



Original article

Analyzing the Impact of Climate Change on the Dynamics (Density and Distribution) of Vegetation Cover in the Northern and Northeastern Parts of Wasit Governorate Using Remote Sensing Indices for the Period 2005–2025

Mayada Talib Kadhim Hamid Al-Rubbai
Wasit Governorate Directorate of Education

*Correspondence author:
mkadhimm@uowasit.edu.iq

Received: 03 January 2026
Accepted: 05 February 2026
Published: 01 May 2026

DOI:

<https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol22.Iss2.1546>



1812-0512 / © 2026 The Author(s). Published by Wasit Journal for Humanities Sciences, Wasit University. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Cite:

Al-Rubbai, M. T. K. H. (2026). Analyzing the Impact of Climate Change on the Dynamics (Density and Distribution) of Vegetation Cover in the Northern and Northeastern Parts of Wasit Governorate Using Remote Sensing Indices for the Period 2005–2025. *Wasit Journal for Human Sciences*, 22(2).
<https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol22.Iss2.1546>

ABSTRACT

This study analyzes the impact of climate change on vegetation cover and thermal conditions in northern and northeastern Wasit Governorate between 2005 and 2025 using remote sensing data and GIS techniques. Several indices were applied, including the Standardized Precipitation Index (SPI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), vegetation condition and health indices (VCI, VHI, TCI), and Land Surface Temperature (LST). The results indicate significant spatial and temporal variability in climatic conditions, directly influencing land cover dynamics. Large areas experienced moderate to severe dryness, while humid zones remained limited. This was associated with a clear decline in vegetation cover and increased thermal stress. The findings also reveal an inverse relationship between vegetation and thermal indices, suggesting that reduced vegetation contributes to higher surface temperatures. Overall, the study highlights the strong interdependence between climate, vegetation, and temperature in regions with high climatic variability.

Keywords: environmental challenges, droughts, standard drought index, heat stress index

تحليل أثر التغيرات المناخية على ديناميكية (كثافة وتوزيع) الغطاء النباتي في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من محافظة واسط باستخدام مؤشرات الاستشعار عن بعد للمدة 2005-2025

م. د ميادة طالب كاظم حميد الربيعي
مديرية تربية محافظة واسط

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر التغيرات المناخية على الغطاء النباتي والظروف الحرارية في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط خلال المدة (2005-2025)، من خلال تطبيق مؤشرات مناخية ونباتية وحرارية مشتقة من بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، شملت مؤشر الجفاف القياسي (SPI) ومؤشر الغطاء النباتي (NDVI) ومؤشر التربة المعدل (SAVI) ومؤشرات الحالة والصحة النباتية (VCI, VHI, TCI) إضافة إلى مؤشر حرارة سطح الأرض (LST). وقد أظهرت النتائج تذبذبًا مكانيًا وزمانيًا في الظروف المناخية انعكس بصورة مباشرة على الغطاء الأرضي، إذ كشفت مساحات واسعة من المنطقة عن جفاف معتدل إلى متوسط مقابل محدودية المناطق الرطبة، مع تسجيل تراجع ملحوظ في الغطاء النباتي وارتفاع في الإجهاد الحراري. كما بين التحليل وجود علاقة عكسية بين مؤشرات الحرارة ومؤشرات الغطاء النباتي، بما يدل على أن فقدان الغطاء الخضري يسهم في ارتفاع حرارة السطح وتسارع الإجهاد الحراري. وتؤكد الدراسة الترابط الوثيق بين المناخ والنبات والحرارة في بيئات تتسم بالتقلب المناخي.

الكلمات المفتاحية: التحديات البيئية، حالات الجفاف، مؤشر الجفاف المعياري، مؤشر الإجهاد الحراري

المقدمة:

يمثل التغير المناخي أبرز العوامل المؤثرة في البيئات الجافة وشبه الجافة، لما يترتب عليه من تراجع كميات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة وزيادة تكرار حالات الجفاف، الأمر الذي يؤدي إلى تدهور الغطاء النباتي وتراجع الإنتاج الزراعي، وقد شهد العراق خلال العقود الأخيرة تغيرات مناخية واضحة أثرت بشكل ملحوظ على موارده المائية وأنشطته الزراعية، لاسيما في المناطق الوسطى والجنوبية التي تعتمد بدرجة كبيرة على الري السطحي والمياه الجوفية في استدامة الغطاء النباتي، وقد أثبتت دراسات عربية عدة أهمية اعتماد تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحليل ديناميكية الغطاء النباتي وربطها بالتغيرات المناخية، إذ يمكن من خلال المؤشرات النباتية والمناخية (NDVI، SAVI، SPI وغيرها) كشف مستويات الإجهاد النباتي وتحديد مناطق الجفاف وتدهور الأراضي الزراعية، كما بينت دراسات أخرى في العراق وغيره أن مؤشرات الاستشعار عن بعد توفر بيانات مكانية وزمانية دقيقة يمكن توظيفها في متابعة أثر التغير المناخي على المحاصيل والموارد المائية ضمن مناطق ذات ظروف مناخية مشابهة، الأمر الذي يعزز الحاجة إلى تطبيق هذه التقنيات في محافظة واسط للتحقق من مدى تأثير الغطاء النباتي بتغير المناخ خلال المدة الممتدة بين عامي 2005 و2025.

موقع منطقة البحث:

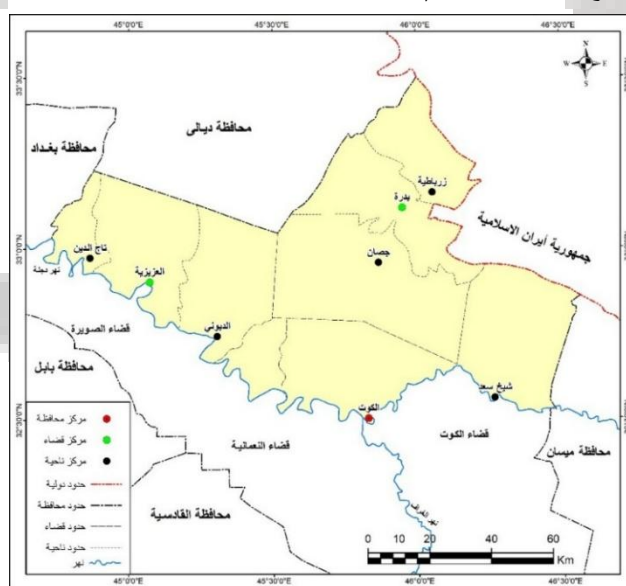
تتمثل منطقة الدراسة بالأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من محافظة واسط، بين خطي طول (45° - 46° 30') شرقاً، ودائرتي عرض (33° - 33° 30') شمالاً، لتتغل موقعاً جغرافياً يحده من الشمال محافظة ديالى، ومن الغرب تحاذي نهر

دجلة ابتداءً من الأجزاء الشرقية لمحافظة بغداد وحتى الأجزاء الوسطى والجنوبية من محافظة واسط، أما من جهة الشرق فتحدها جمهورية إيران الإسلامية، وبذلك تضم هذه المنطقة قضاء بدره وناحية زرباطية وناحية جصان وناحية تاج الدين وقضاء العزيزية، الخريطة (1).

مشكلة البحث:

- إلى أي مدى أثرت التغيرات المناخية المتجسدة عبر مؤشرات الجفاف (SPI) وحرارة السطح (LST) في ديناميكية الغطاء النباتي ومؤشرات صحته في منطقة شمال وشمال شرق محافظة واسط بين عامي (2005-2025)؟

الخريطة (1) موقع منطقة البحث (الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من محافظة واسط)



المصدر: جمهورية العراق الهيئة العامة للمساحة، خريطة محافظة واسط الإدارية، لسنة (1987).

فرضيات البحث:

إن التغيرات المناخية في المنطقة قادت إلى تراجع في المساحات الخضراء وصحة الغطاء النباتي، وتزايد الإجهاد الحراري، نتيجة الارتباط العكسي بين المؤشرات النباتية والمؤشرات الحرارية والمناخية.

هدف البحث:

تحليل الترابط المكاني والزمني بين الجفاف المناخي والغطاء النباتي والإجهاد الحراري في منطقة الدراسة، وتحديد اتجاهات التغير وتأثيراتها البيئية خلال المدة (2005-2025).

أهمية البحث:

تبرز الدراسة أهمية دمج مؤشرات الاستشعار عن بعد مع البيانات المناخية لتفسير ديناميكية الغطاء النباتي ورصد آثار التغير المناخي، بما يعزز من قدرات التنبؤ وإدارة الموارد البيئية في المناطق الهشة مناخياً.

منهجية البحث:

تمثلت منهجية البحث بالخطوات الآتية:

1. جمع البيانات الفضائية لسنتي 2005، 2025 باعتماد مرئيات القمر الأمريكي لاند سات، الجدول (1).
2. تصحيح هندسي وطيفي للمرئيات لضمان توافقها المكاني والتحليل الطيفي.
3. اشتقاق المؤشرات النباتية (NDVI, SAVI) باستخدام الحزم الطيفية الحمراء والقرية من تحت الحمراء.
4. استخراج مؤشر الجفاف SPI من بيانات الأمطار لمعرفة شدة الجفاف وتكراره.
5. تحليل الإجهاد النباتي باستخدام مؤشرات (VCI, TCI, VHI) لتقييم أثر الحرارة والرطوبة على الغطاء النباتي.
6. استخراج مؤشر الحرارة السطحية LST لقياس التغير الحراري وتأثيره على المناطق الزراعية.
7. تحليل مكاني وزماني باستخدام تقنية GIS للكشف عن مناطق التدهور وتحول الغطاء النباتي عبر الزمن.
8. مقارنة تحليلية بين الأثر الحراري والجفاف من جهة وبين تدهور الغطاء النباتي من جهة أخرى.

جدول (1) بيانات الأقمار الصناعية المستخدمة

الدقة الزمنية	الدقة المكانية	الحزم المستخدمة	المستشعر	القمر الصناعي	السنة
16 يوم	30 م	B 3(Red), B 4(NIR)	ETM+	Landsat- 7 ETM+	2005
16 يوم	30 م	B 4(Red), B 5(NIR)	OLI/TIRS	Landsat-8	2025

المصدر: الباحث

الخصائص المناخية لمنطقة البحث:

إن دراسة الخصائص المناخية تُمثل الأساس في فهم ديناميكية الغطاء النباتي، إذ يشكّل كلُّ من درجة الحرارة والتساقط المطري العاملين الأكثر تأثيراً في تحديد نمو النباتات وتوزيعها الجغرافي، حيث إن أيّ تغيير في هذين العنصرين ينعكس مباشرةً على الدورة الحياتية للنباتات، وعلى وفرة الإنتاج، وكذلك على توازن النظم البيئية سواء أكان في محافظة واسط أو في أي منطقة مشابهة مناخياً، وكما تشير البيانات المناخية إلى أنّ محافظة واسط تقع ضمن نطاق مناخي شبه جاف إلى جاف، ومن خلال الجدول (2) يُلاحظ أن درجات الحرارة في جميع محافظة واسط وبما فيها منطقة الدراسة خلال شهور فصل الصيف الذي يتصف بطوله وشدة حرارته، تتجاوز فيه المعدلات الشهرية غالباً في تموز وآب (40 م°)، مع تسجيل قمم حرارية تفوق (45 م°) أحياناً بالنسبة لدرجة الحرارة العظمى، حيث كان المعدل العام لدرجات الحرارة العظمى في كل من محطة الكوت وبدره والعزيفية على التوالي (32.3، 32.7، 32.8 م°)، أما الشتاء فيكون معتدل إلى بارد، حيث تنخفض فيه المعدلات الشهرية إلى (8-12 م°) لاسيما خلال شهر كانون الثاني، مع فرص محدودة لدرجات حرارة قريبة من الصفر، بشكل عام يُظهر الاتجاه العام خلال العقود الأخيرة ارتفاعاً تدريجياً في معدلات درجات الحرارة العظمى والصغرى، مما يزيد ذلك من معدلات عمليات التبخر والنتح ويُقاوم حاجة النباتات إلى مياهٍ إضافية. أما بالنسبة لخصائص التساقط المطري، التي يغلب عليها الطابع الشتوي، إذ تتركز بين شهري تشرين الثاني ونيسان،

يُعد المعدل السنوي للأمطار منخفض تراوح بحسب الجدول (3) ما بين (155-200 ملم سنويًا في المتوسط) في المحطات المناخية المحددة للدراسة، ويوصف بأنه غير منتظم زمنيًا ومكانيًا، فالاتجاه العام للتساقط المطري في منطقة البحث يشير إلى تذبذب واضح في الكمية، مع سنوات جافة متكررة وأخرى غزيرة لكنها قصيرة، مما يؤدي ذلك إلى عدم الانتظام في إمدادات المياه للنباتات، ويزيد من خطر الجفاف والتصحر في المنطقة، بناءً على ذلك، فإن تزايد درجات الحرارة وتذبذب كميات الأمطار يشكّلان معًا أبرز ملامح التغير المناخي في المنطقة، وهو ما ينعكس على الغطاء النباتي الطبيعي من خلال قصر فترة النمو وتناقص الكثافة النباتية وتغيّر الأنواع المهيمنة، وتراجع الإنتاجية، (الربيعي والموسوي، 2020).

الجدول (2) المعدل الشهري والسنوي لدرجات الحرارة العظمى والصغرى للمدة (2005-2025) لمحطات منطقة الدراسة

المعدل السنوي	المحطة												درجة الحرارة
	كانون الأول	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	
32.3	18.5	24.7	35.8	41.7	45.6	45.5	43.4	38.8	32.2	25.1	20.1	16.3	العظمى
17.9	7.6	11.8	19.4	24.2	28.3	29.1	26.8	23.4	17.6	12.1	7.9	6.9	الصغرى
32.7	19.6	25.1	35.6	42.2	45.3	46.4	43.5	39.1	33.2	25.2	20.4	16.4	العظمى
17.7	8.1	12.3	19.8	24.5	27.2	27.9	25.6	23.3	17.5	11.8	7.7	6.2	الصغرى
32.8	19.8	25.4	35.2	41.1	45.5	46.7	44.5	39.3	32.3	26.2	20.3	16.8	العظمى
18.3	8.4	12.5	19.7	24.4	28.2	29.8	26.6	23.5	17.7	12.5	8.8	7.1	الصغرى

المصدر: (1) بالاعتماد على وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، قسم المناخ، بيانات (غ.م) 2025، (2) (بيانات الطقس والارصاد الجوية في إيران، 1994).

الجدول (3) المعدل الشهري والمجموع السنوي للتساقط المطري للمدة (2005-2025) لمحطات منطقة الدراسة

المعدل السنوي	المحطة												
	كانون الأول	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
200	26.3	29.2	5.6	0.8	0	0	0	8.9	26.4	36.5	28.2	38.1	بدر
158	20.2	25.1	0.1	0	0	0	0	8	22.2	26.2	27.1	29.1	الكوت
155	21.1	26.2	0.3	0.2	0	0	0	8.2	20.1	23.1	24.4	31.4	العزيفية

المصدر: (1) بالاعتماد على وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، قسم المناخ، بيانات (غ.م) 2025، (2) (بيانات الطقس والارصاد الجوية في إيران، 1994).

تحليل البيانات:

في هذه الدراسة تم تحليل التغيرات المناخية وتأثيرها على توزيع وكثافة الغطاء النباتي للمدة (2005-2025) باعتماد مجموعة من المؤشرات المناخية والنباتية والحرارية باستعمال تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، حيث شمل التحليل دراسة مؤشر الجفاف المعياري (SPI) لكونه يمثل التذبذبات المطرية وحالات الجفاف، وبعدها تم دراسة مؤشرات الغطاء النباتي (NDVI, SAVI, VCI, VHI) لتقييم الاستجابة النباتية للتغيرات المناخية، فضلاً عن اعتماد مؤشري الحرارة (LST) والاجهاد الحراري (TCI) ومقارنة النتائج مكانياً وزمانياً ضمن الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط.

1- مؤشر الجفاف المعياري SPI

يُعد مؤشر التساقط أو الجفاف المعياري (SPI) مقياساً يُستخدم لدراسة الجفاف المناخي (جاسم ، 2012)، يعتمد بحسابه على بيانات الأمطار فقط، ويقاس مدى انحراف هطول الأمطار في مدة معينة عن المتوسط التاريخي للمنطقة المحددة، من خلال توزيع بيانات الأمطار إلى توزيع احتمالي (عادةً غاما)، ثم تحويلها إلى توزيع طبيعي موحد بحيث يكون المتوسط صفراً والانحراف المعياري واحداً، مما يجعل المؤشر بلا وحدات، ويمكن مقارنته بين مدد زمنية أو مناطق مختلفة، إن قيم SPI السالبة تدل على مدد جفاف، أما القيم الموجبة فإنها تدل على ظروف رطبة، ويُحسب المؤشر عادةً لمدد تراكمية مثل 3 أو 12 شهراً لتقييم الجفاف على المدى القصير أو الطويل، إن هذا المؤشر معترف به دولياً وقد تم اعتماده واستعماله من قبل عدد كبير من خدمات الأرصاد (WMO) klimatology كمقياس معياري لجفاف الأرصاد، ومن قبل الباحثين من خلال برنامج (DrinC) الذي يقوم باحساب مؤشر المطر القياسي SPI ويظهر مخرجات التقييم الإحصائي للأمطار (McKee, Doesken, & Kleist, 1993, p. 179-184)، وقد أوضح (Mckee Teal) من خلال جدولاً خاصاً بقيم مؤشر (SPI) وصفاً مناخياً لتلك القيم التي تظهر الجفاف عندما تكون سالبة وتصل أشدها عند (-2)، في حين تنتهي مدة الجفاف عندما تكون القيم موجبة، أي إن مدة الجفاف لها بداية ونهاية. تم استخراج قيم مؤشر الجفاف القياسي SPI بالاعتماد على المعالجة المكانية لبيانات الأمطار الشهرية (2005-2025) إلى صيغة نقطية (Raster) من خلال خوارزميات الاستيفاء المكاني، ومن ثم إدخالها إلى برامج متخصصة مثل DrinC أو الوحدات الإحصائية داخل برنامج GIS لحساب القيم المعيارية باستعمال الأداة (Map Algebra)، بعدها تم إعادة تصنيف الخريطة الناتجة إلى فئات تمثل حالات الجفاف المختلفة في المنطقة (جفاف شديد، متوسط، خفيف، وضع طبيعي، رطب، رطب جداً)، وحساب المساحات والنسب المئوية لكل فئة من هذه الفئات ضمن منطقة البحث، تعكس هذه العملية قدرة التقنيات الجغرافية الحديثة على دمج البيانات المناخية مع نظم المعلومات المكانية (GIS) في إنتاج خرائط دقيقة تساهم في رصد ظاهرة الجفاف وتقييم تأثيرها على ديناميكية الغطاء النباتي. أظهرت نتائج التوزيع المكاني لمؤشر الجفاف المعياري (SPI) للمدة الزمنية (2005-2025) في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط بحسب الجدول (4) والخريطة (2) تبايناً واضحاً في التوزيع لحالات الجفاف والرطوبة، إذ أن النسبة الأكبر من مساحة المنطقة قد خضعت لظروف طبيعية إلى جفاف متوسط، حيث مثلت المساحات المصنفة ضمن الوضع الطبيعي نسبة (97.42%)، وبواقع (8921.28 كم²) من إجمالي مساحة الدراسة، بينما شكّلت مساحات الجفاف الشديد نسبةً محدودة لم تتجاوز (0.03%) من المساحة الكلية للمنطقة حيث بلغت مساحتها (3.15 كم²)، كما أظهرت النتائج وجود مساحات صغيرة نسبياً

تقع ضمن فئة الرطوبة الشديدة أو العالية بنسبة (1.65%) من مجموع المساحة، الأمر الذي يشير إلى أن المنطقة خلال المدة المدروسة عانت بصورة رئيسة من تذبذب كبير في معدلات الأمطار وتعرضت لموجات جفاف أكثر من موجات الرطوبة. يؤكد التوزيع المكاني لمؤشر SPI بأن الجفاف يعد السمة الغالبة على مناخ محافظة واسط ومن ضمنها منطقة الدراسة خلال العتدين الأخيرين، مع وجود جيوب محدودة من الرطوبة قد ترتبط بالظروف المحلية أو التباين الطبوغرافي التي تتميز بها مناطق الشمال والشمال الشرقي من المحافظة، (الخالدي، 2025).

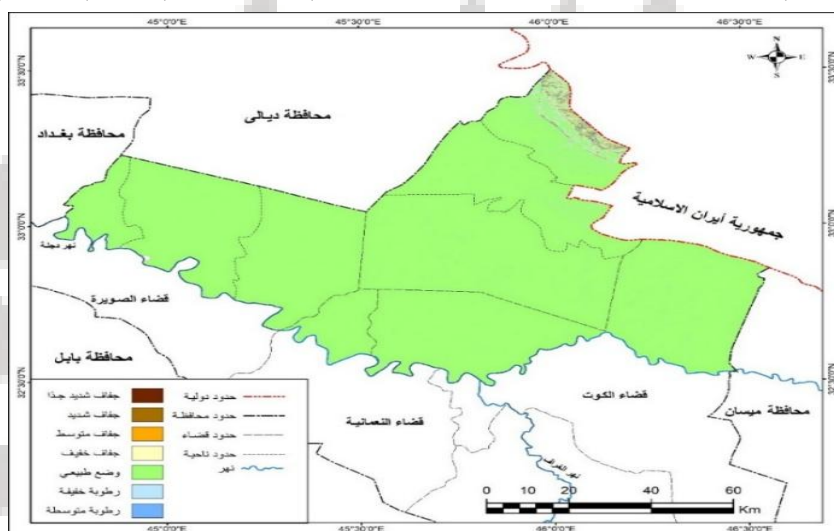
الجدول (4) توزيع حالات الجفاف والرطوبة بحسب مؤشر (SPI) ومساحة كل حالة ضمن منطقة الدراسة

SPI

التصنيف	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
جفاف خفيف	34.41	0.38
جفاف شديد	9.78	0.11
جفاف شديد جداً	3.15	0.03
جفاف متوسط	20.31	0.22
رطوبة شديدة	151.32	1.65
رطوبة متوسطة	17.11	0.19
وضع طبيعي	8921.28	97.42
المجموع	9157.36	100.00

المصدر: اعتماداً على بيانات الجدول (2).

الخريطة (2) التوزيع المكاني لفئات الجفاف والرطوبة بحسب مؤشر SPI في الجزء الشمالي الشرقي والشرقي من محافظة واسط



المصدر: اعتماداً على بيانات الجدول (2).

كما أن ارتباط هذه النتائج بمؤشرات الغطاء النباتي (NDVI, SAVI, VCI, VHI) يوضح أن الانخفاض في المساحات ذات الغطاء النباتي الكثيف خلال سنة 2025 يقابله تزايد في مساحات الجفاف المتوسط والشديد حسب مؤشر SPI، مما يثبت العلاقة الوثيقة بين المؤشر المناخي والمؤشرات النباتية.

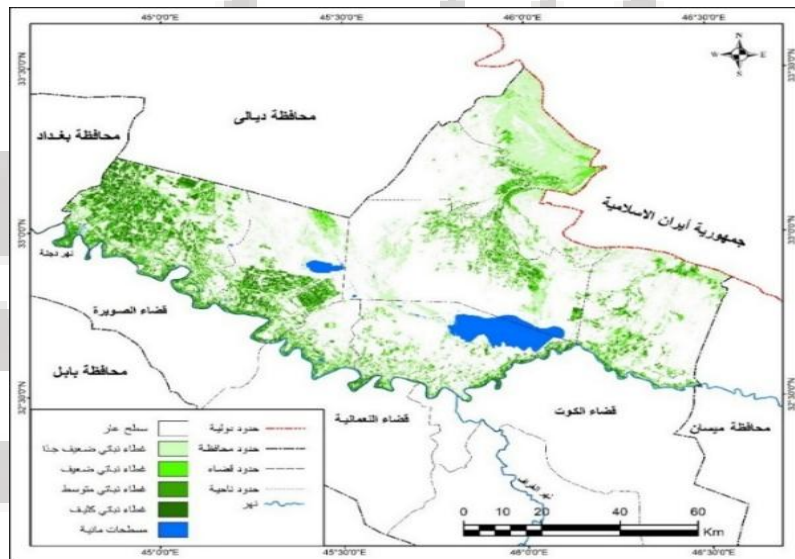
2- مؤشر الغطاء النباتي المعياري NDVI

يمثل هذا المؤشر دليلاً لرصد حالات التصحر من خلال متابعة وجود النبات الطبيعي من عدمه أو انخفاض إنتاجية النبات (الدليمي، 2015، ص 109)، ويعتمد على الفرق بين الطول الموجي (0.85-0.88) ميكرون للحزمة تحت الحمراء (NIR) والطول الموجي (0.64-0.67) ميكرون للحزمة الحمراء (Red) مقسوماً على مجموعهما ليكون الناتج قيمة تتراوح بين (1-، 1) فعندما تكون النتيجة باتجاه الموجب تدل على كثافة النبات، وعندما تتجه القيم نحو السالب فإنه دلالة على المعالم السطحية غي الخضراء وتجرد سطح الأرض من النباتات بحسب المعادلة الآتية (حسن، 2014، ص 14):

$$NDVI = \frac{NIR.BAND - RED BAND}{NIR.BAND + RED BAND}$$

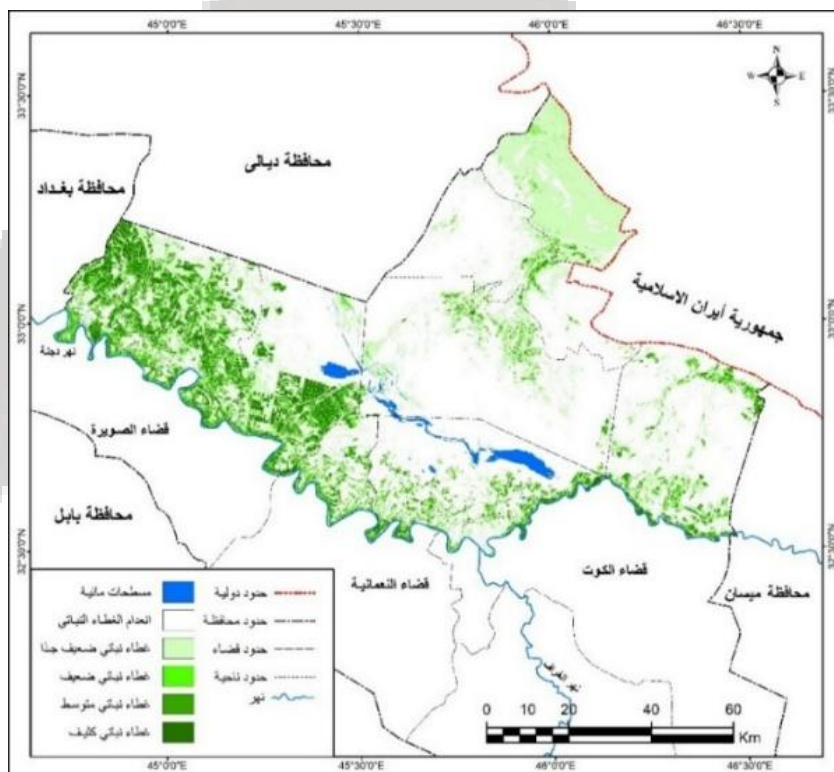
يُلاحظ من خلال نتائج تطبيق مؤشر الاختلاف الخضري المعياري على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي لمحافظة واسط في السنة المائية الرطبة (2005) ومقارنتها مع نتائج تطبيق المؤشر على منطقة الدراسة خلال السنة المائية الجافة (2025) التباين الكبير في توزيع الغطاء النباتي وكثافته كما يظهر في الخريطة (3)، (4)، إنظر الجدول (5)، (6) حيث زادت نسبة مساحة سطح الأرض الخالية من النباتات من (61.15%) خلال سنة 2005 إلى (62.1%) خلال سنة 2025 متأثرة بالتغيرات المناخية على المنطقة، بالمقابل نجد تقلص مساحة الأراضي ذات الغطاء النباتي الكثيف استجابةً لظروف التغير المناخي لسنة (2025) بنسبة (4.58%)، في حين كانت نسبتها (5.28%) خلال عام (2005).

الخريطة (3) توزيع وكثافة الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2005



المصدر: اعتماداً على بيانات القمر الأمريكي (Landsat 7)، الحزم (2، 4)، بدقة (30 م)، لسنة 2005.

الخريطة (4) توزيع وكثافة الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025



المصدر: اعتماداً على بيانات القمر الأمريكي (Landsat 8)، الحزم (3، 5)، بدقة (30 م)، لسنة 2025.

الجدول (5) المساحة والنسبة المئوية لتوزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2005

مؤشر NDVI لسنة 2005

التصنيف	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
سطح عار	5599.47	61.15
غطاء نباتي ضعيف جداً	1796.33	19.62
غطاء نباتي ضعيف	624.93	6.82
غطاء نباتي متوسط	446.78	4.88
غطاء نباتي كثيف	483.11	5.28
ماء	270.32	2.95
المجموع	9157.36	100.00

المصدر: اعتماداً على بيانات الخريطة (3).

الجدول (6) المساحة والنسبة المئوية لتوزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025
مؤشر NDVI لسنة 2025

التصنيف	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
سطح عار	5686.38	62.10
غطاء نباتي ضعيف جداً	1932.2	21.10
غطاء نباتي ضعيف	495.16	5.41
غطاء نباتي متوسط	445.33	4.86
غطاء نباتي كثيف	419.53	4.58
ماء	115.18	1.26
المجموع	9157.36	100.00

المصدر: اعتماداً على بيانات الخريطة (4).

3- مؤشر الغطاء النباتي المعدل SAVI

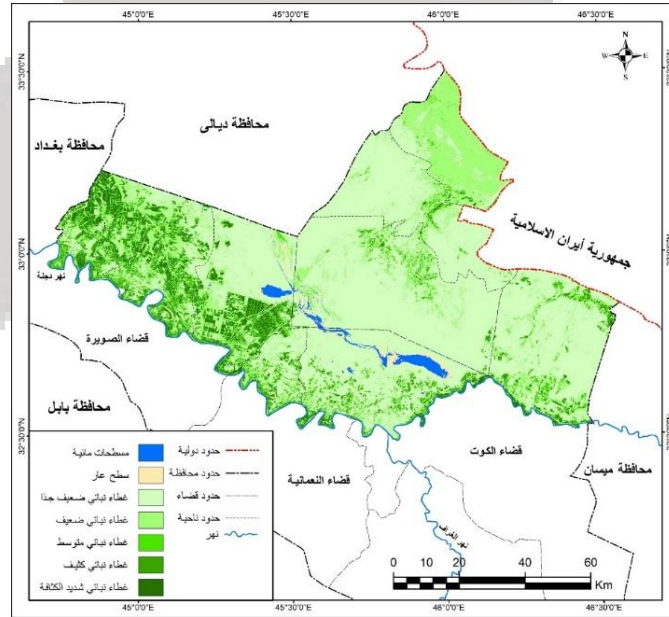
يستعمل مؤشر Soil-Adjusted Vegetation Index لتمييز الغطاء النباتي مع تصحيح للتربة، يفضل تطبيقه في المناطق الجافة وشبه الجافة (مثل محافظة واسط)، والمناطق القاحلة المكشوفة أو ذات غطاء نباتي خفيف، لتقدير كثافة الغطاء الخضري مع تعديل لتأثير الأرض والتربة في القياس، وذلك لغرض تقليل التشوش الناتج عن انعكاس التربة لاسيما في المناطق التي تكون النباتات فيها متفرقة أو قليلة، بحسب الصيغة الرياضية الاتية (Huete, 1988) :

$$SAVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red+L)} * (1 + L)$$

نجد إنه في حالة يكون الغطاء النباتي كثيف فإن قيمة (L) تكون قليلة جداً (قريب للصفر) فنتيجة المعادلة ستكون قريبة من نتيجة مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI).

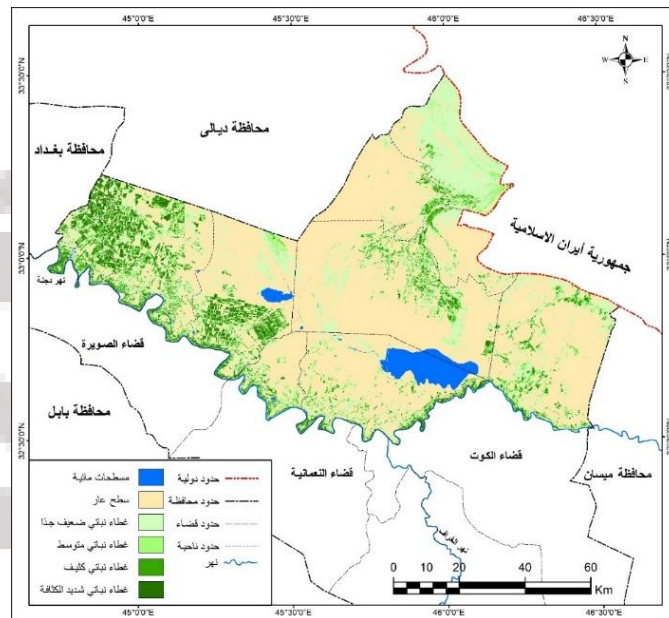
تُظهر الخريطة (5)، (6) أن مساحة المناطق الخالية من النبات تفاوتت بين سنة 2005 وسنة 2025 بواقع (128.25 كم²) و(6496.29 كم²) على التوالي، شكلت نسبة المساحات الخالية في سنة 2005 (1.4%)، في حين شكلت هذه المساحات نسبة (70.9%) في سنة 2025، كما نجد أن المساحات التي غطتها النباتات الكثيفة مثلت (483.1 كم²) ونسبة (5.3%) في سنة 2005، بينما مثلت تلك المساحات (215.73 كم²) ونسبة (2.4%) في سنة 2025، على الرغم من أن المساحة التي غطتها المسطحات المائية خلال سنة 2025 كانت الأكبر بواقع مثل (169.13 كم²) ونسبة شكلت (1.8%) من مساحة المنطقة، بينما شكلت مساحة المسطحات المائية (1.3%) وبواقع (115.6 كم²) من مساحة المنطقة في سنة 2005، إنظرالجدول (7)، (8).

الخريطة (5) توزيع وكثافة الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعدل (SAVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2005



المصدر: اعتماداً على بيانات القمر الأمريكي (Landsat 7)، الحزم (2، 4)، بدقة (30 م)، لسنة 2005، باستخدام مؤشر الغطاء النباتي المعدل، وبرنامج (Arc GIS 10.8)، بتاريخ (25 / 3 / 2025).

الخريطة (6) توزيع وكثافة الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعدل (SAVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025



المصدر: اعتماداً على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي (Landsat OLI 8)، للحزم الطيفية (4، 5) باستخدام مؤشر الغطاء النباتي المعدل، وبرنامج (Arc GIS 10.8)، بتاريخ (25 /3 /2025).

الجدول (7) المساحة والنسبة المئوية لتوزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعدل (SAVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2005

التصنيف	المساحة كم ²	نسبة المساحة (%)
مسطحات مائية	115.6	1.3
سطح عار	128.25	1.4
غطاء نباتي ضعيف جداً	5557.29	60.7
غطاء نباتي ضعيف	1932.49	21.1
غطاء نباتي متوسط	495.08	5.4
غطاء نباتي كثيف	445.55	4.9
غطاء نباتي شديد الكثافة	483.1	5.3
المجموع	9157.36	100.0

المصدر: اعتماداً على بيانات الخريطة (5).

الجدول (8) المساحة والنسبة المئوية لتوزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعدل (SAVI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025

التصنيف	المساحة كم ²	نسبة المساحة (%)
مسطحات مائية	169.13	1.8
سطح عار	6496.29	70.9
غطاء نباتي ضعيف جداً	1379.59	15.1
غطاء نباتي متوسط	635.88	6.9
غطاء نباتي كثيف	260.74	2.8
غطاء نباتي شديد الكثافة	215.73	2.4
المجموع	9157.36	100.0

المصدر: اعتماداً على بيانات الخريطة (6).

4- مؤشر الحالة النباتية VCI

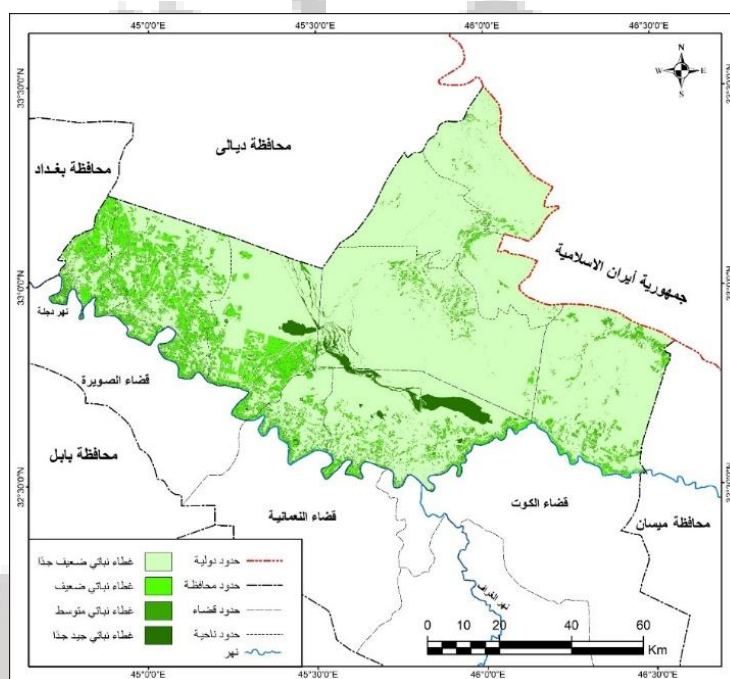
يعد واحد من المؤشرات النباتية ذات الإمكانية العالية في توفير معلومات مهمة عن بداية حالات الجفاف ومدت وشدته من خلال متابعته للتغيرات الحاصلة في الغطاء النباتي، فهو مؤشر جداً فعال لكشف ورصد مخاطر التصحر ومستوياتها، ورصد التغيرات

الموسمية، ومقارنة الأداء النباتي عبر السنوات (الحربو، 2018، ص 95)، ويستخرج بالمعادلة الآتية (Amalo & others, 2017, p. 1)

$$VCI = \frac{NDVI_{current} - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} * 100$$

يظهر من خلال الخريطة (7)، والجدول (9) أن مساحة الأراضي التي يغطيها الغطاء النباتي الكثيف والتي يقصد بها أراضي ضفاف الأنهار وبالتربة ذات الرطوبة العالية بلغت (203.03 كم²) وشكلت نسبة (2.2%) من المساحة الكلية للمنطقة، أما مساحة الأراضي ذات الغطاء النباتي المتوسط والمتمثلة بتربة كتوف الأنهار والتربة المغطاة بالجرين فقد بلغت (714.52 كم²) ونسبة (7.8%) من إجمال المساحة، تليها مساحة المناطق ذات الغطاء النباتي الضعيف بواقع (706.53 كم²) شكلت نسبتها (7.7%) من مجموع المساحة، في حين بلغت مساحة الأراضي ذات الغطاء النباتي الضعيف جداً والمقصود بها الخالية من النباتات مساحة كبيرة جداً بواقع (7533.28 كم²) إذ شكلت نسبتها (82.3%) من المساحة الكلية للمنطقة.

الخريطة (7) توزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الحالة النباتية (VCI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025



المصدر: اعتماداً على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي (Landsat OLI 8)، للحزم الطيفية (4، 5) باستخدام مؤشر الحالة النباتية، وبرنامج (Arc GIS 10.8)، بتاريخ (2025 /3 /25).

الجدول (9) المساحة والنسبة المئوية لتوزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الحالة النباتية (VCI) على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025

التصنيف	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
غطاء نباتي جيد جداً	203.03	2.2

7.8	714.52	غطاء نباتي متوسط
7.7	706.53	غطاء نباتي ضعيف
82.3	7533.28	غطاء نباتي ضعيف جداً
100.0	9157.36	المجموع

المصدر: اعتماداً على الخريطة (7).

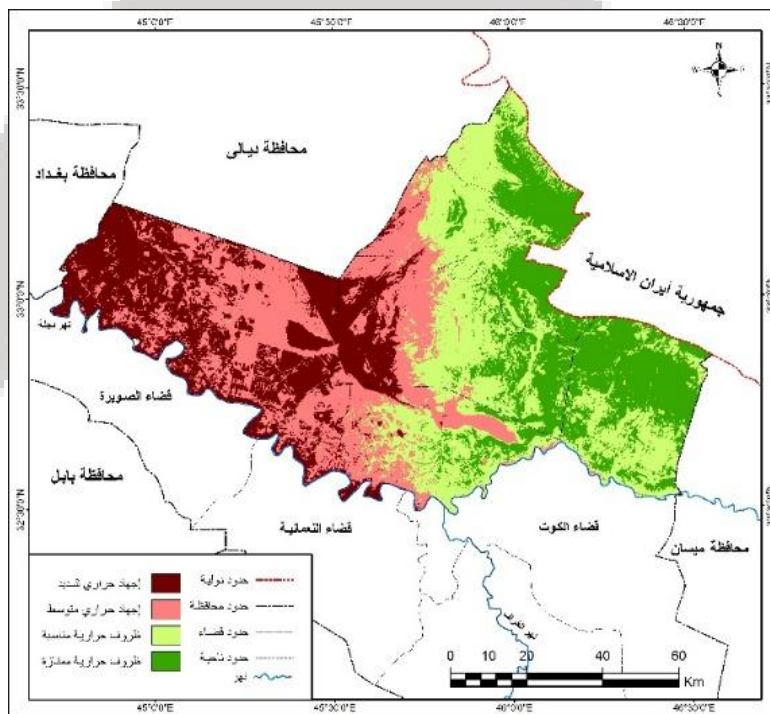
5- مؤشر الحالة الحرارية TCI

يعتمد مؤشر الحالة الحرارية في حسابه على القيمة الفعلية لنطاق الأشعة الحرارية البعيدة (أعلى وأدنى قيمة لنطاق الأشعة الحرارية البعيدة) (Amalo & others, 2017, p. 1)، حيث أظهرت الخريطة (8) توزيع الأراضي التي تتعرض للإجهاد الحراري (جفاف) عن طريق التمثيل الكمي ووسيلة المساحات وأسلوب الألوان، إذ صنف مؤشر الحالة الحرارية TCI الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط إلى أربعة أصناف، احتلت الأراضي ذات الظروف الحرارية المناسبة والتي تمثل الأراضي ذات الجفاف الطفيف أكبر مساحة بواقع (2579.99 كم²)، وشغلت نسبة (28.2%) من المجموع الكلي للمساحة، تليها مساحة المناطق ذات الإجهاد الحراري المتوسط، والتي تدل على الأراضي ذات الجفاف المتوسط بواقع (2375.45 كم²)، وبنسبة (20.9%) من مجموع المساحة، يليها مساحة الأراضي ذات الإجهاد الحراري الشديد بواقع (2138.17 كم²)، وبنسبة (23.3%) من المساحة الكلية، ومن ثم تأتي مساحة الأراضي بظروف حرارية ممتازة وهي الأراضي الخالية من الجفاف والمتمثلة بثُرب أكتاف الأنهار والمطمورة بالغرين بواقع (2063.75 كم²)، حيث شغلت نسبة (22.5%) من المساحة الإجمالية لمنطقة البحث، الخريطة (8) الجدول (10).

6- مؤشر صحة الغطاء الخضري VHI

يجمع هذا المؤشر بين مؤشر الحالة النباتية ومؤشر الحالة الحرارية (VCI, TCI) بصيغة وزن محددة (مساواة التأثير) عادةً تكون (0.5) لكل منهما لتكون نتيجة التقييم متكاملة لصحة النبات من جانب (الرطوبة والحرارة)، حيث تشير الخريطة (9) إلى أصناف الأراضي التي تتعرض للإجهاد الرطوبي والحراري باعتماد التمثيل الكمي ووسيلة المساحات (الحربو، 2018، ص 102)، حيث صنف مؤشر الصحة النباتية VHI منطقة الدراسة إلى خمسة أصناف تتباين بمساحتها والنسبة التي تشغلها من المساحة الكلية، علماً أن الحالة الصحية للنبات يشير إلى حالة الجفاف، فالحالة الصحية الضعيفة والضعيفة جداً دليل على الأراضي الجافة والجافة جداً (جفاف حاد) ترب الكثبان الرملية، والتي تعاني من تراكم حراري مع انخفاض محتوى الرطوبة خلال الفصل الحار من السنة، وقد شغلت مساحة فُدرت ب (3998.47 كم²) و (209 كم²) وبنسبة (43.7%)، (2.3%) على التوالي لكل منهما، وتشير الحالة الصحية المتوسطة للنبات على الأراضي ذات الجفاف المتوسط والتي شغلت مساحة (3735.49 كم²) وبنسبة (40.8%) من المساحة الكلية للمنطقة، أما الحالة الصحية الجيدة فتشير إلى صنف الأراضي ذات الجفاف الطفيف، ويتمثل هذا المستوى في بعض ثُرب أكتاف الأنهار وثُرب أحواض الأنهار المطمورة بالغرين، حيث تتمتع برطوبة عالية وكثافة نباتية، بمساحة (601.8 كم²) وبنسبتها (6.6%)، في حين تدل الحالة الصحية الممتازة للنباتات على الأراضي الخالية من الجفاف التي تتوزع على ضفاف الأنهار والتراب ذات الرطوبة العالية جداً، وشكلت نسبتة مساحتها (6.7%) من المساحة الكلية، الخريطة (9)، الجدول (11).

الخريطة (8) توزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الحالة الحرارية TCI على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025



المصدر: اعتماداً على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي (Landsat OLI 8)، للجزم الطيفية (4، 5) باستخدام مؤشر الحالة الحرارية TCI ، وبرنامج (Arc GIS 10.8)، بتاريخ (2025 / 3 / 25).

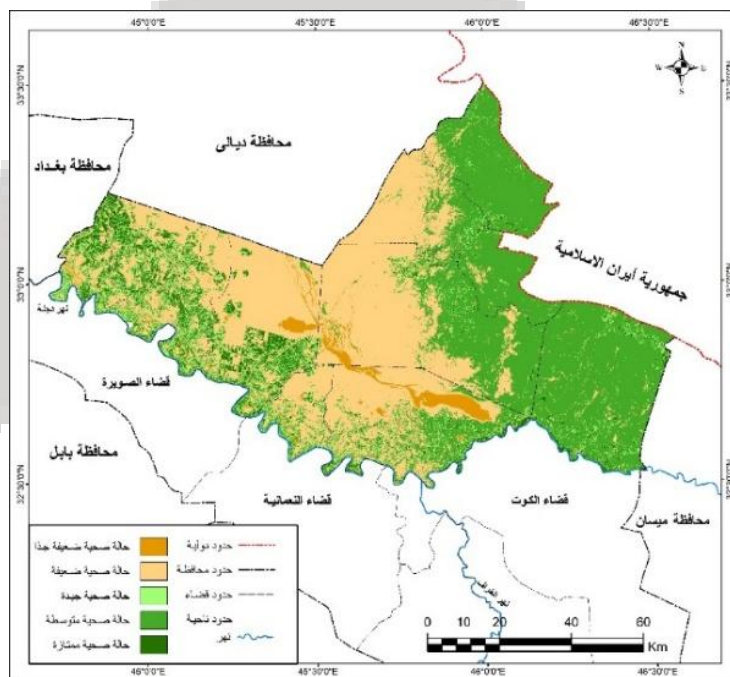
الجدول (10) المساحة والنسبة المئوية لتوزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر الحالة الحرارية TCI على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025

مؤشر TCI لسنة 2025

التصنيف	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
إجهاد حراري شديد	2138.17	23.3
إجهاد حراري متوسط	2375.45	25.9
ظروف حرارية ممتازة	2063.75	22.5
ظروف حرارية مناسبة	2579.99	28.2
المجموع	9157.36	100.0

المصدر: اعتماداً على الخريطة (8).

الخريطة (9) توزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر صحة الغطاء الخضري VHI على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025



المصدر: اعتماداً على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي (Landsat OLI 8)، للحزم الطيفية (4، 5) باستخدام مؤشر صحة الغطاء الخضري VHI، وبرنامج (Arc GIS 10.8)، بتاريخ (2025 /3 /25).
الجدول (11) المساحة والنسبة المئوية لتوزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر صحة الغطاء الخضري VHI على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025

التصنيف	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
حالة صحية جيدة	601.8	6.6
حالة صحية ضعيفة	3998.47	43.7
حالة صحية ضعيفة جداً	209	2.3
حالة صحية متوسطة	3735.49	40.8
حالة صحية ممتازة	612.6	6.7
المجموع	9157.36	100.0

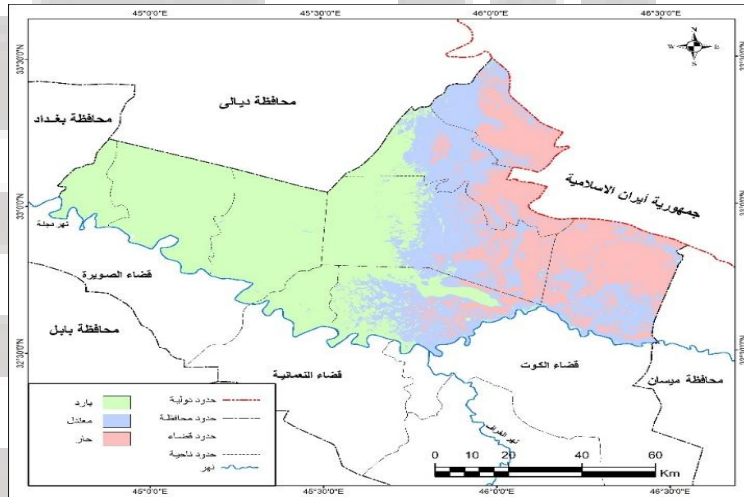
المصدر: اعتماداً على الخريطة (9).

7- مؤشر درجة حرارة سطح الأرض LST

يمثل مؤشر درجة حرارة السطح Land Surface Temperature مؤشراً أساسياً لقياس حرارة سطح الأرض (التربة أو الغطاء النباتي) بشكل مباشر من خلال الأقمار الصناعية بالاعتماد على حزمة الطيف الحراري (الأشعة الحرارية) (TIRS) أي (Band 10) (X. & others, 2018)، ولتحسين دقة النتائج تم تصحيح درجة حرارة السطوح وفق الانبعاثية السطحية التي قُدرت بالاعتماد على مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI)، كما يمكن الاستفادة من هذا المؤشر لتقييم مدى تأثير النبات بالحرارة، ولاسيما في حالات الجفاف أو الإجهاد الحراري، فالتقنيات الجغرافية الحديثة تعالج فجوات البيانات وتدمج القياسات الزمنية والقياسات المكانية للمنطقة المحددة للدراسة، للحصول على خريطة متسقة ومستمرة لدرجة الحرارة السطحية (Al-Aarajy & Hassan, 2023, p. 6691). كما في الخريطة (10)، التي يظهر فيها توزيع أصناف سطح الأرض بحسب درجة حرارته كما في الجدول (12)، إذ أظهرت نتائج تحليل مؤشر LST لسنة 2025 في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط، وجود تباين حراري واضح مكانياً، حيث توزعت المنطقة إلى ثلاث فئات حرارية تبدأ من الفئة المنخفضة التي تتراوح بين (25-30م) تقريباً، والتي تمثل أكبر فئة حرارية هيمنت على مساحة منطقة الدراسة بما يبلغ (4479.61 كم²)، وبنسبة (48.9%) من المساحة الكلية للمنطقة، وهذه المساحة تتمثل في الأجزاء الشمالية من المنطقة حيث توجد الغطاء النباتي الكثيف ولاسيما المناطق الزراعية، بتأثير عامل التظليل والنتح النباتي، وبلغت مساحة الأراضي ذات المستوى الحراري المعتدل (2529.38 كم²)، شغلت نسبتها (27.6%) من إجمالي المساحة، وتمثل بالجانِب الشرقي من المنطقة بحكم ظروفها المناخية وتواجد النبات الطبيعي فضلاً عن الأراضي الزراعية، الأمر الذي خفف من تأثير التغير المناخي، كما بلغت مساحة سطح الأرض الذي يُصنف بالفئة الحارة حوالي (2148.37 كم²)، وبنسبة (23.5%) من المساحة الكلية للمنطقة، وهي تعكس تأثير التغير المناخي على سطح الأرض، فجعل من هذه المناطق الجافة وشبه الجافة خاليةً من لالغطاء النباتي وتشهد التصحر، متمثلةً بالجانِب الجنوبي والجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة، حيث يبين مؤشر LST العلاقة العكسية بين حرارة سطح الأرض والغطاء النباتي.

الخريطة (10) توزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر درجة حرارة سطح الأرض LST على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من

محافظة واسط لسنة 2025



المصدر: اعتماداً على المرئية الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي (Landsat OLI 8)، للحزم الطيفية (10) باستخدام مؤشر درجة حرارة سطح الأرض LST، وبرنامج (Arc GIS 10.8)، بتاريخ (25 /3 /2025).

الجدول (12) توزيع الغطاء النباتي وفقاً لتطبيق مؤشر درجة حرارة سطح الأرض LST على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط لسنة 2025

مؤشر LST لسنة 2025

التصنيف	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
بارد	4479.61	48.9
معتدل	2529.38	27.6
حار	2148.37	23.5
المجموع	9157.36	100.0

المصدر: اعتماداً على الخريطة (9).

النتائج:

أظهرت نتائج التحليل المكاني والزمني لمؤشرات المناخ والغطاء النباتي والحرارة المشتقة من بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية التي تم اعتمادها في دراستنا وتطبيقها على الجزء الشمالي والشمالي الشرقي من محافظة واسط خلال المدة (2005-2025)، لرصد أثر التغير المناخي، ان هناك تأثير واضح للتغيرات المناخية على الغطاء النباتي والظروف الحرارية، حيث أظهرت الدراسة تذبذباً ملحوظاً في الظروف المناخية انعكس بصورة مباشرة على الغطاء الأرضي، وذلك من خلال تطبيق مؤشر الجفاف القياسي SPI على المستوى المكاني والزمني، أن الجفاف يمثل ظاهرة متكررة ويظهر توزيعها بشكل غير متجانس في منطقة الدراسة، حيث ظهرت مساحات الجفاف المعتدل إلى المتوسط على مناطق واسعة، في حين اقتصرت المساحات الرطبة على مواقع محدودة، الأمر الذي أثر على صحة الغطاء النباتي، مما انعكس وبشكل واضح على نتائج مؤشرات الغطاء النباتي (NDVI, SAVI, VCI, VHI)، والتي بينت بدورها تراجعاً واضحاً في الغطاء النباتي ضمن المناطق الجافة، مقابل تحسن نسبي في المناطق الطبيعية والمناطق الرطبة، كما يُلاحظ من خلال البحث ارتفاع مؤشرات الحرارة (LST) في الأجزاء التي تشهد الجفاف، وإن قيم مؤشر الإجهاد الحراري (TCI) كان على أشده في المناطق الجافة، الأمر الذي يدل على الترابط المكاني ما بين الجفاف المناخي الذي تعاني منه المنطقة وبين ضعف الغطاء النباتي وارتفاع الإجهاد الحراري، إذ تُظهر العلاقة العكسية بين مؤشرات الغطاء النباتي ومؤشرات الحرارة أن فقدان الغطاء الخضري يؤدي إلى التسارع في ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، الأمر الذي يعكس ترابطاً وثيقاً بين المناخ والنبات والحرارة.

مناقشة النتائج:

تشير النتائج إلى وجود ارتباط مباشر بين الجفاف وارتفاع درجات الحرارة من جانب، وبين تدهور الغطاء النباتي من جانبٍ آخر، وهو ما يتوافق مع نتائج دراساتٍ كثيرة بحثت مناطق مشابهة مناخياً وجغرافياً، وأكدت أن المناطق الزراعية في البيئات الجافة أكثر حساسية للتغيرات المناخية في ظل محدودية الموارد المائية وغياب الأساليب الزراعية الحديثة، مما يؤكد ضرورة توظيف تقنيات

الاستشعار عن بعد كأداة متابعة مستمرة لقياس أثر التغير المناخي على الغطاء النباتي، وتطوير سياسات زراعية أكثر تكيفاً مع الواقع المناخي الجديد

الاستنتاجات:

1. الجفاف المناخي في منطقة شمال وشرق محافظة واسط ظاهرة متكررة ومتباينة مكانياً.
2. إن تراجع الغطاء النباتي كان أشد في المناطق التي سجلت أعلى قيم للجفاف.
3. ارتفاع حرارة سطح الأرض والإجهاد الحراري ارتبطا بعوامل الجفاف وفقدان الغطاء الخضري.
4. وجود علاقة عكسية واضحة بين مؤشرات النبات ومؤشرات الحرارة.
5. المنطقة تتجه نحو ظروف أكثر إجهاداً مناخياً خلال مدة الدراسة.

التوصيات:

1. تعزيز إدارة الموارد المائية والغطاء النباتي للحد من الإجهاد المناخي.
2. تطوير نماذج تنبؤية تعتمد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لرصد المستقبل المناخي.
3. توسيع نطاق الرصد المناخي الميداني لدعم نتائج التحليل الفضائي.
4. اعتماد سياسات بيئية تدعم استدامة الغطاء النباتي وتقليل مخاطر الجفاف.
5. متابعة الدراسات الطولية لتقييم أثر السيناريوهات المناخية المستقبلية على المنطقة.

المصادر:

1. Amalo, Luisa Febrian & others, (2017), Coparison between remote- sensing based drought Indices in East Java .*center for Environmental Research*.
2. Dong M. X & others (2018), Study on urban fire station planning based on fire risk assessment and GIS technolog, *Procedia Engineering*, 124-130.
3. Hassan, Zainab H. Mohammed & Al-Aarajy, Khalid H. Abbas, (2023), Land Surface Temperature investigation of Babylon city between (2002-2023) using Remote Sensing and GIS Technique, *Journal of Science* No 12, 6686-6693.
4. Huete, A. R. (1988), A soil-adjusted vegetation index (SAVI), (3), 295-309.
5. McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January 17). he Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Atmospheric and Climate Sciences*, 179- 184.
6. الحربي، عمار خالد إبراهيم. (2018). تكامل بين معطيات التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التغير للغطاء النباتي بين موسمين (التون كوبري دراسة حالة)، رسالة ماجستير (غ.م)، جامعة الموصل/ كلية التربية للعلوم الإنسانية.
7. الخالدي، رافد صالح مهدي أ. (2025). تحليل تأثير التغير المناخي على الخصائص الكمية للأمطار والجفاف اليومية في العراق. *مجلة واسط للعلوم الإنسانية*، 193-227، (2)21.
8. الدليمي، أياد عبد الله خلف. (2015). استخدام دليل الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) وبعض المؤشرات النباتية لرصد التصحر والكثبان الرملية في بيبي العراق، *مجلة تكريت للعلوم الصرفة*، (20).

<https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol21.Iss2.895>

9. الربيعي، ميادة طالب كاظم والموسوي، حسين عذاب. (2020). مورفومترية حوضي كلال بدره ونهر الجباب وعلاقتهما بالترسبات المعدنية شرقي محافظة واسط. مجلة كلية التربية جامعة واسط، 389-420، (1)38. <https://doi.org/38.1177.Iss1/eduj.Vol10.31185>
10. حسن، ابتهاج تقي. (2014). استخدام الأدلة (NDWI)، (NDBI)، (NDVI) لكشف التغيرات في غطاء الارض لمناطق مختارة من محافظة النجف للحقبة بين (2001-2006) باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، مجلة الكوفة للفيزياء، (2).
11. جاسم، راضية عبدالله. (2012). تحديد ظاهرة الجفاف في إقليم كردستان العراق، رسالة ماجستير (غ. م)، جامعة صلاح الدين/ كلية التربية للعلوم الإنسانية.
12. <http://www.iranhydrology.net/meteo/meteo.htm>.

مجلة