Journal of Nature, Life and Applied Sciences (JNSLAS) • Vol 9, Issue 3 (2025) • P: 80 – 57
https://journals.ajsrp.com/index.php/jnslas
ISSN: 2522-3356 (Online) • ISSN: 2522-3356 (Print)

Effectiveness of Urban Parks in Reducing Surface Temperatures in Riyadh City Using Remote Sensing and Geographic Information Systems

Dr. Haya Falah Al-Shahrani
Qassim University | KSA

Received: 06/05/2025
Revised: 19/05/2025
Accepted: 22/06/2025
Published: 15/09/2025

* Corresponding author: F123bm@gmail.com

Citation: Al-Shahrani, H. F. (2025). Effectiveness of Urban Parks in Reducing Surface Temperatures in Riyadh City Using Remote Sensing and Geographic Information Systems. *Journal of natural sciences, life and applied sciences, 9*(3), 57 – 80. https://doi.org/10.26389/AJSRP.R080525

2025 © AISRP • Arab Institute for Sciences & Research Publishing (AISRP), United States, all rights reserved..

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license

Abstract: This study aims to analyze the environmental role of urban parks in Riyadh in mitigating the Urban Heat Island (UHI) phenomenon by evaluating the impact of vegetation cover and green spaces on lowering surface temperatures. The study relies on the analysis of satellite imagery captured by Landsat for the years 2014 and 2020, alongside the use of Google Earth to locate parks, which were subsequently processed using Geographic Information Systems (GIS) and statistical analysis methods. The relationship between vegetation distribution within the parks and its influence on temperatures in the surrounding areas within a 500-meter radius was examined. The results revealed clear differences in the environmental impact of parks. Parks such as Al-Salam Park and King Abdulaziz Historical Center Park showed a significant temperature reduction of up to 6.72°C, attributed to dense vegetation and the presence of water bodies. In contrast, some parks with limited vegetation, such as Abu Dhar Al-Ghafari Park and Al-Rawda Park, were not effective in cooling, and even showed negative thermal effects due to high proportions of impervious surfaces and sparse tree coverage. The study concludes that the effectiveness of parks in reducing surface temperatures is primarily dependent on their design and the distribution of vegetation and water elements within them. The findings underscore the importance of integrating environmental considerations into urban planning and promoting policies that support the development and maintenance of green spaces as a vital tool for enhancing local climate and quality of life in arid cities.

Keywords: Urban Cooling, Vegetation Cover, Urban Climate, Saudi Arabia.

تقييم تأثير الحدائق الحضرية في خفض حرارة سطح الأرض بمدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية للفترة (2014-2020)

الدكتورة / هيا فلاح الشهراني
جامعة القصيم | المملكة العربية السعودية

المستخلص: يهدف هذا البحث إلى تحليل الدور البيئي الذي تؤديه الحدائق الحضرية في مدينة الرياض في التخفيف من درجة حرارة سطح الأرض، من خلال تقييم أثر الغطاء النباتي والمساحات الخضراء على خفض درجات الحرارة السطحية خلال موسم الصيف. اعتمد هذا البحث على تحليل بيانات مرئية ملتقطة بواسطة الأقمار الصناعية Landsatالعامي 2014و2020، إلى جانب استخدام برنامج Google Earthلتحديد مواقع الحدائق، ومن ثم معالجتها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وأساليب التحليل الإحصائي. تم تحليل العلاقة بين توزيع الغطاء النباتي داخل الحدائق وتأثيره على درجات الحرارة في المناطق المحيطة ضمن نطاق 500متر .أظهرت النتائج وجود فروق واضحة في التأثير البيئي للحدائق، حيث سجلت حدائق مثل منتزه السلام وحديقة مركز الملك عبد العزيز التاريخي انخفاضًا ملحوظًا في درجات الحرارة بلغ 6.72 درجة مئوية، نتيجة كثافة الغطاء النباتي ووجود المسطحات المائية. في المقابل، لوحظ أن بعض الحدائق ذات الغطاء النباتي المحدود، مثل حديقة أبو ذر الغفاري وحديقة الروضة، لم تسهم بفعالية في التخفيف الحراري، بل أظهرت تأثيرًا سلبيًا بسبب زيادة نسبة المسطحات الصلبة وقلة التشجير. توصل هذا البحث إلى أن فعالية الحدائق في تقليل درجات الحرارة السطحية تعتمد بشكل رئيس على تصميمها وتوزيع الغطاء النباتي والمائي داخلها. وتؤكد النتائج على أهمية دمج البعد البيئي في التخطيط الحضري، وتعزيز السياسات التي تدعم إنشاء وصيانة المساحات الخضراء كأداة فاعلة في تحسين المناخ المحلي وجودة الحياة في المدن ذات المناخ الجاف.

الكلمات المفتاحية: التبريد الحضري، الغطاء النباتي، المناخ الحضري.

1. المقدمة

تُعد المدن الكبرى في البيئات الجافة وشبه الجافة، مثل مدينة الرياض، من أكثر النظم الحضرية تأثرًا بظاهرة الجزر الحرارية الحضرية (Urban Heat Islands (UHI، الناتجة عن التوسع العمراني السريع، وندرة الغطاء النباتي، وزيادة الأسطح الإسفلتية والخرسانية التي تمتص وتخزن الحرارة خلال النهار وتُشعها ليلًا. وتشير الدراسات العلمية إلى أن وجود الغطاء النباتي الحضري، ولا سيما الحدائق والمتنزهات، يُعد من أهم الحلول الطبيعية المستدامة للتخفيف من حدة هذه الظاهرة، من خلال دوره في خفض درجات حرارة السطح المحيط به بفضل ظاهرة التبريد المناخي الناتجة عن التظليل والتبخر-نتح (evapotranspiration) (Oke, 1989; Bowler et al., 2010; Gunawardena et al., 2017).

تُعدّ المناطق الخضراء من المكونات الأساسية للبيئة الحضرية المعاصرة، لما تؤديه من وظائف متعددة تشمل الأدوار البيئية، والصحية، والترفيهية، والنفسية، حيث تسهم بشكل فعّال في تقليل تلوث الهواء، والحد من التلوث السمعي والبصري، إلى جانب تحسين جودة الحياة الحضرية (Haq, 2011). ولا تقتصر أهمية هذه المناطق على كونها عناصر جمالية أو مظهرًا من مظاهر الرفاهية، بل تمثل ضرورة بيئية وخدمية في بنية المدينة. وتبرز كذلك أدوارها النفسية والاجتماعية، التي تجعل من وجودها أولوية في التخطيط الحضري السليم

حظيت المناطق الخضراء باهتمام متزايد من قبل الباحثين، حيث تناولت دراسات عدة هذا الموضوع من زوايا متعددة، من بينها دراسات تناولت تخطيط الحدائق العامة، وتصميم المناظر الطبيعية، والوصول العادل إلى المساحات الخضراء، بالإضافة إلى إدارة الغابات والمتنزهات الحضرية، وتقييم الكفاءة المكانية لتوزيع المناطق الخضراء، وتوظيف التقنيات الحديثة في تخطيطها وإدارتها، كما ورد في دراسات (آل سعود، 2006؛ حبيب، 2007؛ عبدالكريم، 2022؛ عبدالراضي وآخرون، 2024). ويشير هذا التعدد في زوايا البحث إلى الأهمية البالغة التي تحظى بها المناطق الخضراء في النقاشات الأكاديمية المعنية بالتنمية الحضرية المستدامة.

ويكتسب هذا البحث أهميتها من كونها تقدم قاعدة علمية لتحسين تصميم وتخطيط الحدائق الحضرية في البيئات الجافة، وتعزز فهم دور الغطاء النباتي الحضري في التخفيف من حدة الجزر الحرارية، خاصة في ظل ما تشهده المدن من تغيرات مناخية متسارعة وتوسع عمراني مضطرد. كما تُمهد النتائج الطريق أمام صُنّاع القرار العمراني لتبني استراتيجيات تنموية مستدامة ترتكز على البنية الخضراء كأحد حلول التكيف المناخي الفعّال.

2. أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحليل تأثير الحدائق الحضرية في خفض درجة حرارة سطح الأرض في مدينة الرياض، من خلال الاعتماد على بيانات الأقمار الصناعية (لاندسات)، وفيما يلي أهم أهداف البحث:

- تحليل التباين المكاني لدرجة حرارة السطح داخل الحدائق والمتنزهات الحضرية في مدينة الرياض والمناطق المحيطة بها ضمن النطاق العازل 500 متر، باستخدام بيانات الأقمار الصناعية (Landsat 8) لعامي 2014 و2020 خلال موسم الصيف.
- تصنيف الحدائق والمتنزهات الحضرية حسب تأثيرها في تخفيض درجات حرارة السطح إلى ثلاث فئات رئيسة (ذات تأثير سلبي، ذات تأثير إيجابي ضعيف إلى متوسط، وذات تأثير إيجابي قوي)، وتحديد العوامل المؤثرة في هذا التباين مثل مساحة الحديقة وكثافة الغطاء النباتي ووجود الأسطح الصلبة.
- مقارنة التغير في درجة حرارة السطح بين عامي 2014 و2020 لتحديد مدى التحسن أو التدهور في فعالية هذه المساحات الخضراء في التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية UHI.
- العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض ومؤشر NDVI.
- اقتراح توصيات عمرانية وبيئية تستند إلى نتائج التحليل لتحسين دور المساحات الخضراء في الحد من تأثيرات التغير المناخي الحضري وارتفاع درجات الحرارة مستقبلاً.

3. الدراسات السابقة

لقد أولت العديد من الدراسات العلمية، العربية والأجنبية، اهتمامًا كبيرًا بدور الحدائق والمساحات الخضراء في تخفيف درجات الحرارة السطحية ضمن البيئات الحضرية، ولا سيما في المدن ذات المناخ الصحراوي كمدينة الرياض. وتشير الدراسات العلمية إلى وجود تأثير تبريدي واضح للغطاء النباتي، يُسهم في تقليل ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية وتحسين جودة الحياة في المناطق العمرانية المكتظة. وفيما يلي عرض لهذه الدراسات:

أظهرت دراسة العاجزة (2018) ، على مستوى المملكة العربية السعودية ، التي تناولت أثر التوسع العمراني على درجات الحرارة السطحية شمال مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، وجود علاقة طردية بين ازدياد التمدد العمراني وارتفاع درجات الحرارة

السطحية، وذلك نتيجة تقلص المساحات الخضراء. وقد أكد البحث على أهمية تعزيز الغطاء النباتي في تخفيض حرارة السطح والحد من التباين الحراري بين المناطق. ركز عدد من الدراسات الحديثة على مدينة الرياض، حيث قدمت Imam (2023) تقييمًا لتأثير مشروع "الرياض الخضراء" في التخفيف من آثار الجزر الحرارية، مشيرة إلى نتائج ملموسة في خفض درجات الحرارة بفعل زيادة التشجير الحضري. كما درس Rahman (2018) محددات ارتفاع درجات حرارة سطح الأرض في بيئة صحراوية مثل مدينة الرياض، وخلص إلى أن التوسع الحضري غير المنظم وقلة الغطاء النباتي يسهمان بوضوح في تفاقم الظاهرة. حلل Alghamdi et al. (2021) خصائص المناطق المناخية المحلية والخصائص الحرارية في مدينة الرياض، باستخدام مفهوم "المناطق المناخية المحلية(Local Climate Zones – LCZ) ، وهو ما ساعد في تفسير الأنماط الحرارية المختلفة داخل المدينة. وقدمت Ain (2025) منهجية مقترحة لحساب كفاءة التأثير التبريدي للحدائق الحضرية في الرياض من خلال تحليل موسمي، واقترحت مؤشرًا جديدًا لاتجاه التبريد. بينما ركزت دراسة Alamri (2024) على كفاية توزيع الحدائق العامة من خلال التحليل المكاني عبر نظم المعلومات الجغرافية، مؤكدة على ضرورة التوازن في التوزيع لتحقيق العدالة البيئية والمناخية. استكملت هذه الجهود دراسة Abdallah et al. (2025) التي اقترحت نهجًا بارامتريًا لتعزيز استخدامات الفضاء الخارجي في الأحياء السكنية بالرياض، بما يعزز من جودة الحياة ويقلل من تأثير الجزر الحرارية.

قدّمت دراسة عبدالراضي وآخرون (2024) في مدينة الكويت – ذات الطابع المناخي المشابه للرياض – نتائج مهمة حول قدرة الحدائق على تكوين ما يُعرف بـ"الجزر الباردة". وقد أوضحت النتائج أن تبريد الحدائق يمتد لمسافة تتراوح بين 330 و390 مترًا حول الحديقة، وأن فعالية هذا التأثير تتناسب طرديًا مع حجم الحديقة وكثافة الغطاء النباتي فيها. تسلط هذه النتائج الضوء على أهمية التصميم المكاني للحدائق وتوزيعها ضمن النسيج الحضري لتحقيق الأثر التبريدي المرجو.

قدمت دراسة عبدالمالك (2022) تقييمًا تفصيليًا للمناخ المحلي في المساحات الخضراء بمدينة أسيوط الجديدة، حيث أظهر البحث أهمية التخطيط المكاني الدقيق في تحسين جودة المناخ المحلي وتقليل تأثيرات الحرارة المرتفعة في البيئة الحضرية. من جانب آخر، قام زهران (2024) بدراسة التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي، مؤكدين على دور توزيع العناصر الخضراء والفراغات المفتوحة في تحسين البيئة المناخية المحلية.

أما على المستوى الدولي، فقد أشار Weng et al. (2004) إلى أن الغطاء النباتي الحضري يساهم بفعالية في تقليل درجات الحرارة السطحية، وذلك استنادًا إلى تحليل بيانات Landsat لمدينة إنديانابوليس الأمريكية. وقد تم رصد فروقات حرارية ملحوظة بين المناطق المزروعة وغير المزروعة، ما يعزز فرضية الدور المناخي للنباتات الحضرية. كما قامت Bowler et al. (2010) بإجراء مراجعة منهجية لعدد كبير من الدراسات التي تناولت تأثير المساحات الخضراء على المناخ الحضري، وتوصلت إلى أن وجود حدائق حضرية يمكن أن يخفض درجات الحرارة بمقدار يتراوح بين 1 و4 درجات مئوية، ويعتمد ذلك على حجم الحديقة، ونوع الغطاء النباتي، وتوزيعه داخل المدينة.

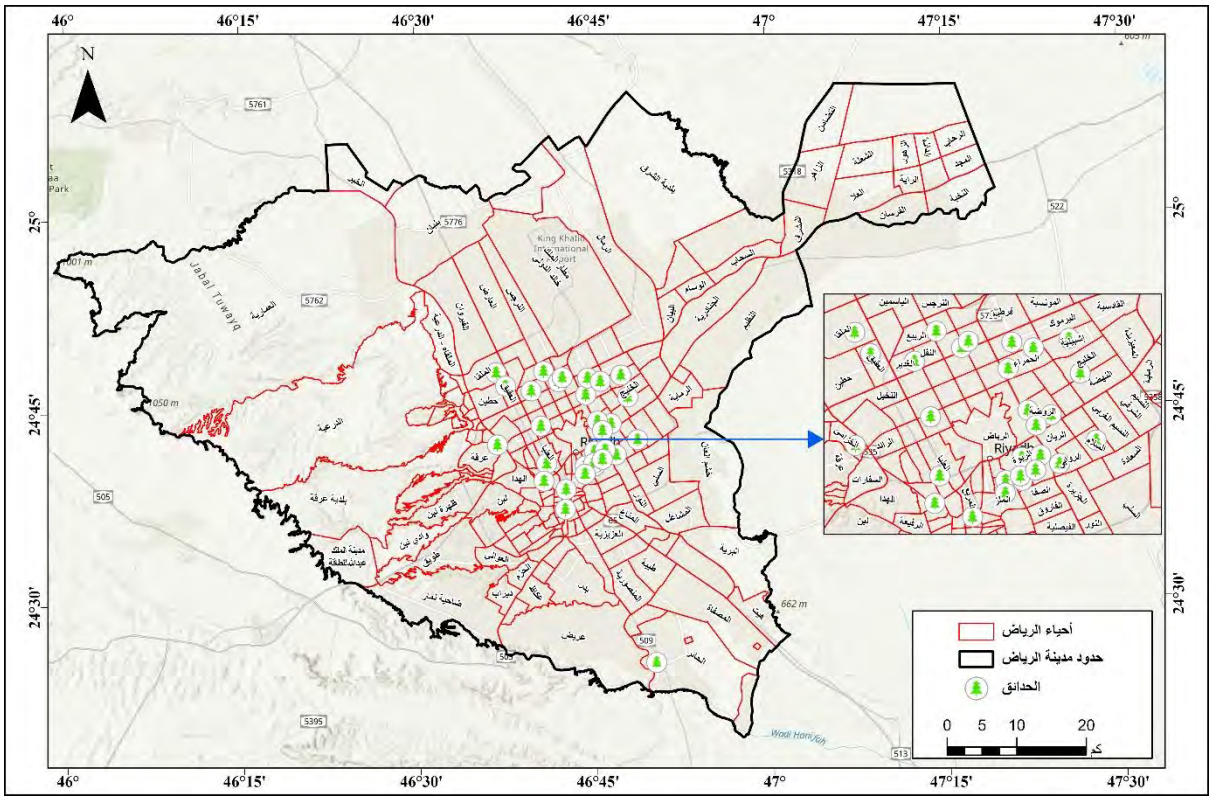
بوجه عام، تؤكد هذه الدراسات على الدور المحوري الذي تلعبه الحدائق والمساحات الخضراء في التخفيف من تأثيرات التمدد العمراني على درجات الحرارة السطحية. ويكتسب هذا الدور أهمية خاصة في مدن كمدينة الرياض، التي تتسم بمناخها الصحراوي وارتفاع درجات الحرارة، مما يستدعي تكامل جهود التخطيط العمراني والبيئي لضمان الاستدامة المناخية للبيئة الحضرية.

4. منطقة البحث

تقع مدينة الرياض تقع في الجزء الشرقيّ من هضبة نجد، بين بين دائرتين عرض (27 ́24 °48 و51 ́24 °37) شمالاً وخطي طول (06 ́40 °46و19 ́52 °46) شرقاً الشكل (1). ويحدها من الشرق محافظة الإحساء، ومن الشمال محافظة رماح، ومن الغرب محافظات حريملاء والدرعية وضرما والمزاحمية، ومن الجنوب الخرج والدلم. وتبلغ مساحة المدينة نحو 3115 كم2 وذلك في عام 1437هـ (الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، 2015)، وتمتد أراضيها كجزء من منطقة الرياض فوقَ هضبةٍ متوسط ارتفاعها نحو 620 مترًا فوق سطح البحرِ، وتنحدر من الشمال إلى الجنوب، ومن الغرب إلى الشرق.

ويحيط بالمنطقة من الغرب جبال طويق التي تتصرف منها عدة أوديةٌ عميقةٌ تتبع الانحدار العام للهضبة، وتصبُ في وادي حنيفة الذي يتجه بشكل عامٍ من الشمال إلى الجنوب، وإلى الشرق منه يقلُّ تضرّس الأرض، وتصبح خفيفة الانحدار، ويصْرُفها بشكل رئيس وادي الأيسن ووادي البطحاء (الصالح، 1997)، أمّا بقية جهاتها، فهي عبارةٌ عن أراضٍ صخريّة تكثر فيها العروق والكثبان الرملية والتلال المنخفضة.

ويوصف مناخ مدينة الرياض حسب تقسيم كوبن بأنه مناخ حار جاف معظم أيام السنة، ويبلغ معدل الأيام المغبرة فيها حوالي 7.6 أيام في السنة، ويتسمُّ بارتفاع درجات الحرارةِ في الصيف إلى 48° درجة مئوية معَ الجفاف الشديدِ، وتنخفض درجة الحرارة في فصل الشتاء بشدةٍ تصل في بعض الأحيان إلى درجة التجمدِ، والمدى الحراريّ السنويّ كبيرٌ جدًا، وكذلك المدى الحراري اليومي الذي قد يصلُ إلى 17 درجة مئويةً، وتنشط الرياحُ السائدة غالبًا من الشمال الغربيّ، كما تنشط نهارًا، وتتراوح سرعتها ما بين 4-8 عقدة(العتيبي والمسند، 2017).



الشكل(1): توزيع الحدائق الحضرية بمدينة الرياض.

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام الخريطة الطبوغرافية مقياس 1: 50000

5- البيانات وأساليب البحث

1-5 البيانات

استند البحث إلى عدد من البيانات لإنجاز هدفها وتتمثل في الآتي:

- **بيانات المرئيات الفضائية:** تم الاعتماد على القمر الاصطناعيّ الأمريكيّ لاندسات (Landsat 8) لعام 2014 و 2020م في فصل الصيف لدراسة الحرارة السطحية للحدائق والمناطق المحيطة بها وخصائصها كما يوضح جدول (1).
- **بيانات الحدائق:** أُعتمد على رسم الحدائق عن طريق قوقل إيرث، التي رُسمت رسمًا دقيقًا ومطابقتها من خلال الدراسة الميدانية، وتم رسم ٣٠حديقة ومنتزه، وتم تصنيفها تبعا لاختلاف مساحاتها حيث تكون أكبر من 900م2.

جدول (1) بيانات مرئيات القمر الصناعي Landsat-8المستخدمة في هذا البحث.

Path/Row	تاريخ الالتقاط	الدقة المكانية	القمر الصناعي
165/043	2014/07/08	30متر	Landsat 8 OLI/TIRS
166/043	2014/07/15	30متر	Landsat 8 OLI/TIRS
165/043	2020/08/25	30متر	Landsat 8 OLI/TIRS
166/043	2020/08/16	30متر	Landsat 8 OLI/TIRS

المصدر: https://earthexplorer.usgs.gov/

2-5 معالجة البيانات

أولًا: حساب درجة حرارة سطح الأرض(Land Surface Temperature - LST)

تمت عملية حساب درجة حرارة سطح الأرض (LST) بالاعتماد على تحليل بيانات الأقمار الصناعية من القمر الصناعيLandsat 8 ، باستخدام برنامج ERDAS Imagine، وفق سلسلة من الخطوات العلمية المدروسة التي تبدأ بتحويل القيم الرقمية للمرئية الفضائية إلى قيم إشعاع طيفي، ثم إلى درجة حرارة سطح الأرض الحقيقية.

خطوات المعالجة الرقمية للصور الفضائية

تم استخدام النطاق الحراري (Band 10) من القمر الصناعي Landsat 8لحساب درجة حرارة السطح، بالإضافة إلى النطاقين (Band 4)و (Band 5) لاستخلاص مؤشر الغطاء النباتيNDVI ، وفق الخطوات التالية:

1. حساب مؤشر الغطاء النباتيNDVI

تم حساب مؤشر الغطاء النباتي NDVI باستخدام المعادلة التالية(Van de Griend & Owe, 1993) :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Band 5} - \text{Band 4}}{\text{Band 5} + \text{Band 4}}$$

ويُستخدم هذا المؤشر لتقدير كثافة الغطاء النباتي على سطح الأرض.

2. تحويل القيم الرقمية (DN) إلى إشعاع طيفي Radiance

تم تحويل قيم النطاق الحراري (Band 10) إلى إشعاع طيفي باستخدام المعادلة التالية (Tran et al., 2017; USGS, 2019):

$$\text{Radiance}(L_\lambda) = \text{ML} \times Q_{cal} + \text{A}_L$$

حيث:

ML= الإشعاع المضاعف.

Qcal = قيمة الانبعاث على المرئيّة الفضائيّة.

AL= إشعاع النطاق الحراريّ

3. تحويل الإشعاع إلى درجة حرارة سطوعBrightness Temperature

تم تحويل القيم الإشعاعية إلى درجات حرارة سطوع (بالكلفن)، باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{Temperature}\,(B) = \frac{K_2}{In\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15$$

4. استخلاص قيمة $\boldsymbol{Pv}$ عن طريق المعادلة التالية (Carlson & Ripley, 1997):

$$Pv\left[\frac{\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{min}}}{\text{NDVI}_{\text{max}} - \text{NDVI}_{\text{min}}}\right]$$

حيث:

Pv = نسبة الغطاء النباتيّ

NDVI= قيمة مؤشر الغطاء النباتي.

NDVI min= الحد الأدنى لقيمة مؤشر الغطاء النباتيّ

NDVI max= الحد الأعلى لقيمة مؤشر الغطاء النباتي.

5. حساب الانبعاثية السطحية (ε) عن طريق المعادلة الآتية:

$$\varepsilon = 0.004.Pv + 0.986$$

$\varepsilon =$ انبعاثيّه سطح الأرض

6. حساب درجة حرارة سطح الأرض (LST)

تم الحصول على درجة حرارة سطح الأرض الفعلية عبر المعادلة التالية (Artis & Carnahan, 1982; Sultana & Satyanarayana, 2019):

$$LST = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{T_B}{14380}\right) In\ \varepsilon}$$

حيث:

LST= درجة حرارة سطح الأرض

TB= درجة الحرارة المطلقة

ε = انبعاثيّه سطح الأرض

ثانيًا: المؤشرات الطيفيّة لخصائص الحدائق المستمدة من صور الأقمار الصناعيّة:

تحديد كثافة الجزيرة الباردة للمنتزهات (Lin, et al., 2015):

$$PCI = \Delta T - T_u - T_p$$

حيث:

Tu= هي متوسط LST لمنطقة الحضريّة من المنطقة العازلة 500 m خارج المنتزه.

Tp= هي متوسط LST داخل الحديقة.

3-5 التحليل الاحصائيّ

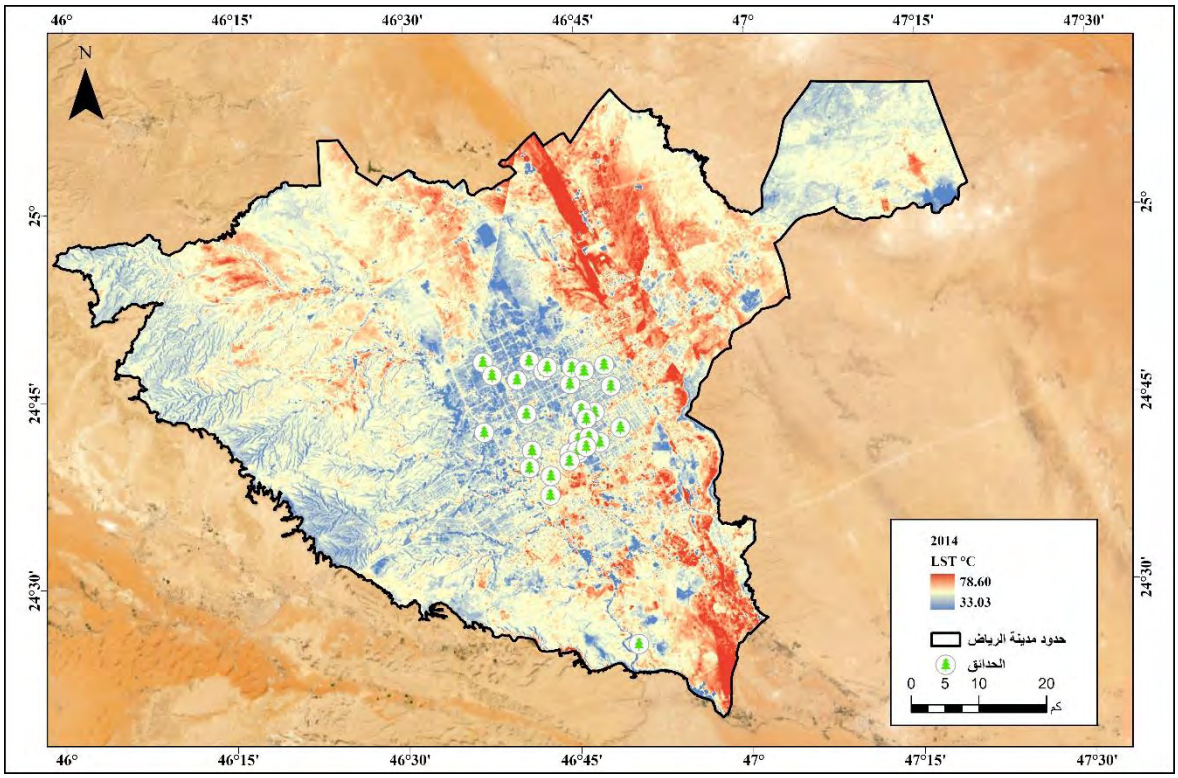
- معامل الارتباط بيرسون:

يُعدّ معامل الارتباط بيرسون (Pearson's correlation coefficient) من أهم الأساليب الإحصائية المستخدمة في تحليل العلاقات بين المتغيرات الكمية. وقم تم الاعتماد عليه في العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض ومؤشر NDVI في فصل الصيف لعام 2020. يُرمز له بالرمز (r)، ويستخدم لقياس قوة واتجاه العلاقة الخطية بين متغيرين مستمرين (Cohen et al,. 2009). تتراوح قيمة هذا المعامل بين -1 و+1؛ حيث تشير القيمة الموجبة إلى وجود علاقة طردية، بمعنى أن زيادة أحد المتغيرين يقترن بزيادة الآخر، بينما تشير القيمة السالبة إلى علاقة عكسية، حيث تزداد قيمة أحد المتغيرين مع انخفاض الآخر. أما القيمة القريبة من الصفر فتدل على ضعف أو عدم وجود علاقة خطية بين المتغيرين. يُستخدم معامل بيرسون على نطاق واسع في العلوم الاجتماعية والطبيعية لتفسير مدى الترابط بين الظواهر المدروسة.

6- نتائج البحث

1-6. درجة الحرارة السطحية صيفا للحدائق والمنتزهات والمنطقة العازلة 500م بمدينة الرياض عام 2014م.

شهدت مدينة الرياض خلال السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا بتخطيط المساحات الخضراء، لما لها من دورٍ مهم في تحسين جودة البيئة الحضرية والحدّ من تأثير الجزر الحرارية. وفي هذا الإطار، يُعد تحليل التوزيع المكاني لدرجة حرارة السطح أداةً فعالة لتقييم الأداء المناخي للحدائق والمنتزهات داخل المدينة، خاصةً عند مقارنتها بالمناطق العازلة المحيطة بها ضمن نطاق نصف كيلومتر. وتُظهر البيانات لعام 2014م تباينًا في فعالية الحدائق في خفض درجات الحرارة السطحية؛ إذ تم تصنيفها إلى خمس فئات بناءً على درجة تأثيرها: حدائق ذات تأثير سلبي، وأخرى ذات تأثير إيجابي بدرجات متفاوتة (ضعيف، متوسط، قوي). ويعكس هذا التصنيف الفروقات في التصميم المكاني، وكثافة الغطاء النباتي، وتوزيع الظلال، والعوامل المحيطة بكل حديقة، مما يستدعي التوقف عند كل فئة على حدة لتحليل الأسباب الكامنة وراء هذا التباين. يظهر شكل (2) توزيع درجة حرارة سطح الأرض (LST) في مدينة الرياض لعام 2014 تبايناً مكانياً واضحاً في القيم الحرارية، حيث تسجل الأطراف الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية أعلى درجات حرارة، تصل إلى 78°م، ويرتبط ذلك غالباً بضعف الغطاء النباتي وسيادة الأسطح الصحراوية أو العمرانية الجديدة، بينما تنخفض درجات الحرارة في وسط المدينة والمناطق التي تنتشر فيها الحدائق العامة، إذ تؤدي المساحات الخضراء دوراً ملحوظاً في خفض حرارة السطح، ما يؤكد فعالية التشجير الحضري في التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية، ويوضح أهمية توزيع الحدائق بشكل متوازن ضمن التخطيط الحضري للمدن الكبرى.



شكل (2) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض LST لمدينة الرياض عام 2014.

المصدر: البند العاشر للمرئية الفضائية بتاريخي 2014/7/8، 2014/7/15.

1-1-6 الحدائق ذات التأثير السلبي في خفض درجات الحرارة بمدينة الرياض عام 2014م:

يتّضح من تحليل بيانات الجدول (2) والشكل (4) أن مجموعة الحدائق المصنّفة ضمن الفئة ذات التأثير السلبي في خفض درجة حرارة السطح بمدينة الرياض لعام 2014م تتألف من ثلاث عشرة حديقة ومتنزهًا وطنيًا. وتُظهر نتائج التحليل أن هذه الحدائق تفتقر إلى الكثافة النباتية الكافية، في مقابل وجود مساحات كبيرة مغطاة بالأرصفة والممرات الداخلية والطرق، الأمر الذي أسهم في ارتفاع درجة حرارة السطح داخلها مقارنةً بالمناطق المحيطة بها ضمن نطاق نصف كيلومتر.

ويشير الفرق بين القيم القصوى والدنيا لمتوسطات درجات الحرارة السطحية داخل هذه الحدائق إلى وجود تباين واضح في أدائها المناخي، إذ بلغ أقصى فرق سلبي في التأثير -1.54 درجة مئوية كما هو مسجّل في حديقة الخليج، التي تُعد الأعلى حرارة مقارنةً بالمناطق المحيطة، تليها منتزه الأمير عبد العزيز محمد عياف والي بفرق متوسط بلغ -1.41 درجة مئوية. أما حديقة حي الحمراء، فقد سجلت أقل فرق سلبي، حيث بلغ الفرق بين متوسط درجة الحرارة داخلها وخارجها -0.05 درجة مئوية فقط، مما يشير إلى محدودية دورها في تعديل درجات الحرارة.

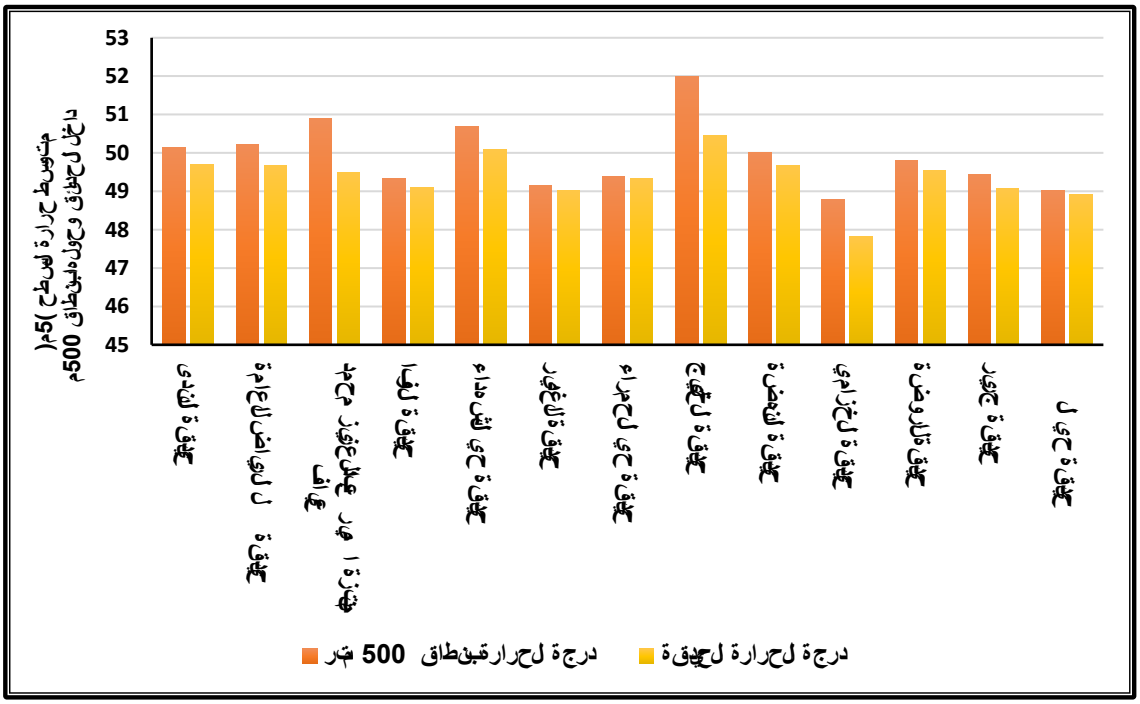
أظهرت حدائق مثل حي الفلاح والغدير أيضًا فروقات طفيفة في درجة الحرارة مقارنةً بالمناطق المحيطة، إذ بلغ الفرق فيها حوالي -0.1 و-0.12 درجة مئوية على التوالي. هذا النمط العام يعكس ضعف التأثير التبريدي لهذه الفئة من الحدائق، مما يُعزى إلى محدودية المساحات المزروعة، وغياب الأشجار الظليلة، واختلال التوازن بين العناصر العمرانية والمسطحات الخضراء داخل الحديقة. وتشير هذه النتائج إلى الحاجة لإعادة تأهيل هذه المساحات الخضراء من خلال تعزيز الغطاء النباتي، وتقليل العناصر الخرسانية، وتوظيف تصميمات بيئية فعالة تساهم في تخفيف أثر الجزر الحرارية الحضرية في المستقبل.

الجدول (2): الحدائق ذات التأثير السلبي في خفض درجات الحرارة بمدينة الرياض عام 2014م.

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (م2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	حديقة الندى	49.04	50.87	50.14	46.7	53.05	49.71	-0.43	62431.37
2	حديقة تلال الرياض العامة	48.77	51.07	50.21	47.61	52.48	49.68	-0.53	91537.51

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (م2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
3	منتزه الأمير عبد العزيز محمد عياف	49.65	51.97	50.89	47.22	52.51	49.48	-1.41	70685.96
4	حديقة الوفا	48.78	50.14	49.34	47.57	51.81	49.11	-0.23	8462.95
5	حديقة حي الشهداء	50.15	51.76	50.68	47.98	52.51	50.1	-0.58	19063.21
6	حديقة الغدير	48.66	49.56	49.15	47.16	51.45	49.03	-0.12	3003.96
7	حديقة حي الحمراء	48.65	49.59	49.38	45.63	51.79	49.33	-0.05	7961.52
8	حديقة الخليج	50.96	53.12	52	48.08	53.18	50.46	-1.54	28650.83
9	حديقة النهضة	48.77	51.59	50.02	47.33	52.9	49.67	-0.35	123663.3
10	حديقة الخزامي	47.52	49.86	48.78	42.25	50.83	47.82	-0.96	63286.03
11	حديقة الروضة	48.7	51.65	49.8	47.73	52.27	49.55	-0.25	117404.12
12	حديقة جرير	49.08	49.65	49.44	47.7	50.97	49.08	-0.36	5626.8
13	حديقة حي الفلاح	48.29	49.96	49.01	47.26	51.7	48.91	-0.1	17261.41

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2014م.



الشكل (4): متوسط درجة حرارة سطح الأرض داخل الحدائق ذات التأثير السلبي والمنطقة العازلة حولها 500 متر عام 2014م.

المصدر: جدول (2)

2-1-6 الحدائق ذات التأثير الإيجابي في خفض درجات حرارة السطح بمدينة الرياض عام 2014م

أظهرت نتائج التحليل الحراري لبيانات القمر الصناعي Landsat 8 لعام 2014م وجود اختلافات في مدى التأثير الإيجابي للحدائق والمتنزهات في تقليل درجات حرارة السطح مقارنةً بالمناطق المحيطة بها ضمن نطاق يبلغ 500 متر. وقد تم تصنيف هذه الحدائق إلى ثلاث فئات رئيسة حسب مستوى التأثير، على النحو التالي:

- حدائق ذات تأثير إيجابي ضعيف 2014م.

تضم هذه الفئة سبع حدائق سجلت فروقًا محدودة في درجات حرارة السطح مقارنة بما يحيط بها كما يوضح جدول (3). وتصدرت "حديقة الرجاء" هذه الفئة بمتوسط فرق حراري بلغ 0.90 درجة مئوية، تلها "حديقة الحائر" بفارق 0.81 درجة مئوية، ثم "حديقة خزان الروضة" بـ 0.78 درجة مئوية، و"حديقة الملك سلمان" بـ 0.75 درجة مئوية. أما "حديقة الضحى"، و"حديقة أبو ذر الغفاري"، و"حديقة الأريج" فقد سجلت أدنى التأثيرات بفروق تراوحت بين 0.65 و0.04 درجة مئوية فقط.

الجدول (3): الحدائق ذات التأثير الإيجابي الضعيف في خفض درجات الحرارة بمدينة الرياض عام 2014م

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	حديقة خزان الروضة	48.48	49.61	48.87	48.47	52.12	49.65	0.78	9684.91
2	حديقة الرجاء	48.29	49.45	48.8	48.21	51.95	49.7	0.9	13501.71
3	حديقة أبو ذر الغفاري	48.57	49.11	48.88	47.85	52.45	49.44	0.56	12358.27
4	حديقة الحائر	48.95	51	50.11	48.38	52.14	50.92	0.81	98651.65
5	حديقة الضحى	48.18	48.8	48.39	47.32	51.8	49.04	0.65	12197
6	حديقة الاريج	48.84	50.4	49.66	48.49	51.72	49.7	0.04	37895.45
7	الملك سلمان	48.17	51.61	49.43	45.97	52.92	50.18	0.75	48529.69

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2014م.

- حدائق ذات تأثير إيجابي متوسط 2014م.

تضم هذه الفئة سبع حدائق أيضًا، سجلت فروقًا حرارية أكثر وضوحًا، تراوحت بين 1.02 و1.92 درجة مئوية. وكان أعلى تأثير لخفض درجة الحرارة من نصيب "حديقة الحيوانات" بمتوسط فرق بلغ 1.92 درجة مئوية، تلتها "حديقة أشبليا" بـ 1.90 درجة مئوية. أما أقلها تأثيرًا فكانت "حديقة النرجس" بـ 1.02 درجة مئوية جدول (4).

الجدول (4): الحدائق ذات التأثير الإيجابي المتوسط في خفض درجات الحرارة بمدينة الرياض عام 2014م

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	حديقة الروابي	47.74	52.39	48.79	47.74	53.46	49.91	1.12	71594.77
2	حديقة النرجس	47.03	49.51	48.75	46.33	53.44	49.77	1.02	73509.4
3	حديقة العقيق	47.33	50.23	48.66	47.9	51.58	49.79	1.13	15867.95
4	حديقة أشبليا	46.55	49.37	47.72	46.75	52.79	49.62	1.9	33787.73
5	حديقة الشهباء	47.7	48.62	48.08	47.7	51.61	49.8	1.72	6656.44
6	حديقة الحيوانات	46.04	50.31	48.37	48.6	52.49	50.29	1.92	148312.51
7	حديقة الوادي	47.9	48.24	48.15	47.63	52.64	49.7	1.55	16113.3

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2014م.

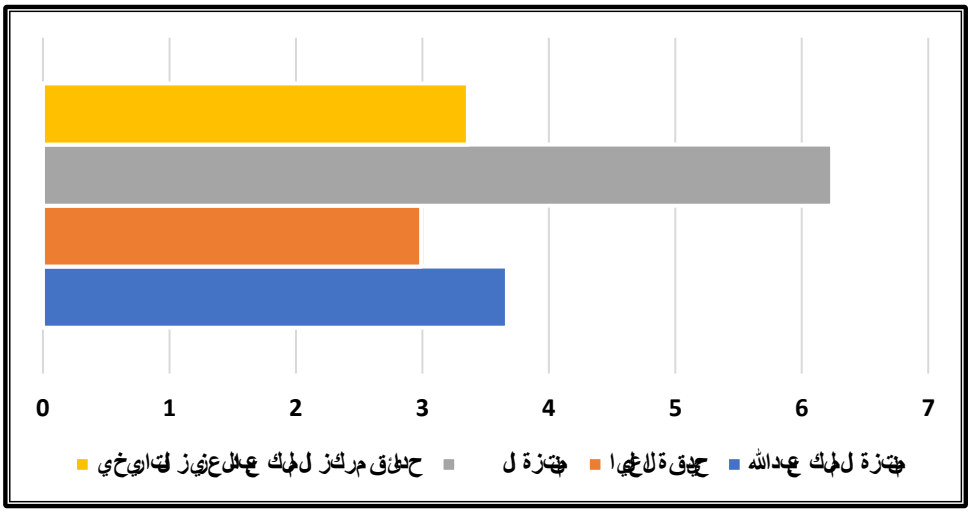
- حدائق ذات تأثير إيجابي قوي 2014م.

تُعد هذه الفئة الأعلى تأثيرًا في خفض درجات الحرارة السطحية كما يوضح جدول (5) وشكل (5)، وبرز فيها "منتزه السلام" بفارق حراري كبير بلغ 6.24 درجة مئوية، وهو ما يعكس الدور الفعّال للكثافة النباتية في تقليل الحرارة. تلاه "منتزه الملك عبد الله" بـ 3.67 درجة مئوية، ثم "حدائق مركز الملك عبد العزيز التاريخي" بـ 3.36 درجة مئوية، وأخيرًا "حديقة العليا" بـ 2.99 درجة مئوية.

الجدول (5): الحدائق ذات التأثير الإيجابي القوي في خفض درجات الحرارة بمدينة الرياض عام 2014م

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	منتزه الملك عبدالله	42.21	51.74	46.92	47.22	52.6	50.59	3.67	309673 0
2	حديقة العليا	45.5	47.83	46.31	45.88	52.32	49.3	2.99	34097.02
3	منتزه السلام	40.32	50.02	44.26	43.51	54.67	50.5	6.24	225376.75
4	حدائق مركز الملك عبد العزيز التاريخي	45.02	51.2	47.12	45.81	54.56	50.48	3.36	329061.88

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2014م.

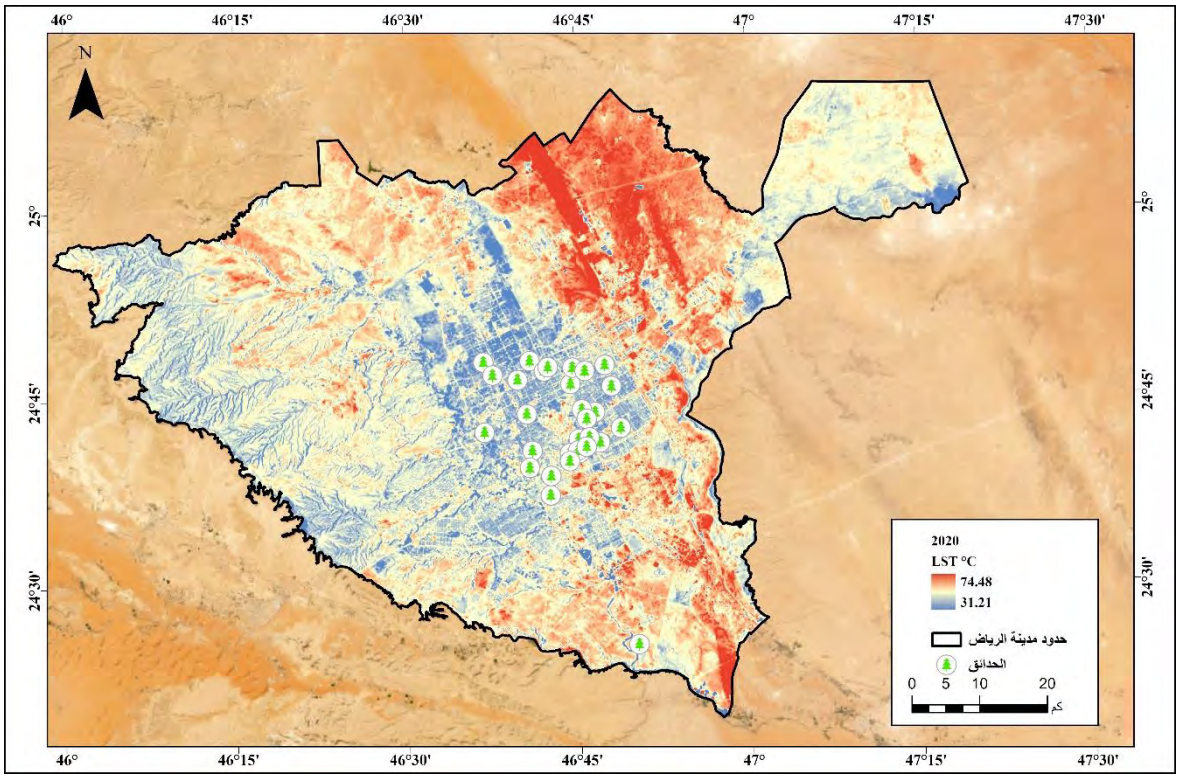


الشكل (5): متوسطات درجة حرارة السطح داخل الحدائق ذات التأثير الإيجابي القوي وما حولها في نطاق 500 متر عام 2014م.

المصدر: جدول (5)

2-6 التوزيع المكاني لدرجة الحرارة السطحية صيفا للحدائق والمنتزهات والمنطقة العازلة 500م بمدينة الرياض عام 2020م.

يعكس التوزيع المكاني لدرجة حرارة السطح داخل حدائق الرياض والمناطق المحيطة بها (بنطاق 500م) مدى فعالية هذه المساحات الخضراء في تخفيف ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية. ويمكن تصنيف الحدائق وفقًا لتأثيرها في خفض درجة الحرارة إلى فئتين رئيسيتين: حدائق ذات تأثير سلبي، وأخرى ذات تأثير إيجابي. يوضح شكل (6) توبع درجة حرارة سطح الأرض (LST) في مدينة الرياض لعام 2020 وجود تباين حراري واضح، حيث تتركز أعلى القيم (74.5°م) في الأطراف الشمالية والشمالية الشرقية للمدينة، وهي مناطق يغلب عليها الطابع الصحراوي وضعف الغطاء النباتي، بينما تنخفض درجات الحرارة بشكل ملحوظ في وسط المدينة والمناطق التي تنتشر فيها الحدائق العامة، إذ تسجل هذه المناطق أدنى القيم (31.2°م)، مما يؤكد الدور الفعال للمساحات الخضراء في خفض حرارة السطح والتقليل من تأثير الجزر الحرارية الحضرية، ويبرز أهمية تعزيز التشجير وتوزيع الحدائق بشكل متوازن ضمن التخطيط العمراني للحد من ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضرية.



شكل (6) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض LST لمدينة الرياض عام 2020.

المصدر: البند العاشر للمرئية الفضائية بتاريخي 2020/8/16، 2020/8/25.

6-2-1. حدائق ذات تأثير سلبي في خفض درجات الحرارة بمدينة الرياض عام 2020م

يتضح من دراسة الجدول (6) والشكل (7، 8) أنه يوجد ثلاث حدائق، تُمثل الحدائق والمتنزهات المنتمية لهذه الفئة، تُعد حديقة الخليج الأقل في تأثيرها السلبي المعني بخفض درجة حرارة السطح بها حيث بلغ -0,01 درجة مئوية، تليها حديقة الروضة بفرق متوسط بلغ -0,73 درجة مئوية، ثم أخيرًا تأتي حديقة أبو ذر الغفاري في مقدمة هذه الفئة ذات التأثير السلبي، حيث بلغ متوسط فرق درجة حرارة السطح فيها -0,86 درجة مئوية.

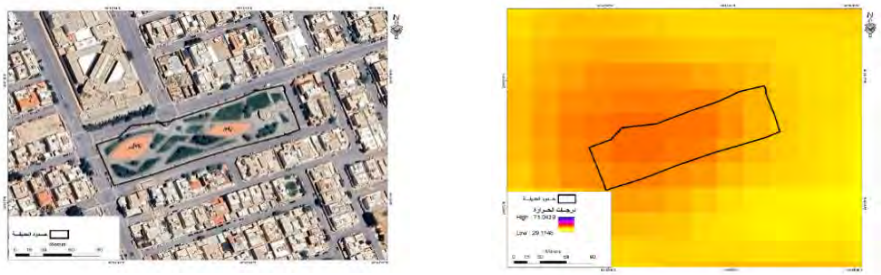
الجدول (6): الحدائق ذات التأثير السلبي في انخفاض درجة الحرارة بمدينة الرياض عام 2020م.

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	حديقة أبو ذر الغفاري	50.61	52.05	51.61	49.01	53.93	50.75	-0.86	12358.27
2	حديقة الروضة	49.63	52.63	51.11	48.59	52.95	50.38	-0.73	117404.12
3	حديقة الخليج	50.61	53.62	51.45	49.2	53.69	51.44	-0.01	28650.83

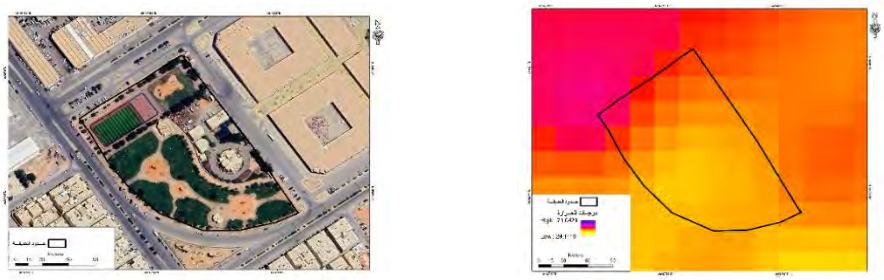
المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2020م.

المصدر: الدراسة الميدانية

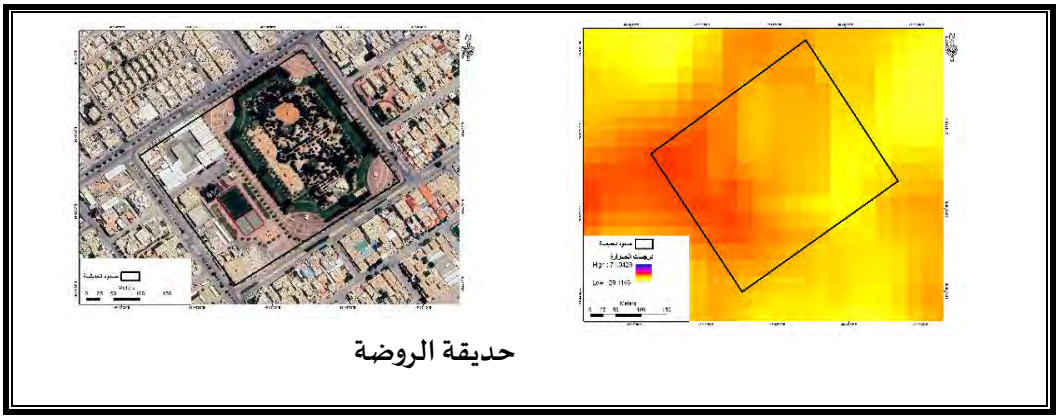
الشكل (7): نماذج من صور الحدائق ذات التأثير السلبي في انخفاض درجة حرارة السطح عام 2020م.



حديقة أبي ذر الغفاري



حديقة الخليج



الشكل (8): درجات الحرارة السطحية في بعض نماذج الحدائق ذات التأثير السلبي بمدينة الرياض عام 2020م.

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2020م.

ومما يجدر الإشارة إليه هو تحول حديقة أبي ذر الغفاري من كونها في فئة الحدائق ذات التأثير الإيجابي – وإن كان ضعيفًا – عام 2014م إلى فئة الحدائق ذات التأثير السلبي عام 2020م؛ ويرجع ذلك إلى قلة الاهتمام بها مما أدى إلى تراجع كثافة الغطاء النباتي فيها مما أدى إلى أن فقدت إحدى وظائفها المُتمثلة في تلطيف درجة الحرارة.

6-2-2. حدائق ذات تأثير إيجابي في انخفاض درجات الحرارة بمدينة الرياض عام 2020م:

قُسمت الحدائق في هذه الفئة إلى ثلاث مجموعات فرعية كما يأتي:

- الحدائق ذات التأثير الإيجابي الضعيف 2020م.

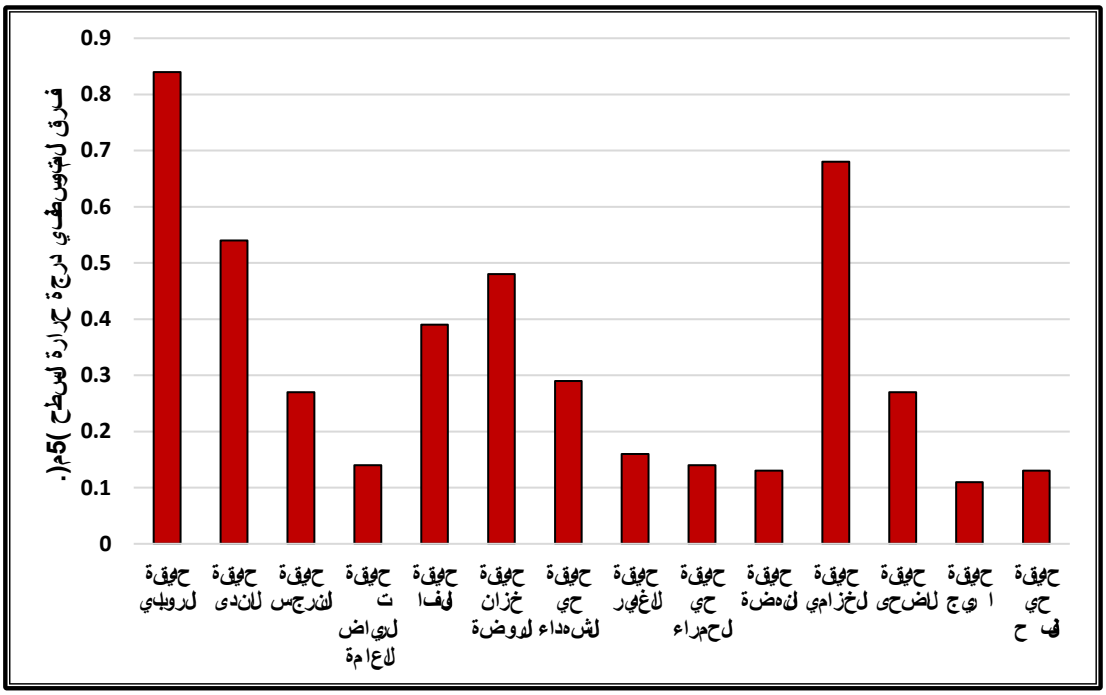
من دراسة الجدول (7) والشكل (9، 10، 11) يتبين أن هذه الفئة تحتوي أربع عشرة حديقة ومتنزه، تأتي في مقدمتها حديقة الروابي، التي بلغ فرق متوسط درجة حرارة السطح فيها 0,84م، في حين تُعد حديقة الأريج الأقل في متوسط درجة حرارة السطح حيث بلغت 0,11م، إذ يشكل فرق المتوسط بينهما 0,73م ويوضح (الشكل9،6) هذه القيم في فرق المتوسط بين الحدائق المنتمية لهذه الفئة، وتُعد حديقة الخزامي أقرب الحدائق المنتمية لهذه الفئة؛ فقد بلغت قيمة فرق المتوسط في درجة حرارة السطح فيها مقارنة بما حولها في نطاق 500 متر 0,68م كما هو واضح ويبدو أيضًا أن هذه الحدائق تتصف بقلة كثافة الغطاء النباتي .

الجدول (7): الحدائق ذات التأثير الإيجابي الضعيف في انخفاض درجة الحرارة بمدينة الرياض عام 2020م.

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	حديقة الروابي	49.53	53.31	50.77	49.16	54.96	51.61	0, 84	71594.77
2	حديقة الندى	49.01	51.69	50.06	47.89	53.99	50.6	0.54	62431.37
3	حديقة النرجس	47.78	50.16	49.06	41.92	53.78	49.33	0.27	73509.4
4	حديقة تلال الرياض العامة	46.98	51.49	49.31	46.68	52.92	49.45	0.14	91537.51
5	حديقة الوفا	49.59	50.61	50.03	48.21	53.95	50.42	0.39	8462.95
6	حديقة خزان الروضة	50.64	51.22	50.96	49.57	54.5	51.44	0.48	9684.91
7	حديقة حي الشهداء	49.98	51.49	50.8	48.32	54.31	51.09	0.29	19063.21
8	حديقة الغدير	50.03	50.53	50.27	48.41	52.73	50.43	0.16	3003.96
9	حديقة حي الحمراء	49.91	50.63	50.48	49.05	53.51	50.62	0.14	7961.52
10	حديقة النهضة	49.69	52.61	51.01	48.18	54.79	51.14	0.13	123663.3
11	حديقة الخزامي	48.25	50.1	49.2	44.44	53.36	49.88	0.68	63286.03
12	حديقة الضحى	49.91	51.02	50.3	48.73	53.69	50.57	0.27	12197

	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
13	حديقة الاريج	50.47	51.86	51.22	49.84	54.32	51.33	0.11	37895.45
14	حديقة حي الفلاح	48.57	50.83	49.54	47.72	52.63	49.67	0.13	17261.41

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2020م.

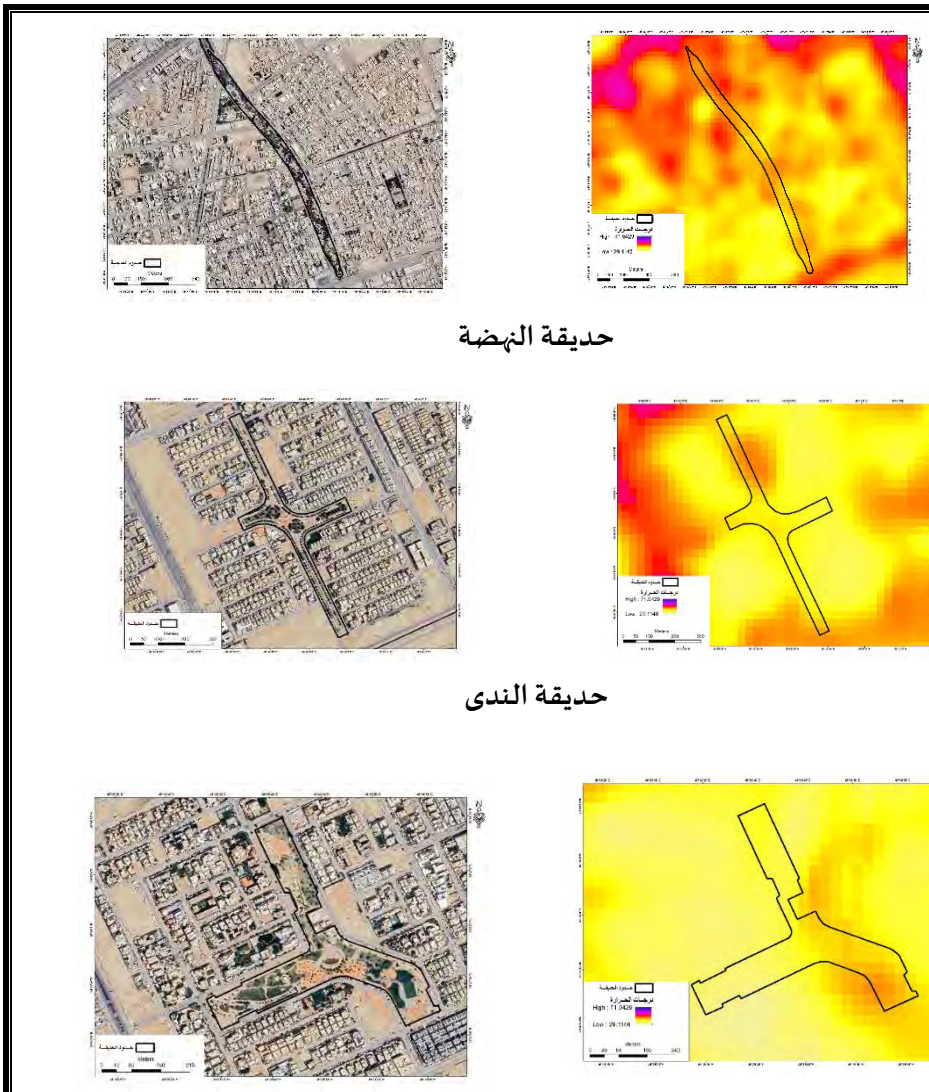


الشكل (9): فرق متوسط درجة حرارة السطح داخل الحدائق ذات التأثير الإيجابي الضعيف عام 2020م.

المصدر: جدول (7)

المصدر: الدراسة الميدانية

الشكل (10): نماذج من صور الحدائق ذات التأثير الإيجابي الضعيف في انخفاض درجة حرارة السطح عام 2020م.



الشكل (11): درجات الحرارة السطحية في بعض نماذج الحدائق ذات التأثير الإيجابي الضعيف بمدينة الرياض عام 2020م.
المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2020م.

- الحدائق ذات التأثير الإيجابي المتوسط 2020م.

يتضح من دراسة الجدول (8) أن هذه الفئة تتكون من سبع حدائق ومتنزهات وطنية، وتتشارك حديقتي العقيق والشهباء المركز الأول بين حدائق هذه الفئة؛ إذ يبلغ فرق متوسط درجة حرارة السطح بهما 1,78م، تليهما حديقة أشبليا بنحو 1,77م، ثم تأتي كل من حديقة الوادي بفرق متوسط بلغ 1,4 م، ثم حديقة الملك سلمان 1,14م، ثم حديقة الأمير عبد العزيز محمد بن عياف بقيمة فرق في متوسط درجة حرارة السطح 1,13 م، وهنا تجدر الإشارة إلى انتقال هذه الحديقة من فئة الحدائق ذات التأثير السلبي في انخفاض درجة حرارة السطح عام 2014م، إلى فئة الحدائق ذات التأثير الإيجابي المتوسط عام 2020م؛ ويدل ذلك على الاهتمام بزيادة كثافة الغطاء النباتي فيها، ويظهر من خلال (الشكل 12 و13) نماذج من هذه الفئة.

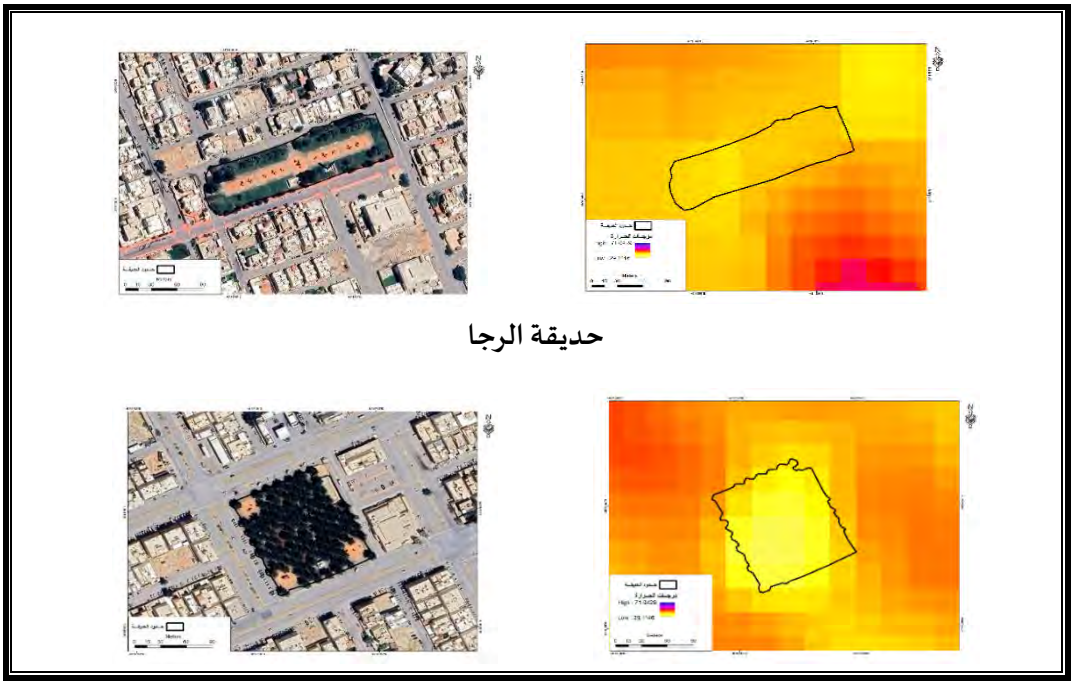
الجدول (8): الحدائق ذات التأثير الإيجابي المتوسط في انخفاض درجة الحرارة بمدينة الرياض عام 2020م.

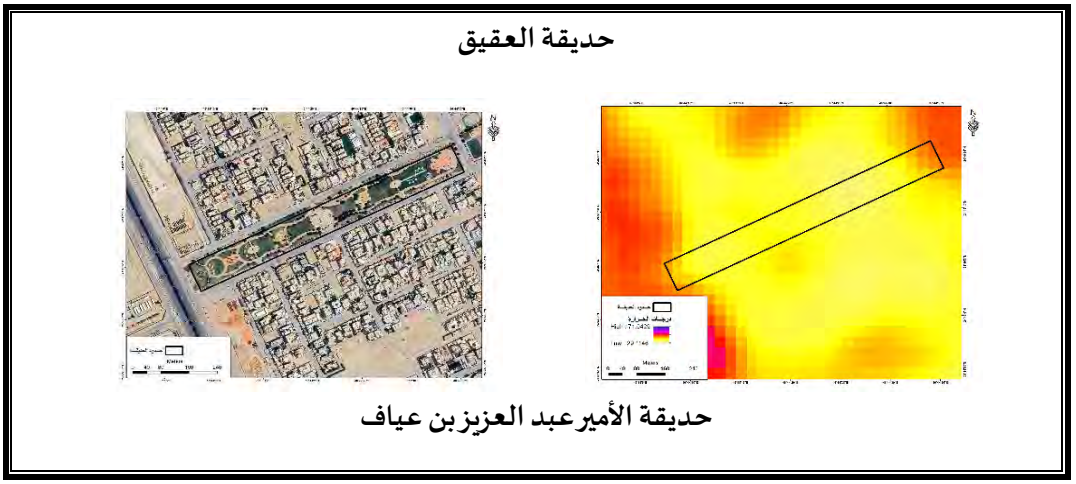
	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	حديقة الأمير عبد العزيز محمد بن عياف	47.68	52.23	49.34	47.86	53.77	50.47	1.13	70685.96
2	حديقة العقيق	48.44	51.33	49.48	49.02	53.57	51.26	1.78	15867.95
3	حديقة الرجاء	50.2	51.03	50.49	49.56	54.05	51.52	1.03	13501.71
4	حديقة أشبليا	48.18	51.64	49.69	48.28	54.27	51.46	1.77	33787.73
5	الملك سلمان	49.21	52.97	50.8	46.96	55.66	51.94	1.14	48529.69
6	حديقة الشهباء	49.34	50.69	49.63	49.34	53.04	51.41	1.78	6656.44
7	حديقة الوادي	49.01	49.45	49.28	48.11	52.8	50.68	1.4	16113.3

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2020م.

المصدر: الدراسة الميدانية المصدر: https://images.app.goo.gl/pJqXNH3ZrU6Pxt4W6

الشكل (12): نماذج من صور الحدائق ذات التأثير الإيجابي المتوسط في انخفاض درجة حرارة السطح عام 2020م.





الشكل (13): درجات الحرارة السطحية في بعض نماذج الحدائق ذات تأثير إيجابي متوسط بمدينة الرياض عام 2020م.

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2020م.

- الحدائق ذات التأثير الإيجابي القوي 2020م.

من دراسة الجدول (9) تبيّن أن هذه الفئة تتألف من ست حدائق، يأتي منتزه السلام في مقدمتها بقيمة في فرق متوسط درجة حرارة السطح بلغ نحو 6,72م، ويتضح استمرار تصدر هذه الحديقة لأكثر الحدائق تأثيراً في تقليل درجة حرارة السطح مقارنة بما حولها في نطاق 500 متر؛ وسبب ذلك هو الاهتمام بتنمية كثافة الغطاء النباتي فيها كما هو واضح بـ (الشكل14)، تليها حديقة العليا بفرق متوسط 3,93م، ثم حدائق مركز الملك عبد العزيز التاريخي والتي بلغ فرق متوسط درجة حرارة السطح فيها 3,34م، ثم حديقتي الحائر ومتنزه الملك عبد الله بفرق متوسط 3,27م – 3,17 م.

الجدول (9): الحدائق ذات التأثير الإيجابي القوي في انخفاض درجة الحرارة بمدينة الرياض عام 2020م.

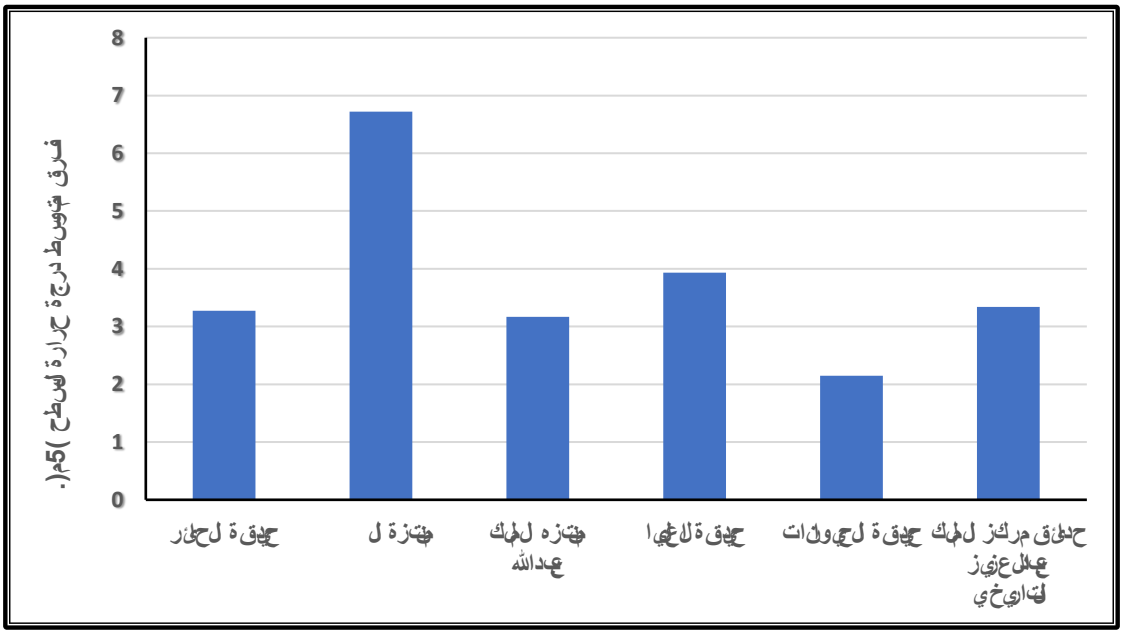
	درجات الحرارة / اسم الحديقة	درجة الحرارة بالحديقة (°م)			درجة الحرارة بنطاق 500 متر (°م)			الفرق المتوسط (°م)	مساحة الحديقة (متر2)
		الصغرى	العظمى	المتوسط	الصغرى	العظمى	المتوسط		
1	حديقة الحائر	49.26	53.39	50.98	51.12	55.4	54.25	3.27	98651.65
2	منتزه السلام	40.72	51.16	44.96	44.3	55.5	51.68	6.72	225376.75
3	منتزه الملك عبد الله	42.46	52.78	49.21	49.58	55.05	52.38	3.17	309673
4	حديقة العليا	45.82	48.65	46.87	46.6	53.52	50.8	3.93	34097.02
5	حديقة الحيوانات	47.43	52.6	49.77	49.43	54.8	51.92	2.15	148312.51
6	حدائق مركز الملك عبد العزيز التاريخي	46.2	51.88	48.7	48.48	56.82	52.04	3.34	329061.88

المصدر: من عمل الباحثة اعتمادًا على المرئية الفضائية Landsat 8 عام 2020.

المصدر: الدراسة الميدانية.

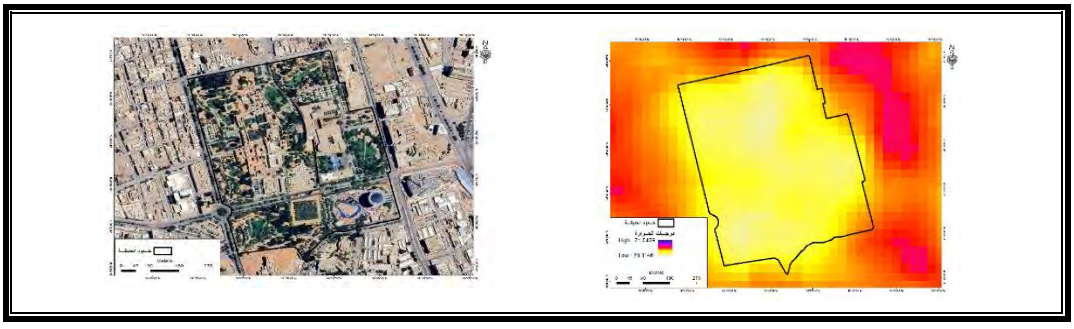
الشكل(14): نماذج من صور الحدائق ذات التأثير الإيجابي القوي في انخفاض درجة حرارة السطح عام 2020م.

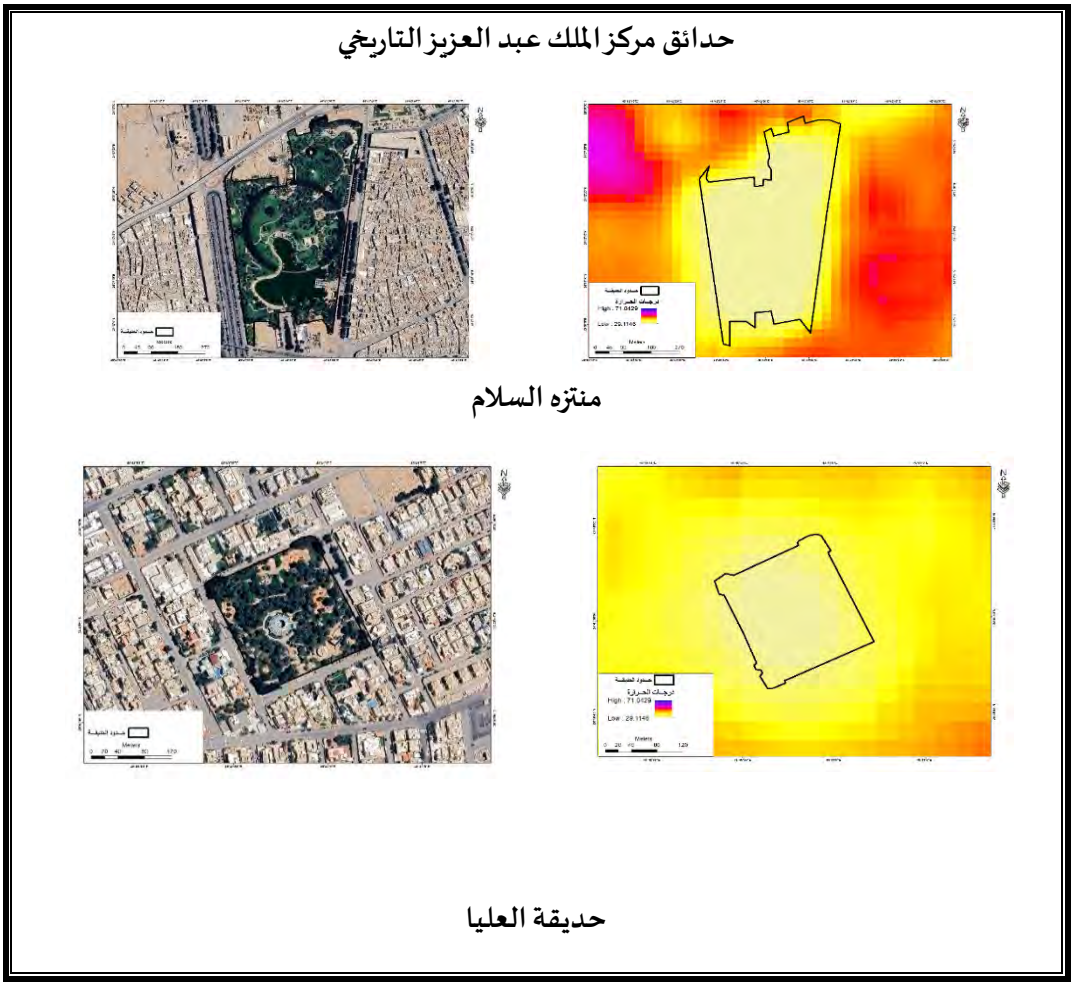
وتأتي حديقة الحيوانات في المركز الأخير بقيمة فرق متوسط 2,15م، ويبلغ الفرق بين أعلى وأدنى فرق متوسط لدرجة حرارة السطح بحدائق هذه الفئة وما حولها في نطاق 500 متر نحو 4,57م، ويظهر من خلال الشكلين (15 ،16) التباين في درجات تأثير هذه الحدائق في العمل في خفض درجة حرارة السطح فيها مقارنة بالمناطق المحيطة بها في نطاق 500 متر.



الشكل (15): فرق متوسط درجة حرارة السطح داخل الحدائق ذات التأثير الإيجابي القوي عام 2020م.

المصدر: جدول (9)



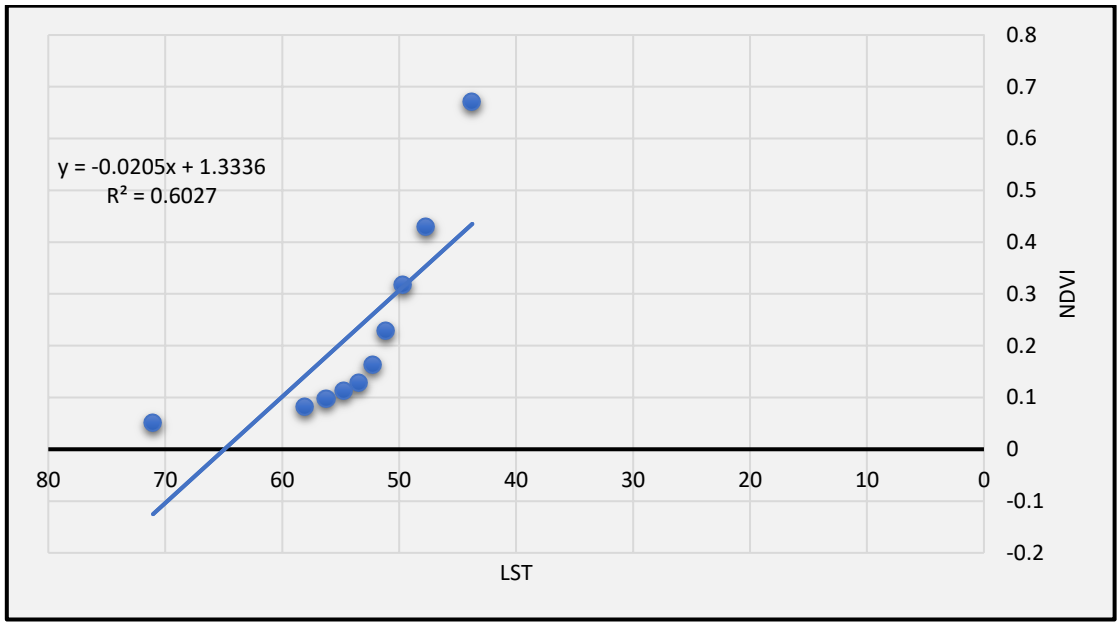


الشكل (16): درجات الحرارة السطحية في بعض نماذج الحدائق ذات تأثير إيجابي قوي بمدينة الرياض عام 2020م.

3-6 العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض ومؤشر NDVI في فصل الصيف لعام 2020

يتضح من الشكل (17) أن هناك علاقة عكسية قوية بين درجة حرارة سطح الأرض (LST) ومؤشر الغطاء النباتي NDVI خلال فصل الصيف لعام 2020م، حيث تراوحت درجات حرارة السطح بين 43 و59 درجة مئوية، في حين تنوعت قيم NDVI بين 0.09 و0.69. وقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود علاقة ارتباط سالبة موثوقة، حيث بلغ معامل الانحدار الخطي $y = -0.0205x + 1.3336$ $y=-0.0205x+1.3336$ ومعامل التحديد $R^2=0.6027$ $R^2 = 0.6027$ $R^2=0.6027$، مما يشير إلى أن حوالي 60% من التباين في NDVI يمكن تفسيره من خلال التغير في درجات حرارة السطح. كما أن قيمة معامل الارتباط $R=-0.776$ $R = -0.776$ $R=-0.776$ تعكس علاقة عكسية قوية بين المؤشرين.

تشير هذه النتائج إلى أن المناطق ذات الكثافة النباتية المنخفضة (NDVI = 0.09) سجلت أعلى درجات حرارة سطحية (59°م)، في حين أن المناطق ذات الكثافة النباتية المرتفعة (NDVI = 0.69) سجلت أدنى درجات حرارة (43°م). وهو ما يؤكد الدور الفعّال للغطاء النباتي في تخفيف حدة الجزر الحرارية في البيئات الحضرية خلال الفصول الحارة.



الشكل (17): العلاقة بين درجة حرارة سطح الأرض ومؤشر NDVI في فصل الصيف عام 2020م.

7- المناقشة

أظهرت نتائج تحليل تأثير الحدائق العامة في مدينة الرياض على درجات حرارة السطح لعام 2014م تباينًا واضحًا في الأداء البيئي لتلك المساحات الخضراء. فقد تم تصنيف الحدائق إلى فئات مختلفة بناءً على الفروقات الحرارية بين داخل الحديقة ومحيطها المباشر. وتُعد فئتا الحدائق ذات "التأثير السلبي" و"التأثير الإيجابي الضعيف" الأكثر إشكالية من حيث فاعليتهما البيئية، إذ كشفت النتائج عن محدودية دورهما في التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية.

أولاً، لوحظ أن 13 حديقة، أظهرت تأثيرًا سلبيًا يتمثل في ارتفاع درجات الحرارة داخلها مقارنة بالمناطق المجاورة، بفروقات حرارية تراوحت بين -0.05 و-1.54 درجة مئوية. يعكس هذا النمط ضعف أداء هذه الحدائق في تحقيق وظيفتها الأساسية كعناصر تنظيم حراري ضمن البيئة الحضرية. ويمكن تفسير هذا الأداء السلبي بعدة عوامل، أبرزها انخفاض كثافة الغطاء النباتي أو سوء توزيعه، إضافة إلى هيمنة المواد الصلبة غير النفاذة للحرارة كالأرصفة والممرات الإسمنتية على البنية التصميمية للحديقة. كما أن الموقع الجغرافي لبعض هذه الحدائق ضمن أحياء مكتظة عمرانيًا ومحدودة التهوية يزيد من امتصاص الحرارة ويُقلل من فعاليتها في التبريد. ويُعد منتزه الأمير عبد العزيز بن محمد عياف وحديقة الخليج من أبرز الأمثلة على هذا النمط، مما يشير إلى الحاجة لإعادة تأهيل هذه المساحات من الناحية البيئية والتصميمية.

ثانيًا، أظهرت سبع حدائق أخرى تأثيرًا إيجابيًا ضعيفًا في خفض درجة الحرارة، حيث سجلت فروقًا حرارية بسيطة تراوحت بين 0.04 و0.9 درجة مئوية. وعلى الرغم من أن هذه الحدائق تُظهر تحسنًا نسبيًا مقارنة بالفئة السابقة، إلا أن تأثيرها لا يزال محدودًا، ويعكس وجود مشكلات تصميمية أو بيئية تقلل من كفاءتها. ومن أبرز التفسيرات المحتملة لهذا الأداء الضعيف، وجود غطاء نباتي غير مكتمل أو تركز النباتات في مساحات صغيرة، أو استخدام أنواع نباتية ذات قدرة منخفضة على التظليل والتبريد، إلى جانب قلة المسطحات المائية أو مظلات التبريد الطبيعي. كما أن بعض هذه الحدائق قد تقع ضمن بيئات حضرية كثيفة تفتقر إلى تهوية كافية، مما يُضعف من التبادل الحراري مع الهواء المحيط. وتُعد حديقة الرجاء وخزان الروضة من أبرز النماذج التي تُظهر مثل هذا التأثير المحدود، ما يستدعي إجراء تحسينات في التخطيط النباتي وإعادة توزيع العناصر البيئية داخل هذه الحدائق.

تتوافق هذه النتائج مع ما أوردته الدراسات السابقة حول أهمية نوع الغطاء النباتي وتوزيعه في تعزيز فعالية الحدائق الحضرية في تقليل درجات الحرارة. حيث أشار Zhou et al. (2012) إلى أن تأثير الحدائق في التبريد لا يعتمد فقط على مساحتها، بل على التكوين الداخلي من حيث كثافة الأشجار وتوزيع المساحات الخضراء مقارنة بالمناطق الصلبة. كما أظهرت دراسة Jim (2012) أن الأداء الحراري للحدائق يتأثر إلى حد كبير بنسبة التغطية النباتية إلى التغطية الصلبة، فضلًا عن نوع النباتات المستخدمة ومدى قدرتها على مقاومة الحرارة وتوفير الظلال. وعلى المستوى الإقليمي، أشار Abdel-Aziz & Al-Kurdi (2014) في دراستهم على حدائق مدينة عمّان إلى أن استخدام النباتات المحلية والتقنيات الصديقة للمناخ الحضري، مثل تقليل الرصف الإسمنتي وزيادة التهوية، يؤدي إلى تحسين كفاءة الحدائق في تقليل درجات الحرارة.

إن ما تُبرزه هذه النتائج من تباين في الأداء الحراري للحدائق يدعو إلى ضرورة تبني مقاربات تخطيطية جديدة في تصميم وصيانة المساحات الخضراء الحضرية، تأخذ في الاعتبار ليس فقط الجوانب الجمالية والترفيهية، بل أيضًا الأبعاد البيئية والتكيف المناخي. ويجب أن

تُعطى الأولوية لاستخدام النباتات المحلية دائمة الخضرة، وتكثيف المساحات المظللة، وتقليل الاعتماد على المواد الصلبة غير النفاذة للحرارة. كما يُستحسن إدخال عناصر مبتكرة في تصميم الحدائق مثل المسطحات المائية الصغيرة وممرات الهواء المفتوحة لتحسين التهوية وتقليل التكدس الحراري.

كما تشير الدراسات العلمية إلى أن الحدائق الكبيرة في المدن يمكن أن تلعب دوراً مهماً في تبريد البيئة المحيطة بها وهو ما يُعرف بتأثير "الواحات الحضرية" ، حيث تعمل الأشجار والنباتات على امتصاص الحرارة من الشمس وبخار الماء من التربة، مما يقلل من تأثير ارتفاع درجات الحرارة (Huang, Cui, & He, 2018). وتساهم الأسطح الخضراء في تقليل الظواهر الحضرية مثل جزيرة الحرارية الحضرية UHI وتحسين جودة الهواء ويمكن للحدائق الكبيرة في مدينة الرياض أن تلعب دوراً فعالاً في تقليل درجات الحرارة السطحية في البيئة الحضرية، خاصة في ظل ارتفاع درجات الحرارة الذي تشهده المنطقة

تبيّن من دراسة العلاقة بين درجة الحرارة السطحية ومؤشر NDVI أن للمسطحات الخضراء التي تتوزع داخل مدينة الرياض دوراً بارزاً في تلطيف درجات الحرارة، وكانت العلاقة عكسية قوية وعكسية متوسطة؛ إذ ترتفع درجات الحرارة في الأماكن التي تقل فيها المسطحات الخضراء وتزيد فيها الكتلة العمرانية أو الصحراوية.

تباينت تأثيرات الحدائق في انخفاض درجات الحرارة السطحية (LST) بمدينة الرياض خلال عام2014 و2020م بالمقارنة بمثيلاتها بالمناطق المحيطة بها في حدود 500 متر ما بين حدائق ذات تأثير سلبي، وحدائق ذات تأثير إيجابي ضعيف، وحدائق ذات تأثير إيجابي متوسط، وحدائق ذات تأثير إيجابي قوي، وأشار البحث أن الحدائق ذات التأثير السلبي مثل حديقة أبو ذر الغفاري؛ إذ بلغ فيها الفرق المتوسط بين درجة الحرارة السطحية بالحديقة ودرجة حرارة النطاق ٥٠٠ متر فيها عام 2020 (-0.86) وحديقة الروضة نحو (-0.73) وحديقة الخليج نحو (-0.01)، بينما الحدائق ذات التأثير الإيجابي من أمثلتها حديقة العليا إذ بلغ الفرق المتوسط فيها نحو (3.93) ومنتزه السلام بمقدار (6.72) وحدائق مركز الملك عبد العزيز التاريخي بمقدار (3.34)؛ ويعزى هذا التباين إلى تباين الغطاء النباتي والمياه ووجود الأرصفة والحصى داخل الحدائق. وهذا يوضح أن للمنتزهات والحدائق أثر كبير في التأثير التبريدي لدرجات الحرارة داخل المدينة.

8- الخاتمة

أظهرت نتائج البحث أن الحدائق الحضرية في مدينة الرياض تلعب دورًا ملحوظًا في خفض درجات حرارة سطح الأرض، ولكن بكفاءة متفاوتة تعتمد على خصائص كل حديقة من حيث الكثافة النباتية، التصميم، والموقع الجغرافي. فقد أظهر تحليل بيانات لاندسات 8 لعام 2014 أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض (LST) في المناطق الحضرية المحيطة بالحدائق بلغ حوالي 52.3°م، بينما انخفض هذا المتوسط إلى 47.3°م داخل الحدائق، مما يشير إلى تأثير تبريدي يبلغ نحو 5 درجات مئوية في المتوسط.

أظهر البحث أيضًا تفاوتًا في مؤشرات الغطاء النباتي (NDVI) بين الحدائق، حيث تراوح المؤشر بين -0.17 إلى 0.52، ما يعكس التباين في كثافة ونوعية الغطاء النباتي. وتمثلت أفضل نتائج تبريد في الحدائق ذات NDVI المرتفع (أعلى من 0.3)، والتي تتمتع بغطاء نباتي كثيف ومتصل، ما ساهم بفعالية في خفض درجات الحرارة. وعلى النقيض، فإن الحدائق ذات NDVI المنخفض لم تسجل فروقًا حرارية كبيرة مقارنة بالمناطق الحضرية المجاورة، مما يشير إلى أن وجود المساحة الخضراء وحده لا يكفي، بل يجب أن تكون كثيفة وموزعة بشكل فعال.

كما تبين أن تصميم الحديقة الداخلي له دور حاسم في تحديد كفاءتها الحرارية. الحدائق التي تحتوي على مناطق مظللة ومسطحات مائية أو نباتات كثيفة كانت أكثر قدرة على تقليل درجة حرارة السطح من تلك التي يغلب عليها الرصف أو المباني والمنشآت الصلبة. كذلك، أظهرت الحدائق الواقعة في مناطق حضرية كثيفة العمران كفاءة أقل نسبيًا في التبريد، بسبب تأثير الكتلة الحرارية للمناطق المحيطة.

تشير هذه النتائج إلى أن فعالية الحديقة لا تعتمد فقط على مساحتها أو وجودها، بل على جودة تصميمها، ونوع الغطاء النباتي، ومدى اندماجها مع النسيج الحضري المحيط. وهذا يؤكد أهمية اتباع منهج علمي في تخطيط وتصميم الحدائق الحضرية للحد من ظاهرة الجزر الحرارية.

التوصيات

في ضوء النتائج التي أظهرت تفاوتًا ملحوظًا في كفاءة الحدائق الحضرية في التخفيف من درجات الحرارة السطحية، يقدم هذا البحث التوصيات التالية لتعزيز الأثر البيئي الإيجابي للمساحات الخضراء في مدينة الرياض:

- يجب العمل على إعادة تصميم الحدائق التي أظهرت تأثيرًا حراريًا سلبيًا، من خلال زيادة نسبة الغطاء النباتي المظلل، واستبدال المواد الصلبة ذات الانعكاسية المنخفضة بمواد أكثر ملاءمة للظروف المناخية، وتوفير عناصر تبريد طبيعية كالمسطحات المائية والنوافير.
- يوصي البحث باستخدام نباتات محلية ذات قدرة عالية على التظليل ومقاومة الحرارة، مع توزيعها بشكل متوازن لتغطي مساحات كافية من الحديقة، مع الحفاظ على التنوع النباتي لتعزيز النظام البيئي المصغر داخل الحديقة.

- ضرورة الحد من استخدام المواد الإسمنتية والخرسانية في تصميم أرضيات الحدائق والممرات، واستبدالها بمواد صديقة للبيئة ذات قدرة على تقليل امتصاص الحرارة، مثل الأرضيات النفاذة أو المغطاة بالحصى أو العشب.
- يُوصي بزيادة المسطحات الخضراء داخل الحدائق، ودمج عناصر مائية صغيرة (كالبرك أو النوافير) في التصميم، حيث تسهم هذه العناصر في تحسين التوازن الحراري وتخفيف الجفاف داخل البيئة الحضرية.
- ينبغي تصميم الحدائق بطريقة تسمح بمرور تيارات الهواء الطبيعية من خلال تخطيط المساحات المفتوحة، والربط بين الحديقة والمناطق المجاورة بما يسهل التبادل الحراري ويقلل من حبس الحرارة.
- يوصي البحث بأن يتضمن تصميم الحدائق معايير التخطيط المناخي، بحيث تُدمج هذه المساحات ضمن استراتيجيات أوسع للتخفيف من الجزر الحرارية الحضرية، بما يشمل توزيع الحدائق على النطاق المكاني الأوسع للمدينة وفقًا لتحليل الفروقات الحرارية.
- يُنصح بإجراء تقييم دوري لأداء الحدائق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وصور الأقمار الصناعية، لرصد التغيرات في درجات الحرارة وتحديث البيانات التي تساعد على اتخاذ قرارات تصميمية قائمة على الأدلة.
- يوصي البحث بإطلاق حملات توعية للسكان حول الدور البيئي المهم للحدائق في تخفيف الحرارة، وتشجيع المشاركة المجتمعية في صيانة المساحات الخضراء والمحافظة عليها.

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

- آل سعود، خالد بن مقرن. (2006). دراسة ظاهرة الجزر الحرارية في المدن الصحراوية: حالة دراسية مدينة الرياض. مجلة جامعة الملك سعود، العمارة والتخطيط، 18(1)، 109-141.
- حبيب، بدرية بنت محمد عمر. (2007). الجزيرة الحرارية لمدينة الدمام دراسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافيّة. المؤتمر القوميّ الثاني لنظم المعلومات الجغرافيّة، الرياض.
- الرحيلي، عائشة، و غالي، ع. (2025). رصدُ وتحليلُ الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في مدينة الجُبيل باستخدام نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة خلال الفترة من 2020 إلى 2024. المجلة العربية للدراسات الجغرافية، 8(23)، 31–60.
- زهران، وائل هريدي. (2024). التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي. المجلة العلمية لكلية الآداب - جامعة أسيوط، 31(90)، 329–392.
- الشيخ، عبد الرحمن عبد الله، و عبلة. (2019). استخدام نظم المعلومات الجغرافية في رصد ومراقبة مؤشر الاخضرار (NDVI) بمحافظة الإسكندرية. مجلة البحث العلمي في الآداب، 20(العدد العشرون الجزء العاشر)، 105–127.
- الصالح، محمد بن عبدالله. (1997). التوزيع الزماني والمكاني للأمطار في مدينة الرياض. سلسلة رسائل جغرافية، الرسالة 203، قسم الجغرافيا، الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت.
- العاجزة، شيخة محمد. (2018). أثر التوسع العمراني على متوسطات درجة الحرارة في شمال مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. مجلة العلوم الإنسانية والإجتماعية، مج2, ع9 ، 54 - 65.
- عبد الراضي، عباس، و وليد، و الزهران، هريدي، و وائل، و محمد، حمدي، و إسلام. (2024). الإقليم التبريدي للحدائق الحضرية وفاعليته في الحد من الجزيرة الحرارية لمدينة الكويت وضواحيها. المجلة الجغرافية العربية، 55(83).
- عبدالراضي، وليد عباس، زهران، وائل هريدي، وحمدي، اسلام محمد. (2024). الإقليم التبريدي للحدائق الحضرية وفاعليته في الحد من الجزيرة الحرارية لمدينة الكويت وضواحيها. المجلة الجغرافية العربية, 55(83)..
- عبدالكريم، أشرف أحمد علي. (2022). التخطيط الحضري للمناطق الخضراء في حاضرة الدمام بالمملكة العربية السعودية اعتمادًا على نماذج إمكانية الوصول وتخصيص الموقع في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. المجلة الجغرافية العربية، 53(79)، 255 - 302.
- عبدالمالك، هاني سعيد. (2022). تقييم المناخ التفصيلي للمساحات الخضراء في مدينة أسيوط الجديدة. المجلة العلمية لكلية الآداب - جامعة أسيوط، 26(81)، 913–988.
- العتيبي، محسن بن جمهور و المسند، عبد الله (2017). "سمات رياح البوارح الهابّة على المملكة العربية السعودية". مجلة الآداب والعلوم الإنسانية، 10 (3)، 1749-1782.
- قابيل، هالة. (2022). استعمال الصور الفضائية Landsat-7 في تحديد الجزر الحرارية السطحية لمدينة دمشق. مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية، 38(1).

- محمد، أمير حسن عبد الله، و عمر أحمد، وجدان ضرار. (2023). فاعلية بيانات لاندسات في حساب درجة الحرارة وشدة جزيرتها بالنطاق الحضري لولاية الخرطوم. مجلة ابن خلدون للدراسات والأبحاث، 3(1).
- الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض. (2015). الدراسة السكانية لمدينة الرياض 1437هـ. الرياض. تم الاسترداد من https://gogl.to/3RPx .

ثانيًا: المراجع الأجنبية

- Abdallah, A. S. H., Mahmoud, R. M. A., & Aloshan, M. A. (2025). Optimizing urban spaces: A parametric approach to enhancing outdoor recreation between residential areas in Riyadh, Saudi Arabia. Buildings, 15(9), 1527. https://doi.org/10.3390/buildings15091527.
- Abdel-Aziz, D., & Al-Kurdi, N. (2014). Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use and air quality improvement in urban areas—amman as a case study. energy, 4(23).
- Ain, J. (2025). Measuring the efficiency and intensity of the cooling impact of urban parks in Riyadh, Saudi Arabia: Seasonal analysis and proposed approach to the parks cooling direction index. Applied Geography, 179, 103619. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103619.
- Alamri, S. (2024). Spatial analysis and GIS mapping of public parks adequacy: A case study from Riyadh, Saudi Arabia. Sustainability, 16(8), 3305. https://doi.org/10.3390/su16083305.
- Alghamdi, A. S., Alzhrani, A. I., & Alanazi, H. H. (2021). Local climate zones and thermal characteristics in Riyadh City, Saudi Arabia. Remote Sensing, 13(22), 4526. https://doi.org/10.3390/rs13224526.
- Artis, D., & Carnahan, W. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. Remote Sensing of Environment, 12(4), 313-329. doi:https://doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8.
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and urban planning, 97(3), 147-155.
- Carlson, T., & Ripley, D. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover and leaf area index. Remote Sensing of Environment, 62(3), 241-252. doi:https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1
- Cohen, I., Huang, Y., Chen, J., Benesty, J., Benesty, J., Chen, J., … & Cohen, I. (2009). Pearson correlation coefficient. Noise reduction in speech processing, 1-4.
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J., & Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. Science of the total environment, 584, 1040-1055.
- Haq, S. (2011). Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. Journal of Environmental Protection, 2(5), 601-608.
- Hu, L., & Brunsell, N. (2013). The impact of temporal- aggregation of land surface temperature data for surface urban heat island (SUHI) monitoring. Remote Sensing of Environment(134),162-174. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.02.022.
- Huang, M., Cui, p., & He, x. (2018). Study of the Cooling Effects of Urban Green Space in Harbin in Terms of Reducing the Heat Island Effect. 10(4), 1101. doi:https://doi.org/10.3390/su10041101.
- Imam, A. (2023). Examining the impact of Green Riyadh Project on alleviating urban heat island effects. Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture, 14(4), 201–211.
- Jim, C. Y. (2012). Effect of vegetation biomass structure on thermal performance of tropical green roof. Landscape and ecological engineering, 8, 173-187.
- Lin, Z., Stamnes, S., Jin, Z., Laszlo, I., Tsay, S., Wiscombe, W., & Stamnes, K. (2015). Improved discrete ordinate solutions in the presence of an anisotropically reflecting lower boundary: Upgrades of the DISORT computational tool. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 157, 119-134.
- Rahman, M. T. (2018). Examining and modelling the determinants of the rising land surface temperatures in Arabian desert cities: An example from Riyadh, Saudi Arabia. Journal of Settlements & Spatial Planning, 9(1), 35–48.

- Sultana, S., & Satyanarayana, A. N. (2019). Impact of urbanisation on urban heat island intensity during summer and winter over Indian metropolitan cities. Environ Monit Assess, 191(Suppl 3), 789. doi:https://doi.org/10.1007/s10661-019-7692-9.
- Tran, D. X., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S., Caetano, M., & Kieu, H. (2017). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing(124), 119—132.
- USGS . (2019). Landsat 8 (L8) data users handbook (Version 5.0). Department of the Interior U.S. Geological Survey. doi: https://amz.cx/3OgH .
- Van de Griend, A., & OWE, M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. International Journal of Remote Sensing,, 14(6), 1119—1131. doi:https://doi.org/10.1080/01431169308904400. Oke, Tim R. "The micrometeorology of the urban forest." Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences 324, no. 1223 (1989): 335-349.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature—vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote sensing of Environment, 89(4), 467-483.
- Zhou, L., Hu, F., Wang, B., Wei, C., Sun, D., & Wang, S. (2022). Relationship between urban landscape structure and land surface temperature: Spatial hierarchy and interaction effects. Sustainable Cities and Society, 80, 103795.
- Zhou, W., Huang, G., & Cadenasso, M. L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. Landscape and urban planning, 102(1), 54-63.