ISSN: 1812-0512 (Print) 2790-346X (online)

Wasit Journal for Human Sciences

Available online at: https://wjfh.uowasit.edu.iq

OPEN ACCESS

Original article

Assessment of water stress and environmental degradation in Najaf Governorate: A multi-indicator analysis using geospatial techniques

Ammar Yseen Awad AL-Fahdawi

Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Anbar

ABSTRACT

This study investigates the dynamics of water stress and drought phenomena in Najaf Governorate over the period (1990–2025) utilizing spectral indices. The results reveal a significant increase in Land Surface Temperature (LST), which escalated to (23.54–52.37°C) in 2025 compared to (21.32–47.43°C) in 1990. Concurrently, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the dominant category (moderate vegetation) declined substantially from 79.42% to 30.31%. Furthermore, the Vegetation Condition Index (VCI) decreased from 81% to 57%, while the Temperature Condition Index (TCI) values rose from 28.62 to 33.44. The Vegetation Health Index (VHI) exhibited a distinct shift, with extreme drought conditions accounting for 58.19% of the area in 2025. Additionally, the Normalized Difference Water Index (NDWI) outcomes unveil a critical environmental transition, exacerbating ecological stress and widespread drought driven by climate change and surging land surface temperatures. Based on these findings, the study recommends adopting sustainable water resource management strategies, including water governance, implementing smart irrigation techniques, and expanding the cultivation of drought-tolerant crops to mitigate environmental degradation in the study area.

***Correspondence author*:**
ammar_hydro@uoanbar.edu.iq

Received:02 **May** 2026
Accepted: 30 **June** 2026
Published: 25 August 2026

***DOI*:**
https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol22.Iss3/Pt3.1934

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-Fahdawi, A. Y. A. (2026). Assessment of water stress and environmental degradation in Najaf Governorate: A multi-indicator analysis using geospatial techniques. Wasit Journal for Human Sciences, 22(3/Pt3). https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol22.Iss3/Pt3.1934

Keywords: Water stress, agricultural drought, spectral indicators

تقييم الإجهاد المائي والتدهور البيئي في محافظة النجف
تحليل متعدد المؤشرات عبر التقنيات الجيومكانية

م.د.عمار ياسين عواد الفهداوي
جامعة الأنبار- كلية التربية للعلوم الإنسانية- قسم الجغرافية

المُستخلص

يتقصى البحث ديناميكيات الإجهاد المائي وظاهرة الجفاف في محافظة النجف خلال المدة (1990–2025) باستخدام المؤشرات الطيفية. أظهرت درجة حرارة سطح الأرض (LST) ارتفاعًا ملحوظًا، إذ سجلت(23.54–52.37°م) عام2025 مقارنة بـ(21.32–47.43°م) عام 1990، وتراجع مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) للفئة المهيمنة غطاء نباتي متوسط من 79.42% إلى 30.31%. وانخفض مؤشر الغطاء النباتي (VCI) من 81% إلى 57%. أما مؤشر حالة الحرارة للنبات (TCI) فقد ارتفعت القيم من 28.62 إلى 33.44. بينما سجل مؤشر الحالة الصحية للنبات (VHI) انتقالاً واضحًا في الجفاف الشديد جداً بنسبة 58.19% عام 2025. وكشفت نتائج مؤشر (ndwi) عن تحول بيئي خطير وتفاقم الإجهاد البيئي وشيوع الجفاف، نتيجة لتغير المناخ وارتفاع حرارة سطح الأرض. ويوصي البحث باعتماد استراتيجيات مستدامة للموارد المائية، تشمل حوكمة المياه، وتطبيق تقنيات الري الذكي، والتوسع في زراعة محاصيل متحملة للجفاف للحد من التدهور البيئي في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، الجفاف الزراعي، المؤشرات الطيفية

المقدمة:

يُعد العجز المائي والجفاف من أخطر الكوارث الطبيعية التي تؤثر بشكل مباشر في النظم البيئية والاقتصادية، إذ يؤدي إلى تراجع حاد في الانتاج الزراعي وشيوع التصحر وتدهور الغطاء الخضري في البيئات القاحلة وشبه القاحلة، ومع تسارع التغيرات المناخية خلال العقود الأخيرة، ازداد تواتر الجفاف الهيدرولوجي والزراعي وشدته عالميًا، مما جعل رصده وتقييمه ضرورة حيوية لتقدير احتمالية حدوثه واتخاذ التدابير الاستباقية عبر منظومات الإنذار المبكر والرصد المستمر، وفي هذا الصدد، ظهرت تقنيات الاستشعار عن بعد والمؤشرات الطيفية كأدوات عالية الدقة لرصد الجفاف على نطاقات مكانية وزمانية واسعة، من خلال ما توفره بيانات الأقمار الصناعية من معلومات شاملة وبدقة عالية عن سطح الأرض، مما يسهم في تحليل مظاهر الجفاف وتغيراتها بدقة وموثوقية وقد طُورت مجموعة من المؤشرات الطيفية القادرة على توصيف خصائص الجفاف من حيث المدة والشدة والامتداد (Khaled,2023,p.381). ويأتي مؤشر التباين الطبيعي للغطاء النباتي (NDVI) في مقدمة هذه المؤشرات لقدرته على تتبع الحالة الحيوية للنباتات والاستجابة للإجهاد المائي وتزداد دقة تفسير الجفاف عند دمج بيانات الغطاء النباتي مع درجة حرارة سطح الأرض(LST) ، إذ يوفر هذا الدمج فهما أعمق للعلاقة بين الإجهاد الحراري والنشاط النباتي، خاصة في البيئات القاحلة وشبه القاحلة المماثلة لمنطقة الدراسة وعلاوة على ذلك، ثبت أن مؤشر صحة النبات Vegetation Health Index) (VHI – فعاليته في الكشف عن حالات الجفاف الزراعي، نظرا لاعتماده على دمج مؤشر حالة الغطاء النباتي (VCI) ومؤشر

الحالة الحرارية للنبات(TCI) ، كما تم حساب مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء المائي (ndwi) لبيان الوضع اليدرولوجي وهذا يتيح تقييما أكثر تكاملاً لاستجابة النباتات للضغوط البيئية.

استند البحث إلى تحليل سلاسل زمنية لمرئيات لاندسات للفترة (1990–2025) بغية تقييم مؤشرات الجفاف في محافظة النجف، المصححة جويًا من المستوى الثاني ضمن سياسة البيانات المفتوحة، وتمتاز بدقة مكانية تبلغ 30 مترًا وفارق زمني بمقدار 16 يوما، ما يتيح احتساب مؤشرات (VHI, TCI, NDVI, LST) ورصد التوزيع المكاني للجفاف الهيدرولوجي والزراعي بكفاءة عالية. وتتجلى الاهمية الاستراتيجية للتقنيات الجيومكانية والمؤشرات الطيفية بقدرتها الفائقة على رصد وتحليل الاجهاد المائي والجفاف ضمن محافظة النجف، سيما مع الحساسية المفرطة التي يبديها غطاؤها النباتي تجاه التغيرات المناخية. تسهم هذه الامكانيات في تدعيم القدرة على التنبؤ وتشخيص بؤر الخطر والتدهور البيئي وقاعدة علمية تعزز صنع القرار ودعم خطط الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية.

مشكلة البحث:

تتمثل المشكلة في غياب النمذجة المكانية للعلاقة بين الاجهاد المائي والاستجابة الطيفية لحرارة سطح الأرض والغطاء الخضري في محافظة النجف، وهو ما يؤدي إلى ضعف الإدارة المستدامة لموارد المياه، ويحيل التدهور البيئي إلى أمر واقع يتجاوز قدرات الرصد التقليدية.

أهداف البحث

يهدف البحث إلى تحديد النطاقات الجغرافية الاكثر عرضة للجفاف والتدهور وتحليل الاسباب وتقديم رؤية حديثة وشاملة تدعم استراتيجيات الادارة المستدامة لموارد المياه السطحية ومواجهة مخاطر الجفاف والتصحر في المنطقة.

فرضية البحث

تشير الفرضية لوجود علاقات مكانية بين زيادة الإجهاد المائي وانخفاض الكفاءة الحيوية للغطاء الخضري في محافظة النجف، ويؤدي التكامل بين التقنيات الجيومكانية والمؤشرات الطيفية دورًا فاعلاً في الكشف عن المناطق الهشة بيئيا وتعزيز مرونة النظام البيئي وتحقيق الاستدامة البيئية.

مبررات البحث

1. ظهور مشكلة الاجهاد المائي كمتلازمة للجفاف الزراعي، إذ أن تناقص المحتوى الرطوبي تسبب بحدوث لجفاف الفسيولوجي للنبات، مما تطلب تدخلا بحثيا لتحديد بؤر الخطر وتحييد حجم المشكلة.
2. الحاجة الملحة لفهم ديناميكية الجفاف في محافظة النجف وما تعانيه من تغيرات متسارعة من خلال استخدام مؤشرات مكانية– زمانية عالية الدقة، بما يعزز الفهم العلمي لآليات تطور الجفاف وشدته وتأثيره على صحة الغطاء النباتي.
3. وجود فجوة علمية الخرائط التحليلية والنمذجة المكانية التي توضح العلاقة بين المؤشرات الطيفية والواقع البيئي، مما يتيح الفرصة البحثية لبناء قاعدة بيانات رقمية موثوقة تدعم الجهات المختصة على اتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة لإدارة الموارد الطبيعية والتخطيط البيئي المستدام.

4. إظهار الدور الحيوي لتقنيات الاستشعار عن بعد والمؤشرات الطيفية في رصد الظواهر البيئية وتعزيز برامج الإنذار المبكر بما يسهم في التخفيف من آثار الجفاف وتأهيل الغطاء النباتي في محافظة النجف.

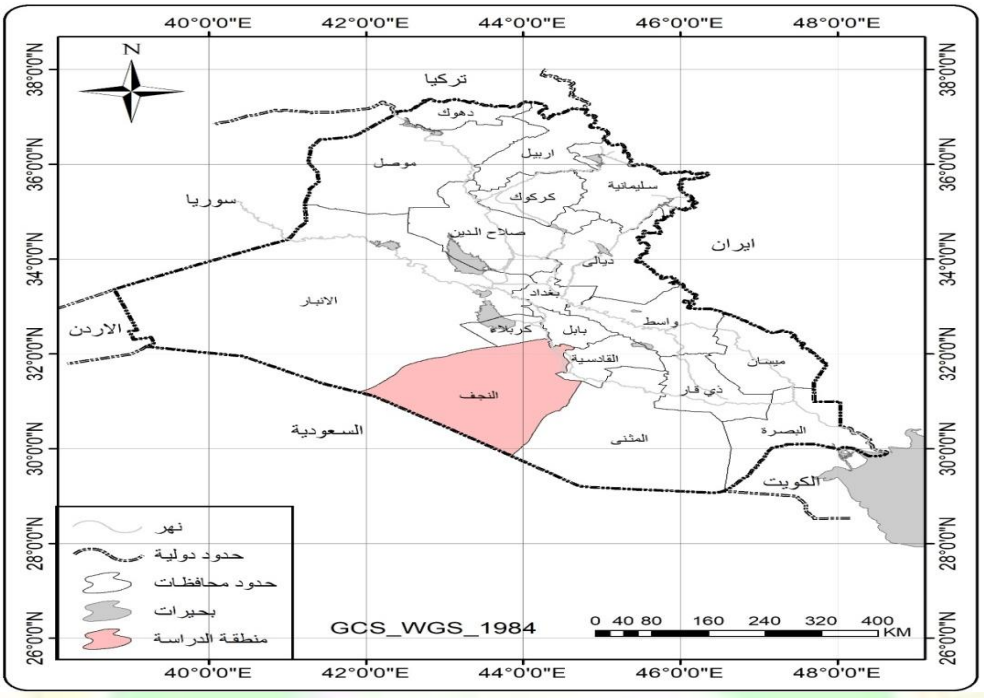
منطقة البحث

تقع منطقة الدراسة في القسم الجنوبي الغربي من جمهورية العراق، وتكتسب أهمية استراتيجية لكونها تمثل جزءا من الحدود الدولية الغربية مع المملكة العربية السعودية. يحدها من الشرق محافظتا القادسية وبابل، ومن الشمال محافظتا الأنبار وكربلاء، بينما تحدها محافظة المثنى من الجنوب، مما يجعلها حلقة وصل جغرافية مهمة. تمتد منطقة الدراسة فلكيا بين دائرتي عرض (29°87') و(32°34') شمالا وخطي طول (41°92') و(44°73') شرقا وهي بهذا الامتداد تشكل مساحة تبلغ (28532 ك م2)، وهي مساحة واسعة تقع ضمن البيئة القاحلة من العراق. خريطة (1). يتصف سطح المنطقة بالانبساط النسبي مع تموجات خفيفة، وتنتشر فيها بعض الاشكال الارضية مثل الكثبان الرملية والسبخات والتلال المعزولة، وتضم المنطقة عددا من الأودية الجافة الموسمية التي تنشط خلال فترات الهطول المطري، ومن أبرزها وادي الخير وأبو صخير وثميل، تؤدي هذه الأودية دورا مهما في تصريف مياه الأمطار وتغذية المياه الجوفية، إلا أنها تعكس في الوقت ذاته التذبذب المناخي وشدة الجفاف السائد على المنطقة (الخالدي،2025، ص.194).

يساعد وضع المنطقة الطبوغرافي على تسريع الجريان السطحي خلال فترات العواصف المطرية مما يتسبب بزيادة معدلات التعرية والانجراف. خريطة (2). تتصف المنطقة بقلة الأمطار وعدم انتظامها، إذ تتركز خلال فصل الشتاء وبمعدلات سنوية منخفضة سيما في السنوات الاخيرة، إضافة إلى ارتفاع معدلات التبخر نتيجة شدة الإشعاع الشمسي وطول ساعات النهار الأمر الذي يسهم في تفاقم ظاهرة الجفاف الزراعي وهي سمة عامة للهضبة الغربية، ومحافظة النجف جزءٍ منها.

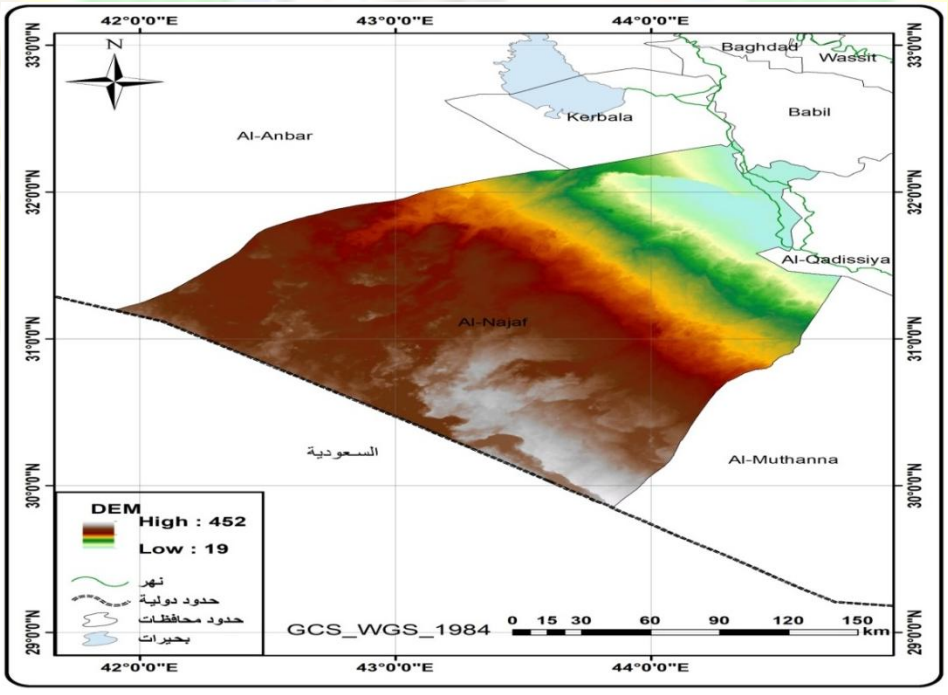
تسود في منطقة الدراسة الترب الصحراوية الجافة ذات الخصوبة المنخفضة والمحتوى المحدود من المادة العضوية فضلا عن ارتفاع نسبة الاملاح في بعض المواقع. وتنتشر الترب الرملية الخفيفة ذات النفاذية العالية، إلى جانب الترب الجبسية في أجزاء من الهضبة الغربية، بينما تتركز الترب الطمية في بطون الأودية والمنخفضات، وهي الأكثر ملاءمة للنشاط الزراعي عند توفر مصادر مياه الري. أما النشاط الاقتصادي السائد في منطقة الدراسة فهو الزراعة والرعي، إذ تمثل الزراعة موردا مهما لسكان المنطقة وتعتمد الزراعة أساساً على الري باستخدام مياه نهر الفرات والمياه الجوفية. كما يعد الرعي نشاطًا تقليديًا شائعًا نظراً لاتساع المساحات الصحراوية، إلا أنه يتأثر بشكل مباشر بموجات الجفاف وتدهور الغطاء النباتي.

خريطة (1) موقع منطقة البحث من العراق



المصدر: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، مديرية المساحة العامة، خريطة العراق الإدارية، مقياس (1: 1000000)، لسنة 2012.

خريطة (2) نمذجة نطاقات الارتفاع لمنطقة البحث



المصدر: نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) باستخدام برنامج (Arc map 10.8)

المنهجية

اعتمد البحث المنهج الوصفي – التحليلي في تفسير التغيرات الزمنية للجفاف ومدى تأثيرها على الإنتاج الزراعي خلال مدة الدراسة من (1990–2025)، وذلك بالاستناد إلى المرئيات الفضائية لبرنامج لاندسات Landsat TM5 و Landsat 8، التي تم تحميلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) وعمل موزائيك لدمج منطقة الدراسة في مرئية واحدة بالاعتماد على برنامج ARC MAP بمستوى المعالجة الثاني (Leve2-2) والمصححة جغرافيا وفق نظام الإحداثيات العالمي (UTM) والمرجع الجيوديسي (WGS 1984) وقد خضعت هذه المرئيات لجملة من عمليات المعالجة الأولية، شملت التصحيح الإشعاعي باستخدام برنامج(Arc map 10.8) من خلال تحويل القيم الرقمية (DN) إلى قيم إشعاعية (Radiance) ، بما يعزز دقة التحليل الطيفي وموثوقية النتائج. كما استخدمت البيانات الحرارية متعددة الأطياف المستمدة من مرئيات لاندسات 5 و8، بعد معالجتها من تأثيرات الغلاف الجوي، في اشتقاق مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) وبيانات درجة حرارة سطح الأرض (LST) التي تم احتسابها وفق خوارزمية القناة الواحدة المعتمدة من (USGS) ويمتاز مؤشري(LST، NDVI) بقدرتهما على تفسير التباينات البيئية ورصد الظروف الجافة، إذ استخدم مؤشر (NDVI) في تقييم صحة النبات وتوزيعه، بينما استخدم (LST) في تقدير الإجهاد الحراري للنبات. ومن خلال هذين المؤشرين، جرى حساب مؤشر رطوبة النبات (VCI) ومؤشر الحالة الحرارية للنبات(TCI)، وحساب مؤشر صحة النبات (VHI) بوصفه مؤشرا مركبا للجفاف النباتي يعكس الحالة العامة للنبات ومستوى الإجهاد الذي يتعرض له، وكذلك تحليل مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء المائي(ndwi) لبيان حالة التغطية المائية، وهذا يسهم في رصد شدة الاجهاد المائي والجفاف الزراعي على مدار السنة. بهدف تمكين التحليل الطيفي الدقيق وتحسين موثوقية النتائج. وفق الخطوات الاتية:

1 تطبيق المعادلات الخاصة بالقمر الصناعي لاندسات 8: تم الاعتماد على مرئيات القمر الصناعي ل اندسات8 اذ تم استخدام الباند الحراري العاشر لبيان مقدار الاشعاع المنبعث من سطح الأرض تم تحويل القيم الرقمية (DN)الى قيم اشعاع طيفي وفقا للعرود والطبيري (2023، ص237) يمكن استخراج قيمة (LA) بتطبيق المعادلة الاتية:

$$LA = ML * Qcal + AL$$

اذ ان:

LA = المعالجة اعلى الغلاف الجوي للإشعاع الطيفي ($m^2 * sr * \mu m$)

ML = معامل تعيير خاص بكل حزمة

Qcal = القيمة الرقمية للبكسل

AL = معامل تصحيح يتم الحصول عليه من ملف البيانات الوصفية المرفق بالمرئية

1.1 تحويل الاشعاع الطيفي الى درجة حرارة عند القمر الصناعي(BT): يمكن استخراج قيمة (BT) بحسب Mustafa واخرين (2020.p.4) من خلال المعادلة ادناه:

$$BT = \frac{K2}{LN} \times \frac{K1}{LA} + 1$$

اذ ان:

BT = درجة الحرار عند القمر الصناعي

k1 = ثابت معامل تحويل (رقم النطاق الحراري) يتم الحصول عليه من جدول البيانات الوصفية المرفقة للمرئية

K2 = ثابت معامل تحويل (رقم النطاق الحراري) يتم الحصول عليه من جدول البيانات الوصفية المرفقة للمرئية

a log = LN اللوغاريتم الطبيعي

LA = الاشعاع الطيفي عند فتحة المتحسس

لتحويل القيم الحرارية المطلقة الى درجة مئوية نستخدم العلاقة الاتية:

C =273.15

2.1 حساب مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي للنبات (NDVI): وفقا لعصمان (2024، ص.380) يتم حساب هذا المؤشر بتطبيق المعادلة الاتية:

$$\mathbf{NDVI} = \frac{\mathbf{NIR} - \mathbf{RED}}{\mathbf{NIR} + \mathbf{RED}}$$

اذ ان:

NDVI = قيمة مؤشر الغطاء النباتي

NIr = الاشعة تحت الحمراء(B5)

Red = الاشعة الحمراء(B4)

3.1 حساب نسبة النباتات(PV): يتم حساب قيمة (PV) وفقا Ullahواخرين (2023, P.5) من خلال العلاقة الرياضية ادناه:

$$Pv = square \frac{NDVI - NDVI\ min}{NDVI\ max - NDVI\ min}$$

اذ ان:

PV = نسبة الغطاء النباتي

$(NDVI_{max} – NDVI_{min})$ = القيم الدنيا والعليا للصورة

4.1 **حساب درجة حرارة سطح الأرض(LST):** يتم حساب قيمة (LST) كما اوضح القيسي واخرين (2024، ص.379) بتطبيق

المعادلة الاتية:

$$LST = \frac{TB}{1 + \lambda \times TB \div \rho} \times ln(\varepsilon)$$

اذ ان:

LST = درجة حرارة سطح الأرض

TB= درجة الحرارة عند القمر الاصطناعي

LA = الاشعاع الطيفي (m^2*sr*µm)

P= قيمة ثابتة(14380)

E = معامل تصحيح الانبعاث وهي قيمة ثابتة 0.004*PV+0.986

LN= alog اللوغاريتم الطبيعي

جميع الخطوات السابقة تم تطبيقها على مرئيات القمر الصناعي لاندسات 8 باستخدام نطاق الاشعة التحت الحمراء، B10/TIR والباند (5,4) الاستخراج قيم مؤشر الغطاء النباتي وكانت النتيجة النهائية استخلاص درجات حرارة سطح الارض.

2 تطبيق المعادلات للقمر الصناعي لاندسات 5:

تم الاعتماد على مرئيات القمر الصناعي ل اندسات5 ولتحويل قيم البكسل الى اشعاع (وهي قيم ثابتة بالنسبة للقمر الصناعي لاندسات 5 والتي يتم الحصول عليها من الملف المرفق للمرئية) وكما اوضح Oroud (2019, p.3) يمكن حساب قيمة (TOAR) من المعادلة ادناه:

$$\mathbf{TOAR} = \frac{L\,max - L\,min}{CAL\,max - CAL\,min} \times (B6 - CAL\,MIN) + L\,MIN$$

اذ ان:

L_{MAX}=القيم القصوى للإشعاع للنطاق الحراري السادس وتبلغ (15,303)

L_{MIN}= القيم الدنيا للإشعاع للنطاق الحراري السادس وتبلغ (1.238)

CAL_{MAX} = اعلى قيمة ممكن ان يأخذها البكسل وتبلغ (255)

CAL_{MIN}= اقل قيمة ممكن ان يأخذها البكسل وتبلغ (1)

1.2 ايجاد درجة الحرارة بالكلفن: هذا المؤشر يتم حسابه كما اشار Duan (2019, p.6) بتطبيق المعادلة:

$$BT = \frac{K2}{LN} \times (K1/TOAR + 1)$$

اذ ان:

BT = درجة الحرارة بالكلفن

K1= قيمة ثابتة ويتم الحصول عليها من ملف البيانات المرفق للمرئية ويبلغ (607.67)

K2= قيمة ثابتة ويتم الحصول عليها من ملف البيانات المرفق للمرئية ويبلغ (1260.56)

LN = alog اللوغاريتم الطبيعي

تم الاعتماد على صور الأقمار الصناعية من نوع لاندسات (Landsat)، ذات الدقة المكانية البالغة 30 مترا، وذلك نظرا لتوفرها المجاني وسلسلة تسجيلها الزمنية الطويلة والمستمرة، والتي تمتد لعقود. وتعد هذه الخصائص من العوامل الأساسية التي تجعل بيانات لاندسات أكثر ملاءمة لتحقيق أهداف البحث، مقارنةً بالبيانات الفضائية ذات الدقة العالية، التي غالبًا ما تكون محدودة من حيث التغطية المكانية ومقيدة بتكاليف مالية مرتفعة، مما قد يحد من استخدامها في الدراسات طويلة المدى أو على نطاقات جغرافية واسعة.

2.2 مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي للنبات (NDVI): (Normalized Difference Vegetation Index)

يعد مؤشر الاختلاف المعياري للنباتات (NDVI) من أكثر المؤشرات شيوعاً ودقة في تقييم صحة وكثافة الغطاء النباتي بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد (الربيعي،2026، ص.370). يحسب هذا المؤشر من خلال القيم الطيفية المنعكسة في نطاقين محددين من الطيف الكهرومغناطيسي، هما: النطاق الأحمر(Red) ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (Near–Infrared)، حيث تظهر النباتات السليمة انعكاساً مرتفعاً في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة وامتصاصاً عالياً في النطاق الأحمر. تتراوح قيم مؤشر NDVI بين −1 و+1، إذ تشير القيم التي تتراوح بين (0 ، −1) إلى أسطح غير نباتية مثل المياه، التربة العارية، أو المناطق العمرانية. في المقابل، القيم التي تتراوح بين (0، +1) فتمثل وجود غطاء نباتي بدرجات متفاوتة تبعاً لمستوى النمو والحيوية. وتختلف قيم NDVI من منطقة إلى أخرى تبعاً لعوامل متعددة، منها انعكاس التربة، وتأثير الغلاف الجوي، إضافةً إلى الخصائص الفيزيائية والبنيوية لخلايا النبات، والتي تسهم مجتمعة في تحديد القيم النهائية للمؤشر بدقة عالية.

3.2 مؤشر حالة الغطاء النباتي (VCI) (Vegetation Condition Index): يستخدم هذا المؤشر يستخدم في تقييم وضع الغطاء النباتي ورصد مستويات الإجهاد التي يتعرض لها نتيجة الظروف المناخية الجافة. ويعتمد هذا المؤشر على قيم مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي**(NDVI)**، التي توفر تقديرا أوليا لشدة الجفاف. غير أن هذه القيم تبقى غير كافية عند استخدامها بشكل منفرد، كما أشير اليه سابقا. ويعبر ارتفاع قيمة مؤشر VCI عن تحسن حالة الغطاء النباتي وانخفاض احتمالية تعرض المنطقة للجفاف، في حين تشير القيم المنخفضة إلى زيادة مستويات الإجهاد النباتي وارتفاع خطر الجفاف. وبحسب Serban و Maftei (2025, p.7) يمكن تطبيق المعادلة ادناه لاستخراج قيم المؤشر:

$$\mathbf{VCI} = \frac{\boldsymbol{NDVI - NDVImin}}{\mathbf{NDVImax - NDVImin}} \times \mathbf{100}$$

اذ ان:

$NDVI_{min}$ و$NDVI_{max}$ = قيم NDVI الدنيا والقصوى على التوالي.

لم يكن الاعتماد على VCI وحده كافيا لوصف تحليل الجفاف بدقة، ولغرض الحصول على نتائج دقيقة تم تطوير TCI

لتقدير استجابة النباتات لدرجات الحرارة في الموقع كمعلومات إضافية.

4.2 مؤشر حالة الحرارة (TCI) (Temperature Condition Index): هو أحد المؤشرات البيئية المستمدة من بيانات الاستشعار عن بعد، ويستخدم لتقييم الإجهاد الحراري الذي تتعرض له النباتات، وبالتالي فهو مؤشر مهم في دراسة الجفاف الزراعي وتدهور الغطاء النباتي. اذ يقيس ال مؤشر TCIمدى تأثر الغطاء النباتي بدرجات الحرارة من خلال مقارنة درجة الحرارة السطحية الحالية بقيمها القصوى والدنيا التاريخية في المنطقة نفسها. عندما ترتفع درجات الحرارة لتصل إلى حدودها العليا، يرتفع الإجهاد الحراري على النباتات وتكون قيمة TCI منخفضة. وبحسب Bento (2018, p4) يمكن يتم الحصول على قيمة المؤشر بتطبيق المعادلة الاتية:

$$\mathbf{TCI} = \frac{\mathbf{LSTmax} - \mathbf{LST}}{\mathbf{LSTmax} + \mathbf{LSTmin}} \times \mathbf{100}$$

اذ ان

LST = درجة حرارة سطح الأرض

LSTmin و LSTmax = القيم الدنيا والقصوى لحرارة سطح الارض.

5.2 مؤشر الحالة الصحية للنبات(VHI) (Vegetation Health Index): هو مؤشر مركب يستخدم على نطاق واسع في دراسات الجفاف الزراعي، لأنه يجمع بين حالتين رئيسيتين تؤثران في الغطاء النباتية مثل الحالة النباتية (VCI) والحالة الحرارية،(TCI) وبذلك يعطي VHI صورة شاملة عن الإجهاد النباتي الناتج عن شدة الجفاف. كلما انخفضت قيمة VHI دل ذلك على وجود إجهاد نباتي وزيادة احتمالية الجفاف والعكس صحيح جدول (1). بحسب Zeng (2022, P4) يمكن استخراج قيمة VHI من خلال المعادلة ادناه:

$$\mathbf{VHI} = \mathbf{0.5} * \mathbf{VCI} + \mathbf{0.5} * \mathbf{TCI}$$

جدول (1) فئات ودرجات شدة الجفاف البيئي بناء على مؤشرات (VHI ,TCI,VCI) وفقا لمعيار (Kogan 2001)

فئات الجفاف	اصناف الجفاف
<10	شديد جدا
10-20	شديد
20-30	متوسط
30-40	خفيف
>40	لا يوجد جفاف

Source:Kogan FN.(2001). Operational space technology for global vegetation assessment.Bulletin of the American Meterological Society;82(9):1949-64

6.2 مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء المائي (ndwi)

هو أحد ادوات الاستشعار عن بعد المهمة لرصد وتتبع حالة الغطاء المائي بدقة، وتكمن اهميته في قدرته العالية لكشف وتحليل الجفاف الهيدرولوجي (Oishe et al.,2023, p.412) ودعم الإدارة الحكيمة لموارد المياه والتخطيط المستدام وبذلك يوفر إداة مهمة لمراقبة النظم البيئية بالتكامل مع باقي المؤشرات. تتراوح قيم **(ndwi)** بين −1 و+1، ولكل نطاق رقمي دلالة بيئية محددة. فالقيم المنخفضة (0، −1) يستدل منها أن القريب للصفر هي أسطح غير مائية مثل التربة والسطوح العارية، أو المناطق الحضرية والقيم السالبة القوية هي غطاء نباتي كثيف.

اما قيم **(ndwi)** التي تتراوح بين (0،+1) يستدل منها على وجود مياه مفتوحة مثل البحيرات والانهار وكلما اقتربت من (+1) دل ذلك نقاء وعمق المسطح المائي. جدول (2). وفقا لÖzelkan (2020, p.1762) يمكن حساب قيمة (ndwi) باستخدام المعادلة الاتية:

$$\mathrm{NDWI} = \frac{\mathrm{Green} - \mathrm{NIR}}{\mathrm{Green} + \mathrm{NIR}}$$

جدول (2) فئات ودرجات شدة الجفاف البيئي بناء على مؤشر (ndwi) وفقا لمعيار(McFeeters1996)

فئات الجفاف	التصنيف
0.2 إلى 1.0	مياه سطحية واضحة ومفتوحة (أنهار، بحيرات)
0.0 إلى 0.2	رطوبة حرجة (تربة رطبة جداً، مستنقعات، أو مياه ضحلة ممزوجة بنباتات)
−0.3 إلى 0.0	تربة جافة، أسطح خرسانية ومناطق مدنية
−1.0 إلى −0.3	غطاء نباتي كثيف وصحي (خالٍ من المياه السطحية)

Source: McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International journal of remote sensing, 17(7), 1425-1432.

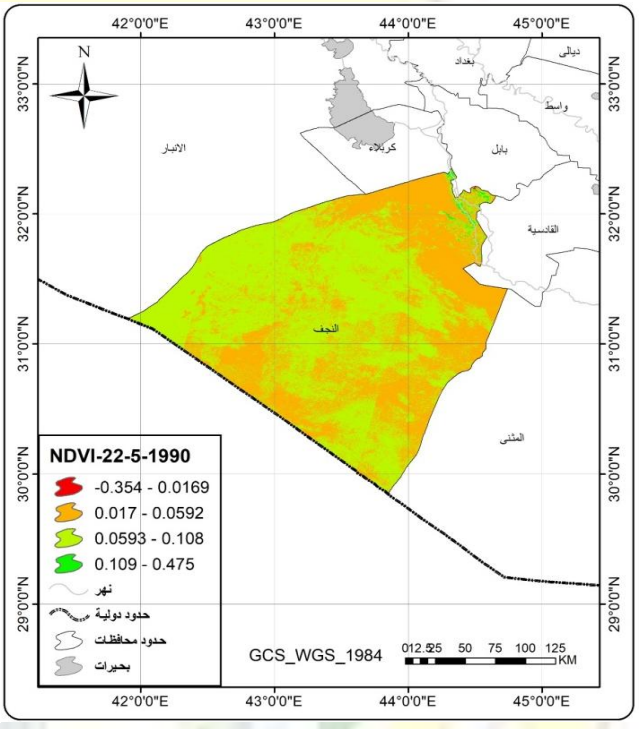
المناقشة:

1 مؤشر الاختلاف المعياري للغطاء النباتي (NDVI) لعامي 1990 و2025:

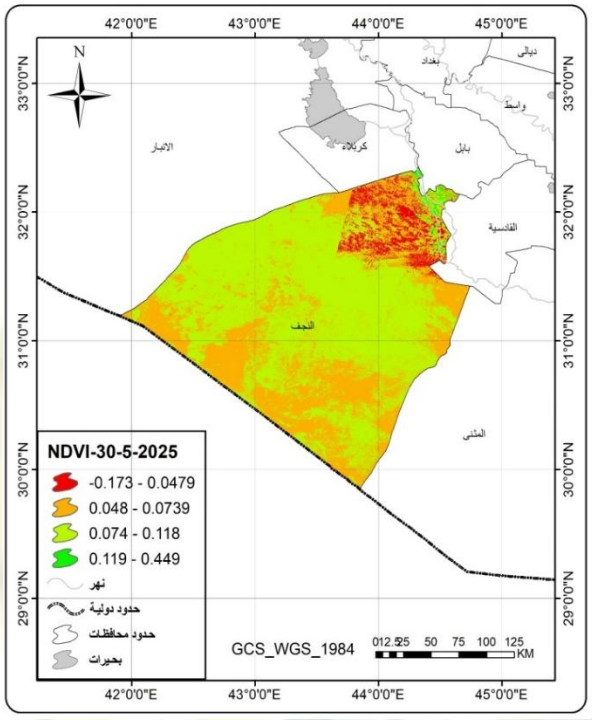
يظهر من تحليل خريطة (3,2) والجداول (3،4) وجود تراجع واضح في كفاءة وحيوية الغطاء النباتي في منطقة الدراسة خلال الفترة الممتدة بين عامي 1990 و2025. فقد عكست بيانات عام 1990هيمنة الفئة غطاء نبات متوسط، إذ بلغت نسبتها 79.42% بمساحة تبلغ 22660.7 كم²، وهو ما يشير إلى استقرار الظروف المناخية واستقرار المحتوى الرطوبي للتربة. في حين سجلت الفئة غطاء نباتي كثيف أدنى نسبة بلغت 0.041 % بمساحة لا تتجاوز 11.9 كم². الا أن المشهد البيئي شهد تحولا واضحًا بحلول عام 2025، فقد استحوذت فئة غطاء نباتي ضعيف على النسبة الاكبر بواقع 64.52% وبمساحة بلغت 18411.2 كم². وعند المقارنة بين فئة غطاء نباتي متوسط، نجد تراجعا ملحوظا في عام 2025 بفارق 14010 ك م2 مقارنة بعام 1990، وهذا يعكس ضغوطًا بيئية تنامت خلال العقود الأخيرة مثل انخفاض التساقط المطري وتزايد درجات الحرارة وتوسع نطاق المناطق المتدهورة أو شديدة الإجهاد النباتي مقارنة بالسابق.

من خلال الربط بين هذه النتائج يتبين أن اتجاه التغير العام يميل نحو تراجع الغطاء النباتي عالي الكثافة واتساع الفئات المتدنية، وهو يمثل البصمة الرقمية للإجهاد المائي، هذا التدهور ليس مجرد تراجع في مساحات الغطاء الخضري بل هو نتيجة حتمية لاختلال الميزان المائي ونقص المحتوى الرطوبي للتربة وهذا ما اجبر النباتات على استهلاك مخزونها الحيوي ومن ثم انكماش مساحاته، الامر الذي يتطلب تدخلا في إدارة الموارد المائية وتطوير ممارسات زراعية مستدامة لتعزيز مرونة النظم البيئية في المنطقة.

خريطة (2) مؤشر (NDVI) لعام 1990



خريطة (3) مؤشر (NDVI) لعام 2025



مصدر الخرائط: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8 وبرنامج Arc Map 10.8.

جدول (3) المساحات والنسب التي يغطيها مؤشر الغطاء النباتي NDVI لسنة 1990

المصدر: بالاعتماد على نتائج خريطة (2) وبرنامج Arc map 10.8

الفئات	تصنيف الفئات	المساحة (كم^2)	النسبة (%)
-0.173–0.0479	سطح عار	201.57	0.706
0.048–0.0739	غطاء نباتي ضعيف	18411.2	64.52
0.074–0.118	غطاء نباتي متوسط	8650.61	30.31
0.119–0.449	غطاء نباتي كثيف	1268.62	4.44
المجموع		28532	100

جدول (4) المساحات والنسب التي يغطيها مؤشر الغطاء النباتي NDVI لسنة 2025

المصدر: بالاعتماد على نتائج خريطة (3) وبرنامج Arc map 10.8

2 درجة حرارة سطح الأرض (LST) لعامي 1990 و2025:

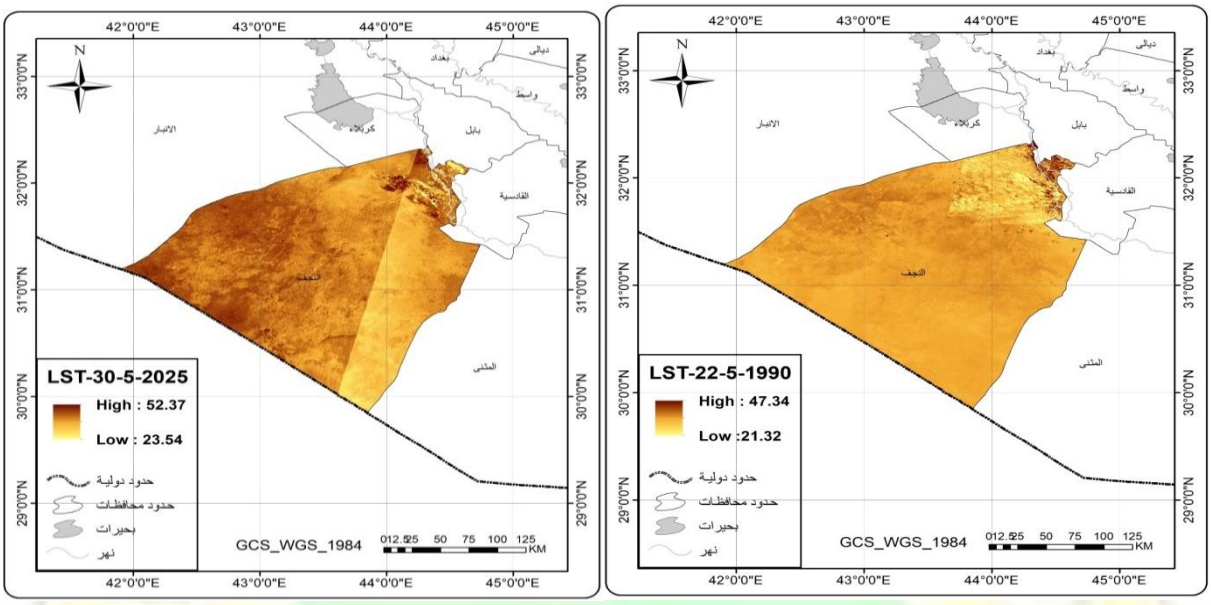
تم حساب درجات حرارة سطح الأرض اعتمادا على مرئيات لاندسات المتاحة خلال فترة الدراسة، وذلك بهدف تحقيق محاكاة أكثر دقة للواقع الحراري الذي ترصده الأقمار الصناعية، ويعد هذا النهج من الأساليب المهمة في الدراسات المناخية، لقدرته على تتبع التغيرات الحرارية عبر الزمن وفهم انعكاساتها على الظروف البيئية والموارد الطبيعية. تظهر النتائج ارتفاعا واضحا في درجات الحرارة خلال عام 2025 مقارنة بعام 1990، وهو اتجاه ينسجم مع التغيرات المناخية العالمية المرتبطة بزيادة تركيزات غازات الدفيئة والنمو المتسارع في الأنشطة البشرية التي تسهم في تعزيز ظاهرة الاحتباس الحراري(العتابي،2025،ص.383). هذا الارتفاع الحراري يسهم بوضوح في توسع المناطق المعرضة للجفاف من خلال زيادة معدلات التبخر وتراجع رطوبة التربة، فضلا عن انخفاض كفاءة الغطاء النباتي في مقاومة الإجهاد البيئي وهو حالة عامة يمر فيها العراق بارتفاع الحرارة بمقدار (0.28– 0.48) درجة مئوية/عقد (Al–Timimi et al., 2024,p.744)

سجل عام 1990 أعلى درجة حرارة بلغت 47.43 م°، في حين بلغت أدنى درجة حرارة 21.32°م. أما في عام 2025،

الفئات	تصنيف الفئات	المساحة (كم2)	النسبة (%)
-0.354–0.0169	سطح عار	164.3	0.57
0.017–0.0592	غطاء نباتي ضعيف	5695.2	19.96
0.0593–0.108	غطاء نباتي متوسط	22660.7	79.42
0.109–0.475	غطاء نباتي كثيف	11.9	0.041
المجموع		28532	100

فقد شهدت درجات الحرارة ارتفاعا واضحا اذ سجلت أعلى درجة بواقع 52.37°م، وأدنى درجة حرارة بواقع 23.54°م وهو دليل فيزيائي واضح على نقص رطوبة التربة والاجهاد المائي لان الارض الرطبة لا تبلغ المقادير الحرارية المذكورة، خريطة (4،5). كما يتضح من تحليل الخرائط للأعوام المذكورة ان اقل درجات الحرارة سجلت بالقرب من مجرى نهر الفرات عند الحدود الشرقية نتيجة لتوفر رطوبة عالية وزراعة كثيفة مستفيدة من مياه النهر، وتزداد الحرارة بشكل تدريجي بالاتجاه غربا بعيدا عن تأثير النهر كنتيجة حتمية للجفاف الهيدرولوجي. تشير هذه الفوارق السنوية في درجات الحرارة الى تزايد التطرف المناخي في المنطقة خلال العقود الأخيرة وتكشف شدة تحول المنطقة البيئي نحو نظام حراري أكثر سخونة وجفاف بمقدار (0.21–0.42) درجة مئوية/عقد(Ramal,et al.,2024,p.16)، الأمر الذي يعزز الحاجة إلى اعتماد استراتيجيات فعالة لإدارة التربة والموارد المائية والتكيف مع المخاطر المناخية المتنامية.

خريطة (4) (LST) (م°) لعام 1990 خريطة (5) (LST) (م°) لعام 2025



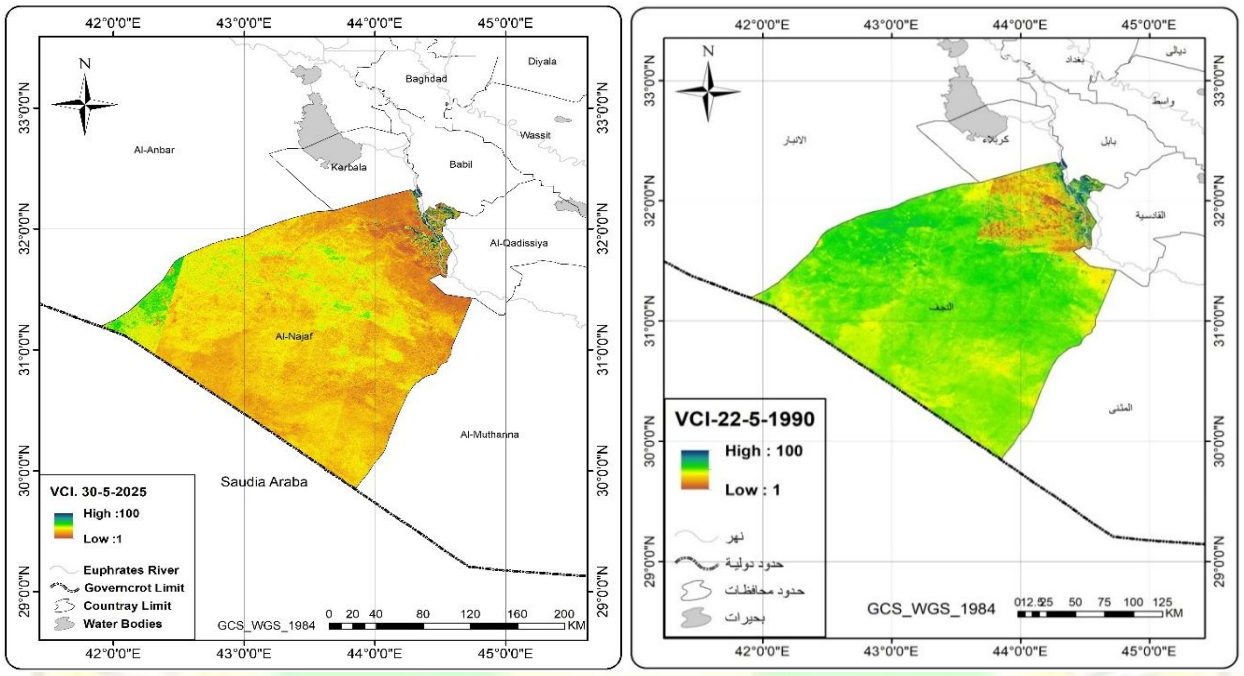
مصدر الخرائط: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8وبرنامج Arc Map 10.8.

3 مؤشر حالة الغطاء النباتي VCI لعامي 1990 و2025:

يشكل مؤشر حالة الغطاء النباتي (VCI) أداة رئيسية لتقييم الإجهاد ورصد شدة الجفاف، اذ يعتمد على قيمNDVI لقياس انحراف حالة النبات الحالية عن أدنى وأعلى قيم سجلت للغطاء النباتي في المنطقة خلال فترة الدراسة. وبحسب النتائج الموضحة في خريطة (6،7) وجدول (5) سجل عام 1990 مساحة بلغت (23168.09 كم^2) بنسبة مئوية (81%) من مساحة المنطقة الكلية البالغة (28532 كم^2) ويظهر من التحليل المكاني لتوزيع قيم المؤشر ان الاجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية تشير الى تحسن قيم المؤشر كون هذه المناطق تتصف بارتفاع المحتوى الرطوبي الذي وتحسن نمو النبات، في حين تبدأ القيم بالتدهور صوب الاجزاء الغربية للمنطقة.

سجل عام 2025 مساحة بلغت (16326.69 كم^2) ونسبة (57%)، مما يشير الى تراجع المؤشر بواقع (6841.4 كم^2) وهو دلالة واضحة الى ان السعة المائية في المنطقة فقدت قدرتها على دعم نمو النبات كما كانت في عقد التسعينات وظهور بوادر العجز المائي الذي تسبب بتدهور النظام البيئي في محافظة النجف.

خريطة (6) مؤشر حالة الغطاء النباتي VCI لعام 1990 خريطة (7) مؤشر حالة الغطاء النباتي VCI لعام 1990



المصدر: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8وبرنامج Arc Map 10.8.

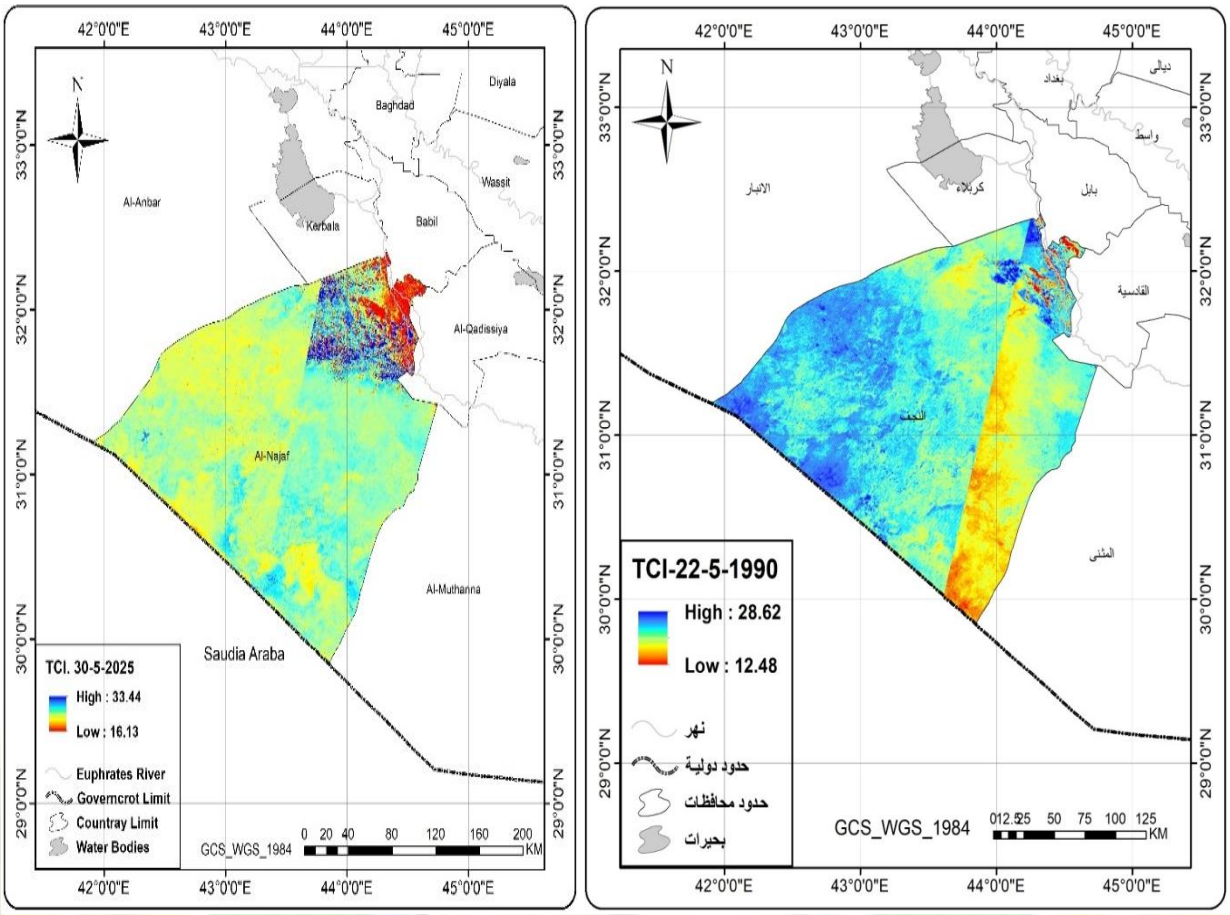
جدول (5) المساحات والنسب التي يغطيها مؤشر حالة الغطاء النباتي VCI لعامي 1990 و2025

السنة	المساحة (كم^2)	النسبة المئوية(%)
1990	23168.09	81
2025	16326.69	57

المصدر: بالاعتماد على نتائج خرائط (7,6) وبرنامج Arc map 10.8

4 مؤشر حالة الحرارة للنبات (TCI) لعامي 1990 و2025: يعتمد على درجات الحرارة المقاسة في المنطقة، ويستخدم لتقديم تقدير أولي لشدة الإجهاد الحراري للنبات، كما يمكن دمجه مع مؤشر VCI للحصول على تقييم أكثر شمولية لشدة الجفاف. تشير النتائج المبينة في خريطة (8،9) إلى أن قيم TCI المسجلة لعام 1990 تراوحت بين ادنى قيمة بواقع(12.48) واعلى قيمة (28.62).بينما ارتفعت بشكل ملحوظ خلال العام 2025 ، اذ تراوحت بين (16.13) كحد أدنى و(33.44) كحد أقصى، وعلى العموم، تعكس التباينات المكانية لقيم TCI بين الفترتين التغيرات في توزيع الإجهاد الحراري على المنطقة خلال فترة الدراسة، كما هو موضح في خريطة(5) ، ومن ملاحظة خرائط المؤشر يتبين وجود تفوق للجفاف غرب منطقة البحث، ويبدأ بالانخفاض التدريجي نحو الاجزاء الشرقية وهذا يرجع لوجود نهر الفرات والاراضي الرطبة المستفيدة من مياهه.

خريطة (8) مؤشر حالة الحرارة للنبات (TCI) لعام 1990 خريطة (9) مؤشر حالة الحرارة للنبات (TCI) لعام 2025

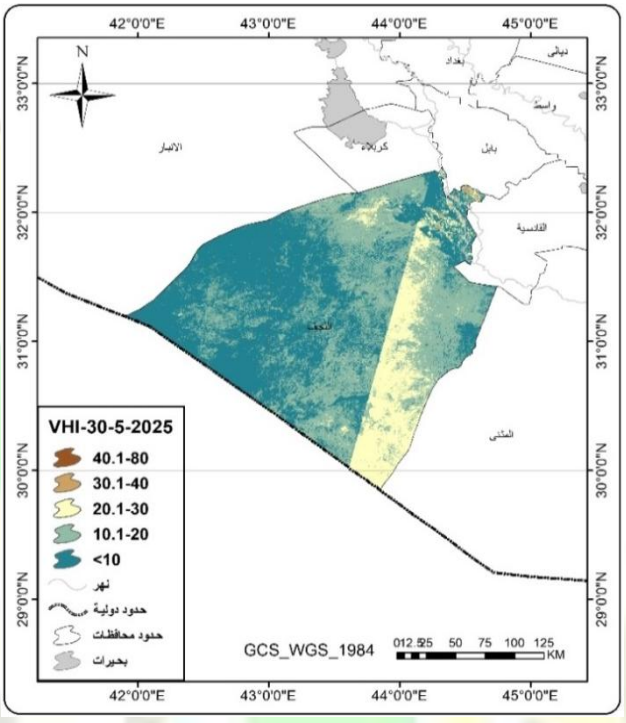


مصدر الخرائط: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8وبرنامج Arc Map 10.8.

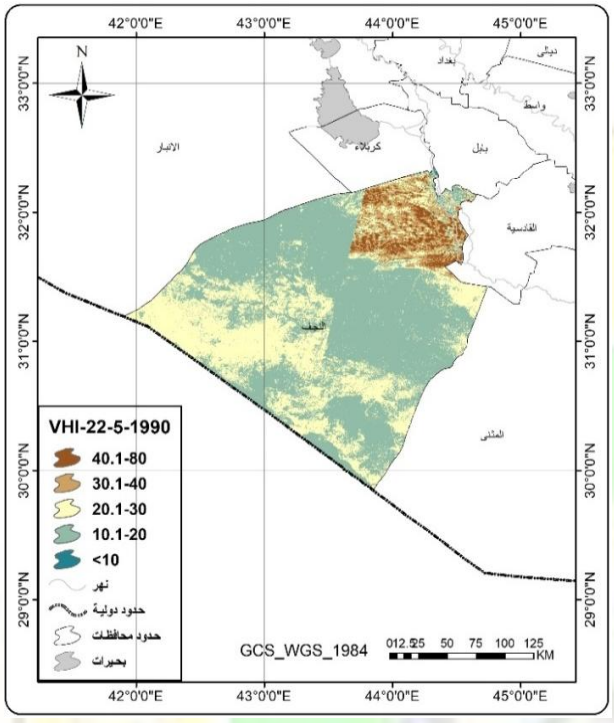
5 مؤشر الحالة الصحية للنبات(VHI) لعامي 1990 و2025 :يعد أداة فعالة لتقييم شدة الجفاف من خلال دمج مؤشري VCIوTCI، ما يسمح برصد الإجهاد المائي والنباتي والحراري على حد سواء. بعد تحليل المرئيات الخاصة بالمؤشر خلال الفترة الزمنية التي شملتها الدراسة المبينة في الخرائط (10،11)، أظهرت بيانات عام 1990 هيمنة فئة خفيف بمساحة (17330.73 كم²) وبنسبة (60.74 %) في حين سجلت فئة لا يوجد جفاف اقل مساحة بواقع (49.21 كم^2) ونسبة (0.1 %). ويشير التصنيف المذكور في جدول (6) إلى أن معظم المنطقة عام 1990 كانت تملك قيم VHI أكبر من 40، مما يعني أنها كانت بعيدة عن تأثيرات الجفاف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

اما في عام 2025 فقد سجلت فئة شديد جدا اكبر مساحة (16602.6 كم²) وبنسبة (58.19 %) وهو تزايد خطير في قيم هذا المؤشر، في حين سجلت فئة لا يوجد جفاف اقل مساحة بواقع (0.03 كم^2) ونسبة (0.00 %). جدول (7) مما يعكس تفاقم الإجهاد البيئي وتأثيراته المحتملة على الإنتاج الزراعي والنظم البيئية المحلية. وبمقارنة الفترتين، يتضح أن عام 2025 شهد تفاقمًا واضحًا لمشكلة الجفاف وتباينًا مكانيًا في قيم المؤشر عبر منطقة البحث، مما يعكس التغيرات البيئية والمناخية المتزايدة على مدى العقود الثلاثة الماضية. ويؤكد هذا التحليل أهمية متابعة المؤشرات المتكاملة مثل VHI لتقييم شدة الجفاف والتخطيط المستدام لإدارة الموارد المائية والزراعية.

خريطة (10) مؤشر الحالة الصحية للنبات VHI لعام 1990



خريطة (11) مؤشر الحالة الصحية للنبات VHI لعام 2025



مصدر الخرائط: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8 وبرنامج Arc Map 10.8.

جدول (6) **مؤشر الحالة الصحية للنبات(VHI) لعام 1990**

الفئات	التصنيف	المساحة(كم^2)	النسبة(%)
<10	شديد جدا	906.7	3.18
10-20	شديد	1780.6	6.24
20.1-30	متوسط	8464.76	29.67
30.1-40	خفيف	17330.73	60.74
40-80	لا يوجد جفاف	49.21	0.17
المجموع		28532	100

المصدر: بالاعتماد على نتائج خريطة(10) وبرنامج Arc map 10.8

الفئات	التصنيف	المساحة(كم^2)	النسبة(%)
<10	شديد جدا	16602.6	58.19
10-20	شديد	8986.2	31.50
20.1-30	متوسط	2866.4	10.05
30.1-40	خفيف	76.8	0.27
40-80	لا يوجد جفاف	0.03	0.00
المجموع		28532	100

جدول (7) **مؤشر الحالة الصحية للنبات(VHI) لعام 2025**

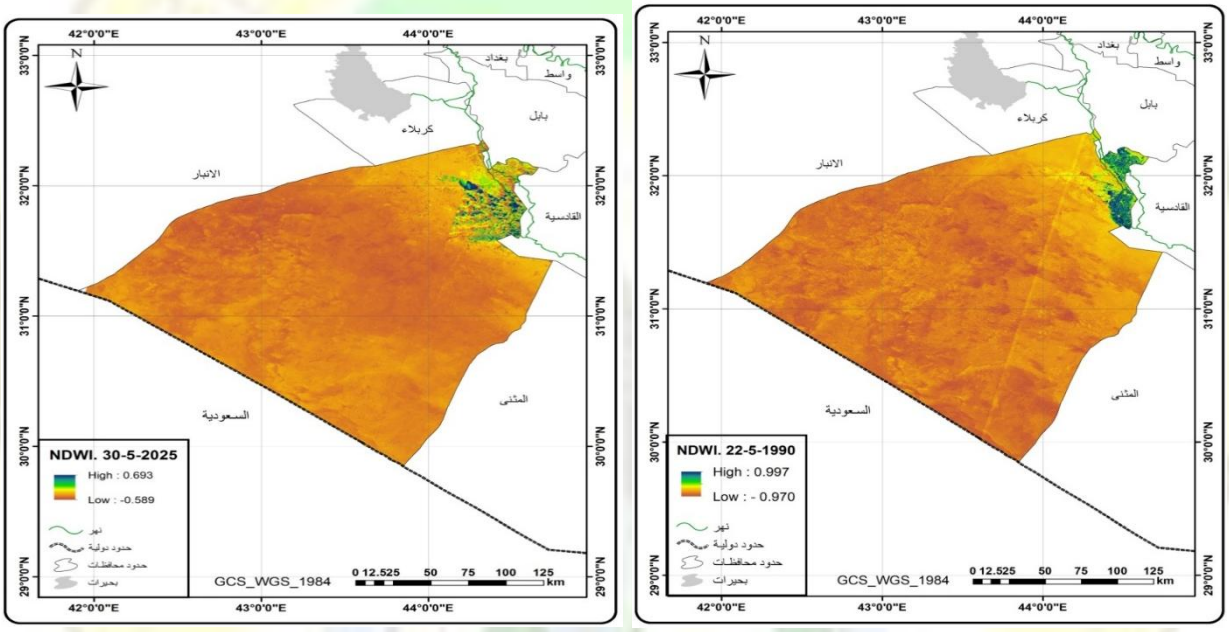
المصدر: بالاعتماد على نتائج خريطة(11) وبرنامج Arc map 10.8

6 مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء المائي (ndwi) لعامي 1990 و2025:هو احد ادوات الاستشعار عن بعد المهمة لرصد وتتبع حالة التغطية المائية بدقة ، وتكمن اهميته في قدرته العالية لكشف وتحليل الجفاف الهيدرولوجي(Oishe et al.,2023, p.412) ودعم الادارة الحكيمة لموارد المياه والتخطيط المستدام(الفهداوي والقيسي، 2026) وبذلك يوفر اداة مهمة لمراقبة النظم البيئية بالتكامل مع باقي المؤشرات التي تم تحليلها في هذا البحث.

يظهر من تحليل خريطة (13,12) وبيانات جدول (8) وجود تراجع حاد في المحتوى الرطوبي للتربة والتغطية المائية خلال الفترة الممتدة بين عامي 1990 و2025. فقد سجلت بيانات مؤشر(ndwi) في عام 1990 مساحة بلغت(458.11 كم^2) وبنسبة (1.6%) ، وهو مؤشر على استقرار رطوبي للتربة والمسطحات المائية المكشوفة. في حين سجلت مساحة استخدامات الارض الاخرى (28073.89 كم^2) وشكلت نسبتها(98.4 %)، مما يدل على صغر الانطقة الجافة أو الشحيحة رطوبياً خلال العام نفسه.

اما خلال عام 2025 فان المشهد البيئي المائي شهد تحولا خطيرا نحو الجفاف والتصحر؛ اذ انحسر مؤشر(ndwi) الى 255 كم² وبنسبة (0.89%). في حين احتلت مساحة استخدامات الارض الاخرى مساحة بلغت (28277 كم²) ونسبة بلغت (99.11%)، ومن المقارنة بين فترتي الدراسة، يظهر تراجعا ملحوظا في قيم (ndwi) خلال عام 2025 بفارق بلغ (203.11 كم²)، وهو دلالة لحجم الاجهاد الهيدرولوجي الذي تعانيه المنطقة خلال العقود الأخيرة نتيجة لتغير المناخ والانحرافات السلبية في قيم الحرارة والامطار، بالاضافة الى ان تراجع التصاريف المائية الواصلة للمنطقة عن طريق نهر الفرات. اشارت نتائج مؤشر (ndwi) ان الاتجاه العام يميل للتدهور والجفاف مما يستدعي تبني استراتيجيات وحلول عاجلة من شأنها ان تخفف وطأه الجفاف واثاره البيئية الوخيمة ومن ابرزها حوكمة الموارد المائية واعتماد طرائق الري الحديث لدعم المرونة البيئية في مواجهة الجفاف بمحافظة النجف.

خريطة (12) مؤشر الغطاء المائيndwi لعام 1990 خريطة (13) مؤشر الغطاء المائيndwi لعام 2025



مصدر الخرائط: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8 وبرنامج Arc Map 10.8.

جدول (8) المساحات والنسب التي يغطيها مؤشر حالة الغطاء المائي (ndwi) لعامي 1990، 2025

السنة	المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)	استخدامات اخرى(ترب ونبات) المساحة (كم²)	النسبة المئوية (%)
1990	458.11	1.6	28073.89	98.4
2025	255	0.89	28277	99.11
المجموع	28532	100		100

المصدر: بالاعتماد على نتائج خريطة (12،13) وبرنامج Arc map 10.8

النتائج

1. تُظهر نتائج الدراسة حدوث تغيرات مناخية وبيئية حادة بين عامي 1990و2025، فقد ارتفعت درجة الحرارة العظمى للسطح من 47.43 م° إلى 52.37 م° بزيادة بلغت 5.05 م°، كما ارتفعت درجة الحرارة الصغرى للسطح من 21.32 م° إلى 23.54 م° بفارق 2.22 م°، ما يعكس تصاعد موجات الجفاف وتعاظم الاجهاد المائي. وهنا يتضح وجود علاقة طردية قوية بين بين شدة الاجهاد المائي وقيم LST.
2. انخفضت مساحة الفئة ذات الكثافة النباتية الشديدة (NDVI) من 22660.66كم² عام 1990 إلى 18411.18كم² عام 2025، بتراجع قدره 4249.48كم²، في حين تقلصت مساحة الفئة ذات الكثافة الخفيفة من 1268.62كم² إلى 11.9كم²، بما يدل على تغيرات جوهرية في بنية الغطاء النباتي.
3. تراجعت مساحة مؤشر حالة الغطاء النباتي (VCI) من 23168.09كم² إلى 16326.69كم²، أي بانخفاض بلغ 6841.4كم²، وهو مؤشر واضح على اتساع رقعة الجفاف وتدهور الأراضي.
4. أظهرت نتائج مؤشر الإجهاد الحراري (TCI) ارتفاعًا في القيم العليا من 28.62إلى 33.44بفارق بلغ 4.28، وكذلك في القيم الدنيا من 12.48إلى 16.13بفارق 3.82، ما يعكس تزايد الضغط الحراري وشيوع ظاهرة الجفاف الهيدرولوجي والزراعي.
5. سجل مؤشر الحالة الصحية للنبات (VHI) تقلص مساحة فئة (لا يوجد جفاف) من 49.21كم² إلى 0.03كم²، مقابل توسع فئة الجفاف (شديد جدا) من 906.7كم² إلى 16602.6كم²، بزيادة بلغت 15695.9كم²، مما يؤكد تفاقم الجفاف وتنامي الضغوط البيئية خلال فترة الدراسة.
6. من مقارنة نتائج المؤشرات المعتمدة يظهر مؤشر الإجهاد الحراري (TCI) تفوقاً في حساسيته للجفاف والاجهاد المائي أكثر من مؤشر حالة الغطاء النباتي(VCI) وهذا ما يمكن الاستفادة منه في الكشف المبكر عن الجفاف وتدارك مخاطرة البيئية.

أظهرت نتائج مؤشر الاختلاف الطبيعي للغطاء المائي (ndwi) تراجعا كبيرا من 458.11كم² عام 1990 إلى 255كم² عام 2025، بفارق قدره 203.11 كم²، وهو دلالة خطيرة على تفاقم شدة الجفاف الذي تعانيه المنطقة وانعكاساته الوخيمة على مختلف النظم البيئية.

7. اثبت البحث أن التكامل بين المؤشرات الطيفية يمثل نافذة مضيئة يمكن الاستدلال من خلالها على مخاطر الجفاف اللاحقة والمساحات المهددة بناء على المعطيات البيئية للسلاسل الزمنية المدروسة، وهذا يعد منظومة انذار مبكر قبل حدوث التدهور الذي يظهر لاحقا في قيم VCI، وهنا يمكن اعتبار أن مؤشرات (TCI,VHI) الإداة الامثل لنمذجة الإجهاد المائي في المناطق الهشة بيئيًا.

المقترحات

1. ارساء اطر حوكمة المياه واعتماد إدارة متكاملة وتكيفية للموارد المائية تقوم على ترشيد الاستهلاك ورفع كفاءة الاستخدام بما يتناسب مع واردات المنطقة السنوية سواء بفعل التساقط أو تصاريف نهر الفرات والشبكة الفرعية التابعة له، مع تفعيل دور المنظمات الحكومية والقطاع الخاص لضمان سرعة الاستجابة لمخاطر ومحاذير الجفاف.

2. اعتماد الري الذكي كوسيلة مثالية لترشيد استهلاك المياه لأدنى حد، وهذا يضمن استدامة لموارد البيئة وفي مقدمتها المياه، فضلاً عن استزراع سلالات محاصيل قادرة على النمو في ظل ظروف المنطقة القاحلة والتقنين في زراعة المحاصيل المستنزفة للمياه سيما في المناطق التي أظهرت حساسية لمؤشر VCI.

3. تنفيذ برامج لإعادة تأهيل النظم البيئية المتدهورة وتوسيع رقعة المراعي، ضمن سياسات التخطيط البيئي والزراعي بما يعزز التكيف مع التغيرات المناخية ويحقق الاستدامة البيئية لمنطقة الدراسة.

4. انشاء مراكز تقنية للرصد البيئي باعتماد مؤشرات متنوعة من شانها تكون خط دفاع لمواجهة الاجهاد المائي والتصحر وانتاج خرائط مخاطر دورية لمناطق التدهور وتوجيه الخطط نحوها لمعالجة المشاكل الناجمة عن تغير المناخ وشيوع الجفاف.

References

Khaled, Abbas Hashem. (2023). Using remote sensing and geographic information systems to detect desertified agricultural lands in Al-Qadisiyah Governorate. *Alustath Journal for Human and Social Sciences*, *62*(3), 375-392. https://doi.org/10.36473/ujhss.v62i3.2031

عصمان، نور عبد الزهرة. (2024). مؤشرات الجفاف في ترب محافظة بغداد 1990-2021. *مجلة كلية التربية*، *57*(1)، 371-390. https://doi.org/10.31185/eduj.Vol57.Iss1.4159

Al-Timimi, Y. K., Al-Lami, A. M., Basheer, F. S., & Awad, A. Y. (2024). Impacts of climate change on thermal bioclimatic indices over Iraq. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, *55*(2), 744–756. DOI: https://doi.org/10.36103/j93nst49

العتابي، ناديه حاتم طعمه. (2025). التغير في درجات الحرارة العظمى في مدينة الحلة وفق سيناريوهات التغير المناخي الإقليمية. *مجلة واسط للعلوم الإنسانية*، *21*(4)، 282-297. https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol21.Iss4.1195

Bento, V. A., Trigo, I. F., Gouveia, C. M., & DaCamara, C. C. (2018). Contribution of land surface temperature (TCI) to vegetation health index: A comparative study using clear sky and all-weather climate data records. *Remote Sensing*, *10*(9), Article1324.https://doi.org/10.3390/rs10091324

Duan, S. B., Li, Z. L., Wang, C., Zhang, S., Tang, B. H., Leng, P., & Gao, M. F. (2019). Land-surface temperature retrieval from Landsat 8 single-channel thermal infrared data in combination with NCEP reanalysis data and ASTER GED product. International Journal of Remote Sensing, 40(5-6), 1763–1778. https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1460513

Kogan, F. N. (2001). Operational space technology for global vegetation assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *82*(9), 1949–1964.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, *17*(7), 1425–1432..doi.org/10.1080/01431169608948714

Mustafa, E. K., Co, Y., Liu, G., Kaloop, M. R., Beshr, A. A., Zarzoura, F., & Sadek, M. (2020).

Study for predicting land surface temperature (LST) using landsat data: a comparison of four algorithms. *Advances in Civil Engineering*, *2020*(1), 7363546.

Oroud, I. M. (2019). The annual surface temperature patterns across the Dead Sea as retrieved from thermal images. *Arabian Journal of Geosciences*, *12*(22), Article 695.https://doi.org/10.1007/s12517-019-4862-6

Özelkan, E. (2020). Water body detection analysis using NDWI indices derived from landsat-8 OLI. *Polish Journal of Environmental Studies*, *29*(2), 1759-1769. DOI: 10.15244/pjoes/110447

العرود، ابراهيم مطيع، الطبيري، زينب شحادة احمد. (2023). تقدير التبخر من سطح خليج العقبة باستخدام الحزمة الحرارية 10 للقمر الصناعي لاندسات 8 .*دراسات: العلوم الإنسانية والاجتماعية*243–231 ,(6) ,*50* ,
https://doi.org/10.35516/hum.v50i6.304

Ramal, K. A., Mehemdi, Y. H. A., & Awad, A. Y. (2024). Analysis of the trends of change in temperature and precipitation and their impact on water in Anbar Governorate (1980-2023). *Dirasat: Human and Social Sciences*, *51*(5), 16–32.

Serban, C., & Maftei, C. (2025). Remote sensing evaluation of drought effects on crop yields across Dobrogea, Romania, using Vegetation Health Index (VHI). *Agriculture*, *15*(7), 668.https://doi.org/10.3390/agriculture15070668

الربيعي، ميادة طالب كاظم. (2026). 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 .*مجلة واسط للعلوم الإنسانية*، *22*(2)، 369-388. https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol22.Iss2.1546

Ullah, W., Ahmad, K., Ullah, S., Tahir, A. A., Javed, M. F., Nazir, A., ... & Mohamed, A. (2023). Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon*, *9*(2), Article e13615.. https://doi.org/10.3390/rs12050791

Zeng, J., Zhang, R., Qu, Y., Bento, V. A., Zhou, T., Lin, Y., ... & Wang, Q. (2022). Improving the drought monitoring capability of VHI at the global scale via ensemble indices for various vegetation types from 2001 to 2018. *Weather and Climate Extremes*, *35*, Article 100412.https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100412

الخالدي، رافد صالح مهدي. (2025). تحليل تأثير التغير المناخي على الخصائص الكمية للأمطار والجفاف اليومية في العراق . *مجلة واسط للعلوم الإنسانية*، *21*(2)، 193-227. https://doi.org/10.31185/wjfh.Vol21.Iss2.895

Oishe, F. R., Habib, M. A., Tuya, J. H., & Rafi, M. R. (2023). Analyzing the Interrelationship between Land Surface Temperature, Environmental Indices, and Land Cover in Savar, Bangladesh. *International Journal of Environmental Sciences*, *12*(5), 791.

الفهداوي، عمار ياسين عواد، القيسي، كمال عبد علي الله. (2026). رصد تغيرات المياه السطحية باستخدام مرئيات لاندسات ومؤشر (NDWI) في المناطق الهشة بمحافظة الأنبار .مجلة مداد الآداب، (العدد الخاص بوقائع مؤتمر قسم الجغرافية 2026)، 909–924. https://doi.org/10.58564/ma.