

تقييم صحة التربة الزراعية باستخدام البيانات الفضائية: دراسة مؤشرات
التربة المرتبطة بإنتاجية المحاصيل في ناحية اللطيفية

م.د نوره زايد عاتي


الجامعة العراقية / كلية الآداب

noora.al-jizaniyah@aliraqia.edu.iq



*Assessing Agricultural Soil Health Using Satellite Data: A Study of Soil
Indicators Associated with Crop Productivity in Al-Latifayah District*

*Dr. Noora Zayed Ati
Iraqi University / College of Arts*



المستخلص

يُعد تدهور الأراضي من أبرز التحديات البيئية التي تواجه الإنتاج الزراعي، ويُعرف بأنه التغير الكمي أو النوعي في خصائص التربة بما يقلل من قدرتها على الإنتاج. ويتخذ هذا التدهور أبعاداً متعددة تشمل الجوانب الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، ويؤدي إلى تفاقم الظروف الجافة وشبه الجافة نتيجة انخفاض الطاقة البيولوجية للأرض عبر الزمن. وتواجه المجتمعات في المناطق الجافة، ومنها العراق، مشكلة مركبة تتجاوز ندرة الموارد لتشمل تدهور الأراضي والمياه وانخفاض كفاءة استخدامها، الأمر الذي يفرض ضرورة تعزيز كفاءة إدارة الموارد لتحقيق الأمن الغذائي وضمان استدامة البيئة. في هذا السياق، برز مفهوم صحة التربة بوصفه إطاراً شاملاً لتقييم قدرة التربة على العمل كنظام بيئي حيّ يحافظ على إنتاجية النبات والحيوان والبشر، ويضمن جودة المياه والهواء. ويستند تقييم صحة التربة إلى مؤشرات كمية تجمع بين الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية، إضافة إلى مؤشرات الاستشعار عن بعد التي توفر أدوات دقيقة لرصد التغيرات المكانية والزمانية في خصائص الأرض.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم صحة التربة الزراعية في ناحية اللطيفية باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، من خلال مقارنة موسمين زراعيين: سنة الأساس (٢٠١٧-٢٠١٨) وسنة المقارنة (٢٠٢٣-٢٠٢٤). وقد اعتمدت الدراسة على المعالجة الرقمية لصور الأقمار الصناعية واستخراج مؤشرات طيفية رئيسية مثل: مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI)، مؤشر السطوح الطيفي (BSI)، ومؤشر الملوحة (SI) وتقترض الدراسة وجود علاقة ارتباط مكانية وزمانية قوية بين هذه المؤشرات الطيفية وإنتاجية المحاصيل الزراعية، بما يتيح استخدامها في تقييم صحة التربة وتحديد المناطق المتدهورة. أظهرت النتائج الأولية أن المؤشرات الطيفية قادرة على عكس التباينات في إنتاجية المحاصيل بين الموسمين، وأنها تمثل أداة فعالة لتشخيص التغيرات في خصائص التربة الزراعية. ويسهم هذا التحليل في بناء قاعدة معرفية لدعم التخطيط الزراعي والإدارة المستدامة للموارد الطبيعية في المناطق الجافة، بما يعزز من قدرة العراق على مواجهة تحديات الأمن الغذائي والتدهور البيئي.

الكلمات المفتاحية:

تدهور الأراضي، صحة التربة، الإنتاجية الزراعية، التحليل المكاني، المؤشرات الطيفية.

Abstract

Land degradation is one of the most significant environmental challenges facing agricultural production. It is defined as the quantitative or qualitative change in soil properties that reduces its productivity. This degradation has multiple dimensions, including physical, chemical, and biological aspects, and exacerbates arid and semi-arid conditions due to the decline in the soil's biological capacity over time. Communities in arid regions, including Iraq, face a complex problem that extends beyond resource scarcity to include land and water degradation and reduced resource use efficiency. This necessitates enhancing resource management efficiency to achieve food security and ensure environmental sustainability. In this context, the concept of soil health has emerged as a comprehensive framework for assessing the soil's ability to function as a living ecosystem that maintains plant, animal, and human productivity and ensures water and air quality. Soil health assessment is based on quantitative indicators that combine chemical, physical, and biological properties, in addition to remote sensing indicators that provide precise tools for monitoring spatial and temporal changes in soil properties. This study aims to assess the health of agricultural soils in the Al-Latifya district using remote sensing data, by comparing two growing seasons: the base year (2017–2018) and the control year (2023–2024). The study relied on digital processing of satellite imagery and the extraction of key spectral indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Brightness Spectral Index (BSI), and the Salinity Index (SI). The study assumes a strong spatial and temporal correlation between these spectral indices and agricultural crop productivity, enabling their use in assessing soil health and identifying degraded areas. Preliminary results showed that the spectral indices are capable of reflecting variations in crop productivity between the two seasons and represent an effective tool for diagnosing changes in agricultural soil properties. This analysis contributes to building a knowledge base to support agricultural planning and the sustainable management of natural resources in arid regions, thereby enhancing Iraq's ability to address the challenges of food security and environmental degradation.

Keywords: Land degradation, soil health, agricultural productivity, spatial analysis, spectral indices.

بسم الله الرحمن الرحيم

الاطار النظري

مشكلة الدراسة

تواجه الأراضي الزراعية في العراق تدهورًا متزايدًا في صحة التربة نتيجة الملوحة، والاستنزاف، وسوء الإدارة المائية، مما يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل. كيف يمكن استخدام البيانات الفضائية والمؤشرات الطيفية لتقييم صحة التربة الزراعية وبيان علاقتها بإنتاجية المحاصيل في المنطقة المدروسة.

فرضية الدراسة

تفترض الدراسة أن هناك علاقة ارتباط مكانية وزمانية قوية بين المؤشرات الطيفية المستخرجة من الصور الفضائية مثل (SI ، BSI، NDVI) وبين إنتاجية المحاصيل الزراعية ويمكن من خلالها تقييم صحة التربة وتحديد المناطق المتدهورة.

هدف الدراسة

تهدف الدراسة الى تحقق عدد من الاهداف والتي يمكن ادراجها بالتالي :

١- تحليل التغيرات المكانية والزمانية في مؤشرات التربة الزراعية باستخدام صور الأقمار الصناعية.

٢- تقييم صحة التربة الزراعية بناءً على المؤشرات الطيفية.

٣- تحديد العلاقة الإحصائية والمكانية بين المؤشرات المختارة لقياس صحة التربة.

٤- إنتاج خرائط رقمية لخصوبة التربة وصحتها.

اهمية الدراسة

تعدّ سلامة التربة أمرًا بالغ الأهمية لضمان إنتاج الغذاء في جميع أنحاء العالم. وقد طُرِح مفهوم صحة التربة (SH) نتيجةً لتطور فهم بأن التربة ليست مجرد وسطٍ لنمو

المحاصيل، بل تُؤفّر أساسًا لخدمات النظام البيئي الأساسية الأخرى. (ES) ويتطلب مفهوم صحة التربة تطوير مؤشر شامل لتقييم موثوق وكمّي لسلامة التربة^١ وان الاتجاه العالمي نحو زيادة الضغط على موارد الأراضي، مما يؤدي لاحقًا إلى تسارع تدهور الأراضي، مصحوبًا بانخفاض إنتاج الغذاء . وتُبرز هذه الدوامة الحاجة الملحة لحماية الموارد الطبيعية والحفاظ عليها . تُمثل التربة نظامًا بيئيًا متعدد الوظائف وديناميكيًا ومعقدًا الأمر الذي يترك أثره بصورة مباشرة على سلاسل الغذاء وامتدادات الموارد الزراعية ف العراق بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص . الحدود المكانية والزمانية للدراسة

تقع منطقة الدراسة (ناحية اللطيفية) اداريا في قضاء المحمودية جنوب محافظة بغداد ٣٥ كم جنوب بغداد ، وتشكل نسبة ٣٨٪ من مساحة القضاء . فلكيا تقع (٢١ ٠ ٤٤) درجة دائرة العرض شمالا وخطي طول (٠ ٦ ٤٤) شرقا، يحدها من الشمال قضاء المحمودية ومن الجنوب ناحية الإسكندرية التابعة الى محافظة بابل ومن الغرب ناحية اليوسفية وناحية جف الصخر التابعة الى محافظة بابل ومن الشرق ناحية الرشيد وقضاء الصويرة وبمساحة تبلغ حوالي (٥١٩) كيلومتر مربع، بينما تتمثل الحدود الزمانية للدراسة من خلال مقارنة موسمين زراعيين: سنة الأساس (٢٠١٧-٢٠١٨) وسنة المقارنة (٢٠٢٣-٢٠٢٤)، يلاحظ خريطة (١).

خريطة (١) الحدود الجغرافية لناحية اللطيفية في العراق



المصدر : مديرية المساحة العامة ، قسم الخرائط، خريطة محافظة بغداد بمقياس
١/١٠٠٠٠٠.

منهجية الدراسة

تم الاعتماد على المنهج الجغرافي التحليلي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، والمنهج الإحصائي المكاني، أما فيما يتعلق بأساليب العمل فقد تم استخدام عدة أساليب لتحقيق هدف البحث، حيث تم تنزيل صور الأقمار الصناعية من موقع [USGS https://earthexplorer.usgs.gov/](https://earthexplorer.usgs.gov/) للموسم الزراعي (٢٠١٧-٢٠١٨) سنة الأساس والموسم الزراعي (٢٠٢٣-٢٠٢٤) كسنة المقارنة ، وتم تنزيل صور Landsat-8 OLI من Earth Explorer ، ومعالجة هذه الصور التي تم تنزيلها مسبقاً من خلال المعايير الإشعاعية والتصحيح الجوي للحصول على بيانات الانعكاس السطحي باستخدام المعايير الإشعاعية وبدقة

مكانية 30 30X30مترًا، وكذلك تصحيح البيانات وتصحيح الخريطة (المرجع الجغرافي) وتمثيل ذلك على الخريطة الأساسية لمنطقة الدراسة.

مراحل العمل

لكل عمل متكامل عدد من الخطوات والتي تعمل على انجاز وتحقيق الهدف من الدراسة وتم الاعتماد على الخطوات العملية التالية :

١- جمع البيانات :صور فضائية من Sentinel-2 أو Landsat 8

٢- معالجة الصور :تصحيح إشعاعي وجوي - قص منطقة الدراسة - استخراج المؤشرات الطيفية.

٣- تحليل المؤشرات :حساب (NDVI, BSI, SI) داخل ArcGIS .

٤- التحليل المكاني والإحصائي :الارتباط والانحدار بين المؤشرات الطيفية والإنتاجية.

٥- بناء الخرائط :إعداد خرائط رقمية لصحة التربة باستخدام GIS

٦- التقييم والنتائج :تفسير الأنماط المكانية وتحديد المناطق المتدهورة.

المبحث الاول : المؤشرات الطيفية لتقييم صحة التربة في ناحية اللطيفية للموسم

الزراعي (٢٠١٧-٢٠١٨) والموسم (٢٠٢٣-٢٠٢٤)

تدهور الاراضي الزراعية

وضع تعريف دقيق لمفهوم تدهور الأراضي وأبعاده، لكن اتفق الكثيرون على المفهوم العام لتدهور الأراضي: "التغير الكمي أو النوعي في خصائص التربة، مما يقلل من قدرتها على الإنتاج"، والتعريف الأكثر شمولاً هو أن تدهور الأراضي هو تغير في خصائص الأرض. إن تقاوم الظروف الصحراوية أو الجافة، نتيجة لانخفاض أو تدهور

الطاقة البيولوجية لفترة زمنية معينة^٢، وهناك إجماع واسع على ضرورة مراعاة جوانب متعددة للتربة (مثل الكيمياء والبنية والبيولوجيا) وتفاعلاتها. علاوة على ذلك، اقترحت مناهج مختلفة لترجمة سمات التربة إلى مؤشرات وتجميعها في مؤشر، بما في ذلك الأساليب الإحصائية (المتقدمة) وأنظمة المعرفة المتخصصة المحسنة. على الرغم من أن هذه التطورات قد زادت من نضج منهجيات تقييم التربة بسرعة^٣.

تُعرّف صحة التربة بأنها "القدرة المستمرة للتربة على العمل كنظام بيئي حيوي يحافظ على النباتات والحيوانات والبشر، ويُعرّف أيضا بأنه "قدرة التربة على العمل كنظام حيوي حيوي، ضمن حدود النظام البيئي واستخدام الأراضي، للحفاظ على إنتاجية النبات والحيوان، والحفاظ على جودة المياه والهواء أو تحسينها، وتعزيز صحة النبات والحيوان"^٤

تُعد المعالجة الرقمية لصور الأقمار الصناعية واستخراج المؤشرات الطيفية أحد أهم التطبيقات الحديثة في الجغرافيا. فهي تشمل جوانب متعددة، تتراوح من تحليل التغيرات المكانية والزمانية في الظواهر الطبيعية والبشرية، إلى تقييم الموارد، والرصد البيئي، ودعم اتخاذ القرار في التخطيط الحضري، وإدارة الكوارث، وغيرها من المجالات، بما في ذلك تلك المتعلقة بتحسين صورة القمر الصناعي، وإزالة عمليات التشويه، والعمليات الحسابية على المستوى المتوسط للمعالجة، وهي عملية فهم أو إدراك "معنى" مجموعة من العناصر التي تم تحديدها^٥، تم الاعتماد على المؤشرات الطيفية التالية لحساب صحة التربة وكما يوضحه الجدول (١)

جدول (١) المؤشرات الطيفية المعتمدة في الدراسة

الدلالة الجغرافية	المعادلة الطيفية	المؤشر	ت
مؤشر للغطاء النباتي وحيوية النمو	$(NIR - Red) / (NIR + Red)$	NDVI	١
السطوع والجفاف	$((SWIR + Red) - (NIR + Blue)) / ((SWIR + Red) + (NIR + Blue))$	BSI	٢
مؤشر الملوحة السطحية	(NIR / Red)	SI	٣

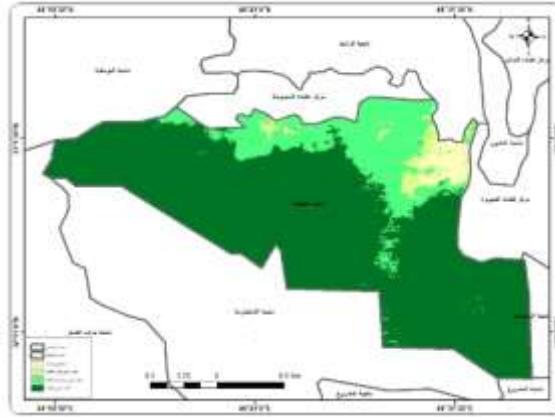
أولاً: مؤشر الاضرار الطبيعي Application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

وهو احد المعالجات الرقمية للتحسين الطيفي والمفيدة في مراقبة النباتات والتي تبني على اساس العلاقة بين الاشعة تحت الحمراء القريبة والأشعة الحمراء المرئية وبطول موجي (0.85- 0.88)

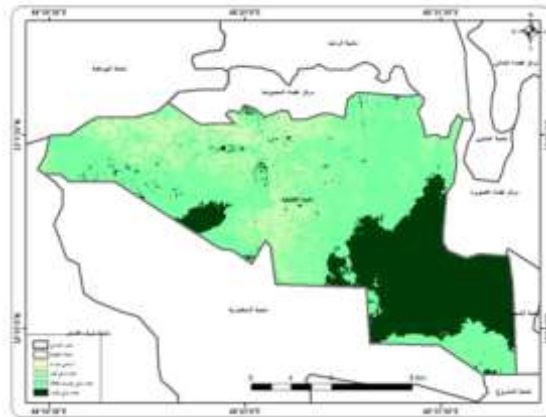
اذ أن انعكاسية النبات تكون كبيرة في النطاق تحت الاحمر القريب NIR وانخفاض انعكاسيته في النطاق المرئي^٦ R

وبشكل عام فإن مدى القيم المتحصلة من تطبيق هذا المؤشر تتراوح بين (+١_ -١) (واذا كان الرقم موجب وقريب من ١ دل ذلك على ان الغطاء النباتي كثيف والعكس صحيح اذ كانت القيم سالبة دل على قلة الكثافة النباتية او خلو المنطقة من الغطاء النباتي^٧، حُسبت المؤشرات الطيفية، المُصممة على أساس مؤشر الغطاء النباتي الفرق الموحد(NDVI) ، باستخدام جميع تركيبات النطاقات السبعة الأولى من قمر لاندسات ٨، يلاحظ خريطة (٢،٣) وجدول (٢)

خريطة (٢) مؤشر NDVI في ناحية اللطيفية للموسم ٢٠١٧-٢٠١٨



خريطة (٣) مؤشر NDVI في ناحية اللطيفية للموسم ٢٠٢٣-٢٠٢٤



المصدر : من اعداد الباحث بالاعتماد على خريطة (١) وجدول (٢)

جدول (٢) النسبة المئوية للتغير المساحة لمؤشر NDVI في ناحية اللطيفية للموسم الزراعي ٢٠١٧-٢٠١٨ و ٢٠٢٣-٢٠٢٤

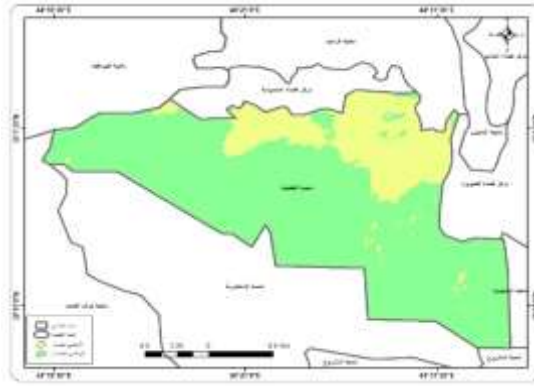
الملاحظة	النسبة المئوية للتغير (Δ%)	التغير (A2 - A1)	مساحة ٢٠٢٣ - (A2)	مساحة ٢٠١٧ - (A1)	الفئة
زيادة كبيرة	+39.38%	+0.668	2.364	1.696	1
نمو هائل (تضاعفت ٤ مرات)	+322.17%	+7.513	9.845	2.332	2
زيادة كبيرة	+46.59%	+6.243	19.642	13.399	3
انكماش ضخم (فقدت حوالي ٨٠٪ من مساحتها)	-79.53%	-48.442	12.468	60.91	4

و بتطبيق معادلة المؤشر الطيفي (NDVI) يمكن ان نلاحظ التغير الكبير في النسب المتحققة على مستوى المساحة والنسبة للمؤشر اذ شهدت الفئة ٢ نمواً غير مسبوق، حيث زادت مساحتها بأكثر من ٣٢٢%، أي تضاعفت حوالي ٤.٢ مرة. هذا يشير إلى أن غالبية المساحات التي تحولت من الفئة ٤ انتقلت على الأرجح إلى الفئة ٢، مما جعلها أكبر المستفيدين من إعادة التوزيع بينما كان التدهور واضح في الفئة ٤ وبنسبة ٧٩.٥٣% من مساحتها الأصلية. هذا هو المؤشر الأوضح على التدهور أو التحول السريع للمنطقة التي كانت تمثل أعلى مؤشرات الخضرة/الكثافة إلى مستويات أقل (الفئات ١، ٢، ٣) أو تحولت إلى استخدامات أراضٍ أخرى تماماً، ويمكن ملاحظة أن الفئتان ١ و ٣ زيادة ملحوظة شهدت كل من الفئة ١ والفئة ٣ زيادات كبيرة أيضاً، حيث زادت مساحة الفئة ١ بنسبة 39.38%، وزادت مساحة الفئة ٣ بنسبة 46.59%.

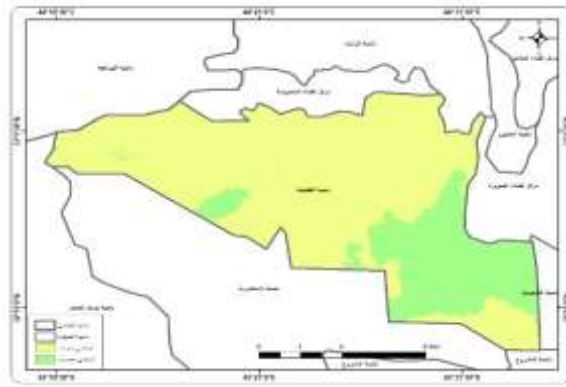
ثانياً: مؤشر BSI

تلعب الأراضي الجرداء، سواء كانت موسمية أو جرداء بشكل دائم، دوراً مهماً في العديد من النظم البيئية، إن الزيادة في قيم BSI تعني عادةً انخفاضاً في الغطاء النباتي أو تدهوراً في النظم البيئية^٤،

خريطة (٤) مؤشر BSI في ناحية اللطيفية للموسم ٢٠١٧-٢٠١٨



خريطة (٥) مؤشر BSI في ناحية اللطيفية للموسم ٢٠٢٣-٢٠٢٤



المصدر : من اعداد الباحث بالاعتماد على خريطة (١) وجدول (٣)

جدول (٣) التغير النسبي للمساحة والنسبة لمؤشر BSI في ناحية اللطيفية للموسم الزراعي

٢٠١٧-٢٠١٨ و ٢٠٢٣-٢٠٢٢

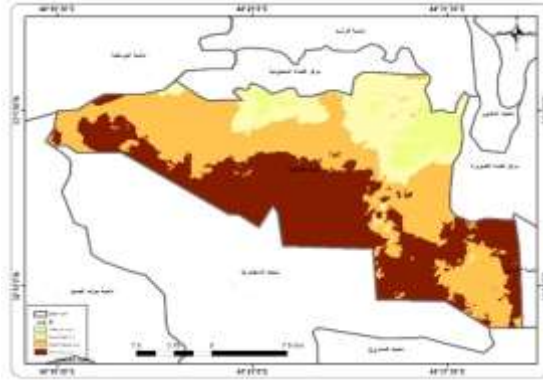
الفرق (كم ²)	area	area
-11.198	56,37	67,568
-224.801	18,71	243,511
نسبة التغير (%)	ratio	ratio
-16.57%	70,08	43,952
-92.32%	24,92	156,48

من ملاحظة جدول (٣) نلاحظ انخفاض واضح في المساحة وهذا قد يشير الى زيادة في السطوح المكشوفة والعارية رغم انخفاض مساحتها الكلية في الفئة الاولى بينما نجد ان قيمة المؤشر في الفئة الثانية قد انخفضت هي الأخرى والذي يدل على تحول كبير في طبيعة الاراضي الزراعية في منطقة الدراسة والتي من الممكن ان يتم تعويض الاسطح المكشوفة والعارية بغطاء نباتي او عمراني او اي استخدام ارض اخر ، تشير كل من بيانات المساحة والنسبة المئوية للتغير إلى انخفاض حاد وكبير في المناطق التي كان يغطيها مؤشر BSI.

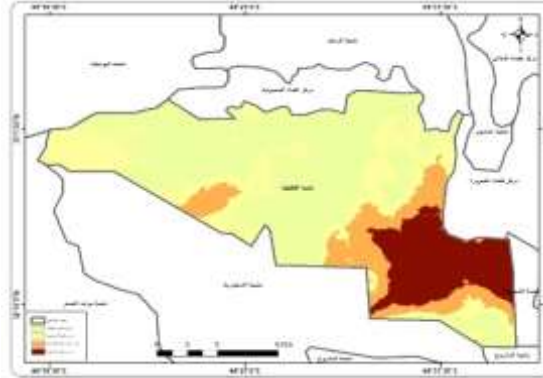
ثالثاً: مؤشر Si ملوحة التربة (SI - Salinity Index)

هو مؤشر يقيس العلاقة بين (EC) ورطوبة التربة وذلك للدلالة على الملوحة في التربة المتاحة، يقيس هذا المؤشر تدهور الاراضي بسبب الملوحة على السطح ويستخدم نطاق الأشعة الحمراء والخضراء والزرقاء^{١٠} ، وبالاعتماد على المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة وبتطبيق معادلة المؤشر تم استخلاص الخرائط الرقمية التالية والتي توضح التغير الواضح في فئات غطاء الملوحة للتربة ، يلاحظ خريطة (٤,٥)

خريطة (٦) مؤشر ملوحة التربة في ناحية اللطيفية للموسم ٢٠١٧-٢٠١٨



خريطة (٧) مؤشر ملوحة التربة في ناحية اللطيفية للموسم ٢٠٢٣-٢٠٢٤



المصدر : من اعداد الباحث بالاعتماد على خريطة (١) وجدول (٣)

جدول (٤) التحليل الموحد للتغير لمؤشر SI في قضاء اللطيفية للمدة (٢٠١٧-٢٠١٨) والمدة (٢٠٢٣-٢٠٢٤)

الفئة	المساحة ٢٠١٨-٢٠١٧	المساحة ٢٠٢٤-٢٠٢٣	التغير في المساحة	النسبة المئوية للمساحة (%)	RATIO 2017-2018	RATIO ٢٠٢٤-٢٠٢٣	التغير في النسبة
1	2,503	46,995	44,492	+1777.50%	6.14	46,995	46,988.86
2	6,138	24,621	18,483	301.10%	15,059	24,621	9,562.00
3	15,506	13,005	-2,501	-16.10%	38.041	13,005	12,966.96
4	16,614	15,328	-1,286	-7.70%	40.76	15,328	15,287.24

من خلال تحليل بيانات التغير لمؤشر Si نلاحظ ان الفئة الاولى قد ارتفعت بشكل ملحوظ بينما كان التغير في الفئة الثانية متوسط نجد أن الفئة الثالثة والرابعة قد انخفضت قيمتها بشكل كبير مما يشير الى تراجع واضح في هذا الغطاء، ادت المساحة الإجمالية المدروسة بنسبة %145.35، مما يدل على توسع نطاق التصنيف أو تحول كبير من مناطق غير مصنفة إلى مناطق مصنفة ضمن هذه الفئات، ونمو الفئة ١ و ٢: شهدت الفئة ١ زيادة هائلة بنسبة %1777.50+، بينما زادت الفئة ٢ بنسبة %301.10+ هذا النمو غير المسبوق يشير إلى أن الفئة ١ أصبحت هي الفئة المهيمنة الجديدة.

وانكماش الفئة ٣ و ٤: الفئات الأكبر سابقاً (٣ و ٤) شهدت انكماشاً في المساحة بنسبة %16.10- و %7.70- على التوالي، وشهدت الفئة الاولى والثانية في الجدول اعلاه زيادة واضحة بينما نجد أن الفئة ٣ و ٤ قد فقدت أكثر من نصف مساحتها الامر الذي يعكس تغير كبير في نوع السطح و التصنيف عند تطبيق هذا المؤشر الامر الذي يشير الى وجود تغير في الغطاء الارضي وهو مطابق لما تم التوصل اليه عند تطبيق مؤشر BSI وعند إجراء تحليل مقارنة لنتائج المؤشرات الطيفية الثلاثة لتوضيح حالة التغير بالتوسع والانكماش لكل من المؤشرات المختارة في الدراسة يمكن

ان نستنتج أن للمؤشرات الطيفية NDVI مؤشر الخضرة و BSI مؤشر الأرض البور، و SI مؤشر التربة تفاعلات معقدة وديناميكية في الغطاء الأرضي للمنطقة المدروسة، إذ كشفت البيانات الخاصة بمؤشر NDVI عن تحول نوعي ملحوظ في الغطاء النباتي. فقد شهدت الفئة ٤ التي تُمثل أعلى مستويات كثافة الخضرة) خسارة حادة في مساحتها، بلغت ما يقرب من ٨٠٪ من إجمالي مساحتها السابقة.

على الرغم من رصد زيادة إجمالية في المساحة المصنفة كغطاء نباتي (مدفوعة بنمو الفئتين ٢ و ٣)، إلا أن هذا التحول الواضح من الفئة ذات الكثافة العالية (٤) إلى الفئة المتوسطة (٢) يُشير بوضوح إلى تراجع في جودة ونوعية وكثافة الغطاء النباتي و يُمكن إرجاع هذا التدهور إما إلى عوامل بيئية طبيعية (مثل نوبات الجفاف التي أثرت على الغابات أو الأشجار الكثيفة) أو إلى تأثيرات الأنشطة البشرية (كإزالة الغابات، أو التحول إلى أنظمة زراعية ذات كثافة نباتية أقل، أو التوسع الحضري على حساب الأراضي الخضراء وعند تحليل العلاقة بين تعافي الأرض البور وتوسع الخضرة (BSI & NDVI) يُعد مؤشر BSI دليلاً على تغطية سريعة للأراضي العارية؛ حيث سُجل انكماش شبه كامل لمساحات الأرض البور (الفئة ٢)، بنسبة انخفاض تجاوزت ٩٢.٠٪. تُفسر هذه النتيجة في سياق تدهور الـ NDVI من خلال سيناريو التحول المزدوج إذ تحولت المساحات التي كانت مُصنفة كـ أرض بور صريحة (BSI) بشكل سريع إلى أراضٍ ذات خضرة منخفضة أو متوسطة (NDVI) الفئة ٣/٢، يُفسر هذا التحول النمو الهائل المسجل في NDVI الفئة ٢ (بزيادة تبلغ ٣٢٢٪) كوجه مقابل لانخفاض الدراماتيكي في BSI انخفاض ٩٢.٣٢٪. وقد تكون هذه المساحات تحولت أيضاً إلى مناطق مغطاة بمخلفات زراعية أو هياكل غير نباتية لا تُصنف كأرض بور.

بينما تُشير نتائج مؤشر SI إلى أن التغيرات ليست مقتصرة على الجانب البيولوجي للغطاء النباتي، بل تمتد لتشمل تعديلات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ، يلاحظ جدول (٥).

جدول (٥) دلالة التغيرات في المؤشرات الطيفية

المؤشر	الفئة الأكثر ديناميكية	التغير في المساحة (كم ^٢)	النسبة المئوية للتغير (%)	دلالة التغير
NDVI	4 أعلى خضرة	-48.442	-79.53%	تدهور حاد في الخضرة الكثيفة.
	2 خضرة متوسطة	7.513	322.17%	توسع هائل في الخضرة المتوسطة.
BSI	2 أعلى	-224.801	-92.32%	انخفاض كبير في مساحات الأرض البور.
SI	1 فئة جديدة مهيمنة	44.492	+1777.50%	توسع جذري في مساحة الفئة الجديدة.
	4 , 3 الأكبر سابقاً	-3.787 مجموعهما	-11.8% متوسط انخفاضهما	انكماش المساحات الأكثر تمثيلاً للمؤشر.

المبحث الثاني

التحليل الاحصائي للمؤشرات الطيفية

يوضح التحليل الاحصائي نسبة مساهمة كل فئة في إجمالي التغير الذي طرأ على كل مؤشر. هذا التحليل يوضح الفئة التي كانت بمثابة "القوة الدافعة" (الزيادة) أو مركز الخسارة (النقصان) داخل نطاق المؤشر الخاص بها، ومن خلال تطبيق مؤشر الأهمية النسبية للتغيرات يمكن ان نستنتج أن المخطط الدائري الأهمية النسبية لأكثر ثلاثة تحولات في المساحة (بأخذ القيمة المطلقة للتغير) بين المؤشرات الثلاثة،

تحليل الأهمية النسبية للتغيرات (Contribution Analysis)

١. BSI الفئة ٢ الأرض البور يمثل %70.76 من إجمالي التغير المطلق. هذه القيمة السالبة تعني أن انكماش مساحات الأرض البور كان هو الحدث الأكثر أهمية وحجماً في الفترة المدروسة.

٢. NDVI الفئة ٤ الخضرة الكثيفة حوالي %15.25 من إجمالي التغير المطلق. هذه القيمة السالبة تشير إلى أن تدهور الخضرة الكثيفة هو ثاني أكبر حدث سلبي في المنطقة.

٣. SI الفئة ١ الفئة الجديدة المهيمنة والتي تمثل %14.00 من إجمالي التغير المطلق. هذه القيمة الموجبة تعني أن التوسع الجذري لفئة التربة/المناطق المستصلحة حديثاً هو ثالث أكبر حدث، ويُعد القوة الدافعة للكسب في المساحات الجديدة، يلاحظ جدول (٦)

جدول (٦) النسبة المئوية للتغير المطلق للمؤشرات الطيفية في قضاء الطيفية

النسبة المئوية للمساهمة في التغير الإجمالي	التغير المطلق (كم ^٢) %	المؤشر	المكوّن (الفئة الأكثر تأثيراً)
70.76%	224.801	BSI الفئة (٢)	انكماش الأرض البور
15.25%	48.442	الفئة NDVI (٤)	خسارة الخضرة الكثيفة
14.00%	44.492	SI الفئة (١)	توسع فئة التربة الجديدة
100.00%	317.736		الإجمالي

الاستنتاجات

- ١- أثبتت نتائج البحث أن تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية توفر أدوات دقيقة لرصد التغيرات الزراعية، إذ تمكن من متابعة التحولات المكانية والزمانية في خصائص التربة والغطاء الأرضي بدرجة عالية من الموثوقية.
- ٢- أظهر تحليل مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) تراجع المساحات ذات الكثافة العالية للغطاء النباتي، مقابل توسع الفئات المتوسطة، وهو ما يعكس انخفاضًا تدريجيًا في جودة وكثافة الغطاء الأخضر في منطقة الدراسة.
- ٣- أوضحت بيانات مؤشر السطوع الطيفي (BSI) تقلص مساحات الأراضي البور، الأمر الذي يشير إلى إعادة توظيف هذه الأراضي في أنشطة أخرى، معظمها ذات غطاء نباتي محدود أو متوسط.
- ٤- بين مؤشر الملوحة (SI) توسع بعض الفئات المرتبطة بزيادة ملوحة التربة، وهو ما يعكس تغيرًا في الخصائص الكيميائية للتربة وتأثيرًا مباشرًا على الإنتاج الزراعي.
- ٥- أكدت الدراسة وجود ارتباط مكاني وزماني بين المؤشرات الطيفية (NDVI)، BSI، (SI) وإنتاجية المحاصيل، مما يدعم صحة الفرضية الرئيسية حول العلاقة بين الغطاء النباتي والعوامل المناخية.
- ٦- أظهرت التحليلات أن التغيرات في الغطاء الأرضي نتجت عن تفاعل معقد بين العوامل الطبيعية مثل الجفاف، والعوامل البشرية مثل التوسع العمراني وسوء إدارة الموارد.
- ٧- تبين أن تقلص الأراضي البور كان العامل الأكثر تأثيرًا في التغيرات المكانية، يليه تدهور الغطاء النباتي الكثيف، ثم ظهور فئات جديدة من التربة.

- ٨- تؤكد النتائج أهمية المؤشرات الطيفية كأداة داعمة في التخطيط الزراعي، لما توفره من بيانات كمية دقيقة تساعد في إدارة الموارد الطبيعية بشكل مستدام.
- ٩- تشير الدراسة إلى ضرورة تبني استراتيجيات حديثة لإدارة التربة والمياه، بما يحد من التدهور ويحسن الإنتاجية الزراعية في البيئات الجافة وشبه الجافة.

الهوامش

- 1 -Soil Health Assessment and Management: Recent Development in Science and Practices Mingxin Guo Department of Agriculture & Natural Resources, Delaware State University, Dover, DE 19901, USA; mguo@desu.edu ,P2-17.
- 2 -An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications Rainfed Agriculture and Food Security in Dry Areas, Kamil Shideed, Chapter First Online: 01 April 2017, p 299–340.
- 3 -The soil health assessment protocol and evaluation applied to soil organic carbon Márcio R. Nunes 1 Kristen S. Veum 2 Paul A. Parker 3 Scott H. Holan 3 Douglas L. Karlen 4 Joseph P. Amsili 5 Harold M. van Es 5 Skye A. Wills 6 Cathy A. Seybold 6 Thomas B. Moorman S O I L & W A T E R M A N A G E M E N T & C O N S E R V A T I O N June 2021
- 4 -Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST) (Cici Alexander Aarhus University, Aarhus Institute of Advanced Studies (AIAS), Høegh-Guldbergs Gade 6B, DK-8000 Aarhus C, Denmark
- 5 -Shireen Majbil, Nisri Awad and Al-Jassani. (2022). Study and Analysis of the Difference Vegetation Cover Index (NDVI), Journal of Humanities and Natural Sciences, a refereed scientific journal, p. 40.

٦ -تدهور ترب ريف قضاء الخالص، أحمد طلال أكرم ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ،
جامعة ديالى ، كلية التربية، ٢٠٢١، ص ٤٩.

- 7 - <https://doc.arcgis.com/ar/arcgis-online/analyze/ndvi-function.htm>
- 8 - Applying Built-Up and Bare-Soil Indices from Landsat 8 to Cities in Dry Climates, Azad Rasul and others, <http://www.mdpi.com/journal/land>.

٩ - زيادة مؤشر متلح الرتب وسط حماظة ذي قار ما بني عامي ١٩٩٣-٢٠٠٣ باستخدام مؤشرات الطيفية ، عباس ضاحي سلمان، مؤتمر كلية التربية الاساسية في مجال العلوم الانسانية ن ٢٠٢٤ ص ٥٠٧

10 - Monitoring Spatio-Temporal Changes in Vegetation Cover, Soil Salinity and Waterlogging in Siwa Oasis, Egypt Using Remote Sensing Data and Techniques El-Naggar, A. A., J. of Soil Sciences and Agricultural Engineering, Mansoura Univ., Vol 11 (8): 431-436, 2020, P431.

المصادر :

10 -Soil Health Assessment and Management: Recent Development in Science and Practices Mingxin Guo Department of Agriculture & Natural Resources, Delaware State University, Dover, DE 19901, USA; mguo@desu.edu ,P2-17.

2 -An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications Rainfed Agriculture and Food Security in Dry Areas, Kamil Shideed, Chapter First Online: 01 April 2017, p 299–340.

3 -The soil health assessment protocol and evaluation applied to soil organic carbon Márcio R. Nunes 1 Kristen S. Veum 2 Paul A. Parker 3 Scott H. Holan 3 Douglas L. Karlen 4 Joseph P. Amsili 5 Harold M. van Es 5 Skye A. Wills 6 Cathy A. Seybold 6 Thomas B. Moorman S O I L & W A T E R M A N A G E M E N T & C O N S E R V A T I O N June 2021

4 -Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST) (Cici Alexander Aarhus University, Aarhus Institute of Advanced Studies (AIAS), Høegh-Guldbergs Gade 6B, DK-8000 Aarhus C, Denmark

5 -Shireen Majbil, Nisri Awad and Al-Jassani .(2022). Study and Analysis of the Difference Vegetation Cover Index (NDVI), Journal of Humanities and Natural Sciences, a refereed scientific journal, p. 40.

6-تدهور ترب ريف قضاء الخالص، أحمد طلال أكرم ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، جامعة ديالى ، كلية التربية، ٢٠٢١، ص ٤٩.

7 - <https://doc.arcgis.com/ar/arcgis-online/analyze/ndvi-function.htm>

Applying Built-Up and Bare-Soil Indices from Landsat 8 to Cities in -8١٠
Dry Climates, Azad Rasul and others, <http://www.mdpi.com/journal/land>.

⁹- زيادة مؤشر متلح الرتب وسط حماظفة ذى قار ما بنى عامى ١٩٩٣-٢٠٠٣ باسخداماملؤشرات
الطيفية ، عباس ضاحى سلمان، مؤتمر كلية التربة الاساسية فى مجال العلوم الانسانية
ن ٢٠٢٤ ص ٥٠٧

Monitoring Spatio-Temporal Changes in Vegetation Cover, Soil -¹⁰
Salinity and Waterlogging in Siwa Oasis, Egypt Using Remote Sensing Data
and Techniques El-Naggar, A. A., J. of Soil Sciences and Agricultural
Engineering, Mansoura Univ., Vol 11 (8): 431-436, 2020, P431.

References

1. Guo, M. (n.d.). *Soil Health Assessment and Management: Recent Developments in Science and Practices*. Department of Agriculture and Natural Resources, Delaware State University, Dover, DE, USA, pp. 2–17.
2. Shideed, K. (2017). An overview of land degradation, desertification, and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. In *Rainfed Agriculture and Food Security in Dry Areas* (pp. 299–340). First published online: April 1, 2017.
3. Nunes, M. R., Veum, K. S., Parker, P. A., Holan, S. H., Karlen, D. L., Amsili, J. P., Van Es, H. M., Wills, S. A., Seybold, C. A., & Moorman, T. B. (2021). The Soil Health Assessment Protocol and Evaluation applied to soil organic carbon. *Soil & Water Management & Conservation*, June 2021.
4. Alexander, C. (n.d.). Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST). Aarhus Institute of Advanced Studies (AIAS), Aarhus University, Denmark.
5. Majbil, S., Awad, N., & Al-Jassani. (2022). Study and analysis of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Journal of Humanities and Natural Sciences*, p. 40.
6. Akram, A. T. (2021). *Soil Degradation in the Rural Areas of Al-Khalis District* (Unpublished Master's Thesis). College of Education, University of Diyala, p. 49.

7. Esri. (n.d.). *NDVI Function*. ArcGIS Online Documentation. Retrieved from: <https://doc.arcgis.com/ar/arcgis-online/analyze/ndvi-function.htm>
8. Rasul, A., et al. (n.d.). Applying built-up and bare-soil indices from Landsat 8 to cities in dry climates. *Land*. Retrieved from: <http://www.mdpi.com/journal/land>
9. Salman, A. D. (2024). Increasing soil salinity index in central Dhi Qar Governorate between 1993 and 2003 using spectral indices. In *Proceedings of the Conference of the College of Basic Education in Human Sciences* (p. 507).
10. El-Naggar, A. A. (2020). Monitoring spatio-temporal changes in vegetation cover, soil salinity, and waterlogging in Siwa Oasis, Egypt using remote sensing data and techniques. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, Mansoura University*, 11(8), 431–436.