ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

(تقييم التعرية المائية باستخدام نموذج PAP/CAR في منطقة غرب بحيرة دوكان)

Assessment of Water Erosion Using the PAP/CAR Model in the Western Area of Dokan Lake

اسم الأول الباحث هشام ياسين عبد فرحان [1*]،الجامعة العراقية كلية الآداب، قسم الجغرافية، العراق،

Hisham.y.abbood@aliaqia.edu.iq

اسم الثاني الأستاذ الدكتور نبراس عباس ياس[2]، الجامعة العراقية الكلية الآداب، قسم الجغرافية، العراق،

nibras yaas@aliraqia.edu.iq

تاريخ استلام البحث: 20 / 4 / 2026 تاريخ قبول البحث: 1 / 5 / 2026

*المؤلف المرسل:

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

الملخص:

تهدف الدراسة إلى تقييم التعرية المائية في منطقة غرب بحيرة دوكان باستخدام نموذجPAP/CAR ، من خلال تحليل تفاعل عناصر الانحدار، الصخارية، استعمالات الأرض، وكثافة الغطاء النباتي لتحديد درجة قابلية السطح للتعرية.

أظهرت النتائج تباينًا مكانيًا واضحًا في درجات التعرية، إذ سجلت فئة التعرية الضعيفة جدًا أعلى نسبة بلغت (41.06%) بمساحة (121.31 كم²)، تلتها التعرية الضعيفة بنسبة (29.36%) بمساحة (86.73 كم²)، مما يدل على سيادة مناطق مستقرة نسبيًا. في المقابل، بلغت نسبة التعرية المتوسطة (18.86%) بمساحة (55.71 كم²)، في حين تركزت التعرية الشديدة جدًا والشديدة في نطاقات محدودة بنسبة (8.04%) و(2.65%) على التوالي، ما يعكس ارتباطها بالمناطق ذات الانحدارات العالية والصخارية الضعيفة.

كما بيّنت نتائج معامل حماية التربة أن الفئة المتوسطة تشكل (39.16%)، مقابل (30.63%) لفئة الحماية الضعيفة جدًا، مما يشير إلى تباين قدرة التربة على مقاومة التعرية تبعًا لتوزيع الغطاء النباتي واستعمالات الأرض.

تؤكد الدراسة أن التعرية المائية في المنطقة ترتبط ارتباطًا مباشرًا بالعوامل الجيومورفولوجية، وأن نموذج PAP/CARيمثل أداة فعالة لتحديد المناطق الأكثر هشاشة، بما يدعم توجيه إجراءات إدارة التربة والحد من مخاطر التدهور البيئي.

الكلمات المفتاحية: التعرية المائية، نموذجPAP/CAR ، قابلية التعرية، غرب بحيرة دوكان، الانحدار.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

Abstract

This study aims to assess water erosion in the western area of Dokan Lake using the PAP/CAR model by analyzing the interaction of slope, lithology, land use, and vegetation cover to determine land susceptibility to erosion.

The results revealed a clear spatial variation in erosion intensity, where the very low erosion class recorded the highest proportion (41.06%) with an area of (121.31 km²), followed by low erosion at (29.36%) covering (86.73 km²), indicating the dominance of relatively stable areas. In contrast, moderate erosion reached (18.86%) with an area of (55.71 km²), while very high and high erosion classes were confined to limited areas at (8.04%) and (2.65%), respectively, reflecting their association with steep slopes and weak lithological formations.

The soil protection factor results showed that the moderate class accounted for (39.16%), compared to (30.63%) for the very low protection class, indicating variability in the soil's resistance to erosion depending on vegetation cover and land use distribution.

The study confirms that water erosion in the area is strongly linked to geomorphological factors, and that the PAP/CAR model is an effective tool for identifying vulnerable areas, supporting soil management strategies and reducing environmental degradation risks.

Keywords: Water erosion, PAP/CAR model, erosion susceptibility, western.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

مقدمة

تُعدّ التعرية المائية من أهم العمليات الجيومورفولوجية التي تسهم في إعادة تشكيل سطح الأرض، إذ تعمل على إزالة ونقل وترسيب المواد السطحية تحت تأثير مياه الأمطار والجريان السطحي، مما يؤدي إلى تغيرات مستمرة في خصائص التربة واستقرار المنحدرات. وتزداد خطورة هذه العملية في البيئات الجبلية وشبه الجافة، حيث تتداخل العوامل الطبيعية مثل الانحدار، نوع الصخور، الغطاء النباتي، واستعمالات الأرض، لتحدد درجة حساسية السطح للتعرية.

وتكتسب منطقة غرب بحيرة دوكان أهمية جيومورفولوجية خاصة نتيجة تنوع تضاريسها وتباين خصائصها الجيولوجية والبيئية، مما يجعلها عرضة بدرجات متفاوتة لعمليات التعرية المائية. كما أن التغيرات في استخدامات الأرض وتراجع الغطاء النباتي في بعض المناطق أسهما في زيادة قابلية السطح للانجراف، الأمر الذي يستدعي دراسة دقيقة لتحديد مناطق الخطورة وتباينها المكاني.

وفي هذا السياق، برزت النماذج الكمية الحديثة، ومنها نموذجPAP/CAR ، بوصفها أدوات فعالة في تقييم قابلية التعرية المائية من خلال دمج مجموعة من العوامل الجيومورفولوجية ضمن إطار تحليلي موحد. إذ يتيح هذا النموذج إمكانية إنتاج خرائط دقيقة توضح مستويات الحساسية للتعرية، مما يسهم في دعم عمليات التخطيط البيئي وإدارة الموارد الطبيعية.

اولاً: مشكلة البحث

تتلخص مشكلة البحث بالآتي:

ما مدى كفاءة نموذج PAP/CAR في تقييم التعرية المائية والكشف عن التباين المكاني لمناطق القابلية للتعرية في منطقة غرب بحيرة دوكان؟

ثانياً: فرضية البحث

تنص فرضية البحث على الآتي:

يفترض أن نموذج PAP/CAR قادر على تحديد التباين المكاني لدرجات التعرية المائية في منطقة غرب بحيرة دوكان بدقة، من خلال دمج عوامل الانحدار والصخارية والغطاء النباتي واستعمالات الأرض، بحيث تتباين شدة التعرية تبعًا لاختلاف هذه العوامل، وتزداد في المناطق شديدة الانحدار وضعيفة الغطاء النباتي

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

هدف البحث

ثالثاً: أهداف البحث:

1. تقييم التعرية المائية في منطقة غرب بحيرة دوكان باستخدام نموذج .PAP/CAR
2. تحليل تأثير العوامل الجيومورفولوجية (الانحدار، الصخارية، الغطاء النباتي، واستعمالات الأرض) في تشكيل التعرية .
3. تحديد التباين المكاني لدرجات القابلية للتعرية داخل منطقة الدراسة .
4. إنتاج خرائط توضح مناطق الخطورة المختلفة للتعرية المائية .
5. تحديد المناطق الأكثر هشاشة والمعرضة لعمليات الانجراف المائي .
6. دعم إدارة التربة ووضع أسس للتخطيط البيئي المستدام في منطقة الدراسة.

رابعاً: حدود منطقة البحث

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الشرقي من العراق ضمن الحدود الإدارية لمحافظة السليمانية، وتحديدًا في نطاق بحيرة دوكان والمناطق الجبلية المحيطة بها. وتمتد جغرافيًا بين دائرتي عرض (′50°35 – ′15°36°) شمالًا، وخطي طول (′35°44 – ′10°45°) شرقًا، ما يجعلها ضمن إقليم كردستان العراق وفي إطار السلاسل الجبلية لجبال زاغروس، خريطة (1).

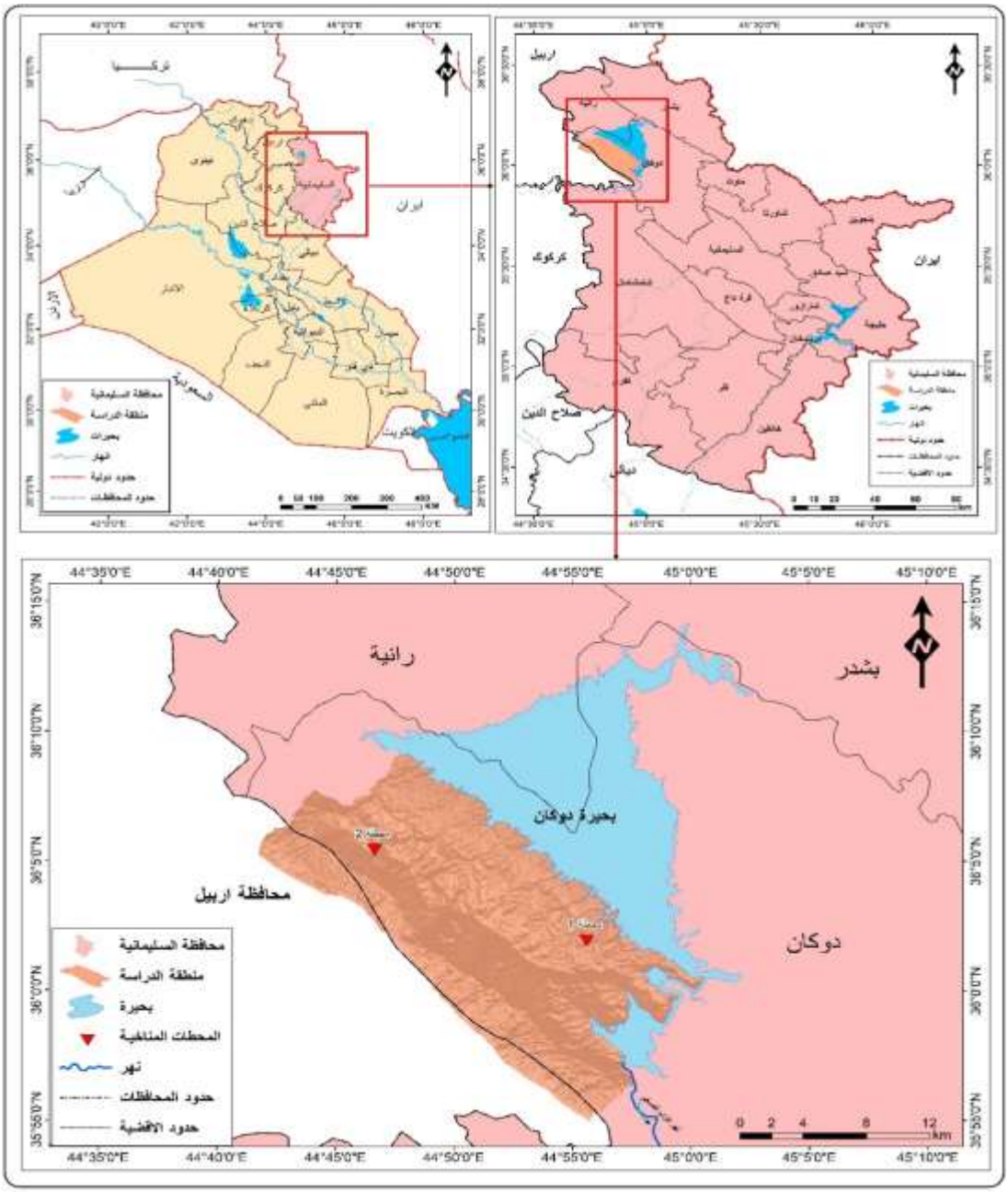
تحد المنطقة من الشمال قضاء رانية، ومن الشرق قضاء دوكان، ومن الجنوب امتدادات إدارية تابعة لمحافظة السليمانية، في حين تحدها من الغرب محافظة أربيل. وتتمركز بحيرة دوكان في قلب منطقة الدراسة، وهي من أبرز المظاهر الطبيعية فيها، إذ تؤدي دورًا مهمًا في التأثير على الخصائص المناخية والهيدرولوجية للمنطقة.

تتميز منطقة الدراسة بسطح جبلي متباين الارتفاع، حيث تسودها المرتفعات والانحدارات الواضحة، فضلًا عن وجود أودية وشبكات تصريف مائي مرتبطة بالبحيرة. كما تضم المنطقة عددًا من المحطات المناخية الموزعة داخل نطاقها، والتي تُستخدم في رصد وتحليل العناصر المناخية المختلفة.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

خريطة (1)

موقع منطقة الدراسة من العراق



المصدر: الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق بمقياس 1/1000000 وباستخدام برنامج Arc map 10.8 نموذج PAP/CAR

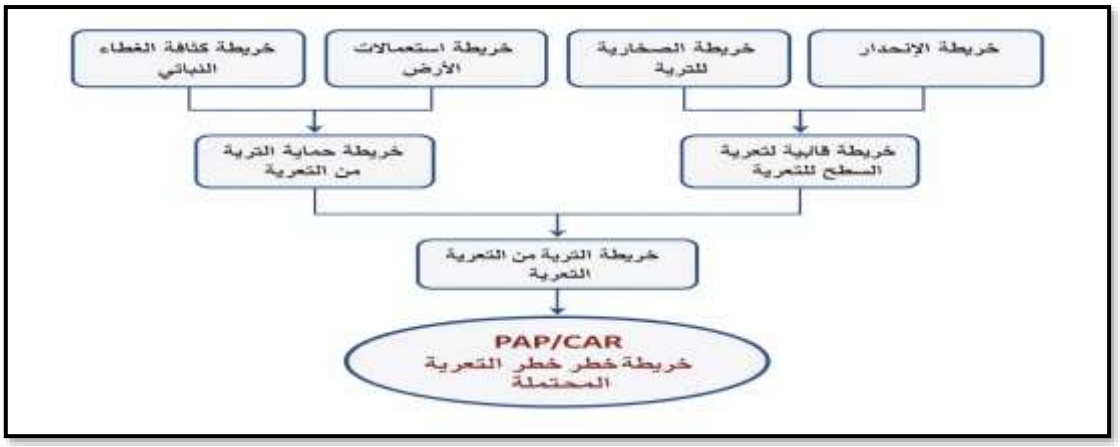
ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

يعُد نموذج PAP/CAR أحد المناهج المعيارية في تقييم تعرض التربة للتعرية المائية، وقد تم تطويره عام 1986 ضمن جهود مشتركة بين منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة(FAO) ، والمديرية العامة للحفاظ على البيئة في مدريد(PNUE) ، بالإضافة إلى مخطط أنشطة المجال المتوسطي (PAM) التابع للأمم المتحدة للتنمية، يهدف هذا النموذج إلى توفير إطار علمي عملي لتحديد المناطق الأكثر هشاشة للتعرية، ومن ثم اقتراح الحلول المناسبة للحد من تأثيراتها على البيئة والزراعة.[1]

تقوم منهجية PAP/CARعلى تحليل التفاعل بين مختلف عناصر الوسط الجغرافي، بما في ذلك: طبيعة التربة، التضاريس، الانحدار، الغطاء النباتي، وأنماط الأمطار، وذلك لتقدير قابليتها للتعرية المائية بشكل نوعي. وبفضل هذا التفاعل بين العوامل، يتم إنتاج خرائط دقيقة لقابلية التربة للتعرية، تعكس التوزع المكاني للمخاطر المحتملة على الأراضي، وتُعد هذه الخرائط أدوات أساسية لصناع القرار في التخطيط الزراعي والبيئي.[2]

شكل (1)

أليات استخراج خريطة خطر التعرية المحتمل



المصدر: عمل الباحث.

---

[1] Soil Erosion and Conservation Planning in Mediterranean Areas (PAP/CAR Methodology), FAO Publications, Rome, Italy, 1986, pp. 45.

[2] حارث عباس علي، رقية احمد محمد، قياس حجم التعرية المائية في حوض دربندخان باستخدام نموذجCAR/PAP ، مجلة آداب البصرة، العدد 111، آذار 2025، ص 180.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

يتيح النموذج تحقيق أهداف قصيرة المدى تتعلق بالحد من آثار التعرية المائية من خلال التدابير الوقائية، مثل تعزيز الغطاء النباتي، بناء مصدات للمياه، والتحكم في انسياب الجريان السطحي. كما يسهم في أهداف بعيدة المدى، منها تقليل المخاطر البيئية على نطاق الحوض، الحفاظ على خصوبة التربة، ودعم الأمن الغذائي عبر حماية الأراضي الزراعية من التدهور[1].

بشكل عام، يميز PAP/CARبين المناطق حسب قابليتها للتعرية إلى فئات متعددة، مما يمكّن من تحديد الأولويات في التدخلات الوقائية، ويساعد على ربط المعلومات الميدانية مع التحليل الجغرافي المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافيةGIS ، لتقديم تصور دقيق وعلمي للتعرية في أي حوض مائي[2].

أ. خريطة الانحدار

تم اشتقاق خريطة الانحدار بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) ، وذلك من خلال إجراء المعالجات المكانية باستخدام برنامج **ArcGIS 10.7.1**. وقد جرى تصنيف الانحدارات في منطقة الدراسة إلى خمس فئات رئيسة وفق منهجية **PAP/CAR**، اعتمادًا على درجات الميل، كما هو موضح في جدول (1). ويهدف هذا التصنيف إلى إبراز التباين المكاني لشدة الانحدار بوصفه أحد أهم العوامل المؤثرة في قابلية السطح للتعرية المائية[3].

---

(1) PAP/CAR 1998: Directives pour la cartographies et mesure des processus derosion hydrique dans les zones cotieres mediterraneennes, PAP-8/ PP, GL.1., 1998.

(2) جمال شعوان، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التقييم الكمي للتعرية المائية لحوض امتزاز (الريف الأوسط) من خلال نموذج جافرلوفيك، مجلة جغرافية المغرب، العدد2، المجلد 28، 2013.

(3) جمال شعوان، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط – حوض امتزاز انموذجاً، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة سيد محمد بن عبدالله، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس، 2014-2015.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

جدول (1)

فئات الانحدار حسب مؤشر PAP/CAR

مؤشر PAP/CAR	نوع الانحدار	فئات الانحدار
1	ضعيف جداً	3 – 0
2	ضعيف	12 – 3
3	متوسط	20 – 12
4	شديد	35 – 20
5	شديد جداً	35 فأكثر

المصدر: جمال شعوان، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط – حوض أمزاز انموذجاً، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة سيد محمد بن عبدالله، كلية الاداب والعلوم الإنسانية سايس، 2014–2015، ص 295.

ب. خريطة الصخارية

تم إعداد خريطة الصخارية بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية للوحتي **السليمانية وأربيل** الصادرتين عن **الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني**، مقياس (1:250000)، لسنة 1998. وقد أُدخلت بيانات التكوينات الجيولوجية ضمن قاعدة بيانات رقمية، مع تصنيفها وفق درجة مقاومتها للتعرية حسب مؤشر **PAP/CAR**، وذلك بهدف تحديد الخصائص الصخرية المؤثرة في استجابة السطح لعمليات التعرية، كما موضح في جدول(2) .

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

جدول (2)

صخارية التربة حسب مؤشر PAP/CAR

مؤشر PAP/CAR	درجة مقاومة الصخور للتعرية
1	صخور صلبة شديدة المقاومة للتعرية
2	صخور ذات مقاومة متوسطة
3	صخور قليلة المقاومة
4	ركام حطامي ورواسب خشنة
5	رواسب رملية ناعمة لا مقاومة لها

المصدر: عثمان رحيمي، نمذجة التعرية المائية بالحوض المائي لوادي تكنريوت باعتماد منهجية PAP/CAR، جامعة السلطان مولى سليمان، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بني ملال، 2015-2016.

ت. خريطة قابلية الأراضي للتعرية

تم اشتقاق خريطة قابلية الأراضي للتعرية من خلال دمج خريطة الانحدار مع خريطة الصخارية باستخدام أدوات التحليل المكاني في برنامج ArcGIS 10.7.1، وذلك عبر المسار: ArcToolbox → Analysis Tools → Overlay → Union، حيث تم إدخال الخريطتين وإجراء عملية الدمج.

بعد الحصول على الخريطة الناتجة، جرى فتح جدول البيانات (Open Attribute Table) وحذف القيم السالبة التي تمثل مناطق خارج حدود الخريطة، والتي نتجت عن عدم التطابق الكامل بين الطبقتين المكانيتين، ثم إيقاف أداة Editor.

عقب ذلك، استُخدمت أداة Dissolve ← Geoprocessing لإعادة تجميع الوحدات المكانية، مع تفعيل حقلي GRID CODE1 وGRID CODE2، مما أدى إلى إنتاج خريطة جديدة تمثل وحدات متجانسة من حيث الانحدار والصخارية.[1]

[1] إسماعيل جمعة المشهداني، التقييم النوعي والكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة في السليمانية، رسالة ماجستير، الجامعة العراقية، كلية الآداب،2020.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

وفي المرحلة الأخيرة، أُضيف حقل خاص بمؤشر PAP/CARفي جدول البيانات، أُدرجت فيه القيم الترجيحية الناتجة عن تداخل فئات الانحدار مع أنواع الصخارية، اعتمادًا على جدول (3)، ليتم في ضوء ذلك إنتاج خريطة قابلية السطح للتعرية المائية في منطقة الدراسة.

جدول (3)

قيم معامل قابلية الأراضي للتعرية حسب فئات الانحدار والصخارية

فئات الانحدار		أنواع التربة والصخارية				
		1	2	3	4	5
	1	1	1	1	1	2
	2	1	1	2	3	3
	3	2	2	3	4	4
	4	3	3	4	5	5
	5	4	4	5	5	5

المصدر: عثمان رحيمي، نمذجة التعرية المائية بالحوض المائي لوادي تكنريوت باعتماد منهجية PAP/CAR، جامعة السلطان مولى سليمان، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بني ملال، 2015-2016.

تُبيّن الجدول (3) الخريطة (2) وجود تباين واضح في درجات القابلية داخل منطقة الدراسة، وهو تباين يرتبط مباشرة بتداخل عوامل الانحدار والصخارية والخصائص السطحية. إذ تُظهر الخريطة، بالاستناد إلى القيم الواردة في الجدول، أن فئة القابلية الضعيفة جداً للتعرية تمثل النطاق الأوسع انتشاراً، حيث بلغت مساحتها 116.90كم² بنسبة 39.58%من المساحة الكلية، وتتركز هذه الفئة بشكل رئيس في الأجزاء ذات الانحدارات الواطئة إلى المعتدلة، وهو ما ينعكس على الخريطة بظهور مساحات متصلة ومستقرة نسبياً تقل فيها شدة العمليات المورفوديناميكية.

كما تشير بيانات الجدول، ويؤكدها التوزيع المكاني على الخريطة، إلى أن فئة القابلية الضعيفة للتعرية تشغل المرتبة الثانية من حيث المساحة بنسبة 32.34%وبمساحة 95.51كم²، وتظهر على الخريطة في نطاقات انتقالية تحيط بالمناطق الأكثر استقراراً، وتمثل مناطق تتزايد فيها درجة الانحدار أو تقل فيها مقاومة الصخور، مما يجعلها أكثر عرضة للتعرية مقارنة بالفئة السابقة.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

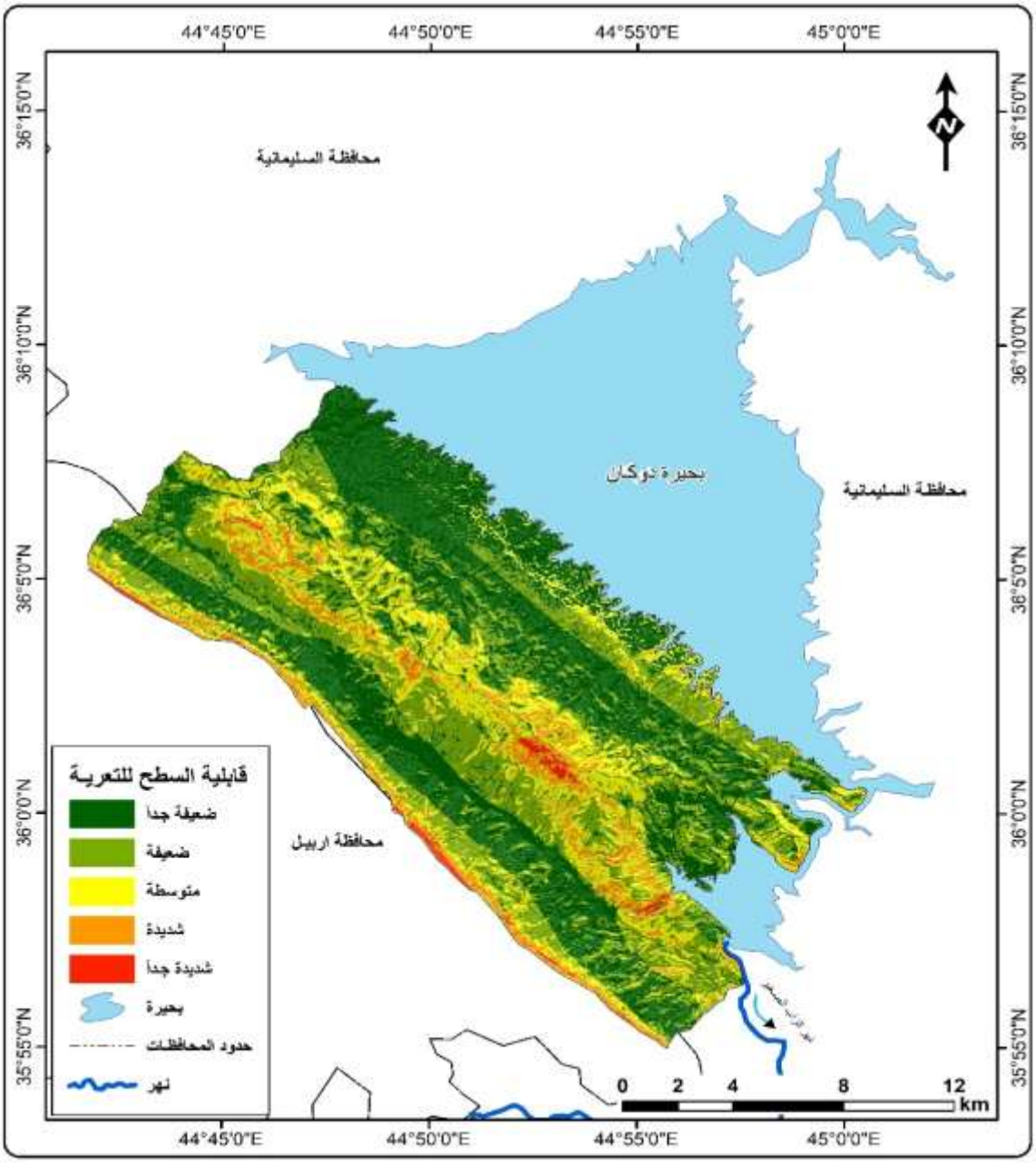
أما فئة القابلية المتوسطة للتعرية، التي بلغت مساحتها 56.63كم² وبنسبة 19.17%، فتبدو على الخريطة في مواقع متفرقة غالباً ما تتوافق مع السفوح المتوسطة الانحدار والمناطق ذات الصخارية الأقل مقاومة، وهو ما يفسر ارتفاع مستوى الحساسية للتعرية المائية والانحدارية فيها، كما ورد في قيم الجدول.

في حين تُظهر الخريطة، بالاستناد إلى نتائج الجدول، أن فئتي القابلية الشديدة جداً والشديدة للتعرية تتركزان في نطاقات محدودة المساحة، بلغت 20.04كم² بنسبة 6.79%و 6.26كم² بنسبة 2.12%على التوالي، وتظهران على الخريطة في الأجزاء الجبلية ذات الانحدارات الشديدة جداً والصخور الضعيفة أو الرواسب المفككة، وهي مناطق تمثل بؤراً نشطة للتعرية والانهيارات الأرضية على الرغم من صغر مساحتها.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

خريطة (2)

معامل حماية التربة



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Arc Map GIS10.7.1

ث. استعمالات الأرض

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

تم الاعتماد على المرئية الفضائية الملتقطة من القمر الصناعي Landsat 9 العام 2025 لمنطقة الدراسة الواقعة غرب قضاء دوكان، لغرض تحديد أنماط استعمالات الأرض السائدة داخل الحوض المدروس، وذلك من خلال تطبيق كلٍّ من التصنيف غير الموجَّه والتصنيف الموجَّه ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية. وقد أتاح هذا الأسلوب إمكانية التمييز الدقيق بين أصناف الغطاء الأرضي المختلفة اعتماداً على خصائصها الطيفية[1].

وبالاستناد إلى مؤشر PAP/CAR، جرى تصنيف استعمالات الأرض إلى خمسة أنواع رئيسية، كما موضح في الجدول الخاص باستعمالات الأرض (4)، والتي تختلف من حيث طبيعتها ودرجة تأثيرها في العمليات المورفوديناميكية، ولا سيما التعرية المائية. في حين ان استعمالات الأرض لمنطقة غرب دوكان التوزيع المكاني لهذه الاستعمالات، إذ يظهر تركز بعض الأنماط في مناطق معينة تبعاً لطبيعة التضرس والانحدار والبنية الصخرية السائدة.

جدول (4) استعمالات الأرض منطقة الدراسة حسب مؤشر PAP/CAR

مؤشر PAP/CAR	نوع الاستعمال
1	مراعي
2	أراضي زراعية
3	أراضي جرداء
4	أشجار كثيفة
5	غابات

المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc GIS).

[1] عثمان رحيمي، نمذجة التعرية المائية بالحوض المائي لوادي تكنريوت باعتماد منهجية PAP/CAR، جامعة السلطان مولى سليمان، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بني ملال، 2015-2016.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

ج. كثافة الغطاء النباتي

بالاعتماد على المرئية الفضائية الملتقطة من القمر الصناعي Landsat 9 العام 2025لمنطقة الدراسة، تم إجراء التحليل الطيفي الخاص بمؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI)، والذي يُعد من أهم المؤشرات المستخدمة في تقييم كثافة وحيوية الغطاء النباتي، لما يعكسه من علاقة مباشرة بين الانعكاسية الطيفية للنطاقين الأحمر وتحت الأحمر القريب.

وبناءً على القيم الناتجة لمؤشر NDVI، جرى تصنيف الغطاء النباتي في منطقة الدراسة إلى أربعة أقسام رئيسية، كما هو موضح في الجدول (5) الخاص بفئات كثافة الغطاء النباتي، والتي تتراوح بين المناطق عديمة أو ضعيفة الغطاء النباتي، والمناطق ذات الكثافة النباتية العالية.

جدول (5)

كثافة الغطاء النباتي حسب مؤشر PAP/CAR

التسلسل حسب مؤشر PAP/CAR	كثافة الغطاء النباتي %
1	20 فأقل
2	50 – 20
3	75 – 50
4	75 فأكثر

المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc GIS).

ح. معامل حماية التربة

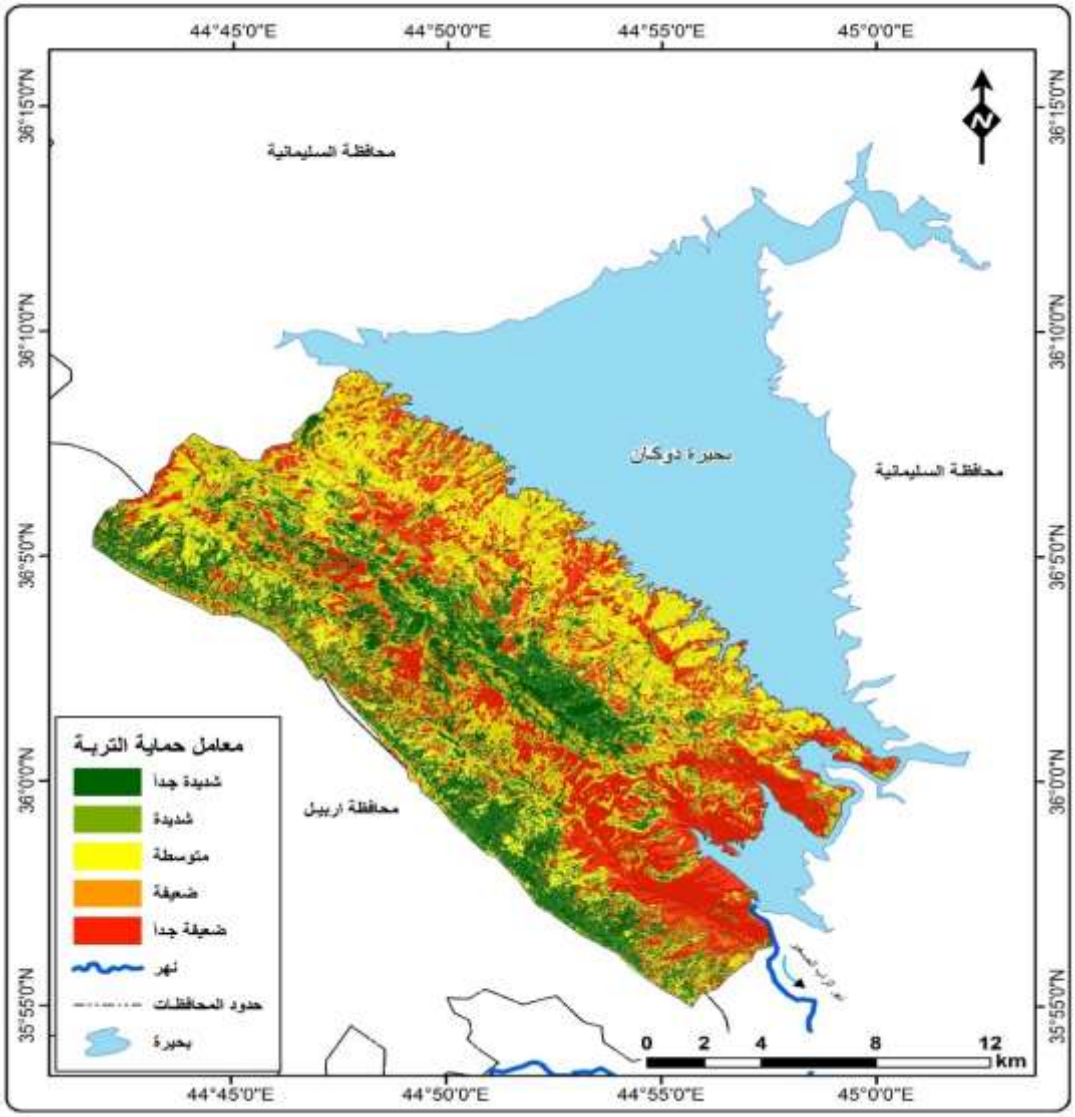
توضح الجدول (6) والخريطة (3) أن منطقة الدراسة تتسم بتباين ملحوظ في مستويات الحماية الطبيعية للتربة، ويعكس هذا التباين درجة تفاعل عناصر الغطاء النباتي، والانحدار، واستعمالات الأرض، مع العمليات المورفوديناميكية السائدة. إذ تُظهر بيانات الجدول أن فئة الحماية المتوسطة تشكل النسبة الأعلى، حيث بلغت مساحتها 115.67كم² وبنسبة 39.16%من المساحة الكلية، وهو ما يظهر على الخريطة في

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

صورة نطاقات واسعة ومتوسطة الاستمرارية، تمثل مناطق يتوافر فيها غطاء نباتي نسبي أو استعمالات أرض تحد جزئياً من تأثير التعرية المائية والانحدارية.

خريطة (3)

مؤشر قابلية التعرية حسب تصنيف PAP/CAR في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Arc Map GIS10.7.1

كما تشير القيم الواردة في الجدول، ويؤكدها التوزيع المكاني على الخريطة، إلى أن فئة الحماية الضعيفة جداً تحتل المرتبة الثانية من حيث المساحة بنسبة 30.63% وبمساحة 90.45كم²، وتتركز هذه الفئة غالباً

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

في المناطق المكشوفة أو ذات الغطاء النباتي المحدود، والتي تظهر على الخريطة بشكل مساحات متصلة أو شبه متصلة، مما يعكس ضعف قدرة التربة على مقاومة عمليات الجرف والانجراف، ولا سيما في أثناء العواصف المطرية.

وتبين نتائج الجدول أيضاً أن فئة الحماية الشديدة تشغل مساحة قدرها 67.03كم² بنسبة 22.70%، وتظهر على الخريطة في مواقع محددة غالباً ما ترتبط بالمناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف أو الاستعمالات الزراعية المستقرة، حيث تسهم الجذور النباتية وبنية التربة المحسّنة في تقليل سرعة الجريان السطحي وزيادة التماسك، الأمر الذي يعزز مقاومة التربة للتعرية.

في المقابل، تُظهر فئتا الحماية الشديدة جداً والضعيفة أقل نسب التوزيع المكاني، إذ بلغت مساحة الأولى 16.22كم² بنسبة 5.49%، في حين لم تتجاوز مساحة الثانية 5.97كم² بنسبة 2.02%، وتبدو هاتان الفئتان على الخريطة في نطاقات محدودة ومتفرقة. وتمثل فئة الحماية الشديدة جداً مناطق ذات استقرار نسبي عالٍ، في حين تعكس فئة الحماية الضعيفة مناطق انتقالية تجمع بين ضعف الغطاء النباتي وارتفاع تأثير الانحدار أو النشاط البشري.

جدول (6)

قيم التعرية المُحتملة من خلال تركيب معاملي حماية التربة وقابلية السطح للتعرية حسب تصنيف PAP/CAR

حماية التربة	المساحة	النسبة
ضعيفة جداً	90.45	30.63
ضعيفة	5.97	2.02
متوسطة	115.67	39.16
شديدة جداً	16.22	5.49
شديدة	67.03	22.70

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

–	295.33	100

المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc GIS).

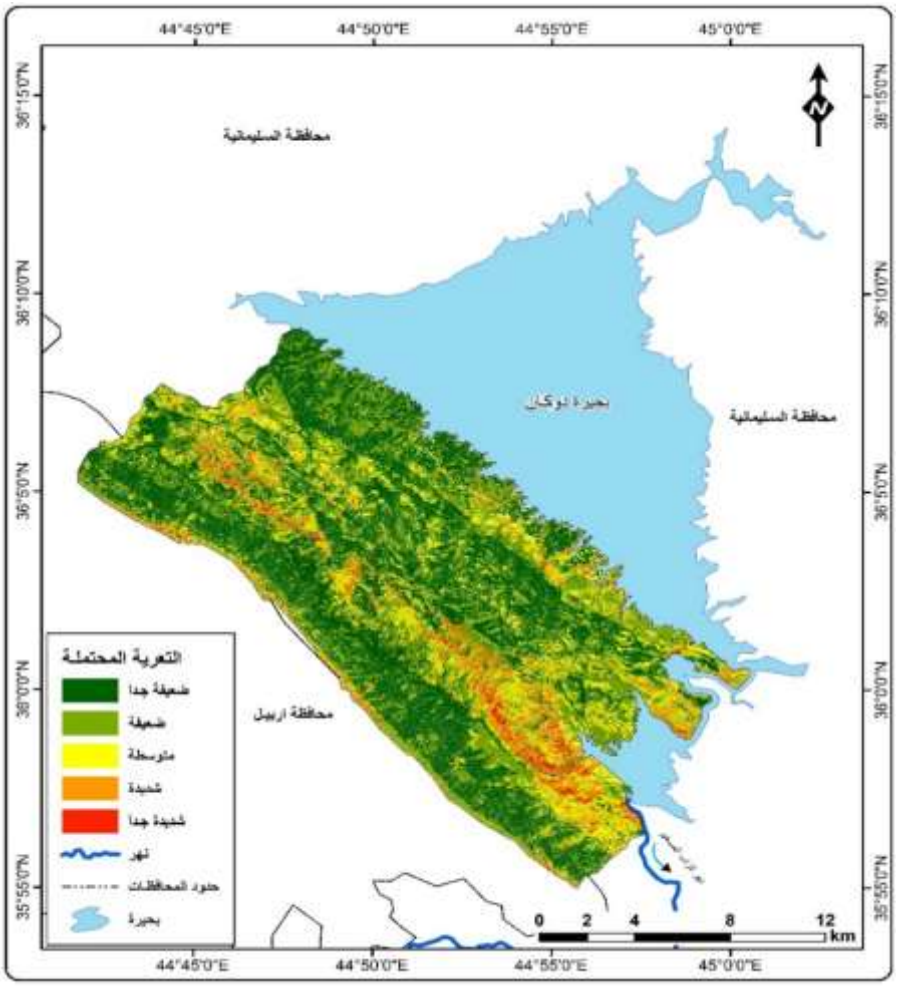
خ. التعرية المحتملة PAP/CAR

يبين الجدول (7) والخريطة (4) أن توزيع درجات التعرية ليس عشوائيًا، بل يعكس العلاقة الوثيقة بين خصائص السطح، الانحدار، البنية الجيولوجية، وغطاء التربة والنبات، بحسب الجدول وخريطة التعرية المحتملة، تحتل فئة التعرية الضعيفة جدًا أعلى نسبة من المساحة الإجمالية، حيث تبلغ 41.06٪ (121.31 كم²). هذا يشير إلى وجود مناطق مستوية أو منخفضة الانحدار نسبيًا، أو مناطق ذات طبقات صخرية صلبة ومقاومة للتعرية، بالإضافة إلى توفر غطاء نباتي معتدل إلى كثيف في بعض المواقع، مما يقلل من سرعة جريان المياه السطحية ويحمي التربة من الانجراف.

تأتي فئة التعرية الضعيفة بنسبة 29.36٪ (86.73 كم²)، وهي موزعة على مناطق ذات انحدارات متوسطة، حيث يبدأ تأثير الجريان السطحي في تحريك المواد الدقيقة، لكن التربة لا تزال تحتفظ بمعظم خصائصها الفيزيائية والكيميائية، كما يتضح في الخريطة، حيث تُظهر هذه المناطق انتقالًا تدريجيًا نحو الانحدارات الأعلى تعرضًا للتعرية.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

خريطة (4) التعرية المحتملة PAP/CAR



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Arc Map GIS10.7.1

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

جدول (7)

قيم التعرية المحتملة من خلال تركيب معاملي حماية التربة وقابلية السطح للتعرية حسب مؤشر PAP/CAR

التعرية المحتملة	المساحة	النسبة
ضعيفة جداً	121.31	41.06
ضعيفة	86.73	29.36
متوسطة	55.71	18.86
شديدة جداً	23.76	8.04
شديدة	7.82	2.65
–	295.33	100

المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc GIS).

أما فئة التعرية المتوسطة، فتغطي مساحة 55.71 كم² (18.86٪) وتشير إلى مواقع أكثر هشاشة، غالبًا على السفوح المنحدرة والأجزاء العليا من الأودية. في هذه المناطق، يكون تأثير الجريان السطحي والمياه الواصلة من المرتفعات أكبر، مما يعزز عمليات نقل الرواسب وتآكل الطبقات السطحية للتربة، كما يتضح من نمط توزيعها على الخريطة، حيث تتبع المجاري المائية الرئيسية وتشير إلى بدء تكوّن الأخاديد الصغيرة والتعرية الإخدودية.

أما فئات التعرية الشديدة جدًا والشديدة، فهي تغطي مساحات محدودة (23.76 كم² و7.82 كم² على التوالي، بنسبة 8.04٪ و2.65٪). هذه المناطق تقع على المنحدرات الحادة في جنوب منطقة الدراسة والأجزاء القريبة من مصادر المياه الجارية، حيث تتجمع قوة الجاذبية والجريان السطحي لتسريع عملية التعرية، فإن هذه الفئات تمثل النقاط الأكثر عرضة للمخاطر، مثل الانزلاقات الصخرية والانهيارات الأرضية، ما يجعلها أهدافًا أساسية لأي خطة لإدارة التربة والمياه.

الاستنتاجات:

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

1. أظهر تطبيق نموذج PAP/CAR أن التعرية المائية في منطقة غرب بحيرة دوكان تتباين مكانيًا بشكل واضح تبعًا لاختلاف العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة .
2. سيطرت فئة التعرية الضعيفة جدًا بنسبة (41.06%) وبمساحة (121.31 كم²)، مما يشير إلى وجود مساحات واسعة مستقرة نسبيًا داخل منطقة الدراسة .
3. جاءت فئة التعرية الضعيفة بالمرتبة الثانية بنسبة (29.36%) وبمساحة (86.73 كم²)، مما يعكس انتشار مناطق ذات حساسية منخفضة إلى متوسطة للتعرية .
4. شكلت التعرية المتوسطة نسبة (18.86%) وبمساحة (55.71 كم²)، وهي مناطق انتقالية ترتفع فيها قابلية الانجراف تدريجيًا .
5. تركزت فئات التعرية الشديدة جدًا والشديدة في مساحات محدودة بنسبة (8.04%) و(2.65%) على التوالي، وترتبط غالبًا بالمناطق شديدة الانحدار وضعيفة الصخارية والغطاء النباتي .
6. تبين أن توزيع التعرية يرتبط مباشرة بتفاعل الانحدار والبنية الصخرية والغطاء النباتي واستعمالات الأرض .
7. أظهر معامل حماية التربة تباينًا واضحًا، حيث سجلت الفئة المتوسطة النسبة الأعلى (39.16%)، مقابل (30.63%) لفئة الحماية الضعيفة جدًا .
8. أكد النموذج فعاليته في تحديد المناطق الهشة بيئيًا، مما يجعله أداة مهمة في التخطيط البيئي وإدارة التربة والحد من مخاطر التدهور.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

المقترحات:

1. اعتماد نتائج نموذج PAP/CAR في إعداد خطط إدارة التربة في منطقة غرب بحيرة دوكان، مع التركيز على المناطق عالية القابلية للتعرية .
2. تنفيذ برامج لإعادة تأهيل الغطاء النباتي في المناطق شديدة التعرية للحد من الجريان السطحي والانجراف .
3. تنظيم استعمالات الأرض بما يتوافق مع درجة القابلية للتعرية، خصوصًا في المناطق ذات الانحدارات العالية .
4. إنشاء منشآت هندسية بسيطة (مثل مصدات الجريان والحواجز الترابية) في المواقع الأكثر هشاشة للحد من فقدان التربة .
5. إجراء دراسات دورية لرصد التغير في درجات التعرية باستخدام البيانات الحديثة والاستشعار عن بعد .
6. تعزيز استخدام النماذج الكمية مثل PAP/CAR في الدراسات الجيومورفولوجية المستقبلية لدعم اتخاذ القرار البيئي .
7. دمج نتائج الدراسات الميدانية مع التحليل المكاني لتحسين دقة تقييم التعرية وتحديث الخرائط بشكل مستمر.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

المصادر

1. علي، حارث عباس، رقية احمد محمد، قياس حجم التعرية المائية في حوض دربندخان باستخدام نموذجCAR/PAP ، مجلة آداب البصرة، العدد 111، آذار 2025.
2. شـــعوان، جمال، توظيف الاســـتشـــعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التقييم الكمي للتعرية المائية لحوض امتزاز (الريف الأوسط) من خلال نموذج جافرلوفيك، مجلة جغرافية المغرب، العدد2، المجلد 2013.
3. شـعوان، جمال شـعوان، توظيف الاسـتشـعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسـة التعرية المائية بالريف الأوسط – حوض امتزاز انموذجاً، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة سيد محمد بن عبد الله، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس، 2014–2015.
4. المشهداني، إسماعيل جمعة، التقييم النوعي والكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة في السليمانية، رسالة ماجستير، الجامعة العراقية، كلية الآداب،2020.
5. رحيمي، عثمان، نمذجة التعرية المائية بالحوض المائي لوادي تكنريوت باعتماد منهجية PAP/CAR، جامعة السلطان مولى سليمان، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بني ملال، 2015–2016.
6. Soil Erosion and Conservation Planning in Mediterranean Areas (PAP/CAR Methodology), FAO Publications, Rome, Italy, 1986.
7. PAP/CAR 1998: Directives pour la cartographies et mesure des processus derosion hydrique dans les zones cotieres mediterraneennes, PAP-8/ PP, GL.1., 1998.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

References

1. Ali, Harith Abbas and Ruqaya Ahmed Muhammad, Measurement of Water Erosion Volume in the Darbandikhan Basin Using the CAR/PAP Model, Basrah Journal of Arts, Issue 111, March 2025.
2. Shawaan, Jamal, Remote Sensing and GIS Applications in the Quantitative Assessment of Water Erosion in the Imtaz Basin (Middle Atlas) Using the Gavrilovic Model, Journal of Geography of Morocco, Issue 2, Vol. 2013.
3. Shawaan, Jamal Shawaan, Remote Sensing and GIS Applications in the Study of Water Erosion in the Middle Atlas – Imtaz Basin as a Case Study, Unpublished PhD Dissertation, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Faculty of Arts and Humanities Sais, 2014–2015.
4. Al-Mashhadani, Ismail Juma, Qualitative and Quantitative Assessment of Water Erosion in the Zrawa Valley Basin in Sulaymaniyah, Master Thesis, Iraqi University, College of Arts, 2020.
5. Rahimi, Othman, Modeling Water Erosion in the Wadi Tenkeriot Basin Using the PAP/CAR Methodology, Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Arts and Humanities, Beni Mellal, 2015–2016.
6. Soil Erosion and Conservation Planning in Mediterranean Areas (PAP/CAR Methodology), FAO Publications, Rome, Italy, 1986.
7. PAP/CAR 1998: Guidelines for Mapping and Measuring Hydric Erosion Processes in Mediterranean Coastal Areas, PAP-8/PP, GL.1., 1998.