

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا
من منظور المناخ التفصيلي

إعداد

د/ وائل هريدي زهران مهران ضيف
مدرس الجغرافيا الطبيعية والمناخية
بكلية الآداب - جامعة أسيوط

Email: dr.wael1984@yahoo.com

DOI: 10.21608/aakj.2024.258929.1636

تاريخ الاستلام : ٢٨ / ١٢ / ٢٠٢٣ م

تاريخ القبول : ١٤ / ١ / ٢٠٢٤ م

يُعد التغير في الغطاءات الأرضية واحدة من أهم العوامل في زيادة درجة حرارة سطح الأرض في العديد من المدن، والسبب في ذلك هو استبدال الغطاء النباتي وغيره من الغطاءات بسطح غير مُنفذ. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم مدى مؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI) ومستوى جودة الحياة في مدينة قنا، باستخدام التقنيات الجغرافية المكانية ونموذج الانحدار الخطي. وقد تم الاعتماد على مرئيات القمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعدد اثنتا عشرة مرئية فضائية ممثلة للفصول المناخية لعام ٢٠٢٣ م. وأظهرت النتائج أن شدة الجزيرة الحرارية ترتفع في الصيف $7,65^{\circ}\text{C}$ ، وتنخفض في الخريف إلى $2,08^{\circ}\text{C}$ ، وبالتالي تعرض منطقة الدراسة لظروف مناخية محلية شديدة تضر في المقام الأول بجودة الحياة الحضرية. ويسلط البحث الضوء على أن أسطح الأراضي الحضرية غير المنفذة، والمناطق المبنية، والأراضي الفضاء والصحراوية تساهم بشكل كبير في ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض. ووفقاً لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI)، أن مدينة قنا يستحوذ عليها فئتان رئيستان من المؤشر: أولهما: الفئة الأولى ($UTFVI < 0$)، ويتميز التقييم البيئي لهذه الفئة بأنه ذات جودة حياة ممتازة، حيث تستحوذ هذه الفئة على $54,2\%$ ، $43,9\%$ ، $30,9\%$ ، $53,4\%$ من مساحة مدينة قنا خلال فصول الشتاء، والربيع، والصيف، والخريف على الترتيب. وثانيهما: الفئة السادسة ($UTFVI > 0.02$)، وهي المناطق ذات التقييم البيئي الأسوأ في جودة الحياة، وتشغل هذه الفئة نحو $41,4\%$ ، $45,1\%$ ، $63,0\%$ ، $40,7\%$ من جملة مساحة المدينة خلال فصول الشتاء، والربيع، والصيف، والخريف على الترتيب. تؤكد دراستنا على التخطيط الحضري المستنير واستراتيجيات التخفيف القابلة للتكيف لحماية سكان الحضر من الإجهاد الحراري. وتوصي الدراسة بتنفيذ إجراءات للتخفيف من تأثير الجزر الحرارية في مدينة قنا من خلال زيادة تواجد المساحات الخضراء واعتماد استراتيجيات التبريد الأخرى. ويمكن لهذه التدخلات أن تساعد في تخفيف الآثار السلبية على البيئة الحضرية وتحسين نوعية الحياة للسكان.

الكلمات المفتاحية: درجة حرارة سطح الأرض، الجزيرة الحرارية الحضرية، مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، التقييم البيئي، Landsat-9 OLI/TIRS، مدينة قنا.

Environmental Assessment of Quality of Life in Qena City: A Microclimate-based Perspective

Abstract:

Change in land covers is one of the most important factors in increasing the land surface temperature in many cities, and the reason for this is the replacement of vegetation and other covers with impermeable surfaces. This study aims to assess the Urban Thermal Field Variability Index (UTFVI) and evaluate the quality of life in the city of Qena, using geospatial techniques and a linear regression model. The analysis relies on twelve satellite images from Landsat-9 OLI/TIRS, representing the four seasons of the year 2023. The study findings reveal that the intensity of the heat island increases by 7.65°C during the summer and decreases by 2.08°C in the fall. These variations expose the study area to severe local climatic conditions that adversely affect the quality of urban life. The research highlights that impermeable urban land surfaces, built-up areas, vacant land, and desert land significantly contribute to the elevation of Land surface temperature. Based on the (UTFVI), the city of Qena is categorized into two main groups. The first category ($UTFVI < 0$) represents areas with an excellent quality of life, encompassing 54.2%, 43.9%, 30.9%, and 53.4% of the city's area during the winter, spring, summer, and fall seasons, respectively. The second category ($UTFVI > 0.02$) represents areas with the poorest environmental assessment in terms of quality of life, occupying approximately 41.4%, 45.1%, 63.0%, and 40.7% of the city's total area during the winter, spring, summer, and fall seasons, respectively. Our study emphasizes well-informed urban planning and adaptable mitigation strategies to protect urban populations from heat stress. The study recommends implementing measures to mitigate the heat island effect in Qena city by increasing the presence of green spaces and adopting other cooling strategies. These interventions can help alleviate the adverse impacts on the urban environment and improve the quality of life for residents.

Keywords: Land surface temperature, urban heat island, urban thermal field variance index, the ecological assessment, landsat-9 OLI/TIRS, Qena city.

١- مقدمة الدراسة:

تُعد جودة الحياة (Quality of life (QoL مفهومًا واسع الانتشار وله تعريفات كثيرة، منها الفلسفية، والسياسية، والصحية، والاجتماعية، والبيئية. ويؤكد كثير من الباحثون على أن درجة حرارة سطح الأرض والجزيرة الحرارية من العوامل المهمة التي تؤثر على جودة الحياة (نوعية الحياة)، ويستخدم الأخير ليعكس الرضا العام عن الحياة للسكان (Kim et al., 2015)، والسعادة (McCabe & Johnson, 2013)، والرفاهية (Yolal et al., 2016).

ويعرف (Cutter, 1985) جودة الحياة بأنها السعادة الفردية ورضا كل إنسان عن حياته والبيئة التي يعيش فيها، وتشمل الرضا عن الاحتياجات والرغبات والطموحات وأولويات نمط الحياة، فضلاً عن العوامل الأخرى المادية وغير المادية وحق الإنسان في اختيارها، أي تلك التي تحقق الرفاهية Welfare للإنسان بشكل كامل. وقد تنوعت الدراسات التي تناولت نوعية الحياة بشكل واضح، وقد حدد (Wish, 1986) تعريف جامع شامل لنوعية الحياة، وترى أنها مجموعة من الظروف التي يشعر بها السكان وتتجزم في شكل درجات متباينة من الشعور أو الأحساس بالرفاهية، وترى أن نوعية الحياة هي نتاج التفاعل بين الوسط البيئي والنفسي.

تُعد الجزيرة الحرارية أحد أهم نتائج التأثيرات البشرية على المناخ المحلي، حيث الدفء والاحترار في المناطق الحضرية المتمدنة مقارنة بما يجاورها، خاصة المناطق الريفية؛ نتيجة للتغير المباشر وغير المباشر في ميزانية الطاقة داخل الطبقة الحدودية الحضرية The Urban Boundary، وتوصف الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI) بأنها حالة موثقة وبشكل جيد لتأثير التوسع العمراني على المناخ المحلي، فعند محاولة رسم خريطة خطوط التساوي الحرارية ستظهر المدينة كجزيرة في خلفية درجة الحرارة الريفية أو المجاورة لها، وتظهر الجزيرة الحرارية بقوة أكبر حينما تكون السماء صافية والرياح ضعيفة، وتتباين كثافتها وشدتها اعتمادًا على عدة عوامل متباينة التأثير على المستوى المكاني والزمني، أهمها: التوقيت خلال اليوم، ثم ظروف الطقس

والإشعاع الشمسي (حيث تزداد شدتها عندما تكون السماء صافية والرياح خفيفة)، كما تؤثر طبوغرافية الأرض، وهندسة المدينة والشوارع، وخصائص السطوح والأبيدو في شدة الجزيرة الحرارية، كذلك الانبعاثات الحرارية من المصادر البشرية Anthropogenic Heat، وحركة المرور وكثافتها وتدفق الطاقة والتلوث، والكثافة السكانية وغيرها (Hinkel et al., 2003; Jimenez et al., 2000).

يشير مصطلح "التحضر" إلى الزيادة في نسبة السكان الذين يعيشون في المدن والتوسع المادي للمراكز الحضرية الموجودة بالفعل (Kassahun & Tiwari, 2012). تتمتع أفريقيا بمستوى منخفض من التحضر (١, ٣٧٪) مقارنة بالدول المتقدمة مثل أوروبا (٧, ٧٢٪) وأمريكا الشمالية (١, ٧٩٪). ومع ذلك، فإن التحضر يتسارع بشكل أسرع بكثير في العالم النامي ككل منه في البلدان المتقدمة، حيث يمكن أن تصل معدلات النمو إلى ٣% أو ٤% سنويًا (Ikerd, 2014). وتعد الهجرة من الريف إلى الحضر، والنمو الاقتصادي والتنمية، والتغير التكنولوجي، والنمو السكاني السريع، كلها عوامل تساهم في التحضر السريع في العالم النامي (Matthew & Talukder, 2022). وقد ثبت أن التغيرات المرتبطة بالتوسع الحضري في المدينة لها تأثير كبير على المناخ المحلي القريب على مدار السنوات العديدة الماضية.

تشير ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI) Urban Heat Island إلى أن المناطق الحضرية أكثر حرارة من المناطق الريفية (Abbas & Hamdi, 2022; Voogt, 2018; Oke, 2003; Yin et al., 2018). وأكدت دراسات عدة أن الجزيرة الحرارية الحضرية ينشأ عنها عدد من المشكلات المناخية والبيئية والاجتماعية والاقتصادية التي تؤثر على جودة (نوعية) الحياة للسكان الذين يعيشون في المدن (Dwivedi & Mohan, 2013; Macintyre et al., 2018; Rozos et al., 2018). وكذلك انخفاض التنوع البيولوجي (Čeplová et al., 2017)، وتدهور نوعية المياه والهواء (Feizizadeh & Blaschke, 2013)، والتغيرات في توازن الطاقة (Arnfield, 2003)، وزيادة تكلفة الطاقة (Santamouris, 2020)، وحتى زيادة معدل الوفيات (Arbuthnott & Hahat, 2017).

ولذلك فإن التغيرات في الغطاء الأرضي الحضري تؤدي إلى حدوث تغيير في المناخ المحلي، مما يؤثر بدوره على الصحة الجسدية والعقلية لسكان المناطق الحضرية (Das & Das, 2020). وتعد مدينة قنا إحدى المدن المصرية التي تشهد نهضة تنموية في كافة القطاعات الصناعية والعمرانية والبنية التحتية؛ ولذلك فمن الضروري التأكد من عواقب ارتفاع درجات الحرارة من أجل تحسين نوعية وجودة الحياة للسكان، والإبلاغ عن النتائج التي يمكن استقراؤها إلى مجالات جغرافية أخرى. ولتحقيق هذه الغاية، يمكن استخدام العديد من مؤشرات الراحة: مثل مؤشر شدة الجزيرة الحرارية الحضرية (UHII)، أو درجة الحرارة المكافئة فسيولوجيا (PET)، أو مؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI). ويستخدم الأخير بشكل واسع من قبل المجتمع العلمي لتقييم جودة الحياة في البيئة الحضرية. وهو يسمح بتحديد المساحات ذات درجات الحرارة المرتفعة التي يُشار إليها بالبقع الساخنة الحضرية Urban Hot Spots (UHS) (Amindin et al., 2021; Das & Das, 2020; Sharma et al., 2021) وارتباطها باستخدامات الأرض/الغطاءات الأرضية (LULC).

وخلصت كثير من الدراسات الحديثة إلى أن البقع الساخنة الحضرية UHS موجودة في المناطق الحضرية التي تتمتع بأعلى شدة للجزيرة الحرارية والتي تتوافق مع المناطق ذات درجة حرارة سطح الأرض الأعلى. وتحذر هذه الدراسات من زيادات كبيرة في درجة حرارة سطح الأرض في المناطق الحضرية، ومرتبطة بشكل مباشر بزيادة في البقع الحضرية الساخنة (Amindin et al., 2021; Luo & Wu, 2021; Sharma et al., 2021). وتشير دراسة عن هيئة التنمية الصناعية في نيو أوكلا (الهند) بين عامي ٢٠١١ - ٢٠١٩ إلى زيادة في درجات حرارة سطح الأرض بمقدار ٦,٤°س، وزيادة في مساحة البقع الحضرية الساخنة بنسبة ٣٣,٥٦% (Sharma et al., 2021)؛ كما أفادت دراسة شملت خمس مناطق في محافظة السويس (مصر) بين عامي ١٩٨٨ - ٢٠١٤ عن زيادات قدرها ٤,٥°س في درجة حرارة سطح الأرض، وزيادة بنسبة ١٦% في المناطق المصنفة على أنها بقع ساخنة حضرية (Ahmed, 2018).

وفي دراسة أخرى أجريت على ٣٩٧ مدينة في الصين (Yao et al., 2019) تبين حدوث زيادة سنوية كبيرة في شدة الجزيرة الحرارية أثناء النهار والليل بين عامي ٢٠٠١ - ٢٠١٧م. في حين اكتشفت واحدة من ١٤ مدينة في الصين أيضًا من عام ١٩٦١ إلى عام ٢٠١٤ (Li et al., 2021) انخفاضًا في الرطوبة البيئية المرتبطة بالزيادة في شدة الجزيرة الحرارية الحضرية السطحية (SUHI). وتشير هذه الزيادات التي تم ملاحظتها في درجة حرارة سطح الأرض، والجزيرة الحرارية، في ضوء نتائج بعض الدراسات (Kafy et al., 2021; Singh et al., 2017; Vimayak et al., 2022)، عن زيادات واضحة في فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري مع قدر أكبر من الانزعاج البيئي في السنوات القادمة. وعلى الرغم من أن البيانات التي تم الحصول عليها في هذه الدراسات تعكس بعض الاختلافات الصغيرة في درجة حرارة سطح الأرض والبقع الساخنة الحضرية في جميع أنحاء العالم، إلا أنها تتزامن في تحديد المناطق الصناعية والتربة الفضاء والمكشوفة بدون نباتات باعتبارها الأماكن التي تقع فيها الزيادات الأكبر، مما يعني أسوأ مؤشرات الجودة البيئية.

ولتحديد مثل هذه الظواهر، يبرز الاستشعار من بعد من بين المنهجيات المختلفة المتاحة. وهو يسمح بإجراء دراسات حضرية واسعة النطاق لدرجة حرارة سطح الأرض، والجزيرة الحرارية، ومؤشر تباين المجال الحراري الحضري، والغطاءات الأرضية الرئيسية (Song et al., 2018)، عن طريق صور الأقمار الصناعية باستخدام أجهزة استشعار الأشعة تحت الحمراء الحرارية (TIRS). ويجب دراسة تطور هذه الظواهر في البيئة الحضرية لأغراض التخفيف، والحفاظ على بعض التوازن داخل المدينة. ويمكن للمعلومات المقدمة من الدراسات البحثية تجهيز المناطق الحضرية في محاولة لتكون أكثر استدامة وقدرة على التكيف مع ارتفاع درجات الحرارة الناجم عن الجزيرة الحرارية وتغير المناخ.

١.١ الدراسات السابقة.

استحوذت الأدبيات الخاصة بالجزر الحرارية وجودة الحياة في البيئة الحضرية على اهتمام العديد من الباحثين، بهدف التقييم البيئي للمدن، وسبل الحد من التأثير الحراري الحضري وتحسين صحة وراحة السكان (Ling & Chiang., 2018; Singh et al., 2014)، وكذلك دورها الاجتماعي والاقتصادي (Aram et al., 2019). وجاء اهتمام الباحثين بموضوعات تقييم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري ومستوى جودة الحياة في المدن باستخدام التقنيات الجغرافية المكانية، من خلال تناولها ضمن دراسات عديدة ومتنوعة منها، دراسة (وليد عباس، ٢٠١٣) عن "الحرارة في مجمع القاهرة الحضري"، واستعرضت الدراسة في الفصل الثاني منها شدة الجزيرة الحرارية لمجمع القاهرة الحضري وتركيبها الحراري خلال فصول العام، وأبرزت أن الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للظهير الزراعي تصل لذروة قوتها خلال فصلي الربيع والصيف، بشدة كلية $6,11^{\circ}\text{C}$ ، $4,7^{\circ}\text{C}$ على الترتيب، ونقل قوتها خلال فصلي الخريف والشتاء بشدة كلية $2,15^{\circ}\text{C}$ ، $1,07^{\circ}\text{C}$ على الترتيب. وكذا دراسة (وائل زهران، ٢٠١٨) عن الجزيرة الحرارية وبعض آثارها البيئية في مدينة أسيوط، وأبرزت أن تأثير الجزيرة الحرارية السطحية أكثر وضوحاً في الصيف منه في فصل الشتاء، حيث سجلت شدة الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للظهير الزراعي نحو $4,13^{\circ}\text{C}$ خلال فصل الصيف نهائياً، بينما انخفضت إلى $0,47^{\circ}\text{C}$ خلال فصل الشتاء.

وقدم (Liu & Zhang, 2011)، دراسته عن تحليل الجزيرة الحرارية الحضرية باستخدام بيانات Landsat TM وبيانات ASTER: دراسة حالة هونغ كونغ، وتناولت الدراسة في إحدى مباحثها التقييم البيئي للجزيرة الحرارية الحضرية في هونغ كونغ، بتطبيق مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI، بالإضافة إلى حساب التقييم البيئي لفئات المؤشر، وأبرزت الدراسة أن هونغ كونغ لديها أقوى جزيرة حرارية حضرية، ومن ثم فالتقييم البيئي لها هو الأسوأ Worst، مما يدعو بقوة إلى تخطيط مدينة أكثر اعتدالاً وتنمية حضرية في المستقبل. وجاءت دراسة (Alfraihat et al., 2016)، عن

التقييم البيئي للجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة شيكاغو، الولايات المتحدة الأمريكية، باستخدام مرئيات LANDSAT TM لعام ٢٠١٠، وتم تحليل الخصائص الحرارية للمدينة باستخدام درجة حرارة سطح الأرض، ثم تبع ذلك إجراء تقييم بيئي باستخدام مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، والذي قدم تقييماً كمياً لتأثير الجزيرة الحرارية على جودة الحياة الحضرية. وأبرزت الدراسة أن ٢٥% من المدينة يعاني من تأثيرات الجزيرة الحرارية السيئة Bad أو الأسوأ Worse من الناحية البيئية، مما يشير إلى الحاجة إلى استمرار جهود التخفيف من آثار الجزيرة الحرارية في المدينة. في حين جاءت دراسة (Renard et al., 2019) بعنوان تقييم تأثير إعادة التطوير الحضري على الجزر الحرارية الحضرية السطحية، وهدفت إلى دراسة تطور درجة حرارة سطح الأرض لستة عمليات إعادة تطوير حضرية رئيسية في ليون، فرنسا، ما بين ٢٠٠٠ - ٢٠١٧م.

وتناولت دراسة (Naim & Kafy., 2021)، تقييم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، وتحديد العلاقة بين الغطاء الأرضي ودرجة حرارة سطح الأرض في مدينة تشاتتوجرام Chattogram في بنجلاديش، لبيان شدة تأثير الجزيرة الحرارية من الناحية الكمية والنوعية على البيئة الحضرية، وانتهت إلى أن ١,٦٩% من مساحة المدينة جاء ضمن فئة مؤشر التباين الحراري الحضري الأقوى (>0.020) في عام ١٩٨٨، ثم زادت مساحة هذه الفئة من المؤشر بشكل ملحوظ إلى ٢٧,٥٣% من مساحة المدينة عام ٢٠١٨م. وقدم (Hidalgo & Arco, 2022)، دراسته عن نمذجة الجزيرة الحرارية الحضرية السطحية (SUHI) لدراسة علاقتها بالتغيرات في المجال الحراري ومع مؤشرات استخدام الأرض في منطقة غرناطة الحضرية (أسبانيا)، واعتمدت الدراسة على صور الأقمار الصناعية Landsat-5,7,8، ودرست تطور استخدامات الأرض/الغطاءات الأرضية (LULC)، ودرجة حرارة سطح الأرض، والجزيرة الحرارية الحضرية السطحية في الفترة ١٩٨٥ إلى ٢٠٢٠م، ومن ثم دراسة المتغيرات السابقة وتأثيرها على الراحة الحرارية، وفقاً لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري؛ وأبرزت الدراسة حدوث

زيادة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض خلال فترة الدراسة بمقدار ٢,٢°س، وبمقدار ٠,٦°س في شدة الجزيرة الحرارية الحضرية، ونسبة ٢٠,٤% في البقع الساخنة الحضرية، بالإضافة إلى حدوث زيادة في الفئة الأسوأ ($UTFVI > 0.020$) من مؤشر تباين المجال الحراري الحضري ونسبة ٢٦,٢%.

وتناولت دراسة (Kafy et al., 2021)، تقييم والتنبؤ باستخدام الأراضي/الغطاء الأرضي ودرجة حرارة سطح الأرض ومؤشر تباين المجال الحراري الحضري باستخدام صور لاندسات لمنطقة العاصمة دكا Dhaka Metropolitan area، بنجلاديش. وجاءت دراسة (Ullah et al., 2022)، لتبحث في التأثير الزمني المكاني Spatiotemporal للتحضر على الجزيرة الحرارية الحضرية ومؤشر تباين المجال الحراري الحضري لمدينة تيانجين، الصين، باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وقامت هذه الدراسة بتقييم مناطق الجزيرة الحرارية في المدينة، من حيث تأثيرها البيئي باستخدام مؤشر تباين المجال الحراري الحضري.

وبحثت دراسة (Tsfamariam et al., 2023)، في تأثير ديناميات استخدام الأراضي الحضرية على تكوين الجزيرة الحرارية وتأثيرها البيئي باستخدام مؤشر تباين المجال الحراري الحضري ($UTFVI$) في مدينة ميكلي Mekelle، شمال إثيوبيا، من عام ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٠م. وأظهرت نتائج الدراسة أنه لوحظ توسع حضري ملحوظ خلال فترة الدراسة. وأدى إلى فقدان الغطاء النباتي وتحويل المناطق السابقة إلى مناطق مبنية وغير منفذة. ونتيجة لذلك، تتعرض المناطق الحضرية لدرجات حرارة سطح الأرض أعلى مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة بها، والتي يشار إليها باسم الجزيرة الحرارية الحضرية، وأبرزت الدراسة أن ٣٦,٢%، ٤٤,٣%، ٤١,٣%، ٣٨,٨% من جملة مساحة المدينة تأثرت بتأثيرات الجزيرة الحرارية الأسوأ ($UTFVI > 0.02$) في سنوات ١٩٩٠، ٢٠٠٠، ٢٠١٠، ٢٠٢٠م على الترتيب.

٢-١ مشكلة الدراسة.

تحاول الدراسة التعرف على مدى ما تواجهه مدينة قنا من مشكلات مناخية وبيئية، وبصفة خاصة انخفاض وتناقص مستوى جودة الحياة - وهو هدف الدراسة الحالية - وهل ثمة تأثير لمناخ المدينة والجزيرة الحرارية على جودة الحياة، وهل أفرزت الجزيرة الحرارية للمدينة بعض التأثيرات المرتبطة بجودة الحياة. ومن ثم تسعى هذه الدراسة إلى التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا خلال فصول العام، ومن ثم البحث عن أساليب فعالة للتخفيف من درجة الحرارة أو تلطيفها، وذلك عن طريق الدور الكبير التي تقوم به الحدائق والمنتزهات في التخفيف من حدة درجات الحرارة، ومدى مساهمتها في تبريد المناطق المحيطة لها.

٣-١ أهداف الدراسة.

تسعى الدراسة الحالية إلى تحقيق عدد من الأهداف تتمثل في الآتي:

- استخلاص أو اشتقاق درجة حرارة سطح الأرض LST في مدينة قنا والظهير المتاخم لها من خلال اثنتا عشرة مرئية فضائية ممثلة لشهور عام ٢٠٢٣م.
- حساب شدة الجزيرة الحرارية الحضرية السطحية UHII من بيانات الاستشعار عن بعد الحرارية بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS.
- تصنيف الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة وحساب مساحة ونسبة كل غطاء عام ٢٠٢٣.
- التوزيع المكاني والزمني لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI في مدينة قنا سنويًا وفصليًا عام ٢٠٢٣م.
- كما تهدف الدراسة إلى إيجاد العلاقة بين مؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI)، والغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا.

٤.١ محاور الدراسة.

تسعى الدراسة الحالية إلى الاعتماد على بيانات الاستشعار من بعد الحراري خلال عام ٢٠٢٣م، وبناء نظام معلومات جغرافي يضم قاعدة بيانات جغرافية شاملة تكن منطلقاً للمعالجة والتحليل المكاني الزمني لتحقيق الأهداف السابقة من خلال ثلاثة محاور رئيسية وهي:

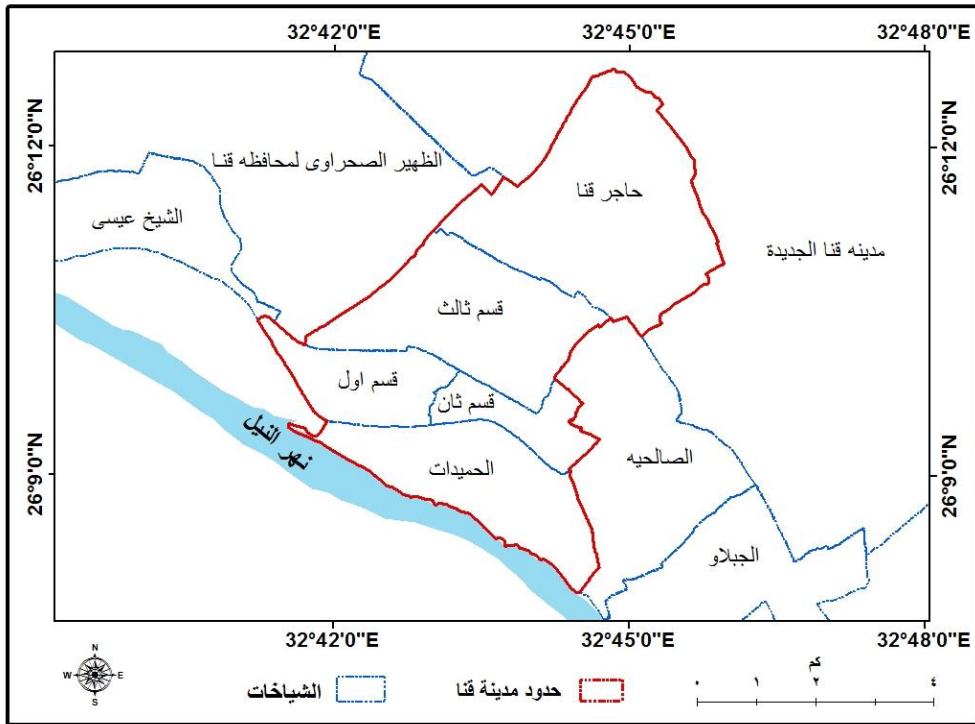
- التباين الفصلي لدرجة حرارة سطح الأرض وشدة الجزيرة الحرارية.
- تقييم مستوى جودة الحياة باستخدام مؤشر تباين المجال الحراري الحضري.
- العلاقة بين الغطاءات الأرضية الرئيسية وفئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري.

٢- التعريف بمنطقة الدراسة.

أجريت الدراسة في مدينة قنا الحاضرة الرئيسية لمحافظة قنا وأكبر مُدُنِها، وهي العاصمة الإدارية، والمركز الثقافي، والتعليمي لمحافظة قنا. وتقع مدينة قنا عند التقاء دائرة عرض ١٠° ٢٦' شمالاً، مع خط طول ٤٣° ٣٢' شرقاً، على الجانب الأيمن (الشرقي) لمجرى نهر النيل عند ثنية قنا، ويحيط بها من الشمال مدينة قنا الجديدة، ومن الجنوب نهر النيل، ومن الشرق كل من قرية الصالحية ومدينة قنا الجديدة، ومن الغرب قرية الشيخ عيسى، كما في شكل (١).

وتتألف المدينة من خمسة أقسام إدارية هي قسم أول، وثان، وثالث، وحاجر قنا، والحميدات، وتبلغ جملة مساحة مدينة قنا ٢٩,٩ كم^٢، تمثل نحو ١١ % من جملة المساحة الكلية لمركز قنا عام ٢٠٢٠م، ويبلغ عدد سكان مدينة قنا ٢٣٥٦٤٧ نسمة، بما يمثل نحو ٧,٤ % من جملة سكان المحافظة عام ٢٠١٧م (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٩م). وتكتسب المدينة أهمية كبيرة في العلاقات المكانية؛ إذ تكاد تتوسط محافظة قنا، وهذا الموقع يجمع بين إمكانية الموقع وخصائص الموضع؛ إذ تمثل عنق الزجاجة التي تتحكم في حاضرة السهل الفيضي شرقي النيل وتلتقي عندها كثير الطرق التي تربطها بأجزاء البلاد.

ومناخياً، تتميز مدينة قنا بمناخ صحراوي جاف، مع صيف شديد الحرارة؛ حيث يسود قنا الظروف الجوية لإقليم الصحاري الحارة (Hot Desert (Bwh) وفقاً لتصنيف كوبن (Kottke et al., 2006)، حيث يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة اليومية $25,7^{\circ}\text{C}$ ، وتتراوح بين $18,2^{\circ}\text{C}$ في المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى، وبين أكثر من $32,9^{\circ}\text{C}$ في المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى. وتأتي هذه المعدلات الحرارية المرتفعة استجابة لزيادة عدد ساعات السطوع المحتمل والفعلي، وزيادة معدلات الإشعاع الشمسي الكلي في منطقة الدراسة. كما يتسم مناخ مدينة قنا بالجفاف، حيث يقل معدل الرطوبة النسبية إلى $28,6\%$ ، ويبلغ متوسط سقوط الأمطار السنوي نحو $1,8$ ملم (<http://www.tutiempo.net/en>).



شكل (1) موقع منطقة الدراسة.

٣- أدوات الدراسة وأساليبها:

٣-١ البيانات (مصادر البيانات)

لجأت الدراسة إلى تكامل تقنيي الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية بهدف تحليل المرئيات الفضائية ومخرجاتها المختلفة لاشتقاق درجة حرارة سطح الأرض (LST)، وكذا دراسة قوة الجزيرة الحرارية، ومؤشر تباين المجال الحراري الحضري في مدينة قنا، والخروج بنتائج كمية توضح سمات هذه الجزر الحرارية وتباينها الزمني والمكاني. وتجدر الإشارة إلى أن المرئيات الفضائية تشكل المصدر الرئيس لهذه الدراسة؛ إذ تم استخدام المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS، من النوع Landsat Collection 2 Level-2.

يقيس منتج درجة حرارة السطح الناتج عن بيانات Landsat Collection 2 Level-2 درجة حرارة سطح الأرض بالكلفن (K) يتم إنشاء هذا المنتج باستخدام مصادر بيانات متنوعة، بما في ذلك نطاقات الأشعة تحت الحمراء الحرارية، وبيانات الانعكاس، ودرجة حرارة السطوع، وبيانات الانبعاث، وملامح الغلاف الجوي. ولتفسير قيم درجة الحرارة بدقة، من الضروري الرجوع إلى البيانات الوصفية لمجموعة البيانات. يجب أن توفر بيانات التعريف معلومات حول أي قياس أو إزاحة أو تحويلات مطبقة على البيانات. إذا كان من المفترض أن تمثل مجموعة البيانات درجة الحرارة بالكلفن، فيجب أن توضح البيانات الوصفية كيفية تحويل قياسات درجة الحرارة الأولية إلى قيم الخلية (Houska, 2012).

يوضح جدول (١) مرئيات OLI/TIRS Landsat-9 التي اعتمدت عليها الدراسة، وهي اثنتا عشرة مرئية ممثلة لفصول العام، تم اختيارها لتحقيق تغطية زمنية لمدينة قنا، ولتمثل الظروف الحرارية (درجة حرارة سطح الأرض LST)، والنباتية (مؤشر التباين النباتي النسبي NDVI)، والبيئية (جودة الحياة الحضرية UTFVI)، نهارًا خلال عام ٢٠٢٣م، وقد تم اختيار المرئيات التي تخلو خلاياها بقدر الإمكان من السحب والغيوم حتى لا يؤثر ذلك على دقة النتائج.

جدول (١) بيانات مرئيات القمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS المستخدمة في الدراسة.

م	تاريخ الالتقاط	القمر الصناعي	التمثيل الفصلي	Path	Row	الدقة المكانية (م)	السحب (%)	توقيت الالتقاط
١	٢٠٢٢/١٢/١٩	LC09	الشتاء	١٧٥	٤٢	٣٠	٤.٩١	١٠:١٩:١٨
٢	٢٠٢٣/٠١/٢٠	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	٠.٣٣	١٠:١٩:٠٩
٣	٢٠٢٣/٠٢/٠٥	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	٦.٤٩	١٠:١٩:٢٢
٤	٢٠٢٣/٠٣/٠٩	LC09	الربيع	١٧٥	٤٢	٣٠	٠.٠١	١٠:١٩:٠٠
٥	٢٠٢٣/٠٤/١٠	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	٢٧.١٧	١٠:١٨:٤٧
٦	٢٠٢٣/٥/١٢	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	٠.٤٨	١٠:١٨:٣٠
٧	٢٠٢٣/٠٦/١٣	LC09	الصيف	١٧٥	٤٢	٣٠	١.٩٨	١٠:١٨:١٣
٨	٢٠٢٣/٠٧/١٥	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	٠.٠٠	١٠:١٨:٢٨
٩	٢٠٢٣/٠٨/١٦	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	٠.٠٦	١٠:١٨:٢٨
١٠	٢٠٢٣/٠٩/١٧	LC09	الخريف	١٧٥	٤٢	٣٠	٠.٠٠	١٠:١٨:٥٧
١١	٢٠٢٣/١٠/٠٣	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	١٩.٣٦	١٠:١٨:٥٧
١٢	٢٠٢٣/١١/٠٤	LC09		١٧٥	٤٢	٣٠	٠.٠٠	١٠:١٩:٠٠

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

٣-٢ أساليب الدراسة:

٣.٢.١ حساب درجة حرارة سطح الأرض.

يتم إنشاء منتج درجة حرارة سطح الأرض LST من نطاقات الأشعة تحت الحمراء الحرارية Landsat Collection 2 Level-2، وانعكاس قمة الغلاف الجوي (TOA)، ودرجة حرارة السطوح TOA، وبيانات قاعدة بيانات الانبعاث الحراري العالمية (GED) المتقدمة للانبعاثات الحرارية المحمولة في الفضاء ومقياس إشعاع الانعكاس (ASTER) وبيانات مؤشر التباين النباتي النسبي (NDVI) من ASTER، والملاح الجوية لارتفاع القدرة الأرضية، والرطوبة النوعية، ودرجة حرارة الهواء المستخرجة من بيانات إعادة التحليل (Landsat, 2022).

يتميز هذا المنتج أنه لا يحتاج إلى إجراء الحسابات التي اعتدنا إجراؤها على منتج المستوى Level-1. يمكنك استخدام منتج المستوى ٢ عن طريق ضرب النطاق

الحراري (ST_{B10}) بعامل القياس (٠.٠٠٣٤١٨٠٢) ثم إضافة الإزاحة (١٤٩.٠) لتحويل القيم الأولية إلى قيم درجة الحرارة بالكلفن (Teixeira Pinto et al., 2020).

قد يبدو تعبير حاسبة البيانات النقطية كما يلي:

$$LST = ((ST_{B10} \times 0.00341802) + 149) \quad (1)$$

٢-٢-٣ حساب شدة الجزيرة الحرارية الحضرية.

يمكن التعبير عن ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI) أنه الفرق بين درجة حرارة المناطق الحضرية والمناطق الريفية المحيطة بها (Abbas & Hamdi, 2022; Voogt & Oke, 2003; Yin et al., 2018). وقد تم حساب شدة الجزيرة الحرارية في مدينة قنا عن طريق المعادلة التالية:

$$UHI = LST(U) - LST(R) \quad (2)$$

حيث UHI = شدة الجزيرة الحرارية الحضرية، LST = متوسط درجة حرارة سطح الأرض، U = الغطاء العمراني بالمدينة، R = الظهير المتاخم (المحيط)، وفي هذه المعادلة يتم طرح متوسط درجة حرارة البيئة المحيطة بالمدينة (زراعي، مائي، صحراوي) من متوسط درجة الحرارة داخل المدينة.

٢-٢-٣ مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI.

يستخدم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI) لقياس تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية على البيئة الحضرية من الناحية الكمية. ويستخدم المؤشر أيضًا لحساب مستوى الراحة الحرارية الحضرية، وكذا وصف الصحة الحضرية (Liu and Zhang, 2011; Ahmed 2018; Wemegah et al., 2020; Abir et al., 2021; Al-Kafy et al., 2021). ويعتمد هذا المؤشر في حسابه وتقديره على قيمة درجة حرارة سطح الأرض، فكلما ارتفعت درجة الحرارة، زاد التأثير الحراري (Liu & Weng, 2011; Liu & Zhang, 2011).

يسمح هذا المؤشر بتقييم قيمة كل بكسل في المنطقة الحضرية بالنسبة إلى المنطقة بأكملها، وذلك للحصول على تصنيف لجودة الحياة (نوعية البيئة) Environmental quality (Sobrinho & Irakulis, 2020; Vimayak et al., 2022). وتتقسم قيم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI إلى ستة أنواع، والتي بدورها تقدم ست فئات من التقييم البيئي Ecological evaluation جدول (٢). ويرتبط كل منها بدرجة وجود ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية السطحية SUHI وتأثيرها على جودة الحياة للسكان (Liu & Zhang, 2011). وتتراوح فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI، بناءً على قوة الجزيرة الحرارية، من الفئة (الأولى) وهي الممتازة من حيث جودة الحياة، إلى الفئة (السادسة) وهي الأسوأ في جودة الحياة. وتشير قيم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI تحت الصفر إلى الغياب التام لظاهرة الجزيرة الحرارية، مما يعني أنه موقع يحدث فيه أقصى قدر من الراحة الحرارية، وبالتالي يتم تصنيف المنطقة على أنها تتمتع بجودة حياة ممتازة. ومع زيادة قيم المؤشر UTFVI، تزداد قوة تأثير الجزيرة الحرارية، وبالتالي تتدهور الراحة الحرارية إلى الجودة السيئة للحياة (Sharma et al., 2021). ويتم حساب المؤشر باستخدام المعادلة التالية (Guha et al., 2018; Vimayak et al., 2022).

$$UTFVI = (Ts - Tmean)/Ts \quad (3)$$

حيث:

UTFVI = مؤشر تباين المجال الحراري الحضري.

TS = درجة حرارة سطح الأرض عند نقطة معينة (درجة حرارة كل بكسل °س).

Tmean = متوسط درجة حرارة سطح الأرض LST لمنطقة الدراسة بأكملها (°س).

وتم تصنيف مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI إلى ست فئات، وذلك تمثيلاً مع ستة مؤشرات محددة للتقييم البيئي (Liu and Zhang, 2011, Zhang, 2006). ووفقاً لمؤشر التقييم البيئي (Ecological Evaluation Index (EEI)، يمكن تصنيف قيم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري إلى ست فئات تتراوح ما بين

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي

الممتاز إلى الأسوأ، (Naim and Kafy, 2021; Renard et al., 2019; Sharma et al., 2021; Singh et al., 2017; Zhang & Gu, 2001). وتشير قيمة مؤشر تباين المجال الحراري الحضري الأعلى إلى شدة الحرارة الحضرية الأكبر تأثيرًا والحالة الأسوأ للنظام البيئي، بينما تعني القيم المنخفضة جودة ممتازة من الراحة الحرارية نتيجة ضعف الجزيرة الحرارية. ويتم تصنيف مستوى الراحة الحرارية أو التقييم البيئي لمدينة قنا بناءً على نتائج مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، كما هو موضح في جدول (٢).

جدول (٢) القيم الحدية Threshold لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI) وظاهرة

الجزيرة الحرارية (UHI) ومؤشر التقييم البيئي المقابل لها.

مؤشر التقييم البيئي Ecological Evaluation Index (EEI)	ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية Urban heat island phenomenon	فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري Urban thermal field variance index (UTFVI)	الفئة
ممتاز Excellent	لا توجد None	<0	١
جيد Good	ضعيفة Weak	0.000–0.005	٢
طبيعي/عادي Normal	متوسطة Middle	0.005–0.010	٣
سيء Bad	قوية Strong	0.010–0.015	٤
أسوأ Worse	أقوى Stronger	0.015–0.020	٥
الأسوأ Worst	الأقوى Strongest	>0.020	٦

٤-٢-٣ التصنيف الموجه للغطاءات الأرضية.

تم الاعتماد على المرئية الفضائية بتاريخ ٢٠٢٣/٧/١٥ للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS، من أجل استخدامها في تصنيف الغطاءات الأرضية لمنطقة الدراسة. وذلك باستخدام برنامج 2014 Erdas Imagine، والذي يتيح اختيار عينات التدريب، وتوجد أنواع عديدة من طرق التصنيف الموجه Supervised Classification وقد تم الاعتماد على طريقة Maximum Likelihood Classification.

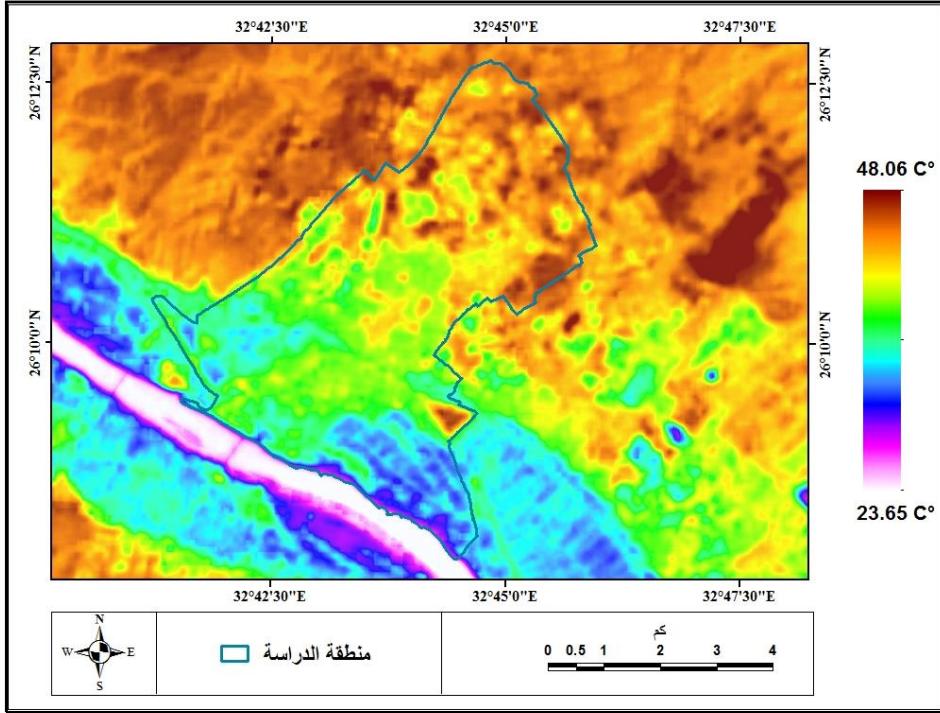
٤. النتائج والمناقشة:

١.٤ التباين الفصلي لشدة الجزيرة الحرارية السطحية في مدينة قنا نهاراً.

استخدمت دراسات مناخ الحضر مقياسين لتحديد الجزيرة الحرارية للمدينة ودراسة التأثير الحضري على المناخ التفصيلي لها، مع الاهتمام بتقديم تقدير كمي لهذا التأثير. وهذان المقياسان أو المؤشران هما شدة الجزيرة الحرارية، وحجم الجزيرة الحرارية. ولم يلق الثاني أهمية بحثية ذات شأن؛ نظراً لكونه لا يعكس أي تأثير مباشر للجزيرة الحرارية على الإنسان. أما شدة أو قوة الجزيرة الحرارية فهي أول مقياس كمي للجزيرة الحرارية الحضرية، والأكثر أهمية واستخداماً في هذا المجال. وهي تشير إلى الفارق الحراري بين المدينة وهوامشها أو المناطق المحيطة بها. أي أنها تحسب بطرح درجة حرارة البيئة المحيطة بالمدينة من درجة الحرارة داخل المدينة (وليد عباس، ٢٠١٣). وقد ميز (Kim & Baik, 2005)، بين شدة الجزيرة الحرارية القصوى وشدة الجزيرة الحرارية الكلية. فالأولى تشير إلى الفارق بين أعلى محطات المدينة حرارة وبين متوسط درجة حرارة محطات الضواحي، بينما يقصد بالثانية الفارق الحراري بين متوسط درجة الحرارة لكل من محطات المدينة ومحطات ضواحيها.

يوضح شكل (٢) درجة حرارة سطح الأرض في مدينة قنا على المستوى السنوي "نهاراً" خلال عام ٢٠٢٣م، ويتبين من الشكل أن درجة الحرارة في مدينة قنا أعلى من مثيلتها في الظهير الزراعي والمائي، فقد بلغ المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض (نهاراً) في العمران الحضري لمدينة قنا (٣٨،٤°س)، بينما بلغ ذات المتوسط في الظهير الزراعي (٣٤،٢°س)، ونحو (٢٤،٩°س) في الظهير المائي، (٤٢،٤°س) في الظهير الصحراوي. أي أن المتوسط السنوي لشدة الجزيرة الحرارية في مدينة قنا سجل (٤،٢°س)، (١٣،٥°س) بالنسبة للظهيرين الزراعي والمائي على الترتيب. في حين بلغ المتوسط السنوي لشدة الجزيرة الحرارية بالنسبة للظهير الصحراوي (-٤°س)، وبذلك تصبح مدينة قنا جزيرة حرارية باردة أو سالبة بالنسبة للظهير الصحراوي.

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي



المصدر: عملية المعايرة الراديومترية للقناة الحرارية العاشرة في مرئيات Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠٢٣ م.
شكل (٢) التوزيع المكاني السنوي لدرجة حرارة سطح الأرض في العمران الحضري لمدينة قنا والمناطق المحيطة نهارا.

يلاحظ من شكل (٣)، (٤)، (٥)، (٦)، وجدول (٣)، (٤)، (٥)، (٦)، أن الانقلابين المناخيين (فصلا الشتاء والصيف)، يمثلان النقيضان في شدة الجزيرة الحرارية لمدينة قنا. ففي فصل الصيف يصل متوسط درجة حرارة العمران الحضري إلى (٤٦,٧٥°س)، ليزيد عن مثيلة في الظهير الزراعي (٣٩,١٠°س) بنحو (٧,٦٥°س)، ليحتل فصل الصيف بذلك الترتيب الأول في قوة الجزيرة الحرارية في منطقة الدراسة. ويقع فصل الشتاء على الجانب الآخر من فصل الصيف، حيث يبلغ متوسط درجة حرارة العمران الحضري (٢٤,١٥°س)، ومتوسط درجة الحرارة في الظهير الزراعي (٢٠,٠٣°س)، ومن ثم تكون الجزيرة الحرارية للعمران الحضري في مدينة قنا خلال فصل الشتاء ثاني أقوى شدة حرارية بين الفصول الأربعة (٤,١٢°س).

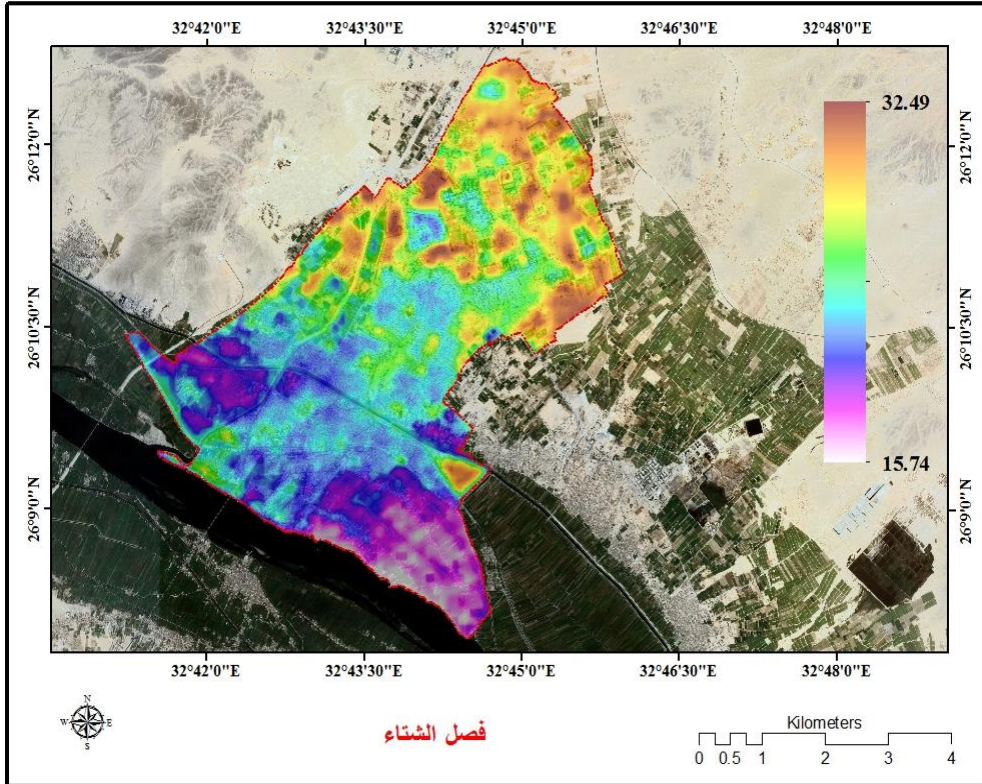
وتحتل قوة الجزيرة الحرارية في مدينة قنا خلال الاعتداليين المناخيين موقعا وسطا بين قوتها خلال الانقلابين المناخيين، حيث سجلت شدة الجزيرة الحرارية في مدينة قنا نحو (٢,٩°س) خلال فصل الربيع، ونحو (٢,٠٨°س) خلال فصل الخريف. ففي فصل الربيع تتحقق شدة الجزيرة الحرارية المذكورة من الفارق الحراري بين المدينة (٤٣,٨٥°س)، وظهيرها الزراعي (٤٠,٩٥°س)، وفي الخريف من الفارق الحراري بين عمران المدينة (٣٨,٧٢°س)، وظهيرها الزراعي (٣٦,٦٤°س).

وقد أشارت العديد من الدراسات إلى ظهور الجزر الحرارية الحضرية خلال الفصل الحار بشكل أقوى من الفصل البارد (Pathak., et al., 2021). ففي سنغافورة تظهر الجزيرة الحرارية كأقوى ما تكون خلال الفترة من مايو إلى أغسطس (Chow & Roth, 2006)، وفي دلهي تتطور الجزيرة الحرارية بشكل أقوى خلال الصيف (Babazadeh & Kumar., 2015). كما ظهرت الجزيرة الحرارية لنيويورك أقوى في الصيف عن الشتاء، وإن كانت أضعف في الربيع عن الخريف (Gedzelman et al., 2003). وفي مجمع القاهرة الحضري (وليد عباس، ٢٠١٣)، ومدينة أسبوط (وائل زهران، ٢٠١٨)، ومدينة سوهاج (وائل زهران، ٢٠٢٢) ومجمع المنصورة الحضري (إسلام حمدي، ٢٠٢٣)، وخلصوا إلى أن شدة الجزيرة الحرارية تتطور بشكل أكبر خلال النصف الحار أكثر من النصف البارد، لذا كان الصيف الأكثر حرارة وجفافا خلال العام في مدينة قنا صاحب الجزيرة الحرارية الأقوى بين فصول عام ٢٠٢٣م.

ومن القراءة التحليلية لشكل (٣)، (٤)، (٥)، (٦)، الذي يوضحان توزيع درجة حرارة سطح الأرض (°س) في مدينة قنا والمناطق المتاخمة لها (زراعية، صحراوية، مائية)؛ اعتمادًا على عملية المعايرة الراديومترية Radiometric Calibration للقناة الحرارية العاشرية في مرئية Landsat-9 TIRS لفصول العام نهارًا، وكذا جدول (٣)، (٤)، (٥)، (٦)، والذي يبين إحصائيات درجات الحرارة المحسوبة من حيث أدنى، وأقصى، ومتوسط درجات الحرارة، والانحراف المعياري لها في منطقة الدراسة حيث يتضح الآتي:

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي

تراوحت درجة حرارة المناطق الحضرية في مدينة قنا خلال فصل الشتاء ما بين $15,9^{\circ}\text{C}$ ، و $32,5^{\circ}\text{C}$ ، وسجل متوسط درجة حرارة سطح الأرض $24,15^{\circ}\text{C}$ ، ويقل هذا المتوسط الحراري في المناطق الزراعية المتاخمة بشكل ملحوظ، حيث سجل $20,03^{\circ}\text{C}$ ، بقيم تتراوح بين $15,46^{\circ}\text{C}$ ، و $31,01^{\circ}\text{C}$ - أي بمعنى آخر - أن المناطق الحضرية أكثر دفئاً من المناطق الريفية بمقدار أربع درجات تقريباً، حيث يصل الفارق الحراري بين المتوسطين إلى $4,12^{\circ}\text{C}$ ، وهو فارق حراري كبير يجعل الجزيرة الحرارية لمنطقة الدراسة بالنسبة للمناطق الريفية واضحة. كما يتضح أيضاً أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض في الظهير الصحراوي سجلت $27,65^{\circ}\text{C}$ ، بقيم تتراوح بين $18,75$ - $34,26^{\circ}\text{C}$ ، وبذلك يتضح أن متوسط درجة حرارة الظهير الصحراوي تزداد عن متوسط درجة حرارة عمران المدينة بمقدار $3,5^{\circ}\text{C}$ ، في حين تقل درجة حرارة الظهير المائي عن متوسط درجة حرارة العمران بمقدار $7,23^{\circ}\text{C}$.



شكل (٣) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض في العمران الحضري لمدينة قنا والمناطق المحيطة به خلال فصل الشتاء نهاراً.

جدول (٣) درجة حرارة سطح الأرض (س°) في عمران مدينة قنا والظهير الزراعي والصحراوي والمائي المحيط به وشدة الجزيرة الحرارية السطحية الكلية والقصى، خلال فصل الشتاء نهارة

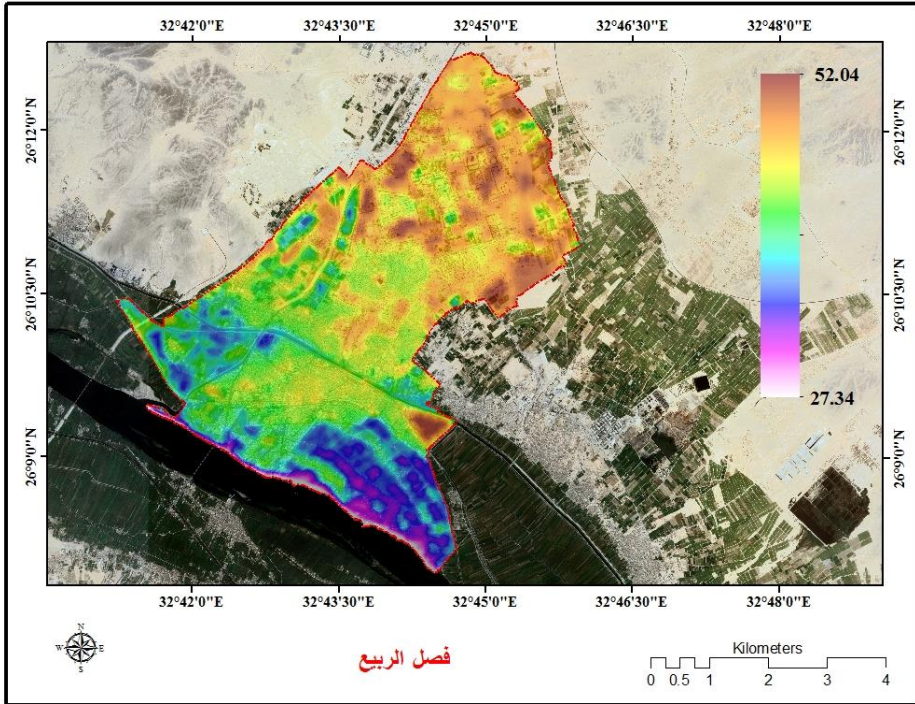
درجة حرارة سطح الأرض (س°)				الغطاء الأرضي
الانحراف المعياري	المتوسط	أدنى قيمة	أقصى قيمة	
٣,١	٢٤,١٥	١٥,٩	٣٢,٥٠	عمران مدينة قنا
٢,٣٢	٢٠,٠٣	١٥,٤٦	٣١,٠١	الظهير الزراعي
١,٤٦	١٦,٩٢	١٤,٢٢	٢٢,٥٨	الظهير المائي (نهر النيل)
٢,٤٦	٢٧,٦٥	١٨,٧٥	٣٤,٢٦	الظهير الصحراوي
٤,١٢				شدة الجزيرة الحرارية الكلية
١٢,٤٧				بالنسبة للظهير الزراعي القصى
٧,٢٣				شدة الجزيرة الحرارية الكلية
١٥,٥٨				بالنسبة للظهير المائي القصى
٣,٥-				شدة الجزيرة الحرارية الكلية
٤,٨٥				بالنسبة للظهير الصحراوي القصى

المصدر: التحليل الإحصائي لمخرجات التحليلات النطاقية GIS Spatial Zonal Analysis لدرجات الحرارة المستخرجة من اثنتا عشرة مرئية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠٢٣ م.

كما تبين أن شدة الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للظهير الزراعي (٤,١٢ س°)، بينما سجلت شدة الجزيرة الحرارية القصى (١٢,٤٧ س°)، وعلى النقيض مما سبق تبدو شدة الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للظهير الصحراوي بصورة معكوسة أو سالبة، أو بمعنى آخر - يمثل عمران مدينة قنا، جزيرة حرارية باردة أو سالبة بالنسبة للظهير الصحراوي الشمالي للمدينة بقوة كلية (-٣,٥ س°)، أي أقوى من شدة الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للمناطق الزراعية المحيطة بمنطقة الدراسة، بينما سجلت شدتها القصى ٤,٨٥ س°. وعلى الجانب الآخر تبين أن نهر النيل يكون أقل حرارة خلال النهار من عمران المدينة، والريف المجاور، وكذا الظهير الصحراوي، حيث تراوحت درجة حرارته ما بين ١٤,٢٢ - ٢٢,٥٨ س°، وبمتوسط حراري ١٦,٩٢ س°. وبانحراف معياري (١,٤٦)، ومن هنا يبدو النقص النسبي لشدة الجزيرة الحرارية الكلية لمدينة قنا بالنسبة للظهير المائي ٧,٢٣ س°، وسجلت شدتها القصى ١٥,٥٨ س°.

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي

وخلال **فصل الربيع** تأخذ درجة الحرارة في الارتفاع التدريجي، وكذا يستمر عمران مدينة قنا في تميزه بارتفاع درجات الحرارة مقارنة بالمناطق الزراعية المتاخمة له، حيث سجلت شدة الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للظهير الزراعي ٢,٩°س، ويُعزى ذلك إلى زيادة متوسط درجة حرارة عمران المدينة ٤٣,٨٥°س، بدرجة أكبر من متوسط درجة حرارة النطاق الزراعي المحيط به ٤٠,٩٥°س، بينما بلغت شدة الجزيرة الحرارية القصوى في مدينة قنا بالنسبة للظهير الزراعي ١١,٠٩°س. في حين لوحظ ارتفاع درجة حرارة المناطق الصحراوية المتاخمة لأطراف المدينة، وتراوحت ما بين ٣٨,٩٩°- ٥١,٨٥°س، وبمتوسط حراري ٤٧,٣١°س، وبزيادة ٣,٤٦°س، عن متوسط حرارة عمران مدينة قنا، وبناءً على ما سبق تعد مدينة قنا بمثابة جزيرة حرارية باردة أو سالبة بالنسبة للمناطق الصحراوية المتاخمة لها، وسجلت شدتها الكلية (- ٣,٤٦°س)، أما شدة الجزيرة الحرارية القصوى فهي موجبة بقوة (٤,٧٣°س).



المصدر: عملية المعايرة الراديومترية للقناة الحرارية العاشرة في مرئيات Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠٢٣ م.
شكل (٤) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض في العمران الحضري لمدينة قنا والمناطق المحيطة به خلال فصل الربيع نهائياً.

وقد أبرزت بعض الدراسات التي تناولت شدة الجزيرة الحرارية خلال فصلي الربيع والصيف، مثل دراسة (Stathopoulou, M., & Cartalis, C., 2007)، للجزيرة الحرارية الحضرية النهارية لبعض المدن اليونانية الرئيسية إلى أن شدة الجزيرة الحرارية سجلت ٣,٣°س خلال الربيع (أثينا Athens)، ٢,٧°س خلال الربيع (ثيسالونيكي Thessaloniki)، ٣,٠°س في الصيف (باترا Patra)، ١,٩°س خلال الصيف (هيراكليون Heraklion)، وذلك ما بين المناطق الحضرية - الريفية، لكل المدن السالفة الذكر، وهو ما يؤكد أن الجزيرة الحرارية تنمو وتتطور بشكل كبير خلال الموسم الحار من السنة. وعلى الجانب الآخر لوحظ انخفاض درجات حرارة سطح الظهير المائي للمدينة، حيث تراوحت درجة حرارة نهر النيل خلال فصل الربيع ما بين ٢٥,٢٣°س - ٣٢,٨٧°س، بمتوسط حراري ٢٦,٣٩°س، ويشير ذلك إلى أن مدينة قنا تمثل جزيرة حرارية بالنسبة للظهير المائي (نهر النيل)، بقوة كلية بلغت ١٧,٤٦°س، كما أن شدة الجزيرة الحرارية القصوى للعرمان بالنسبة لنهر النيل موجبة، بقوة ٢٥,٦٥°س.

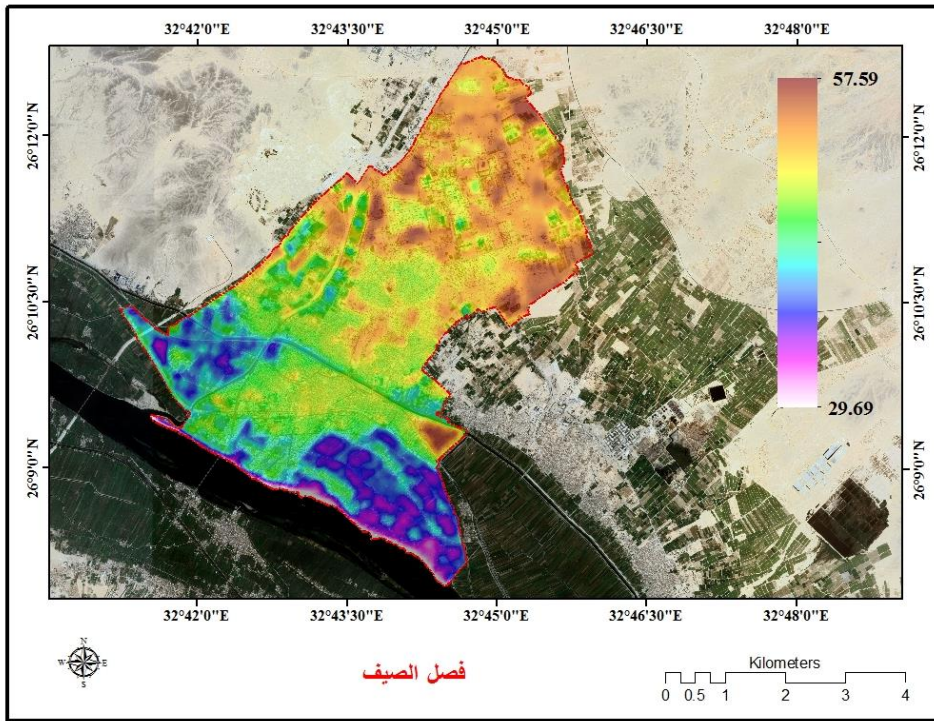
جدول (٤) درجة حرارة سطح الأرض (°س) في عمران مدينة قنا والظهير الزراعي والصحراوي والمائي المحيط به، وشدة الجزيرة الحرارية السطحية الكلية والقصوى، خلال فصل الربيع نهاراً

درجة حرارة سطح الأرض (°س)				الغطاء الأرضي
الانحراف المعياري	المتوسط	أدنى قيمة	أقصى قيمة	
٣,٨٣	٤٣,٨٥	٢٧,٦٠	٥٢,٠٤	عمران مدينة قنا
٢,٣٩	٤٠,٩٥	٣٢,٨٢	٤٨,٣٣	الظهير الزراعي
١,٠٩	٢٦,٣٩	٢٥,٢٣	٣٢,٨٧	الظهير المائي
١,٨٦	٤٧,٣١	٣٨,٩٩	٥١,٨٥	الظهير الصحراوي
	٢,٩			شدة الجزيرة الحرارية الكلية
	١١,٠٩			بالنسبة للظهير الزراعي القصوى
	١٧,٤٦			شدة الجزيرة الحرارية الكلية
	٢٥,٦٥			بالنسبة للظهير المائي القصوى
	٣,٤٦-			شدة الجزيرة الحرارية الكلية
	٤,٧٣			بالنسبة للظهير الصحراوي القصوى

المصدر: التحليل الإحصائي لمخرجات التحليلات النطاقية GIS Spatial Zonal Analysis لدرجات الحرارة المستخرجة من اثنتا عشرة مرئية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI2/TIRS لعام ٢٠٢٣م.

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي

وفي فصل الصيف ترتفع درجة حرارة سطح الأرض في منطقة الدراسة لتصل إلى أقصاها مع تحرك الشمس نحو الشمال وتعامدها على مدار السرطان. ومن ثم تزيد قوة الإشعاع الشمسي نتيجة هذا التعامد، إضافة إلى زيادة طول النهار. وبذلك تتراوح درجة حرارة سطح الأرض في مدينة قنا خلال فصل الصيف ما بين (٣٠,٦٠°س)، الزراعية حول الكتلة العمرانية لمدينة قنا إلى (٣٩,١٠°س)، حيث أدنى قيمة حرارية (٣٤,٢١°س)، وأقصى قيمة (٤٨,٣٢°س)، وبذلك تمثل المدينة خلال هذا الفصل جزيرة حرارية موجبة بالنسبة للظهير الزراعي المحيط، وتبلغ شدة الجزيرة الحرارية الكلية (٧,٦٥°س)، أما الجزيرة الحرارية القصوى فهي موجبة بقوة (١٧,٩٣°س).



المصدر: عملية المعايرة الراديومترية للقناة الحرارية العاشرة في مرئيات Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠٢٣م.

شكل (٥) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض في العمران الحضري لمدينة قنا والمناطق المحيطة به خلال فصل الصيف نهاراً.

جدول (5) درجة حرارة سطح الأرض (°س) في عمران مدينة قنا والظهير الزراعي والصحراوي والمائي المحيط به. وشدة الجزيرة الحرارية السطحية الكلية والقصوى، خلال فصل الصيف نهاراً

درجة حرارة سطح الأرض (°س)				الغطاء الأرضي
الانحراف المعياري	المتوسط	أدنى قيمة	أقصى قيمة	
٤,٩٣	٤٦,٧٥	٣٠,٦٠	٥٧,٠٣	عمران مدينة قنا
٢,٥٠	٣٩,١٠	٣٤,٢١	٤٨,٢٣	الظهير الزراعي
١,٠٧	٢٩,٤١	٢٨,٣٨	٣٦,٨٧	الظهير المائي
٢,١٩	٥١,٣٩	٤١,٠٤	٥٨,٨٦	الظهير الصحراوي
	٧,٦٥			الكلية
	١٧,٩٣			القصوى
	١٧,٣٤			الكلية
	٢٧,٦٢			القصوى
	٤,٦٤-			الكلية
	٥,٦٤			القصوى

المصدر: التحليل الإحصائي لمخرجات التحليلات النطاقية GIS Spatial Zonal Analysis لدرجات الحرارة المستخرجة من اثنتا عشرة مرئية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠٢٣م.

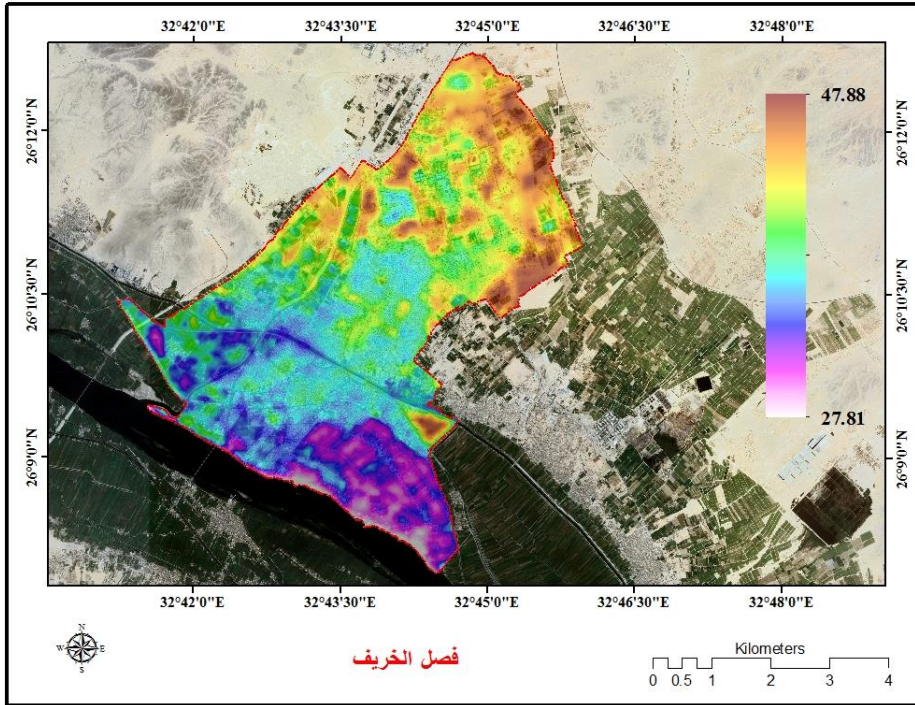
وأيضاً يستمر عمران مدينة قنا أعلى حرارة من الظهير المائي (نهر النيل)، خلال فصل الصيف حيث تصل شدة الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للظهير المائي (١٧,٣٤°س)، ويأتي ذلك نتيجة ارتفاع متوسط درجة الحرارة في عمران المدينة (٤٦,٧٥°س) بدرجة أكبر من متوسط درجة حرارة الظهير المائي المتاخم (٢٩,٤١°س). حيث تراوحت درجة حرارة الظهير المائي (نهر النيل) لمدينة قنا ما بين ٢٨,٣٨ - ٣٦,٨٧°س. في حين سجلت شدة الجزيرة الحرارية القصوى نحو ٢٧,٦٢°س.

وعلى الجانب الآخر تبين أن مدينة قنا تكون أقل حرارة خلال النهار من الصحراء الشرقية، حيث تراوحت درجة حرارة سطح الأرض في المناطق الصحراوية ما بين ٤١,٠٤ - ٥٨,٨٦°س، وبمتوسط ٥١,٣٩°س. وبذلك تُعد مدينة قنا جزيرة حرارية باردة أو سالبة بالنسبة للظهير الصحراوي الشمالي والشمالي الشرقي، وبشدة كلية (٤,٦٤-°س). بينما سجلت أعلى درجة حرارة لسطح الأرض بالمدينة (٥٧,٠٣°س)

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي

تفوق متوسط درجة حرارة المناطق الصحراوية المحيطة (٣٩، ٥١°س)، وهو ما يعني أن شدة الجزيرة الحرارية القصوى للمدينة بالنسبة للصحراء موجبة وبشدة (٥، ٦٤°س)، وهذا على العكس من شدة الجزيرة الحرارية الكلية السابق ذكرها.

يُعد **الاعتدال الخريفي** همزة الوصل بين أحوال الصيف المستقرة حراريًا، وأحوال فصل الشتاء المتقلبة، وأهم ما يميز فصل الخريف أنه لا توجد فيه تطرفات حرارية، وبناءً على ذلك يُعد الخريف في منطقة الدراسة أكثر فصول السنة اعتدالًا، وتبدأ درجة الحرارة في الانخفاض التدريجي. ويلاحظ خلال فصل الخريف انخفاض متوسط درجة حرارة عمران مدينة قنا، عما كان عليه في فصل الصيف، فقد سجل ٣٨،٧٢°س، وبقيم تراوحت بين ٢٧،٨١ - ٤٧،٨٩°س. وبذلك تمثل المدينة جزيرة حرارية موجبة بالنسبة للظهير الزراعي، تصل شدتها الكلية إلى ٢،٠٨°س، حيث يبلغ متوسط درجة حرارة المناطق الزراعية ٣٦،٦٤°س، بحد أدنى ٣١،٥٨°س، وأقصى ٤٤،٩٠°س، أما الجزيرة الحرارية القصوى لمدينة قنا بالنسبة للأسطح الزراعية فموجبة وسجلت شدتها ١١،٢٥°س.



شكل (٦) التوزيع المكاني لدرجة حرارة سطح الأرض في العمران الحضري لمدينة قنا والمناطق المحيطة به خلال فصل الخريف نهارًا.

وعلى الجانب الآخر سجل متوسط درجة حرارة الظهير الصحراوي لمدينة قنا خلال الخريف (٤٣,٣١°س)، وبذلك يمثل عمران مدينة قنا جزيرة حرارية معكوسة "سالبة" بالنسبة للظهير الصحراوي، تصل شدتها الكلية إلى (-٤,٥٩°س)، بحد حراري أدني (٣٦,٥٣°س)، وبحد حراري أقصى (٤٩,٠٧°س). وعلى مدار العام عادة ما تظهر مدن العروض الوسطى Mid-Latitude Cities تبايناً موسميًا واضحًا في شدة الجزيرة الحرارية الحضرية، وغالبًا ما تحدث أعلى كثافة "شدة" للجزيرة الحرارية الحضرية أثناء الموسم الحار (Oke., 1982).

جدول (٦) درجة حرارة سطح الأرض (°س) في عمران مدينة قنا والظهير الزراعي والصحراوي والمائي المحيط به، وشدة الجزيرة الحرارية السطحية الكلية والقصوى، خلال فصل الخريف نهاراً

درجة حرارة سطح الأرض (°س)				الغطاء الأرضي
الانحراف المعياري	المتوسط	أدنى قيمة	أقصى قيمة	
٣,٤٦	٣٨,٧٢	٢٧,٨١	٤٧,٨٩	عمران مدينة قنا
١,٩٤	٣٦,٦٤	٣١,٥٨	٤٤,٩٠	الظهير الزراعي
١,١١	٢٦,٩١	٢٥,٩٤	٣٤,٥٩	الظهير المائي
١,٦٠	٤٣,٣١	٣٦,٥٣	٤٩,٠٧	الظهير الصحراوي
	٢,٠٨			شدة الجزيرة الحرارية الكلية
	١١,٢٥			بالنسبة للظهير الزراعي القصوى
	١١,٨١			شدة الجزيرة الحرارية الكلية
	٢٠,٩٨			بالنسبة للظهير المائي القصوى
	٤,٥٩-			شدة الجزيرة الحرارية الكلية
	٤,٥٨			بالنسبة للظهير الصحراوي القصوى

المصدر: التحليل الإحصائي لمخرجات التحليلات النطاقية GIS Spatial Zonal Analysis لدرجات الحرارة المستخرجة من اثنتا عشرة مرئية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠٢٣م.

وبعد هذا العرض لشدة الجزيرة الحرارية السطحية لعمران مدينة قنا بالنسبة للظهير الزراعي، ومن الدراسة التحليلية لجدول (٧) الذي يوضح شدة الجزيرة الحرارية

السطحية الكلية والقصى للمدينة بالنسبة للظهير الصحراوي المحيط به خلال النهار، وذلك من خلال معالجة اثنتا عشرة مرئية فضائية ممثلة للفصول المناخية الأربعة. يمكن تبين ما يلي:

- تُعدّ الجزيرة الحرارية لعمران المدينة بالنسبة للظهير الزراعي خلال فصل الصيف هي أقوى جزيرة كلية وقصى خلال الفصول الأربعة، بينما احتل فصل الشتاء ثاني أقوى جزيرة كلية وقصى بعد الصيف، وتقارب فصل الربيع والخريف من حيث الشدة؛ حيث جاء الربيع في الترتيب الثالث في شدة الجزيرة الكلية (٢,٩س)، والترتيب الرابع في شدة الجزيرة الحرارية القصى ١١,٠٩س، بينما احتل الخريف المرتبة الثالثة في الشدة الكلية ٢,٠٨س، والترتيب الثالث في شدة الجزيرة الحرارية القصى ١١,٢٥س.

- اتضح أن عمران مدينة قنا لا يمثل جزيرة حرارية بالنسبة للمناطق الصحراوية المحيطة به خلال النهار؛ حيث تنخفض درجة حرارته عن تلك الأسطح الصحراوية في كل الفصول. ويطلق على هذه الظاهرة "الجزيرة الحرارية الحضرية الباردة أو السالبة أو المقلوبة أو المعكوسة" (Kim, Y. & Baik, J., 2004).

- ارتفاع درجات حرارة سطح الأرض في الظهير الصحراوي عن العمران بمدينة قنا هو انعكاس لأدبيات الجغرافيا المناخية من أن أعلى درجات الحرارة المسجلة في العالم كانت في مناطق صحراوية. وهو ما اتفق مع كثير من الدراسات للمدن ذات الظهير الصحراوي، مثل: فينيكس Phoenix بصحراء سونورا (Buyantuyev, A. & Wu, J., 2009)، كذلك في مدينة بئر سبع (Beeson, C. et al., 2005) ومدينة إيلات (Sofer, M. & Potchter, O., 2006). ودراسة (وليد عباس، ٢٠١٣)، عن المجمع الحضري للقاهرة الكبرى، وكذا دراسة (وائل زهران، ٢٠١٨)، عن الجزيرة الحرارية في مدينة أسيوط.

- يعزي الانخفاض الحراري في الكتلة العمرانية لمدينة قنا بالنسبة للظهير الصحراوي إلى اختلاف الخصائص الحرارية الطبيعية بين العمران الحضري والأسطح الصخرية والرملية الصحراوية؛ فالأسطح الصحراوية تتسم بخصائص طبيعية تجعلها أكثر وأسرع استجابة لعملية التسخين من العمران الحضري الذي يسخن

بشكل أبسطاً خلال النهار. ويطلق على هذه الخصائص الطبيعية إجمالاً اسم "القصور الحراري" (وليد عباس، ٢٠١٣م).

جدول (٧) شدة الجزيرة الحرارية السطحية الكلية والقصوى لعمران مدينة قنا بالنسبة للمناطق الزراعية المحيطة به أثناء النهار من خلال معالجة اثنتا عشرة مرئية ممثلة للفصول المناخية الأربعة

شدة الجزيرة الحرارية السطحية (س°) بالنسبة للظهير الزراعي		الفصل المناخي
القصوى	الكلية	
١٢,٤٧	٤,١٢	فصل الشتاء
١١,٠٩	٢,٩	فصل الربيع
١٧,٩٣	٧,٦٥	فصل الصيف
١١,٢٥	٢,٠٨	فصل الخريف

المصدر: التحليل الإحصائي لمخرجات التحليلات النطاقية GIS Spatial Zonal Analysis لدرجات الحرارة المستخرجة من اثنتا عشرة مرئية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS عام ٢٠٢٣م.

– يبدو أن المدينة نفسها تختلف في تأثيرها على المناخ من فصل لآخر بسبب (تباين الانبعاثات الحرارية من المصادر البشرية، أو تباين الغطاء النباتي، أو تباين ظروف مناخها العام)، فمن خلال تناول التباين الفصلي لشدة الجزيرة الحرارية السطحية لمدينة قنا نهاراً، تبين أن الجزيرة الحرارية بالنسبة للظهير الصحراوي تصل إلى ذروة قوتها خلال فصلي الصيف والشتاء، بشدة كلية تبلغ (٧,٦٥ س°)، (٤,١٢ س°) على الترتيب، وتقل شدتها نسبياً خلال فصلي الربيع والخريف، بشدة كلية تبلغ (٢,٩ س°)، (٢,٠٨ س°) على الترتيب. وقد اتفق هذا النمط الفصلي لشدة الجزيرة الحرارية في مدن تقع في عروض منطقة الدراسة نفسها، أو يسودها ظروف صحراوية مشابهة، مثل: هونج كونج (Memon, R. A., et al, 2009) وجرانادا بنيكاراجوا (Montavez, J. P. et al., 2000)، فرغم أنهما مدينتان مداريتان، إلا أن جزيرتهما الحرارية تظهر أقوى خلال فصل الشتاء. وكذلك مدينة شنغهاي أيضاً (Zhang, K. et al., 2010)، تضعف جزيرتها الحرارية خلال الصيف. ويعود ذلك إلى موقع تلك المدن والظروف المناخية المرتبطة به، خاصةً ظروف المناخ الساحلي والموسمي (وليد عباس، ٢٠١٣م).

٢.٤ التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا باستخدام مؤشر تباين المجال الحراري الحضري.

أصبح تدهور الجودة البيئية للمدن تحديًا كبيرًا في ظل التحضر السريع، وتسعى المجتمعات في جميع أنحاء العالم إلى اتخاذ إجراءات من شأنها تخفيف هذه الاتجاهات وتحسين نوعية الحياة للسكان. ويمكن وصف تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية وتقييمه كمياً من خلال مؤشرات مختلفة للراحة الحرارية. وتشمل هذه المؤشرات مؤشر درجة الحرارة والرطوبة (THI)، ودرجة الحرارة المكافئة فسيولوجيا (PET)، ودرجة حرارة الكرة الأرضية الرطبة (WBGT)، ومؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI (Abdel-Ghany et al., 2014). ونجحت عدة دراسات في استخدام مؤشر تباين المجال الحراري الحضري Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI) لتقييم تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية السطحية SUHI على الظروف البيئية الحرارية والإيكولوجية؛ بناءً على استخدام درجة حرارة سطح الأرض (Cotlier & Jimenez, 2022). ويتمتع مؤشر التباين الحراري الحضري UTFVI بميزة مقارنة بالمؤشرات الأخرى؛ تتمثل في استخدامه لبيانات الأقمار الصناعية الحرارية Thermal satellite data، مما يمكنه من توفير قيم حضرية واسعة النطاق لتأثيرات الجزيرة الحرارية على مستوى دقة البكسل Pixel، بالإضافة إلى أنه مقياس تصنيف بيئي فئوي لإجراء تقييمات سريعة لجودة البيئة الحرارية الحضرية العالمية ذات الموثوقية الممتدة والمثبتة عبر مختلف المناطق المناخية والتوسع الحضري (Li et al., 2018).

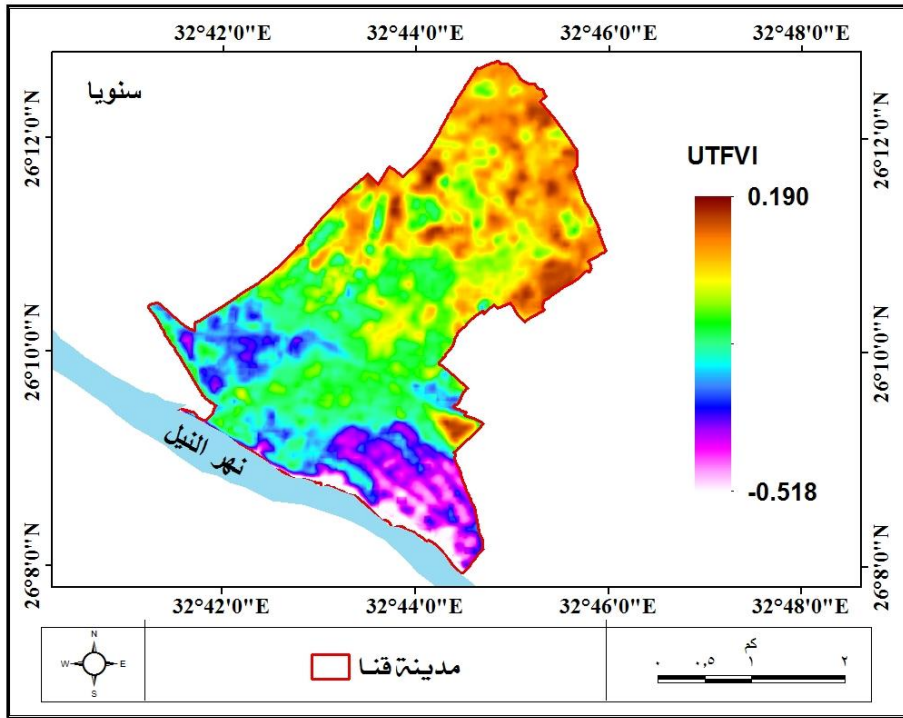
ويكون تركيز (قوة) مؤشر تباين المجال الحراري الحضري أعلى وأكثر دفنًا في المناطق الحضرية منه في المناطق الريفية المجاورة؛ بسبب تأثير الأنشطة البشرية (Wang et al., 2017). ووفقًا لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI)، الذي يقيس جودة الحياة في البيئة الحضرية، من حيث درجة الراحة الحرارية وعلاقتها بظاهرة الجزيرة الحرارية، تم اكتشاف تأثيرات مختلفة للجزيرة الحرارية في مدينة قنا. فالمدينة لديها طرفي نقيض في فئات المؤشر: أولهما مناطق الضغوط الحرارية ($UTFVI > 0.020$) ومناطق المناخ المحلي الممتاز بيئياً ($UTFVI < 0$).

وقد ظهر مستويان متطرفان (على طرفي نقيض) لهذا المؤشر في منطقة الدراسة. وبشكل عام تحتوي المنطقة قيد الدراسة على سطحين رئيسيين: الفئة (١) (المتأزة)، والفئة (٦) (الأسوأ). وتوفر خرائط توزيع مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI الجودة البيئية للمدينة لتوفير فهم ومعلومات أفضل للدراسات والمخططين الحضريين. ويمكن أيضًا اعتبار المؤشر مشابهًا لتوزيع درجة حرارة سطح الأرض LST، ويمكن رصد المؤشر وهو يتوزع من قلب المناطق الحضرية الداخلية إلى المناطق المحيطة وهو يتسق في ذلك مع شدة الجزيرة الحرارية الحضرية. ويمكن ملاحظة أعلى قيمة لمؤشر التباين الحراري في المناطق الفضاء والصحراوية (٢٣٥٩،٠)، وهو أمر واضح حيث لاحظنا أيضًا أن شدة الجزيرة الحرارية الحضرية السطحية SUHII تتزايد أيضًا في نفس المناطق، بينما يمكن رصد أدنى قيم المؤشر في المسطحات المائية، والمساحات الخضراء (-١٠١٨،٠). وهذا يدل على وجود ظروف وجودة حياة للسكان ممتازة للغاية في هذه المناطق.

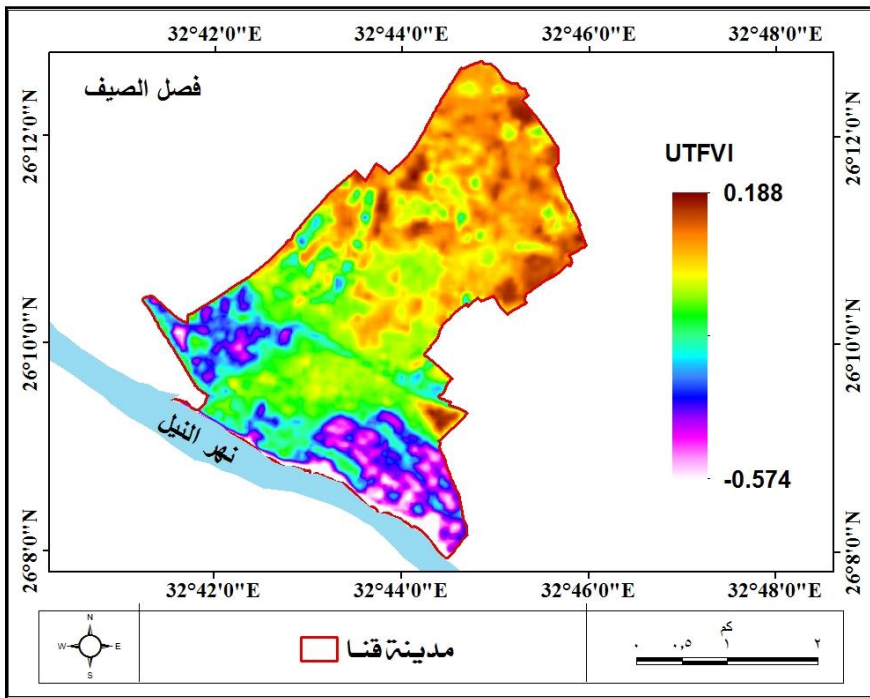
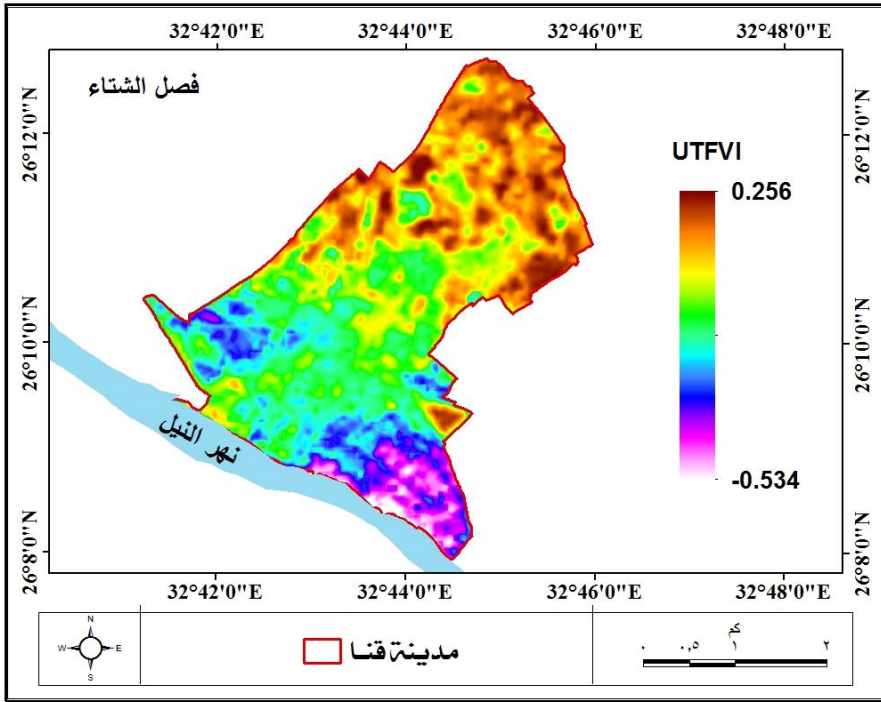
وعلى المستوى السنوي يتضح من شكل (٧)، جدول (٨)، أن مدينة قنا قد تقاسمت نسبة متساوية تقريبًا من مساحتها لفئتان رئيسيتان من التقييم البيئي هما: الفئة الأولى من المؤشر وهي المتأزة ($UTFVI < 0$) والفئة السادسة وهي الأسوأ ($UTFVI > 0.020$). وتتمتع المناطق بظروف حرارية ممتازة ($UTFVI < 0$)، حيثما تتواجد المساحات الخضراء، والمسطحات المائية والأراضي الرطبة، وتتواجد بشكل رئيس في الأجزاء الجنوبية، والجنوبية الغربية، وبعض الأجزاء الوسطى من المدينة، حيث تسود مثل هذه المناطق الحالة البيئية الممتازة، وتشغل هذه الفئة نحو ١٤,٦ كم^٢، وبنسبة ٤٨,٨% من جملة مساحة المدينة. وعلى النقيض مما سبق تأتي الفئة الأسوأ ($UTFVI > 0.020$) من مؤشر التقييم البيئي لتحل الترتيب الثاني من حيث المساحة التي تستحوذ عليها في منطقة الدراسة، وتتوزع هذه الفئة في أجزاء كبيرة من المدينة تبلغ مساحتها ١٣,٣ كم^٢، وبما يمثل ٤٤,٥% من جملة مساحة المدينة. وتتوزع هذه الفئة في الأجزاء الشمالية، والشمالية الشرقية، والشمالية الغربية وفي قلب المدينة

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور المناخ التفصيلي

وبعض البقع المتناثرة داخل الحيز العمراني لمنطقة الدراسة، وتدرج المناطق السابق ذكرها ضمن الفئة الأسوأ بيئياً؛ لأن معظم الأراضي هنا منيعة بطبيعتها (إما أرض جرداء مكشوفة ذات سطح صخري مكشوف أو مناطق مبنية أو طرق). بينما تتواجد الظروف الحرارية الجيدة والعادية ($0 < UTFVI < 0.010$) في بعض البقع الصغيرة المحيطة بالمناطق التي تكون في حالة ممتازة، في حين تسود الظروف البيئية السيئة وأسوأ ($0.010 < UTFVI < 0.020$) حول الكتلة المبنية والأرض الفضاء.

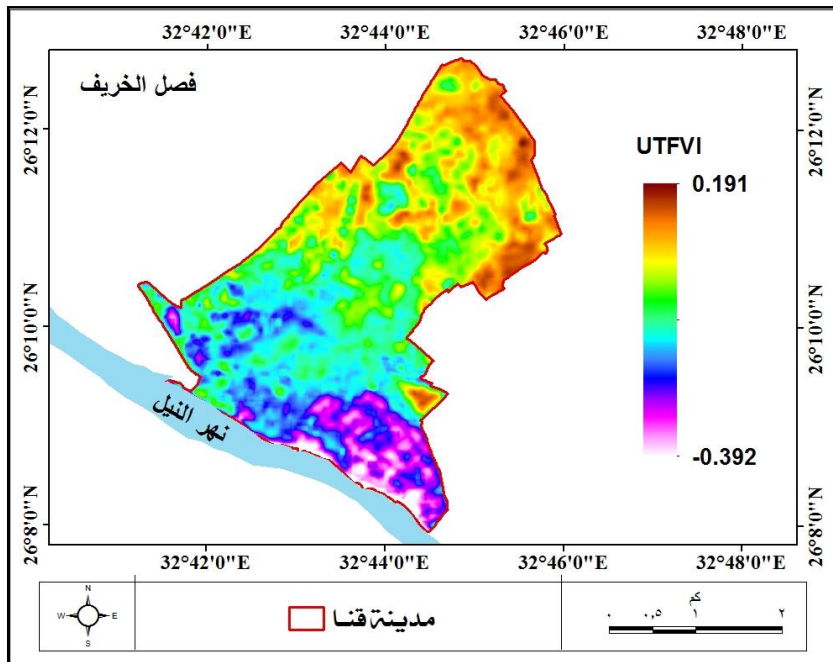
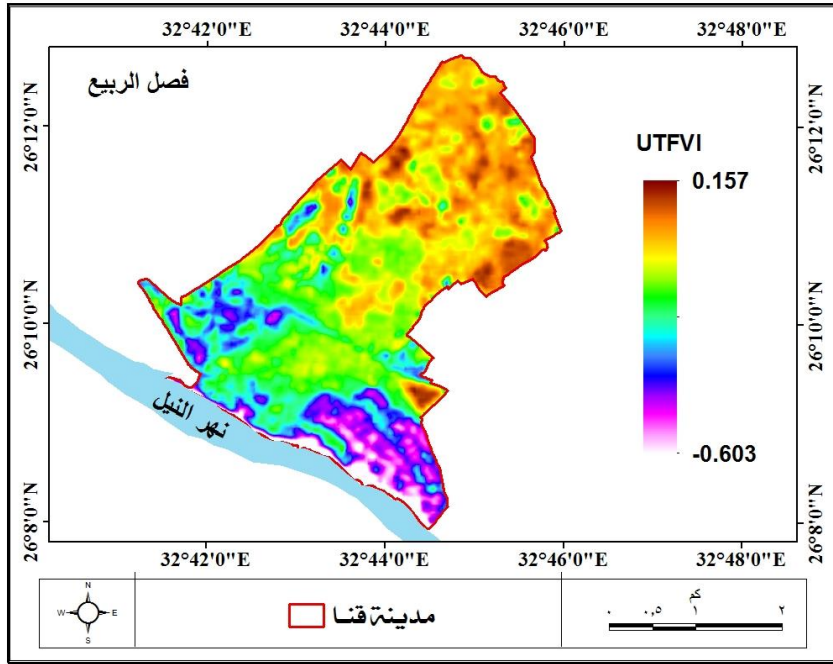


شكل (٧) التوزيع المكاني لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري السنوي في مرئيات القمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS في مدينة قنا نهاراً عام ٢٠٢٣.



شكل (٨) التوزيع المكاني لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري خلال فصلي الشتاء والصيف في مرئيات القمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS في مدينة قنا نهاراً عام ٢٠٢٣.

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور
المناخ التفصيلي



شكل (٩) التوزيع المكاني لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري خلال فصلي الربيع والخريف في مرئيات القمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS في مدينة قنا نهاراً عام ٢٠٢٢.

جدول (٨) التباين الفصلي في مساحة ونسبة فئات مؤشر تباين الجبال الحراري الحضري UTFVI على مستوى الفصول المناخية في مدينة قنا عام ٢٠٢٢م "نهارة".

م	فئات مؤشر UTFVI	تأثير الجزيرة الحرارية	التقييم البيئي (جودة الحياة)	فصل الشتاء		فصل الربيع		فصل الصيف		فصل الخريف		المتوسط السنوي	
				المساحة كم ^٢	%	المساحة كم ^٢	%	المساحة كم ^٢	%	المساحة كم ^٢	%	المساحة كم ^٢	%
١	<0.000	لا توجد	ممتاز	١٦,٢	0٤,٢	١٣,١	٤٣,٨	٩,٢	٣٠,٨	١٦,٠	0٣,٤	١٤,٦	٤٨,٨
٢	0.000-0.005	ضعيفة	جيد	٠,٤	١,٢	٠,٨	٢,٨	٠,٤	١,٤	٠,٥	١,٦	٠,٦	١,٨
٣	0.005-0.010	متوسطة	طبيعي	٠,٣	١,١	٠,٩	٢,٧	٠,٤	١,٤	٠,٤	١,٤	٠,٦	١,٩
٤	0.010-0.015	قوية	سئ	٠,٣	١,١	٠,٩	٣,٠	٠,٥	١,٦	٠,٥	١,٦	٠,٥	١,٦
٥	0.015-0.020	أقوى	أسوأ	٠,٣	١,١	٠,٨	٢,٧	٠,٦	١,٩	٠,٤	١,٤	٠,٤	١,٤
٦	>0.020	الأقوى Strongest	الأسوأ	١٢,٤	٤١,٣	١٣,٤	٤0,٠	١٨,٨	٦٢,٩	١٢,١	٤٠,٦	١٣,٣	٤٤,0
	جملة الفئات	---	---	٢٩,٩	٪١٠٠	٢٩,٩	٪١٠٠	٢٩,٩	٪١٠٠	٢٩,٩	٪١٠٠	٢٩,٩	٪١٠٠

يوضح شكل (٧)، (٨)، (٩)، توزيع فئات مؤشر التباين الحراري الحضري، وتأثير الجزيرة الحرارية وفقا لقوتها (لا توجد- الأقوى) في مدينة قنا خلال فصول العام، وقد تم حساب مؤشر التباين الحراري الحضري، بالاعتماد على درجة حرارة سطح الأرض المحسوبة من المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS عام ٢٠٢٣، ثم استخدمت عملية إعادة التصنيف Reclassify في نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات المؤشر وفقاً لنوعها وشدها، وتأثيرها على جودة الحياة في البيئة الحضرية، وفيما يلي عرض وتحليل لهذه الفئات.

يوضح الشكل (٧)، والجدول (٨) التباين المكاني لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري على المستوى السنوي خلال عام ٢٠٢٣. ويتبين وجود تأثيرات مختلفة للجزيرة الحرارية في مدينة قنا تختلف باختلاف فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، وأن المدينة لديها أيضاً أنواع مختلفة من التقييم البيئي لمناطق الراحة. حيث يستحوذ على منطقة الدراسة فئتان رئيستان لمؤشر التباين الحراري الحضري، وهما الفئة الأولى ($UTFVI < 0.000$)، وقد استحوذت مساحتها على ١٤,٦ كم^٢، وبما يعادل (٤٨,٨%) من جملة مساحة المدينة، وهذا يعني أن ما يقرب من نصف مساحة مدينة قنا لم تسجل أي إزعاج حراري وتقييمها البيئي ممتاز للحياة؛ نتيجة عدم تأثير الجزيرة الحرارية السطحية؛ ومن ثم تسود الظروف الحرارية الممتازة للسكان، وبذلك تتمتع هذه المناطق التي تتوزع بها هذه الفئة بجودة حياة ممتازة. بينما جاءت الفئة السادسة ($UTFVI > 0.020$)، وهي الأقوى في تأثير الجزيرة الحرارية على الظروف البيئية، لتشغل نحو ١٣,٣ كم^٢، وبنسبة ٤٤,٥% من مساحة المدينة، وفي هذه المساحة تظهر الجزيرة الحرارية الأقوى ذات التأثيرات البيئية الأسوأ في أقل من نصف مساحة منطقة الدراسة؛ ونتيجة لذلك تسود ظروف عدم الراحة الحرارية، وتأثر السكان بالإجهاد الحراري على المستوى السنوي. بينما باقى مساحة منطقة الدراسة (١,٩ كم^٢) وبما يعادل (٦,٧%) فتتوزع على بقيه فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، وبنسبة لا تتعدى ٢% لأي من فئاته؛ ويشير ذلك إلى التأثير الموضعي والمحدود على الظروف البيئية والراحة الحرارية، فقد سجلت الفئة الثانية (0.005-0.000)، والثالثة

(0.005–0.010)، والرابعة (0.010–0.015)، والخامسة (0.015–0.020) من فئات المؤشر، ما يمثل ١,٨%، ١,٩%، ١,٦%، ١,٤% من جملة مساحة مدينة قنا على الترتيب، وبذلك فالتقييم البيئي لهذه الفئات وتوزيعها المكاني هو جيد، طبيعي، سيئ، أسوأ، لنفس الفئات السابقة على الترتيب.

وعلى المستوى الفصلي يتضح من شكل (٨)، (٩)، وجدول (٨) تباين مساحة فئات مؤشر المجال الحراري الحضري من فصل لآخر، فقد جاءت الفئة الأولى في مكان الصدارة، وهي التي تقل فيها قيمة مؤشر تباين المجال الحراري الحضري عن مكان الصدارة، وفي هذه الفئة لا توجد للجزيرة الحرارية (غائبة)؛ ومن ثم لا يوجد أي تأثير للجزر الحرارية على البيئة الحضرية، وبالتالي يصبح التقييم البيئي لجودة الحياة في منطقة الدراسة ممتازا، وتتباين مساحة ونسب هذه الفئة من فصل لآخر، حيث جاء فصل الشتاء كأكبر فصول العام استحوذاً على أكبر مساحة من هذه الفئة (١٦,٢ كم^٢) وبما يمثل ٥٤,٢% من جملة مساحة مدينة قنا، ثم يليه في الترتيب فصلا الخريف والربيع بمساحة تقدر بنحو (١٦,٠ كم^٢)، (١٣,١ كم^٢)، وبنسبة ٥٣,٤%، ٤٣,٨% على الترتيب. وأخيرا جاء فصل الصيف ليشتغل أدنى مساحة - ثلث مساحة مدينة قنا - في الفئة الممتازة ($UTFVI < 0$)، بمساحة (٩,٢ كم^٢)، وبنسبة ٣٠,٨% من إجمالي مساحة المدينة. وتتوزع مساحة هذه الفئة في منطقة الدراسة على طول الضفة الشرقية لنهر النيل - الظهير المتاخم للنهر - وكذا فوق مائة الترع الفرعية، والمساحات الخضراء (حدائق ومنتزهات حضرية، أشجار الشوارع، متخللات زراعية).

وجاءت الفئة السادسة: وهي التي تزيد فيها قيمة مؤشر تباين المجال الحراري الحضري عن ($UTFVI > 0.020$)، وتشير إلى وجود تأثير هو الأقوى Strongest للجزيرة الحرارية على جودة الحياة في البيئة الحضرية، حيث يتميز التقييم البيئي لجودة الحياة في هذه الفئة بأنه الأسوأ Worst. وأيضاً تتباين مساحة ونسب هذه الفئة من فصل لآخر، حيث جاء الصيف في مكان الصدارة بين فصول العام استحوذاً على

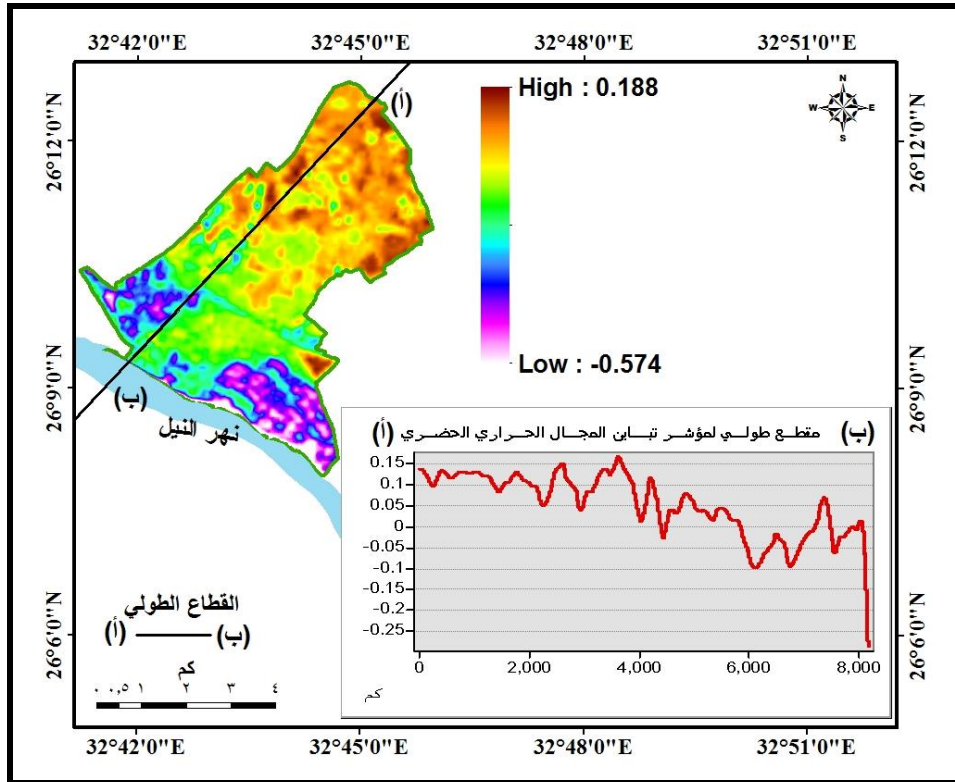
أكبر مساحة من هذه الفئة (١٨,٨ كم ٢)، وبما يمثل ٦٢,٩% من جملة مساحة منطقة الدراسة، ثم يليه في الترتيب فصل الربيع بمساحة تقدر بنحو (١٣,٤ كم ٢)، وبما يمثل ٤٥,٠% من جملة مساحة المدينة. وجاء فصلي الشتاء والخريف في الترتيب الأخير استحوذا على مساحة هذه الفئة ($UTFVI > 0.020$)، بمساحة تقدر بنحو (١٢,٤ كم ٢)، (١٢,١ كم ٢)، وبما يمثل ٤١,٣%، ٤٠,٦% من جملة مساحة المدينة على الترتيب. وتتوزع هذه الفئة في الأطراف الشمالية من المدينة حيث تتواجد أجزاء ليست بالقليلة من الأرض الفضاء والصحراوية، بالإضافة إلى تواجدها أيضًا في قلب المدينة، والمناطق المبنية والطرق، وبعض الأجزاء في غرب المدينة.

ومن الملاحظات الجديرة بالذكر أن توزيع الفئات الأعلى من مؤشر تباين المجال الحراري الحضري ($UTFVI > 0.020$)، تتركز في شمال مدينة قنا، حيث تعاني من نقص الحدائق والمنتزهات، وقلّة المساحات الخضراء، ومن ثم تستحوذ الأرض الفضاء والصحراوية على الجزء الأوسع منها. ويبدو أن ذلك قد انعكس بشكل واضح على التوزيع المكاني لقيم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، حيث يبدو جليا أن القيم القصوى للمؤشر تسود الجزء الشمالي بشكل كبير، بينما تتسم المنطقة الجنوبية، والجنوبية الغربية بانخفاض قيم مؤشر تباين المجال الحراري؛ ومن ثم انخفاض تأثير الجزيرة الحرارية بهذه المناطق، وبذلك تتميز بجودة حياة ممتازة. ويمكن ملاحظة ذلك على مدار الفصول الأربعة دون استثناء. فقد بلغ متوسط قيمة المؤشر في المنطقتين الشمالية والجنوبية (٠,٠٨٥)، (٠,١١١) على الترتيب خلال فصل الشتاء، ونحو (٠,٠٥٨)، (٠,٠٦٨) على الترتيب خلال فصل الربيع، وسجل المؤشر (٠,٠٩٦)، (٠,٠٤٣) على الترتيب خلال فصل الصيف، وأخيرا (٠,٠٦٢)، (٠,٠٧٣) على الترتيب خلال فصل الخريف. أي أن متوسط قيمة مؤشر تباين المجال الحراري الحضري في المنطقة الشمالية دائما أعلى من مثيله في القسم الجنوبي من المدينة. ليس ذلك فحسب، بل إن الفارق الحراري في قيم المؤشر يصل أقصاه في الصيف (٠,٠٢٤)، وفي الشتاء (٠,٠١٦)، وتتقارب قيم مؤشر التباين الحراري الحضري

خلال الربيع (-٠,٠٠٧)، والخريف (-٠,٠٠٨). ويتسق نمط التباين الفصلي للفارق الحراري بين المنطقتين الشمالية والجنوبية بشكل كبير مع نمط التباين الفصلي لدرجة حرارة سطح الأرض، وشدة الجزيرة الحرارية الذي ظهر في المبحث السابق. وبشكل عام لوحظ انخفاض قيم المؤشر في مناطق المساحات الخضراء، بينما لوحظت النقاط والبقع الساخنة لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري في الغالب في الأرض الفضاء المكشوفة والمناطق المبنية. وبذلك يتبين أن المناطق الجنوبية من المدينة غالبًا ما تتميز الجزيرة الحرارية بها بأنها غائبة (لا توجد)، ومن ثم يتميز التقييم البيئي لجودة الحياة بها من المنظور المناخي بأنه ممتاز على المستوى السنوي والفصلي حيث تقل قيم المؤشر دائمًا عن (الصفر)، في حين تتميز الأجزاء الشمالية لمدينة قنا بتواجد الجزيرة الحرارية الأقوى وبذلك تتميز جودة الحياة بها بأنها الأسوأ خلال فصول العام حيث تزيد قيم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري عن (٠,٠٢٠).

يتضح من تحليل شكل (١٠)، الذي يوضح التباين المكاني لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري على طول قطاع طولي خلال فصل الصيف عام ٢٠٢٣م، ويمتد من شمال شرق المدينة إلى جنوبها الغربي (أ - ب)، حيث يتبين أن الأرض الفضاء والصحراوية في شمال المدينة سجلت أعلى قيم المؤشر، بينما في المساحات الخضراء ونهر النيل سجلت أدناها. وتتدرج قيم المؤشر في الانخفاض كلما اتجهنا من الأرض الفضاء والصحراوية شمالاً (أ) باتجاه عمران المدينة في الوسط، وتستمر قيم المؤشر في الانخفاض فوق الأسطح الزراعية، وتصل إلى أدناها فوق الظهير المائي المتمثل في نهر النيل في الجنوب، والجنوب الغربي (ب). ففي الظهير الصحراوي شمالاً سجلت قيمة المؤشر (٠,١٥٢) تقريبًا، ثم بلغت (٠,٠٢٤٦) فوق العمران بوسط المدينة، وظهرت بدرجة أقل فوق المساحات الخضراء لتسجل (-٠,٠٢٨)، بينما انخفضت قيمة المؤشر بشكل فجائي فوق مياه نهر النيل لتسجل (-٠,١٢١)، ثم تعاود الارتفاع مرة أخرى فوق المناطق الزراعية غرب النيل، وتزداد تدريجياً بالاتجاه صوب الكتلة العمرانية جنوب النيل بعيداً عن منطقة الدراسة.

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور
المناخ التفصيلي



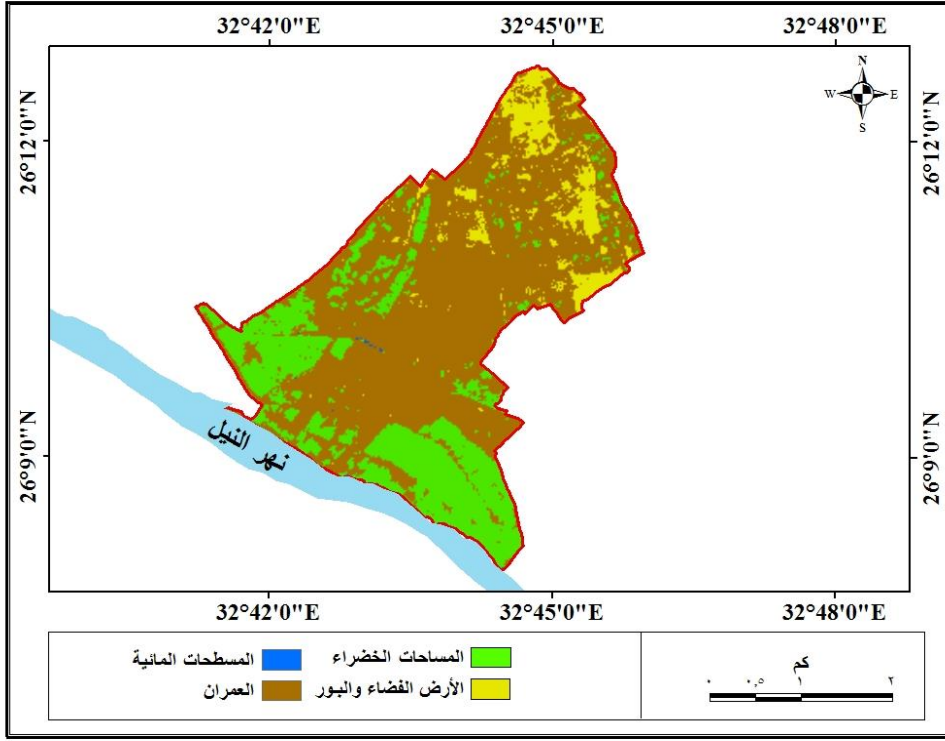
شكل (١٠) قطاع طولي لتقييم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI في مدينة قنا
والنطاقات المحيطة بها، في مرئية لفصل الصيف "نهاراً" عام ٢٠٢٣م.

٣٤ العلاقة بين الغطاءات الأرضية ومؤشر تباين المجال الحراري الحضري.

تُعد أنماط استخدامات الأرض في أي مدينة نتاجًا للتطور الذي مرت به المدينة عبر تاريخها، وتعد نتاجًا لتفاعل مجموعة من العوامل الاجتماعية والاقتصادية المؤثرة والفعالة، وانعكاسًا منطقيًا لأهمية الوظائف التي تمارسها المدينة (إسماعيل، ١٩٩٣). وتتسم بالدينامكية والتطور تبعًا لتغير احتياجات المجتمع، وعلاوة على ذلك فإن فهم التركيب الحراري للمدينة يعتمد على خريطة استخدامات الأرض/الغطاءات الأرضية الرئيسية. ولذا تُعد التأثيرات الجيوفيزيائية الحيوية للغطاءات الأرضية عاملاً مهمًا في تباين درجة حرارة سطح الأرض بين المناطق الحضرية وضواحيها. وهذا يعني أن المدن أكثر دفئًا بشكل ملحوظ من الضواحي أو المناطق الريفية المحيطة بها. أظهر تحليل تصنيف الغطاءات الأرضية الرئيسية أن مدينة قنا يوجد بها أربعة غطاءات رئيسية وهي (العمران، الأراضي الفضاء، المساحات الخضراء، المسطحات المائية) كما هو موضح في شكل (١١). ويبلغ جملة مساحة مدينة قنا (٢٩,٩ كم^٢)، وتبين أن الغطاءات الأرضية الرئيسية في منطقة الدراسة متفاوتة ومتباينة، حيث يمثل العمران النمط الرئيس للغطاءات الأرضية، ويستحوذ على (١٩,٩٢ كم^٢)، وبنسبة ٦٦,٦% من جملة مساحة المدينة، وأقل دقة تصنيف من بين الغطاءات حيث بلغت ٨٢,٥% كما يوضح جدول (٩).

وتأتي المساحات الخضراء في المرتبة الثانية من حيث المساحة، وبنسبة ٢٥,٣% من إجمالي المساحة الكلية للمدينة، وبمساحة تقدر بنحو ٧,٥٧ كم^٢، وبدقة تصنيف بلغت ٨٧,٣%، وتتمثل في المتخللات الزراعية، الحدائق والمنتزهات العامة والخاصة، وأشجار جاني الطرق والشوارع. في حين جاءت الأرض الفضاء والمكشوفة في الترتيب الثالث بمساحة تقدر بنحو ٢,٣٨ كم^٢، وبنسبة ٨% من جملة المساحة الكلية للمدينة، وبدقة تصنيف ٩٠,٥%. وتأتي المسطحات المائية في الترتيب الأخير بنسبة ضئيلة جدًا لتشكل نحو ٠,٠٣ كم^٢، وبنسبة ٠,١%، وبدقة تصنيف ٨٥,٣%.

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور
المناخ التفصيلي



شكل (١١) الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا عام ٢٠٢٣م.

جدول (٩) التوزيع النسبي لمساحة الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا عام ٢٠٢٣م.

م	الغطاءات الأرضية	المساحة (كم ^٢)	النسبة (%)	دقة التصنيف (%)
١	العمران	١٩,٩٢	٦٦,٦	٨٢,٥
٢	الأراضي الفضاء	٢,٣٨	٨	٩٠,٥
٣	المساحات الخضراء	٧,٥٧	٢٥,٣	٨٧,٣
٤	المسطحات المائية	٠,٠٣	٠,١	٨٥,٣
--	الإجمالي	٢٩,٩	١٠٠	٨٦,٤

المصدر: عملية التصنيف الموجهة Supervised Classification لمرئية Landsat-9 OLI/TIRS بتاريخ ٢٠٢٣/٧/١٥م.

يوضح جدول (١٠) التوزيع المكاني لفئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري على مستوى الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا خلال فصل الشتاء، من حيث المساحة ونسبة الغطاءات الأرضية السائدة. وتبين أنه خلال فصل الشتاء يتمتع حوالي (١٦,٢ كم^٢)، وبما يمثل (٥٤,٢%) من جملة مساحة المدينة، بجودة حياة ممتازة للسكان، في حين أن (١٢,٤ كم^٢) ونسبة (٤١,٣%) من مساحة المدينة تتمتع بأقوى تأثير للجزيرة الحرارية، والتي تصنف على أنها الأسوأ في جودة الحياة بيئياً بسبب الحرارة والاحتراق، ومن ناحية أخرى تم تحديد الارتباط المكاني بين فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، والغطاءات الأرضية الرئيسية خلال فصل الشتاء، وتبين من الجدول (١٠) أن الفئة الأولى من المؤشر ذات التقييم البيئي الممتاز للحياة (<0)، قد استحوذ العمران على أكثر من نصف مساحتها (٥٨,١%)، ثم جاءت المساحات الخضراء في الترتيب الثاني لتستقطب أقل من نصف مساحة الفئة الأولى (٤١,٣%)، ومن ثم تشكل الفئتين معاً نحو (٩٩,٤%) من جملة مساحة الفئة الأولى (الممتازة بيئياً)، وتتوزع النسبة المتبقية، ما بين الأرض الفضاء والمكشوفة (٠,٤%)، والمياه (٠,٢%).

ومن ناحية أخرى جاءت الفئة السادسة من فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري ذات التقييم البيئي الأسوأ لجودة الحياة، في الترتيب الثاني من حيث المساحة، وتوزعت مساحتها على ثلاث غطاءات أرضية رئيسية فقط - حيث اختفي تواجدها في الماء - ما بين العمران الذي استحوذ على ٧٦%، ثم يليه الأرض الفضاء والمكشوفة (١٨,٦%)، ثم جاءت المساحات الخضراء في الترتيب الأخير بنسبة ٥,٤% من جملة مساحة فئة مؤشر تباين المجال الحراري الحضري الأقوى (>0.020). وفي هذه الفئة تصبح جودة الحياة هي الأسوأ للسكان من المنظور المناخي.

التقييم البيئي لجودة الحياة في مدينة قنا من منظور
المناخ التفصيلي

جدول (١٠) توزيع مساحة فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري على مستوى الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا في مرئية فصل الشتاء.

م	تأثير الجزيرة الحرارية	فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري	جملة مساحتها		النسب المئوية للغطاءات الأرضية الرئيسية %				
			كم ^٢	%	مياه	عمران	نبات	فضاء	%
١	لا توجد None	<0	16.2	54.2	٠,٢	٥٨,١	٤١,٣	٠,٤	٪١٠٠
٢	ضعيفة Weak	0.000–0.005	0.4	1.2	-	٨١	١٧,١	١,٩	٪١٠٠
٣	متوسطة Middle	0.005–0.010	0.3	1.1	-	٨٤,٥	١٢,٥	٣	٪١٠٠
٤	قوية Strong	0.010–0.015	0.3	1.1	-	٨٥,٩	١٢,٧	١,٤	٪١٠٠
٥	أقوى Stronger	0.015–0.020	0.3	1.1	-	٨٣,٧	١٢,٧	٢,٦	٪١٠٠
٦	الأقوى Strongest	>0.020	12.4	41.3	-	٧٦	٥,٤	١٨,٦	٪١٠٠
-	الإجمالي	---	29.9	100.0	-	-	-	-	-

المصدر: عملية التحليل النطاقي Tabulate area باستخدام برنامج Arc GIS, 10.5 بين كل من فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI، والغطاءات الأرضية الرئيسية، من ثلاث مرئيات ممثلة لفصل الشتاء للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠١٣م.

وخلال فصل الربيع تبدأ الشمس حركتها الظاهرية نحو الشمال، ويبدأ معها سطح الأرض في منطقة الدراسة في السخونة - تدريجياً - وترتفع درجة حرارتها؛ لذا يأخذ المنحني الحراري في الارتفاع التدريجي خلال فصل الربيع، حيث تتعامد الشمس فوق دائرة الاستواء، بعدما كانت متعامدة على مدار الجدي، ومن ثم يترتب على ذلك حدوث نقصان في المساحة التي تشغلها الفئة الأولى، من مؤشر التباين الحراري الحضري (<0)، بمقدار ١٠,٣% مقارنة بفصل الشتاء، وبذلك تنخفض جودة الحياة في مدينة قنا خلال فصل الربيع، وهي الفئة الممتازة بيئياً. وفي المقابل زادت مساحة

الفئة الأسوء (>0.020) خلال فصل الربيع، بنسبة (٣,٧%)، وبذلك يمكن القول أنه كلما ارتفعت درجة حرارة سطح الأرض كلما زاد شعور السكان بعدم الراحة والانتقال إلى الفئات السيئة والأسوأ وفقاً للتقييم البيئي لها، ومن ثم تنخفض وتتناقص جودة الحياة في مدينة قنا. ويتبين من جدول (١١)، استحواذ فئتان رئيستان من مؤشر تباين المجال الحراري الحضري على أغلبية مساحة منطقة الدراسة، وهى الفئة الأولى والتي تتميز بعدم وجود تأثير للجزيرة الحرارية على جودة الحياة وتشغل (١٣,١ كم^٢) وبنسبة (٤٣,٨%) من جملة مساحة المدينة، وتوزعت هذه الفئة على أربع من الغطاءات الأرضية الرئيسية وبنسب متفاوتة، حيث جاءت المساحات الخضراء في مكان الصدارة لتستحوذ على (٥٣,٨%)، يليها العمران (٤٥,٩%)، ثم المسطحات المائية (٠,٢%)، وأخيرا الأرض الفضاء في الترتيب الأخير وبنسبة (٠,١%).

جدول (١١) توزيع مساحة فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري على مستوى الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا في مرئية فصل الربيع.

م	تأثير الجزيرة الحرارية	فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري	جملة مساحتها		النسب المئوية للغطاءات الأرضية الرئيسية %				
			كم ^٢	%	مياه	عمران	نبات	فضاء	%
١	لا توجد None	<0	13.1	43.8	٠,٢	٤٥,٩	٥٣,٨	٠,١	١٠٠%
٢	ضعيفة Weak	0.000–0.005	0.8	2.8	–	٩٢,٤	٧	٠,٧	١٠٠%
٣	متوسطة Middle	0.005–0.010	0.9	2.7	–	٩٣,٨	٥,٦	٠,٦	١٠٠%
٤	قوية Strong	0.010–0.015	0.9	3.0	–	٩٥,٥	٤	٠,٥	١٠٠%
٥	أقوى Stronger	0.015–0.020	0.8	2.7	–	٩٤	٥,٥	٠,٥	١٠٠%
٦	الأقوى Strongest	>0.020	13.4	45.0	-	٨٠,٣	٢,٢	١٧,٥	١٠٠%
-	الإجمالي	---	29.9	100.0	–	–	–	–	-

المصدر: عملية التحليل النطاقي Tabulate area باستخدام برنامج Arc GIS, 10.5 بين كل من فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI، والغطاءات الأرضية الرئيسية، من ثلاث مرئيات ممثلة لفصل الربيع للقم الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠١٣م.

ومن ناحية أخرى جاءت الفئة السادسة ($0.020 >$)، وهي الأقوى من حيث تأثير للجزيرة الحرارية لتسود الظروف البيئية الأسوأ، ومن ثم تنخفض جودة الحياة في مدينة قنا، وقد شكلت هذه الفئة نحو (٤٥%) من جملة مساحة المدينة، وبما يمثل (١٣,٤ كم^٢)، وتوزعت هذه الفئة على ثلاث غطاءات رئيسية، وهي العمران في الترتيب الأول (٨٠,٣%)، والأرض الفضاء والبور في الترتيب الثاني (١٧,٥%)، وأخيرا المساحات الخضراء (٢,٢%).

وخلال فصل الصيف ترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى أقصاها في مدينة قنا، مع تحرك الشمس نحو الشمال وتعامدها على مدار السرطان. ومن ثم تزيد قوة الإشعاع الشمسي نتيجة هذا التعامد، وقصر المسافة التي يقطعها قبل الوصول لسطح الأرض بالمنطقة، إضافة إلى زيادة طول النهار؛ ونتيجة لذلك زاد التأثير البيئي للجزيرة الحرارية في منطقة الدراسة خلال هذا الفصل، ووفقاً لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI)، الذي يقيس جودة الحياة البيئية الحضرية فيما يتعلق بتأثير ظاهرة الجزيرة الحرارية، وتم اكتشاف تأثيرات مختلفة للجزيرة الحرارية في مدينة قنا وفقاً لنوع الغطاء الأرضي كما في جدول (١٢)، فقد استحوذت الفئة السادسة والأولى من مؤشر تباين المجال الحراري الحضري على معظم مساحتها، وبلغت مساحة الفئة السادسة ($UTFVI > 0.02$) من مؤشر تباين المجال الحراري الحضري أقصاها خلال فصل الصيف، لتستحوذ على (١٨,٨ كم^٢)، وبنسبة (٦٢,٩%) من مساحة المدينة، وبذلك يصبح التقييم البيئي لجودة الحياة من منظور المناخ التفصيلي لتلك المساحات هو الأسوأ. وتتوزع هذه الفئة (السادسة) ما بين الغطاءات الأرضية الرئيسية، ويأتي العمران في الترتيب الأول (٨٣,٦%)، والأرض الفضاء في الترتيب الثاني (١٢,٧%)، ثم المساحات الخضراء في الترتيب الثالث (٣,٧%).

وجاءت الفئة الأولى من المؤشر في الترتيب الثاني من حيث المساحة، وسجلت (٩,٢ كم^٢) وبنسبة (٣٠,٨%) من جملة مساحة المدينة. وتتوزع هذه الفئة في مناطق المناخ المحلي ذو الجودة الممتازة ($UTFVI < 0$)، حيث يقع جزء ليس بالقليل من

المدينة في الفئة الأولى ($UTFVI < 0$) من فئات المؤشر، ويتواجد الجزء الأكبر منها (٧٠,٦%) في المساحات الخضراء، ثم يليه العمران (٢٩,٢%)، والمياه بنسبة (٠,٣%)، بينما اختفي تواجد هذه الفئة في الأرض الفضاء والصحراوية.

جدول (١٢) توزيع مساحة فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري على مستوى الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا في مرتبة فصل الصيف .

م	تأثير الجزيرة الحرارية	فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري	جملة مساحتها		النسب المئوية للغطاءات الأرضية الرئيسية				
			كم ^٢	%	مياه	عمران	نبات	فضاء	
١	لا توجد None	<0	9.2	30.8	٠,٣	٢٩,٢	٧٠,٦	—	٪١٠٠
٢	ضعيفة Weak	0.000–0.005	0.4	1.4	—	٧٦,٨	٢٣,٣	—	٪١٠٠
٣	متوسطة Middle	0.005–0.010	0.4	1.4	—	٨٢,٥	١٧,٥	—	٪١٠٠
٤	قوية Strong	0.010–0.015	0.5	1.6	—	٨٤,٦	١٥,٢	٠,٢	٪١٠٠
٥	أقوى Stronger	0.015–0.020	0.6	1.9	—	٨٦,١	١٣,٧	٠,٢	٪١٠٠
٦	الأقوى Strongest	>0.020	18.8	62.9	—	٨٣,٦	٣,٧	١٢,٧	٪١٠٠
—	الإجمالي	---	29.9	100.0	—	—	—	—	—

المصدر: عملية التحليل النطاقي Tabulate area باستخدام برنامج Arc GIS, 10.5 بين كل من فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI، والغطاءات الأرضية الرئيسية، من ثلاث مراتب ممثلة لفصل الصيف للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠١٣م.

وقامت عدة دراسات (Tesfamariam et al., (Moisa & Gameda, 2022)، (Naim & Kafy, 2021)، (2023)، بتوصيف فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، وتأثير الجزيرة الحرارية على البيئة الحضرية إلى ست فئات، وتقييمها البيئي في بيئات جغرافية غير عربية، وهي نفس الفئات التي شكلت سطح منطقة الدراسة، مع اختلاف نسب المساحة التي تغطيها كل فئة من هذه الفئات باختلاف بيئات الدراسة. وتبين من هذه الدراسات أن نمط استخدام الأرض/الغطاء الأرضي له دور رئيس في

تحديد نوعية الجزر الحرارية السائدة والتقييم البيئي لجودة الحياة. ففي منطقة الدراسة مثلا ثبت أن مناطق أطراف المدينة التي ترتفع بها المناطق الصناعية، الأراضي الفضاء والصحراوية في الشمال والشمال الشرقي ارتبطت بالجزر الأقوى ذات التأثير الأسوأ على جودة الحياة للسكان، بينما أحياء المنطقة المركزية ارتبطت بالجزر الحرارية الأقوى ذات التقييم البيئي السيئ، أما المسطحات المائية، والمساحات الخضراء في غرب المدينة فلا يوجد أي تأثير للجزر الحرارية حيث تُعد غائبة؛ ومن ثم فالتقييم البيئي لجودة الحياة ممتاز.

ويتبين من جدول (١٣) الذي يوضح العلاقة ما بين مؤشر تباين المجال الحراري الحضري والغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا خلال فصل الخريف، أنه تم ملاحظة نطاقات متباينة من فئات الراحة الحرارية. حيث توزعت البقع الساخنة لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري بشكل رئيس في الأرض الفضاء والصحراوية، والمناطق المبنية وخاصة المناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة، وفي المناطق التجارية في قلب المدينة. حيث إن هذه المناطق محتملة أن تكون عرضة لتأثير الجزيرة الحرارية بصورة واضحة. وقد لوحظ أن (٤,٥٣٪) من جملة مساحة المدينة تتمتع بـ "ظروف ممتازة بيئياً"، وهو أمر ناتج عن عدم وجود تأثيرات للجزيرة الحرارية. ومع ذلك، تم الكشف عن حالة من أسوأ الظروف بيئياً في جزء كبير من المدينة (٦,٤٠٪)، مما يشير إلى التأثيرات الواضحة لظاهرة الجزيرة الحرارية في فئة مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، ومن ثم التأثير في جودة الحياة في المناطق الحضرية، لا سيما في المناطق الشمالية، والشمالية الشرقية ومناطق الجيوب الصغيرة في وسط المدينة.

يوضح جدول (١٣) الارتباط بين الغطاءات الأرضية وفئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري. وبشكل عام، تحتوي المنطقة قيد الدراسة على سطحين رئيسيين: الفئة الأولى (الممتازة)، الفئة السادسة (الأسوأ)، وتقدم الفئة الأولى جودة حياة ممتازة ومثالية للسكان مع قيم لمؤشر التباين الحراري الحضري أقل من (0<)، بينما

تعكس الفئة السادسة مناطق ذات درجات حرارة عالية وقيم المؤشر تزيد عن ($UTFVI > 0.020$) وتقل جودة الحياة. وتقع المناطق التي لديها قيم أعلى في مؤشر التباين النباتي النسبي NDVI على وجه التحديد في المناطق ذات جودة الحياة الممتازة، في حين أن المناطق المبنية والمناطق ذات القيم المرتفعة لمؤشر الكتلة المبنية NDBI تقع في المناطق ذات جودة الحياة الأسوأ.

جدول (١٣) توزيع مساحة فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري على مستوى الغطاءات الأرضية الرئيسية في مدينة قنا في مرئية فصل الخريف .

م	تأثير الجزيرة الحرارية	فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري	جملة مساحتها		النسب المئوية للغطاءات الأرضية الرئيسية %				
			كم ^٢	%	مياه	عمران	نبات	فضاء	%
١	لا توجد None	<0	16.0	53.4	٠,٢	٥٨,٤	٤١,١	٠,٣	٪١٠٠
٢	ضعيفة Weak	0.000–0.005	0.5	1.6	-	٧٦,٦	٢٠,٥	٢,٩	٪١٠٠
٣	متوسطة Middle	0.005–0.010	0.4	1.4	-	٧٦,٥	٢١	٢,٥	٪١٠٠
٤	قوية Strong	0.010–0.015	0.5	1.6	-	٧٩,٥	١٧,٨	٢,٧	٪١٠٠
٥	أقوى Stronger	0.015–0.020	0.4	1.4	-	٨٢,٩	١٥,١	٢	٪١٠٠
٦	الأقوى Strongest	>0.020	12.1	40.6	-	٧٥,٧	٥,٣	١٨,٩	٪١٠٠
-	الإجمالي	---	29.9	100.0	-	-	-	-	-

المصدر: عملية التحليل النطاقي Tabulate area باستخدام برنامج Arc GIS, 10.5 بين كل من فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI، والغطاءات الأرضية الرئيسية، من ثلاث مرئيات ممثلة لفصل الخريف للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠١٣م.

وأخيراً، تم إثبات تدهور كبير في الراحة الحرارية العامة وفقاً لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري (UTFVI) داخل منطقة الدراسة ويمكن تفسيره على أنه إشارة إنذار لفقدان (تناقص) المناطق المحلية المرتبطة براحة أفضل (الفئات ١، ٢، ٣) ذات درجات الحرارة المنخفضة، كما تزداد بشكل كبير المناطق ذات جودة الحياة المنخفضة وعدم الراحة (الفئات ٤، ٥، ٦) ذات درجات الحرارة المرتفعة. وأبرزت الدراسة أن الفئة

السادسة من فئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري تتشكل بشكل رئيس فوق الأرض الفضاء المكشوفة والمناطق المبنية ، والتي عادة ما تعطي درجات حرارة أعلى. ويؤكد عدد من الدراسات التي أجريت في أماكن أخرى (Guha, 2017; Kafy et al., 2021; Luo & Wu, 2021; Majumder et al., 2021; Shahfahad et al., 2021; Vimayak et al., 2022) حدوث زيادات كبيرة في الفئات (٤، ٥، ٦) في المناطق الحضرية، بدافع من التطوير المكثف ومن ثم تنعكس في ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض. علاوة على ذلك، تقدم الأبحاث التي أجريت في الهند (Sharma et al., 2021) بين ٢٠١١ - ٢٠١٩ نتائج مماثلة (٣٣,٥٦%) بالتزامن مع زيادة الفئة السادسة من مؤشر تباين المجال الحراري الحضري بنسبة (٢٦,٢٠%).

٥- الاستنتاجات والتوصيات:

تناولت الدراسة التباين الزمني والمكاني للجزيرة الحرارية الحضرية، وتقييم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري ومستوى جودة الحياة لمدينة قنا. وتم تحقيق الهدف الرئيس باستخدام عدد من الأساليب والتقنيات، بما في ذلك، التقنيات الجغرافية المكانية ونموذج الانحدار الخطي، وتقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وتم تصنيف فئات الغطاءات الأرضية Land covers، وتقدير درجة حرارة سطح الأرض LST، وكذلك حساب مؤشر تباين المجال الحراري الحضري. ثم تناولت الدراسة العلاقة بين الغطاءات الأرضية الرئيسية وفئات مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، وذلك من خلال الاعتماد على اثنتا عشرة مرئية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS على مدار شهور عام ٢٠٢٣م. وقامت الدراسة بتطبيق مؤشر تباين المجال الحراري الحضري وهو مؤشر تقييم بيئي يعتمد على درجة حرارة سطح الأرض، لتقييم تأثير الجزيرة الحرارية على جودة الحياة البيئية الحرارية والإيكولوجية، وتتمثل ميزة هذا المؤشر عن المؤشرات الأخرى في أن الاعتماد فقط على البيانات الحرارية عبر الأقمار الصناعية يجعل من الممكن الحصول على قيم حضرية واسعة النطاق لتأثير الجزيرة الحرارية على مستوى دقة البكسل.

أبرزت نتائج الدراسة أن شدة الجزيرة الحرارية الكلية بالنسبة للظهير الزراعي في مدينة قنا كانت $7,65^{\circ}\text{C}$ ، خلال فصل الصيف، وبلغت أدها في الخريف $2,08^{\circ}\text{C}$ ، وارتفعت قليلاً في فصل الربيع $2,9^{\circ}\text{C}$ ، وسجلت $4,12^{\circ}\text{C}$ خلال فصل الشتاء، ونتيجة لذلك، تعاني منطقة الدراسة من ظروف مناخية محلية شديدة تضر في المقام الأول بجودة الحياة الحضرية وتخلق أسوأ الظروف بيئياً. حيث أبرزت الدراسة أن سطح الأرض الحضرية غير المنفذة والمناطق المبنية والأرض الفضاء والصحراوية، تسهم بشكل كبير في زيادة درجة حرارة سطح الأرض المسببة لتكوين الجزيرة الحرارية الحضرية في منطقة الدراسة. وتعتبر الأراضي العادية والصحراوية والمناطق المبنية مسؤولة في الغالب عن نشأة الجزيرة الحرارية، بينما وجود النباتات والمسطحات المائية يقلل من درجة حرارة سطح الأرض وشدة الجزيرة الحرارية في المدينة.

وعلى **المستوى السنوي** تم تقييم مؤشر تباين المجال الحراري الحضري ومستوى جودة الحياة في مدينة قنا. وأظهرت النتائج أن حوالي $14,6$ كم 2 ، وبنسبة (٤٨,٨٪) من جملة مساحة المدينة تعد ذات جودة حياة ممتازة، حيث الراحة الممتازة لسكان المناطق الحضرية، في حين تم تصنيف حوالي $13,3$ كم 2 (٤٤,٥٪) ضمن فئة مؤشر تباين المجال الحراري الحضري الأسوأ، ومن ثم عدم الراحة لسكان المدينة. بينما توزعت النسب المتبقية ما بين فئات المؤشر الأخرى، وتم تصنيف $1,9$ ٪، $1,8$ ٪ من المدينة ضمن الفئة العادية والجيدة على التوالي، وكذلك تم تصنيف نسبة $1,6$ ٪، $1,4$ ٪ ضمن فئة سيء وأسوأ على التوالي.

وعلى **المستوى الفصلي** أبرزت الدراسة وفقاً لمؤشر تباين المجال الحراري الحضري، أن مدينة قنا يستحوذ عليها فئتان رئيستان من المؤشر: أولهما: الفئة الأولى ($UTFVI < 0$) ويتميز التقييم البيئي لهذه الفئة بأنه ذات جودة حياة ممتازة، حيث تستحوذ هذه الفئة على (٥٤,٢٪)، (٤٣,٨٪)، (٣٠,٨٪)، (٥٣,٤٪)، من جملة مساحة المدينة خلال فصول الشتاء، والربيع، والصيف، والخريف على الترتيب. ومن

ثم فهي ذات جودة بيئية ممتازة للحياة؛ حيث لا يتواجد أي تأثير للجزيرة الحرارية، وتتوزع هذه الفئة في الحدائق والمنتزهات والمساحات الخضراء، وحول النطاق المحيط بنهر النيل نتيجة التأثير التبريدي. وثانيهما: الفئة السادسة ($UTFVI > 0.02$)، وهي المناطق ذات التقييم البيئي الأسوأ في جودة الحياة، حيث تتميز الجزيرة الحرارية بأن تأثيرها هو الأقوى، وتشغل هذه الفئة - من مؤشر تباين المجال الحراري الحضري - جزءًا ليس بالقليل من المدينة، وبما يمثل (٤١,٣%)، (٤٥,٠%)، (٦٢,٩%)، (٤٠,٦%) من جملة مساحة المدينة خلال فصول الشتاء، والربيع، والصيف، والخريف على الترتيب، وتتوزع أغلبية هذه الفئة في الأرض الفضاء والصحراوية، وكذلك في الكتلة المبنية.

علاوة على ذلك، تم تفسير الارتباط كميًا من خلال تحليل الانحدار الخطي على مستوى دقة البكسل Pixel، بين الغطاءات الأرضية الرئيسية متمثلة في مؤشر التباين النباتي النسبي NDVI، ومؤشر التباين النسبي للكتلة المبنية NDBI من ناحية (متغيران مستقلان)، وبين مؤشر تباين المجال الحراري الحضري UTFVI من ناحية أخرى (متغير تابع)، وتبين وجود ارتباطًا سلبيًا قويًا (-٠,٧١) بين مؤشر تباين المجال الحراري الحضري، ومؤشر الغطاء النباتي؛ وارتباطًا إيجابي قوي (٠,٧١) مع مؤشر التباين النسبي للكتلة المبنية.

ومما سبق يتضح أن القسم الجنوبي من مدينة قنا دائمًا ما يكون ذات جودة حياة ممتازة، ولعل مرجع ذلك هو تركيز المساحات الخضراء، والقرب من نهر النيل، وكلاهما يؤدي إلى خفض درجة حرارة سطح الأرض، لذلك فجودة الحياة فيها عالية، وعلى النقيض تمامًا تظهر الحياة الرديئة والسيئة في القسم الشمالي، والشمالي الشرقي للمدينة حيث توجد بقع ليست بالقليلة من الأرض الفضاء والبور وملاصقة المناطق الصحراوية للمدينة، وكذلك تنخفض جودة الحياة في قلب المدينة (النواة المركزية)، حيث الكثافة البنائية والسكانية المرتفعة، وهاتان المنطقتان تمثلان ظاهرة تأثير الجزيرة الحرارية، حيث التلاحم الحضري - الصحراوي.

وانتهت الدراسة إلى أن التخفيف من الحرارة الشديدة في المدن أصبح ذا أهمية متزايدة، وبصفة خاصة مع التغير المناخي، وكذا التوسع الحضري "زيادة السكان"؛ ولذا يجب أن تكون البنية التحتية الخضراء الحضرية (UGI) عنصراً مهماً ومدمجاً في استراتيجية التكيف مع تغير المناخ في أي من المناطق الحضرية بسبب الفوائد المتعددة التي توفرها للمجتمع المحلي والنظم الإيكولوجية. ويمكن للمساحات الخضراء في المناطق الحضرية أن تخلق تأثيراً تبريدياً يُسمى بـ الجزيرة الباردة للحدائق Park Cool Island، ويكون تأثير التبريد هذا أكثر وضوحاً في المدن ذات الجزر الحرارية الحضرية وخلال الأيام الحارة والجافة.

توفر نتائج هذه الدراسة فهماً رئيسياً لكيفية تأثير التوزيع والاستخدام غير المناسبين للأراضي الحضرية على البيئة الحضرية، ويؤدي إلى نشأة ظاهرة الجزيرة الحرارية وانخفاض جودة الحياة. ومن ثم، يجب على صانعي السياسات والمخططين الحضريين النظر في تأثير الجزيرة الحرارية، ودمج استراتيجيات التخفيف من حدة الجزيرة الحرارية مع أنماط التنمية الحضرية والتغيرات المناخية المحلية الحالية والمتوقعة من أجل خلق بيئات ومدن ومجتمعات حضرية مستدامة. وفي الختام، مقارنة بالطريقة التقليدية، يوفر الاستشعار عن بعد عبر الأقمار الصناعية طريقة أسرع وأكثر كفاءة لاستخلاص درجة حرارة سطح الأرض والجزيرة الحرارية الحضرية، وتأثيرهما على جودة الحياة في البيئة الحضرية من منظور المناخ التفصيلي.

وتوصي الدراسة بالآتي:

- التوسع في نشر المنتزهات والحدائق كأحد أهم استراتيجيات التكيف مع الجزيرة الحرارية الحضرية. ويجب مراعاة ألا تكون المسطحات الخضراء بالمساحة الكافية فقط، بل يجب أن تكون شجرية وكثيفة لأكبر درجة ممكنة حتى تساهم بشكل فعال في التقليل من حدة الجزيرة الحرارية.

- يفضل نشر البنية التحتية الخضراء بأشكالها المختلفة، مثل الحدائق والمنتزهات، والأشجار المنتشرة على جانبي الطرق، وحدائق أسطح المباني، والحدائق الرأسية على واجهات المباني. على أن تكون الأولوية في تطبيق وسائل التشجير لأسطح المباني قبل الواجهات، لأن الأسطح معرضة لأشعة الشمس طوال النهار تقريبًا، لذا فدورها في رفع درجة الحرارة أكبر. ويقترح أيضًا إعادة تشجير وتجميل شوارع المدينة الواسعة التي تسمح بالتشجير على جانبي الطرق والشوارع، وينبغي أن تكون هذه الأشجار بالكثافة والارتفاع المناسب، حتى لا تعرقل حركة المرور والرؤية، وكذلك تشجير الأرض الفضاء والبور والمكشوفة بقدر المستطاع،

- توصي الدراسة بالاهتمام بالموارد البشرية (الإنسان)، فمن المهم فهم حجم هذا المورد ومدى قدرته على الحفاظ على البيئة والتعامل معها من أجل استدامة مواردها، وقد أظهرت العديد من الدراسات أن نجاح الاستراتيجيات الوطنية، وقدرتها على تحقيق أهدافها يُعزى في العديد من الدول إلى التركيز ليس فقط على الجوانب الفنية والاقتصادية لقضايا البيئة واعتبارها أدوات كافية لإدارة الموارد الطبيعية ولكن أيضًا على الموارد البشرية القادرة على إدارة تلك الموارد. حيث تُعد زيادة استراتيجية التوعية البيئية أمرًا مهمًا؛ نظرًا لتأثيره على بقية الاستراتيجيات فلن يتم تطبيق الاستراتيجيات السابقة بدون مستويات جيدة من الوعي والفهم لآثار البيئة المعيشية الخارجية على البيئة الداخلية وإلى أي مدى يمكن أن تضع راحة الإنسان وصحته في خطر.

٦- المصادر والمراجع:

١-٦ المصادر:

- ١- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء: مركز نظم المعلومات الجغرافية خريطة مدينة قنا، مقياس ١: ٥٠٠٠٠ لعام ٢٠٢١.
- ٢- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٩، التعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت عام ٢٠١٧، القاهرة.
- ٣- قاعدة بيانات الأرصاد الجوية الأسبانية، بمحطة قنا

<http://www.tutiempo.net/en>

- ٤- هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS، اثنتا عشرة مرئية فضائية للقمر الصناعي Landsat-9 OLI/TIRS لعام ٢٠٢٣ <https://earthexplorer.usgs.gov>

٢-٦ المراجع العربية:

- ١- أحمد علي إسماعيل (١٩٩٣م): دراسات في جغرافية المدن، دار الثقافة للنشر والتوزيع، الطبعة الرابعة، القاهرة.
- ٢- إسلام محمد حمدي (٢٠٢٣م): تكامل تطبيقات الجيوماتكس لدراسة ديناميات الجزيرة الحرارية لمجمع المنصورة الحضري، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بني سويف.
- ٣- طارق زكريا إبراهيم (٢٠١٦م): الجزر الحرارية في مدينة الزقازيق باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة الجغرافية العربية، العدد (٦٧)، الجمعية الجغرافية المصرية.
- ٤- وائل هريدي زهران مهران ضيف (٢٠١٨م): الجزيرة الحرارية وبعض آثارها البيئية في مدينة أسيوط، دراسة في جغرافية المناخ الحضري، باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة أسيوط.

٥- وائل هريدي زهران مهران ضيف (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، المجلد (٢٦)، العدد (٨١)، ص ص ٩٨٩-١٠٥٨.

٦- وليد عباس عبد الرازي (٢٠١٣م): الحرارة في مجمع القاهرة الحضري، دراسة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراه، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

٣.٦ المراجع الأجنبية:

- 1- Abbas, W., & Hamdi, I. (2022). Satellite-Based Discrimination of Urban Dynamics-Induced Local Bias from Day/Night Temperature Trends across the Nile Delta, Egypt: A Basis for Climate Change Impacts Assessment. *Sustainability*, 14(21), 14510.
- 2- Abdel-Ghany, A. M., Al-Helal, I. M., & Shady, M. R. (2014). Evaluation of human thermal comfort and heat stress in an outdoor urban setting in summer under arid climatic conditions. *Environment Protection Engineering*, 40(3).
- 3- Abir, F. A., Ahmmed, S., Sarker, S. H., & Fahim, A. U. (2021). Thermal and ecological assessment based on land surface temperature and quantifying multivariate controlling factors in Bogura, Bangladesh. *Heliyon*, 7(9).
- 4- 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*, 21(1), 15-25.
- 5- Alfraihah, R., Mulugeta, G., & Gala, T. S. (2016). Ecological evaluation of urban heat island in Chicago City, USA. *Journal of Atmospheric Pollution*, 4(1), 23-29.

- 6- Amindin, A., Pouyan, S., Pourghasemi, H. R., Yousefi, S., & Tiefenbacher, J. P. (2021). Spatial and temporal analysis of urban heat island using Landsat satellite images. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41439-41450.
- 7- Arbuthnott, K. G., & Hajat, S. (2017). The health effects of hotter summers and heat waves in the population of the United Kingdom: a review of the evidence. *Environmental health*, 16, 1-13.
- 8- Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(1), 1-26.
- 9- Čeplová, N., Kalusová, V., & Lososová, Z. (2017). Effects of settlement size, urban heat island and habitat type on urban plant biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 159, 15-22.
- 10- Chow, W. T., & Roth, M. (2006). Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 26(15), 2243-2260.
- 11- Cotlier, G. I., & Jimenez, J. C. (2022). The extreme heat wave over western North America in 2021: an assessment by means of land surface temperature. *Remote Sensing*, 14(3), 561.
- 12- Cutter, S. L. (1985). Rating places: A geographer's view on quality of life. (*No Title*).
- 13- Das, M., & Das, A. (2020). Assessing the relationship between local climatic zones (LCZs) and land surface temperature (LST)—A case study of Sriniketan-Santiniketan Planning Area (SSPA), West Bengal, India. *Urban Climate*, 32, 100591.
- 14- Dwivedi, A., & Mohan, B. K. (2018). Impact of green roof on micro climate to reduce Urban Heat Island. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 10, 56-69.
- 15- Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2013). Examining urban heat island relations to land use and air pollution: Multiple endmember spectral mixture analysis for thermal remote sensing. *IEEE Journal of Selected*

- Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3), 1749-1756.
- 16- Grimmond, S. U. E. (2007). Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *The Geographical Journal*, 173(1), 83-88.
- 17- Guerri, G., Crisci, A., Messeri, A., Congedo, L., Munafò, M., & Morabito, M. (2021). Thermal summer diurnal hot-spot analysis: The role of local urban features layers. *Remote Sensing*, 13(3), 538.
- 18- Guha, S., Govil, H., & Mukherjee, S. (2017). Dynamic analysis and ecological evaluation of urban heat islands in Raipur city, India. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(3), 036020-036020.
- 19- Guha, S., Govil, H., Dey, A., & Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 667-678.
- 20- Hidalgo-García, D., & Arco-Díaz, J. (2022). Modeling the Surface Urban Heat Island (SUHI) to study of its relationship with variations in the thermal field and with the indices of land use in the metropolitan area of Granada (Spain). *Sustainable Cities and Society*, 87, 104166.
- 21- Hinkel, K. M., Nelson, F. E., Klene, A. E., & Bell, J. H. (2003). The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(15), 1889-1905.
- 22- Ikerd, J. (2014). THE ECONOMIC PAMPHLETEER: Beyond Economic Growth. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 4(4), 13-15.
- 23- Kafy, A. A., Al Rakib, A., Akter, K. S., Jahir, D. M. A., Sikdar, M. S., Ashrafi, T. J., ... & Rahman, M. M. (2021). Assessing and predicting land use/land cover, land surface temperature and urban thermal field variance index using Landsat imagery for Dhaka Metropolitan area. *Environmental Challenges*, 4, 100192.
- 24- Kafy, A. A., Rahman, M. S., Islam, M., Al Rakib, A., Islam, M. A., Khan, M. H. H., ... & Sattar, G. S. (2021). Prediction of seasonal urban

- thermal field variance index using machine learning algorithms in Cumilla, Bangladesh. *Sustainable Cities and Society*, 64, 102542.
- 25- Kassahun, S., & Tiwari, A. (2012). Urban development in Ethiopia: challenges and policy responses. *The IUP journal of Governance and public policy*, 7(1), 59-65.
- 26- Kim, H., Woo, E., & Uysal, M. (2015). Tourism experience and quality of life among elderly tourists. *Tourism management*, 46, 465-476.
- 27- Kim, Y. H., & Baik, J. J. (2004). Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea. *Theoretical and Applied Climatology*, 79, 151-164.
- 28- Kotteck, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., and Rubel, F., (2006): World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated, *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15, No. 3, pp. 259-263.
- 29- Landsat, U. (2022). Collection 1 Land Surface Reflectance Code Product Guide. In.
- 30- Landsberg H.E., (1981) The Urban Climate, Academic Press: New York, 275 pp.
- 31- Li, H. (2016). Chapter 2 Literature Review on Cool Pavement Research. *Pavement Materials for Heat Island Mitigation; Li, H., Ed.; Butterworth-Heinemann: Boston, MA, USA*, 15-42.
- 32- Li, H., Meier, F., Lee, X., Chakraborty, T., Liu, J., Schaap, M., & Sodoudi, S. (2018). Interaction between urban heat island and urban pollution island during summer in Berlin. *Science of the total environment*, 636, 818-828.
- 33- Li, X., Fan, W., Wang, L., Luo, M., Yao, R., Wang, S., & Wang, L. (2021). Effect of urban expansion on atmospheric humidity in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. *Science of the Total Environment*, 759, 144305.
- 34- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote sensing*, 3(7), 1535-1552.

- 35- Luo, H., & Wu, J. (2021). Effects of urban growth on the land surface temperature: a case study in Taiyuan, China. *Environment, Development and Sustainability*, 23(7), 10787-10813.
- 36- Macintyre, H. L., Heaviside, C., Taylor, J., Picetti, R., Symonds, P., Cai, X. M., & Vardoulakis, S. (2018). Assessing urban population vulnerability and environmental risks across an urban area during heatwaves—Implications for health protection. *Science of the Total Environment*, 610, 678-690.
- 37- Majumder, A., Setia, R., Kingra, P. K., Sembhi, H., Singh, S. P., & Pateriya, B. (2021). Estimation of land surface temperature using different retrieval methods for studying the spatiotemporal variations of surface urban heat and cold islands in Indian Punjab. *Environment, Development and Sustainability*, 1-22.
- 38- Matthew, R., Chiotha, S., Orbinski, J., & Talukder, B. (2022). Research note: climate change, peri-urban space and emerging infectious disease. *Landscape and Urban Planning*, 218, 104298.
- 39- McCabe, S., & Johnson, S. (2013). The happiness factor in tourism: Subjective well-being and social tourism. *Annals of Tourism Research*, 41, 42-65.
- 40- Moisa, M. B., & Gameda, D. O. (2022). Assessment of urban thermal field variance index and thermal comfort level of Addis Ababa metropolitan city, Ethiopia. *Heliyon*, 8(8).
- 41- Montávez, J. P., Rodríguez, A., & Jiménez, J. I. (2000). A study of the urban heat island of Granada. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(8), 899-911.
- 42- Morris, C. J. G., Simmonds, I., & Plummer, N. (2001). Quantification of the influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 40 (2), 169-182.
- 43- Naim, M. N. H., & Kafy, A. A. (2021). Assessment of urban thermal field variance index and defining the relationship between land cover and surface temperature in Chattogram city: a remote sensing and statistical approach. *Environmental Challenges*, 4, 100107.

- 44- Najafzadeh, F., Mohammadzadeh, A., Ghorbanian, A., & Jamali, S. (2021). Spatial and temporal analysis of surface urban heat island and thermal comfort using Landsat satellite images between 1989 and 2019: A case study in Tehran. *Remote Sensing*, 13(21), 4469.
- 45- Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of climatology*, 1(3), 237-254.
- 46- Pathak, C., Chandra, S., Maurya, G., Rathore, A., Sarif, M. O., & Gupta, R. D. (2021). The effects of land indices on thermal state in surface urban heat island formation: a case study on Agra City in India using remote sensing data (1992–2019). *Earth Systems and Environment*, 5, 135-154.
- 47- Renard, F., Alonso, L., Fitts, Y., Hadjiosif, A., & Comby, J. (2019). Evaluation of the effect of urban redevelopment on surface urban heat islands. *Remote Sensing*, 11(3), 299.
- 48- Rozos, E., Makropoulos, C., & Maksimović, Č. (2013). Rethinking urban areas: an example of an integrated blue-green approach. *Water Science and Technology: Water Supply*, 13(6), 1534-1542.
- 49- Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 207, 109482.
- 50- Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V., & Guédalia, D. (2006). Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmospheric environment*, 40(10), 1743-1758.
- 51- Sejati, A. W., Buchori, I., & Rudiarto, I. (2019). The spatio-temporal trends of urban growth and surface urban heat islands over two decades in the Semarang Metropolitan Region. *Sustainable Cities and Society*, 46, 101432.
- 52- Shahfahad, Talukdar, S., Rihan, M., Hang, H. T., Bhaskaran, S., & Rahman, A. (2021). Modelling urban heat island (UHI) and thermal field variation and their relationship with land use indices over Delhi and Mumbai metro cities. *Environment, Development and Sustainability*, 1-29.

- 53- Sharma, R., Pradhan, L., Kumari, M., & Bhattacharya, P. (2021). Assessing urban heat islands and thermal comfort in Noida City using geospatial technology. *Urban Climate*, 35, 100751.
- 54- Sharma, R., Pradhan, L., Kumari, M., & Bhattacharya, P. (2021). Assessing urban heat islands and thermal comfort in Noida City using geospatial technology. *Urban Climate*, 35, 100751.
- 55- Singh, P., Kikon, N., & Verma, P. (2017). Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India. A remote sensing based estimate. *Sustainable cities and society*, 32, 100-114.
- 56- Sobrino, J. A., & Irakulis, I. (2020). A methodology for comparing the surface urban heat Island in selected urban agglomerations around the world from Sentinel-3 SLSTR data. *Remote Sensing*, 12(12), 2052.
- 57- Song, J., Lin, T., Li, X., & Prishchepov, A. V. (2018). Mapping urban functional zones by integrating very high spatial resolution remote sensing imagery and points of interest: A case study of Xiamen, China. *Remote Sensing*, 10(11), 1737.
- 58- Stewart, I. D. (2011). A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*, 31(2), 200-217.
- 59- Tepanosyan, G., Muradyan, V., Hovsepyan, A., Pinigin, G., Medvedev, A., & Asmaryan, S. (2021). Studying spatial-temporal changes and relationship of land cover and surface Urban Heat Island derived through remote sensing in Yerevan, Armenia. *Building and Environment*, 187, 107390.
- 60- Tesfamariam, S., Govindu, V., & Uncha, A. (2023). Spatio-temporal analysis of urban heat island (UHI) and its effect on urban ecology: The case of Mekelle city, Northern Ethiopia. *Heliyon*, 9(2).
- 61- Torbick, N., & Corbiere, M. (2015). Mapping urban sprawl and impervious surfaces in the northeast United States for the past four decades. *GIScience & Remote Sensing*, 52(6), 746-764.
- 62- Ullah, N., Siddique, M. A., Ding, M., Grigoryan, S., Zhang, T., & Hu, Y. (2022). Spatiotemporal Impact of Urbanization on Urban Heat Island and

Urban Thermal Field Variance Index of Tianjin City, China. *Buildings*, 12(4), 399.

- 63- Vinayak, B., Lee, H. S., Gedam, S., & Latha, R. (2022). Impacts of future urbanization on urban microclimate and thermal comfort over the Mumbai metropolitan region, India. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103703.
- 64- Wang, H., Zhang, Y., Tsou, J. Y., & Li, Y. (2017). Surface urban heat island analysis of Shanghai (China) based on the change of land use and land cover. *Sustainability*, 9(9), 1538.
- 65- Wemegah, C. S., Yamba, E. I., Aryee, J. N., Sam, F., & Amekudzi, L. K. (2020). Assessment of urban heat island warming in the greater accra region. *Scientific African*, 8, e00426.
- 66- Wish, N. B. (1986). Are we really measuring the quality of life? Well-being has subjective dimensions, as well as objective ones. *American journal of economics and sociology*, 45(1), 93-99.
- 67- Yao, R., Wang, L., Huang, X., Gong, W., & Xia, X. (2019). Greening in rural areas increases the surface urban heat island intensity. *Geophysical Research Letters*, 46(4), 2204-2212.
- 68- Yin, C., Yuan, M., Lu, Y., Huang, Y., & Liu, Y. (2018). Effects of urban form on the urban heat island effect based on spatial regression model. *Science of the Total Environment*, 634, 696-704 .
- 69- Yolal, M., Gursoy, D., Uysal, M., Kim, H. L., & Karacaoğlu, S. (2016). Impacts of festivals and events on residents' well-being. *Annals of tourism research*, 61, 1-18.
- 70- Zhang, Y., Yu, T., & Gu, X. (2001). Land surface temperature retrieval from cbers-02 irmss thermal infrared data and its applications in quantitative analysis of urban heat island effect.
- 71- Zhu, Y., Myint, S. W., Schaffer-Smith, D., Muenich, R. L., Tong, D., & Li, Y. (2022). Formulating operational mitigation options and examining intra-urban social inequality using evidence-based urban warming effects. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 795474.