رصدُ وتحليلُ الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في مدينة الجُبيل باستخدام نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة خلال الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤

Monitoring and Analysis of Urban Heat Islands in Jubail City Using Geographic Information Systems from 2020 to 2024

إعداد

د. عائشة غالي الرحيلي

Dr. Aisha Ghali Al-Rahili

أستاذ مساعد بجامعة طيبة كلية الآداب والعلوم الإنسانية

Doi: 10.21608/jasg.2025.419396

استلام البحث : ٩ / ١ / ٢٠٢٥

قبـــول النشر: ٦ / ٢ /٢٠٢٥

الرحيلي، عائشة غالي (٢٠٢٥). رصدُ وتحليلُ الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في مدينة الجُبيل باستخدام نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة خلال الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤. ***المجلة العربية للدراسات الجغرافية***، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨(٢٣)، ٣١ - ٦٦.

https://jasg.journals.ekb.eg

رصدُ وتحليلُ الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في مدينة الجُبيل باستخدام نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة خلال الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤

المستخلص:

تهدفُ هذه الدِّراسة إلى تحليل التَّوزيع المكاني لجُزُر الحرارة الحضريَّة (Urban Heat Islands - UHIs) في مدينة الجُبيل بالمملكة العربيَّة السُّعوديَّة، باستخدام تقنيات مُتقدِّمة في نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS) والاستشعار عن بُعد. وتمَّ الاعتماد على البيانات الحراريَّة المُستخرجة من قمري لاندسات ٨ ولاندسات ٩، حيث تمَّ استخدام النِّطاقات الحراريَّة Band 10 لاستخراج درجات حرارة السَّطح Land Surface Temperature - LST بالإضافة إلى ذلك، تمَّ حساب مُؤشِّر الفرق النَّباتي الطَّبيعي Normalized Difference Vegetation Index - NDVI لتقييم مدى توفُّر الغطاء النَّباتي وعلاقته بظاهرة جزر الحرارة الحضريَّة. وتمَّ تطبيق مجموعة من الأساليب التَّحليليَّة المُتقدِّمة، بما في ذلك تحليل البُقع السَّاخنة Hotspot Analysis لتحديد المناطق ذات التَّبايُن الحراري المُرتفع، وتصنيف استخدامات الأراضي Land Use/Land Cover لتحليل التَّوزيع المكاني للأنماط الحضريَّة والصِّناعيَّة والمساحات الخضراء. كما تمَّ استخدام التَّحليل المكاني Spatial Analysis لتقييم العلاقة بين درجات حرارة السَّطح والعوامل البيئيَّة والحضريَّة. أظهرت النتائج أن المناطق الصِّناعيَّة، وخاصَّةً المدينة الصِّناعيَّة الأولى والمدينة الصِّناعيَّة الثانية في مدينة الجُبيل، هي الأكثر تأثرًا بظاهرة جزر الحرارة الحضريَّة، حيث سجلت هذه المناطق ارتفاعًا ملحوظًا في درجات حرارة السَّطح مقارنة بالمناطق المُحيطة، وذلك بسبب تركيز الأنشطة الصِّناعيَّة المكثفة، مثل مصانع البتروكيماويات والحديد والصُّلب، والتي تسهم في زيادة الانبعاثات الحراريَّة والغازية. حددت الدِّراسة العوامل الرَّئيسيَّة المُسبِّبة لتفاقم ظاهرة جزر الحرارة الحضريَّة، والتي تشمل استخدام مواد بناء ذات خصائص امتصاص عالية للحرارة، ونُدرة المساحات الخضراء وتراجع الغطاء النَّباتي، بالإضافة إلى الكثافة العالية للأنشطة الصِّناعيَّة والمرافق الحضريَّة. وللتخفيف من هذه الآثار، قدَّمت الدِّراسة مجموعة من الإستراتيجيَّات المُقترحة، مثل زيادة المساحات الخضراء وزراعة الأشجار في المناطق الحضريَّة والصِّناعيَّة، واستخدام مواد بناء عاكسة للحرارة في الإنشاءات، وتبني ممَّارسات تخطيط حضري مستدامة تعزز التهوية الطَّبيعية وتقلل من تراكم الحرارة. تحاول هذه الدِّراسة في تسليط الضوء على ظاهرة جزر الحرارة الحضريَّة من خلال تقديم تحليل لتأثيراتها في مدينة الجُبيل، مع استخدام منهجية تعتمد على تقنيات الاستشعار عن بُعد ونُظُم المعلومات الجُغرافيَّة. كما توفِّر نتائج الدِّراسة توصيات عملية لصانعي السياسات والمخططين الحضريين لمواجهة هذه القضيَّة البيئيَّة المُلحَّة داخل المُدُن الصِّناعيَّة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

الكلمات المفتاحية: الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة – مدينة الجُبيل – نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة – الاستشعار عن بُعد – تحليل درجة حرارة السَّطح – مُؤشِّر الغطاء النَّباتي – الغطاء الأرضي – النِّقاط السَّاخنة

Abstract

This study aims to analyze the spatial distribution of Urban Heat Islands (UHIs) in Jubail City, Saudi Arabia, using advanced Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing technologies. The research relies on thermal data extracted from Landsat 8 and Landsat 9 satellites, utilizing thermal bands (Band 10 and Band 11) to derive Land Surface Temperature (LST). Additionally, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated to assess vegetation cover and its relationship with the UHI phenomenon. A set of advanced analytical methods was applied, including Hotspot Analysis to identify areas with high thermal variation, and Land Use/Land Cover (LULC) classification to analyze the spatial distribution of urban, industrial, and green areas. Spatial analysis was also used to evaluate the relationship between surface temperature and environmental and urban factors. The results revealed that industrial areas, particularly Industrial Zone 1 and Industrial Zone 2 in Jubail City, are the most affected by the UHI phenomenon. These areas recorded a significant increase in surface temperatures compared to their surroundings, primarily due to concentrated industrial activities such as petrochemical plants, iron, and steel factories, which contribute to elevated thermal and gaseous emissions. The study identified the main factors exacerbating the UHI phenomenon, including the use of heat-absorbing construction materials, limited green spaces, reduced vegetation cover, and the high density of industrial activities and urban infrastructure. To mitigate these effects, the study proposed several strategies, such as increasing green spaces and tree planting in urban and industrial areas, using reflective construction materials, and adopting sustainable urban planning

ISSN: 2537-0839 *eISSN : 2537-088X*

practices that enhance natural ventilation and reduce heat accumulation. This study seeks to shed light on the UHI phenomenon by providing an analysis of its impacts in Jubail City, using a methodology based on remote sensing and GIS technologies. The findings offer practical recommendations for policymakers and urban planners to address this pressing environmental issue in industrial cities.

Keywords: Urban Heat Islands – Jubail City – Geographic Information Systems – Remote Sensing – Land Surface Temperature Analysis – Vegetation Index – Land Cover – Hotspot Analysis

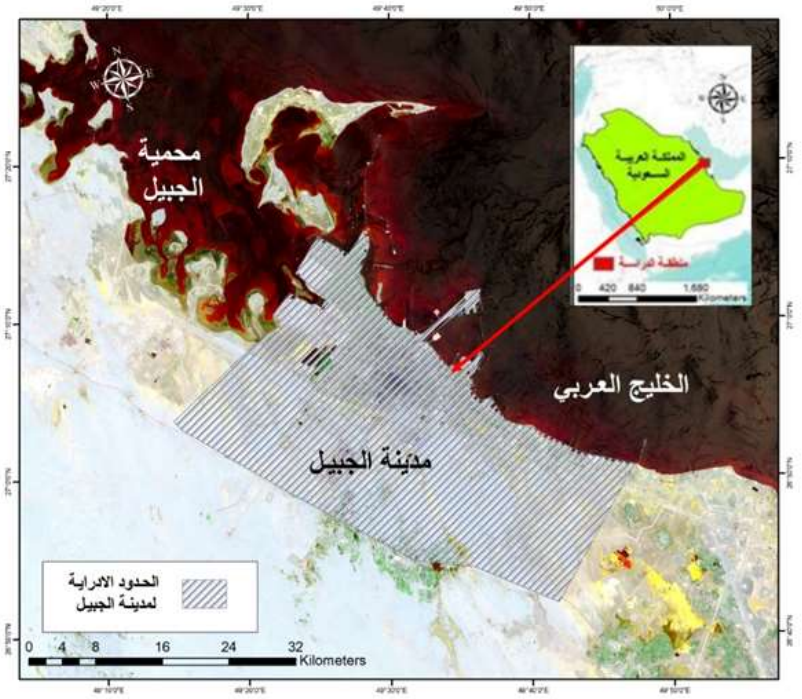
المُقدِّمة

ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (Urban Heat Islands - UHI) هي ظاهرة مناخيَّة ملحوظة تنشأ عندما تكون درجات الحرارة في المناطق الحضريَّة أعلى بشكل واضح من المناطق الرّيفيَّة المُحيطة بها. وتعود أسباب هذه الظاهرة إلى عدَّة عوامل، منها استخدام مواد بناء ذات قُدرة عالية على امتصاص الحرارة وإطلاقها ليلًا، بالإضافة إلى نقص المساحات الخضراء والمائية التي تعمل على تنقية وتبريد الهواء، كما تلعب الأنشطة البشرية، مثل الصِّناعة ووسائل النقل دورًا في زيادة انبعاثات الحرارة (Oke, 1982). وبالتالي، فإن هذه الظاهرة تؤثر سلبًا على جودة الهواء واستهلاك الطاقة، وقد تؤدي أيضًا إلى زيادة مخاطر الأمراض المرتبطة بالحرارة.

١- منطقة الدِّراسة

تقع مدينة الجُبيل في المنطقة الشرقية من المملكة العربيَّة السُّعوديَّة، على ساحل الخليج العربي، وتُعَدُّ واحدة من أهم المُدُن الصِّناعيَّة في المملكة. تبعد الجُبيل نحو ١٠٠ كيلومتر شمال مدينة الدمام، ونحو ٤٠٠ كيلومتر شرق العاصمة الرياض. ويتميَّز موقعها الجغرافي بكونه إستراتيجيًا، حيث تقع على طول الساحل الشرقي للمملكة، ممَّا يجعلها مركزًا مهمًّا للتِّجارة والصِّناعة، خاصَّةً في مجال البتروكيماويات والصِّناعات الثَّقيلة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



المصدر: من عمل الباحثة باستخدام المرئيَّة الفضائيَّة لاندسات ٨ (نطاق ٣،٥،٧) باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

الشكل (١) موقع منطقة الدِّراسة

الموقع الفلكي: تقع مدينة الجُبيل بين: خطي طول: ٤٩° ٣٩′ شرقًا إلى ٤٩° ٤٠′ شرقًا، ودائرتي عرض: ٢٧° ٠٠′ شمالًا إلى ٢٧° ٠١′ شمالًا (الشكل ١).

وبناءً على ذلك فإن مدينة الجُبيل تقع في النِّطاق الجغرافي الذي يتميَّز بمناخ صحراوي حار، حيث ترتفع درجات الحرارة بشكل ملحوظ في فصل الصيف، بينما يكون الشتاء معتدلًا نسبيًّا. كما يعكس هذا الموقع أيضًا أهمية المدينة كواحدة من المُدُن الساحلية الرَّئيسيَّة في المملكة، والتي تلعب دورًا محوريًّا في الاقتصاد الوطني.

٢- أهمية الدِّراسة وأسباب اختيار الموضوع:

تُعَدُّ الجُبيل من أكبر المُدُن الصِّناعيَّة في المملكة العربيَّة السُّعوديَّة، حيث تضمُّ مدينة الجُبيل الصِّناعيَّة، أضخم المشاريع الصِّناعيَّة على مستوى الشرق الأوسط. تحتوي على مُجمَّعات صناعيَّة عملاقة تشمل مصانع البتروكيماويات، وتكرير النفط، والصِّناعات الثَّقيلة،

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

ممَّا يجعلها محورًا رئيسيًّا للإنتاج الصِّناعي. تسهم الجُبيل في تحقيق أهداف **رؤية المملكة ٢٠٣٠**، من خلال تعزيز التنوع الاقتصادي، ودعم الصِّناعات غير النفطية، وبناءً على ذلك فإن هذه الدِّراسة تكتسب أهمية كبيرة في فهم ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHIs) وتأثيراتها على المناطق الصِّناعيَّة والحضريَّة، من خلال استخدام تقنيات مُتقدِّمة مثل نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS) والاستشعار عن بُعد، توفِّر الدِّراسة تحليلًا للتوزيع المكاني لدرجات حرارة السَّطح والعوامل المسببة لتفاقم هذه الظاهرة. كما تقدم توصيات عملية لصانعي السياسات والمخططين الحضريين لتخفيف الآثار السلبية للجزر الحراريَّة، ممَّا يسهم في تحسين جودة الحياة وتعزيز الاستدامة.

٣ ـ الهدف من هذه الدِّراسة

تُعَدُّ مدينة الجُبيل واحدة من الركائز الأساسية للتنمية الصِّناعيَّة والاقتصادية في المملكة العربيَّة السُّعوديَّة، حيث تُعَدُّ مركزًا صناعيًّا عالميًّا يضمُّ مُجمَّعات صناعيَّة متطورة تعمل في مجالات البتروكيماويات والصِّناعات الثَّقيلة. وعلى الرغم من الطابع الصِّناعي المكثف للمدينة، فإنها تبذل جهودًا كبيرة في مجال حماية البيئة وتعزيز الاستدامة، ممَّا يجعلها نموذجًا للتوازن بين التنمية الصِّناعيَّة والحفاظ على البيئة. في هذا الإطار، تهدف الدِّراسة الحالية إلى تحقيق الأهداف التالية:

- تحليل التَّوزيع المكاني والزَّماني للجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (Urban Heat Islands -UHIs) في مدينة الجُبيل خلال الفترة من عام ٢٠٢٠ إلى عام ٢٠٢٤ باستخدام تقنيات نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS) والاستشعار عن بُعد.
- تحديد العوامل الرَّئيسيَّة المسببة لظاهرة الجُزُر الحراريَّة في مدينة الجُبيل، مع التركيز على العوامل البيئيَّة والحضريَّة والصِّناعيَّة.
- اقتراح حلول عملية وفعّالة للتَّخفيف من آثار الجُزُر الحراريَّة، بما يدعم التخطيط الحضري المُستدام ويُحسِّن جودة الحياة في المدينة.

٤ ـ الدِّراسات السَّابقة:

تُسهم الدِّراسات السَّابقة في بناء إطار نظري لهذه الدِّراسة، من خلال استخدام نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS) يمكن إجراء تحليل أكثر دقة لظاهرة الجُزُر الحراريَّة في مدينة الجُبيل، مع التركيز على العوامل المؤثرة والآثار المترتبة عليها. وتنوع الدِّراسات السابقة فيما بين دراسات تناولت الجُزُر الحراريَّة بمناطق مختلفة من العالم، ودراسات تناولت الجُزُر الحراريَّة داخل المملكة العربيَّة السُّعوديَّة، وفيما يلي عرض لأهم هذه الدِّراسات:

٤ـ١ـأوَّلًا: دراسات باللُّغة الإنجليزيَّة:

ـدراسة Oke (1982): قدَّمت هذه الدِّراسة إطارًا نظريًّا لفهم ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة، حيث ركَّزت على العوامل الرَّئيسيَّة المُسبِّبة لها، مثل استخدام مواد البناء

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

ذات الخصائص الحراريَّة العالية، ونُدرة المساحات الخضراء، والأنشطة البشرية المكثفة. أشارت الدِّراسة إلى أن المناطق الحضريَّة تسجل درجات حرارة أعلى مقارنة بالمناطق الرِّيفيَّة المُحيطة بسبب تراكُم الحرارة في المواد الصِّناعيَّة مثل الأسفلت والأسمنت.

- دراسة Yuan & Bauer (2007): استخدمت هذه الدِّراسة تقنيات الاستشعار عن بُعد ونُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS) لتحليل العلاقة بين درجات حرارة السَّطح (LST) ومُؤشِّر الفرق النَّباتي الطَّبيعي (NDVI). أظهرت النتائج أن المناطق ذات الغطاء النَّباتي المُنخفض تسجل درجات حرارة أعلى، ممَّا يؤكد أهمية زيادة المساحات الخضراء في التخفيف من آثار الجُزُر الحراريَّة.
- دراسة Al Saud (2015): قدَّمت هذه الدِّراسة تحليلًا لظاهرة الجُزُر الحراريَّة في مدينة الرياض باستخدام بيانات الأقمار الصِّناعيَّة. أظهرت النتائج أن المناطق الصِّناعيَّة والمناطق ذات الكثافة السكانية العالية تسجل درجات حرارة أعلى مقارنة بالمناطق المُحيطة. كما أشارت الدِّراسة إلى أن زيادة المساحات الخضراء وتحسين التخطيط الحضري يمكن أن يقلل من تأثير الجُزُر الحراريَّة.
- دراسة Li et al. (2020): قدَّمت هذه الدِّراسة تحليلًا شاملًا لإستراتيجيَّات التخفيف من ظاهرة الجُزُر الحراريَّة، بما في ذلك استخدام الأسطح الباردة (Cool Roofs) وزيادة المساحات الخضراء. أظهرت النتائج أن هذه الإستراتيجيَّات يمكن أن تقلل درجات حرارة السَّطح بنسبة تصل إلى ٥ درجات مئوية في المناطق الحضريَّة.
- دراسة Alqasemi et al. (2021): ركَّزت هذه الدِّراسة على تحليل ظاهرة الجُزُر الحراريَّة في المُدُن السُّعوديَّة، بما في ذلك الرياض وجدة، باستخدام بيانات الأقمار الصِّناعيَّة. أظهرت النتائج أن المناطق الصِّناعيَّة والمناطق ذات الكثافة السكانية العالية هي الأكثر تأثرًا بظاهرة الجُزُر الحراريَّة. كما اقترحت الدِّراسة استخدام مواد بناء عاكسة للحرارة وزيادة المساحات الخضراء كإستراتيجيَّات فعَّالة للتَّخفيف من هذه الظَّاهرة.

٤-٢-ثانيًا: دراسات باللُّغة العربيَّة

- بدأت **دراسة العتيبي (٢٠١٨)** بتحليل ظاهرة الجُزُر الحراريَّة في مدينة الرياض، حيث هدفت إلى فهم العوامل المؤثرة في تكون هذه الظاهرة. واعتمدت الدِّراسة على بيانات الأقمار الصِّناعيَّة (Landsat) ونُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS) لتحليل التَّوزيع الحراري، وأظهرت النتائج أن المناطق الصِّناعيَّة والكثيفة سكانيًّا سجلت درجات حرارة أعلى بـ٥-٧ درجات مئوية مقارنة بالمناطق المُحيطة. توفُّر هذه الدِّراسة إطارًا منهجيًّا يمكن تطبيقه على مدينة الجُبيل، خاصَّةً في استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

- في دراسة أخرى ركَّز **الغامدي والزهراني (٢٠١٩)** على تأثير التوسع العمراني على ظاهرة الجُزُر الحراريَّة في مدينة جدة. واعتمدت الدِّراسة على تحليل التغيرات في استخدام الأراضي باستخدام صور الأقمار الصِّناعيَّة وبيانات GIS، وأظهرت النتائج أن تحويل الأراضي الزراعية إلى مناطق سكنية وصناعيَّة أدى إلى زيادة درجات الحرارة بنسبة ٢٠%. وتسلط هذه الدِّراسة الضوء على أهمية تحليل التغيرات العمرانية، خاصَّةً مع التوسع الصِّناعي الكبير الذي تشهده المدينة.
- أما دراسة **الحسيني (٢٠٢٠)**، فقد هدفت إلى تحليل ظاهرة الجُزُر الحراريَّة في عدَّة مدن سعودية، بما في ذلك الرياض وجدة والدمام. استخدمت الدِّراسة تقنيات الاستشعار عن بُعد ونُظُم المعلومات الجُغرافيَّة لتحليل التَّوزيع الحراري، وأظهرت النتائج أن المناطق الصِّناعيَّة هي الأكثر تأثرًا بالظاهرة، مع ارتفاع درجات الحرارة بنسبة تصل إلى ٣٠% مقارنة بالمناطق المُحيطة. توفِّر هذه الدِّراسة نموذجًا يمكن تطبيقه على مدينة الجُبيل، خاصَّةً في تحليل المناطق الصِّناعيَّة.

من خلال مراجعة الدِّراسات السابقة، يتضح أن معظم الأبحاث ركزت على المُدُن الكبرى مثل الرياض وجدة، بينما لم تحظَ المُدُن الصِّناعيَّة مثل الجُبيل باهتمام كافٍ. بالإضافة إلى ذلك، هناك حاجة إلى مزيد من الدِّراسات التي تستخدم تقنيات حديثة مثل الاستشعار عن بُعد ونُظُم المعلومات الجُغرافيَّة لتحليل الظاهرة بشكل أكثر دقة. كما أن معظم الدِّراسات السابقة ركزت على تحليل التَّوزيع الحراري دون التطرق إلى تأثيرات الظاهرة على صحة السكان أو استهلاك الطاقة، وهذا يتيح للبحث الحالي فرصة لمعالجة الفجوات البحثية.

٥-مصطلحات ومفاهيم الدِّراسة

-الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (Urban Heat Islands - UHIs)

عرَّف (Oke, T. R. 1982) الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة بأنها ظاهرة مناخيَّة تحدث عندما تكون درجات حرارة المناطق الحضريَّة أعلى بشكل ملحوظ من المناطق الرِّيفيَّة المُحيطة، نتيجة للأنشطة البشرية واستخدام مواد بناء تمتص الحرارة.

- درجات حرارة السَّطح (Land Surface Temperature - LST)

تعرف درجات الحرارة السَّطحية بأنها درجة الحرارة المقاسة على سطح الأرض، والتي يمكن استخراجها من البيانات الحراريَّة للأقمار الصِّناعيَّة مثل لاندسات (Li, Z.-L., etal, 2013).

- مُؤشِّر الفرق النَّباتي الطَّبيعي (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI)

تعريف: مُؤشِّر يستخدم لقياس كثافة الغطاء النَّباتي من خلال تحليل انعكاسية الضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء القريبة (Tucker, C. J. ,1979).

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

- **نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة** (Geographic Information Systems - GIS)

تعرف (USGS, 2021) نظم المعلومات الجُغرافيَّة بأنها أنظمة حاسوبية تستخدم لجمع، تخزين، تحليل، وعرض البيانات الجُغرافيَّة المكانية.

- **الاستشعار عن بُعد** (Remote Sensing)

الاستشعار عن بُعد هو تقنية تستخدم لجمع المعلومات عن سطح الأرض دون الاتصال المباشر به، من خلال الأقمار الصِّناعيَّة أو الطائرات وفقًا لتعريف (Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. ,2004).

-**تحليل البُقع السَّاخنة** (Hotspot Analysis)

عرَّف (Alqasemi, A. S., et al. ,2021) تحليل البُقع السَّاخنة على أنها: أسلوب تحليلي يستخدم لتحديد المناطق ذات التَّبايُن الحراري المُرتفع، والتي تشكل نقاطًا ساخنة لظاهرة الجُزُر الحراريَّة.

٧- **استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي**(Land Use/Land Cover - LULC)

يُعرف استخدام الأراضي والغطاء النَّباتي بأنه تصنيف الأراضي بناءً على استخداماتها (مثل صناعيَّة، سكنية، زراعية) وغطائها (مثل أسطح إسفلتية، مساحات خضراء (Aljoufie, M., et al., 2018).

-**التخطيط الحضري المستدام**:(Sustainable Urban Planning)

عرف (Santamouris, M. ,2014) التخطيط الحضري المستدام بأنه: ممَّارسات تخطيطية تهدف إلى تقليل الآثار البيئيَّة السلبية للمدن، مثل ظاهرة الجُزُر الحراريَّة، من خلال زيادة المساحات الخضراء واستخدام مواد بناء مستدامة.

- **المواد العاكسة للحرارة**:(Cool Materials)

المواد العاكسة للحرارة هي مواد بناء ذات خصائص عاكسة للحرارة، تستخدم لتقليل امتصاص الحرارة في المناطق الحضريَّة (Li, Z.-L., etal, 201).

٦- مناهج وأساليب البحث

٦-١ -منهج البحث:

اعتمدت الدِّراسة على **المنهج الوصفي التَّحليلي**، الذي يهدف إلى وظيفة الظاهرة وتحليلها من خلال جمع البيانات الكمية والنوعية، وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS). كما تمَّ استخدام **المنهج التطبيقي** لتطبيق النتائج على أرض الواقع واقتراح حلول عملية للتخفيف من آثار الجُزُر الحراريَّة.

٦-٢- البيانات:الدراسة :

اعتمدت الدِّراسة على صور الأقمار الصِّناعيَّة، حيث تمَّ استخدام صور من أقمار Landsat 8وLandsat 9، والتي توفِّر بيانات حراريَّة عالية الدقة. وتمَّ استخدام نطاقات

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

محددة في الدِّراسة، وهي Band 10 لحساب قمة الغلاف الجوي (Top of Atmosphere (TOA -، و Band 4 وBand 5 لحساب مُؤشِّر الغطاء النَّباتي (NDVI)، كما هو موضح في الجدول (١). وتمَّ استخدام هذه البيانات للحصول على خرائط التَّحليلات المناخيَّة لمنطقة الدِّراسة خلال الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤.

جدول (١) بعض خصائص البيانات الرقمية لمنطقة الدِّراسة

تاريخ المرئيَّة	القمر الصِّناعي	الموقع والإسقاط	المستشعر	الدقة المكانية - الدقة الطيفية	النِّطاق	الاستخدام
يناير ٢٠٢٠	Land Sat 8	WRS_ROW = 41 WRS_PATH = 164 ELLIPSOID = "DATUM = "WGS84 "MAP_PROJECTION = "UTM UTM_ZONE = 39 ""WGS84	OLI_TIRS	الدقة المكانية ١٥ مترًا – الدقة المساحية ٣٠ مترًا لنطاقات متعددة الأطياف والنِّطاقات الحرارية و ١٥ مترًا لنطاق البانكروماتيك الدقة الطيفية ١١ نطاقًا	BAND_4	حساب مُؤشِّر الغطاء النَّباتي الطَّبيعي (NDVI)
يوليو ٢٠٢٠	Land Sat 8					
يناير ٢٠٢١	Land Sat 8				BAND_5	
يوليو ٢٠٢١	Land Sat 8					
يناير ٢٠٢٢	Land Sat 8					
يوليو ٢٠٢٢	Land Sat 8					
يناير ٢٠٢٣	Land Sat 8				BAND_10	حساب قمة الغلاف الجوي (TOA)
يوليو ٢٠٢٣	Land Sat 9		OLI_TIRS			
يناير ٢٠٢٤	Land Sat 9					
يوليو ٢٠٢٤	Land Sat 9					

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

٦-٣- الأساليب التَّحليليَّة لبيانات الدِّراسة والبرامج المستخدمة:

استخدمت الدِّراسة عددًا من الأساليب التَّحليليَّة باستخدام برامج ArcGIS Pro 3.4.0وArcGIS 10.8، أهمها:

- التَّحليل المكاني (Spatial Analysis)

تمَّ استخدام أدوات نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS) لتحليل العلاقة بين درجات حرارة السَّطح (LST) والعوامل البيئيَّة والحضريَّة، مثل المساحات الخضراء والكثافة الصِّناعيَّة.

-التَّحليل الطيفي (Spectral Analysis)

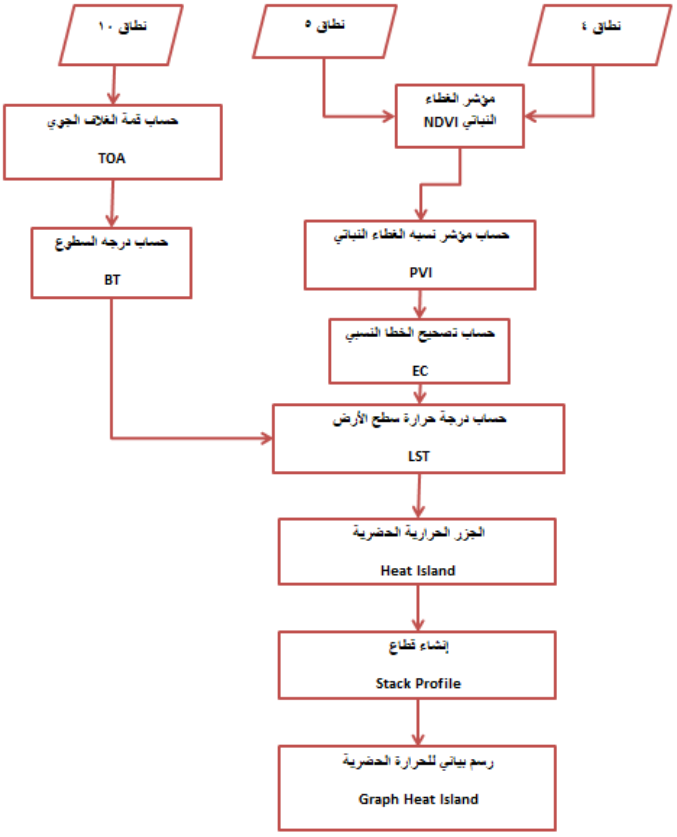
تمَّ تحليل بيانات المرئيات الفضائيَّة من Landsat 8 وLandsat 9 باستخدام برامج ArcGIS Pro 3.4.0وArcGIS 10.8، حيث تمَّ استخدام النِّطاقات الطيفية ٤، ٥، ١٠ لاستخراج درجات الحرارة السَّطحية من صور الأقمار الصِّناعيَّة.

- إنشاء الخرائط الحراريَّة:

تمَّ رسم خرائط حراريَّة لتحديد المناطق الأكثر تأثرًا بظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHIs). وتمَّ تطبيق المعادلات التالية بالترتيب على المرئيات الفضائيَّة لاستخراج درجات حرارة السَّطح وإنشاء الخرائط الحراريَّة:

(Rahman, M. N., etal,2022) (شكل٢).

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



شكل (٢) خطوات تحليل المرئيات الفضائيَّة في Arc GIS pro3.4 للحصول على خريطة الجُزُر الحراريَّة

١- حساب مُؤشِّر نسبة الغطاء النَّباتي الطَّبيعي (NDVI)

مُؤشِّر الغطاء النَّباتي التفاضلي الطَّبيعي (NDVI) هو مُؤشِّر نباتي موحد يتم حسابه باستخدام نطاقات الأشعة تحت الحمراء القريبة (النِّطاق ٥) والأشعة الحمراء (النِّطاق ٤) من خلال المعادلة التالية:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

حيث:

RED= قيم DN من نطاق الأشعة الحمراء

NIR= قيم DN من نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة

٢- حساب قمة الغلاف الجوي (TOA) من النّطاق ١٠

باستخدام عامل إعادة قياس الإشعاع، يمكن تحويل الأرقام الرقمية الحراريَّة بالأشعة تحت الحمراء إلى الإشعاع الطيفي قمة الغلاف الجوي، من خلال المعادلة التالية:

$$L\lambda = ML * Qcal + AL-Oi$$

حيث:

Lλ = إشعاع الطيف TOA

ML = رقم النِّطاق المضاعف للإشعاع

AL = نطاق إضافة الإشعاع (رقم)

Qcal = قيم بكسل المنتج القياسي المكممة والمعايرة (DN)

Oi = قيمة التصحيح للنطاق ١٠ هي ٠.٢٩

٣- حساب درجة حرارة السطوع (BT) من (TOA) قمة الغلاف الجوي

يمكن تحويل بيانات الإشعاع الطيفي إلى درجة حرارة سطوع قمة الغلاف الجوي باستخدام قيم الثابت الحراري الموجودة في ملف البيانات الوصفية. من خلال المعادلة التالية:

$$\text{Kelvin (K) to Celsius (0C) Degrees } BT = K2 / \ln (k1 / L\lambda + 1) - 273.15$$

حيث:

BT = درجة حرارة سطوع قمة الغلاف الجوي (درجة مئوية)

Lλ = الإشعاع الطيفي لـ TOA (وات/ (م٢ * μm * sr))

K1 = نطاق ثابت K1 (رقم)

K2 = نطاق ثابت K2 (رقم)

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

٤- حساب مُؤشِّر انبعاثية سطح الأرض (LSE):

انبعاثية سطح الأرض (LSE) هي متوسط انبعاثية عنصر من سطح الأرض يتم حسابها من قيم مُؤشِّر الغطاء النَّباتي الطَّبيعي (NDVI). من خلال المعادلة التالية:

$$PV = ((NDVI - NDVI\ min) / (NDVI\ max - NDVI\ min))^2$$

حيث:

PV = نسبة الغطاء النَّباتي

NDVI = قيم DN من صورة NDVI

min NDVI = الحد الأدنى لقيم DN من صورة NDVI

NDVI max = الحد الأقصى لقيم DN من صورة NDVI

٥- تصحيح الخطأ على مُؤشِّر الغطاء النَّباتي النسبي (EC)

من خلال المعادلة التالية:

$$EC = 0.004 * PVI + 0.986$$

٦- حساب درجة حرارة سطح الأرض (LST)

درجة حرارة سطح الأرض (LST) هي درجة الحرارة الإشعاعية التي يتم حسابها باستخدام درجة حرارة سطوع الغلاف الجوي العلوي، وطول موجة الإشعاع المنبعث، وانبعاثية سطح الأرض. استخلاص LST: بعد إجراء التصحيحات السابقة، يتم الحصول على LST بوحدة الكلفن (K)، ويمكن تحويلها إلى درجة مئوية (C°) من خلال المعادلة التالية:

$$LST = BT/ (1 + (\lambda * BT / c2) * \ln(E))$$

حيث:

BT = درجة حرارة سطوع الغلاف الجوي العلوي (درجة مئوية)

λ = الطول الموجي للإشعاع المنبعث

E = انبعاثية سطح الأرض

h*c/s=1.4388*10-2 mK =14388 mK = c2

h = ثابت بلانك =٦.٦٢٦*١٠-٣٤ J s

S = ثابت بولتزمان =١.٣٨*١٠-٢٣ JK

C = سرعة الضوء =٢.٩٩٨*١٠٨ م/ث

٧- حساب الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة Urban Heat Island (UHI)

من خلال المعادلة التالية:

$$UHI = LST - LSTm/ SD$$

حيث إن:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

- UHI = الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة
- LST = درجة حرارة سطح الأرض
- $LSTm$ = متوسط درجة حرارة سطح الأرض في منطقة الدِّراسة
- SD = الانحراف المعياري لدرجة الحرارة

٨- رسم بياني للحرارة الحضريَّة UHI (stack) Profile

عبر رسم خط الحرارة الحضريَّة، من الممكن إنشاء رسم بياني من قيم " First_z"التي تمثل قيم درجات الحرارة بالدرجة المئوية التي تولدها المناطق الحضريَّة.

٧-المناقشة والنتائج

أظهرت التَّحليلات أن المناطق الصِّناعيَّة، وبالأخص المدينة الصِّناعيَّة الأولى والثانية في مدينة الجُبيل، هي الأكثر تأثرًا بظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI). تنتشر في هذه المناطق مصانع البتروكيماويات والصِّناعات الثَّقيلة، مثل مصانع الحديد والصلب ومعامل الغاز، والتي تسهم بشكل كبير في زيادة الانبعاثات الحراريَّة والغازية. وقد أدت هذه الأنشطة الصِّناعيَّة إلى ارتفاع درجات الحرارة السَّطحية في هذه المناطق مقارنة بالمناطق. كما أن المناطق السكنية ذات الكثافة العمرانية العالية سجلت أيضًا ارتفاعًا في درجات الحرارة، ولكن بدرجة أقل من المناطق الصِّناعيَّة. وتعد أقل المناطق تأثرًا بالجُزُر الحراريَّة هي المناطق الساحلية، حيث تسهم التأثيرات البحرية في تخفيف ارتفاع درجات الحرارة.

ومن خلال التَّحليل المكاني لموقع منطقة الدِّراسة يتضح أن هناك عدَّة عوامل أسهمت في التَّوزيع الحراري في مدينة الجُبيل أهمها:

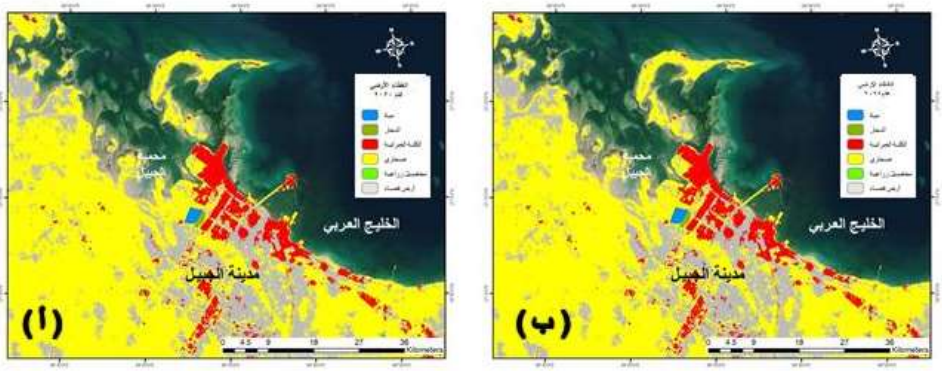
- المواد المستخدمة في البناء: الأسفلت والإسمنت يزيدان من امتصاص الحرارة.
- قلة المساحات الخضراء: المناطق التي تفتقر إلى الأشجار والحدائق كانت أكثر حرارة، حيث إن المناطق الخضراء محدودة المساحة بشكل كبير.
- الأنشطة الصِّناعيَّة: المصانع والمركبات تسهم في زيادة انبعاثات الحرارة. خاصة في المدينة الصِّناعيَّة ١، و٢ التي سجلت بؤر شديدة الحرارة طوال العام.

٧-١-الغطاء الأرضي بمنطقة الدِّراسة Land Cover

يلعب الغطاء الأرضي دورًا محوريًّا في حساب ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI)، حيث يؤثر بشكل مباشر على توزيع درجات الحرارة في المناطق الحضريَّة. تشير الدِّراسات إلى أن المساحات الخضراء والمسطحات المائية تعمل على تخفيف حدة الظاهرة من خلال عمليات التبريد الطَّبيعي، مثل النتح (Transpiration) وتبخر المياه. في المقابل، تسهم الأسطح المبنية والمواد الكتيمة، مثل الأسفلت والإسمنت، في امتصاص الحرارة وإطلاقها ليلًا، ممَّا يزيد من شدة الظاهرة. لذلك، يُعَدُّ تحليل الغطاء الأرضي أمرًا ضروريًّا

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

لفهم توزيع الجُزُر الحراريَّة وتطوير إستراتيجيات فعالة للتخفيف من آثارها (Oke, 1982) شكل (٣).



المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4، وفقًا لبيانات موقع livingatlas.arcgis.com/landcover

شكل (٣) رصد الغطاء الأرضي بمنطقة الجُبيل عام ٢٠٢٠ (أ) - عام ٢٠٢٤ (ب)

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4، وفقًا لبيانات موقع livingatlas.arcgis.com/landcover

شكل (٤) تغيُّرات الغطاء الأرضي بمنطقة الجُبيل (٢٠٢٠- ٢٠٢٤)

مُؤشِّر التَّغيُّر في استخدامات الأراضي من عام ٢٠٢٠ إلى عام ٢٠٢٤ في منطقة الدِّراسة، تشير نتائج تحليل مُؤشِّر التغير في استخدامات الأراضي إلى أن المناطق الحضريَّة كانت الأكثر تأثيرًا على شدة ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI) داخل منطقة الدِّراسة. **شكل (٤)**، حيث شهدت هذه المناطق زيادة إيجابية بنسبة ٣% خلال الفترة من عام

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

٢٠٢٠ إلى عام ٢٠٢٤، وذلك على حساب المساحات الفضاء (الأراضي غير المبنية). في المقابل، لم تسجل باقي عناصر الغطاء الأرضي، مثل المناطق الزراعية والمسطحات المائية، أي تغيير ملحوظ خلال الفترة نفسها. يعكس هذا التغير الزيادة المستمرة في التوسع العمراني، ممَّا يؤكد تأثيره المباشر على تفاقم ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في المدينة.

تلعب شبكات الطرق دورًا مهمًّا في تفاقم ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI) بسبب استخدام المواد الكتيمة مثل الأسفلت، والتي تمتص الحرارة خلال النهار وتطلقها ليلًا. بالإضافة إلى ذلك، تسهم حركة المرور الكثيفة في زيادة انبعاثات الحرارة والملوثات، ممَّا يعزز من شدة الظاهرة. تشير الدِّراسات إلى أن المناطق المُحيطة بالطرق الرَّئيسيَّة تسجل درجات حرارة أعلى مقارنة بالمناطق الأخرى، ممَّا يجعل تحليل شبكات الطرق أمرًا ضروريًا لفهم توزيع الجُزُر الحراريَّة وتطوير إستراتيجيَّات للتخفيف من آثارها، مثل استخدام مواد بناء عاكسة أو زيادة المساحات الخضراء على جوانب الطرق (Santamouris, 2014). ومن خلال الشكل (٥) الذي يوضح توزيع شبكات الطرق والكتلة العمرانية بمدينة الجُبيل.

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4، وفقًا لبيانات موقع www.openstreetmap.org

شكل (٥) شبكات الطرق بمنطقة الجُبيل

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

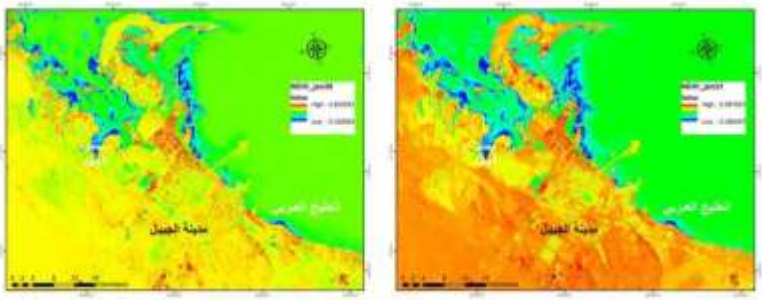
٢-٧ مُؤشِّر الغطاء النَّباتي (NDVI) ودوره في تقييم الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة

يُعَدُّ مُؤشِّر الغطاء النَّباتي الطَّبيعي (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index)أحد الأدوات الرَّئيسيَّة لقياس كمية ونوعية الغطاء النَّباتي في منطقة ما. تتراوح قيم NDVI بين -١ و+١، حيث تشير القيم الأعلى (القريبة من +١) إلى وجود غطاء نباتي كثيف وصحي، بينما تشير القيم المنخفضة (القريبة من الصفر أو القيم السالبة) إلى مناطق خالية من النَّباتات أو ذات غطاء نباتي ضعيف (Tucker, 1979) تلعب الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI) دورًا كبيرًا في ارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضريَّة مقارنة بالمناطق الرِّيفيَّة المُحيطة. ويُسهم الغطاء النَّباتي في التخفيف من حدة هذه الظاهرة من خلال عدَّة آليات، منها:

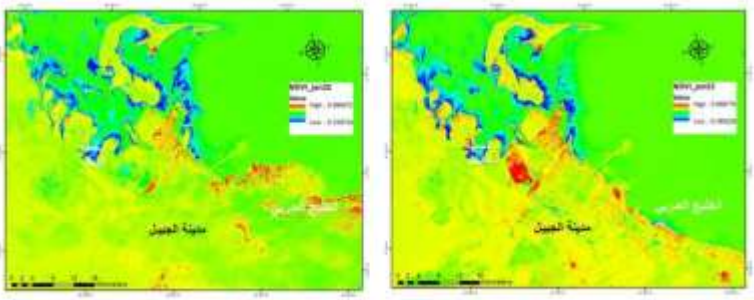
التبريد بالنتح :(Transpiration) تمتص النَّباتات الماء من التربة وتُطلقه في الجو على شكل بخار ماء، ممَّا يُسهم في تبريد الهواء المُحيط.

التظليل (Shading) توفُّر الأشجار والنَّباتات الظل الذي يقلل من امتصاص الأسطح للإشعاع الشمسي، ممَّا يؤدي إلى خفض درجات الحرارة السَّطحية (Oke, 1982).

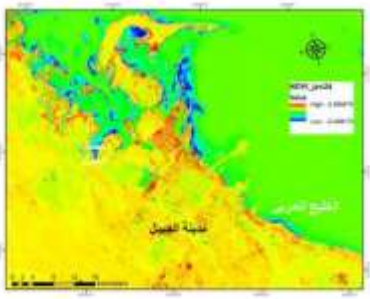
ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



مؤشر الغطاء النباتي شهر يناير ٢٠٢٠ | مؤشر الغطاء النباتي شهر يناير ٢٠٢١



مؤشر الغطاء النباتي شهر يناير ٢٠٢٢ | مؤشر الغطاء النباتي شهر يناير ٢٠٢٣

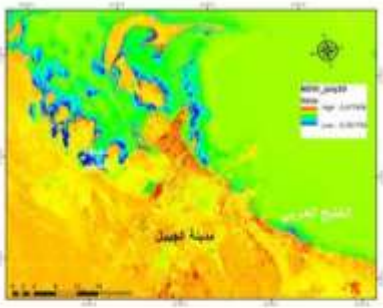


مؤشر الغطاء النباتي شهر يناير ٢٠٢٤

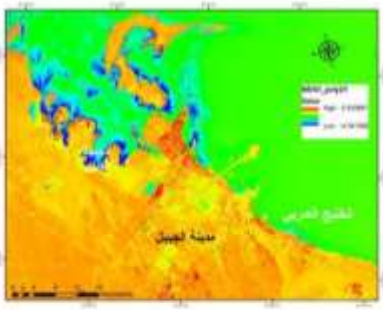
المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيَّات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (٦) مُؤشِّر الغطاء النَّباتي NDVI في فصل الشتاء (شهر يناير) بمنطقة الجُبيل في الفترة بين ٢٠٢٠ ـ ٢٠٢٤

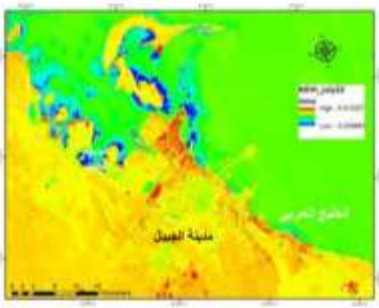
ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



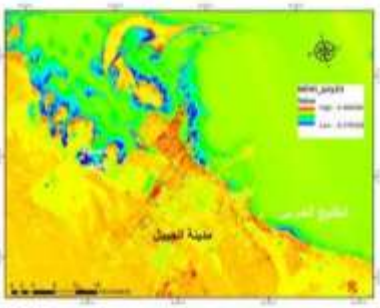
مؤشر الغطاء النباتي شهر يوليو ٢٠٢٠



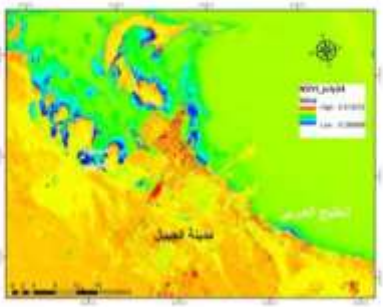
مؤشر الغطاء النباتي شهر يوليو ٢٠٢١



مؤشر الغطاء النباتي شهر يوليو ٢٠٢٢



مؤشر الغطاء النباتي شهر يوليو ٢٠٢٣



مؤشر الغطاء النباتي شهر يوليو ٢٠٢٤

المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (٧) مُؤشِّر الغطاء النَّباتي NDVI في فصل الصيف (شهر يوليو) بمنطقة الجُبيل في الفترة بين ٢٠٢٠ ـ ٢٠٢٤

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

بناءً على ذلك، تُظهر المناطق ذات قيم NDVI العالية (الغطاء النَّباتي الكثيف) مقاومة أكبر لظاهرة الجُزُر الحراريَّة، بينما تكون المناطق ذات قيم NDVI المُنخفضة (المناطق الخالية من النَّباتات أو ذات الغطاء النَّباتي المحدود) أكثر عرضة لتأثيرات هذه الظاهرة.

يوضح الشكلان (٦ و٧) الاختلافات في قيم NDVI لمنطقة الدِّراسة خلال فترتي الشتاء والصيف للفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤. تشير النتائج إلى انخفاض ملحوظ في قيم NDVI، ممَّا يعكس تراجع الغطاء النَّباتي في المدينة. تظهر هذه التغيرات على شكل بقع حمراء صغيرة تمثل المناطق المحدودة من المُتنزهَّات والأراضي المزروعة، ممَّا يؤكد التأثير السلبي للتوسع الحضري على الغطاء النَّباتي الطَّبيعي (Zhao et al., 2016).

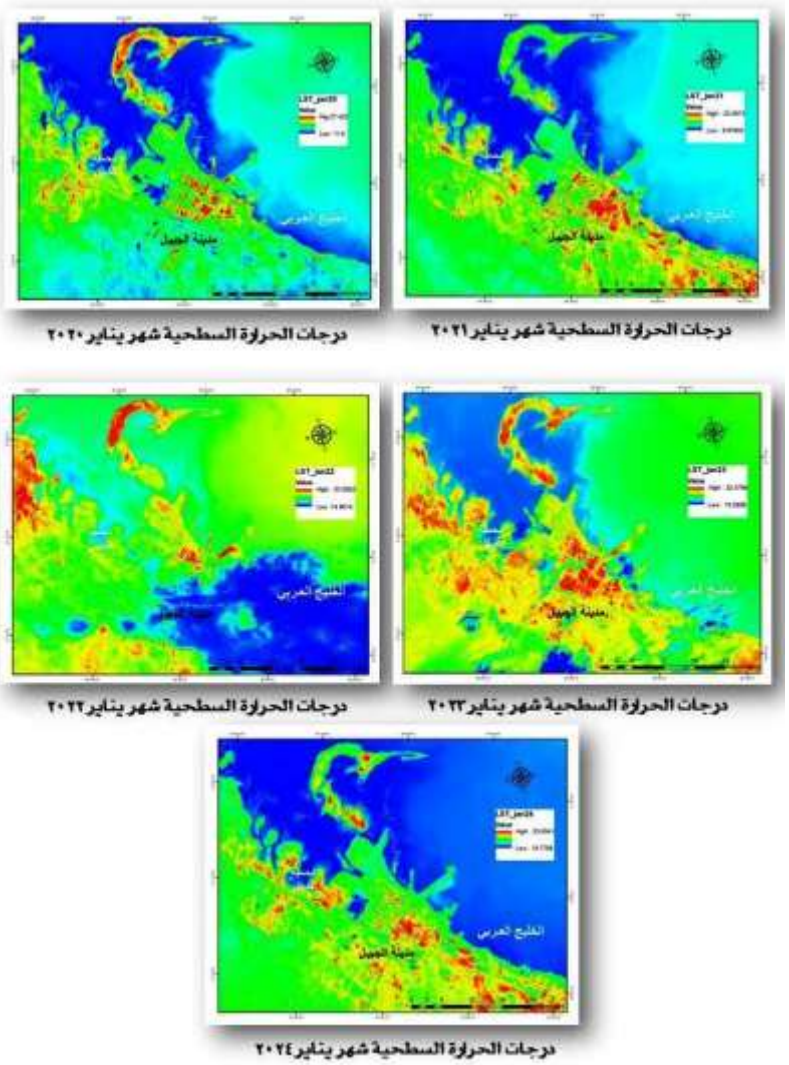
٧-٣-درجات الحرارة السَّطحية (LST) واستخلاصها من البيانات الفضائيَّة

تُعرف درجة الحرارة السَّطحية (Land Surface Temperature - LST) بأنها درجة حرارة سطح الأرض الفعلي، سواء كان هذا السَّطح صُلبًا (مثل التربة والصخور والمباني) أو سائلًا (مثل المسطحات المائية) أو غطاءً نباتيًّا. تختلف LST عن درجة حرارة الهواء التي تُقاس بواسطة الترمومترات، حيث تعكس LST التفاعل المباشر بين سطح الأرض والإشعاع الشمسي(Li et al., 2013) .

لحساب LST، يتم الاعتماد على البيانات الحراريَّة المستخلصة من الأقمار الصِّناعيَّة، مثل مستشعر TIRS (Thermal Infrared Sensor) الموجود في قمري Landsat 8 وLandsat 9. وتُوفِّر هذه الأقمار بيانات حراريَّة بدقة مكانية متوسطة (١٠٠ متر مُعادة إلى ٣٠ مترًا)، ممَّا يجعلها مناسبة لتحليل التَّوزيع الحراري على المستوى المحلي (USGS, 2021). يتطلب استخلاص LST من المرئيات الفضائيَّة اتباع خطوات منهجية تشمل المعايرة الإشعاعية، التصحيح الجوي، حساب درجة حرارة السطوع، وتصحيح الانبعاثية. يمكن تنفيذ هذه الخطوات باستخدام برمجيات متخصصة مثل ArcGIS Pro 3.4.

في هذه الدِّراسة، تمَّ استخلاص درجات الحرارة السَّطحية من مرئيات قمري Landsat 8 وLandsat 9 باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.4، وفقًا للمعادلات الموضحة سابقًا. يوضح الشكلان (٨ و٩) التَّوزيعات المكانية والزمنية لدرجات الحرارة السَّطحية في منطقة الدِّراسة خلال شهر يناير (فصل الشتاء) الذي يمثل أبرد شهور السنة، وشهر يوليو (فصل الصيف) الذي يمثل أكثر الشهور حرارة، وذلك خلال الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤. تشير النتائج إلى:

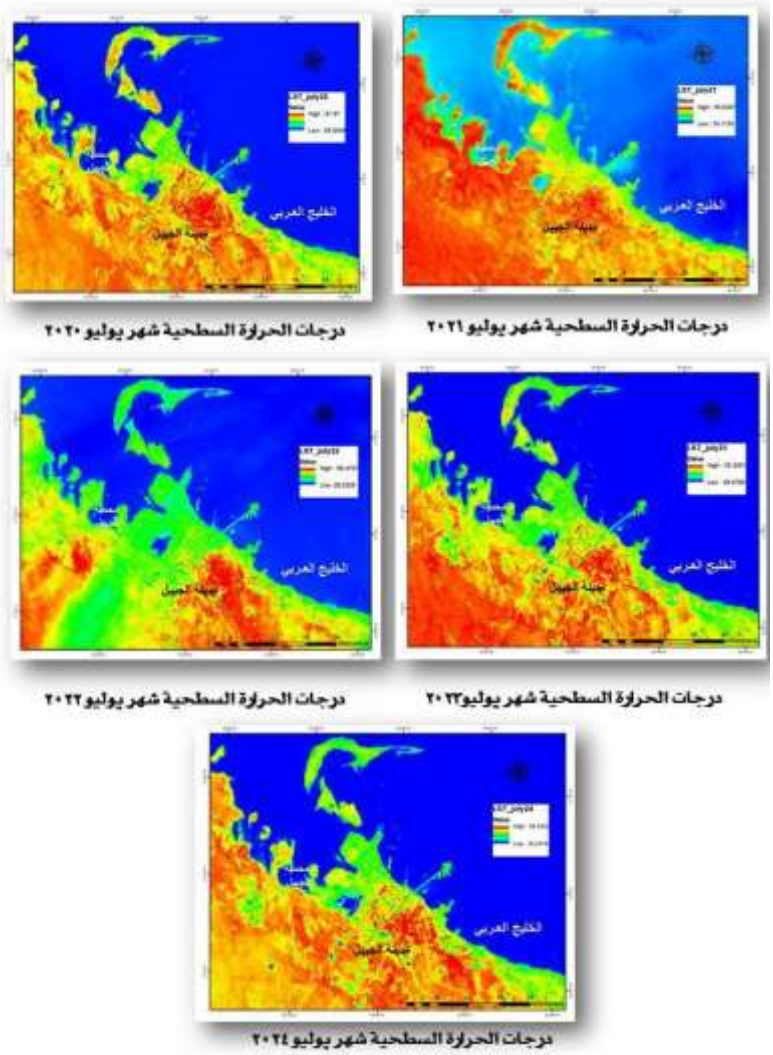
ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (٨) التَّوزيعات المكانية الزمنية لدرجة حرارة سطح بمنطقة الجُبيل في خلال شهر يناير (فصل الشتاء) خلال الفترة من ٢٠٢٠-٢٠٢٤

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (٩) التَّوزيعات المكانية الزمنية لدرجة حرارة سطح بمنطقة الجُبيل في خلال شهر يوليو (فصل الصيف) خلال الفترة من ٢٠٢٠-٢٠٢٤

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

تراوحت درجات الحرارة السَّطحية في فصل الشتاء (شهر يناير) بين ٨ و٣٣ درجة مئوية خلال الخمس سنوات الماضية .في فصل الصيف (شهر يوليو)، تراوحت درجات الحرارة السَّطحية بين ٢٤ و٥٦ درجة مئوية، مع وصولها إلى ذروتها في يوليو ٢٠٢٠، حيث سجلت ٦٠ درجة مئوية. وتُظهر هذه النتائج التَّبايُن الكبير في درجات الحرارة السَّطحية بين فصلي الشتاء والصيف، ممَّا يعكس التأثير المباشر للعوامل المناخيَّة والغطاء الأرضي على توزيع الحرارة في المدينة (Weng et al., 2004).

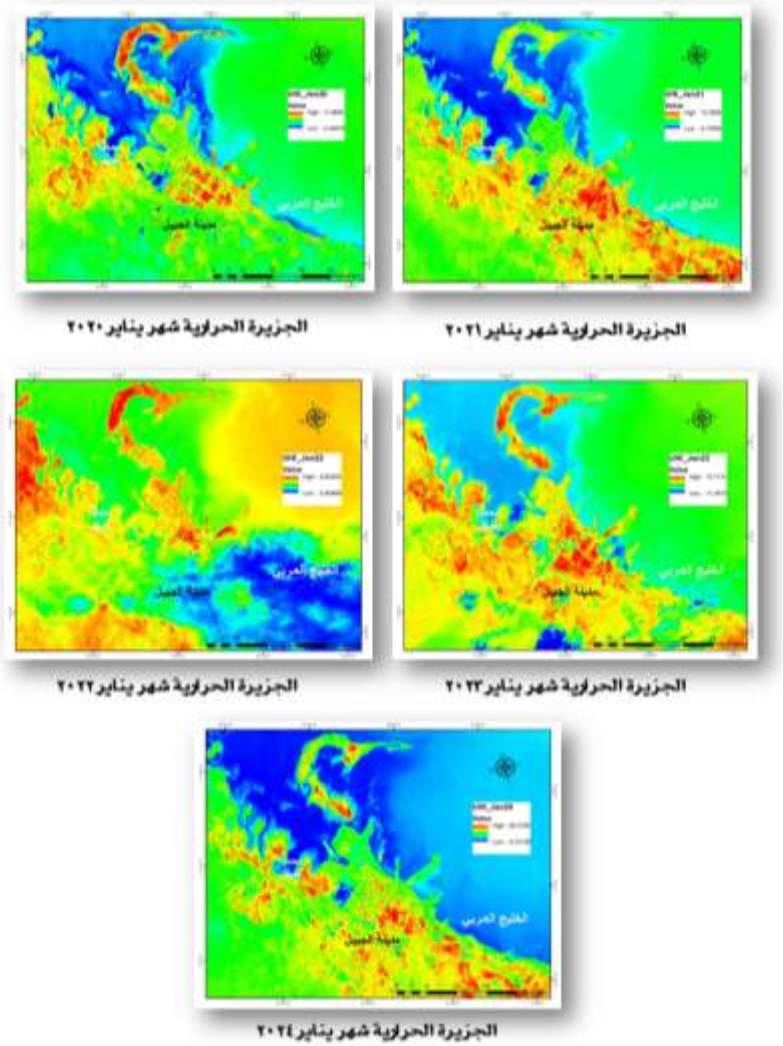
٧ – ٤-ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI) في مدينة الجُبيل

"ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI) هي ظاهرة بيئيَّة - مناخيَّة تتميز بارتفاع درجات الحرارة في المناطق الحضريَّة مقارنة بالمناطق الرِّيفيَّة المجاورة. تحدث هذه الظاهرة نتيجة للتغيرات في خصائص سطح الأرض، مثل زيادة الأسطح غير المنفذة (Impervious Surfaces) كالطرق والمباني، والتي تمتص وتخزن الحرارة بشكل أكبر من الأسطح الطَّبيعية. بالإضافة إلى ذلك، تسهم الأنشطة البشرية، مثل النقل والصِّناعة، في زيادة انبعاثات الحرارة. تؤدي هذه العوامل مجتمعة إلى تكوين مناطق حراريَّة مُرتفعة في المدن، ممَّا يؤثر سلبًا على جودة الحياة والبيئة (Grimmond, 2007).

في هذه الدِّراسة، تمَّ قياس الارتباط بين استخدام الأراضي وشدَّة ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة باستخدام مُؤشِّر شدة الحرارة الحضريَّة (UHI Intensity) المُستخلص من صور الأقمار الصِّناعيَّة Landsat 8 وLandsat 9. وتمَّ تحديد التأثير الحراري الزمني لاستخدام الأراضي على شدة UHI من خلال تحليل نسبة متوسط درجات الحرارة وتباينها بين فصلي الصيف والشتاء. وأجريت الدِّراسة في مدينة الجُبيل، المملكة العربيَّة السُّعوديَّة، خلال الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤.

تشير النتائج إلى أن هناك عدَّة عوامل تسهم في تفاقم ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في منطقة الجُبيل، منها: طبيعة سطح الأرض: تُغطى المناطق الحضريَّة بمواد بناء داكنة مثل الأسفلت والخرسانة، والتي تمتصُّ كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي وتحتفظ به كحرارة، ممَّا يزيد من شدة الظاهرة. بالإضافة إلى نقص الغطاء النَّباتي: تقل المساحات الخضراء والأشجار في المناطق الحضريَّة، ممَّا يقلل من تأثير التبريد الطَّبيعي الناتج عن عملية النتح (Transpiration) والتظليل.(Shading) ، إلى جانب انبعاثات الحرارة من الأنشطة البشرية: تسهم الأنشطة البشرية مثل حركة المرور واستخدام مكيفات الهواء والعمليات الصِّناعيَّة في انبعاث.

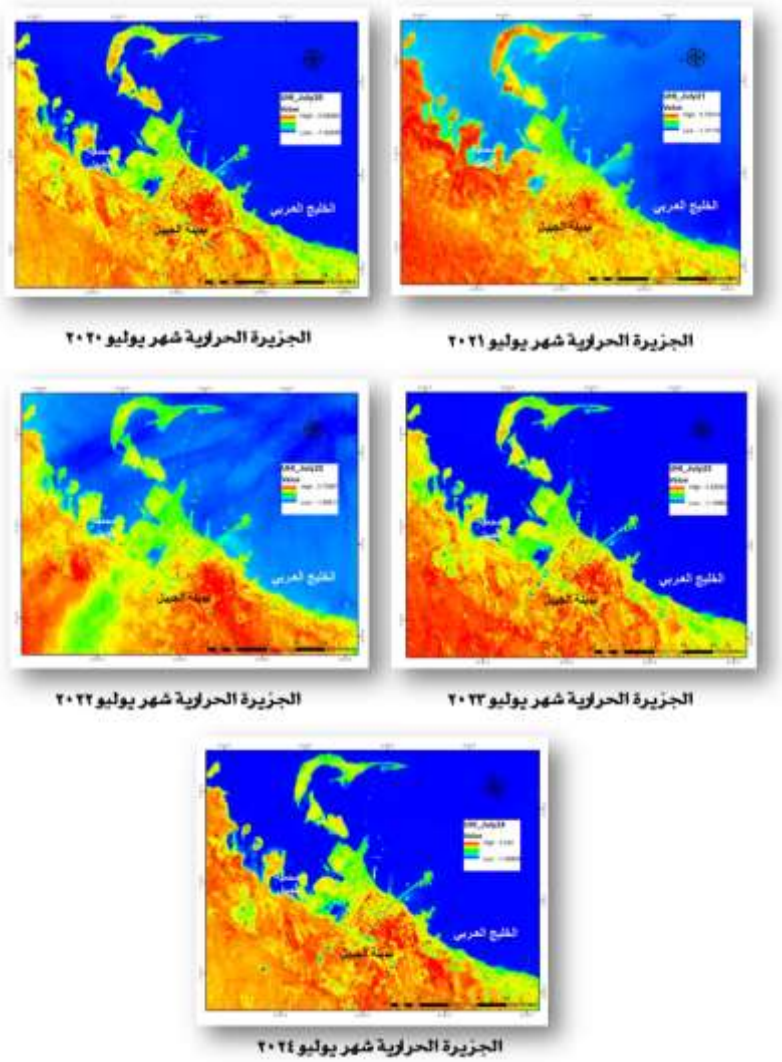
ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (١٠) توزيع الجزيرة الحرارة الحضريَّة (UHI) في منطقة الجُبيل في شهر يناير (شتاء). خلال الفترة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

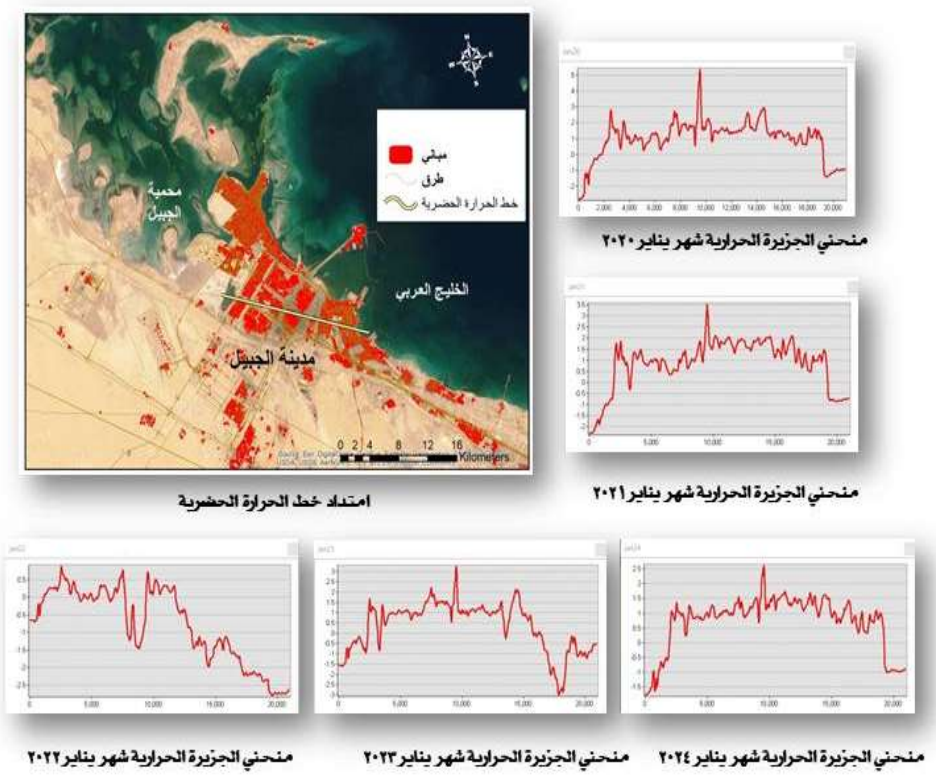
شكل (١١) توزيع الجزيرة الحرارة الحضريَّة (UHI) في منطقة الجُبيل في شهر يوليو (صيف). خلال الفترة ٢٠٢٠-٢٠٢٤

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

كميات كبيرة من الحرارة إلى البيئة الحضريَّة. الظروف الجوية: تزداد حدة الظاهرة في الأيام الهادئة والصافية، حيث يكون تشتت الحرارة أقل (Santamouris, 2014).

يوضح الشكلان (١٠ و١١) التَّوزيع المكاني لظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في منطقة الجُبيل خلال فصلي الصيف والشتاء للفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤. تُظهر النتائج تباينًا واضحًا في شدة الظاهرة بين الفصلين، مع ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة خلال فصل الصيف مقارنة بفصل الشتاء.

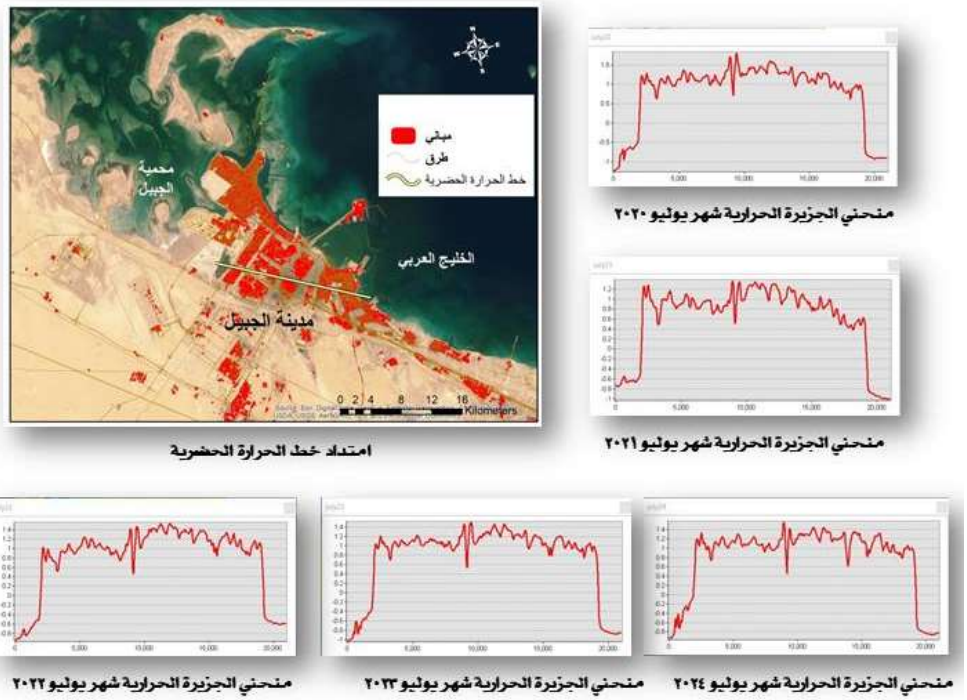
٧-٥-المنحنى البياني للحرارة الحضريَّة بمنطقة الدِّراسة خلال الفترة ٢٠٢٠-٢٠٢٤



المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (١٢) منحني بياني للحرارة الحضريَّة بمنطقة الجُبيل في شهر يناير (شتاء) خلال الفترة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (١٣) منحني بياني للحرارة الحضريَّة بمنطقة الجُبيل في شهر يوليو (صيف) خلال الفترة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

يُعَدُّ المنحنى البياني للحرارة الحضريَّة (Urban Heat Island Profile) أداةً مرئيَّةً فعالةً لفهم وتوضيح ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة .(UHI) يعكس هذا المنحنى التغير في درجات الحرارة عبر منطقة حضريَّة، بدءًا من المناطق الرّيفيَّة المُحيطة وصولًا إلى قلب المدينة، حيث تصل درجات الحرارة إلى ذروتها في المناطق المبنية بكثافة، ثم تعود للانخفاض تدريجيًّا مع الابتعاد عن المركز الحضري (Oke, 1982). ويُظهر هذا التمثيل البياني كيفية تفاعل العوامل الحضريَّة، مثل الكثافة العمرانية ونوعية الأسطح، مع الظروف الجوية لتشكيل أنماط حراريَّة مميزة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

من خلال تحليل الشكلين (١٢ و١٣)، اللذين يوضحان المنحنى البياني للحرارة الحضريَّة في منطقة الدِّراسة خلال شهر يناير (شتاء) وشهر يوليو (صيف) للفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤، يمكن استنتاج ما يلي:

اضطراب الجزيرة الحراريَّة في شهر يناير (شتاء): يُظهر المنحنى اضطرابًا في توزيع الحرارة الحضريَّة، ممَّا يعكس تأثير الظروف الجوية السائدة خلال فصل الشتاء، مثل سرعة الرياح والرطوبة العالية. هذه العوامل تعمل على تشتيت الحرارة وتقليل تركيزها في المناطق الحضريَّة، ممَّا يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في شدة الجُزُر الحراريَّة مقارنة بفصل الصيف(Santamouris, 2014) .

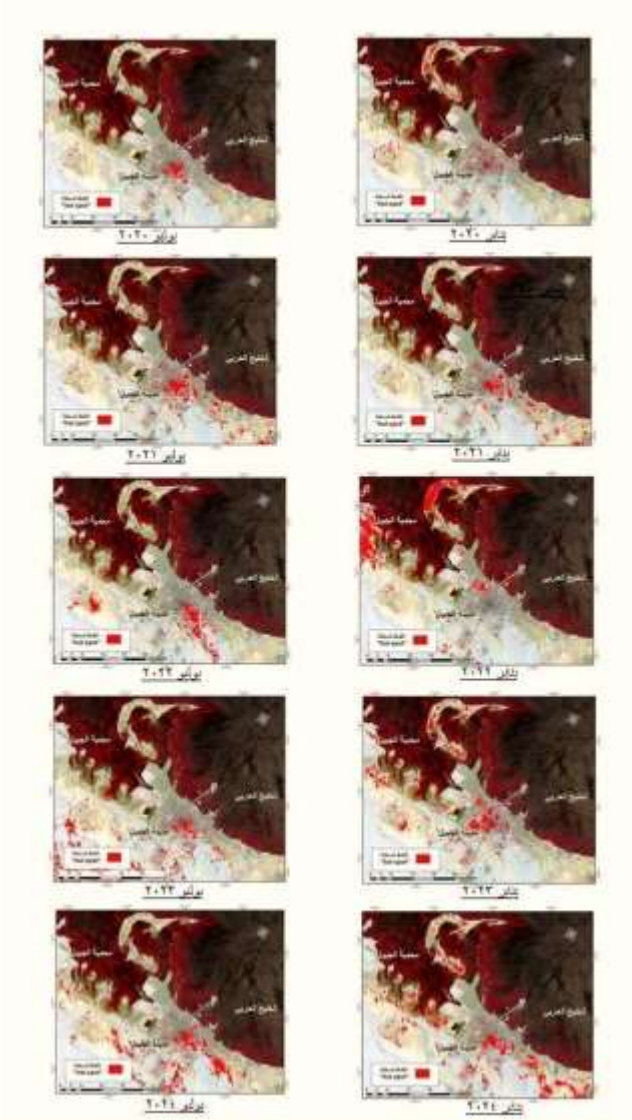
استقرار الجزيرة الحراريَّة في شهر يوليو (صيف): يُظهر المنحنى استقرارًا واضحًا في توزيع الحرارة الحضريَّة، مع وجود قمَّة مُتَّسعة تمثل قلب المدينة والمناطق المبنية بكثافة. تصل درجات الحرارة في هذه المناطق إلى أعلى مستوياتها، حيث تسهم المواد الكتيمة مثل الأسفلت والخرسانة في امتصاص الحرارة وإطلاقها ليلًا. بالإضافة إلى ذلك، تؤدي الظروف الجوية الصيفية، مثل ارتفاع الإشعاع الشمسي وهدوء الرياح، إلى تفاقم الظاهرة (Li et al., 2019).

تُظهر النتائج تباينًا كبيرًا في شدة الجُزُر الحراريَّة بين فصلي الشتاء والصيف، ممَّا يؤكد تأثير العوامل الجوية على توزيع الحرارة الحضريَّة. دور الكثافة العمرانية: تُعَدُّ المناطق المبنية بكثافة، مثل قلب المدينة، الأكثر تأثرًا بالظاهرة بسبب زيادة الأسطح الصلبة وقلة المساحات الخضراء، بالإضافة إلى وجود المناطق الصِّناعيَّة الأولى والثانية التي لها أكبر الأثر على الجُزُر الحراريَّة بمنطقة الدِّراسة.

٧-٦ - النقاط السَّاخنة (Hotspots) في منطقة الجُبيل خلال الفترة ٢٠٢٠-٢٠٢٤

مفهوم النقاط السَّاخنة (Hotspots): في سياق الدِّراسات المناخيَّة والحضريَّة، تُعرف النقاط السَّاخنة (Hotspots) بأنها مناطق محددة تشهد تغيرات مناخيَّة أكثر حدة مقارنة بالمناطق المُحيطة. في حالة ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة(UHI)، تشير هذه النقاط إلى المناطق التي تسجل ارتفاعًا غير طبيعي في درجات الحرارة بسبب عوامل بشرية وطبيعية، مثل الكثافة العمرانية، الأنشطة الصِّناعيَّة، وقلة المساحات الخضراء (Oke, 1982) تُعَدُّ هذه المناطق مُؤشِّرًا مهمًّا لفهم تأثير التوسع الحضري والصِّناعي على المناخ المحلي.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



المصدر: من تحليل الباحثة للمرئيات الفضائيَّة لانسات ٨،٩ باستخدام برنامج ArcGIS Pro3.4

شكل (١٤) موقع النقاط السَّاخنة Hot spot منطقة الجُبيل خلال الفترة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

يوضح الشكل (١٤) مواقع النقاط السَّاخنة في منطقة الجُبيل خلال الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤. من خلال تحليل البيانات، يمكن استنتاج ما يلي:

-تظهر النقاط السَّاخنة بشكل واضح في المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية من مدينة الجُبيل. هذه المناطق تشهد ارتفاعًا كبيرًا في درجات الحرارة مقارنة بالمناطق المُحيطة، حيث تسجل درجات حرارة أعلى بـ٥-١٠ درجات مئوية في بعض الأحيان. يرتبط هذا الارتفاع بالأنشطة الصِّناعيَّة المكثفة والبنية التحتية الحضريَّة التي تعتمد على مواد كتيمة تمتص الحرارة.

-عند مقارنة مواقع النقاط السَّاخنة بخرائط استخدام الأراضي، يتضح أنها تتركز فوق المدينة الصِّناعيَّة الأولى والمدينة الصِّناعيَّة الثانية. تشمل هذه المناطق شركات الحديد والصلب، شركات البتروكيماويات، ومعمل الغاز. تسهم الانبعاثات الحراريَّة والغازية الناتجة عن هذه الأنشطة في تكوين جزر حراريَّة دائمة فوق المدينة. على سبيل المثال، تُطلق عمليات التصنيع وانبعاثات المصانع كميات كبيرة من الحرارة، ممَّا يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة المحلية.(Santamouris, 2014)

- تُظهر البيانات أن النقاط السَّاخنة تكون أكثر وضوحًا خلال فصل الصيف، حيث تصل درجات الحرارة إلى ذروتها. في المقابل، تكون هذه النقاط أقل حدة خلال فصل الشتاء بسبب الظروف الجوية الأكثر اعتدالًا، مثل زيادة سرعة الرياح وانخفاض الإشعاع الشمسي.

ويرجح وجود النقاط السَّاخنة في منطقة الجُبيل لعدة عوامل طبيعية وبشرية ومنها:

- الأنشطة الصِّناعيَّة: تُعَدُّ المصانع ومراكز الإنتاج من أكبر مصادر الانبعاثات الحراريَّة في منطقة الجُبيل.
- الكثافة العمرانية: زيادة استخدام مواد البناء الكتيمة مثل الأسفلت والخرسانة، والتي تمتص الحرارة وتطلقها ليلًا.
- حركة المرور: تسهم انبعاثات المركبات في زيادة تركيز الحرارة في المناطق الحضريَّة.
- قلَّة المساحات الخضراء: تقل قُدرة المناطق الصِّناعيَّة على التبريد بسبب نقص الأشجار والمسطحات الخضراء.
- الظروف الجوية: تزداد حدة النقاط السَّاخنة في الأيام الصافية والهادئة، حيث يكون تشتت الحرارة أقل.

التَّوصيات

ممَّا سبق يتضح مدي تأثر مدينة الجُبيل بالجُزُر الحراريَّة والنقاط السَّاخنة خاصة فوق المناطق الصِّناعيَّة، لذلك توصي الباحثة بما يلي:

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

-**زيادة المساحات الخضراء: عن طريق** تشجير المناطق الصِّناعيَّة: زراعة الأشجار حول المصانع والمنشآت الصِّناعيَّة في المدينة الصِّناعيَّة الأولى والمدينة الصِّناعيَّة الثانية لتوفير التبريد الطَّبيعي وتقليل الانبعاثات الحراريَّة. **و**إنشاء الحدائق العامة تحويل المساحات الفضاء في الأحياء السكنية إلى حدائق عامة، مثل حديقة الجُبيل الصِّناعيَّة، وإنشاء حدائق صغيرة في الأحياء السكنية. وتشجيع استخدام الأسطح الخضراء في المباني السكنية والصِّناعيَّة، خاصَّةً في المناطق ذات الكثافة العمرانية العالية.

- **تحسين مواد البناء والبنية التحتية: عن طرق استخدام** المواد العاكسة للحرارة، وهي مواد بناء ذات معامل انعكاس عالٍ (High Albedo) في تشييد المباني الجديدة أو تجديد المباني القديمة، مثل الأسطح البيضاء أو المواد العاكسة للأشعة تحت الحمراء. **و**تطبيق تقنيات الأسطح الباردة (Cool Pavements)في شوارع الجُبيل الرَّئيسيَّة، مثل استخدام الأسفلت ذي الألوان الفاتحة أو المواد المسامية التي تسمح بتبخر المياه، **بالإضافة إلى** تحسين عزل المباني لتقليل تسرب الحرارة إلى الداخل، ممَّا يقلل من الاعتماد على أجهزة التكييف.

-**تحسين كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات: عن طريق** تقليل الانبعاثات الصِّناعيَّة: تشجيع المصانع على استخدام تقنيات حديثة لتقليل الانبعاثات الحراريَّة، مثل أنظمة التبريد الفعّالة وإعادة تدوير الحرارة المُهدرة. **و**تشجيع استخدام المركبات الكهربائية أو الهجينة في المدينة، خاصةً في وسائل النقل العام. استخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لتوليد الكهرباء في المصانع والمنازل، ممَّا يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويقلل الانبعاثات الحراريَّة.

-**التخطيط العمراني المستدام: حيث إن** تطوير أحياء سكنية جديدة تعتمد على التهوية الطَّبيعية، مع توجيه الشوارع والمباني لاستغلال الرياح الملطفة لدرجة الحرارة والقادمة من الخليج العربي، بالإضافة **إلى توزيع** الكثافة السكانية والصِّناعيَّة بشكل متوازن لتجنب تركز الحرارة في مناطق محددة.

- **السياسات الحكومية والتشريعات من خلال** وضع معايير بيئيَّة صارمة، وإلزام المصانع والشركات باتباع معايير بيئيَّة صارمة لتقليل الانبعاثات الحراريَّة والغازية.

- **التوعية المجتمعية**: تنظيم حملات توعية لأهالي الجُبيل حول أهمية المساحات الخضراء وترشيد استهلاك الطاقة. **و**تشجيع السكان على المشاركة في مبادرات التشجير وتحسين البيئة الحضريَّة، مثل زراعة الأشجار في الأحياء السكنية.

الخاتمة

تُعَدُّ ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة (UHI) من أهم التحديات البيئيَّة التي تُواجه المُدُن الصِّناعيَّة الحديثة، خاصةً في مدينة الجُبيل التي تتميز بكثافتها العمرانية العالية والنشاط الصِّناعي المكثف. من خلال هذا البحث، تمَّ تحليل توزيع درجات الحرارة السَّطحية (LST)وتأثير استخدامات الأراضي على شدة الظاهرة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونُظُم المعلومات الجُغرافيَّة (GIS). وأظهرت النتائج أن المناطق الصِّناعيَّة، مثل المدينة

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

الصِّناعيَّة الأولى والثانية، هي الأكثر تأثرًا بالظاهرة، حيث سجلت درجات حرارة أعلى بكثير مقارنة بالمناطق المُحيطة.

تمَّ تحديد عدَّة عوامل رئيسية تسهم في تفاقم الظاهرة، منها استخدام المواد الكتيمة في البناء، قلة المساحات الخضراء، والانبعاثات الحراريَّة الناتجة عن الأنشطة الصِّناعيَّة والمرورية. بالإضافة إلى ذلك، أظهر تحليل مُؤشِّر الغطاء النَّباتي (NDVI) أن المناطق ذات الغطاء النَّباتي المحدود هي الأكثر عُرضة لتأثيرات الجُزُر الحراريَّة، ممَّا يؤكد أهمية زيادة المساحات الخضراء في التخفيف من حدة الظاهرة.

بناءً على هذه النتائج، تمَّ تقديم مجموعة من التوصيات العملية لتحسين الوضع البيئي في مدينة الجُبيل، مثل زيادة المساحات الخضراء، تحسين مواد البناء، تحسين كفاءة الطاقة، وتبني سياسات حكومية تدعم التخطيط العمراني المُستدام. هذه التوصيات لا تسهم فقط في تقليل تأثير الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة، بل تعزز أيضًا جودة الحياة للسكان وتحقق التوازن بين التنمية الصِّناعيَّة والحفاظ على البيئة.

في الختام، يمكن القول إن هذا البحث يقدم إطارًا علميًّا لفهم ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في مدينة الجُبيل، مع تقديم حلول عملية يمكن تطبيقها على أرض الواقع. ومع ذلك، فإن نجاح هذه الحلول يتطلب تعاونًا وثيقًا بين الجامعات والمؤسسات المختلفة. كما تتيح هذه الدِّراسة الفرصة لإجراء أبحاث مستقبلية تركز على تقييم فاعليَّة الحلول المُقترحة.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

قائمة المراجع

-المراجع العربيَّة

العريفي، م. (٢٠١٩). استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد في تحليل ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة: دراسة تطبيقية على مدينة الدمام .*مجلة الجغرافيا والتخطيط، جامعة الملك خالد*.

العتيبي، أ. (٢٠١٨). ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في مدينة الرياض: الأسباب والآثار .*مجلة العلوم الجُغرافيَّة، جامعة الملك سعود*.

الجهني، ر. (٢٠٢٢). دور التخطيط العمراني في التخفيف من ظاهرة الجُزُر الحراريَّة: دراسة حالة مدينة مكة المكرمة.

الحسيني، س. (٢٠٢٠). تحليل ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة في المُدُن السُّعوديَّة باستخدام نُظُم المعلومات الجُغرافيَّة .*مجلة البحوث الجُغرافيَّة، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية*.

الشهري، ع. (٢٠١٧). دور المساحات الخضراء في التخفيف من ظاهرة الجُزُر الحراريَّة الحضريَّة: دراسة حالة مدينة الرياض .*مجلة العمارة والتخطيط، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن*.

الغامدي، م.، والزهراني، خ. (٢٠١٩). تأثير التوسع العمراني على ظاهرة الجُزُر الحراريَّة في مدينة جدة .*مجلة الدِّراسات البيئيَّة، جامعة الملك عبد العزيز*.

وزارة البيئة والمياه والزراعة السُّعوديَّة .(2020) .*التقرير السنوي عن حالة البيئة في المملكة العربيَّة السُّعوديَّة*.

- المراجع الأجنبيَّة

Alghamdi, A. S., & Moore, T. W. (2015). Urban heat islands in Saudi Arabia: A case study of Riyadh. *International Journal of Climatology*, *35*(7), 1497-1509. https://doi.org/10.1002/joc.4064

Al-Hemoud, A., et al. (2020). Urban heat island and climate change: A case study of Dammam, Saudi Arabia. *Sustainability, 12*(15), 6115. https://doi.org/10.3390/su12156115

Aljoufie, M., et al. (2018). Urban heat island dynamics in Jeddah: A remote sensing and GIS-based analysis. *Journal of Urban Planning and Development*, *144*(2), 04018007. https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000425

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

Alqasemi, A. S., et al. (2021). Impact of urban heat islands on the environment and human health in Saudi Arabia: A remote sensing and GIS approach. *Environmental Research, 196*, 110937. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110937

Al Saud, M. (2015). Assessment of urban heat islands in Riyadh using remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences, 8*(11), 9759-9770. https://doi.org/10.1007/s12517-015-1939-8

Esri. (n.d.). Living Atlas of the World: Land Cover. Retrieved October 10, 2024, from https://livingatlas.arcgis.com/landcover

Grimmond, S. (2007). Urbanization and global environmental change: Local effects of urban warming. *The Geographical Journal, 173*(1), 83-88. https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2007.00238.x

Li, X., & Zhou, Y. (2017). Urban heat island: Mechanisms, implications, and possible remedies. *Annual Review of Environment and Resources, 42*(1), 1-23. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060820

Li, Z.-L., Tang, B.-H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... & Zhou, G. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment, 131*, 14-37. https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.008

OpenStreetMap contributors. (n.d.). OpenStreetMap. Retrieved October 10, 2023, from https://www.openstreetmap.org

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108*(455), 1-24. https://doi.org/10.1002/qj.49710845502

Rahman, M. N., Rony, M. R. H., Jannat, F. A., Chandra Pal, S., Islam, M. S., Alam, E., & Islam, A. R. M. T. (2022). Impact of urbanization on urban heat island intensity in major districts of Bangladesh using remote sensing and geo-spatial tools. *Climate, 10*(1), 3. https://doi.org/10.3390/cli10010003

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Energy and Buildings, 103*, 2-20. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.059

Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment, 8*(2), 127-150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

USGS. (2021). *Landsat 8-9 Thermal Infrared Sensor (TIRS) Data Users Handbook*. U.S. Geological Survey. https://www.usgs.gov/landsat

Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment, 89*(4), 467-483. https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005

Yuan, F., & Bauer, M. E. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment, 106*(3), 375-386. https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.003

Zhao, X., Liu, X., & Chen, J. (2016). The impact of urban expansion on vegetation dynamics in China: A satellite-based analysis. *Remote Sensing of Environment, 178*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.031

ISSN: 2537-0839 ***eISSN : 2537-088X***