ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

The Impact of Vegetation Cover on Urban Thermal Variability in Kirkuk District Center: A Study in Climate Geography

Majid Abdullah Fadhel Saba

University of Kirkuk / College of Education for Women

* *Corresponding author: E-mail* : majid_abdullah@uo.kirkuk.edu.iq

***Keywords*:**
Urban Heat Island
Vegetation Cover
Land Surface Temperature (LST)
NDVI
GIS and Remote Sensing

A R T I C L E I N F O

Article history:

Received	2 Jan 2026
Received in revised form	18 Jan 2026
Accepted	20 Jan 2026
Final Proofreading	29 Apr 2026
Available online	29 Apr 2026

E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

A B S T R A C T

This study aims to analyze the impact of vegetation cover on urban thermal variability in the Kirkuk District Center by employing Landsat-8 satellite data and Geographic Information Systems (GIS) techniques for two climatically contrasting years (2019 – wet, 2025 – dry). The findings revealed that vegetation cover played a fundamental role in reducing surface temperatures, recording a low mean of 33.2°C in 2019, compared to the built-up and barren areas which exceeded 39°C. However, the sharp decline in vegetation area from 219.6 km² in 2019 to only 41.6 km² in 2025, alongside the expansion of barren lands to 288.7 km², contributed to raising the weighted mean temperature from 36.4°C to 41.0°C and intensifying the thermal contrasts among land cover types. Statistical analysis (ANOVA, Correlation) confirmed that the relationship between vegetation and land surface temperature is significant, and that the reduction of green cover intensifies the urban heat island phenomenon and amplifies climatic risks for both inhabitants and the environment.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.33.4.2.2026.11

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for

تأثير الغطاء الخضري في التباين الحراري الحضري بمركز قضاء كركوك: دراسة في جغرافية المناخ

ماجد عبدالله فاضل سبع/ جامعة كركوك/ كلية التربية للبنات

الخلاصة:

يهدف هذا البحث إلى تحليل أثر الغطاء الخضري في التباين الحراري الحضري بمركز قضاء كركوك، وذلك من خلال استخدام بيانات الأقمار الصناعية Landsat-8 وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)خلال سنتين متباينتين مناخياً (٢٠١٩ رطبة، ٢٠٢٥ جافة). أظهرت النتائج أن الغطاء النباتي لعب دوراً أساسياً في خفض درجات الحرارة، إذ سجل معدل حرارة منخفض بلغ (٣٣.٢°م) عام ٢٠١٩، مقابل ارتفاع كبير في الأراضي الحضرية والجرداء التي تجاوزت (٣٩°م). إلا أن التراجع الحاد في

مساحة الغطاء النباتي من (٢١٩.٦ كم²) عام ٢٠١٩ إلى (٤١.٦ كم²) عام ٢٠٢٥، مقابل توسع الأراضي الجرداء إلى (٢٨٨.٧ كم²)، أسهم في ارتفاع المتوسط المرجح لدرجات الحرارة من (٣٦.٤°م) إلى (٤١.٠°م)، وزيادة حدة الفروق الحرارية بين الفئات الأرضية. وأثبت التحليل الإحصائي (ANOVA, Correlation)أن العلاقة بين الغطاء النباتي والحرارة السطحية علاقة جوهرية، وأن تقلص الرقعة الخضراء يعزز من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية ويضاعف المخاطر المناخية على السكان والبيئة.

الكلمات المفتاحية: ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية/ الغطاء النباتي/ درجة حرارة سطح الأرض (LST)/الدليل النباتيNDVI / نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

المقدمة

تُعد ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (Urban Heat Island – UHI) من أبرز الظواهر المناخية التي ترتبط بالنمو الحضري المتسارع وتغير أنماط استخدامات الأرض في المدن، إذ تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة السطحية في المناطق المبنية مقارنةً بالمناطق الريفية أو ذات الغطاء النباتي الكثيف. ويُعزى ذلك إلى خصائص المواد البنائية، وانخفاض معدلات التبخر–نتح، فضلاً عن الأنشطة البشرية المتزايدة التي تُضفي مزيدًا من الحرارة على البيئة الحضرية.

ويُنظر إلى الغطاء الخضري بوصفه أحد أهم المحددات المناخية التي تساهم في تقليل شدة هذه الظاهرة، إذ يعمل النبات على امتصاص جزء من الإشعاع الشمسي، ويزيد من الرطوبة النسبية عبر عمليات التبخر والنتح، مما يؤدي إلى خفض درجات الحرارة السطحية وإيجاد بيئات محلية أكثر اعتدالًا داخل النسيج الحضري .كما بينت الدراسات أن المساحات الخضراء العامة والأحزمة النباتية حول المدن تمثل "رئة مناخية" تحد من تراكم الحرارة وتساهم في التكيف مع آثار التغير المناخي.

وتزداد أهمية دراسة هذه الظاهرة في المدن العراقية، ومنها مدينة كركوك، التي شهدت خلال العقود الأخيرة توسعًا عمرانيًا واسع النطاق رافقه تقلص في الغطاء الخضري نتيجة الضغط السكاني وضعف التخطيط البيئي، الأمر الذي أدى إلى تفاقم مشكلات التباين الحراري داخل المدينة. لذا فإن دراسة العلاقة بين توزيع الغطاء الخضري والتباين الحراري الحضري في مركز قضاء كركوك تُعد خطوة أساسية لفهم التأثيرات المناخية المحلية، وتُسهم في توجيه السياسات التخطيطية نحو تحقيق التوازن بين التنمية العمرانية والحفاظ على البيئة.

ومن هنا تأتي أهمية هذه الدراسة التي تسعى إلى تحليل دور الغطاء الخضري في التخفيف من حدة التباين الحراري الحضري في مركز قضاء كركوك، بالاعتماد على بيانات مناخية وصور أقمار صناعية وتقنيات

نظم المعلومات الجغرافية، من أجل الكشف عن العلاقة المكانية بين الغطاء النباتي وأنماط الحرارة الحضرية، وصولًا إلى توصيات علمية تدعم التنمية الحضرية المستدامة.

اولاً. مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في:

أن التوسع الحضري في مدينة كركوك وما رافقه من تقلص في الغطاء الخضري أدى إلى نشوء تباينات حرارية حضرية واضحة، انعكست سلبًا على البيئة المناخية المحلية وصحة السكان، مما يستدعي دراسة دور الغطاء الخضري في التخفيف من شدة الجزيرة الحرارية الحضرية. ومن المشكلة الرئيسة تنطلق التساؤلات الاتية:

١. ما طبيعة التباين الحراري الحضري في مركز قضاء كركوك عبر النماذج المناخية المختارة؟
٢. ما دور الغطاء الخضري في الحد من شدة هذا التباين وتحسين البيئة المناخية المحلية؟

ثانياً. فرضية البحث:

١. يفترض البحث أن التباين الحراري الحضري في مركز قضاء كركوك يتباين مكانياً وزمانياً تبعاً لاختلاف السنوات المناخية، حيث تشتد الظاهرة في السنوات الجافة وتنخفض في الرطبة، مع بروز بؤر حرارية ترتبط بكثافة العمران وقلة الغطاء الخضري.
٢. يفترض البحث أن الغطاء الخضري يؤدي دوراً أساسياً في الحد من شدة التباين الحراري الحضري، إذ تسجل المناطق ذات الكثافة النباتية انخفاضاً ملحوظاً في درجات الحرارة مقارنةً بالمناطق العمرانية ذات الغطاء الخضري المحدود.

ثالثاً. هدف البحث:

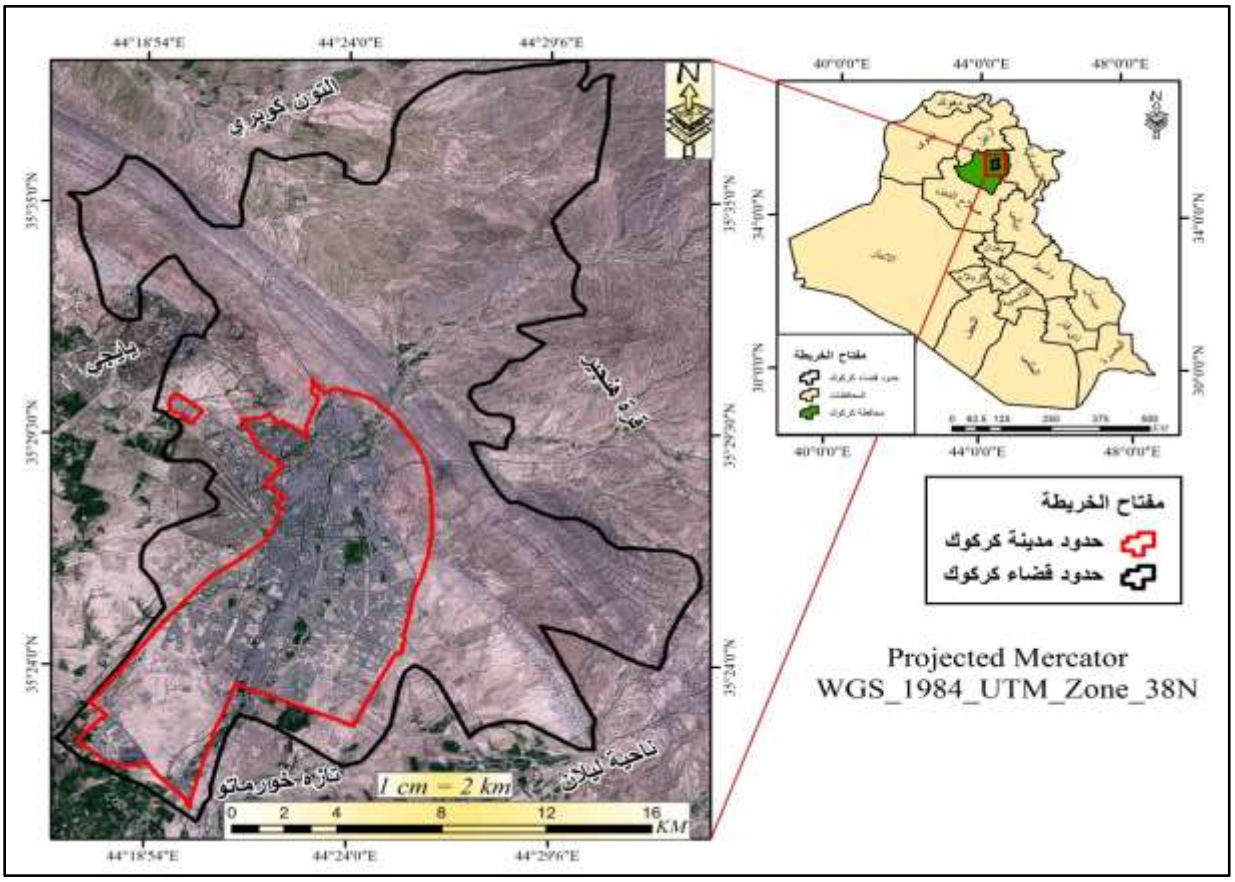
١. تحليل التباين الحراري الحضري في مركز قضاء كركوك من خلال دراسة التغيرات المكانية والزمانية عبر النماذج المناخية المختلفة.
٢. الكشف عن العلاقة بين كثافة العمران وضعف الغطاء الخضري وبين نشوء البؤر الحرارية الحضرية داخل المدينة.
٣. تحديد دور الغطاء الخضري في التخفيف من شدة التباين الحراري، وإبراز أثره في تحسين نوعية البيئة المناخية المحلية.

٤. تقديم توصيات مناخية–تخطيطية يمكن أن تسهم في الحد من ظاهرة الجزيرة الحرارية عبر تعزيز الغطاء الخضري والتخطيط العمراني المستدام.

رابعاً. موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من العراق، وتبلغ مساحتها نحو (٤٤٠.٦ كم²)، كما هو موضح في الخريطة (١). وتمتد بين دائرتي عرض (٣٥° ٢٠′٣١ ″) و(٣٥° ٢٠′٢٠ ″) شمالاً، وبين خطي طول (٤٤° ١٠′٢٦ ″) و(٤٤° ٣٠′١٦ ″) شرقاً. ويحدها من الشمال والشمال الغربي ناحية شوان وناحية التون كوبري، ومن الشرق ناحية قره هنجير، أما من الجنوب والجنوب الغربي فتحدها ناحيتا ليلان وتازه خورماتو، فيما يحدها من الغرب ناحية يايجي.

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على خريطة العراق الادارية بمقياس ١: ١٠٠٠٠٠٠,خريطة محافظة كركوك بمقياس ١:٢٥٠٠٠٠, التصميم الاساسي لمدينة كركوك لسنة ٢٠٠٧ , مرئية القمر landsat7 المتحسس (ETM).

خامساً. البيانات المستخدمة واليه استخراج درجات الحرارة السطحية LST

تعد المرئية الفضائية المدخل الرئيس في هذا العمل لاندسات (LANDSAT 8 OLI)، اذ يعد القمر الصناعي لاندسات landsat8 ذي المتحسس Operational Land Imager (OLI) من الاقمار الاصطناعية الامريكية التي تم اطلاقه في ١١فيراير ٢٠١٣. وهي من سلسلة الجيل الثامن ويطلق عليه في الاصل استمرارية اخذ البيانات من خلال التعاون بين وكالة ناسا والمسح الجيولوجي للولايات المتحدة (USGS)، الذي يمكن من خلاله رسم خرائط سطح الارض خلال ١٦ يوم واعطاء معلومات عن الغابات والمجاري المائية والزراعة .....الخ وذلك من خلال الحزم الطيفية لهذا القمر بخصائص مختلفة(www.usgs.gov/media/images/landsat-8) وكما في الجدول (١). ويتم تطبيق هذه العملية لنموذجين هما النموذج الرطب النموذج الجاف الموضحة تفاصيلهما في الجدول (٢).

جدول (١) انطقة بيانات لاندسات ٨ واستخداماتها

	Bands النطاقات	Wavelength طول الموجة (micrometers)	Resolution درجة الوضوح (meters)
Landsat 8 Operational Land imager (oli) And Thermal Infrared Sensor (tirs) February 11, 2013	Band 1-coastal aerosol السواحل	0.43-0.45	30
	Band 2-Blue الازرق	0.45-0.51	30
	Band 3-Green الاخضر	0.53-0.59	30
	Band 4-Red الاحمر	0.64-0.67	30
	Band 5-Near I Infrared(NIR) تحت الحمراء القريبة (الغطاء النباتي)	0.85-0.88	30
	Band 6-swir 1 تحت الحمراء المتوسطة	1.57-1.65	30
	Band 7-swir 2 تحت الحمراء المتوسطة	2.11-2.29	30
	Band 8-panchromatic البانكروماتية	0.50-068	15
	Band 9-Cirrus السمحاق(السحب)	1.36-1.38	30
	Band 10- Thermal Infrared (TIRS)1 تحت الحمراء الحرارية	10.60-11.19	100
	Band 11- Thermal Infrared (TIRS)2 تحت الحمراء الحرارية	11.50-12.51	100

https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8-band-designations.

جدول (٢) البيانات وزمن التقاطها المأخوذة في الدراسة

النموذج	الشهر الذي يمثله	لقطة المرئية التي تمثله	وقت الالتقاط بتوقيت بغداد
الرطب	نيسان	٢٠١٩/٤/١٣	١٠:٣٩:٣٠ص
الجاف	نيسان	٢٠٢٥/٤/١٣	١٠:٣٩:٣٣ص

المصدر: اعتماداً على البيانات المرفقة في اللاندسات.

ولقد اجرت الدراسة سلسلة من العمليات تسمى بعمليات ما قبل المعالجة وشملت التصحيح الراديو متري *Radiometric Correction*، وذلك من اجل تقليل تباين الانعكاسية للمعالم الأرضية بين المواسم المختلفة وخاصة بما يتعلق بزاوية سقوط الاشعة والمسافة. فضلاً عن التصحيح الهندسي *Geometric Correction*

والغرض منه التوحيد الهندسي لجميع المعالم في الصورة مع الخرائط. إضافة الى تحسين المرئية *Image enhancement*.

سيتم في هذا الجانب استخدام ثلاثة انطقة لهذا القمر الصناعي وهي (B4, B5) في اشتقاق دليل اختلاف الغطاء النباتي *Normalized difference vegetation index (NDVI)* وبطول موجي ينحصر بين (٠.٦٤_٠.٨٨) مايكرو بدقة تميزية (٣٠) م، الذي يعد مدخلا في بناء الانموذج، و,B10 في استنباط درجات الحرارة التي تنحصر بين طول موجي (١٠.٦٠ _١٢.٥١) مايكرو، وبدقة تمييزية (١٠٠) م.

٥-١. بناء انموذج درجات الحرارة السطحية LST:

يتناول هذا الجانب دراسة آلية بناء إنموذج لدرجات الحرارة السطحية Land Surface Temperature (LST)، اعتماداً على مرئيات LANDSAT8 ضمن الحزم الطيفية (٤, ٥, ١٠)، فالحزمة (١٠) حراري، والحزمتين (4, 5) لحساب اختلاف الغطاء الخضري (NDVI)، والمعادلة الرياضية T ،لتحويل الاشعاع الى درجة حرارة سطحية في برنامج ARC GIS. وسيتم تناول الدراسة بالتفصيل وكالاتي:

أثبتت أغلبُ التقارير التي صدرت عن طريق موقع (United States Geological Survey) (USGS) المسح الجيولوجي الأمريكي أنَه يفضل استخدام الحزمة (١٠) في اشتقاق درجات الحرارة السطحية، وعدم اخذ الحزمة (١١) في هذا الجانب بسبب الأخطاء الناتجة عن تأثير الضوء المتشتت لهذه الحزمة. إلا أنه تجدر الإشارة الى أنَ هناك بعض الدراسات قد اخذت النطاقين (١٠، ١١) وذلك من خلال استخراج معدل بيانات الحزمتين وتحليلهم (Calculating Brightness Temperature using Landsat-8, Using SAGA GIS,p1-7). وكما في الشكل (١).

١. المعادلة الرياضية (T)

تم اشتقاق درجات الحرارة للمنطقة من خلال تحويل بيانات النطاق الحراري من الإشعاع الطيفي إلى درجة حرارة السطح باستخدام الثوابت الحرارية في ملف MTL المرفق في ملفات Landsat8. وتجدر الإشارة الى ان عمليات التحويل التي تسبق اشتقاق درجات الحرارة من تحويل قيم البكسلات الى الاشعاعية الى حرارة كلفينية تنطبق على أقمار اللاندسات ٧ فقط، اما بالنسبة للقمر الصناعي لاندسات ٨ Landsat فإن عملية استخلاص الحرارة من قنوات النطاق الحراري تعتمد على التحويل الخطي من قيم البكسل إلى درجة الحرارة مباشرة بالاعتماد على المعلومات المرفقة مع الصورة الفضائية، وذلك باستخدام القانون(T):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}+1\right)}$$

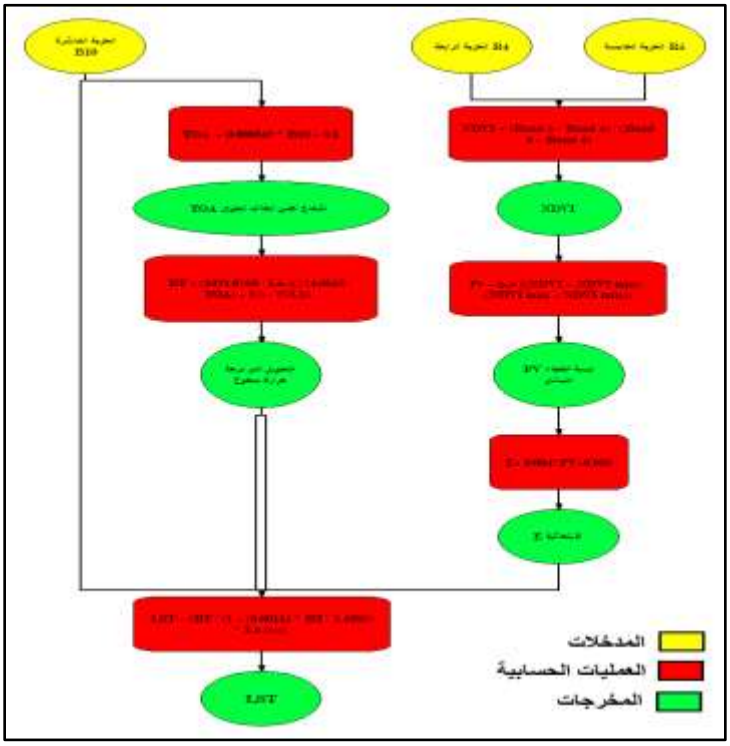
T= درجة حرارة الغلاف الجوي K وتستخرج من خلال:

Lλ= الاشعار الطيفي

K1= ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية (K1_CONSTANT_BAND_x)، حيث x هو رقم النطاق الحراري.

K2= ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية (K2_CONSTANT_BAND_x ، حيث x هو رقم النطاق الحراري).

شكل (١) مخطط بناء إنموذج درجات الحرارة من المرئيات الفضائية



المصدر: اعتماداً على خوارزمية اشتقاق درجات الحرارة.

تم تطبيق المعادلة المذكورة انفاً لأجل تصميم مؤشر T واستنباط الخريطة له، وذلك من تفصيل قيم هذه المعادلة بسلسلة من الخطوات وهي:

٢. حساب الاشعاع الطيفي لأعلى طبقة الغلاف الجوي Top Of atmospheric (TOA):

لحساب الاشعاع الطيفي لأعلى طبقة الغلاف الجوي يتم الاعتماد على الدليل المرفق مع بيانات الأقمار الصناعية LANDSAT8 (Gordana Jovanovsk, Guiyun Tian ,2016,p3) . وذلك من خلال تطبيق المعادلة ادناه في برنامج ARC GIS:

TOA (L) = ML * Qcal + AL

أي:

ML = معامل إعادة الضرب من البيانات الوصفية، ويتم استخراجها عن طريق الملف المرفق كبيانات جاهزة ضمن الملف.

Qcal = يتوافق مع النطاق ١٠.

AL = عامل قياس البيانات الوصفية من الملف المرفق.

٣. تحويل TOAالى درجة حرارة السطوع:

بعد بناء إنموذج لتصحيح الغلاف الجوي يتم الآن تحويل هذه القيم الى درجات حرارة سطوع الاجسام الموجودة على سطح الأرض وفقاً لمعادلة رياضية وكالاتي:

$$BT = (K2 / (\ln (K1 / L) + 1)) - 273.15$$

أي:

K1 = ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية المرفقة مع ملف المرئية الفضائية. ويساوي (٧٧٤.٨٨).

K2 = ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية المرفقة مع ملف المرئية ايضاً، ويساوي (١٣٢١.٠٧٨٩).

L = قيمة TOA

٤. حساب NDVI:

تؤثر نسبة الغطاء النباتي على درجات الحرارة السطحية، وذلك من خلال الاكتساب والفقدان الذي يمتلكه أي جسم موجود على سطح الأرض. ولحساب نسبة الغطاء النباتي يمكن تطبيق المعادلة ادناه باستخدام الحاسبة الشبكية في برنامج ARC GIS، وكما في المعادلة ادناه:

$$NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4)$$

لاحظ أن حساب NDVI مهم لأنه، في وقت لاحق، يجب حساب نسبة الغطاء النباتي (Pv)، والتي ترتبط ارتباطًا كبيرًا بـ NDVI، والانبعاثية (ε)، المرتبطة بـ Pv.

٥. حساب نسبة الغطاء النباتي (P_V) Proportion of Vegetation:

تعد تقنيات التحسس النائي من الوسائل الحديثة الفعالة في رصد التغير المكاني والزماني بالنسبة للغطاء الأرضي، وخاصة الغطاء الخضري، الذي يعد من المتغيرات المهمة للكشف عن مدى تدهور الأرض وزحف التصحر، إذ يعبر عنه بدليل الأخضرار (NDVI)، والذي يستخدم لتقدير الغطاء النباتي على مساحات واسعة على الأرض.

ويقصد P_V هي نسبة الغطاء النباتي الموجودة على وحدة مساحية من اجمالي الغطاء النباتي الموجود في تلك الوحدة من حيث كثافة الأوراق والفروع النباتية (Gordana Jovanovsk, Guiyun Tian (2016,p4) .

Pv = مربع ((NDVI – NDVI min) / (NDVI max – NDVI min))

ولا يمكن عرض الحد الأدنى والحد الأقصى لقيم صورة NDVI مباشرة، لذا يتم فتح خصائص صورة NDVI والحصول على اعلى قيمة وادناها. اذ تختلف بين نموذج واخر.

P_v = Square (("NDVI" – (-1) / (1 (-1))

٦. حساب الانبعاثية (E) Calculate Emissivity

تُعد معرفة نسبة الابتعاث Emissivity لسطح الارض أمراً بالغ الأهمية وذلك للتعرف على توازن الطاقة على سطح الأرض، إذ أنَ الانبعاث موحد نسبيًا للأسطح النباتية الكثيفة، في حين أنَ قيمة الانبعاثية للأراضي شبه القاحلة شديدة التباين، فإنَ هذا التغير ناتج عن الطبيعة غير المتجانسة للمنطقة (الصخور المكشوفة والتربة) لكن من الممكن تقدير التباين في الانبعاث الطيفي للمناطق غير المتجانسة للأراضي القاحلة باستخدام الأشعة تحت الحمراء الحرارية الطيفية المتعددة Thermal Infrared(TIR) (Michael, 2003, P14) ويتم حسابه وفق المعادلة التالية:

E= 0.004*PV+0.986

في هذا الجانب سيتم حساب الانبعاثية **Emissivity** وذلك من خلال ضرب نسبة الغطاء النباتي PV في النسبة الثابتة ٠.٠٠٤، ومن ثم جمعها بالقيمة التصحيحية الثابتة ٠.٩٨٦، وكما في المعادلة أعلاه.

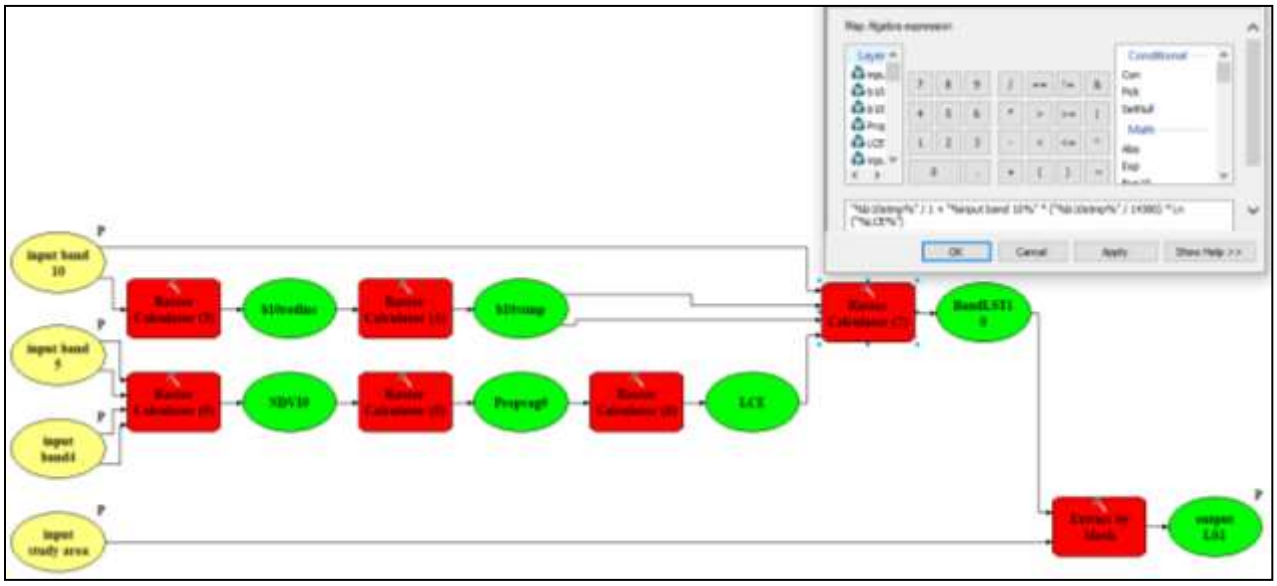
٧. حساب درجة حرارة سطح الأرضLST

في هذه الخطوة الرئيسة سيتم اشتاق درجات الحرارة السطحية بشكلها النهائي وذلك من خلال بناء انموذج شامل لخوارزمية لجميع المؤشرات التي ذكرت سابقاً وفق المعادلة ادناه(Ouyang, Z. ,2013,p14) :

LST = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388) * Ln (ε)))

وان نتائج تطبيق الخوارزمية تتضح في الشكل (٢).

شكل (٢) الانموذج النهائي لاشتقاق درجة حرارة السطح



المصدر: من خلال تطبيق معادلة LST.

سادساً. تحليل درجات الحرارة السطحية في منطقة الدراسة:

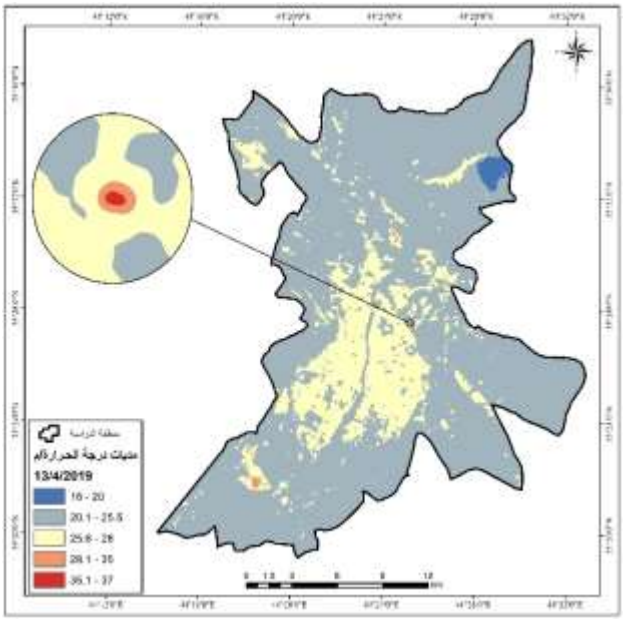
تُعدّ درجة حرارة سطح الأرض (Land Surface Temperature – LST) من أبرز المؤشرات المناخية التي تعكس التباين الحراري داخل النسيج الحضري، إذ تتأثر بشكل مباشر بعوامل الغطاء الأرضي، ولا سيما الغطاء النباتي الذي يعمل على تخفيف شدة الحرارة من خلال عمليات التبخر–النتح والتظليل، مقابل الأراضي الحضرية والجرداء التي تزيد من امتصاص الإشعاع الشمسي وتخزينه، فتؤدي إلى تكوين الجزر الحرارية الحضرية.(Yuan. 2007,p 375-385)

أظهرت نتائج تحليل درجات الحرارة السطحية في مركز قضاء كركوك ضمن الخريطتين (٢) (٣) والجدولين (٣) (٤) تباينًا واضحًا بين السنة الرطبة (٢٠١٩) والسنة الجافة (٢٠٢٥). ففي سنة ٢٠١٩، سيطر المدى الحراري المعتدل (٢٠.١ – ٢٥.٥°م) على معظم مساحة القضاء بواقع (٣٦٢.٣ كم²) أي بنسبة (٨٠.٧٨%) من إجمالي المساحة، ما يعكس وفرة الغطاء النباتي ودوره في تلطيف حرارة السطح. كما ظهرت المديات الأعلى قليلًا (٢٥.٦ – ٢٨°م) بمساحة (٨١.٧ كم²) بنسبة (١٨.٢٣%)، بينما كانت البقع الساخنة محدودة جدًا، إذ لم تتجاوز مساحة المدى (٢٨.١ – ٣٥°م) (١.٠ كم²) بنسبة (٠.٢٢%) فقط، في حين كان المدى الأعلى (٣٥.١ – ٣٧°م) شبه معدوم، إذ ظهر على مساحة (٠.١ كم²) بنسبة (٠.٠٢%). وبالمقابل، غطّى المدى الأبرد (١٦ – ٢٠°م) مساحة صغيرة بلغت (٣.٤ كم²) بنسبة (٠.٧٦%)، متركزًا عند الهوامش الشمالية الشرقية والمناطق القريبة من المياه.

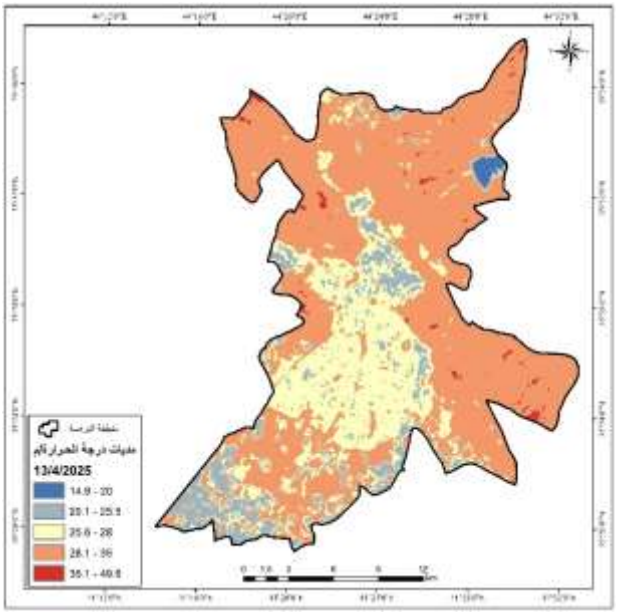
أما في سنة ٢٠٢٥ الجافة، فقد تبدلت الصورة بشكل كبير، إذ تراجع المدى المعتدل (٢٠.١ – ٢٥.٥°م) إلى (٤٢.٦ كم²) بنسبة (٩.٥%) فقط، بعد أن كان هو المدى الغالب في السنة الرطبة، في حين توسع المدى (٢٥.٦ – ٢٨°م) ليصل إلى (١١٤.٢ كم²) بنسبة (٢٥.٥%). الأهم من ذلك أن المدى (٢٨.١ – ٣٥°م) أصبح هو المهيمن على المشهد الحراري بمساحة (٢٨٥.٤ كم²) أي بنسبة (٦٣.٦%) من المساحة الكلية، بعدما كان شبه معدوم في ٢٠١٩. كذلك ظهرت بؤر حرارية مرتفعة ضمن المدى (٣٥.١ – ٤٩.٦°م) على مساحة (٣.٨ كم²) بنسبة (٠.٨%)، بينما تقلص المدى الأبرد (١٤.٩ – ٢٠°م) إلى (٢.٥ كم²) بنسبة.(0.6%)

ويُظهر هذا التحول المكاني والعددي أن معظم المساحات التي كانت ضمن المديات المعتدلة في السنة الرطبة ٢٠١٩ تحولت في السنة الجافة ٢٠٢٥ إلى مديات أعلى حرارة، خاصة المدى (٢٨.١ – ٣٥°م) الذي أصبح يغطي قرابة ثلثي المنطقة، الأمر الذي يؤكد العلاقة الطردية بين تقلص الغطاء الخضري واتساع الأراضي الجرداء من جهة، وارتفاع حرارة السطح وتوسع الجزر الحرارية الحضرية من جهة أخرى.

خريطة (٢) الحرارة السطحية للنموذج الرطب



خريطة (٣) الحرارة السطحية للنموذج الجاف



المصدر: اعتماداً على مخرجات إنموذج LST، باستخدام برنامج ARC GIS 10.8 .

جدول (٣) مساحة ونسب مديات درجة الحرارة/م للسنة الرطبة (٢٠١٩) في منطقة الدراسة

ت	مديات درجة الحرارة/م	المساحة/كم٢	النسبة%
1	16 - 20	3.4	0.76
2	20.1 - 25.5	362.3	80.78
3	25.6 - 28	81.7	18.23
4	28.1 - 35	1.0	0.22
5	35.1 -37	0.1	0.02
المجموع		448.5	100.0

المصدر: اعتماداً على خريطة (٢).

جدول (٤) مساحة ونسب مديات درجة الحرارة/م للسنة الجافة (٢٠٢٥) في منطقة الدراسة

ت	مديات درجة الحرارة/م	المساحة/كم٢	النسبة%
1	14.9 - 20	2.5	0.6
2	20.1 - 25.5	42.6	9.5
3	25.6 - 28	114.2	25.5
4	28.1 - 35	285.4	63.6
5	35.1 - 49.6	3.8	0.8
المجموع		448.5	100.0

المصدر: اعتماداً على خريطة (٣).

سابعاً. تحليل الغطاء الأرضي:

يمثل الغطاء الأرضي أحد العوامل الرئيسة المؤثرة في التباين الحراري الحضري، إذ يعكس اختلاف أصنافه (غطاء نباتي، أراضٍ حضرية، أراضٍ جرداء، مسطحات مائية) تبايناً واضحاً في امتصاص الطاقة الشمسية وإشعاعها الحراري. فالغطاء النباتي يسهم في خفض درجات حرارة السطح من خلال عمليات التظليل والتبخر–النتح، بينما تؤدي الأراضي الحضرية والسطوح الصلبة إلى تعزيز ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية نتيجةً لارتفاع معامل الامتصاص وقلة المساحات الخضراء(Yuan, 2007, 106(3), 375–386)..

وعند مقارنة سنتين مختلفتين مناخياً في مركز قضاء كركوك، إحداهما رطبة (٢٠١٩) والأخرى جافة (٢٠٢٥)، يتبيّن أن الغطاء النباتي يتسع في السنوات الرطبة على حساب الأراضي الجرداء، مما يخفّض من شدّة الجزر الحرارية ويزيد من التباين الحراري الإيجابي لصالح الأحياء ذات الكثافة الخضرية. أما في السنوات الجافة، فيتقلّص الغطاء النباتي وتزداد المساحات الجرداء، الأمر الذي ينعكس بارتفاع حرارة السطح وتوسع بقع السخونة داخل النسيج الحضري، وهو ما يعزز الارتباط الوثيق بين الغطاء الخضري وحساسية البيئة الحضرية للتغيرات المناخية(Weng ,2009,p335-346) .

إن دراسة هذا التغير بين سنتين متباينتين مناخياً تمكّن من توضيح الدور الدينامي للغطاء الأرضي في تشكيل البنية الحرارية للمدينة، وتبرز الحاجة إلى إدماج التخطيط الأخضر في السياسات الحضرية لمواجهة المخاطر الحرارية وتحسين الاستدامة البيئية في كركوك.

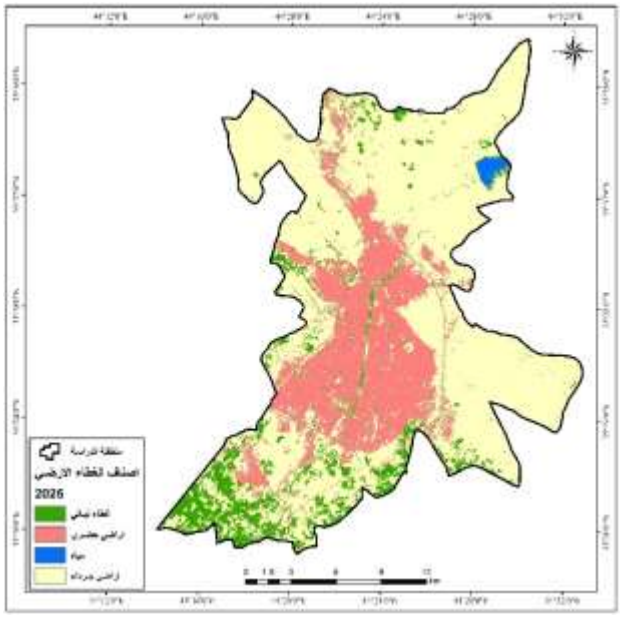
ويتضح من الخريطتين (٤) (٥) والجدول (٥) اختلافًا كبيرًا بين سنتي ٢٠١٩ و٢٠٢٥ يعكس بوضوح تأثير الظروف المناخية على مكونات الغطاء الأرضي. ففي سنة ٢٠١٩، اتسمت المنطقة بوفرة واضحة في الغطاء النباتي اذ بلغت (٢١٩.٦ كم²) أي بنسبة (٤٩%) من إجمالي مساحة القضاء. تركز هذا الغطاء الأخضر في الأطراف الشمالية والشرقية والغربية، إضافةً إلى الرقع الزراعية داخل المركز الحضري، وهو ما منح المدينة طابعًا متوازنًا بين المساحات المبنية والمساحات الخضراء. وبموازاة ذلك، ظهرت الأراضي الحضرية على مساحة (١١٠.٨ كم²) بنسبة (٢٤.٧%)، فيما شغلت الأراضي الجرداء (١١٥.٤ كم²) بنسبة (٢٥.٧%)، أما المسطحات المائية فبقيت محدودة بمساحة (٢.٧ كم²) بنسبة(0.6%) .

لكن الصورة تبدلت بشكل ملحوظ في سنة ٢٠٢٥ التي اتسمت بالجفاف، حيث تراجع الغطاء النباتي بشكل حاد إلى (٤١.٦ كم²) فقط أي بنسبة (٩.٣%)، متركزًا في جيوب صغيرة متفرقة أبرزها في الجنوب الغربي وبعض الرقع الضيقة على أطراف القضاء. هذا التراجع رافقه تمدد كبير للأراضي الجرداء التي قفزت مساحتها إلى (٢٨٨.٧ كم²) بنسبة (٦٤.٤%)، لتصبح الصنف الغالب في المشهد المكاني، ممتدة على مساحات كانت في السابق مزروعة أو مغطاة بالنبات الطبيعي. أما الأراضي الحضرية فقد شهدت تغيرًا طفيفًا من (١١٠.٨ كم²) إلى (١١٥.٥ كم²) أي بنسبة (٢٥.٨%)، وهو ما يدل على أن النمو العمراني لم

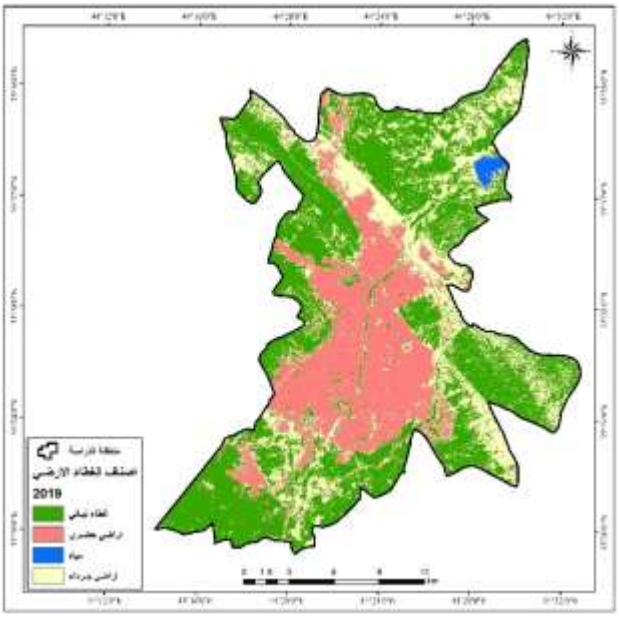
يكن هو العامل الرئيس في فقدان الغطاء النباتي بقدر ما كان التأثير المناخي. في حين ظلت المسطحات المائية مستقرة تقريبًا عند (٢.٧ كم²) بنسبة.(0.6%)

وتوضح الخرائط أن التحول الأكبر تمثل في انكماش الغطاء النباتي على نحو حاد، مقابل التوسع الواسع للأراضي الجرداء التي باتت تحيط بالمدينة وتخترق مناطقها الداخلية، الأمر الذي يعكس أثر الجفاف في تغيير التوازن البيئي والمكاني. هذا التحول لم يقتصر على الأرقام فحسب، بل انعكس أيضًا على التوزيع المكاني، حيث اختفت الرقع الخضراء الكبيرة التي كانت تشكل أحزمة حول المركز الحضري في ٢٠١٩، وحلت محلها مساحات جرداء في ٢٠٢٥، وهو ما يزيد من قابلية المنطقة لتوليد بؤر حرارية مرتفعة ويضاعف من حدة الجزر الحرارية الحضرية.

خريطة (٤) الغطاء الارضي للنموذج الرطب



خريطة (٥) الغطاء الارضي للنموذج الجاف



المصدر: اعتماداً على مرئيات لاندسات ٨، ذي الدقة التمييزية ٣٠م بتاريخ ١٣/٤/ ٢٠١٩-٢٠٢٥، باستخدام برنامج ARC MAP 10.8

جدول (٥) مساحة ونسبة التغير للغطاء الارضي لعامي ٢٠١٩، ٢٠٢٥ في منطقة الدراسة

ت	الغطاء الأرضي	النموذج الرطب ٢٠١٩		النموذج الجاف ٢٠٢٥		نسبة التغير
		المساحة/كم²	النسبة%	المساحة/كم²	النسبة%	
1	اراضي جرداء	115.4	25.7	288.7	64.4	١٥٠.٢
2	اراضي حضري	110.8	24.7	115.5	25.8	٤.٢
3	غطاء نباتي	219.6	49.0	41.6	9.3	٨١.١-
4	مياه	2.7	0.6	2.7	0.6	٠
المجموع		448.5	100.0	448.5	100.0	

المصدر: اعتماداً على خريطة (٤)و (٥).

ثامناً. الدليل الخضري لمنطقة الدراسة:

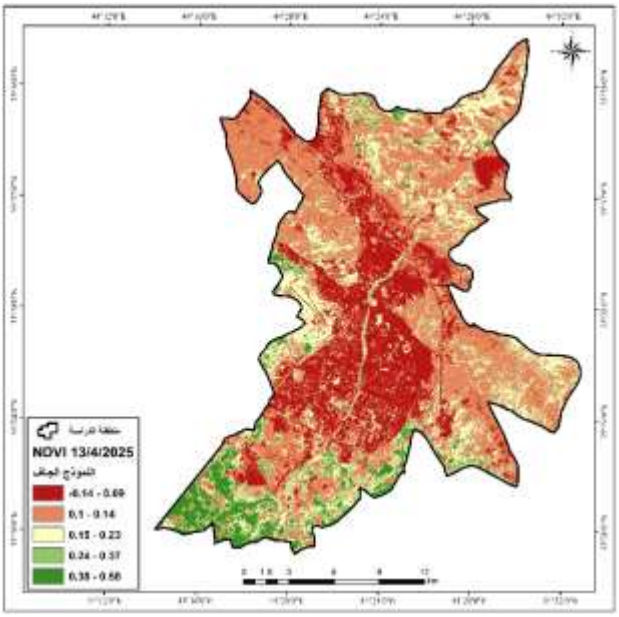
يُعد الغطاء الخضري أحد العناصر البيئية الأساسية التي تؤدي دوراً محورياً في تنظيم التوازن المناخي والبيئي داخل النظم الطبيعية والحضرية على حد سواء. فالغطاء النباتي يساهم في تقليل تطرف درجات الحرارة، والحد من معدلات التبخر، وامتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون، فضلاً عن تحسين نوعية الهواء وزيادة الرطوبة النسبية(Tucker, 1979,p 127-132) .

ولأهمية هذا العنصر، جرى تطوير العديد من المؤشرات الكمية لقياس كثافته وتوزيعه، ومن أبرزها الدليل النباتي المعياري(Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) ، الذي يعتمد على معادلة رياضية تستند إلى الاختلاف في الانعكاسية الطيفية بين الأشعة الحمراء (Red) والأشعة تحت الحمراء القريبة .(Near Infrared) إذ أن النباتات الخضراء تمتص قدراً كبيراً من الأشعة الحمراء لعمليات التمثيل الضوئي، في حين تعكس الأشعة تحت الحمراء القريبة بدرجة مرتفعة، مما يجعل هذا الفرق مؤشراً فعالاً لقياس كثافة ونشاط الغطاء الخضري(Al-Doski, 2013,p35-41) .

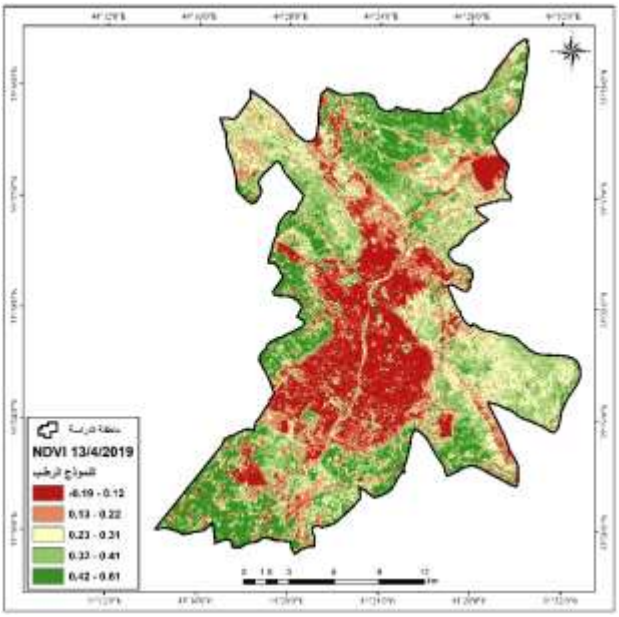
وتتراوح قيم مؤشر NDVI عادةً بين (−١ إلى +١)، حيث تشير القيم الموجبة العالية (٠.٦−١.٠) إلى غطاء نباتي كثيف وصحي، بينما تمثل القيم المنخفضة (٠.٢−٠.١) غطاءً نباتياً ضعيفاً أو مناطق شبه عارية، في حين تعكس القيم السالبة سطوحاً مائية أو عمرانية لا تحتوي على غطاء نباتي (Weng,. 2009,p 335-344).

إن تحليل قيم NDVI في منطقة الدراسة في الخريطتين (٦) (٧) والجدول (٦) يتيح إمكانية فهم العلاقة المكانية بين توزيع الغطاء الخضري والتباين الحراري الحضري، إذ يُظهر الغطاء الكثيف قدرة واضحة على خفض درجات الحرارة مقارنة بالمناطق الجرداء أو المبنية. وبذلك يشكل مؤشر NDVI أداة أساسية لقياس نسبة انعكاس الدليل الخضري وتأثيره المباشر على أنماط الحرارة في المنطقة المدروسة.

خريطة (٦) الدليل الخضري للنموذج الرطب



خريطة (٧) الدليل الخضري للنموذج الجاف



المصدر: اعتماداً على مرئيات لاندسات ٨، ذي الدقة التمييزية ٣٠م بتاريخ ١٣/٤/ ٢٠١٩-٢٠٢٥، باستخدام برنامج ARC MAP 10.8

جدول (٦) مساحة ونسبة التغير للدليل الخضري لعامي ٢٠١٩، ٢٠٢٥ في منطقة الدراسة

ت	النموذج الرطب ٢٠١٩			النموذج الجاف ٢٠٢٥			نسبة التغير
	قيم NDVI	المساحة/كم٢	النسبة%	قيم NDVI	المساحة/كم٢	النسبة%	
1	-0.19 - 0.12	87.8	19.58	-0.14 - 0.09	125.7	28.02	٤٣.١١
2	0.13 - 0.22	77.3	17.24	0.1 - 0.14	192.3	42.89	١٤٨.٨
3	0.23 - 0.31	101.8	22.70	0.15 - 0.23	86.5	19.29	١٥.٠-
4	0.32 - 0.41	106.7	23.79	0.24 - 0.37	22.1	4.93	٧٩.٣-
5	0.42 - 0.61	74.9	16.70	0.38 - 0.58	21.9	4.88	٧٠.٨-
		448.5	100.0		448.5	100.0	

المصدر: اعتماداً على خريطة (٦)و (٧).

فمن الخريطتين (٦) (٧) والجدول (٦) تتضح الحقائق الاتية:

- **الفئة الأولى** (القيَم المنخفضة جداً: -٠.١٩ – ٠.١٢ / -٠.١٤ – ٠.٠٩): ارتفعت مساحتها من (٨٧.٨ كم²) بنسبة (١٩.٥٨%) عام ٢٠١٩ إلى (١٢٥.٧ كم²) بنسبة (٢٨.٠٢%) عام ٢٠٢٥، أي بزيادة مقدارها (٤٣.١١%). ويعكس ذلك التوسع في المساحات شبه الجرداء أو المبنية.
- **الفئة الثانية** (القيَم المنخفضة: ٠.١٣ – ٠.٢٢ / ٠.١ – ٠.١٤): شهدت ارتفاعاً كبيراً من (٧٧.٣ كم²) بنسبة (١٧.٢٤%) إلى (١٩٢.٣ كم²) بنسبة (٤٢.٨٩%)، أي بزيادة (١٤٨.٨%). وهذا يدل على توسع واضح في الأراضي ذات الغطاء الخضري الضعيف.

- **الفئة الثالثة** (القيَم المتوسطة: ٠.٢٣ – ٠.٣١ / ٠.١٥ – ٠.٢٣): تراجعت مساحتها من (١٠١.٨ كم²) بنسبة (٢٢.٧٠%) إلى (٨٦.٥ كم²) بنسبة (١٩.٢٩%)، أي بانخفاض (-١٥.٠%). وهو تراجع متوسط يعكس تحول هذه المساحات نحو قيم أقل.
- **الفئة الرابعة** (القيَم المعتدلة–المرتفعة: ٠.٣٢ – ٠.٤١ / ٠.٢٤ – ٠.٣٧): سجلت تراجعاً حاداً من (١٠٦.٧ كم²) بنسبة (٢٣.٧٩%) إلى (٢٢.١ كم²) بنسبة (٤.٩٣%)، بانخفاض كبير بلغ (-٧٩.٣%).
- **الفئة الخامسة** (القيَم المرتفعة: ٠.٤٢ – ٠.٦١ / ٠.٣٨ – ٠.٥٨): انخفضت مساحتها من (٧٤.٩ كم²) بنسبة (١٦.٧٠%) إلى (٢١.٩ كم²) بنسبة (٤.٨٨%)، أي بخسارة بلغت (-٧٠.٨%).

تُظهر النتائج أن هناك تحولاً كبيراً من القيم العالية والمتوسطة لـ) NDVI المناطق الخضراء الكثيفة (إلى القيم المنخفضة جداً والمنخفضة (المناطق الجرداء والعمرانية). هذا التحول انعكس بوضوح في الخرائط، حيث تراجعت الرقع الخضراء الداكنة بشكل ملحوظ عام ٢٠٢٥ مقارنة بعام ٢٠١٩، الأمر الذي يفسر اتساع نطاق الجزر الحرارية الحضرية وزيادة انعكاس الحرارة في النموذج الجاف.

تاسعاً. أثر الغطاء الخضري على درجات الحرارة:

يُعد الغطاء النباتي المحيط بالمدن أحد أهم العناصر البيئية التي تسهم في تنظيم المناخ المحلي وتحسين جودة الحياة الحضرية. فالمدن، بطبيعتها العمرانية الكثيفة ومحدودية المساحات الخضراء داخلها، غالباً ما تواجه مشكلات بيئية معقدة في مقدمتها ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية الناتجة عن تراكم السطوح الصلبة كالطرق والمباني ذات القدرة العالية على امتصاص الحرارة. وهنا يبرز دور الغطاء النباتي المحيط بالمدينة باعتباره "الحزام الأخضر" الذي يخفف من هذه التأثيرات الحرارية عبر آليات متعددة أهمها: امتصاص الأشعة الشمسية، زيادة معدلات التبخر–النتح، وخلق بيئة ذات رطوبة أعلى مقارنة بالمناطق المبنية (Oke, 1989,p335-349).

كما يسهم الغطاء النباتي المحيط بالمدن في تقليل الفوارق الحرارية بين النسيج العمراني والمناطق الريفية أو الزراعية، ويعمل على إبطاء تمدد الجزر الحرارية نحو أطراف المدينة. إضافة إلى ذلك، يوفر هذا الغطاء النباتي خدمات بيئية أخرى، مثل الحد من تلوث الهواء، وتثبيت التربة، وتقليل الغبار والعواصف الترابية، فضلاً عن تعزيز التنوع الحيوي(Bowler,2010,p147-155).

إن دراسة تأثير الغطاء النباتي المحيط بالمدينة لا تقتصر على الجانب المناخي فحسب، بل تتعداه إلى بعدٍ تخطيطي واستراتيجي، إذ يشكل وجود الأحزمة الخضراء حول المدن إحدى الوسائل الفعّالة في تحقيق التنمية الحضرية المستدامة. ومن هنا تنطلق أهمية هذا الموضوع، خصوصاً في البيئات التي تشهد معدلات متسارعة من التحضر والتوسع العمراني، حيث يصبح الغطاء النباتي المحيط بالمدينة خط الدفاع الأول لمواجهة التغيرات المناخية المحلية والتقليل من حدّة الإجهاد الحراري(Xue,2017,p 1-17) .

٩-١. المطابقة الرقمية لتأثير الغطاء النباتي على درجات الحرارة في منطقة الدراسة:

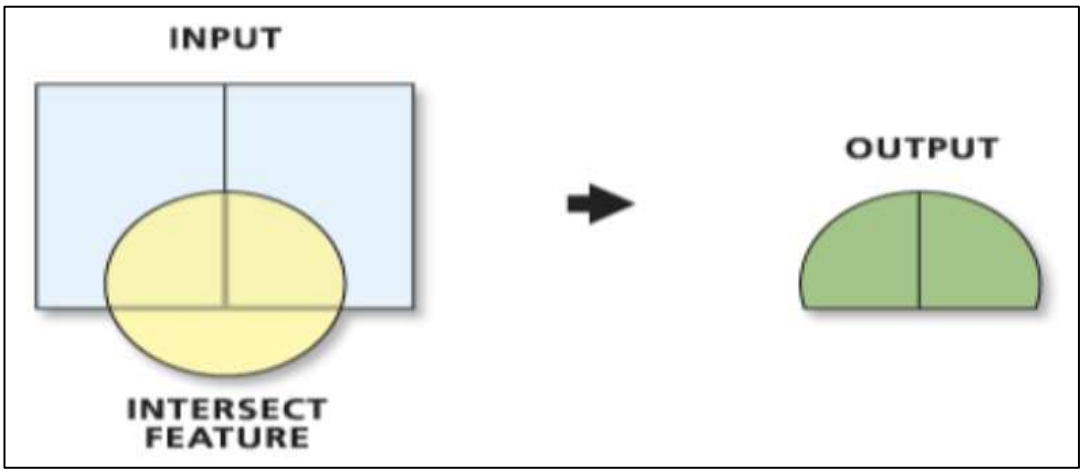
تُعد المطابقة الرقمية (Digital Overlay) واحدة من أبرز الأدوات التحليلية في نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، إذ تهدف هذه التقنية إلى دمج طبقتين أو أكثر من البيانات المكانية بغية تحليل العلاقة المتبادلة بين الظواهر الجغرافية المختلفة. وفي هذا البحث تركز عملية المطابقة على مقارنة الغطاء الأرضي مع درجة الحرارة السطحية، للكشف عن التباينات المكانية بين فئات الغطاء الأرضي (الحضري، النباتي، الجرداء، المائية) ومستويات الحرارة المرتبطة بها .(Burrough, 1998,p 375-386)

تعتمد هذه التقنية على تنفيذ عمليات حسابية مكانية بين الطبقات، حيث يتم دمج القيم الجغرافية (كالمساحة، التصنيف، الخصائص الفيزيائية) في طبقة جديدة تُظهر الارتباط المباشر بين نوع الغطاء الأرضي ومعدل الحرارة المسجل فيه. وتُستخدم لتحقيق ذلك أدوات التحليل المكاني مثل **Intersect** و **Union** و **Identity**و **Erase**ضمن بيئات نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS) أو.(QGIS

ومن خلال هذا النوع من التحليل التراكبي المكاني (Spatial Overlay Analysis) يمكن إنتاج مخرجات رقمية تُبرز بدقة كيف تختلف درجات الحرارة باختلاف نوع الغطاء الأرضي داخل منطقة الدراسة. فمثلاً، تُظهر المطابقة الرقمية أن المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف تتسم بانخفاض نسبي في درجات الحرارة، في حين تسجل المناطق الحضرية والجرداء معدلات حرارية أعلى. وبهذا يصبح التحليل التراكبي أداة جوهرية لفهم التباين الحراري وتحديد العلاقة الكمية بين عناصر الغطاء الأرضي ودرجة الحرارة **(ال حسين, واخرون، ٢٠٢٠، ص٣٩٦)**

أما أداة **Intersect**، فتُعد من أهم الأدوات المستخدمة في هذا السياق ضمن ArcToolbox > Analysis Tools > Overlay > Intersect، إذ تعمل على دمج طبقتين أو أكثر من الطبقات المكانية بشرط أن تتقاطع فعليًا في الفضاء الجغرافي، لتنتج طبقة جديدة تحتوي على المساحات المشتركة فقط. وبذلك تُستخدم لإظهار التطابق المكاني بين فئات الغطاء الأرضي وقيم الحرارة، بما يتيح بناء قاعدة بيانات دقيقة توضح أثر كل فئة من فئات الغطاء الأرضي على التباين الحراري. وكما في الشكل (٣).

شكل (٣) فكرة عمل المطابقة الرقمية لأداة Intersect



المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج ARC GIS10.8.

ويُستكمل التحليل بدراسة العلاقة المكانية بين الغطاء الأرضي ودرجة الحرارة السطحية، من خلال مطابقة طبقات البيانات الرقمية التي تُمكن من قياس التباينات الحرارية المرتبطة بكل فئة من فئات الغطاء الأرضي. فقد جرى إعداد جدولين يمثلان عامي (٢٠١٩) و(٢٠٢٥)، تضمّنا المساحة والنسبة المئوية لكل فئة من فئات الغطاء الأرضي (الحضري، النباتي، الجرداء، المائية)، إلى جانب معدل درجة الحرارة المسجل في كل فئة. ويُتيح هذا الدمج الرقمي إبراز الفروق الحرارية بدقة كمية **(خليل، الخصائص الحرارية في العراق، ٢٠٢٥، ص ١١٣٢)** ، حيث تُظهر النتائج أن الغطاء النباتي يرتبط بدرجات حرارة منخفضة نسبياً، في حين تسجل الأراضي الجرداء والمناطق العمرانية معدلات حرارية مرتفعة.

جدول (٧) معدل درجة الحرارة بحسب الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة

الغطاء الأرضي	النموذج الرطب 2019			النموذج الجاف ٢٠٢٥		
	المساحة (كم²)	النسبة %	معدل درجة الحرارة (°م)	المساحة (كم²)	النسبة %	معدل درجة الحرارة (°م)
أراضي جرداء	115.4	25.7	39.8	288.7	64.4	41.3
أراضي حضرية	110.8	24.7	٣٩.٥	115.5	25.8	42.5
غطاء نباتي	219.6	49	33.2	41.6	9.3	35.7
مياه	2.7	0.6	29.5	2.7	0.6	30.2
المجموع	448.5	100	—	448.5	100	—

المصدر: اعتماداً على المطابقة الرقمية في برنامج ARC GIS 10.8.

يتضح من نتائج الجدول (٧) أن الغطاء النباتي يؤدي دورًا أساسيًا في خفض درجات الحرارة داخل المناطق العمرانية. ففي عام (٢٠١٩) كان الغطاء النباتي يغطي مساحة واسعة بلغت (٢١٩.٦ كم²) بنسبة تقارب (٤٩%) من مساحة منطقة الدراسة، وقد سجل معدل حرارة منخفض نسبيًا بلغ (٣٣.٢°م). في المقابل، كانت المساحات العمرانية بحدود (١١٠.٨ كم²) بنسبة (٢٤.٧%)، وسجلت معدل حرارة مرتفع بلغ (٣٩.٥°م)، أي

بزيادة حرارية قدرها (٧.٣°م) مقارنة بالمناطق النباتية. وهذا التباين الواضح يشير إلى الدور الكبير الذي لعبه الغطاء النباتي في عام (٢٠١٩) في التخفيف من شدة الحرارة داخل المدن عبر التبخر–النتح والتظليل.

أما في عام (٢٠٢٥)، فقد تراجع الغطاء النباتي إلى مساحة محدودة لا تتجاوز (٤١.٦ كم²) بنسبة (٩.٣%) فقط، وارتفعت حرارته إلى (٣٥.٧°م) نتيجة تقلص المساحات الخضراء وتعرضها للانكماش. في المقابل، توسعت المساحات العمرانية قليلًا لتصل إلى (١١٥.٥ كم²) بنسبة (٢٥.٨%)، وسجلت معدل حرارة أعلى بلغ (٤٢.٥°م). وبذلك تقلص الفارق الحراري بين الغطاء النباتي والمناطق العمرانية إلى (٥.٦°م) فقط، بعد أن كان (٧.٣°م) في عام (٢٠١٩)، وهو ما يعكس فقدان المدن لجزء كبير من قدرتها على التوازن المناخي نتيجة الانكماش الكبير في الرقعة النباتية.

إن هذه التحولات تبين أن تراجع الغطاء النباتي بين عامي (٢٠١٩–٢٠٢٥) لم يؤدِ فقط إلى ارتفاع حرارة المناطق الخضراء نفسها، بل أسهم أيضًا في تعزيز ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية، حيث أصبحت المدن أكثر عرضة للاحتباس الحراري المحلي بعد فقدانها "المبرد الطبيعي" الذي مثّله الغطاء النباتي سابقًا.

٩-٢. التحليل الاحصائي لمعدلات درجات الحرارة بحسب الغطاء النباتي:

يُعدّ الربط بين الغطاء الأرضي ودرجة الحرارة السطحية من أهم التطبيقات العملية لنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، إذ يتيح التعرف على التأثير المباشر لفقدان أو زيادة الغطاء النباتي، وكذلك اتساع المناطق العمرانية والجرداء في تكوين التباينات الحرارية. إن التحليل الإحصائي للبيانات لا يقتصر على وصف الفروق الكمية بين السنوات، بل يتعداها إلى تفسير العوامل الكامنة وراء هذه التغيرات، بما يساهم في فهم ديناميكية العلاقة بين العناصر الطبيعية (النبات والمياه) والعناصر البشرية (المدن والأنشطة العمرانية). ويمكن تطبيق الجانب الاحصائي على جدول (٧) لتظهر النتائج في جدول (٨).

جدول (٨) مؤشرات التحليل الاحصائي وفق عامي ٢٠١٩ و٢٠٢٥

المؤشر	النموذج الرطب 2019	النموذج الجاف ٢٠٢٥
معامل الارتباط	0.٨٥١	0.751
المتوسط المرجح (°م)	36.43	41.02
الانحراف المعياري	5.03	5.66
ANOVA F	7578	9594.75
ANOVA p	0	0

المصدر: اعتماداً على جدول (٧)، باستخدام برنامج SPSS.

ومن الجدول أعلاه تتضح الحقائق الاتية:

- **معامل الارتباط**

يُظهر ارتفاع قيمة الارتباط من (٠.٨٥١) عام ٢٠١٩ إلى (٠.٧٥١) عام ٢٠٢٥ أن العلاقة بين الغطاء الأرضي ودرجة الحرارة باتت أوثق، وهذا مردّه إلى فقدان الغطاء النباتي الذي كان يغطي قرابة (٢١٩.٦ كم²) فانخفض إلى (٤١.٦ كم²). ومع هذا الانكماش، أصبح توزيع الحرارة أكثر ارتباطًا بمساحات الأراضي الجرداء والحضرية، ما عزز قوة العلاقة الكمية بين المساحة والحرارة.

- **المتوسط المرجح**

ارتفع المتوسط المرجح لدرجات الحرارة من (٣٦.٤°م) إلى (٤١.٠°م)، وهو ارتفاع لا يُعزى لعوامل مناخية عامة فقط، بل إلى تغيرات بنيوية في الغطاء الأرضي:

١. توسع الأراضي الجرداء بمقدار (+١٧٣.٣ كم²).
٢. تقلص المساحات النباتية (−١٧٨ كم²).
٣. ثبات المسطحات المائية عند (٢.٧ كم²) جعل أثرها ضعيفًا جدًا في موازنة الحرارة.

هذه الأسباب مجتمعة رفعت المعدل العام وأضعفت التوازن الحراري داخل المنطقة.

- **الانحراف المعياري**

ازداد التباين من (٥.٠٣) إلى (٥.٦٦)، وهو ما يشير إلى أن الفجوة الحرارية بين الفئات ازدادت. فقد أصبحت المناطق الحضرية تسجل (٤٢.٥°م) مقابل (٣٠.٢°م) للمسطحات المائية. السبب الرئيس هنا هو تقلص فئة الغطاء النباتي المعتدل حراريًا، ما أدى إلى حدة أكبر في التباين بين البارد جدًا (المياه) والحار جدًا (العمراني والجرداء).

- **ANOVA**

أثبت اختبار ANOVA أن الفروق الحرارية بين الفئات الأربع ذات دلالة عالية جدًا (p=0.000)، بل ازدادت قيمة F من (٧٥٧٨) عام ٢٠١٩ إلى (٩٥٩٤.٨) عام ٢٠٢٥. وهذا يعكس أن تراجع التنوع في الغطاء الأرضي جعل الفوارق الحرارية بين الفئات أكثر وضوحًا وحِدة، لاسيما بين المياه والغطاء النباتي من جهة، والجرداء والحضرية من جهة أخرى.

الاستنتاجات:

١. تبين أن الغطاء النباتي عنصر حاسم في ضبط التباين الحراري الحضري، إذ تنخفض درجات الحرارة في المناطق الخضراء بمعدل (٥–٧°م) مقارنة بالمناطق العمرانية والجرداء.
٢. أظهرت سنة ٢٠١٩ الرطبة سيطرة المديات الحرارية المعتدلة على (٨٠.٧%) من مساحة القضاء، بينما فقدت سنة ٢٠٢٥ هذا التوازن الحراري وسيطرة المديات الحارة على (٦٣.٦%) من المساحة.

٣. سجل الغطاء النباتي تراجعًا حادًا بنسبة (−٨١.١%) بين ٢٠١٩ و٢٠٢٥، وهو العامل الرئيس في اتساع رقعة الجزر الحرارية.
٤. ارتفع المتوسط المرجح لدرجات الحرارة من (٣٦.٤°م) إلى (٤١.٠°م)، ما يعكس أثر فقدان الغطاء النباتي وتوسع الأراضي الجرداء.
٥. أظهر اختبار ANOVA دلالة عالية جدًا (p=0.000) في اختلاف درجات الحرارة بين الفئات الأرضية، ما يؤكد أن التباين الحراري مرتبط مباشرة بنوع الغطاء الأرضي.
٦. العلاقة الطردية بين تقلص الغطاء النباتي واتساع الجزر الحرارية الحضرية تبرز الحاجة الملحة لسياسات حضرية بيئية أكثر استدامة.

المقترحات:

١. زيادة المساحات الخضراء داخل مدينة كركوك عبر إنشاء حدائق وأحزمة نباتية محيطة.
٢. اعتماد التخطيط العمراني الأخضر كاستراتيجية للحد من الجزر الحرارية وتحسين المناخ المحلي.
٣. تفعيل برامج التشجير باستخدام أنواع نباتية مقاومة للجفاف وذات كفاءة تبخر–نتح عالية.
٤. دمج مؤشرات الاستشعار عن بعد (NDVI, LST) في خطط المراقبة البيئية المستمرة.
٥. الحد من التوسع العشوائي للأراضي الجرداء عبر سياسات زراعية وإدارة موارد مائية أكثر كفاءة.
٦. تعزيز التوعية البيئية للسكان وصانعي القرار حول مخاطر فقدان الغطاء النباتي وأثره على والبيئة.

References:

1. Al-Doski, J., Mansor, S. B., & Shafri, H. Z. M. (2013). Monitoring land cover changes in Duhok city using remote sensing and GIS techniques. International Journal of Geosciences, 4(1), 35–41.

2. Al-Hussein, A. A. M., Mohammed, M. A. M., & Al-Tamimi, B. F. M. (2020). The impact of changes in certain climatic elements on the variation of groundwater levels in Al-Hamdaniya District – Northern Iraq. Journal of Kirkuk University for Human Studies, 15(1), 396.

3. Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning, 97(3), 147–155.

4. Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press.

5. Jovanovska, G., & Tian, G. (2016). An algorithm for automated mapping of land surface temperature using Landsat 8 satellite data. Advances in Meteorology, Article ID 1480307.

6. Khalil, A. A.-H., & Atiyah, K. S. (2025). Thermal characteristics in Iraq. Journal of Kirkuk University for Human Studies, Special Issue of the Third Scientific Conference, June.

7. Li, X., Zhou, W., & Ouyang, Z. (2013). Relationship between land surface temperature and spatial pattern of greenspace: What are the effects of spatial resolution? Landscape and Urban Planning, 114, 1–8.

8. Oke, T. R. (1989). The micrometeorology of the urban forest. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 324(1223), 335–349.

9. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127–150.

10. Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 64(4), 335–344.

11. Wubet, M. T. (2003). Estimation of absolute surface temperature by satellite remote sensing. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands.

12. Xue, J., & Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. Journal of Sensors, 2017, 1–17.

13. Yuan, F., & Bauer, M. E. (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, 106(3), 375–386.

14. Calculating Brightness Temperature using Landsat-8, Using SAGA GIS, IGET_SA_004, department of science and technology, ministry of science and technology, governorate of India.

15. Gordana Jovanovsk, Guiyun Tian (2016), a Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data, Volume 2016 |Article ID 1480307, P3.

Web Source

1. U.S. Geological Survey (USGS). (n.d.). Landsat-8 band designations. Retrieved from https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8-band-designations Technical Report ..

2. Department of Science and Technology. (n.d.). Calculating brightness temperature using Landsat-8 using SAGA GIS (IGET_SA_004). Ministry of Science and Technology, Government of India ..