فاعلية بيانات لاندسات في حساب درجة الحرارة وشدة جزيرتها بالنطاق الحضري لولاية الخرطوم

The effectiveness of Landsat data in calculating the temperature and intensity of its island in the urban scale of the state of Khartoum

د. أمير حسن عبد الله محمد: استاذ مشارك، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة أم درمان الإسلامية، السودان

د. وجدان ضرار عمر احمد: أستاذ مساعد، قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة القرآن الكريم والعلوم الإسلامية، السودان

Dr. Amir Hassan Abdullah Muhammad: Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Arts, Omdurman Islamic University, email: ah184012@oiu.edu.sd

Dr. Wejdan Dirar Omar Ahmed: Assistant Professor, Department of Geography, College of Education, University of the Holy Quran and Islamic Sciences, email: wegdan_drar@quran-unv.edu.sd

الملخص:

هدفت الدراسة إلى إبراز دور تقنية الاستشعار عن بعد، خاصةً مرئيات لاندسات في حساب درجة الحرارة وجزيرتها وبيان فاعليتها بين المحطات الأرضية. اتبعت الدراسة منهجيات وطرق مختلفة مستخدمةً مصدَرَين للبيانات: الاستشعار عن بعد اعتمادًا على مستشعرات لاندسات (ETM) Landsat، ومحطات الرصد الأرضي اعتمادًا على محطة مطار الخرطوم شمبات، واستخدمت تقنية نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة البيانات المكانية والوصفية. توصلت الدراسة إلى أن للمرئيات الفضائية الأفضلية في دراسة الجزيرة الحرارية، فهي أكثر وضوحًا في الصباح، وأغسطس أكثر الشهور تسجيلًا للجزيرة الحرارية السالبة صباحًا ونهارًا والأكثر فاعلية. كما أوضحت الدراسة أن شدة الجزيرة الحرارية لمرئيات لاندسات تصل ذروتها في خلال الشتاء وهي متوافقة إلى حد كبير مع اتجاه المحطات الأرضية وإن اختلفت في قيمها، وأكثر وضوحًا على نطاق المدن، ويرجع ذلك إلى اختزال القيم، وانخفاضها في مدينة بحري عن الخرطوم يرجع إلى الهبوط الحراري الصباحي، بينما ارتفاعها بمدينة ام درمان يرجع إلى الالبيدو السطحي، وأوصت الدراسة بالعمل على تطوير القدرات البحثية والخروج بعلم المُناخ من الدراسات التقليدية إلى النمذجة الآلية والتحليلية، وإنشاء قاعدة بيانات مُناخية عبر تقنية نظم المعلومات الجغرافية، لدراسة الاتجاه العام لأطول فترة ممكنة وبيان التغير المُناخي المحلي للمدن، والتوسع في نشر المساحات الخضراء كأحد استراتيجيات تلطيف الجو.

الكلمات المفتاحية: فاعلية، الجزيرة الحرارية، المناطق الحضرية، المُناخ الأصغري، النمذجة

Abstract:

The study aimed to show the role of remote sensing technology, especially Landsat image, in calculating the temperature and its island, and showing its effectiveness between ground stations. The study followed different methodologies and methods using two data sources, remote sensing based on ETM Landsat sensors and ground monitoring stations based on Khartoum Airport, Shambat, and GIS technology was used in building a spatial and descriptive database. The study concluded that

satellite image has the advantage in studying the heat island, as it is more visible in the morning, and August is the most recorded month of the negative heat island in the morning and in the day and the most effective. The study also showed that the intensity of the heat island of Landsat image reaches its peak during the winter, and it is largely compatible with the direction of the ground stations, even if they differ in their values, it is clearer around the cities due to the shorthand of values, and its decrease in the city of Bahari from Khartoum is due to the morning temperature drop, while its rise in the city of Omdurman is due to the Albedo. The study recommends working on developing research capabilities and bringing climatology out of traditional studies to instrumental and analytical modeling. Establishing a climate database through GIS technology, to study the general trend for the longest possible period and to show the local climate change of cities. Expanding the spread of green spaces as one of the strategies to mitigate the atmosphere.

Keywords: efficiency, thermal islands, urban, microclimate, modeling

المقدمة:

اتجهت دراسات المُناخ إلى استخدام بيانات الاستشعار عن بعد استخدامًا واسعًا بعد ظهور المنظومة الأمريكية لمراقبة الأرض، التي تعرف بلاندسات Landsat. يُعَدُّ راو Row 1972 أول من أجرى تحليلًا للبيانات المناخية "الحرارية" من القمر الصناعي للأشعة تحت الحمراء الحرارية 10.2 -12.5 ميكرون في المنطقة الحضرية (Gallo, K. P., al, et, 1995). فالمرئيات لا تحوي التدفق الإشعاعي القادم من الأرض في الطيف الشمسي بالكامل Spectrum، لكنها تلتقط وتسجل التدفق الإشعاعي في قنوات طيفية منفصلة. وحساب التدفق الإشعاعي المنبعث من الأرض يطلق علية مُناخيًّا "تدفق الحرارة المحسوسة" (Gyanesh. g et.al., 2009).

على الرغم من تطوير أكثر من أسلوب لاستخراج درجة حرارة سطح الأرض (LST) من المرئيات الفضائية وتعدد القنوات الحرارية الملتقطة، فما تزال عملية معقدة. وإن جميع البيانات التي تسجلها أجهزة الاستشعار من البعد تحتاج إلى التصحيح والمعالجة لإزالة الأخطاء. درجة حرارة سطح الأرض Land Surface Temperature (LST) في المناطق الحضرية تُعَدُّ العامل الرئيس في تحديد قيمة الأشعة المنبعثة والتي تقاس في النطاقات الحرارية، وتمثِّل العنصر المهم في تحديد توازن الطاقة السطحية وتُعَدُّ الجزيرة الحرارية الحضرية Urban Heat Island أحد مؤشرات التغيرات المُناخية والبيئة المرتبطة بالأنشطة البشرية وأحد المظاهر الرئيسية لارتفاع درجة حرارة المنطقة الحضرية عن الريف، يكون الفارق في درجة الحرارة 12°م في المدن الكبيرة وينخفض عن ذلك مع انخفاض حجم المدينة. (Kato, S. & Yamaguchi, Y., 2005).

وتُعَدُّ مدينة الخرطوم من المناطق الحضرية في السودان، وإن لفاعلية بيانات لاندسات في حساب درجة الحرارة وشدة جزيتها دور في التغير البيئي المرتبط بالأنشطة البشرية.

مشكلة الدراسة:

تتلخص مشكلة البحث في عدم كفاية محطات الرصد الأرضية لتوفير البيانات، توجهت الدراسة إلى حساب درجة حرارة سطح الأرض وشدة جزيرتها من المرئيات الفضائية.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى استخلاص درجة حرارة السطوع من لاندسات لمستشعر الماسح الموضوعي المحسن (ETM+)، وذلك من خلال استردادها من الفرقة الأشعة تحت الحمراء الحرارية للعامين 2004 و2009م وبيان الجزر الحرارية وإنساء قاعدة بيانات لها يمكن أن تستخدم في إدارة البيئة الحضرية وبناء نماذج وإنتاج خرائط لها من خلال بيانات الاستشعار عن بعد.

فروض الدراسة:

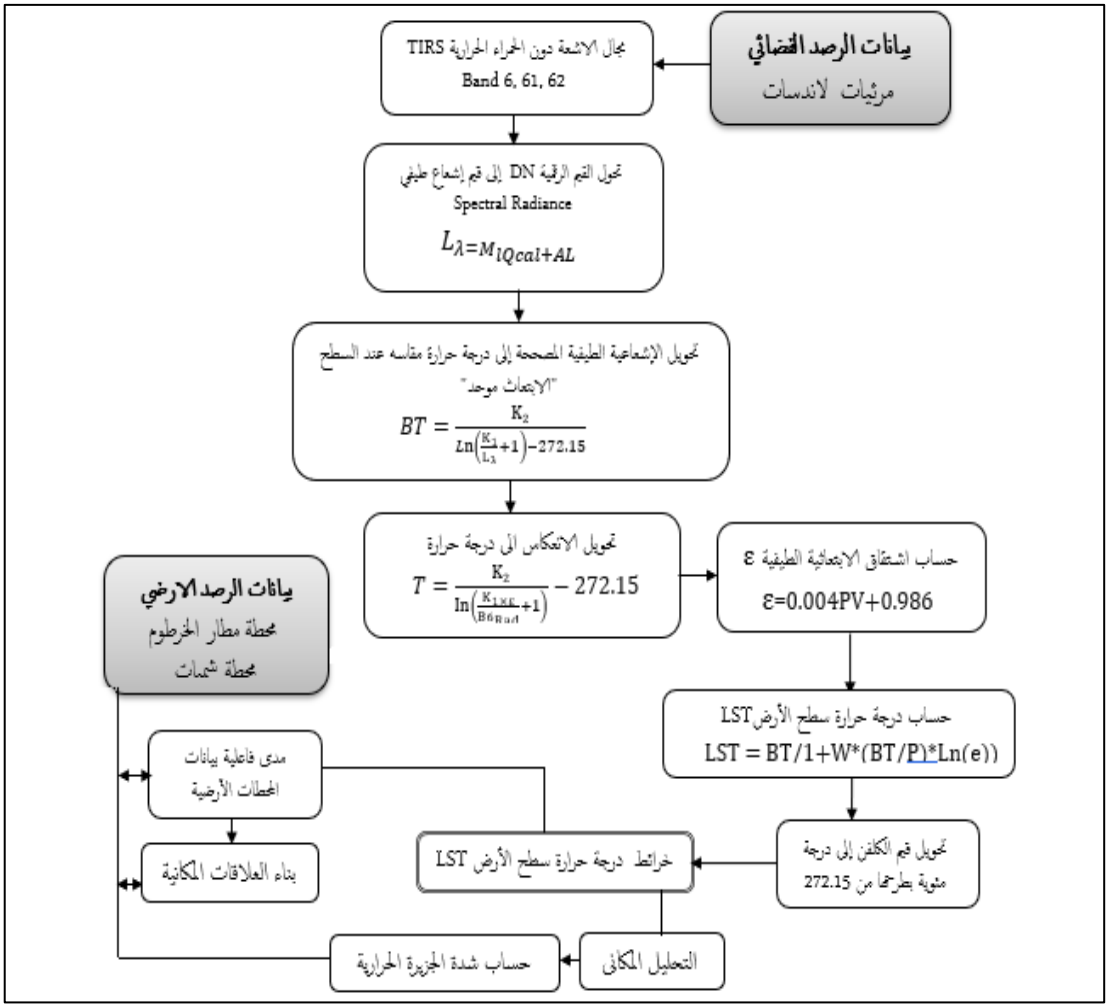
لبيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية فاعلية كبيرة في حساب درجة الحرارة وجزيرتها الحرارية في عمليات رصد ومراقبة البيئة.

مناهج الدراسة:

استُخدِم المنهج التحليلي في تحليل التباين في ظهور الجزيرة الحرارية التي جرت قراءتها من محطات الرصد الأرضي في منطقة الدراسة ودرجات الحرارة المحسوبة من المستشعرات. واستُخدِم المنهج الرياضي الكمي في تحليل قيم بكسلات المرئيات إلى قيم إشعاع شمسي من ثم إلى درجات حرارة. وتأتي تقنية نظم المعلومات الجغرافية واستخدام برنامج (Arc gis 10.7.1) في هذا الإطار آلية أو أسلوبًا استُخدِما في بناء قاعدة معلومات للظواهر الجغرافية وتحليلها والحصول على النتائج وعرضها.

استَخدمت الدراسة بيانات درجة الحرارة لمستشعر(ETM+)، مسار (173) صف (49) لحساب درجة الحرارة وشدة جزيرة منطقة الدراسة لكل من يناير ممثِّلًا لأبرد فصول السنة، ومايو ممثِّلًا للقمة الحرارية، وأغسطس للفصل الممطر، وأكتوبر للفصل الانتقالي للعام 2004م الذي سجلت فيه أعلى المتوسطات لشهر مايو في محطات الرصد الأرضية وللعام 2009م الذي سجلت فيه أقل متوسطات درجات حرارة لمايو والأعلى للمتوسط السنوي من خلال تحليل بيانات المحطات الأرضية لآخر عقد مُناخي. وقد تجاهلت الدراسة ارتفاع درجة الحرارة اليومي، لأن القمر لاندسات يمر بمنطقة الدراسة ± 8:45 صباحًا.

شكل رقم (1): منهجية الدراسة



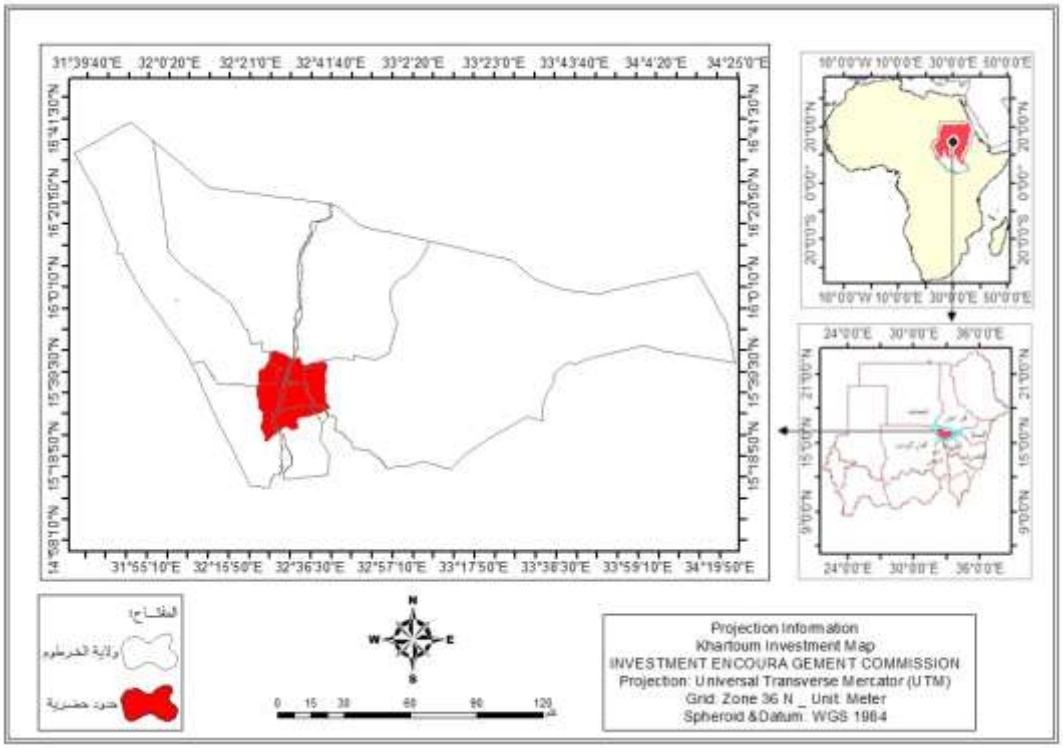
اجريت لمرئيات الدراسة عملية تصحيح جغرافي وتحسين راديومتري لإزالة اخطاء المستكشفات التي ترصد الطاقة المنعكسة وتحولها إلى سطوع او قيم رقميه وذلك للحد من الضوضاء بأكثر من5% لصور الاستشعار من البعد، وخصوصا الأشعة تحت الحمراء الحرارية (Xiao.L.C. et,al., 2005) وتقوم إليه حساب درجة الحرارة السطحية على حساب الانبعاثية الطيفية لمرئيات الماسح الموضوعي(ETM). بناء على المعايرة الراديومترية (Radiometric Calibration) للقناة الحرارية السادسة.

منطقة الدراسة:

تتمثل بالنطاق الحضري لمنطقة الخرطوم بين دائرتي عرض:"50:40°16 و"18:11°15 شمالاً وخطي طول"14:36°31 و"53:23°34 شرقاً والتي تقع في الجزء الشمالي الشرقي من أواسط البلاد، عند ملتقى النيلين الأبيض والأزرق تحدها سبع ولايات وتضم ثلاث مدن رئيسية، ام درمان بمساحة (8350.510193 كلم²) وبحري (12685.030273 كلم²) والخرطوم (792.530029 كلم²).

خريطة رقم (1) يوضح النطاق الحضري حول النيل ليشغل حيزاً مساحياً يصل إلى حوالي (889.44214 كلم²) ويحيط به نطاقاً ريفياً يليه منطقة تتوزع فيها قرى مبعثرة.

خريطة رقم (1): موقع منطقة الدراسة



المُنـــــــــاخ:

إن الفترة ما بين مارس ويونيو تسجل قمة درجات الحرارة بمنطقه الدراسة وهو يمثل فصل الصيف ويصل متوسط درجة الحرارة فيه إلى (41.1°م) كدرجة عظمى و(22.7°م) كدرجة صغرى، فدرجة الحرارة العظمي تعنى بمتوسط درجة الحرارة خلال النهار تسجل في الخامسة مساء ودرجة الحرارة الصغرى هي أقل درجة حرارة مطلقة سجلت خلال اليوم وتمثل الوضع الحراري ليلاً (ادم، 1996).

تسقط الأمطار مع بداية شهر يوليو وحتى سبتمبر وهي أمتار صيفية ومعها تبدأ الرياح الجنوبية الغربية الرطبة المشبعة ببخار الماء بالهبوب من اتجاه المحيط الأطلسي ومن فوق خليج غينيا خلال هذه الفترة (التوم، 1974). تعود درجة الحرارة للارتفاع مرة أخرى بعد توقف المطر خلال شهري أكتوبر ونوفمبر ممثلا الفصل الانتقالي، عندها يتغير اتجاه الرياح من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي مع هبوب العواصف الغبارية، يكاد يتساوى نوفمبر في درجة حرارة مع مايو أحيانا، إلا أن الحرارة المحسوسة تكون اقل، ومع بداية ديسمبر يبدأ فصل الشتاء ويستمر إلى أوائل مارس (Oliver, 1965).

الإشعاع الشمسي:

إن جميع العمليات المُناخية المؤثرة على سطح الأرض هي نتاج انتقال الطاقة من الشمس إلى الأرض والطاقة المرتدة من الأرض نحو الغلاف الجو. يمكن تقدير ما تشعه الشمس من طاقة تبعاً لقانون ستيفان بولترمان (Stefan Boltzmann Law) والذي ينص على أن الطاقة التي يشعها الجسم الأسود تتناسب طردياً مع القوه الرابعة لدرجة حرارة ذلك الجسم المطلق. يتم انتقال الحرارة عبر الفراغ في شكل موجات كهرومغناطيسية (Electromagnetic Waves) من مصدر مشع إلى آخر خلال الفراغ الذي يكون مشغولا بالمادة نتيجة لذلك تسجل مستشعرات أقمار الرصد الجوي انعكاسية المعالم على سطح الأرض، فيما يعرف بالانعكاسية الطيفية (Spectral) Reflectance فأشعة الشمس تمكن ملاحظة الظواهر الأرضية بفضل انعكاس الأشعة عنها. تعمل معظم أجهزة الاستشعار في نطاق الموجات ذات الطاقة المنعكسة مما يساعد في معرفة الميزات الطيفية للظواهر المختلفة (Ok, et.al., 1999).

الإشعاع الأرضي:

عند وصول أشعة الشمس الى سطح الأرض ترد مرة أخرى إلى طبقات الغلاف الجوي، وتعرف هذه الأشعة بالإشعاع الأرضي (موسى، 2005). أن جميع المواد التي تزيد درجة حرارتها عن الصفر المطلق ينبعث منها إشعاع كهرومغناطيسي. ويستخدم نموذج الجسم الأسود لقياس قدرة الأجسام على الانبعاث، والطاقة المنبعثة من المواد مقارنة بالطاقة المنبعثة من الجسم الأسود الذي له نفس درجة الحرارة تسمى قدرة الانبعاث وتؤثر السحب والأمطار بصورة واضحة على خصائصها الإشعاعية، (أبو راضي، 2011).

يؤثر الغلاف الجوي في شدة وتركيبة الطيف الكهرومغناطيسي بإشعاعاته المختلفة، ويسمى النطاق الذي يعبره الإشعاع دون حدوث امتصاص ويصل إلى السطح ثم ينعكس منة باسم النوافذ الجوية Atmospheric Windows وتعتبر موجة الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء وأشعة المايكرويف هي الأفضل لجمع المعلومات، وتستخدم النافذة بين(0.4- 0.9 مايكرومتر) في التصوير المعتمد على الأشعة المنعكسة وتستخدم النافذة(10- 12.50مايكرومتر) في التصوير الحراري للأشعة المنبعثة من سطح الارض بقدر أكبر من الأشعة المنعكسة ودائما تكون الحرارة الإشعاعية للمواد على سطح الأرض أقل من الحرارة الفعلية للأجسام، (موسى، 2005).

الجزيرة الحرارية:

مُناخ المدينة هو نتاج خصائصها من حيث الموقع وحجم السكان والتركيبة الوظيفية وتوزيع استخدامات الأرض وتباين درجة النشاط البشري بين نطاقاتها كل ذلك يؤدي إلى تباين الميزانية الحرارية وظهور الجزيرة الحرارية. فهي احدى المظاهر الرئيسية لارتفاع درجة حرارة المنطقة الحضرية

عن الريف، يكون الفارق في درجة الحرارة (12°م) في المدن الكبيرة وينخفض عن ذلك مع انخفاض حجم المدينة. ظهرت هذه المشاكل مع فترة اتجاه الحضارة الانسانية نحو التحضر (Kato, S. & Yamaguchi, Y., 2005).

ان ارتفاع درجة حرارة الظهير تنبع من الحقيقة العلمية التي تقول ان الارتفاع الحراري في الاطراف ناتج من كون الارض جرداء وتمتص أكبر قدر من الإشعاع الشمسي وحسب ما تناوله الادب الجغرافي ان اعلى درجة حرارة سجلت في العالم كانت في الصحاري (WMO, 2009).

نشأة الجزيرة الحرارية:

ليست ثابته بل في تقلبات دورية ليلاً ونهاراً والتقلبات النهارية أكثر وضوحا، والشتوية أكثر وضوحاً من الصيفية. خلال فصل الصيف تتعرض الأسطح الحضرية مثل الأسقف والطرق المسفلتة لدرجة حرارة عالية نهارا وخلال الليل تبدأ بإطلاق الحرارة من الأسطح الحضرية الى الفضاء بينما الريف يبدأ التبريد قبل الغروب حيث يتضاءل الإشعاع الشمسي ولا يكون هنالك اختزان للحرارة بسبب الأسطح الريفية ويقتصر الأمر على الإشعاع الأرضي طويل الموجة، نتيجة لتعديل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغلاف الجوي والذي يكون أكثر وضوحا في القيم الليلة إذ قد يرتفع إلى (5.7%) والسبب يعود للزيادة الكبيرة في درجة حرارة طبقة الهواء فوق المدينة. كما أن الفاقد من الإشعاع الشمسي في المدن كبير في ساعات الصباح الأولى نتيجة لارتفاع زاوية الشمس وبدء النشاط البشري في استخدام الطاقة (Friedman, 1975).

استخدمت دراسات مُناخ الحضر مقياسين لتحديد الجزيرة الحرارية الحضرية هما: شدة الجزيرة الحرارية(Urban Heat Island Intensity) وحجم الجزيرة الحرارية (Urban Heat Island Magnitude) يستخدم مؤشر الحجم للدلالة على الامتداد الأفقي للمدينة وجزيرتها الحرارية دون الاهتمام بشدتها التي تتناسب لوغاريثمياً مع حجمها كلما اتسعت المدن تنمو معها جزرها فهي بذلك لا تعكس أي تأثير مباشر على الإنسان. أما شدتها هي أول مقياس كمي للجزيرة الحرارية الحضرية مع ما يجاورها من ريف زراعي وصحراوي وتأثرها على الإنسان (Kato, S. & Yamaguchi, Y., 2005).

مستشعرات مراقبة الارض "لاندسات":

هنالك العديد من المستشعرات المحموله على الأقمار الصناعية الموجه لمراقبة الغلاف الجوي والتي تفيد في تحديد سمك طبقات الغلاف الجوي، ومراكز الضغط الجوي وتيارات الهواء وتوزيع درجات الحرارة، أن الأشعة تحت الحمراء التي تنفذ من الغلاف الجوي يتم قياسها بواسطة هذه المستشعرات بعد ان تم امتصاص الطاقة الكهرومغناطيسية، وهي بذلك تحتوى على معلومات عن مقدار الامتصاص في طبقات الجو والتشتت الذي يتناقص بزيادة طول موجة الإشعاع، ومن خلال

المستشعرات يمكن تسجيل التدرج الحراري داخل طبقات السحب، (ابو راضي، 2011). هنالك العديد من المستشعرات من بينها راسم الخرائط الموضوعي (ETM) Enhancement Thematic Mapper تتميز بوضوح مكاني(30متر) للنطاقات الست من الأول إلى السابع عدا النطاق الحراري السادس بوضوح مكاني (60متر و15متر) للنطاق البانكرومتيري، (Handbook, 2003).

النمذجـــة:

إن نماذج مُناخ العالم عبارة عن عروض حسابية تتناول مُناخ العالم الفعلي، وهي محاولات قام بها العلماء لاختصار سلوك المُناخ المعقد في صيغ بسيطة في محاولةٍ لفهم النظم المُناخية، ويوجد العديد من النماذج المستخدمة في الجغرافيا الطبيعية ومن بينها: النماذج الرياضية والإحصائية، ونماذج التحليل الرقمي ونموذج التوزيع العادي للمعدلات السنوية لدرجات الحرارة (جوده، 2004). من بين النماذج التي تم استخدامها النماذج الفيزيائية في دراسة الجزيرة الحرارية (Rizwan, et.al, 2007). ونموذج توازن الطاقة لسطح الأرض هو طريقة جديدة لحساب الزيادة في تدفق الحرارة اعتماداً على المصادر البشرية وهي الافضل لتقيم تأثير الحضرية. كما يستخدم نموذج الدوران العام الذي يستند إلى معادلات نافيير وستوكس1993 ويشمل حداً ديناميكا حرارياً لمختلف مصادر الطاقة. تُستخدم في محاكاة الغلاف الجوي أو المحيطات (Kato, S. & Yamaguchi., Y., 2005).

تعتبر النمذجة الحاسوبية من اهم طرق النمذجة بالنسبة للجغرافي، فهي داخل نظام برمجي متكامل ويأتي على راسها (Arc gis). يشكلان جزءاً هاماً من النمذجة الرقمية الحاسوبية. ان احتواء هذه البرامج على لغات خاصه للبرمجة تسمح بوضع او تصميم نماذج حاسوبية تدعى(VBA) Visual Basic Automatic (جوده، 2004).

حساب درجة الحرارة السطحية وشدة جزيرتها الحرارية للعام 2004م:

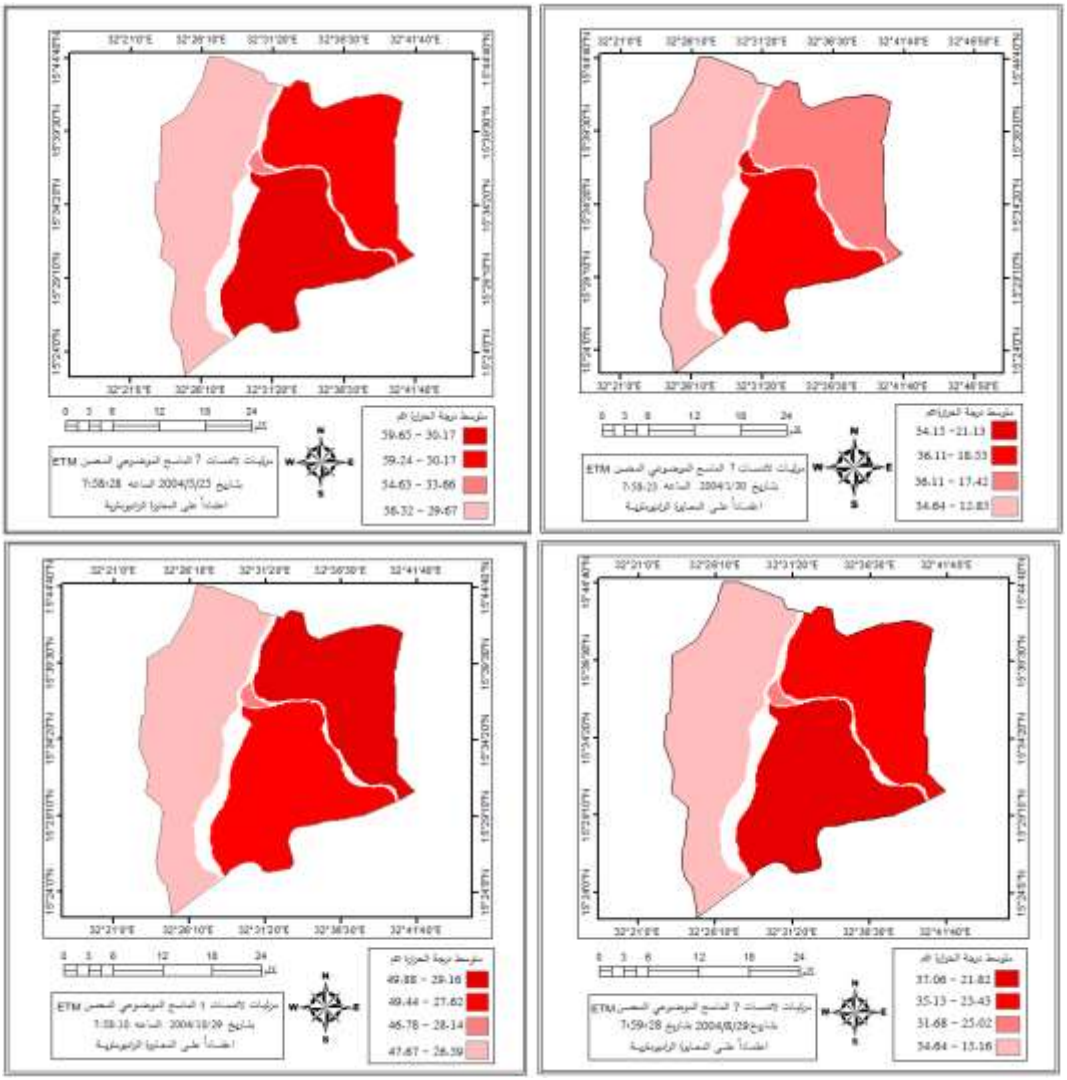
للمُناخ الاصغر (Micro Climate) اثر كبير على درجة حرارة المحطات الثلاث، فموقع محطة شمبات في النطاق الزراعي ومحطة مطار الخرطوم في نطاق العمران اثر في معدلات درجات الحرارة.

تباينت متوسطات درجة حرارة المدن للمنطقة الحضرية للعام 2004م بمنطقة الدراسة، خريطة رقم (2). سجل اقل المتوسطات بمدينة ام درمان (23.75°م) واعلاها في توتي (27.64°م) صباح يناير، ويرجع ذلك إلى عامل الالبيدو وكثافة العمران الحضري وضيق الشوارع في توتي، اعلى متوسط درجة حرارة سُجلت على نطاق المدن بمنطقة الدراسة صباح مايو واحتلت مدينة الخرطوم اعلى المتوسطات (44.91°م)، ويرجع الارتفاع في درجة حرارة مدينة الخرطوم إلى اتساع الرقعه العمرانية والانبعاثات البشرية التي تسرع عملية التسخين، في مايو تتأثر درجة الحرارة بالعوامل

الطبيعية والعوامل البشرية. يعود انخفاض درجة حرارة ام درمان عن الخرطوم بحري إلى عامل الالبيدو الارضي وزيادة النشاط البشري في بحرى عن ام درمان.

من خلال حساب متوسطات درجة حرارة المدن لشهر اغسطس تبين انخفاض متوسط درجة حرارة مدينة ام درمان (24.9°م) وذلك لامتداد النطاق النيلي اتجاه الغرب ما يجعل اقل درجات الحرارة تسجل في النطاق المتاخم لنهر النيل غرباً. تنعكس الصورة الحرارية خلال أكتوبر بين الخرطوم وبحري حيث تسجل اعلى المتوسطات بمدينة بحري (39.52°م).

خريطة رقم (2): متوسط درجة حرارة المدن صباحاً 2004م



تباينت الجزيرة الحرارية السطحية ما بين جزيرة حرارية موجبة وسالبة وجزيرة حرارية شبة غائبه جدول (1). سجل يناير جزيرة حرارية موجبة لكل من الخرطوم بحري وأم درمان (0.55 و3.57°م) على التوالي بينما سجلت توتي جزيرة حرارية سالبة بلغت (0.32-°م) لم يسجل مايو جزيرة حرارية سالبه لكن، سجل جزيرة حرارية شبه غائبه في بحري بلغت 0.2°م وجزيرة موجبة في أم درمان وتوتي (1.92 و0.76°م) على التوالي. أما أغسطس فقد سجل جزيرة حرارية موجبه بلغت أقصاها في أم

درمان (4.54°م). وسجل أكتوبر جزيرة سالبة (0.99-°م) في بحري، وسجل جزيرة حرارية موجبه في أم درمان وتوتي (1.4 و1.07°م) على التوالي.

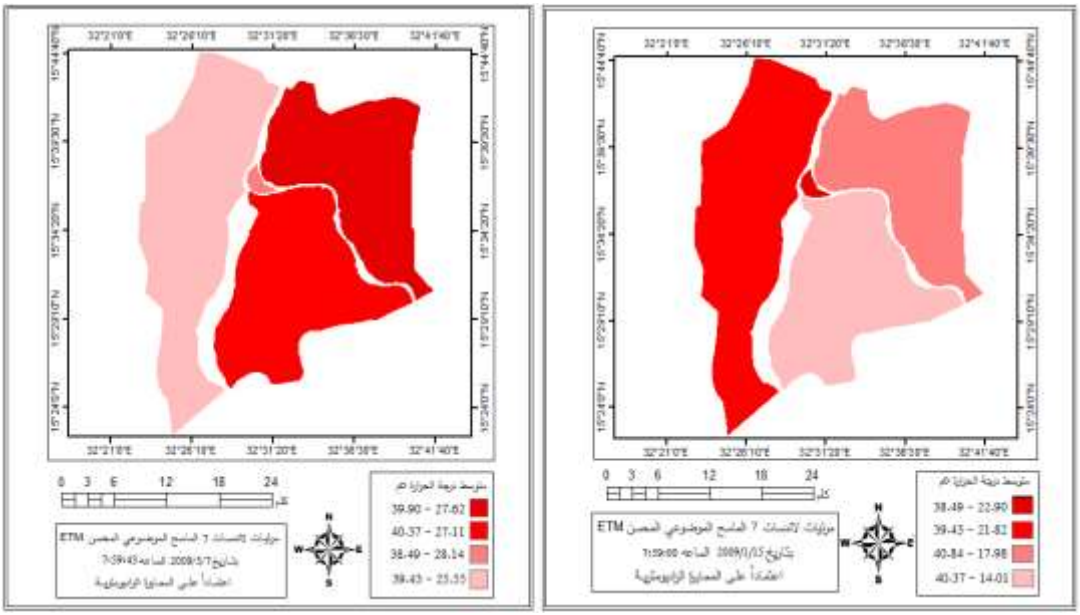
جدول رقم (1): درجة حرارة مدن المنطقة الحضرية وشدة جزيرتها الحرارية صباحاً 2004م

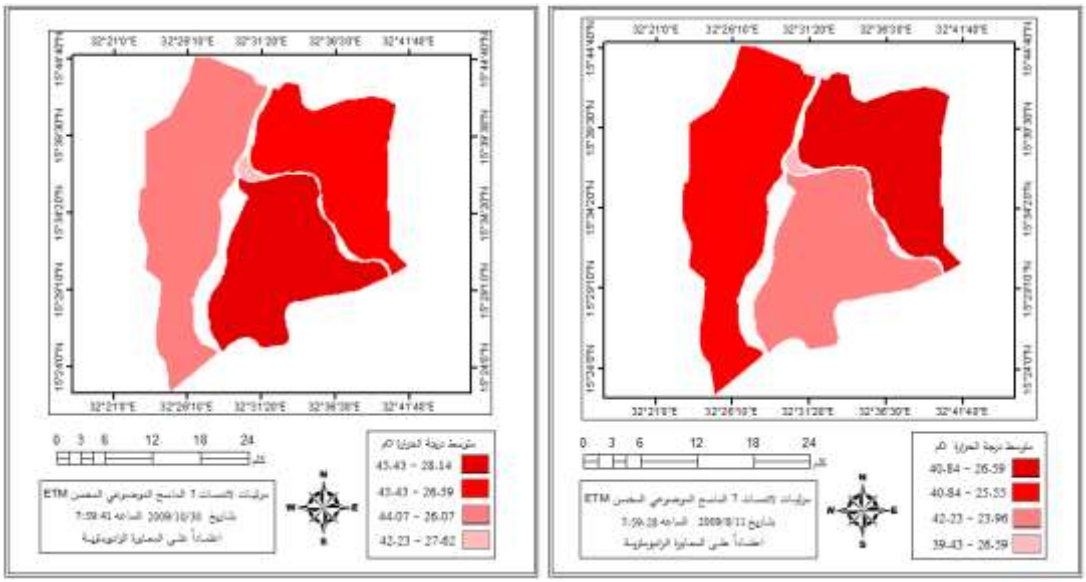
الشهور	درجة حرارة مدن المنطقة الحضرية بمنطقة الدراسة بالمقياس المئوي						
	المتوسط				شدة الجزيرة الحرارية الكلية		
	الخرطوم	بحري	أم درمان	توتي	بحري	أم درمان	توتي
1/30	27.32	26.77	23.75	27.64	0.55	3.57	-0.32
5/25	44.91	44.71	42.99	44.15	0.2	1.92	0.76
8/29	29.44	29.28	24.9	28.35	0.16	4.54	1.09
10/29	38.53	39.52	37.13	37.46	-0.99	1.4	1.07

حساب درجة الحرارة السطحية وشدة جزيرتها الحرارية للعام 2009م:

تباينت متوسطات درجة حرارة المدن للمنطقة الحضرية بمنطقة الدراسة، خريطة (3) اقل المتوسطات سجلت بمدينة الخرطوم (27.19°م) وأعلاها في توتي (30.70°م) وذلك صباح 15/ يناير، بينما اعلى المتوسطات سُجلت صباح 30/أكتوبر واحتلت توتي اعلى المتوسطات (34.93°م). من خلال حساب متوسطات درجة حرارة المدن لشهر أغسطس تبين أن انخفاض متوسط درجة الحرارة بين المدن ضعيف واقل درجات الحرارة سُجلت في النطاق المتاخم لنهر النيل غرباً. تنعكس الصورة الحرارية خلال مايو الذي سجل فيه درجات حرارة اقل من أكتوبر الذي سجل اعلى درجة حرارة بمدينة الخرطوم (36.79°م).

خريطة رقم (3): متوسط درجة حرارة المدن صباحاً 2009م





تنوعت الجزيرة الحرارية السطحية ما بين جزيرة حرارية موجبة وسالبة وشبة غائبه جدول (2) سجل يناير جزيرة حرارية سالبه لكل من بحرى وأم درمان وتوتي (2.22- و3.44- و3.51-°م) على التوالي والجزيرة التي سجلت في توتي كانت سالبة قوية، في مايو سجلت جزيرة حرارية سالبه ضعيفة لمدينة بحري (0.02-°م)، وجزيرة حرارية موجبه في أم درمان بشدة (1.25°م) وجزيرة موجبة ضعيفة في توتي 0.42°م، وسجلت جزيرة حرارية سالبة في كل من بحرى وأم درمان (0.62- و0.1-°م) وجزيرة حرارية موجبه ضعيفة في توتي (0.09°م) في شهر أغسطس.

اكتوبر الفصل الوحيد الذي لم تسجل فيه جزيرة حرارية سالبة، سجل جزيرة حرارية موجبه متباينة في بحري وام درمان وتوتي بشدة (0.87 و1.72 و1.86°م) على التوالي.

جدول رقم (2): درجة حرارة مدن المنطقة الحضرية وشدة جزيرتها الحرارية صباحاً 2009م

الشهور	درجة حرارة مدن المنطقة الحضرية بمنطقة الدراسة بالمقياس المئوي						
	المتوسط				شدة الجزيرة الحرارية الكلية		
	الخرطوم	بحري	ام درمان	توتي	بحري	ام درمان	توتي
1/15	27.19	29.41	30.63	30.70	-2.22	-3.44	-3.51
5/7	33.74	33.76	32.49	33.32	-0.02	1.25	0.42
8/11	33.10	33.72	33.20	33.01	-0.62	-0.1	0.09
10/30	36.79	36.01	35.07	34.93	0.78	1.72	1.86

مدى فاعلية التباين الحراري وشدة جزيرتها

بناء على بيانات المحطة الأرضية لمنطقة الدراسة خلال أربعة أيام والممثلة للفصول المُناخية، وربط بياناتها مع بيانات درجة الحرارة والجزيرة الحرارية للمرئيات الفضائية جدول (3) يظهر توافق درجات الحرارة المحسوبة والمرصودة من خلال انخفاض درجات حرارة المحطة الريفية شمبات عن المحطة الحضرية مطار الخرطوم لجميع درجات الحرارة المسجلة لفصول العام. يناير سجل اقل

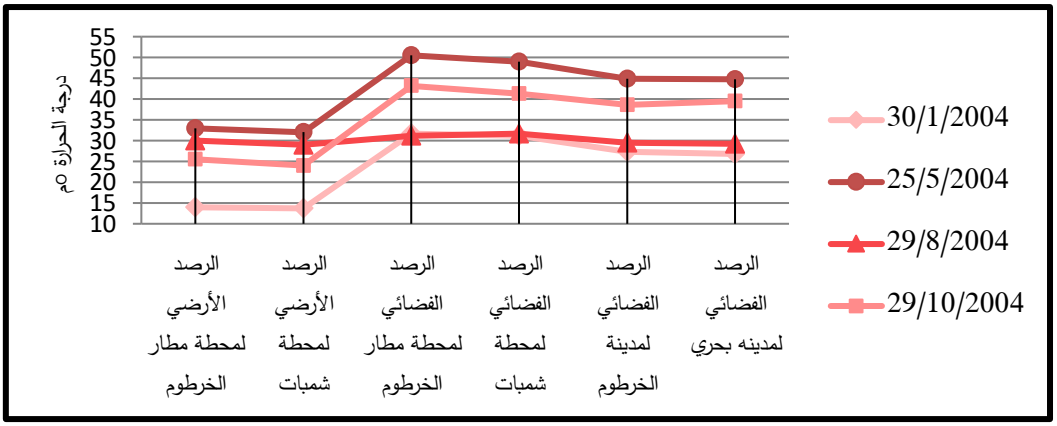
درجات حرارة على حساب النطاق المرصود والمحسوب للمحطات خلال فصول الدراسة ومايو سجل اعلاها عدا العام 2009 ترتفع درجة حرارة اكتوبر عن مايو عند درجة الحرارة المحسوبة مسجلة درجة حرارة (40.68°م) لمحطة مطار الخرطوم و(39.90°م) لمحطة شمبات بينما سجل مايو درجة حرارة (37.06 و37.58°م) للمحطتين على التوالي.

اما درجة الحرارة المحسوبة من متوسط درجة حرارة المدن فقد سجل اعلاها في مايو (35.5°م) لمدينة الخرطوم و(35.6°م) في مدينة بحري لاغسطس وفي مايو من العام 2004 ارتفعت درجة الحرارة المحسوبة مسجلة (44.91°م) عند مدينة الخرطوم و(44.71°م) لمدينة بحري. بينما سجل اكتوبر للعام 2009 اعلى متوسط درجة حرارة (36.79°م) عن مايو (36.01°م). وعلى نطاق المدن سجلت اقل درجة حرارة في يناير عدا العام 2004 الذي ارتفعت فيه الحرارة في يناير عن اغسطس بقيمة (0.5°م).

جدول رقم (3): فاعلية درجة حرارة سطح الأرض لمرئيات لاندسات

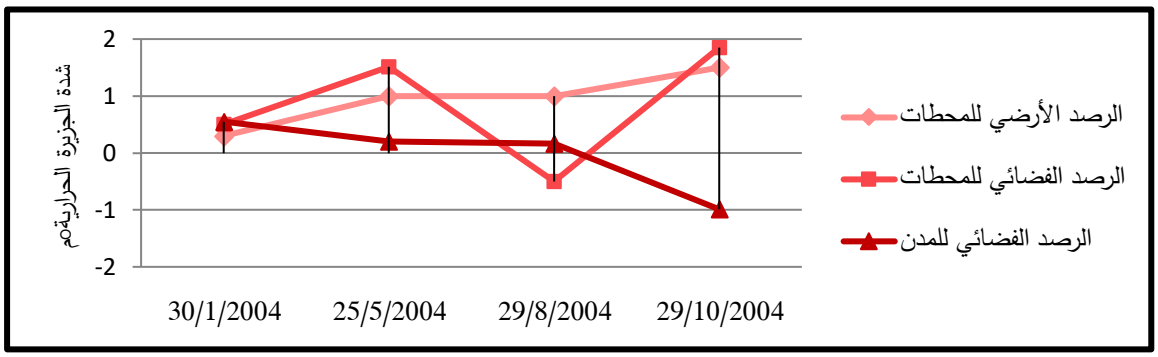
الرصد الأرضي				الرصد الفضائي					
الشهور	المحطات		شدة الجزيرة الحرارية الكلية	المحطات		شدة الجزيرة الحرارية الكلية	المدن		شدة الجزيرة الحرارية الكلية
	مطار الخرطوم	شمبات		مطار الخرطوم	شمبات		الخرطوم	بحري	
2004/1/30	14.0	13.7	0.3	31.67	31.17	0.5	27.32	26.77	0.55
2004/5/25	33.0	32.0	1	50.51	49.00	1.51	44.91	44.71	0.2
2004/8/29	30.0	29.0	1	31.17	31.67	0.50-	29.44	29.28	0.16
2004/10/29	25.5	24.0	1.5	43.15	41.30	1.85	38.53	39.52	-0.99
2009/1/15	21.0	20.0	1	36.09	35.13	0.96	27.19	29.41	-2.22
2009/5/7	33.0	33.0	0	37.06	37.58	-0.52	33.74	33.76	-0.02
2009/8/11	32.0	31.5	0.5	37.06	37.62	-0.56	33.10	33.72	-0.62
2009/10/30	29.5	28.0	1	40.68	39.90	0.78	36.79	36.01	0.78

شكل (2) درجة الحرارة المرصودة والمحسوبة من المستشعر ETM للعام 2004



يتضح من الشكل (2) أن شهر اغسطس للعام 2004 هو الاكثر فاعلية في حساب درجة الحرارة المرصودة والمحسوبة على نطاق المحطات والمدن، تزيد درجة حرارة المحطات المحسوبة عن درجة حرارة المدن بقيمة ضئلة وتتناقص هذه القيم في حسابها مع درجة الحرارة المرصودة التي سجلت (30.0°م) ودرجة الحرارة المحسوبة التي سجلت (31.17°م) عند مطار الخرطوم، بينما سجل متوسط المدينة (29.44°م). وتزيد درجة الحرارة بين المحطات ففي شمبات سجلت درجة حرارة (29.0°م) للرصد الأرضي و(31.67°م) لدرجة الحرارة المحسوبة التي تقل عن ذلك في مدينة بحري مسجله درجة حرارة (29.28°م). يناير، مايو واكتوبر اقل فاعلية في حساب درجة الحرارة السطحية حيث يزيد الفارق بين درجة الحرارة المرصودة والمحسوبة باكثر من(10°م) ومع ذلك فهي متماثله في حركتها، تزيد عند محطة مطار الخرطوم وتقل عند محطة شمبات والخرطوم عن مدينة بحري على النطاقين المرصود والمحسوب.

شكل رقم (3): شدة الجزيرة الحرارية المرصودة والمحسوبة من المستشعر ETM للعام 2004



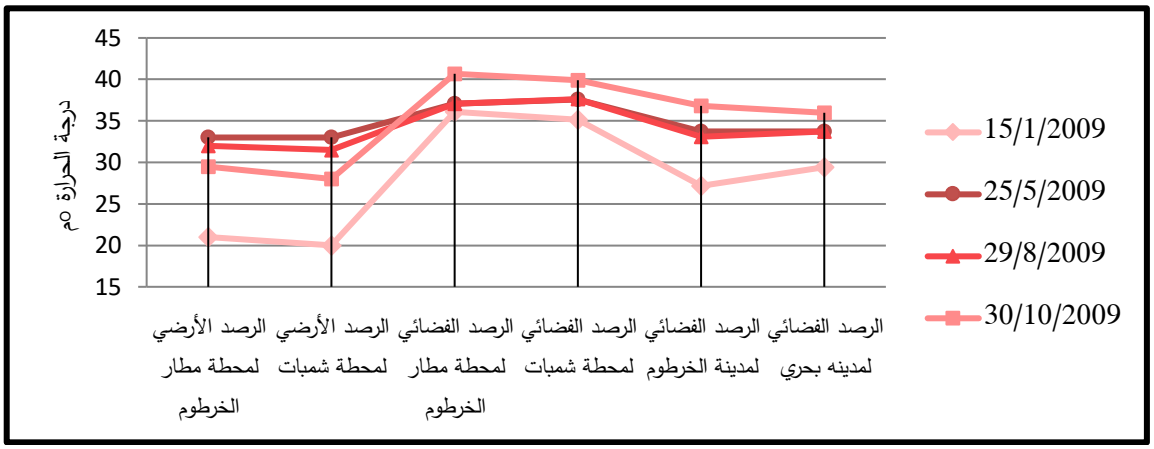
اما شدة الجزيرة الحرارية الكلية والتي يبينها الشكل(3) تنخفض في يناير مسجله جزيرة حرارية شبه غائبة بقيمة (0.3°م) لدرجة الحرارة المرصودة و(0.5°م) لدرجة الحرارة المحسوبة لترتفع في مايو مسجله جزيرة حرارية موجبه بقيمة (1°م و1.51°م) على التوالي وتنخفض خلال اغسطس لتسجل جزيرة حرارية سالبة بقيمة (0.5-°م) لدرجة الحرارة المحسوبة وجزيرة حرارية موجبه بقيمة(1°م) لدرجة الحرارة المرصودة مما يعني ان فاعلية شدتها تقل في اغسطس. ترتفع شدة الجزيرة الحرارية مره اخرى في اكتوبر لتسجل جزيرة حرارية موجبه بقيمة (1.9°م) لدرجة الحرارة المحسوبة و(1.5°م) لدرجة الحرارة المرصودة.

وشدة الجزيرة الحرارية لمدينة الخرطوم تظهر فاعليتها في يناير لدرجة حرارة المحطات المرصودة والمحسوبة، تقل فاعليتها عند مايو واغسطس وتختفي عند اكتوبر مسجله جزيرة حرارية سالبة (0.99-°م).

مايميز العام 2009 أن درجة الحرارة المحسوبه من المستشعر (ETM)لمدن المنطقة الحضرية لايتوافق مع درجة الحرارة المرصودة عند المحطات، ترتفع بها درجة الحرارة بمحطة مطار الخرطوم

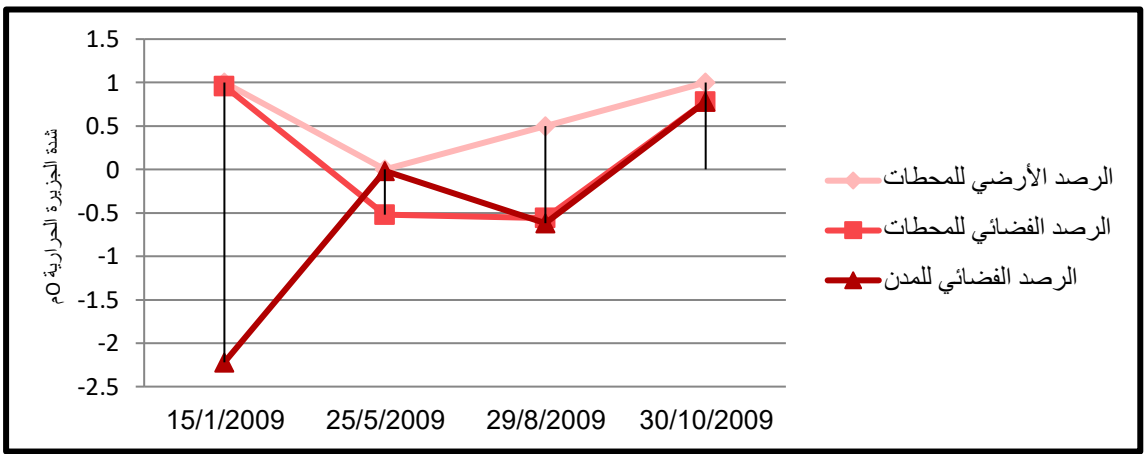
وتنخفض بمحطة شمبات، لكن درجة الحرارة المحسوبة عند مدينه بحرى اعلى قيمة من درجة الحرارة عند مدينة الخرطوم عدا مايو الذي ترتفع به درجة حرارة مدينة بحري عن مدينة الخرطوم (0.02°م).

شكل(4) درجة الحرارة المرصودة والمحسوبة من المستشعر ETM للعام 2009



تتباين درجات الحرارة على نطاق المحطات من حيث القيم فالشكل (4) يوضح درجة الحرارة المرصودة لشهري يناير واكتوبر، تتجه إلى انخفاضها عند محطة شمبات عن محطة مطار الخرطوم ويحدث العكس عند درجة الحرارة المحسوبه مسجله زيادة في درجة الحرارة عند محطة شمبات عن محطة مطار الخرطوم لشهري مايو واغسطس بقيمة (0.56°م و0.52°م).

شكل (5): شدة الجزيرة الحرارية المرصودة والمحسوبة من المستشعر (ETM) للعام 2009



تزيد درجة فاعلية شدة الجزيرة الحرارية للعام 2009 بين المحطات لشهر يناير واكتوبر وتقل عند مايو واغسطس، شكل (5) سجل يناير جزيرة حرارية موجبة لدرجة الحرارة المرصودة والمحسوبة بقيمة (0.96 و1°م) على التوالي، وسجل اكتوبر كذلك جزيرة حرارية موجبه (1 و0.78°م) على التوالي. بينما تقل فاعلية شدة الجزيرة الحرارية خلال مايو الذي لم يسجل جزيرة حرارية لدرجة الحرارة المحسوبة لمحطة مطار الخرطوم وجزيرة حرارية سالبة (0.52-°م) لشدة الجزيرة الحرارية المرصودة، كما تقل فاعلية شدة الجزيرة الحرارية في اغسطس الذي سجل جزيره حرارية شبه غائبه (0.5°م) لدرجة الحرارة المرصودة لمحطة مطار الخرطوم وجزيرة حرارية سالبة (0.56-°م).

أما على نطاق المدن تنعدم فاعلية عند يناير الذي سجل جزيرة حرارية سالبة (22.-2°م)، بينما يظهر اكتوبر فاعلية شدتها مسجلاً جزيره حرارية (0.78°م) فهي تتساوى مع درجة الحرارة المحسوبة وتقل عن درجة الحرارة المرصودة بقيمة (0.22°م). وتظهر فاعلية شدة الجزيره الحرارية عند مايو بين شدة الجزيرة الحرارية لمدينة الخرطوم عن بحري (02.-0°م) مع درجة الحرارة المرصودة التي لم تسجل جزيرة حرارية.

النتائج:

1. هناك اختلاف بين درجات حرارة المحطات المرصودة والمحسوبة ومتوسطات درجة حرارة المدن وتكوين الجزيرة الحرارية وان كانت تسير بوتيره واحده في اغلبها.
2. سجلت محطة مطار الخرطوم اعلى حرارة من محطة شمبات للشهور الاربعه المختارة وان انخفضت في بعضها عن درجة مئوية مسجله بذلك جزيرة حرارية سالبة.
3. وسجلت جميع الشهور جزيرة حرارية موجبه ضعيفه وشبه جزيرة غائبة وجزيرة سالبه وعدم تكون جزيرة حرارية في 2009/5/7 بينما تباينت شدتها عند حسابها اعتماداً على المستشعرات ETM مابين سالبة وموجبة وشبه غائبة، مع ذلك تقترب في اغلبها من درجة الحرارة المرصودة.
4. تكوين الجزيرة الحرارية بمطار الخرطوم عن محطة شمبات ياتي نتيجة لرطوبة التربة والغطاء النباتي لمحطة شمبات، اضافة إلى ان محطة مطار الخرطوم بجانب الميزانية الإشعاعية يكون للعمران دور في زيادة درجة الحرارة.
5. وجود جزيرة حرارية سالبة خلال اغسطس يرجع إلى حركة الفاصل المداري فالمطر الصيفي ورطوبة وحركة الرياح يقلل من تأثير الجزيرة الحرارية.
6. فاعلية درجة حرارة الرصد الفضائي لحساب الجزيرة الحرارية لمحطات الدراسة لفصل اغسطس 2004 الذي سجل فاعلية اعلى بين فصول العام على نطاق المحطات وعلى نطاق المدن.
7. ترجع فاعلية درجة حرارة المدن عن درجة حرارة المحطات إلى أن المتوسطات تختزل القيم المتطرفة مما يجعلها أرب في حساب درجة الحرارة وابعد في حساب شدتها.
8. يرجع التباين في درجة الحرارة المرصودة والمحسوبة إلى التعميم في حساب درجة المحطات الارضية أو الدقة المكانية للمستشعر.

التوصيات:

ليس في وسع الدراسة وضع حلول كاملة لذلك توصى بـ:.

1. الخروج من الدراسات التقليدية للمُناخ إلى النمذجة الالية والتحليل.
2. الاهتمام بدراسة العوامل المحلية والاقليمية المؤثرة في تغير درجة الحرارة.
3. الاكثار من محطات الرصد الجوي لتسهيل مهمة جمع البيانات المُناخية وشموليتها.

4. إنشاء قاعدة بيانات مُناخية عبر تقنية نظم المعلومات الجغرافية، لدراسة الاتجاه العام لأطول فتره ممكنه وبيان التغير المُناخي المحلي للمدن.
5. التوسع في نشر المساحات الخضراء كأحد استراتيجيات تلطيف الجو

قائمة المصادر والمراجع:

1. المخطط الهيكلي العمراني الخامس لولاية الخرطوم (2010)، وزارة التخطيط والتنمية العمرانية، الوحده الفنية لمتابعة الانفاذ بالوزارة. 1975. 1:3000000
2. هيئة المساحة الامريكية الجيلوجية WWW. Earth Explorer USGS gov.
3. الهيئة العامه للأرصاد الجوية (2013).
4. موسى، صلاح بشير (2005) المناخ الطبيعي، الناشر المكتب الجامعي الحديث، الإسكندرية.
5. ابو راضي، فتحي عبد العزيز (2011) الأستشعار عن بعد أسس وتطبيقات، الاسكندرية. دار المعرفة الجامعية.
6. جوده، حسنين جوده (2004) الجغرافيا المناخية والحيوية مع التطبيق على مناخ ونباتات اوربا واسيا وافريقيا ومناخ ونبات العالم العربي، دار المعرفه الجامعيه.
7. ادم، حسين سليمان (1996) المناخ الزراعي، الناشر دار الاصالة الخرطوم، ص10، 15، 34
8. التوم، مهدي امين (1974) مناخ السودان، المنظمة العربية للتربية الثقافة والعلوم، معهد الدراسات العربية، القاهره.
9. Gallo K. P. A. Tarpley J.D. a, McNab b A.L., Karl b T.R (1995) Assessment of urban heat islands: a satellite perspective Global Climate Laboratory, NOAA/NESDIS/NCDC, Asheville, NC 28801 USA Atmospheric Research.
10. Gyanesh Chandera , Brian L. Markham b, Dennis L. Helder ca SGT, Inc(2009) Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, Contents lists available at Science Direct Remote Sensing of Environment journal homepage: p,893.
11. Kato Soushi and Yamaguchi Yasushi (2005) Analysis of urban heat–island effect using ASTER and ETM+ Data: Separation of Anthropogenic Heat Discharge and Natural Heat Radiation from Sensible Heat Flux Division of Earth and Environmental Sciences, Nagoya University, Japan, Remote Sensing of Environment 99 (2005) pp44 – 54.

12. Friedman. J.(1975) (The urban translation) Edward Arnold, press, London, U.K.

13. Xiao- Ling chen, Hong-Mei Zhao, Ping-Xiang Li, Zhi- Yong Yin (2005) Remote Sensing image- based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes , Remote sensing of environment vol,104 (2006).

14. Oliver.J.(1965). The Climate of Khartoum Province. University of Khartoum is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to Sudan Notes and Records.,p93 p90-p95 (http://www.jstor.org/stable/41716881).

15. Oke, T.R., Spronken-Smith, R.A., Jauregui, E. and Grimmond, C.S.B. (1999) The energy balance of central Mexico City during the dry season, Atmospheric.

16. Rizwan Ahmed Memon, Dennis Y.C. Leung∗, LIU Chunho (2007) A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island , Department of Mechanical Engineering, the University of Hong Kong, Hong Kong, China., Journal of Envionmental Sciences.