



تأثير تغيرات الغطاء الأرضي على تباين درجة حرارة سطح الأرض في منطقتي شحات وسوسة خلال الفترة 1985–2025

أشرف محمد صالح عوض أستاذ مشارك، جغرافية طبيعية كلية التربية، جامعة عمر المختار - ليبيا ashraf.mohamed@omu.edu.ly orcid.org/0009-0001-5581-6395	حليم رباح محاضر مساعد، هندسة مدنية جامعة باتنة - الجزائر rebahhalim@yahoo.com orcid.org/0009-0004-0605-6379	توفيق صالح محمد باكير محاضر، جغرافية بشرية المعهد العالي للعلوم والتقنية / البيضاء - ليبيا tawfig@histsj.edu.ly orcid.org/0009-0004-6757-8488
---	---	---

تاريخ النشر 2026/10/01 تاريخ القبول 2026/08/22 تاريخ الاستلام 2026/8/11

الوصول مفتوح

مقالة بحثية

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى اكتشاف تأثيرات تغيرات الغطاء الأرضي على تباين حرارة سطح الأرض في منطقتي شحات وسوسة، خلال الفترة الزمنية الممتدة من 1985 إلى 2025. استندت الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مستخدمة مرئيات القمر الصناعي **Landsat** لتحليل التغيرات في الغطاء الأرضي وتصنيفها إلى خمسة أصناف رئيسية: الغابات، المراعي، الأراضي الزراعية، الأراضي العارية، والمناطق الحضرية، وقياس درجات حرارة سطح الأرض باستخدام مؤشرات طيفية وتحليل العلاقة بين الغطاء النباتي والتباين الحراري. أظهرت النتائج أن الأنشطة البشرية كانت المحرك الرئيس للتغيرات في الغطاء الأرضي، حيث تراجعت مساحات الغابات والمراعي لصالح التوسع العمراني والزراعي، كما تبين وجود علاقة سلبية بين كثافة الغطاء النباتي ودرجة حرارة سطح الأرض، حيث ارتفعت حرارة سطح الأرض بشكل ملحوظ، خاصة في المناطق الحضرية والأراضي الجرداء، سجلت في عام 2015 أعلى قيمها، إذ ارتفع المتوسط من 21.29°م في 1985 إلى 45.61°م في 2015. توصلت الدراسة إلى أن التوسع العمراني العشوائي هو العامل الرئيس في تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجات الحرارة. وتوصي الدراسة بتطبيق سياسات تخطيط عمراني مستدام، ودمج المساحات الخضراء داخل النسيج الحضري للحد من ارتفاع حرارة السطح وتحقيق التوازن البيئي في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: الغطاء الأرضي، درجات حرارة سطح الأرض، التوسع العمراني، مؤشر الغطاء النباتي، مؤشر فرق المياه الطبيعي.



حقوق النشر محفوظة للمؤلف (المؤلفين) 2026. يُوزع هذا المقال بموجب بنود ترخيص المشاع الإبداعي نسب المصنف 4.0 الدولي (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)، والذي يسمح بالاستخدام والتوزيع وإعادة الإنتاج غير المقيد في أي وسيط، شريطة الإشارة إلى المؤلف (المؤلفين) الأصلي (الأصليين) والمصدر، وتوفير رابط لترخيص المشاع الإبداعي، وتوضيح ما إذا تم إجراء أي تغييرات.

***The Impact of Land Cover Changes on Land Surface
Temperature Variation in the Municipalities of Shahat and Susa
(1985–2025)*****Tawfiq Bakir**Lecturer, Human Geography
Higher Institute of Science and
Technology / Al-Bayda – Libyatawfig@histsj.edu.lyorcid.org/0009-0004-6757-8488**Halim Rbeih**Assistant Lecturer, Civil
Engineering

University of Batna – Algeria

rebahhalim@yahoo.comorcid.org/0009-0004-0605-6379**Ashraf Awad**Associate Professor, Physical Geography
Faculty of Education, Omar Al-Mukhtar

University – Libya

ashraf.mohamed@omu.edu.lyorcid.org/0009-0001-5581-6395

Received: 11/08/2026

Accepted: 22/08/2026

Published 01/10/2026

Research Article**open Access****Abstract:**

This study aims to explore the effects of land cover changes on land surface temperature variation in the municipalities of Shahat and Susa, Libya, over the period from 1985 to 2025. The study utilizes remote sensing techniques and Geographic Information Systems (GIS), using Landsat satellite imagery to analyze land cover changes to classify them into five main categories: forests, rangelands, agricultural land, barren land, and urban areas. Land surface temperatures (LST) were measured using spectral indices, and the relationship between vegetation cover and thermal variation was analyzed. The results indicate that human activities were the primary driver of land cover changes, with forest and rangeland areas declining in favor of urban and agricultural expansion. A negative relationship was observed between vegetation density and land surface temperature, with temperatures rising significantly, particularly in urban and barren areas. The highest temperature values were recorded in 2015, with the average temperature increasing from 21.29°C in 1985 to 45.61°C in 2015. The study concludes that uncontrolled urban expansion is the key factor contributing to vegetation degradation and the rise in temperatures. It recommends the implementation of sustainable urban planning policies and the integration of green spaces into urban areas to mitigate the rise of LST and restore environmental balance in the region.

Keywords: Land use-land cover (LULC), Land Surface Temperature (LST), urban expansion, NDVI, NDWI.



The Author(s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) , which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

أولاً: المقدمة:

تؤثر التغيرات السريعة في استخدام الأراضي والتوسع العمراني بشكل كبير على البيئة، مما ينتج عنه تأثيرات كبيرة على الغطاء الأرضي واتجاهات درجات حرارة السطح، ويشكل سكان الحضر أكثر من نصف سكان العالم حالياً، ومن المتوقع أن يرتفع هذا الرقم ليصل إلى 66% بحلول عام 2050 (UN, 2018).

يعتبر الغطاء الأرضي أحد المفاهيم البيئية التي تشير إلى مجموعة من الخصائص الطبيعية لسطح الأرض، بما في ذلك الهيدرولوجيا، التربة، النبات، والطبوغرافيا (Atik et al., 2015) وتمثل استخدامات الأرض نتيجة تفاعل ممارسات الإنسان مع المظاهر الطبيعية، حيث تشمل هذه الاستخدامات المباني والمنشآت الصناعية والبنية التحتية، مما يسهم بشكل كبير في تدهور الغطاء الأرضي عبر فترات زمنية، خاصة في ظل غياب خطط تنمية مستدامة تحقق التوازن بين تطلعات الحياة البشرية وحماية البيئة الطبيعية (العبدلي، 2024). كما يعد الزحف العمراني من العوامل الرئيسية التي تسهم في تغيير استخدامات الأراضي، مما يؤدي إلى تحول غير منتظم في مساحات الأراضي، ويترتب على ذلك آثار بيئية واقتصادية خطيرة مثل فقدان الأراضي الزراعية، المساحات المفتوحة، والغابات، ويتفاقم هذا الوضع في ظل نقص البرامج الإقليمية المتكاملة التي تساعد في التخطيط العمراني المستدام (Mohan et al., 2011).

تتجلى آثار الأنشطة البشرية على البيئة في تزايد تغيرات درجة حرارة السطح، التي تؤدي إلى اختلال في توازن الطاقة السطحية (Jain et al., 2017)، وتعتبر مؤشراً مهماً في دراسات المناخ المحلي؛ نظراً لتأثيرها على طبقات الغلاف الجوي السفلي من خلال التوازن الحراري، مما يدعم في تنظيم الخصائص الحرارية لهذه الطبقات في المناطق الحضرية، كما تؤثر على المناخ الداخلي للمباني وتؤدي إلى تبادل الطاقة الذي يعكس الخصائص الفسيولوجية للسكان (Nasraoui & Benzidiya, 2024).

أدى تطور تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية إلى توفير أدوات تحليلية متقدمة لإدارة البيئة ورصدها، من خلال إتاحة بيانات متعددة الأزمنة تسهم في تتبع التغيرات عبر الفترات الزمنية المختلفة، كما عززت هذه التقنيات القدرة على كشف وتحليل العلاقات بين العوامل الطبيعية والأنشطة البشرية المؤثرة في أنماط الغطاء الأرضي، وتحديد

موقع واتجاه ومعدل وحجم وطبيعة هذه التغيرات للوصول إلى منهجية الكشف الرقمي للتغير في الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي (الشقور وزريقات، 2022).

ومع تزايد الدراسات التي تناولت العلاقة بين تغيرات الغطاء الأرضي وحرارة سطح الأرض، إلا أن المعالجة العلمية لهذا الترابط ما تزال غير كافية ضمن إطار مكاني- زماني طويل الأمد في إقليم الجبل الأخضر خاصة في منطقتي شحات وسوسة، كما لا يزال دمج بيانات الاستشعار عن بعد مع التحليل الإحصائي المتقدم محدود في فهم تغيرات هذه العلاقة وتحديد أبعادها البيئية.

تهدف الدراسة إلى تحليل تغيرات حرارة السطح في منطقتي شحات وسوسة، مع التركيز على التطورات التي طرأت على أنماط الغطاء الأرضي على المدى الطويل نتيجة للتدخلات البشرية، اعتماداً على بيانات الأقمار الصناعية وإعادة التحليل لاستكشاف العلاقة بين تغيرات درجة حرارة سطح الأرض والتحويلات الحاصلة في الغطاء الأرضي، من خلال تطبيق تحليل إحصائي لتفسير العلاقات المتبادلة مكانياً وزمانياً، مما يعزز في تحديد الأثر البيئي لهذه التغيرات، ومن ثم فهم التدهور البيئي في المنطقة، مما يستدعي اتخاذ تدابير عاجلة للحد من التوسع العمراني العشوائي، مع تعزيز الغطاء النباتي من خلال تحويل الأراضي القاحلة إلى مناطق خضراء تسهم في التبريد وتقليل ارتفاع حرارة سطح الأرض.

ثانياً: مشكلة الدراسة

تعد دراسة تحولات الغطاء الأرضي والتوسع الحضري العشوائي، وما ترتب عليه من فقدان واسع النطاق للغابات والأراضي الزراعية والمراعي، وما صاحبه من ارتفاع ملحوظ في حرارة سطح الأرض وتراجع في مؤشر الغطاء النباتي، من القضايا البيئية ذات الأهمية المتزايدة، لا سيما في ظل غياب استراتيجيات تنموية مستدامة تراعي متطلبات حماية البيئة، ونظراً لتعقيد هذه الظاهرة وتشابك أبعادها المكانية والبيئية، وما تتطلبه من تحليل علمي متعدد المستويات، يمكن صياغة التساؤل الرئيس للدراسة على النحو الآتي: ما أثر تغيرات الغطاء الأرضي على درجة حرارة سطح الأرض في منطقتي شحات وسوسة؟

ثالثاً: أهداف الدراسة

1- تتبع التطورات التي طرأت على الغطاء الأرضي على المدى الطويل، وتحديد مدى

تأثيرها بالتدخلات البشرية والأنشطة المختلفة.

2- رصد تباينات درجات حرارة السطح في منطقتي شحات وسوسة الواقعتين على السفح الشمالي للجبل الأخضر.

3- استكشاف العلاقة بين تغيرات حرارة سطح الأرض والتحولت الحاصلة في أنواع الغطاء الأرضي.

4- فهم التدهور البيئي من خلال التحليلات، بما يساعد على إدراك طبيعته في المنطقة، ويسهم في التحذير من مخاطر التوسع العمراني العشوائي.

رابعاً: أهمية الدراسة

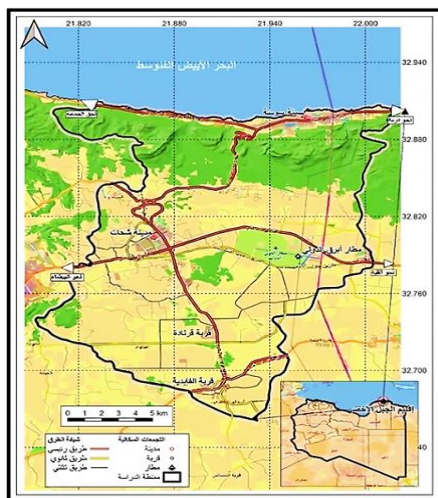
في ظل التغيرات البيئية المتسارعة التي يشهدها إقليم الجبل الأخضر، حيث تعد حرارة السطح مؤشراً محورياً لفهم تغير المناخ المحلي، كما أن توظيف أدوات التحليل المكاني لمتابعة التغيرات الزمانية والمكانية في الغطاء الأرضي ودرجة حرارة السطح تسهم في فهم العلاقات الارتباطية بين مختلف المتغيرات البيئية. وتعد منطقة الدراسة نموذجاً مناسباً لتحليل هذه التحولات، نظراً لتنوعها التضاريسي وحساسيتها البيئية، من خلال تبيان العلاقة بين التوسع العمراني العشوائي وتراجع الغطاء النباتي، وما يترتب على ذلك من اختلالات بيئية وارتفاع في البؤر الحرارية، كما توفر الدراسة قاعدة بيانات مكانية وزمانية دقيقة بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، بما يدعم اتخاذ القرار ويسهم في صياغة سياسات تنموية مستدامة.

خامساً: منهجية الدراسة

أ. موقع منطقة الدراسة: تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الشرقي من ليبيا ضمن إقليم الجبل الأخضر، وتمتد على مساحة تقارب 351.65 كم² بين دائرتي عرض (30°32'37"، 30°32'55" شمالاً) وخطي طول (30°49'21"، 30°22'00" شرقاً). يحدها من الشمال البحر المتوسط، ومن الجنوب مرتفعات الفايديّة، ومن الغرب مدينة البيضاء، ومن الشرق مدينة درنة. وتضم المنطقة ست تجمعات سكانية رئيسية، أبرزها شحات وسوسة، ويبلغ عدد سكانها نحو 61,269 نسمة (عبدالكريم، 2023)، إضافة إلى قرى وتجمعات صغيرة مثل قرنادة والمنصورة والفايدية. ويبلغ متوسط الهطول المطري السنوي نحو 559.9 ملم، مع تباين حراري واضح بين الشتاء والصيف (الجالى، 2020؛ المليان وآخرون، 2021). ويعكس هذا التنوع تأثير الموقع الجغرافي

والتضاريس المتباينة، مما يجعل المنطقة مناسبة لدراسة العلاقة بين الغطاء الأرضي ودرجة حرارة السطح (عبد القادر وآخرون، 2022).

شكل (1) حدود منطقة الدراسة



المصدر: إعداد الباحثين من Google earth pro، وباستخدام برنامج QGIS

ب. **مصادر جمع البيانات:** اعتمدت الدراسة على مجموعة متنوعة من البيانات التي تغطي الأبعاد المكانية والزمانية، حيث تم استخدام المثيرات الفضائية لبرنامج Landsat الصادرة عن هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS)، والتي تم الحصول عليها عبر منصة (earthexplorer.usgs.gov). وتعد هذه البيانات المصدر الرئيس لاشتقاق معلومات الغطاء الأرضي LULC وحرارة سطح الأرض LST.

عبر سلسلة زمنية ممتدة 40 عاماً، غطت الأعوام من 1985 إلى 2025. ولضمان دقة التحليل المكاني ضمن منطقة الدراسة البالغة مساحتها 351.65 كم²، وتم تنزيل الحدود الإدارية ومتجهات الأشكال (Shapefiles) من قاعدة بيانات DIVA-GIS (www.diva-gis.org)، كما جرى توطین المراكز الحضرية وترقيمها يدوياً اعتماداً على المراثیات الفضائية المتاحة من برنامج Google Earth Pro، وتشمل بيانات مستمدة من Landsat 8-9 OLI, TIRS - Landsat 5 TM، وذلك لاستخدامها في تحليل التغيرات المكانية والزمانية للغطاء الأرضي.



Satellite Data	Image Date	Path/Row	Number of Bands	Spatial Resolution
Landsat 5 TM	22/07/1985	183/037	7	30m
Landsat 5 TM	18/07/1995	183/037	7	30m
Landsat 5 TM	13/07/2005	183/037	7	30m
Landsat 8-9 OLI,TIRS C2 L1	09/07/2015	183/037	11	30m
Landsat 8-9 OLI,TIRS C2 L1	04/07/2025	183/037	11	30m

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

ج. معالجة البيانات: شملت تحويل البيانات الخام من الصور الفضائية إلى مؤشرات بيئية قابلة للقياس لإنتاج خرائط استخدام وغطاء الأرضي ودرجة حرارة السطح، وتحليل خمس مرئيات فضائية من Landsat Program ضمن المسار/الصف (Path/Row) 183/37 حيث تم الحصول على هذه البيانات من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) واختيار جميع الصور مع مراعاة جودة الصور وخلوها من الغيوم قدر الإمكان وفي فترات زمنية متقاربة موسمياً، وذلك لضمان دقة التحليل، كما تم إجراء عمليات المعالجة المسبقة، بما في ذلك التصحيح الإشعاعي والهندسي، قبل تنفيذ عمليات التصنيف واستخراج المؤشرات الطيفية اللازمة. واتبعت الخطوات الآتية:

1. التصنيف الموجه بالتعلم الآلي: اعتمدت الدراسة على التصنيف الموجه باستخدام خوارزمية التعلم الآلي الموجه (Supervised Machine Learning Classification) عبر إضافة (Semi-Automatic Classification Plugin-SCP) المدججة في برنامج QGIS، وذلك لتصنيف الغطاء الأرضي، وتعد هذه الطريقة من أكثر الأساليب دقة وكفاءة في تصنيف الغطاء الأرضي اعتماداً على المرئيات الفضائية متعددة الأطياف (Abd & Alnajjar, 2013; Congedo, 2021). وقد استخدمت مصفوفة الخطأ، باعتبارها المعيار المعتمد لتقييم دقة تصنيف بيانات الاستشعار عن بعد، في هذه الدراسة. ولأغراض التحقق من الدقة، تم اختبار حد أدنى قدره 30 عينة لكل فئة أو ما لا يقل عن 1000 بكسل عشوائياً من البيانات الحقيقة الأرضية (Ground Truth) لإجراء المقارنة، ومن ثم حساب مصفوفة الخطأ. مع زيادة عدد العينات في الفئات ذات التباين الداخلي المرتفع، مثل المناطق الحضرية، وتقليلها في الفئات المتجانسة مثل المناطق الرعوية والغابات، وقد وزعت العينات بشكل مكاني يغطي كامل منطقة الدراسة لضمان تمثيل جميع أصناف الغطاء الأرضي، مع تجنب تركيزها في موقع محدد

أو تداخلها بين الفئات. واختيار العينات بعناية لضمان نقاء البيكسل والابتعاد عن المناطق المختلطة، بما يضمن تحسين موثوقية التصنيف. وتم تقييم دقة النتائج باستخدام مصفوفة الخطأ (Error Matrix) من خلال مؤشري الدقة الكلية (Overall Accuracy) ومعامل كابا (Kappa) وفق منهجية (Russell G. Congalton 1991) حيث اعتبر التصنيف مقبولاً عند تجاوز دقة 85%، وفي حال عدم بلوغ هذه العتبة، تم اعتماد منهجية تكرارية من خلال تحسين عدد وتوزيع العينات إلى غاية الحصول على نتائج موثوقة.

2. تحويل البيانات ومعالجتها: بعد التصنيف جرى تحويل طبقات الخرائط النقطية (Raster) إلى طبقات متجهة (Vector)، ثم التحقق من توحيد نظام الإسقاط الجغرافي (Projection System) لجميع الطبقات وتوحيد دقة الخلية المكانية (Spatial Resolution) وترميز الفئات (Class Coding) لضمان اتساق البيانات. لتحديد الأنماط الحرارية المكانية اتبع المنهج الموضح أدناه لاشتقاق درجة حرارة سطح الأرض انطلاقاً من النطاقات الحرارية (Landsat 5 TM - Landsat 08 (OLI)، وذلك من خلال سلسلة من العمليات التحليلية التي تشمل التحويل الإشعاعي، الحساب الحراري، وتقدير خصائص الغطاء الأرضي (Dash et al., 2002; Sobrino et al., 2004).

جدول (2) النطاقات الحرارية Landsat المستخدمة في حساب درجة حرارة سطح

الأرض (LST)

Sensor ID	Band s	Resolution (m)	Radiance Min- Max pixel value	K1 [W/(m2 sr lm)]	K2 [K]	k (lm)
Landsat 4-5 TM	6	120 (30)	1.18243	607.76	1260.56	11.45
Landsat 4-5 TM	6	60 (30)	3.16280	666.09	1282.71	11.45
Landsat 08(OLI)	11&10	100	0.10000&0.1000 0	480.8883& 774.8853	1201.1442& 1321.0789	12.51 &10.6 0

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

د. تحليل البيانات: اعتمدت الدراسة على تحليل تغيرات الغطاء الأرضي والعلاقات بين المتغيرات البيئية باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد والأساليب الإحصائية والمكانية، حيث صنف الغطاء الأرضي إلى خمس فئات رئيسية مع تقدير المكاسب والخسائر والتغير الصافي خلال فترة الدراسة، إضافة إلى استخدام الإحصاء الوصفي لتوصيف التغيرات الزمنية في درجة حرارة سطح الأرض والمؤشرات الطيفية. كما تم تطبيق الانحدار الخطي لتحليل



العلاقات بين المتغيرات، لا سيما العلاقة بين LST&NDVI التي تعكس تأثير التبريد
النباتي، والعلاقة بين LST&NDWI المرتبطة بالإجهاد المائي، إلى جانب تحليل الارتباط
بين NDVI&NDWI كما أجري ربط للتوزيع الحراري بأنماط استخدامات الأراضي
لتحديد البؤر الحرارية في المناطق الحضرية والأراضي العارية.

1. **التغيرات في الغطاء الأرضي:** أنشئت طبقة التقاطع (Intersection Layer) بين
طبقتي LULC لسنتين مختلفتين، ثم أضيف حقل جديد أطلق عليه (Transition)
وملئ بالصيغة التالية: ("class_1985", ' _ ', "class_1995"). **Concat**
واستخدمت أداة (Group Stats) لبناء مصفوفة التحول (Transition Matrix)
التي تبين الانتقالات بين فئات الغطاء الأرضي المختلفة خلال فترة الدراسة.

2. حساب المؤشرات الطيفية:

(أ). **مؤشر الغطاء النباتي (NDVI):** لقياس كثافة وصحة النباتات حسب مؤشر
NDVI وفق المعادلة التالية: $\{NIR + Red\} / \{NIR - Red\}$
حيث يمثل NIR قيمة قناة الأشعة تحت الحمراء القريبة، Red قيمة قناة الضوء الأحمر
المرئي (مناتي، 2023).

(ب). **مؤشر المياه السطحية (NDWI):** لتقييم محتوى الرطوبة ووفرة المياه استعمل مؤشر
NDWI للكشف عن المسطحات المائية وفق المعادلة الآتية: (Bojer et al., 2026)
 $NDWI = \{Green - NIR\} / \{Green + NIR\}$
(ج). **درجة حرارة سطح الأرض (LST):**

(1). **بيانات Landsat-5 TM:** يتضمن القمر الصناعي Landsat-5 بيانات
متعددة الأطياف، وتشمل الحزم المستخدمة في هذه الدراسة:

Band3 (Red) الحزمة الحمراء، **Band4 (NIR)** الأشعة تحت الحمراء القريبة،

Band6 (Thermal) الحزمة الحرارية. (Sobrino et al., 2004)

- **تحويل DN إلى الإشعاع (Radiance):** $DN \rightarrow Radiance$
Radiance)

$$L\lambda = ((L_{max\lambda} - L_{min\lambda}) / (Q_{calmax} - Q_{calmin})) * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda}$$

حيث أن: $L\lambda$ الإشعاع الطيفي عند (TOP Of Atmosphere TOA) ويقاس
($w^1.m^2.sr$)؛ **DN** هي القيم الرقمية للبيكسل؛ **Lmin, Lmax** أقل وأعلى قيمة

إشعاع؛ $Q_{calmax}=255$, $Q_{calmin}=0$ تستخرج من ملف MTL؛

O_{cal} = قيمة العدد الرقمي (DN) للحزم الطيفية للمستشعر (ياسين، 2024).

– حساب درجة حرارة السطح: Brightness Temperature (BT)

$$BT = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1)$$

ثم التحويل من كلفن إلى الدرجة المئوية:

$$BT(^{\circ}C) = BT(K) - 273.15$$

حيث أن: $K1 = 607.76$ ، $K2 = 1260.56$ للنطاق السادس.

– حساب مؤشر الغطاء النباتي: (NDVI)

$$NDVI = (Band4 - Band3) / (Band4 + Band3)$$

– حساب نسبة الغطاء النباتي: (PV)

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

– حساب الانبعاثية: (LSE)

يتم تقدير الانبعاثية السطحية للأرض اعتماداً على مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)

باستخدام نسبة الغطاء النباتي (PV).

$$E = 0.004 \times PV + 0.986$$

– حساب درجة حرارة سطح الأرض: (LST)

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

حيث أن: $\lambda = 11.5 \mu m$ (Landsat 5 Band 6) ؛ $\rho = 1.438 \times 10^{-2}$

(2). بيانات Landsat 08 (OLI)

يعتمد حساب درجة حرارة سطح الأرض على Band10 وأحياناً Band11 من

مستشعر/ TIRS Landsat 08 - OLI، عبر الخطوات التالية:

– الإشعاع عند قمة الغلاف الجوي: (Top of Atmosphere - TOA

Radiance)

يتم تحويل القيم الرقمية للحزمة الحرارية إلى إشعاع طيفي عند قمة الغلاف الجوي من خلال

تطبيق معاملات إعادة التحجيم الإشعاعي، مما يسمح بالحصول على قيم إشعاعية فعلية

قابلة للاستخدام في حساب درجة حرارة سطح الأرض. تبعاً للخطوات التالية

(Anandababu et al., 2018)



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

حيث أن:

$L\lambda$ = الإشعاع الطيفي عند قمة الغلاف الجوي بوحدة: واط /م² عند القمر الصناعي
(Radiance at TOA)

ML = معامل الضرب الإشعاعي للحزمة الطيفية.

AL = معامل الإضافة الإشعاعي للحزمة الطيفية، ويتم استخراجها من ملف مرفق مع الحزم
الطيفية للمريئة.

$Qcal$ = قيمة العدد الرقمي (DN) للبيكسل بعد المعايرة الكمية، للحزم الطيفية.

-درجة السطوع الحرارية عند قمة الغلاف الجوي: (Top of Atmosphere – TOA Brightness Temperature)

يتم اشتقاق درجة حرارة السطوع عند قمة الغلاف الجوي من قيم الإشعاع الطيفي، وذلك
من خلال تطبيق الثوابت الحرارية الخاصة بالمستشعر والمخزنة ضمن ملف البيانات الوصفية
(Metadata)، مما يتيح تحويل القيم الإشعاعية إلى قيم حرارية قابلة للتحليل.

$$BT = K2 / \ln (k1 / L\lambda + 1) - 272.15$$

حيث أن:

BT = درجة حرارة السطوع عند قمة الغلاف الجوي بالدرجة المئوية، حيث يتم اشتقاقها
من الإشعاع الطيفي $L\lambda$ باستخدام ثوابت المعايرة الحرارية $K2$ ،
 $K1$.

$L\lambda$ = سبق ذكرها.

(ln) تطبيق اللوغاريتم الطبيعي لتحويل الإشعاع إلى قيمة حرارية، ثم يتم تحويل الناتج إلى
درجة مئوية بطرح ثابت التحويل الحراري.

$K2 . K1$ = ثوابت خاصة بالحزمة الخاصة بالمستشعر من ملف Metadata.

272.15 = قيمة تستخدم للتحويل من كلفن إلى الدرجة المئوية.

-مؤشر الفرق الطبيعي للغطاء النباتي: Normalized Differential

Vegetation Index (NDVI) يعد مؤشر نباتي معياري، يتم حسابه باستخدام

الحزمة تحت الحمراء القريبة (Band5) والحزمة الحمراء (Band4)

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

حيث أن:

RED = تشير إلى القيم الرقمية للبيكسل الخاصة بالحزمة الحمراء، والتي تستخدم كأحد المدخلات الأساسية في حساب مؤشر الغطاء النباتي.

NIR = إلى القيم الرقمية للبيكسل الخاصة بالحزمة تحت الحمراء القريبة، والتي تعد من المدخلات الأساسية في حساب مؤشر الغطاء النباتي، نظراً لحساسيتها العالية لانعكاسية الغطاء النباتي.

-الانبعاثية السطحية للأرض: (LSE) Land Surface Emissivity

تشير الانبعاثية السطحية للأرض (LSE) إلى قدرة سطح الأرض على إصدار الإشعاع الحراري مقارنةً بالأجسام جسم السوداء، ويتم تقديرها استناداً إلى قيم مؤشر الفرق الطبيعي للغطاء النباتي، مما يتيح ربط خصائص الغطاء الأرضي بالقيم الحرارية المستخدمة في حساب درجة حرارة سطح الأرض (Anand., et al 2025).

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

حيث أن:

PV = مؤشر يستخدم لتقدير كثافة الغطاء النباتي اعتماداً على قيم **NDVI**.

NDVI = القيم الرقمية (DN) المستخرجة من صورة مؤشر الغطاء النباتي.

NDVI min = أقل قيمة رقمية للغطاء النباتي **NDVI max** = أعلى قيمة رقمية.

$$E = 0.004 * PV + 0.986$$

حيث أن:

E = الانبعاثية السطحية للأرض. (Land Surface Emissivity)

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

هي درجة الحرارة الإشعاعية لسطح الأرض، والتي يتم حسابها باستخدام درجة حرارة السطوح عند قمة الغلاف الجوي، والطول الموجي للإشعاع المنبعث، والانبعاثية السطحية للأرض.

$$LST = (BT / 1) + W * (BT / 14380) * \ln(E)$$

حيث أن:

$BT =$ تم ذكرها. $W =$ الطول الموجي للإشعاع المنبعث. $E =$ سبق ذكرها. $Ln =$ سبق ذكرها. $14380 =$ ثوابت.

3. حساب معدلات التغير الإحصائي لدرجة حرارة سطح الأرض: (LST)

وقد استخدمت عدة مؤشرات إحصائية تتيح تفسيراً أدق للتغيرات الحرارية، بهدف قياس مقدار التحول الحراري واتجاهه عبر الزمن (Mudelsee, M., 2018)، حيث تساهم هذه المؤشرات مجتمعة في تحليل الاتجاهات الزمنية لدرجة حرارة سطح الأرض، والكشف عن فترات التسارع الحراري أو التراجع النسبي، بما يدعم تفسير العلاقة بين التغيرات الحرارية وتحولات الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي (Singh et al., 2024; Ghaderpour et al., 2024). وشملت هذه المؤشرات ما يأتي:

(أ) معدل التغير السنوي النسبي (%)

يستخدم لقياس شدة التغير الحراري السنوي كنسبة مئوية مقارنة بقيمة الفترة السابقة، ويحسب وفق المعادلة الآتية:

$$\text{Annual Change (\%)} = \frac{(X_{\text{current}} - X_{\text{previous}})}{X_{\text{previous}} \times n} \times 100$$

حيث أن: X_{current} متوسط القيم للفترة الحالية. X_{previous} متوسط القيم للفترة السابقة. n عدد السنوات بين الفترتين

(ب) معدل التغير السنوي المطلق (درجة/سنة)

يعبر عن مقدار الزيادة أو النقصان السنوي الفعلي في درجة الحرارة، ويحسب من خلال:

$$\text{Annual Change (°/yr)} = \frac{(X_{\text{current}} - X_{\text{previous}})}{n}$$

(ج) التغير المطلق

يمثل الفرق المباشر بين متوسط درجتَي الحرارة لفترتين متتاليتين، وفق المعادلة:

$$\text{Absolute Change} = X_{\text{current}} - X_{\text{previous}}$$

(د) التغير النسبي (%)

يستخدم لقياس نسبة الزيادة أو الانخفاض مقارنة بقيمة الفترة السابقة، ويحسب كما يأتي:

$$\text{Relative Change (\%)} = \frac{(X_{\text{current}} - X_{\text{previous}})}{X_{\text{previous}}} \times 100$$

سادساً: النتائج ومناقشتها:

أ. تتبع الحركة المكانية الغطاء الأرضي خلال الفترة من (1985-2025)

1. تقييم دقة التصنيف: Classification Accuracy Assessment

استخدمت عملية التصنيف المراقب الذي أجرى على المرئيات الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة، وقد تم تقييم تصنيف الغطاء الأرضي بحساب أعداد البيكسل Pixel Counts لكل صنف وكذلك بحساب النسبة المئوية لكل صنف. وبعد إجراء عمليات التصنيف المراقب لجميع المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة، ولفحص دقة التصنيف وبشكل نهائي تم تطبيق عملية تقييم لدقة التصنيف، تم اختيار أداة تقييم الدقة، حيث أجريت عملية تقييم دقة التصنيف على جميع المرئيات الفضائية المستخدمة في هذه الدراسة بنفس الطريقة. حيث تم تحديد 30 نقطة كعينة عشوائية لكل صنف من خلال الأمر (Random Create Points) من خلال المرئيات الفضائية واعتماداً على خبرة الباحث في عملية التحقق من أنواع وأصناف هذه النقاط مع إضافة رقم الصنف في قائمة المرجعية Reference المخصصة لذلك، حيث يقوم البرنامج بمقارنة هذه العينات المرجعية التي تم أنشائها والتي تمثل الغطاء الأرضي الحقيقي ومقارنتها بأصنافها مع المرئية التي نتجت من عملية التصنيف المراقب لهذه المرئية الأصلية. وبعد ذلك تم التأكد من جودة التصنيف من خلال التأكد من صحة التصنيف من تقرير تقييم الدقة (Accuracy) Assessment Report من قائمة (Report) وتحديد مصفوفة الخطأ (Error Matrix) وتحديد الدقة الكلية (Accuracy Total) وإحصائية كبا (Kappa Statistics) وبعد ذلك يتم استخراج تقرير تقييم الدقة.

تم استخدام التصنيف المراقب Supervised Classification، وبطريقة التصنيف بالاحتمالية غوس العظمى Maximum Likelihood Mean يعتبر هذا الأسلوب أكثر أساليب التصنيف دقة لأنه يعتمد على متجهة الوسطى ومصفوفة التغير داخل مجموعات التدريب وانتشار الخلايا حول متجهة الوسطى يدل على كثافة الاحتمالات المستمرة في (DN) لقيمة اللمعان (Probability) حيث يمكن إيجاد مقياس تحديد الاحتمالية المتوقعة كإحدى الخلايا التي تمثل أحد مكونات صنف معين من غطاء الأرض، والتي تقدر من مصادر معلوماتية متنوعة، مثل الدراسات الحقلية والمرئيات الفضائية، وهكذا

يتم وضع كل خلية في الصنف الأكثر احتمالاً، ومن ثم يتم تصنيف الخلية المجهولة حسب تقدير قيمة الاحتمالية في كل فئة. ويقوم مبدأ (Gaussian)، وتثبيتها بالصنف ذي الاحتمالية الأعلى، وهذا يعرف بتصنيف يعتمد على رسم إهليجي، وخطوط كنتور متساوية الاحتمالية في فراغ القياس، إذ يعبر شكل المنحنيات لتساوي الاحتمالية عن مدى تأثير طرق تصنيف الاحتمالية بالتغير بمعنى عند القيام بتصنيف البيانات الرقمية، تحدد الاحتمالية المستقبلية لإمكانية انتماء خلية ما لصف طيفي (عبدالهادي، 2000).

جدول (3) دقة التصنيف لأنواع الغطاء الأرضي في منطقتي شحات وسوستة 1986 – 2025

تصنيف الغطاء الأرضي	دقة المنتج (%) Overall	إحصائيات معامل كبا Kappa Statistics
Accuracy		
1985	96.6%	0.95
1995	100%	1
2005	100%	1
2015	100%	0.99
2025	96.9%	0.93
المجموع	98.7%	0.97

يتضح من الجدول (3) أن تقرير دقة تصنيف الغطاء الأرضي الإجمالي للمريثات الفضائية خلال الفترة من 1986-2025، قد بلغت 98.7% لدقة المنتج، وهي تعتبر قيم جيدة ودقيقة في عملية التصنيف، وكما بلغت القيم الإجمالية لمعامل كبا 0.97 وهي قيم مقبولة لتفادي الأخطاء في عملية التصنيف.

يمكن أن نميز التغيرات الزمانية والمكانية في الغطاء الأرضي ما بعد التصنيف، باتباع منهج كشف التغير الفعلي بطريقة المقارنة بين خرائط أنماط الغطاء الأرضي المصنفة خلال فترة الدراسة، ومن أجل تحديد تلك التغيرات الواقعة في استعمال الأصناف التي تعرضت للتغيرات من حيث المساحة، فقد تم الاعتماد على تصنيف (Anderso, 1976)، لتقسيم الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة إلى خمسة أنماط لفهم العملية الديناميكية في استخدام الأراضي وهي مناطق حضرية، مناطق زراعية، مراعي، أراضي عارية، غابات، والجدول () يظهر التوزيع المكاني لأنماط الغطاء الأرضي، ومعدلات تغيرها، والمساحة التي يشغلها كل نمط مقارنةً بالأنماط الأخرى عبر الفترات الزمنية للدراسة.

2. تحديد التغيرات في الغطاء الأرضي (1985-1995)

يمكن أن نميز التغيرات الزمانية والمكانية في الغطاء الأرضي ما بعد التصنيف، باتباع منهج كشف التغير الفعلي بطريقة المقارنة بين خرائط أنماط الغطاء الأرضي المصنفة خلال فترة

الدراسة، ومن أجل تحديد تلك التغيرات الواقعة في استعمال الأصناف التي تعرضت للتغيرات من حيث المساحة، فقد تم الاعتماد على تصنيف (Anderso,1976)، لتقسيم الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة إلى خمسة أنماط لفهم العملية الديناميكية في استخدام الأراضي وهي مناطق حضرية، مناطق زراعية، مراعي، أراضي عارية، غابات، والجدول (4) يظهر التوزيع المكاني لأنماط الغطاء الأرضي، ومعدلات تغيرها، والمساحة التي يشغلها كل نمط مقارنة بالأنماط الأخرى عبر الفترات الزمنية للدراسة.

جدول (4) التطور الزمني للمساحة (بهاكتار) لكل صنف خلال الفترة 1985 إلى 2025

الصف	1985	1995	2005	2015	2025	التغير الصافي الإجمالي (هكتار)	معدل التغير الإجمالي (%)
الغابات	15,405.40	14,510.40	5,439.45	10,079.00	6,088.68	9,316.71-	60.48-%
الأراضي العارية	8,521.16	8,886.55	15,762.47	5,431.80	7,412.39	1,108.77-	13.01-%
المراعي	8,345.17	7,279.05	9,640.81	4,851.82	6,084.47	2,260.69-	27.09-%
الزراعة	1,066.72	2,952.93	1,357.86	3,774.51	2,205.47	1,138.75+	106.75-%
المناطق الحضرية	1,827.33	1,536.89	2,965.185	11,028.62	13,374.70	11,547.37+	631.93-%
المجموع	35,165.78	35,165.82	35,165.77	35,165.75	35,165.75	-	-

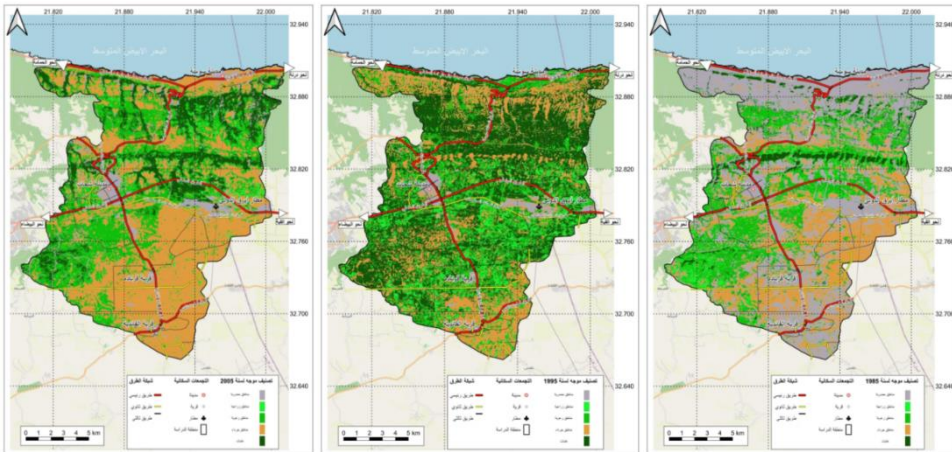
تظهر نتائج تحليل الجدول (4) المتعلقة بالتطور الزمني لمساحات الغطاء الأرضي للفترة (1985-2025) والشكل (2) تحول هيكلياً جذرياً في بيئة منطقة الدراسة ذات المساحة المستقرة؛ إذ انتقلت المنطقة من نمط طبيعي يسوده الغطاء النباتي (الغابات والمراعي) والذي كان يشكل 67.5% من المساحة الكلية عام 1985، إلى نمط يهيمن عليه التمدد البشري والعمراني، وهو ما يتفق مع ما ذكره (Lambin et al., 2003) حول أن الفترات المبكرة من التغيرات الأرضية غالباً ما تشهد إعادة توزيع واسعة للغطاء النباتي.

وقد سجلت المناطق الحضرية نمواً استثنائياً بلغت نسبته +631.93% بقفزها من 1,827.33 هكتاراً إلى 13,374.70 هكتاراً عام 2025، لتستحوذ على 38% من المساحة الإجمالية، لا سيما خلال عقد الطفرة العمرانية (2005-2015) نتيجة النمو السكاني والتوسع في البنية التحتية، وهو نمط يتفق مع الأدبيات الدولية التي تربط بين التحضر وفقدان الغطاء النباتي (Ceașu et al., 2025). وقد جاء هذا التمدد العمراني مباشرة على حساب التراجع الحاد في مساحة الغابات التي فقدت -60.48% من مساحتها، حيث قدرت بحوالي 9,316.71 هكتاراً، لتتخفص حصتها من 43.8% إلى 17.3% متأثرة بالنشاط البشري والجفاف، هذا يدل على تأثير الأنشطة البشرية المباشرة (MohanRajan et al., 2020)، والشاهد أن العواقب البيئية لهذا التغير تكمن في

فقدان التنوع البيولوجي واستنزاف مورد الغابات، وهو ما تطرقت إليه الأدلة العلمية حول الحاجة إلى وضع سياسات مستنيرة لإدارة الموارد الطبيعية (Mir et al., 2025, p. 115).

الشكل (2) الغطاء الأرضي في الفترة من 1985 إلى 2025

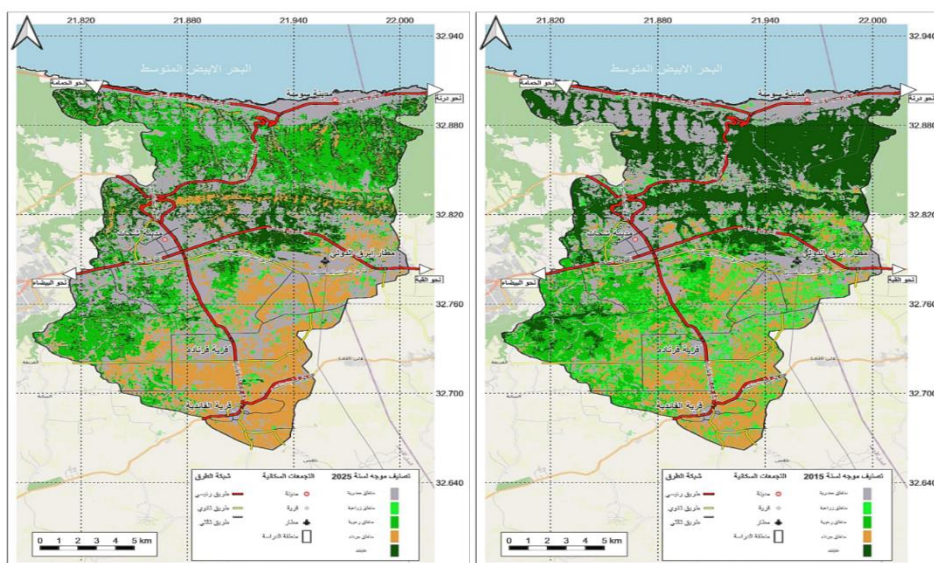
وفي المقابل شهدت بعض الفترات امكانية لتوسع الغابات أو تعافيتها مؤقتاً على حساب المراعي والأراضي العارية، حيث تظهر دراسة لريش والنعمي (2025) أن إمكانية توسع الغابات كان نتيجة لتأثيرات السياسات البيئية التي سعت إلى تحسين الغطاء النباتي، وهو ما



يبرز قدرة الغابات على التعافي الطبيعي ويتسق مع ما ورد في دراسات مثل (Lillesand et al., 2015) و(لشهب وآخرون، 2021) والتي تبين أثر السياسات البيئية المدروسة في استعادة الغطاء النباتي، وجاء ذلك بالتزامن مع تراجع المراعي بنسبة -27.09%، وانخفاض الأراضي العارية بنسبة -13.01% بعد تذبذب حاد بلغت فيه ذروتها عام 2005 (15,762.47 هكتاراً) كمرحلة انتقالية لتدهور الغابات قبل استصلاحها أو تحولها لكتل خرسانية، وهو ما يبرز ضعف الاستقرار المكاني لهذه الفئة نتيجة تحول أجزاء منها إلى استخدامات أخرى لا سيما الأنشطة الزراعية أو التوسع الحضري، وهو ما توصلت إليه دراسات تطبيقية مثل (الأحمودي، 2016؛ الغرياني، 2020) التي تبين وجود ارتباط وثيق بين التوسع الحضري والتغيرات التي تطرأ على الأراضي الزراعية والعارية. في حين حققت

الأراضي الزراعية نمواً بنسبة +106.75% لتصل إلى 2,205.47 هكتاراً لمواكبة الاحتياجات الغذائية السكانية، كما هو موضح في الشكل (3)، علماً بأن بعض الدراسات تشير إلى أن التوسع العمراني الذي يستهدف الأراضي الزراعية يساهم في خلل التوازن البيئي مع انخفاض المساحات المنتجة للغذاء وارتفاع الطلب على الأراضي السكنية والخدمات (العزاوي، 2025؛ مزراق، 2022)؛ مما يعكس بمجممله تحولاً بيئياً حرجاً يتطلب إقرار سياسات عاجلة للتخطيط الحضري المستدام وحماية الغطاء النباتي الطبيعي.

الشكل (3) الغطاء الأرضي في الفترة من 2015 إلى 2025



تبرز نتائج الجدول (5) التغير الصافي العقدي عدم استقرار المنظومة البيئية والمكانية عبر العقود الأربعة، حيث أحدث العقد الثالث (2005-2015) تحول كبير نتيجة الطفرة العمرانية +8,063.45 هكتار.

وتكشف الحركة التبادلية بين الفئات عن تدهور انسيابي للغطاء الطبيعي؛ إذ تحولت مساحات واسعة من الغابات المفقودة في العقد الثاني -9,070.91 هكتار إلى أراضي عارية انتقالية ثم إلى استخدامات حضرية وزراعية لاحقاً. يدل هذا التذبذب المكاني على سيادة الضغوط البشرية العشوائية والتغيرات المناخية على حساب الاتزان البيئي، مما يتطلب تخطيط مكاني مرن يراعي التحولات الزمنية المتتابة.



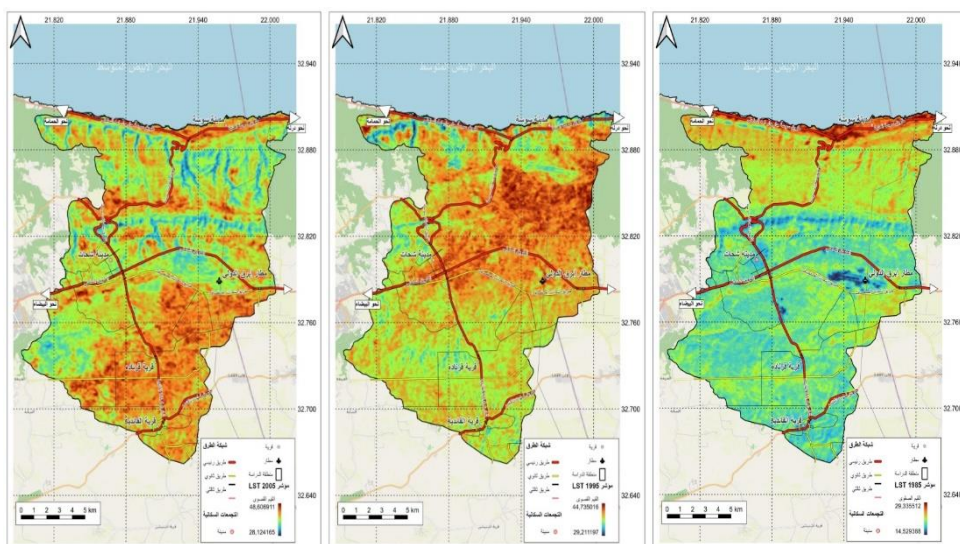
جدول (5) التغير الصافي لكل صنف في كل عقد على حدة (بالمهكتار)

الصنف	الفترة الأولى 1985 - 1995	الفترة الثانية 1995 - 2005	الفترة الثالثة 2005 - 2015	الفترة الرابعة 2015 - 2025
الغابات	895.04-	9070.91-	4639.57+	3990.34-
الأراضي العارية	365.39+	6875.92+	10,330.66-	1980.59+
المراعي	10,66.12-	2361.77+	4788.99-	1232.65+
الزراعة	1886.21+	1595.07-	2416.65+	1569.04-
المناطق الحضرية	290.44-	1428.29+	8063.45+	2346.05+

ب. التوزيع الزمني والمكاني لتباين درجة حرارة السطح للفترة الممتدة (1985–2025)
يتضح من خلال تتبع التغير الزمني لدرجة حرارة السطح LST التي تكشف عن نمط مكاني واضح يمكن ربطه مع تغيرات الغطاء الأرضي، والتي تغطي الأعوام 1985 إلى 2025، أن التوزيع الحراري لم يكن ثابت عبر الزمن، بل شهد تذبذب واضح مع اتجاه عام نحو ارتفاع الحرارة حتى عام 2015، ثم تراجع نسبي في 2025 مقارنة بذروة 2015، مع استمرار وجود بؤر حرارية مرتفعة في أجزاء من المنطقة. ويكشف الشكل (4) عن تدرج زمني واضح في أنماط درجة حرارة سطح الأرض داخل منطقة الدراسة خلال الفترة الممتدة من 1985 إلى 2025.

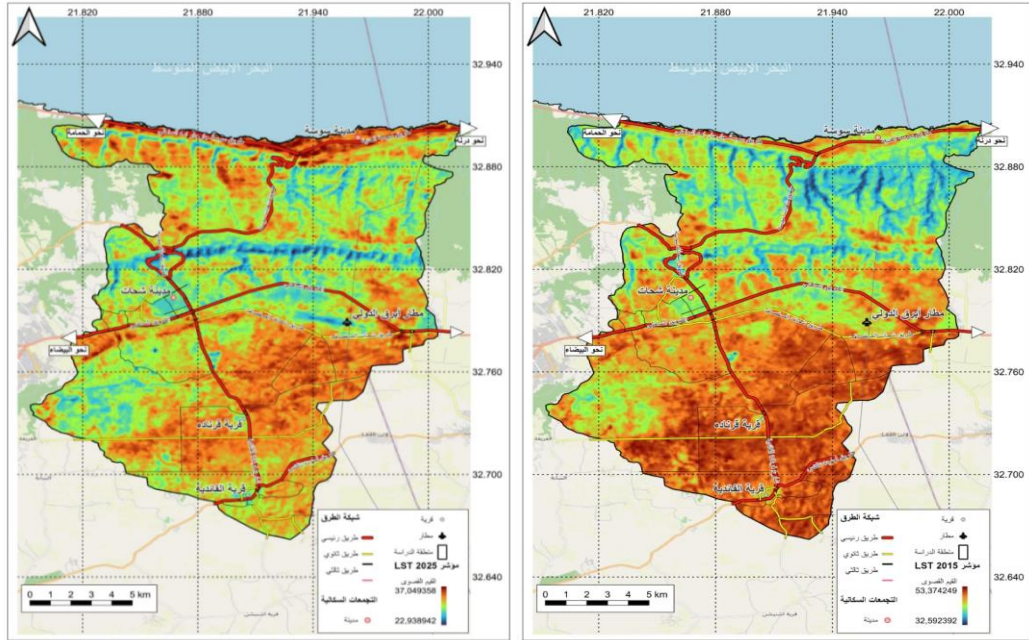
تظهر النتائج أن عام 1985 كان الأقل حرارة نسبياً، حيث سادت القيم المنخفضة والمتوسطة على نطاق واسع من منطقة الدراسة، ما يعكس حالة حرارية أكثر اعتدالاً، ويمكن ربط ذلك بانتشار نسبي للغطاء النباتي ومحدودية التوسع العمراني والأسطح العارية في تلك المرحلة. وفي الفترة 1995 و 2005 برز اتجاه تصاعدي في درجات الحرارة، مع اتساع نطاقات القيم المرتفعة، خاصة في 2005 الذي اتسم بتباين مكاني أوضح نتيجة اختلاف أنماط استخدامات الأرض وتفاوت الغطاء الأرضي، وهو ما أشار إليه (Bingöl & Altiner, 2025) ارتباط ارتفاع الحرارة بتوسع المناطق الحضرية وتراجع الغطاء النباتي.

الشكل (4) درجة حرارة السطح في الفترة من 1985 إلى 2005



أما عام 2015 فيمثل ذروة حرارية في السلسلة الزمنية، حيث توسعت المساحات ذات الحرارة المرتفعة خصوصاً في الجنوب والوسط الجنوبي، مقابل بقاء بعض الجيوب الأقل حرارة في مناطق محدودة، مما يعكس التأثير المتزايد لتحولات استخدامات الأرض على البيئة الحرارية المحلية، وهو ما يتسق مع نتائج دراسة النصراوية والزيدية (2023) حول دور الغطاء النباتي في تنظيم حرارة السطح، وخلال عام 2025 سجل انخفاض نسبي في شدة الحرارة مقارنة بعام 2015، كما مبين في الشكل (5)، إلا أن التباين المكاني ظل واضحاً، حيث استمرت البؤر الحرارية المرتفعة في بعض المناطق، كقابل اعتدال نسبي في أماكن أخرى، ويرتبط ذلك باستمرار الغطاء النباتي محلياً أو بتأثير العوامل الطبوغرافية.

الشكل (5) درجة حرارة السطح في الفترة من 2015 إلى 2025



حيث يظهر التسلسل الزمني أن تغير درجة حرارة سطح الأرض لم يكن خطياً، بل اتسم بديناميكية وتباين مكاني واضح، يعكسان التفاعل المعقد بين تغيرات الغطاء الأرضي والعوامل البيئية والمكانية.

بين التحليل المكاني لتوزيع درجات حرارة سطح الأرض أن التباين الحراري داخل منطقة الدراسة لا يحدث بصورة عشوائية، وإنما يتبع نمطاً مكانياً مستقر نسبياً عبر مختلف الفترات الزمنية، الأمر الذي يعكس تأثير محددات بيئية ومكانية واضحة تتحكم في هذا التباين وتوجه توزيعه المكاني.

– الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية: تتكرر القيم الحرارية المرتفعة، ويرتبط ذلك غالباً بخصائص سطحية عالية الامتصاص للإشعاع الحراري، مثل الأراضي الجرداء والأسطح المكشوفة والمناطق ذات الاستخدامات الزراعية الموسمية، إضافة إلى بعض مظاهر التوسع العمراني، حيث تُعد هذه الأسطح أكثر قدرة على تخزين وإعادة إشعاع الحرارة مقارنة بالغطاء النباتي (خلف، 2023).

-نطاقات حرارية أقل نسبياً في الأجزاء الوسطى والشمالية الشرقية: ويعزى ذلك إلى ارتفاع كثافة الغطاء النباتي وتباين التضاريس وزيادة الرطوبة النسبية، مما يعزز دور الغطاء الأرضي في تنظيم درجات الحرارة المحلية.

- الشريط الساحلي الشمالي: فقد أظهر في بعض قطاعاته قيمةً حرارية مرتفعة نسبياً، وهو ما يشير إلى أن التأثير البحري التلطيفي لا يكون حاسماً دائماً في تعديل حرارة سطح الأرض، خاصة في حال سيادة الأسطح الصخرية أو العمرانية أو ضعف الغطاء النباتي، حيث يظل نوع استخدامات الأرض هو العامل الأكثر تأثيراً في تفسير التباين الحراري المحلي (Mohamed et al., 2025؛ قايل، 2019).

1. تحليل الاتجاهات الزمنية والتغيرات الإحصائية لدرجة حرارة سطح الأرض خلال فترة الدراسة

يوضح الجدول (6) النتائج الإحصائية لدرجة حرارة سطح الأرض، بعد استبعاد القيم الصفيرية والقيم غير الصالحة، وجود تباين زمني واضح خلال سنوات الدراسة. فقد ارتفع المتوسط الحسابي من 21.29°م سنة 1985 إلى 45.61°م عام 2015، قبل أن ينخفض إلى 31.23°م سنة 2025. كما سجلت سنة 2015 أعلى قيمة حرارية ضمن الفترة المدروسة والتي بلغت 53.56°، في حين سجلت سنة 1985 أدنى قيمة 14.54°م. وتكشف قيم الانحراف المعياري والتباين عن تزايد واضح في تشتت القيم الحرارية حتى سنة 2015، بما يعكس اتساع الفروق المكانية في حرارة السطح، ثم تراجع هذا التشتت نسبياً في عام 2025.

جدول (6) درجة حرارة السطح للفترة (1985-2025)

الفترة	المتوسط الحسابي (م°)	التغير المطلق عن الفترة السابقة (م°)	التغير النسبي % عن الفترة السابقة	معدل التغير السنوي %	معدل التغير السنوي (درجة/سنة)	الاتجاه
1985	21.29	—	—	—	—	سنة الأساس
1995	38.90	17.61	82.69%	8.27%	1.76°	ارتفاع كبير
2005	40.27	1.37	3.52%	0.35%	0.13°	ارتفاع طفيف
2015	45.61	5.33	13.25%	1.32%	0.53°	ارتفاع ملحوظ
2025	31.23	14.37-	31.52%-	3.15%-	1.43°-	انخفاض حاد

وبين الجدول (7) أن متوسط درجة حرارة السطح شهدت اتجاهاً تصاعدياً واضح خلال الفترات الممتدة من 1985-2015، إذ سجلت أكبر ارتفاع خلال الفترة 1995-1985 بزيادة مطلقة بلغت 17.61°م، ونسبة تغير نسبي وصلت إلى 82.69%، وهو

ما يدل على تحول حراري كبير في بداية السلسلة الزمنية. واستمر الارتفاع خلال
الفترتين 1995-2005، 2005-2015، ولكن بوتيرة أقل نسبياً، كما أظهرت
الفترة 2015-2025 اتجاهًا تنازلياً واضح، حيث انخفض المتوسط بمقدار -14.37°C ،
وبنسبة تغير بلغت -31.52% ، مما يشير إلى تراجع نسبي في المستوى الحراري مقارنة بذروة
سنة 2015.

الفترة الزمنية	عدد القيم الصالحة*	أدنى قيمة	أعلى قيمة	المتوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري	التباين
1985	35145	14.54	30.56	21.29	20.84	2.00	4.030
1995	35145	28.42	46.24	38.90	38.84	2.09	4.38
2005	35145	28.34	48.93	40.27	40.41	3.00	9.05
2015	35145	33.16	53.56	45.61	45.98	3.95	15.62
2025	35145	22.66	40.12	31.23	31.31	2.28	5.24

جدول (7) التغير في متوسط درجة حرارة السطح مقارنة بالفترات السابقة

* المجموع الكلي للقيم 35.175

2. التفسير في ضوء تغيرات الغطاء الأرضي:

تشير النتائج إلى وجود علاقة مكانية ووظيفية واضحة بين تحولات الغطاء الأرضي وتباين
درجة حرارة سطح الأرض في منطقة الدراسة، أن التغير الحراري المرصود لم يكن منفصلة عن
التحولات التي طرأت على خصائص السطح وأنماط استخدامه. فالمقارنة بين الامتدادات
الحرارية المرتفعة وتوزيع أنماط الغطاء الأرضي توضح أن المناطق التي اتسمت بتراجع الغطاء
النباتي أو اتساع الأسطح المكشوفة والمبنية كانت الأكثر اقتراناً بارتفاع درجات الحرارة، في
حين ارتبطت المناطق التي احتفظت بغطاء نباتي أو بخصائص بيئية أكثر رطوبة بقيم حرارية
أقل. فإن اتساع النطاقات الحارة خاصة بين 1995-2015، يرجع وجود تغيرات في
الغطاء الأرضي تمثلت في:

- تقلص لبعض المساحات النباتية أو الغابية.

- زيادة الأسطح المكشوفة أو الجرداء.

- توسع عمراني على حساب الأسطح الطبيعية.

أما التراجع النسبي في 2025، فيمكن مناقشته على أكثر من احتمال: إما أنه يعكس
تحسن جزئي في بعض أنماط الغطاء الأرضي، أو أنه يرتبط بتغير موسمي-مناخي مؤقت،

ولذلك لا ينبغي تفسيره بوصفه انعكاس لتحسن بيئي مطلق دون ربطه بخرائط الغطاء الأرضي نفسها. كما كشف تحليل LST عن حركة حرارية واضحة، اتسمت بانتقال نسبي من حالة حرارية أكثر اعتدالاً في 1985 إلى حالة أكثر ارتفاعاً وتعقيداً في 1995-2005، وصولاً إلى ذروة حرارية ملحوظة في 2015، ثم انخفاض نسبي في 2025. ويعطي هذا المسار أن حرارة السطح في منطقتي شحات وسوسة ليست نتاج لعامل مناخي عام فقط، وإنما هي انعكاس مباشر لتباين البنية المكانية للغطاء الأرضي واختلاف خصائصه الفيزيائية والحيوية (Cetin et al., 2024).

ج. العلاقة بين مؤشري الغطاء النباتي NDVI ومؤشر فرق المياه الطبيعي NDWI مع درجة حرارة السطح LST خلال فترة الدراسة (1985-2025):

يظهر الجدول (8) وجود تباين زمني واضح في الخصائص الإحصائية لمؤشري NDVI ومؤشر NDWI خلال سنوات الدراسة بعد استبعاد القيم الصفرية. فقد سجل مؤشر NDVI أعلى متوسط حسابي في سنة 1985 بقيمة 0.369، تلتها سنة 2005 بقيمة 0.312، ثم انخفض نسبياً في سنتي 2015 و 2025 إلى 0.286 و 0.290 على التوالي، بينما سجل أدنى متوسط في سنة 1995 بقيمة 0.189. حيث أن كثافة الغطاء النباتي شهدت تذبذباً مع ميل عام نحو التراجع مقارنة ببداية السلسلة الزمنية. أما بالنسبة لمؤشر NDWI، فقد بقيت المتوسطات الحسابية جميعها ضمن القيم السالبة، إذ تراوحت بين -0.157 في سنة 1995 و -0.237 في سنة 2015، وهو ما يعكس انخفاض عام في محتوى الرطوبة أو محدودية وفرة المياه السطحية في منطقة الدراسة. كما أن تسجيل أكثر القيم السالبة في 2015 يشير إلى أن هذه الفترة قد مثلت مرحلة أشد جفافاً نسبي مقارنة ببقية السنوات.

وتوضح قيم الانحراف المعياري أن التشتت في بيانات NDVI كان أعلى من نظيره في NDWI خلال جميع السنوات، بما يدل على أن الغطاء النباتي كان أكثر تبايناً مكاني من الرطوبة السطحية. كما أن اتساع المدى بين القيم الدنيا والعليا لمؤشر NDVI، خاصة في سنوات 1985، 2015، 2025، يعكس تفاوت واضح في توزيع الغطاء النباتي داخل منطقة الدراسة، في حين ظل مدى NDWI أكثر تقارباً نسبياً، مما يشير إلى تجانس أكبر في نمط الرطوبة السطحية مقارنة بتوزيع الغطاء النباتي.

الجدول (8) الإحصاءات الوصفية لمؤشري NDWI & NDVI خلال الفترة من
2025 – 1985

السنة	NDVI الأدنى	NDVI الأعلى	NDVI المتوسط ± الانحراف المعياري	NDWI الأدنى	NDWI الأعلى	NDWI المتوسط ± الانحراف المعياري
1985	-0.178	0.769	0.126 ± 0.369	-0.348	0.050	-0.193 ± 0.041
1995	-0.006	0.500	0.059 ± 0.189	-0.278	-0.015	-0.157 ± 0.017
2005	0.268	0.700	0.096 ± 0.312	-0.377	0.107	-0.208 ± 0.028
2015	-0.067	0.797	0.110 ± 0.286	-0.466	0.158	-0.237 ± 0.032
2025	-0.037	0.804	0.118 ± 0.290	-0.430	0.069	-0.193 ± 0.029

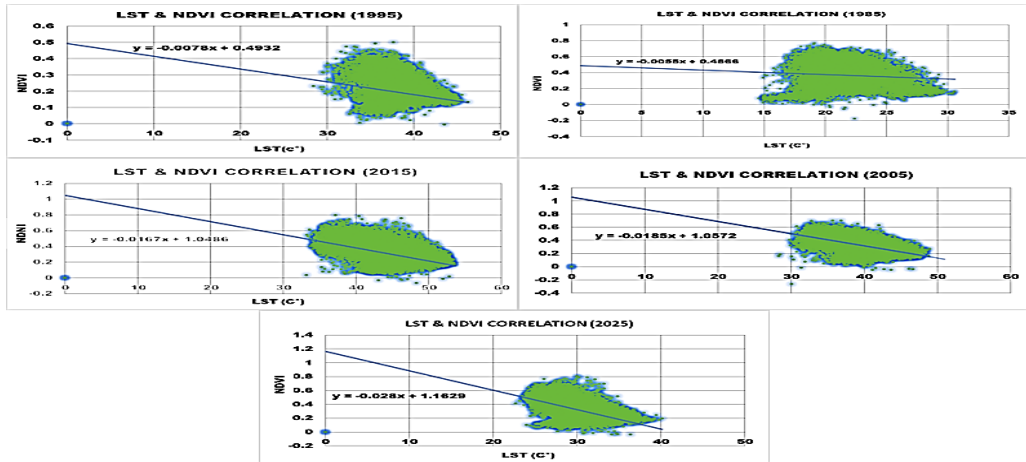
ملاحظة: تم استبعاد القيم الصفيرية من جميع المتغيرات قبل حساب أدنى قيمة، وأعلى قيمة، والمتوسط الحسابي، والانحراف المعياري.

حيث شهدت منطقة الدراسة تغيرات بيئية ملموسة عبر الزمن، تمثلت في تذبذب كثافة الغطاء النباتي واستمرار انخفاض المؤشر الرطوبة السطحية، وهو ما قد يرتبط بتأثيرات التحولات في استخدامات الأرض أو تصاعد الضغوط البشرية على النظام البيئي، ويمكن فهمه من خلال العلاقات التالية:

1. ديناميكية العلاقة بين الغطاء النباتي ودرجة حرارة سطح الأرض:

يظهر الشكل البياني (6) علاقة سلبية بين مؤشر الغطاء النباتي ودرجة حرارة سطح الأرض عبر خمس فترات زمنية متتالية (1985، 1995، 2005، 2015، 2025)، يلاحظ أن الزيادة في درجات الحرارة تقابلها انخفاضات ملحوظة في مؤشر الغطاء النباتي. خلال الفترة 1985-1995، سجلت زيادة ملحوظة -0.0055، -0.0078 على التوالي، كما ارتفعت درجة حرارة السطح بشكل ملحوظ، مما دفع مؤشر NDVI إلى الانخفاض، هذا يشير إلى تأثير زيادة النشاط البشري من خلال التوسع العمراني ويلاحظ فترة 2005، 2015، ازداد هذا التباين بشكل أكبر مع ميل خط الانحدار إلى الزيادة السلبية -0.0185، -0.0167 على التوالي، كما بينت سنة 2025، انحدار خطي حاد عالي السلبية -0.028 يعكس ارتفاع متسارع في درجات الحرارة، نتيجة تقلص وتدهور أكبر في الغطاء النباتي.

شكل (6) تأثير LST على NDVI



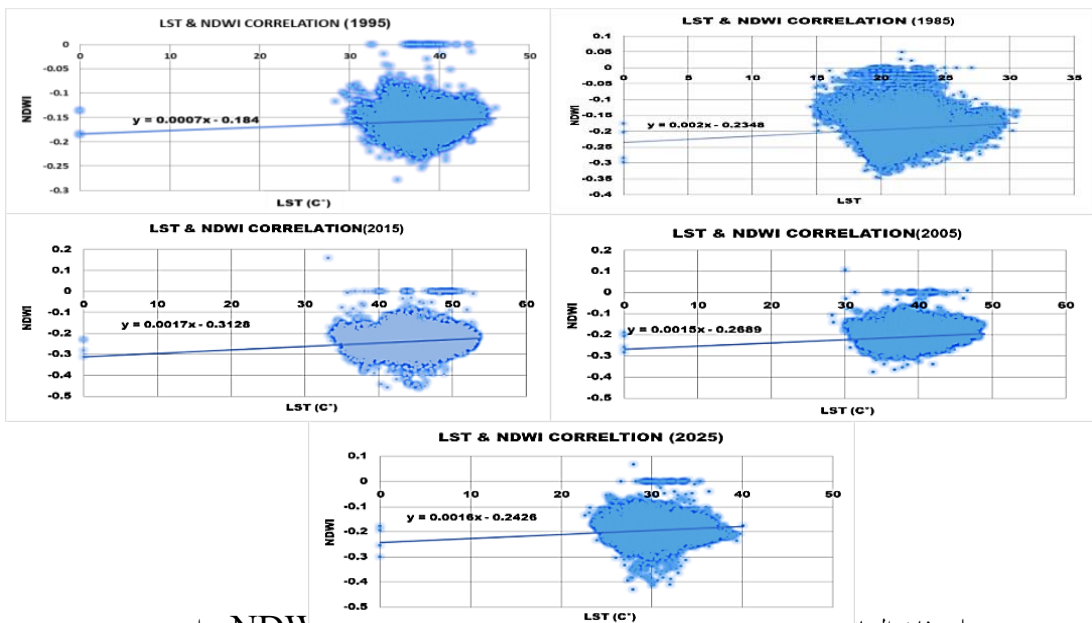
العلاقة بين LST&NDVI تستند إلى تأثيرات الغطاء النباتي التي تحد من درجة الحرارة من خلال التظليل والتشح، بينما الأسطح المكشوفة والمبنية تميل إلى امتصاص الحرارة وتخزينها، ما يؤدي إلى ارتفاع الحرارة مع انخفاض الغطاء النباتي. (Hegazy et al., 2022) تمثل هذه العلاقة السلبية انعكاساً لمجموعة من العوامل البيئية، أبرزها التوسع العمراني والتغيرات في استخدامات الأرض، مما يستدعي تبني استراتيجيات حفاظ على الغطاء النباتي والتخطيط المكاني المستدام لتقليل تأثير الجزر الحرارية وتحقيق توازن حراري بيئي. من خلال الحفاظ على المساحات الخضراء في المناطق الحضرية والزراعية، وتحسين استخدام الأراضي وتوسيع المناطق النباتية (Guha et al., 2022).

2. العلاقة الزمنية بين درجة حرارة سطح الأرض LST ومؤشر الرطوبة المائي NDWI:

تظهر معادلات الانحدار الخطي بين NDWI&LST في الشكل (7) خلال الفترة 1985-2025 العلاقة بين المتغيرين اتسمت بكونها موجبة ولكن شديدة الضعف؛ إذ تراوحت قيم الميل بين 0.0007 في سنة 1995 و 0.002 في سنة 1985، وهي قيم منخفضة للغاية من الناحية التفسيرية، بما يدل على محدودية التأثير الخطي المباشر لدرجة حرارة السطح في تغير قيم NDWI. وتكشف القراءة الزمنية للمعادلات أن التحول الأهم لم يكن في قوة الارتباط نفسها، بل في تغير الجزء الثابت للمعادلة، الذي يعكس خلفية الرطوبة العامة؛ ففي حين سجلت سنة 1995 أقل ميل موجب ($y = 0.0007x$)

0.184) بما يشير إلى شبه حيادية العلاقة بين الحرارة والرطوبة السطحية، أظهرت سنة 2015 أكثر القيم سلبية في الجزء الثابت ($y = 0.0017x - 0.3128$)، وهو ما يوحي ببلوغ المجال حالة أكثر جفافاً نسبياً خلال هذه المرحلة، بالتوازي مع الذروة الحرارية التي كشفت عنها خرائط LST. أما سنة 2025 ($y = 0.0016x - 0.2426$) فتشير إلى تحسن نسبي في رطوبة المياه مقارنة بعام 2015، دون أن يصاحب ذلك تغير جوهري في طبيعة العلاقة نفسها، التي بقيت ضعيفة ومحدودة التفسير.

شكل (7) العلاقة الزمنية بين NDWI & LST

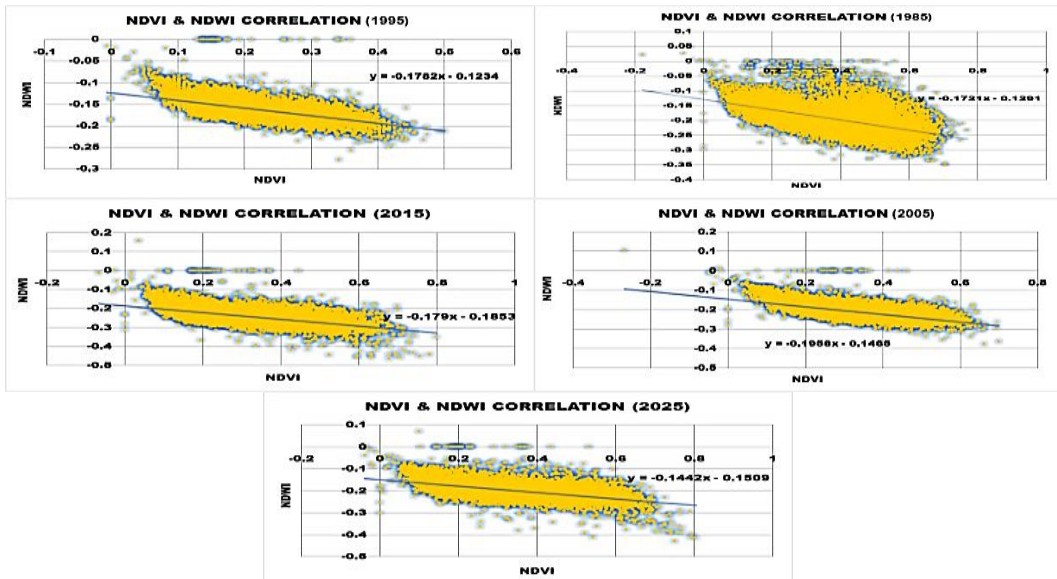


وعليه فإن النتائج لا تدعم وجود حجم حراري مباشر وفوي في سلوك NDWI، بل تشير إلى أن هذا المؤشر يتحدد من خلال تفاعل مركب بين درجة حرارة السطح وخصائص الغطاء الأرضي والعوامل الطبوغرافية والهيدرولوجية المحلية، بما يعني أن التغيرات الرطوبة في منطقة الدراسة لا يمكن ردها إلى العامل الحراري وحده، وإنما ينبغي فهمها ضمن بنية مجالية وبيئية أكثر تعقيداً.

3. تحليل الارتباط المكاني الزمني بين مؤشري الغطاء النباتي NDVI والرطوبة السطحية NDWI:

أظهرت نتائج التحليل بين NDVI&NDWI خلال الفترات وجود علاقة عكسية ثابتة بين المؤشرين في جميع الفترات الزمنية، كما يظهر في الشكل (8) المعادلات ذات الميل السلبي طوال فترات الدراسة. حيث جاءت المعادلات على النحو الآتي: في سنة 1985 بلغت معادلة الاتجاه $(y=-0.1721x-0.1291)$ ، وفي 1995 بلغت $(y=-0.1782x-0.1234)$ ، 2005 بلغت $(y=-0.1958x-0.1465)$ ، 2015 بلغت $(y=-0.179x-0.1853)$ ، أما في سنة 2025 فقد بلغت $(y=-0.1442x-0.1509)$. وتشير هذه القيم إلى أن زيادة NDVI ارتبطت بانخفاض NDWI، مع أكبر انحدار سلبي في 2005، مما يعكس تأثير العلاقة العكسية بين الغطاء النباتي والرطوبة السطحية. كما يوضح نمط التوزيع النقطي للبيانات تركيز قيم NDWI في النطاق السالب عبر السنوات، مع زيادة في القيم المنخفضة بين 2015-2025، مما يدل على استمرار تراجع الرطوبة السطحية.

الشكل (8) العلاقة بين NDVI&NDWI



وتشير بعض الدراسات إلى أن العلاقة بين الغطاء النباتي ومحتوى الرطوبة في المناطق الجافة وشبه الجافة تتميز بهذه الحركة العكسية، حيث زيادة الغطاء النباتي غالباً ما تكون مرتبطة بانخفاض الرطوبة بسبب تغيرات توزيع المياه في التربة. (Roy & Bari,)

2022; Melnyk & Brunn, 2025 يمكن تفسير هذه النتيجة بأن التغيرات في الغطاء النباتي عبر الزمن مرتبطة بتقلبات الرطوبة السطحية والموارد المائية، حيث تظهر العلاقة العكسية بين NDWI & NDVI تفاعل بيئي بين كثافة الغطاء النباتي وتوفر المياه. فكلما انخفضت الرطوبة السطحية، تراجعت قدرة الأرض على دعم الغطاء النباتي، مما يفسر الاتجاه السلبي عبر جميع الفترات الزمنية (Guha et al., 2022). كما تشير الفروق بين السنوات إلى أن شدة هذه العلاقة تأثرت بالضغط البيئي، حيث كانت أكثر وضوحاً في 2005 بسبب التوسع العمراني والتغيرات في استخدامات الأرض أو تراجع الإمداد المائي. وفي 2025 رغم استمرار العلاقة السالبة، إلا أن ميلها انخفض، مما يشير إلى تحول في طبيعة التفاعل بين المؤشرين، دون أن يعني ذلك تحسناً بيئياً فعلياً، خاصة أن تركز قيم NDWI ظل في النطاق السالب.

كما أن الاتجاه العام عبر السنوات يعكس استمرارية الضغط على النظام البيئي، حيث لم تسجل أي سنة تحولاً نحو علاقة موجبة أو حتى حيادية بين المؤشرين، وهو ما يعني أن التراجع في الرطوبة ظل عاملاً مؤثراً في تغيرات الغطاء النباتي خلال كامل المدة الزمنية المدروسة. وهذا النمط الزمني يدعم فكرة أن المنطقة شهدت تغيرات بيئية تراكمية انعكست على كل من الغطاء النباتي والمياه السطحية.

الخلاصة:

اعتمدت الدراسة على منهجية تحليلية كمية قائمة على توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، من خلال معالجة وتحليل مرئيات الأقمار الصناعية (Landsat)، وتصنيفها إلى فئات رئيسية للغطاء الأرضي، إلى جانب استخدام المؤشرات الطيفية والتحليل الإحصائي لدراسة العلاقة بين الغطاء النباتي والرطوبة السطحية والتباين الحراري، بهدف تحليل وكشف التغيرات الزمانية والمكانية في أنماط الغطاء الأرضي، وتقييم أثرها على درجات حرارة سطح الأرض في منطقتي شحات وسوسة خلال الفترة (1985-2025)، وخلصت الدراسة أن المنطقة شهدت تحولات مكانية ملحوظة تمثلت في تراجع الغطاء النباتي مقابل توسع عمراني متسارع وضغوط زراعية متزايدة، بما يعكس التأثير المتنامي للأنشطة البشرية في إعادة تشكيل البنية البيئية.

وقد ارتبطت هذه التحولات بارتفاع تدريجي في درجات حرارة سطح الأرض، خاصة مع انخفاض كثافة الغطاء النباتي وتراجع الرطوبة السطحية، حيث سجلت الذروة الحرارية في عام 2015، مع استمرار التباين المكاني حتى عام 2025.

وأظهرت النتائج وجود علاقة عكسية ذات دلالة بين مؤشري الغطاء النباتي والرطوبة السطحية من جهة، ودرجات الحرارة من جهة أخرى، الأمر الذي يبرز الدور التنظيمي للغطاء النباتي في التوازن الحراري المحلي، كما تشدد نتائج الدراسة الحاجة إلى تبني استراتيجيات تخطيط عمراني مستدام تحد من التوسع العشوائي، وتعزز إدماج المساحات الخضراء، إلى جانب دعم الممارسات الزراعية المستدامة. كما توصي الدراسة بأهمية توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في الرصد المستمر للتغيرات البيئية، بما يساهم في دعم اتخاذ القرار وتحقيق إدارة متوازنة ومستدامة للموارد الطبيعية.

قائمة المراجع:

الكتب:

- عبدالمهدي، عبد رب النبي محمد، (200)، الاستشعار عند بعد (علم وتطبيق)، دار الجامعيين للطباعة.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). **Remote sensing and image interpretation** (7th ed.). Wiley. [Wiley – Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition](https://doi.org/10.1007/978-981-96-2413-3_5)
- Mir, Y. H., Mir, S., Ganie, M. A., Bhat, J. A., Shah, A. M., Mushtaq, M., & Irshad, I. (2025). **Overview of land use and land cover change and its impacts on natural resources**. In G. H. Bhat, M. A. Islam, & R. S. Romshoo (Eds.), *Land use and land cover change in South Asia: A perspective of natural resources management* (pp. 101–130). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2413-3_5

الدوريات العلمية والنشرات :

- الجاللي، جمعة أرحومة، (2020)، اتجاهات التغير في كميات الأمطار بشمال شرق ليبيا خلال الفترة من 1961–2010، مجلة المختار للعلوم الإنسانية، العدد 38.
- الشقور، نور؛ دلال زريقات (2022)، دراسة التغير في مساحة الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي في محافظة الكرك خلال الفترة 1986–2017 باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مجلة جامعة النجاح للأبحاث (العلوم الإنسانية) | المجلد 36(1).



-العبدلي، مليحة حامد، (2024)، رصد النمو العمراني والتنبؤ بتغيراته المستقبلية جنوب مدينة جدة باستخدام الاستشعار عن بعد ونماذج التغير الأرضي (LCM) المجلة العربية للدراسات الجغرافية، (19)7، 125-164.

-العزاوي، ظافر إبراهيم، (2005)، التوسع العمراني وأثره على استعمالات الأرض الزراعية في ناحية يثرب، مجلة الفتح، العدد 22،
<http://148.72.244.84:8080/xmlui/handle/xmlui/13838>

-الغرياني، مباركة سعد الغرياتي، (2020)، كشف التغيرات في غطاء الأرض للمناطق الحضرية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية، المؤتمر الدولي للتقنيات الجيومكانية - ليبيا 3 - ليبيا جيو تيك3.

-المليان، جمعة، بن سعيد، شرف الدين، الغافود، عبدالرحمن، (2021)، نمذجة التغير في درجة الحرارة العظمى في منطقة شحات للفترة 1961 - 2099 باستخدام تقنية SDSM، مجلة كلية الآداب، العدد السابع والعشرون، يونيو 2021. DOI:
<https://doi.org/10.36602/faj/2021.n.17.03>

-خلف، سهاد شلاش، (2023)، تباين درجات الحرارة بين المعطيات الفضائية والمحطات الأرضية في قضاء خانقين، المجلة الدولية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد 50.
-عبدالقادر، عادل محمود، أبوبكر، يوسف فرج، أبوبكر، مروان صالح (2022)، تقييم حالة الغطاء النباتي في منطقة الجبل الأخضر شمال شرق ليبيا باستخدام مؤشرات طيفية مختارة، مجلة السلفيوم للعلوم والتقنية، المجلد الأول العدد الأول، يناير 2022. شحات- ليبيا.

-عبدالكريم، أحمد عبدالسلام، (2023)، الانتشار المكاني للمنازل في إقليم مدينة شحات، مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، العدد الرابع، يناير 2023م.

-قابيل، هالة، (2019)، أسس تحديد درجة حرارة السطح باستخدام الصور الحرارية من Land sat-7، مجلة جامعة دمشق-المجلد 35- العدد الأول.

-لربش، عطية محمد؛ النعمي، العماري محمد مفتاح، (2025)، تغير استعمالات الأراضي في إقليم سهل الجفارة خلال الفترة 1986-2013م، (منطقة الزهراء نموذج) مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، المجلد الخامس العدد الأول.

-لشهب، سعد ، أفدورة، فائزة ، الغويل، بسم ، (2021)، كشف التغير في الغطاء الأرضي باستخدام الصور الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية في نطاق منطقة البياضة الجبل الأخضر شرق ليبيا، المجلة الليبية العالمية، العدد الخمسون/يناير/ 2021.

(URI): <http://repository.uob.edu.ly/handle/123456789/1412>

-مزراق، محمد، (2022)، تتبع تغيرات استخدامات الأراضي والغطاءات الأرضية في ولاية البويرة باستعمال صور القمر الاصطناعي لاند سات، مجلة الباحث، المجلد 14 العدد 03، ص ص 472-494.

-نصراوية، غيثة؛ بن الزيدية، خالد، (2023)، تقييم تغيرات الغطاء الأرضي وتأثيرها على درجة حرارة سطح الأرض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد القنيطرة نموذجاً (المغرب)، African Journal , Volume 2, Issue 4, of Advanced Pure and Applied Sciences Website: .October - December 2023, Page No: 37-47
<https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index>

-ياسين، ديار طاهر، (2024)، استخدام مؤشري (LST) و (NDVI) للكشف عن الجفاف في قضاء المقدادية، مجلة ديالي للبحوث الانسانية، العدد (100) المجلد (2).

-Abd, H. A. A., & Alnajjar, H. A. (2013). **Maximum likelihood for land-use/land-cover mapping and change detection using Landsat satellite images: A case study “South of Johor”**. *International Journal of Computational Engineering Research*, 3(6).

-Altiner, F., & Bingöl, F. (2025). **Spatio-temporal assessment of land surface temperature, vegetation cover, and built-up areas using LST, NDVI, and NDBI in Balıkesir, Türkiye (1985–2025)**. *Sustainability*, 17(20), 9245. <https://doi.org/10.3390/su17209245>

-Anand, V., Kaur, S., Rajput, V. D., Minkina, T., Mandzhieva, S., Kumar, S., Sharma, A., & Kumar, S. (2025). **Analyzing the spatial relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index using remote sensing and GIS**. *Discover Geoscience*, 3, 65. <https://doi.org/10.1007/s44288-025-00167-w>

-Anandababu, D., Purushothaman, B. M., & Suresh Babu, S. (2018). **Estimation of land surface temperature using Landsat 8 data**. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology (IJARIIT)*, 4(2). www.IJARIIT.com.

-Atik, M., Işikli, R. C., Ortaççesme, V., & Yildirim, E. (2015). **Definition of landscape character areas and types in Side region, Antalya-Turkey with regard to land use planning**. *Land Use Policy*, 44, 90–100.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.11.019>

-Bojer, A. K., Tsadik, M. W., Nadarajah, S., & Al-Quraishi, A. M. F. (2026). **Assessing and predicting land-use/land-cover changes, and land surface temperature impacts on Gilgel Gibe water resources, Ethiopia**. *Natural Resources Research*.
<https://doi.org/10.1007/s11053-026-10646-7>



- Cetin, M., Kavlak, M. O., Kurkcuoglu, M. A. S., Ozturk, G. B., Cabuk, S. N., & Cabuk, A. (2024). **Determination of land surface temperature and urban heat island effects with remote sensing capabilities: The case of Kayseri, Türkiye.** *Natural Hazards*, 120, 5509–5536. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06431-5>
- Congalton, R.G., 1991. **A review of Assessing the accuracy of Classifications of Remotely sensed data,** *Remote Sensing and Environment*, Vol:37, pp. 35–46.
- Congedo, L. (2021). **Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS.** *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Dash, P., Göttsche, F.-M., Olesen, F.-S., & Fischer, H. (2002). **Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: Theory and practice—Current trends.** *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2563–2594. <https://doi.org/10.1080/01431160110115041>
- Ghaderpour, E., Mazzanti, P., Bozzano, F., & Scarascia Mugnozza, G. (2024). **Trend analysis of MODIS land surface temperature and land cover in Central Italy.** *Land*, 13(6), 796. <https://doi.org/10.3390/land13060796>
- Guha, S., Govil, H., Taloor, A. K., Gill, N., & Dey, A. (2022). **Land surface temperature and spectral indices: A seasonal study of Raipur City.** *Geodesy and Geodynamics*, Volume(Issue), page range <http://www.keaipublishing.com/geog>.
- Hegazy, T. A. M., El Galil, M. A., Abou Samra, R. M., Mohamed, M. T., & Al Saleh, S. M. S. (2022). **Detecting NDVI & LST in the municipalities of Al Jabal Al Akhdar region – Libya using remote sensing and GIS.** *Scientific Journal for Damietta Faculty of Science*, 12(1), 63-70. <https://doi.org/10.21608/sjdfs.2018.194790>
- Jain, M., Dimri, A., & Niyogi, D. (2017). **Land-air interactions over urban-rural transects using satellite observations: Analysis over Delhi, India from 1991–2016.** *Remote Sensing*, 9(12), 1283. <https://doi.org/10.3390/rs9121283>
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). **Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions.** *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 28, 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Melnyk, O., & Brunn, A. (2025). **Analysis of spectral index interrelationships for vegetation condition assessment on the**

example of wetlands in Volyn Polissya, Ukraine. *Earth*, 6(2), 28.

<https://doi.org/10.3390/earth6020028>

-Mohamed, A., Lorestani, N., & Shabani, F. (2025). **Impact of urbanization on land surface temperature: A global perspective.** *Current Research in Environmental Sustainability*, 10, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2025.100315>

-Mohan, M., Pathan, S. K., Narendraredy, K., Kandya, A., & Pandey, S. (2011). **Dynamics of urbanization and its impact on land-use/land-cover: A case study of megacity Delhi.** *Journal of Environmental Protection*, 2, 1274–1283.

<https://doi.org/10.4236/jep.2011.29147>

-Mohanrajan, S. N., Loganathan, A., & Manoharan, P. (2020). **Survey on land use/land cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS environment: Techniques and challenges.** *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 29900–29926. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09091-7>

-Mudelsee, M. (2018). **Trend analysis of climate time series: A review of methods.** *Earth-Science Reviews*, 190, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.12.005>

-Nasraoui, R., & Benzidiya, K. (2024). **The impact of industrial activities on the land surface temperature (LST) in the urban environment of the city of Kenitra (Morocco).** In *Springer Nature* (pp. 163–180). https://doi.org/10.1007/978-3-031-59603-2_11

-Roy, B., & Bari, E. (2022). **Examining the relationship between land surface temperature and landscape features using spectral indices with Google Earth Engine.** *Heliyon*, 8(5), e10668. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10668>

-Singh, R., Saritha, V., & Pande, C. B. (2024). **Dynamics of LULC changes, LST, vegetation health and climate interactions in wetland buffer zone: A remote sensing perspective.** *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 135, 103660. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103660>

-Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). **Land surface temperature retrieval from Landsat TM 5.** *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434–440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>



الرسائل العلمية :

-الأحمودي، أمجد عبدالله بابكر، (2016)، تخطيط استخدام الأرض في مدينة القضارف بالتطبيق على تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، رسالة ماجستير، (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، جامعة النيلين، الخرطوم.

-مناتي، نبال كاظم، (2023)، التحليل المكاني لنطاق الغابات في محافظة دهوك شمال العراق وطرائق إدارتها وتمنيتها باستعمال نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد.

المصادر والوثائق الحكومية:

-هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS)، عبر منصة (earthexplorer.usgs.gov)
-United Nations, **Department of Economic and Social Affairs, Population Division.** (2018). *World urbanization prospects: The 2018 revision.* United Nations. <https://www.un.org/en/desa/2018-revision-world-urbanization-prospects>