

## مصدقية استخدام المرئيات الفضائية في بناء نماذج كارتوجرافية للجزر الحرارية بالمناطق الحضرية دراسة حالة: القاهرة الكبرى

د/ سامح عبد الوهاب

د/ محمود عادل حسان

### المخلص:

منذ السبعينيات من القرن الماضي تم التوسع في استخدام المرئيات الفضائية التي تقيس الشعبة المنبعثة في نطاق الأشعة تحت الحمراء الحرارية لاشتقاق درجات حرارة سطح الأرض، وعلى الرغم من أن المرئيات الفضائية يتم استخدامها لاشتقاق درجة حرارة سطح الأرض وليس درجة حرارة الهواء، إلا أنها تعطي مؤشر جيداً على درجات حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض. وبالتالي يمكن الاستفادة من الإمكانيات التي توفرها المرئيات الفضائية، خصوصاً عند دمجها مع إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية في تحليل الظواهر الجغرافية.

ويُقصد بالجزر الحرارية تلك المناطق التي تشهد ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة إذا ما قُورنت بالمناطق المحيطة بها، وهي من الظواهر الشائعة بالمناطق الحضرية نظراً لما تشهده تلك المناطق من تركيز للعديد من الأنشطة البشرية التي تعمل على رفع درجات الحرارة بها. وتساعد دراسة الجزر الحرارية بشكل عام في تحديد الاختلافات المكانية في درجات الحرارة فوق المناطق الحضرية وبالتالي فهي تساعد على فهم بيئة المناطق الحضرية بشكل أفضل والعمل على تحسين ظروف الحياة داخل المدن.

في هذا الإطار يهدف هذا البحث إلى تقييم مدى مصداقية استخدام المرئيات الفضائية من نوع LANDSAT ETM+ في إنشاء نماذج كارتوجرافية تهدف إلى دراسة وتحليل الجزر الحرارية بالمناطق الحضرية بالتطبيق على القاهرة الكبرى كمنطقة للدراسة، وذلك باستخدام مرئيتين فضائيتين لمنطقة الدراسة إحداهما بتاريخ ٢٣ أغسطس ٢٠٠٠، والأخرى ١١ نوفمبر ٢٠٠٠.

وقد بدأ البحث باشتقاق درجات حرارة سطح الأرض من المرئيتين الفضائيتين، وتحليل الجزر الحرارية بمنطقة الدراسة وتحليل كافة العوامل المؤثرة في التوزيع المكاني لها، بعد ذلك - وبمعرفة درجات حرارة الهواء المسجلة في محطات الأرصاد الواقعة في منطقة الدراسة- تم

اشتقاق درجة حرارة الهواء من درجات حرارة سطح الأرض اعتماداً على العلاقة ما بين درجة حرارة سطح الأرض ودرجة حرارة الهواء الملامس له.

وقد أشار نمط توزيع درجات حرارة سطح الأرض بمنطقة الدراسة خلال شهري أغسطس ونوفمبر إلى وجود عدد من الجزر الحرارية؛ والتي تمثلت بشكل أساسي في الهوامش الصحراوية، بالإضافة إلى المناطق الصناعية في شمال وجنوب القاهرة الكبرى. وهو ما يتفق مع الدراسات السابقة والتي تناولت درجات الحرارة بمنطقة الدراسة اعتماداً على بيانات الأرصاد الجوية التقليدية. كذلك اتضح أنه على الرغم من اختلاف درجات الحرارة في كل من شهري أغسطس ونوفمبر إلا أنه من الملاحظ تطابق مواقع الجزر الحرارية في كل من الشهرين.

كما اتضح من البحث أنه يمكن الاعتماد على المرئيات الفضائية من نوع **LANDSAT ETM+** في حساب درجات حرارة الهواء من درجات حرارة سطح الأرض المشتقة من تلك المرئيات وبناء نموذج كارتوجرافي للجزر الحرارية أكثر مصداقية، وبدقة مساحية مرتفعة تبرز التباينات المكانية الدقيقة في درجات الحرارة وبشكل متصل.

## ١. مقدمة:

١-١ الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وبناء نماذج كارتوجرافية للجزر الحرارية: تتوعدت بشكل كبير استخدامات الاستشعار عن بعد (RS) في تحليل الظواهر المكانية أياً كانت تلك الظواهر طبيعية أو بشرية، فهي قد تستخدم في تصنيف التربة أو في عرض استخدامات الأراضي أو في دراسة أحواض التصريف أو في دراسة الظواهر الجوية أو في دراسة النمو العمراني إلى غير ذلك من الاستخدامات. بحيث يمكن القول أن الاستشعار عن بعد يوفر بيانات عن ظواهر سطح الأرض وما يرتبط بها من تغيرات وذلك على فترات زمنية مختلفة (Herold, et al., 2003: 287) كما أن نظم المعلومات الجغرافية (GIS) أصبحت توفر إمكانيات كبيرة لعرض وتحليل الأبعاد المكانية للظواهر (Dewan and Yanaguchi, 2009: 391) وعليه فإن بناء نماذج كارتوجرافية - من خلال استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية - تعتمد في بنائها على متغير هجين منفرد Single Hybrid Variable أصبح من المداخل الأساسية التي نحصل من خلالها على نماذج كارتوجرافية (Robinson, et al., 1995: 553) تلك المداخل التي لها دور كبير في عرض وتحليل المتغيرات المكانية المختلفة.

ومنذ السبعينيات من القرن الماضي تم التوسع في استخدام المرئيات الفضائية لاشتقاق درجات حرارة سطح الأرض، وقد أفادت الدراسات الأولى والتي كانت تعتمد على مرئيات فضائية ذات دقة مكانية (مساحية) منخفضة، أن هناك إمكانية كبيرة للاستفادة من المرئيات الفضائية في تحديد درجة حرارة سطح الأرض ودراسة وتحليل الجزر الحرارية (Pongracz, et al., 2006: 2191) وعلى الرغم من أن المرئيات الفضائية يتم استخدامها لاشتقاق درجة حرارة سطح الأرض وليس درجة حرارة الهواء، إلا أنها تعطي مؤشراً جيداً لدرجات حرارة الهواء الملامس لسطح.

ويتم استخدام المرئيات الفضائية حالياً على نطاق واسع في تحديد درجات الحرارة ودراسة الجزر الحرارية، وذلك للعديد من المميزات التي تقدمها هذه المرئيات أهمها أن هذه المرئيات لها القدرة على تغطية مساحات كبيرة من الأرض في وقت واحد، كما أنها تقدم صورة كاملة وتفصيلية لسطح الأرض (Aniello, et al., 1995: 965) ومن ثم فإن درجات الحرارة المشتقة منها توضح التغيرات المكانية في درجات

الحرارة بشكل تفصيلي ودقيق وذلك على عكس الطرق التقليدية لدراسة الجزر الحرارية، التي تعتمد على قياسات لدرجات حرارة الهواء في نقاط معينة تمثل مواقع محطات الأرصاد الجوية؛ حيث يتم استخدام تلك القياسات في إنشاء خطوط تساوي لدرجات الحرارة وتحديد الجزر الحرارية، وهو الأمر الذي ينطوي على درجة من التعميم ولا يعكس التفاوت المكاني في درجات الحرارة بشكل دقيق.

ومن المميزات التي تقدمها المرئيات الفضائية كوسيلة لدراسة الجزر الحرارية أنها توفر معلومات بشكل متكرر ودوري عن درجات الحرارة وبالتالي يمكن دراسة وتحليل التغير الزمني في الجزر الحرارية في أي مكان.

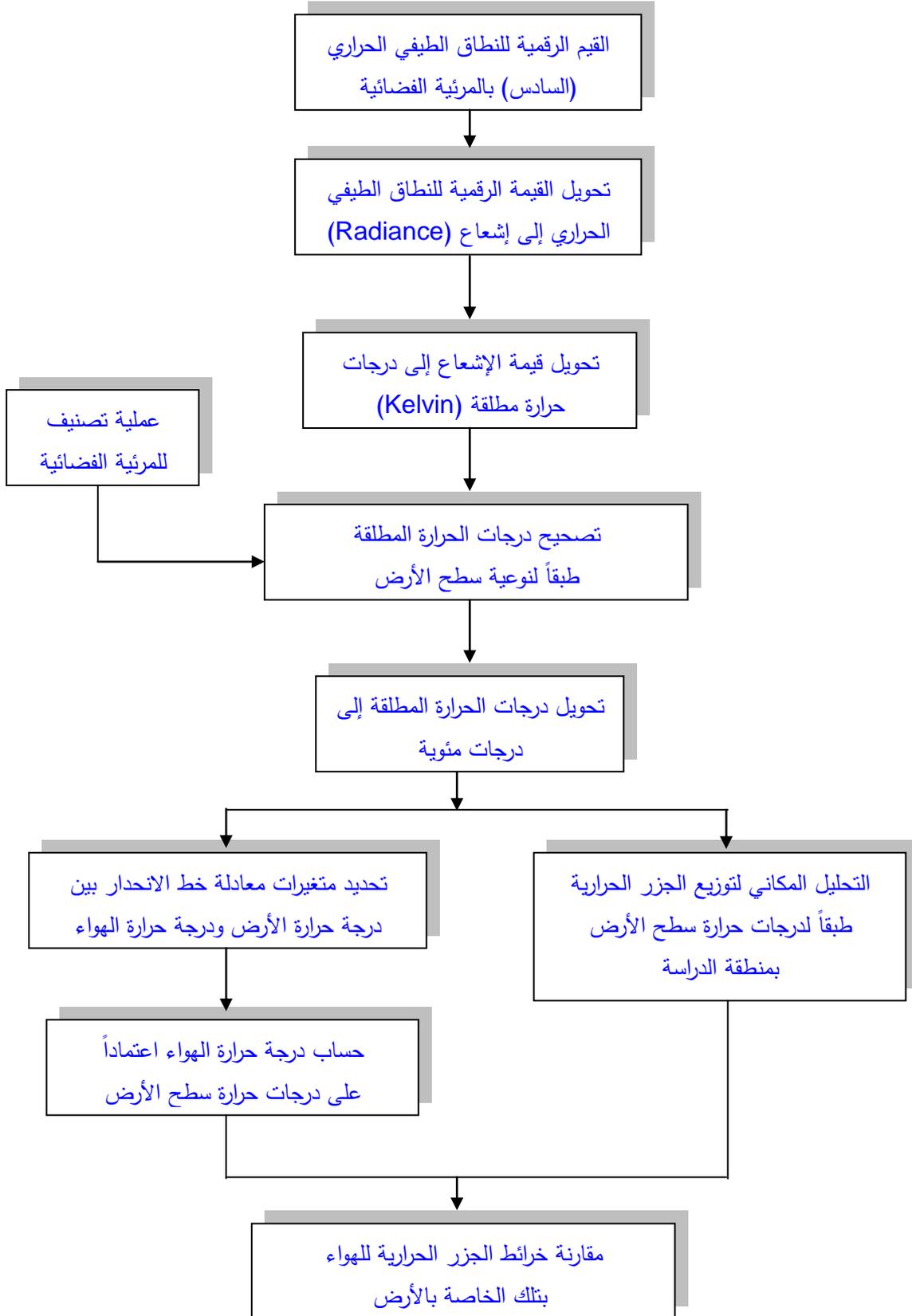
وإذا كان استخدام المرئيات الفضائية في دراسة الجزر الحرارية تزداد أهميته في حالة نقص البيانات أو الأرصاد الجوية حول درجات الحرارة في مكان ما، فإن الاستعانة بالمرئيات الفضائية مع إدخال بعض البيانات التي تقوم برصدها هيئات الأرصاد الجوية لدرجة حرارة الهواء يمكن من خلالهما معاً أن نصل إلى بناء نماذج كارتوجرافية للجزر الحرارية للهواء في أي منطقة من المناطق، وهي الطريقة التي سوف نشير إليها في هذا البحث (الشكل رقم ١). وإذا كانت المرئيات الفضائية تعد أداة فاعلة في الحصول على بيانات حرارية مكانية، فإنه عن طريق استخدام هذه المرئيات في ظل بيئة نظم المعلومات الجغرافية<sup>١</sup> - التي توفر إمكانية بناء النماذج والربط والتحليل - يمكن الحصول على نموذج كارتوجرافي<sup>٢</sup> للجزر الحرارية له قدر كبير من المصداقية<sup>٣</sup>. وهنا نجد أن الخريطة المنتجة تلعب دوراً هاماً في إبداع مفهوم جديد للعالم - والذي يمثل هنا نموذج كارتوجرافي للجزر الحرارية - فمن خلال الاستعانة بتلك الأدوات بشكل متكامل نستطيع أن نحصل على تصور جديد عن الظاهرة التي نحن بصدد دراستها.

<sup>١</sup> يقصد ببيئة نظم المعلومات الجغرافية تلك البيئة التي توفرها حزم البرامج الخاصة بتلك النظم مثل برنامج ArcMap V. 9.2 وهو البرنامج المستخدم في البحث، والتي توفر قدر هائل من إمكانية الدمج والتحليل والاستنتاج والعرض. هذا بالإضافة إلى تقنيات الاستشعار عن بعد والبرامج الجاهزة الخاصة بمعالجة وتفسير المرئيات الفضائية مثل برنامج ERDAS IMAGINE 9.1 والذي تم استخدامه في التعامل مع المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة.

<sup>٢</sup> يقصد بالنموذج الكارتوجرافي Cartographic Model الخرائط التي اعتمدت في بنائها على متغيرات مركبة تم الحصول عليها بشكل مركب من خلال عدد من المعادلات أو من خلال دليل مدمج وتكون القيمة النهائية للدليل هي المستخدمة في بناء النموذج الكارتوجرافي، وكلما تعددت المتغيرات الداخلة في بناء النموذج الكارتوجرافي كلما كان النموذج أكثر احتمالية للتباين في مستوى المصداقية.

<sup>٣</sup> المصداقية Reliability وتعبّر عن مدى صدق النموذج الكارتوجرافي في التعبير عن حقيقة وجود ونمط الظاهرة محل العرض، والمصداقية هي أمر آخر غير الدقة Accuracy فإذا كانت المصداقية تتصل بمدى واقعية وحقيقة تعبير النموذج الكارتوجرافي عن الظاهرة، فإن الدقة تهتم بقضايا تتصل بالأخطاء المكانية، بحيث يمكن القول أن الظواهر يمكن أن توقع مكانياً بشكل صحيح، ولكن قد ينتج من الصورة الأخيرة للتوزيع نمط غير صادق في التوزيع، أو بشكل آخر مفتقر إلى واقعية التوزيع.

ولعل التعرض لقضية مصداقية النموذج الكارتوجرافي المنتج هو احد الأمور المهمة، فالكثير قد يتصوروا أن الخريطة المنتجة - دون النظر إلى المنهجية التي تم الاعتماد عليها - كما لو كانت تمثل الحقيقة تماما (Vujakovic, 1993: 233) وعليه فإن النظر إلي النموذج الكارتوجرافي على أنه تمثيل بياني Graphic Representation للحقيقة يظهر أجزاء من الحقيقة وليس الحقيقة كاملة (Vasconcellos, 1993: 994) ومن ثم فإن تحديد المنهجية التي يتم الاعتماد عليها في بناء النموذج الكارتوجرافي المعبر عن الظاهرة محل التمثيل يجب أن ينال قدر كبير من الاهتمام، حتى نصل إلى تعبير صادق عن الظاهرة.



الشكل رقم (١): منهجية دراسة الجزر الحرارية باستخدام المرئيات الفضائية

## ٢-١ الجزر الحرارية:

يُقصد بالجزر الحرارية تلك المناطق التي تشهد ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة مقارنة بالمناطق المحيطة منها، والجزر الحرارية من الظواهر الشائعة بالمناطق الحضرية نظراً لما تشهده تلك المناطق من تركيز للعديد من الأنشطة البشرية التي تعمل على رفع درجات الحرارة بها. كما ترجع نشأة الجزر الحرارية بالمناطق الحضرية إلى أنماط استخدام الأرض السائدة بالمناطق الحضرية والتي تتسم في الغالب بكثافة بنائية مرتفعة ووجود مساحات شاسعة من الطرق والأسطح المسفلتة، وكذلك انتشار مساحات شاسعة من الأسطح الخرسانية التي لها القدرة على الاحتفاظ بالحرارة (تتميز بسعة حرارية مرتفعة) فهذه الأسطح تقوم بامتصاص الموجات القصيرة من الأشعة الشمسية (الموجات الحرارية) خلال ساعات النهار وهو ما يعمل على رفع درجة حرارة تلك الأسطح (Jusuf, e. al., 2007: 233) و (Solecki, et al., 2005: 40).

معني ذلك أن هناك عدداً من العوامل التي تؤثر في نشأة الجزر الحرارية في المناطق الحضرية لعل من أهمها أنماط استخدامات الأرض السائدة بتلك المناطق، وتركز الأنشطة البشرية فيها، كذلك تؤثر المسطحات المائية على الجزر الحرارية. وأياً ما كان السبب وراء نشأة الجزر الحرارية بالمناطق الحضرية فإن مثل هذه الظاهرة - ارتفاع درجات الحرارة بالمناطق الحضرية - تؤثر بشكل سلبي على نوعية البيئة بالمناطق الحضرية وجودة الحياة بها، كما أنها وبلا شك تسهم في تغيير ظروف الطقس المحلي داخل المدن.

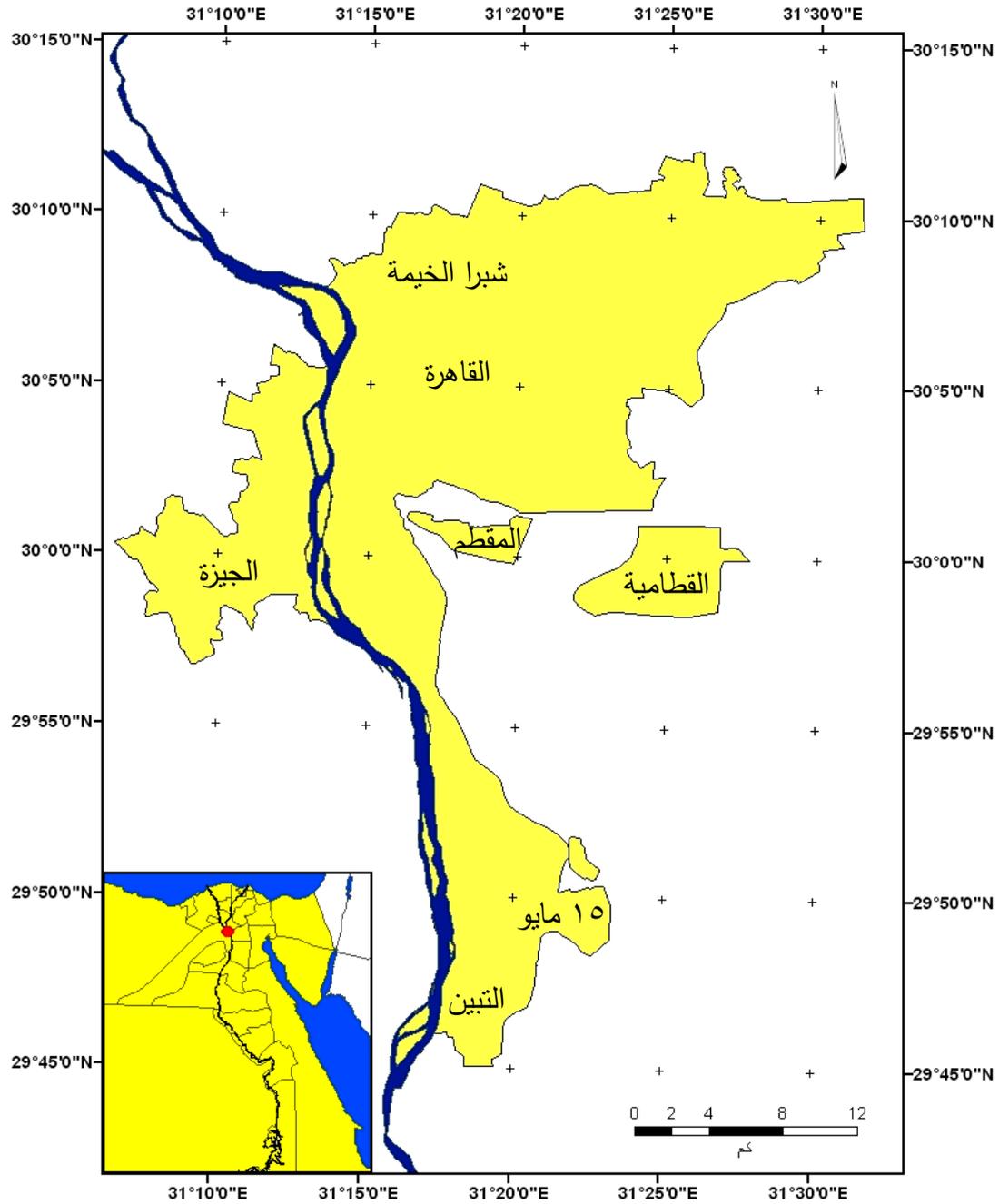
وبناء على ذلك فإن هناك العديد من المقترحات للتخفيف من حدة ظاهرة الجزر الحرارية داخل المناطق الحضرية لعل من أهمها: التوسع في المساحات الخضراء داخل المناطق الحضرية، حيث تشير العديد من الدراسات إلى أن الغطاء النباتي يعمل على التخفيف من ارتفاع درجات الحرارة بصورة مباشرة عن طريق عمليات النتح والتبخر وكذلك بصورة غير مباشرة عن طريق زيادة مساحات الظل التي توفرها الأشجار. وتجدر الإشارة هنا إلى أن بعض التقديرات تشير إلى أن المناطق التي تتمتع بوجود غطاء نباتي من الأشجار تقل درجات الحرارة بها حوالي ثلاث درجات مئوية مقارنة بتلك المناطق التي تخلو من الأشجار (Solecki, et al., 2005: 42) وتشير بعض التقديرات الأخرى إلى أن هذا الفارق قد يصل إلى خمس درجات (Jusuf, et al., 2007: 233).

وتساعد دراسة الجزر الحرارية بشكل عام في تحديد الاختلافات المكانية في درجات الحرارة فوق رقعة المناطق الحضرية ومن ثم فهي تساعد على فهم بيئة المناطق الحضرية بشكل أفضل والعمل على تحسين ظروف الحياة داخل المدن (Pongracz, et al., 2006: 2192).

وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم مدي مصداقية استخدام المرئيات الفضائية من نوع LANDSAT ETM+ في دراسة وتحليل الجزر الحرارية بالمناطق الحضرية بالتطبيق على القاهرة الكبرى كمنطقة للدراسة وذلك باستخدام مرئيتين فضائيتين لمنطقة الدراسة إحداهما بتاريخ ٢٣ أغسطس ٢٠٠٠، والأخرى ١١ نوفمبر ٢٠٠٠، ثم إدخال البيانات المناخية لبعض محطات الأرصاد كمؤشر يدل على العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض والهواء الملاصق له، والاعتماد على في استنتاج درجات حرارة الهواء في باقي القطاعات المكانية التي توجد بالمرئية والتي لا تتوفر عنها بيانات لدرجة حرارة الهواء، وهو الأسلوب الذي يقترحه هذا البحث كما سيأتي لاحقاً.

## ٢. منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة الدراسة في النطاق العمراني للقاهرة الكبرى - يضم مساحة إجمالية تبلغ ٦٤٩ كيلومتر مربع - والذي يمتد ليشمل المعمور من محافظة القاهرة بالإضافة إلى مدينتي الجيزة وشبرا الخيمة، وهي بهذا تعد أكبر امتداد عمراني متصل في مصر ويتركز بها نحو خمس سكان الجمهورية. وهي تمتد فيما بين خطي طول ٣٣° ٠٦' و ٣١° ٠٠' و ٢٨° ٣١' شرقاً ودائرتي عرض ٤٥° ٠٠' و ٢٩° ١٢' و ٣٠° ٣٠' شمالاً، بحيث يبلغ أقصى امتداد للمنطقة من الشمال إلى الجنوب نحو ٤٨ كيلومتر، وأقصى امتداد لها من الشرق إلى الغرب نحو ٢٨ كيلومتر. وتتميز منطقة الدراسة بتنوع في نوعية الأراضي ما بين أراضي طينية وأخرى رملية وثلاثة صخرية، كما تضم مسطحات مائية وأخرى جافة. تتميز أيضاً منطقة الدراسة بتنوع استخدامات الأرض، فما بين الاستخدام السكاني الذي يعد الأكثر سيادة بالمنطقة والاستخدام الصناعي الذي يوجد في بعض القطاعات والاستخدام الترفيهي والمنتزهات والتي توجد في نطاقات أخرى، ولعل هذا التنوع في طبيعة السطح وفي الاستخدامات يمكن أن يكون له انعكاس كبير على تكون الجزر الحرارية وامتداداتها، وهو الأمر الذي سيتم توضيحه في حينه.



شكل رقم (٢): منطقة الدراسة (القاهرة الكبرى)

### ٣. اشتقاق درجات حرارة سطح الأرض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد:

لرسم خريطة الجزر الحرارية بمنطقة الدراسة تم الاعتماد على النطاق الطيفي الحراري (الباند ٦) (High Gain) ذو دقة مساحية ٦٠ متر لمرئيتين فضائيتين من نوع (ETM+) مأخوذتين بالقمر الصناعي لاندسات-٧ إحداهما بتاريخ ٢٣ أغسطس ٢٠٠٠ والأخرى بتاريخ ١١ نوفمبر ٢٠٠٠. وذلك لرصد التباين الفصلي في توزيع درجات الحرارة والجزر الحرارية فيما بين فصلي الصيف والخريف.

وباستخدام برنامج (ERDAS Imagine) الإصدار ٩,١ تم اشتقاق درجات حرارة سطح الأرض اعتماداً على القيم الرقمية المسجلة بالنطاق الطيفي الحراري بكل من المرئيتين، وهي تمثل الإشعاع المنعكس من سطح الأرض وتتراوح تلك القيم ما بين صفر و ٢٥٥، طبقاً للخطوات التالية:

تتمثل الخطوة الأولى في تحويل القيمة الرقمية للنطاق الطيفي الحراري إلى إشعاع Radiance، وذلك طبقاً للمعادلة التالية:

$$L_{(\lambda)} = G * DN + B$$

(Weng, et al., 2004: 471)

حيث:

$$L_{(\lambda)} = \text{قيمة الإشعاع}$$

$$G = \text{ثابت) ويساوي } 0.03720$$

$$DN = \text{القيمة الرقمية لكل بكسل بالنطاق الطيفي الحراري (الباند ٦)}$$

$$B = \text{ثابت) ويساوي } 3.2$$

أما الخطوة الثانية فتتمثل في تحويل قيمة الإشعاع إلى درجات حرارة مطلقة (Kelvin)، وذلك طبقاً للمعادلة التالية:

$$T = \frac{K_2}{\ln(1 + k_1/L_{(\lambda)})}$$

(Aniello et al., 1995: 966) and (Weng, et al., 2004: 471)

حيث:

$$T = \text{درجة حرارة سطح الأرض (Kelvin)}$$

$$K_1 = \text{ثابت) ويساوي } 666.09$$

$$K_2 = \text{ثابت) ويساوي } 1282.71$$

$$L(8) = \text{قيمة الإشعاع}$$

أما الخطوة الثالثة فتشمل تصحيح درجات الحرارة المطلقة طبقاً لنوعية سطح الأرض، فمن الجدير بالذكر أن عملية حساب درجة حرارة سطح الأرض من بيانات الاستشعار عن بعد لا بد أن تأخذ في اعتبارها نوعية سطح الأرض حيث تتأثر كمية الإشعاع التي يتم تسجيلها في الحزمة الحرارية (الباند السادس) بالمرئية الفضائية (ETM+) بنوعية سطح الأرض. فالأنواع المختلفة من الأسطح تتفاوت من حيث معامل قدرتها على الإشعاع Emissivity وهو ما يؤثر على درجات الحرارة المسجلة لتلك الأسطح المختلفة، وبالتالي يجب وضع نوعية السطح ومعامل قدرته على الإشعاع في الحسبان عند اشتقاق درجة حرارة سطح الأرض من المرئيات الفضائية (Weng, et al., 2004: 471)؛ حيث إن لكل نوع من أنواع الأسطح الأرضية معامل قدرة على الإشعاع (Emissivity) مختلف يتراوح ما بين الصفر والواحد الصحيح، وتعتبر قيمة المعامل عن النسبة ما بين كمية الإشعاع الصادرة عن هذا السطح وكمية الإشعاع الصادرة عن الجسم الأسود في نفس درجة الحرارة.

يعني ذلك ضرورة تحديد أنواع سطح الأرض المختلفة بمنطقة الدراسة قبل البدء في حساب (اشتقاق) درجة الحرارة من المرئية الفضائية، وقد تم تحديد الأنواع المختلفة لسطح الأرض بمنطقة الدراسة عن طريق عملية تصنيف للمرئية الفضائية (تصنيف موجهة) Supervised classification.

وقد تم تحديد ثلاثة أنواع رئيسية من سطح الأرض بالمنطقة هي: المسطحات المائية، والأراضي الزراعية، والأراضي غير الزراعية والتي تشمل الكتلة المبنية، وكذلك الأراضي الصحراوية الفضاء<sup>٤</sup>.

وقد تم الاعتماد على ٣٢٥ نقطة تحقق أرضي لإجراء عملية التصنيف للمرئية وزعت بشكل عشوائي بأجزاء المرئية الفضائية وقد تم تحديد نوعية السطح الذي تنتمي إليه كل نقطة وبعد ذلك تم حساب معامل الدقة لعملية التصنيف، وقد بلغت الدقة الإجمالية لعملية التصنيف حوالي ٩٥,٠٨% (الجدول رقم ١).

<sup>٤</sup> يبلغ هذا المعامل ٠,٩٨٩ للمسطحات المائية، و ٠,٩٧٤ للأراضي الزراعية، و ٠,٩٦٩ للأراضي غير الزراعية (Yang and Wang, 2004, p.41).

جدول رقم (١): مصفوفة دقة عملية التصنيف

الدقة	النقاط على المرئية المصنفة					
	الإجمالي	أراضي غير زراعية	أراضي زراعية	مسطحات مائية		
%١٠٠	١١	٠	٠	١١	مسطحات مائية	نقاط التحقق الأرضية
%٩١,٣٨	١١٦	١٠	١٠٦	٠	أراضي زراعية	
%٩٦,٩٧	١٩٨	١٩٢	٦	٠	أراضي غير زراعية	
	٣٢٥	٢٠٢	١١٢	١١	الإجمالي	
		%٩٥,٠٥	%٩٤,٦٤	%١٠٠	الدقة	

بعد ذلك تمت عملية تصحيح قيم درجات الحرارة المشتقة من الحزمة الحرارية (الباند السادس) للمرئية الفضائية وذلك اعتماداً على أنواع سطح الأرض بمنطقة الدراسة وقيمة معامل القدرة على الإشعاع لكل منها بناءً على المعادلة التالية:

$$S_t = \frac{T}{1 + (\lambda * T / p) * \ln \epsilon}$$

(Weng, et al., 2004: 472) and (Hung et al., 2006: 38)

حيث:

$S_t$  = درجة حرارة سطح الأرض المصححة

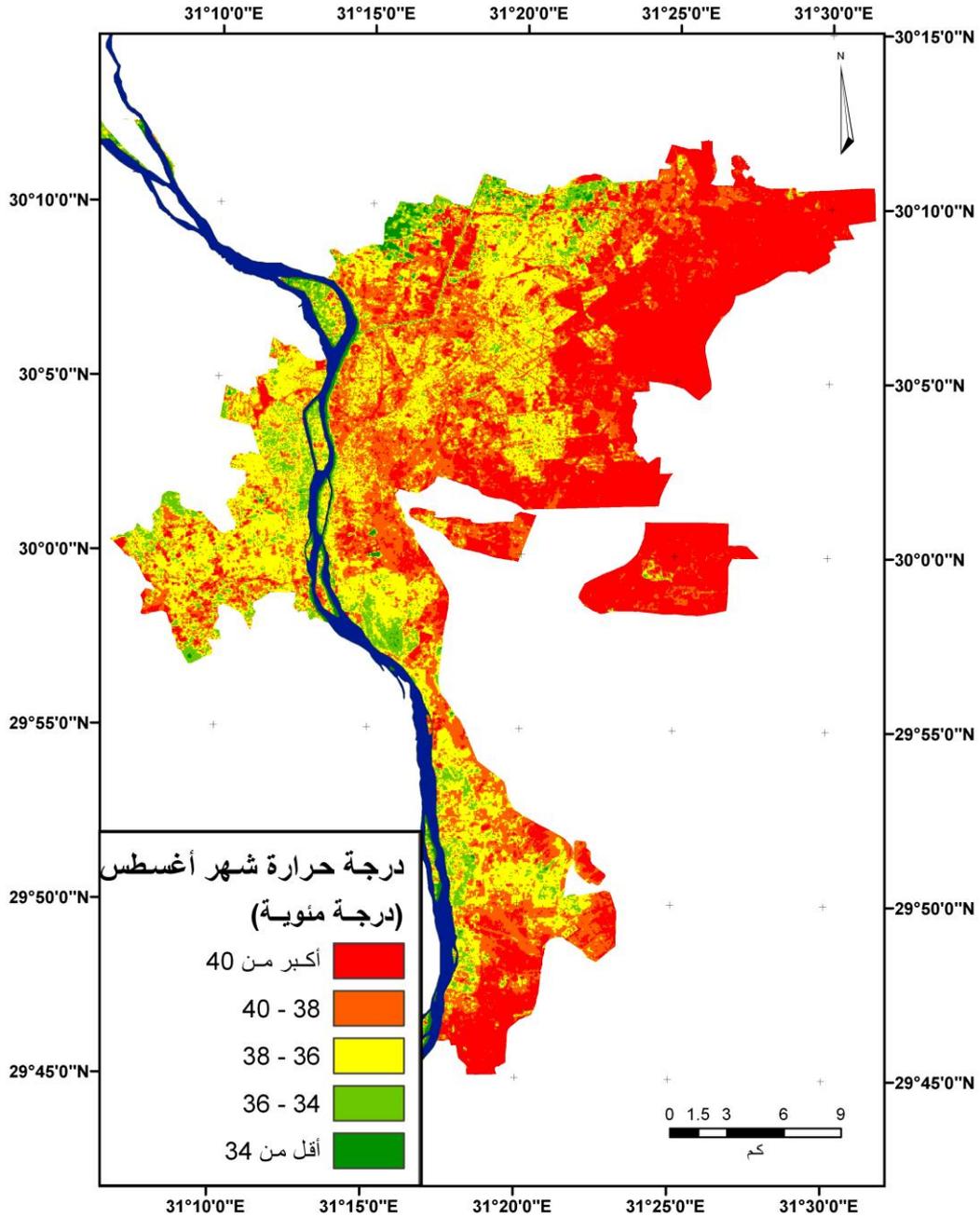
$T$  = درجات الحرارة الفعلية التي تم حسابها في المعادلة السابقة

$\lambda$  = متوسط طول الموجه للإشعاع المنبعث من سطح الأرض = ١١,٥ ميكرون

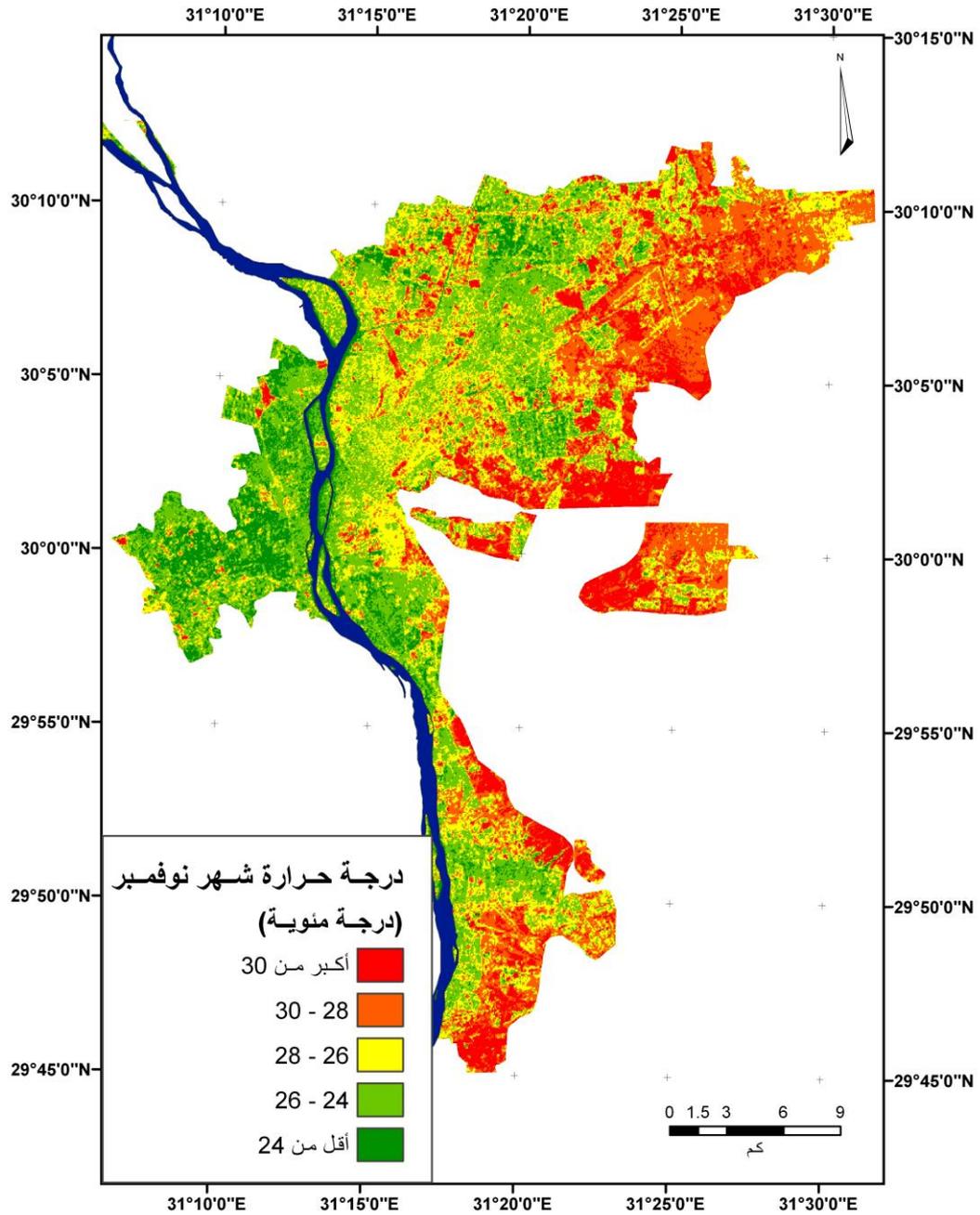
$p$  = ثابت =  $1.438 \times 10^{-2}$

$\epsilon$  = قيمة معامل القدرة على الإشعاع للأسطح المختلفة.

ويوضح كل من الشكل رقم (٣) والشكل رقم (٤) درجات حرارة سطح الأرض بمنطقة الدراسة خلال شهري أغسطس ونوفمبر التي تم حسابها من المرئيات الفضائية.



شكل رقم (٣): درجات حرارة سطح الأرض بالقاهرة الكبرى خلال شهر أغسطس



شكل رقم (٤): درجات حرارة سطح الأرض بالقاهرة الكبرى خلال شهر نوفمبر

#### ٤. التحليل:

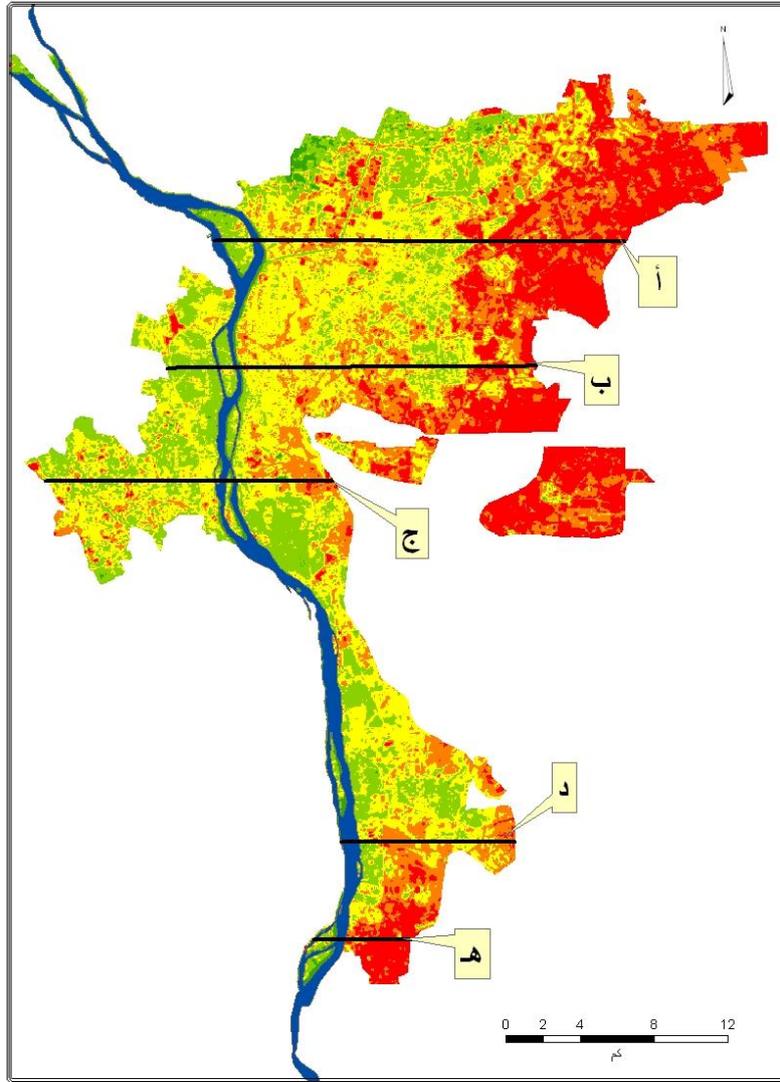
تراوحت درجات حرارة سطح الأرض بمنطقة الدراسة ما بين  $29^{\circ}\text{C}$  و  $50,1^{\circ}\text{C}$  م خلال شهر أغسطس بمتوسط قدره  $39,6^{\circ}\text{C}$  م، في حين تراوحت درجات الحرارة ما بين  $16,6^{\circ}\text{C}$  م و  $50,1^{\circ}\text{C}$  م خلال شهر نوفمبر بمتوسط قدره  $33,4^{\circ}\text{C}$  م.

وقد سجلت الكتلة المبنية للمدينة درجات حرارة أعلى من المناطق الزراعية الموجودة على أطراف منطقة الدراسة حيث بلغ متوسط درجة الحرارة للكتلة المبنية حوالي  $39,6^{\circ}\text{C}$  م خلال شهر أغسطس و  $33,4^{\circ}\text{C}$  م خلال شهر نوفمبر، في حين بلغ متوسط درجات الحرارة بالمناطق الزراعية  $38,1^{\circ}\text{C}$  م، و  $27,5^{\circ}\text{C}$  م في كل من الفصلين على التوالي. ومن الواضح ارتفاع المدى الحراري بين الكتلة المبنية والأراضي الزراعية المحيطة بها خلال فصل الخريف عنها خلال فصل الصيف، حيث بلغ الفارق بين درجة حرارة الكتلة المبنية والأراضي الزراعية حوالي  $1,5^{\circ}\text{C}$  م خلال فصل الصيف بينما ارتفع هذا الفارق خلال فصل الخريف ووصل إلى  $5,9^{\circ}\text{C}$  م.

يتضح من نمط توزيع درجات حرارة سطح الأرض بمنطقة الدراسة خلال شهري أغسطس ونوفمبر وجود عدد من الجزر الحرارية؛ والتي تمثلت بشكل أساسي في الهوامش الصحراوية، بالإضافة إلى المناطق الصناعية في شمال وجنوب القاهرة الكبرى. كذلك يتضح من نمط توزيع الجزر بمنطقة الدراسة خلال شهري أغسطس ونوفمبر، تطابقها مع الدراسات السابقة مثل دراسة (عبد العزيز عبد اللطيف يوسف، ٢٠٠٠) والتي تناولت درجات الحرارة بمدينة القاهرة وذلك اعتماداً على العمل الميداني الذي تم خلاله تجميع رصد درجة الحرارة بشكل مباشر في عدد من المواقع بمدينة القاهرة خلال عام ٢٠٠٠، وكان الهدف الرئيسي للدراسة هو تقييم العوامل المؤثرة على تلطيف درجة الحرارة بمدينة القاهرة. وقد انتهت الدراسة إلى أن لكل من المساحات الخضراء المنتشرة داخل المدينة، وارتفاع منسوب سطح الأرض ببعض المناطق، ووجود مسطح مياه النهر الذي يخترق الكتلة المبنية للقاهرة كانت لكل هذه العوامل أكبر الأثر على تلطيف درجات الحرارة في المناطق الداخلية من المدينة، وهو ما ساهم بالإضافة لارتفاع درجات الحرارة في الهوامش الصحراوية الجافة المحيطة بالمدينة إلى عدم إظهار الجزر الحرارية في وسط المدينة وذلك على الرغم مما تعانيه المدينة من تركيز للطاقة الحرارية في المناطق الداخلية منها.

#### ٤-١ استخدامات الأرض بمنطقة الدراسة وعلاقتها بالجزر الحرارية:

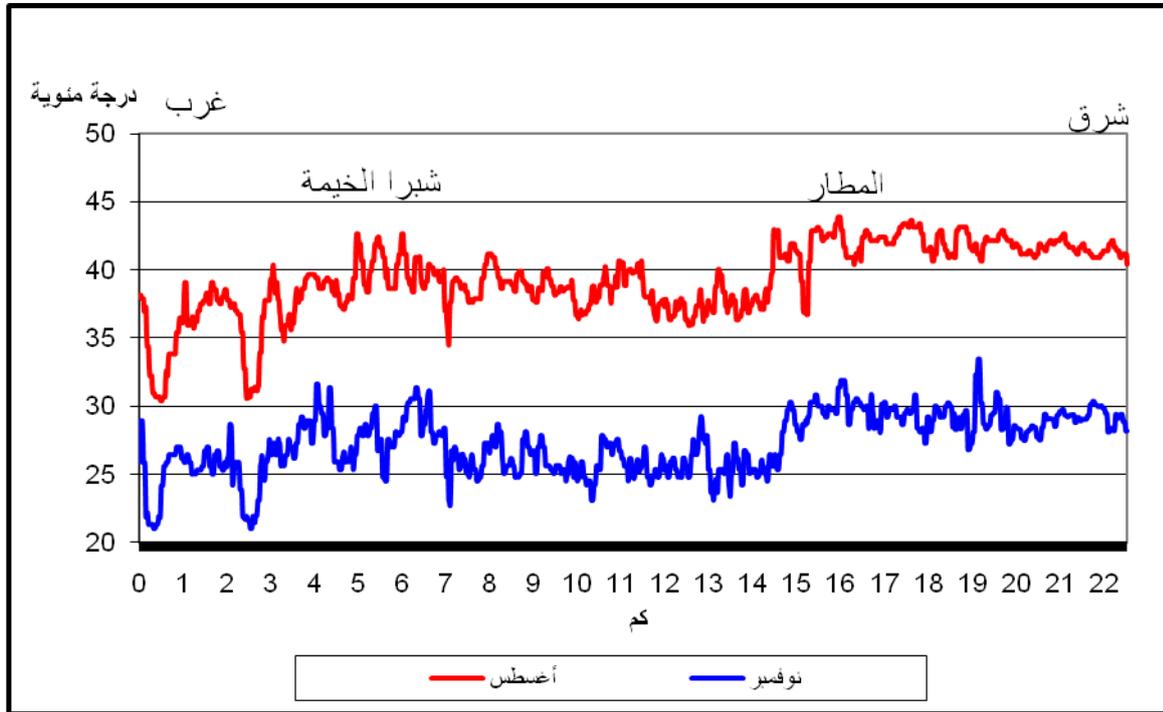
وللتعرف على أبعاد وملامح العلاقة ما بين التغير المكاني في درجات حرارة سطح الأرض وتوزيع الجزر الحرارية من جهة واستخدامات الأرض بمنطقة الدراسة من جهة أخرى، تم إنشاء خمسة قطاعات مورفوجحرارية تمر بمنطقة الدراسة تأخذ اتجاهاً من الغرب إلى الشرق (شكل رقم ٥)، وقد تم رصد التغير في درجة الحرارة على طول كلٍ من هذه القطاعات وذلك باستخدام (3D Analyst Module) برنامج (ArcGIS). وقد تم الاستعانة بأربع خرائط طبوغرافية تغطي منطقة الدراسة لمعرفة نوع استخدامات الأراضي عند نقط التغير في درجات الحرارة على طول كلٍ من هذه القطاعات.



الشكل رقم (٥): مواقع القطاعات المورفوجحرارية بالقاهرة الكبرى

## القطاع (أ)

يمتد هذا القطاع شمال منطقة الدراسة من الغرب إلى الشرق ويبلغ طوله حوالي ٢٢,٢٥ كم (الشكل رقم ٢)، وقد تباينت درجات الحرارة بمنطقة الدراسة على امتداد هذا القطاع ما بين ٤٣,٩ م° و ٣٠,٥ م° خلال شهر أغسطس بمتوسط قدره ٣٩,٤ م°، أما خلال شهر نوفمبر فقد تراوحت درجة الحرارة على امتداد هذا القطاع ما بين ٣٣,٥ م° و ٢١ م° بمتوسط قدره ٢٧,٣ م°، وقد بلغ متوسط الفرق في درجات الحرارة على امتداد هذا القطاع فيما بين شهري أغسطس ونوفمبر حوالي ١٢,١ م° (الشكل رقم ٦).



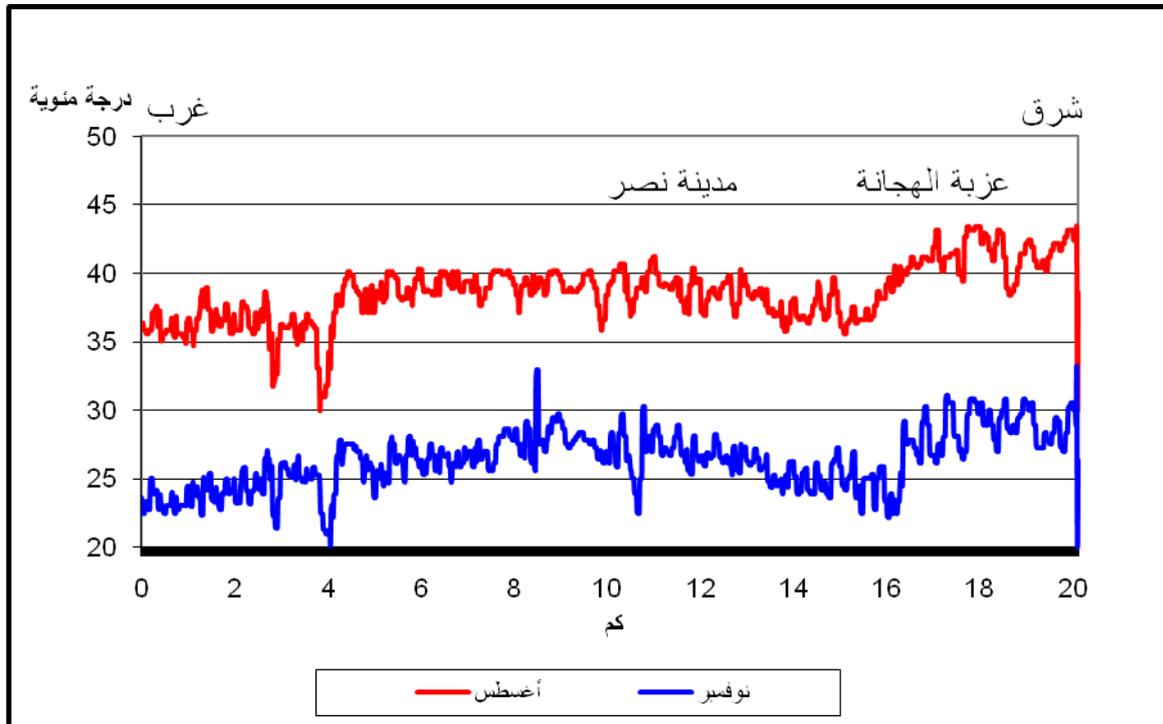
الشكل رقم (٦): قطاع مورفولوجي لشهري أغسطس ونوفمبر (أ)

وقد تم تسجيل عدد من الجزر الحرارية على امتداد هذا القطاع تمثلت أهمها في: شبرا الخيمة في غرب القطاع وهي منطقة صناعية أساساً، وهو الأمر الذي أدى إلى تكون جزيرة حرارية واضحة المعالم في هذا النطاق. كما توجد جزيرة حرارية أخرى واضحة المعالم للغاية في شرق القطاع وذلك في منطقة المطار وما حوله، ولعل تكون الجزيرة الحرارية في هذه المنطقة يرتبط أساساً بطبيعة أرض المطار الأسفلتية بالإضافة إلى النطاقات الصحراوية المحيطة به، وهو الأمر الذي أدى إلى تراكم الحرارة على هذه الأسطح ومن ثم تكون الجزيرة الحرارية.

وفي المقابل نستطيع أن نتبين على هذه القطاع الشمالي مناطق تعد مقابلة للجزر الحرارية أي أنها مناطق انخفاض في درجة الحرارة بشكل ملحوظ، ولعل أبرز تلك المناطق تتمثل في الغرب حيث مجرى نهر النيل سواء إلى الشرق أو إلى الغرب من جزيرة الوراق، بالإضافة إلى ترعة الإسماعيلية والتي توجد إلى الشرق من المجرى الشرقي لنهر النيل. وهي تتضح في القطاع بشكل واضح حيث تتمثل في قاع ملحوظ على مسار المنحنى البياني.

#### القطاع (ب)

يمتد هذا القطاع من الغرب إلى الشرق ويقع إلى الجنوب من القطاع السابق (أ) بطول يبلغ حوالي ٢٠ كم، وقد تباينت درجات الحرارة بمنطقة الدراسة على امتداد هذا القطاع ما بين  $43,4^{\circ}\text{م}$  و  $30^{\circ}\text{م}$  خلال شهر أغسطس بمتوسط قدره  $38,6^{\circ}\text{م}$ ، أما خلال شهر نوفمبر فقد تراوحت درجة الحرارة على امتداد هذا القطاع ما بين  $33^{\circ}\text{م}$  و  $20,2^{\circ}\text{م}$  بمتوسط قدره  $26,4^{\circ}\text{م}$ ، وقد بلغ متوسط الفرق على امتداد هذا القطاع فيما بين درجات حرارة شهري أغسطس ونوفمبر حوالي  $12,2^{\circ}\text{م}$  (الشكل رقم ٧).



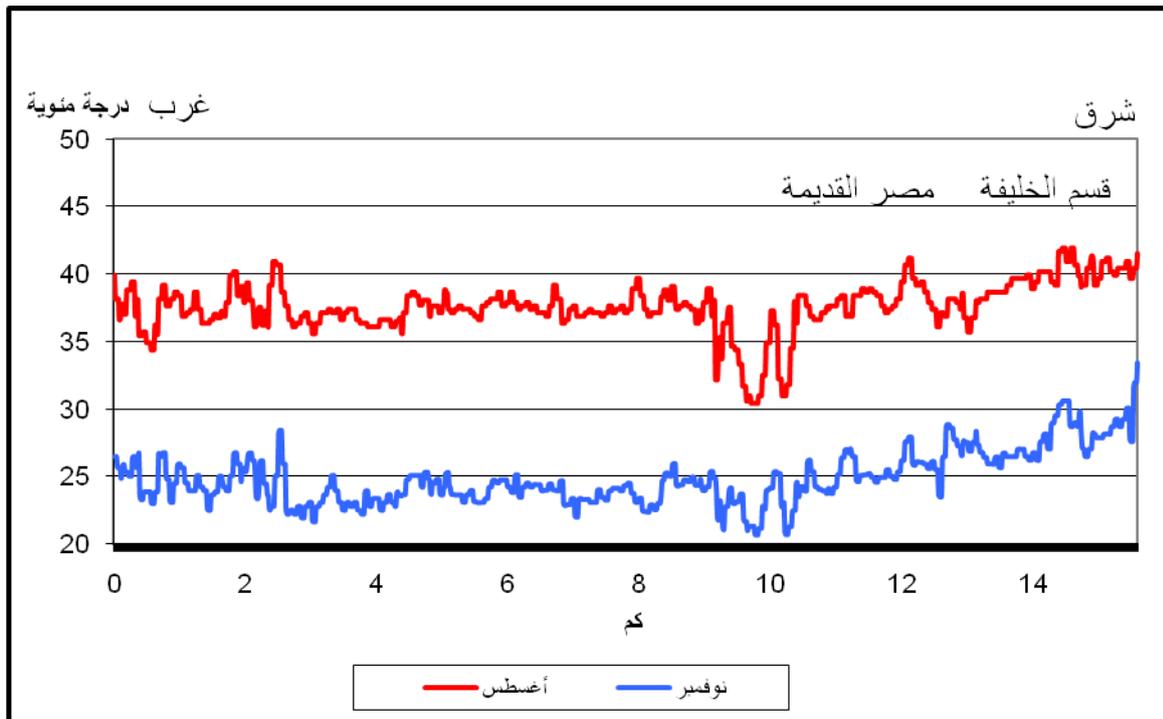
الشكل رقم (٧): قطاع مورفوجراري لشهري أغسطس ونوفمبر (ب)

وقد تم تسجيل عدد من الجزر الحرارية على امتداد هذا القطاع تمثلت أهمها في: الجزء الشرقي والأوسط منه بشكل أساسي، حيث تشكل جزيرة حرارية واضحة المعالم في منطقة عزبة الهجانة في أقصى الشرق ثم في مدينة نصر إلى الغرب من عزبة الهجانة، ولعل تكون الجزيرة الحرارية هنا يرتبط أساسا بطبيعة سطح الأرض والأسطح الأسفلتية المتسعة في هذا النطاق.

وفي المقابل تشكلت ادني درجات الحرارة على طول هذا القطاع في الغرب الأوسط حيث مجري نهر النيل إلى الشرق والغرب من جزيرة الزمالك، وهنا نجد أن مجرى النيل مثل مناطق انخفاض ملحوظ في درجة حرارة سطح الأرض على طول الإقليم من أقصى الشمال إلى أقصى الجنوب، وهو أمر منطقي يتفق مع طبيعة السطح المائي.

### القطاع (ج)

يمتد هذا القطاع بوسط منطقة الدراسة من الغرب إلى الشرق بطول يبلغ حوالي ١٥,٥ كم، وقد تباينت درجات الحرارة بمنطقة الدراسة على امتداد هذا القطاع ما بين  $٤١,٩^{\circ}\text{م}$  و  $٣٠,٥^{\circ}\text{م}$  خلال شهر أغسطس بمتوسط قدره  $٣٧,٦^{\circ}\text{م}$ ، أما خلال شهر نوفمبر فقد تراوحت درجة الحرارة على امتداد هذا القطاع ما بين  $٣٣,٤^{\circ}\text{م}$  و  $٢٠,٧^{\circ}\text{م}$  بمتوسط قدره  $٢٤,٩^{\circ}\text{م}$ ، وقد بلغ الفرق متوسط على امتداد هذا القطاع فيما بين درجات حرارة شهري أغسطس ونوفمبر حوالي  $١٢,٨^{\circ}\text{م}$  (الشكل رقم ٨).



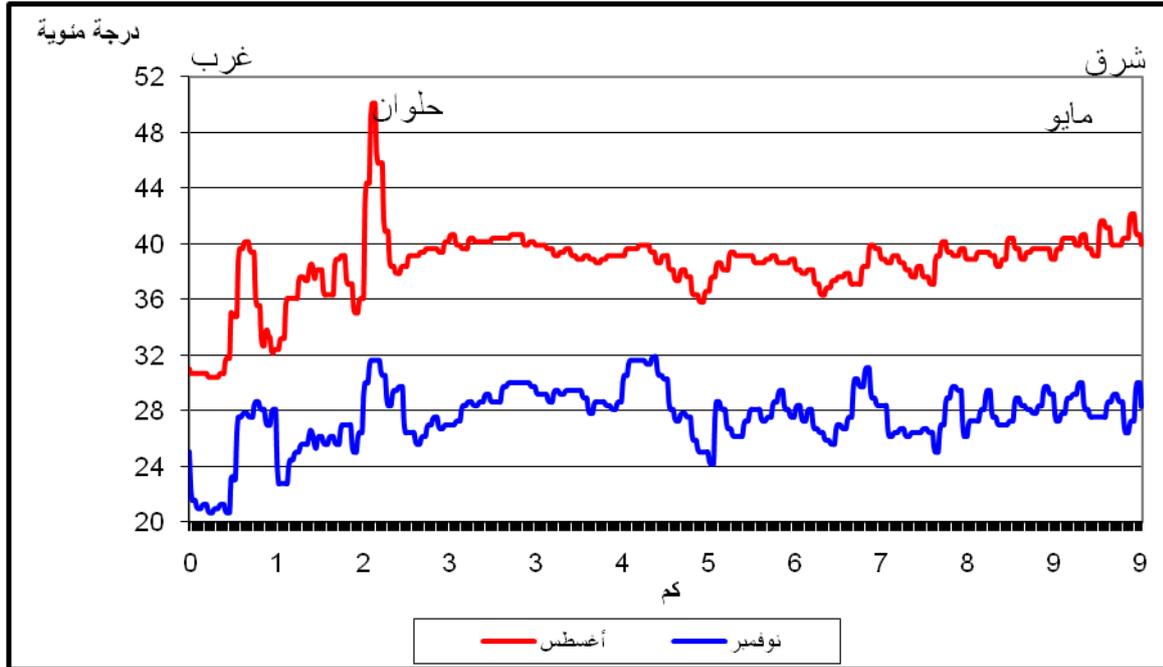
الشكل رقم (٨): قطاع مورفوجراري لشهري أغسطس ونوفمبر (ج)

وقد تم تسجيل عدد من الجزر الحرارية على امتداد هذا القطاع تمثلت أهمها في: تلك التي تمثلت في أقصى الشرق حيث قسم الخليفة وهو أحد الأحياء القديمة التي تحاط بأسطح رملية وحجرية بشكل ملحوظ، وهو الأمر الذي أسهم في تكون تلك الجزر الحرارية به، كما يمكن اعتبار منطقة مصر القديمة أيضاً جزيرة حرارية وان كانت اقل حدة من الجزيرة التي توجد في قسم الخليفة.

أما مناطق الانخفاض في الحرارة على طول هذه القطاع فكما أوضحنا سابقاً لعب مجرى نهر النيل الدور الأساسي في خفض الحرارة على سطح الأرض، وذلك حيث ظهر انخفاض ملحوظ في الحرارة في هذا القطاع في المنطقة التي يمر بها مجرى نهر النيل الشرقي والغربي لجزيرة الذهب. كما يمكن النظر إلى الجزء الغربي من القطاع والتي تمر بمدينة الجيزة بوصفها منطقة تعادل فيها درجة الحرارة بشكل عام أو أنها ذات حرارة اقل درجة من الجزء الشرقي من القطاع الذي يمر بمحافظة القاهرة، ولعل هذا يرجع إلى طبيعة السطح والتركيب العمراني إلى حد كبير، حيث تميز سطح الأرض في الكثير من مناطق الجيزة بالسطح الطيني والذي ضم في بعض قطاعاته بعض قنوات الري، وهو الأمر الذي أسهم في خفض درجة الحرارة بهذا الجزء الغربي من القطاع.

القطاع (د)

يمتد هذا القطاع بجنوب منطقة الدراسة بطول يبلغ حوالي ٩,٤ كم، وقد تراوحت درجات الحرارة على امتداد هذا القطاع ما بين ٥٠,١°م و ٣٠,٥°م خلال شهر أغسطس بمتوسط قدره ٣٨,٦°م، أما خلال شهر نوفمبر فقد تراوحت درجة الحرارة على امتداد هذا القطاع ما بين ٣١,٩°م و ٢٠,٧°م بمتوسط قدره ٢٧,٦°م، وقد بلغ متوسط الفرق على امتداد هذا القطاع فيما بين درجات حرارة شهري أغسطس ونوفمبر حوالي ١٠,٩°م (الشكل رقم ٩).



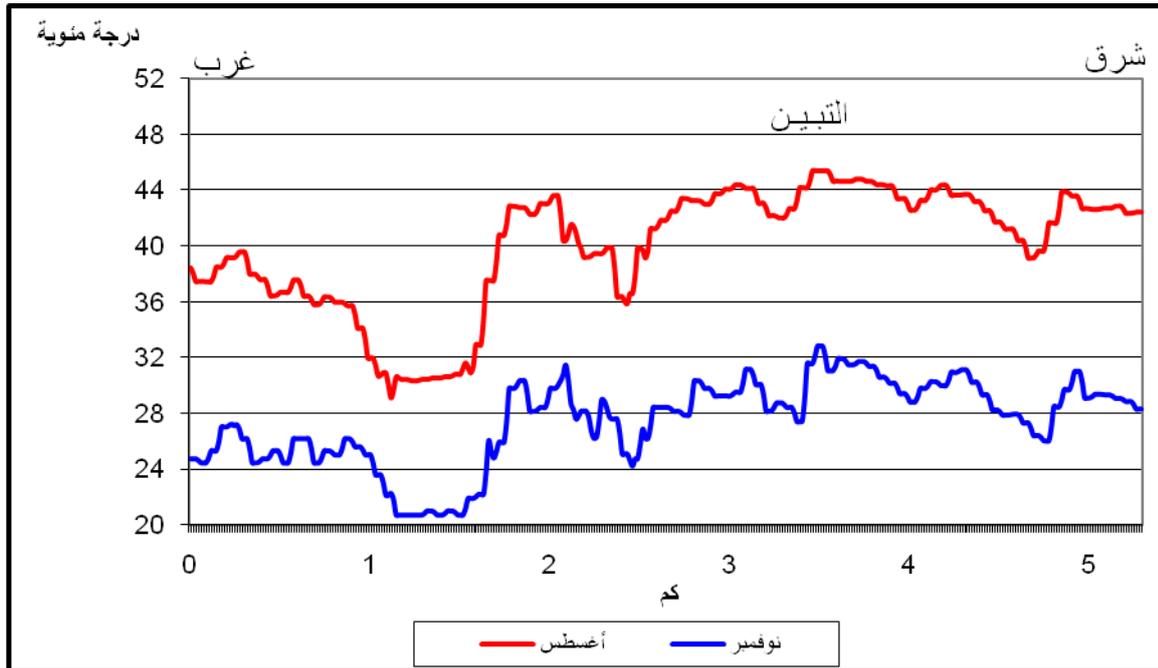
الشكل رقم (٩): قطاع مورفوجرافي لشهري أغسطس ونوفمبر (د)

وقد تم تسجيل عدد من الجزر الحرارية على امتداد هذا القطاع تمثلت أهمها بشكل أساسي في: مدينتي حلوان ومايو وهو نطاق يشتمل على قدر كبير من الاستخدامات الصناعية، التي أدت بطبيعة الحال إلي رفع درجات الحرارة في هذا الجزء من الإقليم بشكل ملحوظ.

أما النطاق الذي تنخفض فيه الحرارة فيتمثل في الجزء الغربي من القطاع حيث مجرى نهر النيل والهامش المحيط بالمجري.

#### القطاع (هـ)

يمتد هذا القطاع بأقصى جنوبي منطقة الدراسة بطول يبلغ حوالي ٥,٣ كم، وقد تراوحت درجات الحرارة على امتداد هذا القطاع ما بين  $45,4^{\circ}\text{C}$  و  $29,1^{\circ}\text{C}$  خلال شهر أغسطس بمتوسط قدره  $40^{\circ}\text{C}$ ، أما خلال شهر نوفمبر فقد تراوحت درجة الحرارة على امتداد هذا القطاع ما بين  $32,8^{\circ}\text{C}$  و  $20,7^{\circ}\text{C}$  بمتوسط قدره  $27,4^{\circ}\text{C}$ ، وقد بلغ متوسط الفرق على امتداد هذا القطاع فيما بين درجات حرارة شهري أغسطس ونوفمبر حوالي  $12,6^{\circ}\text{C}$  (الشكل رقم ١٠).



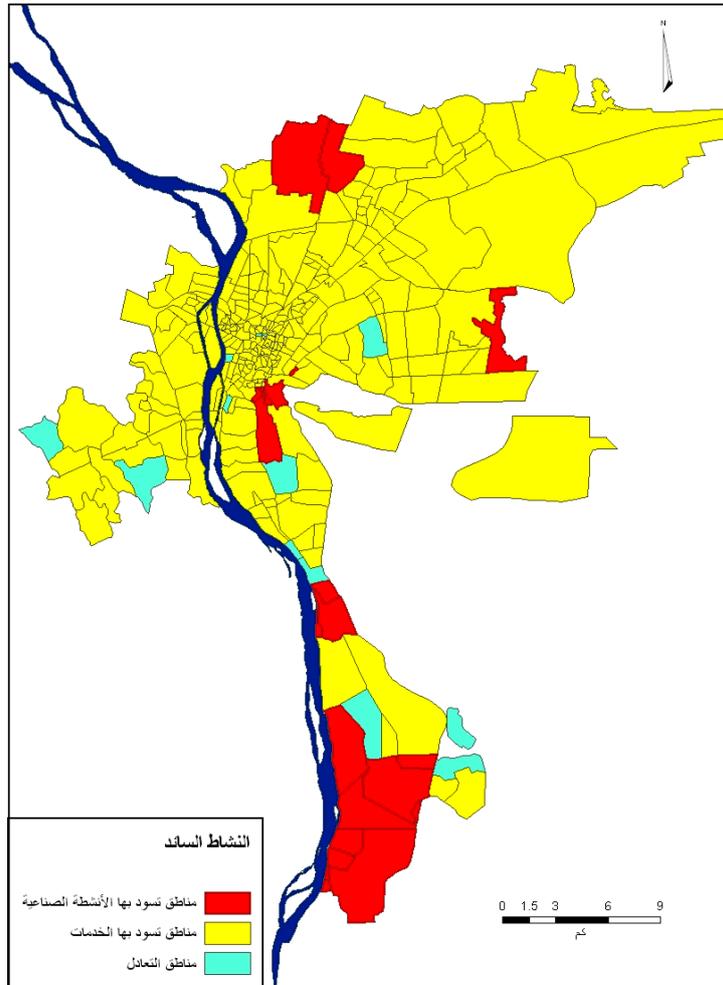
الشكل رقم (١٠): قطاع مورفولوجي لشهري أغسطس ونوفمبر (هـ)

وقد تم تسجيل جزيرة حرارية أساسية وواضحة على امتداد هذا القطاع تمثلت في: مدينة التبين حيث النشاط الصناعي الكبير، سواء كانت صناعات هندسية أو معدنية أو صناعات الأسمنت ومواد البناء، وهو الأمر الذي أسهم بشكل ملحوظ في تكون الجزيرة الحرارية بهذا القطاع.

وفي المقابل فإن الانخفاض الأساسي في درجة الحرارة في هذا القطاع تمثل في الغرب حيث مجرى نهر النيل ولعل المجرى يشهد قدراً من الاتساع في هذا الجزء من منطقة الدراسة، مما شكل نطاق متسع من انخفاض الحرارة.

ينتضح من العرض السابق للقطاعات المورفولوجية ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض بمنطقة الدراسة بالاتجاه بشكل عام من الغرب إلى الشرق فالأجزاء الشرقية من منطقة الدراسة سجلت درجات حرارة أعلى نسبياً من الأجزاء الغربية. وعلى الرغم من اختلاف درجات الحرارة في كل من شهري أغسطس ونوفمبر إلا أنه من الملاحظ تطابق الجزر الحرارية المسجلة على القطاعات المختلفة في كل منهما. ويلاحظ أيضاً ارتباط التغير في درجات الحرارة على امتداد كل قطاع بالتباين في استخدامات الأرض.

يُعد التركيب الاقتصادي للسكان وتوزيعهم على الأنشطة المختلفة مؤشراً على نوع الأنشطة الاقتصادية السائدة بالمناطق المختلفة ومن ثم يمكن استخدام التركيب الاقتصادي للسكان بالأقسام الإدارية المختلفة لمنطقة الدراسة كمؤشر على استخدامات الأرض السائدة بهذه الأقسام. بناءً على ذلك تم تقسيم منطقة الدراسة وفقاً للتركيب الاقتصادي للسكان إلى ثلاثة نطاقات رئيسية: النطاق الأول يضم تلك المناطق التي يعمل غالبية القوى العاملة بها (٥٠% فأكثر) بالأنشطة الاقتصادية الثانوية (الصناعة)، أما النطاق الثاني فيضم تلك المناطق التي يعمل غالبية القوى العاملة بها (٥٠% فأكثر) بالأنشطة الثالثة (الخدمات)، بينما يضم النطاق الثالث تلك المناطق التي لا يسود في أي منها نشاط اقتصادي معين حيث لا تزيد نسبة القوى العاملة بالأنشطة الصناعية والخدمات في كل منها عن ٥٠% (شكل رقم ١١).



شكل رقم (١١): الأنشطة الاقتصادية بالقاهرة الكبرى

وقد تم تحديد درجات الحرارة المسجلة في كل نطاق من هذه النطاقات الثلاثة بمنطقة الدراسة (جدول ٢) وقد اتضح من خلالها أن المناطق التي تسود بها الأنشطة الثانوية (الصناعية) قد سجلت درجات حرارة، خلال شهري أغسطس ونوفمبر، أعلى من تلك المناطق التي تسود بها الأنشطة الثالثة (الخدمات) وكذلك المناطق التي لا تتسم بسيادة نشاط اقتصادي معين. وفي ذلك تأكيد على العلاقة ما بين استخدامات الأراضي وتوزيع الجزر الحرارية، وارتباط الجزر الحرارية وتوزيعها بالأنشطة الصناعية، ولعل التأكيد هنا على أن تكون الجزر الحرارية يرتبط بدرجة أساسية بطبيعة استخدام الأرض والأنشطة الممارسة عليها كما سنلاحظ من البيانات الواردة بالجدول رقم (٢)، وليس بمستوى الكثافة السكانية كما سنلاحظ من البيانات الواردة بالجدول رقم (٣).

جدول (٢): درجات حرارة سطح الأرض بنطاقات التركيب الاقتصادي المختلفة

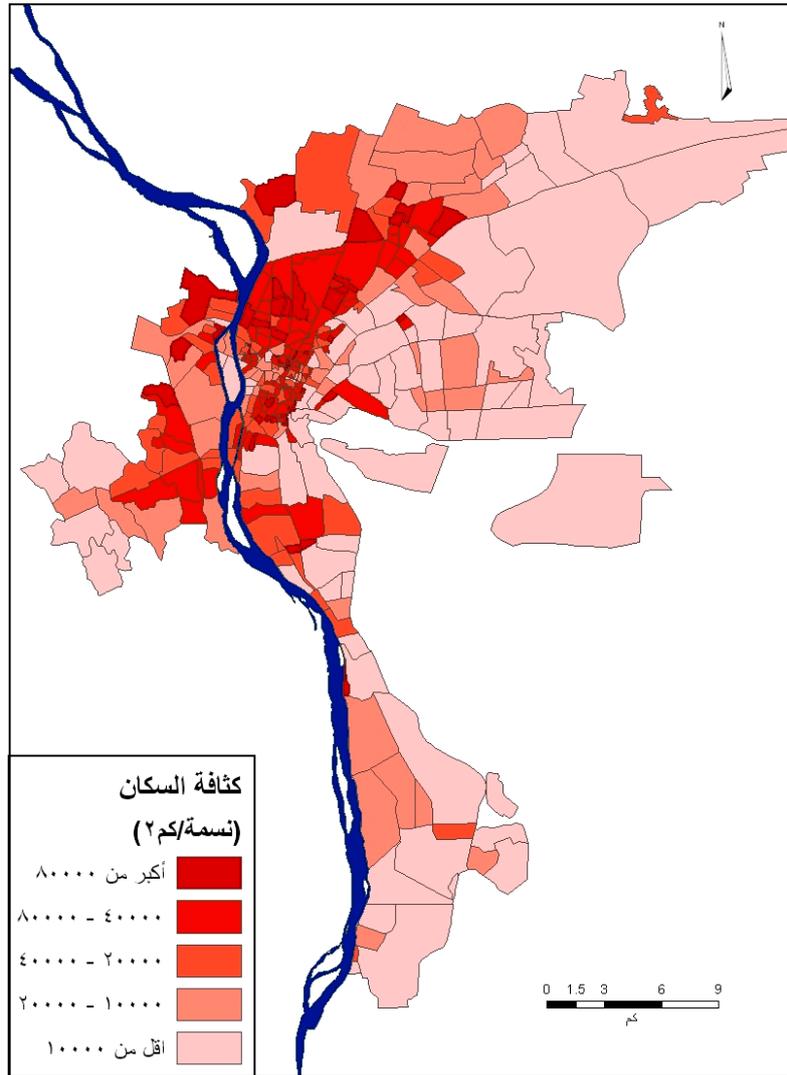
نوفمبر		أغسطس			التركيب الاقتصادي	
المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى		العظمى
٣٤,٧	١٩,٣	٥٠,١	٣٩,٨	٢٩,٥	٥٠,١	مناطق تسود بها الأنشطة الثانوية
٢٦,٨	١٦,٦	٣٧	٣٨	٢٩,٢	٤٦,٨	مناطق تسود بها الأنشطة الثالثة
٢٦,٢	١٩,٦	٣٣	٣٧,٨	٣٠,٥	٤٥,١	مناطق التعادل

#### ٤-٢ علاقة الجزر الحرارية بالكثافات السكانية بمنطقة الدراسة:

وللوقوف على تأثير التباين في الكثافات السكانية في الجزر الحرارية وتوزيعها بمنطقة الدراسة، تم تقسيم منطقة الدراسة إلى خمسة نطاقات وفقاً للكثافة السكانية (شكل رقم ١٢) على النحو التالي:

- مناطق ذات كثافة سكانية شديدة الارتفاع وتزيد الكثافة السكانية بها عن ٨٠٠٠٠٠ نسمة/كم<sup>٢</sup>.
- مناطق ذات كثافة سكانية مرتفعة وتتراوح الكثافة السكانية بها ما بين ٤٠٠٠٠٠ - ٨٠٠٠٠٠ نسمة/كم<sup>٢</sup>.
- مناطق ذات كثافة سكانية متوسطة وتتراوح الكثافة السكانية بها ما بين ٢٠٠٠٠٠ - ٤٠٠٠٠٠ نسمة/كم<sup>٢</sup>.
- مناطق ذات كثافة سكانية منخفضة وتتراوح الكثافة السكانية لها ما بين ١٠٠٠٠٠ - ٢٠٠٠٠٠ نسمة/كم<sup>٢</sup>.
- مناطق ذات كثافة سكانية شديدة الانخفاض وتقل الكثافة السكانية بها عن ١٠٠٠٠٠ نسمة/كم<sup>٢</sup>.

وقد تم تحديد درجات الحرارة في كل نطاق من نطاقات الكثافة الخمسة بمنطقة الدراسة (جدول ٣) وقد اتضح من خلالها عدم وجود ارتباط بين درجات الحرارة والكثافة السكانية بمنطقة الدراسة، خلال شهري أغسطس ونوفمبر. ومن ثم فإن النظرة التقليدية لدى كثير من الباحثين التي تربط بين تكون الجزر الحرارية ومناطق الكثافة السكانية المرتفعة أمر غير واقعي عند إجراء الدراسات الفعلية، فعلى الرغم من أن هناك العديد من الدراسات التي تناولت المدن بوصفها مناطق تشتمل على مناطق مرتفعة الكثافة يظهر فيها تراكم للمشكلات التي قد تتصل بحدوث الحرائق أو تعدد المناطق الآيلة للسقوط أو المعرضة للأخطار (Yanfng, and Yaolin, 1993: 411) فإن هذا التصور لا يجب أن ينعكس بأي حال على تشكل الجزر الحرارية، فكما لوحظ أن الارتباط الأساسي يتعلق بنوعية الاستخدام وليس بكثافة الاستخدام، بل أن الكثافة السكانية المرتفعة على النقيض من ذلك قد توجد في مناطق تنخفض بها درجات الحرارة، وهنا يكون انخفاض الحرارة في تلك المناطق مرتبطاً بأمر آخر هو التركيب العمراني في بعض القطاعات السكنية والتي تتميز بضيق الشوارع ووضع المخلفات فوق أسطح المنازل، والتي تعمل على خفض ملحوظ في الحرارة بتلك المناطق.



الشكل رقم (١٢): نطاقات الكثافة السكانية بالقاهرة الكبرى

جدول رقم (٣): درجات حرارة سطح الأرض في نطاقات الكثافة المختلفة بمنطقة الدراسة

نوفمبر			أغسطس			التركيب الاقتصادي
المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	
٣٣,٣٥	١٦,٦	٥٠,١	٤٠,٠٥	٣٠	٥٠,١	مناطق ذات كثافة سكانية شديدة الانخفاض
٣٤,٧	١٩,٣	٥٠,١	٣٩,٦٥	٢٩,٢	٥٠,١	مناطق ذات كثافة سكانية منخفضة
٢٧,٨٥	١٨,٧	٣٣٧	٣٧,٢	٢٩,٥	٤٤,٩	مناطق ذات كثافة سكانية متوسطة
٢٦,٨	١٩,٦	٣٤	٣٧,٢	٣٠	٤٤,٤	مناطق ذات كثافة سكانية مرتفعة
٢٧,١	٢٠,٢	٣٤	٣٧,٣	٢٩,٨	٤٤,٨	مناطق ذات كثافة سكانية شديدة الارتفاع

## ٥. حساب درجة حرارة الهواء اعتماداً على درجات حرارة سطح الأرض:

إذا كانت درجات الحرارة المشتقة من المرئيات الفضائية تمثل درجات حرارة سطح الأرض ولا تمثل درجات حرارة الهواء، فإن مصداقيتها في التعبير عن الجزر الحرارية - التي ترتبط بشكل أساسي بالهواء - تُعد غير كافية، وهو أمر يفقد النموذج الكارتوجرافي المُنتج جزءاً كبيراً من التعبير الملائم عن الظاهرة محل العرض، هذا على الرغم من وجود ارتباط ذي دلالة، إلا أن طبيعة القيم المُعبر عنها في النموذج الكارتوجرافي تبتعد عن القيم الفعلية للهواء، وهو الأمر الذي يحد من مصداقية تلك النماذج، وهو الأمر الذي يؤدي إلي إعطاء مستقبل النموذج الكارتوجرافي تصورات غير دقيقة عن طبيعة ومستوى درجات الحرارة في تلك الجزر.

وقد اعتمد عدد غير قليل من البحوث على المرئيات الفضائية في دراسة الجزر الحرارية مثل دراسة (Aniello et al., 1995) التي اهتمت بتقديم منهجية متكاملة لرسم الجزر الحرارية المحلية باستخدام المرئيات الفضائية، وكذلك دراسة (Jusuf, et al., 2007) التي تناولت تأثير أنماط استخدامات الأرض على الجزر الحرارية بسنغافورة، هذا بالإضافة إلى دراسة (Weng, et al., 2004) والتي اهتمت بتقييم العلاقة ما بين نوعية الغطاء الأرضي ودرجات حرارة سطح الأرض وتأثير تلك العلاقة على تكون الجزر الحرارية، وأيضاً دراسة (Hung et al., 2006) التي تناولت بالدراسة تأثير الجزر الحرارية على ثمان عشر مجموعة حضرية كبرى بآسيا وذلك باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد.

إلا أن الاعتماد على مرئيات الاستشعار عن بعد - وما ينتج عنها من درجات حرارة سطح الأرض - في دراسة وتحليل الجزر الحرارية لا يُعد مثالياً وإن كانت له العديد من المزايا. من هنا كان البحث عن منهج أو طريقة جديدة، من وجهة نظر الباحثين، لتحديد درجات حرارة الهواء اعتماداً على درجات حرارة سطح الأرض المشتقة من المرئيات الفضائية وذلك نظراً للعلاقة ما بين درجات حرارة الهواء ودرجات حرارة سطح الأرض °.

وتعتمد الطريقة المقترحة على افتراض أساسي وهو أن هناك علاقة ارتباط طردي ما بين درجات حرارة سطح الأرض ودرجات حرارة الهواء الملامس يمكن التعبير عنها في شكل معادلة خط الانحدار على النحو التالي:

$$Y = b X + a$$

° حيث يمثل سطح الأرض المصدر الرئيسي لحرارة الطبقة السفلية من الغلاف الجوي.

حيث:

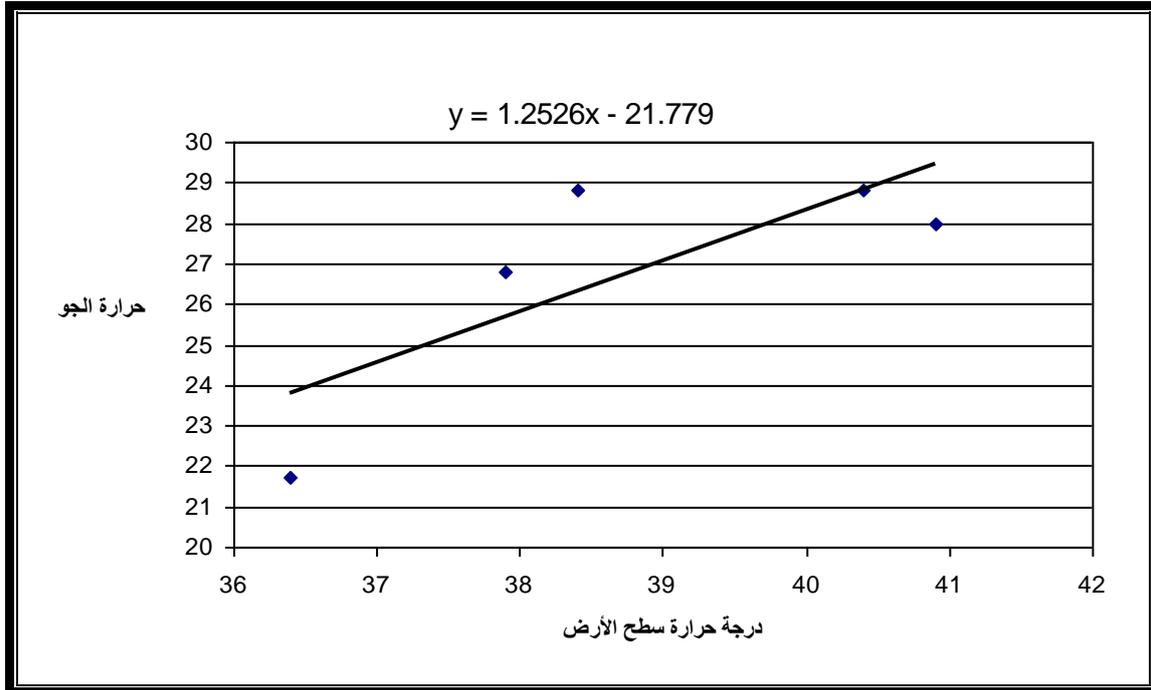
$$Y = \text{درجة حرارة الهواء}$$

$$X = \text{درجة حرارة سطح الأرض}$$

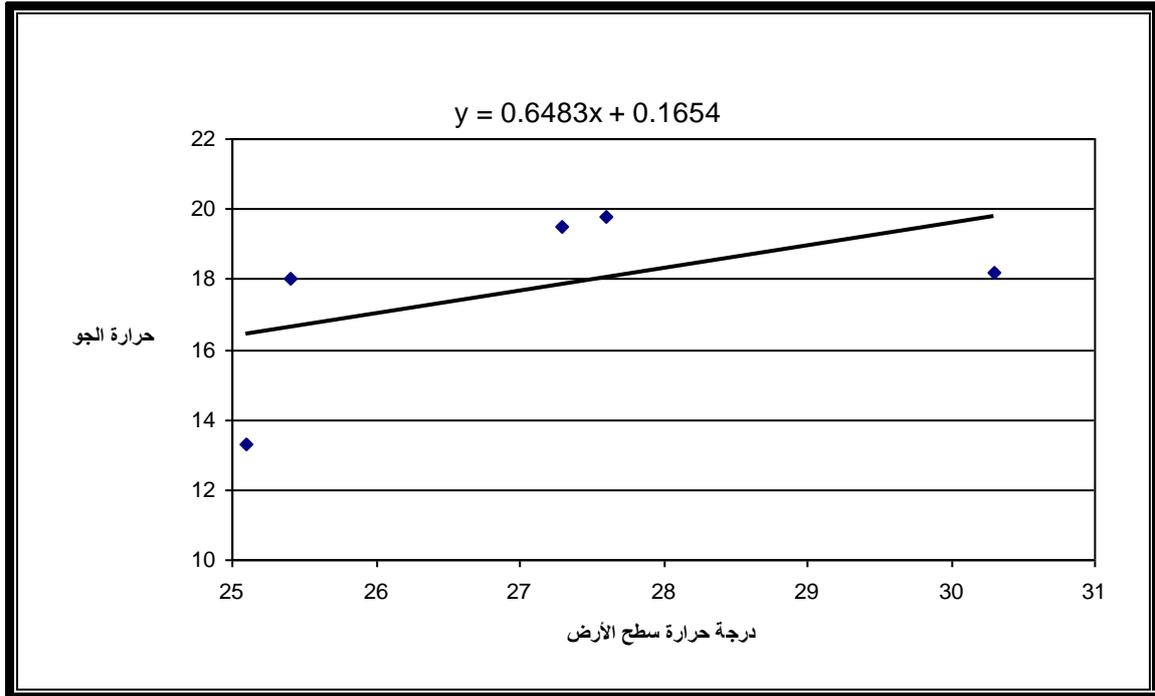
$$a = \text{ثابت الانحدار}$$

$$b = \text{معدل ميل الانحدار}$$

ولتحديد متغيرات معادلة خط الانحدار التي توضح هذه العلاقة تم الاعتماد على معدلات درجات الحرارة المسجلة لشهري أغسطس ونوفمبر في خمس محطات موزعة في مختلف أجزاء منطقة الدراسة (وهي المعدلات التي تمثل درجة حرارة الهواء المقاسة من خلال هيئة الأرصاد الجوية) وقد تم مقارنة هذه المعدلات بدرجات الحرارة الفعلية لسطح الأرض التي تم اشتقاقها من المرئيات الفضائية، وقد تم توزيع هذه الأرقام على منحنى الانتشار Scatter Diagram وقد لوحظ وجود علاقة طردية واضحة (شكل رقم ١٣، وشكل رقم ١٤)، ومن خلال هذه المنحني تم تحديد معادلة خط الانحدار بمتغيراتها المختلفة لدرجات حرارة سطح الأرض كمتغير مستقل ودرجات حرارة الهواء كمتغير تابع خلال شهري أغسطس ونوفمبر.



شكل رقم (١٣): منحنى الانتشار ومعادلة خط الانحدار توضح العلاقة ما بين درجات حرارة سطح الأرض ودرجة حرارة الهواء بمنطقة الدراسة خلال شهر أغسطس

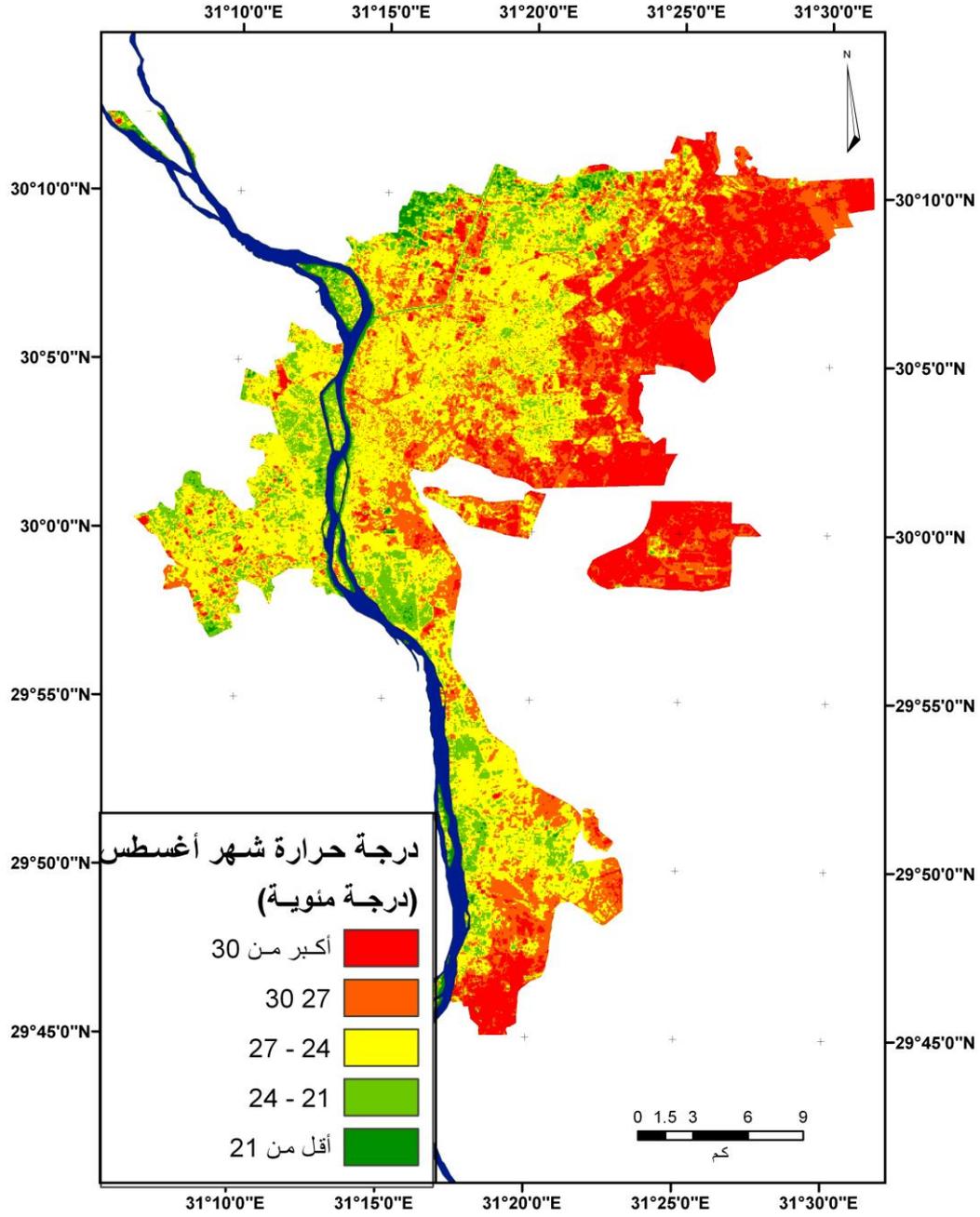


شكل رقم (١٤): منحني الانتشار ومعادلة خط الانحدار توضح العلاقة ما بين درجات حرارة سطح الأرض ودرجة حرارة الهواء بمنطقة الدراسة خلال شهر نوفمبر

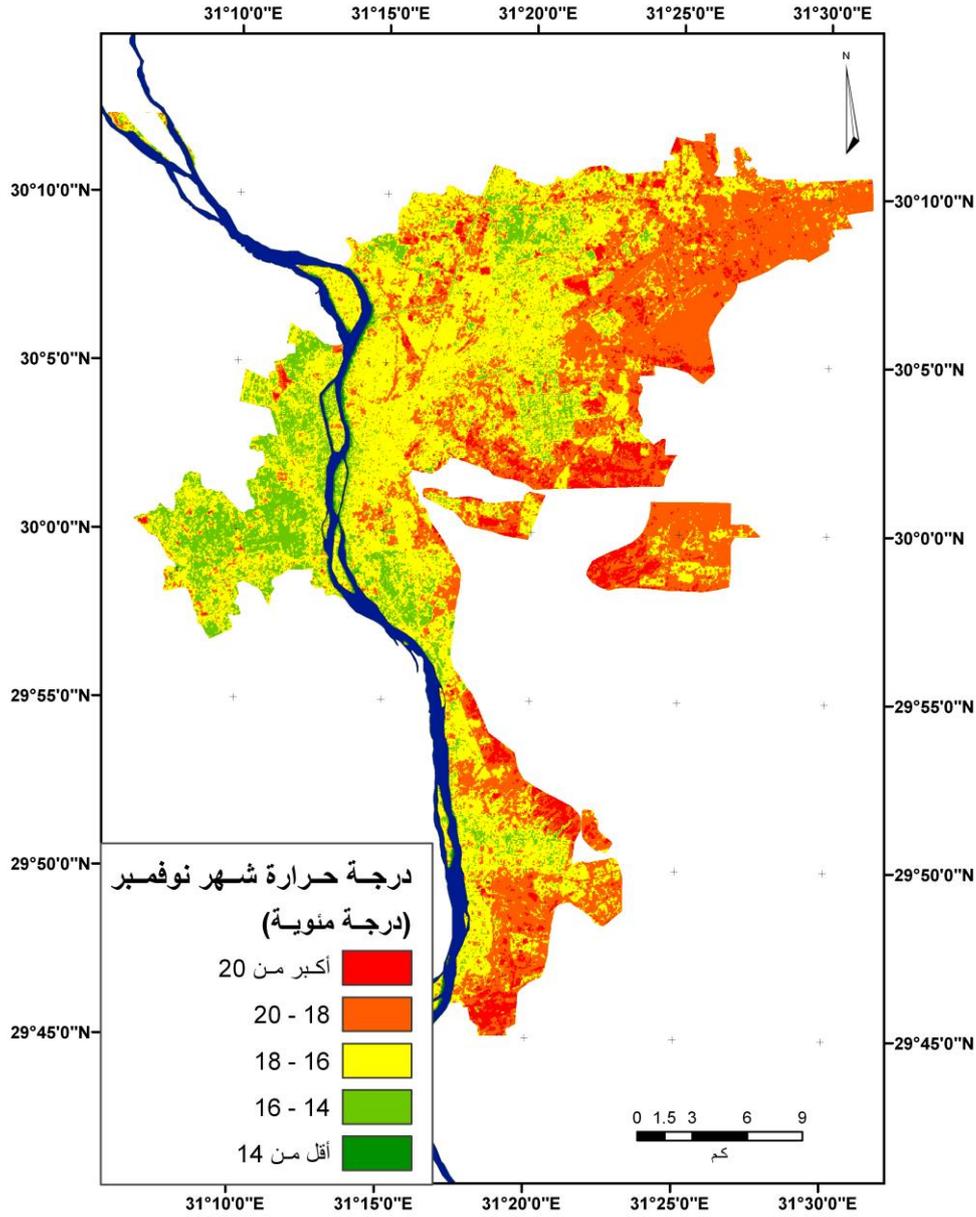
واعتماداً على معادلة خط الانحدار تم تعديل درجات حرارة سطح الأرض المشتقة من المرئيات الفضائية وتم حساب درجات حرارة الهواء بمنطقة الدراسة خلال شهري أغسطس ونوفمبر، وقد تراوحت درجات حرارة الهواء بمنطقة الدراسة خلال شهر أغسطس فيما بين ١٤,١ - ٤١ درجة مئوية بينما تراوحت درجات حرارة الهواء خلال شهر نوفمبر فيما بين ١٩,٩ - ٣١,٧ درجة مئوية.

ويوضح كل من الشكل رقم (١٥) والشكل رقم (١٦) درجات حرارة الهواء بمنطقة الدراسة خلال شهري أغسطس ونوفمبر التي تم حسابها من درجة حرارة سطح الأرض وذلك اعتماداً على معادلة خط الانحدار.

وقد لوحظ من مقارنة الخرائط الخاصة بدرجات حرارة سطح الأرض وتلك الخاصة بدرجات حرارة الهواء تطابق الجزر الحرارية بكل من الخريطين خلال شهري أغسطس ونوفمبر. وتجدر الإشارة إلى أن دقة عملية تعديل درجات حرارة سطح الأرض لتحديد درجة حرارة الهواء بهذه الطريقة تعتمد في المقام الأول على عدد المحطات الأرضية التي توفر بيانات عن درجة حرارة الهواء فكلما زادت عدد هذه المحطات كلما زادت مصداقية عملية التحويل.

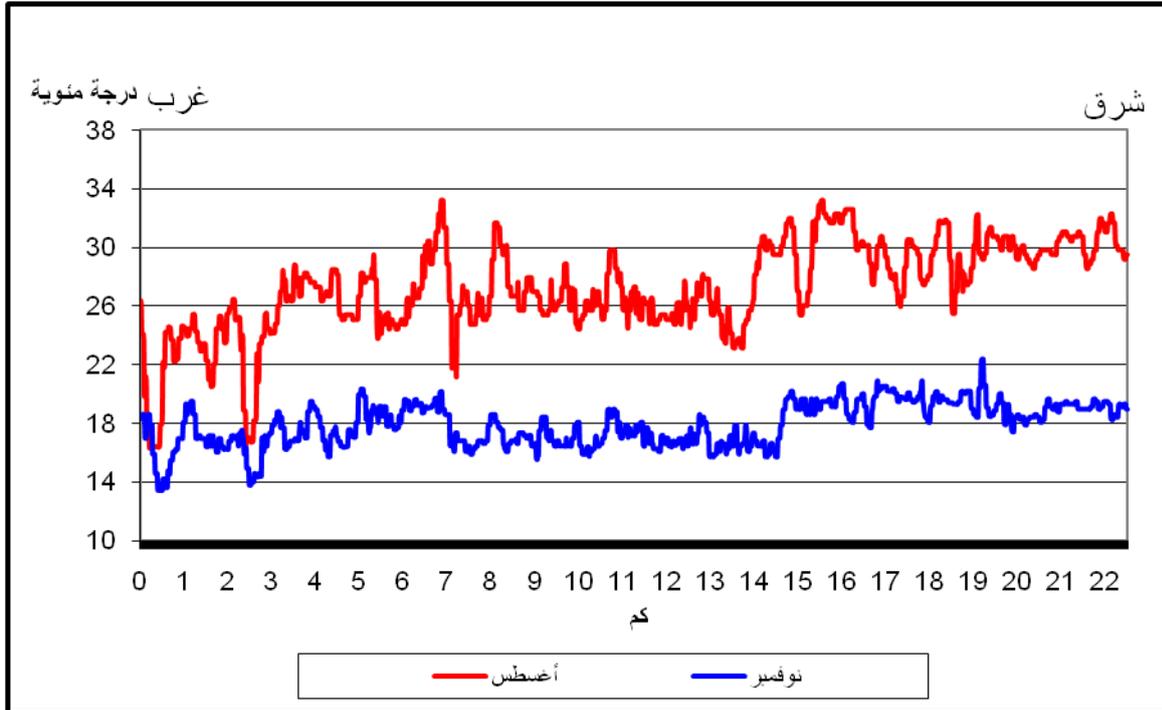


شكل رقم (١٥): درجات حرارة الهواء بالقاهرة الكبرى خلال شهر أغسطس



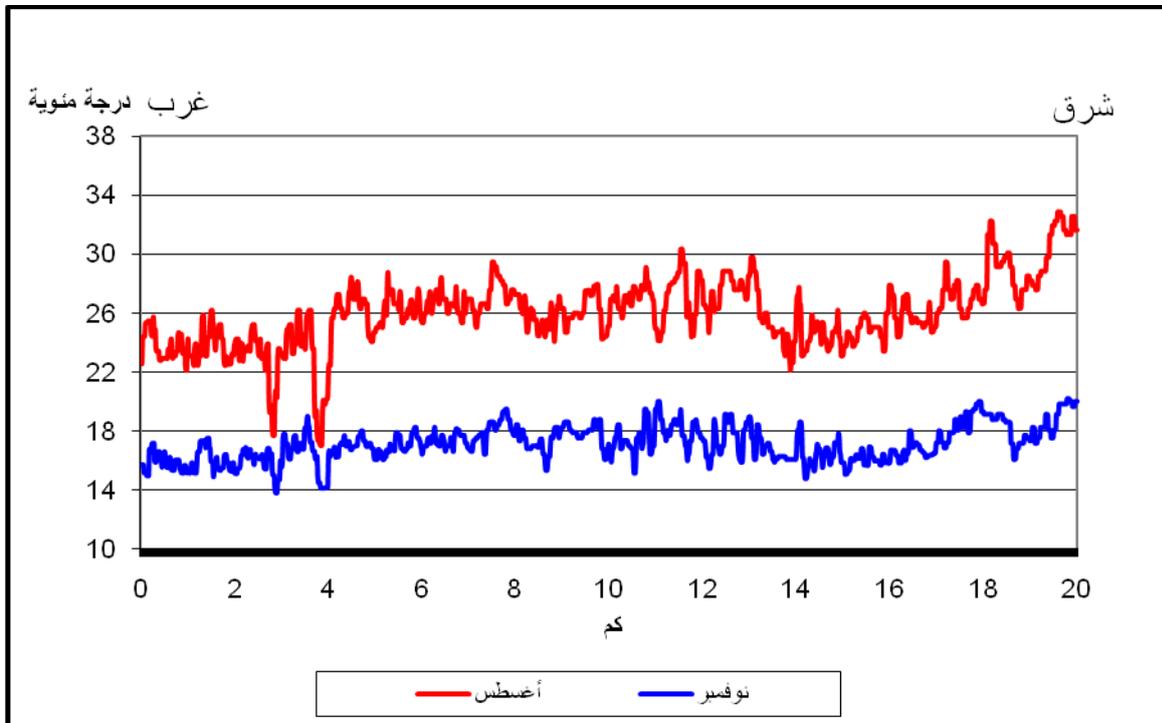
شكل رقم (١٦): درجات حرارة الهواء بالقاهرة الكبرى خلال شهر نوفمبر

وقد تم إنشاء قطاعات مورفولوجرافية للهواء في نفس مواقع القطاعات المورفولوجرافية لسطح الأرض السابقة وذلك لرصد التباين المكاني في درجات حرارة الهواء (الأشكال ١٧، و١٨، و١٩، و٢٠، و٢١).



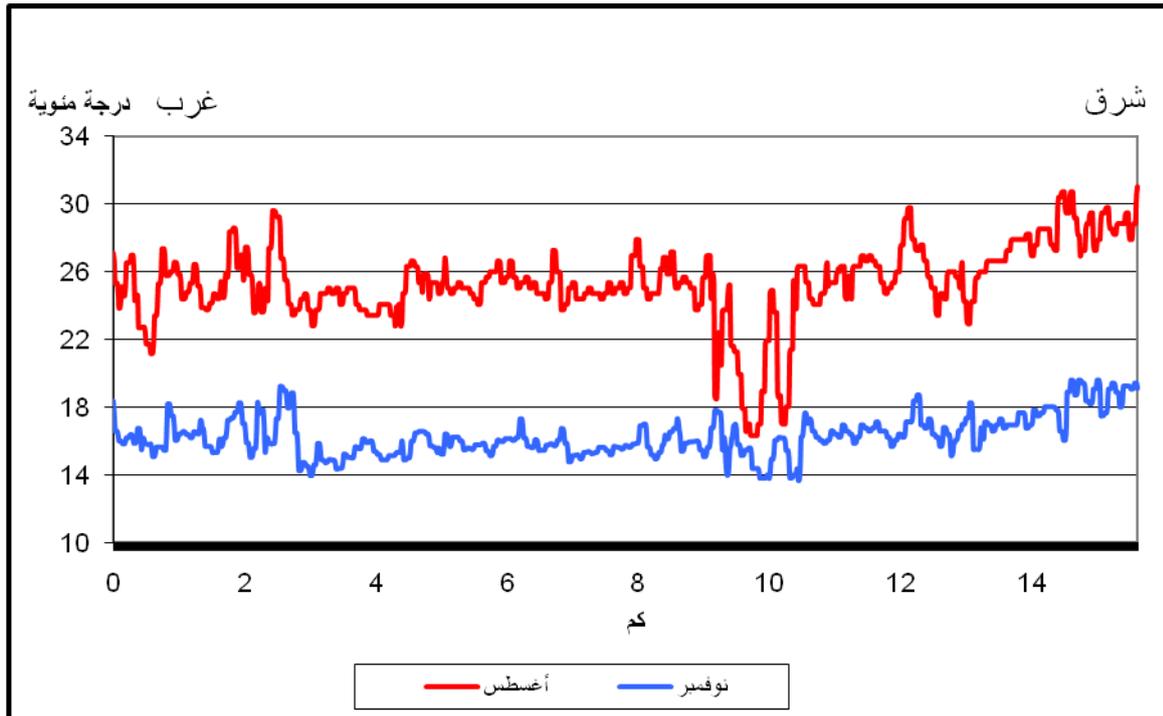
الشكل رقم (١٧): قطاع مورفولوجي لشهري أغسطس ونوفمبر (أ)

من واقع درجات حرارة الهواء

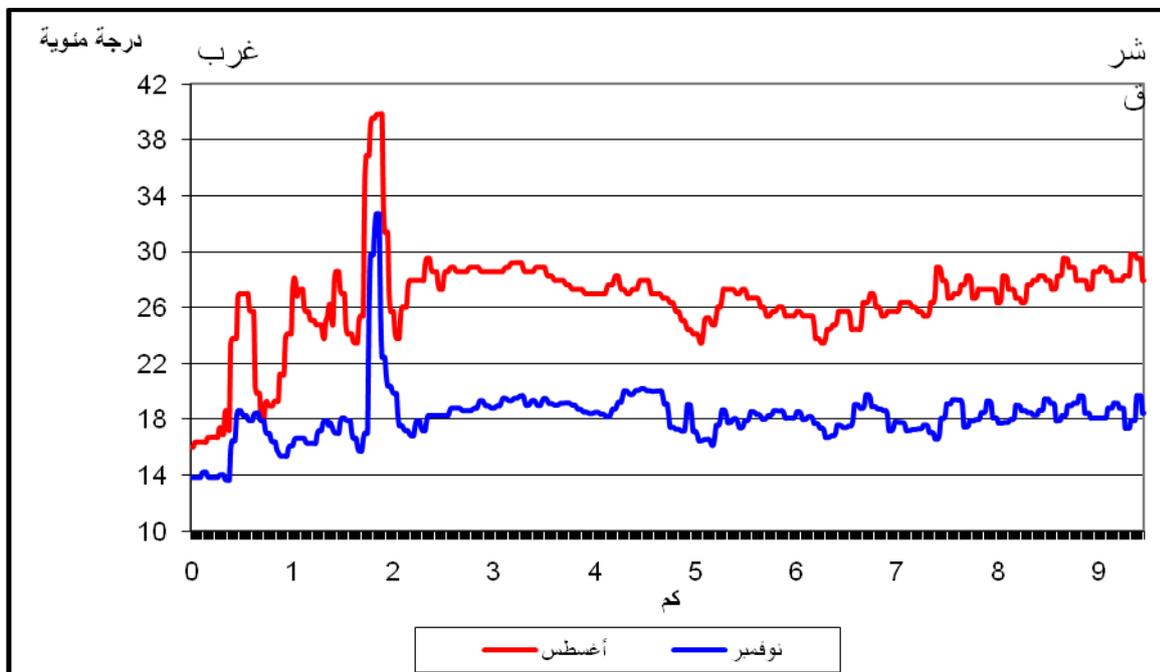


الشكل رقم (١٨): قطاع مورفولوجي لشهري أغسطس ونوفمبر (ب)

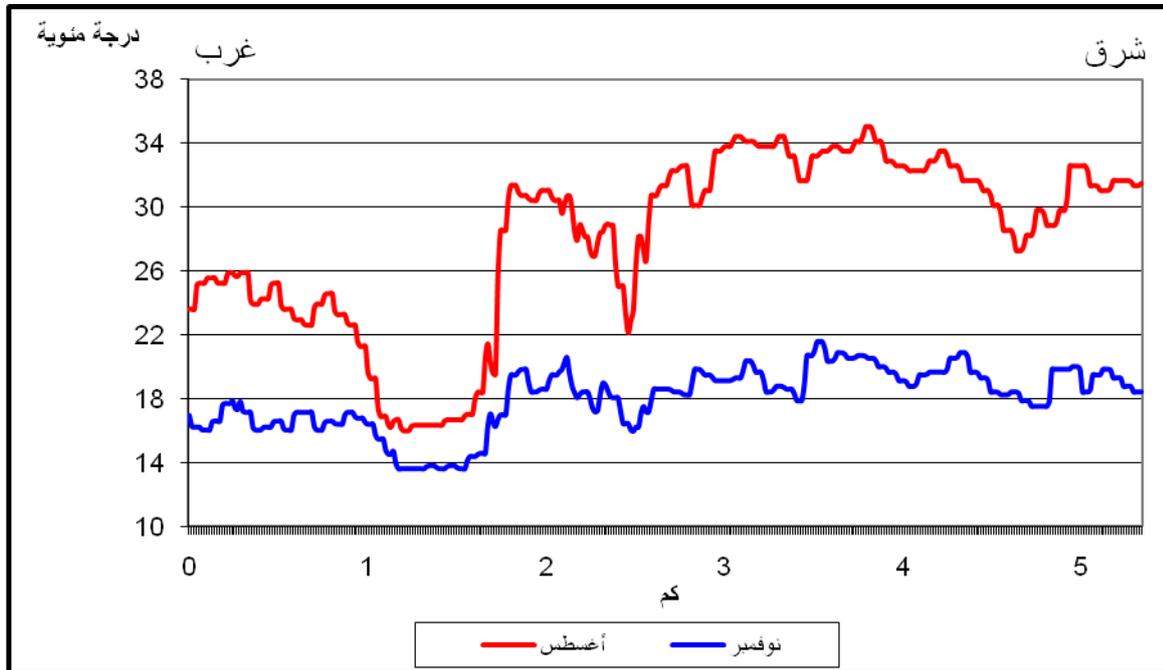
من واقع درجات حرارة الهواء



الشكل رقم (١٩): قطاع مورفولوجي لشهري أغسطس ونوفمبر (ج)  
من واقع درجات حرارة الهواء



الشكل رقم (٢٠): قطاع مورفولوجي لشهري أغسطس ونوفمبر (د)  
من واقع درجات حرارة الهواء



الشكل رقم (٢١): قطاع مورفوجراري لشهري أغسطس ونوفمبر (هـ) من واقع درجات حرارة الهواء

ولقد اتضح من مقارنة القطاعات المورفوجرارية مع مثيلاتها السابقة المأخوذة لدرجات حرارة سطح الأرض الانخفاض النسبي للفارق بين درجات حرارة الهواء خلال شهري أغسطس مقارنة بدرجات حرارة سطح الأرض. كذلك اتضح التطابق التام في توزيع مواقع الجزر الحرارية على طول القطاعات المورفوجرارية لدرجات حرارة سطح الأرض ودرجات حرارة الهواء، إلا أن الجزر الحرارية (القمم على القطاعات) أصبحت أكثر بروزاً واتضحاً في حالة درجات حرارة الهواء منها في حالة درجات حرارة سطح الأرض. وهنا يمكن أن نؤكد على ما ذكره (Trainor, 1993: 151) من أن التفاعل الدائم بين قارئ الخريطة ومصممها يؤدي في كثير من الأحيان إلى تغييرات في الخريطة ومواصفاتها، بحيث يمكن القول إن العمليات الكارتوجرافية والإنتاج الآلي للخرائط ليست ثابتة فهي ليست مجرد برامج وحواسب آلية فعندما يحدد موضوع النموذج الكارتوجرافي فإن هناك العديد من العناصر التي يجب العناية بها والتي قد تشمل مسح البدائل الممكنة لبناء النموذج والمرئيات الملائمة وشكل وطبيعة خريطة الأساس المستخدمة وطبيعة البيانات الإحصائية وكيفية معالجتها وعرضها. وعليه فإن بناء النماذج الكارتوجرافية لا بد أن يخضع لتقييم دلالة ومصادقية النموذج المنتج ومدى تعبيره عن الظاهرة محل العرض ومدى دقة الانطباع البصري الذي سيتم الحصول عليه من النموذج المعروض.

## ٦. الخلاصة:

من النظرة الشاملة لطبيعة تشكيل الجزر الحرارية في منطقة الدراسة نستطيع أن نخرج بعدد من الحقائق حول الجزر الحرارية بمنطقة الدراسة ولعل من أهمها:

(١) تركزت الجزر الحرارية بشكل عام في منطقة الدراسة بالأجزاء الشرقية أكثر من الأجزاء الغربية منها، وهو أمر يرجع إلي طبيعة السطح في القطاع الشرقي من القاهرة الكبرى والذي يتمثل إما في أسطح رملية أو صخرية، وهي أسطح لها قدرة أكبر على الاحتفاظ بالحرارة.

(٢) لعب استخدام الأرض دوراً كبيراً في تشكيل وتوزيع الجزر الحرارية، حيث لوحظ أن الجزر الحرارية قد تركزت بصفة أساسية في مناطق النشاط الصناعي، سواء في شمال منطقة الدراسة حيث مدينة شبرا الخيمة أو في جنوبها حيث منطقتي حلوان والتبين، وهذه المناطق هي المناطق الصناعية الأبرز في القاهرة الكبرى.

(٣) لعبت الأسطح الأسفلتية المتسعة والتي توجد في منطقة المطار في شمال شرقي القاهرة دورا كبيرا في تكون جزيرة حرارية واضحة المعالم، وذلك بسبب طبيعة السطح وكذلك بسبب حركة الطائرات على تلك الأسطح، وهي أمور كلها تزيد من تراكم الحرارة.

(٤) لم يسجل عامل ارتفاع الكثافة السكانية في منطقة الدراسة أي دور ملحوظ في تكون الجزر الحرارية، فهناك العديد من المناطق المرتفعة الكثافة والمنخفضة في درجات الحرارة في ذات الوقت.

(٥) لعب التركيب العمراني والمواد المستخدمة في البناء ووضع المخلفات فوق أسطح بعض المباني في بعض أحياء القاهرة الكبرى دور كبير في خفض درجات الحرارة بتلك القطاعات، ومن ثم فإن القطاعات العمرانية التي تميزت بشبكات طرق ضيقة تميزت في ذات الوقت بانخفاض ملحوظ في درجات الحرارة.

(٦) لعب نهر النيل دورا كبيرا في خفض الحرارة على طول المحور الذي مر به من أقصى شمال منطقة الدراسة والى أقصى جنوبها.

وفيما يخص الأسلوب المستخدم في بناء خرائط الجزر الحرارية، فقد أولته الدراسة أهمية كبيرة، من خلال استخدام عدد من محطات الأرصاد في منطقة الدراسة وبالاستعانة بمعادلة خط الانحدار وبالاعتماد على المرئيات الفضائية تم حساب درجات حرارة الهواء من درجات حرارة سطح الأرض المشتقة من المرئيات الفضائية وبناء نموذج للجزر الحرارية أكثر مصداقية، وبدقة مساحية مرتفعة تبرز التباينات المكانية الدقيقة في درجات الحرارة وبشكل متصل.

ولعل هذا الأسلوب يقدم نموذجاً كارتوجرافياً للجزر الحرارية أكثر مصداقية مقارنة بالنماذج المبنية على خطوط تساوي الحرارة والتي تُبنى اعتماداً على بيانات محطات الرصد فقط، والتي قد تكون في كثير من الأحيان قليلة مما يؤدي إلي الحصول على شكل مشوه وغير دقيق للجزر الحرارية. ومن ثم فانه من خلال الدمج بين استخدام المرئيات الفضائية وبيانات محطات الأرصاد الجوية أصبح هناك إمكانية أكبر في بناء نموذج كارتوجرافي أكثر مصداقية في التعبير عن الجزر الحرارية.

## ٧. المراجع:

### أولاً: المراجع باللغة الإنجليزية:

Aniello, C., Morgan K., Busbey A., and Newland L., (1995) Mapping micro-urban heat islands using LANDSAT TM and GIS, Computers and Geosciences, Vol. 21, No. 8, 1995, pp. 965-969.

Dewan, A. and Yanaguchi, Y. (2009) Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization, Applied Geography, Vol 29, pp. 390 – 401.

Herold, M., Goldstein, N. C., and Clarke, K. C. (2003) The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. Remote Sensing of Environment, 86, pp. 286–302.

Hung, T., Uchihama D., Ochi S., and Yasuoka Y., (2006) Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities, International Journal of Applied Earth Observation, Vol. 8, pp. 34-48.

Jusuf, S. K., N. H. Wong, E. Hagen, R. Anggoro, and Y. Hong, (2007) The influence of land use on the urban heat island in Singapore, Habitat International, Vol. 31, pp. 232-242.

Pongracz, R., J. Bartholy, and Z. Dezso, (2006) Remotely sensed thermal information applied to urban, climate analysis, Advances in Space Research, Vol. 37, pp. 2191-2196.

Robinson, A. H., and Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J. and Guptill, S.C. (1995) Elements of cartography, 6th Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York p. 674.

Solecki, D., Cynthia, R., L. Parshall, G. Pope, M. Clark, J. Cox, and M. Wiencke, (2005) Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey, Environmental Hazards vol. 6, pp. 39–49.

Trainor, T. (1993) Census mapping: testing the limits, in: 16th International Cartographic Conference (ICC), Cologne, pp. 150 – 159.

Vasconcellos, R. (1993) Representing the geographical space for visually handicapped student: a case study on map use, in: 16th International Cartographic Conference (ICC), Cologne, pp. 993-1004.

Vujakovic, P. (1993) Maps, Myths and Media: Cartography and the New Europes, In: 16th International Cartographic Conference (ICC), Cologne, pp. 231 - 343.

Weng, Q. D. Lu, and J. Schubring, (2004) Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies, Remote Sensing of Environment, Vol. 89, pp. 467-483.

Yanfng, L. and Yaolin, L., 1993, Design and compilation of urban anti-disaster planning, in: 16th International Cartographic Conference (ICC), Cologne, pp. 411 - 420.

Yang, J. and Y.Q. Wang, (2004) Estimation of land surface temperature using Landsat-7 ETM+ thermal infrared and weather station data, Journal of Environmental Informatics, Vol. 4 No. 1, September, pp. 40-47.

#### ثانياً: المراجع باللغة العربية:

عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (٢٠٠٠): مناطق الحرارة المثلى في مدينة القاهرة: دراسة في المناخ الحضري، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد السادس والثلاثون، السنة الثانية والثلاثون، الجزء الثاني، ص ص. ٥٩ - ٩٠.

#### ثالثاً: المصادر الكارتوجرافية

مرئية فضائية (ETM+) القمر الصناعي لاندسات بدقة مساحية ١٥ متر بتاريخ ٢٣ أغسطس ٢٠٠٠.

الباند السادس (الحراري) لمرئية فضائية (ETM+) القمر الصناعي لاندسات بدقة مساحية ٦٠ متر بتاريخ ٢٣ أغسطس ٢٠٠٠.

مرئية فضائية (ETM+) القمر الصناعي لاندسات بدقة مساحية ١٥ متر بتاريخ ١١ نوفمبر ٢٠٠٠.

الباند السادس (الحراري) لمرئية فضائية (ETM+) القمر الصناعي لاندسات بدقة مساحية ٦٠ متر بتاريخ ١١ نوفمبر ٢٠٠٠.

الهيئة العامة للمساحة المصرية، خرائط طبوغرافية مقياس ١ : ٥٠٠٠٠٠ ، تشمل لوحات شرق القاهرة (I3b) ، غرب القاهرة (I3a) ، حلوان (E6d)، أهرامات الجيزة (E6c)، ١٩٩٢.

#### رابعاً: المصادر الإحصائية

الهيئة العامة للأرصاد الجوية، الإدارة العامة للأرصاد، بيانات محطات مطار القاهرة، بهتيم، العباسية، حلون، والقطامية، بيانات مناخية غير منشورة، القاهرة.

## **Reliability of using satellite images in developing urban heat islands cartographic models Case study: Greater Cairo**

### **Abstract:**

Since 1970s remotely sensed data were widely employed to derive land surface temperature. It should be noted that despite satellite images used in detecting land surface instead of air temperature, they provide an accurate indicator to air temperature in low layers of atmosphere adjacent to land surface. Therefore, remote sensing images provide very useful data on various geographical phenomena particularly when analyzing such data with geographical information systems.

Heat islands refer to those areas that experience higher temperature than background surface temperature. This phenomenon is generally associated with urban areas due the concentration of human activities and associated high levels of energy consumption, which contributes to higher air and surface temperature within urban areas. Generally, studying urban heat island assists in identifying spatial differences in temperature within urban area. This, consequently, provides better understanding of urban environment and contributes to improve quality of urban life.

The paper in hand aims at assessing the credibility of using LANDSAT ETM+ images in studying and analyzing urban heat islands in Greater Cairo as a study area. The study used two satellite images of the area dated 23/08/2000 and 11/11/2000, respectively.

Firstly, the land surface temperature was derived from the two satellite images, and the heat islands were identified. Various factors affecting spatial distribution of urban heat islands were also analyzed. Thereafter, based on traditional records of air temperature acquired from five meteorological stations distributed in various parts of the study area, air temperature was calculated from land surface temperature on the basis of the relationship between land surface and air temperature.

The pattern of temperature in the study area during August and November reveals a number of heat islands in the marginal desert parts in addition to industrial areas in southern and northern parts of the study area.

This result was found to be consistent with the results of the previous studies, which were based on traditional meteorological records. Furthermore, it was noted that the locations of urban heat islands in both August and November were found to be identical. Moreover, the study indicated that air temperature can be calculated based on the land surface temperature derived from satellite images. This, in turn, assists in developing more reliable models for urban heat islands with a synoptic coverage and high spatial resolution highlighting the spatial differences in temperature accurately.