اثر تشجير الشوارع الحضرية في تحسين المناخ العام لمدينة بغداد

أ.د مقداد حيدر الجوادي [1] علي حسين البياتي[2]

miqdad42@gmail.com arch_albayati@yahoo.com

الجامعة التكنولوجية / قسم هندسة العمارة[1]

وزارة الصناعة / الشركة العامة للتصميم والإنشاء الصناعي[2]

" العراق - بغداد"

(تاريخ الأستلام :2013/4/17 ---- تاريخ القبول: 2014/3/24)

المستخلص

يهدف البحث الى دراسة تأثير زراعة الأشجار على الحد من الحمل الحراري للإشعاع الشمسي الساقط على رقعة مدينة بغداد ومساهمتها في تغيير مناخ المدينة لأن درجة الحرارة الكتلة الخضراء للاشجار أقل من حرارة جسم الإنسان صيفا وأعلى من درجة حرارة الهواء في فصل الشتاء، لذلك نتوقع ان زراعة الأشجار بشكل كثيف سيشارك في تقليل درجة حرارة الهواء في الصيف، ويمكن أن تجعل مناخ المدينة يقترب من حدود درجة الراحة الحرارية للانسان . لقد شجعنا على إجراء هذا البحث ماتم سابقاً من دراسات من قبلنا ومن قبل آخرين والتي اعطت مؤشراً ايجابياً خاصة بعد ماوفرته التكنولوجيا الحديثة من اجهزة قياس الكترونية دقيقة وكاميرات حرارية متطورة يمكن ان تساعد في قياس ورسم درجات حرارة كل جزء من اجزاء الكتلة النباتية المصورة وحتى التأثير الحراري على الأشخاص مستخدمي الطريق وبدقة قياس مقدارها 0.1 من الدرجة المئوية. ولجعل الدراسة واقعية وذات نتائج قابلة للتطبيق, تم الاستعانة بمختصين من كلية الزراعة لاختيار واحدة من افضل الاشجار المناسبة لبيئة مدينة بغداد وهي شجرة (Albizia lebbeck) , كما تم وبالإستعانة بصور المسح الجوي(GIS) لمدينة بغداد اختيار موقع جامعة بغداد لوجود كافة المتغيرات المطلوبة، وبموافقة كريمة من رئاسة جامعة بغداد اجريت التجارب موقعياً في الحادي والعشرين من حزيران صيف سنة 2012 باعتباره اليوم الذي تسقط فيه اكبر كمية من الطاقة الشمسية على مدار السنة, ثم تم تحليل النتائج حاسوبياً، فظهر ان هنالك تأثير كبير في درجات الحرارة نتيجة تشجير الشارع الذي اجريت فيه القياسات حيث اقتربت درجة حراة الهواء ورطوبته وتحركه من حدود الراحة الحرارية لانسان المناطق الحارة الجافة والتي لم تتحقق بنفس الكفاءة في حالة التظليل بالكتل البنائية. ولمعرفة مدى هذا التأثير على مدينة كاملة كمدينة بغداد تم تعميم عملية التشجير نظرياً لكل الشوارع الحضرية (داخل حدود امانة بغداد) الرئيسية والتي حسبت اطوالها باعتماد الصور الفضائية (GIS). فظهر ان عملية التشجير بما تحدثه من تظليل و تبريد تبخيري تعادل حوالى 45 مليون طن تبريد وهذا ماسيعمل على تقليل الطاقة الكهربائية المصروفة على تكييف المباني ، وذلك ما شجعنا على التوصية بتشجير الشوارع الرئيسية وكذلك تشجير شوارع الاحياء السكنية مما سيغير مناخ مدينة بغداد بالكامل.

الكلمات المفتاحية: التشجير، الراحة الحرارية، التظليل، التبريد التبخيري، اختصار استهلاك الطاقة

The Effect of Urban Street Planting on Improving the Climate of Baghdad city

Prof. Dr. Miqdad Haidar Al-Jawadi [1]
miqdad42@gmail.com

Ali Hussain Al-Bayati [2]
arch_albayati@yahoo.com

Dept. of Architecture - University. of Technology[1]
The Ministry of Industry / General Company for Industrial Design and Construction[2]
Baghdad-Iraq

Received on 17/4/2013 & Accepted on 24/3/2014

Abstract:

The aim of this research is to study the effect of tree planting on the reduction of thermal load of solar radiation falling on the area of Baghdad city and its contribution to weather treatments; since the temperature of green mass of trees is less than the human body and higher than air temperature in winter, so one expects condense tree plantation and foliage may participate in reducing air temperature in summer and could make the climate of the city to approach near the human temperature comfort limits .The impetus to encourage the authors to undertake the research is the positive results and indications derived from earlier authors' research work and that done by other researchers. Recent advances of modern scientific and technological in the field of electronic instrumentation measurements and sophisticated thermal imaging devices, which are expected to help in measurement and obtain temperature pattern of every point on the trees or at any point on block trees, besides measuring the thermal effect of shading on human body of people using the road (the camera has an accuracy of (0.1 oC).

In order to ensure high precision and optimum reliability of experimental results in the proposed work, experts from the College of Agriculture, University of Baghdad were approached to assist in selecting one of the best suitable tree for Baghdad environment. Their choice was (Albizia Lebbech), and by the use of (GIS) photos of Baghdad city, the most suitable site to perform the experimental measurements in Baghdad city is chosen as the Baghdad University, in view of abundance of Albizia in addition to the availability of all other required variables. With the kind permission of the Presidency of Baghdad University, experiments have been performed on the 21st of June 2012, since this day has the highest amount of solar radiation all over the year The results and analysis have shown that there is a distinct effect of shading with trees in reducing temperature street air temperature and in providing better human effective temperature than shading the walkways with buildings . In an attempt to theoretically verify the extent of this impact on the entire city of Baghdad calculated, only the whole length of the main streets of Baghdad city are found by satellite images "GIS" (within the boundaries of Municipality of Baghdad). It shows that the forestation process, including the effect of shading and evaporative cooling is equivalent to 45 million tones of refrigeration, which certainly will help in reducing the required energy for buildings' cooling . Therefore, the results will encourage in recommending forestation over all main streets as well as all streets in residential districts, which in return will change the whole climate of the city of Baghdad.

Key words: planting trees, thermal comfort, energy consumption, shade and transpiration

1- المقدمة:

إن الواقع الحراري لمدينة بغداد يزداد تطرفاً كل سنة بسبب التوسع البنائي الخازن للحرارة والجور على المزارع والمناطق الخضراء وضمور الحدائق المنزلية. ولقد ادى هذا التطرف الى قيام الناس باعتماد اعداد من اجهزة التكييف لتعديل حرارة الفضاءات الداخلية في الأبنية، فاصبحت المدينة ملوثة بحرارة هذه الأجهزة اضافةً الى الخزن الحراري من الكتل البنائية والشوارع والأرصفة التي تشعه الى فضاء المدينة مساءً. لذا جاءت فكرة تبريد الفضاء الخارجي طبيعياً باعتماد اساليب التظليل وحجب الأشعة الشمسية عن الأرصفة والشوارع والمباني المجاورة ما امكن ذلك، فنكون قد قللنا من حرارة المحيط نهاراً وخفضنا من الطاقة الحرارية التي تشعها الكتل الخازنة الى فضاء المدينة مساءً.

ان اختيار البحث للأشجار مبني على اعتبار انها كائنات حية لاتختزن الحرارة ثم تشعها بعكس الكتل البنائية، فالأشجار تعكس جزءاً يسيراً نحو الفضاء في حين تستخدم الجزء الأعظم من الطاقة الحرارية في عملية البناء الضوئي، ولأنها كائنات حية فهي تتنفس عبر سحب كميات من غاز ثنائي اوكسيد الكربون وغازات ضارة اخرى (غازات تلوث البيئة حرارياً) وتطرح غاز الأوكسجين الى محيطها، كما انها تقوم بزيادة رطوبة محيطها الهوائي عن طريق عملية النتح حيث تسحب كمية من حرارة الهواء المحيط لتبخير جزء كبير من الماء بواسطة اوراقها والذي تمتصه من التربة عن طريق الجذور. وحيث ان الكتلة الخضرية للشجرة ابرد من جسم الإنسان صيفاً فلابد من ان الهواء المار عبرها سيفقد جزء من حرارته بالملامسة وعبر تحويل الماء الى بخار ماء بعملية النتح وهو مايعرف ب(التبريد التبخيري). ومن الأمور التي شجعتنا على اجراء هذا البحث هو الإختيار غير المدروس الذي قامت به الجهات المسؤولة عن تشجير شوارع مدينة بغداد باختيارها اشجار النخيل التي لاتمتلك قيمة تظليلية اوتبخيرية عالية فضلاً عن كونها اشجار مثمرة تسقط ثمارها على مستخدمي الطريق ماقد يتسبب بمخاطر مرورية. ولغرض الحصول على نتائج دقيقة ومفصلة اعتمد البحث المنهجية التالية:

اولاً – دراسة اشجار الشوارع الملائمة لمناخ مدينة بغداد لانتخاب مايمكن اعتماده في الدراسة العملية.
ثانياً – اختبار الكفاءة التي يحققها التشجير في الاقتراب من حدود الراحة الحرارية لمستخدمي الطريق من خلال:
ا – انتخاب الموقع الملائم لإجراء الدراسة والذي يحوي عدد من المتغيرات المؤثرة في الدراسة من شوارع مظللة باشجار الالبيزيا و بالابنية وشوارع مكشوفة وارضيات عشبية وترابية وكونكريتية واسفلتية مظللة ومكشوفة.
ب – تجهيز كاميرة حرارية متطورة، اجهزة الكترونية واعتيادية لقياس درجة حرارة ورطوبة وسرعة تحرك الهواء.
ت – اجراء الأختبارات في الموقع المنتخب عبر قياس متغيرات الراحة الحرارية في ظل الأشجار وظل كتلة بنائية.
ث – تحديد مواضع الاقتراب من حدود الراحة الحرارية في حالتي التظليل باستخدام مخططات خاصة.
ثالثاً – حساب كمية التبريد التبخيري الناتج من عملية تشجير الشوارع الرئيسية في مدينة بغداد.
ا – حساب اطوال الشوارع الحضرية الرئيسية لمدينة بغداد باستخدام الصورة الفضائية للمدينة.
ب – حساب عدد الأشجار المفترض زراعتها في هذه الشوارع.
ت – الحساب النظري لكمية التبريد التبخيري الناتج من عمليتي التظليل والنتح.

2 – دراسة اشجار الشوارع الملائمة لمناخ مدينة بغداد لانتخاب مايمكن اعتماده في الدراسة العملية

تم اختيار ستة نماذج لأشجار مختلفة على اساس كثافتها الورقية وتنوع اشكال مظلاتها وملائمتها لمناخ العراق كما في (شكل(1)) والتي تم اعتمادها في بحوث سابقة وباعتماد الخواص التي حددها دليل العزل الحراري العراقي [2-p.141] ، وقد تم التقييم من قبل مختصين في مجال الزراعة والنبات كما يظهر في (جدول(1)). وهي كما يأتي:

- شجرة نخيل التمر **(Date palm)** : وهي من الأشجار الأصلية للمنطقة التي تمت زراعتها في الآونة الأخيرة من قبل امانة بغداد كشجرة تظليل للشوارع الرئيسية ومنها الخطوط السريعة.
- شجرة اليوكالبتوس **(Eucalypts)** : وهي من الأشجار التي تأقلمت مع الظروف المناخية للبلد.
- شجرة الكلاديشيا **(Gleditsia sp.)** ، شجرة الألبيزيا **(Albizialebbek)**، شجرة الجاكراندا (**Jacaranda mim.**)شجرة البومباكس**(Bombaxmalabaricum)** : وهي من الأشجار التي تأقلمت مع الظروف المناخية للبلد وتم اثبات قيمها التظليلية الجيدة في بحوث سابقة.

شجرة نخيل التمر	شجرة اليوكالبتوس	شجرة الكلاديشيا
Phoenix dactylifera	**Eucalyptus camaldulensis**	**Gleditsiasp**

شجرة الألبيزيا ليبك	شجرة الجاكاراندا	شجرة البومباكس
Albizialebbek	**Jacaranda mimiosifolia**	**Bombaxmalabaricum**

شكل(1) نماذج الأشجار المنتخبة / المصدر:[1]

جدول(1) الخواص الشكلية والطبيعية للأشجار المنتخبة / المصدر: الباحث بالأعتماد على تقييم الخبراء (د. حكمت عباس العاني، د.عبد اللطيف رحيم، ا.هيام محمود احمد / كلية الزراعة، جامعة بغداد).

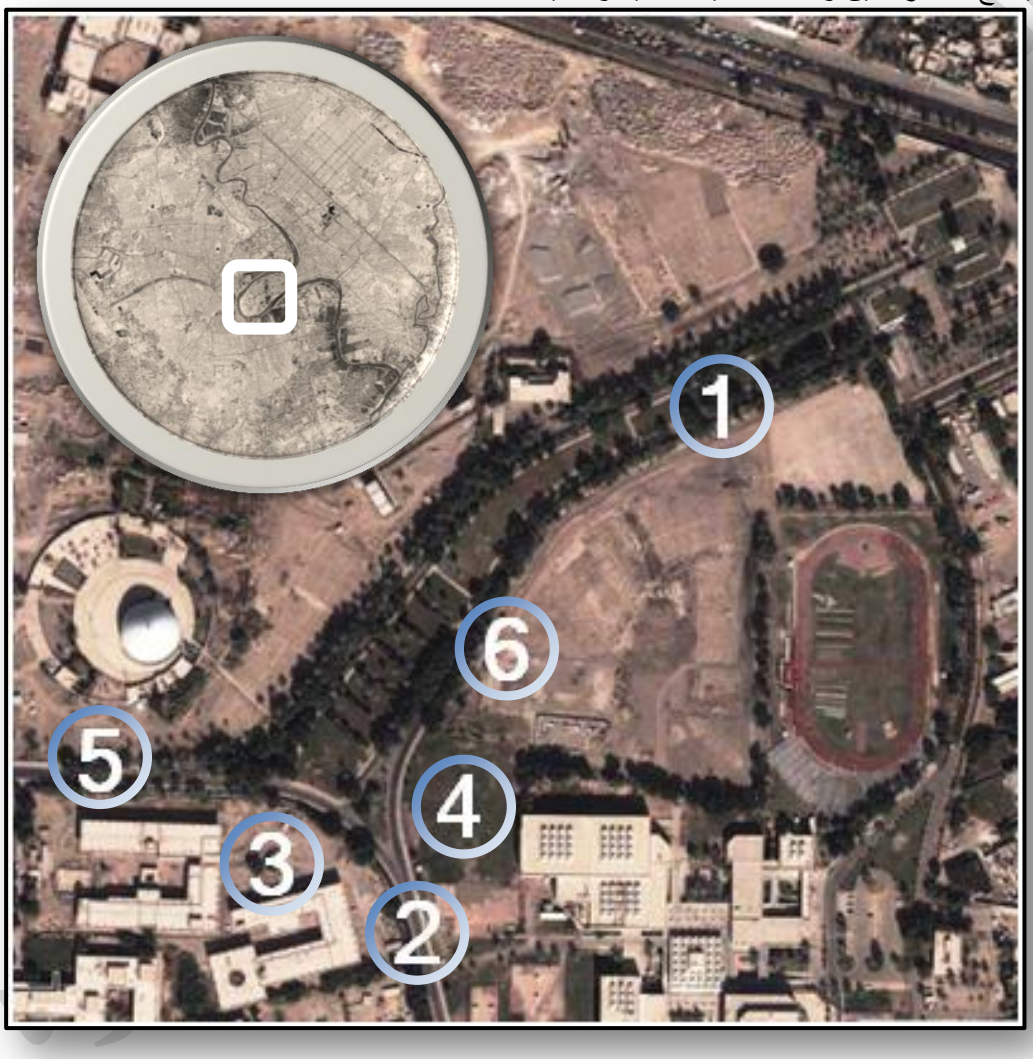
الخاصية	تقييم الأشجار المنتخبة					
	كثافة ورقية قليلة	كثافة ورقية متوسطة	كثافة ورقية عالية			
	شجرة نخيل التمر	شجرة اليوكالبتوس	كروية	بيضوية (عرضياً)	بيضوية (طولياً)	شبه بيضوي (طولياً)
	شجرة نخيل التمر	شجرة اليوكالبتوس	شجرة الكلاديشيا	شجرة الألبيزيا	شجرة الجاكراندا	شجرة البومباكس
الإسم العلمي للشجرة	Phoenix dactylifera	Eucalyptus camaldulansis	Gleditsia triacanthos	Albizzia lebbek	Jacaranda mimoaefolia	Bombax malabaricum
الشكل العام للنبات	جذع رشيق وبراعم طرفية	جذع عمودي متفرع وكتلة ورقية	جذع عمودي وكتلة ورقية	جذع عمودي متفرع وكتلة	جذع عمودي وكتلة ورقية	جذع عمودي وكتلة ورقية
ارتفاع النبات	12 – 15 متر وأكثر	وقد تصل 12 متر الى 30	وقد 08 متر تصل الى 12	وقد 08 متر تصل الى 12	وقد متر12 تصل الى 15	وقد متر12 تصل الى 18
قطر المقطع	05 م	08 م	08 م	09 م	10 م	10 م
مساحة المقطع	20 $م^2$	70 $م^2$	70 $م^2$	70 $م^2$	125 $م^2$	150 $م^2$
فترة النمو	متوسطة	سريعة النمو	سريعة النمو	سريعة النمو	متوسطة النمو	متوسطة النمو
نوع الأوراق	مركبة ريشية	رمحية	مركبة ريشية	مركبة	مركبة ريشية	كفية متبادلة
الكتلة الورقية	دائمية	دائمية	متساقطة	متساقطة	متساقطة	متساقطة
مقاومة الأمراض	عالية	متوسطة	متوسطة	عالية	متوسطة	متوسطة
تحمل الظروف	عالية	عالية	عالية	عالية	لاتتحمل البرودة	لاتتحمل الملوحة
الحاجة للعناية	كبيرة	قليلة	قليلة	قليلة	كبيرة	متوسطة
قدرة التكاثر	عالية	عالية	قليلة	عالية	قليلة	قليلة
الميزات الجمالية	عالية	متوسطة	متوسطة	عالية	متوسطة	عالية
كفاءة تظليل السطوح الأفقية	قليلة	متوسطة – عالية	متوسطة – عالية	متوسطة – عالية	عالية	عالية
امتلاك ثمار	نعم	لا	لا	لا	لا	لا

اظهرت النتائج في (جدول(1)) إن شجرة (Albizia lebbek) هي اكثر الأشجار ملائمة لزراعتها على ارصفة الشوارع العامة في مدينة بغداد لأسباب متعددة منها سهولة جمع وزراعة البذور، قلة التكاليف المترتبة عن زراعتها، سرعة النمو، تحمل الحرارة والملوحة، امكانيتها على تكوين ظل افقي واسع، مقبولة المظهر، مقاومة للأمراض، ذات مردود اقتصادي، لاتحتاج الى سقي متواصل، تساعد على التشميس الشتوي اضافةً الى التظليل الصيفي، غير مثمرة. لذلك تم اعتمادها في بحثنا. وبناءً عليه ستكون المسافات بين مراكز الغرس المتجاورة هي 4.5 – 5.0 متر وهو مايمثل نصف قطر الشجرة النامية للوصول الى تظليل كثيف للسطوح الأفقية والعمودية.[3-p.14]

3 – اختبار الكفاءة التي يحققها التشجير في الاقتراب من حدود الراحة الحرارية لمستخدمي الطريق (الأرصفة)

3-1– انتخاب الموقع الملائم لإجراء الدراسة

بعد ان تم تحديد نوع الشجرة التي ستجرى عليها الأختبارات العملية، تم اجراء عملية مسح باستخدام صورة القمر الصناعي لمدينة بغداد (GIS) وهذا مايظهر في (شكل(2))، اضافةً الى المسح الميداني لشوارع مدينة بغداد فوقع الاختيار على (مدخل جامعة بغداد في الجادرية) بعد المفاضلة بينه وبين مجموعة من المواقع المشجرة (كشوارع الحديقة النباتية في الزعفرانية، شوارع متنزه الزوراء، شوارع الجزيرة السياحية،..الخ) لكون تشجير ارصفته باشجارالألبيزيا وكون الموقع يحوي عدد من المتغيرات من شوارع مظللة باشجار الالبيزيا، شوارع مكشوفة، شوارع مظللة بالابنية، ارضيات عشبية خضراء، ارضيات ترابية وكونكريتية واسفلتية مظللة، ارضيات ترابية وكونكريتية واسفلتية مكشوفة ماسمح بتوسيع المدى الإختباري وتنوعه مايسمح بالمقارنة بين وسائل التظليل النباتية والبنائية.

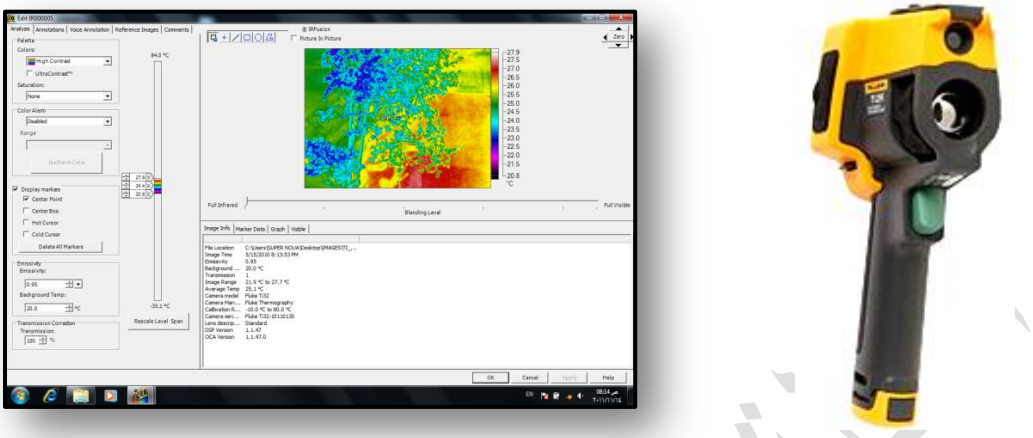


شكل(2) الصور الفضائية للموقع المنتخب الذي يحوي المتغيرات التي تتطلبها اجراء الدراسة من 1- شوارع مظللة باشجار الالبيزيا 2- شوارع مكشوفة 3- شوارع مظللة بالابنية 4- ارضيات عشبية خضراء 5- ارضيات ترابية وكونكريتية واسفلتية مظللة 6- ارضيات ترابية وكونكريتية واسفلتية مكشوفة/ المصدر :[4]

3-2 – تجهيز كاميرة حرارية، اجهزة الكترونية واعتيادية لقياس درجة حرارة ورطوبة وسرعة تحرك الهواء.

يعد التصوير الحراري نوعا متقدما من الأجهزة التي تعتمد في تكوين الصور على الحرارة الصادرة من الأجسام، ويتميز التصوير الحراري عن التصوير الليلي بعدم تأثره بدرجة الضوء في المكان، كما أنه أكثر كفاءة عنه لعدم حاجته لأي نوع من الإضاءة. ولأجل الإستفادة من هذه التقنية في الحصول على نتائج دقيقة تم استخدام كاميرة حرارية

متطورة نوع (Fluke infrared camera-Ti 32) التي تعتمد الأشعة تحت الحمراء كضوء مرئي. والصورة الحرارية تقيس الإشعاع الحراري طويل الموجة المنبعث من الأجسام الصلبة كنتيجة للطاقة الحرارية التي تمتلكها، كما يتم تحليل الصور الحرارية باستخدام برنامج حاسوبي ملحق بالكاميرا الحرارية (Smart View V.3.1).



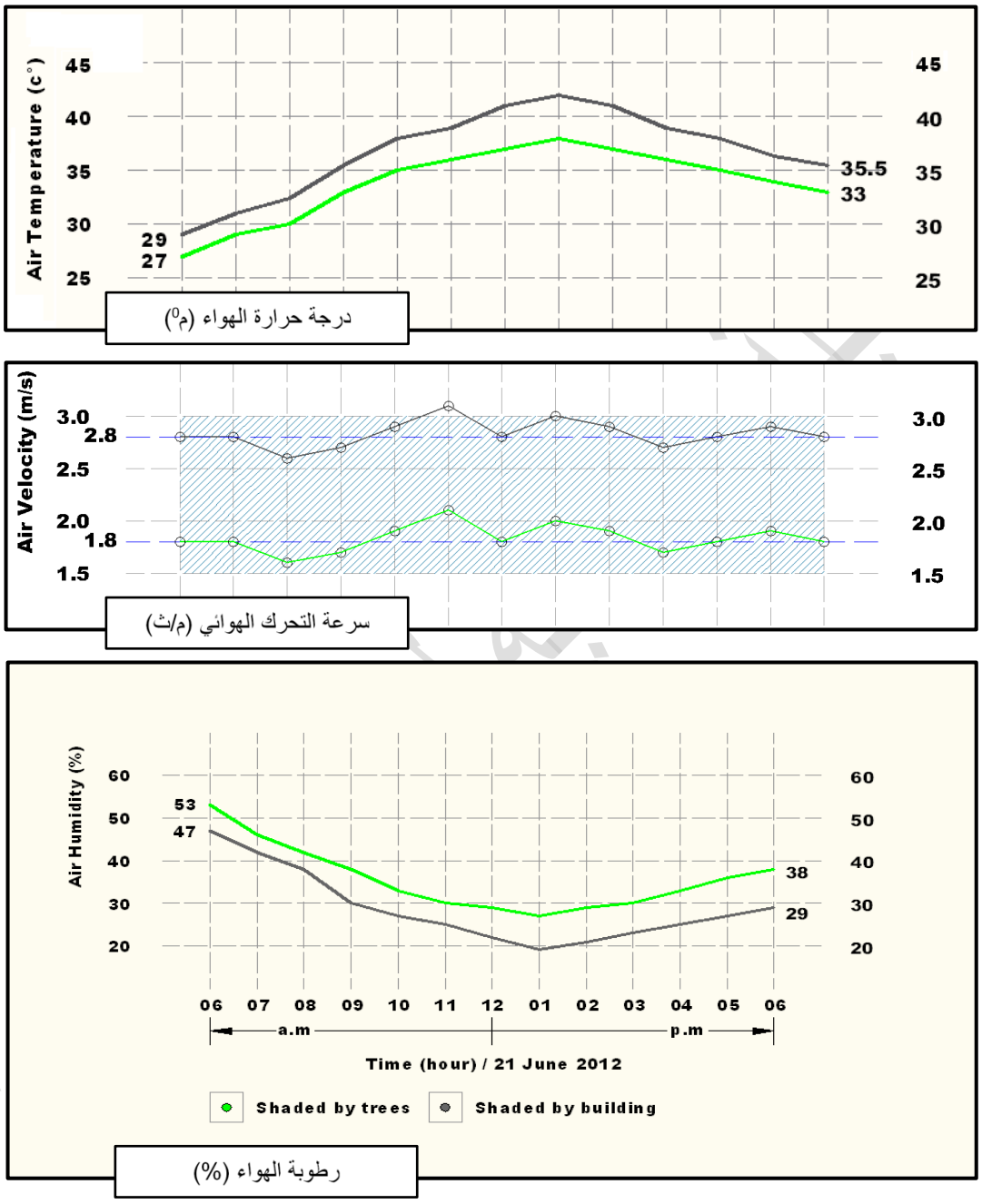
شكل(3) الكاميرة الحرارية المستخدمة في الدراسة العملية ونافذة برنامج Smart View V.3.1 / المصدر: الباحث

كما تم استخدام (Whirling Psychrometer) لقياس درجات حرارة الهواء وتحديد درجات حرارة البصلة الجافة والرطبة، جهاز الكتروني لقياس سرعة التحرك الهوائي (Anemometer)، بوصلة تحديد الإتجاهات (Compass).

شكل(4) الأجهزة المستخدمة في القياسات / المصدر: الباحث

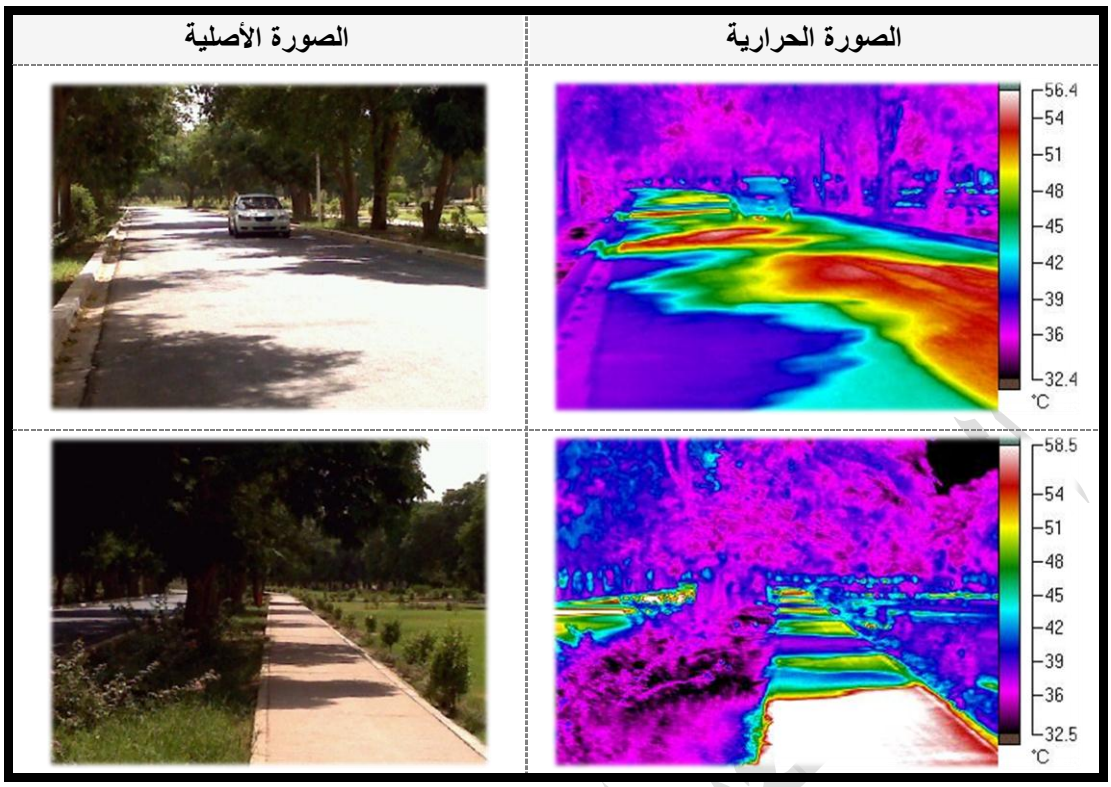
3-3 – اجراء الأختبارات في الموقع المنتخب عبر قياس متغيرات الراحة الحرارية في ظل الأشجار وظل كتلة بنائية.

تم قياس متغيرات الراحة الحرارية ليوم (21 – 06 – 2012) في موقع جامعة بغداد حيث حددت قراءات درجة الحرارة والرطوبة والتحرك الهوائي لمنطقة مظللة باشجار الألبيزيا ومقارنتها مع منطقة مظللة بكتلة بنائية فأظهرت النتائج تبايناً محسوساً بين الحالتين وكما في (شكل (5).



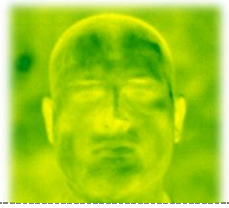
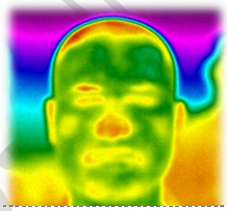
شكل (5) قراءات دورية لدرجة حرارة الهواء، التحرك الهوائي، الرطوبة فوق الرصيف في حالتي التظليل (بالأشجار أو الكتل البنائية)

وتم تصوير عدد من السطوح والكتل النباتية والبنائية وبإنهاءات مختلفة باستخدام كاميرة حرارية لبيان الفرق الحراري بين كمية الحرارة المكتسبة والمخزونة في هذه الكتل والسطوح وما قد تشعه هذه الأجسام على مستخدم الطريق، ماسيحث فرقاً في حالة الشعور بالراحة الحرارية كما في (الشكل (6).



الشكل(6) الصور الحرارية لعناصر الشارع الحضري (موقع الأختبارات)ويظهر فيها الفرق الحراري بين عناصر الشارع الحضري البنائية والنباتية كما يلاحظ الفرق بين العناصر والسطوح المظللة والمكشوفة / المصدر: الباحث

كما تم تصوير شخص متطوع باستخدام كاميرة حرارية متحرك تحت ظل اشجار الألبيزيا وتحت الشمس من الساعة الثامنة صباحاً الى الرابعة عصراً لبيان كمية الحرارة المكتسبة من الجو والظاهرة على الجلد (تم بيان الفرق في درجة حرارة منطقة الوجه) لأنها منطقة مركزية وحساسة وتلعب دوراً كبيراً في تحديد الشعور بالراحة الحرارية كما في (شكل(7)).

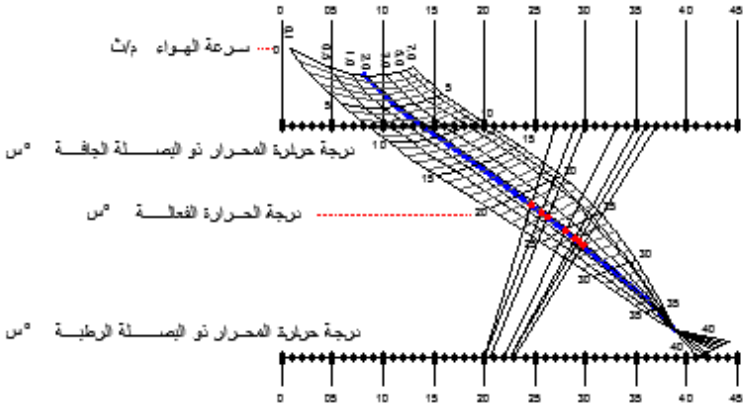
الساعة	التقييم الحراري لحرارة الجلد / زمن الإختبار : 21– 06 - 2012	
	تحت ظل صف من اشجار	مكشوف تحت الشمس
10 صباحاً		
الفرق	+2 م^0	

الشكل(7) (نموذج) التقييم الحراري لمستخدمي الرصيف في الشارع الحضري/ المصدر: الباحث

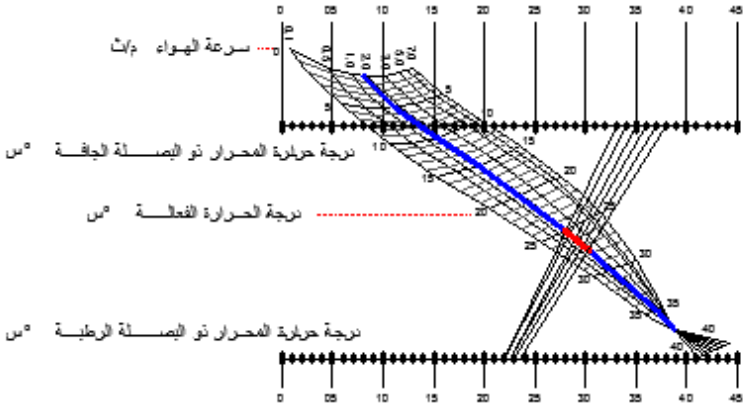
3-4 – تحديد مواضع الاقتراب من حدود الراحة الحرارية في حالتي التظليل باستخدام مخططات خاصة.

ولمعرفة امكانية الوصول الى حدود الراحة الحرارية، تم استخدام مخطط تحديد درجة الحرارة الفعالة (Effective Temperature Chart) مستفيدين من قراءات قيم درجات حرارة المحرار ذي البصلة الجافة والمحرار ذي البصلة الرطبة، وتحديد مواضع الأقتراب من حدود الراحة الحرارية بفعل التظليل باستخدام مخطط تحديد درجة الشعور بالراحة الحرارية (Thermal Comfort Chart).حيث حددت قيم درجة الحرارة الفعالة لشخص يرتدي ملابس صيفية بقيمة (0.6 clo.) يتحرك ماشياً بخطى متسارعة بقيمة فعالية مقدارها (3.0 met.). وقد تطلب تحديد قيم درجة الحرارة الفعالة

لأن التعامل مع درجات حرارة الهواء بشكل مجرد لايكفي لتحقيق منهجية رياضية تحدد درجة الشعور بالراحة الحرارية، وذلك لأن التعامل الحراري هو مع الكائن الحي (الأنسان) الذي تكون حدود راحته الحرارية معتمدة على رطوبة الجو ودرجة حرارة الهواء وكثافة الملبس والتحرك الهوائي لذا يتطلب تحديد قيم درجة حرارة البصلة الرطبة اضافةً الى الجافة، الرطوبة النسبية، التحرك الهوائي. لأن الكائن الحي يتفاعل مع محيطه الحراري عن طريق التبخير والسحب الحراري من الجلد بتأثير حركة الهواء.



ا - قراءات الفترة الأولى 6 صباحاً - 12ظهراً



ب - قراءات الفترة الثانية 12 ظهراً - 6 مساءً

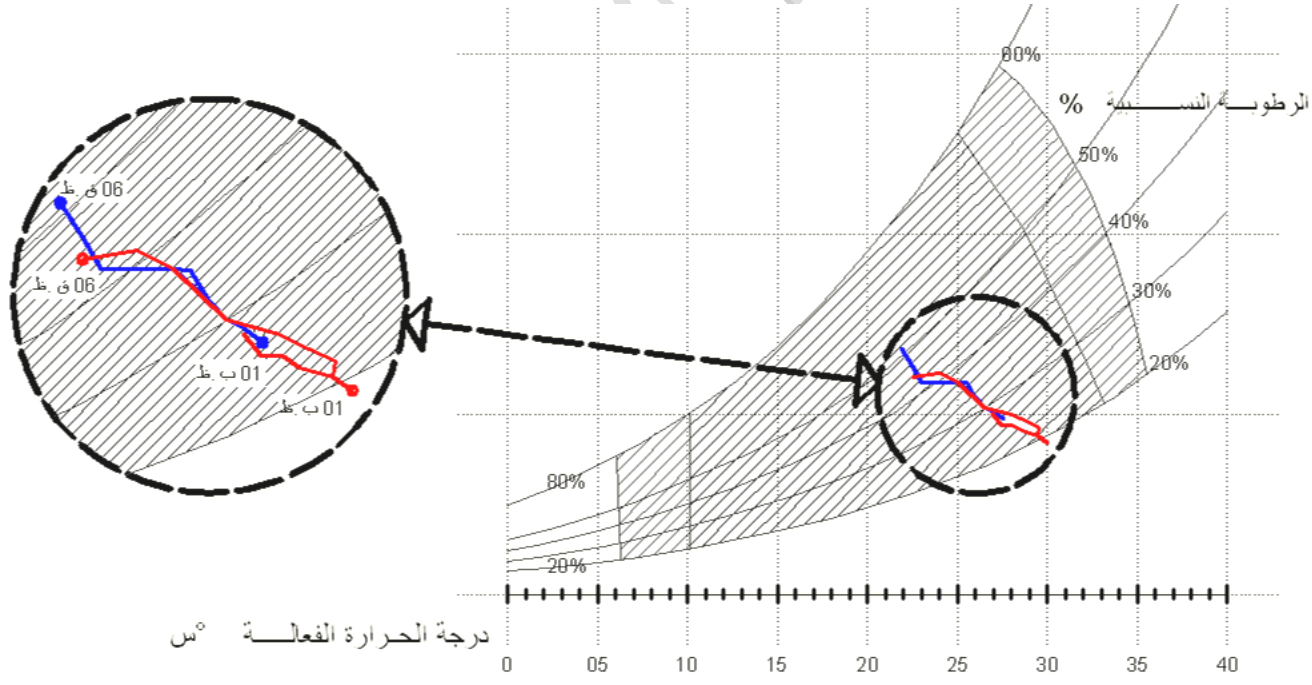
شكل (8) قراءات دورية لتحديد درجة الحرارة الفعالة اعتماداً على درجة حرارة المحرارين ذي البصلة الجافة والرطبة لشخص يتحرك في ظل صف من اشجار الألبيزيا / المصدر: الباحث بالإعتماد على [5-p.132]

جدول (2) درجات الحرارة الفعالة لشخص يرتدي ملابس صيفية (0.6 clo) يتحرك في ظل اشجار وفي ظل ابنية يوم 21 حزيران في مدينة بغداد المصدر: الباحث بالإعتماد على [5]

		الوقت												
		ق.ظ						ظ	ب					
		06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
معتدل بالأشجار	DBT	27.0	29.0	30.0	33.0	35.0	36.0	37.0	38.0	37.0	36.0	35.0	34.0	33.0
	WBT	20.0	20.0	20.5	22.0	22.5	22.5	23.0	23.5	23.0	22.5	22.5	22.0	22.0
	ET	21.0	22.5	23.0	25.0	26.0	26.5	27.0	27.5	27.0	26.5	26.0	25.5	25.0
	RH	53%	46%	42%	38%	33%	30%	29%	27%	29%	30%	33%	36%	38%
معتدل بمبنى	DBT	29.0	31.0	33.0	36.0	38.0	39.0	41.0	42.0	41.0	39.0	38.0	37.0	36.5
	WBT	21.0	22.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	26.5	26.0	25.0	24.5	24.5	24.0
	ET	22.5	24.0	25.0	26.5	28.0	28.5	29.5	30.0	29.5	28.5	28.0	27.5	27.0
	RH	47%	42%	38%	30%	27%	25%	22%	19%	21%	23%	25%	27%	29%

حيث تمثل (DBT) درجة حرارة البصلة الجافة ، (WBT) درجة حرارة البصلة الرطبة ، (ET) درجة الحرارة الفعالة ، (RH) الرطوبة النسبية

ومن القيم المستحصلة في اعلاه للحالتين لدرجات الحرارة الفعالة تم ادراجها في المخطط الخاص بتحديد الراحة الحرارية مع متغير آخر هو الرطوبة النسبية وكما في (شكل (9)).



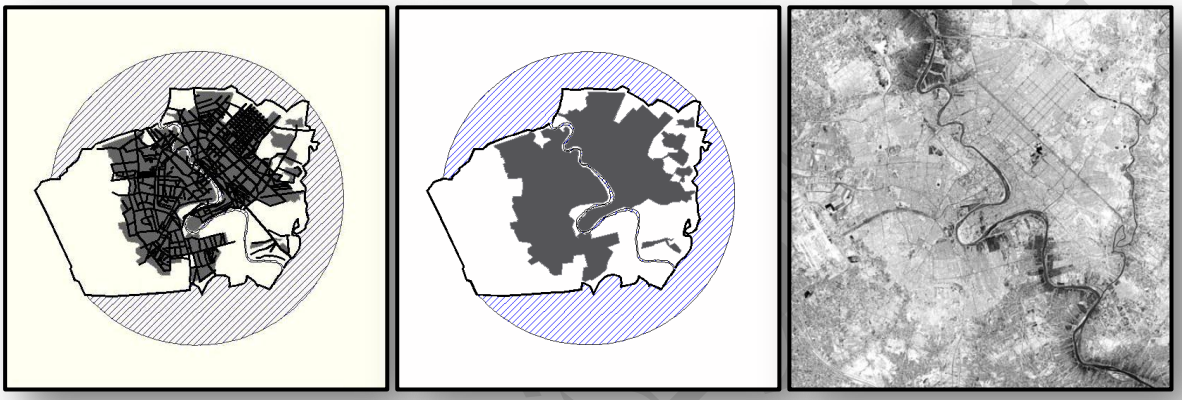
شكل (9) نقاط دورية لدرجة الراحة الحرارية لشخص يتحرك في ظل صف من اشجار الألبيزيا (اللون الأزرق) وفي ظل بناية (اللون الأحمر)على مدار ساعات نهار الحادي والعشرين من حزيران / المصدر: الباحث بالإعتماد على [6- p.163]

ويلاحظ من (شكل9) ان التظليل بالأبنية يقترب من حدود الراحة الحرارية في عدد من ساعات النهار المبكرة والمتأخرة ثم يخرج منها عند الساعة الواحدة ظهراً، بينما التظليل بالأشجار يحقق نتائج افضل ولاتخرج من الحدود في اي ساعة من ساعات النهار.

4- حساب كمية التبريد التبخيري الناتج من عملية تشجير الشوارع الرئيسية في مدينة بغداد.

4-1- حساب اطوال الشوارع الحضرية الرئيسية لمدينة بغداد باستخدام الصورة الفضائية للمدينة.

تم تحديد القيمة التقريبية للمساحة الحضرية داخل مدينة بغداد ثم حسبت النسبة التقريبية لأطوال الشوارع والأرصفة العامة التي تقع ضمن هذه المساحة الحضرية عبر تحليل الرسم الحاسوبي لبرنامج (3D Auto CAD V.2012) الذي اعتمد الصورة الفضائية لمدينة بغداد الملتقطة باستخدام كاميرات القمر الصناعي (شكل (10)).



شكل (10) (اليمين) الصورة الفضائية لمدينة بغداد (الوسط) رسم وحساب المساحة الحضرية ضمن حدود محافظة بغداد (اليسار) رسم وحساب اطوال الشوارع الحضرية / المصدر: الباحث بالإعتماد على [7]

فأظهرت النتائج بأن القيمة التقريبية للمساحة الحضرية داخل مدينة بغداد = 335 كيلومتر مربع تقريباً والقيمة التقريبية لأطوال الشوارع الحضرية داخل مدينة بغداد = 800 كيلومتر تقريباً.

4-2 – حساب عدد الأشجار المفترض زراعتها في هذه الشوارع.

قسمت أطوال الشوارع الحضرية على (5) (المسافة بين مراكز الغرس) ثم ضرب الناتج في (2) للحصول على العدد الكلي لجانبي الشـــارع والبالغ 000 320 شجرة البيزيا.

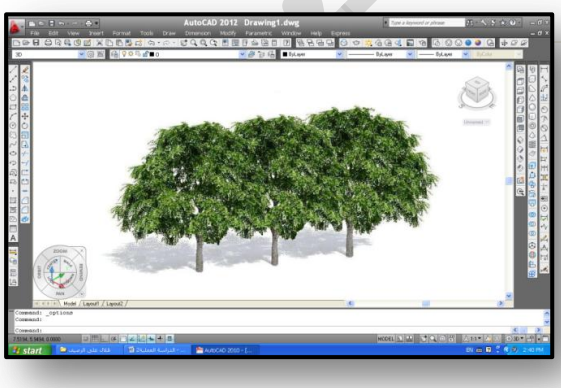
شكل (11) حساب عدد الأشجار الواجب زراعتها اعتماداً على اطوال الشوارع / المصدر: الباحث بالإعتماد على [7]

4-3 – الحساب النظري لكمية التبريد التبخيري الناتج من عمليتي التظليل والنتح.

إن عملية حساب الظل المتكون بفعل شجرة واحدة يفيد في حالة المقارنة بين شجرة واخرى من حيث مساحة الظل، اما في حالة حساب مساحة الظل المتكون بفعل صف من الأشجار فيجب حساب معدل المساحة المظللة لعدد الأشجار المزروعة في هذا الصف، بسبب التداخل الذي يحصل في الظلال المتجاورة، وهذا الإجراء هو للحصول على القيمة الصحيحة لظل شجرة واحدة، ولحساب هذه القيمة لصف من اشجار الألبيزيا قمنا باختيار صف متكون من ثلاثة اشجار وهو العدد المثالي الذي يمكن من خلاله الحصول على نتيجة دقيقة، معتبرين الشجرة الوسطية هي الأصل والشجرتين الجانبيتين تحققان التراكب في الظل من الجانبين وبمسافة بينية مقدارها 5 امتار كما في (شكل(11)).

[7]/ المصدر: الباحث بالإعتماد على جدول(3) قيم المساحات المظللة بالشجرة المنتخبة(منفردة) على مدار ساعات نهار يوم 21-06

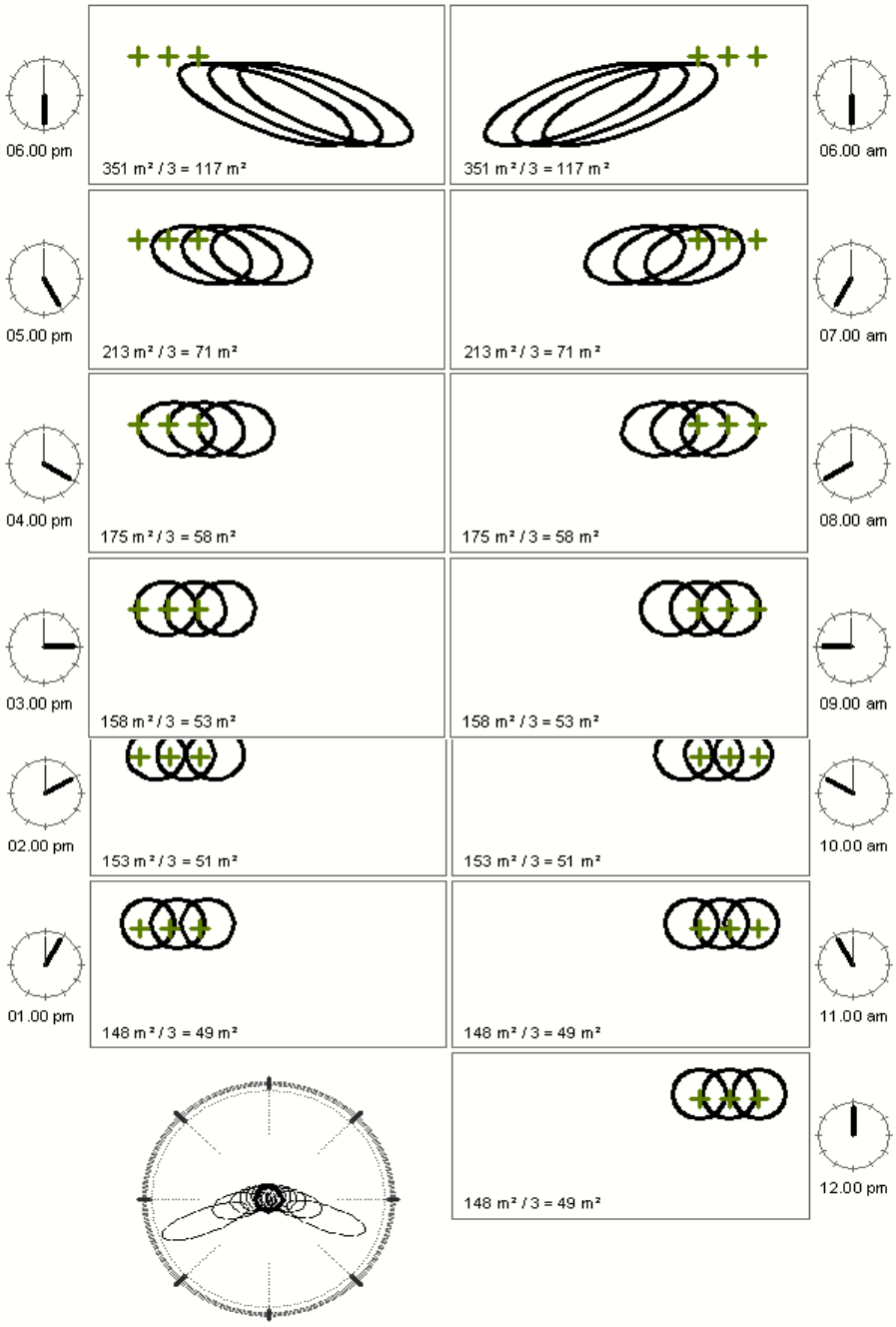
مساحة الأرض المظللة بظل شجرة (Albizia) = 1295 متر مربع



شكل(12) نافذة برنامج (Auto CAD) تبين التراكب بين الظلال / المصدر: الباحث بالإعتماد على [7]

فتم حساب معدل المساحات المظللة باستخدام برنامج Auto CAD – 3D ، حيث اعتمدت القيم البعدية للأشجار والقيم الموضعية للموقع (مدينة بغداد – خط عرض 33.20° شمالاً، خط طول 44.24° شرقاً) والقيم الزمانية لوقت الأختبار (21 حزيران) وعلى مدار ساعات النهار وكما في (جدول(4)) و(جدول (5)).

جدول(4) قيم المساحات المظللةبالشجرة المنتخبة (المعدل) لساعات يوم 21-06 / المصدر: الباحث بالإعتماد على [7]



جدول (5) المساحة الأفقية المظللة بواسطة ظل شجرة البيزيا بالغة واحدة($م^2$) نهار يوم 21-06 / المصدر: الباحث بالإعتماد على [7]

معدل مساحة التظليل لشجرة واحدة ($م^2$)												
6 a.m	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 p.m
117	71	58	53	51	49	49	49	51	53	58	71	117

فجمعت كمية الطاقة الحرارية المحجوبة بظل شجرة البيزيا بالغة واحدة (جدول (8)) وذلك بضرب معدل الاشعاع الشمسي المباشر لكل ساعة (جدول (7)) في معدل المساحة المظللة بالشجرة لتلك الساعة (جدول (6)).

جدول (6) المعدلات الساعية لشهر حزيران للإشعاع الشمسي المباشر العمودي (Kw/m^2) لمدينة بغداد/ المصدر: [8]

ساعات النهار												
6 a.m	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 p.m
0.12	0.41	0.60	0.69	0.75	0.79	0.81	0.80	0.78	0.76	0.67	0.55	0.39

جدول (7) الكمية التقريبية للطاقة الحرارية المحجوبة بواسطة ظل الأشجار(Kw)/ المصدر: الباحث

الكمية التقريبية للطاقة الحرارية المحجوبة بواسطة ظل شجرة واحدة (Kw)													
6 a.m	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 p.m	المجموع
14	30	35	37	38	39	40	39	40	40	39	39	45	475

ولحساب كمية الطاقة الحرارية المحجوبة بظل جميع الأشجار المطلوب زراعتها في شوارع مدينة بغداد الرئيسية نقوم بحساب العدد الكلي للأشجار x الكمية التقريبية للطاقة الحرارية المحجوبةبظل شجرة واحدة (kw) وكما يأتي:

320 000 x 475kw = 152 000 000 kw

ثم نضرب في ثابت التحويل (**0.284**) للحصول على القيمة الكلية مقدرة بوحدات (RT = refrigeration tons). [9]

152 000 000 kw x 0.284 = 43 220 460 RT

ثم نضرب في 0.9 لأن من المعلوم ان 10% من كمية الإشعاع الشمسي الحراري تنفذ نحو اسفل الشجرة، 20% من كمية الإشعاع الشمسي الحراري تعكسها الكتلة الورقية نحو الفضاء، 70% من كمية الإشعاع الشمسي الحراري تستهلكها الكتلة الورقية للشجرة في فعاليات صنع الغذاء والأتزان الحراري.

43 220 460RT x 0.9 = 38 898 414 = 39 000 000 RT approx.

إن القيمة المقدرة في اعلاه تمثل القيمة الناتجة من التظليل بالأشجار (وهي تمثل التأثيرالأكبر) باعتبارها كتلة فيزياوية حاجبة للأشعاع الشمسي وبالتالي حاجبة للطاقة الحرارية من الوصول الى السطوح الأفقية التي تحتها، ولكن العلاقة بين الشجرة ومحيطها الحيوي باعتبارها كائن حي تسلك سلوكاً معقداً فهي تعمل على تقليل درجة حرارة محيطها (المظلل) من خلال عمليات التبخير Transpiration. وعلى الرغم من ان عملية حساب التأثير الحراري الناتج من تبخير اوراق الشجرة عملية معقدة، إلا إنه بالإمكان تحديد اثر التبخير الناتج من اوراق الشجرة في خفض درجة حرارة محيطها بشكل مبسط بالآتي:

كمية الطاقة الحرارية المختزلة من طاقة الهواء المحيط بالشجرة = كمية الماء الناتج عن عملية النتح (Grams/hour)X كمية الطاقة اللازمة لتبخير غرام واحد من الماء 600(Calories)

فلو افترضنا ان شجرة البيزيا بالغة تبخر في يوم 06/21 مقداراً من الماء يبلغ 100 لتر اي 000 100(Grams) على اقل تقدير [10] فإن الشجرة الواحدة تبخر 4000(Grams/hour) فهي تستهلك من الطاقة الحرارية للهواء المحيط ما مقـــداره 000 400 2 (Calories/hour) او 000 600 57 (Calories/Day) وهـــذا يســـاوي 0.8(RT/hour) او19.2(RT/Day) وبذلك تستهلك مجموع الأشجار المفترض زراعتها في الشوارع العامة في مدينة بغداد مقدارمن الطاقة الحرارية يحسب كما يأتي (بوحدة طن تبريد/يوم):

العدد الكلي للأشجار x الكمية التقريبية للطاقة الحرارية التي استهلكتها شجرة واحدة **(RT/Day)** في اليوم الواحد

320 000 x 19.2 (RT/Day) =6 144 000 (RT/Day)= 6 000 000 (RT/Day) approx.

فيكون المجموع الكلي الناتج عن تأثير التظليل والنتح مجتمعين ولجميع الأشجار المفترضة هو

39 000 000 (RT/Day)+6 000 000 (RT/Day) = 45 000 000 (RT/Day)

5-النتائج

1. تم حساب القيمة التقريبية للمساحة الحضرية داخل مدينة بغداد باستخدام برنامج (Auto CAD) فكانت القيمة التقريبية للمساحة الحضرية داخل مدينة بغداد (بشكل عام) = 335 كيلومتر مربع.
2. تم حساب القيمة التقريبية لأطوال الشوارع الحضرية الرئيسية داخل مدينة بغداد باستخدام برنامج (Auto CAD) فكانت القيمة التقريبية لها = 800 كيلومتر.
3. تم حساب عدد الأشجار المطلوبة لتشجير الشوارع الحضرية داخل مدينة بغداد (حسب الإتجاهات) باعتماد القيم المستحصلة لأطوال الشوارع الحضرية وذلك بتقسيمها على (5) وهي القيمة التي تمثل المسافة بين مراكز الغرس بين شجرة واخرى فتم الحصول على اعداد الأشجار على جانب (رصيف) واحد من الشارع، ثم ضرب الناتج في (2) للحصول على العدد النهائي لجانبي الشـــارع فكانت بذلك القيمة التقريبية لأعداد الأشجار المطلوبة في الشوارع الحضرية داخل مدينة بغداد = 320 000 شجرة
4. اظهرت نتائج القياسات الدورية المستحصلة موقعياً لدرجات الحرارة والرطوبة والأشعاع الشمسي والتحرك الهوائي ان تظليل أرصفة الشوارع الحضرية بصف من اشجار الألبيزيا (Albizia) يحقق الراحة الحرارية لمستخدمي الرصيف فقد اعتمدت مخططات الراحة الحرارية لتحديد ساعات الاحساس بالراحة الحرارية بتأثير الأشجار المزروعة على الرصيف ولأحد اكثر ايام السنة شدة من حيث الإشعاع الشمسي وهو الحادي والعشرين من حزيران فكانت النتائج كالآتي:
   - تنخفض درجة حرارة الهواء المظلل بالأشجار بما لايقل عن 2 م^0 عن الهواء المظلل بكتلة بنائية في نفس المنطقة.
   - ترتفع قيمة الرطوبة النسبية في الهواء المظلل بالأشجار بما لايقل عن 8% عن الهواء المظلل بكتلة بنائية.
   - تم الوصول الى حدود الراحة الحرارية عبر التشجير في جميع ساعات النهار في حين خرجت الساعة الثانية عشر والواحدة والثانية من منطقة الشعور بالراحة الحرارية في حالة التظليل بكتلة بنائية.
5. اظهرت نتائج القياسات الدورية المستحصلة موقعياً لدرجات الحرارة والرطوبة والأشعاع الشمسي والتحرك الهوائي ان تظليل أرصفة الشوارع الحضرية بصف من اشجار الألبيزيا (Albizia) يحقق تبريد تبخيري للمناخ العام لشوارع المدينة من خلال عملية التظليل بالدرجة الأساس ومن خلال عمليات استهلاك الطاقة الحرارية للهواء المحيط بالشجرة خلال عملية النتح حيث كانت النتائج كالآتي ولمجموع الأشجار المطلوب زراعتها في شوارع مدينة بغداد الرئيسية :

الكمية التقريبية للطاقة الحرارية المحجوبة عن ارض افقية (بفعل التظليل) = **039 000 000 R.T**

الكمية التقريبية للطاقة الحرارية المحجوبة عن ارض افقية (بفعل النتح) = **006 000 000 R.T**

الكمية التقريبية للطاقة الحرارية المحجوبة عن ارض افقية = **045 000 000 R.T**

6- الإستنتاجات العامة للبحث

1. تعد الأشجار النفضية أداة تظليل جيدة إذ تسقط أوراقها شتاءا لتسمح لأشعة الشمس الشتائية بتشميس الأرصفة والكتل المحيطة. وان مساحة الظل الذي تعطيه شجرة واحدة متغير وان شكل هذا الظل يتباين من شجرة إلى أخرى ويتغير اتجاهه مع ساعات اليوم.
2. من بين الأشجار المفضلة يمكن اعتبار شجرة (Albizia lebbek) هي اكثر الأشجار ملائمة لزراعتها على ارصفة الشوارع العامة في مدينة بغداد لأسباب متعددة منها سهولة جمع وزراعة البذور، قلة التكاليف المترتبة عن زراعتها، سرعة النمو، تحمل الحرارة والملوحة، امكانيتها على تكوين ظل افقي واسع، مقبولة المظهر، مقاومة للأمراض، ذات مردود اقتصادي حيث يمكن استخدام اوراقها كسماد نباتي (بتموس) واغصانها في صناعة الورق والخشب المضغوط، لاتحتاج الى سقي متواصل، تساعد على التشميس الشتوي اضافةً الى التظليل الصيفي، لذلك تم اعتمادها في بحثنا.
3. إن الإفادة من الغطاء النباتي سواء بهيئة أشجار أو حشائش, لا يساعد على تحسين البيئة الداخلية للأبنية فقط. وإنما للمناخ ألموقعي للمدينة ككل, فهي تقلل من الاختزان الحراري للأسطح حيث انها لاتشع حرارة الى المحيط بعد غياب الشمس وذلك باعتراضها كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي وتمنع دخولها إلى الأبنية, موفرة بذلك تظليلا بثلاثة إبعاد, كما تزيد من مقدار الرطوبة النسبية في الموقع, وهو الشيء المرغوب في المناخ الحار الجاف.
4. التغطية الورقية لأشجار (الألبيزيا) أثرت بشكل واضح في رفع قيم الرطوبة النسبية تحتها مقارنة بالمنطقة المكشوفة وخاصة بعد الظهيرة إذ وصلت الرطوبة النسبية في هذا الوقت الى ادنى قيمة لها في المنطقة المكشوفة بينما لم تنخفض قيمة الرطوبة النسبية تحت غطاء أشجار الألبيزيا كما حدث في المناطق المكشوفة.

7- التوصيات

1. يوصي البحث بالتوجه نحو تشجير الشوارع في الاحياء السكنية اضافة الى تشجير الشوارع ا الرئيسية والذي سيؤدي بالتاكييد الى تغيير كبير في مناخ مدينة بغداد
2. اقرار قوانين وتشريعات تنظيمية عقابية لعملية قطع الأشجار من داخل او من محيط المدن.

8- المصادر

1. وزارة الزراعة، الحديقة النباتية في الزعفرانية، **الأرشيف** ، بغداد، العراق، 2012.
2. وزارة النفط، اللجنة الاستشارية ، دليل العزل الحراري ، بغداد، 1998.
3. الجوادي,مقداد والدهوي، سهى، تظليل المباني بالأشجار للتقليل من التلوث الحراري في المدن، وقائع المؤتمر القطري السنوي الأول للهندسة المعمارية، قسم الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، ص 159-ص 175، بغداد, العراق، كانون الثاني 2001.
4. بيانات وحدة التحسس النائي/ قسم البناء والإنشاءات/ الجامعة التكنولوجية
5. Koinigsberger, etal., **Manual of tropical housing and building**, Longman, London and newyork,1978
6. Markus and Morris E.N. **Building climate and Energy**, pitman, London, 1981.
7. http://www.autocad.autodesk.org.us/trial version.....نسخة تجريبية من البرنامج
8. http://www.meteoseism.gov.iq/arabic .....هيئة الأنواء الجوية والرصد الزلزالي/ العراق
9. http://www.ivsl.org. .....موقع المكتبة العلمية الإفتراضية العراقية
10. Vase, J.M.; Harvey, G.J.; Elliott, K.J.; Clinton, B.D.,**Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants**. McCutcheon, Steven C. and Schnoor, Jerald L.,2003.