مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (10)، العدد (1) (يونيو-2024)

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

DOI: https://doi.org/10.59743/jmset.v10i1.211

التوسع الحضري ودوره في التباين المكاني والزمني للاختلافات في درجة حرارة السطح للمنطقة الممتدة من شحات إلى البيضاء، ليبيا

مختار عشري عبد السلام[1] و بُثينة محمد سعيد الصالح[2، *]

[1)] قسم الجغرافيا، كلية التربية، جامعة عمر المختار، ليبيا.

[2)] قسم علوم البيئة، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، ليبيا.

[*]البريد الإلكتروني: bothaina.alsalh@omu.edu.ly

Urban Expansion and Its Role in the Spatial and Temporal Variability of Land Surface Temperature in the Area Extending from Shahhat to Al Bayda, Libya

Mukhtar Ashri Abdel Salam[1] and Buthaina Muhammad Saeed Al-Saleh[2, *]

[1)] Department of Geography, Faculty of Education, Omar Al-Mukhtar University, Libya.

[2)] Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al-Mukhtar University, Libya.

Received: 10 January 2024; Revised: 18 February 2024; Accepted: 18 March 2024.

الملخص

شهدت منطقة الدراسة ضغطًا بيئيًا شديدًا في الفترة الأخيرة بسبب زيادة التحضر والتوسع والتخطيط غير السليم ونقص في الوعي البيئي، لذا تحاول هذه الدراسة في الكشف عن تأثير هذا التغير في المنطقة. اعتمدت هذه الدراسة بشكل رئيسي على التقنيات الجيومكانية (نظم معلومات جغرافية–الاستشعار عن بعد) لتحليل المرئيات الفضائية، وتكمن أهمية الدراسة في رصد وتحليل التغيرات في درجة حرارة السطح خلال الأعوام (2000، 2010، 2020)، واستخدام التصنيف المراقب وحساب مؤشر الغطاء النباتي، ومؤشر المناطق الحضرية، ومؤشر درجة حرارة السطح، وتم تطبيق نموذج الانحدار الجغرافي الموزون لتحليل العلاقة بين درجة حرارة السطح والعوامل المدروسة وتفسير تأثير تلك العوامل على درجة حرارة السطح، واستخدام التحليل الإحصائي لمعامل الارتباط بيرسون لمعرفة العلاقة بين درجة حرارة السطح والمؤشرات المدروسة، وتم الاستعانة بالمرئية الليلة لقمر ASTER للكشف عن الجزر الحرارية بمنطقة الدراسة، وتم التطرق إلى تحليل البقع الحرارية Hot Spot Analysis: Getis-Ord Gi لمعرفة المناطق الباردة والساخنة وتحديد البؤر الحرارية. وقد خلصت الدراسة إلى العديد من النتائج أبرزها ظاهرة الجزر الحرارية وتحديد أكثر المواقع توتراً، فقد أظهرت النتائج تغيرات في مؤشر المناطق الحضرية لعام 2000م الذي بلغ 12.60كم^2، وكان في اتجاه متزايد ليصل 97.74كم^2 في 2020م على حساب المساحات الخضراء، ونتيجة لذلك حدثت زيادة في درجة حرارة السطح، وزيادة في شدة الجزر الحرارية في مدينتي البيضاء وشحات.

الكلمات الدالة: درجات الحرارة، التخطيط العمراني، المناطق الحضرية، شحات، البيضاء، ليبيا.

Abstract

The study area has recently experienced significant environmental pressure as a result of increasing urbanization, uncontrolled urban expansion, inadequate planning practices, and limited environmental awareness. Accordingly, this study seeks to investigate the impacts of these changes on the region. The research primarily relied on geospatial technologies, namely Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), for the analysis of satellite imagery. The significance of the study lies in monitoring and analyzing changes in Land Surface Temperature (LST) during the years 2000, 2010, and 2020. Supervised classification techniques were employed

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

alongside the calculation of key indices, including the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Urban Built-up Index, and Land Surface Temperature Index. Furthermore, a Geographically Weighted Regression (GWR) model was applied to examine the relationship between LST and the selected explanatory variables, providing insights into the influence of these factors on surface temperature patterns. In addition, Pearson's correlation coefficient was used to assess the statistical relationships between LST and the studied indices. ASTER nighttime satellite imagery was utilized to detect Urban Heat Islands (UHIs) within the study area. Hot Spot Analysis (Hot Spot Analysis: Getis-Ord Gi) was also conducted to identify hot and cold zones and to locate significant thermal hotspots. The findings revealed several important outcomes, most notably the occurrence of the Urban Heat Island phenomenon and the identification of the most thermally stressed locations. Results showed substantial growth in the Urban Built-up Index, with urban areas increasing from 12.60 km² in 2000 to 97.74 km² in 2020, largely at the expense of green spaces. Consequently, land surface temperatures increased, accompanied by a marked intensification of urban heat island effects in the cities of Al Bayda and Shahhat.

Keywords: *Temperatures, Urban planning, Urban zones, Shahat, Al-Bayda, Libya.*

1. المقدمة

تُعرف درجة حرارة الأرض الإشعاعية باسم درجة حرارة السطح Land Surface Temperature (LST) وهي معلمة سطح الأرض الإشعاعية الرئيسية على النطاقين الإقليمي والعالمي، وقد أدى الانتقال من المناطق الطبيعية إلى المناطق الحضرية لتغيرات في الخصائص الفيزيائية لسطح الأرض، نتيجة لذلك تكون المناطق الحضرية أكثر دفئًا بكثير من المناطق المحيطة بها، وتعرف المناطق الأكثر دفئًا باسم الجزر الحرارية الحضرية Urban Heat Island (UHI) (EPA, n.d).

دراسة الجزر الحرارية من الدراسات الهامة إذ يرتبط بها انتشار الملوثات في الغلاف الجوي، وتغير المناخ، والتأثير على الكائنات الحية الدقيقة، والتغير في الأنظمة الايكولوجية؛ فالأنشطة البشرية هي مصدر كبير لملوثات الغلاف الجوي مثل أكاسيد النتروجين والمركبات العضوية المتطايرة (Sarrat *et al*., 2006)، ويؤدي التحضر والتخطيط غير السليم للمدن إلى زيادة الحرارة الناتجة عن الأنشطة البشرية، وبالتالي زيادة الطلب على التبريد والحاجة إلى مزيد من إنتاج الطاقة، مما يؤدي إلى زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وهو ما يسهم في تدهور المناخ وزيادة ملوثات الهواء (Yamamoto, 2006).

لذا وتهدف الدراسة لرصد الاختلافات المكانية لدرجة حرارة السطح والفروقات بين معدّلاتها خلال النهار والليل، وتحديد أماكن البؤر الحرارية، من خلال تحليل العلاقة بين درجة الحرارة وبين بعض العوامل والأسباب المؤدية إلى ارتفاعها باستخدام سلسلة من صور الأقمار الصناعية، وتوظيف بعض المؤشرات الطيفية لإنتاج خرائط رقمية عالية الدقة للمنطقة.

1.1. مشكله الدراسة

خلال العقد الماضي شهدت منطقة الدراسة توسعًا حضريًا سريعًا على حساب المساحات الخضراء وبالتالي حدث تغير في الخصائص الطبيعية، ومن ضمنها درجة حرارة سطح الأرض، وتحاول هذه الدراسة الإجابة عن الأسئلة التالية:

- ما هو تأثير التوسع الحضري على التغيرات الحاصلة في الغطاء النباتي ودوره في تغيرات درجة حرارة السطح؟
- هل تؤدي الزيادة في درجات حرارة السطح إلى ظهور بؤر لجزر حرارية داخل المدن حسب استخدامات الأرض؟

2.1. أهداف البحث

- حساب درجة حرارة السطح خلال الأعوام (2000–2020) م.
- إنشاء قاعدة بيانات مكانية للتغيرات الحاصلة في درجة حرارة السطح واستخدامات الأرض.

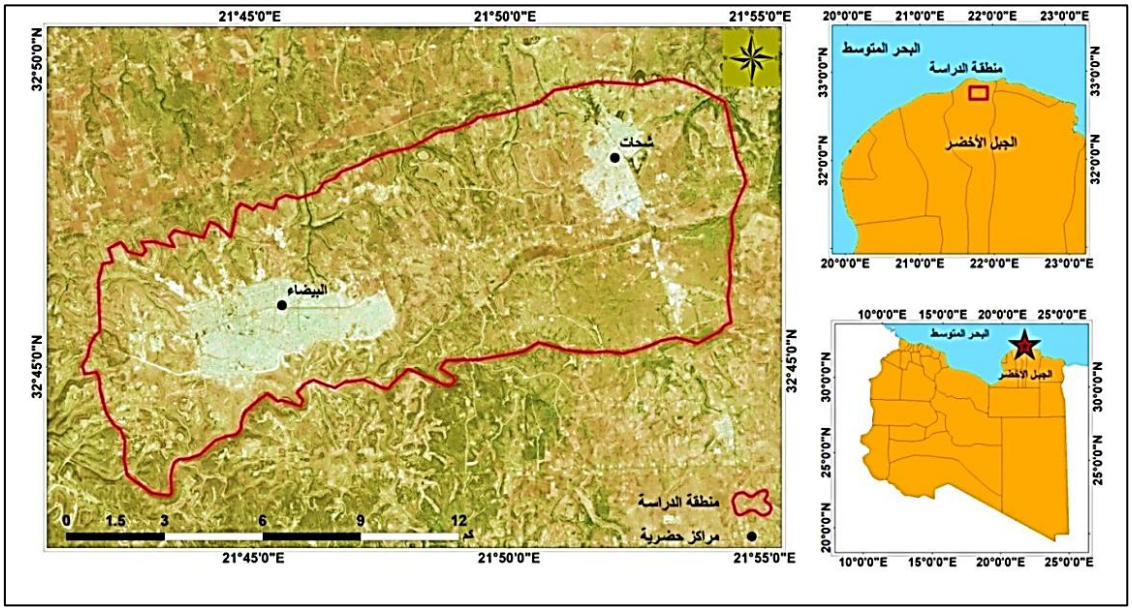
ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

- الوقوف على مدى مساهمة المؤشرات الطيفية في مراقبة أسباب تغيرات درجة حرارة السطح.
- تحليل ظاهرة الجزر الحرارية وتحديد توزيعها المكاني بمنطقة الدراسة واستخدامها كمؤشر للتلوث الحاصل بالمنطقة.

2. المنهجية

1.2. موقع الدراسة

تقع منطقة الدراسة في جزء من المصطبة الثانية للسفح الشمالي في منطقة الجبل الاخضر شمال شرق ليبيا، وتشمل مدينتي البيضاء وشحات، كما تقع منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتي عرض 32°44'26.74" و32° 47' 48.96" شمالاً، وخطي طول 21°42'0.34" و21° 49' 3.06" شرقاً، وتبعد مسافة 18 كيلومتراً جنوب ساحل البحر المتوسط، ويتراوح ارتفاعها ما بين 530–600 متراً فوق سطح البحر، وتبلغ مساحتها 135.9كم^2، ويتراوح متوسط درجة الحرارة 16م° والمتوسط السنوي لكمية الأمطار 556.8 مم (اقويدر،2011).



المصدر: من عمل الباحثان بناء على بيانات Google Earth Pro وباستخدام Arc Map10.8

شكل 1. منطقة الدراسة

2.2. مصادر البيانات

1.2.2. المرئيات الفضائية:

اعتمدت الدراسة على سلسلة من الأقمار الصناعية بغية اشتقاق بعض المؤشرات الطيفية، كما هو مبين بالجدول (1).

جدول 1. المرئيات الفضائية المستخدمة وخصائصها

نوع القمر	زمن الالتقاط	السحب	الدقة المكانية	الاستخدام
LT5 Landsat	2000/09/01	0.0	30	NDVI, LST, NDBI
LE07 Landsat	2010/09/05	0.0	30	NDVI, LST, NDBI
LC Landsat 8OLI	2020/09/08	0.01	30	NDVI, LST, NDBI
ASTER Level 1T	2019/8/11	1.0	60	LST NIGHT
Shuttle Radar Topography	2000/02/01	0.0	30	الارتفاع، الانحدار

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

2.2.2. تجهيز البيانات:

تمتْ معالجة المرئيات الفضائية من خلال التصحيحات الراديومترية، بالإضافة إلى تصحيح التشوهات عن طريق برامج ENVironment for Visualizing Images (ENVI 5.1), Map10.8 Arc ، وذلك لاشتقاق المؤشرات المستخدمة في الدراسة.

3.2.2. المؤشرات المستخدمة:

تم استخدام المؤشرات التالية:

- مؤشر الغطاء النباتي Normalize Difference Vegetation Index (NDVI).
- مؤشر المناطق الحضرية Normalized Differences Built up Index (NDBI).
- مؤشر درجة حرارة السطح Land Surface Temperature (LST).
- تصنيف المرئيات الفضائية (استخدامات الأراضي).
- الخصائص التضاريسية لسطح الارض (ارتفاع، انحدار).

3.2. منهج الدراسة

1.3.2. التحليل الوصفي:

استخدم في البحث المنهج الوصفي لوصف حالة المؤشرات المدروسة بالمنطقة والوضع البيئي خلال الفترة ما بين (2000–2020) بالاعتماد على معطيات المرئيات الفضائية، وتحليل بيانات درجة حرارة السطح من خلال أعلى قيمة لتحليل ظاهرة الجزر الحرارية وعلاقتها بخصائص سطح الأرض، حيث استخدمت قاعدة البيانات المكانية الخاصة باستخدامات الأراضي لإيجاد أكثر المناطق تأثّرًا بظاهرة الجزر الحرارية في المنطقة من خلال ربط المعطيات الحالية الموجودة بالأنشطة البشرية التي تساعد على انتشار ظاهرة الجزر الحرارية.

2.3.2. التحليل الاحصائي:

استخدمت الدراسة مجموعة من الاساليب الإحصائية باستخدام برنامج IBM SPSS Statistics لتوضيح التباين وكشف العلاقات بين المتغيرات.

3.3.2. البقع الحرارية:

تم التطرّق في هذه الدراسة إلى تحديد البقع الحرارية Hotspot Analysis: Getis-OrdGi في الفترة (النهارية والليلة)، للكشف عن البقع الساخنة والباردة وتحديد مواقعها في منطقة الدراسة لإخراج خرائط رقمية، وتُعد من أهم الأساليب في الكشف عن ظاهرة الجزر الحرارية (الشكرية وآخرون، 2023).

3. المناقشة والنتائج

1.3. التحليل الوصفي

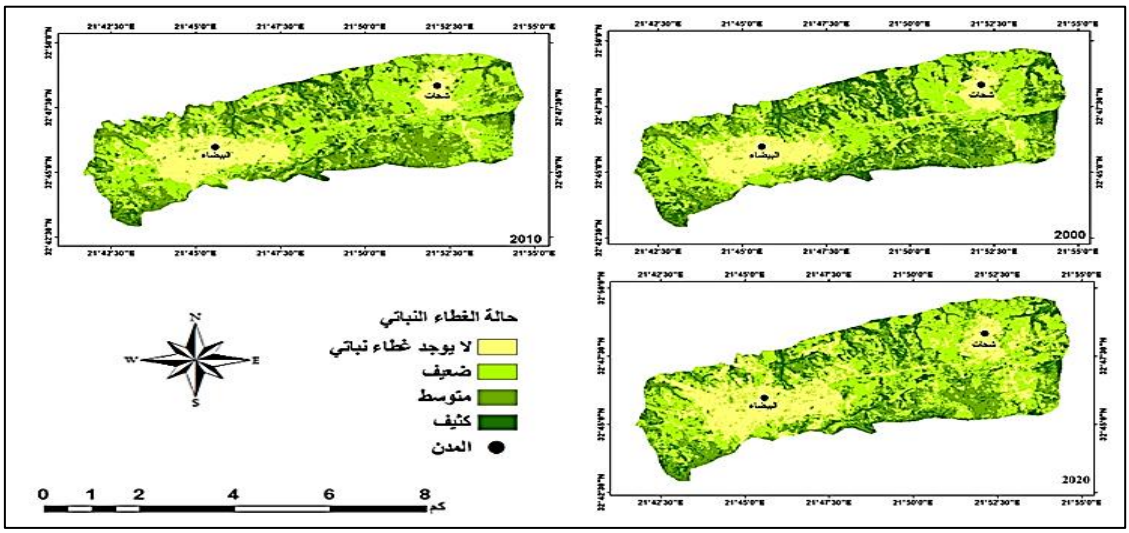
توضح النتائج أن هنالك تغيرات واضحة حدثت في جميع مؤشرات المنطقة بالفترة ما بين (2000–2020) كالتالي:

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

1.1.3. مؤشر الغطاء النباتي:

تظهر قيمة الغطاء النباتي خلال فترات الدراسة تغيرًا واضحًا ما بين 2000–2020 في كثافة الغطاء النباتي، فقد سُجل تراجع في مساحات الغطاء النباتي، وتوسع في مساحات الأراضي الجرداء، ويتبين من خلال الشكل (2) أن مساحة الغطاء النباتي الكثيف بلغت 24.1 كم^2 في عام 2000، بينما تقلصت هذه المساحة إلى 9.2 كم^2 في2020، وسجل أعلى معدل لإزالة الغابات في الجبل الأخضر ما بين عامي 2010–2017 بما يعادل 513 هكتار سنويًا (Alawamy *et al*., 2020).

حدث تغير في الغطاء النباتي نتيجة التمدد في المخططات السكنية العشوائية والأنشطة البشرية، فضلاً عن تزايد السكان بمعدلات متسارعة، وهو ما أدي إلى جرف الغطاء النباتي جنوب وشرق وشمال منطقة الدراسة بشكل أكثر شدة من غربها، ومن خلال الشكل (2) رُصدت أدني القيم داخل المدن، بينما كان الغطاء النباتي كثيفًا في المناطق الوعرة التي يصعب الوصول اليها؛ ومن المتوقع أن يتفاقم تقلص الغطاء النباتي بزيادة التحضر.



المصدر: لاندسات 5، 7، 8 من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map10.8

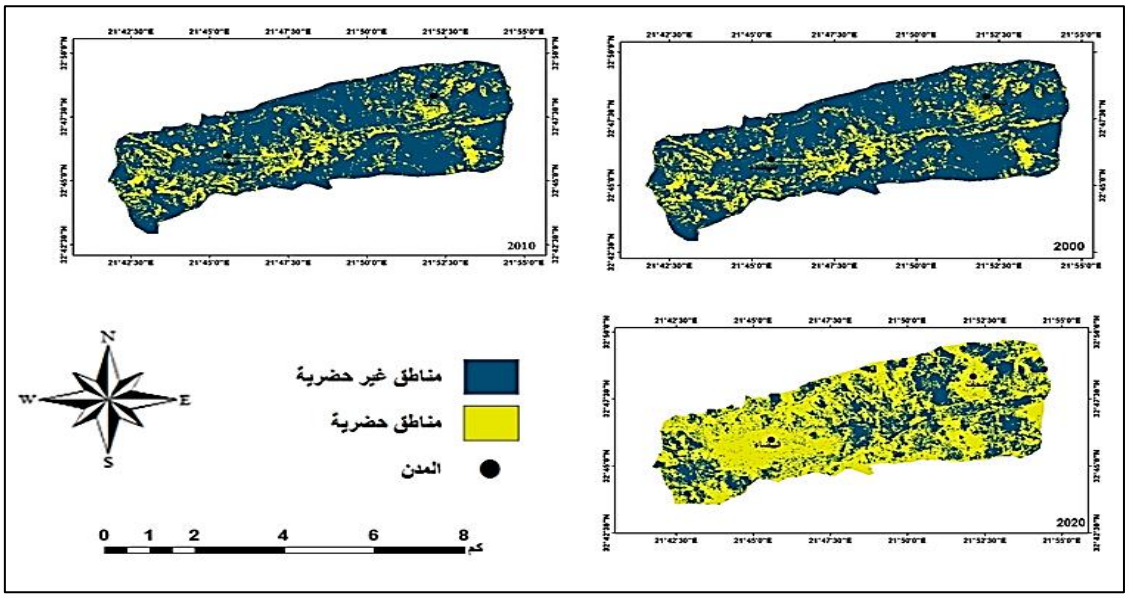
شكل 2. توزيع الغطاء النباتي

2.1.3. مؤشّر المناطق الحضرية:

صُنّف مؤشّر المناطق الحضرية إلى مجموعتين (مناطق حضرية ومناطق غير حضرية)، ومن خلال الشكل (3) تبلغ مساحة المناطق الحضرية في منطقة الدراسة عام 2000 حوالي 12.60 كم^2، وأظهرت قيم مؤشر المناطق الحضرية اتجاهًا متزايدًا حتي عام 2020، حيث وصلت مساحة المناطق الحضرية إلى 97.74 كم^2، ويتضح أن أقل قيم المؤشر سجلت في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف.

كان التغير في مساحة المناطق الحضرية خلال المرحلة الأولى من 2000 حتى 2010 حوالي 13.43 كم^2، بينما تضاعف هذا التغير خلال الفترة من 2010 حتى 2020 ليصل إلى حوالي 71.74 كم^2، وهو ما يدعم ما استنتجته دراسة (Habib, 2022) كان التغير في مساحة المناطق الحضرية تبلغ بحوالي 39.8 كم^2 داخل مدينة البيضاء خلال الفترة بين عامي 1990 و2020؛ ويتضح من الشكل (3) أن اتجاه التوسع يكون في اتجاه الأراضي الزراعية، خاصة بالقرب من الطريق الرئيسي.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966



المصدر: لاندسات 5، 7، 8 من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map10.8

شكل 3. توزيع المناطق الحضرية وغير الحضرية

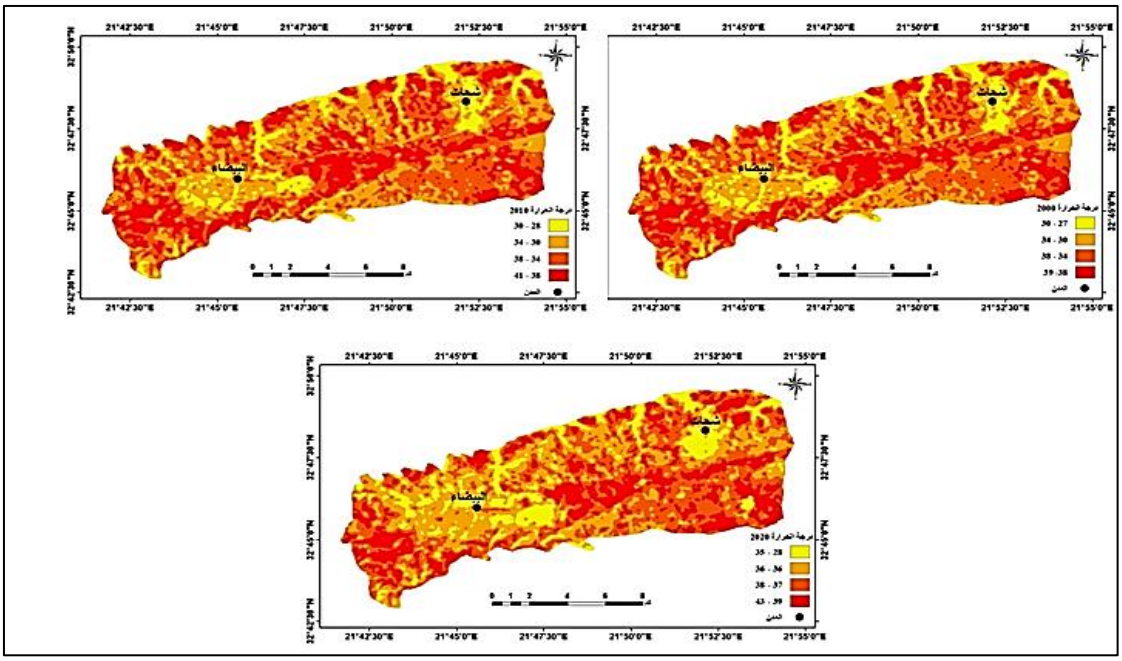
لا يستخدم مؤشر المناطق الحضرية فقط في تحليل درجة حرارة السطح والتنبؤ بالتغير في مساحة واتجاه المناطق الحضرية، بل يستخدم أيضًا في معرفة مدى تأثير الجزر الحرارية الحضرية. ونستنتج أن مؤشر المناطق الحضرية يظهر فاعلية وفائدة أكثر في رسم خرائط سريعة للأراضي الحضرية، إذ تبين الخرائط اتجاهًا انتقاليًا ملحوظًا في خسارة الغطاء النباتي، وارتفاعًا كبيرًا في المناطق المبنية، مع ملاحظة تركّز التوسّع في أطراف المدن.

3.1.3. درجة حرارة السطح:

يظهر الاختلاف في درجة حرارة السطح بسبب الاختلاف في غطاء الأرض، إذ تعمل المناطق الحضرية على زيادة درجات حرارة السطح، بينما يلعب الغطاء النباتي دورًا رئيسيًا في خفضها، ويوضح الشكل (4) أن أدنى درجة حرارة للعام 2000 رصدت في بطون الأودية وبعض ضواحي المدن وقد بلغت 27م°، بينما يصل حدها الأعلى تقريبًا 39م° في شرق وغرب منطقة الدراسة؛ وبحلول عام 2010 بلغ الحد الأعلى لدرجة حرارة السطح في مناطق مختلفة من منطقة الدراسة، خصوصًا الجنوب الشرقي والغربي وداخل المدن، حوالي 41م°، في حين لم تزد أدنى درجة حرارة عن 28م° في شمال منطقة الدراسة حيث الأودية العميقة التي تتميز بغطائها النباتي الكثيف، وهي نفس درجة الحرارة المسجلة شرق مدينة البيضاء ومعظم مدينة شحات.

وتميز عام 2020 بدرجة حرارة عالية نسبيًا، حيث بلغ حدها الأعلى نحو 43م° في أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة، وخصوصا على أطراف المدن وبعض المساحات الصغيرة داخلها، إذ يتضح أن عام 2020 وهو أكثر الأعوام حرارة خلال فترة الدراسة، وذلك بسبب زيادة السكان والمناطق الحضرية وانتشار وسائل النقل على نطاق واسع، كل هذا يسهم في ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون وغيرها من غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966



المصدر: لاندسات 5، 7، 8 من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map 10.8.

شكل 4. توزيع درجة حرارة السطح

يوضح الشكل (4) انخفاض المساحات التي تمثّل درجات الحرارة المنخفضة من 34.5 كم^2 في عام 2000 إلى 28.1 كم^2 بعام 2020، بينما ازدادت المساحات التي تمثل أعلى درجات الحرارة لتصل إلى 22.4 كم^2 عام 2020 مقارنة بنحو 3 كم^2 عام 2000، هذه التغيرات ترجع في أغلبها إلى دور الأنشطة البشرية في تغيير ملامح سطح الأرض خاصةً فيما يتعلق بالغطاء النباتي. والجدير بالذكر أن المرئيات الفضائية الملتقطة خلال فترة النهار تتأثر بانعكاس الطاقة الشمسية، وبالتالي تؤثر في توزيع درجة حرارة السطح؛ حيث أن المدن في هذه المرئيات تتميز في الغالب بانخفاض في درجة حرارتها مقارنة بالمناطق المجاورة التي تعكس كمية كبيرة من الأشعة وبالتالي تسجل درجات حرارة عالية، هذا المسار يتغير في حال استخراج درجات الحرارة من الصور الفضائية الليلية حيث يظهر تأثير الغطاء النباتي أكثر وضوحًا في خفض درجة الحرارة، والعكس في المناطق الحضرية التي تمتص كمية كبيرة من الأشعة الشمسية ومن ثم تزداد درجة حرارتها، فالأسطح غير المنفذة يتم تسخينها خلال النهار وتخزن حرارة أكثر بكثير من الأغطية الطبيعية، ثم يتم أطلاقها أثناء الليل وهو ما يؤثر بدرجة كبيرة على جودة الهواء (Sarrat *et al*., 2006).

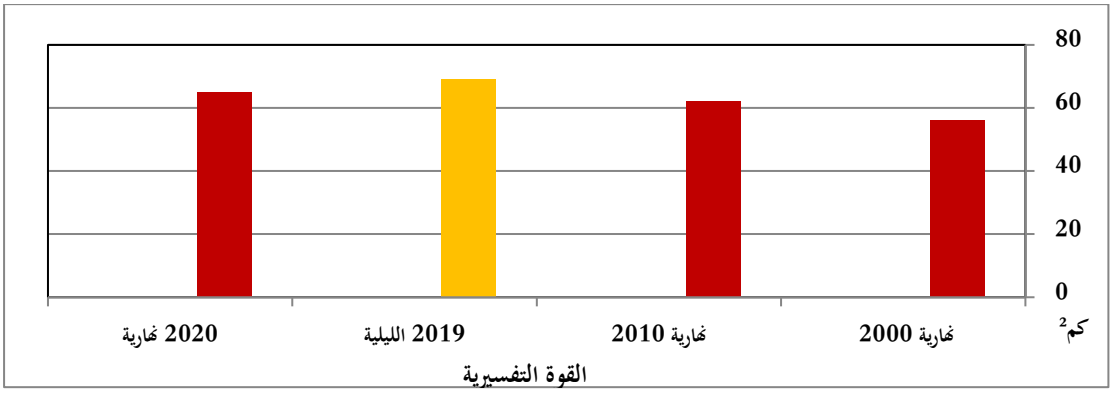
2.3. التحليل المكاني

1.2.3. نموذج الانحدار الجغرافي الموزون:

استخدم نموذج الانحدار الجغرافي الموزون لتقييم العلاقة بين كل من الغطاء النباتي والمناطق الحضرية والارتفاع والانحدار من جهة، ودرجة حرارة السطح الأرض النهارية من جهة أخرى، ويستثنى من ذلك عام 2019 الذي استخدمت فيها درجة حرارة السطح الليلية، فمن خلال الشكل (5) يتضح أن عوامل الغطاء النباتي والمناطق الحضرية والارتفاع والانحدار فسرت التغيرات الحاصلة في درجة حرارة السطح بنحو 46%، أي أن تأثير هذه العناصر كان متوسطًا، حيث كان ما نسبته 54% من التأثيرات كانت مسؤولية عوامل أخرى؛ أما في عام 2010 فقد ازدادت قيمة تأثير هذه العوامل لتصل إلى 62% وهو ما يعكس تأثير تناقص الغطاء النباتي وتمدد المناطق الحضرية.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

وقد شهد عام 2020 قيمة تفسيرية للعوامل المذكورة بحوالي 65% لتغيرات درجة حرارة السطح التي كانت ناتجة في الغالب عن الزيادة الكبيرة في الغطاء الأرضي مقارنة بالسنوات السابقة، بينما فسرت العوامل المدروسة نحو 69% من التغيرات الحاصلة في درجة حرارة السطح أثناء الليل مبينةً دور المناطق الحضرية في التأثير على هذه الاختلافات، وتجدر الإشارة إلى أن تقلص الغطاء النباتي وتمدد المناطق الحضرية هي أكثر العوامل تأثيرًا في التغيرات الحاصلة في درجة حرارة السطح سواء ليلًا أم نهارًا، بينما كان تأثير كل من الارتفاع والانحدار ضعيف تقريبًا طوال فترة الدراسة، كما لا يمكن إهمال تأثير بعض العوامل الأخرى، كالرياح والرطوبة وملوثات الهواء، التي قد تمثل النسبة الباقية من العوامل المؤثرة في خصائص حرارة السطح.



شكل 5. القوة التفسيرية بين درجة حرارة السطح والعوامل المدروسة

ويوضح الشكل (6) سيطرة تأثير العوامل المستقلة على درجة الحرارة السطح في معظم منطقة الدراسة عام 2000 بنسبة عالية تتراوح ما بين (50- 75%)، إلا أن هذا التأثير يضعف في شرق وشمال غرب منطقة الدراسة. أما في عام 2010 فان تأثير العوامل المستقلة على درجة حرارة السطح تقل حدته، وفي المقابل تزيد نسبة التأثير المتوسط في بعض أجزاء المنطقة خاصةً داخل مدينة البيضاء وجنوب شرق منطقة الدراسة لتصل إلى (25–50%).

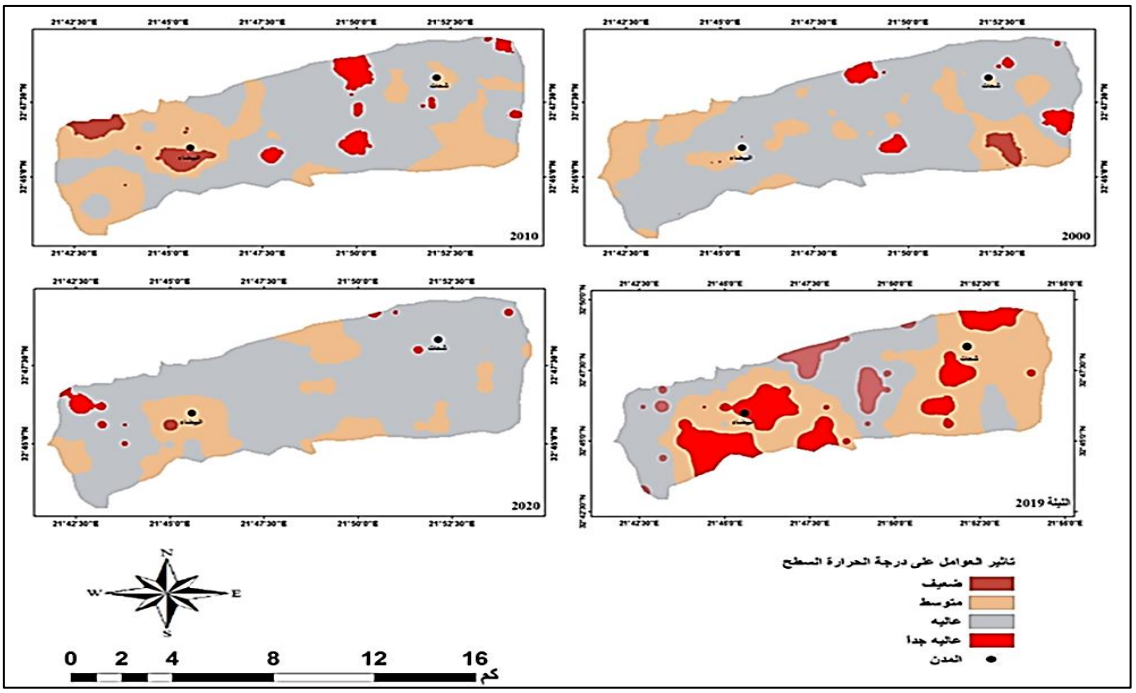
وأما فيما يخص تأثير العوامل المستقلة على درجة حرارة السطح ليلاً عام 2019 فنلاحظ أنه عالية جدًا داخل مدينة البيضاء وبعض الأجزاء الجنوبية منها، بينما يظهر في مدينة شحات في مناطق متفرقة داخل المدينة، وهذا عائد إلى تأثير المباني والأنشطة البشرية على تفسير ارتفاع درجة الحرارة، حيث تتراوح نسبته ما بين (75–91%).

وفي عام 2020 تؤثر العوامل المستقلة على درجة حرارة السطح بالتأثير العالية بنسبة تبلغ ما بين (50- 75%) في معظم منطقة الدراسة، في حين نلاحظ أن التأثير العالية جدًا يظهر في مساحات صغيرة ومتفرقة.

2.2.3. البقع الحرارية:

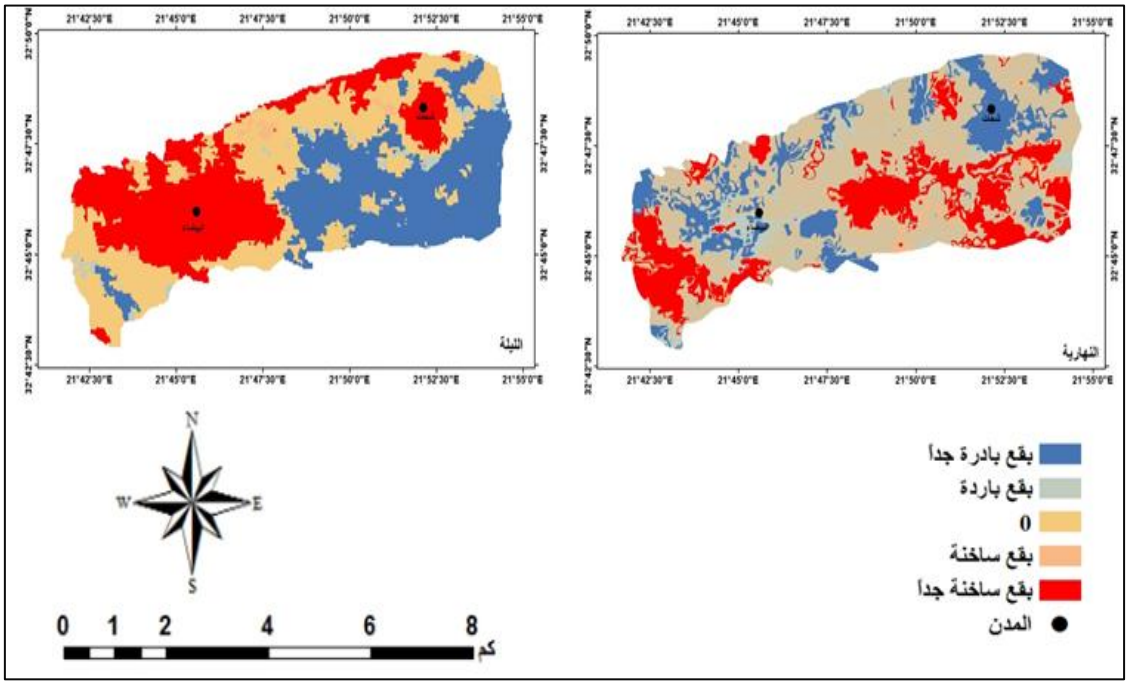
من خلال توزيع بقع قيم درجات الحرارة الساخنة والباردة، الشكل (7)، تظهر أكثر البقع الساخنة في منطقة الدراسة نهارًا متفرقة بمساحة تبلغ 6.83 كم^2، بينما تتسع مساحة البقع الساخنة أثناء الليل لتصبح 28.21 كم^2 مكونة غطاءً أرضيًا يشمل كامل المدن وتقل فيما يجاورها من مناطق، وتتلاشى البقع الساخنة داخل المدن خلال فترة النهار؛ أما البقع الباردة فتظهر متناثرة أثناء النهار مقارنة في حين تشكل هذه البقع مساحات واسعة أثناء الليل في جنوب شرق وجنوب غرب مدينة شحات. وبشكل عام تنخفض درجة الحرارة في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف بينما تقع البقع الساخنة على الطرق وكتل المباني (ضيف، 2022).

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966



المصدر: لاندسات 5، 7، 8 ASTER من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map10.

شكل 6. تحديد تأثير العوامل المدروسة على درجة حرارة السطح



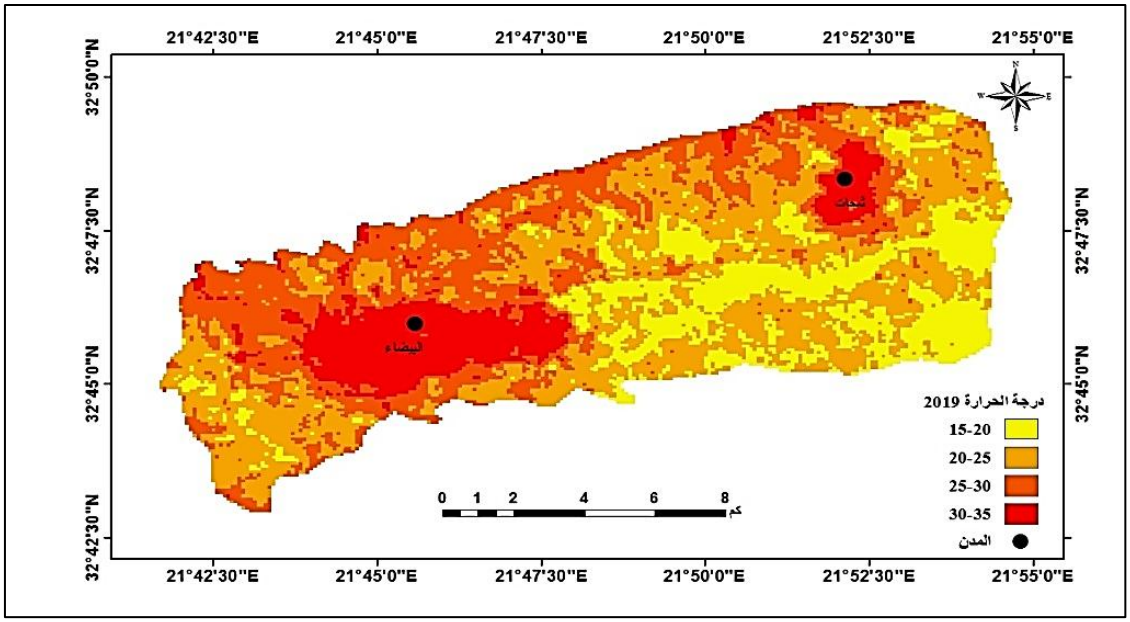
المصدر: لاندسات 8 و ASTER من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map10.8

شكل 7. البقع الباردة والساخنة لدرجة حرارة السطح

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

3.2.3. الجزر الحرارية بمنطقة الدراسة:

من خلال تحليل الخرائط الحرارية لمنطقة الدراسة يتضح أن هناك البقع الحرارية تقع داخل المدن مما يدل على تأثر المنطقة بالأنشطة البشرية المختلفة. حيث يلاحظ في الخرائط الحرارية النهارية اختلافات كبيرة في درجات الحرارة العظمى(البقع الحرارية)، مما يدل على تأثير الانعكاسات من سطح الأرض التي تؤدي لتبعثر قراءة درجة الحرارة، ومن ناحية أخرى فمن خلال تحليل الخرائط الحرارية الليلية نلاحظ تكون بقع الحرارة العالية داخل المدن؛ مما يدل على وجود الجزر الحرارية بمنطقة الدراسة، وهذا ما تعكسه قوة التأثير في تحليل دور العوامل المستقلة على درجة الحرارة، حيث تبين نتائج نموذج الانحدار الجغرافي الموزون الدور الكبير الذي تلعبه المباني في زيادة درجات الحرارة أثناء الليل، فمن خلال الشكل (8) نلاحظ أن درجة الحرارة المرتفعة تمتد من أطراف المدينة إلى وسطها تبعًا للاختلافات في النشاط البشري داخل المدينة، وبشكل عام يزداد تكوين الجزر الحرارية الحضرية كلما اقترابنا من وسط المدينة بسبب التلوث الحضري ومصادر الحرارة والانبعاثات (Bakaeva and Le, 2022).



المصدر: ASTER من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map10.8

شكل 8. الجزر الحرارية من خلال الصورة الليلية

من خلال تحليل المرئية الليلية نلاحظ تباين في التوزيع المكاني والمساحات التي تغطيها أعلى فئات درجات الحرارة والتي تتراوح ما بين (30–35 م°)، وهي ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالمناطق الحضرية من خلال التحليل الإحصائي التي توضح الارتباط بين المناطق الحضرية ودرجة الحرارة بعلاقة طردية قوية خلال الليلة إذ بلغت (0.84) بينما تقل العلاقة خلال النهار حيث تبلغ (0.68)، وبالابتعاد عن المدن نلاحظ ظهور فئات درجات الحرارة المنخفضة خاصة جنوب غرب مدينة شحات حيث المناطق الخضراء والمساحات المفتوحة من الأراضي الزراعية حيث تظهر العلاقة بين الغطاء النباتي ودرجة الحرارة (0.84–) أثناء النهار وتبلغ قيمتها في الليل إلى (0.42–).

ومما يؤكد ارتباط نشأة الجزر الحرارية كما ذُكر سابقًا، بزيادة الكثافة السكانية والأنشطة البشرية واستهلاك الوقود والطاقة الكهربائية التي تأتي كمصدر ثانٍ للطاقة الحرارية بعد الطاقة الشمسية داخل المدن، بينما تقل درجة الحرارة خارج المدن لتصل إلى 15م° في المناطق التي تتصف بقلة المناطق الحضرية وكثرة الاخضرار، ونجد أن الزيادة في التغيرات العمرانية تسارعت بنفس معدل

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

زيادة درجـــــة الحـــــرارة، وتظهر الجزر الحرارية كغيمة فوق المدن، ومن خلال هذا يمكننا ربط التلوث بين مركزها وبين مركز الجزر الحرارية، حيث تؤثر الأنشـــطة البشـــرية على زيادة انبعاث الملوثات في الغلاف الجوي وبالتالي زيادة شـــدة الجزر الحرارية (Crutzen, 2004)، ويقل التلوث كلما ابتعدنا عن مركز المدينة وهذا يتلاءم مع مصـــادر الملوثات، لقلة أعداد الســـيارات في الشوارع وقلة النشاطات البشرية.

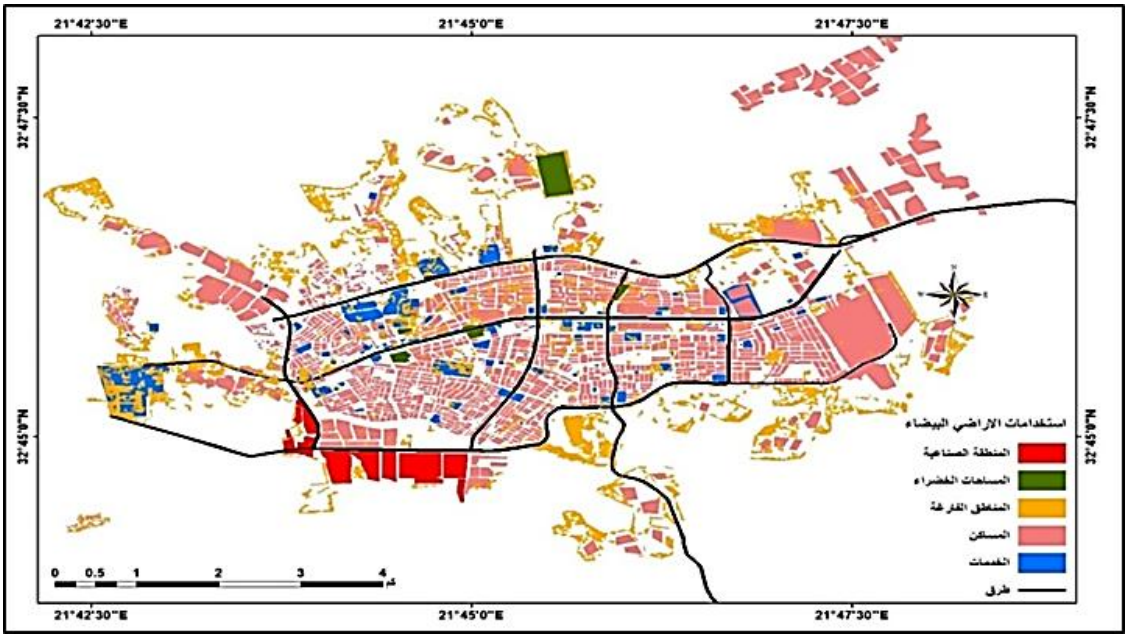
4.2.3. الاختلافات الحرارية حسب استخدامات الأراضي:

تصنيف استخدامات الأراضي بمنطقة الدراسة إلى:

1.4.2.3. استخدامات الأراضي بمدينة البيضاء:

تُعد دراسة استخدامات الأراضي من أهم الدراسات التي تعبر عن أشكال الاختلافات المكانية للأنشطة داخل المدن، والتعرف على المناطق التي يكثر فيها الأنشطة البشرية والتي من المتوقع أن تكون مصدر من مصادر التلوث.

يحدد الشكل (9) الاستخدامات الرئيسية للأرض في مدينة البيضاء ومساحاتها، حيث تقع المنطقة الصناعية في جنوب المدينة وتبلغ مساحتها 1.76 كم^2، إذ تعد بؤرة الأنشطة الصناعية وما يصاحبها من استهلاك كبير للطاقة وانبعاث الغازات الملوثة، وتعتبر المناطق الصناعية إحدى أهم مصادر التلوث الحراري في الغلاف الجوي، وغالبًا ما تفوق درجة حرارتها باقي أجزاء المدينة (Kassomenos & Katsoulis, 2006).



المصدر: لاندسات 8 من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map1.8

شكل 9. استخدامات الأراضي بمدينة البيضاء 2020

تمثل المساكن أكبر أنواع استخدامات الأرض مساحة في مدينة البيضاء، حيث تبلغ نحو 30.12 كم^2، ومع ازدياد عدد السكان تزداد مساحة المناطق العمرانية وما يُصاحبها من تطور كبير في النشاط البشري، وبالتالي ارتفاع نسبة انبعاثات وملوثات الهواء، كما أن إنشـــاء الإنســـان للمباني والطرق بالمواد الإسمنتية والإســـفلت، والتي تتميز بقدرتها الكبيرة على امتصـــاص الطاقة

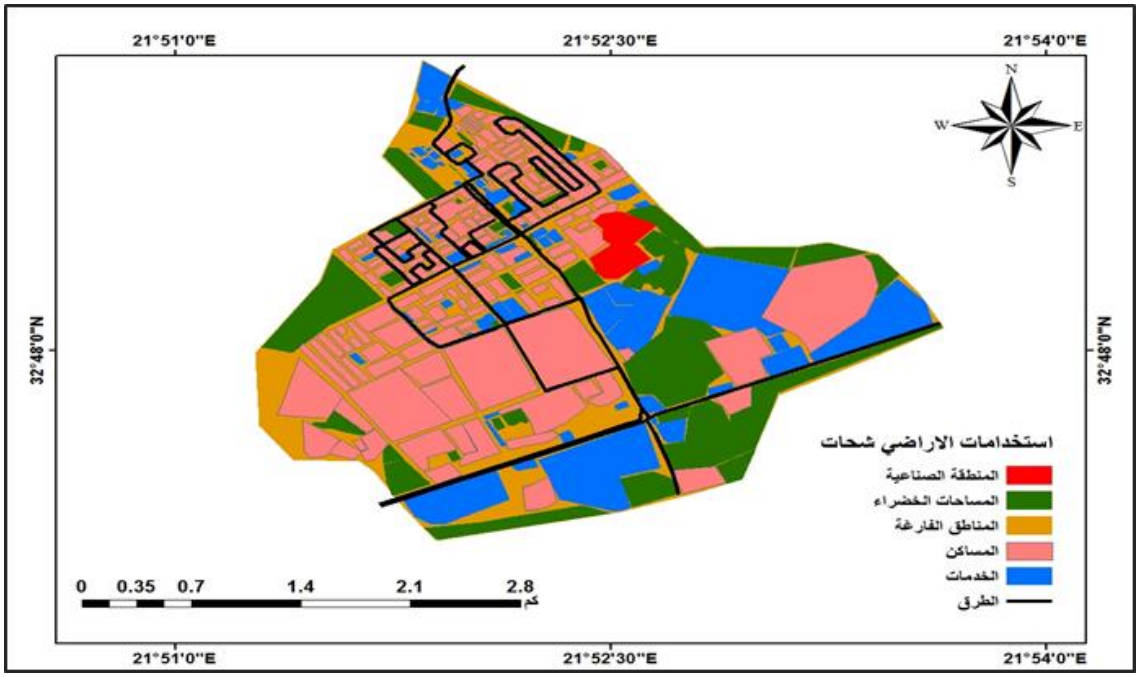
ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

الشمسية، يزيد من ارتفاع درجة حرارة السطح، كما أن هذه الزيادة في المساحات العمرانية تكون في الغالب على حساب الغطاء النباتي الطبيعي.

إن مساحات الخدمات العامة في مدينة البيضاء كانت متداخلة مع بعضها ناهيك عن توزيعها العشوائي، حيث تشمل الخدمات الصحية والتعليمية والدينية والإدارية والتجاري، وتبلغ مساحتها بالمجمل 4.67كم^2، أما المناطق الفارغة والتي تشغل مساحة تصل إلى 20.87كم^2 فهي تظهر بشكل عام خارج حدود المدينة مع وجود بعض المساحات داخلها، والتي يمكن استغلالها كمساحات الخضراء.

2.4.2.3. استخدامات الأراضي بمدينة شحات:

تُعد مدينة شحات استثناء من الناحية المورفولوجية، حيث أن المناطق الأثرية التي تعد محميات تاريخية تعيق التمدد العمراني شمالًا وغربًا، فبالنظر إلى شكل (10) تتضح استخدامات الأراضي بمدينة شحات، وتحتل المساكن المرتبة الأولى من حيث مساحتها إذ تبلغ 10.56كم^2 متمركزة بكثافة في وسط المدينة، بينما ظهرت بعض الزيادات الطفيفة في المساكن ناحية أطراف المدينة على حساب الأراضي الزراعية والغطاء النباتي الطبيعي؛ وتظهر بعض المناطق الفارغة في أطراف المدينة وبمساحة تصل إلى 7.75كم^2 وهي أراضٍ غير مستغلة؛ بينما تنتشر المناطق الخدمية انتشارًا عشوائيًا في وسط المدينة كما هو الحال في توزيعها في مدينة البيضاء، وتمثل الأراضي الخضراء جزءًا كبيرًا من الاستخدام، حيث تُعد متنفسًا بيئيًا ذا أهمية كبيرة من حيث الترفيه والتقليل من تأثير الجزر الحرارية.



المصدر: لاندسات 8 من خلال موقع earthexplorer.usgs.gov، وباستخدام Arc Map10.8

شكل 10. استخدامات الأراضي بمدينة شحات 2020

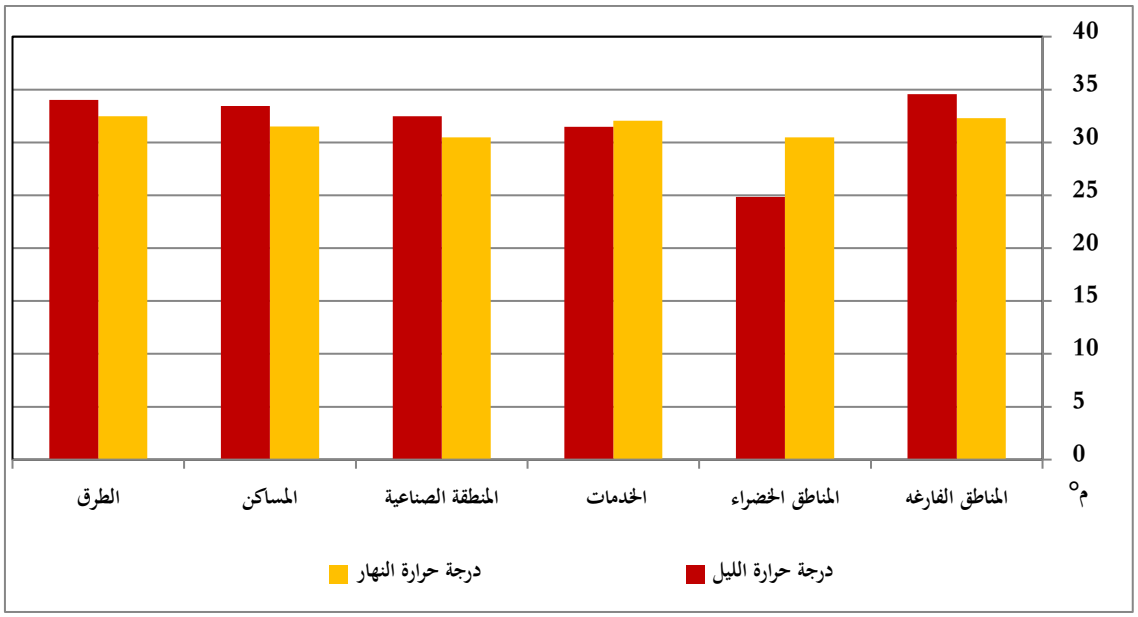
5.2.3. التوزيع الحراري:

تمت مقارنة درجة حرارة السطح حسب نوع الاستخدام في كل من مدينة البيضاء وشحات من خلال الشكلين (10 و11)، فنلاحظ أن الطرق سجلت أعلى درجة الحرارة في كلا المدينتين خلال الفترتين الليلة والنهارية، إذ أن الخرسانات والطرق الإسفلتية

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

تعمل على امتصاص كمية كبيرة من الإشعاعات الشمسية خلال النهار، والتي تنبعث أثناء الليل، وهي بذلك تُعد من أهم مصادر التلوث الحرارى في الغلاف الجوي، وغالبًا ما تفوق حرارتها باقي أجزاء المدينة بسبب ازدحام المدن بوسائل النقل التي تنبعث من خلالها كميات كبيرة من الغازات الضارة مثل ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عملية احتراق البنزين والسولار، تُعد المباني السكنية والخدمية ثاني أنواع استخدامات الأرض تسببًا في ارتفاع درجة الحرارة، حيث تطلق المباني السكنية انبعاثات حرارية على مدار اليوم والتي تنتج باستخدام الطاقة الكهربائية لأغراض الإضاءة وأجهزة التبريد، كما تساهم المباني في منع تدفقات تيارات الرياح فتسبب في الاحتفاظ بالملوثات وكتل الهواء الساخنة وبالتالي إحداث الجزر الحرارية (Molina-Gómez *et al.*, 2022)، أما المناطق الخدمية، وإن كانت مدة ساعات العمل فيها محدودة، إلا أنها تعد من المناطق النشطة من خلال حركة النقل واستخدام الأجهزة داخل المباني، والجدير بالذكر أن هذه المباني سواء السكنية أم الخدمية تعمل على إنشاء بقع ساخنة أثناء الليل من خلال احتفاظها بالطاقة الشمسية التي امتصتها أثناء النهار، وبالرغم من أن الطرق هي أكثر أجزاء المدينة بثًا للحرارة، إلا أن الانبعاثات من المباني السكنية هي الأكثر انتشارًا اتساقًا مع انتشارها، ومن المتوقع خلال العقود القادمة ازدياد المباني سكنية على حساب الأراضي الزراعية والغطاء النباتي الطبيعي، وبالتالي ازدياد الشدة الحرارية. وقد استنتجت هذه الدراسة ارتفاع شدة الحرارة داخل المدن المدروسة، إذ أن التخطيط العشوائي للمساكن والشوارع الضيقة والمباني المرتفعة عمل على تجميع الحرارة الناتجة من الإشعاع الشمسي والأنشطة البشرية وتخزينه

تُعد المناطق الصناعية في المدن المدروسة من أهم مصادر التلوث في الغلاف الجوي، حيث تستهلك هذه المناطق كمية كبيرة من الطاقة بجميع أنواعها وبالتالي فإنها تعمل على زيادة درجة الحرارة، ويظهر تأثيرها بينًا أثناء الليل حيث تشكل مع المناطق السكنية امتدادات واضحة للجزر الحرارية داخل المدن.

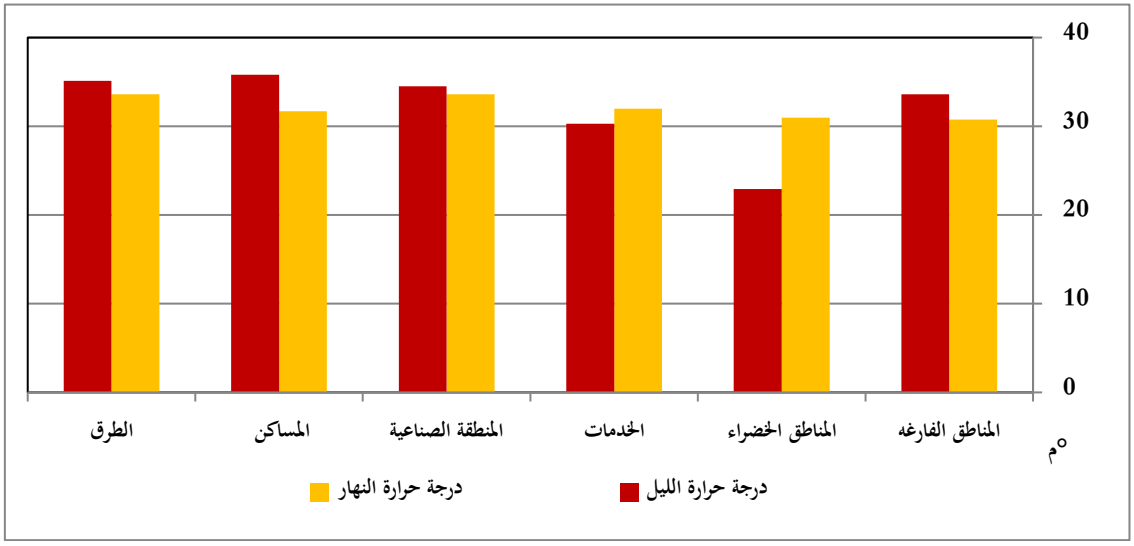


شكل 10. درجة حرارة النهار والليل بمدينة البيضاء

كما يؤثر الغطاء النباتي بشكل واضح على التقليل من حدة درجة الحرارة خاصةً أثناء الليل، حيث يظهر على شكل بقع باردة مقارنة مع غيرها من الاستخدامات، وعلى العكس أثناء النهار حيث تظهر المناطق الخضراء

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

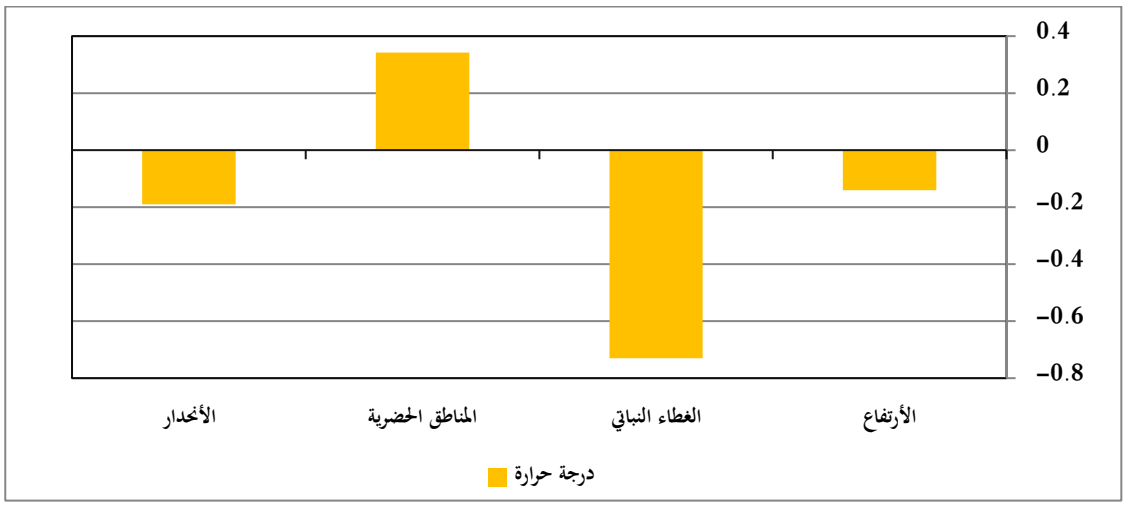
اختلافًا كبيرًا في درجة الحرارة نتيجة كمية الانعكاس الصادرة منها، وإن كانت بشكل عام تمثل أقل درجات الحرارة سواء أثناء الليل أم النهار مقارنة بباقي الاستخدامات.



شكل 11. درجة حرارة النهار والليل بمدينة شحات

3.3. التحليل الاحصائي

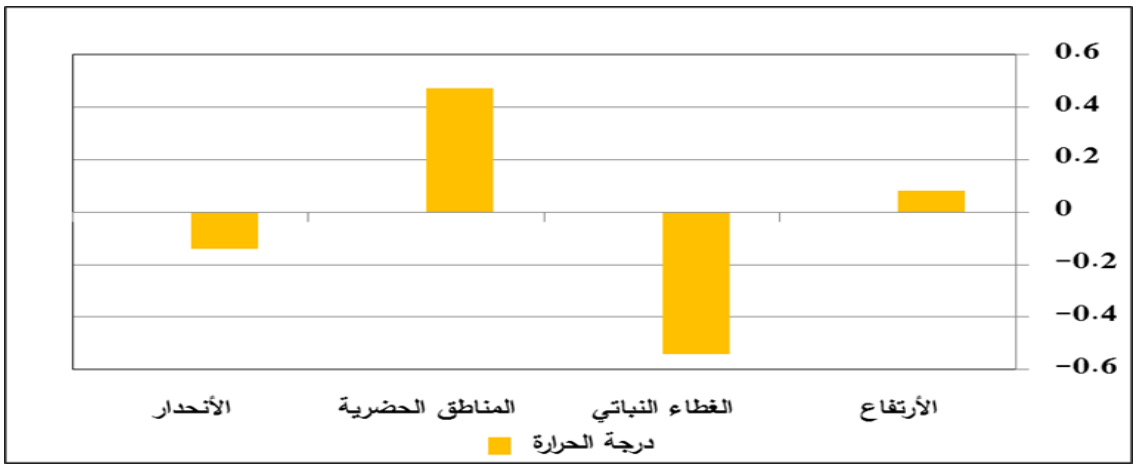
تبيّن من نتائج التحليل بواسطة ارتباط بيرسون اختلاف العلاقات ما بين العناصر المدروسة سواء في الليل أم النهار، حيث ظهرت تارة قوية وتارة ضعيفة حسب التوزيع العشوائي للعينات، وقد كانت العلاقة في عام 2000 بين درجة الحرارة والغطاء النباتي عكسية قوية، حيث بلغت (0.73–) إذ تقل درجة الحرارة كلما ازداد الغطاء النباتي، ويوضح الشكل (12) أن العلاقة بين درجة حرارة السطح والمناطق الحضرية طردية وتبلغ (0.34)، فبزيادة المناطق الحضرية تزداد درجة حرارة السطح نظرًا لتغير خصائص السطح، بينما العلاقة بين درجة حرارة السطح والارتفاع والانحدار ضعيفة حيث تقل درجة الحرارة بزيادة الانحدار(0.19–)، أمّا العلاقة بين درجة حرارة السطح والارتفاع فقد كانت علاقة ضعيفة (0.14–).



شكل 12. قيم الارتباط بين درجة الحرارة والعوامل المدروسة عام 2000

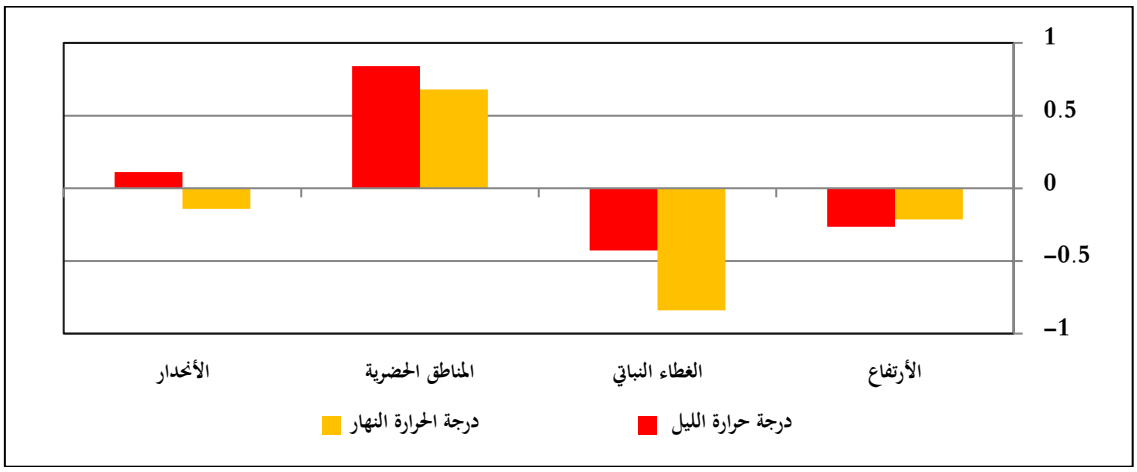
ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

أما في عام 2010 فقد وصلت قيمة معامل الارتباط بين الغطاء النباتي ودرجة حرارة السطح (0.54-) كما يوضح الشكل (13)، حيث كانت في نفس اتجاه الفترة السابقة، وهي علاقة عكسية بسبب التأثير الحاصل على الغطاء النباتي من حيث تقلص المساحات، بينما كانت العلاقة بين المناطق الحضرية ودرجة حرارة السطح طردية وبارتفاع في قيمة معامل الارتباط عن الفترة السابقة، حيث بلغت (0.47) نتيجة زيادة مساحة المناطق الحضرية مقارنة مع عام 2000، بينما كانت علاقة درجة حرارة السطح مع كل من الانحدار والارتفاع ضعيفة بسبب تجانس المنطقة في الغالب ووجود الغطاء النباتي في المناطق الأكثر انحدارًا.



شكل 13. قيم الارتباط بين درجة الحرارة والعوامل المدروسة عام 2010

فيما يخص نتائج الارتباط لعام 2020 فقد تبين الدور الكبير لأغلب العناصر في التأثير على درجة الحرارة وخاصةً أثناء الليل، مما يعكس أهمية الصور الليلية في بيان تأثير عناصر البيئية المختلفة، كما أظهرت نتائج الانحدار الجغرافي الموزون التي بينت القوة التفسيرية في الاختلافات المكانية لدرجة حرارة السطح. ومن خلال الشكل (14) يظهر أن العلاقة بين الغطاء النباتي ودرجة حرارة السطح كانت عكسية، بالأخص أثناء الليل، حيث بلغت (0.42-)، بينما سجلت قيمة أعلى أثناء النهار بنحو (0.84-) مما يعزز الدور الكبير الذي يقوم به الغطاء النباتي في التقليل من درجة الحرارة أثناء النهار مقارنة بدرجة الحرارة في الليل، حيث تنعكس الأشعة الشمسية من الغطاء النباتي بدرجة أقوي أثناء النهار، كذلك الحال بالنسبة للمناطق الحضرية التي أظهرت علاقة موجبة في الفترتين (الليلية والنهارية) وإن كانت تقل نهارًا حيث تبلغ (0.68) مقارنة بالليل التي تبلغ (0.84).



شكل 14. قيم الارتباط بين درجة الحرارة والعوامل المدروسة خلال النهار والليل

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

4. الاستنتاج

قامت هذه الدراسة بتقييم مدى تأثير إزالة الغطاء النباتي واستبداله بالمناطق الحضرية على درجة حرارة سطح الأرض، وحاولت الإجابة عن السؤال التالي: هل تؤدي الزيادة في درجة حرارة السطح إلى ظهور بؤر الجزر الحرارية داخل المدن؟ وقد تم تطبيق التقنيات الجيومكانية واستخدام الأقمار الصناعية كمصدر رئيسي للبيانات لحساب المؤشرات المختلفة؛ من خلال الدراسة ظهرت بؤر الجزر الحرارية داخل المدن المدروسة، ومع تطبيق التصنيف المراقب تعرفنا على أكثر المواقع التي ترتفع فيها درجة حرارة السطح، حيث يدل وجود بؤر الجزر الحرارية على تلوث الغلاف الجوي مما يساهم في إظهار الجزر الحرارية التي تمنع انعكاس الإشعاع الأراضي إلى الفضاء الخارجي. وتعد هذه الدراسة محاولة للتعرف على تأثير خصائص سطح الأرض في التغيرات البيئية الحاصلة في الغلاف الجوي، وبالتالي تُعد فاتحة لبحوث أكثر تعمقًا في دراسة تلوث الهواء بالغازات الضارة داخل المدن، كما تجدر الإشارة إلى أنه من المتعارف عليه أن ظاهرة الجزر الحرارية تحدث في المدن الكبير (المليونية)، وأن مجرد الكشف عن هذه الظاهرة وإثبات وجودها بالمدن الصغيرة يفتح المجال لرصد هذه المشكلة على نطاق أصغر، كون هذه المدن تشهد تغيرات كبيرة في خصائص سطحها.

المراجع

أولاً: مراجع باللغة العربية

اقويدر، عبد السلام محمد (2011). *دراسة مناخية لتقييم حالة الجفاف في الجزء الشمالي الشرقي من ليبيا*. رسالة ماجستير، قسم الغابات والمراعي، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة، جامعة عمر المختار، البيضاء.

الشكرية، ميمونة؛ الشكيلية، الزهراء؛ الهميمي، حورية؛ الصبحية، شيماء (2023). *العمارة الحيوية المناخية: حل أمثل لتأثيرات ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية*. مشروع تخرج، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الاجتماعية، جامعة السلطان قابوس، عُمان.

ضيف، وائل هريدي زهران مهران (2022). ديناميات الجزيرة الحرارية لمدينة سوهاج استجابة لتغير الغطاءات الأرضية خلال الفترة (1990–2021م) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. *المجلة العلمية لكلية الآداب*، 81، 989-1058.

ثانياً: مراجع باللغة الإنجليزية

Alawamy, J. S., Balasundram, S. K., Mohd. Hanif, A. H., & Boon Sung, C. T. (2020). Detecting and analyzing land use and land cover changes in the region of Al-Jabal Al-Akhdar, Libya using time-series Landsat data from 1985 to 2017. *Sustainability*, 12(11), 4490.

Bakaeva, N., & Le, M. T. (2022). Determination of urban pollution islands by using remote sensing technology in Moscow, Russia. *Ecological Informatics*, 67, 101493.

Crutzen, P. J. (2004). New directions: the growing urban heat and pollution "island" effect-impact on chemistry and climate. *Atmospheric Environment*, *38*(21), 3539-3540.

EPA (n.d.). *Heat Island Effect*. Environmental Protection Agency. (Available Online at: [https://www.epa.gov/heatislands]

Habib, A. S. (2022). *Environmental Assessment of Urban Expansion Impact on Vegetation Cover of Al-Bayda City–An Approach Based on Geospatial Data Integration.* Doctoral dissertation, Omar AL Mukhtar University, Libya.

ISSN (Print): 2413-5267
ISSN (Online): 2706-9966

Kassomenos, P. A., & Katsoulis, B. D. (2006). Mesoscale and macroscale aspects of the morning urban heat island around Athens, Greece. *Meteorology and Atmospheric Physics*, *94*(1), 209-218.

Molina-Gómez, N. I., Varon-Bravo, L. M., Sierra-Parada, R., & López-Jiménez, P. A. (2022). Urban growth and heat islands: A case study in micro-territories for urban sustainability. *Urban Ecosystems*, *25*(5), 1379-1397.

Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V., & Guédalia, D. (2006). Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmospheric Environment*, *40*(10), 1743-1758.

Yamamoto, Y. (2006). Measures to mitigate urban heat islands. *Science and Technology Trends Quarterly Review*, 18(1), 65-83.