق كدالة فى ارتفاع العائق والبعد عنه وارتفاع النقطة، وهذه الدالة تستنتج من منحنيات سرعة الرياح المنشورة فى عدة مراجع.

وبترجمته إلى جدول يمكن على أساسه حساب سرعة حركة الهواء على بعد معين من العائق.

الحركة حول المبنى أفقياً:

فى حالة وجود مبنى مرتفع، تدور الرياح حول جوانبه بينما تتحرك من فوق قمته، فإذا كان ارتفاع المبنى كبيرا بالنسبة لعرضه،كانت معظم الرياح المحجوزة خلفه مارة من أعلاه، أما إذا كان ارتفاع المبنى كبيراً بالنسبة لعرضه، كان معظم الهواء ماراً من جوانبه ويمكن تحديد أيهما أسبق تأثيراً، وحسابه بنفس الطريقة كدالة فى نصف عرض المبنى بدلاً من ارتفاع المبنى.

سرعة الرياح على بعد (X) من عائق ارتفاعه (L) :- $Vx = F(X/L) \times V0$

وفى حالة أن عرض المبنى أقل من ضعف ارتفاعه يكون:

[1] Brown &Gillespie, Microclimatic Landscape Design, pp.129

سرعة الرياح على بعد (X) من عائق عرضه (w) :- $Vx = F\ (2X/w)\ x\ V0$

حيث F هو معامل التخفيض Reduction factor لسرعة الرياح عند هذه النسبة بين البعد عن العائق وارتفاعه شكل (١٠ -).

عادة ما يتم حساب هذه السرعات عند ارتفاع ٢م من سطح الأرض وهو ارتفاع نافذة فى الدور الأرضى، ولكن نوافذ المبانى فى الطابق الأعلى تتلقى كميات أكبر من الهواء بسرعات أعلى، ولحساب هذا التأثير، يحسب ارتفاع الحاجز عن مستوى منتصف النافذة - ٢م بدلاً من ارتفاعه عن مستوى الأرض، ويمكن بذلك حساب سرعة الرياح للنوافذ المرتفعة، ففى شكل (١٠-) مثلاً، نجد أن سرعة الرياح عن نافذة فى الدور الأرضى تساوى ٥٠ % من سرعتها الحرة، بينما سرعة الرياح عن نافذة الدور العلوى تتلقى الرياح بالكامل سرعتها تقريباً والتى تمر من فوق المبنى، بارتفاع النافذة ٧م يكون خارج نطاق ظل العائق ٩م الذى يرتفع فى هذه الحالة (٤أمتار).

سرعة الرياح عند نافذة ارتفاع h تواجه عائق ارتفاعه L على بعد X من العائق :

$$Vx = f\ [X/L - (h - 2)]$$

تأثير تتابع المبانى:

عند وضع المبانى متتابعة تماماً بالنسبة لاتجاه الرياح تحجب المبانى المواجهة للرياح تأثيرها عن المبانى التى خلفها مباشرة، وينطبق عليها حسابات السرعة المنخفضة شكل (١٠ -).

أما عند انحراف اتجاه الرياح عن التعامد مع حواف المبانى تقوم جوانب المبانى بتوجيه الرياح (لحد ما لتتخذ مسارات عمودية)، ويصعب التنبؤ بسلوكها بدقة فى هذه الحالة بالطرق المبسطة للحساب، ويفضل استخدام CFD .

ويمكن اعتبار أن المبنى الذى يواجه فراغاً بين مبنيين شكل (١٠ - - ب) معرضاً مباشرة للهواء.

أو إذا أردنا التبسيط أكثر، يمكن اعتبار أن الفراغات بين المبانى خاصة إذا كانت نسبتها أقرب إلى الطول) تعيد توجيه الهواء عمودياً على الأسطح، يمكن اعتباره مماثلاً للهواء، القادم عمودياً، مما يجعل من تطبيق نفس القاعدة حلاً مقبولاً حسابياً لحد ما.

ولا يغيب عن الذهن أن كل هذه الأرقام تفتقر للدقة بشكل كبير ولكن يتم الاعتماد عليها فقط عند حساب تأثير الهواء على الراحة داخل المبانى بدف افتراض قيم لسرعات الرياح تستخدم كمعطيات ثابتة عن التصميم المناخى للفراغات، تسمح بمقارنة المتغيرات الأخرى، وليس بدف تقييم تأثير تصميم الموقع أو النسيج العمرانى على حركة الرياح.

٢- تأثير الإشعاع على الفراغات العمرانية:

إن الإشعاع واحد من أهم المؤثرات فى ظروف الراحة الحرارية داخل الفراغ العمرانى، وخاصة فى المناطق الحارة الجافة، فسطوع أشعة الشمس المباشرة لمعظم فترات السنة يتسبب فى رفع درجة الحرارة المحسوسة بالمحيط العمرانى بشكل مباشر، كما يرفع درجة حرارة الأسطح المعرضة له مما يزيد من كمية الإشعاع الحرارى طويل الموجة المنبعث منها، وتساهم الأشعة المنعكسة عن الأسطح الفاتحة اللون فى زيادة كمية الإشعاع الشمسى المشتت فى الفراغ، ولا يتوقف تأثير انتقال الحرارة بالإشعاع على حركة الرياح، فالحرارة تنتقل مباشرة عن الشمس أو الأسطح الساخنة إلى جسم الإنسان لتؤثر على شعوره بالراحة بغض النظر عن درجة حرارة الهواء، أو تنتقل إلى أسطح ونوافذ المبانى التى يتم تصميمها مناخياً لتؤثر بشكل كبير على ظروف الراحة الحرارية با.

ونظراً لعدم اعتماد تأثير الإشعاع على تسخين الهواء، فهو أقل المتغيرات تأثراً بحركة الرياح، ولذلك يمكن اعتباره متغيراً مستقلاً يمكن التنبؤ به بدقة بغض النظر عن باقى الظروف صعبة التمثيل، وخاصة مشكلة التمثيل الدقيق لحركة الرياح والتى تحتاج إلى CFD كما سبق الذكر.

فما هى الكميات المطلوب التعامل معها لتقييم تأثير انتقال الحرارة بالإشعاع بين عناصر المحيط العمرانى والإنسان (لتقييم ظروف الفراغ العمرانى) أو بين غلاف المبنى ومحيطه العمرانى فى حالة تقييم تأثير المحيط العمرانى على الراحة داخل فراغات المبانى.

أ- دراسة الحرارة الإشعاعية المتوسطة[1]

هذه القيمة هى المعبر الرئيسى عن تأثير الإشعاع على جسم الإنسان، وهى تعرف بأنا درجة حرارة جسم أسود مثالى يحيط بالإنسان من جميع الجهات ويبث كمية من الإشعاع الحرارى تساوى تلك التى يتلقاها الإنسان من كل المصادر الإشعاعية المحيطة به بالفعل.

ويمكن حسابا بطريقتين:-

حساب متوسط درجة حرارة كل من الأسطح المحيطة بالإنسان، وضرب درجة الحرارة هذه فى وزن نسبى للسطح تتوقف على إنبعاثيته، وعامل مواجهة للإنسان، ويجمع هذه القيم لكل الأسطح، فتنتج درجة الحرارة الإشعاعية المتوسطة.

١- حساب كمية الطاقة المنبعثة من كل سطح اعتمادا على درجة حرارته وانبعاثيته تبعا لقانون ستيفان بولتزمان[2]. $q = e \times sb \times (T)4$

حيث

q هى كمية الطاقة المنبعثة من وحدة المساحات من الجسم خلال وحدة الزمن

e إنبعاثية السطح، أو نسبة الإشعاع الصادر منه إلى أقصى كمية يمكن أن تنتجها جسم أسود فى نفس درجة الحرارة.

T هى درجة حرارة السطح المطلقة (كلفن)

درجة الحرارة المطلقة = درجة الحرارة المئوية + ٢٧٣

sb ثابت ستيفن بولتزمان وقيمته 8- 10 x 5.77

[1] Markus &Morris, Building,Climate and Energy, pp.38

[2] كارليكار وديزموند، انتقال الحرارة، ٣٥٦

٢- يتم حساب كمية الطاقة الساقطة على جسم الإنسان من كل الأسطح تبعاً لمعامل المواجهة بينه وبينها .

٣- يتم جمع الطاقة الإشعاعية الواردة عن الشمس، أو من أى مصدر حرارى إشعاعى آخر والساقطة على الجسم.

يتم التعويض بذه القيمة فى معادلة ستيفان بولتزمان، مع اعتبار الإنبعاثية تساوى واحد صحيح، بحيث يتم تحديد درجة حرارة الجسم الأسود الذى يمكن أن يبث مثل هذه الطاقة.

والطريقة الثانية أدق حيث يمكن سهولة إضافة الطاقات الإشعاعية الواردة من مصادر نقطية كالشمس أو الأشعة المنتشرة فى الغلاف الجوى.

ب- درجة الحرارة العاملة[1]

يتأثر إحساس الإنسان بالحرارة بناءاً على مزيج من تأثير درجة حرارة الهواء ودرجة الحرارة الإشعاعية، وفى الظروف المعتادة يعتبر أن نصيب كل منها تساوى، ولكن مع زيادة سرعة حركة الهواء تبريد التبادل الحرارى مع الهواء المحيط، لذلك تزيد نسبة تأثير درجة حرارة الهواء عن درجة الحرارة الإشعاعية.

والتأثير المجمع لكل من درجتى الحرارة هاتين يسمى (درجة الحرارة العاملة) فى الفصل الثالث، ويمكن حسابا من الخرائط شكل (٣ -) أو بواسطة برنامج بسيط تم تطويره كترجمة رقمية لهذه الخرائط (ملحق).

وهنا يعود تأثير حركة الهواء للظهور كمؤثر فى تحديد تأثير الإشعاع على الإنسان، لكنه لا يغير من قيمة هذا الإشعاع.

جـ- كمية الإشعاع الحرارى الساقطة على سطح معين

سواء كان هذا السطح، أحد أسطح المبانى أو جسم الإنسان.

وتتخذ فى حالة السطح الذى يتلقى الإشعاع من وجه واحد، أى أنه يواجه نصف كرة يتلقى منها كل إشعاعه، أما جسم الإنسان فهو يتلقى الإشعاع من كل الجهات (يواجه كرة كاملة).

ما هى الكميات الإشعاعية التى يتلقاها أى سطح فى الفراغ العمرانى:

أ- الإشعاع الشمسى المباشر.

ب- الإشعاع الشمسى المشتت.

جـ- الإشعاع الشمسى المنعكس (عن الأرض وعناصر المحيط العمرانى الأخرى).

د- الإشعاع الحرارى من السماء.

هـ- الإشعاع الحرارى من عناصر المحيط العمرانى نتيجة درجة حرارتا.

د- كمية الإشعاع التى يمتصها السطح:

والسطح لا يمتص كل الأشعة التى تسقط عليه، بل يعكس جزء منها، يتوقف على انعكاسية السطح لنوع الإشعاع.

فمعظم الأسطح غير المعدنية ذات اللون الفاتح تمتص حوالى ١٠ % - ٤٠ % من الإشعاع الشمسى وتعكس الباقى، بينما تمتص ٩٠ % من الإشعاع الحرارى قصير الموجه، ولذلك تختلف تماماً كمية

[1] Markus &Morris, Building,Climate and Energy, pp.77

الإشعاع التى يمتصها السطح وتدخل فى حساب اتزانه الحرارى تبعاً لنوع الأشعة الساقطة عليه، ولا تختلف جسم الإنسان عن ذلك كثيراً، حيث أن امتصاصيته للإشعاع الحرارى حوالى ٩٠%، بينما تتوقف امتصاصيته للإشعاع الشمسى والضوء المرئى على لون بشرته ولون ملابسه.

øij- كمية الحرارة المنبعثة من سطح الجلد:

وتتوقف على درجة حرارته وانبعاثيته، وتصدر فى جميع الاتجاهات، فالسطح المستوى يصدر الأشعة باتجاه نصف كرة فى صورة مشتتة، أما جسم الإنسان فتصدر الأشعة فى اتجاه كرة كاملة، وبافتراض أن درجة حرارة سطح الجلد ٣٤ْ م وأن انبعاثية جسم الإنسان للإشعاع الحرارى ٩٠ % نجد أن كمية الطاقة التى يبعثها الإشعاع تساوى:

$$q = 0.9 \times 5.77 \times 10^{-8} \times (34 + 273)^4$$

$$q = 512.5 \ \text{watt} / m^2$$

ويكون تأثير المحيط العمرانى مخفضاً لحرارة جسم الإنسان إذا قل ما يصدره من إشعاع إلى جسم الإنسان عن ٥١٢ وات /م٢ ، بينما يزيد من درجة حرارته إذا زاد عن ذلك.

حساب درجة الحرارة فى الشمس:

من الشائع Sاع مصطلح أن درجة الحرارة فى الظل ٤٠ْ م، ودرجة الحرارة فى الشمس ٥٠ْ م، أو أحيانا نسمع أرقام ضخمة مثل درجة الحرارة فى الشمس فى توشكى تصل إلى ٨٥ْ م !!

فماذا تعنى هذه الأرقام ؟

إن درجة الحرارة فى الشمس هى درجة الحرارة العاملة التى تجمع تأثير الإشعاع الشمسى وتأثير درجة حرارة الهواء، ويتم استنتاجها بحساب كمية الأشعة التى يتلقاها الإنسان من الشمس وباقى عناصر المحيط العمرانى، وحساب درجة الحرارة الإشعاعية المتوسطة التى تتسبب فى كل هذا الإشعاع، ثم دمج تأثيرها مع درجة حرارة الهواء.

مثال :

شخص يوجد فى الصحراء معرضاً لأشعة الشمس المباشرة، إذا علم أن الإشعاع الشمسى المباشر شدته ٩٠٠٠وات/م٢ والإشعاع المشتت ٥٠وات/م٢، وأن الأشعة المنعكسة من الأرض مقدارها ٣٠٠وات/م٢، وأن درجة حرارة الهواء ٣٥ْ م، وأن الإشعاع الحرارى المنبعث من الأرض الواصل إليه ٣٠٠وات/م٢، وأن الامتصاصية الجسم للإشعاع الشمسى ٤٠ % ، افترض أن معامل مواجهة السماء هو ٠,٥ والأرض هو ٠,٥.

الطاقة الشمسية المشتتة = ٥٠ × ٠,٥ = ٢٥ وات / م٢

الطاقة الشمسية المباشرة = ٩٠٠ × ٠,٥ × ٠,٤ = ٢٧٠ وات/م٢

الطاقة الشمسية المنعكسة = ٣٠٠ × ٠,٥ × ٠,٣ = ٢٠٠ وات/م٢

الطاقة الحرارية المنبعثة من الأرض (٥٠ْ م) = ٦٣٠ × ٠,٥ × ٠,٩ = ١٧٣ وات/م٢

الطاقة الحرارية المنبعثة من السماء (٢٥ْ م) = ٤٥٥ × ٠,٥ × ٠,٩ = ٢٠٥ وات/م٢

كمية الطاقة الإشعاعية الإجمالية = ٦٢٨ وات/م٢

بتطبيق قانون ستيفان بولتزمان :

$$T = [q / sb]^{1/4} - 273$$

$$T = [q / 5.77]^{1/4} \times 100 - 273$$

T = [628 / 5.77] 1/4 x 100 - 273
T = 50 C

درجة الحرارة الإشعاعية المشتتة = ٥٠ م

ولتحديد درجة الحرارة العاملة بفرض أن سرعة حركة الهواء ١م/ث

T0 = Tr x 0.5 + Tair x 0.5 = [50.25 x 0.5] + 35 x 0.5 = 42.6 C

إذن درجة الحرارة العاملة فى الشمس تساوى ٤٢,٦ درجة مئوية

وفى هذه الحالة يعتبر أن الفائض الشمسى solar excess أى درجة الحرارة التى تضيفها الشمس إلى إحساس الإنسان بالحرارة تساوى ٧,٦ درجة مئوية.

إن هذا المثال البسيط يوضح كيف يمكن أن يؤثر الإشعاع الشمسى والشمس فى شعور الإنسان.

٣- التمثيل الرقمى للموقع العام

وذلك بتقسيم الموقع العام إلى مجموعة من الوحدات المحدودة، وتتيح هذه الطريقة فى تمثيل الموقع العام حل عدة مشاكل فى آن واحد.

فكل وحدة من وحدات الشبكة المتعامدة للموقع يمكن تحديد خواصها، مثل:

١- المادة: (أسفلت، عشب، خرسانة، رمل، ...).

٢- امتصاصيتها للإشعاع الشمسى والحرارى.

٣- لونا.

٤- طبيعة التربة تحتها وخواصها الحرارية.

٥- وجود مبانى فوقها (رقم المبنى الموجود فوقها، حيث صفر = لا يوجد مبنى)

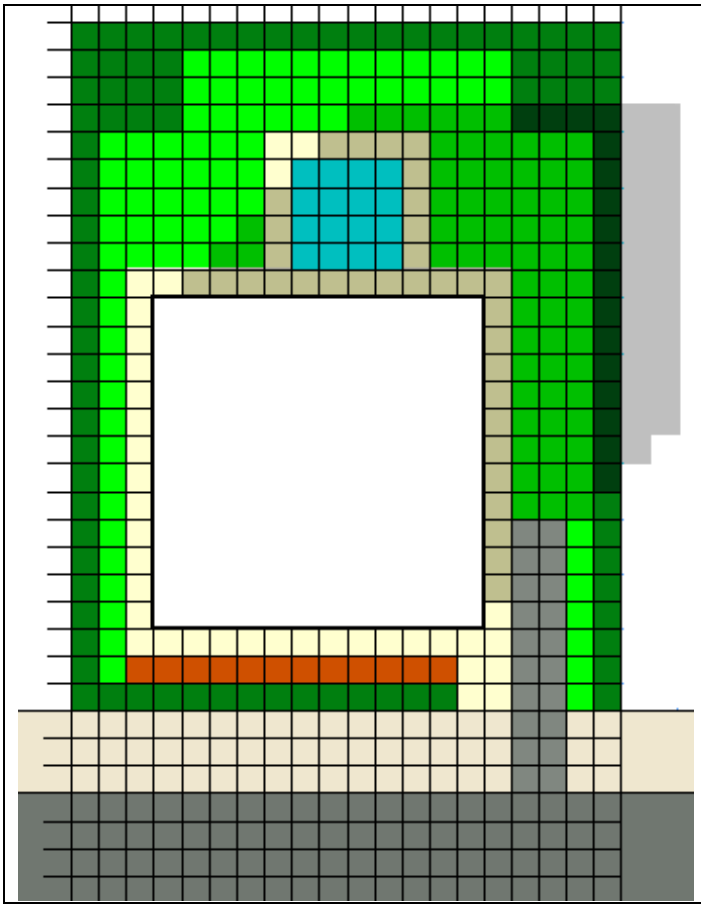
وأثناء عملية التمثيل يتم تحديد :

١- درجة حرارة النقطة.

٢- كمية الإشعاع الصادرة عنها.

٣- حالتها إن كانت مظللة أم لا.

٤- نسبة الإظلال عليها إن كانت مظللة جزئياً، (خاصةً عند الإظلال بالأشجار).



شكل (٩-٢)

تمثيل الموقع العمرانى بشبكة نقطية، تمثل كل نقطة منها مسطحا معينـا يتم تحديد مادته وخواصه الحرارية والاشعاعية، ومعامل المواجهة بينة وبين أسطح المبانى، بحيث يمكـن التنبؤ بدرجة حرارة كـل نقطـة وكمية الاشعاع المنبعثة منها باليث أو الانعكاس.

ثانياً: المبانى:

١- يمكن بسهولة حساب ظل كل مبنى أو شجرة على الموقع العام، باعتبار أن هذه الشبكة مصفوفة نقطية تمثل أحد الرسوم النقطية للحاسب الآلى، وذلك عن طريق تحديد إحداثيات مضلع الظل حسابياً، ورسمه مباشرة على هذه الشبكة بواسطة برامج الرسم المعروفة فى لغات البرمجة، ويمكن بسهولة تركيب ظلال مبانى مختلفة فوق بعضها إن تراكبت، عن طريق العمليات المنطقية أثناء الرسم، وكذلك تمثيل هذا الظل بصرياً، فنفس الشبكة الحسابية هى نفسها صور الموقع العام بألوانه وظلال الباقى عليه.

٢- وبتشغيل برنامج التمثيل، يمكن حساب كمية الإشعاع الشمسى الساقطة على كل نقطة، ونسبة المنعكس منها وبذلك يمكن رسم صورة أخرى للموقع، ولكن متغيرة حيث تأخذ كل نقطة لوناً، ولكنه لا يعبر عن لونا المرئى، بل نسبة الإشعاع المنعكسة عنها، أى تقريباً صورة أبيض وأسود للموقع.

٣- يتم حساب درجة الحرارة الشمسية لكل نقطة، بحيث يمكن رسم خريطة ثالثة لدرجات حرارة عناصر الموقع العام.

٤- بناءا على درجة حرارة النقطة يمكن تحديد كمية الإشعاع التى تبثها، وهكذا يمكن رسم صورة رابعة تحدد انبعاثية كل نقطة للأشعة تحت الحمراء.

ولتحديد كمية الإشعاع التى يتلقاها سطح أحد المبانى، يتم المرور على نقط الموقع العام واحدة واحدة، وحساب كمية الإشعاع الحرارى التى يتلقاها السطح منها، بناءا على كمية الإشعاع الصادرة عنها، وعن معامل مواجهتها له كما سبق شرحه فى الفصل الرابع.

ويمكن إعداد صورة خامسة تعبر عن معامل المواجهة بين السطح وبين نقط الموقع العام، بحيث يمكن حساب الإشعاع الذى يصله بضرب قيمتها مباشرة فى قيمة الإشعاع المشتت الصادر من كل نقطة.

ويجب ملاحظة عدم جمع الأشعة تحت الحمراء مع الإشعاع الشمسى، حيث يتعامل سطح المبنى بشكل مختلف مع نوعى الإشعاع، بإمتصاصية البياض الأبيض للإشعاع الشمسى فى حدود ٣٠ % بينما إمتصاصيته للإشعاع الحرارى ٩٠ % ، والزجاج نفاذيته للضوء المرئى ٨٥ %، بينما نفاذيته للإشعاع الحرارى صفر !!

وبهذه الطريقة، يتم تمثيل التبادل الإشعاعى بين الموقع والمبنى بشكل عالى الدقة، وفى نفس الوقت مفهوم بصرياً.

ويبقى عنصرين لهما علاقة بالمبنى:

أ- ظل المبانى على بعضها:

عند رسم ظل المبنى على الشبكة النقطية للموقع، تتم تغطية نقاط معينة من الشبكة بالظل، يجب اختبار كل نقطة مظللة بمجرد رمى الظل عليها للتأكد إن كانت تقع تحت مبنى أم لا، فإن كانت تقع تحت مبنى، كان معنى ذلك أن جزءاً من ظل المبنى مسقط الظل سيسقط على المبنى الآخر.

ويمكن معرفة رقمه بسهولة من إحداثيات النقطة، ويتم عمل دورة جديدة لإسقاط الظل، ولكن هذه المرة ظل المبنى على واجهات المبنى الآخر، وليتم ذلك، يتم تقسيم واجهة المبانى لشبكات نقطية أيضاً، يفضل أن تتماشى مع حوائط الغرف ليمكن استخدامها مباشرة بعد ذلك فى حساب كمية الطاقة الساقطة على كل واجهة.

ويتم رمى ظل المبانى على بعضها بنفس الطريقة تقريباً، وحساب نسبة الإظلال التى يسببها كل مبنى للآخر، وكذلك حساب درجة الحرارة الشمسية لأسطح المبنى بمعلومية شدة الإشعاع الساقط عليه،

ولونه ودرجة حرارة الجو، وهكذا يمكن إجراء التمثيل الرقمى لكل مبنى فى وجود صورة رقمية واضحة لتأثير محيطه العمرانى عليه (من الجهة الإشعاعية).

ب- تبادل الإشعاع بمعامل الموجة بين المبانى

ويتم ذلك بتحديد المبنى موضوع الدراسة، وتحديد معامل المواجهة بين كل حائط من حوائطه، أو بمعنى أدق كل وحدة محددة من شبكة الواجهات، مع الوحدات الأخرى من المبانى التى تواجهه، ويتم ذلك بسهولة بمد خط من نقطة الوحدة المحددة لرأس المضلع المشكل لقاعدة كل مبنى، فإن تقاطع الخط مع أى من أضلاعه كانت هذه هى النقطة البعيدة عن المبنى.

ويتحدد بناء على ذلك الضلعين اللذان يواجهان المبنى، فيتم تحديد كمية الطاقة الإشعاعية التى تتلقاها واجهات المبنى، وبالتالى يمكن حساب كميات الحرارة المنتقلة إليه ولتقييم سلوكه.

وبهذه الطريقة الجيومترية فى التمثيل، يمكن الجمع بين التمثيل الرقمى والتمثيل البصرى للسلوك الحرارى للوقع العام، واستخدام هذا التمثيل كوسيلة لتقييم الحلول العمرانية المختلفة.

الأشجار

هناك عناصر أخرى لها تأثير على الخواص الإشعاعية للموقع العمرانى، وهى الأشجار وعادة ما يعتبر تمثيل الأشجار وتأثيرها أحد العقبات الكبيرة فى سبيل التنبؤ رقمياً بظروف الفراغات العمرانية.

يتناول القسم التالى محاولة لوضع طريقة لتمثيل السلوك الإشعاعى للأشجار.

٤- التمثيل الرقمى لأشجار وسلوكها المناخى

إن التأثير المناخى للشجرة فى الموقع العمرانى تأثير كبير يغير تماماً من الظروف المناخية المحلية، وللشجرة ثلاث تأثيرات رئيسية فى الموقع:

١- الإظلال.

٢- التحديد بالتكتل.

٣- تغيير شكل حركة الهواء.

وتواجه عملية التقدير الرقمى لكل من هذه التأثيرات بعدة مشاكل:

١- الظل :-

لحساب ظل شجرة على الأرض لابد من تمثيل:

أ- الأشكال الهندسية للأشجار:

وهى عملية بطبيعتها شديدة الصعوبة نظراً لاختلاف أشكال الأشجار تبعاً لنوعها، بل واختلاف فى كل شجرة عن الأخرى من نفس النوع.

ولكن يمكن تبسيط الشكل غير الهندسى للشكل إلى شكل هندسى بسيط يحقق تمثيل تأثيرها على الظل.

ويمكن تمثيلها بمجسمات هندسية من مجموعة مركبة من الأسطح الدورانية البسيطة أو التمثيل بشكل كرة.

أ- التمثيل بمجسمات هندسية دورانية مثل المخروط (الإسطوانة ، الكرة) أو حتى تبسيط هذه الأشكال أكثر إلى أهرامات ومنشورات لتسهيل عمليات حساب شكل الظل.

ب- أما فى حالة الأشكال المعقدة فيمكن تمثيلها بأكثر من مجسم.

يمكن تمثيل الشجرة أو أكثر سواء أفقى أو رأسى، ليمكن حساب الظل، بحيث يكون ظل هذه المجموعة من الأسطح على الأرض والمبانى معبراً بدرجة دقة مقبولة عن ظل الشجرة.

تمثيل الشجرة المخروطية مثلاً:

يمكن تبسيطها إلى مثلث رأسى ودائرة أفقية، بحيث يكون المثلث دائماً متعامداً على زاوية الأتجاه الأفقية للضوء.

ويتم رسم ظلها عن طريق رسم ظل الدائرة الأفقية على الأرض (صورة منها مرحلة بمسافة تزيد بزيادة ارتفاع الشمس وارتفاع الشجرة، أما المثلث فيكون ظله مثلثاً مناظراً له، تتحدد احداثيات رؤوسه بترحيل الإحداثيات الأفقية والرأسية لظله، تبعاً لزاوية سقوط الضوء.

وهكذا يكون تمثيل الشجرة المخروطية رمزياً هو :-

١- نصف القطر.

٢- الارتفاع.

٣- ارتفاع بطنية الشجرة عن الأرض.

أما الشجرة الإسطوانية :

فيتم رسم ظلها عن طريق رسم ظل قاعدتين (دائرتين) ومستطيل رأسى.

ويمكن تكوين أى شجرة تقريباً كمجموعة من الأسطوانات والمخروطات بحيث يكون الشجر سلسلة من الدوائر الأفقية والمثلثات والمستطيلات الرأسية.

ويمكن لأى برنامج التمثيل المناخى فى هذه الحالة استنتاج ظل الشجرة على أى سطح عن طريق حساب ترحيل نقط أسطحها، (راجع الفصل التاسع - حساب ظل وسائل الإظلال باستخدام الرسم النقطـى الثنائى الأبعاد) ولكن فى هذه الحالة يتم تقسيم أرض الموقع إلى شبكة من النقاط (١م ×١م) ويتم إلقـاء الظلل عليها.

وليتم تمثيل كل الأشجار بالطريقة ثابتة:

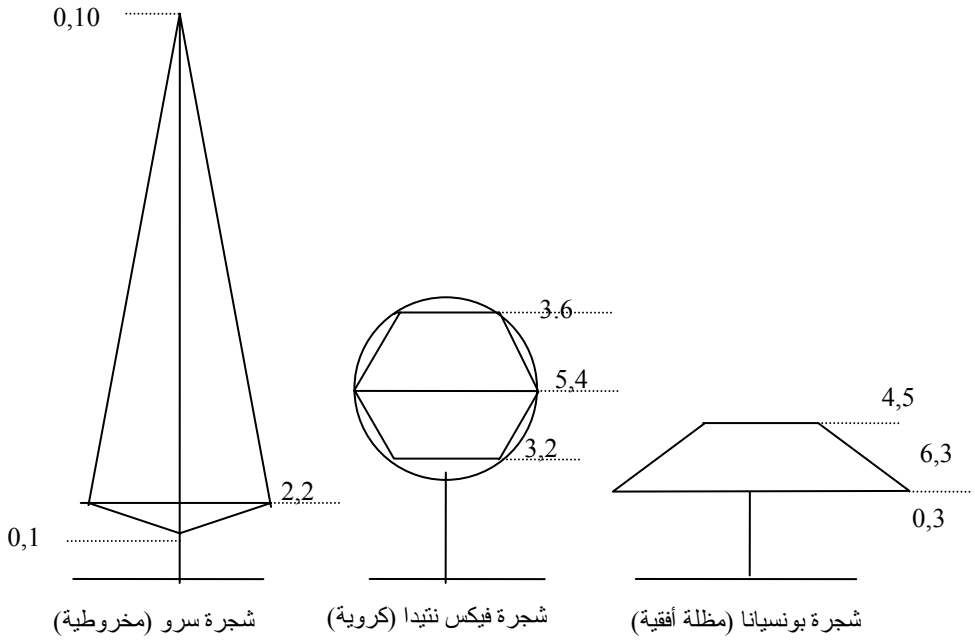
يمكن تطبيق الفكرة السابقة وهى اعتبار الشجرة عدة دوائر متتابعة يحدد قطر كل منها وارتفاعها عـن الأرض، وليكن (٣) تبتدئ من :

دائرة القاعدة.

دائرة الوسط.

دائرة القمة.

وعن طريق هذه الأرقام الستة يتم تكوين الدوائر الأفقية، واشـباه المنحرفـات الرأسـية تتحـول إلى مستطيلات فى حالة تساوى الدوائر، أو إلى مثلث.



شكل (٩-٣) تمثيل الشجرة المجسم دورانى له ثلاث قواعد دائرية (مخروطين ناقصين متلاصقين)، يمكن تمثيل أى شجرة تقريبا بـذه الطريقة المبسطة

ويتم حساب ترحيل كل نقطة من مكونات الشكل مثل رؤوس المضلع أو مراكز الدائرة،

Orientation shift = L = h cos alt. حيث h هى ارتفاع النقطة، و alt هـى زاويـة سـقوط الشمس.

ويتم حساب مركبتين الترحيل على المحورين الأفقى والرأسى:

Xshift = L sin azimath

Y shift = L cos azimath

ب - شفافية الأشجار[1]:

تختلف الأشجار عن أى وسيلة إظلال أخرى فى كونها غير تامة الإعتام للضوء، ذات شك قليل مثل البونسيانا، لا تحجب الضوء تماماً عن المنطقة تحتها، بل تنفذ كمية منه، أما الأشجار الكثيفة ذات الشكل الكروى مثل الفيكس نتيدا، فهى تحجب معظم أو كل الضوء الساقط عليها، وتجعل الإظلال تحتها تاماً.

وتتوقف شفافية الشجرة على كثافة أوراقها، وعلى شك الشجرة فى إتجاه الضوء، أو بتعبير أدق (طول مسار شعاع الضوء داخل الشجرة)، فكلما زاد مسار الشعاع داخل الشجرة، زادت فرصة اصطدامه بإحدى الأوراق وبالتالى عدم وصوله للأرض.

والشجرة الواحدة تختلف شفافيتها تبعاً لأتجاه سقوط الضوء عليها، فتحتاج من الشجر المستطيل المقطع مثلاً قد يكون نسبة الضوء المار منه فى حدود ٢٠ % لو كان سقوط الشمس عليه بزاوية ارتفاع عالية ٧٠، بينما تزيد إلى ٤٠ % لو سقطت أشعة الشمس بزاوية ٣٠، حيث تخفض طول مسار الضوء بمقدار النصف،

ونسبة النفاذية المار رقمياً تحتاج إلى رقمين :

كثافة إظلال للشجرة:

وهى نسبة الأشعة النافذة من الشجرة إذا كان مسار الضوء خلالها مساوياً لوحدة الأطوال (SD) . كذلك طول مسار الأشعة داخل الشجرة.

Shading Coellect = SD x L

وكثافة الإظلال للشجرة تتوقف على كثافة أوراقها، وهى لذلك صفة مميزة لنوع الشجرة، ولابد من تحديدها بالقياس المباشر لعينات مختلفة من نفس الشجرة بقياس الإشعاع الساقط عليها والإشعاع النافذ منها، خلال شك معين من الشجرة، والبيانات من هذا النوع ليست متوافرة بشكل علمى لكل أنواع الأشجار، فالمعلومات المتاحة عن هذه النقطة درست فى مجال الهندسة الزراعية بدف تحديد نسبة وصول الإشعاع الشمسى لأوراق الأشجار الداخلية، وليست لهدف تحديد كفاءة الإظلال، وهو موضوع لا يزال مطروحاً للبحث سواء فى مجال تنسيق المواقع Landscape Architecture أو فى مجال التصميم المناخى أو الزراعة العمرانية.

ولكن توجد بعض البيانات من النفاذية الإجمالية لبعض الأشجار من الأنواع المنتشرة بالأجواء الباردة، حيث تتراوح هذه النفاذية بين ١٠ % و٤٠ %، وحتى تتوافر بيانات أدق عن أنواع الأشجار المحلية، يمكن اعتبار نفاذية المتر الطولى من شك الأشجار عمودياً على إتجاه الأشعة ٣٠ % للضوء المرئى، بينما تنخفض هذه النسبة لحوالى ١٠ % - ٢٠ % بالنسبة للأشجار الكثيفة التى تستخدم كأسوار منخفضة أو يتم تشكيلها بالقص مثل فيكس نتيدا، نتيجة للكثافة العالية لأوراقها.

مثال:

سور من الديدونيا شكه نصف متر، حدد نفاذية E للضوء الساقط عليه بزوايا (صفر ، ٣٠، ٦٠، ٨٠) إذا افترضنا أن كثافة إظلاله SC ٨٠ %م٢ .

طول المسار = $L = t / \cos\theta$

[1] Brown & Gillespie, Microclimatic Landscape Design,pp.98

عند زاوية صفر : طول المسار = 0.5m = 0.5 / 1

النفاذية : ١- كثافة الإظلال = e = 1 - sc

نفاذية السور: = E = e / L = 20 / 0.5 = 40 %

عند زاوية ٣٠°:

L = 0.5m / cos 30 = 0.577m

E = 20 / 0.577 = 34.6 %

عند زاوية ٦٠° :

L = 0.5m / cos 60 = 1 m

E = 20 / 1 = 20 %

عند زاوية ٨٠° :

L = 0.5m / cos 80 = 2.9 m

E = 20 / 2.9 = 68 %

تغير نفاذية سور مبانى عن سور الديدونيا بسمك ٥٠ سم:

زاوية السقوط	طول مسار الضـوء / L cos q	النفاذية النسبية	النفاذية
0	0.5	20 %	40 %
30°	0.577	20 %	35 %
60°	1	20 %	20 %
80°	2.9	20 %	7 %

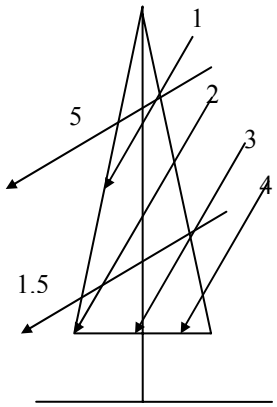
ويعنى هذا أن شفافية النباتات للضوء تشبه نفاذية الزجاج من حيث اختلاف شفافيته تبعاً لزاوية السقوط حيث تتناسب النفاذية طردياً مع جيب تمام هذه الزاوية وعكسياً مع سمك السور البنائى.

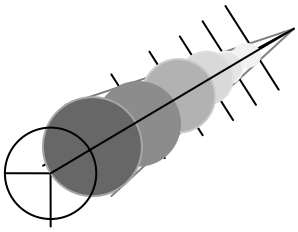
E = e cos θ / t

من النادر فى الطبيعة أن يكون سمك الأشجار منتظماً باستثناء حالة الأسوار المقصوصة، ولكن الأشجار عادة ما تكون ذات مسقط أقرب للدائرى، وقطاع مخروطى أو دائرى، وهو ما سبق التعرض له عنـد تمثيل الشجرة بدف تحديد ظلها.

وإذا أخذنا شجرة مخروطية كمثال شكل (١٠ - ١٥)، سنجد أن الشعاع المار داخل الشـجرة يـتغير طوله مع الإرتفاع مثلما يتغير مع الزاوية فقرب قمة الشجرة يكون طوله أقصر كثيراً من طولـه عنـد القاعدة، أما إذا كانت زاويته مرتفعه فهو يمر فى طول أكبر كثيراً، وعند طرف الشجرة السفلى قد نجد المسار يقصر مرة أخرى (شعاع ٤).

ويعنى هذا أن ظل الشجرة لن يكون ظلاً أسود تام الإظلام، بل سيكون متدرجاً، حيث تـزداد قيمـة الإظلال تحت قاعدة الشجرة، بينما تخف تدريجياً بزيادة بعد الظل عن مركزها.





شكل(٩-d') تدرج نسبة الإظلال مع ارتفاع الشجرة، يرجع لاختلاف السمك الضوئى الذى يمر به شعاع الشمس خلال الشجرة تبعا لسمكها وزاوية سقوطه

وهو ما يتفق مع المشاهدات المعتادة لظلال الأشجار.

وتختلف طريقة حساب هذا الظل تبعاً لنوع الشجرة، ليمكن تمثيل هذا الاختلاف فى نسبة إظلال الأجزاء المختلفة من ظل الشجرة، يمكن تحديد جدول بين نسبة الإظلال الذى تلقيه الإرتفاعات المختلفـة مـن الشجرة مع كل زاوية من زوايا السقوط.

زاوية السقوط	٢م	٤م	٦م	٨م	١٠م	١٢م	١٤م	١٦م	١٨م	٢٠م
صفر										
١٠										
٢٠										
٣٠										
٤٠										
٥٠										
٦٠										
٧٠										
٨٠										
٩٠										

نسبة الإظلال للارتفاعات المختلفة من شجرة مخروطية عند تغير الزاوية.

وهذا الجدول يعتبر تمثيلاً رقمياً لنمط إظلال الشجرة يمكن من خلاله التنبؤ بتأثيرها على الإشعاع، وإذا أضيف إليه عرض الظل، وبعده عن قاعدة الشجرة، أمكن أيضاً التعبير عن مساحة الظل المسقط وتوقعه، مما يمكن أن يغنى عن استخدام أى تمثيل رقمى آخر للشجرة.

تختلف نسبة إظلال الشجرة جذرياً خلال الفصول المختلفة من العام، ففى الشتاء تسقط أوراق الأشجار النفضية أوراقها، بينما تحتفظ الأشجار دائمة الخضرة بهذه الأوراق.

وهكذا تحدد أن نسبة إظلال الأشجار النفضية تتراوح بين ٣ حالات.

أ- الأوراق العاملة (صيفاً).

ب- بدون أوراق (شتاءاً).

جـ - قيم متوسطة بينهما أثناء الخريف (تساقط تدريجى)، والربيع (نمو تدريجى).

وفى الشتاء، تنخفض نسبة الإظلال للأشجار النفضية لتصبح (١٥ % - ٣٠ %) وتنطبق عليها نفس القواعد السابقة بالنسبة لتغير نسبة الظل مع الإرتفاع، وزاوية سقوط الشمس، لذلك يمكن تعديل الظروف أثناء الشتاء بضرب نسبة الإظلال فى معامل معين بدلاً من عمل جدول كامل لنسبة الإظلال للشجرة شتاءاً، ولمعظم الأشجار تبلغ قيمة هذا المعامل (٠,٣)[1] إستنتاجاً من جدول (١٠ -)، ويتغير هذا المعامل أثناء فترات التساقط والنمو.

ولتمثيل هذه الصفات يضاف إلى تمثيل الشجرة السابقة البيانات التالية:

١- معامل تخفيض الإظلال السنوى.

٢- تاريخ بداية التساقط.

٣- تاريخ تمام التساقط.

٤- تاريخ بداية التوريق.

٥- تاريخ تمام التوريق.

وبذلك يمكن حساب نسبة الإظلال الشجرة خلال أى وقت من السنة.

تختلف شفافية أوراف الأشجار للأشعة المئية كثيراً عن الأشعة تحت الحمراء غير المرئية، فأوراق الشجر عادةً ما تنفذ ١٠ % من الإشعاع المرئى الساقط عليها وتعكس ١٠ % وتمتص الباقى، أما الأشعة تحت الحمراء فورق الشجر تنفذ ٣٠ % منها وتمتص ٢٠ % وتعكس الباقى، ويلاحظ أن الكمية الممتصة يعاد بث نسبة منها نحو الأرض، فيمكن إضافة نصفها (١٠ % إضافية) لكمية الأشعة تحت الحمراء النافذة إذا لم يتم حساب الإشعاع الصادر من الشجرة بطريقة أخرى.

أى أن نفاذية الأشجار للأشعة تحت الحمراء تبلغ ثلاثة أضعاف نفاذيتها للضوء المرئى تقريباً.

وهذه الصفة تجعل من الأشجار وسيلة ممتازة للإظلال، حيث أنها تمنع ٩٠ % من أشعة الشمس من الوصول للأرض ناراً، بينما لا تمنع نفس النسبة من الإشعاع الحرارى الصادر من الأرض للسماء، (وخاصة أثناء الليل) مما يخفض من إجمالى الطاقة المكتسبة، ويزيد من الطاقة المفقودة، ويتيح الاستفادة من إشعاع الأسقف وأرض الموقع للسماء الباردة ليلاً.

[1] Brown & Gillespie, Microclimatic Landscape Design,pp.98

وليمكن تقييم ذلك رقمياً، نجد أن نسبة إظلال الشجرة المورقة للأشعة تحت الحمـراء حـوالى ٧٠ % ونفاذيتها ٣٠ % مقارنة بـ ٩٠% و١٠% لنفس الشجرة للضوء المرئى عند ثبات نفس كثافة الإظلال وطول مسار الأشعة، فإذا أردنا تطبيق ذلك على جدول الإظلال الخاص بالشجرة يمكن حسـاب قـيم تقابله عن طريق ضرب معامل تعديل فى قيمة النفاذية من جدول تدرج الإظلال حيث النفاذية :

E = (١ - نسبة الإظلال)

long wave correction factor = $C_{lw} = 3$
long wave Transittance = $(1 - SC) \times C_{lw}$
long radiation Transmittance $= (1 - SC) \times 3 = 3 - 3\ SC$
long wave shading coellect $= 1 - E_{lw} = 1 - (3 - 3\ SC) = 3\ SC - 2$

معامل إظلال الشجرة للأشعة تحت الحمراء بمعلومية معامل إظلالها للضوء المرئى :

$S\ C_{lw} = 3\ SC - 2$

ويلاحظ أن الأشجار النفضية فى الشتاء تفقد أوراقها كلها، وتبقى الفروع الخشبية والتى ليس لها فـارق فى النفاذية بين الضوء المرئى والأشعة تحت الحمراء، لذلك تستخدم نفس النسب الموجودة للنفاذية للضوء المرئى شتاءاً.

مثال:

حدد كمية شدة الإشعاع الشمسى الساقطة على شخص فى ظل شجرة إذا فرض أن شـدة الإشـعاع الشمسى الساقطة ٥٠٠ وات / م٢ وأن نسبة إظلال الشجرة للأشعة المرئية ٩٠ %.

الحل:

أولاً: تقع نصف الإشعاع الشمسى تقريباً فى نطاق الضوء المرئى،[١] والنصف الآخر فى نطاق الأشعة تحت الحمراء، ٢٥٠ وات/م٢ إشعاع حرارى، نسبة الإظلال للضوء المرئى = ٩٥ %، والنفاذية = ٥ %

كمية الطاقة النافذة : $q_{sw} = 250 \times 0.05 = 12.5\ watt / m^2$

نفاذية الشجرة للإشعاع الحرارى ثلاث أضعاف نفاذيتها للضوء المرئى:

$$q_{lw} = 3 \times q_{sw} = 37.5\ watt / m^2$$
$$q_{solar} = q_{sw} + q_{lw} = 50\ watt/ m^2$$

إذن يمكن للشجرة أن تخفض شدة الإشعاع الشمسى المباشر الذى يتعرض له الشخص الذى يسـتظل بظلها إلى الربع تقريباً.

ويكن تأثير الشجرة لا يتوقف عند هذا، بسبب الإظلال، يقل أيضاً الإشعاع المنعكس من الأرض، كما أن خفض كمية الطاقة الواصلة للأرض تقلل من درجة حرارتا وبالتالى تقل كمية الإشـعاع الحـرارى المنبعثة منها.

الإشعاع الحرارى المنبعث من الأرض:

ينبعث من الشجرة كمية من الحرارة بالإشعاع تتوقف على درجة حرارتـها، ودرجـة حـرارة أوراق الأشجار تقل عن درجة حرارة الهواء عادة نتيجة للتبخير من سطح الورقة، بعكس أسـطح الأرض أو أسطح المبانى، التى ترتفع درجة حرارتا عن درجة حرارة الهواء نتيجة الإشعاع الشمسى، فإذا قارنا بين الإظلال بواسطة شجرة والإظلال بواسطة سقف معدنى .

مثال :

[١] Brown & Gillespie, Microclimatic Landscape Design,pp.96

درجة حرارة الهواء ٣٥ْ م، شدة الإشعاع الشمسى الساقطة ٥٠٠وات/م٢ . أيهما أفضـل اسـتخدام سقف معدنى للإظلال أم شجرة.

بفرض أن :

معامل المواجهة بين الشخص وكل من باقى العناصر:

١- معامل المواجهة مع الأرض المظللة = ٠,٢		معامل المواجهة مع الأرض غير المظللة = ٠,٣

٢- معامل المواجهة مع الشجرة أو السقف = ٠,٢٥

معامل المواجهة مع السماء = ٠,٢٥

معامل المواجهة بين السقف والأرض = ٠,٣		معامل المواجهة مع الأرض غير المظللة = ٠,٨

من الصفات الحرارية للسقف المعدنى نعرف أن درجة حرارته سترتفع لحوالى ٦٠ْ م، بسبب الإشـعاع الشمسى الساقط عليه، فى حين أن درجة حرارة أوراق الأشجار ستكون أقل من درجة حرارة الهـواء بحوالى ٥ درجات أى تساوى تقريباً ٣٠ْ م

بتطبيق قانون ستيفان بولتزمان للإشعاع:

تبث الشجرة كمية من الإشعاع تبلغ شدتها = ٤٨٦ وات

يبث السقف المعدنى كمية من الإشعاع تبلغ شدته = ٧١٠ وات

أى أن الفارق بين الإشعاع المنبعث من كل منهما = ٤٨٦ - ٧١٠ = ٢٢٤ وات

وإذا أخذنا فى الإعتبار أن الأرض أسفل المظلتين ستسخن نتيجة لهذا الإشعاع، ثم تعيد بث الأشعة تحت الحمراء.

إذ أفترض أن درجة حرارة الأرض تحت المظلة تساوى درجة حرارة الهواء (٣٥ْ م)، سـتبث إشـعاعاً حرارياً قدره ٥٢٠ وات، أما الأرض الخارجية فتبلغ حرارتـها حـوالى ٥٠ْ م وتبـث ٦٢٨ وات/م٢، وتعكس منه الشجرة ٤٠ % وتنفذ منه ٣٠ % وتمتص الباقى، فى حيث يعكس السقف المعدنى ٧٠ % - ٨٠ % من هذا الإشعاع مرة أخرى.

ولما كان معامل المواجهة بين السقف والأرض المظللة ٠,٢

فهو يتلقى منها = (٠,٣ × ٥٢٠) = ١٥٦ وات/م٢

ويتلقى من الأرض الغير مظللة = (٠,٧ × ٦٢٨) = ٤٣٩,٦ وات/م٢

أى أن إجمالى الطاقة الساقطة عليه هى = ٥٩٥,٦ وات/م٢

فإذا افترضنا أننا نريد دراسة تأثير ذلك على الراحة الحرارية لشخص يجلس تحت الشجرة، أو المظلة.

تحليل الراحة الحرارية:

يتلقى الشخص ما يلى:

إشعاع شمسى نافذ من الشجرة = ٥٠ وات / م٢

أشعة معاد بثها من الشجرة = ٤٨٦ × ٠,٢٥ = ١٢١,٥ وات / م٢

أشعة أرضية منعكسة من الشجرة = ٥٩٥,٦ × ٠,٤ × ٠,٢٥ = ٥٩,٦ وات / م٢

أشعة تحت الحمراء من الأرض المظللة = ٥٢٠ × ٠,٢ = ١٠٤ وات

أشعة تحت ϐراء من الأرض غير المظللة = ٦٢٨ × ط × ٠,٣ = ٦٢٨ × ٠,٢٧ × ٠,٣ = ٥١ وات/م٢

أشعة حرارية من السماء (اشعاع مشتت) = ٤٨٤ × ٠,٢٥ = ١٢١ وات / م٢

إجمالى الإشعاع الساقط = ٥٠٧ وات / م٢

الاشعاع الصادر من الشخص (بفرض درجة حرارة الجلد ٣٤ م = ٥١٢ وات / م٢

من الإتزان الحرارى للإشعاع يتلقى الشخص = ٥٠٧ - ٥١٢ = -٦ وات / م٢

أما فى **حالة مظلة معدنية:**

لا يوجد أشعة نافذة من السماء مباشرة.

أشعة معاد بثها من الشجرة = ٧١٠ × ٠,٢٥ = ١٧٧,٥ وات / م٢

أشعة أرضية منعكسة من الشجرة = ٥٩٥,٦ × ٠,٨ × ٠,٢٥ = ١٢٠ وات / م٢

أشعة تحت الحمراء من الأرض المظللة = ٥٢٠ × ٠,٢ = ١٠٤ وات

أشعة تحت ϐراء من الأرض غير المظللة = ٦٢٨ × ط × ٠,٣ = ٦٢٨ × ٠,٢٧ × ٠,٣ = ٥١ وات / م٢

أشعة حرارية من السماء (اشعاع مشتت) = ٤٨٤ × ٠,٢٥ = ١٢١ وات / م٢

إجمالى الإشعاع الساقط = ٥٧٤ وات / م٢

الاشعاع الصادر من الشخص (بفرض درجة حرارة الجلد ٣٤ م = ٥١٢ وات / م٢

من الإتزان الحرارى للإشعاع يتلقى الشخص = ٥٧٤ - ٥١٢ = +٦٢ وات / م٢

أى أن المظلة المعدنية تزيد من الإكتساب الحرارى للإنسان بينما تفضه الشجر، وفى حالة المظلة المعدنية تعتبر درجة الحرارة الإشعاعية ٤٣ م بينما فى حالة الشجرة تكون ٣٣ م، وبادخال درجة حرارة الهواء فى الإعتبار لحساب درجة الحرارة العاملة تكون فى حالة المظلة المعدنية ٣٨°م، بينما فى حالة الشجرة تكون ٣٤°م .