

<https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v16i1>

استخلاص الترب المتأثرة بعمليات التعرية من المؤشرات الطيفية للأحواض الشمالية المغذية لنهر الخابور باستعمال GIS،RS

م. م. طالب عطشان مجيفي

جمهورية العراق- جامعة سومر/ رئاسة الجامعة / قسم الشؤون الادارية والمالية

Art43gsg45@utq.edu.iq

أ. د. علي مجيد ياسين

جمهورية العراق- جامعة ذي قار/ كلية الاداب /قسم الجغرافية

alimajeed@utq.edu.iq

الملخص

تعد المؤشرات الطيفية نهج جديد ومؤثر في استخلاص خصائص الترب والمشاكل التي تتعرض لها، إذ يوفر الاستشعار عن بعد بيانات تاريخية لتتبع التغيرات في خصائص الظواهر الطبيعية باستعمال المؤشرات الطيفية مثل مؤشر الحالة النباتية (VCI) الذي يبين مقدار الجفاف في النبات ، ومؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST)، ومؤشر رطوبة التربة (SMI)، إذ ان ارتفاع درجة حرارة السطح وقلّة الرطوبة في التربة ذات ارتباط مهم في الحالة النباتية للتربة ومن ثم خصوبتها وتماسكها، فالترب الجرداء ذات تأثر اكبر بالتعرية المائية من الترب ذات الغطاء النباتي الكثيف والصحي والتي تكون اكثر تماسكا واحتفاظا بالرطوبة في التربة واقل تبادل للطاقة وهو امر ذات اهمية كبيرة في الكشف عن التغيرات البيئية ومن ثم معرفة خصائص الترب ومدى تأثرها بالتعرية المائية. يهدف البحث الى فهم التغيرات البيئية وعلاقتها بخصائص التربة والمشاكل التي تتعرض لها التربة نتيجة تلك التغيرات باستخدام الاستشعار عن بعد للمساهمة في اتخاذ القرار والادارة المتكاملة للموارد الطبيعية، إذ ان التغيرات في الغطاء النباتي يخضع للتغيرات البيئية مثل الجفاف وارتفاع درجة حرارة سطح الارض وقلّة رطوبة التربة. تبيّن خلال البحث ان هناك تباين مكاني وزماني لقيم المؤشرات الطيفية مما يعني تباين خصائص التربة من رطوبة وجفاف ودرجة حرارة السطح ومن ثم تباين قابليتها للتعرية المائية بتباين كثافة الغطاء النباتي نتيجة لتباين محتوى الرطوبة وتبادل الطاقة الحرارية.

الكلمات المفتاحية: المؤشرات الطيفية، مؤشر الحالة النباتية (VCI)، مؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST)، ومؤشر رطوبة التربة (SMI).

Extraction of soils Affected by Erosion Processes from Spectral Indices of the northern basins of the Khabur River using GIS-RS

Ass. Lecturer Talib Atshan Majifi

Republic of Iraq - Sumer University / University Presidency/

Art43gsg45@utq.edu.iq

Prof. Dr. Ali Majeed Yasseen

Republic of Iraq - Dhi Qar University / College of Arts /Department of Geography

alimajeed@utq.edu.iq

Abstract

Spectral indices represent a modern and effective approach for extracting soil characteristics and identifying the problems affecting them. Remote sensing provides historical datasets that enable monitoring changes in the properties of natural phenomena through the use of spectral indices, such as the Vegetation Condition Index (VCI), which indicates the degree of soil drought, in relation to the Land Surface Temperature (LST) index and the Soil Moisture Index (SMI). An increase in land surface temperature and a decrease in soil moisture are significantly associated with vegetation condition. Bare soils are more susceptible to water erosion than soils with dense and healthy vegetation cover, which tend to be more cohesive, have higher soil moisture retention, and exhibit lower energy exchange. This is of great importance for detecting environmental changes and subsequently identifying soil properties and their susceptibility to water erosion. The aim of this research is to understand environmental changes and their relationship with soil characteristics and the problems affecting them by employing remote sensing techniques, thereby contributing to decision-making and integrated natural resource management. Changes in vegetation cover are influenced by environmental factors such as drought, increased land surface temperature, and reduced soil moisture. The results of the study reveal spatial and temporal variability in the values of spectral indices, indicating variations in soil properties, including moisture, dryness, and surface temperature, and consequently differences in their susceptibility to water erosion. This variability is attributed to differences in vegetation cover density resulting from variations in soil moisture content and thermal energy exchange.

Keywords: Spectral indices , Vegetation conditions Index(VCI) , Land Surface Temperature (LST) ,Soil moisture index.

1- المقدمة:

التربة مورد طبيعي مهم و دائم التغير بتأثير الظروف الطبيعية كالمناخ والتضاريس والعامل البشري، وقد وفرت التقنيات الجغرافية الحديثة دراسة التربة بنهج جديد، اذ تبرز المؤشرات كأداة فعالة في تقييم وتحليل خصائص التربة بالاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بعد التي توفرها بيانات الاقمار الصناعية والتي تتميز بدقة مكانية عالية وتغطية مساحية كبيرة وتوفر الوقت والجهد والوصول السريع، ومن بين الامكانيات التي توفرها البيانات الفضائية المتمثلة بالمرئيات الفضائية امكانية الكشف عن خصائص الترب والمشاكل التي تتعرض لها مراقبة التغيرات المرتبطة لكشف التدهور في التربة من خلال استعمال المؤشرات الطيفية المتنوعة والتي يختص كل مؤشر منها بعكس جانب من خصائص الظاهرة . لذا جاءت هذه الدراسة للكشف عن خصائص الترب باستخدام مؤشرات طيفية محددة بهدف نمذجة تلك الخصائص بخرائط رقمية. تتلخص مشكلة البحث: هل من الممكن الكشف عن خصائص الترب باستخدام المؤشرات الطيفية بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد وبالتكامل مع نظم المعلومات الجغرافية بهدف التعرف على خصائص ومشاكل التربة ومن ثم استخلاص الترب المتأثرة بالتعرية من خلال المؤشرات الطيفية.

يهدف البحث الى نمذجة المؤشرات الطيفية لخصائص الترب لبناء انموذج وقاعدة بيانات وخرائط موضوعية لمنطقة الدراسة تحاكي الواقع بهيئة رقمية باستخدام برامج ومعادلات رياضية للاستدلال على المظاهر الارضية ونموذجة خصائص الترب فيها، كذلك التعرف على المشاكل التي تعانيها الترب في منطقة الحوض خاصة التعرية المائية بالعلاقة مع التأثيرات الطبيعية لمنطقة الدراسة لوضع استراتيجيات للإدارة المتكاملة للحفاظ على التربة والحد من مشاكلها.

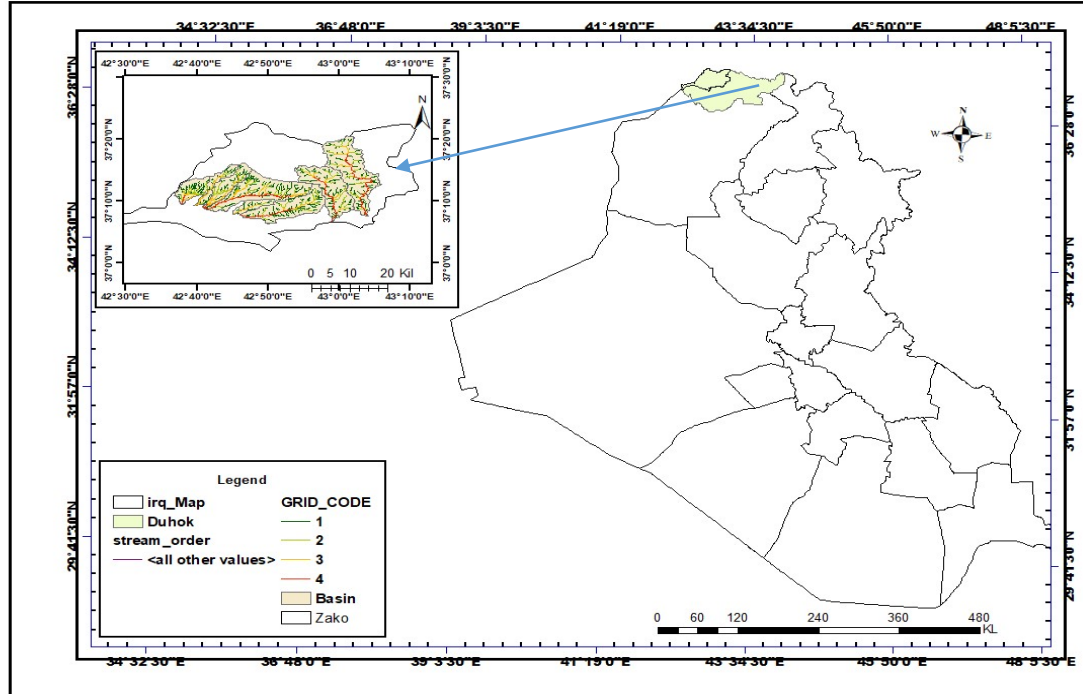
2- منطقة الدراسة

يتمثل الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة في اقصى شمال العراق في المنطقة التي تشغل الركن الشمالي الغربي من محافظة دهوك ضمن حدود قضاء زاخو والتي تقع ضمن منطقة الجبال العالية التي تتكون من سلاسل جبلية ذات انحدارات شديدة وتضاريس معقدة تحيط بوديان متعددة تشكل في مجموعها الاحواض الشمالية لنهر الخابور، يحدها من الشرق قضاء العمادية ، ومن الشمال والشمال الغربي تركيا ، والجنوب قضاء دهوك ، تمتد فلكياً ، بين دائرتي عرض (25-31°) و (48-30°) شمالاً، وقوسي طول (38-45°)، (10-46°) شرقاً (الخريطة رقم1)، وتتكون من ثمانية احواض ثانوية تمتد من الشمال الى الجنوب والجنوب الغربي وتصب جميعها في نهر الخابور، تبلغ مساحة منطقة الدراسة (548.669) كم². يتصف مناخ منطقة الدراسة بالاعتدال، اذ تبدأ درجات الحرارة بالانخفاض في أشهر الشتاء حتى تصل الى درجة التجمد في بعض الاشهر، اذ بلغت أدنى درجة حرارة لشهر كانون الثاني (6.74 - م°) ومن ثم ترتفع في أشهر الصيف تموز (21.71 م°). يكون التساقط على شكل امطار وتلوج يبدأ تساقط الامطار في شهر ايلول ويستمر الى شهر حزيران لكن الكمية الاكبر من الامطار تسقط في اشهر الشتاء بسبب تكرار المنخفضات الجوية القادمة من البحر المتوسط اذ بلغ مجموع الامطار في شهر كانون الثاني (668.24 ملم)، اما في فصل الربيع كان اعلى مجموع في شهر اذار (796.89 ملم) اما في فصل الخريف كانت الامطار بشكل اقل بسبب قلة مرور المنخفضات الجوية ، مع انقطاع الامطار في فصل الصيف.

3- أصناف الترب في منطقة الدراسة

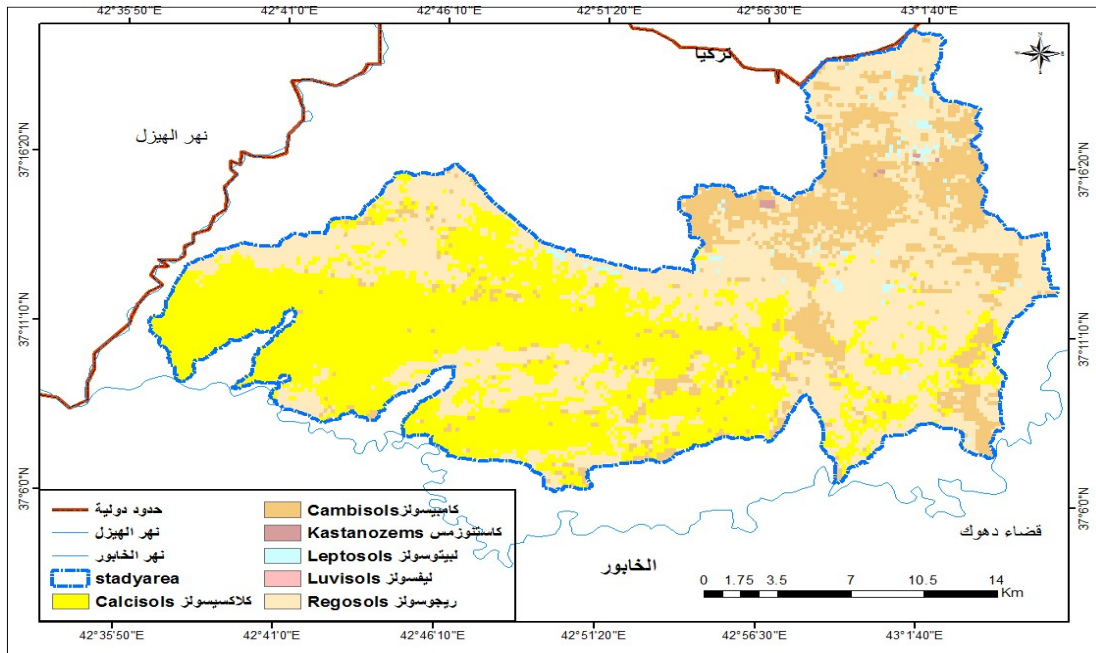
تم الاعتماد في تصنيف الترب حسب نظام الاساس المرجعي العالمي لموارد التربة (WRB) وهو نظام قياسي دولي لتصنيف التربة معتمد من الاتحاد الدولي لعلوم التربة IUSS وهو من أحدث التصنيفات واكثرها دقة في التعبير عن اصناف الترب الرئيسية. اذ ظهر من خلال تصنيف ان هناك (6) اصناف من التربة ، الخريطة(2). كان الصنف الاوسع انتشارا هو ريغوسولز (Regosols) وهي ترب ضعيفة التطور، رسوبية غير متماسكة وهشة ضعيفة امام عمليات التعرية المائية، تنتشر في المناطق ذات التضاريس التي تنشط فيها عمليات تآكل التربة وتكون متوسطة السمك لتعرضها المستمر للتعرية يشكل هذا الصنف اكبر نسبة ومساحة في الحوض (227,94) كم²، وبنسبة (42%) ، ونظرا لنسجتها الناعمة فهي تساعد على سرعة الجريان السطحي، وتتوزع مكانياً في اجزاء واسعة خاصة الشمالية والشرقية ووسط منطقة الدراسة. اضافة الى ارتفاع نسبة صنف (Calcisols) ترب كربونات الكالسيوم، تدل على الترب التي تحتوي على تراكمات كبيرة من رواسب الجير الطينية، بلغت نسبة هذا الصنف (41%) وتغطي مساحة (223,53) كم².

الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على: جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم انتاج الخرائط، خريطة العراق الادارية 1:1000000، وخريطة محافظة دهوك الادارية مقياس 1:250000 2010، بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.2.

خريطة (2) أصناف التربة حسب WRB في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على (https://soilgrids.org) و برنامج ArcMap10.2.

4- طريقة العمل وجمع البيانات

تم اشتقاق المؤشرات الطيفية من بيانات الاستشعار عن بعد للقمر OLI/TIR (Land sat 8/9) من موقع USGU بالولايات المتحدة الأمريكية (www.earthexplorer.usgs.gov) بخطوات متسلسلة في برنامج (Arc Gis) اذ يتم ادخال المرئيات الى برنامج (Arc Map) ثم يتم الاقتطاع على منطقة الدراسة وتحديد النطاق 4 ونطاق 5 وبيانات النطاق 10 الرقمية لمستشعر الأشعة تحت الحمراء الحراري (TIR) اضافة الى ملف (MTL) المرفق مع المرئية ، ينظر الجداول (1،2،3)، ومن ثم تطبيق المعادلات الخاصة بالمؤشرات الطيفية. اذ تم تقدير درجة حرارة سطح الأرض (LST)، ورطوبة التربة SMI للسنوات (2020-2023)، كما تم استخراج مؤشر الحالة النباتية (VCI- Vegetation conditions Index) (VCI) للسنوات (2014/2018 / 2023). تم الاعتماد على مؤشر الغطاء النباتي NDVI في استخراج مؤشر VCI، لذا كانت الخطوة الاولى هي استخراج مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) كونه يُعتمد عليه في استخراج مؤشر (VCI). بعد استخراج طبقات مؤشر (NDVI) تم معالجتها واستخراج الحد الاعلى والحد الادنى maximum، (minimum) والتي تمثل القيم لمؤشر (NDVI) لمنطقة الدراسة لعدة سنوات ولنفس الشهر من الاداة (Local) من الخيار (Cell Statistics)، ومن ثم تطبيق المعادلة الاساسية لمؤشر الحالة النباتية (Vegetation conditions Index). تم العمل بحسب المعادلات والخطوات الاتية:

4-1/ اشتقاق مؤشر (VCI- Vegetation Conditions Index):

$$VCI = 100 \times (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$$

4-2/ اشتقاق درجة حرارة سطح الأرض / Land Surface Temperature (LST) حسب الخطوات الاتية:

$$4-2-1/- قطع الحزم (B10، B5، B4) للمرئية على منطقة الدراسة$$

4-2-2- تحويل القيم الرقمية DN للأشعة تحت الحمراء اعلى الغلاف الجوي الى وحدات اشعاع طيفي (TOA)، وحسب المعادلة الاتية (Onueghu, 2024):

$$TOA = ML * Band_{10} + AL - O_i$$

L(λ): TOA spectral radiance

ML: Radiance multiplicative band (from MTL txt)- RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04

AL: Radiance add band #10 (from MTL txt)- RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000

O_i: correction value (for Landsat 8 Band#10 its = 0.29)

اذ ان:

$$TOA = \text{الاشعاع الطيفي}$$

ثابت يأخذ من ملف MTL الخاص بالمرئية = ML

ثابت يأخذ من ملف MTL الخاص بالمرئية = AL

ثابت يمثل قيمة تصحيح النطاق رقم B10 = O_i = 0.29

4-2-3/- حساب قيمة (BT):

تحويل درجة حرارة سطح الارض من الكلفن الى سيليزية، يتم استخدام النطاق (10) للأشعة تحت الحمراء الحرارية للمستشعر (TIRS) كونه يمتاز بدقة أكثر من النطاق (11)، وتحسب قيمة (BT) حسب المعادلة (Balas, D. B, 2023):

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

BT: Top of Atmosphere brightness temperature C°

L(λ): TOA spectral radiance

K1: K1 constant for band#10 (from MTL txt)- $K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853$

K2: K2 constant for band#10 (from MTL txt)- $K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789$

اذ ان:

BT = اعلى درجة سطوع الغلاف الجوي

TOA = الاشعاع الطيفي

ثابت للنطاق رقم 10 من ملف MTL = K2 K1

4-2-4/ حساب مؤشر الغطاء النباتي الموحد (NDVI) Normalized Difference Vegetation Index

ان فهم الارتباطات المكانية والزمانية بين مؤشر الغطاء النباتي الموحد (NDVI) ودرجة حرارة سطح الارض (LST) في غاية الالهية، اذ ان هناك علاقة عكسية بين انخفاض مؤشر الغطاء النباتي وارتفاع درجة حرارة سطح الارض والمقترنة بالاستخدام المتنوع للارض وكمية التساقط وبالتالي كثافة الغطاء النباتي الذي يقلل من أثر التغيرات المناخية التي تتجه نحو الجفاف من خلال دوره في التأثير على تبادل الطاقة والرطوبة وتدفق الكربون على سطح الارض وما يرافقها من ارتفاع في حرارة سطح الارض. وبحسب من خلال المعادلة (Onueghu, 2024):

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

NIR = DN value from Near Infrared (band 5)

RED = DN value from Red (band 4)

اذ ان:

NIR = الانعكاسية في حزمة الاشعة تحت الحمراء القريبة

RED = الانعكاسية في حزمة الاشعة الحمراء المرئية

لذا ان مؤشر الغطاء النباتي أحد الخطوات المهمة في حساب درجة حرارة سطح الارض، اذ ان وجود الغطاء النباتي على التربة يؤثر في قيم امتصاص الاشعاع الشمسي وبالتالي قيم انبعاث الموجات الحرارية، اذ تشير القيم الموجبة الى وجود الغطاء النباتي الكثيف. اما القيم السالبة فتشير الى وجود الاراضي الجرداء التي لها دور كبير في امتصاص الاشعاع واعادة بثه على شكل موجات حرارية، لذا هناك علاقة عكسية بين انخفاض الغطاء النباتي وزيادة درجة حرارة سطح الارض كون الغطاء النباتي يتأثر بالظروف المناخية والفصلية وان تباينه خلال مواسم السنة يؤدي الى تباين في قيم حرارة سطح الارض ومن ثم خصائص التربة من جفاف ورطوبة. كما ان زيادة مساحة استخدامات الارض العمرانية من طرق وبناء يساعد كثيرا في رفع درجة حرارة سطح الارض كون الزحف العمراني يكون على حساب الغطاء النباتي الطبيعي والاراضي الزراعية التي لها دور مهم في تلطيف حرارة سطح الارض.

4-2-5. اشتقاق انبعاثية سطح الأرض (LSE) Land Surface Emissivity

يتم في هذه الخطوة حساب نسبة الغطاء النباتي الذي يدخل في الانبعاث الحراري، اذ ان المناطق ذات الغطاء النباتي تختلف في الانبعاث الحراري عن المناطق العارية من النباتات كما ان لأراضي الجرداء الخالية من النباتات تكون أكثر انبعاثية للحرارة.

يتم حساب نسبة الغطاء النباتي (PV) (PV) بحسب المعادلة التالية (Balas, D. B, 2023):

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

PV: Portion of Vegetation

NDVI: values of NDVI

NDVI max/min: Max & Min values of NDVI image

اذ ان:

- (جزء من الغطاء النباتي) نسبة المناطق المزروعة = PV

- مؤشر الغطاء النباتي = NDVI

- الحد الاقصى لقيم الغطاء النباتي = NDVI max

- الحد الادنى لقيم الغطاء النباتي = NDVI min

4-2-6- حساب مؤشر الانبعاث لسطح الارض ، قيمة (E):

وهي خطوة مهمة في قياس درجة حرارة سطح الارض (LST)، تعرف الانبعاثية السطحية انها قدرة السطح على تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة اشعاعية قابلة للقياس، وتتأثر الانبعاثية السطحية بنوع وخصائص الغطاء الارضي واستعمالات الارض، تم حساب انبعاثية سطح الارض وفقا للمعادلة (Al-Khakani, E. T, et al, 2023):

$$E = 0.004 * PV + 0.986$$

E: Land Surface Emissivity

PV: Portion of Vegetation

اذ ان:

انبعاثية سطح الارض = E

نسبة الغطاء النباتي = PV

4-2-7- حساب درجة حرارة سطح الارض (LST):

يتراوح قيمة مؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST) بين (0-100)، ويعتمد هذا المؤشر على القيم الفعلية لنطاق الاشعة الحرارية الطويلة ومؤشر الصحة النباتية، ويحسب وفقا للمعادلة التالية (Hasnat, G. T. 2022):

$$LST = BT / (1 + (\lambda * BT / C2) * \ln(E))$$

BT: Top of Atmosphere brightness temperature C°

λ : Wavelength of emitted radiance

for Landsat8 Band#10 $\lambda = 10.8$ and for Band#11 $\lambda = 12$

E : Land Surface Emissivity

$C2 = h * c / s$ $C2 = 14388 \text{ mK}$

h: Plank's constant = $6.626 * 10^{-34} \text{ mK}$

s: Boltzmann constant = $1.38 * 10^{-23} \text{ JK}$

c: velocity of light = 2.998×10^8 m/s

اذ ان:

LST = مؤشر درجة حرارة سطح الارض

λ = طول موجة الاشعاع المنبعث (ثابت في الباند 10) 10.8

BT = درجة حرارة اعلى العلاف الجوي

$C_2 = 14388$

E = انبعاثية سطح الأرض

3-4/ اشتقاق مؤشر رطوبة التربة (Soil Moisture Index (SMI) حسب المعادلة التالية (Klinke, R. et al, 2018):

$$SMI = (LST_{max} - LST) / (LST_{max} - LST_{min})$$

جدول (1) الحزم المستخدمة في المؤشرات الطيفية

السنوات	الموسم	القمر	المستشعر	النطاق	الدقة المكانية
2020	الرطب/جاف	Landsat8	OLI/ TIRS	B10•B5•B4	30M
2023	الرطب/ الجاف	Landsat8	OLI/ TIRS	B10•B5•B4	30M

المصدر: المرئيات الفضائية Landsat 8 OLI 2023/2020 بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية
'earthexplorer.usgs.gov

جدول (3) الثوابت التي يتم استخدامها في خطوات (LST) من ملف (metadata) المرفق مع مرئية 1 Landsat 8 OLI TIRS Level 1

البيانات	التفصيل	الثابت
ML	ثابت From MTL txt	0.0003342
AL	ثابت From MTL txt	0.10
Oi	قيمة تصحيح النطاق 10	0.29
MTL	Raaince_Mult_B10	0.0003420
MTL	Raaince_B_10	0.10000
K1	Constant For B10	774.8853
K2	Constant For B10	1321.0789
C2		14388 MK

10.8	ثابت النطاق 10 في مرئية 8 Landsat	٦
------	-----------------------------------	---

المصدر: المرئيات الفضائية Landsat 8 OLI 2023/2020 بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية
earthexplorer.usgs.gov

5- النتائج والمناقشة

1-5/ استخلاص الترب المتأثرة بعمليات التعرية من المؤشرات الطيفية

1-1-5/ مؤشر الحالة النباتية (VCI) Vegetation conditions Index

يستخدم مؤشر (VCI) لتحديد حالة الجفاف وبدايته وشدته وأثره على الغطاء النباتي، اذ يُميز مؤشر VCI ظروف الرطوبة في النطاقات المرئية والقريبة من الأشعة تحت الحمراء. تتراوح قيم المؤشر من (0-100). وعليه فإن مؤشر حالة النبات (VCI) خلال الأشهر شديدة الجفاف يكون (صفر) او قريب من الصفر، وعندما يكون النبات في حالة عادية تكون قيمة المؤشر (0.5) اي (50%) أما في الظروف المثلى للنبات فإن المؤشر يكون قريباً من (1) (100%)، M. et al، Masroor (2022). كما يقارن مؤشر (VCI) التغيرات في الغطاء النباتي من خلال الفروق الزمنية لقيم المؤشر، ويساعد في تقييم صحة الغطاء النباتي وظروف الجفاف الزراعي الذي يؤثر على صحة وسلامة النباتات، اذ ان الغطاء النباتي هو انعكاس لظروف التربة من جفاف وحرارة ورطوبة، ويعتمد في بياناته على الاستشعار عن بعد (Bouaziz, M,2011).

يمكن من خلال هذا المؤشر تقييم ظروف الجفاف الذي يؤثر على حالة النبات ويعكس ذلك على خصائصها وضعفها امام تعرية التربة. وكون هذا المؤشر يستخدم الفترات الجافة فقط لذا تم استخدام المرئيات الفضائية للفصل الجاف فقط. تم استخدام فترة خمس سنوات لبيان مدى الجفاف لنفس الشهر. ومن ثم تصنيف قيم المؤشر الى خمس فئات وبحسب الجدول (4) تصنيف قيم مؤشر الجفاف، اذ يسمح هذا التصنيف بفهم أكثر وضوحاً لظروف الجفاف، تشير القيم المنخفضة لمؤشر (VCI) الى ظروف وحالة نبات سيئة مما يعني ان هناك جفاف شديد تواجهه التربة، في حين تشير القيم العالية الى حالة نباتية جيدة نتيجة لتوفر ظروف رطوبة في التربة ساعدة على وجود الغطاء النباتي.

جدول (4) تصنيف قيم مؤشر (VCI)

الفئات	نطاق قيمة المؤشر	فئات الجفاف لمؤشر VCI	فئات الجفاف
1	0-20	Extreme Drought	جفاف شديد جدا
2	21-40	Severe Drought	جفاف شديد
3	41-60	Moderate Drought	جفاف متوسط
4	61-80	No Drought	لا جفاف
5	81-100	Wet	رطب

المصدر: (Sawant, S., & Kukkemane, S. (2024. p134)

خلال العام 2014 يتضح من الجدول (5) والخريطة (3) التي تبين قيم مؤشر (VCI) ان هناك تباين مكاني لفئات قيم المؤشر. اذ شمل الجفاف الشديد جدا الذي تمثل بالفئة (0-20) الاكبر نسبة من الاراضي (61.22%) وبلغ مساحة كبيرة في منطقة الدراسة (335.89) كم²، وتتنوع مكائيا في معظم اجزاء منطقة حوض الدراسة و كانت بشكل عام ضمن صنف تربة (كامبيسولز) التي تقع على سطح منحدر يتعرض باستمرار الى عمليات التآكل وصنف تربة (الريجوسولز) التي تنشط فيها عمليات التعرية بسبب نسجتها. اما المناطق الغير متأثرة بالجفاف (لا جفاف+ رطب) تشكل حوالي (22%) اي ثلث المساحة تقريبا تمثلت بالفئة الخامسة (81-100) والرابعة (61-80) بلغت مجموع مساحتهما (111) كم²، وامتدت مكائيا في الاجزاء الوسطى والغربية في صنف تربة (كالميسولز) ذات النسجة الناعمة كونها تكونت من الرواسب الطينية اذ تحتفظ التربة بالرطوبة اطول فترة ممكنة في فصل

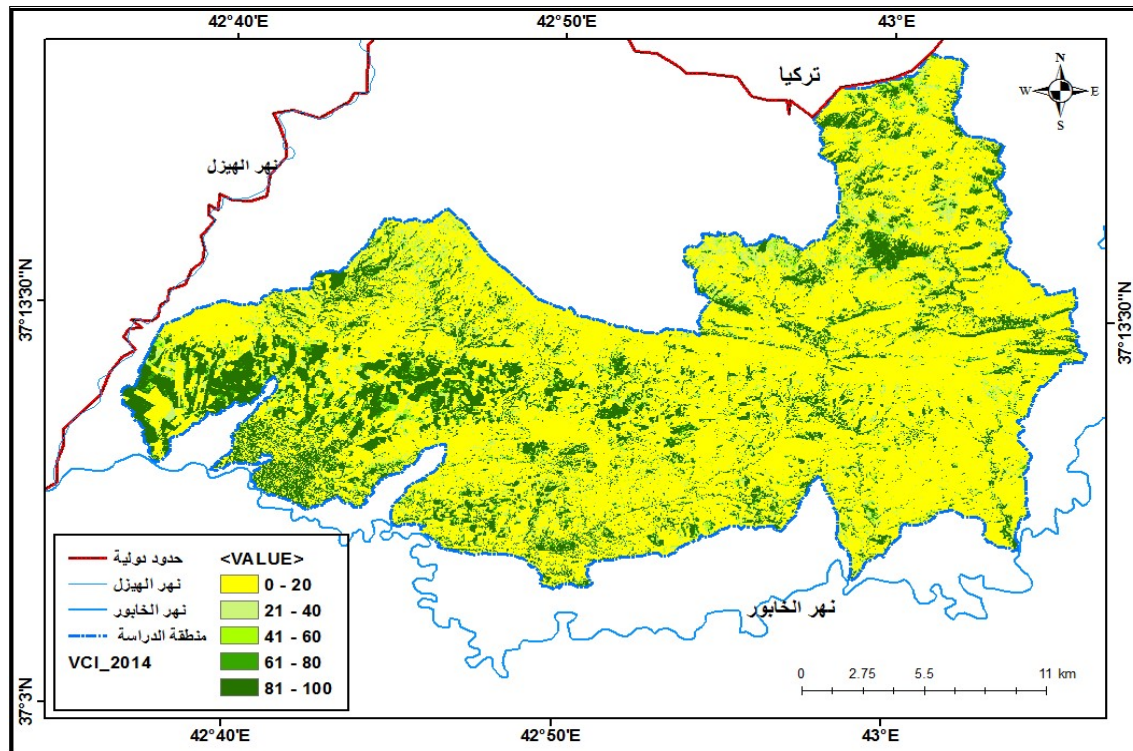
الجفاف. نستدل مما سبق ان معظم الاراضي ذات الاصناف المتنوعة من الترب تعاني من مستويات مختلفة من الجفاف وهذا يؤثر على خصائص التربة واحوال الزراعة وتغذية المياه الجوفية التي يعتمد عليها بشكل كبير في الزراعة في منطقة الدراسة ويتضح ذلك من تباين الغطاء النباتي خلال ذلك الموسم. ومن الطبيعي ان تتأثر احوال وخصائص التربة وتزداد قابليتها للتعرية نتيجة الجفاف اذ تصبح التربة هشة ومفككة وقليلة الغطاء النباتي.

جدول (5) نسبة ومساحة مؤشر (VCI) للموسم الحار 2014

النسبة %	المساحة/كم ²	الفئات	فئات الجفاف
61.22	335.89	0-20	جفاف شديد جدا
9.75	53.52	21-40	جفاف شديد
6.92	37.97	41-60	جفاف متوسط
5.3	29.11	61-80	لا جفاف
16.18	92.21	81-100	رطب
%100	548.699	المجموع	

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات Landsat 8-Oli 2014، برنامج ArcMap 10.2

خريطة (3) التباين المكاني لمؤشر (VCI) للموسم الجاف 2014



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI، بتاريخ (2014/8/12) و برنامج ArcMap10.2

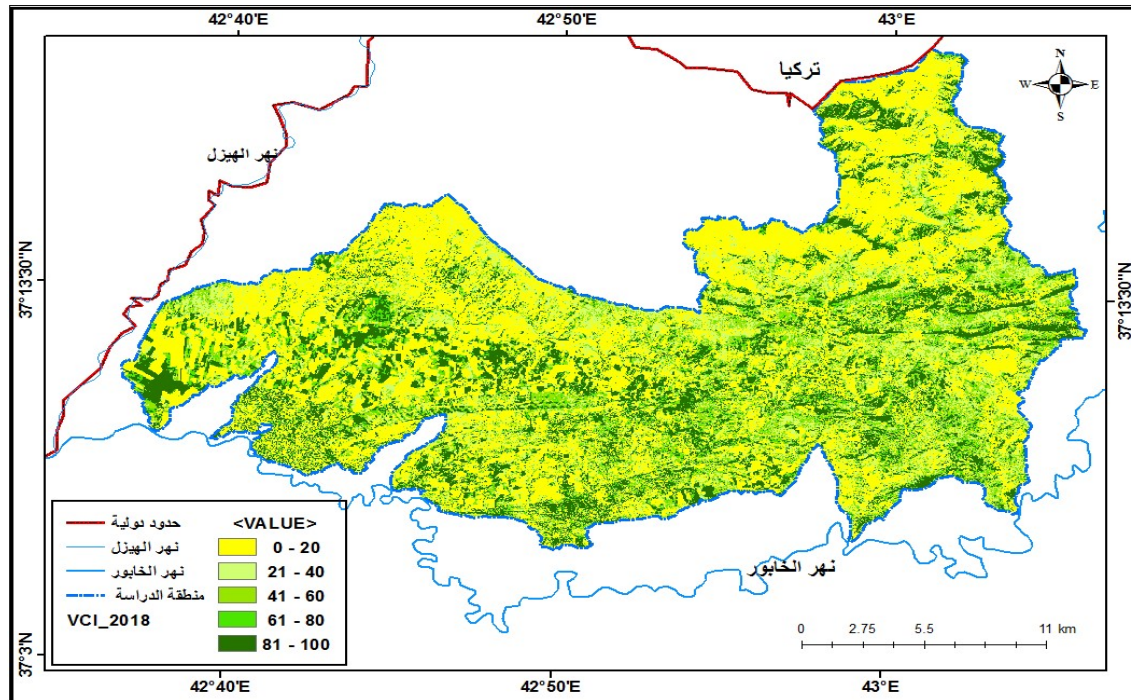
خلال العام 2018 من خلال الجدول (6) والخريطة (4) الخاصة بالتباين المكاني لمؤشر (VCI) يتضح ان هناك تباين مكاني في قيم المؤشر ايضا. اذ كانت الفئة الاولى (0-20) تشغل أكبر مساحة (203.22) كم² ونسبة مئوية (37.04%) وتمتد مكانيا في اجزاء متفرقة من الحوض خاصة المناطق المرتفعة وذات الانحدار في الاجزاء الشمالية من الحوض وهي المناطق ذات الاراضي الجرداء من الغطاء النباتي في ذلك الموسم اذ تتميز بندرة الغطاء النباتي. كذلك بعض الاجزاء الغربية اذ تمتد بشكل كبير ضمن صنف تربة الريجوسولز وبعض المناطق من صنف الكامبيسولز. يشكل صنف الجفاف المتوسط والخفيف معا نسبة نحو (33%) وهي نسبة كبيرة تدل على ظروف بيئية غير مستقرة. الفئة الخامسة (100-81) وتتمثل هذه الفئة بعدم وجود جفاف، كانت اقل مساحة (104.11) كم² وشغلت نسبة مئوية (18.97%) امتدت مكانيا في الاجزاء المنخفضة جنوب وجنوب غرب منطقة الدراسة بشكل خاص ضمن صنف تربة الكاليسولز في الاجزاء ذات الغطاء النباتي او الترب المزروعة في سهل زاخو.

جدول (6) نسبة ومساحة مؤشر (VCI) للموسم الحار 2018

النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	فئات الجفاف
37.04	203.22	0-20	جفاف شديد جدا
17.56	96.33	21-40	جفاف شديد
15.92	87.36	41-60	جفاف متوسط
10.51	57.68	61-80	لا جفاف
18.97	104.11	81-100	رطب
%100	548.699	المجموع	

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات Landsat 8-Oli 2018 وبرنامج ArcMap 10.2

خريطة (4) التباين المكاني لمؤشر (VCI) للموسم الجاف 2018



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI، بتاريخ (2018/8/23) وبرنامج ArcMap10.2

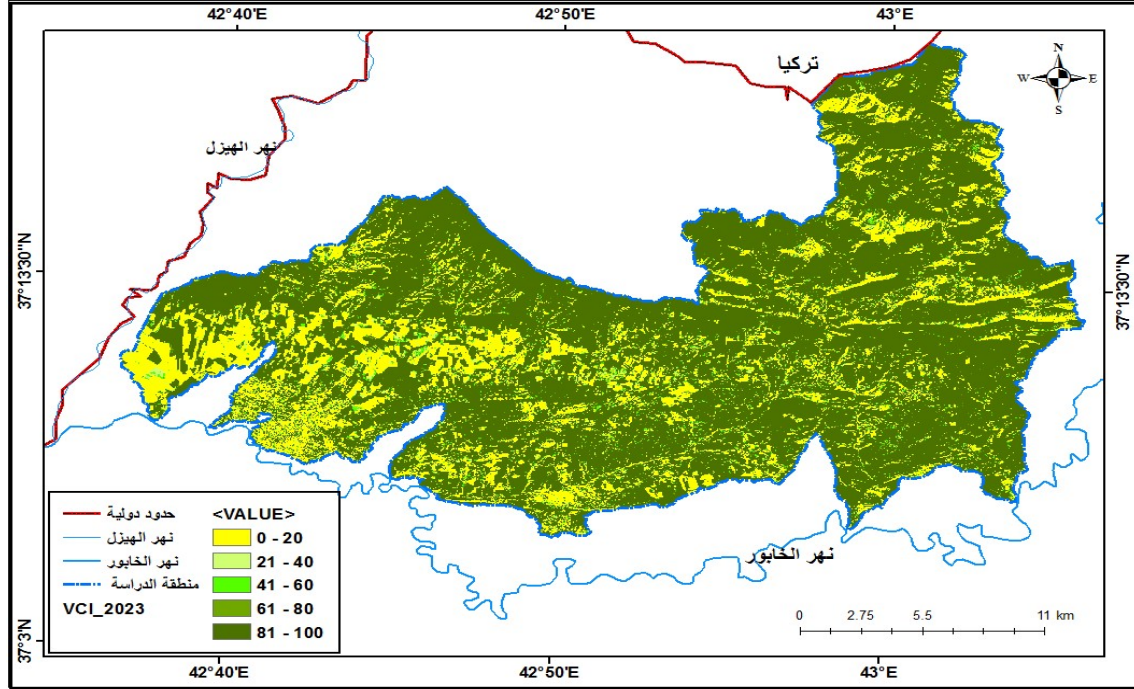
خلال العام 2023، يتضح من الخريطة (5) انخفاض قيم مؤشر الجفاف خلال هذا العام بالمقارنة بالسنوات السابقة ليرتفع معها نسبة الرطوبة في التربة، مما انعكس على زيادة كثافة الغطاء النباتي اذ ان معظم الاراضي كانت تعاني من مستويات مختلفة من الجفاف بحسب قيم المؤشر لكن يمكن ملاحظة انخفاض مساحة ونسبة القيم التي تمثل الجفاف. ويظهر الجدول (7) فئات الجفاف في الموسم الحار للعام 2023، شمل صنف الجفاف الشديد جدا النسبة الاقل بين الاراضي وتمثل ذلك بقيم الفئة الاولى (0-20) اقل مساحة ونسبة مئوية (99.61) كم²، ونسبة (18.15%) وامتدت مكانيا في اجزاء متفرقة من شمال وغرب الحوض. اما الفئة الخامسة (81-100) التي تبين صنف الاراضي خالية من الجفاف(رطب) اذ بلغت مساحة (399.86) كم²، ونسبة مئوية (72.87%) شملت مكانيا معظم منطقة الدراسة.

جدول (7) نسبة ومساحة مؤشر (VCI) للموسم الحار 2023

النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	فئات الجفاف
18.15	99.61	0-20	جفاف شديد جدا
2.76	15.17	21-40	جفاف شديد
2.96	16.26	41-60	جفاف متوسط
3.24	17.8	61-80	لا جفاف
72.87	399.86	81-100	رطب
%100	548.6991	المجموع	

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات Landsat 8-Oli 2023 وبرنامج ArcMap 10.2

خريطة (5) التباين المكاني مؤشر (VCI) للموسم الجاف 2023



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي (Land Sat OLI) وبرنامج ArcMap10.2

يظهر من استخدام مؤشر (VCI) ان الاحواض الشمالية المغذية لنهر الخابور شهدت جفافا خلال الأعوام (2014-2023) اذ كان اكثر من (50%) من مساحة الحوض تقع بين فئات الجفاف الشديد جدا الى الجفاف المتوسط ويرتبط ذلك بانخفاض هطول الامطار وقد ادى الى جفاف التربة ومن ثم قلة كثافة الغطاء النباتي نتيجة قلة الرطوبة فيها مما يجعل من التربة الجافة تعاني من خطر التعرية المائية كونها مفككة وغير متماسكة ومما ساعد على ذلك النفاذية العالية لمعظم ترب الحوض كذلك الانحدار العالي لمعظم ترب الحوض والذي نتج عنه سرعة الجريان والتصريف العالي للمياه .

5-1-2/ استخلاص الترب من مؤشر درجة حرارة سطح الارض LST

تُعرف درجة حرارة سطح الارض انها الحرارة التي ينتجها سطح الارض ويمكن قياسها ب (الكلفن، السيليزية). اذ ان (LST) درجة الحرارة الاشعاعية الفعلية لقشرة سطح الارض المستمدة من الاشعاع الشمسي اثناء النهار ويعاد اشعاعها اثناء الليل مما يخلف فرقا في طاقة السطح ومن ثم ترتفع درجة حرارة سطح الارض، وهو مؤشر مهم لمراقبة التغيرات البيئية والمناخية على الغطاء الارضي مثل التربة، والمياه، والنبات، ودرجة حرارة السطح. ويستخدم الاستشعار عن بعد في استخراج درجة حرارة سطح الارض نظرا لمراقبتها المستمرة لسطح الارض والغطاء الارضي على مدى فترات زمنية (Hasnat, G. T. 2022).

درجة حرارة سطح الارض مؤشر مهم في التعرف على خصائص التربة من خلال التعرف على صافي الاشعاع على سطح التربة، اضافة الى مراقبة المحاصيل والنبات. تؤثر خصائص السطح ونوع الغطاء الارض واستعمالات الارض وتوسع المنطقة الحضرية في تغيرات درجة حرارة سطح الارض، اذ ان درجة حرارة سطح الارض حساسة لخصائص سطح الارض المختلفة، لذا يمكن استخدامها لاستخراج معلومات مختلفة للغطاء الارضي، كما يمكن من خلالها معرفة بعض التأثيرات الاخرى مثل التغير في المناخ المحلي ومشاكل النظام البيئي (Nawarathna, B. R. et al, (2023).

مما سبق؛ يمكن استخدام مؤشر (LST) لتحديد التغيرات في درجة حرارة التربة والتي تشير الى التغير في خصائصها ومن ثم تدهورها، اذ ان هذا المؤشر يظهر علاقة قوية بخصائص التربة، كون درجة حرارة سطح الارض تتأثر بعوامل عدة مثل نسجة التربة، نوع وعمق، رطوبة التربة وكثافة الغطاء النباتي. كما ان قيم المؤشر تتأثر بالتغيير المناخي الذي يؤثر بدوره على النظام البيئي ومن تلك الاثار هو الجفاف وانخفاض مقدار رطوبة التربة والتي ادت الى قلة الغطاء النباتي الطبيعي والزراعي وبالتالي اصبحت الاراضي الجرداء تغطي مساحات كبيرة، هذا اضافة الى العامل البشري مثل النمو العمراني المتزايد على حساب الاراضي الزراعية كل ذلك يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة سطح الارض ومن ثم التأثير على خصائص التربة وتماسكها، لذلك فان مؤشر (LST) مهم في الكشف عن التدهور البيئي وتقدير خصائص التربة مثل درجة الحرارة والرطوبة والغطاء النباتي من خلال تحليل التغيرات الزمانية والمكانية لخصائص التربة التي تؤدي الى قلة الرطوبة نتيجة الجفاف وارتفاع حرارة سطح الارض ومن ثم نشاط عملية التعرية وتدهور التربة وقلة الانتاجية. كما يُعد قياس درجة حرارة سطح الارض (LST) بمثابة مؤشر موثوق لتقييم توازن الطاقة على سطح الارض ودراسة ديناميكياته من خلال تفاعلات السطح والغلاف الجوي وتدفق الطاقة بينهما مما يساعد على وصف درجة حرارة الطبقة الخارجية للسطح شاملا درجة حرارة سطح التربة العارية من النبات ودرجة حرارة الغطاء النباتي، كذلك تحديد تأثير درجة حرارة سطح المناطق الحضرية بالغطاء النباتي وسطح التربة. ان الطاقة الحرارية المنعكسة من غطاءات سطح الارض لمنطقة الدراسة تمثل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتلك الغطاءات والتي تختلف في قيم الاشعة الحرارية والطاقة المنعكسة، كما ان درجة حرارة سطح الارض تتغير تبعا للتغيرات البيئية للمكان زمانيا ومكانيا وتعد متغيرا مهما لها.

5-1-3/ تحليل انبعاث درجة حرارة سطح الارض للمدة (2018-2025) للفصلين الجاف والرطب

تم استخراج درجة حرارة سطح الارض في منطقة الدراسة وللموسمين الرطب والجاف. يتضح من الخرائط (6،7،8،9) ان هناك تباين مكاني وزماني في قيم درجة الحرارة يرتبط بفصول السنة وتغيرات الغطاء الارضي للمنطقة وخصائص واحوال التربة.

يتضح من الجدول (8) بيانات مؤشر LST للعام 2020 للفصل الجاف والتي سجلت درجة الحرارة العليا (47)م° وشملت المناطق السهلية الاكثر انبساطا في منطقة الدراسة وخلوا من النبات وجافة، اما ادنى درجة حرارة كانت (17) م° وشملت مناطق المنابع العليا الشمالية التي ترتفع عن بقية مناطق جنوب وغرب الحوض وتغطي معظم سطحها اشجار الغابات ورغم ضحالة التربة هناك (كامبيسولز) ومساحات من (الريجوسولز)، الا ان ارتفاع المنطقة عن مستوى سطح البحر كان له دور في خفض درجة حرارة سطح الارض، وتتمثل بالفئة الاولى (29-17) صنف منخفضة الحرارة التي غطت اقل مساحة (52.23) كم²، ونسبة مئوية (9.52)%. وجاءت الفئة الثانية (34-30) متوسطة الحرارة بمساحة بلغت (103.33) كم² ونسبة مئوية (18.83)%. اما الفئة الثالثة (38-35) صنف الحرارة العالية بلغت مساحة (192.44) كم² ونسبة مئوية (35.07)%. تمتد مساحيا في تكوين الفتحة والمقدادية وهي يغطيها تربة (الريجوسولز) اذ يلاحظ ارتفاع قيم درجة الحرارة نتيجة قلة نسبة رطوبة التربة في هذا الموسم والتي ادت الى قلت الغطاء النباتي لها علاقة وثيقة بدرجة حرارة السطح. اما الفئة الرابعة (47-39) عالية جدا جاءت بالكبر مساحة ونسبة بين الفئات اذ بلغت مساحة (200.69) كم² ونسبة مئوية (36.58)%. وتمتد مكانيا في وسط وغرب الحوض خاصة الاراضي السهلية ضمن صنف تربة (الكاليسولز).، اذ ان درجة حرارة سطح الارض في الترب العارية تكون اعلى من الترب الغنية بالغطاء النباتي والاراضي الزراعية كما ان للعامل البشري دور مهم ايضا اذ كان التوسع الحضري وانشاء الطرق على حساب الاراضي الخضراء، اذ ان المناطق الحضرية ترتفع فيها درجة حرارة سطح الارض بسبب قدرتها على امتصاص الاشعاع والاحتفاظ بالحرارة. كما يمكن ملاحظة ان بطون الوديان المائية تكون اقل قيم لمؤشر الحرارة عما يجاورها نتيجة لاحتفاظ التربة بالرطوبة اطول فترة ممكنة وتوفر غطاء نباتي. ان ارتفاع درجة حرارة التربة في الفصل الجاف يؤدي الى انخفاض استقرارها وزيادة فقدانها نتيجة التعرية، كونه يسهم في زيادة معدلات التبخر مما يؤدي الى جفاف التربة وقلة تماسك حبيباتها اذ يؤثر على بنيتها مما يجعلها أكثر عرضة للتعرية بفعل المياه والرياح، كما يؤدي الجفاف الى فقدان الغطاء النباتي الذي يضعف من حماية التربة ويزيد من تعريتها. ان الغطاء النباتي له دور كبير في تباين درجة حرارة سطح التربة، فالتراب العارية تكون أكثر عرضة للاشعاع الشمسي ومن ثم تعيد اشعاع الحرارة من السطح بشكل أكبر. كما ان تباين كثافة الغطاء النباتي له أثر على درجة حرارة سطح الارض اذ ان المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف تؤثر وتقلل من امتصاص

الاشعاع الشمسي. اضافة الى دور رطوبة التربة. كما ان الغطاء العمراني من مباني وطرق يرف من درجة حرارة السطح. لذلك تكون الترب في فصل الصيف اقل رطوبة وأكثر جفافا ومن ثم اقل تماسكا.

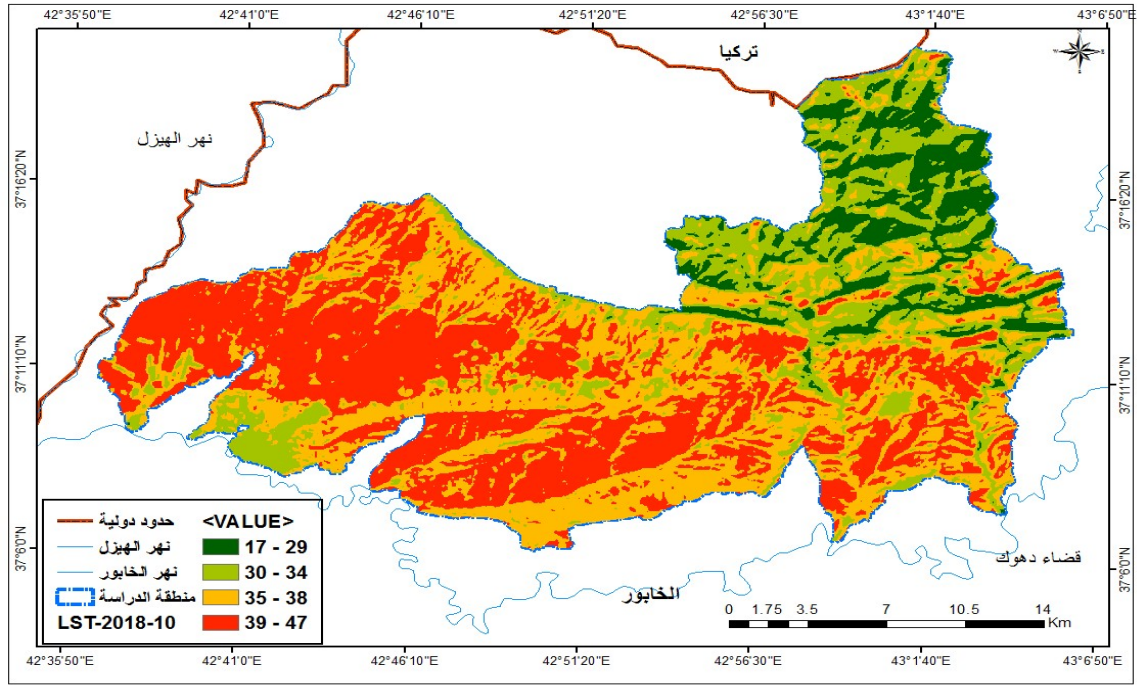
اما في الفصل الرطب لنفس العام (2018) بعد اشتقاق المؤشر تبين ان هناك تباين مكاني في قيم المؤشر. فئة منخفضة الحرارة، تمثل هذا الصنف بالفئة الاولى (41-48) التي شغلت مساحة (31.9) كم²، ونسبة مئوية (5.81%) وتمثلت بالمناطق الشمالي المرتفعة من الحوض التي تتميز بانخفاض درجة الحرارة نتيجة للارتفاع وتغطي غالبا بالثلوج لعدة اشهر من السنة. الفئة الثانية (49-53) متوسطة الحرارة، وشغلت مساحة (49.18) كم²، ونسبة مئوية (8.96%) وهي اكثر حرارة من الفئة الاولى وتمثلت ايضا بمناطق الشمالية المرتفعة من الحوض ضمن تكوين جبلي كان وبلوتي وكارا جين التي تتكون من الحجر الرملي الجيري والمارل الزيتي ضمن صنف تربة (الكامبيسول). بالفئة الثالثة (54-55) الفئة عالية الحرارة، وشغلت مساحة كبيرة من منطقة الدراسة بلغت (231.47) كم²، ونسبة مئوية (42.19%) وتمتد مكائيا في منطقة التلال العالية في وسط وجنوب الحوض وهي مناطق الترب ذات التكوين (الحجر الرملي الحصى) الذي يمتص الحرارة ضمن تكوين باي حسن والمقدادية والذي يقع بحسب تصنيف (WRB) ضمن صنف تربة (الريجوسول، الكلسيسول) الفئة الرابعة (56-61) وهي أكبر الفئات وشغلت مساحة (236.61) كم²، ونسبة مئوية (43.04%) وتمتد مكائيا في المناطق المنخفضة من الحوض والتي معظمها ضمن رواسب العصر الرباعي في صنف الترب الرسوبية المتنوعة النسجة (رمل وحصى وطمي) التي تمتص الحرارة وتحتفظ بها مما يؤثر على نسبة الرطوبة في التربة ويؤدي الى جفافها وبالتالي ضعفها امام عامل التعرية المائية. من خلال ما تقدم اذ يظهر مؤشر (LST) علاقة قوية بخصائص التضاريس من ارتفاع وانخفاض كذلك خصائص التربة من نسجة وسمك ولون ورطوبة والغطاء النباتي.

جدول (8) نسبة ومساحة مؤشر (LST) للموسمين الحار والبارد 2018

الموسم الرطب 2018			الموسم الجاف 2018			
النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	الصنف
5.81	31.9	1.3-23	9.52	52.23	17-29	منخفضة الحرارة
8.96	49.18	24-27	18.83	103.33	30-34	متوسطة الحرارة
42.19	231.47	28-31	35.07	192.44	35-38	عالية الحرارة
43.04	236.61	32-40	36.58	200.69	39-47	عالية جدا
%100	548.6991	المجموع	%100	548.6991	المجموع	

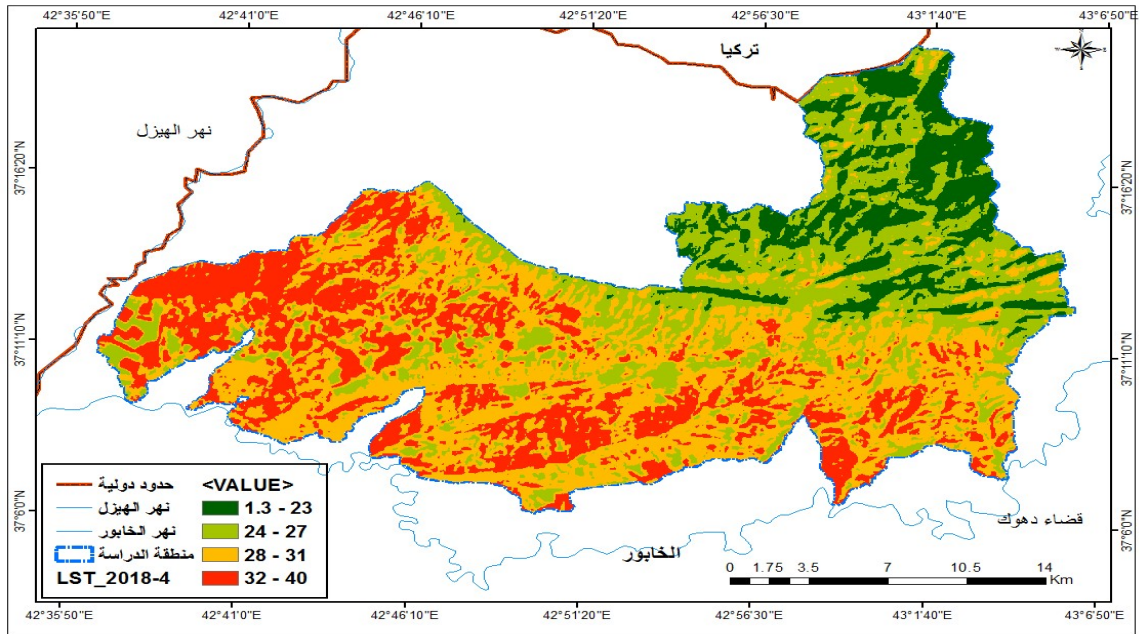
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة (6،7) وبرنامج Arc Map 10.2

خريطة (6) التباين المكاني لمؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST) للموسم الحار 2018



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI، وبرنامج ArcMap10.4.2

خريطة (7) التباين المكاني لمؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST) للموسم البارد 2018



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI، تقانات برنامج ArcMap10.4.2.

خلال العام (2025) كان هناك تباين مكاني وزماني لقيم مؤشر درجة حرارة سطح الارض بالعلاقة مع التضاريس والتكوين الجيولوجي للمنطقة واصناف الترب بحسب نسجة التربة والغطاء النباتي. الموسم الجاف يتضح من الجدول (9) ان الفئة الاولى منخفضة الحرارة (9.4-21) والتي تمتد في الاجزاء الشمالية المرتفعة من الحوض ضمن تكوين (بلوتي، جبل كان، كورا جين)

التي تتكون من الحجر الرملي والمرل والحجر الجيري والزيطي والتي تقع في معظمها ضمن صنف ترب (ليبوسول، الكامبيسول) وهي الترب الضحلة. وكانت اقل الفئات مساحة اذ بلغت (49.62) كم²، ونسبة مئوية (9.04%). ان انخفاض حرارة سطح الارض في هذه المنطقة كان نتيجة كون المنطقة جبلية مرتفعة عما يجاورها. فئة الاراضي متوسطة الحرارة (22-26) والتي تمتد مكانيا في بعض الاجزاء الشمالية والوسطى من منطقة الدراسة ضمن تكوين (عقرة -بخمه، سارجلو، بارسارين، سارمود، ميرجي) والتي تتكون من حجر رملي ومارل وطين وصخر زيتي. وتقع في معظمها ضمن صنف تربة (الكامبيسول). الفئة الثالثة فئة الاراضي عالية الحرارة (27-31) وتقع ضمن تكوين باي حسن والمقدادية وانجانا والتي تتكون من الحجر الرملي والحجر الطيني، وتكوين الفتحة التي تتكون من الجبس والحجر الجيري. وتقع ضمن صنف تربة (كالسيسول، ريجوسول) بلغت مساحتها (189.58) كم²، وبنسبة مئوية بلغت (43،55%). وهي اراضي اقل انخفاض من الفئتين السابقتين ضمن التلال العالية المحيطة بسهل زاخو. ونتيجة لارتفاع درجة حرارة السطح لذا تكون الترب هنا جافة وقليلة الغطاء النباتي وهي ذات مقاومة ضعيفة للتعرية بحكم التضاريس والانحدار. الفئة الرابعة (32-44) عالية الحرارة جدا، تقع في بعض اجزاء تكوين المقدادية وانجانا ذات الحجر الرملي والحصى، وجزء كبير منها ضمن ترسبات العصر الرباعي ضمن رواسب المنحدرات في المنطقة السهلية المنبسطة والمنخفضة عما يجاورها ضمن صنف التربة الكلسية (كالسيسول). بلغت أكبر مساحة بين بقية الفئات (210.27) كم²، ونسبة مئوية (38.32%). اذ تكون الترب نتيجة لارتفاع درجة حرارة السطح في الفصل الجاف ذات رطوبة قليلة وشديدة الجفاف نتيجة لارتفاع قيم التبخر، كما ان قلة او انعدام الغطاء النباتي في هذا الموسم كان سببا في ارتفاع درجة حرارة سطح الارض والذي له دور مهم في درجة حرارة سطح الارض كما اوضحنا.

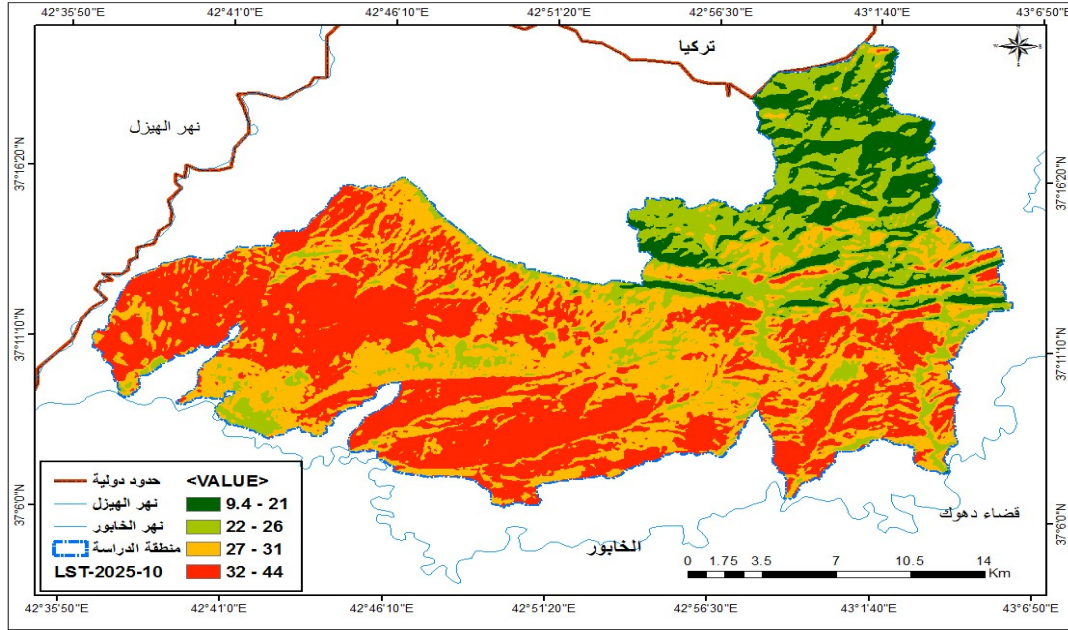
في الفصل البارد من نفس العام (2025) تقع معظم فئات المؤشر ضمن حرارة السطح المنخفضة الى المتوسطة اذ بلغت قيم المؤشر ادناها خاصة في الفئة الاولى (2-7.6) والثانية (7.7-15) وبلغت مساحتها (20.15، 40.09) كم²، ونسبة مئوية (7.31، 3.67%) على التوالي، وتقع في المناطق المرتفعة اقصى شمال الحوض ضمن تكوينات (جيلي كان، وبلوتي، كورا جين) والتي تتكون من الحجر الرملي والجيري ضمن صنف التربة الضحلة (ريجوسول، كامبيسول). الفئة الثالثة (16-18) عالية الحرارة بلغت مساحتها (204.11) كم² وبنسبة مئوية (37.2%) وتمتد مكانيا في بطون الاودية شمال الحوض وفي الجزء الاوسط ضمن تكوين باي حسن والمقدادية في منطقة التلال العالية التي تحيط بسهل زاخو ضمن صنف تربة (كامبيسول، الريجوسول). الفئة الرابعة (19-25) عالية الحرارة جدا بلغت أكبر مساحة بين الفئات الاخرى اذ كانت (284.35) كم² وبنسبة (51.82%) من منطقة الدراسة، وتمتد تضاريسي في سهل زاخو والتلال المتوسطة الارتفاع المحيطة به، و مكانيا في جزء منها ضمن تكوينات باي حسن والمقدادية ذات النسجة الحصوية الرملية. وجزء منها ضمن ترسبات العصر الرباعي ضمن رواسب المنحدرات في صنف تربة الكالسيسول. ان ارتفاع حرارة سطح الارض ضمن هذه الفئة يعود الى انخفاض السطح كونها منطقة سهلية بالمقارنة بما يحيط بها من تلال عالية ومنطقة جبلية كما ان تذبذب الامطار ادى الى قلت الغطاء النباتي الذي له اثر في خفض درجة حرارة السطح.

جدول (9) تباين مساحة ونسبة مؤشر (LST) للموسمين الحار والبارد 2025

الموسم الرطب 2025			الموسم الجاف 2025			
النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	الصنف
3.67	20.15	2—7.6	9.04	49.62	9.4-21	منخفضة الحرارة
7.31	40.09	7.7-15	18.08	99.23	22-26	متوسطة الحرارة
37.2	204.11	16-18	34.55	189.58	27-31	عالية الحرارة
51.82	284.35	19-25	38.32	210.27	32-44	عالية جدا
100%	548.6991	المجموع	100%	548.6991	المجموع	

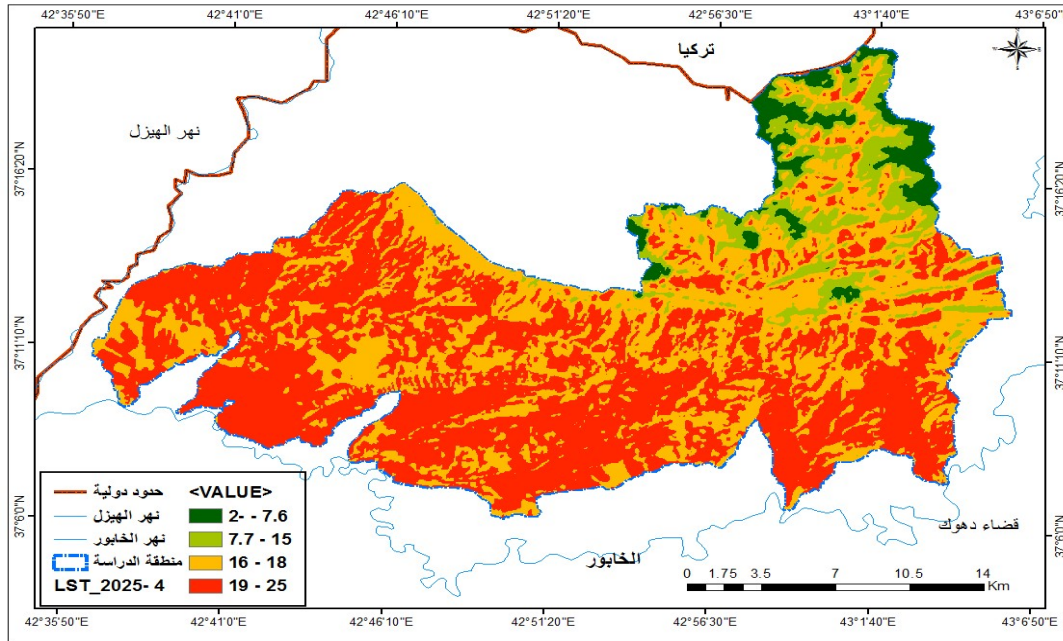
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة (9٠8) وبرنامج ArcMap 10.2

خريطة (8) التباين المكاني لمؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST) للموسم الحار 2025



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI، وبرنامج ArcMap10.4.2.

خريطة (9) التباين المكاني لمؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST) للموسم الرطب 2025



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI وبرنامج ArcMap10.4.2

5-1-5- حساب كمية الرطوبة الموجودة في التربة (SMI):

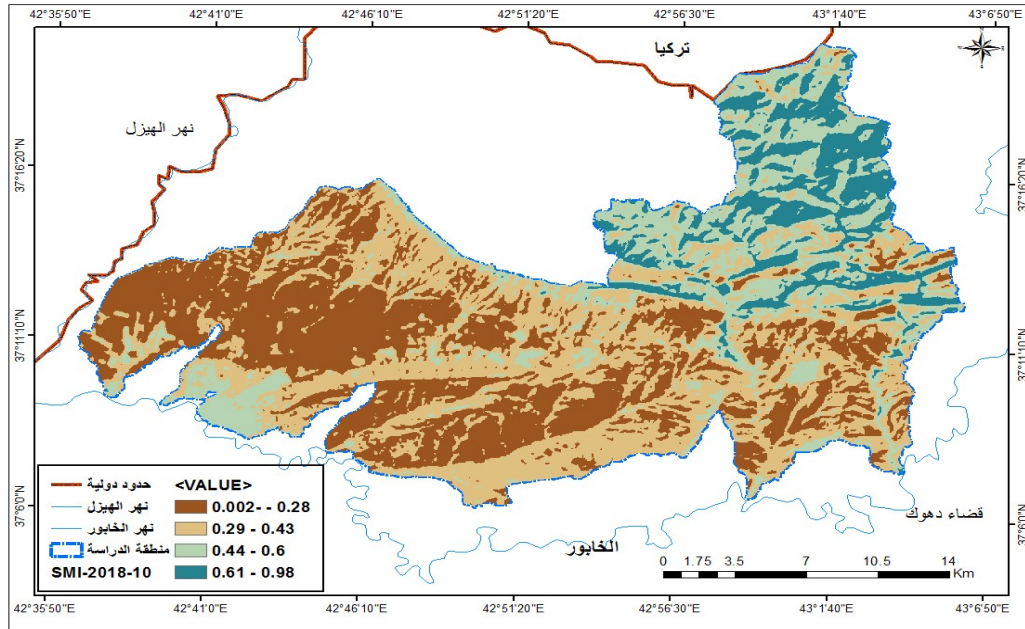
مؤشر (SMI) يُعبر عن كمية الرطوبة الموجودة في سطح التربة، وهي متغيرة بشكل كبير مكانياً وزمانياً وتتأثر بمجموعة من العوامل مثل التضاريس والمناخ ونوع التربة ونوعية وكثافة الغطاء النباتي، ويمكن استخراج رطوبة التربة من خلال الاستخدام المشترك والارتباط بين مؤشرات (LST, NDVI) والتي يمكن ان تساهم في استخلاص محتوى رطوبة التربة من ادخال بيانات مختلفة يمكن من خلالها قياس وتقييم تغيرات والاختلافات السنوية في رطوبة التربة. وتعد رطوبة التربة مكوناً أساسياً للنظام البيئي العالمي وله أهمية كبيرة لجميع العمليات الحيوية والجيوفيزيائية، وان معرفة تباينها المكاني امر حيوي في العديد من التطبيقات وخاصة التنبؤ بالمخاطر الطبيعية مثل الانهيارات الارضية والفيضان والجفاف وفي تتبع تغيرات المناخ (Klinke, R. et al, 2018). يتم حساب مؤشر (SMI) بناء على بيانات مؤشر درجة حرارة سطح الارض (LST) الذي يستخدم مؤشر (NDVI) لاستخراج معلومات الغطاء النباتي اذ يوجد ارتباط قوي كما تقدم بين مؤشر (NDVI) ورطوبة سطح التربة، كما ان وجود الرطوبة في التربة تؤدي الى زيادة الغطاء النباتي، اذ ان وجود الغطاء النباتي يميل الى خفض درجة حرارة السطح وحماية التربة من التبخر (Putro, S. T. et al., (2022). تظهر الخريطة (10) التحليلية والجدول (10) للموسم الجاف 2018، تباين مكاني لقيم المؤشر في منطقة الدراسة مما يوفر اساساً لتفسير الخصائص البيئية والزراعية للمنطقة، ان نمط توزيع الرطوبة يعكس التغيرات الطبوغرافية والمناخية داخل المنطقة والتي تؤثر على نسبة الرطوبة في التربة، كما يتأثر هذا المؤشر بأنواع استعمالات الارض والغطاء النباتي، كما ان لنسجة التربة دور مهم اذ ان الترب الرملية تكون ذات نفاذية عالية وبالتالي لا تحتفظ بالماء على العكس من الترب ذات النسجة الطينية الناعمة اذ ان الترب الطينية والغرينية تحتفظ بالماء اكثر كما ان الترب العميقة تحافظ على وجود الرطوبة اكثر من الترب الضحلة. تتدرج قيم المؤشر من جافة (-28 - 0.002) الى رطوبة عالية جدا (0.61-0.98) وقد تم التعبير عن ذلك بالتدرج اللوني من البني الداكن الى الازرق الداكن. كانت أدنى قيمة للمؤشر في الفئة الاولى الجافة (-28 - 0.002) اذ بلغت مساحة بين الفئات (185.95) كم²، ونسبة (33.89%) من منطقة الدراسة، توزعت مكانياً في الجهة الغربية والجنوبية الغربية تظهر ان التربة تعاني من الجفاف وقلة الرطوبة شملت المناطق الخالية من الغطاء النباتي والزراعي في هذا الموسم اذ تكون التربة مكشوفة مما يقلل من احتفاظها بالرطوبة السطحية وترتفع درجة حرارة السطح فيها. الفئة الثانية (0.29-0.43) فئة شبه جافة، شغلت مساحة (201.26) كم² وهي الاكبر مساحة بين بقية الفئات، ونسبة مئوية (36.68%). الفئة الثالثة (0-44-0.60) فئة الرطبة، شغلت مساحة (106.24) كم²، ونسبة مئوية (19.36%) وتتوزع مكانياً ضمن بطون الوديان شمال ووسط الحوض خاصة الاحواض الشرقية. الفئة الرابعة (0.61-0.98) عالية الرطوبة، شغلت مساحة (55.24) كم² ونسبة مئوية (10.07%)، وتتوزع مكانياً في شمال الحوض في بطون الوديان وترتفع قيم الرطوبة نتيجة انخفاض قيم التبخر لانخفاض درجة حرارة سطح الارض نتيجة للارتفاع. اما في الفصل الرطب لنفس العام كانت القيم تتدرج من قيم منخفضة تتمثل بالفئة الاولى الجافة (0.0014 - 0.22) الى عالية الرطوبة (1-0.44). اذ يلاحظ من الخريطة (11) والجدول (10) سابق الذكر ارتفاع مساحة التربة الرطبة في هذا الموسم. كانت الفئة الثانية (0.23-0.32) شبه جافة تبلغ أكبر مساحة (214.83) كم²، ونسبة (39.15%) من منطقة الدراسة، وتمتد مكانياً في معظم الاجزاء الوسطى. اما الفئة الرابعة (1-0.44) عالية الرطوبة كانت اقل الفئات مساحة، اذ بلغت (69.97) كم²، ونسبة مئوية (12.75%) وهذا يعني ان المساحة الاكبر من ترب الحوض تعاني نقص الرطوبة و من ثم جفاف التربة.

جدول (10) تباين مساحة ونسبة مؤشر (SMI) للموسم الجاف والرطب 2018

الموسم الرطب 2018			الموسم الجاف 2018		
النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات
20.47	112.32	0.0014 - 0.22	33.89	185.95	0.002 - 28
39.15	214.83	0.23-0.32	36.68	201.26	0.29-0.43
27.62	151.56	0.33-0.43	19.36	106.24	0-44-0.60
12.75	69.97	0.44-1	10.07	55.24	0.61-0.98
%100	548.6991	المجموع	%100	548.6991	المجموع

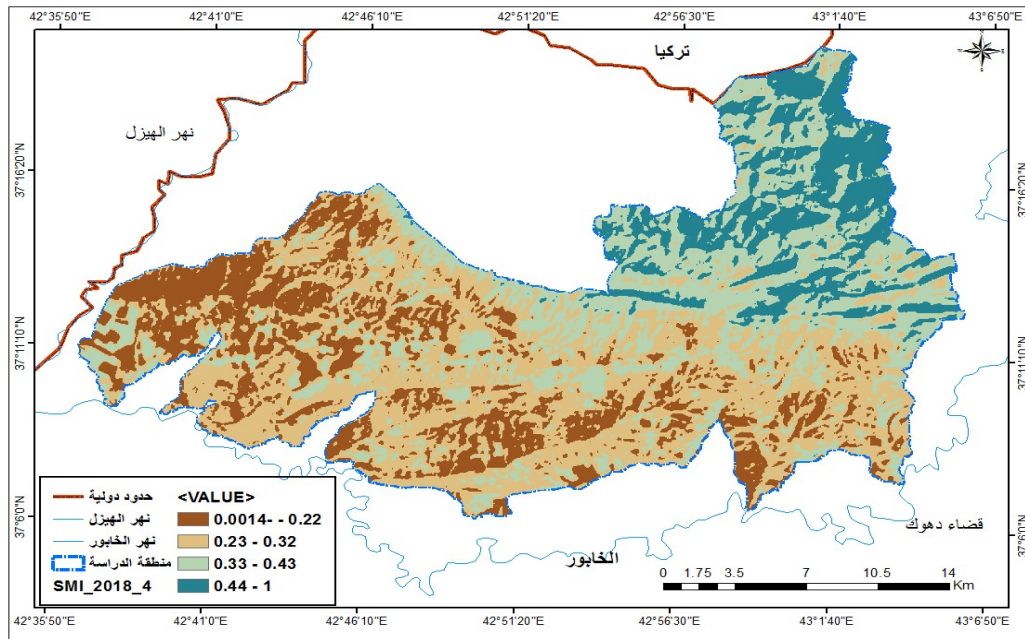
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد الخريطة (10،11) وبرنامج Arc Map 10.2

خريطة (10) التباين المكاني لمؤشر رطوبة التربة(SMI) للموسم الجاف 2018



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي (Land Sat OLI) و برنامج ArcMap10.4.2

خريطة (11) التباين المكاني لمؤشر رطوبة التربة(SMI) للموسم الرطب 2018



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي (Land Sat OLI) و برنامج ArcMap10.2

خلال العام 2025 في الموسم الجاف، تظهر الخريطة (12) التحليلية والجدول (11)، تباين مكاني لقيم المؤشر في منطقة الدراسة اذ ان نمط توزيع الرطوبة يعكس التغيرات الطبوغرافية والمناخية داخل المنطقة. اذ تتدرج من جافة (-0.38 - 0.00 57) الى عالية الرطوبة (1-0.67). كانت أدنى قيمة للمؤشر في الفئة الاولى الجافة (-0.38 - 0.00 57) اذ بلغت مساحة (192.4) كم² ونسبة (35.07%) من منطقة الدراسة، توزعت مكانيًا في وسط وغرب الحوض تظهر ان التربة تعاني من الجفاف وقلة الرطوبة شملت المناطق الخالية من الغطاء النباتي نتيجة الجفاف وارتفاع درجة حرارة سطح الارض وانقطاع الامطار في هذا الموسم.

الفئة الثانية (0.39-0.50) فئة التربة شبه جافة، شغلت مساحة (199.41) كم² وهي الاكبر مساحة بين بقية الفئات، بنسبة مئوية بلغت (36.34%) تشمل معظم مناطق الحوض. الفئة الثالثة (0.51-0.66) فئة التربة الرطبة، شغلت مساحة (103.63) كم²، ونسبة مئوية (18.89%) وتتوزع مكانيًا ضمن بطون الوديان شمال ووسط الحوض ذات التربة الناعمة النسجة وفي الاراضي المزروعة.

الفئة الرابعة (1-0.67) التربة عالية الرطوبة، شغلت اقل مساحة بين الفئات (53.25) كم² ونسبة مئوية (9.7%)، وتتوزع مكانيًا في في الاجزاء الشمالية والشرقية من الحوض اذ يعود ذلك الى اعتدال درجة الحرارة في المنطقة الجبلية مع وجود نسبة من الغطاء الغابي.

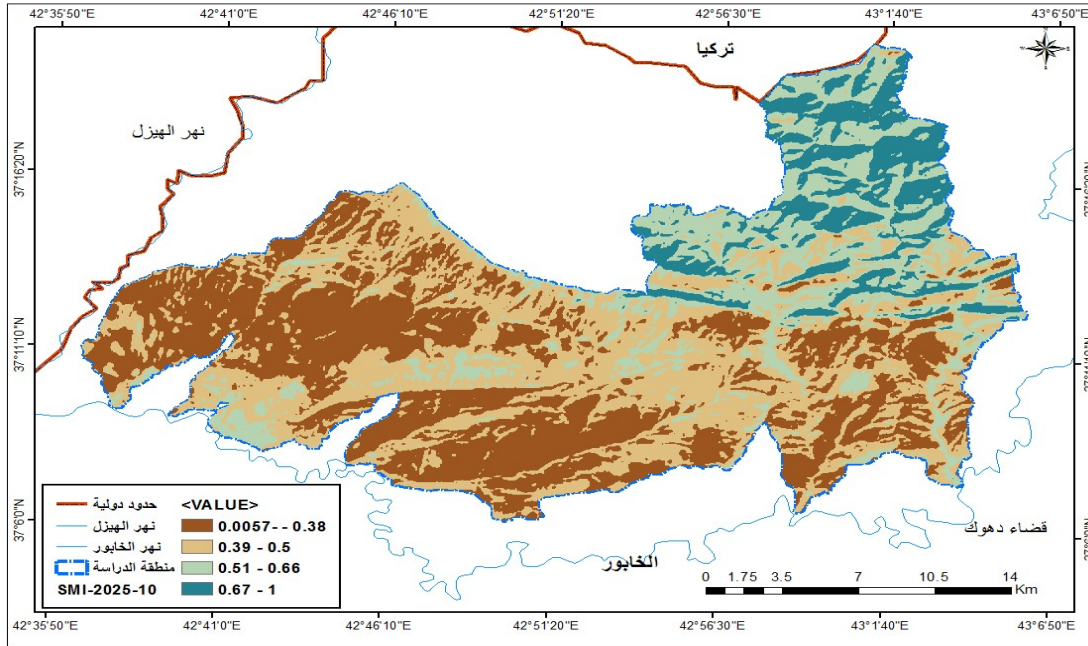
اما في الموسم الرطب لنفس العام يمكن خلال الخريطة (13) والجدول (11) ملاحظة تباين توزيع قيم المؤشر كما ان هناك زيادة في قيم المؤشر لهذا الموسم، اذ كانت القيم تتدرج من رطوبة من منخفضة جدا في الفئة الاولى (-0.28 - 0.016) الى رطوبة عالية جدا (1.2-0.76) تتدرج من شمال الحوض باتجاه وسط وجنوب الحوض، اذ يلاحظ من الجدول سابق ان الفئة الاولى (-0.28 - 0.016) الجافة كانت تبلغ أكبر مساحة (258.18) كم²، ونسبة (47.05%) من منطقة الدراسة. اما الفئة الرابعة (1.2-0.76) عالية الرطوبة كانت اقل الفئات مساحة، اذ بلغت (20.63) كم²، ونسبة مئوية (3.76%) وهذا يشير الى ان المساحة الاكبر من تربة الحوض تعاني نقص الرطوبة وجفاف التربة.

جدول (11) تباين مساحة ونسبة مؤشر (SMI) للموسم الجاف والرطب 2025

الموسم الرطب 2025			الموسم الجاف 2025			
النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	النسبة%	المساحة/كم ²	الفئات	الصف
47.05	258.18	0.016- -0.28	35.07	192.4	0.00 57- -0.38	جافة
41.42	227.29	0.29-0.45	36.34	199.41	0.39-0.50	شبه جافة
7.76	42.59	0.46-0.75	18.89	103.63	0.51-0.66	رطبة
3.76	20.63	0.76-1.2	9.7	53.25	0.67-1	عالية الرطوبة
%100	548.6991		%100	548.6991		المجموع

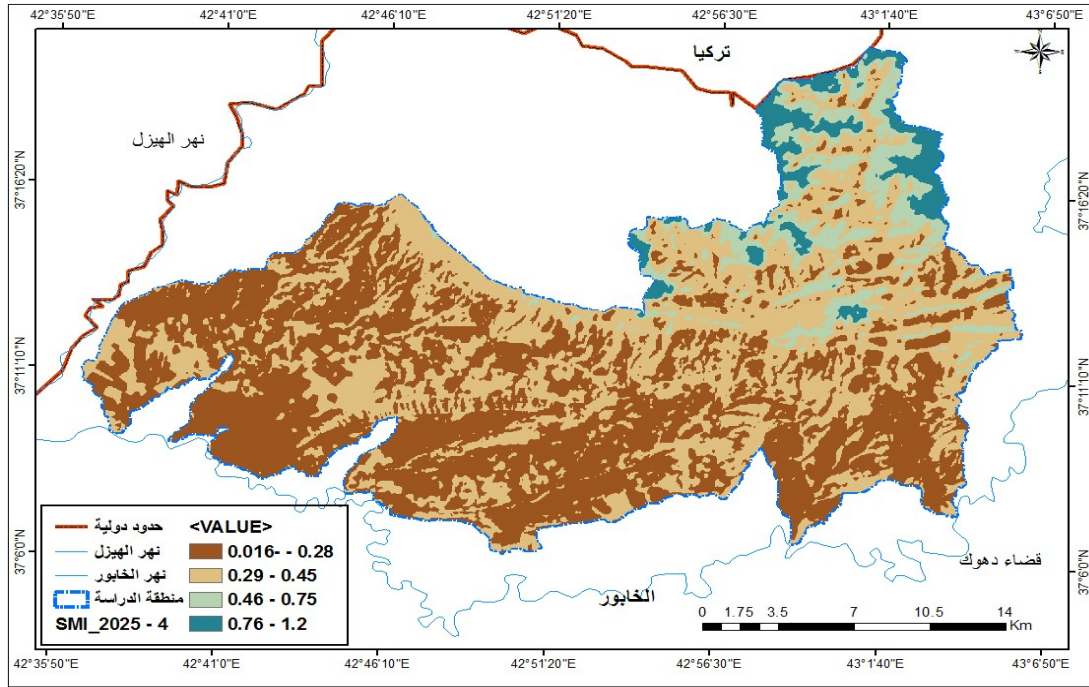
المصدر: عمل الباحث بالاعتماد الخريطة (13،12) وبرنامج Arc Map 10.2.

خريطة (12) التباين المكاني لمؤشر رطوبة التربة(SMI) للموسم الجاف 2025



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI، وبرنامج ArcMap10.4.2.

خريطة (13) التباين المكاني لمؤشر رطوبة التربة(SMI) للموسم الرطب 2025



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات earthexplorer.usgs.gov، بيانات القمر الصناعي Land Sat OLI، وبرنامج ArcMap10.4.2

5- الاستنتاجات

ظهر من خلال البحث قوة المؤشرات الطبيعية (SMI، LST، VCI) في الكشف عن خصائص التربة ومن ثم المشاكل المحتملة التي تتعرض لها التربة ومن أبرزها التعرية المائية المحتملة، كما ظهرت العلاقة بين هذه المؤشرات وتأثير كل من ظروف الجفاف، ودرجة حرارة السطح، والمحتوى الرطوبي على خصائص التربة وتماسكها. كما تبين الزيادة الكبيرة في مساحة التربة العارية الجافة خلال الفصل الجاف نتيجة لانقطاع التساقط، وارتفاع درجة حرارة سطح التربة وقلة محتوى الرطوبة فيها مما اثر على وجود الغطاء النباتي ومن ثم ضعف التربة امام عمليات التعرية المائية. تبين ان هناك زيادة في صنف التربة الجافة نتيجة التذبذب في التساقط مما أدى الى قلة الغطاء النباتي نتيجة قلة المحتوى الرطوبي للتربة وارتفاع درجة حرارة سطح الأرض مما اثر على خصوبة التربة وضعفها امام عمليات التعرية المائية. خلال العام 2018 ارتفعت درجة الحرارة بمقدار (39-42) وكان هذا العام هو الأكثر دفئا. كما ارتفعت مساحة الأراضي الجافة خلال العام 2014 وبلغت نسبة (61.22%) وهذا يزيد من معدلات درجة حرارة سطح التربة ويقلل من الرطوبة، وارتفع صنف التربة الرطبة خلال فصل الشتاء وانخفض في فصل الصيف لكن بنسب قليلة خلال السنوات الأخيرة.

المصادر

- 1-Onueghu Frances E (2024) . Investigating the Spatio-Temporal Relationship between NDVI and LST in Abakaliki LGA ، Ebouyi state Nigeria ، Using Landsat and correlation Analysis; Implications for Land skape Management. Glob Acad J Linguist lit; Vol-6، Iss-1 PP4.
- 2- Balas، D. B.، et al. (2023). Impact of land surface temperature (LST) and ground air temperature (Tair) on land use and land cover (LULC): an investigative study. International Journal of Environment and Climate Change، 13(10)، 3117-3130. p 3121.
- 3- Onuegbu Francis، E.OP.tc. PP1-2.
- 4- Balas، D. B.2023، et al. Op. Clt.p3121.
- 5- Al-Khakani، E. T.، & Al-janabi، W. F. (2023). Land surface temperature dynamics in response to changes in land cover in an-Najaf Province، Iraq. Korean Journal of Remote Sensing، 39(1)، 99-110. pp102-103
- 6- Hasnat، G. T. (2022). Assessment of spatiotemporal distribution pattern of land surface temperature with incessant urban sprawl over Khulna and Rajshahi City Corporations. Environmental Challenges، 9، 100644.p5.
- Sawant، S.، & Kukkemane، S. (2024). Evaluating agricultural drought severity in Karnataka، India through integrated remote sensing indices. Ecocycles، 10(2)، 128-143. p134.
- 8) - Masroor، M. et al (2022). Analysing the relationship between drought and soil erosion using vegetation health index and RUSLE models in Godavari middle sub-basin، India. Geoscience Frontiers، 13(2)، 101312. p3.
- 9- Bouaziz، M.، Matschullat، J.، & Gloaguen، R. (2011). Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. Competes Rendus. Geoscience، 343(11-12)، 795-803. p797.
- 10- Hasnat، G. T. op cit. P2-4.
- 11- Nawarathna، B. R. et al، (2023،) December). Spatial and temporal variation of land surface temperature (LST) in the Kandy District of Sri Lanka. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1266، No. 1، p. 012074). IOP Publishing. p1-2.
- 12- Klink، R. et al، (2018). Indicator-based soil moisture monitoring of wetlands by utilizing sentinel and Landsat remote sensing data. PFG-Journal of Photogrammetry، Remote Sensing and Geoformation Science، 86(2)، 71-84. p14.
- 13- Klink، R. et al. Op، tc، p15.
- 14- Putro، S. T. et al، (2022، February). Land surface temperature (LST) and soil moisture index (SMI) to identify slope stability. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 986، No. 1، p. 012022). IOP Publishing. pp1-8.