مجلة كلية الآداب بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

تحليل العلاقة بين الخصائص العمرانية والجزر الحرارية في مدينة وادي النطرون بين عامي ٢٠٠٥، ٢٠٢٥: دراسة حالة باستخدام الاستشعار عن بعد

د. عبير مرسي عبد الغفار سالم

مدرس جغرافية المناخ بقسم الجغرافيا

كلية الآداب – جامعة الفيوم

د. رشا محمد علي أحمد

مدرس جغرافية العمران بقسم الجغرافيا

كلية الآداب –جامعة الفيوم

DOI: 10.21608/qarts.2025.357214.2165

مجلة كلية الآداب بقنا – جامعة جنوب الوادي – المجلد (٣٤) العدد (٦٧) أبريل ٢٠٢٥

الترقيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة ISSN: 1110-614X

الترقيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية ISSN: 1110-709X

موقع المجلة الإلكتروني: https://qarts.journals.ekb.eg

تحليل العلاقة بين الخصائص العمرانية والجزر الحرارية في مدينة وادي النطرون بين عامي ٢٠٠٥، ٢٠٢٥: دراسة حالة باستخدام الاستشعار عن بعد

الملخص:

تعد ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية إحدى القضايا البيئية البارزة التي تعكس الآثار السلبية للنمو العمراني المتسارع على النظم المناخية المحلية. وفي هذا السياق، تحلل الدراسة التغيرات الحرارية في مدينة وادي النطرون خلال الفترة ٢٠٠٥–٢٠٢٥، حيث أظهرت النتائج تمركز النقاط الساخنة بمحاذاة المحور الشمالي الغربي–الجنوبي الشرقي، متماشية مع طريق وادي النطرون–العلمين شمال المدينة، مما يعكس تأثير البنية التحتية والأنشطة البشرية على التوزيع الحراري. كما كشفت النتائج عن ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة بمقدار ٢.٥ درجة مئوية، إلى جانب تضاعف مساحة الجزر الحرارية المرتفعة والمرتفعة جدًا خلال العقد الأول من الدراسة، حيث ارتفعت من ٧.٦ كم² عام ٢٠٠٥ إلى ١٦.٦ كم² بحلول عام ٢٠٢٥. وتؤكد الدراسة وجود علاقة طردية بين التوسع العمراني وزيادة شدة الجزر الحرارية، حيث شهدت الكتلة العمرانية للمدينة توسعًا ملحوظًا من ٤.٢ كم² عام ٢٠٠٥ إلى ٨.٧ كم² عام ٢٠٢٥، ممتدة بين طريق القاهرة–الإسكندرية الصحراوي شرقًا والنواة القديمة حول مصنع أملاح النطرون غربًا، بمعدل زيادة سنوي متسارع. وبناءً على هذه النتائج، توصي الدراسة بضرورة تعزيز التشجير على طول الطرق، خاصة في المناطق منخفضة الغطاء النباتي، للحد من تأثير الجزر الحرارية، إضافة إلى اعتماد نهج تخطيطي مستدام عند إنشاء المصانع، خصوصًا في محيط مدينة السادات، للحد من التأثيرات البيئية السلبية.

الكلمات المفتاحية: الجزر الحرارية، التوسع العمراني، النقاط الساخنة، وادى النطرون، التخطيط الحضرى المستدام ، الاستشعار عن بعد.

مقدمة

تُعد ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية (Urban Heat Islands – UHI) من أبرز القضايا البيئية التي تؤثر على المناخ الحضري، حيث تسجِّل المناطق العمرانية درجات حرارة أعلى من المناطق الريفية المحيطة بها بسبب التغيرات في الغطاء الأرضي والأنشطة البشرية المكثفة(Oke, 1982). وتزداد أهمية دراسة هذه الظاهرة في المدن ذات الأنماط العمرانية المتسارعة، حيث يؤدي التوسع الحضري غير المخطط إلى تفاقم التأثيرات الحرارية، مما يؤثر سلبًا على جودة الحياة، استهلاك الطاقة، وتوازن النظام البيئي الحضري(Santamouris, 2015) . في هذا السياق، تبرز مدينة وادي النطرون كإحدى المدن المصرية التي شهدت نموًا عمرانيًا ملحوظًا خلال العقود الأخيرة، مما قد يكون له تأثير على التغيرات الحرارية في المنطقة. تتميز المدينة ببيئة طبيعية خاصة، حيث يتداخل الغطاء النباتي الصحراوي مع الأنشطة البشرية المتزايدة، مما يجعلها نموذجًا مناسبًا لدراسة ديناميكيات الجزر الحرارية الحضرية(Ahmed & Ghoneim, 2019) ، وتُشير الدراسات إلى أن التحضر في المدن المصرية يؤثر على التوزيع الحراري، حيث تزيد المناطق المبنية من امتصاص الإشعاع الشمسي مقارنةً بالأراضي الزراعية والمسطحات المائية، مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة السطحية(Abou El-Magd et al., 2016).

وتظهر المدن المصرية تباينًا مكانيًا في شدة الجزر الحرارية، حيث تؤدي زيادة الكتلة العمرانية على حساب الأراضي الطبيعية إلى تفاوت ملحوظ في درجات الحرارة (Shahin, 2019).وعليه، فإن دراسة الجزر الحرارية في وادي النطرون باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد يُعد أمرًا ضروريًا لفهم مدى تأثير التحضر على البيئة الحرارية للمدينة، بما يسهم في وضع استراتيجيات تخطيطية تقلل من الآثار السلبية لهذه الظاهرة(Liu et al., 2020)، بناءً على ما سبق، يهدف البحث إلى تحليل التغيرات

الحرارية في مدينة وادي النطرون من خلال تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وتقييم مدى تأثير النمو العمراني وتغير استخدامات الارض خلال فترة الدراسة على نشأة الجزر الحرارية في المنطقة. كما يسعى إلى تقديم توصيات تسهم في تحسين التخطيط الحضري للحد من التأثيرات السلبية لهذه الظاهرة وتعزيز الاستدامة البيئية.

مشكلة الدراسة:

تشهد مدينة وادي النطرون تغيرات بيئية ملحوظة نتيجة التوسع العمراني المتسارع، فضلاً عن النهضة التنموية متمثلة فى المصانع والمزارع، والذي أدى إلى زيادة شدة ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، وهنا تبرز الحاجة إلى فهم العلاقة بين النمو الحضري والتغيرات الحرارية في المنطقة، وعلى الرغم من أهمية هذه الظاهرة، لا تزال الدراسات التي تتناول تأثير التوسع العمراني على الجزر الحرارية في البيئات الصحراوية محدودة، مما يطرح تساؤلات حول :

- مدى تأثير التطور العمراني على توزيع وامتداد المناطق الحرارية المرتفعة، ودور البنية التحتية والأنشطة البشرية في تعزيز هذه الظاهرة.
- ما الأنماط المكانية لتوزيع النقاط الساخنة، وما علاقتها بالبنية التحتية والطرق الرئيسية؟
- كيف يمكن توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحليل التغيرات الحرارية الحضرية؟

أهداف الدراسة:

- تحليل التغيرات الحرارية في مدينة وادي النطرون بين عامي ٢٠٠٥ و٢٠٢٥ مع ابراز دور تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.
- تحديد نطاق واتجاهات توسع الجزر الحرارية ومدى ارتباطها بالتغيرات العمرانية في المدينة.

- دراسة العلاقة الطردية بين النمو العمراني وكثافة الجزر الحرارية، من خلال تحليل التغيرات في المساحات الحضرية ومناطق الحرارة المرتفعة.
- تحديد مواقع النقاط الساخنة وتوزيعها الجغرافي وربطها بالبنية التحتية والأنشطة البشرية المختلفة.
- تقييم تأثير الطرق والمناطق الحضرية على التوزيع الحراري، وتحديد دور البنية التحتية في تعزيز أو تقليل ظاهرة الجزر الحرارية.
- تقديم توصيات للتخطيط الحضري المستدام تهدف إلى الحد من التأثيرات السلبية لظاهرة الجزر الحرارية وتحسين إدارة البيئة الحضرية في المدن الصحراوية.

أهمية البحث:

تكمن أهمية الدراسة لكونها تسلط الضوء على التأثيرات المناخية للتوسع العمراني في المناطق الصحراوية، من خلال تحليل ديناميكيات الجزر الحرارية الحضرية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مما يساعد الباحثين والمخططين الحضريين في تفسير التغيرات البيئية المرتبطة بالتوسع العمراني غير المنظم، فضلاً عن أهميتها فى إثراء الدراسات الأكاديمية حول الجزر الحرارية في البيئات الصحراوية، حيث تركز معظم الدراسات السابقة على المناطق الحضرية الكثيفة، بينما تقدم هذه الدراسة منظورًا جديدًا لمناطق ذات طبيعة جغرافية متميزة مثل وادي النطرون.

مناهج الدراسة: <u>اعتمدت الدراسة على عدة مناهج لتحقيق الأهداف المرجوة</u>

- **المنهج الوصفي التحليلي:** وقد تم استخدامه لوصف الجزر الحرارية وتوزيعها، وتحليل علاقتها بالغطاء الأرضي، والخصائص العمرانية، والعوامل المناخية.
- **المنهج التاريخي:** من خلال دراسة تطور الظاهرة عبر الزمن، من خلال مقارنة البيانات الحرارية والعمرانية في فترات زمنية مختلفة بين ٢٠٠٥ و٢٠٢٥.

- **المنهج المقارن:** وقد استخدم لمقارنة الجزر الحرارية في مناطق مختلفة داخل نطاق الدراسة، وتحليل التباينات الناجمة عن اختلاف نوعية الغطاء الأرضي، وطبيعة المباني، وكثافة الطرق. وقد اعتمدت الدراسة على توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)والاستشعار عن بعد (RS) في تحليل البيانات الفضائية، ورصد التغيرات الحرارية والعمرانية خلال فترات الدراسة. كما تم استخدام المعادلات الرياضية والإحصائية لقياس الظواهر الحرارية، بما في ذلك حساب القصور الحراري وتحديد العلاقة بين نمو الكتلة العمرانية واتساع نطاق الجزر الحرارية. بالإضافة إلى ذلك، استندت الدراسة إلى العمل الميداني من خلال إجراء عمليات رصد في أكثر من ٢٢ موقعًا ضمن حدود منطقة الدراسة، باستخدام تقنيات رصد حديثة[1](TP50) في ٤ يناير ٢٠٢٥ إلى جانب التوثيق بالملاحظات والصور الفوتوغرافية.

الدراسات السابقة:

حظيت ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية باهتمام متزايد في الدراسات السابقة، حيث تم تحليلها باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مع التركيز على علاقتها بالنمو العمراني والتغيرات البيئية. ومع ذلك، لم يتم رصد تغير الجزر الحرارية في منطقة الدراسة، ولم يتم توظيف هذه التقنيات لدراسة تأثير التحضر على الظاهرة بشكل دقيق. وعليه، تسعى هذه الدراسة إلى سد هذه الفجوة العلمية من خلال استعراض مجموعة من الأبحاث التي تتقاطع معها في طبيعة البيانات، المنهجية، والأهداف البحثية، مما يسهم في بناء إطار معرفي يدعم تحليل الظاهرة بطرق أكثر شمولية ودقة.

---

[1] – **جهاز TP50 يستخدم لقياس درجة الحرارة والرطوبة مما يساعد المستخدمين على تتبع التغيرات المناخية، ويُستخدم على نطاق واسع لقياس الراحة الحرارية وضمان بيئات مناسبة للنشاط البشري.**

تناولت العديد من الدراسات ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مع التركيز على علاقتها بالنمو العمراني والتغيرات البيئية. ففي دراسة منال سمير شلبي (٢٠٠٨)، تم تحليل التغيرات البيئية في منخفض وادي النطرون وآثارها، مستعينة بتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. بينما اعتمد هانى ابو العلا وآخرون(٢٠١٢) على نموذج UPlan لمحاكاة سيناريوهات النمو الحضري في مدينة وادي النطرون، بهدف دعم قرارات التخطيط العمراني. أما وليد عباس (٢٠١٦)، فقد درس شدة الجزر الحرارية في مدن دلتا النيل باستخدام بيانات Terra MODIS، حيث توصل إلى أن مدن الدلتا تشكل جزرًا حرارية مقارنة بظهيرها الزراعي، مع تباين شدتها مكانيًا وزمانيًا. وفي سياق مماثل، درس أحمد شاهين (٢٠١٩) العلاقة بين التحضر والجزر الحرارية في مدينة الزقازيق عبر تحليل مرئيات فضائية للفترة (١٩٨٦–٢٠١٨)، موضحًا أن التوسع العمراني جاء على حساب الأراضي الزراعية، مما أدى إلى تغيرات حرارية واضحة. كما أظهرت دراسة كامل فتحي جمعة منور (٢٠١٦) في مدينة طنطا وجود علاقة طردية قوية بين التوسع العمراني وارتفاع درجات الحرارة، حيث بلغت الزيادة الحرارية ٢.٥ درجة مئوية في المناطق المبنية. وبدوره، استخدم وائل طاهر(٢٠١٨)، بيانات Landsat 8 لدراسة الجزر الحرارية في المنصورة، مشيرًا إلى تأثير العوامل البشرية في نشأتها وتوزيعها. وفي دراسة حديثة، تناول وائل هريدي زهران (٢٠٢٢) ديناميكيات الجزر الحرارية في سوهاج خلال الفترة (١٩٩٠–٢٠٢١)، حيث تم تحليل تغير الغطاء الأرضي ودرجات حرارة السطح باستخدام مؤشرات الاستشعار عن بعد، مما يعزز فهم تأثير التحضر على البيئة الحرارية. وفي إطار تقييم جودة الحياة الحضرية، حلّل وائل هريدي زهران(٢٠٢٤) التباين الحراري في قنا باستخدام مؤشر UTFVI، موصيًا بتطبيق تخطيط حضري مستدام للحد من التأثيرات الحرارية السلبية.

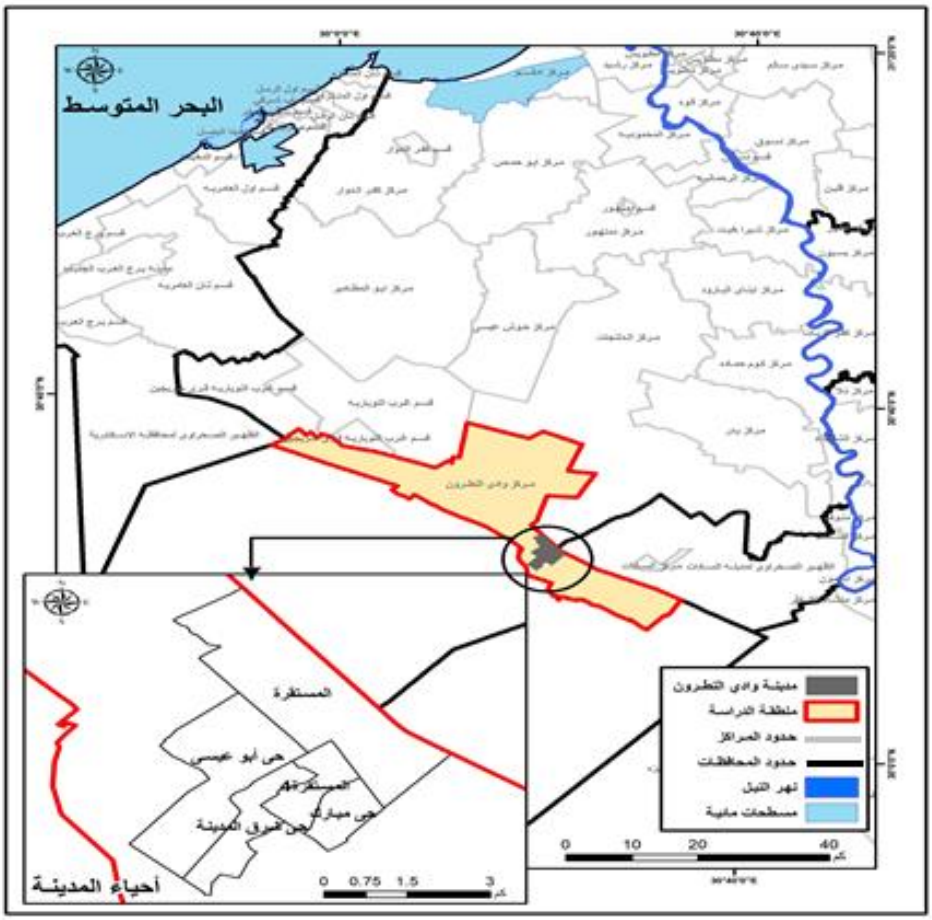
وعلى **الصعيد الدولي**، اشتق QIN وآخرون (2010) درجات حرارة سطح الأرض من بيانات Landsatلتحليل التباين الحراري في المناطق الرملية على الحدود المصرية الفلسطينية، بينما طور Rozenstein وآخرون (2010) نموذج Split Windowلقياس درجات الحرارة السطحية بدقة أعلى، كما استخدم El–Magd Abou وآخرون (2016)صور الأقمار الصناعية لرصد التغير المكاني للجزر الحرارية في القاهرة بين ١٩٩٠ و٢٠٠٩، وقدم Johnوآخرون (2017) تحليلًا لنمط الجزر الحرارية في كادونا بنيجيريا، موضحين دور التحضر في تفاقم درجات الحرارة والإجهاد الحراري، فيما صمم Liu وآخرون(2020) إطار عمل لتحليل أثر التوسع العمراني على الجزر الحرارية في الفترة (١٩٨٦–٢٠١٦).

وتتميز هذه الدراسة عن الدراسات السابقة بتركيزها على تحليل التغيرات الحرارية في مدينة وادي النطرون خلال الفترة ٢٠٠٥–٢٠٢٥ باستخدام بيانات محدثة وتقنيات متقدمة مثل تحليل النقاط الساخنة وتقييم تأثير البنية التحتية والأنشطة البشرية على التوزيع الحراري، وهي جوانب لم تُعالج بعمق في الدراسات السابقة. علاوة على ذلك، تقدم الدراسة توصيات تطبيقية تهدف إلى تعزيز التخطيط الحضري المستدام في البيئات الصحراوية، وهو بعد مهم لم يتم التركيز عليه بنفس الدرجة في الأبحاث السابقة.

منطقة الدراسة :

تقع مدينة وادي النطرون التابعة لمحافظة البحيرة في شمال شرق الصحراء الغربية، وتتميز بموقعها الاستراتيجي في منتصف الطريق الصحراوي الرابط بين القاهرة والإسكندرية، مقابل مدينة السادات. يشير اسم "وادي النطرون" إلى المنخفض الصحراوي الذي يمتد غرب دلتا النيل بمحاذاة مديرية التحرير، حيث يبعد نحو ١٠ كم غرب مدخل مدينة السادات على طريق القاهرة–الإسكندرية الصحراوي، وحوالي ٥٠ كم عن منطقة

الخطاطبة على فرع رشيد لنهر النيل. يتميز المنخفض بانخفاضه عن مستوى سطح الهضبة المحيطة بحوالي ٥٠ مترًا، ويقع فلكيًا عند تقاطع خط عرض ٣٠.٣° شمالًا مع خط طول ٣٠.٥° شرقًا، كما هو موضح في الشكل (١)



المصدر/ من عمل الباحثتان اعتمادا على الخريطة الرقمية لمنطقة الدراسة .

(١) الموقع والعلاقات المكانية لمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٥

تنقسم هذه الدراسة إلى محورين رئيسيين؛ يُركز المحور الأول على دور الأقمار الصناعية والمستشعرات في استخراج درجات الحرارة السطحية، مع إبراز فعالية تقنيات الاستشعار عن بعد ودقتها في قياس الجزر الحرارية بمدينة وادي النطرون. أما المحور الثاني، فيحلل ظاهرة الجزر الحرارية في منطقة الدراسة، من خلال دراسة تأثير

الخصائص العمرانية للمدينة على التباين المكاني والزماني للحرارة، وتحديد تركيبتها وشدتها عبر الفترات الزمنية المختلفة. ويهدف هذا التحليل إلى تعزيز الفهم للعلاقة الديناميكية بين التوسع العمراني والتغيرات الحرارية، بما يسهم في تطوير استراتيجيات مستدامة لإدارة البيئة الحضرية.

أولا: دور الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة الجزر الحرارية

تستند دراسات المناخ، خاصة تلك المتعلقة بالمناخ الحضري، إلى ثلاثة مصادر رئيسية من البيانات التي توفر معلومات مناخية. **المصدر الأول** والأهم هو بيانات المحطات المناخية، التي تُعد محدودة الاستخدام بسبب ندرة المحطات في المدن أو المناطق الحضرية الصغيرة، مما يعوق الدراسة التفصيلية للمناخ في هذه المناطق.

أما **المصدر الثاني** فهو الرصد الحقلي، الذي يُعتبر من أهم مصادر البيانات في دراسات المناخ الحضري، لا سيما في المناطق ذات المساحات الصغيرة.

المصدر الثالث والأكثر تطورًا هو الاستشعار عن بعد باستخدام الأشعة تحت الحمراء الحرارية، والذي يُعد من أحدث وأوسع التقنيات استخدامًا في الوقت الحالي. وقد أشار (Rao, 1972) إلى إمكانية دراسة التأثيرات الحرارية للمناطق الحضرية باستخدام هذه التقنية، ومنذ ذلك الحين أصبحت محسات الأشعة تحت الحمراء الحرارية جزءًا أساسيًا في تحليل الجزر الحرارية وفهم التأثيرات المناخية في المناطق الحضرية).

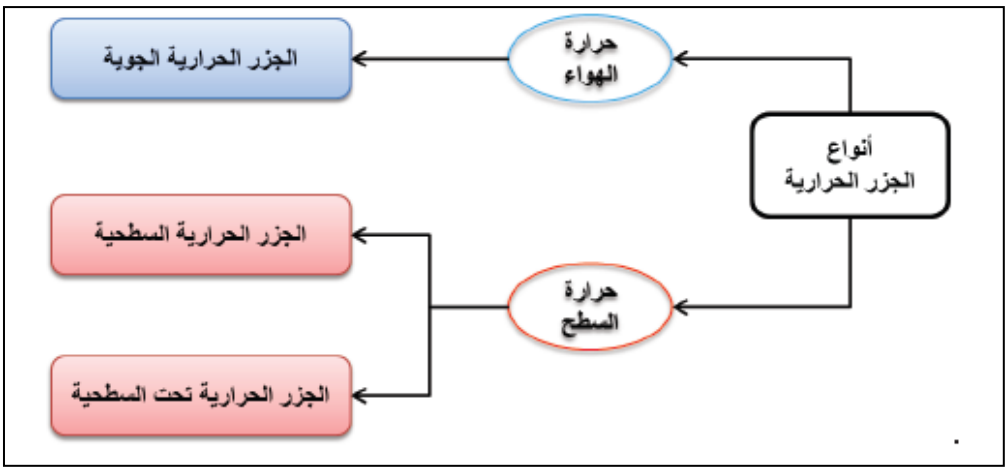
- **أهم الأقمار الصناعية التي استخدمت في دراسة الأشعة تحت الحمراء الحرارية**

اعتمدت الدراسة بشكل رئيسي على بيانات الأقمار الصناعية كمصدر أساسي للبيانات الحرارية لدراسة شدة الجزيرة الحرارية في منطقة وادي النطرون. كما تم الاستعانة أيضًا بمصادر بيانات أخرى، مثل بيانات محطات الأرصاد الجوية القريبة والرصد الميداني الذي أجري في أكثر من ٢٢ موقعًا داخل حدود منطقة الدراسة باستخدام تقنيات رصد حديثة. تم مقارنة النتائج مع ما تم رصده ميدانيًا.

ركزت الدراسة بشكل أساسي على مرئيات القمر الصناعي MODIS(نظام استشعار الأرض باستخدام الأقمار الصناعية)، الذي يمتاز بمستشعر حراري بدقة مكانية تصل إلى ١ كم. وتعد مرئيات MODISالمصدر الأول لرصد الجزيرة الحرارية، حيث توفر صورًا متكررة تقريبًا كل ١٢ ساعة يوميًا في الصباح والمساء، مما يسمح بدراسة التغيرات الزمنية على مدار اليوم أو الشهر أو العام، وبالتالي دراسة نمط الظاهرة بشكل مستمر. بالإضافة إلى MODIS، تم الاستعانة أيضًا بمرئيات الأقمار الصناعية Landsat 8 و Landsat 5، والتي تحتوي على مستشعر TIRS(المستشعر الحراري للأشعة تحت الحمراء). تتمتع مرئيات Landsatبدقة مكانية تصل إلى ١٠٠ متر للباند الحراري و٣٠ مترًا للنطاقين الأحمر وتحت الأحمر القريب(NIR) ، كما أن دقتها الزمنية تصل إلى ١٦ يومًا، مما يساهم في دراسة التغيرات الحرارية بشكل أكثر تفصيلًا.(USGS, 2024)

نظرًا لصغر مساحة منطقة الدراسة نسبيًا، تم اختيار المرئيات الفضائية التي تتناسب مع هذه المساحات الصغيرة، حيث تم استخدام مرئيات القمر الصناعي Landsat 5 التي تتمتع بدقة مكانية تبلغ ٦٠ مترًا عبر منصة NASA، بالإضافة إلى استخدام المستشعر .+ETM كما تم الاستعانة بالمرئيات الحديثة من القمر الصناعي *Landsat 8*، الذي يحتوي على مستشعر TIRSويتميز بدقة مكانية تصل إلى ١٠٠ متر، مما يسهم في الحصول على بيانات حرارية دقيقة للمنطقة.

قبل الشروع في دراسة الجزر الحرارية في منطقة الدراسة، يجدر التنويه إلى أن هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الجزر الحرارية، وهي: الجزيرة الحرارية الجوية (Atmospheric Heat Island)، الجزيرة الحرارية السطحية(Surface Heat Island) ، والجزيرة الحرارية تحت السطحية(Under-ground Heat Island) ، (Voogt & Oke, 2003, p. 370)كما هو موضح في الشكل(٢).

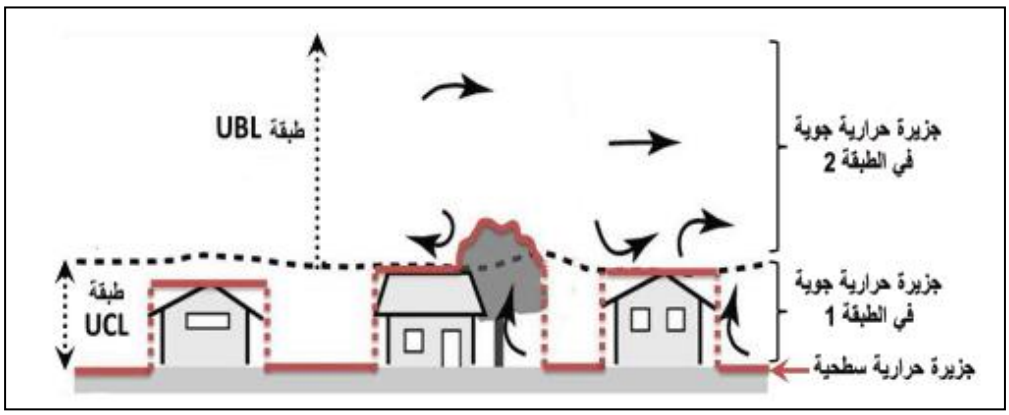


شكل (٢) انواع الجزر الحراية وفقا للقياسات الحرارية, رتصريف من KABIL,2010

يشير الباحث Voogt إلى ضرورة التمييز بين أنواع الجزر الحرارية نظرًا لاختلاف آلية تأثير كل نوع. تنقسم الجزر الحرارية الجوية إلى نوعين: الأول يرتبط بحرارة الهواء في طبقة UCL (Urban Canopy Layer) الممتدة من سطح الأرض حتى متوسط ارتفاع المباني، بينما الثاني يمتد في الطبقة العلوية UBL (Urban Boundary Layer)من جهة أخرى، ترتبط الجزر الحرارية السطحية بدرجة حرارة السطح، حيث تؤثر الأنشطة العمرانية والمواد السطحية في هذه الطبقة على درجات الحرارة المحلية (شكل ٣).

يكمن الاختلاف الرئيسي بين الجزر الحرارية السطحية والجوية في نوع العنصر المقاس، سواء كان درجة حرارة السطح أو درجة حرارة الهواء. لفهم خصائص هذين النوعين من الجزر الحرارية، من المهم توضيح العلاقة بين هذين العنصرين. تؤثر درجات حرارة السطح بشكل غير مباشر على درجات حرارة الهواء، ويكون تأثيرها أكثر وضوحًا في الطبقات القريبة من السطح. على سبيل المثال، تسود درجات حرارة منخفضة في

الحدائق والمناطق المزروعة، مما يؤدي إلى انخفاض درجات حرارة الهواء فوقها، بينما ترتفع درجات حرارة الهواء في المناطق المبنية ذات الكثافة السكانية العالية.

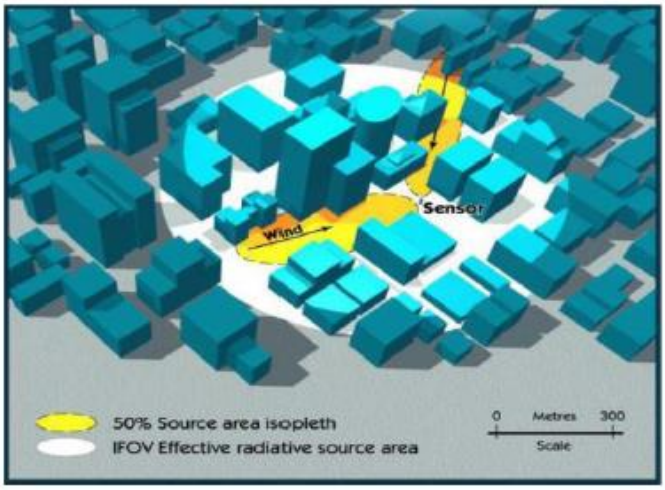


شكل (٣) انواع الجزر الحرارية ضمن الطبقات الشاقولية للغلاف الجوي, يتصريف من Voogt,2009

وتتراوح شدة الجزر الحرارية الجوية بين المدن والمناطق المحيطة بها من ١ إلى ٣ درجات مئوية، بينما تصل شدة الجزر الحرارية السطحية إلى ما بين ١٠ و ١٥ درجة مئوية وفقًا لوكالة حماية البيئة الأمريكية .(USEPA) وتظهر التباينات الحرارية في الجزر الحرارية الجوية بشكل أكثر انتظامًا مقارنة بالجزر السطحية التي تتأثر بشكل أكبر بأي تغيير في ظروف سطح الأرض، مثل رطوبة التربة وخصائص الغطاء الأرضي.

تختلف خصائص قياسات الحرارة بناءً على المنهج المستخدم، سواء كان مباشرًا أو غير مباشر. تعتمد المساحة التي يغطيها جهاز قياس درجة حرارة الهواء على ارتفاع الجهاز، اتجاه الرياح، واستقرار الظروف الجوية. في المقابل، ترتبط المعلومات التي توفرها أجهزة الاستشعار بمنطقة الرؤية الخاصة بالمستشعر، حيث تكون تقديرات درجة الحرارة متجانسة على السطح وتغطي مساحة واسعة تتحدد بدقتها المكانية. كما يختلف

نطاق رؤية جهاز القياس الأرضي عن المستشعر، إذ لا يتم التقاط الانبعاثات من الأسطح العمودية مثل جدران المباني، بل من السطح الذي يقع ضمن زاوية رؤية المستشعر، كما يظهر في الشكل (٤) حيث تظهر المستشعرات باللون الأبيض وأجهزة القياس الأرضية باللون الأصفر.



شكل (٤) اختلاف نطاق رصد درجة الحرارة بين المستشعرات الفضائية بتصريف Voogt et Oke, 2003

انطلاقًا من هذا الإطار، تعتمد هذه الورقة البحثية على استخدام الصور الفضائية لدراسة الجزر الحرارية السطحية، من خلال الاستفادة من مرئيات القمر الصناعي *Landsat* الذي يتمتع بدقة مكانية تبلغ ٣٠ مترًا في المجالات الطيفية الانعكاسية و١٠٠ متر في المجالات الحرارية. تم تطبيق منهجية محددة لتصحيح درجات الحرارة السطحية. تم استخدام المرئيات عبر تصنيف تركيب لوني للمجالات الطيفية (٢-٤-٧)، التي تشمل اللون الأخضر، والأشعة تحت الحمراء القريبة، والأشعة تحت الحمراء المتوسطة على التوالي. يساعد هذا التصنيف على زيادة التباين بين المناطق العمرانية والمسطحات الخضراء، مما يسهل تمييز هذه المناطق على الصور الفضائية.

تم استخدام صور *Landsat* لرصد اختلافات درجات حرارة السطح بشكل خاص بين منطقتي الدراسة، نظرًا لما تتمتع به من خصائص مكانية وطيفية مميزة تجعلها خيارًا مثاليًا لهذا البحث. يمتاز القمر الصناعي *Landsat* بمجاله الحراري الذي يتمتع

بأعلى دقة مكانية بين الصور الحرارية التي يتم الحصول عليها من التصوير الفضائي، حيث تتراوح دقته بين ٦٠ و١٠٠ متر. كما يوضح جدول (١) الذي يعرض خصائص القمر المستخدم في الدراسة مقارنة بأنواع الأقمار الصناعية والمحسات الأخرى.

جدول (١) خصائص بعض الصور الفضائية الحرارية المستخدمة فى دراسات الجزر الحرارية

القمر الصناعي	المستشعر	عدد المجالات الحرارية	الدقة المكانية (متر)
METEOSAT	MSR	1	5000
NOAA	AVHRR	2	1100
ENVISAT	AATSR	2	1000
ERS	ATSR	2	1000
TERRA	MODIS	10	1000
	ASTER	5	90
	TM	1	120
LANDSAT	ETM+	1	60
	TIRS	2	100

المصدر :بتصريف من KABIL,2010

ويُظهر جدول(٢) البيانات ضرورية لفهم توزيع الإشعاع الشمسي على الأسطح وتحليل تأثيرات درجة الحرارة ، والمجالات الطيفية التي تم استخدامها في الدراسة، ويشير إلى مدى المجال الطيفي، الدقة المكانية، ومتوسط قيمة الإشعاع الشمسي لكل مجال، وتتراوح الدقة المكانية بين ١٥ مترًا للمجال البنكروماتيكي إلى ٦٠ مترًا للمجال الحراري، مما يشير إلى مستوى التفاصيل التي توفرها الصورة في كل مجال.

جدول (٢) خصائص المجالات الطيفية للقمر الصناعي Landsat ETM+

رقم المجال الطيفي	مدى المجال الطيفي	الدقة المكانية (متر)	متوسط قيمة الإشعاع الشمسي
الأزرق TM1	٠.٤٥-٠.٥	٣٠	١٩٧٠
الاخضر TM2	٠.٥٢-٠.٦	٣٠	١٨٤٢
الأحمر TM3	٠.٦٣-٠.٦٩	٣٠	١٥٤٧
تحت الأحمر القريب TM4	٠.٧٥-٠.٩	٣٠	١٠٤٤
تحت الأحمر المتوسط TM5	١.٥-١.٧	٣٠	٢٢٥.٧
الحراري TM6	١٠.٤-١٢.٥	٦٠	-
تحت الاحمر البعيد TM7	٢.٠٨-٢.٣٥	٣٠	٨٢.٠٦
البنكروماتك TM8	٠.٥٢-٠.٩	١٥	١٣٦٩

المصدر: أعداد الباحثتان بالاعتماد على البيانات المتوفرة على الموقع

www.landsathandbook.gsfc.nasa.gov

جدول (٣) بيانات مرئيات الأقمار الصناعية لاندسات (٥- ٨) المستخدمة بالبحث

العدد	المرئية الفضائية	المحس	الدقة المكانية	ID	Path	Row
١	لاندسات ٥ ٢٠٠٥/١/٢٤	TM	30m	LT05_L1TP_177039_20050124	177	39
٢	لاندسات ٨ ٢٠١٥/١/٤	OLI	15m	LC08_L1TP_177039_20150104	177	39
٣	لاندسات ٨ ٢٠٢٥/١/٧	OLI	15m	LC09_L1TP_177039_20250107	177	39

المصدر/ المساح الجيولوجي الأمريكي (https://earthexplorer.usgs.gov/)

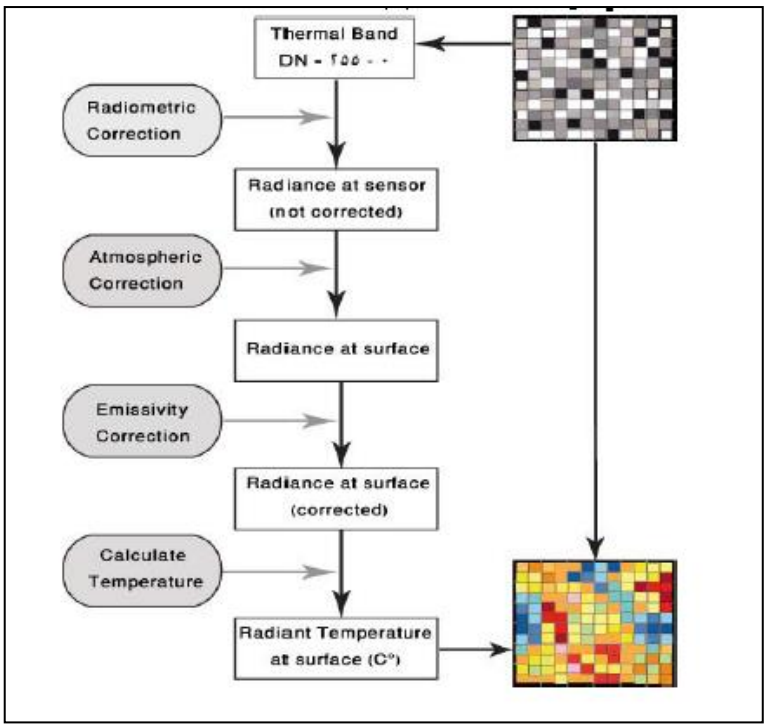
ثانيا: مراحل حساب درجة حرارة السطح (Land Surface Temperature)

لصور **Landsat** للفترات الزمنية التي تم دراستها من الباحثتان(2005 ، ٢٠١٥، ٢٠٢٥) يتم حساب درجة حرارة السطح المصححة (LST) باستخدام المجال الحراري لصور *Landsat* عبر ثلاث مراحل أساسية، يتخللها خطوات فرعية تحددها المعادلات الرياضية المناسبة.

١.**المرحلة الأولى: تحويل البيانات الرقمية إلى درجة حرارة سطحية** باستخدام معادلات تحويل خاصة.

٢.**المرحلة الثانية: تصحيح التأثيرات الجوية** للحصول على قياسات دقيقة لدرجة الحرارة السطحية.

٣.**المرحلة الثالثة: معالجة البيانات لتحديد درجة حرارة السطح المصححة(LST)** ، تُستخدم المعادلات الرياضية لتصحيح درجة حرارة السطح بما يتناسب مع الظروف المحلية للمنطقة المدروسة، مما يسمح بالحصول على تقديرات دقيقة لدرجات الحرارة السطحية.يُظهر الشكل (٥) تفاصيل هذه المراحل وخطوات المعالجة الرياضية التي تم اتباعها في هذه الدراسة.



المصدر/ من عمل الباحثتان باستخدام برنامج PP ، بتصريف من هالة قابيل, استعمالات الصور الفضائية في تحديد الجزر الحرارية

شكل رقم (٥) مخطط حساب درجة حرارة السطح من الصور الفضائية

المعايرة الراديومترية وتصحيح القيم الإشعاعية:

تعد المعايرة الراديومترية خطوة أساسية لتحويل الأعداد الرقمية (DN) إلى قيم إشعاع طيفي عبر استخدام معاملات المعايرة الخاصة بالمجال الحراري. في مرحلة التصحيح الإشعاعي، يتم تصحيح القيم الإشعاعية من خلال مرحلتين رئيسيتين: التصحيح الجوي لإزالة تأثير الغلاف الجوي على الإشعاع، واستخدام نماذج التحويل لتحديد معاملات التصحيح الجوي، يمكن تقدير هذه المعاملات بطريقة آلية أيضا عبر نماذج التحويل الإشعاعي من أجل تسهيل حساب المعملات الجوية للقمر الصناعي Land sat التى تحتوي مجالا حراريا واحدة, عن طريق حاس معامل التصحيح الجوي (Atmospheric Correction Parameter Calculator) الذي طورته وكالة (NASA), وتصحيح القدرة الانبعاثية للسطح باستخدام NDVIلحساب قدرة الانبعاثية دقيقة استنادًا إلى انعكاسات المجالين Rو.NIR وفق المعادلة التى ستخدم فى استنباط الغطاء النباتي ببرامج الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من خلال Band4 – Band5 ومن خلال تطبيق المعادلة الخاصة بها بنتج قيم صغري وكبرى خاصة بالمرئية, يجب ان توضع بالحسبان حتى توضع قيم حدية مناسبة لكل مرئية ومن ثم يتم الحصول على قي نهائية للقدرة الأنبعاثية.

حساب درجة حرارة السطح:بعد تصحيح القيم الإشعاعية واحتساب تأثير العوامل الجوية والانبعاثية، يتم حساب درجة حرارة السطح باستخدام قانون خاص يعتمد على الإشعاع المنبعث من سطح الأرض(Chander, Markham & Helder, 2009) .

خطوات تنفيذ المؤشر عمليًا على أنظمة المعلومات الجغرافية:

١.**تنزيل المرئية الفضائية** :تبدأ العملية بتنزيل المرئيات الفضائية من موقع USGS ، بحيث يتم تحميل جميع باندات المرئية مع ملف METADATAالمرفق. يعد هذا الملف مهمًا لفهم خصائص كل باند مثل الأطوال الموجية والأطياف الخاصة بها.

٢. **استيراد المرئية إلى برنامج *ArcGIS*:** يتم استيراد المرئية إلى برنامج ArcGIS. لتقدير درجة حرارة سطح الأرض، واستخدام النطاقات الحرارية لصور Landsatعبر تطبيق معادلات محددة باستخدام الأدوات المتاحة في البرنامج. يتطلب حساب درجة حرارة سطح الأرض (LST) وجود نطاق حراري في المرئية، وهو ما يُشار إليه بـ*TIR*.

٣. **استخراج معلومات من ملف *MTL.txt*:** لاستكمال العمليات الحسابية والتحليلية، يتم استخراج المعلومات الخاصة بالنطاقات من الملف المرفق *MTL.txt*، الذي يجب فتحه باستخدام برنامج Notepad لفهم الخصائص الطيفية لكل باند.

٤. **استخدام مرئيات Landsat للفترات الزمنية المدروسة:** يتم استخدام مرئيات *Landsat 6*و *Landsat 8* للفترات الزمنية المدروسة. في *Landsat 8*، يتم استخدام النطاقين ١٠ و ١١، بينما في Landsat 5 يُستخدم النطاق ٦.

5. **حساب حرارة السطوع (Brightness Temperature):**

: يتم استخدام المعادلة التالية لتحويل قيم الإشعاع إلى درجة حرارة السطح

Conversion to Top-of-Atmosphere (TOA) Radiance.

$L(\lambda) = ML \times Band\ 10 + AL - Oi$

TOA = 0.0003342 * "B10" + 0.10 - 0.29

حيث يمثل:

- $L(\lambda)$: TOA spectral radiance
- ML: Radiance multiplicative band (from MTL txt)
- AL: Radiance add band #10 (from MTL txt)
- Oi: correction value (for Landsat 8 Band#10 its = 0.29)
- RADIANCE_MULT_BAND_10 = 0.000342
- RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000

من خلال تطبيق المعادلة الأولى، يتم الحصول على طبقة تُستخدم في المعادلة الثانية لاستخراج درجة الحرارة بالكلفن. ثم تُدخل الطبقة الناتجة في المعادلة الأخيرة لتحويل

القيمة من الكلفن إلى درجة مئوية. في الوقت نفسه، يتم استنباط مؤشر الغطاء النباتي NDVI. تُنفذ هذه المعادلات داخل بيئة ArcGIS باستخدام أوامر Raster Calculator من Map Algebra. اعتمدت الباحثتان على هذه الطريقة في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، وبعد حساب وتحويل قيم الإشعاع من درجات عشرية إلى قيم راديومترية حسب المستشعر، يتم تحويلها إلى الكلفن باستخدام المعادلة التالية:

Conversion to Top-of-Atmosphere (TOA) Brightness Temperature
Kelvin (k) to Celsius degree C° BT = K2 / ln (k1/L(λ)+1) – 273.15
BT = (1321.0789 / Ln(774.885 / "TOA" + 1)) – 273.15

حيث

- BT: Top of Atmosphere brightness temperature C°
- L(λ): TOA spectral radiance
- K1: K1 constant for band#10 (**from MTL txt**)
- K2: K2 constant for band#10 (**from MTL txt**)
- K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
- K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789

أما الخطوة الثالثة في تطبيق حساب درجة الحرارة السطحية لمعرفة انتشار الجزر الحرارية على مدينة وادي النطرون هو استنباط مؤشر الغطاء النباتي وفقا للمعادلة التالية:

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED)
NDVI = Float (B5−B4) / Float (B5+B4)

الخطوة التالية وهي حساب درجات انبعاثية سطح الأرض من خلال استخدام ناتج مؤشر الغطاء النباتي وقيمه الدنيا والعليا حسب منطقة الدراسة, حيث سجلت القيمة الصغرى للمؤشر بمنطقة الدراسة (−٠.٠٤٩٣) أما القيمة العليا كانت (٠.٣٩٥٨), ويتم وضع القيمتين في المعادلة التالية.

Land Surface Emissivity (LSE)

$$PV = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2$$

حيث

- PV: Portion of Vegetation
- NDVI: values of NDVI image3
- NDVI max/min: Max & Min values of NDVI image

$$E = 0.004 * PV + 0.986$$

حيث

- E : Land Surface Emissivity
- PV: Portion of Vegetation

وأخيرا استنباط موشر درجة الحرارة السطحية أو ما يمكن تسميتها الجزيرة الحرارية الحضرية على منطقة الدراسة بتطبيق المعادلة التالية على برنامج ARCGIS10.8,1 كما تظهر بشكل رقم (٦). الذي يوضح ناتج عمليات تحليل المرئية الفضائية لمنطقة الدراسة.

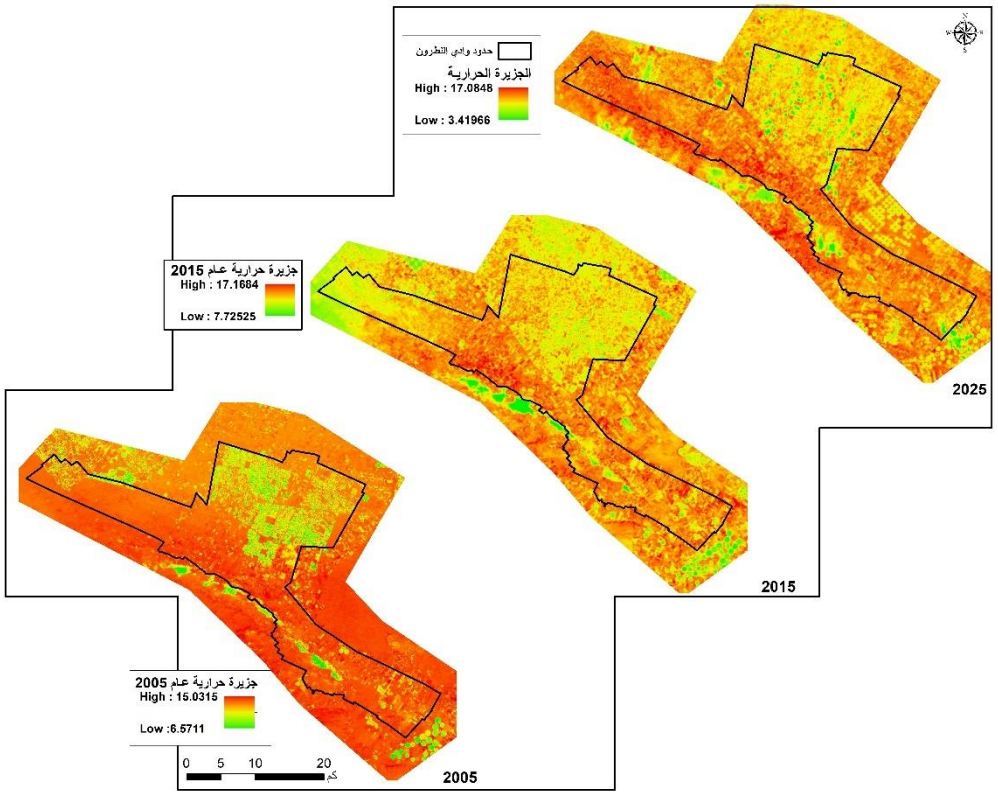
Land Surface Temperature (LST)

$$LST = BT / (1+ (\lambda * BT / C2) * \ln (E))$$

LST= "BT" / (1 + (10.8 * "BT" / 14388) * Ln("E"))

حيث

- BT: Top of Atmosphere brightness temperature C^o
- λ: Wavelength of emitted radiance
  - ***for Landsat8 Band#10 λ= 10.8***
- **E : Land Surface Emissivity**
- **C2 = h*c/s** ***C2= 14388 mK***
  - **h: Plank's constant = $6.626 * 10^{-34}$ mK**
  - **s: Boltzmann constant = $1.38*10^{-23}$ JK**
  - **c: velocity of light = $2.998*10^8$ m/s**



المصدر/ من عمل الباحثتان اعتمادا على المرئيات الفضائية أعوام (٢٠٠٥ / ٢٠١٥ / ٢٠٢٥) من خلال تحليل المرئيات الفضائية لاندسات سنوات مختلفة.

شكل (٦) الجزيرة الحرارية على منطقة وادي النطرون بالفترة الزمنية (٢٠٠٥/٢٠١٥/٢٠٢٥)

تكشف نتائج تحليل بيانات الأقمار الصناعية باستخدام معادلة الإشعاع الحراري عن تباين قيم الإشعاع الحراري في منطقة الدراسة خلال عام ٢٠٠٥، حيث تراوحت بين (6.6 و١٥) درجة، بمدى بلغ (8.46) درجة، ومتوسط قدره(10.8) درجة، مع انحراف معياري بلغ(5.98) درجة جدول(٤). وتظهر النتائج ارتفاعًا تدريجيًا في درجات الحرارة باتجاه جنوب شرق – شمال غرب، في حين تسجل المناطق ذات الغطاء النباتي

الكثيف في الشمال الأوسط والمسطحات المائية في الجنوب أدنى معدلات للإشعاع الحراري، نظرًا لقدرتها على امتصاص الطاقة الحرارية.

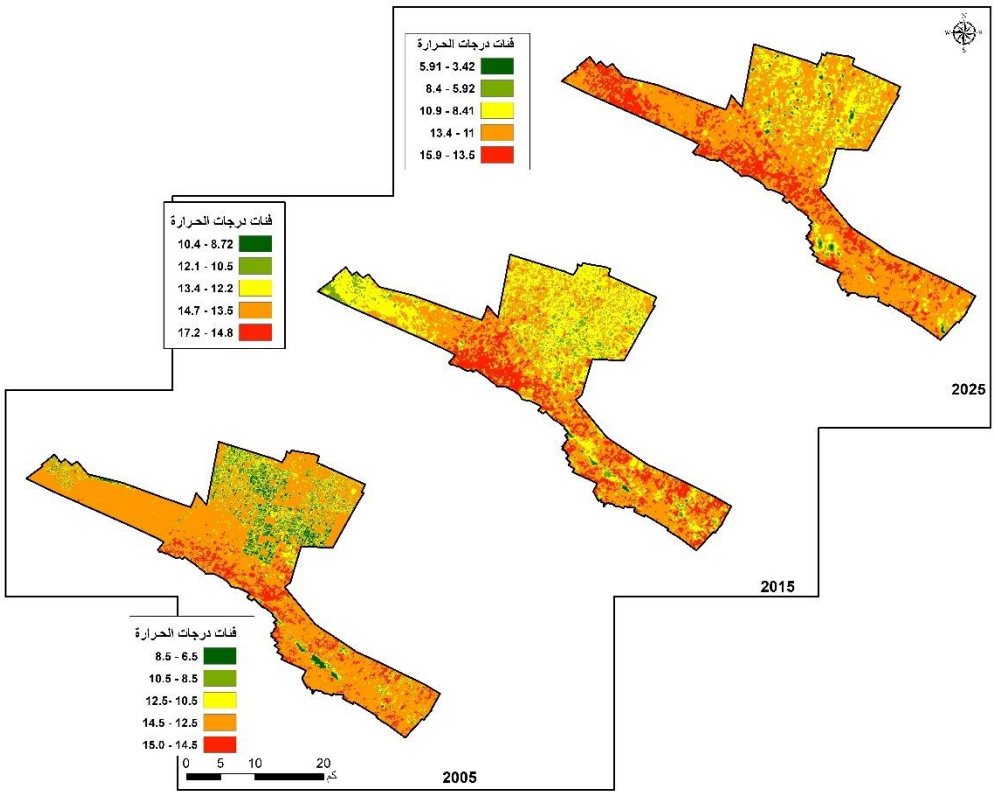
جدول (٤) قيم الاشعاع الحراري للجزيزة الحرارية على منطقة الدراسة بالفترة الزمنية (٢٠٢٥/٢٠١٥/٢٠٠٥)

البيان	اعلى قيمة	اقل قيمة	المدى	متوسط حسابي	انحراف معياري
2005	15.03	6.57	8.46	10.80	5.98
2015	17.17	7.73	9.44	12.45	6.68
2025	17.08	3.42	13.67	10.25	9.66

المصدر/ من خلال تحليل المرئيات الفضائية لاندسات سنوات مختلفة.

وقد أظهر تحليل المرئية الفضائية في عام 2015، تباينًا في قيم الإشعاع الحراري، حيث تراوحت بين 7.73 و١٧.١٧ درجة، مسجلة مدى حراري قدره (9.44) درجة . وبلغ المتوسط الحسابي للإشعاع (9.44) درجة، بارتفاع عن عام 2005، كما ارتفع الانحراف المعياري إلى(6.68) درجة.

أما في عام 2025، فقد شهدت المنطقة تغيرًا ملحوظًا بارتفاع المدى الحراري إلى(13.67) درجة، حيث بلغت أعلى قيمة(17.08) درجة وأدنى قيمة(3.42) درجة، مما أدى إلى تسجيل متوسط حراري قدره(10.25) درجة، وانحراف معياري مرتفع بلغ(9.66) درجة، مما يعكس زيادة حدة التباين الحراري مقارنة بالأعوام السابقة.



المصدر/ من عمل الباحثتان من خلال تحليل وتصنيف المرئيات الفضائية سنوات مختلفة .

شكل (٧) قيم الاشعاع الحراري للجزيرة الحرارية على منطقة الدراسة بالفترة الزمنية (٢٠٠٥/٢٠١٥/٢٠٢٥)

فيما يلي تصنيف لنسب تغطية الجزيرة الحرارية في منطقة الدراسة، وذلك وفقًا للتصنيف الذي أعدته الباحثتان، حيث تم تقسيمها إلى خمس فئات رئيسية، كما هو موضح في جدول(٥) ، وقد كشفت دراسة توزيع الجزر الحرارية في منطقة وادي النطرون خلال الأعوام المختلفة عن تغيرات ملحوظة في المساحة التي تغطيها أعلى فئتين من التصنيف المعتمد، حيث غطت الجزيرة الحرارية المرتفعة في عام ٢٠٠٥ مساحة 477.4كم²، ما يعادل 68.6% من إجمالي مساحة المنطقة البالغة 699 كم²، بينما

بلغت مساحة الجزيرة الحرارية المرتفعة جدًا نحو 53كم²، أي 7.6%من المساحة الكلية.

وفي عام ٢٠١٥، انخفضت مساحة الجزيرة الحرارية المرتفعة إلى 44.1% من إجمالي المساحة، في مقابل تضاعف مساحة الجزيرة الحرارية المرتفعة جدًا تقريبًا مقارنة بعام ٢٠٠٥، حيث سجلت 104.3كم² بنسبة 15%من المساحة الكلية.

جدول (٥) مساحة تغطية الجزر الحرارية لمنطقة الدراسة بالفترة الزمنية (٢٠٢٥/٢٠١٥/٢٠٠٥)

البيان	منخفضة جدا		منخفضة		متوسطة		مرتفعة		مرتفعة جدا		جملة المساحة
	مساحة كم٢	%	مساحة كم٢	%	مساحة كم٢	%	مساحة كم٢	%	مساحة كم٢	%	
2005	27.7	4.0	61.1	8.7	77.8	11.1	479.4	68.6	53.0	7.6	699
2015	1.3	0.2	40.7	5.8	244.3	35.0	308.2	44.1	104.5	15.0	699
2025	3.2	0.5	11.9	1.7	114.1	16.3	453.4	64.9	116.3	16.6	699

المصدر/ عمل الباحثتان من خلال تحليل وتصنيف المرئيات الفضائية سنوات مختلفة

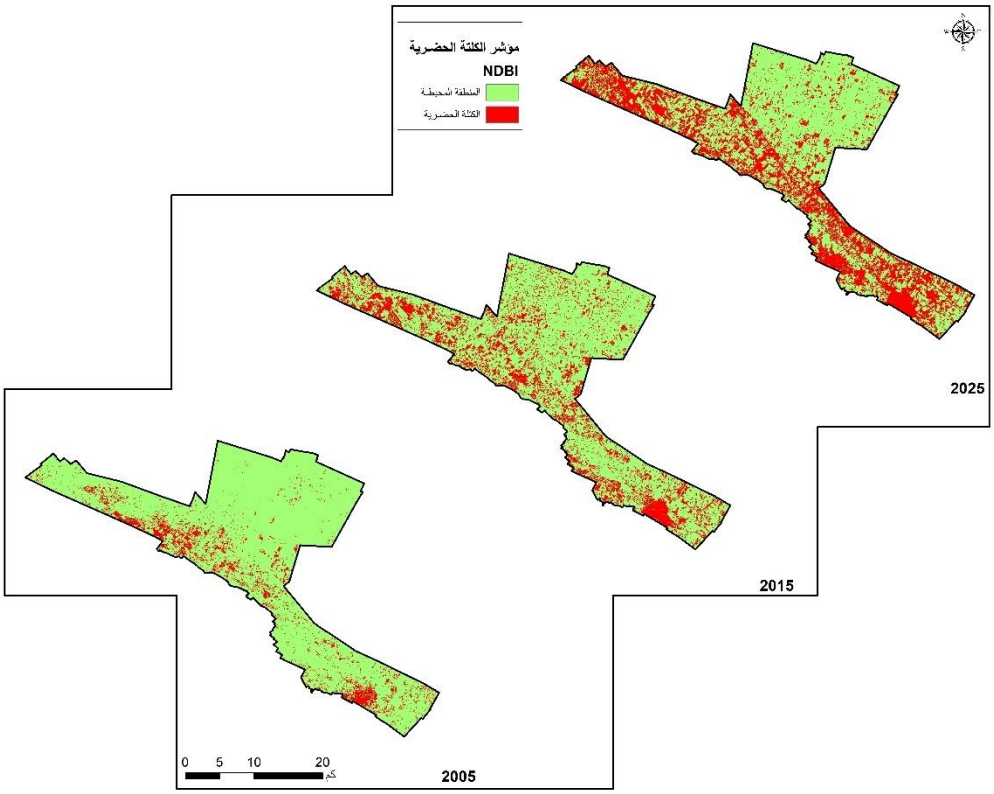
في عام ٢٠٢٥، شهدت المنطقة ارتفاعًا في كلتا الفئتين، حيث بلغت مساحة الجزيرة الحرارية المرتفعة 453.4كم²، في حين سجلت الجزيرة الحرارية المرتفعة جدًا 116.3 كم²، بزيادة تجاوزت 11كم² مقارنة بعام ٢٠١٥، لتشكل 16.6%من إجمالي مساحة وادي النطرون، وتعكس هذه التغيرات اتساع نطاق الجزر الحرارية المرتفعة، مما قد يرتبط بالتغيرات البيئية والمناخية واستخدامات الأراضي في المنطقة.

■ **تحليل مؤشر الاختلاف الحضري (NDBI) من خلال المرئيات الفضائية:**

بعد الانتهاء من معالجة صور الأقمار الصناعية, تم تحليل الصور وذلك بتطبيق قانون مؤشر الاختلاف الحضري والمتمثل في:

NDBI= (SWIR-NIR)/(SWIR+NIR)
NDBI= (Band6-Band5)/(Band6+Band5)

ويوضح شكل(٨) توزيع الكتلة الحضرية في منطقة وادي النطرون عبر سنوات الدراسة، وقد سجلت مساحة الكتلة الحضرية عام ٢٠٠٥، انخفاضًا ملحوظًا، حيث لم تتجاوز 9.3% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، أي ما يقارب 65.2 كم² .وقد تميز توزيعها بالتجمعات المتفرقة، التي اتخذت شكلًا طوليًا يمتد من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي.



المصدر/ عمل الباحثتان من خلال تحليل وتصنيف المرئيات الفضائية سنوات مختلفة

شكل (٨) مؤشر الكتلة الحضرية (NDBI) بمنطقة وادي النطرون أعوام مختلفة.

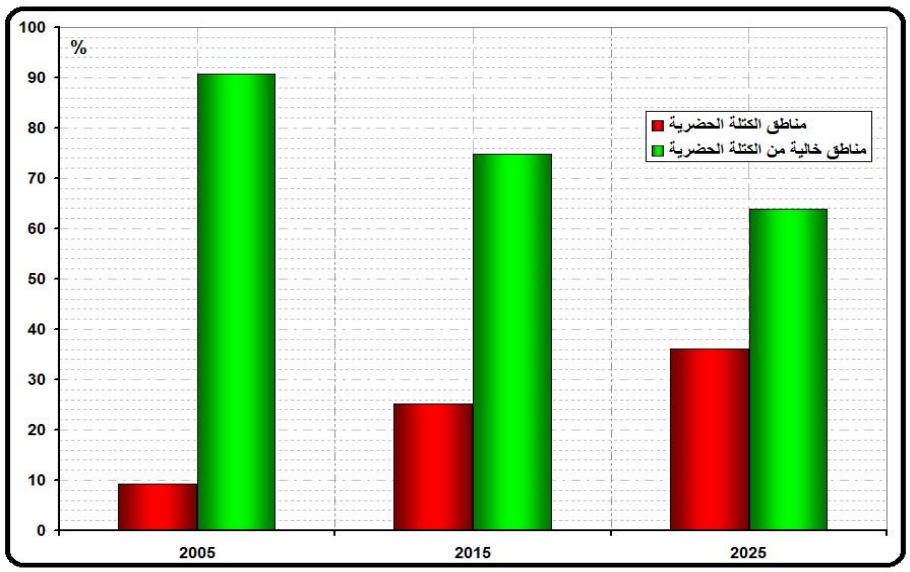
وقد شهدت مساحة الكتلة الحضرية في عام ٢٠١٥ زيادة كبيرة، حيث تجاوزت ربع إجمالي مساحة وادي النطرون، لتصل إلى 176.3كم²، في حين بلغت مساحة المناطق الخالية من الكتلة الحضرية 522.7 كم².

وقد استمرت هذه الزيادة حتى عام ٢٠٢٥، حيث ارتفعت مساحة الكتلة الحضرية إلى 252.9كم²، ما يمثل 36.2% من إجمالي مساحة المنطقة المدروسة، بينما تقلصت المساحات غير الحضرية إلى 446.1كم²، كما يوضحه جدول (٦) وشكل(٩)، وتعكس هذه التغيرات التوسع العمراني الملحوظ في المنطقة، مما قد يرتبط بزيادة الأنشطة البشرية والتوسع في مشروعات التنمية الحضرية.

جدول (٦) مساحة الكتلة الحضرية في منطقة وادي النطرون لأعوام (٢٠٠٥/٢٠١٥/٢٠٢٥)

البيان	٢٠٠٥		٢٠١٥		٢٠٢٥	
	المساحة كم٢	النسبة المئوية %	المساحة كم٢	النسبة المئوية %	المساحة كم٢	النسبة المئوية %
مناطق الكتلة الحضرية	٦٥.٢	٩.٣	١٧٦.٣	٢٥.٢	٢٥٢.٩	٣٦.٢
مناطق خالية من الكتلة الحضرية	٦٣٣.٨	٩٠.٧	٥٢٢.٧	٧٤.٨	٤٤٦.١	٦٣.٨

المصدر/ عمل الباحثتان من خلال تحليل وتصنيف المرئيات الفضائية سنوات مختلفة



شكل رقم (٩) نسبة مساحة الكتلة الحضرية في منطقة وادي النطرون لأعوام (٢٠٠٥/٢٠١٥/٢٠٢٥)

أثر الغطاءات الأرضية الرئيسية على درجة الحرارة

يمكن تحليل تأثير الغطاءات الأرضية على درجات الحرارة في نطاقات حي الوادي والشميسي من خلال دراسة كيفية تفاعل هذه الغطاءات مع الإشعاع الشمسي، سواء من خلال عكسه وتشتته، أو استهلاكه في عمليات التبخر، أو من خلال القصور الحراري لسطح الأرض.

الألبيدو الحضري [٢] تؤثر الغطاءات الأرضية المختلفة على الإشعاع الشمسي بطرق متعددة، حيث تقوم بتشتته أو انعكاسه أو امتصاصه. وتُعرف نسبة الإشعاع المنعكس مقارنةً بالإشعاع الساقط باسم الألبيدو السطحي(Surface Albedo) ، بينما يشير الألبيدو الحضري إلى دور المدن والمناطق الحضرية في عكس الإشعاع الشمسي.

تؤدي عملية التحضر إلى إحلال الأسطح والمواد الحضرية، مثل الأسفلت، الأسمنت، والمعادن، محل الغطاءات الأصلية للبيئة، خاصةً في المناطق التي كانت تحتوي على غطاء نباتي طبيعي أو أراضٍ صحراوية، كما هو الحال في منطقة الدراسة. يؤثر ذلك على كيفية تفاعل الإشعاع الشمسي مع البيئة الحضرية والمناطق المحيطة بها، مما يؤدي إلى تغيير الأنماط الحرارية في المنطقة(وليد عباس، ٢٠١٣).

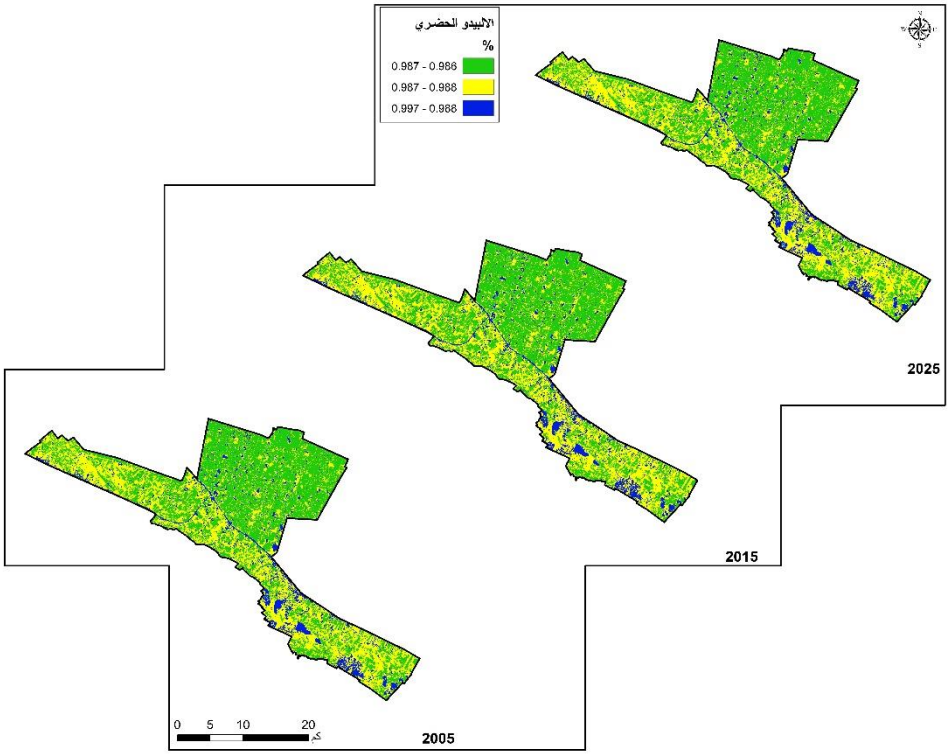
توزيع معامل الألبيدو في منطقة الدراسة يُظهر الشكل(١٠) توزيع معامل الألبيدو في منطقة الدراسة والمناطق المجاورة، وقد أظهرت الدراسة نمطًا توزيعيًا واضحًا للألبيدو يشبه النمط المركزي، حيث:

---

[٢] - **يشير مفهوم الألبيدو الحضري إلى نسبة الإشعاع الشمسي المنعكس عن الأسطح الحضرية مقارنةً بالإشعاع الساقط عليها، ويتأثر بعوامل عدة، أبرزها الغلاف الجوي، وخاصةً السحب، إلى جانب طبيعة السطح الحضري. يركز الألبيدو على الإشعاع الشمسي ضمن نطاق الأطوال الموجية بين ٠.٢٥ و٢.٩ ميكرون، وهو النطاق الذي يمثل نحو ٩٦٪ من إجمالي الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض(Prado, R.T.A. and Ferreira, F.L.)**

• تسجل أعلى قيم للألبيدو في المناطق التي تمر بها الطرق الرئيسية، مثل طريق الإسكندرية الصحراوي وطريق وادي النطرون – العلمين.

تليها في الترتيب المناطق المرتفعة مثل الكتل المبنية، حيث يظهر الألبيدو بوضوح في هذه المناطق نظرًا لاستخدام مواد البناء العاكسة، وتنخفض معدلات الألبيدو السطحي في النطاقات القريبة من المناطق ذات المساحات الخضراء، خصوصًا في الجانب الشمالي من وادي النطرون، حيث توجد حدائق، بساتين مثمرة، ومساحات زراعية واسعة، مما يعزز امتصاص الإشعاع بدلاً من انعكاسه



المصدر/ من عمل الباحثتان من خلال تحليل وتصنيف المرئيات الفضائية سنوات مختلفة

شكل رقم (١٠) توزيع معامل الألبيدو بمنطقة وادي النطرون أعوام (٢٠٠٥/٢٠١٥/٢٠٢٥)

النتائج والتأثيرات يؤدي هذا التباين في الألبيدو إلى اختلافات ملحوظة في درجات الحرارة، حيث تمتص المناطق الحضرية ذات الألبيدو المرتفع كميات أقل من الحرارة

مقارنة بالمناطق ذات الألبيدو المنخفض، مما يؤثر على الجزيرة الحرارية الحضرية ويساهم في التغيرات المناخية المحلية.

يتراوح الألبيدو النموذجي في المناطق الحضرية بين 0.1 و٠.٢، إلا أن قيمه في نطاقات الدراسة تتجاوز هذه الحدود، (وليد عباس، ٢٠١٣، ص١٢٨) حيث سجلت أكثر من 0.98 عند مقارنة هذه الظاهرة مع مناطق أخرى، نجد أن القدرة على عكس الإشعاع الشمسي في مدن شمال أفريقيا تراوحت بين 0.3 و٠.٤٥، بينما كانت أقل في مدن الولايات المتحدة وأوروبا، حيث تراوحت بين 0.15 و٠.٢، يرجع هذا الاختلاف إلى طبيعة منطقة الدراسة الصحراوية وشبه الصحراوية، بالإضافة إلى افتقارها للمساحات الخضراء.

تلخص الدراسة العلاقة بين الألبيدو والتركيب الحراري لنطاقات الدراسة، حيث يظهر دور الغطاءات الأرضية المختلفة في عكس الإشعاع الشمسي، وعلاقتها بالتدفق الإشعاعي الحراري (الإشعاع الأرضي) المنبعث من تلك الغطاءات، والذي يعد انعكاسًا مباشرًا لدرجة حرارة سطح الأرض(اسلام محمد جابر،٢٠٢٢). ومن ثم، يمكن القول إنه مع زيادة الرقعة الحضرية في منطقة الدراسة من عام إلى آخر، يزداد معدل تكون الجزر الحرارية فيها.

مقاومة الغطاءات الأرضية للتبخر/ نتح

التبخر أو النتح (Evapotranspiration) هو انتقال الرطوبة السطحية من الغطاءات الأرضية إلى الغلاف الجوي على شكل بخار ماء. ورغم ارتباطه بالعمليات المناخية، فإن تباينه في منطقة الدراسة يعتمد بشكل أساسي على وفرة الرطوبة السطحية والغطاء النباتي أكثر من المتغيرات الجوية كدرجة الحرارة والرياح. وقد أشار (Nemani & Running, 1989) إلى أهمية "مقاومة سطح الأرض للتبخر" في التأثير على التبخر

الفعلي بدلاً من التبخر المحتمل، وتؤثر عملية التبخر على الجزيرة الحرارية عبر دورها في ميزانية الطاقة؛ حيث يتم امتصاص الإشعاع الشمسي بواسطة الأرض، ويعاد في صورتين: تدفق الحرارة الكامنة (Latent Heat Flux) أثناء تحويل الرطوبة إلى بخار ماء، وتدفق الحرارة المحسوسة (Sensible Heat Flux) الذي ينبعث من الأرض. بما أن درجة الحرارة تقيس الحرارة المحسوسة فقط، فلا تساهم الطاقة الكامنة في التغير الحراري بالغلاف الجوي، ويوضح الشكل (١١) توزيع متوسطات الرطوبة الأرضية لعمليات التبخر في منطقتي الدراسة كما استُنبطت من المرئيات الفضائية المستخدمة في دراسة الجزر الحرارية عن طريق المعادلة التالية.

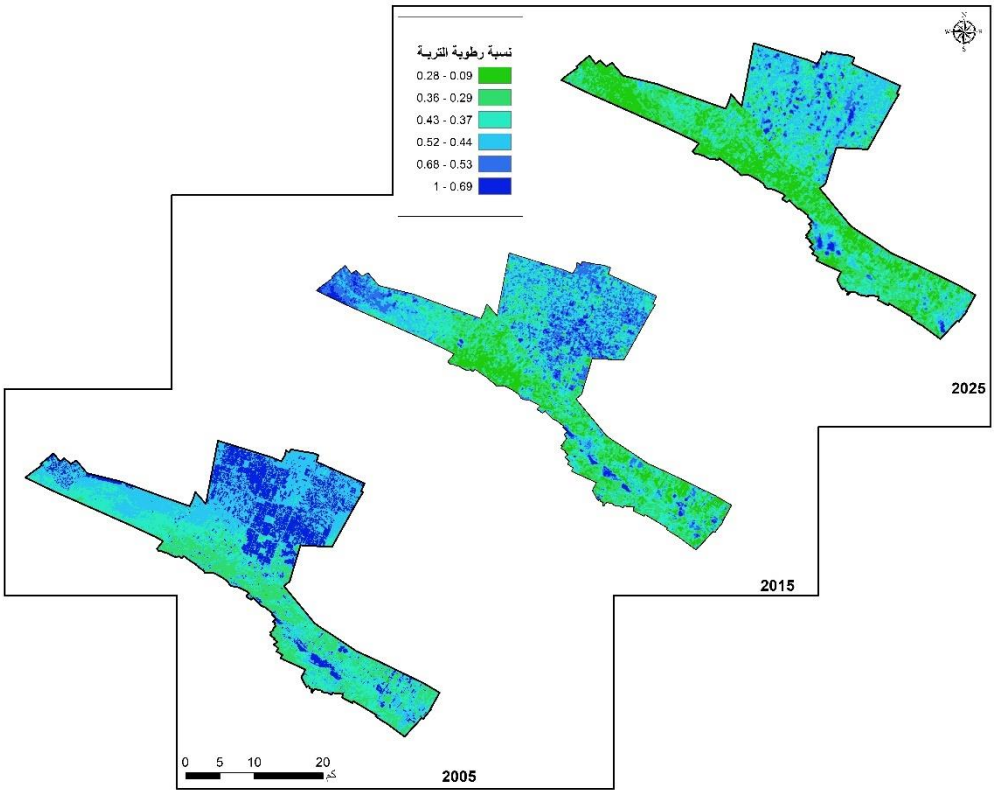
Soil Moisture Index (SMI)

$$SMI = (LST_{max} - LST) / (LST_{max} - LST_{min})$$

$$SMI = Float ((LST_{max} - LST) / (LST_{max} - LST_{min}))$$

وتُظهر النتائج أن أعلى نسب رطوبة توجد بالقرب من المسطحات المائية والمساحات الخضراء في الشمال ومنطقة الجنوب المحيطة بوادي النطرون، حيث تتواجد المسطحات المائية. كما أظهرت النتائج انخفاض نسب رطوبة التربة في المناطق الحضرية مع اختلاف أعوام الدراسة. بالإضافة إلى ذلك، لم تُظهر المناطق التي تحتوي على طرق وشوارع أي معدلات للتبخر أو النتح، وذلك لعدم وجود نباتات أو أشجار في تلك المناطق.

القصور الحراري للغطاءات الأرضية: يمكن تعريف القصور الحراري بأنه مقاومة سطح الأرض لتغير خصائصه الحرارية، سواء في اكتساب أو فقدان الحرارة. بمعنى آخر، هو سرعة امتصاص الأرض للحرارة عبر الإشعاع الشمسي أو فقدانها عبر بث الإشعاع الأرضي(Weng, 2009, p. 336) . إذا كانت قيم الألبيدو والتبخر هي الأساس في تحديد الفاقد والمكتسب الإشعاعي، فإن القصور الحراري يعد العامل الرئيسي في بث الإشعاع الأرضي، مما يحدد التوازن الإشعاعي والحراري في منطقة الدراسة.



المصدر/ من عمل الباحثتان من خلال تحليل وتصنيف المرئيات الفضائية سنوات مختلفة

شكل (١١) معدلات رطوبة التربة المستنتجة من المرئيات الفضائية وفقا لمعدلات التبخر والنتح بمنطقة الدراسة

يتم حساب القصور الحراري للغطاءات الأرضية باستخدام أكثر من معادلة، لكن في دراسات الاستشعار عن بعد، يمكن تقديره باستخدام المعادلة التالية: (١ – الألبيدو) / الفارق الحراري بين النهار والليل. ولكن، هذه المعادلة لا تحسب القصور الحراري مباشرة، بل تعكس العلاقة بين الألبيدو وفرق درجات الحرارة. في هذه الدراسة، اعتمدت الباحثتان على معادلة أخرى (فرق درجات الحرارة بين الليل والنهار / قيمة الألبيدو) المستخلصة من المرئيات الفضائية. وقد تم استخدام البيانات الميدانية لفرق درجات الحرارة بين النهار والليل، وقيم الألبيدو المستخلصة من تحليل المرئيات الفضائية، التي تنحصر بين (٠ و ١).كما يوضحها جدول (٧).

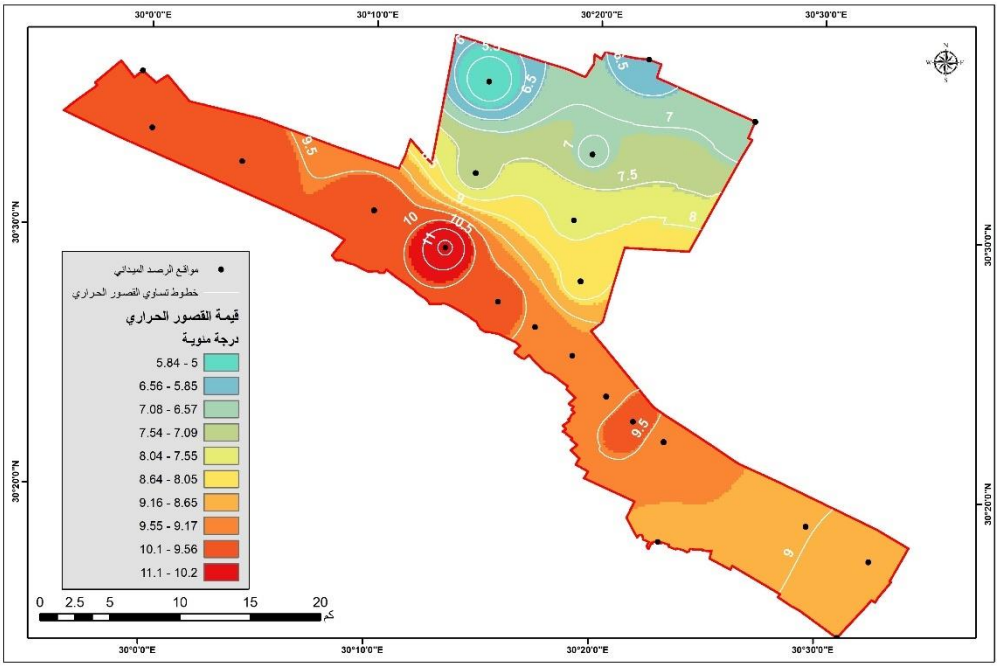
جدول (٧) يبين قيم القصور الحراري بمواقع مختارة بمنطقة الدراسة يناير ٢٠٢٥

موقع الرصد	نهارا	ليلا	قيمة الألبيدو	الفارق الحراري	معامل القصور الحراري
1	17	10.2	0.986329	6.8	6.9
2	21	11.6	0.986313	9.4	9.5
3	17	12.1	0.986373	4.9	5.0
4	21	11.8	0.986185	9.2	9.3
5	20	11.1	0.986247	8.9	9.0
6	20	10.9	0.986184	9.1	9.2
7	22	12.1	0.9863	9.9	10.0
8	20	11.2	0.986274	8.8	8.9
9	16	10.1	0.986536	5.9	6.0
10	20	11.2	0.986178	8.8	8.9
11	23	12.1	0.986134	10.9	11.1
12	20	12.3	0.986424	7.7	7.8
13	18	9.9	0.986109	8.1	8.2
14	21	11.8	0.986158	9.2	9.3
15	16	9.4	0.987019	6.6	6.7
16	22	12.5	0.986284	9.5	9.6
17	19	10.1	0.98616	8.9	9.0
18	20	10.2	0.986241	9.8	9.9
19	20	10.3	0.986254	9.7	9.8
20	20	10.1	0.986213	9.9	10.0
21	21	11.1	0.986303	9.9	10.0
22	17	9.9	0.987616	7.1	7.2

المصدر/ الرصد الميداني + بيانات المرئيات الفضائية والنسبة من حساب الباحثتان.

ويبرز القصور الحراري كعامل رئيسي في تفسير التباينات الحرارية داخل الغطاء الأرضي الواحد، حيث تختلف معدلات الألبيدو في نفس الغطاء. تتميز المناطق الخضراء بدرجة حرارة أكثر استقراراً على مدار اليوم، إذ تكتسب الحرارة وتفقدها بشكل بطيء، وذلك بسبب القصور الحراري المرتفع لهذه المناطق نتيجة لرطوبتها. وبما أن منطقة الدراسة غنية بمساحات زراعية واسعة، فإن الكتلة المبنية احتلت المرتبة الأولى في الحفاظ على استقرار درجات الحرارة على مدار اليوم. بالمقابل، تظهر المناطق الخالية، ومسارات

الطرق والشوارع في منطقتي الدراسة معدلات قصور حراري منخفضة في محيطها، كما يوضح الشكل (١٢)



المصدر/ الرصد الميداني باستخدام TP50 + بيانات المرئيات الفضائية والنسبة من حساب الباحثتان

شكل (١٢) التوزيع المكاني لقيم القصور الحراري على منطقة الدراسة يناير ٢٠٢٥

نتائج الدراسة:

أظهرت الدراسة مجموعة من الحقائق المرتبطة بموضوع البحث يمكن تلخيصها كالتالي:

- زيادة درجات الحرارة في منطقة وادي النطرون بين عامي (٢٠٠٥–٢٠٢٥) بمقدار ٢.٥ درجة مئوية.
- اتساع رقعة الجزيرة الحرارية، حيث تضاعفت مساحتها بين عامي ٢٠٠٥ و٢٠١٥، واستمرت في التوسع حتى عام ٢٠٢٥ لتصل إلى ١٦.٦ كم مربع، بعد أن كانت ٧.٦ كم مربع في بداية الدراسة.

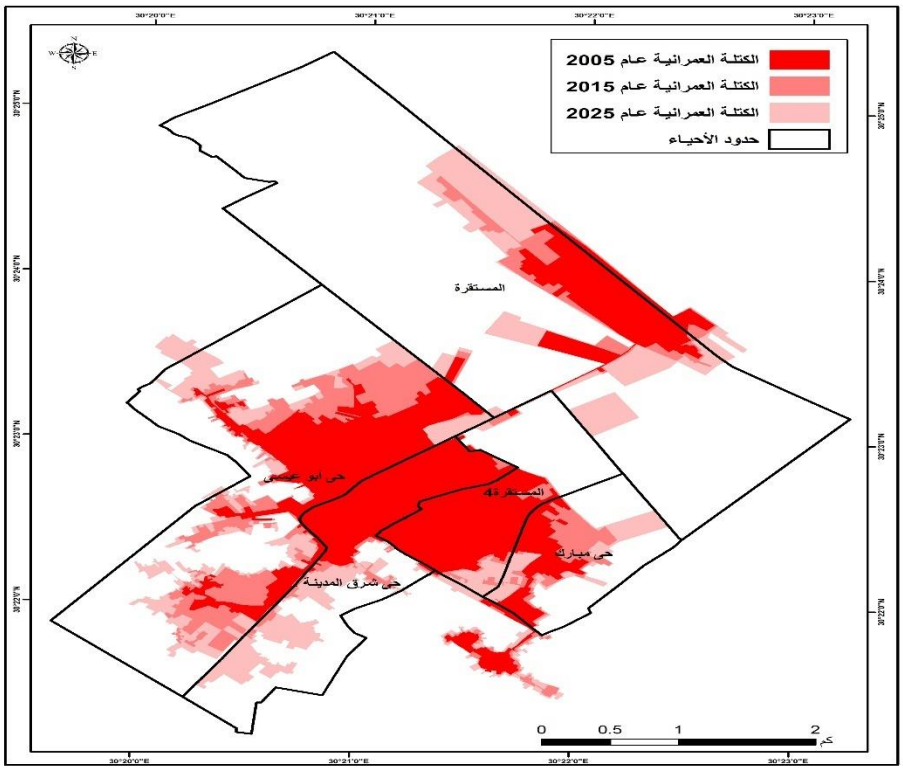
- ارتفاع درجات الحرارة إلى ١٧ درجة مئوية، رغم أن المرئيات الفضائية المعتمدة كانت لشهر يناير من كل عام دراسي (منتصف فصل الشتاء)، وذلك لتوضيح تأثير الكتلة العمرانية في تكوين الجزيرة الحرارية.
- انتظام النقاط الساخنة على طول محور من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، متماشياً مع طريق وادي النطرون.
- انحصار الجزيرة الحرارية المرتفعة جداً بين طريقي وادي النطرون العلمين من الجنوب وطريق القاهرة–الإسكندرية الصحراوي من الشمال.
- وجود علاقة طردية بين اتساع رقعة الجزيرة الحرارية وزيادة مساحة الكتلة الحضرية، سواء كانت كتل عمرانية متصلة أو طرق وشوارع. كما تظهر بعض النقاط الساخنة المتفرقة نتيجة لوجود المباني السكنية وغير السكنية داخل مزارع الموالح والبساتين.

وفيما يتعلق بالنمو العمراني، تم دراسة حالة المدينة المتصلة بمدينة وادي النطرون، حيث ارتفعت مساحتها من ٤.٢ كم مربع في عام ٢٠٠٥ إلى ٥.٩ كم مربع في عام ٢٠١٥، مع زيادة عمرانية بمقدار ١.٨ كم مربع خلال عشر سنوات، ما يعادل ١٧٨.١ ألف متر مربع سنويًا. واستمر هذا النمو ليصل إلى ٨.٧ كم مربع في عام ٢٠٢٥، مع زيادة بلغت ٢٧٩ ألف متر مربع سنويًا على مدار عشر سنوات. جدول (٨) وشكل (١٣).

جدول (٨) تطور مساحة الكتلة المبنية المتصلة لمدينة وادي النطرون بالفترة (٢٠٠٥/ ٢٠٢٥)

السنة	مساحة الكتلة العمرانية		الإضافة الكلية	الإضافة السنوية
	متر مربع	كم٢	كم ٢	متر مربع
2005	4154461	4.2		
2015	5935965	5.9	1.8	178150
2025	8729854	8.7	2.8	279389
الفترة الاجمالية			4.6	228770

المصدر/ عمل الباحثتان اعتمادا على صور المرئيات الفضائية أعوام مختلفة



المصدر / من عمل الباحثتان اعتمادا على صور المرئيات الفضائيه اعوام مختلفه.

شكل (١٣) تطور مساحة الكتلة المبنية المتصلة لمدينة وادي النطرون بالفترة (٢٠٠٥/ ٢٠٢٥)

وتجدر الإشارة إلى وجود علاقة طردية بين اتساع المساحة الحضرية، سواء الكتل العمرانية المتصلة أو الطرق والشوارع، وبين التطور السكاني في منطقة الدراسة. فقد أدى النمو السكاني إلى توسع رقعة العمران، مما يعكس تأثير الحجم السكاني في تكوين الجزيرة الحرارية، حيث تسهم الزيادة السكانية المستمرة في زيادة الامتداد العمراني، وبالتالي توسع مساحة الجزيرة الحرارية، وفي هذا السياق، ارتفع عدد سكان المدينة من 31,603 نسمة عام ٢٠٠٥ إلى 38,683نسمة عام ٢٠١٥، بمعدل زيادة سنوية قدرها 708 نسمة. جدول (٩).

جدول (٩) تطور معدلات الحجم السكاني بمدينة وادي النطرون بالفترة (٢٠٠٥/ ٢٠٢٥)

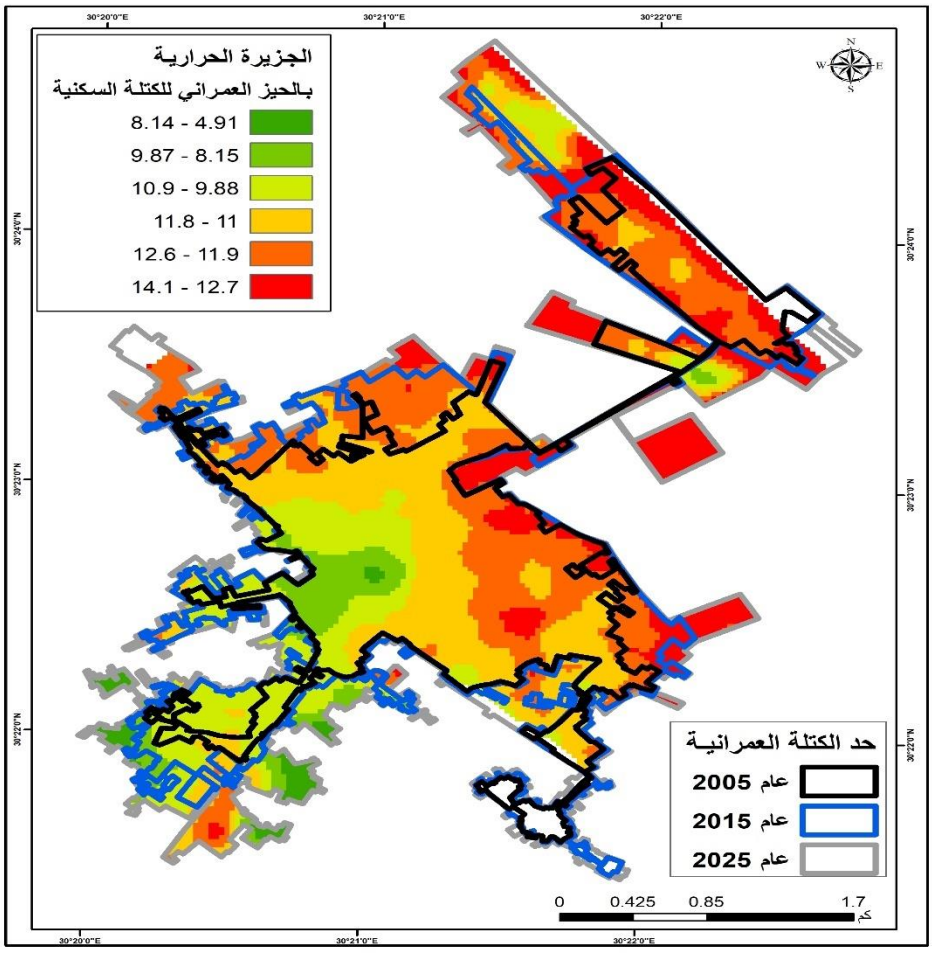
السنة	الحجم السكاني	الإضافة الكلية	الإضافة السنوية
	نسمة	نسمة	نسمة
2005	31603		
2015	38683	7080	708
2025	46753	8070	807
الفترة الاجمالية		15150	758

وقد استمرت الزيادة السكانية لتصل إلى 46,753 نسمة في بداية عام ٢٠٢٥، مسجلة زيادة قدرها 8,070 نسمة خلال عشر سنوات، مما رفع إجمالي النمو السكاني على مدار 20عامًا إلى أكثر من 15,000نسمة، بمعدل 758نسمة سنويًا، وبتحليل الجزيرة الحرارية لعام 2025، المستنبطة من المرئيات الفضائية وربطها بتطور العمران الناتج عن النمو السكاني، كما يوضحه شكل(١٤) تبين ما يلي:

- تراوحت قيم الجزيرة الحرارية داخل الكتلة العمرانية للمدينة بين 4.9إلى ١٤.١ درجة مئوية، وذلك خلال منتصف شهر يناير، وهو ما يعكس تأثير التطور العمراني رغم كون

المنطقة ذات طبيعة صحراوية مفتوحة تسجل درجات حرارة منخفضة في هذا الوقت من العام.

- تشير نتائج الدراسة إلى أن اتساع الكتلة العمرانية باتجاه الأطراف أدى إلى ارتفاع قيم الجزيرة الحرارية، خاصة في مناطق الامتداد العمراني لعام 2025، بينما سجلت الكتلة العمرانية لعام ٢٠٠٥ انخفاضًا في درجات الحرارة نتيجة لانتشار المساحات الخضراء والأشجار بين المباني القديمة.



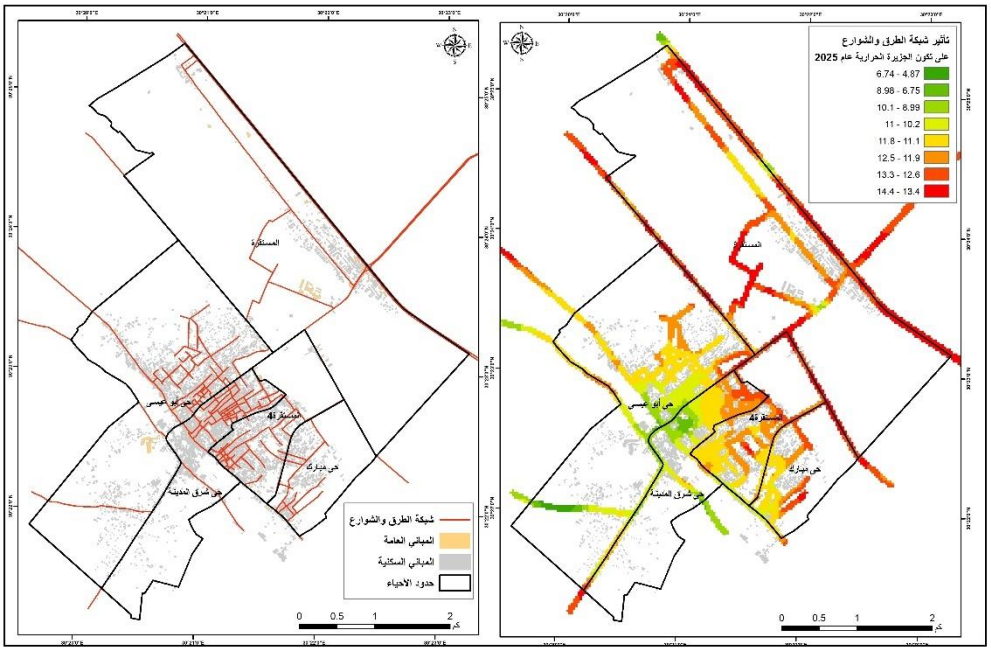
المصدر/ من عمل الباحثتان اعتمادا على صور المرئيات الفضائية أعوام مختلفة

شكل (١٤) الجزيرة الحرارية بالحيز العمراني للكتلة السكنية بالمدينة عام ٢٠٢٥

- انخفاض درجات الحرارة في الجزء الجنوبي من المدينة، حيث يحتوي الجانب الجنوبي الشرقي على بساتين زراعية، بينما يضم الجانب الجنوبي الغربي برك مياه وملاحات وادي النطرون، مما يساهم في تقليل التأثير الحراري.
- انخفاض الجزيرة الحرارية في وسط المدينة، نظرًا لطبيعة المباني القديمة، التي تشبه المباني المشيدة بالطوب اللبن، مما يساعد على تلطيف درجات الحرارة، بالإضافة إلى تأثير بحيرة أبو جياد.
- ارتفاع درجات الحرارة في الجزء الشمالي من المدينة، نتيجة انتشار المباني الحديثة الخرسانية، والتي تفتقر إلى الغطاء النباتي على الأسطح، مما يؤدي إلى زيادة الانعكاس الحراري.

قامت الباحثتان بتحليل تأثير شبكة الطرق والشوارع على تكوّن الجزر الحرارية في المدينة، من خلال تحديد أطوال شبكة الطرق لعام ٢٠٢٥، والتي بلغت 85 كم طولي، استنادًا إلى المرئيات الفضائية وقاعدة البيانات الجغرافية، وقد بلغت أطوال الطرق الرئيسية داخل المدينة وفي أطرافها 50كم طولي، حيث تلعب دورًا رئيسيًا في ربط المدينة بالمناطق المجاورة.، وتم معالجة المرئية الفضائية لاستخراج قيم الجزر الحرارية على طول مسارات هذه الطرق، كما يوضحه الشكل (١٥).

- أظهرت نتائج التحليل أن طرق المدينة شهدت تكوّن جزر حرارية بقيم متفاوتة، حيث تراوحت بين 4.9 إلى ١٤.٤ درجة، كما يوضحه الشكل السابق، ونجد ارتفاع القيم الحرارية في الطرق الرئيسية نظرًا لكونها مسطحات مكشوفة ذات عرض كبير، مما يزيد من انعكاس أشعة الشمس، خاصة بسبب طبقة الأسفلت، كما يظهر في الصورة(١).



المصدر/ من عمل الباحثتان اعتمادا على الخريطة الرقمية لمنطقة الدراسة + المرئية الفضائية يناير ٢٠٢٥

شكل رقم (١٥) تأثير شبكة الطرق والشوارع على تكون الجزر الحرارية بالمدينة عام ٢٠٢٥

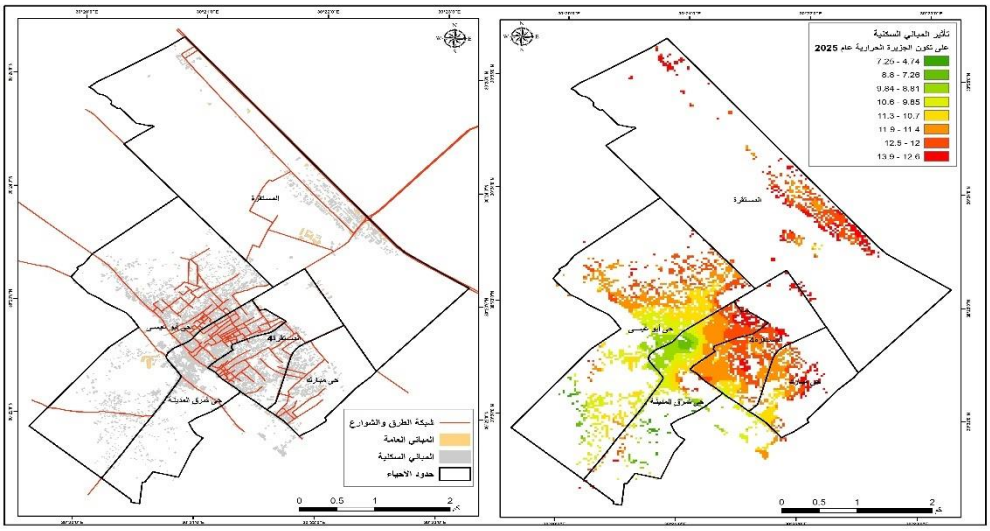
- اعتدال القيم الحرارية في الشوارع الداخلية بسبب عرضها الضيق ووجود أشجار على جانبيها، مما يسهم في خفض درجات الحرارة، منا تنخفض القيم الحرارية بشكل ملحوظ في الشوارع القريبة من المسطحات المائية، نتيجة التأثير التبريدي للمياه

صورة (١) نمط الطرق والشوارع بمنطقة الدراسة ٢٠٢٥

من تصوير الباحثتان الدراسة الميدانية بتاريخ(٤ يناير ٢٠٢٥)

– تم ربط الكتلة العمرانية، المكونة من المباني السكنية والخدمية، بتكوين الجزيرة الحرارية، كما يوضحه الشكل(١٦). حيث أظهر ارتفاع القيم الحرارية في المناطق الشمالية والشرقية ويعزى ذلك إلى حداثة المباني واعتماد النمط الخرساني، مما يزيد من امتصاص الإشعاع الشمسي ورفع درجات الحرارة، حيث سجلت القيم الحرارية 14درجة مئوية في هذه المناطق، وقد تم استبعاد المناطق الصحراوية المتخللة بين الكتل العمرانية، حيث لا تسهم بشكل مباشر في تكوين الجزيرة الحرارية.

–انخفاض القيم الحرارية في المناطق الجنوبية والوسطى نتيجة قربها من المسطحات المائية، البرك، والمناطق الخضراء، والتي تعمل على تلطيف درجات الحرارة وخفض تأثير الجزيرة الحرارية.

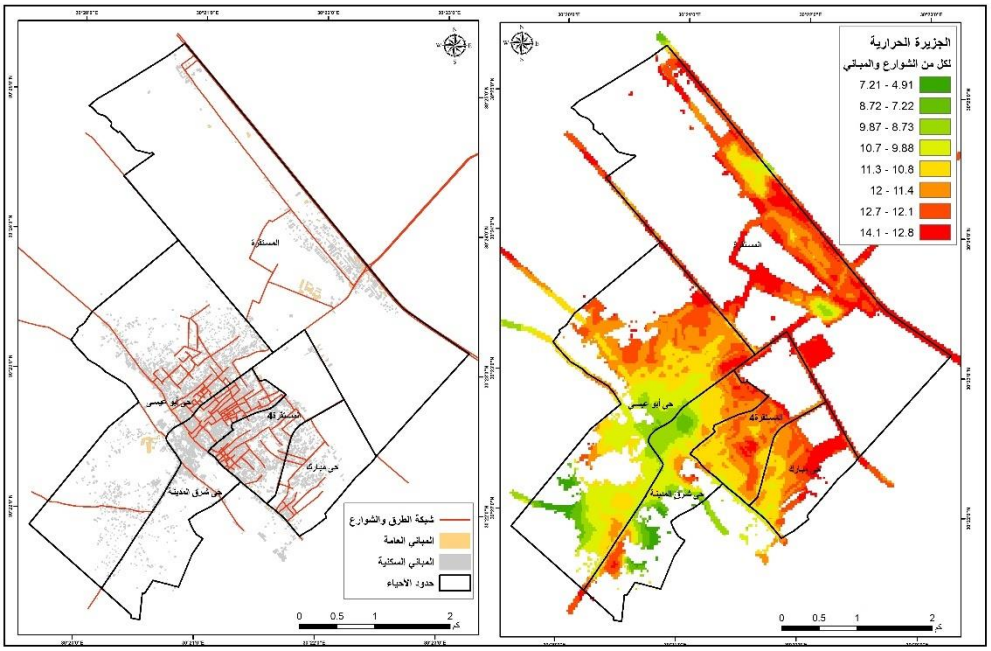


المصدر/ من عمل الباحثتان اعتمادا على الخريطة الرقمية لمنطقة الدراسة + المرئية الفضائية يناير ٢٠٢٥

شكل (١٦) تأثير المباني السكنية والخدمية على تكون الجزر الحرارية بالمدينة ٢٠٢٥

وقد تم دمج تأثير شبكة الشوارع والمباني على تكوين الجزيرة الحرارية، تم تقييم القيم الحرارية لكل مبنى وكل شارع طولي باستخدام تحليل وحدات البكسل في المرئيات الفضائية، مما أتاح إنتاج الشكل (١٧)، الذي يوضح العلاقة بين البنية العمرانية وتوزيع الجزر الحرارية في المدينة.

أكدت الدراسة التأثير الحتمي لشبكة الشوارع والمباني على تكوّن الجزيرة الحرارية في المدينة، حيث سجل الجانب الشمالي ارتفاعًا في القيم الحرارية نتيجة انتشار المباني الحديثة ذات الهياكل الخرسانية، إضافةً إلى الشوارع الواسعة التي يتجاوز عرضها ٨٠ مترًا، مثل طريق القاهرة الصحراوي. في المقابل، انخفضت القيم الحرارية في الجانب الجنوبي بفعل نمط البناء التقليدي، إلى جانب وجود البرك والمستنقعات والبساتين والأشجار التي ساهمت في تلطيف الحرارة.



المصدر/ من عمل الباحثتان اعتمادا على الخريطة الرقمية لمنطقة الدراسة + المرئية الفضائية يناير ٢٠٢٥

شكل (١٧) تأثير الكتلة الحضرية على تكون الجزر الحرارية بالمدينة عام ٢٠٢٥

<u>التوصيات: قدمت الباحثتان مجموعة من التوصيات و</u>والتى إستندت إلى نتائج الدراسة، التي أكدت وجود علاقة طردية بين التوسع العمراني وارتفاع درجات الحرارة، مما يستلزم تبني استراتيجيات مستدامة للتحكم في النمو الحضري والتخفيف من تأثير الجزر الحرارية في مدينة وادي النطرون.**<u>والتي تشمل:</u>**

١. تعزيز الغطاء النباتي والتشجير الحضري:

- زيادة المساحات الخضراء داخل المدينة وعلى امتداد الطرق الرئيسية، لا سيما في المناطق الشمالية والشرقية التي تشهد ارتفاعًا في القيم الحرارية.
- إلزام المشروعات العمرانية الجديدة بتضمين المسطحات الخضراء والأسطح المزروعة، خاصة في المباني الخرسانية الحديثة للحد من الانعكاس الحراري.

٢. تطوير البنية التحتية والطرق للحد من تأثير الجزر الحرارية:

- استخدام مواد إنشاء ذات خصائص انعكاسية منخفضة للأسفلت، أو تطبيق تقنيات الأسطح الباردة (Cool Pavements) لتقليل امتصاص أشعة الشمس.
- تعزيز التخطيط العمراني المستدام عبر تقليل الامتداد العشوائي وتوجيه التنمية نحو مناطق أقل عرضة لارتفاع درجات الحرارة.
- إدراج نتائج الدراسة في سياسات التخطيط العمراني لتقليل التأثيرات البيئية السلبية للتوسع العمراني.

٣. تحسين أنماط البناء والتخطيط الحضري:

- التوصية باستخدام مواد بناء منخفضة الامتصاص الحراري، مثل الطوب الطيني والحجر الطبيعي، في المشروعات السكنية الجديدة.
- دمج تقنيات العزل الحراري في المباني الحديثة وتقليل الاعتماد على الخرسانة في الإنشاءات، خاصة في المناطق الشمالية والشرقية من المدينة.
- إعادة تأهيل المناطق العمرانية القديمة من خلال تطوير المباني التقليدية واستغلال طبيعتها الحرارية المعتدلة.
- الاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تطوير خرائط حرارية دورية لتحديد النقاط الساخنة واتجاهات انتشارها.
- تنفيذ دراسات ميدانية متكررة لمراقبة التغيرات الحرارية وتأثيرات النمو العمراني، مع إشراك المؤسسات الأكاديمية والجهات الحكومية في اتخاذ القرارات البيئية.

٤. وضع سياسات تنظيمية للتحكم في التوسع العمراني:

- دمج معايير الاستدامة البيئية في خطط الإسكان والتنمية العمرانية، بما يضمن الحد من تأثير التحضر على المناخ المحلي.

المصادر والمراجع

أولاً : المصادر

- المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS, مرئيات اقمار صناعية اعوام مختلفة Landsat 5/ 8 (٢٠٠٥/٢٠١٥/٢٠٢٥).http:// earthexplorer.usgs.gov
- الهيئة العامة للمساحة المصرية, خريطة الحد الاداري لوادي النطرون عام ٢٠٢٤.

www.landsathandbook.gsfc.nasa.gov

ثانيا: المراجع العربية :

- أحمد إبراهيم عبد الخالق *شاهين* .(2019) أثر التغيرات العمرانية في نشأة ظاهرة الجزر الحرارية في مدينة الزقازيق .*المجلة العلمية لكلية الآداب، جامعة طنطا* . 47-68 (35)
- إسلام محمد جابر .(2022) *المناخ وتخطيط واستدامة المدن في مصر:* دراسة في المناخ الحضري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة جنوب الوادي.
- أمل عبد العظيم معتوق .(2004) *العلاقة بين المناخ والعمران في غرب الدلتا* : دراسة في جغرافيا المناخ التطبيقي، *مدينة دمنهور* .رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، فرع دمنهور.
- علياء محمد موسى موسى (2022) *شدة الجزيرة الحرارية في مدينة بورسعيد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد* .المجلة العلمية لكلية الآداب، جامعة دمياط، مجلد (١١)، العدد الثاني.
- كامل فتحي جمعة منور (2016) *دراسة العلاقة بين التغيرات العمرانية ونشأة الجزر الحرارية بمدينة طنطا باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية* . مجلة البحث العلمي في الآداب، جامعة عين شمس، العدد (١٧)، الجزء الرابع، أغسطس.

- شيماء السيد عبد النبي .(2010) *الجزر الحرارية في الإسكندرية: دراسة في المناخ الحضري* .رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- مبارك سعد آل سالم .(2021) *مراقبة تغير الجزر الحرارية بمدينة ينبع غرب المملكة* . المجلة الجغرافية العربية، مجلد (٥٢)، العدد (٧٨)، ص ص ٣١٩-٣٤٥.
- محمد هاني سعيد (2011) *مناخ مدينة أسيوط: دراسة في المناخ الحضري* .رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة أسيوط.
- وليد عباس عبد الراضي (2013) *الحرارة في مجمع القاهرة الحضري: دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية* .رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- وليد عباس عبد الراضي (٢٠١٦): شدة الجزر الحرارية للمدن الرئيسة في دلتا النيل دراسة مقارنة في مناخ الحضر باستخدام مرئيات Terra MODIS ، حوليات كلية الآداب جامعة عين شمس المجلد (٤٤)، يوليو- سبتمبر.
- وائل محمد طاهر (٢٠١٨): الجزر الحرارية في مدينة المنصورة، المجلة العلمية لكلية الآداب جامعة بورسعيد، العدد (١٤)، يوليو.
- وائل هريدي زهران (٢٠٢٢): ديناميات الجزيرة الحرارية لمدينة سوهاج استجابة لتغير الغطاءات الأرضية خلال الفترة (١٩٩٠ - ٢٠٢١م) باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة العلمية لكلية الآداب جامعة أسيوط، العدد (٨١)، يناير.
- وائل هريدي زهران (٢٠٢٤): التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منور المناخ التفصيلي، المجلة العلمية لكلية الآداب جامعة أسيوط، العدد (٩٠)، ابريل.

الدراسات الاجنبية

- Abou El-Magd I., Ismail A., Zanaty N. (2016). Spatial Variability of Urban Heat Islands in Cairo City, Egypt using Time Series of

Landsat Satellite Images. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, ISSN 2320-0243.

- Ahmed S. (2018). Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Vol. 21, Issue 1.

- Chander G., Markham B. L., & Helder D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 113, No. 5.

- Hany S. Abd El Azeem Abu El ela hany M. Ayad, Dina M. Saad Allah (2013) Investigating urban growth scenarios in Wadi El Natrun area, Egypt, using the UPlan land use allocation model, Journal of Land Use Science, (8)-3.

- Hany S. Abu El Ela (2013) Wadi El Natroun Town: A Geostatistical analysis of Urban and sociodemographic Characteristics, Bulletin of the Egyptian Geographical Society.

- John J.A., Yaro A., Abdulrasheed L. (2017). Remote Sensing and GIS Based Assessment of Urban Heat Island Pattern in Kaduna Metropolis. *International Journal For Research In Applied And Natural Science*, Vol. 3, Issue 6.

- Li. Z. L., Si. M., Leng. P. (2020). A Review of Remotely Sensed Surface Urban Heat Islands from the Fresh Perspective of Comparisons Among Different Regions. *Progress In Electromagnetics Research C*, Vol. 102.

- Liu P., Jia S., Han R., Liu Y., Lu. X., Zhang H. (2020). RS and GIS Supported Urban LULC and UHI Change Simulation and Assessment. *Journal of Sensors*, Volume 2020, Article ID 5863164.

- Mirzaei, M., Verrelst, J., Arbabi, M., Shaklabadi, Z., & Lotfizadeh, M. (2020). Urban Heat Island Monitoring and Impacts on Citizen's General Health Status in Isfahan Metropolis: A Remote Sensing and Field Survey Approach. *Remote Sensing*, 12(8), 1350. https://doi.org/10.3390/rs12081350

- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.

- Prado, R.T.A., and Ferreira, F.L. (2005). Measurement of Albedo and Analysis of Its Influence on the Surface Temperature of Building Roof Materials. *Energy and Buildings*, Vol. 37. www.elsevier.com/locate/enbuild

- Rao, C. R. (1972). Remote sensing for resource management. *Remote Sensing of Environment*, 1(1), 1-12.

- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 86, No. 3.

- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 64, No. 5.
www.elsevier.com/locate/isprsjprs

Analysis of the Relationship Between Urban Characteristics and Heat Islands in Wadi El-Natrun City Between 2005 and 2025: A Case Study Using Remote Sensing

Abstract

The phenomenon of urban heat islands is a prominent environmental issue that reflects the negative impacts of rapid urban expansion on local climatic systems. In this context, the study analyzes thermal variations in Wadi El-Natrun from 2005 to 2025. The results indicate that hotspots are concentrated along a northwest-southeast axis, aligning with the Wadi El-Natrun–Alamein Road north of the city, highlighting the influence of infrastructure and human activities on thermal distribution. Additionally, the findings reveal a significant temperature increase of 2.5°C, along with a doubling of the area covered by high and very high-intensity heat islands during the first decade of the study, expanding from 7.6 km² in 2005 to 16.6 km² by 2025. The study confirms a direct correlation between urban expansion and the intensification of heat islands, as the city's built-up area grew from 4.2 km² in 2005 to 8.7 km² in 2025, extending between the Cairo–Alexandria Desert Road in the east and the historic core around the Natron Salts Factory in the west, with an accelerating annual growth rate. Based on these findings, the study recommends enhancing afforestation along road networks, particularly in areas with low vegetation cover, to mitigate the impact of heat islands. Additionally, it emphasizes the adoption of sustainable planning approaches when establishing new industrial facilities, particularly around Sadat City, to minimize environmental impacts.

Keywords: Urban Heat Islands, Urban Expansion, Hot Spots, Wadi Natron, Sustainable Urban Planning, Remote Sensing.