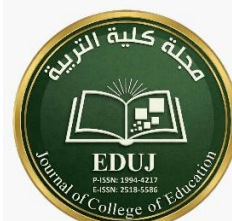




ISSN: 1994-4217 (Print) 2518-5586(online)

Journal of College of Education

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

Dr. Diao Al-Din Abdul
Hussein Owaid

Dr. Aseel Jassim
Mohammed Awash

University of Wasit,
College of Education
for Humanities

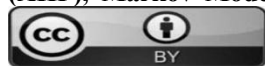
Email:

aseeljassim@uowasit.edu.iq

dawaid@uowasit.edu.iq

Keywords:

(RS), GIS, Composite
Land Degradation,
(AHP), Markov Model



Article info

Article history:

Received 20. Jun 2026

Accepted 21. Jul.2026

Published 25. Aug.2026



Maps of Land Cover Degradation in Iraq Using Remote Sensing and Geographic Information Systems (RS-GIS)

A B S T R A C T

This study aimed to produce and analyze land cover degradation maps in Iraq during the period 2015–2025 using Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS). A Composite Land Degradation Index (CLDI) was developed based on the integration of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Bare Soil Index (BSI), Soil Salinity Index (SSI), Desertification Severity Index (DSI), and Water Index, with the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Weighted Overlay technique applied to determine the relative weights of the selected indicators and generate land degradation maps. In addition, the Markov model was employed to analyze Land Use/Land Cover (LULC) changes and predict their future spatial patterns. The results revealed a significant decline in vegetation cover accompanied by an expansion of bare and degraded lands during the study period, with considerable spatial variation in degradation levels across Iraq. The integration of RS-derived indicators, GIS spatial analysis, and field survey data significantly improved the accuracy of degradation mapping and spatial classification. Furthermore, the Markov model indicated that Land Use/Land Cover changes affected 73.28% of Iraq's total area, while the Composite Land Degradation Index (IDI–DSI) showed that degraded lands accounted for approximately 45.5% of the country's area. The findings demonstrate that integrating RS and GIS techniques with the composite degradation index and the Markov model provides an effective spatial framework for monitoring land cover degradation, predicting future changes, and supporting environmental planning and the sustainable management of natural resources in Iraq

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

DOI: <https://doi.org/10.31185/eduj.Vol64.Iss2.5541>

خرائط تدهور الغطاء الأرضي في العراق باستخدام تقنيتي الاستشعار

عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية RS-GIS

أ.م.د. ضياء الدين عبد الحسين عويد م.د. اصيل جاسم محمد عواش

جامعة واسط / كلية التربية للعلوم الإنسانية

المستخلص

هدف البحث الرئيس هو إعداد وتحليل خرائط تدهور الغطاء الأرضي في العراق خلال المدة (٢٠١٥-٢٠٢٥) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، من خلال بناء مؤشر مركب لتدهور الأراضي ومؤشرات الغطاء النباتي (NDVI)، والتربة العارية (BSI)، وملوحة التربة (SSI)، ودرجة مستويات التصحر، ومؤشر المياه، مع تطبيق أسلوب التحليل الهرمي (AHP) و Weighted Overlay لتحديد الأوزان النسبية للمؤشرات. كما استخدم نموذج Markov لتحليل تغير استعمالات الأراضي والتنبؤ بالأنماط المستقبلية لتغيراتها. أظهرت النتائج حدوث تراجع في مساحات الغطاء النباتي مقابل زيادة الأراضي العارية والمتدهورة خلال مدة الدراسة، مع تباين مكاني واضح في درجات التدهور بين مناطق العراق. وأن دمج مؤشرات الاستشعار عن بعد مع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، وربطها بالمسح الميداني، أسهم في رفع دقة تصنيف مناطق التدهور وإنتاج خرائط أكثر موثوقية. واعتماد نتائج نموذج ماركوف للتغير في استعمالات الأراضي بلغ ٧٣.٢٨٪ من مساحة العراق، في حين بلغ معدل تدهور الأراضي وفق المؤشر المركب (IDI-DSI) نحو ٤٥.٥٪ من مساحة البلاد. وتؤكد الدراسة أن التكامل بين تقنيات RS-GIS، والمؤشر المركب، ونموذج Markov يمثل إطاراً مكانياً متقدماً لرصد تدهور الغطاء الأرضي، والتنبؤ باتجاهاته المستقبلية، ودعم التخطيط البيئي والإدارة المستدامة للموارد الطبيعية في العراق.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بعد لتدهور الغطاء الأرضي، نظم المعلومات الجغرافية، تدهور الأراضي المركب، التحليل الهرمي، نموذج ماركوف.

أولاً: مشكلة البحث: تمثل مشكلة البحث في التساؤل الرئيس الآتي:

مشكلة البحث تمثل قلة الدراسات لمعالجة تدهور الغطاء الأرضي في العراق نتيجة صعوبة الحصول على البيانات الدقيقة للكشف عن حجم التدهور البيئي لقياس تدهور الأراضي في العراق، تم الاعتماد على بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، لإنتاج خرائط رقمية دقيقة تُظهر مستويات تدهور الأراضي وتدعم عملية اتخاذ القرار في إدارة الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة والحد من درجات التدهور؟ وينبثق عن هذا التساؤل الرئيس عدد من التساؤلات الفرعية، أهمها:

- ١- هل تتوفر معايير علمية مناسبة لاختيار وقياس مؤشرات تدهور الأراضي في العراق؟
- ٢- هل تمثل مؤشرات NDVI، LST، SI، و NDDI، و LULC، والانحدار (Slope) مؤشرات كافية وفعالة لتفسير التباين المكاني والزمني لتدهور الأراضي؟
- ٣- هل يمكن دمج هذه المؤشرات في مؤشر مركب لحساب تدهور الأراضي (Land Degradation Index - LDI) باستخدام تقنية Weighted Overlay داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية؟
- ٤- هل للعوامل الطبيعية والبشرية تأثير على تدهور الأراضي بالعراق .

ثانياً: فرضيات البحث:

تتطلب الدراسة من الفرضية الرئيسة الآتية: توجد إمكانية لبناء نموذج خرائطي مكاني وزماني يعتمد على معايير ومؤشرات بيئية متعددة، ودمجها في مؤشر مركب ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بما يحقق قياساً دقيقاً لمستويات تدهور الأراضي في العراق، ويوفر قاعدة علمية لدعم اتخاذ القرار في إدارة الموارد الطبيعية. وتتنبثق عن هذه الفرضية الرئيسة الفرضيات الفرعية الآتية:

١- توجد معايير مناسبة لقياس وتقييم مؤشرات تدهور الأراضي في العراق بما ينسجم مع توفر البيانات للخصائص البيئية والمناخية.

٢- تسهم مؤشرات الغطاء النباتي (NDVI)، ودرجة حرارة سطح الأرض (LST)، ومؤشر الملوحة (SI)، ومؤشر الجفاف (NDDI)، واستعمالات وغطاء الأرض (LULC)، ودرجة الانحدار (Slope) بدرجات متفاوتة في تفسير التباين المكاني والزمني لتدهور الأراضي.

٣- يؤدي دمج المؤشرات البيئية في مؤشر مركب لتدهور الأراضي (LDI) باعتماد تقنية **Weighted Overlay** إلى تحسين دقة تصنيف مستويات التدهور مقارنة بالاعتماد على المؤشرات المنفردة.

٤- يسهم التمثيل الخرائطي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في إظهار الأنماط المكانية والزمانية لتدهور الأراضي، وتحديد مناطق التدهور بدرجاتها المختلفة بدقة عالية. باختلاف دقة قيمة البكسل لاختلاف مقياس الرسم الصغير لكبر مساحة التغطية المكانية.

ثالثاً: حدود منطقة البحث:

تتمثل الحدود بموقع العراق الجغرافي والفلكي من الناحية الجغرافية يقع العراق في الجزء الشمالي الشرقي من الوطن العربي والجنوب الغربي من قارة آسيا أما الدول المجاورة للعراق من الشمال تركيا بحدود تبلغ (٣٧٧ كم) ومن الشرق جمهورية إيران الإسلامية بحدود تبلغ (١,٣٠٠ كم) ومن الجنوب الكويت بحدود تبلغ (١٩٥ كم) ومن الجنوب الغربي المملكة العربية السعودية بحدود تبلغ (٨١٢ كم) ومن الغرب الأردن بحدود تبلغ طولها (١٧٨ كم) ومن الشمال الغربي سوريا بحدود تبلغ طولها (٦٠٠ كم). أما الموقع الفلكي يقع العراق بين دائرتي عرض (٢٩.٦-٣٧.٢٧) شمالاً وبين خطي طول (٣٨.٣٩ - ٤٨.٣٦) شرقاً. ينظر خريطة (١). تبلغ مساحة العراق (٤٤٣٥,٠٥٢ كم^٢).

خريطة (١) موقع العراق الفلكي والجغرافي



المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على Natural Earth USGS ESA 2024

رابعاً: منهجية البحث: اعتمد البحث على منهجين رئيسيين، هما:

١- المنهج الاستقرائي الوصفي التحليلي:

اعتمد البحث المنهج لوصف ظاهرة تدهور الغطاء الأرضي في العراق وتحليل خصائصها المكانية والزمانية، عن طريق جمع البيانات وبناء الخرائط الرقمية الخاصة بتدهور الغطاء الأرضي ونمذجتها وتحليلها باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (Remote Sensing). كما استُخدم هذا المنهج في استنباط النتائج وتفسير العلاقات المكانية بين مظاهر التدهور والعوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة فيها، مع توظيف النمذجة المكانية وبناء النماذج الإحصائية والرياضية لتحليل البيانات واستخلاص المؤشرات العلمية التي تُسهم في تقييم درجة التدهور وتحديد أنماطه واتجاهاته.

٢- المنهج الإحصائي المقارن:

اعتمد البحث المنهج الإحصائي المقارن لإجراء المقارنات المكانية والزمانية بين الخرائط الرقمية والمرئيات الفضائية متعددة لعام ٢٠١٥-٢٠٢٥ وبيانات المسح الميداني، بهدف الكشف عن حجم التغيرات على الغطاء الأرضي في العراق. كما استُخدمت المؤشرات الطيفية المستخرجة من المرئيات الفضائية، مثل مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، ومؤشر تدهور

الأراضي (NDDI)، ومؤشر الملوحة (SI)، ومؤشر الارتفاع والانحدار ومؤشر درجات التعرية إلى جانب الأساليب الإحصائية المناسبة، لقياس حجم تدهور الأراضي وتحليل توزيعه المكاني، والتحقق من دقة النتائج، وصولاً إلى تحديد المناطق الأكثر تعرضاً للتدهور وتقييم درجة التغير خلال مدة الدراسة.

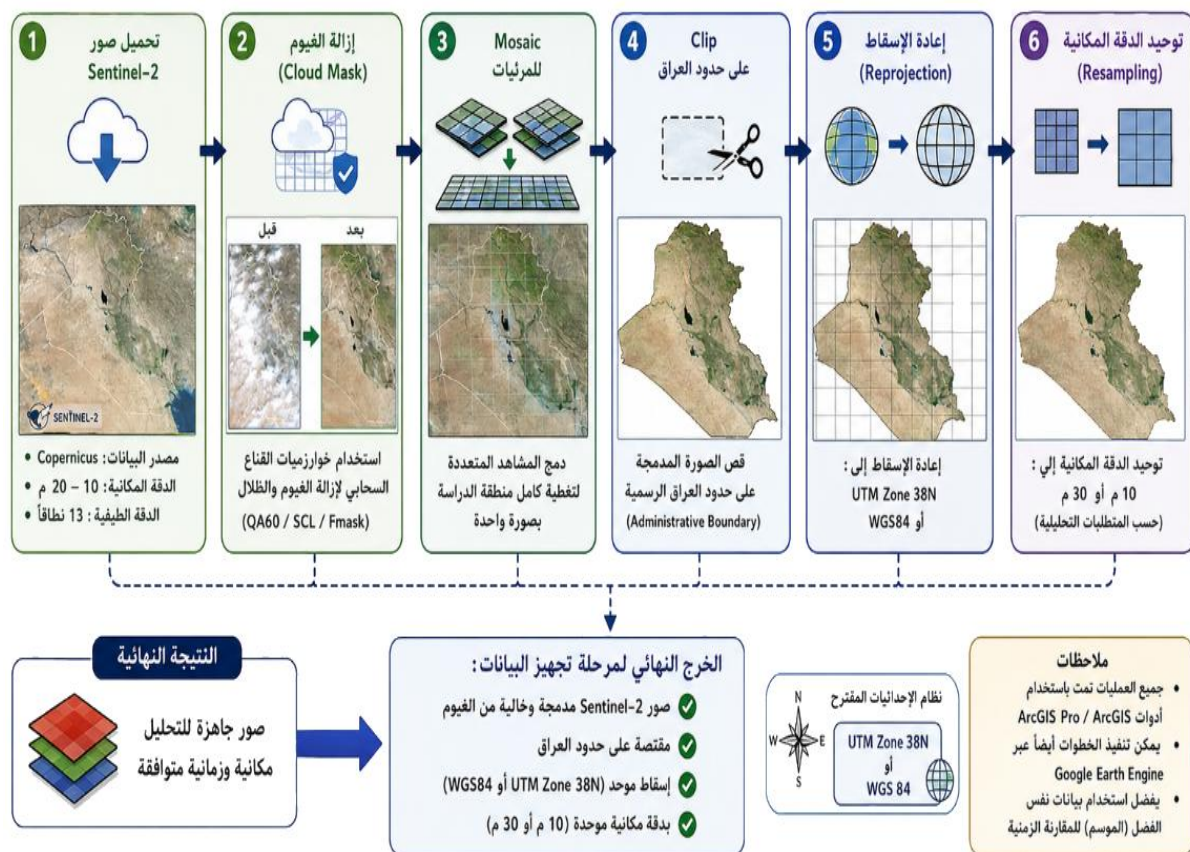
خامساً: أهمية الدراسة: تتمثل أهمية البحث بما يأتي

- ١- رصد وتحليل التغيرات المكانية والزمانية لتدهور الغطاء الأرضي في العراق للمدة ٢٠١٥-٢٠٢٥
- ٢- إنتاج خرائط رقمية حديثة عالية الدقة باستخدام تقنيات RS-GIS لتدهور الأراضي بالعراق
- ٣- بناء قاعدة بيانات جغرافية متكاملة تدعم التخطيط وإدارة الموارد الطبيعية لتغير استعمالات الاراض.
- ٤- تحديد المناطق الأكثر تعرضاً للتدهور وتصنيفها وفق مستويات الخطورة لأراضي العراق.
- ٥- دعم جهود مكافحة التصحر وتدهور الأراضي وتحسين كفاءة استغلال الموارد الطبيعية.
- ٦- توفير معلومات مكانية دقيقة تساعد صناع القرار في وضع السياسات البيئية والتنمية.
- ٧- تقديم منهجية علمية قابلة للتطبيق في الدراسات المستقبلية الخاصة برصد التغيرات البيئية على المستويين الوطني والإقليمي.

سادساً: خطوات العمل: وتشمل

- ١ - تجهيز البيانات (Pre-processing) وتشمل البيانات التالية :
 - أ - تحميل صور Sentinel-2 .
 - ب - إزالة الغيوم (Cloud Mask).
 - ج - Mosaic للمرئيات.
 - د - عمل Clip على حدود العراق.
 - و - إعادة الإسقاط إلى UTM Zone 38N أو WGS84 - ع - توحيد الدقة المكانية (٣٠ أو ١٠ م) ينظر شكل (١) .
- ٢ - خريطة التغيرات الزمنية المستخرجة من مرئيات الأقمار الصناعية وتشمل
 - أ - مرئيات (Landsat (TM, ETM+, OLI).
 - ب - مرئيات Sentinel-2.
 - ج - برامج Arc Map 10.8 GIS - Arc Map pro 3.2.
 - د - بيانات مناخية وهيدرولوجية وخرائط التربة.

شكل (١) خطوات عمل تصحيح وتجهيز البيانات للبحث



المصدر: الباحثين بالاعتماد على برنامج Arc Map Pro 3.2

٣- أدوات التحليل في ArcGIS وتشمل

أ- Raster Calculator يستخدم لحساب المؤشرات الطيفية.

$$\frac{(\text{Float}(\text{"Band5"}) - \text{Float}(\text{"Band4"}))}{(\text{Float}(\text{"Band5"}) + \text{Float}(\text{"Band4"}))}$$

ب- Composite Bands تستخدم دمج الحزم الطيفية.

ت- Extract by Mask تستخدم لقص الصور على حدود العراق.

ث- Reclassify تصنيف قيم المؤشرات

ج- Weighted Overlay دمج المؤشرات البيئية

ح- Zonal Statistics حساب المتوسط لكل محافظة.

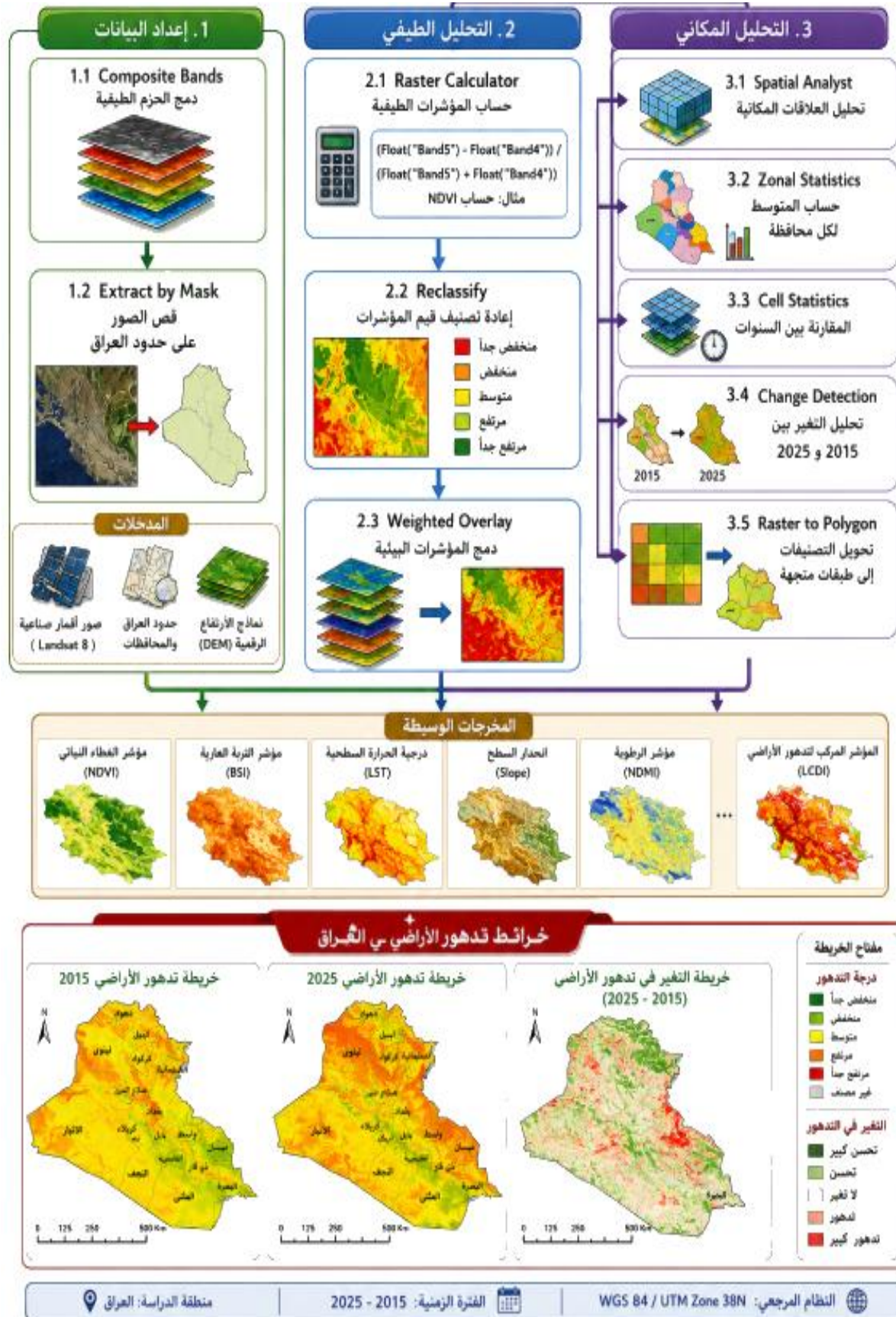
خ- Raster to Polygon تحويل التصنيفات إلى طبقات متجهة.

د- Spatial Analyst تحليل العلاقات المكانية

ذ- Cell Statistics المقارنة بين السنوات

ر- Change Detection تحليل التغير بين ٢٠١٥ و ٢٠٢٥. ينظر شكل (٢)

شكل (٢) أدوات التحليل المكاني لبيانات البحث لجميع المؤشرات الطيفية



المصدر: الباحثين بالاعتماد على برنامج Arc Map Pro 3.2

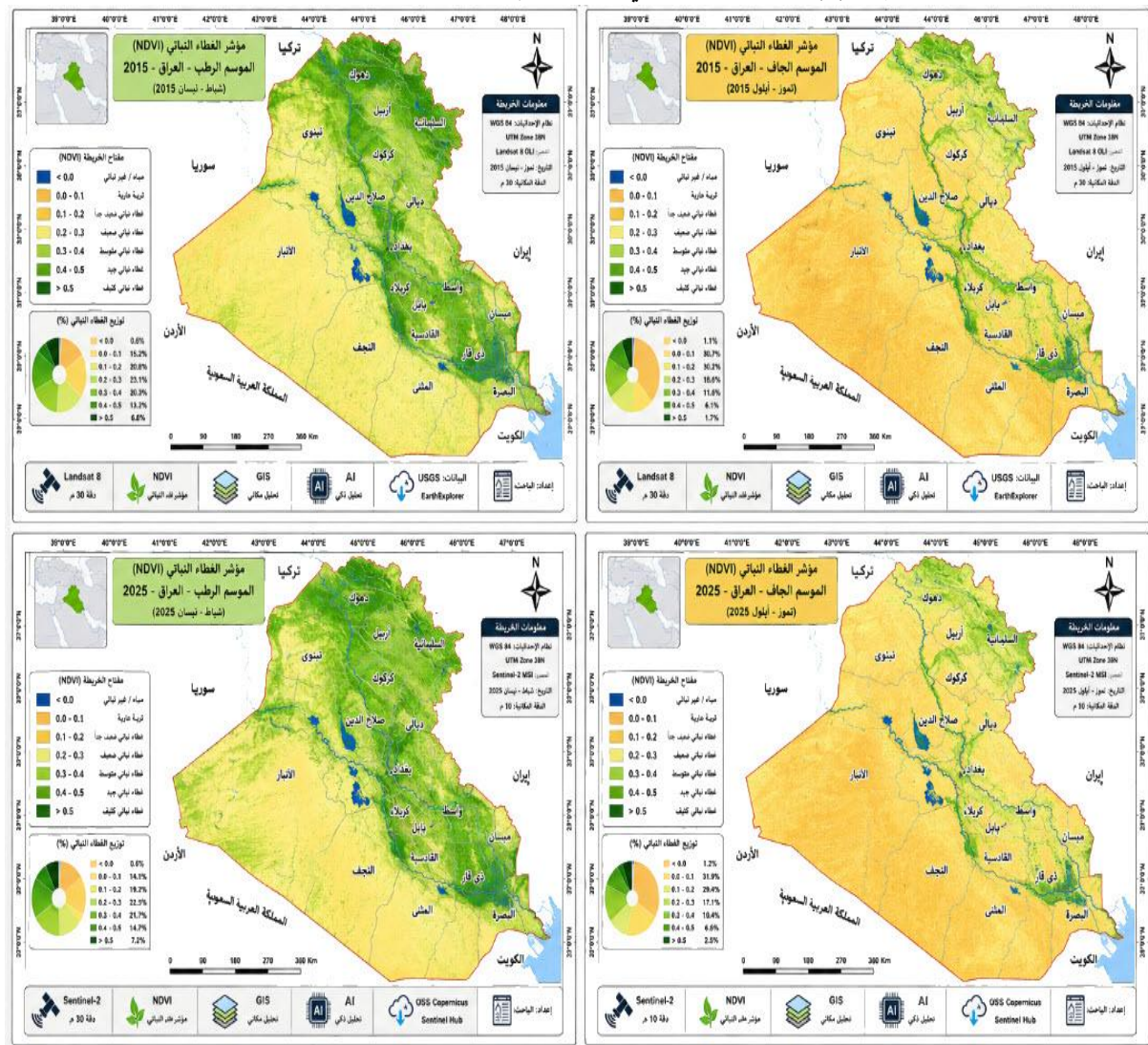
سابعا: تحليل المؤشرات الطيفية للغطاء الأرضي للعراق

تُعد النظم البيئية الرئيسة في العراق من الثروات الطبيعية التي تتطلب الحماية والإدارة المستدامة للحفاظ على مواردها وضمان استدامتها. ولكن هذه النظم ما تزال تواجه مستويات متزايدة من الاستنزاف والتدهور نتيجة الاستخدام المتزايد على الموارد الطبيعية، والتي أصبحت تمثل أحد أبرز التحديات التنموية على المستويين الإقليمي والعالمي. ويُعد النمو السكاني المتسارع من أهم العوامل المؤدية إلى تدهور النظم البيئية في العراق، إلى جانب تدهور الأراضي، والتغيرات المناخية، وفقدان التنوع البيولوجي، وندرة الموارد المائية، والتي أسهمت جميعها في تسريع عملية استنزاف موارد الطبيعة. تم الاعتماد على مؤشرات نظام إدارة الأراضي المستدامة ((WOCAT (SLM) وتعرف WOCAT إدارة القطع المنخفضة بأنها استخدام الموارد الأرضية، بما في ذلك التربة والمياه والحيوانات والنباتات، لإنتاج السلع لتلبية الاحتياجات البشرية المتغيرة، مع ضمان الإمكانات الإنتاجية طويلة الأمد لهذه الموارد والحفاظ على وظائفها البيئية (Hanspeter Liniger). تعتبر خريطة استخدام الأراضي (LUS) الوحدة الأساسية للتقييم بالنسبة لطريقة (wocat-lada-desire). (Nachtergaele & al، 2007) ومن أهم المؤشرات الطيفية المعتمدة لحساب مؤشرات تدهور الأراضي هي :

١ - مؤشر خريطة الغطاء النباتي (NDVI):

مؤشر يمثل دليلاً على كثافة الغطاء النباتي ويتم حسابه من خلال تباين تفاعل مادة البناء الضوئي في النبات مع الإشعاع الكهرومغناطيسي ويستخدم هذا المؤشر في حساب الجفاف ودرجات التصحر ومراقبة الإنتاج الزراعي والتنبؤ بالتغيرات في تدهور الأراضي ويتم حساب (NDVI) وإنتاج خرائط الغطاء النباتي لعام ٢٠١٥ و ٢٠٢٥ يجب توفر بيانات الاستشعار عن بعد ضمن نطاق المنطقة الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي ونطاق يغطي المنطقة ضمن الأشعة تحت الحمراء (البارودي ٢٠١٩، ص ٣٨٨). وعند تحليل مؤشر الغطاء النباتي للعراق للموسم الجاف والرطب ليعطي الصورة الحقيقية لتدهور الأراضي لذا تم اعتماد أشهر الموسم الرطب والجاف لأشهر (شباط ونيسان) للشهر الرطب و(تموز وأيلول) للموسم الجاف وهذه الأشهر تمثل الأشهر الرطبة للوفرة مصادر المياه والأشهر الجافة أشهر انخفاض مصادر المياه كون دورة الغطاء النباتي ترتبط بمصادر وفرة المياه. ولبيان ذلك يتم تحليل خريطة (٢) للغطاء النباتي للموسم الرطب والجاف لعام ٢٠١٥ و ٢٠٢٥ وتم تصنيف مساحة العراق الى ثمان فئات تمثل أصناف الغطاء الأرضي لمؤشر الغطاء النباتي تختلف بحسب المساحة والنسبة (%) لفئات كثافة مؤشر الغطاء النباتي. تم اعتماد طريقة التدرج اللوني لتمثيل الخرائط لكونها تمثل توزيع مساحي وهي أفضل طريقة لتمثيل ظاهر المؤشر النباتي لإعطاء إدراك بصري للخريطة المنتجة كارتوكرافيا وهي رموز مساحية كمية واعتمدت الألوان في تصميم وتوزيع الظاهرة المتمثلة بتدرج الغطاء النباتي وكثافته وهي أفضل تمثيل كارتوكرافي تتناسب مع التطور التقني لبرمجيات الحديثة وفق درجات لونية تعطي إدراك بصري عالي الدقة (صفر، ١٩٩٩، ص. ١٤٤). ينظر جدول (١) يمثل مساحات ونسب الغطاء النباتي للعراق وتم تمثيل جميع مؤشرات الغطاء النباتي للعراق بالخريطة (٢).

خريطة (٢) مؤشر الغطاء النباتي بالعراق لعام ٢٠١٥-٢٠٢٥



المصدر: الباحثين بالاعتماد على برنامج Arc Map Pro 3.2 وبيانات Google Earth Engine

جدول (١) مؤشر الغطاء النباتي بالعراق لعام ٢٠١٥-٢٠٢٥

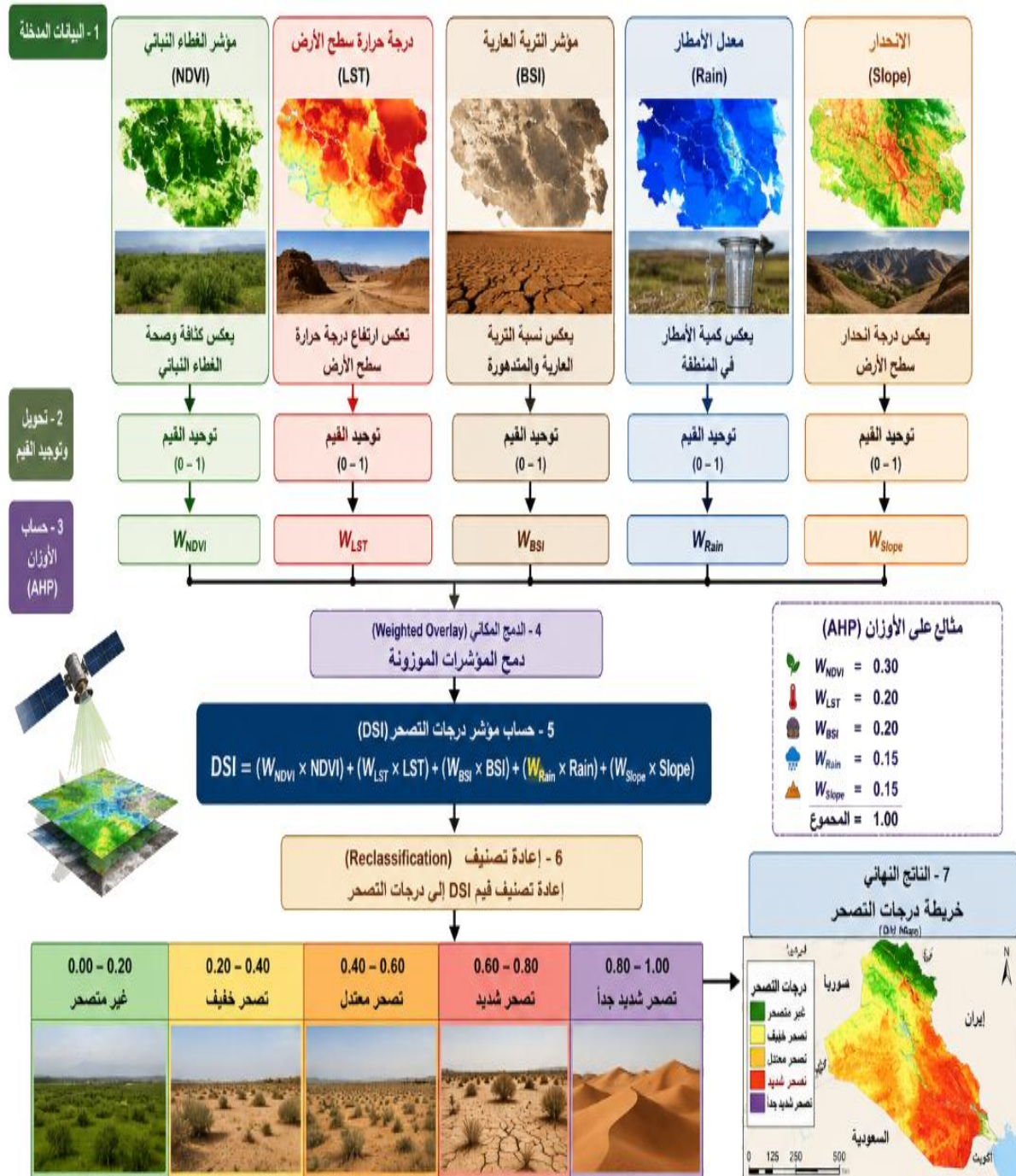
ت	مؤشر دليل الغطاء النباتي لعام ٢٠١٥ للموسم الرطب	المساحة كم ^٢	النسبة %	مؤشر دليل الغطاء النباتي لعام ٢٠١٥ للموسم الجاف	المساحة كم ^٢	النسبة %
١	اصفر من ٠	3022	0.695	اصفر من ٠	6407	1.473
٢	0.0 - 0.1	11291	2.595	0.0 - 0.1	26386	6.065
٣	0.1 - 0.2	47678	10.959	0.1 - 0.2	81008	18.620
٤	0.2 - 0.3	96912	22.276	0.2 - 0.3	125642	28.880
٥	0.3 - 0.4	124373	28.588	0.3 - 0.4	115938	26.649
٦	0.4 - 0.5	96070	22.082	0.4 - 0.5	57841	13.295
٧	0.5 - 0.6	38457	8.840	0.5 - 0.6	16932	3.892
٨	0.6 - 1	17249	3.965	0.6 - 1	4898	1.126
	المجموع	435052	100	المجموع	435052	100
ت	مؤشر دليل الغطاء النباتي لعام ٢٠٢٥ للموسم الرطب	المساحة كم ^٢	النسبة %	مؤشر دليل الغطاء النباتي لعام ٢٠٢٥ للموسم الجاف	المساحة كم ^٢	النسبة %
١	اصفر من ٠	2651	0.609	اصفر من ٠	7393	1.699
٢	0.0 - 0.1	9819	2.257	0.0 - 0.1	28975	6.660
٣	0.1 - 0.2	40165	9.232	0.1 - 0.2	88965	20.449
٤	0.2 - 0.3	88183	20.270	0.2 - 0.3	132115	30.368
٥	0.3 - 0.4	123288	28.339	0.3 - 0.4	103514	23.793
٦	0.4 - 0.5	105970	24.358	0.4 - 0.5	52631	12.098
٧	0.5 - 0.6	45071	10.360	0.5 - 0.6	17894	4.113
٨	0.6 - 1	19905	4.575	0.6 - 1	3565	0.819
	المجموع	435052	100	المجموع	435052	100

المصدر: الباحثين بالاعتماد على خريطة (٢)

٢ - مؤشر خريطة درجات التصحر (Desertification Severity Index - DSI) :

يعرف التصحر بأنه تردي الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة وشبه الرطبة نتيجة عوامل مختلفة من أهمها الاختلافات المناخية والأنشطة البشرية وهذا ينعكس على تردي الأراضي أو انخفاض المردود البيولوجي والاقتصادي ((United Nations Convention to Combat Desertification [UNCCD], 1994)) وتم اعتماد مؤشر التصحر للكشف عن حجم التدهور في العراق وتم حسب التمثيل الخرائطي أسلوب التمثيل الصوري لطريقة حساب مؤشرات التصحر والمؤشرات المركبة المرتبطة بالتصحر وانعكاسها على تدهور الأراضي ينظر الشكل (٣) طريقة استخراج وتصنيف

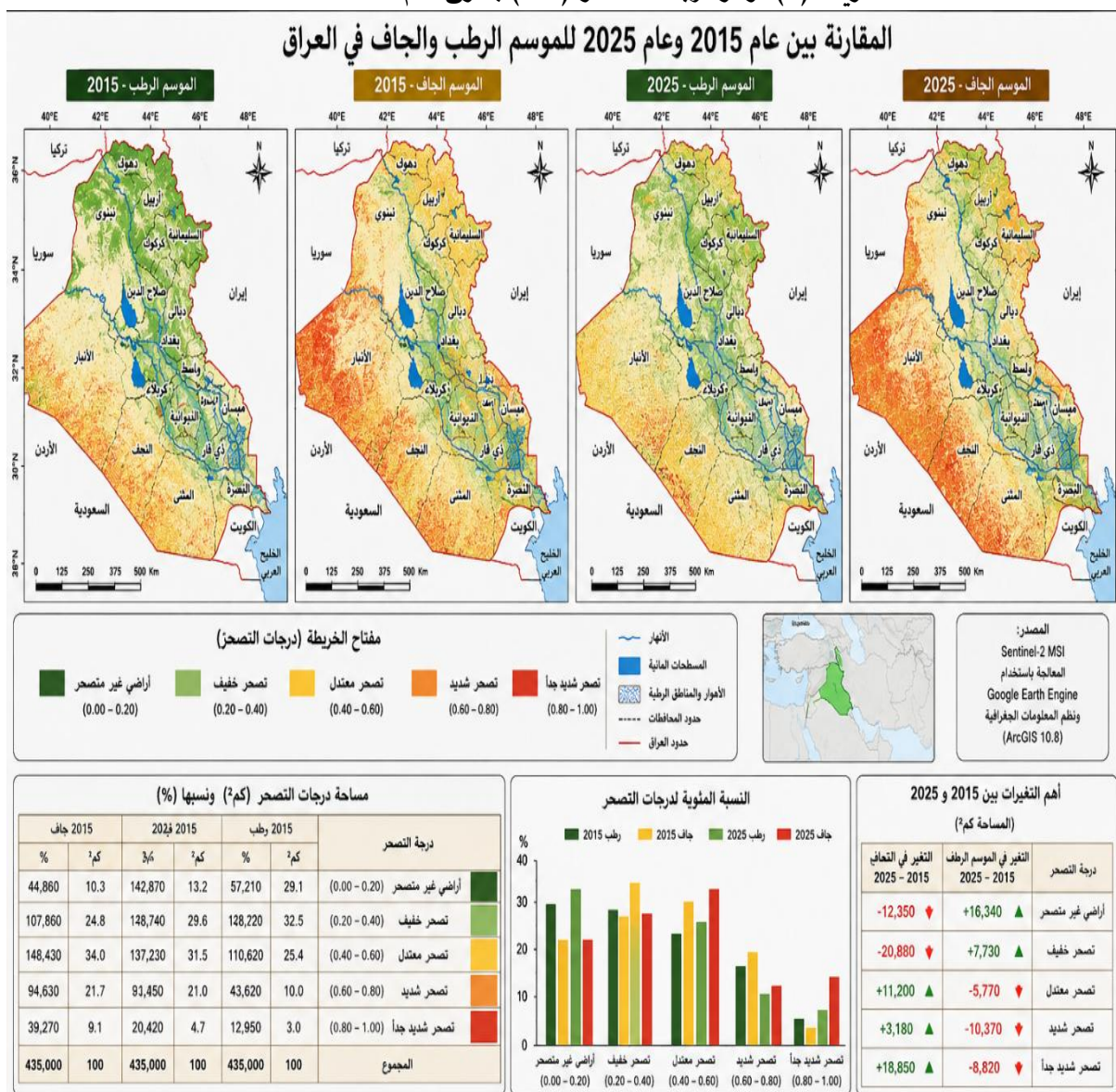
شكل (٣) طريقة استخراج وتصنيف وإنتاج خرائط مؤشرات التصحر للعراق



المصدر: الباحثين بالاعتماد على برنامج Arc Map Pro 3.2 وبيانات Google Earth Engine

مؤشرات درجات التصحر بالعراق لذلك تم تصنيف درجات التصحر (0.00- 0.20) ارضي غير متصحّر (0.20 -0.40) تصحر خفيف و(0.40 - 0.60) تصحر معتدل (0.60 - 0.80) تصحر شديد (1.00 - 0.80) تصحر شديد جدا. هذه قيم مؤشرات التصحر المعتمدة لتصنيف انتاج الخرائط للعراق للموسم الرطب والجاف. تم اعتماد نفس المدة الزمنية لإنتاج خرائط الغطاء النباتي للعراق للموسم الرطب شباط ونيسان وهي أفضل مدة لحساب مؤشر التصحر اما الموسم الجاف اعتمدت شهري تموز وأيلول مؤشر لشدة التصحر لانعدام التساقط المطري وشحة الواردات المائية. ويعتمد هذا التصنيف على قيم المؤشر المعيارية (٠-١)، إذ تشير القيم المنخفضة إلى انخفاض مظاهر تدهور الأراضي واستقرار النظام البيئي، في حين تعكس القيم المرتفعة زيادة شدة التصحر وتدهور الغطاء الأرضي نتيجة تأثير العوامل المناخية والأنشطة البشرية، مما يسهم في تحديد المناطق الأكثر عرضة للتصحّر ودعم عمليات التخطيط البيئي وإدارة الموارد الطبيعية (حديد ، احمد ، ٢٠٢٤، ص ٢٩٤٨) ينظر خريطة (٣) تصنيف مؤشر التصحر للعراق لعامي ٢٠١٥-٢٠٢٥) توضح اختلاف درجات مؤشر التصحر للعراق واختلافها بين الموسم الرطب والجاف ، تم اعتماد طريقة التصنيف الوني لدرجات التصحر حيث تعد افضل طريقة للتوزيع المساحي من ناحية التمثيل الكارثوگرافي .

خريطة (٣) مؤشر درجات التصحر (DSI) بالعراق لعام ٢٠١٥-٢٠٢٥

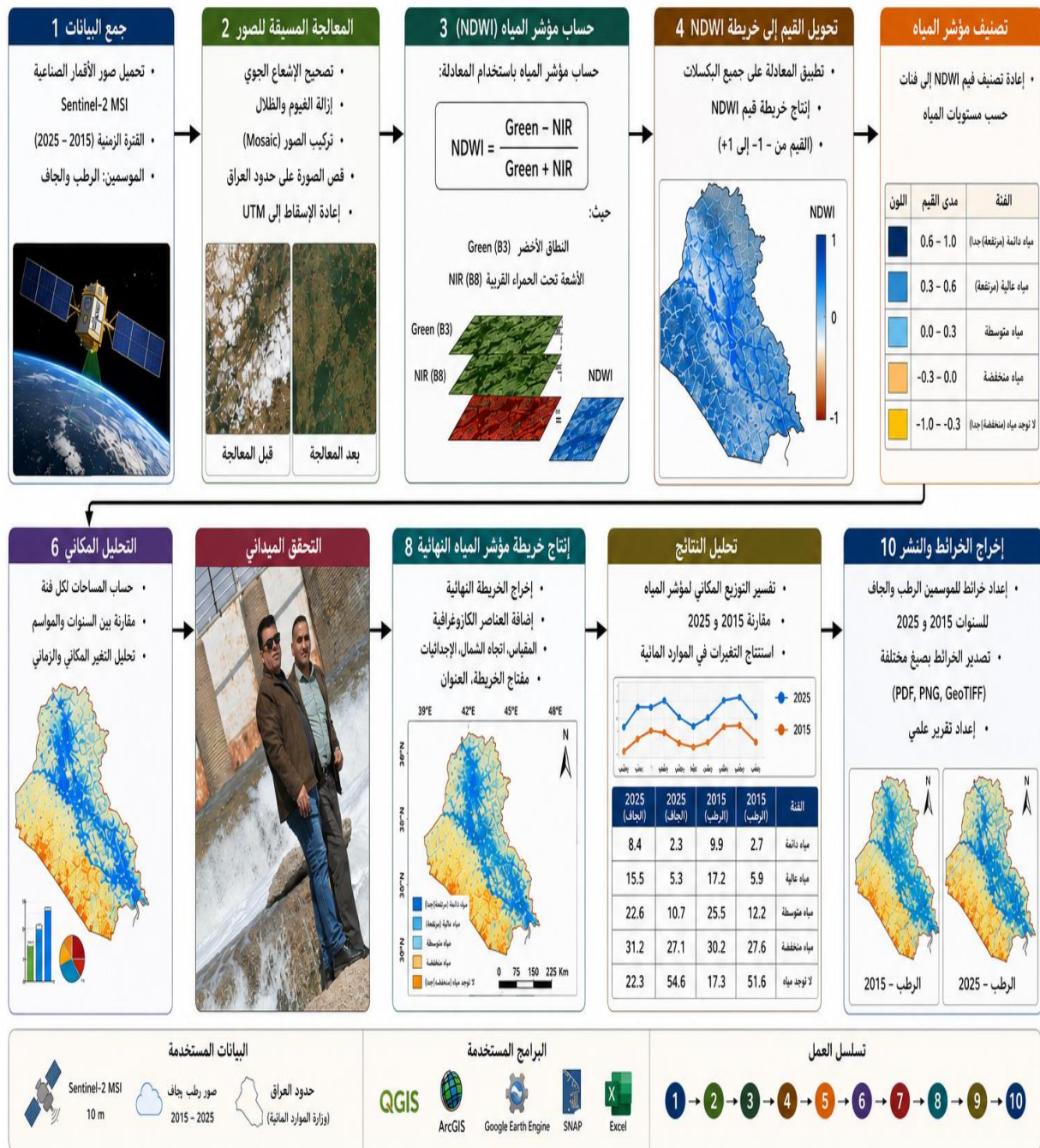


المصدر: الباحثين بالاعتماد على برنامج Arc Map Pro 3.2 وبيانات Google Earth Engine

٣- مؤشر خريطة المياه (NDWI):

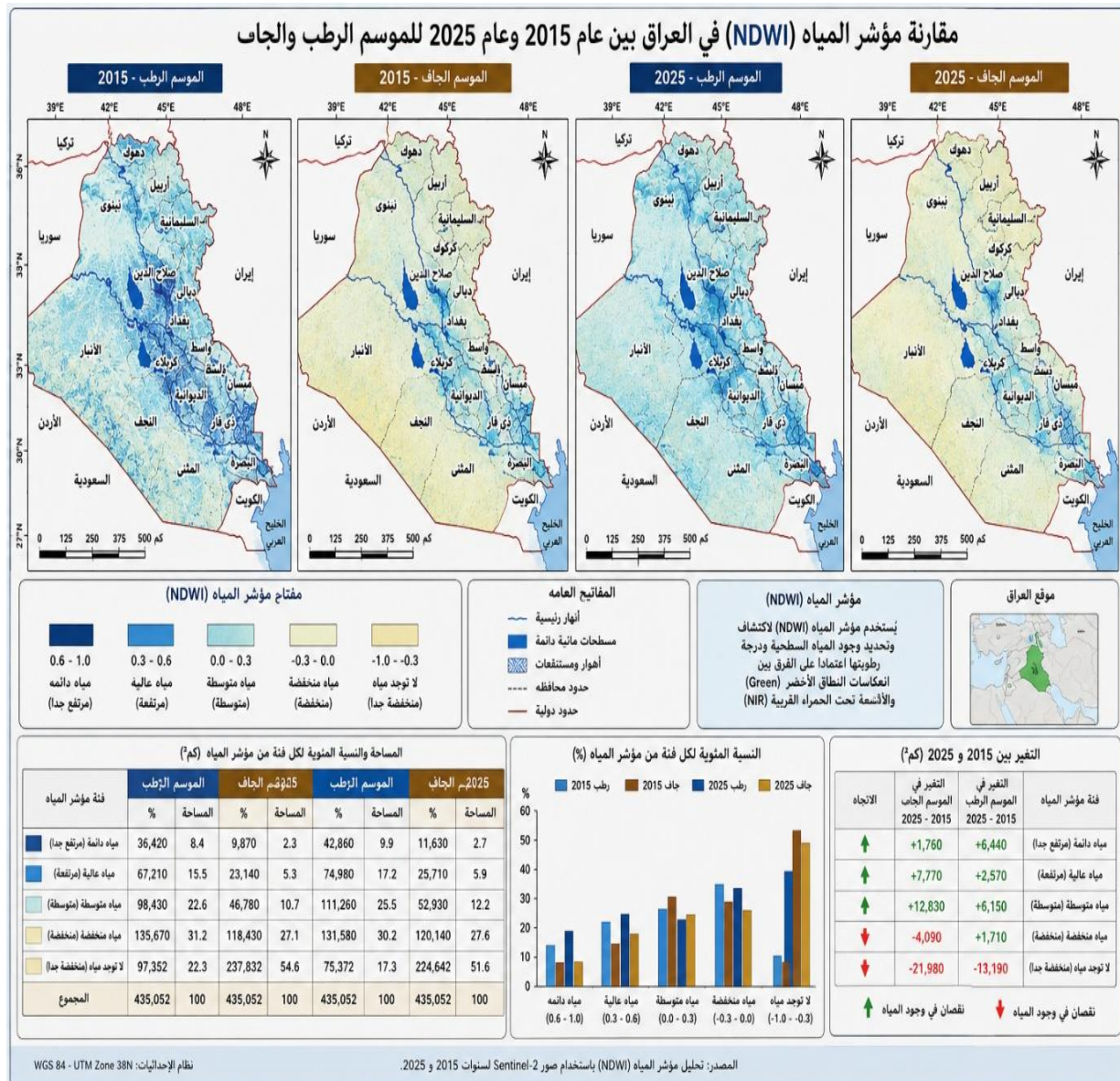
يعد مؤشر المياه من أهم المؤشرات المعتمدة على قياس التدهور البيئي بالعراق. يستخدم هذا المؤشر في تحديد المناطق المائية ورصد التغيرات في محتوى المياه السطحية وتحديد المناطق المعرضة الى الجفاف والتدهور في الغطاء الأرضي. ولحساب هذا المؤشر ينظر الشكل (٤) يمثل جميع مراحل انتاج واستخراج قيم المؤشر لإنتاج الخرائط الرقمية لحساب التغيرات لمساحة العراق للمدة ٢٠١٥ للموسم الرطب والموسم الجاف والعام ٢٠٢٥ ينظر خريطة (٤). وكانت قيم المؤشر (0.6 – 1.0) مياه دائمة مرتفعة جدا و (0.3 – 0.6) مياه عالية مرتفعة و (0.0 – 0.3) مياه

شكل (٤) مراحل اشتقاق مؤشر المياه للعراق لإنتاج الخرائط الرقمية للمياه



المصدر: الباحثين بالاعتماد على برنامج Arc Map Pro 3.2 وبيانات Google Earth Engine

خريطة (٤) مؤشر المياه للعراق للموسم الرطب والجاف للموسم الهيدرولوجي ٢٠١٥ - ٢٠٢٥



المصدر: الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية وهياه المساحة العامة والمسح الجيولوجي وبيانات الأقمار الصناعية (USGS. ESA. SRTM- Sentinel-2 MSI 10m)

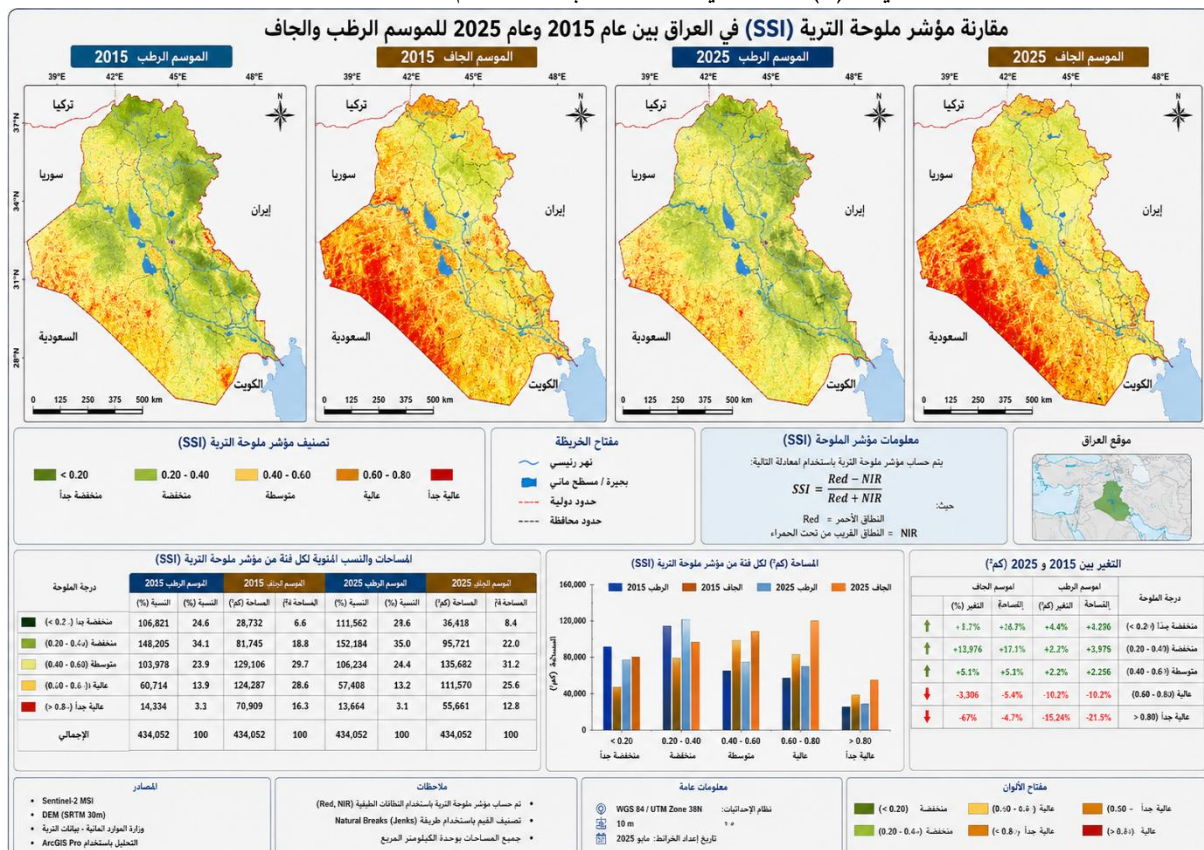
متوسطة و (٠.٣ - ٠.٠) مياه منخفضة و (٠.٣ - ١.٠) لا توجد مياه (منخفضة) جداً. تم الاعتماد على بيانات القمر الصناعي (Sentinel-2 MSI 10m) لتحليل معطيات دقة استخراج النتائج لمؤشر المياه. وعند تحليل نتائج خريطة (٤) نلاحظ اختلاف مساحات مؤشر المياه لعام ٢٠١٥ وعام ٢٠٢٥ ولكل من الفصل الرطب والجاف كما مثبت في مؤشرات الخريطة. (Maarroof et al. 2025).

٤ - مؤشر خريطة ملوحة التربة (Soil Salinity Index - SSI):

يعدّ تملح التربة أحد أبرز أشكال تدهور الأراضي في العراق، حيث يؤدي تراكم الأملاح الذائبة في الطبقة السطحية للتربة إلى انخفاض خصوبتها وتراجع إنتاجيتها الزراعية، وهذا يعكس على مساحات واسعة من الأراضي عن الاستثمار الزراعي. وتزداد هذه المشكلة في وسط وجنوب العراق بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وقلة الأمطار، وارتفاع منسوب المياه

الجوفية، وضعف شبكات التصريف البزل. لذلك يُستخدم مؤشر ملوحة التربة (Soil Salinity Index – SSI) المستخرج من بيانات الاستشعار عن بعد لرصد التوزيع المكاني للملوحة وتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للتدهور، مما يجعله أحد المؤشرات الرئيسة في تقييم تدهور الأراضي وإعداد خرائط المخاطر البيئية. (FAO & ITPS. 2015). كافة التفاصيل والمتغيرات داخل الخريطة (٥). ومن أهم مؤشرات ملوحة التربة المعيار المعتمد هو (أصغر من ٠.٢٠) منخفضة جداً و (٠.٢٠ – ٠.٤٠) منخفضة و (٠.٤٠ – ٠.٦٠) متوسطة والمؤشر (٠.٦٠ – ٠.٨٠) عالية والمؤشر (أكبر من ٠.٨٠) ((ESRI, 2024)) (Jenks, 1967). ينظر خريطة (٥). تم حساب جميع المساحات ونسب % لكل صنف من المؤشرات حيث نلاحظ ارتفاع مساحات الأراضي المغرصة لارتفاع الملوحة بين عامين ٢٠١٥ – ٢٠٢٥ وهذا أحد مؤشرات التدهور في مساحة الأراضي بالعراق. ومن نتائج مؤشر ملوحة التربة (SSI) نلاحظ وجود اتجاه عام نحو زيادة ملوحة التربة في العراق خلال الفترة (٢٠١٥ – ٢٠٢٥)، ولا سيما في المحافظات الجنوبية والوسطى، مع وضوح أكبر لهذه الزيادة خلال الموسم الجاف. وللمحد من الظاهرة ضرورة تحسين إدارة مياه الري، وتطوير شبكات البزل، واعتماد تقنيات الزراعة المستدامة للحد من اتساع مساحات تملح الأراضي والحفاظ على الإنتاج الزراعي. في الموسم الرطب لعام ٢٠١٥، سادت الفئة منخفضة الملوحة (> ٠.٢٠) في معظم أنحاء العراق، خاصة في المحافظات الشمالية والشرقية، نتيجة زيادة الأمطار التي تساعد على غسل الأملاح وتقليل تراكمها. في حين ظهرت مناطق ذات ملوحة متوسطة وعالية في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية وهذا النمط نفسه لعام ٢٠٢٥. أما في الموسم الجاف لعام ٢٠١٥، فقد اتسعت رقعة الفئات ذات الملوحة المتوسطة والعالية (٠.٤٠ – ٠.٨٠)، وتركزت بشكل رئيس في محافظات البصرة وذي قار والمنتى والنجف وأجزاء من ميسان وواسط، نتيجة ارتفاع معدلات التبخر وقلة كفاءة شبكات البزل. وهذا ينطبق على العام ٢٠٢٥.

خريطة (٥) مؤشر خريطة ملوحة التربة للعراق لعام ٢٠١٥ – ٢٠٢٥



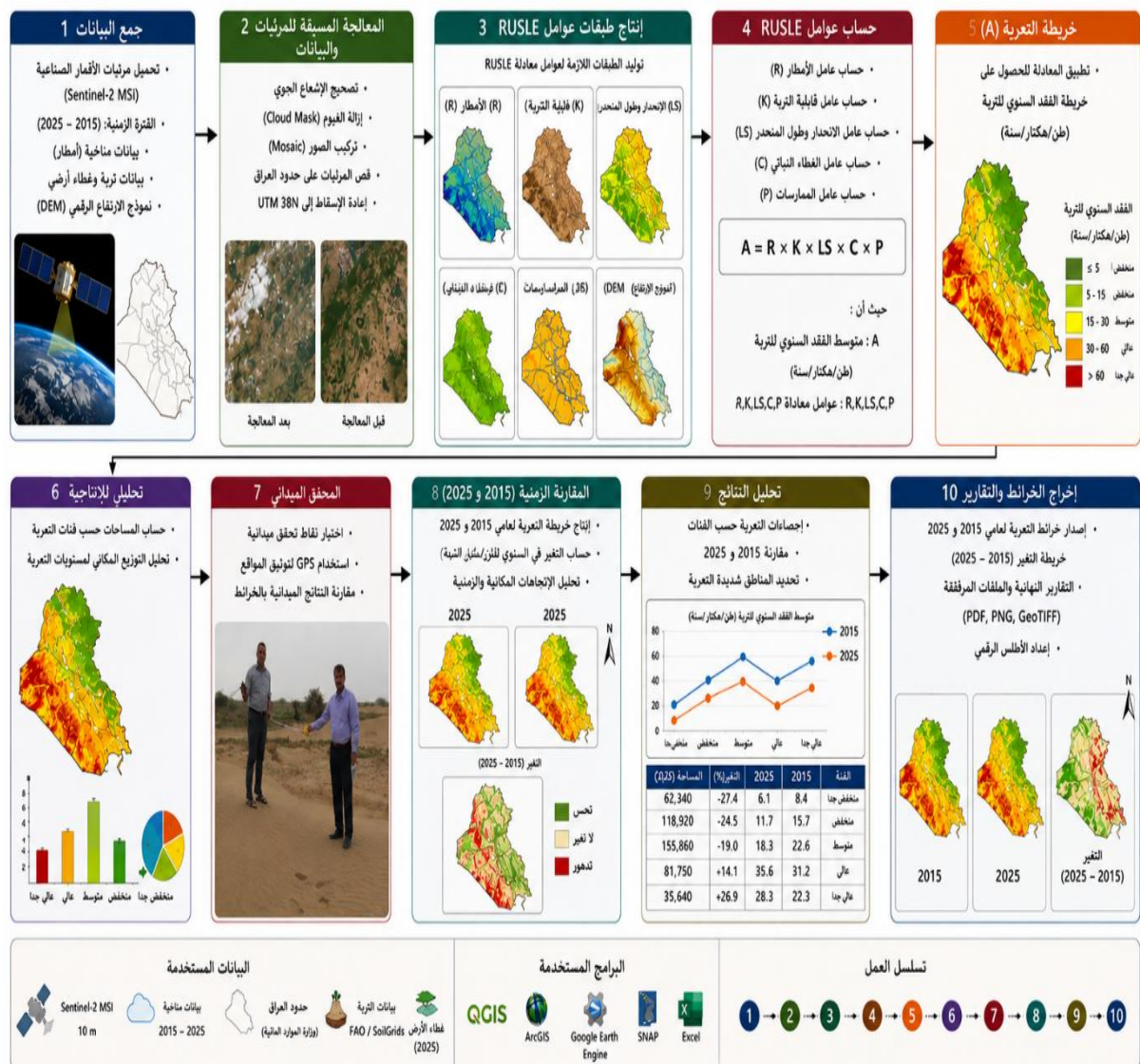
المصدر: الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية وهيا المساحة العامة والمسح الجيولوجي وبيانات الأقمار الصناعية (USGS).

(ESA. SRTM. Sentinel –2 MSI 10m)

٥- مؤشر خريطة التربة العارية (BSI - Bare Soil Index):

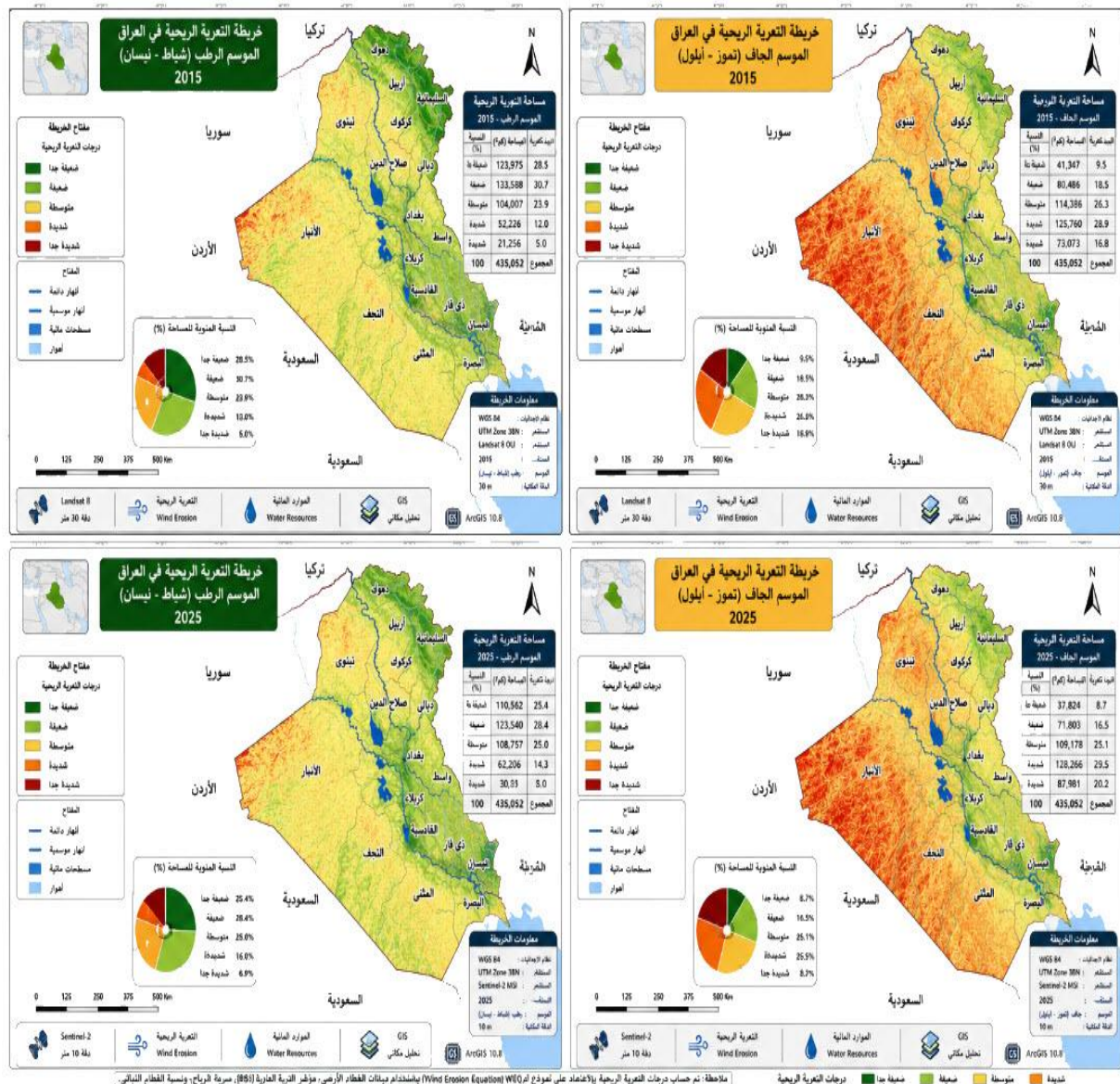
يُعد مؤشر التربة العارية (BSI - Bare Soil Index) من المؤشرات الطيفية المستخدمة في تقنيات الاستشعار عن بُعد للكشف عن المناطق التي تغطيها التربة المكشوفة وتمييزها عن الغطاء النباتي والمسطحات المائية. يعتمد المؤشر على دمج قيم الحزم الطيفية في النطاق الأزرق (Blue)، والأحمر (Red)، والأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR)، والأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة (SWIR)، مما يجعله فعالاً في إبراز الأراضي الجرداء ومناطق التدهور والتصحر. ويُستخدم على نطاق واسع في دراسات تدهور الأراضي، ورصد التصحر، وتقييم التغيرات في الغطاء الأرضي، إذ تشير القيم المرتفعة للمؤشر إلى زيادة مساحة التربة العارية، في حين تدل القيم المنخفضة أو السالبة على كثافة الغطاء النباتي أو وجود مسطحات مائية (Rikimaru et al., 2002). عند إعداد خرائط العراق أو المقارنة بين عامي ٢٠١٥ و ٢٠٢٥، يُفضل تصنيف قيم BSI باستخدام (Jenks) Natural Breaks أو Quantile داخل ArcGIS أو QGIS، لأن ذلك يعكس التوزيع الحقيقي للبيانات بشكل أفضل من استخدام حدود ثابتة لإنتاج خريطة المؤشر. ينظر شكل (٥). وخريطة (٦).

شكل (٥) مراحل اشتقاق مؤشر التربة العارية للعراق لإنتاج الخرائط الرقمية



المصدر: الباحثين بالاعتماد (USGS. ESA. SRTM. Sentinel -2 MSI 10m)

خريطة (٦) مؤشر التربة العارية للعراق لعامي ٢٠١٥ - ٢٠٢٥ للموسم الرطب والجاف

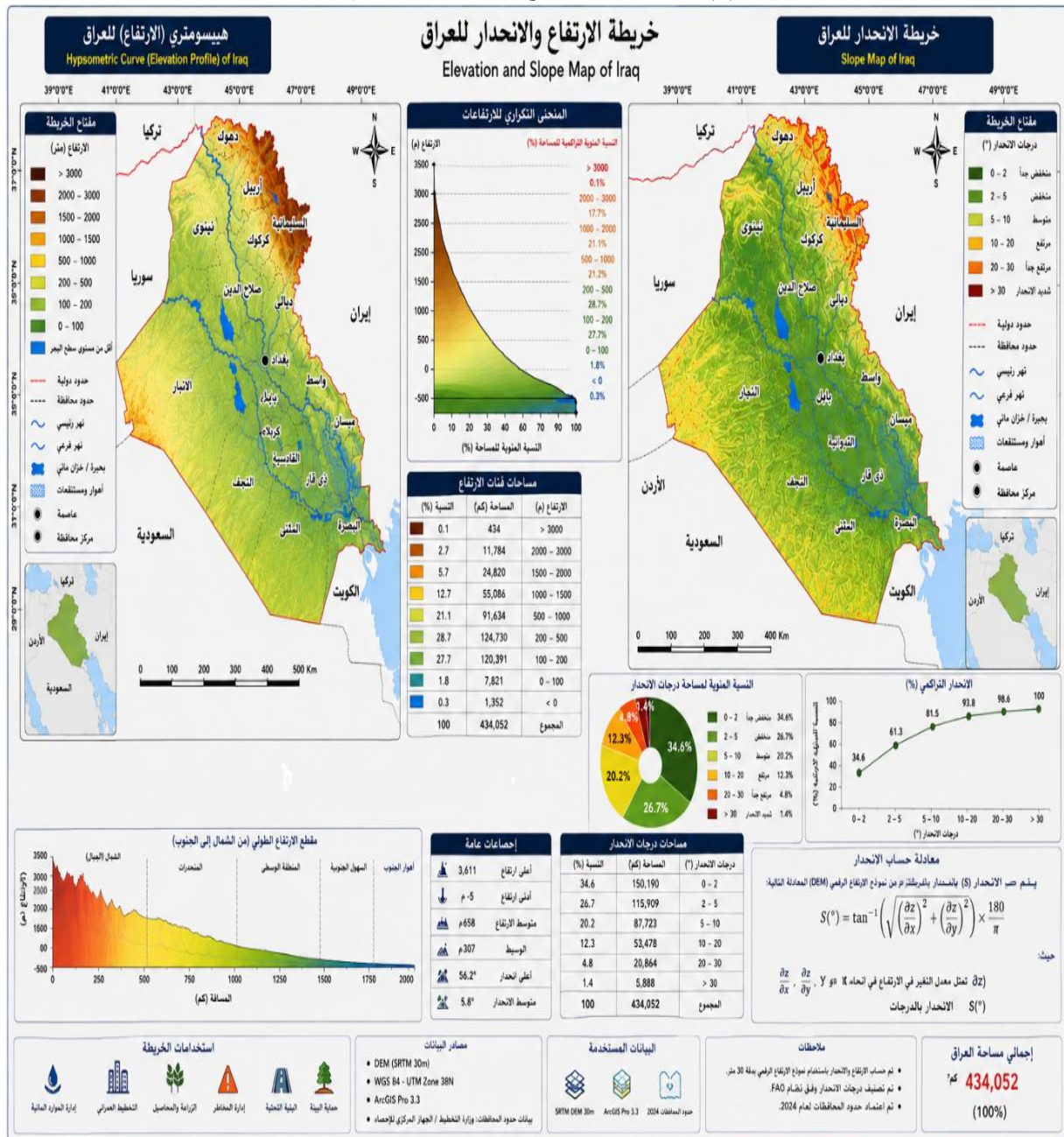


المصدر: الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية وهيا المساحة العامة والمسح الجيولوجي وبيانات الأقمار الصناعية (USGS, ESA, SRTM, Sentinel -2 MSI 10m)

٦- مؤشر خريطة الارتفاع والانحدار للعراق (Elevation and Slope Index) :

يعتمد مؤشر الارتفاع على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، ويستخدم لتمثيل التباين الطبوغرافي في العراق، إذ يؤثر الارتفاع بصورة مباشرة في توزيع الأمطار، ودرجات الحرارة، وأنواع التربة، والغطاء النباتي، وبالتالي في عمليات تدهور الأراضي والتصحّر وقد بلغ أعلى ارتفاع (٣٦١١م) وأدنى ارتفاع بلغ (٥٠م) ومتوسط الارتفاع بلغ (٦٥٨م) (Burrough et al., 2015). مؤشر الانحدار (Slope) يعد الانحدار من أهم العوامل المؤثرة في حركة المياه السطحية، والتعرية المائية، واستقرار التربة، ويستخرج من نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام أدوات التحليل المكاني في ArcGIS. (Moore et al., 1991) وعند تحليل مؤشر درجات الانحدار تم تصنيف سطح العراق الى ست أصناف تمثلت (٠ - ٢) درجة و (٢ - ١٠) درجة و (١٠ - ٢٠) درجة و (٢٠ - ٣٠) درجة و (٣٠ - ٤٠) درجة و (٤٠ - ٦٠) درجة و (٦٠ - ٩٠) درجة و (٩٠ - ١٢٠) درجة و (١٢٠ - ١٥٠) درجة و (١٥٠ - ١٨٠) درجة و (١٨٠ - ٢٠٠) درجة و (٢٠٠ - ٢٤٠) درجة و (٢٤٠ - ٣٠٠) درجة و (٣٠٠ - ٣٦١) درجة و (٣٦١ - ٤٠٠) درجة و (٤٠٠ - ٤٦١) درجة و (٤٦١ - ٥٠٠) درجة و (٥٠٠ - ٥٦١) درجة و (٥٦١ - ٦٠٠) درجة و (٦٠٠ - ٦٦١) درجة و (٦٦١ - ٧٠٠) درجة و (٧٠٠ - ٧٦١) درجة و (٧٦١ - ٨٠٠) درجة و (٨٠٠ - ٨٦١) درجة و (٨٦١ - ٩٠٠) درجة و (٩٠٠ - ٩٦١) درجة و (٩٦١ - ١٠٠٠) درجة و (١٠٠٠ - ١٠٦١) درجة و (١٠٦١ - ١١٠٠) درجة و (١١٠٠ - ١١٦١) درجة و (١١٦١ - ١٢٠٠) درجة و (١٢٠٠ - ١٢٦١) درجة و (١٢٦١ - ١٣٠٠) درجة و (١٣٠٠ - ١٣٦١) درجة و (١٣٦١ - ١٤٠٠) درجة و (١٤٠٠ - ١٤٦١) درجة و (١٤٦١ - ١٥٠٠) درجة و (١٥٠٠ - ١٥٦١) درجة و (١٥٦١ - ١٦٠٠) درجة و (١٦٠٠ - ١٦٦١) درجة و (١٦٦١ - ١٧٠٠) درجة و (١٧٠٠ - ١٧٦١) درجة و (١٧٦١ - ١٨٠٠) درجة و (١٨٠٠ - ١٨٦١) درجة و (١٨٦١ - ١٩٠٠) درجة و (١٩٠٠ - ١٩٦١) درجة و (١٩٦١ - ٢٠٠٠) درجة و (٢٠٠٠ - ٢٠٦١) درجة و (٢٠٦١ - ٢١٠٠) درجة و (٢١٠٠ - ٢١٦١) درجة و (٢١٦١ - ٢٢٠٠) درجة و (٢٢٠٠ - ٢٢٦١) درجة و (٢٢٦١ - ٢٣٠٠) درجة و (٢٣٠٠ - ٢٣٦١) درجة و (٢٣٦١ - ٢٤٠٠) درجة و (٢٤٠٠ - ٢٤٦١) درجة و (٢٤٦١ - ٢٥٠٠) درجة و (٢٥٠٠ - ٢٥٦١) درجة و (٢٥٦١ - ٢٦٠٠) درجة و (٢٦٠٠ - ٢٦٦١) درجة و (٢٦٦١ - ٢٧٠٠) درجة و (٢٧٠٠ - ٢٧٦١) درجة و (٢٧٦١ - ٢٨٠٠) درجة و (٢٨٠٠ - ٢٨٦١) درجة و (٢٨٦١ - ٢٩٠٠) درجة و (٢٩٠٠ - ٢٩٦١) درجة و (٢٩٦١ - ٣٠٠٠) درجة و (٣٠٠٠ - ٣٠٦١) درجة و (٣٠٦١ - ٣١٠٠) درجة و (٣١٠٠ - ٣١٦١) درجة و (٣١٦١ - ٣٢٠٠) درجة و (٣٢٠٠ - ٣٢٦١) درجة و (٣٢٦١ - ٣٣٠٠) درجة و (٣٣٠٠ - ٣٣٦١) درجة و (٣٣٦١ - ٣٤٠٠) درجة و (٣٤٠٠ - ٣٤٦١) درجة و (٣٤٦١ - ٣٥٠٠) درجة و (٣٥٠٠ - ٣٥٦١) درجة و (٣٥٦١ - ٣٦٠٠) درجة و (٣٦٠٠ - ٣٦٦١) درجة و (٣٦٦١ - ٣٧٠٠) درجة و (٣٧٠٠ - ٣٧٦١) درجة و (٣٧٦١ - ٣٨٠٠) درجة و (٣٨٠٠ - ٣٨٦١) درجة و (٣٨٦١ - ٣٩٠٠) درجة و (٣٩٠٠ - ٣٩٦١) درجة و (٣٩٦١ - ٤٠٠٠) درجة و (٤٠٠٠ - ٤٠٦١) درجة و (٤٠٦١ - ٤١٠٠) درجة و (٤١٠٠ - ٤١٦١) درجة و (٤١٦١ - ٤٢٠٠) درجة و (٤٢٠٠ - ٤٢٦١) درجة و (٤٢٦١ - ٤٣٠٠) درجة و (٤٣٠٠ - ٤٣٦١) درجة و (٤٣٦١ - ٤٤٠٠) درجة و (٤٤٠٠ - ٤٤٦١) درجة و (٤٤٦١ - ٤٥٠٠) درجة و (٤٥٠٠ - ٤٥٦١) درجة و (٤٥٦١ - ٤٦٠٠) درجة و (٤٦٠٠ - ٤٦٦١) درجة و (٤٦٦١ - ٤٧٠٠) درجة و (٤٧٠٠ - ٤٧٦١) درجة و (٤٧٦١ - ٤٨٠٠) درجة و (٤٨٠٠ - ٤٨٦١) درجة و (٤٨٦١ - ٤٩٠٠) درجة و (٤٩٠٠ - ٤٩٦١) درجة و (٤٩٦١ - ٥٠٠٠) درجة و (٥٠٠٠ - ٥٠٦١) درجة و (٥٠٦١ - ٥١٠٠) درجة و (٥١٠٠ - ٥١٦١) درجة و (٥١٦١ - ٥٢٠٠) درجة و (٥٢٠٠ - ٥٢٦١) درجة و (٥٢٦١ - ٥٣٠٠) درجة و (٥٣٠٠ - ٥٣٦١) درجة و (٥٣٦١ - ٥٤٠٠) درجة و (٥٤٠٠ - ٥٤٦١) درجة و (٥٤٦١ - ٥٥٠٠) درجة و (٥٥٠٠ - ٥٥٦١) درجة و (٥٥٦١ - ٥٦٠٠) درجة و (٥٦٠٠ - ٥٦٦١) درجة و (٥٦٦١ - ٥٧٠٠) درجة و (٥٧٠٠ - ٥٧٦١) درجة و (٥٧٦١ - ٥٨٠٠) درجة و (٥٨٠٠ - ٥٨٦١) درجة و (٥٨٦١ - ٥٩٠٠) درجة و (٥٩٠٠ - ٥٩٦١) درجة و (٥٩٦١ - ٦٠٠٠) درجة و (٦٠٠٠ - ٦٠٦١) درجة و (٦٠٦١ - ٦١٠٠) درجة و (٦١٠٠ - ٦١٦١) درجة و (٦١٦١ - ٦٢٠٠) درجة و (٦٢٠٠ - ٦٢٦١) درجة و (٦٢٦١ - ٦٣٠٠) درجة و (٦٣٠٠ - ٦٣٦١) درجة و (٦٣٦١ - ٦٤٠٠) درجة و (٦٤٠٠ - ٦٤٦١) درجة و (٦٤٦١ - ٦٥٠٠) درجة و (٦٥٠٠ - ٦٥٦١) درجة و (٦٥٦١ - ٦٦٠٠) درجة و (٦٦٠٠ - ٦٦٦١) درجة و (٦٦٦١ - ٦٧٠٠) درجة و (٦٧٠٠ - ٦٧٦١) درجة و (٦٧٦١ - ٦٨٠٠) درجة و (٦٨٠٠ - ٦٨٦١) درجة و (٦٨٦١ - ٦٩٠٠) درجة و (٦٩٠٠ - ٦٩٦١) درجة و (٦٩٦١ - ٧٠٠٠) درجة و (٧٠٠٠ - ٧٠٦١) درجة و (٧٠٦١ - ٧١٠٠) درجة و (٧١٠٠ - ٧١٦١) درجة و (٧١٦١ - ٧٢٠٠) درجة و (٧٢٠٠ - ٧٢٦١) درجة و (٧٢٦١ - ٧٣٠٠) درجة و (٧٣٠٠ - ٧٣٦١) درجة و (٧٣٦١ - ٧٤٠٠) درجة و (٧٤٠٠ - ٧٤٦١) درجة و (٧٤٦١ - ٧٥٠٠) درجة و (٧٥٠٠ - ٧٥٦١) درجة و (٧٥٦١ - ٧٦٠٠) درجة و (٧٦٠٠ - ٧٦٦١) درجة و (٧٦٦١ - ٧٧٠٠) درجة و (٧٧٠٠ - ٧٧٦١) درجة و (٧٧٦١ - ٧٨٠٠) درجة و (٧٨٠٠ - ٧٨٦١) درجة و (٧٨٦١ - ٧٩٠٠) درجة و (٧٩٠٠ - ٧٩٦١) درجة و (٧٩٦١ - ٨٠٠٠) درجة و (٨٠٠٠ - ٨٠٦١) درجة و (٨٠٦١ - ٨١٠٠) درجة و (٨١٠٠ - ٨١٦١) درجة و (٨١٦١ - ٨٢٠٠) درجة و (٨٢٠٠ - ٨٢٦١) درجة و (٨٢٦١ - ٨٣٠٠) درجة و (٨٣٠٠ - ٨٣٦١) درجة و (٨٣٦١ - ٨٤٠٠) درجة و (٨٤٠٠ - ٨٤٦١) درجة و (٨٤٦١ - ٨٥٠٠) درجة و (٨٥٠٠ - ٨٥٦١) درجة و (٨٥٦١ - ٨٦٠٠) درجة و (٨٦٠٠ - ٨٦٦١) درجة و (٨٦٦١ - ٨٧٠٠) درجة و (٨٧٠٠ - ٨٧٦١) درجة و (٨٧٦١ - ٨٨٠٠) درجة و (٨٨٠٠ - ٨٨٦١) درجة و (٨٨٦١ - ٨٩٠٠) درجة و (٨٩٠٠ - ٨٩٦١) درجة و (٨٩٦١ - ٩٠٠٠) درجة و (٩٠٠٠ - ٩٠٦١) درجة و (٩٠٦١ - ٩١٠٠) درجة و (٩١٠٠ - ٩١٦١) درجة و (٩١٦١ - ٩٢٠٠) درجة و (٩٢٠٠ - ٩٢٦١) درجة و (٩٢٦١ - ٩٣٠٠) درجة و (٩٣٠٠ - ٩٣٦١) درجة و (٩٣٦١ - ٩٤٠٠) درجة و (٩٤٠٠ - ٩٤٦١) درجة و (٩٤٦١ - ٩٥٠٠) درجة و (٩٥٠٠ - ٩٥٦١) درجة و (٩٥٦١ - ٩٦٠٠) درجة و (٩٦٠٠ - ٩٦٦١) درجة و (٩٦٦١ - ٩٧٠٠) درجة و (٩٧٠٠ - ٩٧٦١) درجة و (٩٧٦١ - ٩٨٠٠) درجة و (٩٨٠٠ - ٩٨٦١) درجة و (٩٨٦١ - ٩٩٠٠) درجة و (٩٩٠٠ - ٩٩٦١) درجة و (٩٩٦١ - ١٠٠٠٠) درجة و (١٠٠٠٠ - ١٠٠٦١) درجة و (١٠٠٦١ - ١٠١٠٠) درجة و (١٠١٠٠ - ١٠١٦١) درجة و (١٠١٦١ - ١٠٢٠٠) درجة و (١٠٢٠٠ - ١٠٢٦١) درجة و (١٠٢٦١ - ١٠٣٠٠) درجة و (١٠٣٠٠ - ١٠٣٦١) درجة و (١٠٣٦١ - ١٠٤٠٠) درجة و (١٠٤٠٠ - ١٠٤٦١) درجة و (١٠٤٦١ - ١٠٥٠٠) درجة و (١٠٥٠٠ - ١٠٥٦١) درجة و (١٠٥٦١ - ١٠٦٠٠) درجة و (١٠٦٠٠ - ١٠٦٦١) درجة و (١٠٦٦١ - ١٠٧٠٠) درجة و (١٠٧٠٠ - ١٠٧٦١) درجة و (١٠٧٦١ - ١٠٨٠٠) درجة و (١٠٨٠٠ - ١٠٨٦١) درجة و (١٠٨٦١ - ١٠٩٠٠) درجة و (١٠٩٠٠ - ١٠٩٦١) درجة و (١٠٩٦١ - ١١٠٠٠) درجة و (١١٠٠٠ - ١١٠٦١) درجة و (١١٠٦١ - ١١١٠٠) درجة و (١١١٠٠ - ١١١٦١) درجة و (١١١٦١ - ١١٢٠٠) درجة و (١١٢٠٠ - ١١٢٦١) درجة و (١١٢٦١ - ١١٣٠٠) درجة و (١١٣٠٠ - ١١٣٦١) درجة و (١١٣٦١ - ١١٤٠٠) درجة و (١١٤٠٠ - ١١٤٦١) درجة و (١١٤٦١ - ١١٥٠٠) درجة و (١١٥٠٠ - ١١٥٦١) درجة و (١١٥٦١ - ١١٦٠٠) درجة و (١١٦٠٠ - ١١٦٦١) درجة و (١١٦٦١ - ١١٧٠٠) درجة و (١١٧٠٠ - ١١٧٦١) درجة و (١١٧٦١ - ١١٨٠٠) درجة و (١١٨٠٠ - ١١٨٦١) درجة و (١١٨٦١ - ١١٩٠٠) درجة و (١١٩٠٠ - ١١٩٦١) درجة و (١١٩٦١ - ١٢٠٠٠) درجة و (١٢٠٠٠ - ١٢٠٦١) درجة و (١٢٠٦١ - ١٢١٠٠) درجة و (١٢١٠٠ - ١٢١٦١) درجة و (١٢١٦١ - ١٢٢٠٠) درجة و (١٢٢٠٠ - ١٢٢٦١) درجة و (١٢٢٦١ - ١٢٣٠٠) درجة و (١٢٣٠٠ - ١٢٣٦١) درجة و (١٢٣٦١ - ١٢٤٠٠) درجة و (١٢٤٠٠ - ١٢٤٦١) درجة و (١٢٤٦١ - ١٢٥٠٠) درجة و (١٢٥٠٠ - ١٢٥٦١) درجة و (١٢٥٦١ - ١٢٦٠٠) درجة و (١٢٦٠٠ - ١٢٦٦١) درجة و (١٢٦٦١ - ١٢٧٠٠) درجة و (١٢٧٠٠ - ١٢٧٦١) درجة و (١٢٧٦١ - ١٢٨٠٠) درجة و (١٢٨٠٠ - ١٢٨٦١) درجة و (١٢٨٦١ - ١٢٩٠٠) درجة و (١٢٩٠٠ - ١٢٩٦١) درجة و (١٢٩٦١ - ١٣٠٠٠) درجة و (١٣٠٠٠ - ١٣٠٦١) درجة و (١٣٠٦١ - ١٣١٠٠) درجة و (١٣١٠٠ - ١٣١٦١) درجة و (١٣١٦١ - ١٣٢٠٠) درجة و (١٣٢٠٠ - ١٣٢٦١) درجة و (١٣٢٦١ - ١٣٣٠٠) درجة و (١٣٣٠٠ - ١٣٣٦١) درجة و (١٣٣٦١ - ١٣٤٠٠) درجة و (١٣٤٠٠ - ١٣٤٦١) درجة و (١٣٤٦١ - ١٣٥٠٠) درجة و (١٣٥٠٠ - ١٣٥٦١) درجة و (١٣٥٦١ - ١٣٦٠٠) درجة و (١٣٦٠٠ - ١٣٦٦١) درجة و (١٣٦٦١ - ١٣٧٠٠) درجة و (١٣٧٠٠ - ١٣٧٦١) درجة و (١٣٧٦١ - ١٣٨٠٠) درجة و (١٣٨٠٠ - ١٣٨٦١) درجة و (١٣٨٦١ - ١٣٩٠٠) درجة و (١٣٩٠٠ - ١٣٩٦١) درجة و (١٣٩٦١ - ١٤٠٠٠) درجة و (١٤٠٠٠ - ١٤٠٦١) درجة و (١٤٠٦١ - ١٤١٠٠) درجة و (١٤١٠٠ - ١٤١٦١) درجة و (١٤١٦١ - ١٤٢٠٠) درجة و (١٤٢٠٠ - ١٤٢٦١) درجة و (١٤٢٦١ - ١٤٣٠٠) درجة و (١٤٣٠٠ - ١٤٣٦١) درجة و (١٤٣٦١ - ١٤٤٠٠) درجة و (١٤٤٠٠ - ١٤٤٦١) درجة و (١٤٤٦١ - ١٤٥٠٠) درجة و (١٤٥٠٠ - ١٤٥٦١) درجة و (١٤٥٦١ - ١٤٦٠٠) درجة و (١٤٦٠٠ - ١٤٦٦١) درجة و (١٤٦٦١ - ١٤٧٠٠) درجة و (١٤٧٠٠ - ١٤٧٦١) درجة و (١٤٧٦١ - ١٤٨٠٠) درجة و (١٤٨٠٠ - ١٤٨٦١) درجة و (١٤٨٦١ - ١٤٩٠٠) درجة و (١٤٩٠٠ - ١٤٩٦١) درجة و (١٤٩٦١ - ١٥٠٠٠) درجة و (١٥٠٠٠ - ١٥٠٦١) درجة و (١٥٠٦١ - ١٥١٠٠) درجة و (١٥١٠٠ - ١٥١٦١) درجة و (١٥١٦١ - ١٥٢٠٠) درجة و (١٥٢٠٠ - ١٥٢٦١) درجة و (١٥٢٦١ - ١٥٣٠٠) درجة و (١٥٣٠٠ - ١٥٣٦١) درجة و (١٥٣٦١ - ١٥٤٠٠) درجة و (١٥٤٠٠ - ١٥٤٦١) درجة و (١٥٤٦١ - ١٥٥٠٠) درجة و (١٥٥٠٠ - ١٥٥٦١) درجة و (١٥٥٦١ - ١٥٦٠٠) درجة و (١٥٦٠٠ - ١٥٦٦١) درجة و (١٥٦٦١ - ١٥٧٠٠) درجة و (١٥٧٠٠ - ١٥٧٦١) درجة و (١٥٧٦١ - ١٥٨٠٠) درجة و (١٥٨٠٠ - ١٥٨٦١) درجة و (١٥٨٦١ - ١٥٩٠٠) درجة و (١٥٩٠٠ - ١٥٩٦١) درجة و (١٥٩٦١ - ١٦٠٠٠) درجة و (١٦٠٠٠ - ١٦٠٦١) درجة و (١٦٠٦١ - ١٦١٠٠) درجة و (١٦١٠٠ - ١٦١٦١) درجة و (١٦١٦١ - ١٦٢٠٠) درجة و (١٦٢٠٠ - ١٦٢٦١) درجة و (١٦٢٦١ - ١٦٣٠٠) درجة و (١٦٣٠٠ - ١٦٣٦١) درجة و (١٦٣٦١ - ١٦٤٠٠) درجة و (١٦٤٠٠ - ١٦٤٦١) درجة و (١٦٤٦١ - ١٦٥٠٠) درجة و (١٦٥٠٠ - ١٦٥٦١) درجة و (١٦٥٦١ - ١٦٦٠٠) درجة و (١٦٦٠٠ - ١٦٦٦١) درجة و (١٦٦٦١ - ١٦٧٠٠) درجة و (١٦٧٠٠ - ١٦٧٦١) درجة و (١٦٧٦١ - ١٦٨٠٠) درجة و (١٦٨٠٠ - ١٦٨٦١) درجة و (١٦٨٦١ - ١٦٩٠٠) درجة و (١٦٩٠٠ - ١٦٩٦١) درجة و (١٦٩٦١ - ١٧٠٠٠) درجة و (١٧٠٠٠ - ١٧٠٦١) درجة و (١٧٠٦١ - ١٧١٠٠) درجة و (١٧١٠٠ - ١٧١٦١) درجة و (١٧١٦١ - ١٧٢٠٠) درجة و (١٧٢٠٠ - ١٧٢٦١) درجة و (١٧٢٦١ - ١٧٣٠٠) درجة و (١٧٣٠٠ - ١٧٣٦١) درجة و (١٧٣٦١ - ١٧٤٠٠) درجة و (١٧٤٠٠ - ١٧٤٦١) درجة و (١٧٤٦١ - ١٧٥٠٠) درجة و (١٧٥٠٠ - ١٧٥٦١) درجة و (١٧٥٦١ - ١٧٦٠٠) درجة و (١٧٦٠٠ - ١٧٦٦١) درجة و (١٧٦٦١ - ١٧٧٠٠) درجة و (١٧٧٠٠ - ١٧٧٦١) درجة و (١٧٧٦١ - ١٧٨٠٠) درجة و (١٧٨٠٠ - ١٧٨٦١) درجة و (١٧٨٦١ - ١٧٩٠٠) درجة و (١٧٩٠٠ - ١٧٩٦١) درجة و (١٧٩٦١ - ١٨٠٠٠) درجة و (١٨٠٠٠ - ١٨٠٦١) درجة و (١٨٠٦١ - ١٨١٠٠) درجة و (١٨١٠٠ - ١٨١٦١) درجة و (١٨١٦١ - ١٨٢٠٠) درجة و (١٨٢٠٠ - ١٨٢٦١) درجة و (١٨٢٦١ - ١٨٣٠٠) درجة و (١٨٣٠٠ - ١٨٣٦١) درجة و (١٨٣٦١ - ١٨٤٠٠) درجة و (١٨٤٠٠ - ١٨٤٦١) درجة و (١٨٤٦١ - ١٨٥٠٠) درجة و (١٨٥٠٠ - ١٨٥٦١) درجة و (١٨٥٦١ - ١٨٦٠٠) درجة و (١٨٦٠٠ - ١٨٦٦١) درجة و (١٨٦٦١ - ١٨٧٠٠) درجة و (١٨٧٠٠ - ١٨٧٦١) درجة و (١٨٧٦١ - ١٨٨٠٠) درجة و (١٨٨٠٠ - ١٨٨٦١) درجة و (١٨٨٦١ - ١٨٩٠٠) درجة و (١٨٩٠٠ - ١٨٩٦١) درجة و (١٨٩٦١ - ١٩٠٠٠) درجة و (١٩٠٠٠ - ١٩٠٦١) درجة و (١٩٠٦١ - ١٩١٠٠) درجة و (١٩١٠٠ - ١٩١٦١) درجة و (١٩١٦١ - ١٩٢٠٠) درجة و (١٩٢٠٠ - ١٩٢٦١) درجة و (١٩٢٦١ - ١٩٣٠٠) درجة و (١٩٣٠٠ - ١٩٣٦١) درجة و (١٩٣٦١ - ١٩٤٠٠) درجة و (١٩٤٠٠ - ١٩٤٦١) درجة و (١٩٤٦١ - ١٩٥٠٠) درجة و (١٩٥٠٠ - ١٩٥٦١) درجة و (١٩٥٦١ - ١٩٦٠٠) درجة و (١٩٦٠٠ - ١٩٦٦١) درجة و (١٩٦٦١ - ١٩٧٠٠) درجة و (١٩٧٠٠ - ١٩٧٦١) درجة و (١٩٧٦١ - ١٩٨٠٠) درجة و (١٩٨٠٠ - ١٩٨٦١) درجة و (١٩٨٦١ - ١٩٩٠٠) درجة و (١٩٩٠٠ - ١٩٩٦١) درجة و (١٩٩٦١ - ٢٠٠٠٠) درجة و (٢٠٠٠٠ - ٢٠٠٦١) درجة و (٢٠٠٦١ - ٢٠١٠٠) درجة و (٢٠١٠٠ - ٢٠١٦١) درجة و (٢٠١٦١ - ٢٠٢٠٠) درجة و (٢٠٢٠٠ - ٢٠٢٦١) درجة و (٢٠٢٦١ - ٢٠٣٠٠) درجة و (٢٠٣٠٠ - ٢٠٣٦١) درجة و (٢٠٣٦١ - ٢٠٤٠٠) درجة و (٢٠٤٠٠ - ٢٠٤٦١) درجة و (٢٠٤٦١ - ٢٠٥٠٠) درجة و (٢٠٥٠٠ - ٢٠٥٦١) درجة و (٢٠٥٦١ - ٢٠٦٠٠) درجة و (٢٠٦٠٠ - ٢٠٦٦١) درجة و (٢٠٦٦١ - ٢٠٧٠٠) درجة و (٢٠٧٠٠ - ٢٠٧٦١) درجة و (٢٠٧٦١ - ٢٠٨٠٠) درجة و (٢٠٨٠٠ - ٢٠٨٦١) درجة و (٢٠٨٦١ - ٢٠٩٠٠) درجة و (٢٠٩٠٠ - ٢٠٩٦١) درجة و (٢٠٩٦١ - ٢١٠٠٠) درجة و (٢١٠٠٠ - ٢١٠٦١) درجة و (٢١٠٦١ - ٢١١٠٠) درجة و (٢١١٠٠ - ٢١١٦١) درجة و (٢١١٦١ - ٢١٢٠٠) درجة و (٢١٢٠٠ - ٢١٢٦١) درجة و (٢١٢٦١ - ٢١٣٠٠) درجة و (٢١٣٠٠ - ٢١٣٦١) درجة و (٢١٣٦١ - ٢١٤٠٠) درجة و (٢١٤٠٠ - ٢١٤٦١) درجة و (٢١٤٦١ - ٢١٥٠٠) درجة و (٢١٥٠٠ - ٢١٥٦١) درجة و (٢١٥٦١ -

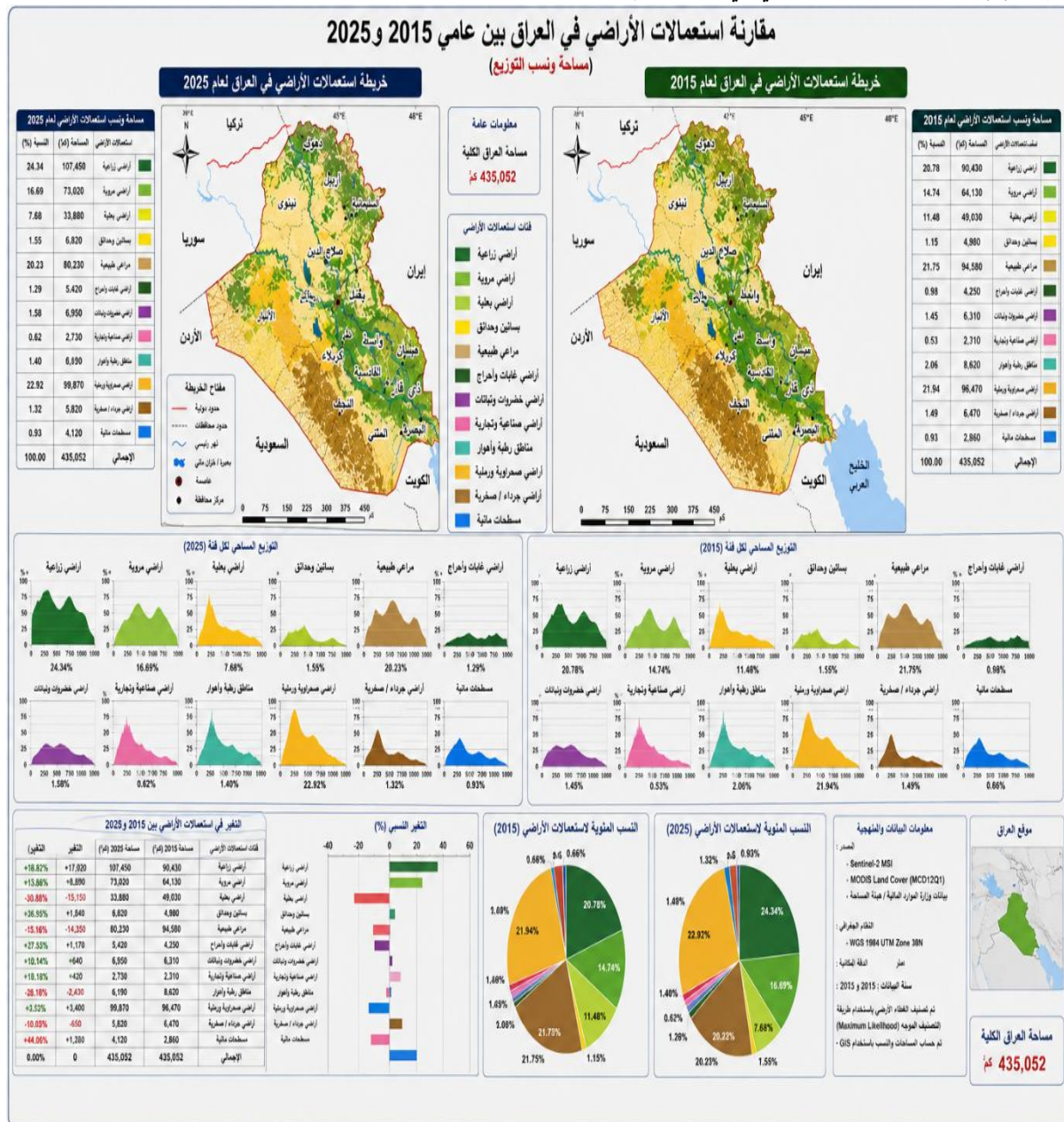
خريطة (٧) مؤشر خريطة الارتفاع والانحدار للعراق لعام ٢٠٢٥



٧- خريطة مؤشر الغطاء الأرضي (Land Cover Index - LCI):

يعد مؤشر الغطاء الأرضي (Land Cover Index - LCI) من أهم المؤشرات المستخدمة في تقييم حالة الأراضي ورصد التغيرات البيئية، إذ يوضح التوزيع المكاني لأنواع الغطاء الأرضي مثل الأراضي الزراعية والغطاء النباتي، والمساحات المائية، والأراضي العارية، والمناطق العمرانية. ويستخدم هذا المؤشر على نطاق واسع في دراسات تدهور الأراضي والتصحّر باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، لما يوفره من معلومات دقيقة عن التغيرات المكانية والزمانية للغطاء الأرضي (Anderson et al., 1976) تم تصنيف استعمالات الأرض حسب التصنيف

خريطة (٨) مقارنة استعمالات الأراضي في العراق لعام ٢٠١٥ - ٢٠٢٥

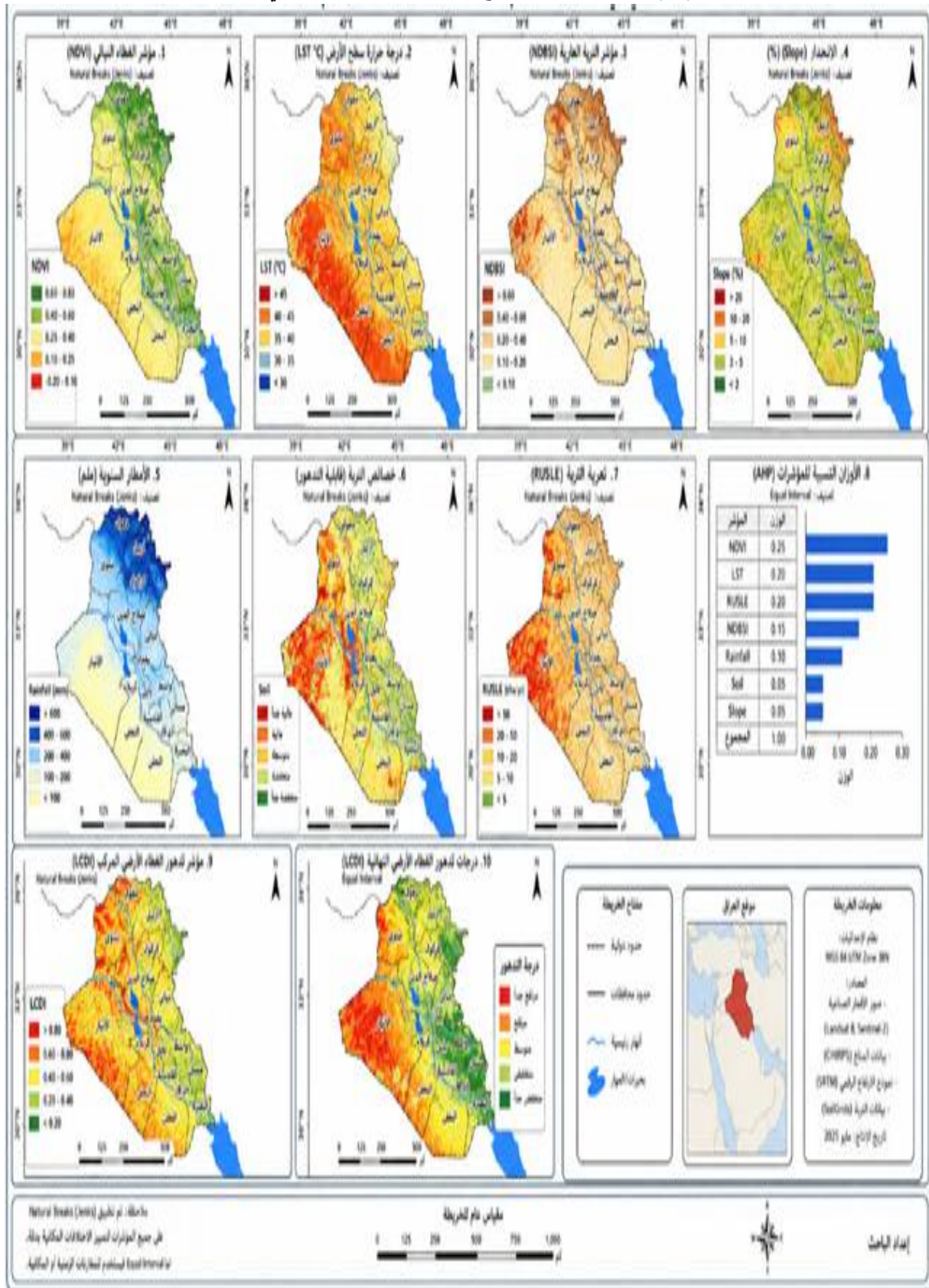


المصدر: الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية وهيا المساحة العامة والمسح الجيولوجي وبيانات الأقمار الصناعية (Modis Sentinel-2 MSI 10m Land Cover (MCD12Q1).

المعتمد هو تصنيف أندرسون (Anderson Land Use/Land Cover Classification System) هو أحد أشهر أنظمة تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي، (Anderson et al., 1976) لصالح هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS). ويعد مرجعاً أساسياً في دراسات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لإنتاج الخرائط، ويتميز بإمكانية تطبيقه على المرئيات الفضائية مع إمكانية التوسع من التصنيف العام إلى التصنيف التفصيلي. ينظر خريطة (٨) تم تصنيف استعمالات الاراض للعراق لعام ٢٠١٥ - ٢٠٢٥ الى (١٢) صنف تفصيلي يختلف بالمساحة والتغير بين سنوات الدراسة واعتمد أسلوب التوزيع المساحي للتمثيل الخرائطي واستخراج مؤشر التغير بين مساحات استعمالات الاراض لسطح العراق وأسلوب التوزيع الدوائر النسبية لتغير استعمالات الاراض كأسلوب خرائطي.

(Land Cover (MCD12Q1). Sentinel -2 MSI 10m

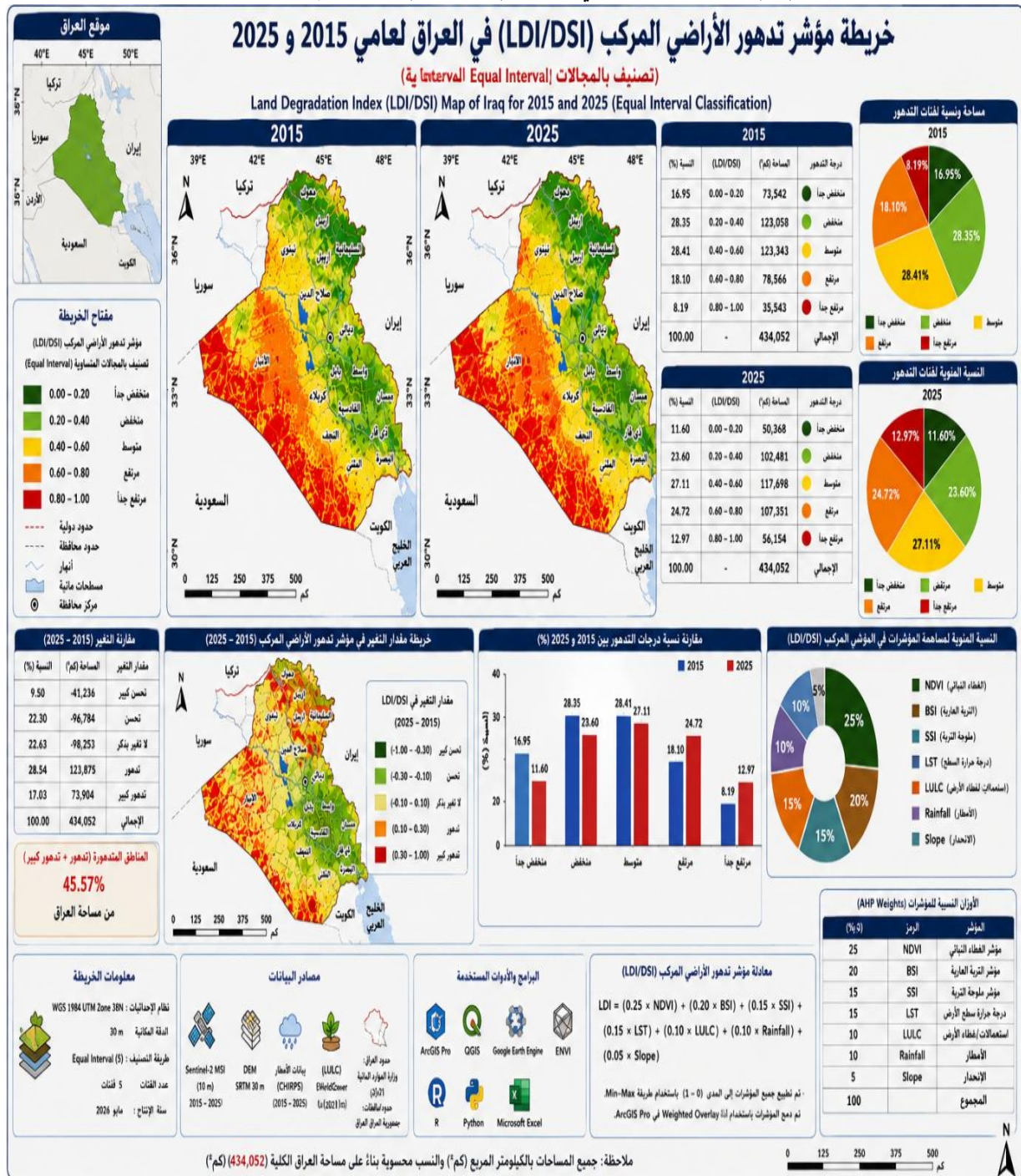
خريطة (١٠) المؤشرات الرئيسية لإنتاج خريطة مؤشر تدهور الأراضي بالعراق



المصدر: الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية وهياه المساحة العامة والمسح الجيولوجي وبيانات الأقمار الصناعية

(Modis Land Cover (MCD12Q1). Sentinel –2 MSI 10m)

خريطة (١١) مؤشر تدهور الأراضي المركب (LDI / DSI) للعراق لعام ٢٠١٥ و ٢٠٢٥



المصدر: الباحثين بالاعتماد على وزارة الموارد المائية وهيا المساحة العامة والمسح الجيولوجي وبيانات الأقمار الصناعية

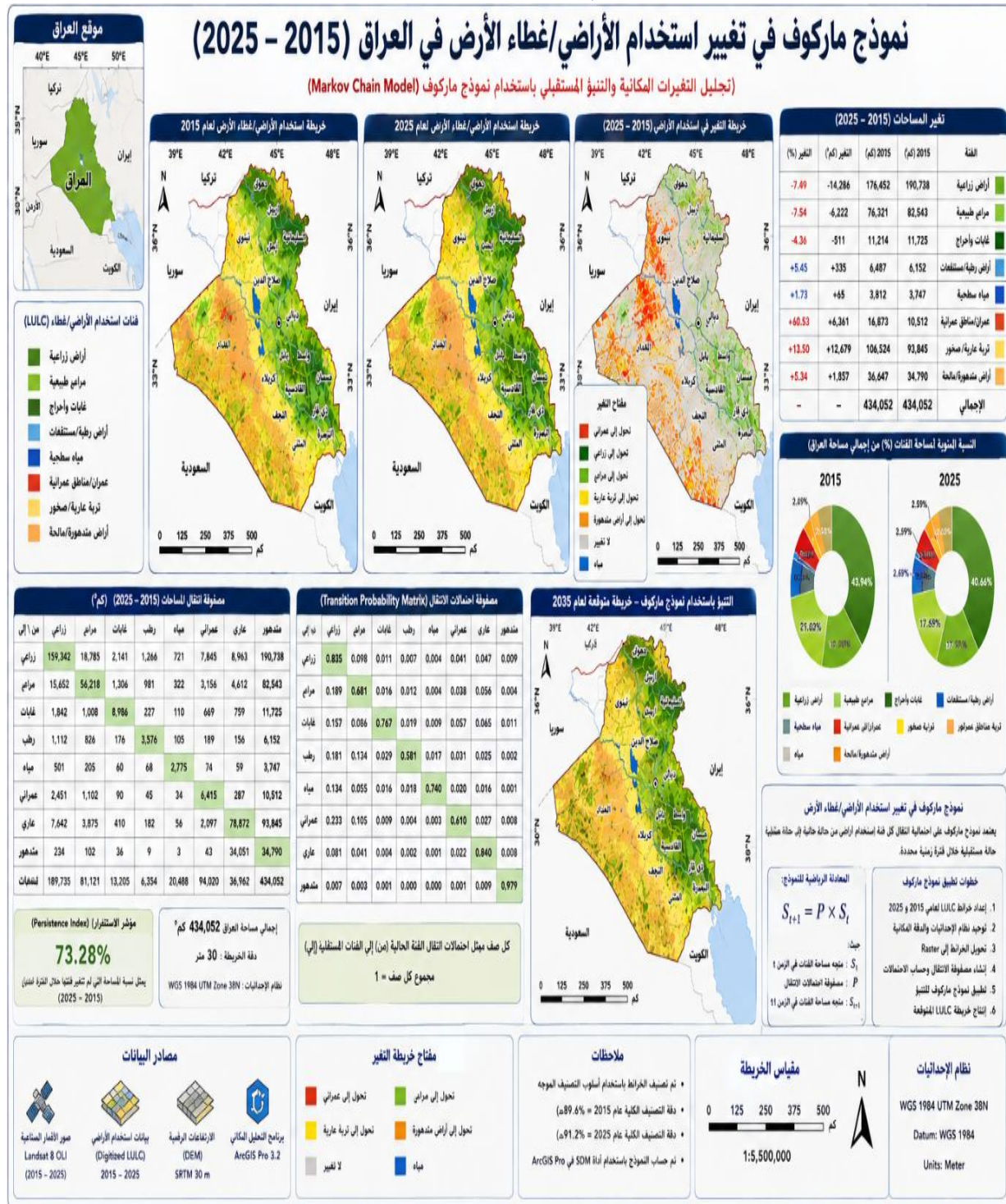
(Sentinel -2 MSI 10m). Modis Land Cover (MCD12Q1)

٩ - نموذج ماركوف في تغيير استخدام الأراضي/غطاء الأرض (Markov Chain Model for Land Use/Land Cover Change)

يعد نموذج ماركوف (Markov Chain Model) من النماذج الإحصائية المستخدمة على نطاق واسع في تحليل التغيرات المكانية والتنبؤ المستقبلي باستخدامات الأراضي والغطاء الأرضي (LULC)، إذ يعتمد على احتمالات انتقال كل فئة من فئات الغطاء الأرضي من حالة إلى أخرى خلال فترة زمنية محددة. ويتميز هذا النموذج بقدرته على وصف ديناميكية التغيرات المكانية اعتمادًا على بيانات تاريخية، مما يجعله من الأدوات المهمة في دراسات التخطيط

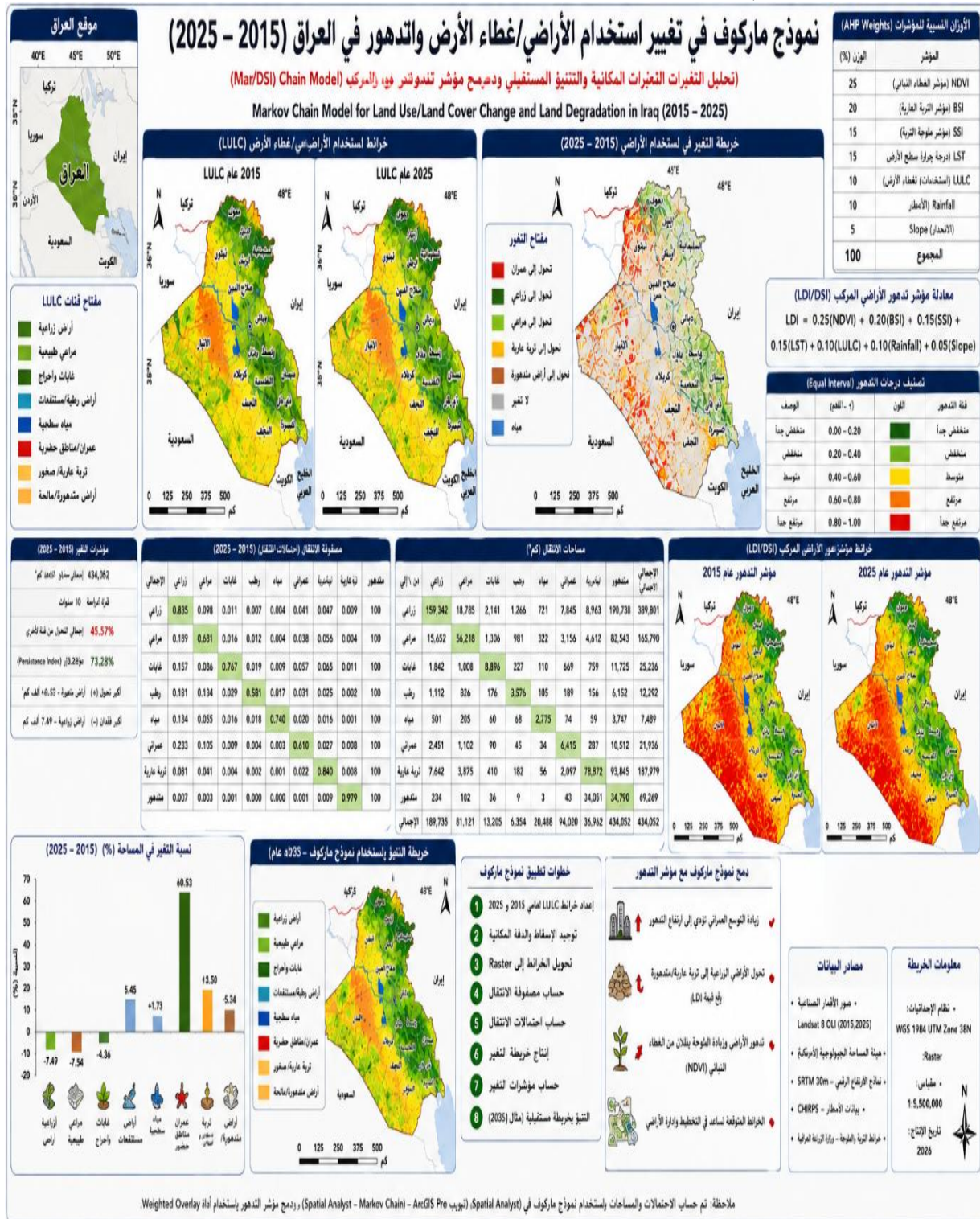
البيئي وإدارة الموارد الطبيعية ورصد تدهور الأراضي. يعتمد النموذج على مصفوفة احتمالات الانتقال (Transition Probability Matrix)، التي تمثل احتمال انتقال كل فئة من فئات الغطاء الأرضي إلى فئة أخرى خلال الفترة الزمنية المدروسة. وفي هذه الدراسة استخدمت خرائط استخدام الأراضي/الغطاء الأرضي لعامي ٢٠١٥ و ٢٠٢٥ لاستخراج مصفوفة الانتقال، ثم استخدمت هذه المصفوفة في التنبؤ بالتوزيع المستقبلي لفئات الغطاء الأرضي. (Singh et al., 2015)

خريطة (١١) نموذج ماركوف في تغير استخدام الارض للعراق لعام ٢٠١٥ و ٢٠٢٥



المصدر: الباحثين بالاعتماد على (Modis Land Cover (MCD12Q1). Sentinel -2 MSI 10m)

خريطة (١١) نموذج ماركوف في تغيير استخدام الاراض للعراق لعام ٢٠١٥ و ٢٠٢٥



المصدر: الباحثين بالاعتماد على (Sentinel-2 MSI 10m). (Modis Land Cover (MCD12Q1).

الاستنتاجات

- ١- تعد تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية كفاءة عالية في رصد وتحليل التغيرات المكانية والزمانية للغطاء الأرضي في العراق، وأسهمت في إنتاج خرائط دقيقة تعكس واقع تدهور الأراضي خلال مدة الدراسة المعتمدة
- ٢- تمثلت نتائج المقارنة بين عامي (٢٠١٥-٢٠٢٥) حدوث تغيرات واضحة في أنماط الغطاء الأرضي، تمثلت بانخفاض مساحات الغطاء النباتي في عدد من المناطق، مقابل زيادة مساحات الأراضي العارية والمتدهورة للموسم الرطب والجاف لمدة الدراسة.
- ٣- كشفت مؤشرات الاستشعار عن بعد، ولاسيما NDVI و BSI و SSI و LST، قدرة عالية على تشخيص مناطق التدهور وتحديد مستوياته، كما أسهم دمجها في مؤشر مركب في تحسين دقة التصنيف المكاني للكشف عن حجم التدهور.
- ٤- اعتمد طريقة التصنيف اللوني كتمثيل خرائطي للكشف عن حجم التدهور وتمثيل المؤشرات لدقة الإدراك البصري لقياس حجم التدهور ودقة الإدراك البصري الخرائطي
- ٥- اعتمد مؤشر المياه بالدرجة الثالثة في الكشف عن حجم التدهور الغطاء الأرضي للعراق
- ٦- عند حساب جميع المؤشرات يجب ربط البيانات ومنه بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بالمسح الميداني لدقة التصنيف.
- ٧- بينت نتائج تحليل التغير أن معدلات التدهور لم تكن متجانسة مكانياً وزمانياً، إذ شهدت بعض المناطق تحسناً نسبياً نتيجة مشاريع الاستصلاح والري، في حين سجلت مناطق أخرى تدهوراً متسارعاً نتيجة عدم وجود مشاريع الاستصلاح.
- ٨- كشفت الدراسة أن دمج تقنيات RS-GIS مع أسلوب Weighted Overlay أو AHP لإنتاج مؤشر مركب لتدهور الأراضي يوفر نموذجاً مكانياً أكثر موثوقية في تقييم حالة الأراضي مقارنة باستخدام مؤشر منفرد.
- ٩- يعد نموذج ماركوف أساساً علمياً للتنبؤ بالتغيرات المستقبلية في تغير استعمالات الأراضي، مما يجعله أداة مهمة لدعم التخطيط البيئي وإدارة الموارد الطبيعية في العراق.
- ١٠- عند دمج نموذج ماركوف مع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد يعطي إمكانية إنتاج خرائط تنبؤية عالية الكفاءة، تساعد في تحديد المناطق الأكثر عرضة للتدهور خلال السنوات الدراسة والسنوات اللاحقة.
- ١١- كشفت الدراسة أن دمج نتائج نموذج ماركوف مع المؤشر المركب لتدهور الأراضي (Composite Land Degradation Index) يوفر رؤية أكثر شمولاً لفهم العلاقة بين تغير استعمالات الأراضي وتدهور الغطاء الأرضي
- ١٢- كشف مؤشر نموذج ماركوف حجم التغير في استعمالات الاراض بلغ ٧٣.٢٨٪ من مساحة العراق، اما مؤشر نموذج تدهور الأراضي IDI - DSI معدل تدهور الأراضي بالعراق بلغ ٤٥.٥ ٪ من مساحة العراق.

التوصيات

- ١- اعتماد تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ضمن برامج الرصد لمتابعة تدهور الأراضي في العراق، مع تحديث الخرائط وإنتاجها بصورة دورية مستمرة.
- ٢- إنشاء قاعدة بيانات مكانية موحدة لتدهور الأراضي واستعمالات الأراضي والغطاء الأرضي، تكون متاحة للوزارات والمؤسسات البحثية وصناع القرار يعتمد عليها.
- ٣- اعتماد المؤشر المركب لتدهور الأراضي (Composite Land Degradation Index) كأداة معيارية لتقييم درجة التدهور، لما يوفره من نتائج أكثر شمولية مقارنة بالاعتماد على مؤشر منفرد.
- ٤- الاستفادة من نماذج التنبؤ المكاني، ولاسيما نموذج Markov بالاقتران مع Cellular Automata (CA- Markov)، لإنتاج خرائط مستقبلية لاستعمالات الأراضي تساعد في التخطيط البيئي والتنمية المستدامة.
- ٥- إعطاء الأولوية للمناطق التي أظهرت خرائط الدراسة أنها الأكثر تعرضاً للتدهور، من خلال تنفيذ مشاريع استصلاح الأراضي، ومكافحة التصحر، وزيادة الغطاء النباتي وربطة مع مؤشر.
- ٦- تطوير نماذج تنبؤيه أكثر تقدماً من خلال دمج نموذج ماركوف مع تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، مثل الشبكات العصبية الاصطناعية و Random Forest و Support Vector Machine، لتحسين دقة التنبؤ بالتغيرات المستقبلية.
- ٧- دعم إنشاء مرصد وطني رقمي لتدهور الأراضي في العراق يعتمد على تقنيات RS-GIS، ويعمل على إصدار تقارير وخرائط دورية لدعم متخذي القرار في إدارة الأراضي والموارد الطبيعية وربطة مع مؤشر التحليل الهرمي (AHP)

المصادر

1. Nachtergaele, F., Petri, M., Biancalani, R., van Lynden, G., van Velthuisen, H., & Bloise, M. (2007). *Land Degradation Assessment in Drylands (LADA): Technical Report on the Use of Indicators for Assessment and Monitoring of Land Degradation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- ٢- بارود، خميس فاخر. (٢٠١٩). تطبيقات الاستشعار عن بعد في برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS) (الطبعة الأولى). الجامعة الإسلامية، كلية الآداب.
- ٣- صفر، زين العابدين علي. (١٩٩٩). *مبادئ علم الخرائط*. عمان، الأردن: دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع.
- 4- United Nations Convention to Combat Desertification. (1994). United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. United Nations. <https://www.unccd.int>
- ٥- حديد، رنا، بشرى علي احمد. (٢٠٢٤). تحديد الجفاف الزراعي وشدة التصحر في محافظة ديالى، العراق باستخدام صور سينتينل-٢. المجلة العراقية للعلوم، ٦٥(٥)، ٢٩٤٦-٢٩٥٧
- 6- Maarooof, B. F., Kareem, H. H., Al-Zubaydi, J. H., Al-Ansari, N., Aziz, M. A., AL-Quraishy, D. A. A., Al-Hasani, B., Abdellatif, M., Carnacina, I., Thannoun,
- 7- R. G., Al-Kubaisi, M. Sh., & Al-Maarofi, S. S. (2025). Estimating soil erosion utilizing geospatial method and revised universal soil loss equation (RUSLE) of Abu Ghraibat Watershed, Eastern Misan Governorate, Iraq. *Scientific Reports*, 15(1), 4442
- 8- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), & Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS). (2015). *Status of the World's Soil Resources (SWSR): Main Report*. Rome: FAO
- 9- Jenks, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186–190 ..
- 10- Rikimaru, A., Roy, P. S., & Miyatake, S. (2002). Tropical forest cover density mapping. *International Society for Tropical Ecology*
- 11- Burrough, P. A., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of Geographical Information Systems* (3rd ed.). Oxford University Press
- 12- Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*, 5(1), 3–30. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050103>
- 13- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data (U.S. Geological Survey Professional Paper 964). U.S. Geological Survey
- 14- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data (U.S. Geological Survey Professional Paper 964). U.S. Geological Survey .
- 15- Aksoy, E., Gregor, M., Schröder, C., & Löhnertz, M. (2017). Assessing and mapping land degradation using remote sensing and GIS techniques. Springer
- 16- Singh, S. K., Mustak, S., Srivastava, P. K., Szabó, S., Islam, T., & Saha, A. (2015). Predicting spatial and decadal land use/land cover change through cellular automata and Markov chain modeling. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18(2), 263–272 .