ISSN: 1994-4217 (Print) 2518-5586(online)

Journal of College of Education

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

Dr.Abdul kareem Abbas Kareem

Al-Qassim Green University

Email: kareem.abbas@uoqasim.edu.iq

Keywords:

Change trend, drought, spectral indices, remote sensing, study area

CC BY

A r t i c l e i n f o

Article history:

Received 2. Jun 2026

Accepted 13. Jul.2026

Published 25. Aug.2026

Analysis of change trends in spectral drought indicators in Babylon Governorate using remote sensing techniques: Al-Hashimiya District as an applied model

A B S T R A C T

This research aims to reveal the trend of change in spectral aridity indices in the study area during the period (2015–2025) using remote sensing techniques. The research relied on a set of key spectral indices (NDVI, LSWI, SI, NDSI, and CI) to monitor and assess aridity. Regarding vegetation cover, bare land decreased by (-626 km²), while moisture indices showed a water degradation with an increase in arid land (+107 km²) and a decrease in highly moist land (-55.8 km²). Salinity indices recorded an expansion of highly saline land (+222.66 km²) and a decrease in non-saline land (-157.83 km²), with a sharp seasonal fluctuation in the NDSI index (+524.50 km²) for moderately saline land during the wet season. The results confirm the increasing risks of aridity and salinization, necessitating the adoption of continuous spectral monitoring systems to support natural resource planning and management.

© 2026 EDUJ, College of Education for Human Science, Wasit University

DOI: https://doi.org/10.31185/eduj.Vol64.Iss2.5315

تحليل اتجاهات التغير لمؤشرات الجفاف الطيفية في محافظة بابل باستعمال تقانات الاستشعار عن بعد: قضاء الهاشمية نموذجاً تطبيقياً

م.د. عبد الكريم عباس كريم

جامعة القاسم الخضراء

المستخلص:

يسعى البحث إلى الكشف عن اتجاه التغير لمؤشرات الجفاف الطيفية في منطقة الدراسة خلال المدة (٢٠١٥–٢٠٢٥) باستعمال تقنيات الاستشعار عن بعد، فقد استند البحث على مجموعة من المؤشرات الطيفية الرئيسة هي (NDVI وLSWI وSI وNDSI وCI) لرصد الجفاف وتقييمه، وفيما يتعلق بالغطاء النباتي، فتقلصت الأراضي العارية بمقدار (–٦٢٦ كم²)، في حين اوضحت مؤشرات الرطوبة عن تدهور مائي بزيادة الأراضي الجافة (+١٠٧ كم²) وتراجع الأراضي عالية الرطوبة (–٥٥.٨ كم²). كما سجلت مؤشرات الملوحة توسع الأراضي عالية الملوحة (+٢٢٢.٦٦ كم²)

وتناقص الأراضي غير المملوحة (–١٥٧.٨٣ كم²)، مع تقلب موسمي حاد في مؤشر NDSI بلغ (+٥٢٤.٥٠ كم²) للأراضي متوسطة الملوحة في الموسم الرطب. وتؤكد النتائج تصاعد مخاطر الجفاف والتملح، مما يستدعي اعتماد نظم مراقبة طيفية مستمرة لدعم التخطيط وإدارة الموارد الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: اتجاه التغير، الجفاف، مؤشرات الطيفية، الاستشعار عن بعد، منطقة الدراسة.

– المقدمة:

تعد ظاهرة الجفاف من أبرز المخاطر الطبيعية التي يمكن ان تحدث كنتيجة لتفاقم مظاهر التغير المناخي من حيث التطرفات والتذبذبات المناخية، وتنعكس هذه الظاهرة في مخاطرها على جميع البيئات والقطاعات وغالباً ما تؤثر هذه الظاهرة في القطاعات الاقتصادية والاجتماعية كافة، فضلاً عن استهدافها للبيئات الهشة. إذ إن بطء تطوره يتيح إمكانية رصد التغيرات التدريجية في عناصر المناخ، ولاسيما الهطول المطري ودرجات الحرارة، إضافة إلى مراقبة أوضاع المياه السطحية والجوفية. ولذلك تستخدم مؤشرات الجفاف بوصفها أدوات تحليلية مهمة لمتابعة الظروف الزراعية والبيئية، مع اختلاف هذه المؤشرات تبعاً للمنطقة الجغرافية والموسم المناخي **(WMO: 2016)**.

– **مشكلة الدراسة:** تحدد مشكلة البحث بالشكل الآتي: (ما طبيعة اتجاهات التغير الذي تكتشفه المؤشرات الطيفية الخاصة بالجفاف في منطقة الدراسة؟).

– **فرضية الدراسة:** تحدد فرضية البحث بالشكل الاتي: (تكشف المؤشرات الطيفية المعتمدة عن اتجاهاً في التغير للجفاف نحو التزايد في منطقة الدراسة).

– **حدود الدراسة:** تقع منطقة الدراسة جغرافياً في جنوب محافظة بابل، يحدها من الشمال قضاء المحاويل ومن الشمال الغربي قضاء الحلة، ومن جهة الجنوب الغربي الحدود الإدارية محافظة النجف، ومحافظة الديوانية من جهة الجنوب والجنوب الشرقي، في حين تقع فلكياً بين دائرتي العرض (0 40 ٣٢– 0 10 ٣٢) شمالاً، وخطي الطول(٠٣٠ ٤٤ – ٠ ١٠ ٤٥) شرقاً، أذ تبلغ مساحته (١٦٤٦ كم) وبنسبة (٣٢.٧٣٪) من اجمالي مساحة محافظة بابل البالغة (٥١١٩ كم). الخريطة (١)

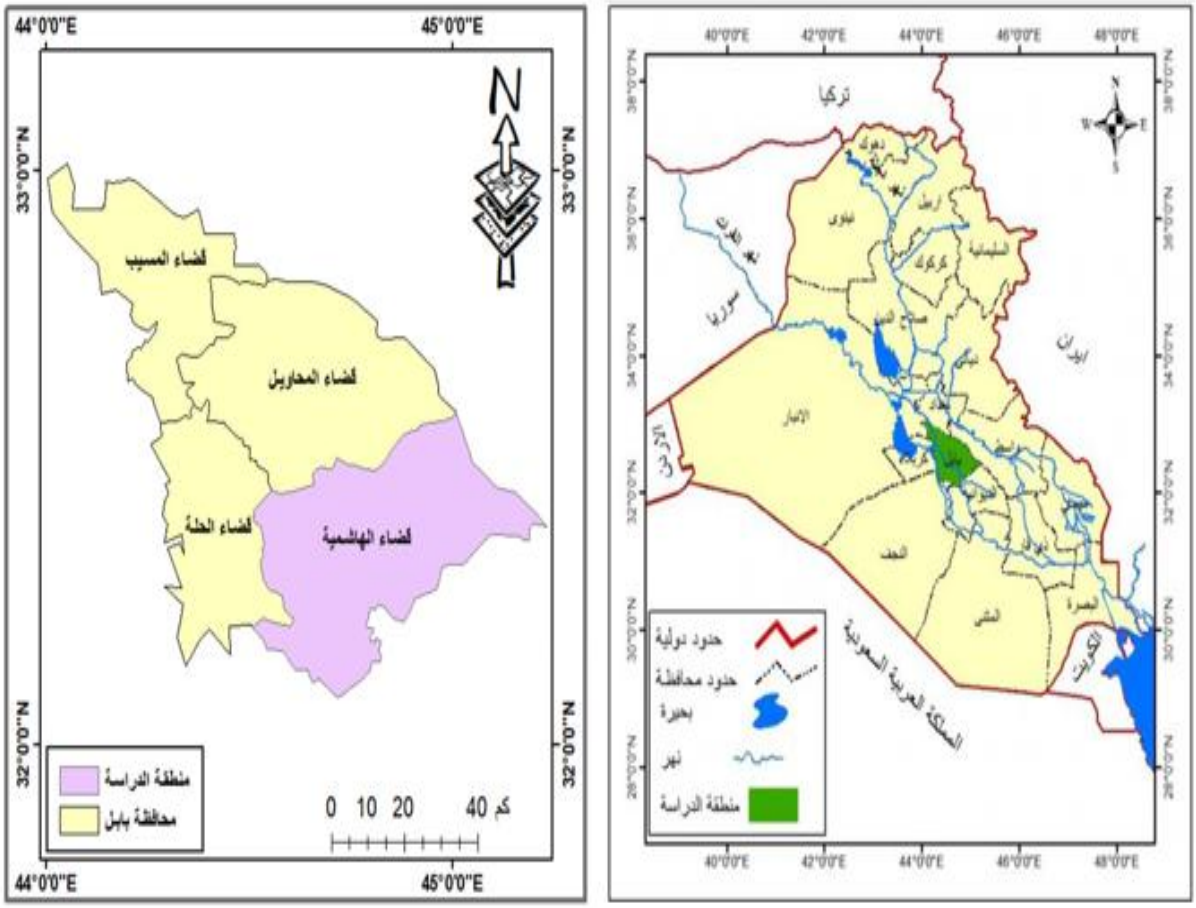
– **منهجية الدراسة:** تمثلت منهجية الدراسة بمجموعة من الخطوات وتقانات العمل بما يأتي:

١_ اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي الكمي القائم على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، بهدف تحليل اتجاهات التغير في مؤشرات الجفاف الطيفية في محافظة بابل، واتخذت منطقة قضاء الهاشمية نموذجاً تطبيقياً.

٢_ استندت الدراسة إلى صور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف لسنوات (٢٠١٥، ٢٠٢٠، ٢٠٢٥)، إذ جرى اختيارها لتمثل فترات زمنية متباعدة تسمح برصد الاتجاهات البيئية طويلة الأمد، وتمت معالجة الصور رقمياً من خلال تطبيق عمليات التصحيح الإشعاعي والهندسي، ثم استخراج المؤشرات الطيفية الرئيسة المرتبطة بالجفاف، وهي: مؤشر الغطاء النباتي(NDVI) ، ومؤشر رطوبة سطح الأرض(LSWI) ، ومؤشر الملوحة(SI) ، ومؤشر الملوحة التفاضلي(NDSI) ، ومؤشر القشرة البيولوجية(CI) . وفقاً للمعادلات في **الجدول (١)**.

٣_ بعد ذلك صنفت قيم المؤشرات إلى فئات بيئية وفق حدود معيارية تعكس درجات الجفاف والرطوبة والملوحة وكثافة الغطاء النباتي، ثم حسبت مساحات كل فئة باستخدام أدوات التحليل المكاني داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية. كما استُخدم اختبار معامل ميل Sen's Slope لتحديد اتجاه التغير الزمني لكل فئة، سواء كان تزايداً أو تناقصاً، وقياس سرعة هذا التغير كمياً. وأسهمت هذه الإجراءات في بناء قاعدة تحليلية مكانية وزمنية دقيقة مكنت من تفسير تغيرات الجفاف والتغير البيئي في منطقة الدراسة.

الخريطة (١) موقع منطقة الدراسة من العراق ومحافظة بابل



المصدر: الباحث بالاعتماد على وزارة الموارد المائية، هيئة المساحة، قسم أنتاج الخرائط، خريطة العراق الإدارية، مقياس ١/١٠٠٠٠٠٠ لسنة ٢٠١٠

جدول (١) الأدلة والمؤشرات الطيفية الخاصة بالجفاف المعتمدة في الدراسة

ت	الرمز	اسم المؤشر		المعادلة
١	NDVI	دليل الاختلاف الخضري الطبيعي	Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$
٢	LSWI	مؤشر الرطوبة السطحية للأرض	Land Surface Water Index	$LSWI = \frac{NIR - SWER1}{NIR + SWER1}$
٣	SI	مؤشر الملوحة	Silently Index	$SI = \sqrt{BLUE + RED}$
٤	NDSI	مؤشر الملوحة التفاضلي الطبيعي	Normalized Differential Salinity Index	$NDSI = \frac{BLUE - NIR}{BLUE + NIR}$
٥	CI	مؤشر القشرة البيولوجية	Crust Index	$CI = 1 - \frac{RED - BLUE}{RED + BLUE}$

Source: Alaa Hashim Ismael Al-Musawi, Drought Indicators changing in Al-Najaf Al-Ashraf Governorate Using Remote Sensing Techniques, College Arts, University of Kufa, 2025, P.49.

١_ المؤشرات الطيفية المرتبطة بالجفاف في منطقة الدراسة:

١-١ مؤشر دليل الاختلاف الخضري الطبيعي: Normalized Difference Vegetation Index

يعد هذا المؤشر من أبرز المؤشرات الطيفية التي يمكن الحصول عليها من خلال الأقمار الصناعية لأجل تحديد كثافة الغطاء النباتي، فهو يوفر إمكانية لرصد التغيرات التي يمكن ان تطرأ على الغطاء الخضري خلال مدد زمنية متعاقبة **(Ahmed and et al, 2025: 146)**. أذ يمكن استخدامه في تطبيقات متعددة منها الرصد البيئي والغابات والتصحر، فضلاً عن الدراسات المناخية، أذ أنه يعرض مجموعة من السيناريوهات المتعددة حول التغيرات التي يمكن ان يتعرض لها الغطاء النباتي وصحته **(Harbi and et al, 2025:18)**. ومن خلال الخريطة (٢) والجدول (٢) يمكن ان تبرز التباين المكاني والزماني لمؤشر (NDVI) من خلال الفئات الآتية:

١_ فئة معدوم الغطاء النباتي:

بلغت مساحة هذه الفئة في عام (٢٠١٥) خلال موسمي الرطب والجاف (٦٣١.٨١، ٧١٠.٥٣) كم² وبنسبة (٣٨.٣٨، ٤٣.١٦) % على التوالي، وبمقدار تغير بين الموسمين بلغ (-٧٨.٧٢ كم²). وفي عام (٢٠٢٠) بلغت المساحة بنحو (٥٤٥.٠٥، ٥٦٤.١٩) كم² بنسبة (٣٣.١١، ٣٤.٢٧) % في موسمي الرطب والجاف، وبمقدار تغير (-١٩.١٤ كم²). أما في عام (٢٠٢٥)، إذ بلغت مساحتها من (٥٦٤.١٩، ٥.٨١) كم² بنسبة (٣٤.٢٧، ٠.٣٥) % في موسم الجاف والرطب على التوالي وبمقدار تغير كبير بلغ (-٥٥٨.٣٨ كم²)، وهو ما يدل على تحول مساحات واسعة من الأراضي المتدهورة إلى فئات غطاء نباتي أعلى كثافة.

٢_ فئة قليل كثافة الغطاء النباتي:

في عام (٢٠١٥)، بلغت مساحة هذه الفئة (٤٦٢.٣٣، ٥٣٧.٤٦) كم² بنسبة (٢٨.٠٨، ٣٢.٦٥) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي، وبمقدار تغير (-٧٥.١٣ كم²)، وفي عام (٢٠٢٠)، بلغت مساحة التغير (-١٥٩.٣ كم²)، بفعل تراجع المساحة (٤٦٢.١٥، ٦٢١.٤٥) كم² بنسبة (٢٨.٠٧، ٣٧.٧٥) %، في المقابل، شهدت هذه الفئة في عام (٢٠٢٥) تزايداً ملحوظاً، فقد بلغت (١٠٣٠.٣٧، ٦٢١.٤٥) كم بنسبة (٦٢.٥٩، ٣٧.٧٥) % في الموسمين الرطب والجاف على التوالي، وبمقدار تغير (٤٠٨.٩٢ كم²) وبحالة تزايد.

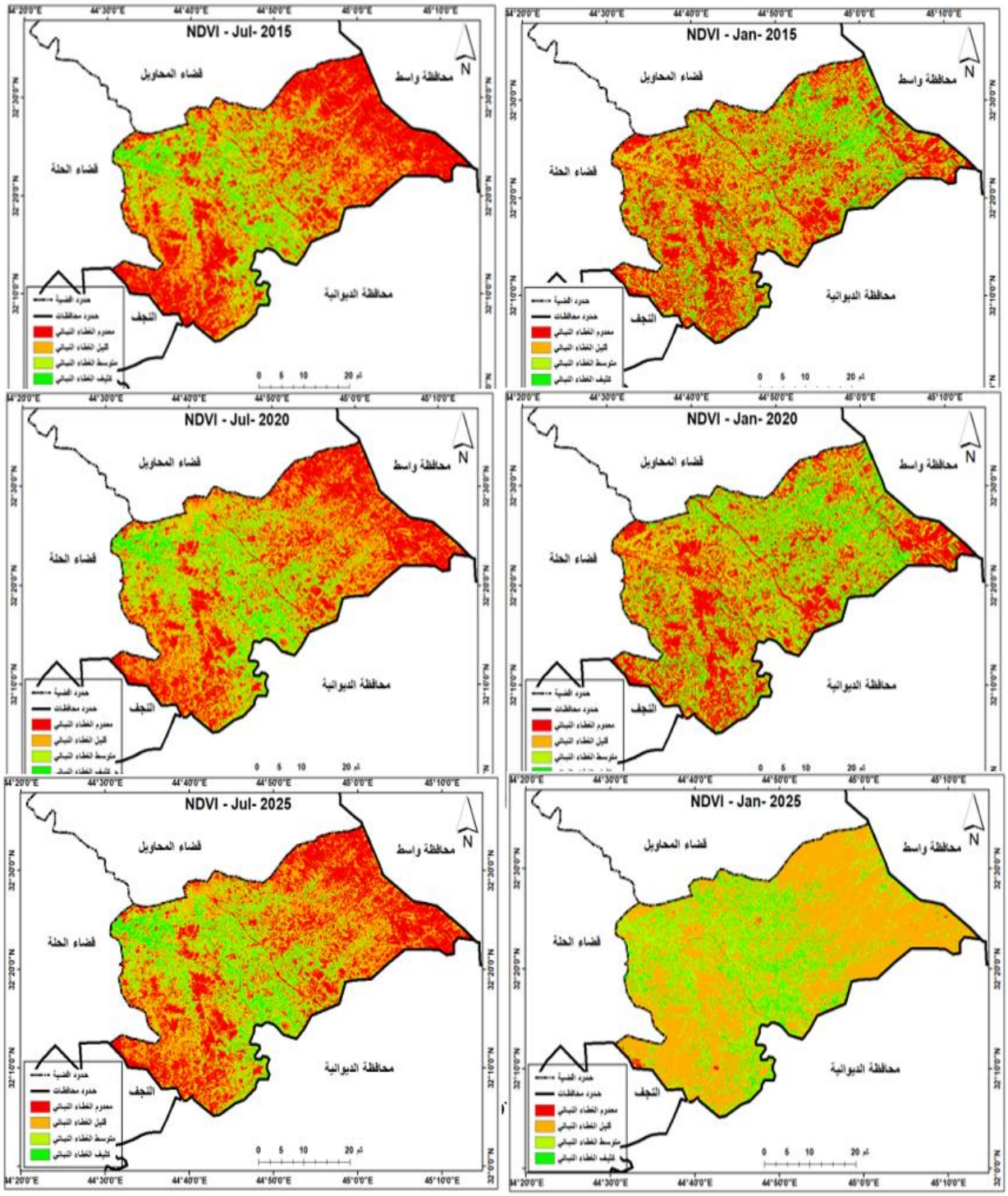
٣_ فئة متوسط الغطاء النباتي:

خلال عام (٢٠١٥)، سجلت هذه الفئة تزايداً بمساحة (٧٣.٦٢ كم²)، أذ بلغت مساحتها (٣٥٤.٣٠، ٢٨٠.٦٨) كم² بنسبة (٢١.٥٢، ١٧.٠٦) % في الموسمين الرطب والجاف، وفي عام (٢٠٢٠)، إذ تزايدت بمقدار (٨٠.٦٢ كم²)، أذ بلغت نحو (٣٩٣.٧١، ٣١٣.٠٩) كم² وبنسبة (٢٣.٩١، ١٩.٠٢) % لكل من الموسمين على التوالي، وفي عام (٢٠٢٥)، سجلت تزايداً في المساحة بلغ (١٢٦.٣٩ كم²)، أذ بلغت خلال الموسمين الرطب والجاف نحو (٤٣٩.٤٨، ٣١٣.٠٩) كم² وبنسبة (٢٦.٧٠، ١٩.٠٢) % لكل منهما على التوالي.

٤_ فئة كثيف الغطاء النباتي:

تتصف هذه الفئة بكونها ذات دلالة على تحسين النبات الطبيعي. ففي عام (٢٠١٥)، تزايدت هذه الفئة بين الموسمين بنحو (٨٠.٢٤ كم²)، إذ بلغت مساحتها (١٩٧.٥٥، ١١٧.٣١) كم² وبنسبة (١٢.٠٠، ٧.١٢) % لكل من الموسمين الرطب والجاف على التوالي. وفي عام (٢٠٢٠)، فقد بلغ مقدار التغير (٩٧.٨٢ كم²)، أذ بلغت (٢٤٥.٠٧، ١٤٧.٢٥) كم² بنسبة (١٤.٨٨، ٨.٩٤) %، أما في عام (٢٠٢٥)، فقد تزايدت المساحة بصورة طفيفة بنحو (٢٣.٠٨ كم²)، حيث بلغت مساحتها (١٧٠.٣٣، ١٤٧.٢٥) كم² وبنسبة (١٠.٣٤، ٨.٩٤) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي.

الخريطة (٢) التغيرات المساحية لدليل الاختلاف الخضري الطبيعي في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) لموسمين الرطب والجاف



المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية (Land Sat 8) ، واستخدام (Arc GIS 10.8). ومعادلة (NDVI)

الجدول (٢) تغير مساحات مؤشر اختلاف الغطاء النباتي (NDVI) في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) خلال الموسمين (الرطب والجاف)

السنة	الفئات	الموسم الرطب		الموسم الجاف		مقدار التغير كم	
		المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	الحالة
٢٠١٥	معدوم الغطاء النباتي	631.81	38.38	710.53	43.16	-78.72	تناقص
	قليل كثافة الغطاء النباتي	462.33	28.08	537.46	32.65	-75.13	تناقص
	متوسط الغطاء النباتي	354.30	21.52	280.68	17.05	73.62	تزايد
	كثيف الغطاء النباتي	197.55	12.00	117.31	7.12	80.24	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	1646	-
٢٠٢٠	معدوم الغطاء النباتي	545.05	33.11	564.19	34.27	-19.14	تناقص
	قليل كثافة الغطاء النباتي	462.15	28.07	621.45	37.75	-159.3	تناقص
	متوسط الغطاء النباتي	393.71	23.91	313.09	19.02	80.62	تزايد
	كثيف الغطاء النباتي	245.07	14.88	147.25	8.94	97.82	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	1646	-
٢٠٢٥	معدوم الغطاء النباتي	5.81	0.35	564.19	34.27	-558.38	تناقص
	قليل كثافة الغطاء النباتي	1030.37	62.59	621.45	37.75	408.92	تزايد
	متوسط الغطاء النباتي	439.48	26.70	313.09	19.02	126.39	تزايد
	كثيف الغطاء النباتي	170.33	10.34	147.25	8.94	23.08	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	-

المصدر : الباحث بالاعتماد على الخريطة (٢) للمرئيات الفضائية بتواريخ (٢١/١/٢٠١٥، ١٦/٧/٢٠١٥، ١٩/١/٢٠٢٠، ٢٩/٧/٢٠٢٠، ١٥/١/٢٠٢٥، ٢٧/٧/٢٠٢٥) وبدقة مكانية (٣٠ م) وبمسارات (١٦٨، ٠٣٨)

١-٢ مؤشر الرطوبة السطحية للأرض: Land Surface Water Index:

يتصف هذا المؤشر بكونه من المؤشرات الطيفية التي تستخدم على نطاق واسع في الجفاف الهيدرولوجي، اذ يعتمد بصورة أساسية على الاشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والاشعة تحت الحمراء القصيرة الموجة (SWIR) أذ يعرف بكونه ذات حساسية عالية لمقدار الرطوبة في النباتات الطبيعية، اذ يمتصها من خلال الاشعة تحت الحمراء. **(Mohammed and et al, 2024; 1367-1368)**. أذ يتضح من خلال الخريطة (٣) والجدول (٣) يمكن ان تبرز تغيرات مؤشر (LSWI) من خلال الفئات الآتية:

١_ فئة الأراضي الخالية من الرطوبة:

في عام (٢٠١٥)، وخلال الموسمين الرطب والجاف بلغت مساحة هذه الفئة (٦٤٧.٦٦، ٦٩٦.٣٠) كم² بنسبة (٣٩.٣٤، ٤٢.٣٠) %، وبمقدار تغير بلغ (-٤٨.٦٤ كم²)، وفي عام (٢٠٢٠)، ازدادت حدة هذه الفئة، إذ بلغت مساحتها (٥٨٣.٠٣، ٦٧٦.٠٤) كم² بنسبة (٣٥.٤٢، ٤١.٠٧) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي، وبمقدار تغير (-٩٣.٠١ كم²)، بينما عام (٢٠٢٥)، فقد بلغ اقصى مساحتها، إذ بلغت (٧٥٥.٠٢، ٧٧٢.٤٧) كم² بنسبة (٤٥.٨٧، ٤٦.٩٣) % لكل من الموسمين الرطب والجاف، وبمقدار تغير (-١٧.٤٥ كم²).

٢_ فئة الأراضي قليلة الرطوبة:

خلال عام (٢٠١٥)، بلغ مساحة هذه الفئة (٤٧٥.٩٤، ٥٥٤.٩١) كم² بنسبة (٢٨.٩١، ٣٣.٧١) % لكلا الموسمين، وبمساحة تغير بلغت (-٧٨.٩٧ كم²). بينما في عام (٢٠٢٠)، بلغت التغير بمساحة (-٤٦.١٦ كم²)، أذ بلغت (٤٧١.٤٥، ٥١٧.٦١) كم² بنسبة (٢٨.٦٤، ٣١.٤٤) %، واستمر الاتجاه ذاته خلال (٢٠٢٥)، فقد بلغ مقدار التغير (-٤٥.٨٤ كم²).

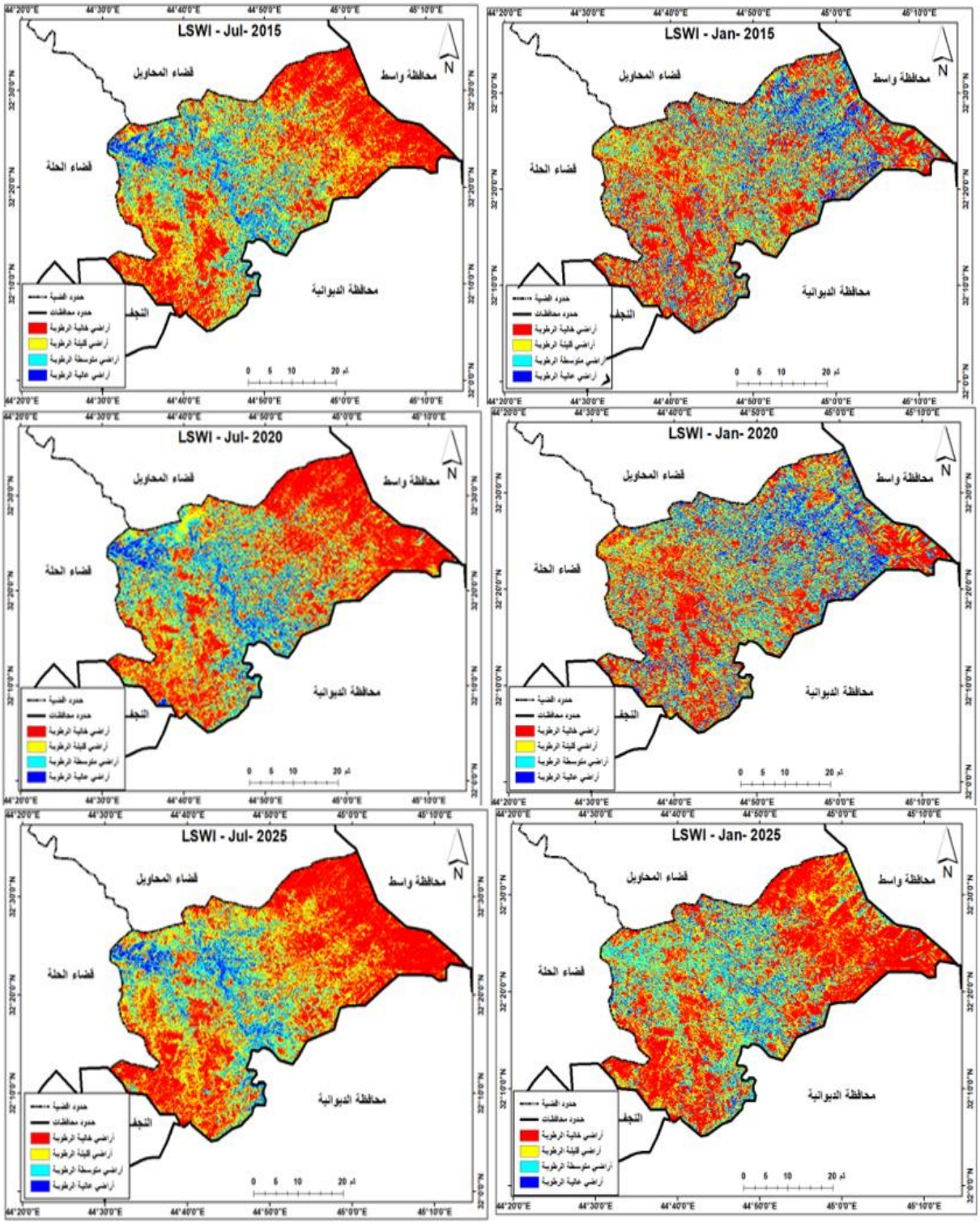
٣_ فئة الأراضي متوسطة الرطوبة:

تبرز طبيعة هذه الفئة خلال عام (٢٠١٥)، أذ تزايدت مساحتها بنحو (٦٨.٢٤ كم²)، أذ بلغت (٣٤٩.٨٠، ٢٨١.٥٦) كم² بنسبة (٢١.٢٥، ١٧.١٠) % لكل من الموسمين الرطب والجاف على التوالي. اما خلال عام (٢٠٢٠)، إذ بلغ التغير بنحو (٦٠.٧٦ كم²)، أذ بلغت لكل من الموسمين (٣٦٧.٦٤، ٣٠٦.٨٨) كم² بنسبة (٢٢.٣٣، ١٨.٦٤) % على التوالي. بينما خلال (٢٠٢٥)، فقد سجلت تغيراً موجباً نسبياً بلغ (٣٩.٩٤ كم²)، أذ بلغ مساحة هذه الفئة لكلا الموسمين بنحو (٢٨٠.٧٦، ٢٤٠.٨٢) كم² وبنسبة (١٧.٠٥، ١٤.٦٣) % على التوالي.

٤_ فئة الأراضي عالية الرطوبة:

تدل هذه الفئة على توفر الرطوبة السطحية. ففي عام (٢٠١٥)، اذ سجلت تزايداً بلغ (٥٩.٣٧ كم²)، بينما تراوحت مساحتها (١٧٢.٥٨، ١١٣.٢١) كم² بنسبة (١٠.٤٨، ٦.٨٧) لكلا الموسمين على التوالي. بينما خلال عام (٢٠٢٠)، تحسنت هذه الفئة بمقدار تغير بلغ (٧٨.٤٢ كم²)، في حين بلغت (٢٢٣.٨٦، ١٤٥.٤٤) كم² بنسبة (١٣.٦٠، ٨.٨٣) %. أما خلال عام (٢٠٢٥)، بلغ مقدار التغير بنحو (٢٣.٣٥ كم²)، بينما بلغت خلال الموسمين الرطب والجاف (١١٦.٧٨، ٩٣.٤٣) كم² وبنسبة (٧.٠٩، ٥.٦٧) على التوالي.

الخريطة (٣) التغيرات المساحية لمؤشر رطوبة سطح الارض في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) لموسمين الرطب والجاف



المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية (Land Sat 8) , واستخدام(Arc GIS. ومعادلة (LSWI

الجدول (٣) تغير مساحات مؤشر رطوبة سطح الارض (LSWI) في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) خلال الموسمين (الرطب والجاف)

السنة	الفئة	الموسم الرطب		الموسم الجاف		مقدار التغير كم	
		المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	الحالة
٢٠١٥	أراضي خالية الرطوبة	647.66	39.34	696.30	42.30	-48.64	تناقص
	أراضي قليلة الرطوبة	475.94	28.91	554.91	33.71	-78.97	تناقص
	أراضي متوسطة الرطوبة	349.80	21.25	281.56	17.10	68.24	تزايد
	أراضي عالية الرطوبة	172.58	10.48	113.21	6.87	59.37	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	-
٢٠٢٠	أراضي خالية الرطوبة	583.03	35.42	676.04	41.07	-93.01	تناقص
	أراضي قليلة الرطوبة	471.45	28.64	517.61	31.44	-46.16	تناقص
	أراضي متوسطة الرطوبة	367.64	22.33	306.88	18.64	60.76	تزايد
	أراضي عالية الرطوبة	223.86	13.60	145.44	8.83	78.42	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	-
2025	أراضي خالية الرطوبة	755.02	45.87	772.47	46.93	-17.45	تناقص
	أراضي قليلة الرطوبة	493.42	29.97	539.26	32.76	-45.84	تناقص
	أراضي متوسطة الرطوبة	280.76	17.05	240.82	14.63	39.94	تزايد
	أراضي عالية الرطوبة	116.78	7.09	93.43	5.67	23.35	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	-

المصدر: الباحث بالاعتماد على الخريطة (٣) للمرئيات الفضائية بتواريخ (٢١/١/٢٠١٥، ١٦/٧/٢٠١٥، ١٩/١/٢٠٢٠، ٢٩/٧/٢٠٢٠، ١٥/١/٢٠٢٥، ٢٧/٧/٢٠٢٥) وبدقة مكانية (٣٠ م) وبمسارات (١٦٨، ٠٣٨)

١-٣ مؤشر الملوحة (Silently Index)

يتميز هذا المؤشر بكونه من المؤشرات الطيفية ذات الأهمية الكبيرة في تقييم طبيعة التدهور البيئي في المناطق والاقاليم الجافة وشبه الجافة، أذ يمكن من خلاله ان تتضح مجموعة المخاطر الذي يمكن ان تتعرض لها المحاصيل الزراعية وإمكانية تجاوزها، أذ يدل على طبيعة الاملاح المتراكمة على سطح الأرض فيطلق عليه مؤشر ملوحة التربة (SI) إذ **(Allbed and et al, 2014: 1-2)**. يتضح من الخريطة (٤) والجدول (٤) التباين المكاني والزماني لمؤشر

اختلفت قيمه وتوزيعاته المساحية بين الموسمين الرطب والجاف وخلال سنوات الدراسة، ويمكن توضيح ذلك من خلال الفئات الآتية:

١_ فئة الأراضي الخالية من الملوحة:

في عام (٢٠١٥)، بلغت مساحة هذه الفئة (٤٨٧.٨٠، ٢١٢.٣٢) كم² بنسبة (٢٩.٦٣، ١٢.٨٩) % لكل من الموسم الرطب والجاف على التوالي، وبتغير موجب بلغ (٢٧٥.٤٨ كم²). بينما خلال عام (٢٠٢٠)، إذ بلغت مساحتها (٤٦٥.٣٢، ٢٥٥.٠٦) كم² بنسبة (٢٨.٢٧، ١٥.٤٩) % لكل من الموسمين على التوالي، وبتغير موجب (٢١٠.٢٦ كم²). في حين عام (٢٠٢٥)، فقد بلغت مساحتها (٣٢٩.٩٧، ١٦٤.٧٤) كم² بنسبة (٢٠.٠٤، ١٠.٠٠) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي. وبتغير بلغ (١٦٥.٢٣ كم²).

٢_ فئة الأراضي قليلة الملوحة:

خلال عام (٢٠١٥)، بلغت مساحتها (٤١٩.٠٩، ٦٥٦.٦٥) كم² وبنسبة (٢٥.٤٦، ٣٩.٨٩) % في الموسم الجاف والرطب على التوالي وبتغير موجب بنحو (٢٣٧.٥٦ كم²). وفي عام (٢٠٢٠)، أذ بلغت مساحتها بنحو (٦١٧.٦٧، ٤٤١.٩٦) كم² وبنسبة (٣٧.٥٢، ٢٦.٨٥) %لكل من الموسمين الرطب والجاف على التوالي. في عام (٢٠٢٥)، أذ جاء التغير موجباً بلغ (١٣٦.٨٤ كم²).

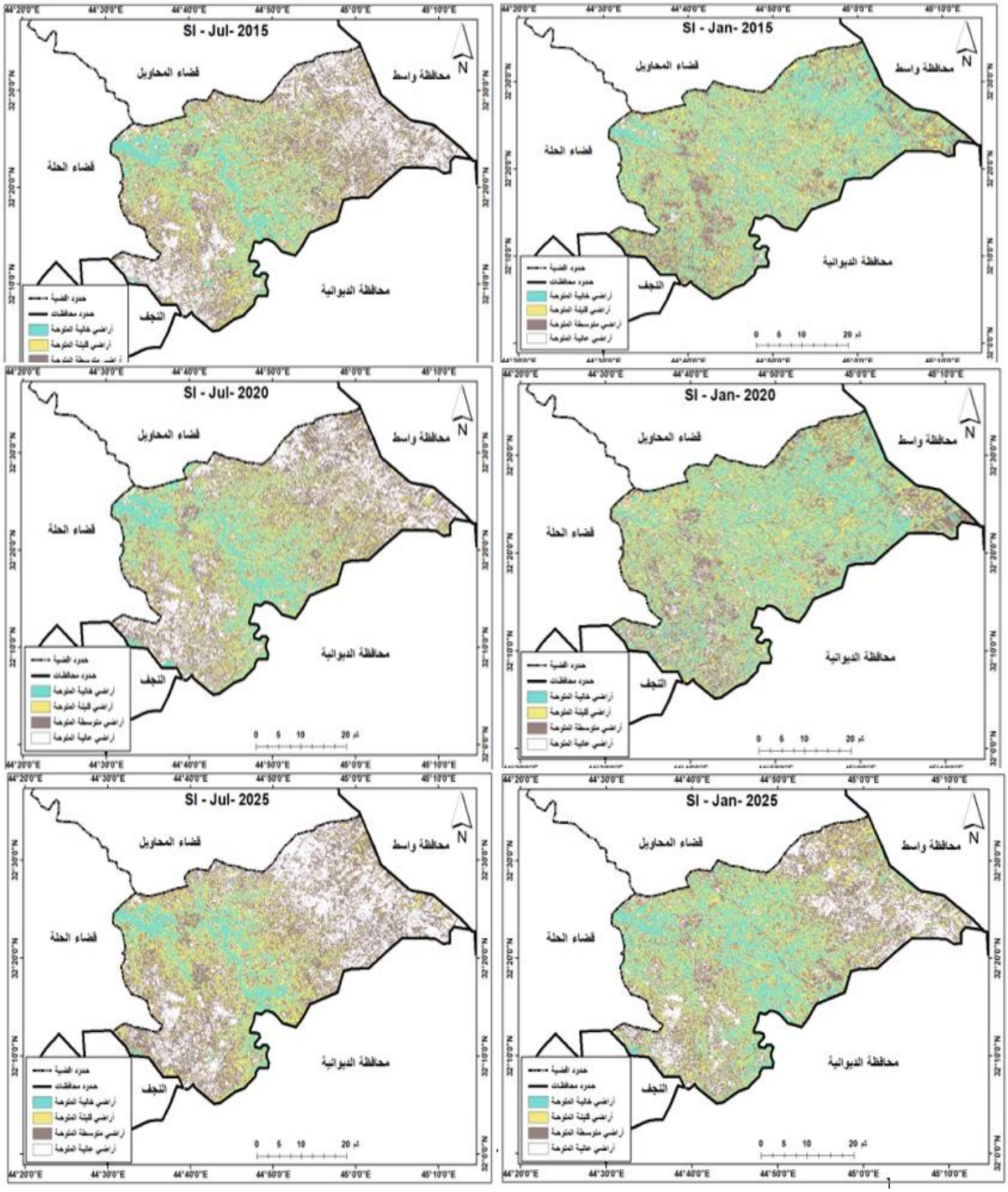
٣_ فئة الأراضي متوسطة الملوحة:

خلال عام (٢٠١٥)، جاءت المساحة بنحو (٤٢٧.٠٢، ٥٨٣.٣٤) كم² وبنسبة (٢٥.٩٤، ٣٥.٤٤) % خلال موسمي الرطب والجاف على التوالي، وبمقدار تغير سالب (-١٥٦.٣٢ كم²)، بينما خلال عام (٢٠٢٠)، بلغت مساحة التغير (-٩٢.٩٥ كم²)، في حين بلغت مساحة الأراضي (٥٥١.٩٦، ٤٥٩.٠١) كم² بنسبة (٣٣.٥٣، ٢٧.٨٨) % خلال موسمي الجفاف والرطب. وفي عام (٢٠٢٥)، بلغ مقدار التغير (-٩٠.٦ كم²).

٤_ فئة الأراضي عالية الملوحة:

يعتبر هذه الصنف من أخطر الأصناف والمؤشرات في تدهور البيئة في منطقة الدراسة، فخلال عام (٢٠١٥)، فبلغت مساحة هذه الفئة خلال موسم الجاف والرطب (٤٣١.٢٣، ٧٤.٥١) كم² وبنسبة (٢٦.١٩، ٤.٥٢) %، وبمقدار تغير (-٣٥٦.٧٢ كم²). في حين خلال عام (٢٠٢٠)، بلغ مقدار التغير (-٢٩٣.٠٣ كم²). أما في عام (٢٠٢٥)، فقد بلغت مساحتها خلال موسمي الجاف والرطب بنحو (٥٠٨.٦٥، ٢٩٧.١٧) كم² وبنسبة (٣٠.٩٠، ١٨.٠٥) % وبمقدار تغير بلغ (-٢١١.٤٨ كم²).

الخريطة (٤) التغيرات المساحية لمؤشر الملوحة في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) لموسمين الرطب والجاف



المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية (Land Sat 8) ، واستخدام (Arc GIS 10.8). ومعادلة (SI)

الجدول (4) تغير مساحات مؤشر الملوحة (SI) في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) خلال الموسمين (الرطب

السنة	الفئة	الموسم الرطب		الموسم الجاف		مقدار التغير كم	
		المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	الحالة
٢٠١٥	أراضي خالية الملوحة	487.80	29.63	212.32	12.89	275.48	تزايد
	أراضي قليلة الملوحة	656.65	39.89	419.09	25.46	237.56	تزايد
	أراضي متوسطة الملوحة	427.02	25.94	583.34	35.44	-156.32	تناقص
	أراضي عالية الملوحة	74.51	4.52	431.23	26.19	-356.72	تناقص
المجموع		1646	100	1646	100	0	
٢٠٢٠	أراضي خالية الملوحة	465.32	28.27	255.06	15.49	210.26	تزايد
	أراضي قليلة الملوحة	617.67	37.52	441.96	26.85	175.71	تزايد
	أراضي متوسطة الملوحة	459.01	27.88	551.96	33.53	-92.95	تناقص
	أراضي عالية الملوحة	103.97	6.31	397.00	24.11	-293.03	تناقص
المجموع		1646	100	1646	100	0	
٢٠٢٥	أراضي خالية الملوحة	329.97	20.04	164.74	10.00	165.23	تزايد
	أراضي قليلة الملوحة	515.43	31.31	378.59	23.00	136.84	تزايد
	أراضي متوسطة الملوحة	503.41	30.58	594.01	36.08	-90.6	تناقص
	أراضي عالية الملوحة	297.17	18.05	508.65	30.90	-211.48	تناقص
المجموع		1646	100	1646	100	0	

المصدر: الباحث بالاعتماد على الخريطة (٤) للمرئيات الفضائية بتواريخ (٢١/١/٢٠١٥، ١٦/٧/٢٠١٥، ١٩/١/٢٠٢٠، ٢٩/٧/٢٠٢٠، ١٥/١/٢٠٢٥، ٢٧/٧/٢٠٢٥) وبدقة مكانية (٣٠ م) وبمسارات (١٦٨، ٠٣٨)

٤-١ مؤشر الملوحة التفاضلي الطبيعي: Normalized Differential Salinity Index

يسهم هذا المؤشر في رصد الاملاح على الطبقة السطحية للتربة، فضلاً عن القيام بتقييم مستواها وفهم تأثيرها على إنتاجية التربة وخصوبتها، أذ يمكن توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد لأجل القيام بنمذجة البيانات المتعلقة بالتربة سيما الاملاح، وغالباً ما توصي الدراسات باعتمادها لما توفره من بيانات بصورة أفضل من طرق تحليل التربة التقليدية، أذ يمكن تطبيق هذا المؤشر قبل مرحلة الازهار بشكل يعطي فرصة لتشخيص المشاكل المحتملة في المناطق الجافة لأجل اتخاذ الإجراءات المناسبة للحد منها (**Voitik and et al, 2023; 48**). ومن خلال الخريطة (٥) والجدول (٥) يتبين مقدار التغير لمؤشر (NDSI) من خلال تحليل الفئات الآتية:

١_ أراضي خالية الملوحة:

في سنة ٢٠١٥، كانت مساحة الأراضي الخالية من الملوحة خلال موسمي الرطب والجاف (٢٢٥.٠٤، ١٨٦.٩٧) كم² بنسبة (١٣.٦٧، ١١.٣٥) % وبزيادة صافية قدرها (٣٨.٠٧ كم²). وفي عام ٢٠٢٠، بلغت مساحتها خلال الموسم الرطب والجاف (٣٥٥.٧٤، ١٨٤.٣٨) كم² بنسبة (٢١.٦١، ١١.٢٠) %، وبزيادة بلغت (١٧١.٣٦ كم²)، وبحلول ٢٠٢٥، بلغت المساحة بنحو (١٤٧.٧٠، ١٢٧.٠٥) كم² وبنسبة (٨.٩٧، ٧.٧١) %، مع زيادة صافية (٢٠.٦٥ كم²) أي تزايد محدود ومستقر.

٢_ أراضي قليلة الملوحة:

في عام ٢٠١٥, بلغت مساحة هذه الفئة (٣٩٢.٧٧، ٦٥٦.٩٣) كم² وبنسبة (٢٣.٨٦، ٤٠.٠٩) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي. وفي عام ٢٠٢٠، بلعت مساحة هذه الفئة (٥٥٢.١٣، ٥٧٦.٤٥) كم² وبنسبة (٣٣.٥٤، ٣٥.٠٢) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي. وفي عام (٢٠٢٥)، بلغت مساحتها بنحو (٤١٧.٨٧، ٤٦٢.٧٤) كم² وبنسبة (٢٥.٣٨، ٢٨.١١) %.

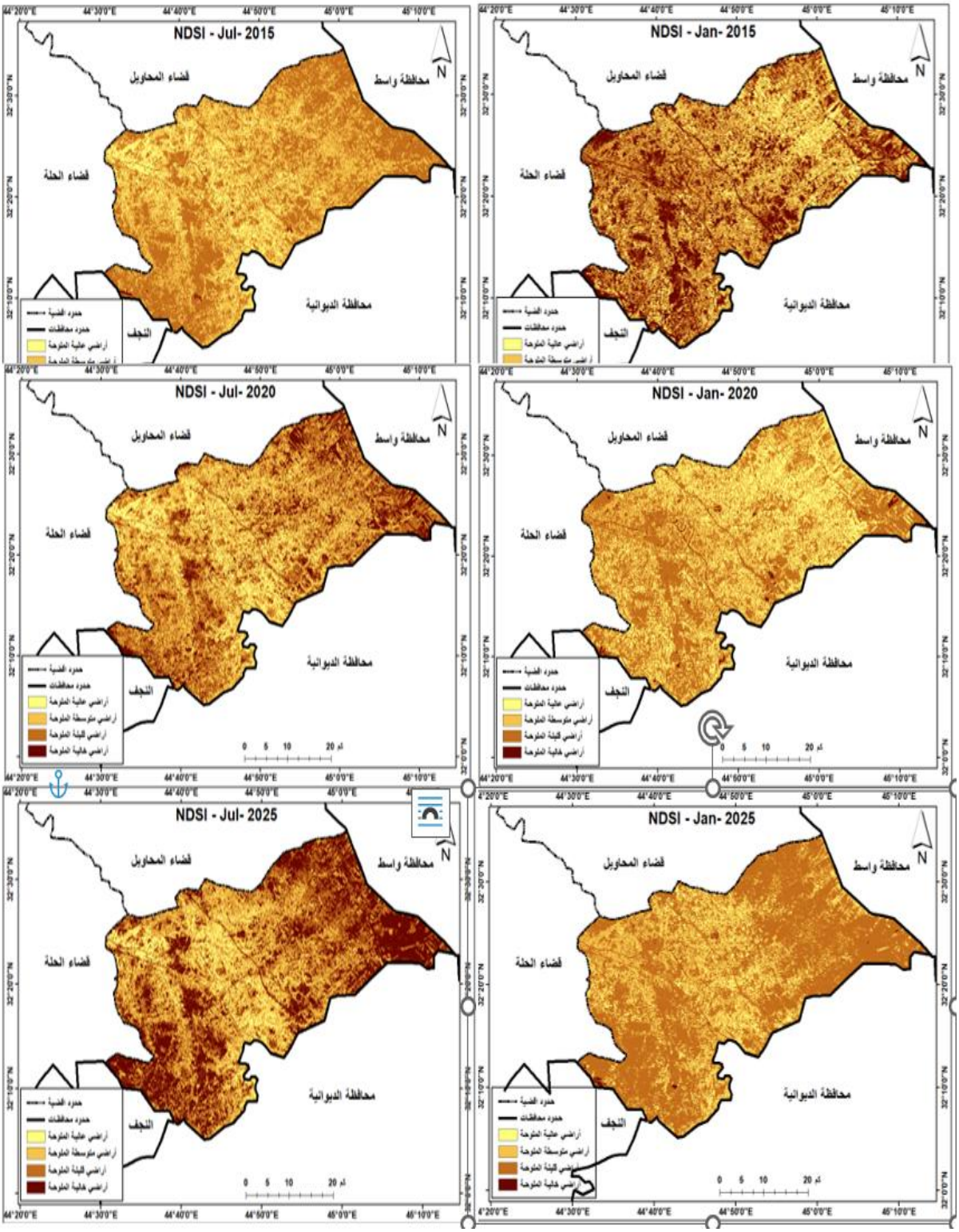
٣_ أراضي متوسطة الملوحة:

خلال سنة (٢٠١٥)، بلغت مساحتها بنحو (٥٤٨.٤٧، ٧٩٢.١٢) كم² وبنسبة (٣٣.٣٢، ٤٨.١٢) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي، وفي عام (٢٠٢٠)، بلغت مساحة هذه الاراضي (٧٢١.٦٦، ٦١٠.٥٤) كم² وبنسبة (٤٣.٨٤، ٣٧.٠٩) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي. وفي عام ٢٠٢٥, بلغت مساحة هذه الفئة (١٠٧٢.٩٧، ٤٩١.٠٤) كم² وبنسبة (٦٥.١٨، ٢٩.٨٣) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي.

٤_ أراضي عالية الملوحة:

خلال عام (٢٠١٥)، بلغت مساحة هذه الفئة (٤٧٩.٧١، ٦.٩٧) كم² بنسبة (٢٩.١٤، ٠.٤٢) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي، بينما خلال عام (٢٠٢٠)، بلغت مساحة هذه الفئة بنحو (١٦.٤٦، ٢٧٤.٦٢) كم² وبنسبة (١.٠٠، ١٦.٦٨) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي. وفي ٢٠٢٥, بلغ مساحة هذه الفئة بنحو (٧.٤٣، ٥٦٥.١٥) كم² بنسبة (٠.٤٥، ٣٤.٣٣) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي.

الخريطة (٥) التغيرات المساحية لمؤشر الملوحة التفاضلي في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) لموسمين الرطب والجاف



المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية (Land Sat 8) , واستخدام (Arc GIS 10.8). ومعادلة (NDSI)

الجدول (٥) تغير مساحات مؤشر الملوحة التفاضلي (NDSI) في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) خلال الموسمين (الرطب والجاف)

السنة	الفئة	الموسم الرطب		الموسم الجاف		مقدار التغير كم	
		المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	الحالة
٢٠١٥	أراضي خالية الملوحة	225.04	13.67	186.97	11.35	38.07	تزايد
	أراضي قليلة الملوحة	392.77	23.86	659.93	40.09	-267.16	تناقص
	أراضي متوسطة الملوحة	548.47	33.32	792.12	48.12	-243.65	تناقص
	أراضي عالية الملوحة	479.71	29.14	6.97	0.42	472.74	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	
٢٠٢٠	أراضي خالية الملوحة	355.74	21.61	184.38	11.20	171.36	تزايد
	أراضي قليلة الملوحة	552.13	33.54	576.45	35.02	-24.32	تناقص
	أراضي متوسطة الملوحة	721.66	43.84	610.54	37.09	111.12	تزايد
	أراضي عالية الملوحة	16.46	1.00	274.62	16.68	-258.16	تناقص
المجموع		1646	100	1646	100	0	
٢٠٢٥	أراضي خالية الملوحة	147.70	8.97	127.05	7.71	20.65	تزايد
	أراضي قليلة الملوحة	417.87	25.38	462.74	28.11	-44.87	تناقص
	أراضي متوسطة الملوحة	1072.97	65.18	491.04	29.83	581.93	تزايد
	أراضي عالية الملوحة	7.43	0.45	565.15	34.33	-557.72	تناقص
المجموع		1646	100	1646	100	0	

المصدر: الباحث بالاعتماد على الخريطة (٥) للمرئيات الفضائية بتواريخ (٢١/١/٢٠١٥، ١٦/٧/٢٠١٥، ١٩/١/٢٠٢٠، ٢٩/٧/٢٠٢٠، ١٥/١/٢٠٢٥، ٢٧/٧/٢٠٢٥) وبدقة مكانية (٣٠ م) وبمسارات (١٦٨، ٠٣٨)

١-٥ مؤشر القشرة البيولوجية (Crust Index)

تعرف القشرة البيولوجية بكونها تركيبات عضوية معقدة ذات التكوين البكتيري والفطريات الدقيقة والطحالب، فضلاً عن النباتات الأرضية، بالإضافة الى مجموعة من الكائنات الحية الأخرى. أذ تنتشر في المناطق القاحلة بنسبة تبلغ (٤٠٪)، أذ أنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بظروف الجفاف، ويمكن الاستدلال من هذه العلاقة في الكشف عن التصحر والموارد المائية من خلال توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد، ويستند على طبيعة هذه القشور في الكثير من الدراسات الخاصة بالتغير المناخي (**Xu Ma and et al, 2024; 1**). يتضح من الخريطة (٦) والجدول (٦) التباين المكاني والزماني لمؤشر (CI)، إذ اختلفت قيمه وتوزيعاته المساحية، ويمكن توضيح ذلك من خلال الفئات الآتية:

١_ أراضي خالية من القشرة البيولوجية:

خلال سنة (٢٠١٥) أذ بلغت مساحة هذه الفئة (٢٩٨.٧٥، ٤٤٠.٣٧) كم² وبنسبة (١٨.١٥، ٢٦.٧٥) % لكل من الموسمين الرطب والجاف على التوالي. بينما خلال سنة (٢٠٢٠)، بلغت مساحة هذه الفئة (٢٤٠.٣٨، ٣١٨.٨٦) كم² وبنسبة (١٤.٦٠، ١٩.٣٧) % في الموسمين الرطب والجاف، وخلال (٢٠٢٥)، بلغت مساحات الأراضي الخالية من هذا المركبات (٤٢٣.٤٢، ٥٠٢.٢١) كم² بنسبة (٢٥.٧٢، ٣٠.٥١) % في الموسمين الرطب والجاف على التوالي.

٢_ أراضي قليلة القشرة البيولوجية:

في سنة (٢٠١٥)، كانت المساحات (٥٦٥.٧٣، ٦٢٢.٨٨) كم² بنسبة (٣٤.٣٧، ٣٧.٨٤) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي. بينما خلال (٢٠٢٠) بلغت المساحات (٥٣٣.١٧، ٦٠٧.٣٤) كم² بنسبة (٣٢.٣٩، ٣٦.٨٩) % في الموسمين الرطب والجاف على التوالي، وفي (٢٠٢٥)، فقد بلغت مساحة هذه الفئة (٥٩٢.٣٤، ٦٢٩.٣٦) كم² بنسبة (٣٥.٩٨، ٣٨.٢٣) % في الموسمين الرطب والجاف على التتالي.

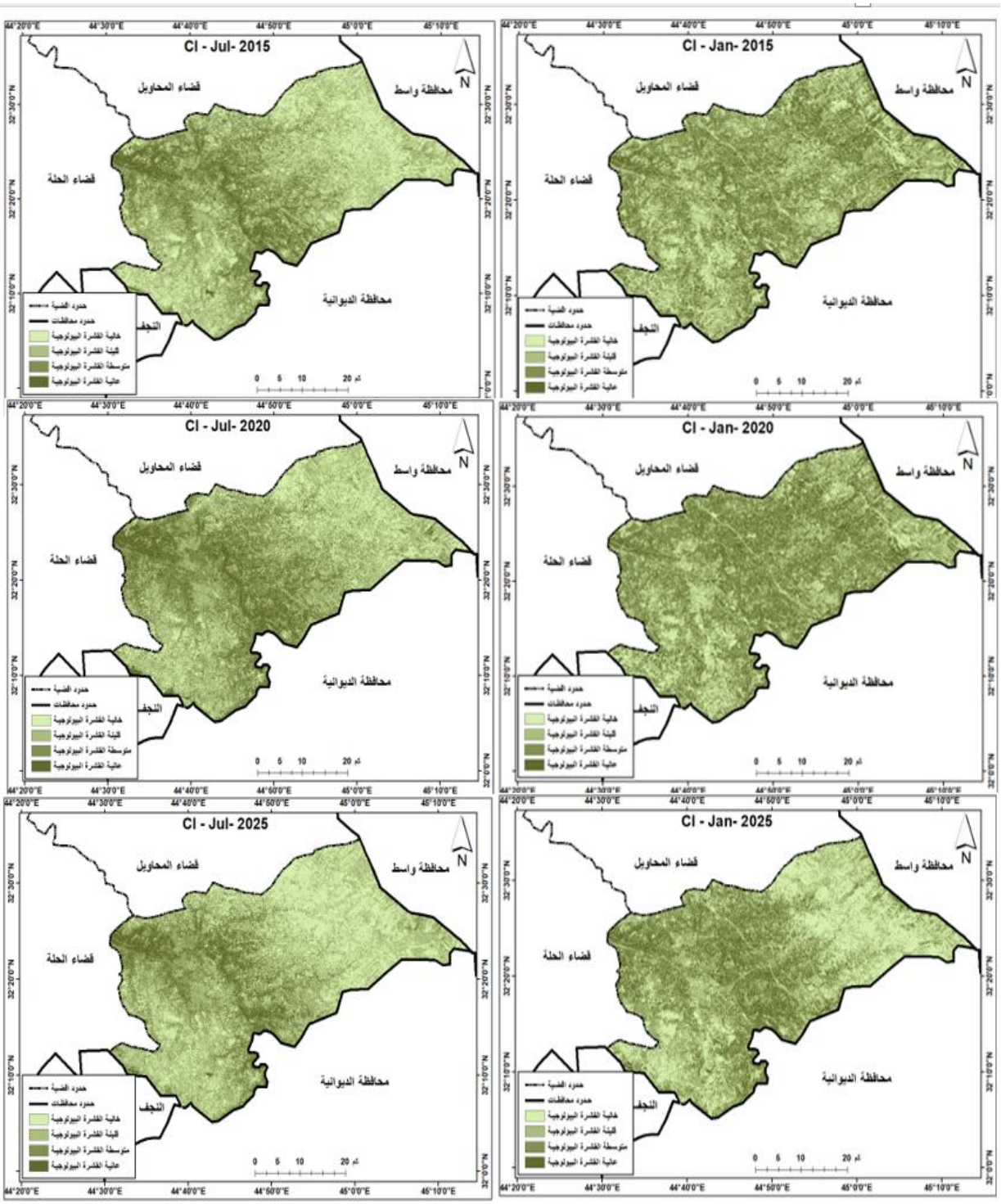
٣_ أراضي متوسطة القشرة البيولوجية:

بلغت مساحة هذه الفئة خلال سنة (٢٠١٥)، كانت المساحات (٥٠١.٩٩، ٤١٧.٠٠) كم² بنسبة (٣٠.٤٩، ٢٥.٣٣) % خلال الموسم الرطب والجاف على التوالي، في حين خلال سنة (٢٠٢٠)، بلغت مساحة هذه الفئة (٥٢٩.١٠، ٤٧٩.٥٠) كم² وبنسبة (٣٢.١٤، ٢٩.١٣) % في الموسم الرطب والجاف على التوالي. وبحلول (٢٠٢٥)، بلغت المساحات لكل من الموسم الرطب والجاف (٤٠٧.٩١، ٣٧٤.٦٠) كم² بنسبة (٢٤.٧٨، ٢٢.٧٥) % على التوالي.

٤_ أراضي عالية القشرة البيولوجية:

خلال سنة ٢٠١٥, كانت المساحات (٢٧٩.٥١، ١٦٥.٧٤) كم² وبنسبة (١٦.٩٨، ١٠.٠٦) % في الموسمين الرطب والجاف. ففي سنة (٢٠٢٠)، بلغت المساحات لكلا الموسمين (٣٤٣.٣٤، ٢٤٠.٢٨) كم² بنسبة (٢٠.٨٥، ١٤.٥٩) % على التوالي. وفي (٢٠٢٥)، أذ بلغت المساحات (٢٢٢.٢٩، ١٣٩.٧٧) كم² وبنسبة (١٣.٥٠، ٨.٤٩) % لكل من موسمي الرطب والجاف على التوالي.

الخريطة (٦) التغيرات المساحية لمؤشر القشرة البيولوجية في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) لموسمين الرطب والجاف



المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية (Land Sat 8) , واستخدام(Arc GIS. ومعادلة (CI) ١٠.٨)

الجدول (٦) تغير مساحات مؤشر القشرة البيولوجية (CI) في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) خلال الموسمين (الرطب والجاف)

السنة	الفئة	الموسم الرطب		الموسم الجاف		مقدار التغير كم	
		المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	النسبة (%)	المساحة (كم)	الحالة
٢٠١٥	خالية من القشرة البيولوجية	298.75	18.15	440.37	26.75	-141.62	تناقص
	قليلة القشرة البيولوجية	565.73	34.37	622.88	37.84	-57.15	تناقص
	متوسطة القشرة البيولوجية	501.99	30.49	417.00	25.33	84.99	تزايد
	عالية القشرة البيولوجية	279.51	16.98	165.74	10.06	113.77	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	
٢٠٢٠	خالية من القشرة البيولوجية	240.38	14.60	318.86	19.37	-78.48	تناقص
	قليلة القشرة البيولوجية	533.17	32.39	607.34	36.89	-74.17	تناقص
	متوسطة القشرة البيولوجية	529.10	32.14	479.50	29.13	49.6	تزايد
	عالية القشرة البيولوجية	343.34	20.85	240.28	14.59	103.06	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	
٢٠٢٥	خالية من القشرة البيولوجية	423.42	25.72	502.21	30.51	-78.79	تناقص
	قليلة القشرة البيولوجية	592.34	35.98	629.39	38.23	-37.05	تناقص
	متوسطة القشرة البيولوجية	407.91	24.78	374.60	22.75	33.31	تزايد
	عالية القشرة البيولوجية	222.29	13.50	139.77	8.49	82.52	تزايد
المجموع		1646	100	1646	100	0	

المصدر: الباحث بالاعتماد على الخريطة (6) للمرئيات الفضائية بتواريخ (٢١/١/٢٠١٥، ١٦/٧/٢٠١٥، ١٩/١/٢٠٢٠، ٢٩/٧/٢٠٢٠، ١٥/١/٢٠٢٥، ٢٧/٧/٢٠٢٥) وبدقة مكانية (٣٠ م) وبمسارات (١٦٨، ٠٣٨)

٢- اتجاه تغير مساحات مؤشرات الجفاف في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥-٢٠٢٥):

٢-١ التغير في مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI):

تباين اتجاه تغير مؤشر (NDVI) في منطقة الدراسة وخلال مددها الزمنية، فمنها الاتجاه نحو التزايد او التناقص وفقاً لفئات المؤشر المتعددة، وفيما يتعلق بالتناقص بلغ اقصى مقدار التغير (-٦٢٦ كم²) بميل سنوي (-٥٣.٩٢ كم²/سنة) خلال الموسم الرطب وتحديداً عند فئة معدوم الغطاء النباتي، أما التزايد فقد بلغ مقدار التغير الموجب في الموسم الرطب (٥٦٨.٠٤ كم²) وبميل مرتفع قدره (١١٣.٦٤ كم²/سنة) لفئة قليل كثافة الغطاء النباتي.

٢-٢ التغير في مؤشر رطوبة سطح الارض (LSWI):

إذ تختلف اتجاه تغير مؤشر (LSWI) خلال مدد الدراسة، فيتباين في الاتجاه من حيث التزايد او التناقص وفقاً لفئات المؤشر المتعددة، وفيما يتعلق بالتناقص بلغ اقصى مقدار التغير في

الموسم الرطب (-٦٩.٠٤ كم²) وبميل (-٦.٩٠ كم²/سنة)، وتحديداً عند فئة الأراضي متوسطة الرطوبة، أما التزايد فقد بلغ مقدار التغير في الموسم الرطب (١٠٧.٣٦ كم²) بميل سنوي (١٠.٧٤ كم²/سنة) لفئة الأراضي الخالية من الرطوبة.

٢-٣ التغير في مؤشر الملوحة (SI):

تتباين طبيعة اتجاه تغير مؤشر (SI) في منطقة ومدد الدراسة، فمن الاتجاه التزايد او التناقص وفقاً لفئات المؤشر المتعددة، وفيما يتعلق بالتناقص بلغ اقصى مقدار التغير في الموسم الرطب (-١٥٧.٨٣ كم²) وبميل (-١٥.٧٨ كم²/سنة)، وتحديداً عند فئة الأراضي خالية الملوحة، أما التزايد فقد بلغ مقدار التغير في الموسم الرطب (٢٢٢.٦٦ كم²) وبميل (٢٢.٢٧ كم²/سنة) لفئة الأراضي عالية الملوحة.

٢-٤ التغير في مؤشر الملوحة التفاضلي (NDSI):

تأخذ اتجاه تغير مؤشر (NDSI) في منطقة الدراسة وخلال مددها الزمنية، فمنها الاتجاه نحو التزايد او التناقص وفقاً لفئات المؤشر المتعددة، وفيما يتعلق بالتناقص بلغ أقصى مقدار التغير (-١٩٧.١٩ كم²) وبميل (-١٩.٧٢ كم²/ سنة) خلال موسم الجاف وتحديداً عند فئة **الأراضي قليلة الملوحة**، أما التزايد فقد بلغ مقدار التغير الموجب في الموسم الجاف (٥٥٨.١٨ كم²) وبميل (٥٥.٨٢ كم²/سنة) لفئة الأراضي عالية الملوحة.

٢-٥ التغير في مؤشر القشرة البيولوجية (CI):

تتباين طبيعة اتجاه تغير مؤشر (CI) في منطقة ومدد الدراسة، فمن الاتجاه التزايد او التناقص وفقاً لفئات المؤشر المتعددة، وفيما يتعلق بالتناقص بلغ اقصى مقدار التغير في الموسم الرطب (-٩٤.٠٨ كم²) وبميل (-١٨.٨٢ كم²/سنة)، وتحديداً عند فئة الأراضي متوسطة القشرة البيولوجية، أما التزايد فقد بلغ مقدار التغير (١٢٤.٦٧ كم²) في الموسم الرطب وبميل (٢٤.٩٣ كم²/سنة) لفئة الأراضي خالية من القشرة البيولوجية.

جدول (٧) تغير مساحات مؤشرات الجفاف في منطقة الدراسة للمدة (٢٠١٥–٢٠٢٥) خلال الموسمين الرطب والجاف

المؤشر	الصنف	الموسم	مقدار التغير (كم²)	Sen's Slope (كم² / سنة)	نوع التغير
مؤشر اختلاف الغطاء الخضري النباتي (NDVI)	معدوم الغطاء النباتي	الرطب	−626.00	−53.92	تزايد متوسط
		الجاف	−146.34	−14.63	تزايد طفيف
	قليل كثافة الغطاء النباتي	الرطب	+568.04	+113.64	تناقص متوسط
		الجاف	+83.99	+8.40	تناقص طفيف
	متوسط الغطاء النباتي	الرطب	+85.18	+8.72	تزايد طفيف
		الجاف	+32.41	+3.24	تزايد طفيف جدًا
	كثيف الغطاء النباتي	الرطب	−27.22	−14.55	تناقص طفيف
		الجاف	+29.94	+2.99	تناقص طفيف
مؤشر رطوبة سطح الأرض (LSWI)	أراضي خالية الرطوبة	الرطب	+107.36	+10.74	تزايد طفيف–متوسط
		الجاف	+76.17	+7.62	تزايد طفيف
	أراضي قليلة الرطوبة	الرطب	+17.48	+1.75	تزايد طفيف
		الجاف	−15.65	−1.56	تناقص طفيف
	أراضي متوسطة الرطوبة	الرطب	−69.04	−6.90	تناقص طفيف
		الجاف	−40.74	−4.07	تناقص طفيف
	أراضي عالية الرطوبة	الرطب	−55.80	−5.58	تناقص طفيف
		الجاف	−19.78	−1.98	تناقص طفيف
مؤشر الملوحة (SI)	أراضي خالية الملوحة	الرطب	−157.83	−15.78	تناقص متوسط
		الجاف	−47.58	−4.76	تناقص طفيف
	أراضي قليلة الملوحة	الرطب	−141.22	−14.12	تناقص متوسط
		الجاف	−40.50	−4.05	تناقص طفيف
	أراضي متوسطة الملوحة	الرطب	+76.39	+7.64	تزايد طفيف
		الجاف	+10.67	+1.07	تزايد طفيف
	أراضي عالية الملوحة	الرطب	+222.66	+22.27	تزايد متوسط
		الجاف	+77.42	+7.74	تزايد طفيف–متوسط
مؤشر الملوحة التفاضلي (NDSI)	أراضي خالية الملوحة	الرطب	−77.34	−7.73	تناقص طفيف
		الجاف	−59.92	−5.99	تناقص طفيف
	أراضي قليلة الملوحة	الرطب	+25.10	+2.51	تزايد طفيف
		الجاف	−197.19	−19.72	تناقص متوسط
	أراضي متوسطة الملوحة	الرطب	+524.50	+52.45	تزايد حاد
		الجاف	−301.08	−30.11	تناقص حاد
	أراضي عالية الملوحة	الرطب	−472.28	−47.23	تناقص حاد
		الجاف	+558.18	+55.82	تزايد حاد
مؤشر القشرة	خالية من القشرة	الرطب	+124.67	+24.93	تزايد متوسط

البيولوجية (CI)	البيولوجية	الجاف	+61.84	+12.37	تزايد طفيف
	قليلة القشرة البيولوجية	الرطب	+26.61	+5.32	تزايد طفيف
		الجاف	+6.51	+1.30	تزايد طفيف جدًا
	متوسطة القشرة البيولوجية	الرطب	−94.08	−18.82	تناقص متوسط
		الجاف	−42.40	−8.48	تناقص طفيف
	عالية القشرة البيولوجية	الرطب	−57.22	−11.44	تناقص طفيف
		الجاف	−25.97	−5.19	تناقص طفيف

المصدر : الباحث بالاعتماد على الجداول (٢-٦)

- الاستنتاجات:

١_ كشفت الدراسة بان مؤشر اختلاف الغطاء الخضري اتجه نحو تحسن جيد ضمن حدود منطقة الدراسة، أذ تراجعت مساحة الاراضي الجرداء بـ(٦٢٦- كم) خلال الموسم الرطب.

٢_ أوضحت الدراسة ان مؤشر الرطوبة السطحية بأن منطقة الدراسة تشهد تدهور مائي من خلال زيادة الأراضي الخالية من الرطوبة بمقدار (١٠٧ كم).

٣_ استنتجت الدراسة بأن منطقة الدراسة شهدت تدهور كيميائي للتربة، من خلال التوسع الكبير لمساحة الأراضي عالية الملوحة بـ(٢٢٢.٦٦ كم)، وهذا يشير الى تزايد مشاكل التملح في الأراضي الزراعية.

٤_ تشير نتائج مؤشر الملوحة التفاضليNDSI توسع الأراضي المتوسطة الملوحة بمقدار (٥٢٤.٥٠ كم).

- التوصيات:

١. اعتماد مؤشرات الجفاف الطيفية NDVI، LSWI، SI، NDSI، CI ضمن برامج الرصد البيئي الدورية في محافظة بابل، لما أثبتته من كفاءة في الكشف عن التغيرات المكانية والزمانية للجفاف والتدهور البيئي خلال مدة الدراسة.

٢. إعطاء أولوية للمناطق التي أظهرت ارتفاعاً في مؤشرات الجفاف والملوحة من خلال تنفيذ برامج لتحسين إدارة الموارد المائية واستصلاح التربة، بهدف الحد من توسع الأراضي الجافة والمتملحة والحفاظ على الإنتاج الزراعي.

٣. تشجيع الدراسات المستقبلية على دمج المؤشرات الطيفية مع البيانات المناخية والنماذج التنبؤية بما يسهم في التنبؤ المبكر بمخاطر الجفاف والتصحر ووضع استراتيجيات فعالة للحد مع التغيرات المناخية.

المصادر والمراجع:

1_ World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), (2016): Handbook of Drought Indicators and Indices, Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva. Available online:https://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf

2_ A.H.I, Al-Musawi (2025), Drought Indicators changing in Al-Najaf Al-Ashraf Governorate Using Remote Sensing Techniques, College Arts, University of Kufa.

3_ H.H. Ahmed and et al (2025), Geospatial Assessment of the Effect of Groundwater Salinity on NDVI in Western Karbala, Mesopotamian Journal of Marine Sciences, 40 (2). Available online: https://doi.org/10.58629/mjms.v40i2.

4_ A.H.A, Harbi and et al (2025), Monitoring the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the Kurdistan Region of Iraq using Remote Sensing Techniques, Iraqi Journal of Environmental Sciences, Vol. 01, No. 01. Available online: https://doi.org/10.71109/ijes.i1.9

5_ I.H. Mohammed and et al (2024), Drought in Iraq: remote sensing assessment using LSWI-Index and Landsat imagery, Engineering and Technology Journal, 42 (11). Available online: http://doi.org/10.30684/etj.2024.150522.1764

6_ A. Allbed and et al(2014), Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region, Geoderma Jour., vol230-231. Available online: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.03.025

7_ A. Voitik and et al(2023), COMPARISON OF NDVI, NDRE, MSAVI AND NDSI INDICES FOR EARLY DIAGNOSIS OF CROP PROBLEMS, Agricultural Engineering, Vol. 2 7 ,No.1. Available online: https://doi.org/10.2478/agriceng-2023-0004

8_ Xu Ma and et al(2024), A new hyperspectral index of biological crust in remote sensing, BIO Web of Conferences 100, Available online :https://doi.org/10.1051/bioconf/202410002035.