تطبيق تقنيات مؤشرات الغطاء النباتي لرصد الجفاف الزراعي في مناطق المناذرة والكوفة والشامية،العراق للمدة (٢٠٠١-٢٠٢٣)

م.م كمال عبد على الله القيسي. م.د عمار ياسين عواد الفهداوي.

ا.م.د اوس طلك مشعان. ا.د سعدون ظاهر خلف الدليمي

جامعة الانبار – كلية التربية للعلوم الانسانية– قسم الجغرافية

1 kamal_algayssi@uoanbar.edu.iq 2* ammar_hydro@uoanbar.edu.iq

ed.saadoun.zahir@uoanbar.edu.iq

تاريخ الاستلام : ٢٠٢٥/٦/١٦

تاريخ القبول : ٢٠٢٥/٦/٢٩

مستخلص:

يهدف هذا البحث إلى تحليل التغيرات في درجات الحرارة وتأثيرها على الغطاء النباتي في مناطق مختارة من العراق، حيث تُعد مراقبة مؤشرات الجفاف الزراعي أمراً بالغ الأهمية لضمان الأمن الغذائي، ولا سيما في البيئات الهشة كما في منطقة الدراسة. تم حساب مؤشر الجفاف النباتي **(VHI)** بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد المستمدة من المرئيات الفضائية خلال الفترة الممتدة من عام ٢٠٠١ إلى عام ٢٠٢٣. أظهرت نتائج التحليل أن مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي **(NDVI)** قد بلغت مساحاته نحو ٧٨١.١ كم² في عام ٢٠٠١، إلا أنها تراجعت بشكل ملحوظ إلى ٢٧٤.٧ كم² بحلول عام ٢٠٢٣.

فيما يتعلق بدرجات حرارة سطح الأرض **(LST)**، فقد سجلت قيمة قدرها ٦٠.١٩°م في عام ٢٠٠١، وارتفعت إلى ٦٧.٤°م في عام ٢٠٢٣، مما يعكس تصاعداً حرارياً واضحاً خلال فترة الدراسة. أما بالنسبة لمؤشر الجفاف **(VHI)**، فقد بلغت المساحات المتأثرة بالجفاف حوالي ١٠٨.٩ كم² في عام ٢٠٠١، وارتفعت إلى ٢٣٣.٩ كم² في عام ٢٠٢٣، مما يشير إلى تزايد تعرض المنطقة لظروف الجفاف بمستويات متفاوتة في السنوات اللاحقة. وعلى الرغم من عدم رصد مناطق تعرضت لحالات جفاف شديد جداً **(VHI < 10)** خلال فترة الدراسة، إلا أن اتساع رقعة المناطق المعرضة لدرجات جفاف متوسطة وشديدة يستدعي اهتماماً خاصاً لاتخاذ تدابير فعالة لمواجهة هذه الظاهرة والحد من تفاقم آثارها مستقبلاً.

الكلمات المفتاحية: رطوبة التربة، صحة النبات، الجفاف الزراعي، العراق .

Application of vegetation indices techniques to monitor agricultural drought in the regions of Al-Mundhir, Al-Kufa and Al-Shamiya, Iraq for the period (2001-2023)

Asst.Lec. Kamal Abdul-Allah Al-Qaisi. Dr. Ammar Yassin Awad Al-Fahdawi.
Dr. Aws Talak Mishaan. Dr. Saadoun Dhaher Khalaf Al-Dulaimi.
University of Anbar - College of Education for Humanities
1 kamal_algayssi@uoanbar.edu.iq 2* ammar_hydro@uoanbar.edu.iq
ed.saadoun.zahir@uoanbar.edu.iq

Receipt date: June 16, 2025
Acceptance date: June 29, 2025

Abstract:

This research aims to analyze temperature changes and their impact on vegetation cover in selected areas of Iraq, where monitoring agricultural drought indicators is critical to ensuring food security, particularly in fragile environments such as the study area. The Vegetation Drought Index (VHI) was calculated using remote sensing data from satellite imagery over the period from 2001 to 2023. The analysis results showed that the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) covered an area of approximately 781.1 km² in 2001, but it declined significantly to 274.7 km² by 2023.

Regarding land surface temperatures (LST), it recorded a value of 60.19°C in 2001 and rose to 67.4°C in 2023, reflecting a clear thermal escalation during the study period. Regarding the VHI, the area affected by drought reached approximately 108.9 km² in 2001, increasing to 233.9 km² in 2023, indicating the region's increasing exposure to drought conditions at varying levels in subsequent years. Although no areas exposed to very severe drought (VHI < 10) were detected during the study period, the widespread occurrence of moderate and severe droughts calls for special attention to implement effective measures to address this phenomenon and mitigate its future impacts.

Keywords: Soil moisture, plant health, agricultural drought, Iraq.

المقدمة:

يُعدّ الجفاف من الكوارث الطبيعية الخطيرة التي تتسبّب في خسائر فادحة في الإنتاج الزراعي ومصادر المياه ورعي الماشية, وتفاقم هذه المشكلة بشكل متزايد في الآونة الأخيرة. ومن ثم فإنّ تحديد مدى وشدّة الجفاف أمر حيوي لتقييم احتمالية وقوعه والتخفيف من آثاره من خلال الإجراءات الاستباقية والرصد المبكّر.

يمكن مراقبة الجفاف بفعالية على مساحات واسعة باستخدام تكنولوجيا الاستشعار عن بعد, اذ توفر بيانات الاستشعار عن بعد التي تحملها الأقمار الصناعية رؤية شاملة لسطح الأرض، ومن ثم يمكن استخدامها لتقييم حدوث الجفاف بشكل مكاني[1].

تم تطوير وتطبيق العديد من المؤشرات المتعلقة بالجفاف والتي تشمل المدة والشدة والخطورة والمدى المكاني[2]. ان من بين المؤشّرات المستخدمة لهذا الغرض هو مؤشّر التباين الطبيعي للغطاء النباتي (NDVI) والذي يعد واحداً من أكثر المقاييس استخدامًا لتتبُّع حالات الجفاف، إلى جانب دمجه مع درجة حرارة سطح الأرض (LST) للحصول على معلومات أكثر دقّة. بينما تم تطبيق العديد من مؤشرات الجفاف النباتي القائمة على بيانات الاستشعار عن بعد، حيث أظهر مؤشر صحة النبات Vegetation Health Inde (VHI) قدرة أكبر و ملاءمة أفضل في اكتشاف الجفاف[3]. حيث يأخذ في اعتباره كل من مؤشر حالة الرطوبة للنبات Vegetation (VCI Condition Index) ومؤشر الحالة الحرارية للنبات (TCI)Temperature Condition Index خلال مدة المراقبة ومن ثم يقيِّم VHI بشكل متتالي النباتات التي تعاني من الجفاف [4].

ونظرًا لتوفر بيانات ذات جودة عالية ووضوح نسبي والتي مكنتنا من الحصول على VHI باستخدام تسلسل زمني من بيانات لاندسات خلال سنوات البحث(٢٠٠١-٢٠٢٣). حيث تعد بيانات لاندسات المستوى الثاني محور هذا البحث؛ بسبب كونها مصححة من تأثيرات الغلاف الجوي وسياستها المفتوحة المتاحة مع وجود دقة زمنية(مرئية كل١٦يوم) ومكانية(٣٠*٣٠م) نسبية عالية لمراقبة مدى الجفاف في المناطق الزراعية المدروسة وهو مؤشر لقياس الجفاف النباتي يعتمد على بيانات الاستشعار عن بعد يقوم VHI بقياس صحة النبات بشكل عام، مما يجعله مناسبًا للإشارة إلى مدى الجفاف الزراعي.

مشكلة البحث: ان تعرض المناطق الزراعية للجفاف امر يجب مراقبته بشكل مستمر لا نه احد الأسباب التي تؤدي لفقد المساحات المزروعة وتفاقم العديد من المشاكل البيئية الأخرى, كما توفر بيانات الاستشعار عن بعد فرصة جيدة لمراقبة إمكانية حدوث الجفاف بشكل دوري وبدون الحاجة للقيام بعمليات تحقق حقلي بشكل مستمر. احد الطرق المستخدمة لمراقبة شدة الجفاف هو مؤشر VHI الذي يقدم تفصيلا عن مدى تعرض النبات لخطر الجفاف.

هدف البحث: يهدف البحث الى مراقبة مدى تعرض منطقة الدراسة الى خطر الجفاف عن طريق استخدام طريقة VHI التي تعطي تقييما عن مدى صحة النبات ومدى الاجهاد الحراري الذي يتعرض له بشكل عام, وذلك

باستخدام بيانات سلسلة لاندسات (٩,٧) المستوى الثاني, التي توفر بيانات موثوقة جاهزة للتحليل من قبل الباحثين مع توفر دقة مكانية مناسبة.

منهجية البحث: يعتمد البحث على المنهج الوصفي والتحليلي من خلال دراسة التطور الذي حدث في الغطاء النباتي, وكيفية الاستفادة من التقنيات الحديثة في مراقبة التغيرات التي تطرا على اغطية سطح الارض بشكل عام وصحة النبات بشكل خاص و كيفية استثمار المناطق الخضراء والمحافظة عليها. تم تطبيق المعادلات الرياضية لاستخلاص قيم الHVI حيث تم اشتقاق القيم وتمثيلها بخرائط توضح التوزيع المكاني للجفاف الزراعي. كما تم استخدام مرئية Landsat7.landsat9 والتي تم الحصول عليها من موقع هيئة المسح الجيولوجي الامريكي للمدة(٢٠٠١-٢٠٢٣)م حيث تم التقاط جميع المرئيات في شهر نيسان(٤) للمدة المذكورة وقد تم اختيار هذا الشهر بالتزامن مع موسم نمو النبات الذي يتميز بأعلى كثافة خضرية, وتمت جميع عمليات المعالجة وإنتاج الخرائط الرقمية باستخدام برنامج ARC GIS.

فرضية البحث: يمكن صياغة الفرضية الرئيسة:

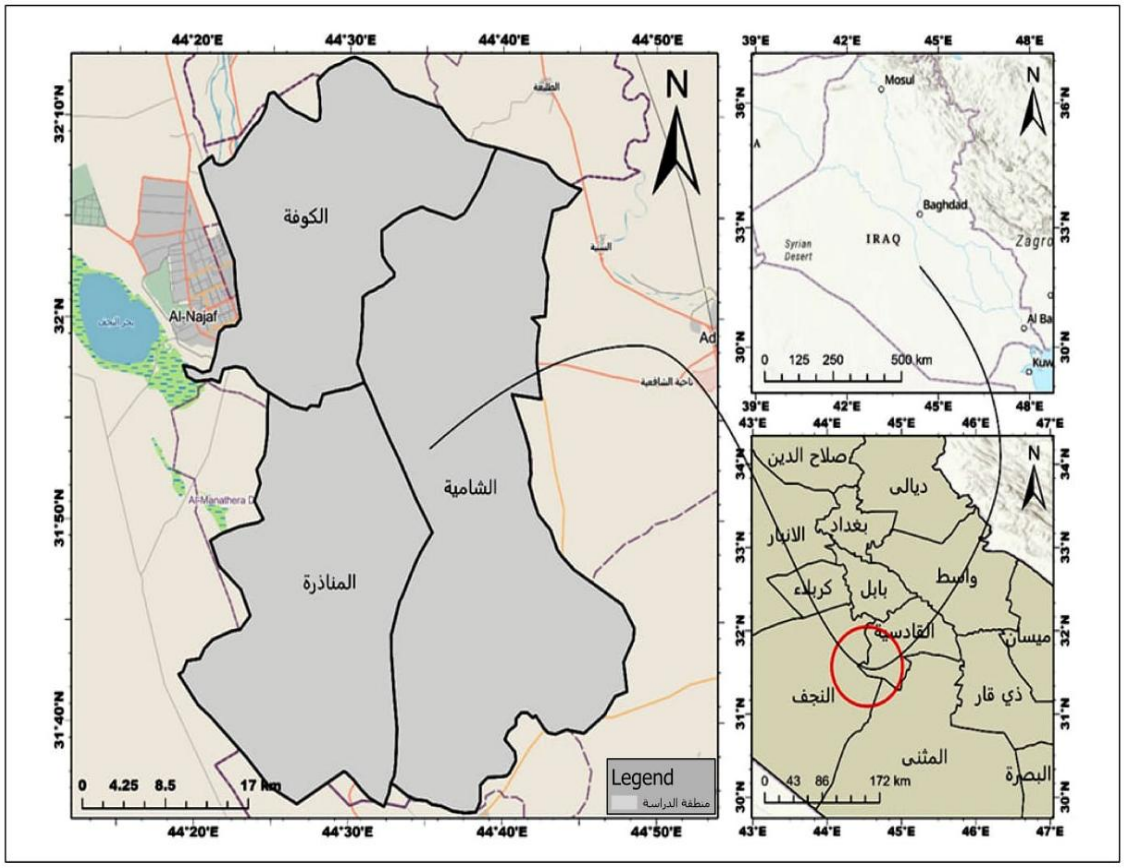
(تعاني منطقة البحث من الجفاف الذي اثر على المنطقة بشكل كبير) وتنبثق من الفرضية الرئيسة عدة فرضيات ثانوية وهي كالآتي:

١- تتعرض منطقة البحث الى نوبات جفاف مختلفة التأثير حيث اتضح ذلك من خلال البيانات المناخية والتغير في المساحات التي تم الحصول عليها من المرئيات الفضائية للمنطقة خلال سنوات البحث.

٢- توسع ظاهرة الجفاف في السنوات الاخيرة في منطقة البحث حيث ان هذا التوسع يؤثر على انتاجية المنطقة زراعيا وتدهور المساحات المزروعة فعلاً وانخفاض قابليتها الإنتاجية, كما توجد في المنطقة امكانيات يمكن من خلالها التصدي لهذا التوسع.

موقع منطقة البحث: تم اختيار مناطق المناذرة والكوفة الواقعتان في محافظة النجف والشامية ضمن محافظة القادسية, كمنطقة دراسة للبحث, والتي تقع بين دائرتي عرض (٣٢°٢٠'_٣١°٣٠') شمالا وخطي طول (٤٤°٤٥'_٤٤°١٥')شرقا حيث تبلغ مساحة المنطقة (٢٠٧٣/كم^{٢}). تتميز منطقة البحث بطابع زراعي تعتمد عليها التجمعات السكانية المجاورة لتامين الغذاء. تحد منطقة البحث من جهة الشمال محافظة القادسية ومن جهة الجنوب والجهة الشرقية محافظة المثنى كما تحدها من جهة الغرب محافظة النجف خريطة (١).

خريطة (١) موقع منطقة البحث



المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي لاندسات (٩،٧) باستخدام برنامج ARC GIS.

البيانات المستخدمة والطرق الرياضية: تم استخدام بيانات حرارية متعددة الاطياف من لاندسات لإنشاء مؤشر التباين الطبيعي للنبات NDVI وبيانات درجة حرارة سطح الأرضLST. تم استخدام مرئية لاندسات ٧ و ٩ المستوى الثاني المعالجة من تأثير الغلاف الجوي لحساب مؤشر الغطاء النباتي NDVI الذي تم الاعتماد عليه في تقييم صحة النبات و توزعه. وتقدير درجة الحرارة لسطح الأرض المحسوبة باستخدام خوارزمية القناة الواحدة والتي توفرها USGS للباحثين جاهزة للاستخدام عبر بيانات لاندسات المستوى الثاني. تمتلك NDVI و LST إمكانية وصف التنوعات المختلفة للظروف الجافة[5]. حيث تم حساب المؤشرين من البيانات المرفقة للمرئية لحساب رطوبة النبات VCI وحالة النبات الحرارية TCI على التوالي.

تم حساب مؤشر صحة النبات VHI، وهو مؤشر للجفاف النباتي الذي يدمج مع الصحة العامة للنبات وشدته للإشارة إلى مدى الجفاف الزراعي في أي وقت من السنة.

تم الحصول على VCI من مؤشر التباين الطبيعي للنبات NDVI لرصد حالة النبات كما في المعادلة الاتية[6].

$$VCI=[(NDVI-NDVImin)/(NDVImax-NDVImin)]*100$$

تُعبر NDVImin وNDVImax عن قيم NDVI الدنيا والقصوى على التوالي.

لم يكن الاعتماد على VCI وحده كافيًا لوصف تحليل الجفاف بدقة, ولغرض الحصول على نتائج دقيقة تم تطوير TCI لتقدير استجابة النباتات لدرجات الحرارة في الموقع كمعلومات إضافية.

يمكن تحقيق ذلك عن طريق استخدام القنوات الحرارية لمراقبة الجفاف. تم حساب TCI باستخدام المعادلة التالية[7]:

$$TCI =[(LSTmax - LST)/(LSTmax+LSTmin)]*100$$

حيث، LST تُمثل قيمة درجة حرارة سطح الأرض ، في حين تعبر LSTmin و LSTmax عن القيم الدنيا والقصوى على التوالي.

في النهاية تم حساب مؤشر صحة النبات VHI لتقييم إجهاد النبات ودرجة الحرارة لتقييم شدة الجفاف. يمكن التعبير عن VHI بالمعادلة التالية:[8]

$$VHI=0.5*VCI+0.5*TCI$$

جدول (١) قياس شدة الجفاف اعتمادا على قيمة المؤشرات بحسب(Kogan FN 2001)

VHI ,TCI,VCI	Drought classes
<10	شديد جدا
10-20	شديد
20-30	متوسط
30-40	خفيف
>40	لا يوجد جفاف

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

البيانات المستخدمة:

١- مرئية لاندسات ٩ المستوى الثاني بتاريخ ٢٠٢٣/٤/٢٥.

٢- مرئية لاندسات ٧ المستوى الثاني بتاريخ ١٢ /٢٠٠١/٤.

تم تحديد واقتطاع منطقة الدراسة المحددة والعمل مع النطاقات اللازمة للحصول على درجة حرارة السطح تم تطبيق المعادلات الآتية:

- تم الاعتماد على مرئيات القمر الصناعي لاندسات Landsat 9/7 واستخدام B10,B6 اللذين يلتقطان درجة الحرارة السطحية.

- تم تحويل القيم الرقمية DN الخاصة بكل بكسل Pixel في المرئية للنطاقين الحراريين إلى قيم الإشعاعية DN to Radiance باستخدام المعادلة الآتية:[٩]

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

اذ إن:

Lλ = الإشعاع الطيفي (m2*sr*µm)

ML = معامل تعيير خاص بكل حزمة

AL = معامل تصحيح

Qcal = القيمة الرقمية للبكسل

- تم حساب درجة الحرارة عند القمر الصناعي TOA(Top of Atmosphere Brightness Temperature) باستخدام المعادلة:[١٠]

$$TB = (K2/(Ln (K1/ L\lambda + 1)))-273.15$$

اذ إن:

TB= درجة الحرارة عند القمر

Lλ= الإشعاع الطيفي(m2* sr* µm)

K1= رقم النطاق الحراري (معامل تحويل ثابت)

K2= معامل تحويل (رقم النطاق الحراري ثابت)

- حساب نسبة النباتات بموجب المعادلة الآتية: [١١]

$$Pv = square((NDVI-NDVI\ min)/(NDVI\ max-NDVI\ min))$$

(NDVI min- NDVI max)= القيم الدنيا والقصوى للصورة

Pv = نسبة الغطاء النباتات

- حساب درجة حرارة السطح باستخدام المعادلة: [١٢]

$$LST=TB/(1+(L\lambda * TB/P) * Ln(e))$$

اذ إن:

LST = درجة حرارة سطح الأرض

TB = درجة الحرارة عند القمر=

Lλ = الإشعاع الطيفي(m2 * sr * µm)

P = قيمة ثابتة (14380)

e = معامل تصحيح الانبعاث وهي قيمة ثابتة (0.004 * Pv + 0.986)

- تم إجراء الحسابات أعلاه للنطاقين (B10,B6) من كل مرئية ومن ثم تم اخذ المعدل منهما وبذلك تم استخلاص درجة حرارة السطح.
- تم حساب المؤشرات المطلوبة HVI, TCI, VCI خلال مدة الدراسة.
- انتاج الخرائط الرقمية وحساب المساحات لأصناف الجفاف.

النتائج والمناقشة:

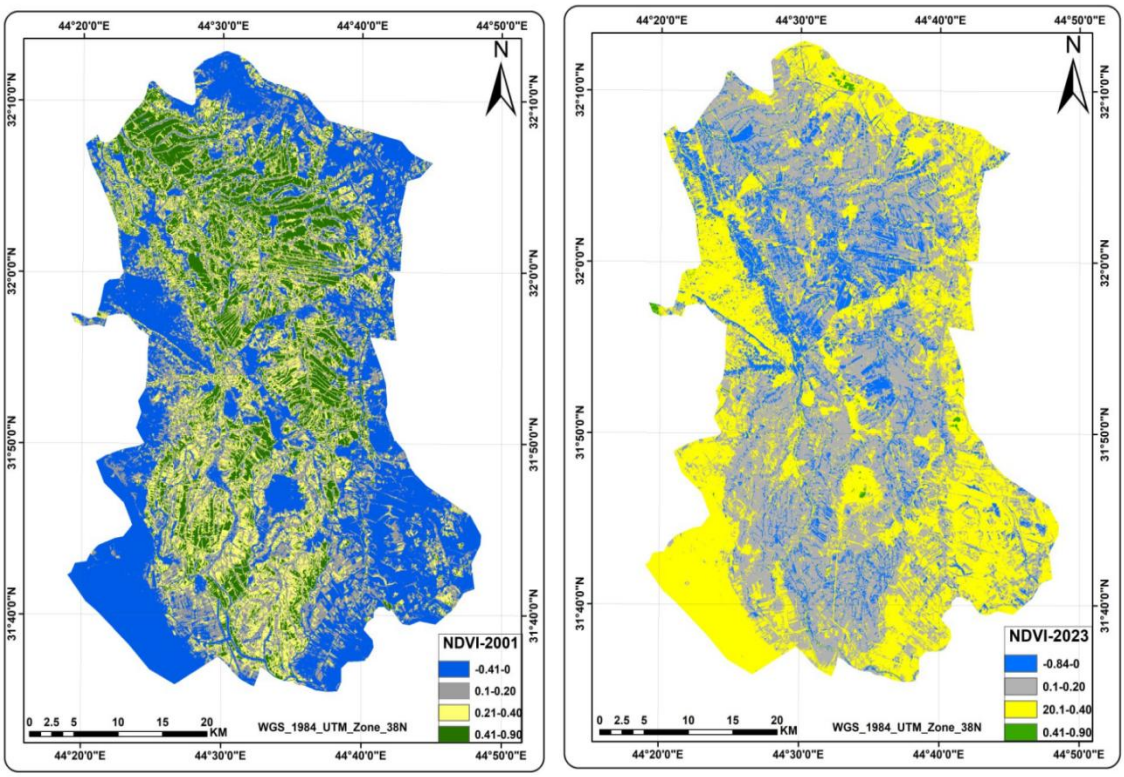
تم استخدام مؤشر NDVI لمراقبة الحالة الصحية للنبات ومراقبة مساحة المناطق المزروعة حيث تبين الخرائط المنتجة ان المساحات الخضراء في سنة ٢٠٠١ اكثر اتساعا نتيجة لظروف المناخ من حيث كمية التساقط وتوجه السكان للزراعة, اذ سجلت الفئة(شديد جدا) مساحة بلغت ٧٨١,١/كم^{٢}, في حين تراجعت المساحات الخضراء لنفس الفئة في سنة ٢٠٢٣ الى٢٧٤,٧/كم^{٢}. وسجلت الفئة (خفيف) في سنة ٢٠٠١ مساحة بلغت ٣٨١,٦ وانخفضت الى ٦,٢/كم^{٢} في عام ٢٠٢٣ وهذا يرجع لعواقب التغير المناخي واثره في تفاقم ظاهرة الجفاف وعزوف اغلب المزارعين عن مزاولة النشاط الزراعي. جدول(٢), خريطة (٢) .

جدول(٢) يبين المساحات التي يغطيها مؤشر ال NDVI لسنوات الدراسة كم^{٢}.

NDVI		2001	2023
شديد جدا	<10	781.1	274.7
شديد	10.1 -20	491.1	986.1
متوسط	20.1-30	458.8	805.6
خفيف	30.1-40	381.6	6.2

المصدر: اعتمادا على نتائج مرئيات الدراسة.

خريطة(٢) مؤشر الغطاء النباتي لسنوات البحث



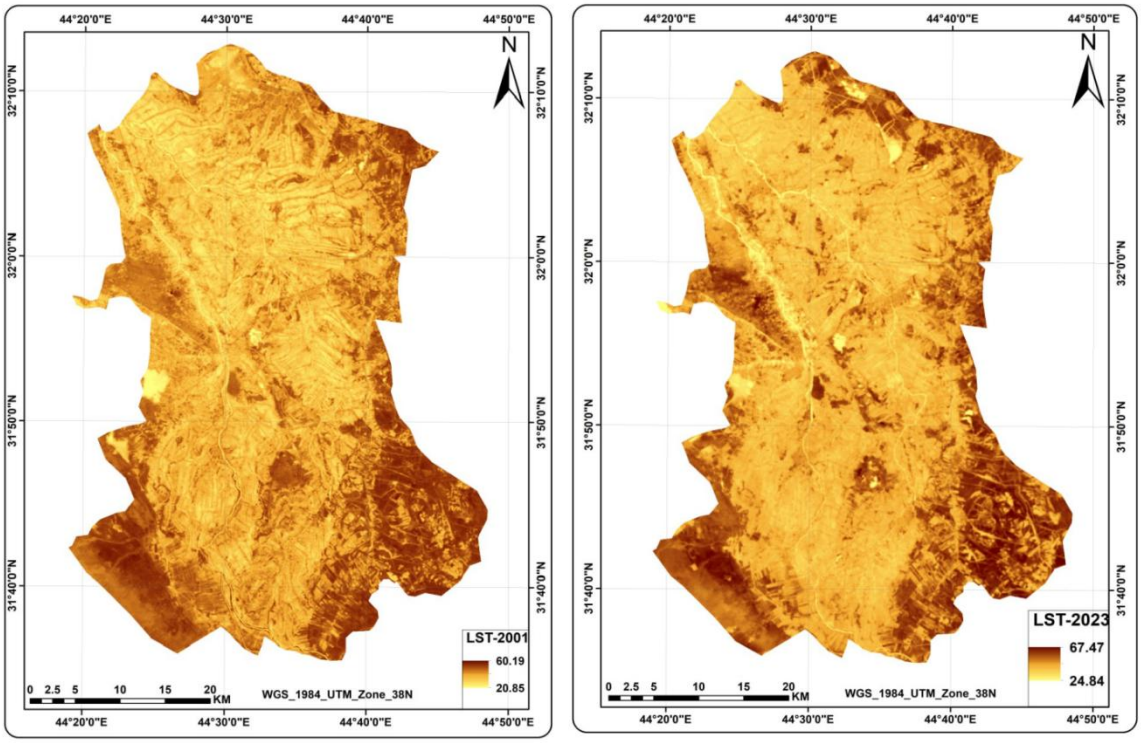
المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي لاندسات (٩،٧) باستخدام برنامج ARC GIS.

درجة حرارة سطح الأرض(LST) لعامي ٢٠٠١ و ٢٠٢٣.

تم حساب درجة الحرارة لمرئيات لاندسات المتوفرة خلال مدة الدراسة من اجل الحصول على محاكاة واقعية اكبر للأقمار الصناعية التي ترصد درجة حرارة سطح الأرض لحظيا خلال مدة مرورها فوق المنطقة حيث تستغرق حوالي ٣٣ ثانية فقط.

يلاحظ من النتائج ارتفاع في درجات الحرارة لعام ٢٠٢٣ في المنطقة بشكل عام نتيجة ما يتعرض له كوكب الأرض من ظواهر الاحتباس الحراري نتيجة التوسع في النشاط البشري و شيوع ظاهرة الدفيئة مما يساهم وبشكل كبير في ازدياد رقعة المناطق المهددة بخطر الجفاف خريطة(٣).

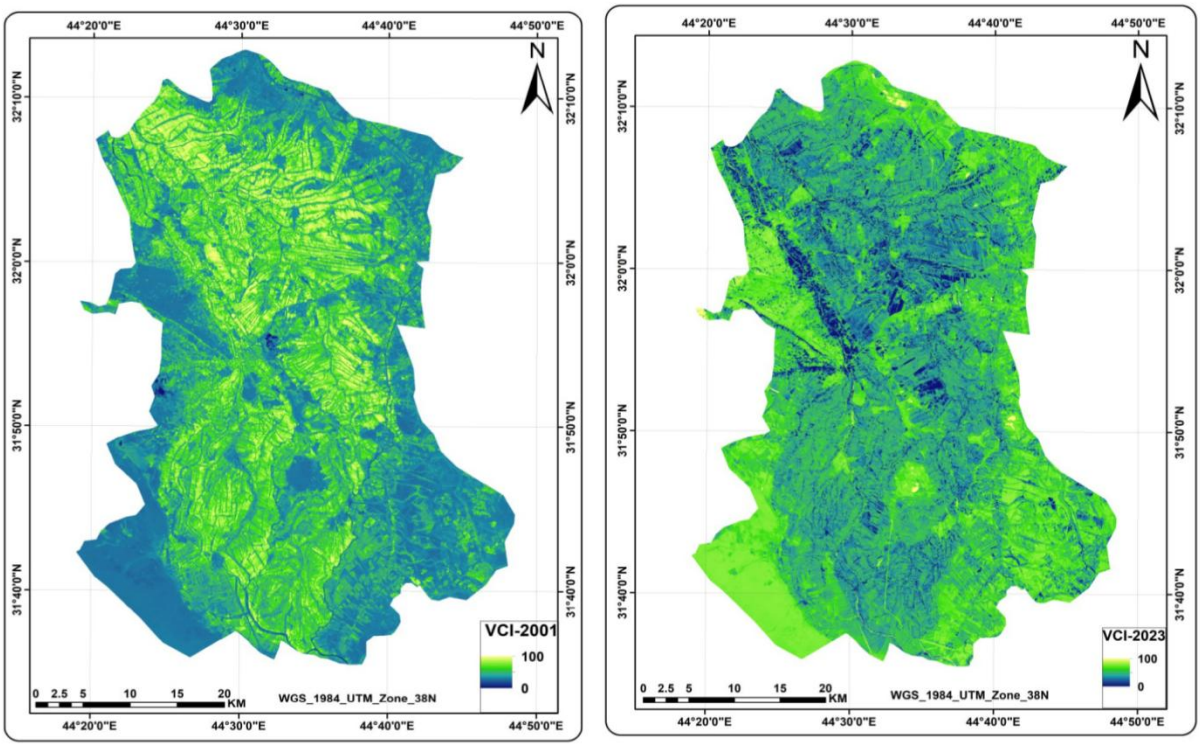
خريطة(٣) مؤشر الLST لسنوات البحث



المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي لاندسات (٩،٧) باستخدام برنامج ARC GIS.

– **مؤشرVCI** الذي يرتبط بمؤشرNDVI ويعطي تقديرا اوليا عن شدة الجفاف ولكنه غير كافي كما بينا سابقا, حيث تبين النتائج الموضحة ازدياد قيم المؤشر بشكل ملحوظ في شمال ووسط المنطقة مما يدل على عدم وجود اجهاد للنبات في المنطقة كتقدير اولي, حيث انه كلما زادت قيمة المؤشر كلما كانت إمكانية تعرض المنطقة لجفاف اقل. خريطة (٤).

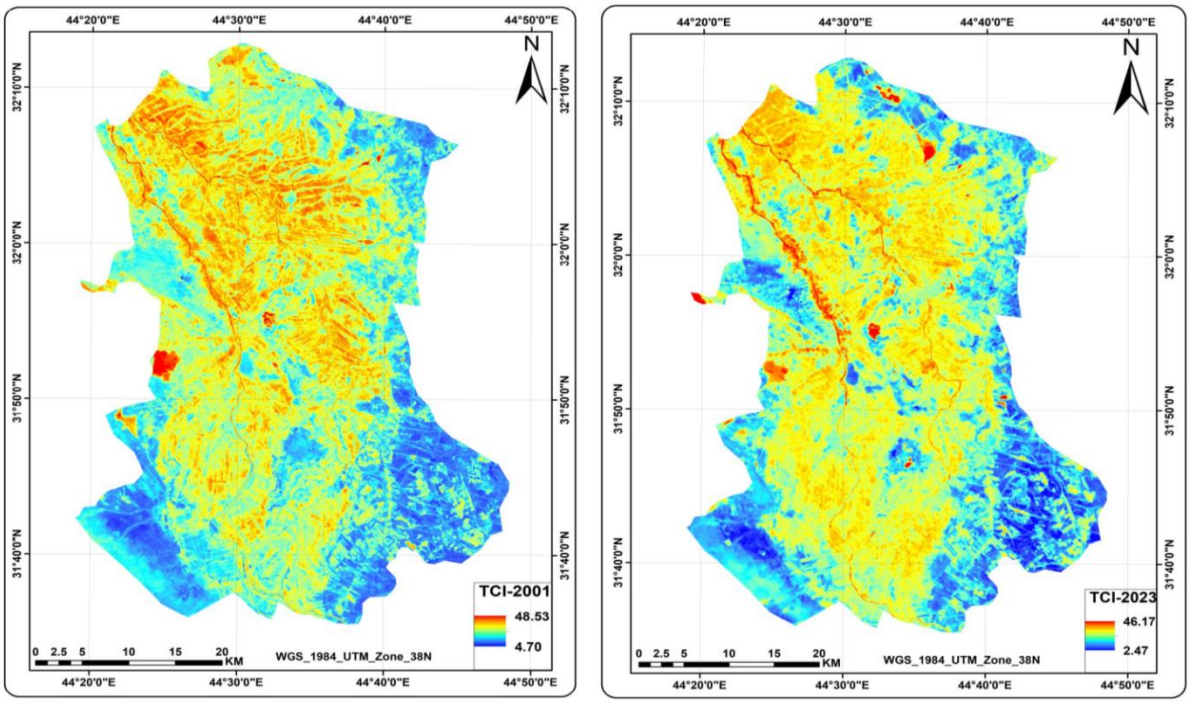
خريطة (٤) مؤشر VCI لسنوات البحث



المصدر: بالاعتماد على مرئيات لاندسات باستخدام برنامج ARC GIS.

– **مؤشرTCI** يعتمد المؤشر على درجات الحرارة المقاسة في المنطقة ويعطي تقديرا اوليا عن شدة الجفاف ويتكامل مع مؤشر VCI, وبملاحظة ان درجات الحرارة في عام ٢٠٢٣ كانت اعلى مما هو عليه في عام ٢٠٠١ فان الاجهاد الحراري على النبات عام ٢٠٢٣ كان اكبر مما هو عليه عام ٢٠٠١ في معظم المناطق, مع ملاحظة انخفاض قيمة TCI في بعض الأجزاء من منطقة البحث مما يفسر إمكانية تعرض المنطقة للجفاف, وبشكل عام تتباين قيمة المؤشر على منطقة البحث ضمن العامين ٢٠٠١ و ٢٠٢٣ خريطة (٥):

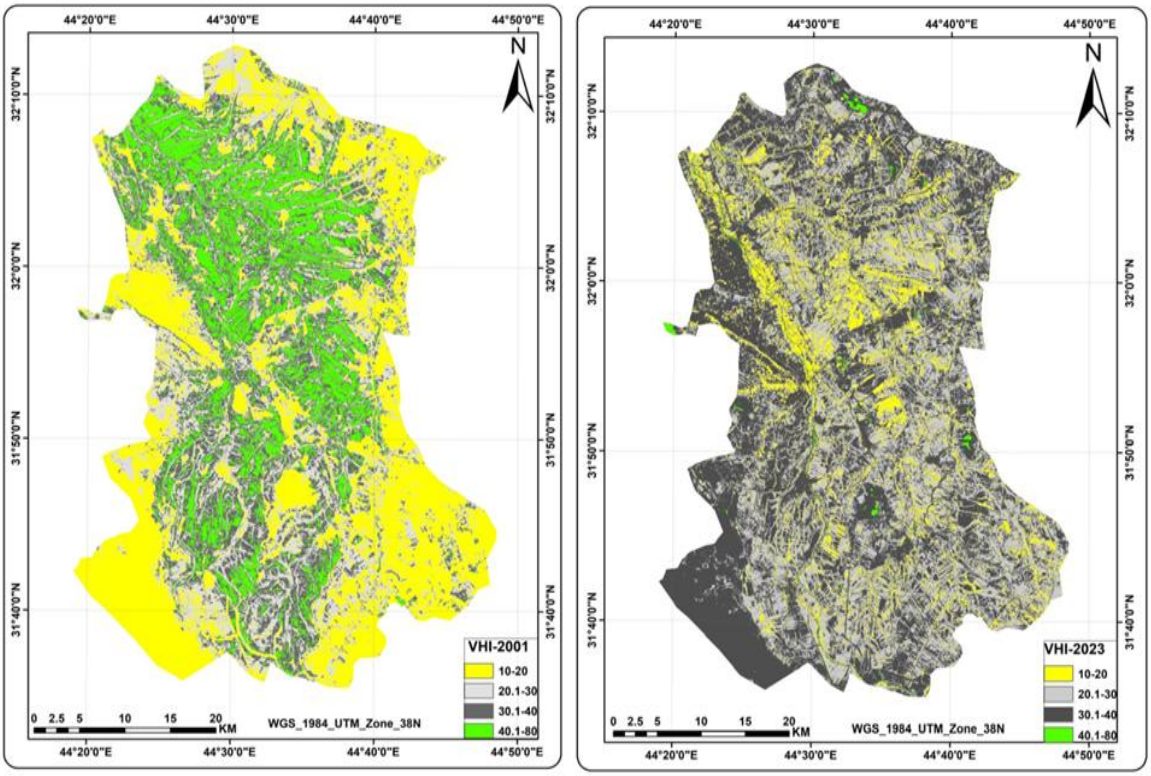
خريطة(٥) مؤشر ال TCI لسنوات البحث



المصدر: بالاعتماد على مرئيات لاندسات(٧-٩) باستخدام برنامج ARC GIS.

مؤشر الحالة الصحية للنبات: VHI ضمن الفترة الزمنية التي غطتها الدراسة تبين الخرائط والنتائج ان المنطقة تعاني من توسع في شدة الجفاف خلال العام الأخير كما هو مبين, وبحسب التصنيف المذكور في جدول(١) المؤشر VHI نلاحظ انه في عام ٢٠٠١ كانت معظم منطقة البحث تملك قيمة VHI اكبر من ٤٠ مما يعني انه كانت بعيدة جدا عن تأثيرات الجفاف و اضراره الاقتصادية والاجتماعية والبيئية, وفي عام ٢٠٢٣ تفاقمت مشكلة الجفاف وتباينت قيم المؤشر خلال مدة البحث خريطة (٦):

خريطة(٦) مؤشر ال VHI لسنوات الدراسة



المصدر: بالاعتماد على مرئيات لاندسات(٧,٩) باستخدام برنامج ARC GIS.

النتائج والمناقشة:

تم حساب المساحات التي تغطيها كل فئة من أنواع الجفاف حيث تبين الخرائط المنتجة ان المساحات في سنة ٢٠٢٣ اكثر اتساعا, اذ سجلت الفئة(شديد جدا) مساحة بلغت ٢٣٣,٩/كم^{٢}, في حين سنة ٢٠٠١سجلت المساحات لنفس الفئة ١٠٨,٩/كم^{٢}. وسجلت فئة (لا يوجد جفاف) في سنة ٢٠٢٣ مساحة بلغت ١٧٢,٨/كم^{٢}, في حين عام ٢٠٠١ بلغت المساحة لنفس الفئة ٦,٢ كم^{٢} ؛ وهذا يرجع الى عدد من الاسباب منها ظاهرة الاحتباس الحراري الذي اثر بشكل كبير على المحاصيل الزراعية، توجه المزارعين الى الوظائف الحكومية وترك مهنة الزراعة. جدول(٣), خريطة (٦).

جدول (٣) المساحات التي يغطيها الجفاف (VHI) خلال سنوات الدراسة

شدة الجفاف	المساحة(كم٢) ٢٠٢٣	المساحة (كم٢)٢٠٠١
شديد جدا	233.9	108.9
شديد	512.08	430.08
متوسط	421.1	798.8
خفيفة	344.9	340.8
لا يوجد جفاف	172.8	6.2

المصدر: اعتمادا على نتائجVHI. وجدول (١).

التوصيات:

١. توفير المرئيات الفضائية ذات الدقة العالية لرصد ومراقبة الجفاف بشكل دوري.

٢. الحد من زيادة النشاطات البشرية في مناطق الحقول الزراعية.

٣. استعمال التقانات الحديثة في العمليات الزراعية لتوسيع نطاق المزارع.

٤. التوعية بخطر الجفاف والتغير المناخي واعداد الدراسات العلمية التي من شأنها ان تقلل من خطورة ظاهرة الجفاف والتصحر.

المراجع:

1- Gu Y, Brown JF, Verdin JP, Wardlow B. A five-years analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. Geophysical Research Letters 2007;34:L06407, doi:10.1029/2006GL029127.

2 - Mishra AK, Ines AVM, Das NN, Khedun CP, Singh VP, Sivakumar B, Hansen JW. Anatomy of a local-scale drought: Application of assimilated remote sensing products, crop model, and statistical methods to an agricultural drought study. Journal of Hydrology 2015;526:15-29.

3 - Ji L, Peters AJ. Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. Remote Sensing of Environment 2003;87:85-98.

4 - Rhee J, Im J, Carbone GJ. Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi sensor remote sensing data. Remote Sensing of Environment 2010;114:2875-87.

5 - Chander G, Markham BL, Helder DL. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote Sensing of Environment 2009;113:893-903.

6 - Kogan FN. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research. 1995;15(11):91-100.

٧- المصدر نفسه .

8 - Kogan FN. Operational space technology for global vegetation assessment. Bulletin of the American Meterological Society 2001;82(9):1949-64.
9-Landsat 8-9 Collection 2 (C2) Level 2 Science Product (L2SP) Guide
https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-9-collection-2-level-2-science-product-guide
١٠-القيسي, كمال عبد على الله, ٢٠١٨, حساب التبخر السطحي والتغير على المساحة السطحية لبحيرة الحبانية – العراق باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية, الاردن, جامعة مؤتة, كلية الدراسات العليا, رسالة ماجستير (غير منشورة).
(٩)Landsat 8-9 Collection 2 (C2) Level 2 Science Product (L2SP) Guide
https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-9-collection-2-level-2-science-product-guide

(١٠)Landsat 8-9 Collection 2 (C2) Level 2 Science Product (L2SP) Guide
https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-9-collection-2-level-2-science-product-guide

(١١)القيسي, كمال عبد على الله, ٢٠١٨, حساب التبخر السطحي والتغير على المساحة السطحية لبحيرة الحبانية – العراق باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية, الاردن, جامعة مؤتة, كلية الدراسات العليا, رسالة ماجستير (غير منشورة).
(١٢)القيسي, كمال عبد على الله, ٢٠١٨, حساب التبخر السطحي والتغير على المساحة السطحية لبحيرة الحبانية – العراق باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية, الاردن, جامعة مؤتة, كلية الدراسات العليا, رسالة ماجستير (غير منشورة).