

تقييم الغطاء النباتي والتوسع العمراني باستخدام المؤشرات الطيفية (NDVI،  
NDBI) في قضاء كَلار – محافظة السليمانية


م.د. عبد الكريم عباس كريم كهار

[Kareem.abbas@uoqasim.edu.iq](mailto:Kareem.abbas@uoqasim.edu.iq)

م. د . دنيا شكر عباس النجار


جامعة القاسم الخضراء

[dunia\\_shukr@uoqasim.edu.iq](mailto:dunia_shukr@uoqasim.edu.iq)



*Assessment of vegetation cover and urban expansion using spectral indices  
(NDVI, NDWI) in the district of Kalar, Sulaymaniyah Governorate*

Dr.Abdul kareem Abbas Kareem  
Dr. Dunia Shukr Abbas Al-Najjar  
Al-Qasim Green University



## المستخلص

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات في الغطاء النباتي والكثافة الحضرية بمنطقة الدراسة خلال الفترة (١٩٩٠-٢٠٢٤) باستخدام مؤشري (NDVI و NDBI). أظهرت نتائج مؤشر NDVI أن صنف معدوم الغطاء النباتي ارتفع من (٤٣.٥٢ كم<sup>٢</sup>) إلى (٢٩١.٧٢ كم<sup>٢</sup>) بنسبة تغير (٥٧٠٪)، بينما سجل صنف قليل الكثافة النباتية زيادة من (٢٤٤.٨١ كم<sup>٢</sup>) إلى (٥٥٨.٧٤ كم<sup>٢</sup>) (١٢٨.٢٪). في المقابل، ارتفع صنف متوسط الكثافة النباتية من (٧٠٦.١٧ كم<sup>٢</sup>) إلى (٧٩٦.٢ كم<sup>٢</sup>) (١٢.٧٪)، فيما انخفض صنف كثيف الغطاء النباتي من (٧١٢.٩٩ كم<sup>٢</sup>) إلى (٦٠.٣٣ كم<sup>٢</sup>) (-٩١.٥٪)، مما يدل على تدهور الغطاء الكثيف وتحوله إلى أصناف أقل كثافة أو أراضي خالية. أما مؤشر NDWI للكثافة الحضرية، فقد أظهر انخفاضًا كبيرًا في مساحة صنف خالية الكثافة الحضرية من (٣٢١.١٧ كم<sup>٢</sup>) إلى (٤١.١١ كم<sup>٢</sup>) (-٨٧.٢٪)، وصنف قليلة الكثافة الحضرية من (٦٥١.٢٨ كم<sup>٢</sup>) إلى (١٩٩.١١ كم<sup>٢</sup>) (-٦٩.٤٪). بالمقابل، ارتفعت مساحة صنف عالية الكثافة الحضرية من (١٩٧.٧١ كم<sup>٢</sup>) إلى (١٠٣٣.٣١ كم<sup>٢</sup>) (٤٢٢.٥٪)، فيما سجل صنف متوسطة الكثافة انخفاضًا طفيفًا من (٥٣٧.٠٧ كم<sup>٢</sup>) إلى (٤٣٣.٩٦ كم<sup>٢</sup>) (-١٩.٢٪). تشير النتائج إلى تأثير مباشر للتوسع الحضري على تدهور الغطاء النباتي، وارتفاع المساحات منخفضة الكثافة على حساب الغطاء الكثيف. توصي الدراسة بوضع استراتيجيات لإدارة الأراضي، والحفاظ على الغطاء النباتي الكثيف، والحد من الزحف الحضري غير المخطط له لضمان استدامة النظام البيئي وتحسين جودة البيئة.

الكلمات المفتاحية: الغطاء النباتي، التوسع العمراني، الاستشعار عن بعد، المؤشرات الطيفية، NDVI، NDBI

## Abstract

This study aimed to analyze the changes in vegetation cover and urban density in the study area during the period (1990–2024) using the (NDVI) and (NDBI) indices. The results of the (NDVI) index showed that the "No Vegetation" category increased from (43.52 km<sup>2</sup>) to (291.72 km<sup>2</sup>) with a change rate of (570%), while the "Low-Density Vegetation" category recorded an increase from (244.81 km<sup>2</sup>) to (558.74 km<sup>2</sup>) (128.2%). In contrast, the "Medium-Density Vegetation" category rose from (706.17 km<sup>2</sup>) to (796.2 km<sup>2</sup>) (12.7%), whereas the "Dense Vegetation" category decreased from (712.99 km<sup>2</sup>) to (60.33 km<sup>2</sup>) (-91.5%), indicating a degradation of dense cover and its transformation into lower density categories or barren lands.

As for the (NDBI) index for urban density, it showed a significant decrease in the area of the "Underutilized" category from (321.17 km<sup>2</sup>) to (41.11 km<sup>2</sup>) (-87.2%), and the "Low Urban Density" category from (651.28 km<sup>2</sup>) to (199.11 km<sup>2</sup>) (-69.4%). Conversely, the "High Urban Density" category increased from (197.71 km<sup>2</sup>) to (1033.31 km<sup>2</sup>) (422.5%), while the "Medium Urban Density" category recorded a slight decrease from (537.07 km<sup>2</sup>) to (433.96 km<sup>2</sup>) (-19.2%).

The results indicate a direct impact of urban expansion on the degradation of vegetation cover, with an increase in low-density areas at the expense of dense cover. The study recommends developing land management strategies, preserving dense vegetation cover, and limiting unplanned urban sprawl to ensure ecosystem sustainability and improve environmental quality.

Keywords: vegetation cover, urban expansion, remote sensing, spectral indices, NDVI, NDBI.

## بسم الله الرحمن الرحيم

### المقدمة:

يعد الغطاء النباتي أحد العناصر الأساسية للنظام البيئي، لما له من دور في تنظيم المناخ المحلي، والحفاظ على التربة، ودعم التنوع البيولوجي، وتقليل آثار التوسع العمراني. في المقابل، يمثل التوسع الحضري السريع تهديداً مباشراً للموارد الطبيعية، حيث يؤدي إلى تراجع الغطاء النباتي وتحويل الأراضي الزراعية أو الطبيعية إلى مناطق مبنية، مما يؤثر على جودة البيئة واستدامة النظم البيئية. تعتبر مؤشرات الاستشعار عن بعد، مثل مؤشر الغطاء النباتي (NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ومؤشر الكثافة الحضرية (NDBI (Normalized Difference Built-up Index)، أدوات فعّالة لرصد التغيرات المكانية والزمنية في الغطاء النباتي والبنية الحضرية. تتيح هذه المؤشرات تحليل تطور الأراضي على مدى عقود، وتحديد مناطق التدهور البيئي، وفهم العلاقة بين التحضر وتراجع الغطاء النباتي.

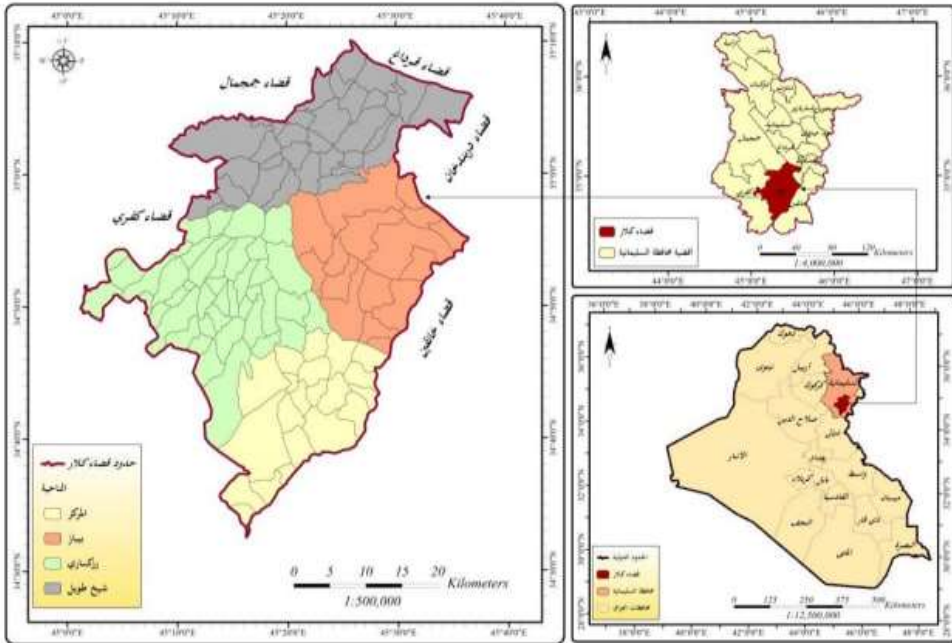
**\_ مشكلة الدراسة:** تحدد مشكلة البحث بالشكل الآتي: (ما طبيعة التغيرات الذي تكتشفه المؤشرات الطيفية الخاصة بالغطاء النباتي والتوسع العمراني في منطقة الدراسة؟).

**\_ فرضية الدراسة:** تحدد فرضية البحث بالشكل الآتي: (تكتشف المؤشرات الطيفية المعتمدة عن اتجاهات متباينة في منطقة الدراسة).

**\_ حدود الدراسة:** تقع منطقة الدراسة جغرافياً في الجنوب الشرقي من إقليم كردستان والجزء الشرقي من العراق، إذ تعد واحدة من اقصية السليمانية، إذ يحده من الغرب والجنوب الغربي قضاء كفري، ومن الشرق والجنوب الشرقي قضاء خانقين التابعين

لمحافظة ديالى، في حين تجاوره من الشمال والشمال الشرقي قضائي دراغ ودريندخان التابعين لمحافظة السليمانية، بينما يحيط به من الشمال الغربي ناحية سنطاو التابعة لقضاء جمجال وناحية قادر كرم التابعة لقضاء طوزخورماتو، في حين تقع فلكياً بين دائرتي العرض (٤٥ ٣٢ ٣٢ - ٣٥ ٠٩ ٥٣) شمالاً، وخطي الطول (١٣ ٣٧ ٤٥ - ١٩ ٠٩ ٤٥) شرقاً، إذ تبلغ مساحته (١٧٠٧.٠٥ كم)، الخريطة (١).

### الخريطة (١) موقع منطقة الدراسة من العراق ومحافظه السليمانية



المصدر: الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية، هيئة المساحة، قسم أنتاج

الخرائط، خريطة العراق الإدارية، مقياس ١/١٠٠٠٠٠٠٠ لسنة ٢٠١٠

### \_ مؤشر الغطاء النباتي (Normalized Difference Vegetation Index) NDVI

(Index): يعد هذا المؤشر من اكثر المؤشرات المستعملة في ميدان تحليل الصور الخاصة بالاقمار الصناعية والدراسات الخاصة بالغطاء النباتي وانزلاقات التربة والتصحر وغيرها من الظواهر، فضلاً عن كونه وسيلة هامة في دراسات التغيرات

الزمنية التي تطرأ على النبات الطبيعي، فقيمه تتراوح بين (-1 و +1)، إذ كلما ارتفعت قيمته أي باتجاه الموجب دل على ان كثافة النبات اكثر كثافة، إذ يعتمد هذا المؤشر على الفرق الحاصل بين كل من الاشعة تحت الحمراء القريبة والاشعة تحت الحمراء البعيدة مقسوماً على مجموع كل منهما، وبهذا فيمكن التمييز بين كثافة الغطاء النباتي(الموسوي: ٢٠٢٥: ٦٢). ويمكن الوصول الى هذا المؤشر من الصيغة الرياضية الاتية(Hamideh. And other:2018: 5):

$$NDVI = NIR - RED / NIR + RED$$

حيث أن:

NIR = نطاق الاشعة تحت الحمراء القريبة (Band 5) في القمر Landsat 8 و  
Landsat ٥ في القمر (Band 4)  
RED = نطاق الاشعة الحمراء (Band 4) في القمر Landsat 8 و (Band 3)  
في القمر Landsat ٥

\_ مساحات أصناف الغطاء النباتي وفق مؤشر NDVI للفترة (1990-2024):

ويتضح من خلال الجدول (١) والخريطة (٢) الأصناف النباتية ادناه:

أولاً: صنف معدوم الغطاء النباتي: أظهر هذا الصنف زيادة حادة وواضحة خلال مدة الدراسة، إذ ارتفع المعدل السنوي للمساحة من (٤٣.٥٢ كم<sup>2</sup>) عام ١٩٩٠ إلى (٢٩١.٧٢ كم<sup>2</sup>) عام ٢٠٢٤. كما ازدادت نسبته بشكل كبير في كلا الموسمين، خاصة في الموسم الرطب (من ٠.٨٠٪ إلى ٢٦.٠٨٪). ويشير هذا التوسع إلى تنامي ظاهرة تدهور الأراضي واتساع المناطق الجرداء، وهو مؤشر سلبي على تراجع الغطاء النباتي، فقد أظهر هذا الصنف زيادة كبيرة في المعدل المساحي، إذ ارتفع من (٤٣.٥٢ كم<sup>2</sup>) عام ١٩٩٠ إلى (٢٩١.٧٢ كم<sup>2</sup>) عام ٢٠٢٤، وهو ما يعكس اتساع المناطق الجرداء.

ثانياً: **صنف قليل كثافة الغطاء النباتي**: شهد هذا الصنف أيضاً زيادة ملحوظة، حيث ارتفعت مساحته من (٢٤٤.٨١ كم<sup>2</sup>) إلى (٥٥٨.٧٤ كم<sup>2</sup>). كما تضاعفت نسبته تقريباً في الموسم الرطب (من ٩.٤٢% إلى ٣٩.٨٦%) وكذلك في الموسم الجاف. ارتفع المعدل من (٢٤٤.٨١ كم<sup>2</sup>) إلى (٥٥٨.٧٤ كم<sup>2</sup>). ويعكس ذلك تحول أجزاء واسعة من الأراضي من غطاء نباتي متوسط أو كثيف إلى غطاء ضعيف، مما يدل على تراجع حيوية النظام البيئي.

ثالثاً: **صنف متوسط كثافة الغطاء النباتي**: اتسم هذا الصنف بتغيرات متباينة، إذ ارتفع معدله من (٧٠٦.١٦ كم<sup>2</sup>) عام ١٩٩٠ إلى (٧٩٦.١٩ كم<sup>2</sup>) عام ٢٠٢٤. إلا أن هذا الارتفاع لم يكن متوازناً موسميًا؛ فقد انخفضت نسبته في الموسم الرطب (من ٤١.٣٤% إلى ٢٩.١٥%)، مقابل ارتفاع كبير في الموسم الجاف (من ٤١.٣٧% إلى ٦٤.١٦%). فقد سجل هذا الصنف زيادة في المعدل من (٧٠٦.١٦ كم<sup>2</sup>) إلى (٧٩٦.١٩ كم<sup>2</sup>)، وقد يشير ذلك إلى تغير في استجابة الغطاء النباتي للظروف المناخية، أو إلى تحول أجزاء من الغطاء الكثيف إلى متوسط.

رابعاً: **صنف كثيف الغطاء النباتي**: سجل هذا الصنف أكبر تراجع بين جميع الأصناف، حيث انخفضت مساحته بشكل حاد من (٧١٢.٩٨ كم<sup>2</sup>) إلى (٦٠.٣٢ كم<sup>2</sup>). كما تراجعته نسبته في الموسم الرطب من (٤٨.٤٣%) إلى (٤.٨٩%)، وفي الموسم الجاف من (٣٥.٠٨%) إلى (٢.١٦%). فقد شهد هذا الصنف تراجعاً حاداً في المعدل المساحي من (٧١٢.٩٨ كم<sup>2</sup>) إلى (٦٠.٣٢ كم<sup>2</sup>) ويعكس هذا الانخفاض الحاد فقداناً كبيراً للمناطق ذات الكثافة النباتية العالية، وهو مؤشر مباشر على تدهور بيئي واضح.

## الجدول (١)

يبين مساحات مؤشر (NDVI) خلال الموسم الرطب والجاف في منطقة الدراسة

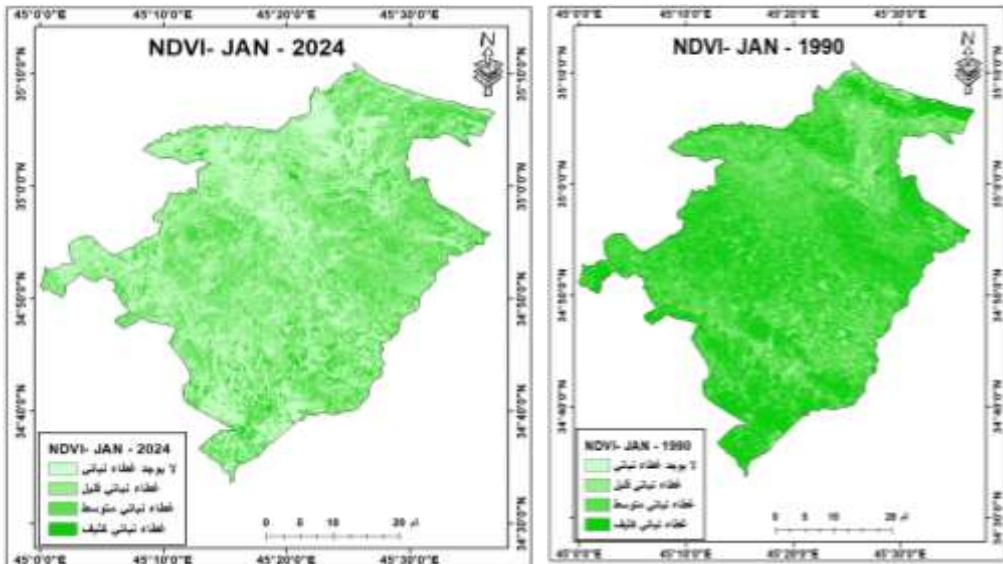
لسنة ١٩٩٠-٢٠٢٤

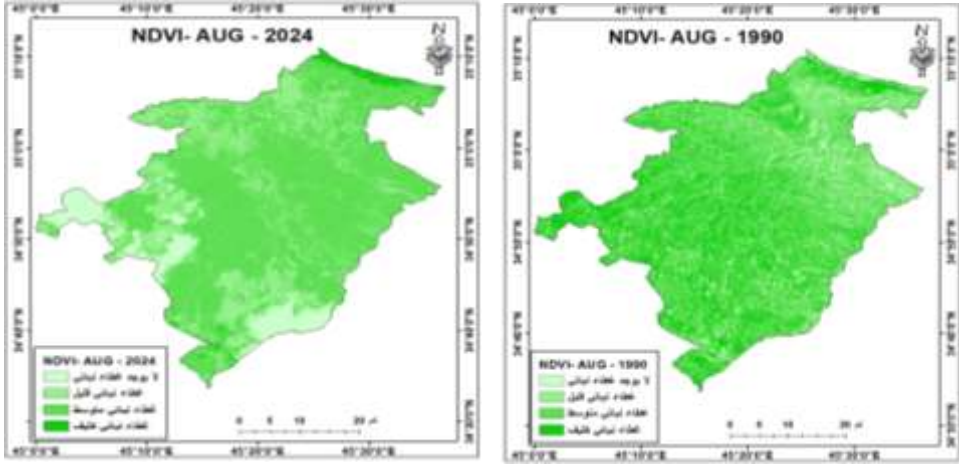
المعدل (كم)	الموسم الجاف		الموسم الرطب		السنة	الصف	ت
	النسبة	المساحة	النسبة	المساحة			
43.52	4.29	73.27	0.80	13.77	١٩٩٠	معدوم الغطاء النباتي	١
291.72	8.08	138.12	26.08	445.32	٢٠٢٤		
244.81	19.25	328.76	9.42	160.86	١٩٩٠	قليل كثافة الغطاء النباتي	٢
558.74	25.58	436.81	39.86	680.67	٢٠٢٤		
706.165	41.37	706.43	41.34	705.90	١٩٩٠	متوسط كثافة الغطاء النباتي	٣
796.195	64.16	1094.55	29.15	497.84	٢٠٢٤		
712.985	35.08	599.02	48.43	826.95	١٩٩٠	كثيف الغطاء النباتي	٤
60.325	2.16	37.00	4.89	83.65	٢٠٢٤		
-	100	1707.5	100	1707.5	المجموع		

المصدر : الباحثان بالاعتماد على الخريطة (٢)

الخريطة (٢) التغيرات المساحية لدليل الاختلاف الخضري الطبيعي في منطقة

الدراسة للمدة (١٩٩٠-٢٠٢٤) لموسمين الرطب والجاف





## NDVI (Normalized Difference Built-up الحضرية الكثافة المؤشر

**Index**: وهو احد المؤشرات الطيفية الهامة التي تتراوح قيمها بين (-1 ، +1) ذات الامكانية لبيان الفرق بين الانعكاسات الطيفية عند الطول الموجي تحت الحمراء القريبة والطول الموجي تحت الحمراء المتوسطة على مجموعهما، فالمناطق الحضرية تكون موجبة بينما المناطق الأخرى تكون سالبة، وهذا بدوره يكشف عن حالات التوسع الذي يطرأ على المناطق الحضرية وزحزحتها نحو المناطق او الاراضي الزراعية ويمكن الوصول الى هذا المؤشر من الصيغة الرياضية الآتية (خضير ومهدي: ٢٠٢٤: ٢٢٢):

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

حيث أن:

NIR = نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (Band 5) في القمر 8 Landsat و

(Band 4) في القمر ٥ Landsat

SWIR = نطاق الأشعة الحمراء (Band 6) في القمر 8 Landsat و

(Band 5) في القمر ٥ Landsat

## \_ مساحات أصناف الكثافة الحضرية وفق مؤشر NDBI للفترة (1990-2024) :

ويتضح من خلال الجدول (٢) والخريطة (٣) الأصناف العمرانية ادناه:

**أولاً: صنف خالية الكثافة الحضرية:** سجل هذا الصنف تراجعاً حاداً في جميع المؤشرات؛ إذ انخفضت مساحته في الموسم الرطب من (٣٤١.٩٥ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٢٠.٠٣٪) عام ١٩٩٠ إلى (٣٨.٤٦ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٢.٢٥٪) عام ٢٠٢٤، وفي الموسم الجاف من (٣٠٠.٣٩ كم<sup>2</sup>) بنسبة (١٧.٥٩٪) إلى (٤٣.٧٦ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٢.٥٦٪). كما انخفض المعدل المساحي من (٣٢١.١٧ كم<sup>2</sup>) إلى (٤١.١١ كم<sup>2</sup>). ويعكس ذلك تقلصاً كبيراً في الأراضي غير المبنية وتحولها إلى استخدامات حضرية.

**ثانياً: صنف قليلة الكثافة الحضرية:** انخفضت مساحته في الموسم الرطب من (٦٧٠.٧٤ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٣٩.٢٩٪) إلى (٢٩٤.١٧ كم<sup>2</sup>) بنسبة (١٧.٢٢٪)، وفي الموسم الجاف من (٦٣١.٨٢ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٣٧.٠٠٪) إلى (١٠٤.٠٥ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٦.٠٩٪). كما تراجع المعدل من (٦٥١.٢٨ كم<sup>2</sup>) إلى (١٩٩.١١ كم<sup>2</sup>). ويشير ذلك إلى تحول هذه الفئة نحو كثافات حضرية أعلى، مع تراجع تدريجي في الغطاء النباتي والرطوبة.

**ثالثاً: صنف متوسطة الكثافة الحضرية:** أظهر هذا الصنف تبايناً موسميًا واضحاً؛ إذ ارتفعت مساحته في الموسم الرطب من (٥١٥.٤٩ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٣٠.١٩٪) إلى (٦٤٥.٣٤ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٣٧.٧٩٪)، بينما انخفضت في الموسم الجاف من (٥٥٨.٦٥ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٣٢.١٧٪) إلى (٢٢٢.٥٧ كم<sup>2</sup>) بنسبة (١٣.٠٣٪). كما تراجع المعدل من (٥٣٧.٠٧ كم<sup>2</sup>) إلى (٤٣٣.٩٦ كم<sup>2</sup>). ويعكس ذلك انتقال جزء من هذه المناطق نحو فئة الكثافة الحضرية العالية، خاصة في الظروف الجافة.

رابعاً: **صنف عالية الكثافة الحضرية**: شهد هذا الصنف زيادة كبيرة جداً؛ إذ ارتفعت مساحته في الموسم الرطب من (١٧٨.٨٠ كم<sup>2</sup>) بنسبة (١٠.٤٧٪) إلى (٧٢٩.٥١ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٤٢.٧٢٪)، وفي الموسم الجاف من (٢١٦.٦٢ كم<sup>2</sup>) بنسبة (١٢.٦٨٪) إلى (١٣٣٧.١١ كم<sup>2</sup>) بنسبة (٧٨.٣٠٪). كما قفز المعدل من (١٩٧.٧١ كم<sup>2</sup>) إلى (١٠٣٣.٣١ كم<sup>2</sup>). ويعكس ذلك تسارع التوسع الحضري، خاصة في الموسم الجاف، حيث تكون القيم الطيفية أكثر وضوحاً للأسطح المبنية. ويرتبط هذا التوسع بارتفاع مؤشر الكتلة الحضرية.

## الجدول (٢)

يبين مساحات مؤشر (NDBI) خلال الموسم الرطب والجاف في منطقة الدراسة

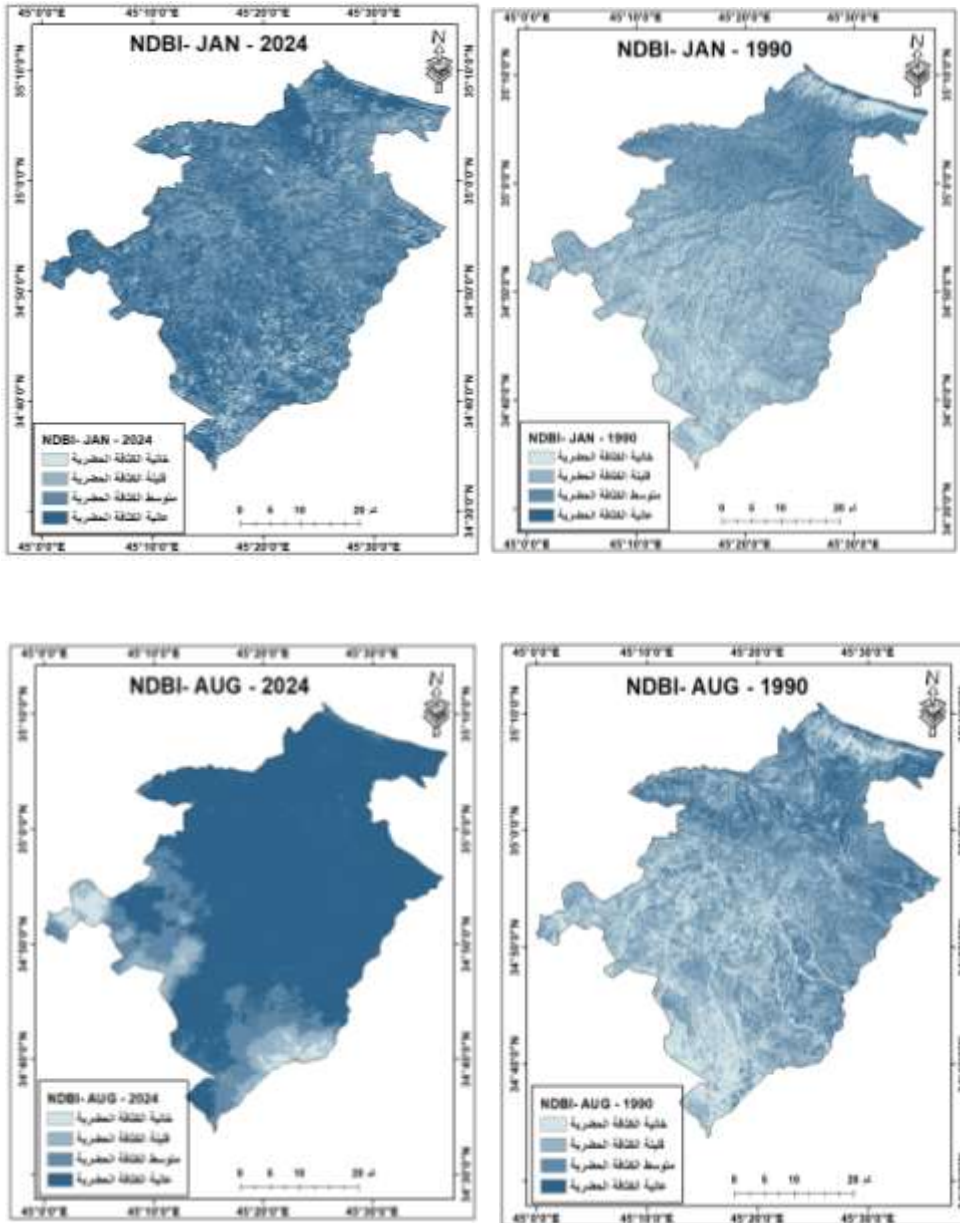
لسنة ١٩٩٠-٢٠٢٤

ت	الصنف	السنة	الموسم الرطب		الموسم الجاف		المعدل (كم)
			المساحة	النسبة	المساحة	النسبة	
١	خالية الكثافة الحضرية	١٩٩٠	341.95	20.03	300.39	17.59	321.17
		٢٠٢٤	38.46	2.25	43.76	2.56	41.11
٢	قليلة الكثافة الحضرية	١٩٩٠	670.74	39.29	631.82	37.00	651.28
		٢٠٢٤	294.17	17.22	104.05	6.09	199.11
٣	متوسطة الكثافة الحضرية	١٩٩٠	515.49	30.19	558.65	32.17	537.07
		٢٠٢٤	645.34	37.79	222.57	13.03	433.955
٤	عالية الكثافة الحضرية	١٩٩٠	178.80	10.47	216.62	12.68	197.71
		٢٠٢٤	729.51	42.72	1337.11	78.30	1033.31
	المجموع		1707.5	100	1707.5	100	-

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الخريطة (٣)

### الخريطة (٣) التغيرات المساحية لدليل الكثافة الحضرية (NDBI) في منطقة

الدراسة للمدة (١٩٩٠-٢٠٢٤) لموسمين الرطب والجاف



## مقدار التغير ونسبته للمؤشر (NDVI) خلال سنتي (١٩٩٠-٢٠٢٤):

يكشف الجدول (٣) التغيرات المساحية لمؤشر الغطاء النباتي (NDVI) خلال المدة (١٩٩٠-٢٠٢٤) إلى حدوث تحولات واضحة في توزيع أصناف الغطاء النباتي داخل منطقة الدراسة، حيث يُلاحظ تباين ملحوظ بين الزيادة في الفئات ضعيفة أو المعدومة الغطاء النباتي والانخفاض الحاد في الفئات الكثيفة.

فقد سجل صنف **معدوم الغطاء النباتي** ارتفاعاً كبيراً في مساحته من (٤٣.٥٢ كم<sup>٢</sup>) عام ١٩٩٠ إلى (٢٩١.٧٢ كم<sup>٢</sup>) عام ٢٠٢٤، محققاً مقدار تغير بلغ (٢٤٨.٢ كم<sup>٢</sup>) ونسبة تغير وصلت إلى (٥٧٠٪)، مما يعكس اتساع المناطق المتدهورة بيئياً أو غير المستثمرة نباتياً. ويُعد هذا المؤشر دلالة على زيادة مظاهر الجفاف أو الضغط البشري أو التغيرات في استخدامات الأرض.

كما شهد صنف **قليل كثافة الغطاء النباتي** زيادة ملحوظة في المساحة من (٢٤٤.٨١ كم<sup>٢</sup>) إلى (٥٥٨.٧٤ كم<sup>٢</sup>)، وبمقدار تغير (٣١٣.٩٣ كم<sup>٢</sup>) ونسبة تغير بلغت (١٢٨.٢٪)، وهو ما يشير إلى تحول أجزاء من الغطاء النباتي من فئات أعلى كثافة إلى فئات أدنى، الأمر الذي يعكس تراجعاً تدريجياً في جودة وكثافة الغطاء النباتي. أما صنف **متوسط كثافة الغطاء النباتي** فقد سجل زيادة طفيفة نسبياً من (٧٠٦.١٧ كم<sup>٢</sup>) إلى (٧٩٦.٢ كم<sup>٢</sup>)، وبمقدار تغير (٩٠.٠٣ كم<sup>٢</sup>) ونسبة تغير (١٢.٧٪)، مما يدل على حالة من الاستقرار النسبي مقارنة ببقية الأصناف، مع احتمالية تغذية هذا الصنف نتيجة انتقال بعض المساحات من الفئة الكثيفة.

في المقابل، شهد صنف **كثيف الغطاء النباتي** انخفاضاً حاداً في مساحته من (٧١٢.٩٩ كم<sup>٢</sup>) إلى (٦٠.٣٣ كم<sup>٢</sup>)، بمقدار تغير سالب بلغ (-٦٥٢.٦٦ كم<sup>٢</sup>) ونسبة تغير وصلت إلى (-٩١.٥٪)، وهو ما يمثل أبرز التحولات خلال مدة الدراسة. ويعكس

هذا الانخفاض الكبير تدهوراً واضحاً في الغطاء النباتي الكثيف، وتحوله إلى فئات أقل كثافة أو إلى أراضٍ خالية من الغطاء النباتي، نتيجة عوامل متعددة قد تشمل التغيرات المناخية، وارتفاع معدلات الجفاف، والتوسع في الأنشطة البشرية.

### \_ مقدار التغير ونسبته للمؤشر (NDBI) خلال سنتي (١٩٩٠-٢٠٢٤):

تشير المعطيات الرقمية في الجدول (٣) الى التغيرات المساحية لمؤشر (NDBI) خلال المدة (١٩٩٠-٢٠٢٤) إلى حدوث تحولات جوهرية في توزيع أصناف الكثافة الحضرية داخل منطقة الدراسة، حيث تعكس هذه التغيرات نمطاً واضحاً من التوسع الحضري على حساب الفئات ذات الكثافة المنخفضة.

فقد سجل صنف خالية الكثافة الحضرية انخفاضاً كبيراً في مساحته من (٣٢١.١٧ كم<sup>2</sup>) عام ١٩٩٠ إلى (٤١.١١ كم<sup>2</sup>) عام ٢٠٢٤، وبمقدار تغير بلغ (-٢٨٠.٠٦ كم<sup>2</sup>) ونسبة تغير وصلت إلى (-٨٧.٢٪)، مما يشير إلى تقلص كبير في المناطق غير الحضرية أو الفارغة عمرانياً، نتيجة الزحف العمراني أو إعادة استخدام الأراضي. كما انخفضت مساحة صنف قليلة الكثافة الحضرية من (٦٥١.٢٨ كم<sup>2</sup>) إلى (١٩٩.١١ كم<sup>2</sup>)، محققة مقدار تغير سالب بلغ (-٤٥٢.١٧ كم<sup>2</sup>) ونسبة تغير (-٦٩.٤٪)، وهو ما يعكس انتقال جزء كبير من هذه المناطق إلى فئات حضرية أعلى كثافة، بما يدل على تصاعد وتيرة التحضر وتكثيف الاستخدام البشري للأرض.

أذ شهد صنف متوسطة الكثافة الحضرية تراجعاً في المساحة من (٥٣٧.٠٧ كم<sup>2</sup>) إلى (٤٣٣.٩٦ كم<sup>2</sup>)، وبمقدار تغير (-١٠٣.١١ كم<sup>2</sup>) ونسبة تغير (-١٩.٢٪)، وهو انخفاض أقل حدة مقارنة بالفئات السابقة، لكنه يعزز الاتجاه العام نحو إعادة توزيع الكثافات الحضرية باتجاه الفئات الأعلى.

في المقابل، برز صنف عالية الكثافة الحضرية بزيادة كبيرة في مساحته من (١٩٧.٧١ كم<sup>2</sup>) عام ١٩٩٠ إلى (١٠٣٣.٣١ كم<sup>2</sup>) عام ٢٠٢٤، محققاً مقدار تغير موجب بلغ (٨٣٥.٦ كم<sup>2</sup>) ونسبة تغير مرتفعة وصلت إلى (٤٢٢.٥٪)، وهو ما يمثل تحولاً محورياً في بنية المنطقة، ويعكس توسعاً حضرياً واضحاً وتكثيفاً في استخدام الأرض، سواء من خلال النمو السكاني أو التوسع العمراني الرأسي والأفقي.

### الجدول (٣) مساحات التغير ونسبته للمؤشر (NDVI, NDBI) خلال

سنتي (١٩٩٠-٢٠٢٤)

ت	الصنف	معدل ١٩٩٠	معدل ٢٠٢٤	مقدار التغير (كم)	نسبة التغير (%)
NDVI	معدوم الغطاء النباتي	43.52	291.72	248.2	570.0
	قليل كثافة الغطاء النباتي	244.81	558.74	313.93	128.2
	متوسط كثافة الغطاء النباتي	706.17	796.2	90.03	12.7
	كثيف الغطاء النباتي	712.99	60.33	-652.66	-91.5
NDBI	خالية الكثافة الحضرية	321.17	41.11	-280.06	-87.2
	قليلة الكثافة الحضرية	651.28	199.11	-452.17	-69.4
	متوسطة الكثافة الحضرية	537.07	433.96	-103.11	-19.2
	عالية الكثافة الحضرية	197.71	1033.31	835.6	422.5

المصدر : الباحثان بالاعتماد على الخريطة (١، ٢)

## الإنتاجات:

١- ارتفعت مساحة صنف معدوم الغطاء النباتي من (٤٣.٥٢ كم<sup>2</sup>) عام (١٩٩٠) إلى (٢٩١.٧٢ كم<sup>2</sup>) عام (٢٠٢٤) (+٢٤٨.٢ كم<sup>2</sup>، +٥٧.٠٪)، مما يعكس اتساع المناطق المتدهورة بيئياً أو غير المستثمرة نباتياً.

٢- شهد صنف قليل كثافة الغطاء النباتي زيادة من (٢٤٤.٨١ كم<sup>2</sup>) إلى (٥٥٨.٧٤ كم<sup>2</sup>) (+٣١٣.٩٣ كم<sup>2</sup>، +١٢٨.٢٪)، دالاً على تحوّل أجزاء من الغطاء النباتي المتوسط والكثيف إلى أصناف أقل كثافة.

٣- سجل صنف متوسط كثافة الغطاء النباتي ارتفاعاً طفيفاً من (٧٠٦.١٧ كم<sup>2</sup>) إلى (٧٩٦.٢ كم<sup>2</sup>) (+٩٠.٠٣ كم<sup>2</sup>، +١٢.٧٪)، بينما انخفض صنف كثيف الغطاء النباتي من (٧١٢.٩٩ كم<sup>2</sup>) إلى (٦٠.٣٣ كم<sup>2</sup>) (-٦٥٢.٦٦ كم<sup>2</sup>، -٩١.٥٪)، ما يشير إلى فقدان كبير للغطاء الكثيف وتحول مساحاته إلى فئات أقل كثافة أو أراضٍ خالية.

٤- تراجعت مساحة صنف خالية الكثافة الحضرية من (٣٢١.١٧ كم<sup>2</sup>) إلى (٤١.١١ كم<sup>2</sup>) (-٢٨٠.٠٦ كم<sup>2</sup>، -٨٧.٢٪) وصنف قليلة الكثافة الحضرية من (٦٥١.٢٨ كم<sup>2</sup>) إلى (١٩٩.١١ كم<sup>2</sup>) (-٤٥٢.١٧ كم<sup>2</sup>، -٦٩.٤٪)، ما يعكس تقلص الأراضي غير المبنية وتحولها نحو كثافات حضرية أعلى.

٥- ارتفعت مساحة صنف عالية الكثافة الحضرية من (١٩٧.٧١ كم<sup>2</sup>) إلى (١٠٣٣.٣١ كم<sup>2</sup>) (+٨٣٥.٦ كم<sup>2</sup>، +٤٢٢.٥٪) بينما سجل صنف متوسطة الكثافة الحضرية انخفاضاً طفيفاً من (٥٣٧.٠٧ كم<sup>2</sup>) إلى (٤٣٣.٩٦ كم<sup>2</sup>) (-١٠٣.١١ كم<sup>2</sup>، -١٩.٢٪)، دالاً على توسع حضري واضح وتأثير مباشر على تدهور الغطاء النباتي.

## التوصيات:

- ١- إدارة الأراضي وحماية الغطاء النباتي الكثيف من خلال ضرورة وضع خطط لحماية مساحات الغطاء النباتي الكثيف التي تراجعت من (٧١٢.٩٩ كم<sup>2</sup>) عام (١٩٩٠) إلى (٦٠.٣٣ كم<sup>2</sup>) عام (٢٠٢٤) لتجنب المزيد من فقدان التنوع البيولوجي وتحسين الاستدامة البيئية.
- ٢- الحد من التوسع الحضري غير المخطط من خلال وضع ضوابط للزحف العمراني بعد أن أظهرت البيانات ارتفاع مساحة الصنف عالية الكثافة الحضرية من (١٩٧.٧١ كم<sup>2</sup>) إلى (١٠٣٣.٣١ كم<sup>2</sup>) (+٤٢٢.٥٪) خلال الفترة المدروسة، لضمان عدم تحويل الأراضي الزراعية أو الغطاء النباتي إلى مناطق مبنية.
- ٣- العمل على إعادة تأهيل المساحات التي تحولت إلى قليل الكثافة النباتية، والتي ارتفعت من (٢٤٤.٨١ كم<sup>2</sup>) إلى (٥٥٨.٧٤ كم<sup>2</sup>) (+١٢٨.٢٪)، من خلال زراعة الأشجار والمراعي لتحسين جودة الغطاء النباتي.
- ٤- تطوير مؤشرات متابعة بيئية دورية: الاستمرار في استخدام مؤشرات NDVI و NDBI للمراقبة التغيرات في الغطاء النباتي والكثافة الحضرية بشكل دوري، خصوصًا مع تسجيل زيادة صنف معدوم الغطاء النباتي .
- ٥- دمج السياسات البيئية مع التخطيط العمراني من خلال تصميم سياسات بيئية متكاملة مع التخطيط العمراني لتقليل أثر التحضر على الأراضي الطبيعية، مع مراعاة انخفاض مساحة صنف خالية الكثافة الحضرية لضمان استدامة الموارد الطبيعية وتحسين جودة البيئة الحضرية.

المصادر:

- ١- علاء هاشم إسماعيل الموسوي، تغير مرشرات الجفاف في محافظة النجف الاشرف باستعمال تقانات الاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير، كلية الاداب، جامعة الكوفة، ٢٠٢٥.
- 2- Nori. Hamideh. And others , Soil Salinity Mapping of Urban Greenery Using Remote Sensing and Proximal Sensing Techniques; The Case of Veale Gardens within the Adelaide Parklands , Sustainability open Access journal ,2018 , p5
- ٣- احمد عيادة خضير، شمس محمود مهدي، استخدام مؤشر (NDBI, LDI) في مراقبة مظاهر التصحر في قضاء ابي غريب، مجلة مداد الاداب، العدد الخاص بمؤتمر قسم الجغرافية، ٢٠٢٤.

**References**

1. Al-Mousawi, A. H. I. (2025). Changes in Drought Indicators in Al-Najaf Al-Ashraf Governorate Using Remote Sensing Techniques (Master's Thesis). College of Arts, University of Kufa.
2. Nori, H., et al. (2018). Soil salinity mapping of urban greenery using remote sensing and proximal sensing techniques: The case of Veale Gardens within the Adelaide Parklands. Sustainability, Open Access Journal, p. 5.
3. Khudair, A. E., & Mahdi, S. M. (2024). The use of NDBI and LDI indices in monitoring desertification manifestations in Abu Ghraib District. Midad Al-Adab Journal, Special Issue of the Geography Department Conference.

