



ISSN: 1817-6798 (Print)  
Journal of Tikrit University for Humanities

JTUH  
جامعة تكريت للعلوم الإنسانية  
An article of Tikrit University for Humanities

available online at: [www.jtuh.org/](http://www.jtuh.org/)

**Ahmed Abbas Khalaf Al-Halboosi**

Anbar General Directorate of Education

**Ali Suleiman Erzik Al-Karbouli**

Anbar General Directorate of Education

## Applying the CAR-PAP Mathematical Methodology in Assessing the Quality and Quantity of Water Erosion in the Wadi Bash Tapa Basin Using Modern Geographic Information Systems (GIS)

A B S T R A C T

\* Corresponding author: E-mail :

[Ahmed1992abis@gmail.com](mailto:Ahmed1992abis@gmail.com)

07713486011

### Keywords:

Water erosion  
PAP-CAR model  
qualitative assessment  
GIS  
vegetation cover

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 1 Mar 2025  
Received in revised form 25 Mar 2025  
Accepted 2 Mar 2025  
Final Proofreading 29 Dec 2025  
Available online 31 Dec 2025

E-mail [t-jtuh@tu.edu.iq](mailto:t-jtuh@tu.edu.iq)

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER  
THE CC BY LICENSE

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Water erosion is a natural problem that leads to soil degradation in watershed basins due to flowing water, from falling raindrops impacting the surface to surface runoff ending in valley channels. It is considered one of the significant geomorphological processes due to its impact on human activities. This process transports soil and alters its chemical and physical properties by removing fertile surface layers, which in turn reduces arable land, often already limited in mountainous areas ultimately leading to reduced agricultural productivity.

Water erosion processes are influenced by several natural factors such as climate, soil type, land cover, and slope. To determine the severity of the issues caused by erosion, it is essential to estimate the magnitude of the problem and identify its causes using quantitative mathematical models. One such model is the (PAP-CAR) model, known for its accuracy in simulating remote sensing data and measuring water erosion, thus enabling scientifically informed decision-making to mitigate negative environmental impacts.

The results showed that the qualitative and quantitative assessment of water erosion using the (PAP/CAR) model revealed variation across the model's indicators. The current erosion development index ranged from low to moderate, covering areas of (88–99 km<sup>2</sup>) respectively. The land erodibility index also varied between low and moderate, covering (83–95 km<sup>2</sup>). The soil protection index ranged between moderate and severe, covering (91–92 km<sup>2</sup>). The qualitative erosion evaluation index showed values ranging from low to moderate, with areas of (103–150 km<sup>2</sup>). As for the quantitative erosion evaluation index, erosion levels varied from low to moderate across most parts of the basin, covering (92–113 km<sup>2</sup>). These variations are attributed to differences in rock hardness, presence of natural vegetation, and variability in vegetation density from one area to another.

© 2025 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI:<http://doi.org/10.25130/jtuh.32.12.2.2025.13>

توظيف المنهجية الرياضية CAR – PAP في تقييم نوعية وكمية التعرية المائية لحوض وادي باش  
تبا باستخدام النظم الجغرافية الحديثة (GIS)

أحمد عباس خلف الحلبوسي / المديرية العامة لتربية الانبار

علي سليمان ارزيك الكربولي / المديرية العامة لتربية الانبار

**الخلاصة:**

تعد التعرية المائية مشكلة طبيعية تؤدي إلى تدهور التربة في الأحواض المائية، بفعل الماء الجاري ابتداءً

من قطرات المطر المتساقطة على السطح وصولاً إلى الجريان السطحي الذي ينتهي بمجري الأودية، مما يجعلها واحدة من العمليات الجيومورفية المهمة لانعكاس إثرها على الأنشطة البشرية، فهي تعمل على نقل التربة وتغيير خصائصها الكيميائية والفيزيائية عن طريق ازاحة الطبقات السطحية الخصبة وازالتها مما يؤدي إلى تقليل الأراضي الصالحة للزراعة التي غالباً ما تكون محدودة في المناطق الجبلية مؤدية بذلك إلى ضعف الانتاج الزراعي، أن عمليات التعرية المائية تتأثر بعدة عوامل طبيعية منها (المناخ، طبيعة التربة، الغطاء الارضي، الانحدار) ولكي نستطيع تحديد حجم المشاكل التي تسببها هذه العمليات لا بد من تقدير حجم هذه المشكلة وتحديد أسبابها وذلك عن طريق استخدام النماذج الرياضية الكمية لقياس وتقدير حجم التعرية كإنموذج (PAP-CAR) المعروف بدقة محاكاته لمعطيات التحسس النائي وقياس حجم التعرية المائية لاتخاذ قرارات علمية دقيقة للحد من تأثيرات البيئة السلبية.

**أظهرت النتائج** أن التقييم النوعي والكمي للتعرية المائية وفق نموذج (PAP/CAR) نلاحظ تباين هذه المؤشرات الخاصة بهذا النموذج، حيث تباين مؤشر تطور التعرية الحالية بين الضعيفة الى المتوسطة حيث شغلت (٨٨ - ٩٩ كم<sup>٢</sup>) على التوالي، أما مؤشر قابلية الاراضي للتعرية فقد تباينت قيمه هو الآخر بين الضعيفة إلى المتوسطة وكانت (٨٣-٩٥ كم<sup>٢</sup>) على التوالي اما بالنسبة لمؤشر حماية التربة فقد تباينت قيمه بين المتوسطة والشديدة وكات (٩١-٩٢ كم<sup>٢</sup>) على التوالي، في حين تباينت قيم مؤشر التقييم النوعي للتعرية بين الضعيفة والمتوسطة وبلغت (١٥٠-١٠٣ كم<sup>٢</sup>) على التوالي، أما قيم مؤشر التقييم الكمي للتعرية فقد تباينت قيم التعرية فيها بين الضعيفة والمتوسطة ولمعظم اجزاء الحوض وكانت (٩2-113 كم<sup>٢</sup>) وأن سبب هذا التباين عائد إلى تباين صلابة الصخور ووجود النبات الطبيعي واختلاف كثافته بين منطقة واخرى .

الكلمات المفتاحية : التعرية المائية، أنموذج (PAP - CAR) , التقييم النوعي، نظم المعلومات الجغرافية، الغطاء النباتي.

**المقدمة:** تعد التعرية بمظاهرها المختلفة ظاهرة واسعة الانتشار على الصعيدين المحلي والعالمي فقد أشار برنامج الأمم المتحدة البيئي UNEP إلى انخفاض إنتاجية ٢٠ مليون هكتار من الأراضي الزراعية إلى الصفر بفعل التعرية المائية وذلك بسبب الآثار الجسيمة التي تتركها على سطح الأرض عبر احداثها اشكالا أرضية جديدة وبشكل دائم دون توقف عبر ما تحمله بين طياتها من عوامل نحت ونقل وارساب معاً، حيث لا تقتصر مهمتها على تقهت وברי الصخور فقط، بل حملها ونقلها صغيرة كانت أم كبيرة من مكان لآخر، تعتمد التعرية المائية بالدرجة الاساس على غزارة الامطار وحجم قطراتها لاسيما المتساقط منها على المناطق المكشوفة والسفوح والمنحدرات الجبلية، محدثةً جرياناً سطحياً فوق الأرض مما يجعلها عملية جيومورفولوجية مميزة<sup>(١)</sup> وبالنظر إلى الآثار السلبية التي تخلفها التعرية المائية على التربة، وما يصاحبها من تدهور للأراضي الزراعية وتراجع لإنتاجيتها، فضلا عن تأثيرها البالغ على جودة المياه والبيئة ككل، بات من الضروري أن نولي هذه المشكلة اهتماماً خاصاً، وهذا لا يتحقق إلا عن طريق

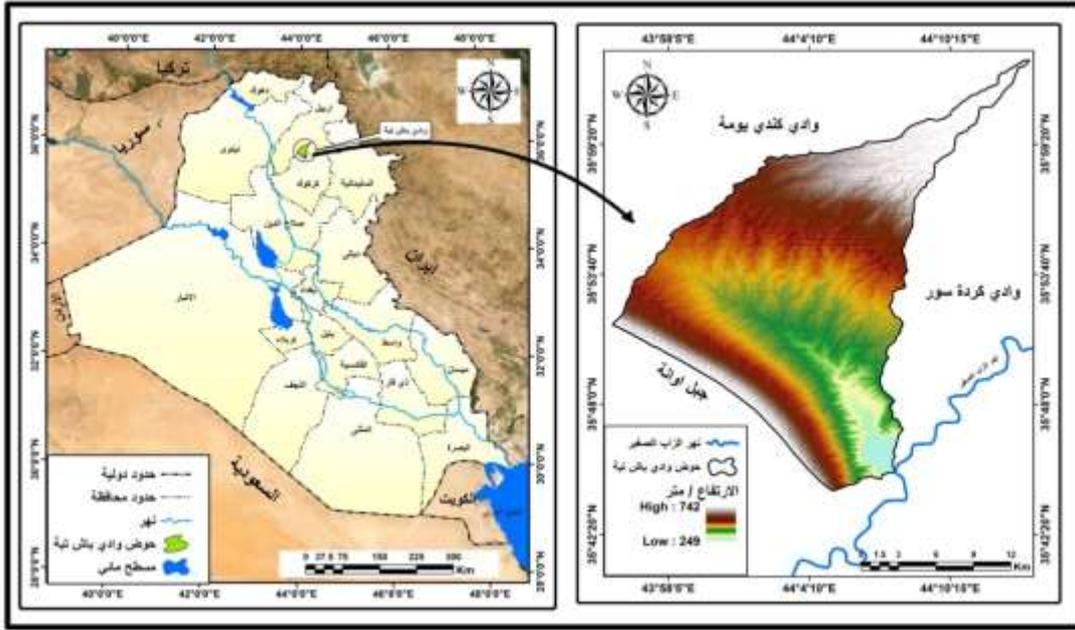
اتخاذ التدابير الفعالة وتطوير الحلول المناسبة للتعامل مع هذه الظاهرة. ومع ذلك، فإن تقدير كميات التربة المنجرفة بدقة يشكل تحديًا كبيرًا، نتيجة لتعقيد العوامل المسببة لهذه الظاهرة، لذلك، تم تطوير نماذج محاكاة متقدمة لتقييم كميات التربة المتأثرة بالتعرية وإعداد خرائط دقيقة توضح مناطق تعرية التربة وتحديد المناطق الأكثر عرضة لهذا الخطر. ومن بين الأدوات الحديثة المستخدمة في هذا المجال، تبرز أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كأداة فعالة تتيح تطوير نماذج محاكاة متنوعة لتقدير كمية التربة المنجرفة وفي مقدمتها النموذج الرياضي (CAR-PAP)، الذي يعتبر أداة متطورة لتقييم الخطر الكامن والفعلي للتعرية المائية، يساعد هذا النموذج في تقديم رؤى دقيقة حول حجم المشكلة واقتراح الحلول المناسبة للحد من تأثير هذه الظاهرة البيئية الخطيرة. (١)

**ومما تقدم صيغت مشكلة البحث:** ما الاثر النوعي والكمي للتعرية المائية في حوض وادي باش تبة؟ وهل للعوامل الطبيعية مثل الحرارة والامطار وطبيعة السطح والتكوينات الجيولوجية وكثافة الغطاء النباتي أثرٌ على طبيعة تلك التعرية أم لا ؟

**لتأتي الاجابة وفقا لما يلي:** تتميز منطقة البحث بعوامل طبيعة ساهمت بزيادة عمليات التعرية المائية بشكل فاعل فدرجات الحرارة المتباينة بين الليل والنهار وبين فصل وآخر وطبيعة الامطار الفجائية الغزيرة وطبيعة التكوينات الجيولوجية ذات الرواسب الحديثة التي تتسم بعدم التماسك وقلّة الغطاء النباتي كلها عوامل ساهمت بشكل او بآخر في توسع المجاري المائية وشبكاتها مما اعطى فرصة كبيرة لزيادة عمليات التعرية المائية، ويعطي للباحثين دافعا لتقييم الأثر النوعي والكمي لهذا النوع من التعرية.

**موقع منطقة البحث:** يقع حوض وادي باش تبة شمال العراق ممتدا على مساحة تبلغ (٣٦٦.٦٩ كم)، بين محافظتي أربيل حيث الجزء الاكبر منه ويظهر إلى الجنوب منها وجزء صغير منه أقصى شمال الحدود الادارية لمحافظة كركوك، أما فلكيا فيقع يكون بين دائرتي عرض (35°44'13"N-36°3'3.6"N) وخطي طول (44°13'37"E- 43°55'40"E)، (ينظر الخريطة ١) تتسم هذه المناطق بارتفاع كمية التساقط المطري فيها مما يعني ازدياد عمليات التعرية بشكل كبير يساعده فيها طبيعة التكوينات الجيولوجية التي تتسم بقابليتها الكبيرة على الاستجابة للعمليات التعرية لاسيما رواسب المنحدرات العائدة للزمن الجيولوجي الرابع مما اثر بشكل كبير بطبيعة سطحه الذي اضحى شديد التضرس والانحدار لا سيما في اجزائه الغربية وذلك بسبب العمليات الجيومورفولوجية السائدة فيه .

### خريطة (١) موقع منطقة البحث



المصدر. جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية ، مديرية المساحة العامة ، خريطة العراق الادارية ، ٢٠٢٣ ، مقياس (١:١٠٠٠٠٠٠).

- خريطة العراق الطبوغرافية بمقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ لسنة ١٩٩٠ الصادرة عن الهيئة العامة للمساحة. ومخرجات برنامج Arc Map ١٠.٨ .

#### أولاً: البنية الجيولوجية:

أن الأزمنة التي مرت بها منطقة الدراسة خلال العصور الجيولوجية أدت إلى ظهور تكوينات على سطح المنطقة، وحسب بيئة الترسيب لكل تكوين على حدة وتظافر عمليات التعرية أدت الى تمييز التكوينات الظاهرة على سطحها، إن التكوينات الجيولوجية في حوض وادي باش تبة تاجر بتطور التكوينات الجيولوجية في العراق على مر العصور , تعد دراسة التكوينات الجيولوجية والتتابع الطباق الصخري وتأثرها بالحركات البنوية ذات اهمية كبيرة لدراسة العمليات الجيومورفولوجية والوضع الهيدرولوجي وانواع التربة المتكونة وتنوع الغطاء النباتي بالتكوينات الجيولوجية، تحتوي تراكيب جيولوجية متباينة لها الأثر الأساس في تشكيل المظاهر الأرضية المختلفة واهم هذه التكوينات

#### ١. تكوين باي حسن:

يعود تكوين باي حسن إلى عصر البلايوسين، وهو من التكوينات الجيولوجية المهمة التي تتكشف على نطاق واسع في منطقة البحث إذ يظهر هذا التكوين بشكل بارز في الطيات المقعرة والمحدبة، المتواجدة شمال العراق ويتكون من طبقات متناوبة من الحجر الطيني الأحمر والبنّي، فضلاً عن الحجر الرملي والطفل والغرين، ومن سماته الهيدرولوجية قدرته العالية على الترشيح مما يؤدي إلى تقليل كمية الجريان السطحي وفي حال ثبات المتغيرات الأخرى، فإن مثل هذه الظروف تعمل على خفض مستوى الخطورة الهيدرولوجية المرتبطة بشبكة التصريف المائية للأحواض، يشغل هذا التكوين مساحة (٩٣ كم) وبنسبه (٢٦.٤٢%) من مساحة منطقة البحث.

## ٢. ترسبات المنحدرات:

يتميز هذا النوع من الترسبات بنفاذيته العالية للمياه وضعف مقاومة صخوره للتعرية المائية، مما يجعله أكثر عرضة للتأثيرات البيئية والجغرافية، وتتراكم هذه الترسبات على طول المنحدرات ذات الميل الطفيف كما هو الحال غرب منطقة البحث وشرقها، وتختلف سماكة هذه الترسبات من مكان إلى آخر بناءً على كمية المياه الجارية ودرجة انحدار السفوح، حيث تتجزأ بفعل المجاري المائية القادمة من المناطق المرتفعة وأهم مكونات هذه الترسبات الترب الرملية، الغرينية والطينية، والمدملكات والقطع الصخرية، الصغيرة الحجم<sup>(٣)</sup> شغلت الترسبات مساحة (٢٥٩ كم<sup>٢</sup>) ونسبة (٧٣.٥٨%) من منطقة البحث ينظر (الجدول ١)، و(الخريطة ٢)

## 3. ترسبات المصاطب النهرية:

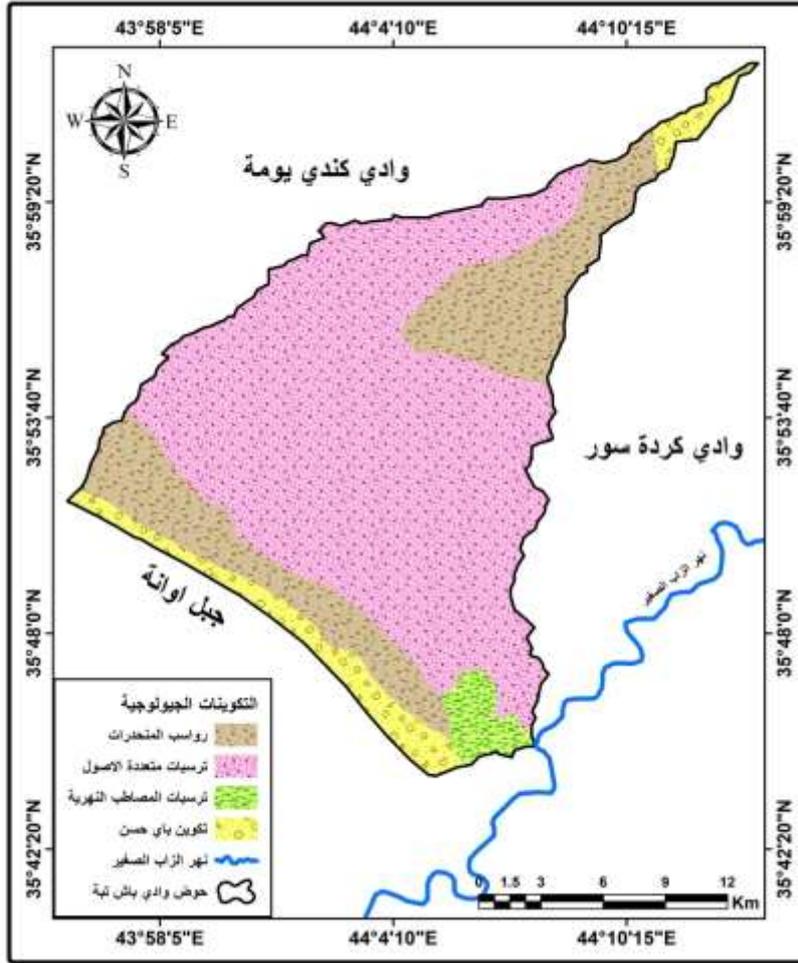
تعد اصغر التكوينات من حيث المساحة، وهي من السهول الفيضية البسيطة التي تتواجد في المناطق القريبة من الانهار قرب مصب الحوض، متمثلة بنهر الزاب الصغير، وأهم مكوناتها هي رمل وغرين وطين واحياناً تحتوي على بعض القطع الصخرية بحجم الجلاميد، وتعد من الرسوبيات الحديثة المنبسطة، (٢) وشغل التكوين مساحة (٧,٦٠ كم<sup>٢</sup>)، ونسبة بلغت (٢,٠٧) من مساحة هذا الحوض، ينظر (الجدول ١)، و(الخريطة ٢).

## 4. ترسبات متعددة الاصول:

تمثل اكبر تكوينات الحوض الجيولوجية من حيث المساحة، اذا تشغل (٩٨,٢٥٠) كم<sup>٢</sup>، ونسبة بلغت (٤٤,٦٨%)، وتوجد في وسط الحوض، وترجع ترسبات الحوض الى البلاسيستوسين والهولوسين، وهي متباينة من حيث الخصائص الحجمية والشكلية، وهي من ترسبات العصر الرباعي، ومن خصائص هذه الترسبات انها اكثر التكوينات التي تخزن المياه(١)، ينظر(الخريطة ٢)

(١) شاكر خصباك , العراق الشمالي , دراسة لنواحيه الطبيعية والبشرية , مطبعة شفيق , ١٩٧٣, ص ١٣.  
(٢) حيدر فاضل أكبر محمد البياتي ، صلاحية أطيان تكوين إنجانة لصناعة الطابوق الطيني في منطقة الخانوقة / محافظة صلاح الدين ، رسالة ماجستير غير منشورة ،كلية العلوم ، جامعة تكريت ، ٢٠١١، ص ٨-٩.

## خريطة (٢) التكوينات الجيولوجية



المصدر: جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن، المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتعديني، خريطة الجيولوجية، لسنة ٢٠٠٠، مقياس ١:٢٥٠٠٠٠، ومخرجات برنامج Arc Map ١٠.٨.

جدول (١) مساحة التكوينات الجيولوجية في منطقة البحث

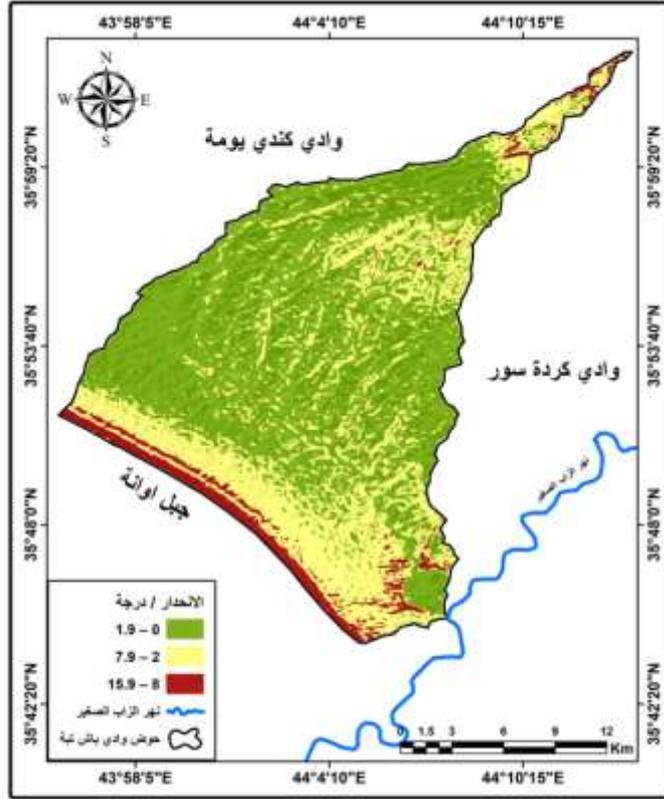
النسبة	كم ٢	التكوين
6.88	25.24	تكوين باي حسن
22.60	82.88	رواسب المنحدرات
2.07	7.60	ترسبات المصاطب النهرية
68.44	250.98	ترسبات متعددة الاصول
100	366.69	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (٢) ومخرجات برنامج Arc Map 10.8.

**ثالثاً: الانحدار:** ظاهرة طبيعية تلعب دوراً مهماً في تشكيل سطح الأرض، وتختلف خصائصها بناءً على طبيعة التضاريس ونوع الصخور والمناخ السائد في المنطقة، ففي المناطق الشديدة الانحدار تزداد احتمالية حدوث ظواهر مثل الفيضانات أو الانهيارات الأرضية، وذلك لمتنوع زوايا ميلها وتوزيعها الجغرافي، مما يؤثر بشكل مباشر على العمليات الجيومورفولوجية مثل التعرية<sup>(٤)</sup> تمتاز منطقة البحث بتباين قيم الانحدار بين اقسام سطحها ينظر (الخريطة ٣) حيث شغلت الاراضي المسطحة المستوية

المرتبة الاولى وبمساحة (٢٢٣ كم<sup>٢</sup>) بنسبة (٦٠.٨١ %) من مساحة الحوض, في حين شغلت الاراضي الخفيفة التموج (١٩ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٣٢.٤٥ %), أن هاتين الفئتين تتسم بقلة انحدارها مع وجود بعض الطيات والفوالق المتناثرة لكونها واقعة ضمن تكوين باي حسن وترسبات العصر الرباعي الذين يتسمان بتناسق مكوناتها، اما الفئة الاخيرة والتي تضم الاراضي المتموجة فهي تظهر بالقرب من المرتفعات الواقعة غرب منطقة البحث حيث جبل اوانه وتشغل مساحة صغيرة تبلغ (٤.٦٩ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٦.٧٣ %)

### خريطة (٣) طبيعة الانحدار في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على المرئية الفضائية DEM2007 باستخدام برنامج ARC GIS

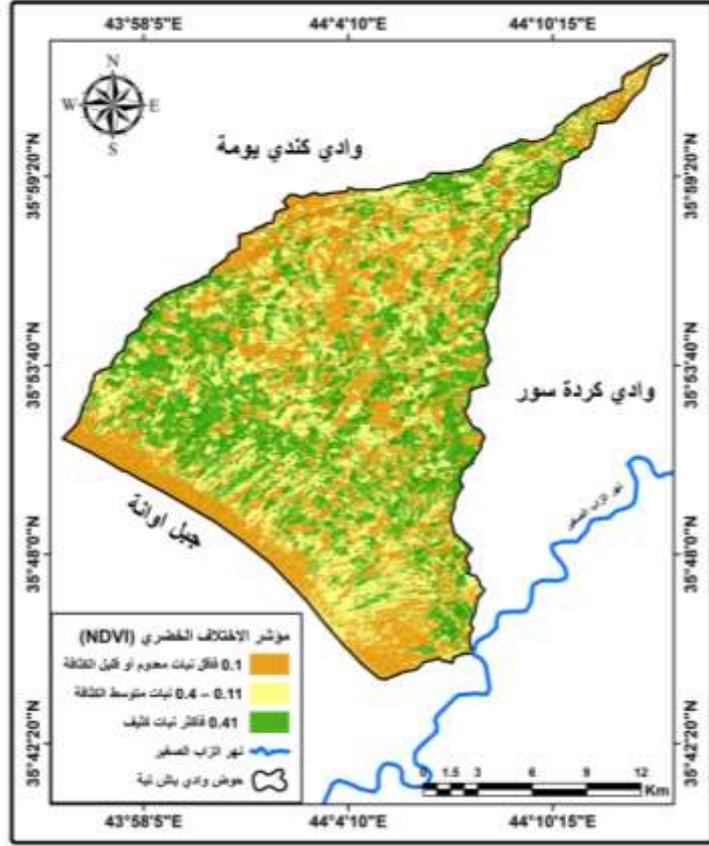
### جدول (٢) زوايا الانحدار حسب تصنيف زنك

ت	درجة الانحدار	نوع انحدار الأرض	كم <sup>٢</sup>	%
١	١.٩ - ٠	مسطح - مستوي	223	60.81
٢	٧.٩ - ٢	تموج خفيف	119	32.45
٣	١٥.٩ - ٨	تموج	24.69	6.73
			366.69	١٠٠%

Stan Marin Ed 1999, GIS Solution in Natural Resource Management, Tenearable Natural Resources Foundation and National Academy of Sciences – National Research Council, Washington, 1999, p88.

الغطاء النباتي: استخرجت كثافة الغطاء النباتي من المرئية الفضائية من القمر LandSat لمنطقة البحث، بالاعتماد على مؤشر (NDVI)، وصنف الغطاء النباتي إلى ثلاثة اقسام، ينظر (الخريطة ٣) و(الجدول ٢)

خريطة (٣) مؤشر الاختلاف الخضري (NDVI)



المصدر: بيانات القمر الصناعي (Land sat + OLI 8) بتاريخ ٢٠٢٣/٣/٢٢، ومخرجات برنامج ١٠.٨ ArcMap

جدول (٣) مؤشر الاختلاف الخضري (NDVI)

النسبة	٢ كم	مؤشر الاختلاف الخضري (NDVI)
60.74	222.75	٠.١ فأقل نبات معدوم أو قليل الكثافة
9.20	33.69	٠.١١ - 0.4 نبات متوسط الكثافة
30.06	110.25	0.41 فأكثر نبات كثيف
100.0%	366.69	المجموع

المصدر: المصدر: بالاعتماد على الخريطة (٣). ومخرجات برنامج Arc Map 10.8 .  
 عن طريق تحليل بيانات الجدول (٣) والخريطة (٣) يتضح أن كثافة الغطاء النباتي وفقاً لمؤشر (NDVI) في منطقة البحث ان المناطق المعدومة او القليلة الغطاء النباتي حيث شغلت (٢٢٢.٧٥ كم<sup>٢</sup>) من مساحة منطقة البحث وبنسبة (٦٠.٧٤%)، اما المناطق التي تحوي على نبات وبكثافة متوسطة فقد شغلت مساحة (٣٣.٦٩ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٩.٢٠%) من مساحة منطقة البحث، في حين شغلت مناطق النباتات الكثيفة مساحة (١١٠.٢٥ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٣٠.٠٦%) من مساحة منطقة البحث وهذا يدل على أن منطقة الدراسة معرضة الى نشاط التعرية المائية وذلك لان كثافة الغطاء النباتي لا تتجاوز (٠%).

ثالثاً: الخصائص المناخية:

يُعد المناخ بعناصره المختلفة عاملاً فعالاً في تشكيل مظاهر السطح وتطورها، عبر مساهمتها في تنشيط العمليات الجيومورفولوجية كالتعرية والتجوية (الميكانيكية والكيميائية)، فضلاً عن انعكاس تأثيره وتحكمه

بالدورة الهيدرولوجية للمياه من خلال عناصره التي تعمل على وجود المياه الجوفية والسطحية، وهذا سينعكس بشكل كبير على نشاط التعرية المائية وللوصول إلى نتائج دقيقة تم انتخاب ثلاث محطات مناخية قريبة من منطقة الدراسة وهي محطات (أربيل، كويسنجق، شقلاوة)، لدراسة الواقع المناخي في منطقة الدراسة واهم هذه العناصر المناخية، ما يلي:

١. درجات الحرارة: ينعكس تأثير درجات الحرارة على تجوية الصخور عن طريق تمدد المعادن الموجودة في الصخور أثناء النهار نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، في حين يؤدي انخفاضها أثناء الليل الى تقلصها، ونظراً لعدم تساوي معاملات التمدد والتقلص للمعادن المكونة للصخور فأن تكرار هذه العملية يؤدي الى تحطمه وتكككه مؤدياً بذلك إلى زيادة نشاط العمليات الجيومورفولوجية ومنها التعرية المائية التي توفر الرطوبة الكافية لإحداث عمليات الاذابة الكيميائية، وبعد تحليل البيانات المناخية في محطات (أربيل، كويسنجق، شقلاوة) اتضح وجود تباين في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة ومدياتها فبلغت المعدلات (٢٠.٦، ٢٢.٠٨، ١٩.٣م) في حين سجلت المديات (٢٤، ٢٣.٥، ٢٧.٢م) على التوالي.

جدول (٤) المعدلات الشهرية والمعدل السنوي لدرجات الحرارة والامطار والرطوبة والتبخر (م) للمدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤)

المعدل	ك	ت	١	ايلول	اب	تموز	حزيران	مايس	نيسا ن	اذار	شباط	ك	٢
<b>حرارة</b>													
20.6	٩.٦	16	٢٣.٥	٢٩.٩	٣١	٣٢	٣١.٨	٢٥.٩	١٩	١٣.٤	8.2	٨	اربييل
22	٨.٧	28	٢٩	33.8	٣٠.٣	٣١	٣٠.٩	٢٤.٩	١٨.٤	١٣.٨	٨.٧	٧.٥	كويسنجق
19.3	٦.٩	13	٢١	35.4	٣١.٦	٣٢.١	٢٩.١	٢٢.١	١٦.٢	١٢.٥	٦.٨	٤.٩	شقلاوة
<b>الرياح</b>													
2.2	١.٨	١.٩	٢	٢	٢.٢	٢.٣	٢.٤	٢.٦	٢.٧	٢.٤	٢.٧	٢.١	اربييل
٢	١.٩	١.٩	١.٥	٢	١.٩	٢.٩	٢.٦	٢	١.٨	١.٨	٢.٣	٢.١	كويسنجق
1.9	١.٩	١.٣	١.٨	١.٣	١.٣	١.٧	١.٤	١.٧	٢.٤	٢.٣	٤.٢	٢.٦	شقلاوة
<b>الامطار</b>													
٤٠١.٣	٦٥.٥	٣٦.٢	٢٥.٦	١٤.٩	-	-	٥.٣	١١.٣	٤٤.٩	٦١.٥	٧٤.٨	٦١.٣	اربييل
٦٧٤.٨	٩٢.١	٦٩	٦٢.٥	١٤.٧	-	-	٣.٧	١٣.٤	٧٢.٢	٩٥.١	١١١.٩	١٤٠.٢	كويسنجق
797	١٣٢.٢	٦٦.٤	٣٩.٤	١٢	-	-	٢.١	٢٢.٥	٩٥.٦	١٢٢	١٧٢.٦	١٣٢.٢	شقلاوة
<b>الرطوبة</b>													
٤٥.٤	٦٥.٦	٥٣.٤	٤٢.٨	٣٢.٤	٢٧	٢٤.٢	٢٥.٥	٣٤.٨	٤٩.٨	٥٥.٢	٦٤.٦	٧٠.٢	اربييل
٥١.١	٥٠	٥١.١	٤٧.١	٤٢.٧	٤٠.٢	٣٢.٩	٣٥.٦	٥٠.٨	٦٠.٥	٦٠.٦	٧٠.١	٧١.٣	كويسنجق
٤٧.٦	٦٥	٥٣.٥	٣٧.٦	٢٩.٩	٢٩.٥	٣١.٣	٣٧.٣	٤٨.٤	٥٤.٤	٥٨.٦	٦٦.٨	٥٩.٤	شقلاوة
<b>التبخر</b>													
١٢٢.٢	٣٠.٤	٥٣.٨	١١٣.١	١٧٨	٢٢٨.٦	٢٤٢.٤	٢٢١	١٥٩.١	٩٦.٥	٧١.٩	٤٢.٣	٢٩.٤	اربييل

المصدر بالاعتماد على اقليم كوردستان العراق، الهيئة العامة للأنواء الجوية، أربيل، بيانات غير منشورة، 2024

٢. الرياح: أن للرياح أثر كبير في تشكيل بعض المظاهر الجيومورفولوجية، إذ تقوم بعملية الصقل والتذرية والتعرية ونقل المفتتات الناعمة وترسيبها في بطون الاودية واحواضها عندما تقل سرعتها، فضلاً عن تأثيرها غير المباشر عبر زيادة معدلات التبخر مما يؤدي الى جفاف سطح للتربة مما يجعلها مهينة لعملية التجوية ° إذ سجلت أعلى سرعة في محطة اربيل وبلغت (٢.٧ م/ثا) ، وبمعدل سنوي (٢.٢ م/ثا)، اما اقل معدل تم تسجيله فكان في محطة شقلاوه (١.٣ م/ثا) ويرجع انخفاض معدل سرعة الرياح الى عملية الاحتكاك التي تقوم بها الجبال والمرتفعات، فضلاً عن وجود النباتات الطبيعي الكثيف من أشجار وحشائش التي تعمل كعوائق تقلل من سرعة وشدة الرياح الهابة نحوها .

٣. الرطوبة النسبية: النسبة المئوية لوزن بخار الماء الموجود في الهواء الى وزن ما يستطيع الهواء نفسه أن يحمله لكي يصل الى حالة التشبع في درجة الحرارة نفسها، وهناك الرطوبة<sup>١</sup> ومن خلال (الجدول ٤) يتضح لنا وجود تباين واضح بين المعدل حيث سجل فصل الشتاء، اقصى المعدلات، في حين ان ادنى معدل للرطوبة في المحطات ذاتها سجل خلال اشهر الصيف، وان سبب هذا الانخفاض يعود الى ارتفاع درجات الحرارة وقلة الامطار الساقطة، إن ارتفاع قيم الرطوبة شتاءً يؤدي إلى تنشيط عمليات التجوية الميكانيكية التي تعتمد على نسبة الحموضة ومعدل تركيز الرطوبة في الجو مما يجعل التربة والمنكشفات الصخرية مهينة للتعرية المائية أثناء سقوط الأمطار الشديدة، فضلاً عن تنشيط عمليات التجوية الكيميائية التي تعمل على تحلل الصخور كيميائياً وهذه العمليات لها أهمية كبيرة في تشكيل الظواهر الجيومورفولوجية من خلال تأثيرها في عمليات التجوية والتعرية وما يترتب عليه من تغيرات في الخصائص المورفومترية للوديان.

٤. الأمطار: ان التساقط هو العنصر المناخي الأكثر أهمية في عملية التعرية المائية لاسيما وان منطقة البحث تتميز بانحدارها الذي يتوافق مع غزارة الامطار، الأمر الذي ينشط عمليات التعرية المائية التي تتفاقم بمرور الوقت مؤدية إلى سقوط الصخور والانهيارات الأرضية وانجراف التربة، إن نظام تساقط الامطار في منطقة البحث يخضع لنظام البحر المتوسط إذ تتباين كمية الامطار الساقطة زمانياً ومكانياً ويعزى سبب هذا التباين إلى عدد المنخفضات الجوية المارة بالمنطقة فضلاً عن تأثير عامل التضاريس<sup>٧</sup> وعن طريق تحليل معطيات (الجدول ٤) يتضح لنا أن التساقط المطري يبدأ من الخريف ويرتفع تدريجياً في فصل الشتاء وتصل ذروته في أغلب السنوات خلال شهر شباط حيث بلغت كميات الامطار في محطات الدراسة (٧٤.٨، ١١١.٩، ١٧٢.٦ ملم) على التوالي، وينعدم التساقط في شهري (تموز، آب)، وقد بلغ المجموع السنوي لمحطات البحث (٤٠١.٣، ٦٧٤.٨، ٧٩٧ ملم) .

٥. التبخر: تحول الماء من الحالة السائلة الى الغازية عندما يكون الهواء غير مشبع ببخار الماء، وتؤدي قلة التبخر إلى تغلغل الرطوبة الى سطح التربة وحدوث فائض مائي مما يعني زيادة الجريان السطحي وبالتالي نشاط التعرية المائية، ومن خلال (الجدول ٤) يتضح لنا ان اعلى معدلات للتبخر تكون في فصل الصيف (حزيران، تموز، آب) وبلغت (٢٢١.١، ٢٤٢.٤، ٢٢٨.٦ ملم) على التوالي في حين تنخفض

خلال فصل الشتاء (كانون الاول، كانون الثاني، شباط) وبلغت (٣٠٠.٤، ٢٩٠.٤، ٤٢.٣) نظراً لانخفاض درجات الحرارة التي تصل الى مادن الصفر، أن هذا التباين من حيث الزيادة والنقصان في قيم التبخر يؤثر في طبيعة الصخور وتكوينها، ففي فصل الشتاء تكثر الامطار، وتتشبع التربة بالمياه، أما في فصل الصيف فأنها تتبخر، وتتفكك ومن ثم تؤدي الى زيادة عمليات التعرية، والتجوية للتربة، والصخور على سفوح المنحدرات .

#### رابعاً: التعرية المائية وطرائق تقديرها:

تعد التعرية من العمليات الجيومورفولوجية المهمة وذلك بفعل الآثار التي تتركها على سطح الأرض لاسيما وانها تعمل على احداث اشكال أرضية جديدة وبشكل مستمر من دون توقف، لكونها تحمل بين طياتها مجموعة عوامل النحت والنقل والارساب معاً، وتعد التعرية المائية اخطر أنواع التعرية وأكثرها انتشاراً حيث تشكل مياه الامطار المصدر الرئيس لكل المياه التي تسبب جرياناً سطحياً فوق الأرض، يتبخر بعضها ويتسرب جزء آخر، ويخزن في المستنقعات والبحيرات بينما ينحدر الباقي مكوناً المجاري المائية، وهذا ما يجعلها عملية جيومورفولوجية مميزة لما تتركه من آثار عبر الزمن على المظهر الأرضي، وقد تؤدي الى تشكيل الفيضانات والسيول نتيجة تجمع الامطار المتساقطة بشكل مفاجئ في الأودية لاسيما في بداية موسم سقوط الامطار فيؤدي الى انجراف التربة من المناطق المرتفعة نحو المناطق المنخفضة بفعل عامل الجاذبية.<sup>٨</sup>

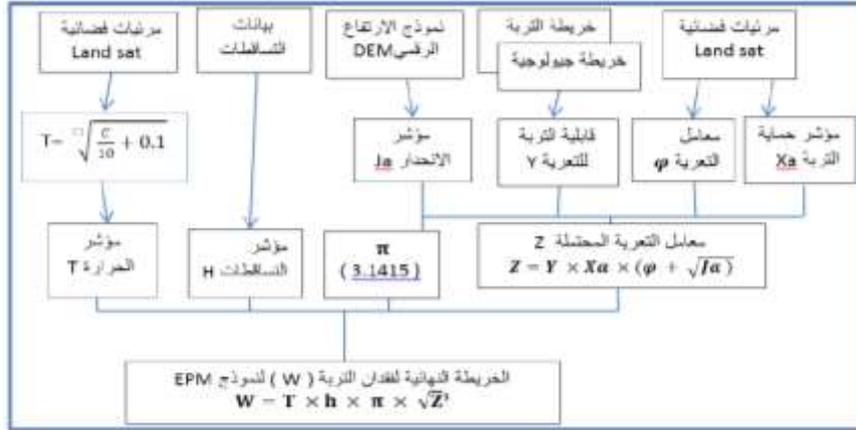
نظراً للتأثيرات السلبية الكثيرة لتعرية التربة وما ينتج عنها من تدهور الأراضي الزراعية وانخفاض انتاجيتها وتدني نوعية المياه والنظام البيئي والهيدرولوجي، التي أكدت عليها دراسات عديدة، لأنها تهدد استمرار الحياة البشرية، ونظراً لصعوبة تقدير كمية تعرية التربة بسبب التداخل المعقد بين العوامل المؤثرة فيها كالتربة والمناخ والغطاء الأرضي والنشاط البشري، ولأجل وضع الحلول والطرق المناسبة لحماية التربة وصيانتها من التعرية المائية كان لابد على الباحثين تقدير كميات تعرية التربة ومعرفة معدلاتها والعوامل المسببة لها، وهذا ما دفعهم لاستخدام الطرق الكمية والاعتماد على التجارب الحقلية لتقدير كميات التعرية، وكانت نتائجها جيدة مع إعطاء فكرة عن التداخل المعقد والكبير بين العوامل المسببة للتعرية<sup>٩</sup>، وبالنظر إلى كون الأساليب التقليدية المعتمدة على التجارب الحقلية لتقييم تعرية التربة باهظة الثمن وتستغرق الكثير من الوقت، لذلك لجأ الباحثون أواخر القرن العشرين إلى البحث عن طرق مساندة للتجارب الحقلية ولها القدرة على التنبؤ بمعدلات تعرية التربة وقابلية تطبيقها، إذ تم تطوير النماذج الرياضية في كافة أنحاء العالم لتبسيط دراسة عمليات تعرية التربة المعقدة فهي تعمل على تحويل النظام المعقد للتربة بمجموعة مدخلات الهطول المطري ودرجات الحرارة والممارسات الزراعية إلى مخرجات معدلات التدفق السائلة والصلبة الجريان السطحي ورواسب تعرية التربة، وفي نطاق تلك النماذج والمقترنة بنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبتقنية نظم المعلومات الجغرافية الـ GIS لكونها أدوات فعالة لتقدير كمية التعرية ومعرفة التوزيع المكاني لخطورتها كذلك تعطي مؤشرات لاتباع عمليات صيانة التربة<sup>١٠</sup> في

بحثنا هذا سنستخدم انموذج (CAR-PAP) وهو انموذج رياضي يستخدم في تقييم الخطر الكامن والفعلي للتعرية المائية للتربة اعتماداً على بعض العوامل المؤثرة في التعرية، والتي تتضمن عامل قابلية التربة للتعرية وعامل قابلية المطر على التعرية وعامل الميل فضلاً عن عامل التغطية الأرضية.

#### خامساً: طرائق تقدير التعرية المائية باستخدام نموذج PAP/CAR:

يعد أنموذج التقييم النوعي للتعرية المائية (PAP/CAR) اكثر النماذج استعمالاً، وذلك لسهولة تطبيقه، وتم تطبيقه أول مرة سنة ١٩٨٤ من قبل منظمة FAO والمركز العربي لدراسة الأراضي الجافة ACSAD في المناطق المطلة على البحر المتوسط، تتسم منهجية PAP/CAR بإعطائها نتائج قياس للتعرية المائية قريبة جداً من الواقع، وذلك عبر اعتمادها على التفاعل الحاصل بين العناصر المكونة للوسط الجغرافي بُغية تحديد المناطق الأكثر هشاشة وقابلية للتعرية، وتمثيل ذلك بخرائط خاصة لقابلية التربة للتعرية، لتحقيق بذلك أهدافاً تسهم في الحد من آثار التعرية المائية عبر حصر وتقليل مخاطر التعرية المائية والحفاظ على كافة الاستعمالات المتواجدة في المنطقة، ولإكمال هذا النموذج تم الاعتماد على المخطط (١) .

#### المخطط (١) اللازم لاتمام تطبيق انموذج (Gavrilovic)



المصدر: بالاعتماد على المعادلات الخاصة (Gavrilovic) (EPM)

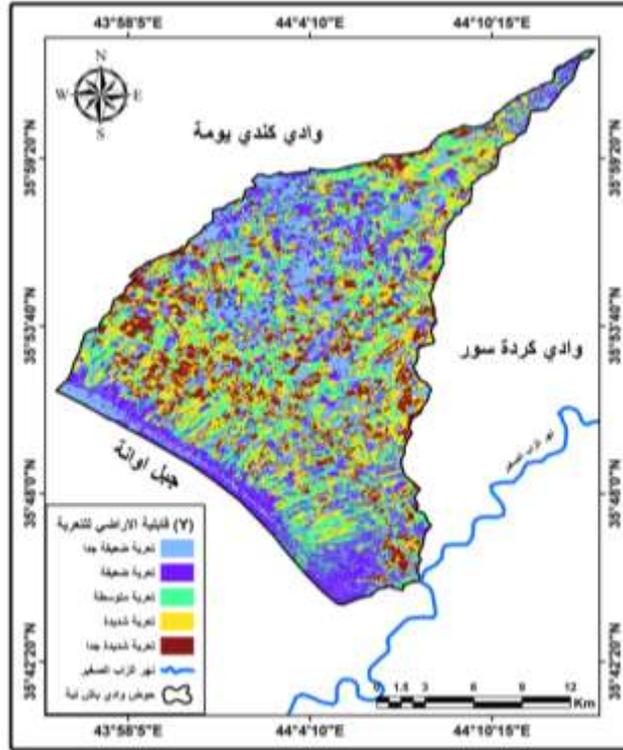
١. مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y) : لاستخراج قيمة هذا المؤشر تم الاعتماد على الخريطة الجيولوجية

$$Y = \frac{B.RED - B.BLUE}{B.RED + B.BLUE + B.GREEN}$$

وخريطة الغطاء النباتي للحوض وفقاً لنتائج المعادلة الآتية:

أن زيادة قيم هذا المؤشر دلالة على قوام سطح خشن، فالقيم العالية دليل ان التربة خشنة وقريبة من التحلل، وبالنظر للخريطة (٤) والجدول (٥) نجد أن منطقة البحث تصنف إلى خمسة اصناف وفقاً لقابليتها للتعرية، حيث شغلت الفئة الاولى (ضعيف جداً) مساحة قدرها (٦٠ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (١٧%) من منطقة البحث في حين قد شغلت التعرية المتوسطة مساحة (٩٩ كم<sup>٢</sup>) من اجمالي مساحة منطقة البحث وبنسبة (٢٨.١%) في حين شغلت التعرية الشديدة والشديدة جداً (٢٢.٢، ٢٨ كم<sup>٢</sup>) على التوالي مما يعني أن منطقة البحث معرضة لعمليات تعرية كبيرة بسبب طبيعة تركيب تربتها ذات الحجوم والدقائق الغير متجانسة والمفككة مما يجعلها بيئة ملائمة لسيادة عمليات التعرية المائية.

### خريطة (٤) قابلية التربة للتعرية



المصدر: بالاعتماد على برنامج ArcMap ١٠.٨

### جدول (٥) قابلية التربة للتعرية في حوض وادي باش تبة

النسبة	٢ كم	قابلية الاراضي للتعرية (Y)
17.16%	٦٢.٩٥	تعرية ضعيفة جدا
٢٤.٨٠%	٩٠.٩٤	تعرية ضعيفة
٢٧.٥٢%	١٠٠.٩٣	تعرية متوسطة
٢٢.٠٧%	٨٠.٩٤	تعرية شديدة
٨.٤٣%	30.93	تعرية شديدة جدا
100%	٣٦٦.٦٩	

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (٤) ومخرجات برنامج Arc Map 10.8 .

٢. مؤشر حماية التربة  $X_a$ : يرتبط هذا المؤشر ارتباطاً وثيقاً بمؤشر الغطاء الخضري ومدى تأثيره في الحد من تعرية التربة وانجرافها اثناء تساقط الامطار، مما يجعله يتناسب طردياً مع كثافة الغطاء الذي يمنع قطرات الامطار المتساقطة من الارتطام بسطح الأرض والحد من انجراف التربة، وهذا ما أكده نموذج (Gavrilovic)، معتبراً اياه الحد الفاصل لشدة التعرية المائية فأغصان الأشجار لها القدرة على اعتراض قطرات المطر والتقليل من قوتها القادرة على اقتلاع جزيئات التربة، وضع جافريلوفيك قيماً لحماية التربة، مستندا بذلك إلى كثافة الغطاء النباتي<sup>(١١)</sup> من خلال استخدام المعادلة الآتية:

$$X_a = (X_a \text{ NDVI} - 0.61) * (-1.25)$$

اذ يتضح من (الخريطة ٥) و(الجدول ٦) أن مؤشر حماية التربة ( $X_a$ ) للفئة الأولى (ضعيف جداً) بلغ (٢٧ كم<sup>٢</sup>)، بنسبة (٨.٨%) من اجمالي مساحة منطقة البحث، وهي الأراضي التي تنشط فيها التعرية المائية الشديدة وذلك لقلة الغطاء النباتي، وتنتشر في أجزاء متفرقة من وسط وشمال منطقة البحث، أما في المناطق التي يكون فيها المؤشر متوسط فبلغت مساحتها (٩١ كم<sup>٢</sup>)، وبنسبة (٢٥.٩%) من مساحة

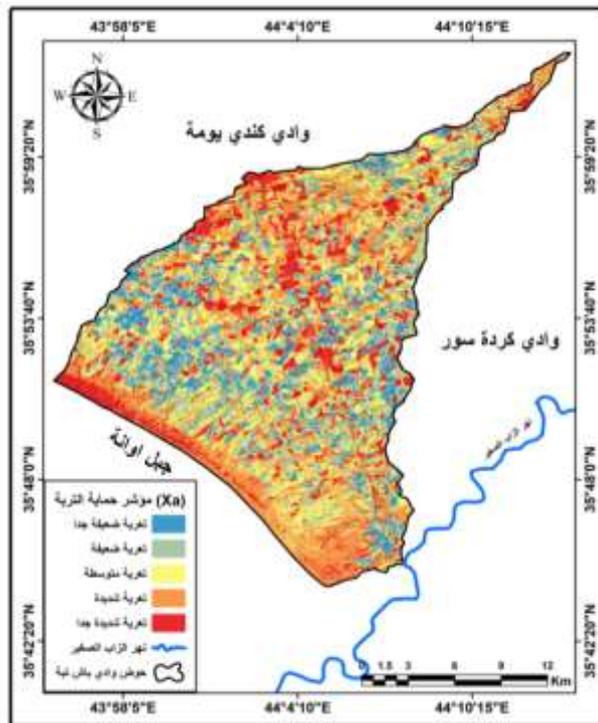
منطقة البحث، ويكون نشاط التعرية المائية فيها متوسط، وتنتشر هذه الفئة في الأراضي المتوسطة الارتفاع بجوار أراضي الفئة الثانية، أما في المناطق التي يكون فيها هذا المؤشر شديد التعرية فبلغت مساحتها (٩٢ كم)، بنسبة (٢٦.١%) وتتركز شمال شرق منطقة البحث في حين أن المناطق التي يكون فيها المؤشر ذي تعرية شديدة جداً فبلغت مساحته (٥٦ كم<sup>٢</sup>)، بنسبة (١٥.٩%) وتظهر بشكل ملحوظ وسط وغرب منطقة البحث وعند مطابقة نتائج هذا المؤشر في مع خريطة الغطاء النباتي (NDVI) (الخريطة ٣) نجد مؤشر حماية التربة (Xa) يرتفع في الأراضي ذات الكثافة النباتية العالية، وتقل قيمة المؤشر في الأراضي الجرداء وكما هو موضح سابقاً فالتباين والاختلاف المكاني في طبيعة الغطاء النباتي سواء من حيث الكثافة أم النوعية انعكس بشكل واضح على خصائص التربة وتماسكها، مما أدى إلى تباين كبير النشاط التعرية المائية وجعلها معرضة الى نشاط التعرية المائية لاسيما في الاجزاء الشرقية منها حيث جبل اوانه فضلا عن الاجزاء الوسطى والشمالية من الحوض.

جدول (٦) مؤشر حماية التربة (Xa) في حوض وادي باش تبة

النسبة	كم <sup>٢</sup>	مؤشر حماية التربة (Xa)
12.25	٤٤.٩٤	تعرية ضعيفة جدا
20.71	٧٥.٩٥	تعرية ضعيفة
25.61	٩٣.٩٣	تعرية متوسطة
25.88	٩٤.٩٣	تعرية شديدة
16.07	٥٨.٩٤	تعرية شديدة جدا
100.0%	٣٦٦.٦٩	

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (٥) ومخرجات برنامج Arc Map 10.8 .

خريطة (٥) مؤشر حماية التربة (Xa)



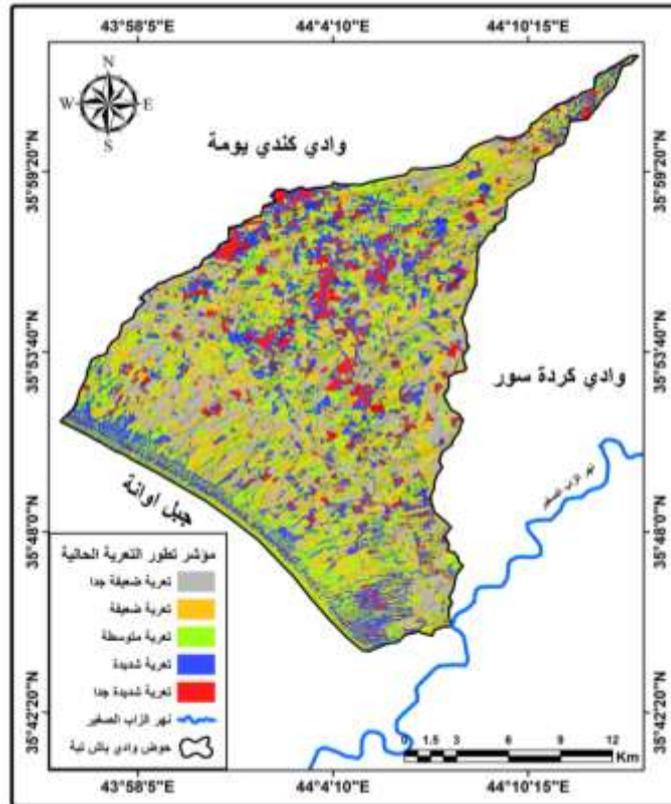
المصدر: بالاعتماد مخرجات برنامج Arc Map 10.8 .

٣. مؤشر تطور التعرية الحالية: حدد Milevski ٢٠٠٨ معادلة خاصة لحساب هذا المؤشر بالاعتماد على المرئية الفضائية للقمر ٨٨ Landsat وهي (١٢):  $Q = \frac{\sqrt{TM3}}{Q_{max}}$  حيث أن:

TM3: النطاق الثالث في المرئية الفضائية

Q max: أقصى قيمة للإشعاع، حيث تزداد نسبة الإشعاع في الأماكن التي ترتفع فيها شدة التعرية. يتضح من (الخريطة ٦) و(الجدول ٦) أن مؤشر تطور التعرية الحالية للفئة الأولى (ضعيف جداً) بلغ (٦٢.٩٤ كم<sup>٢</sup>)، بنسبة (١٧.١٦%) من اجمالي مساحة منطقة البحث، وهي الأراضي التي تقل فيها التعرية المائية بسبب طبيعة صخورها الصلبة المقاومة للتعرية، وتنتشر في أجزاء متفرقة من وسط وجنوب منطقة البحث، أما في المناطق التي يكون فيها المؤشر متوسط فبلغت مساحتها (١٠١.٩٣ كم<sup>٢</sup>)، وبنسبة (٢٧.٧٩%) من منطقة البحث، ويكون نشاط التعرية المائية فيها متوسط وتغطي معظم اجزاء منطقة البحث، أما في المناطق التي يكون فيها هذا المؤشر شديد التعرية فبلغت مساحتها (٨٠.٩٤ كم<sup>٢</sup>)، بنسبة (٢٢.٠٧%) وتنتشر في وسط منطقة البحث في حين أن المناطق التي يكون فيها المؤشر ذي تعرية شديدة جداً فبلغت مساحته (٣٠.٩٣ كم<sup>٢</sup>) بنسبة (٨.٤٣%) وتظهر بشكل ملحوظ وسط وشمال شرق منطقة البحث حيث الترب المفككة والاماكن الخالية من النبات الطبيعي الامر الذي يزيد من نشاط التعرية

### خريطة (٦) مؤشر تطور التعرية الحالية



المصدر: بالاعتماد على مخرجات برنامج Arc Map 10.8 .

جدول (٧) مؤشر تطور التعرية الحالية في حوض وادي باش تبة

النسبة	كم <sup>٢</sup>	تطور التعرية الحالية
١٧.١٦	٦٢.٩٤	تعرية ضعيفة جدا
٢٤.٨٠	٩٠.٩٥	تعرية ضعيفة
٢٧.٧٩	١٠١.٩٣	تعرية متوسطة
٢٢.٠٧	٨٠.٩٤	تعرية شديدة
٨.٤٣	٣٠.٩٣	تعرية شديدة جدا
100.0	٣٦٦.٦٩	

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (٥) ومخرجات برنامج Arc Map 10.8 .

٤. استخلاص قيمة التعرية المحتملة (Z):

يعد هذا المؤشر مهماً لكشف تقدير التعرية المائية المحتملة اعتماداً على مجموعة من المؤشرات اللازمة لتطبيق مؤشر التعرية المحتملة (Z)، ودمج تلك المتغيرات في بيئة نظم المعلومات الجغرافية بشكل خرائط، واشتقاق خريطة التعرية المحتملة في احواض منطقة البحث، بتطبيق المعادلة الآتية لاشتقاق

$$Z = Y \times Xa \times (\varphi + \sqrt{Ja})$$

الخريطة الخاصة بالتعرية المحتملة:

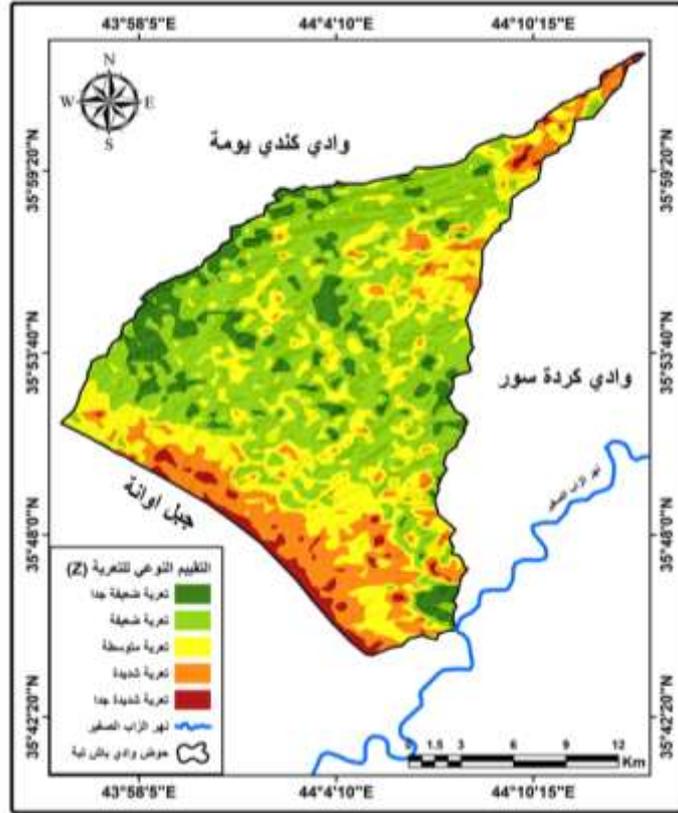
بعد تطبيق المعادلة تم اشتقاق خريطة التعرية المحتملة في حوض وادي باش تبة ، وتوضح الخريطة (٧) والجدول (٨)، أن التعرية المحتملة تتباين من حيث النوع والمساحة، إذ أن المساحات التي تشغلها أنواع التعرية المحتملة جاءت متدرجة من حيث المساحات من الضعيفة جداً التي شغلت مساحة بلغت (٣٧ كم<sup>٢</sup>) من المساحة الكلية للحوض وبنسبة (١٠.٥%) وتتمثل بأجزاء الحوض الوسطى والشمالية، تلتها التعرية الضعيفة التي شغلت مساحة (١٥٠ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٤٢.٦%) من مجموع الحوض وغطت معظم اجزاء الحوض، ثم التعرية المتوسطة بمساحة (١٠٣ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٢٩.٣%) وتتوزع في معظم اجزاء منطقة البحث وبشكل متداخل مع التعرية الضعيفة، ثم التعرية المحتملة الشديدة وشغلت مساحة (٥١ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (١٤.٥%) وغطت شرق الحوض في المناطق ذات الارتفاعات العالية، وأخيراً التعرية المحتملة الشديدة جداً وشغلت مساحة (١١ كم<sup>٢</sup>) وبلغت نسبتها (٣.١%) وتظهر في الجزء الشرقي من الحوض متوافقة مع الانحدارات الشديدة .

جدول (٨) أنواع التعرية المحتملة (Z) ومساحاتها من وادي

النسبة %	المساحة كم <sup>٢</sup>	نوع التعرية
10.5	٣٩.٩٤	ضعيفة جدا
42.6	١٥٢.٩٥	ضعيفة
29.3	١٠٥.٩٤	متوسطة
14.5	٥٣.٩٣	شديدة
3.1	١٣.٩٣	شديدة جدا
100.0	٣٦٦.٦٩	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (٧) ومخرجات برنامج Arc Map 10.8

### خريطة (٧) التعرية المحتملة (Z)



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc Map 10.8 .

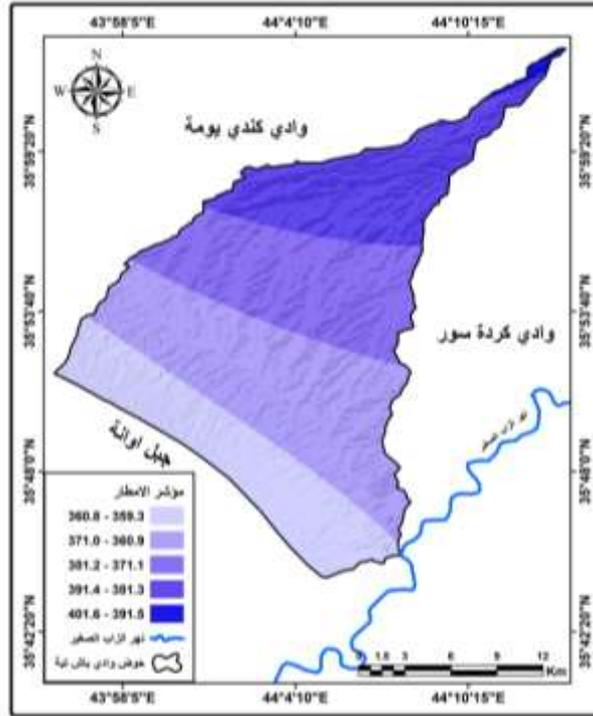
### خامساً: تطبيق نموذج (EPM) لتقييم الكمي للتعرية المائية :

ولاستخراج هذا المؤشر لابد من اعتماد عدد من المؤشرات التي سبق ذكرها فضلا عن مؤشري الحرارة والامطار لغرض اكمال متطلبات المعادلة الخاصة بحساب التربة المفقودة وسيتم تطبيق هذا النموذج لتقدير كميات الإرسابات الناجمة عن التعرية المائية في حوض وادي باش تبة باستخدام المعادلة الآتية:

$$W=T \times H \times \pi \times \sqrt{Z}^2$$

١. مؤشر معامل التساقطات H: تعتمد قدرة قطرات المطر للتعرية على عدة عوامل متداخلة منها قدرة الامطار كعامل حت، وحجم قطرة المطر، وقوة سقوطها على الأرض، ومدى استجابة التربة لقوة ضربات المطر والقدرة على تعريتها،<sup>(١٣)</sup> فتزداد كمية الجريان السطحي كلما ازدادت الشدات المطرية ليزداد معها معدل انجراف التربة، فعند سقوط الامطار على سطح التربة، أما أن تتسرب المياه الى داخلها، أو تبقى على السطح مشكلة جريان سطحي يتجه أسفل المنحدرات جارفا معه التربة ومعرياً لسطحها، تم الاعتماد على محطات (اربيل، كويسنجق، شقلاوة) لرسم خريطة التساقط المطري المستخلص لمنطقة البحث.<sup>(١٤)</sup>

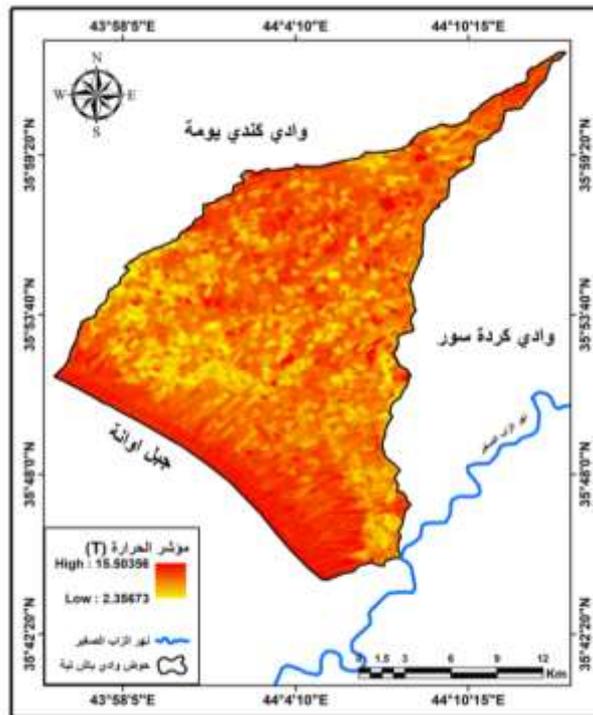
### خريطة (٨) مؤشر معامل التساقط H



المصدر: بالاعتماد على بيانات جدول (٣) ومخرجات برنامج Arc Map 10.8 .

٢. مؤشر معامل الحرارة T: تأتي الحرارة كعامل مناخي بالمرتبة الثانية بعد الامطار من خلال تأثيرها في تحديد درجة التعرية المائية إذ تم الاعتماد في استخراج درجات الحرارة على مرئية القمر الصناعي Land Sat 8 عن طريق استخدام المعادلة الاتية:  $T = \frac{-\sqrt{C}}{10} + 0.1$  ينظر (الخريطة ٩) .

### الخريطة (٩) خريطة المعامل السنوي للحرارة



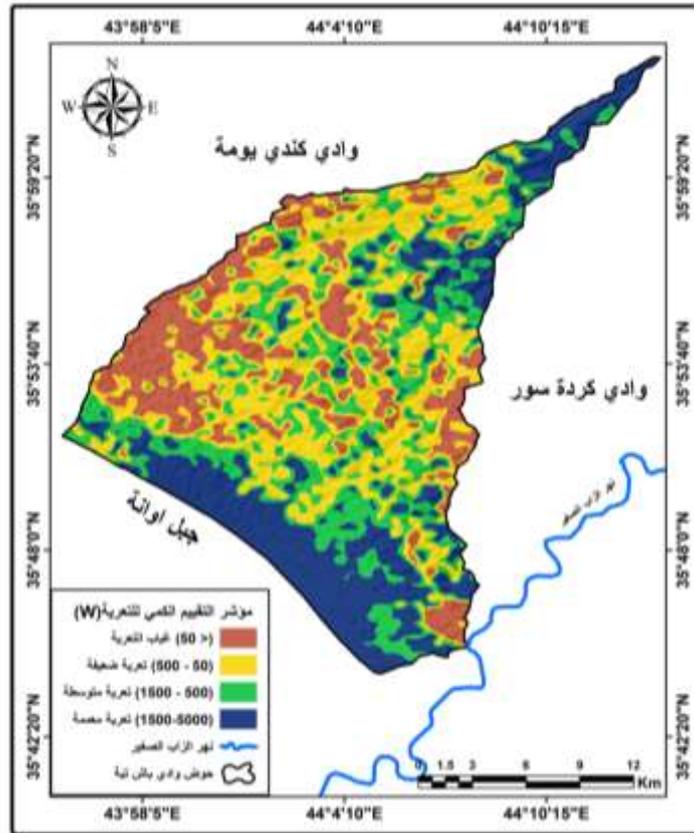
المصدر: بيانات القمر الصناعي (Land sat + OLI 8) بتاريخ ٢٠٢٣/٣/٢٢، ومخرجات برنامج Arc ١٠.٨ Map

### حساب حجم التعرية المائية وفقا لنموذج (EPM):

من خلال تطبيق معادلة جافريولوفيك تبين إن الحوض يقع ضمن اربعة اصناف التي اعتمدها هذا العالم إذ يتبين من الخريطة (١٠) والجدول (٩) الذي يبين قيم التعرية المحتملة PAP/CAR، أن المناطق التي تغيب فيها التعرية شغلت مساحة (٦٦ كم<sup>٢</sup>)، بنسبة (١٨.٨%) من مساحة الحوض، والتعرية الضعيفة شغلت مساحة (١١٣ كم<sup>٢</sup>) بنسبة (٣٢.١%)، وشغلت التعرية المتوسطة مساحة (٩٢ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٢٦.١%)، أما التعرية الشديدة فشغلت مساحة (٨١ كم<sup>٢</sup>) وبنسبة (٢٣%)، ليتضح لنا ما يأتي:

١. تباين مستويات أصناف التعرية المائية في الحوض ما بين المنعدمة التعرية إلى الشديدة .
٢. مناطق التعرية الشديدة تتسم بكونها ذات انحدار عالي حيث جبل اوانه وهي تتسم بتوفر بعض الترب القابلة للتعرية.
٣. أظهر استخدام نموذج PAP/CAR وجود علاقة عكسية بين الغطاء النباتي مع التعرية المحتملة، فقلة الصحارية والغطاء النباتي يقابله زيادة في التعرية المحتملة، وكذلك العكس بشدة الصحارية وكثافة الغطاء النباتي تقل التعرية المحتملة.

### خريطة (١٠) مؤشر عامل التقييم الكمي للتعرية (W)



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc Map ١٠.٨

جدول (٩) مؤشر عامل التقييم الكمي للتعرية (W)

النسبة	كم ٢	مؤشر عامل التقييم الكمي للتعرية (W)
19	69.68	(٥٠ >) غياب التعرية
31.81	116.66	(٥٠ - ٥٠٠) تعرية ضعيفة
26.09	95.69	(١٥٠٠ - ٥٠٠) تعرية متوسطة
23.08	84.66	(٥٠٠٠ - ١٥٠٠) تعرية معمة
100.0	366.69	

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (١٠) ومخرجات برنامج Arc Map 10.8 .

#### الاستنتاجات:

١. بينت نتائج مطابقة الطبقة الجيولوجية مع طبقة التعرية المائية ضمن منطقة البحث وجود علاقة عكسية بين شدة التعرية المائية والتكوينات الجيولوجية، إذ تزداد شدة التعرية المائية في التكوينات الأقل صلابة، إلا أن صخور المنطقة تتأثر بشكل عام بمخاطر التعرية المائية بدرجاتها المختلفة.
٢. اتضح من خلال مطابقة طبقة الانحدار مع طبقة التعرية المائية أن هناك تطابقاً بعلاقة طردية، إذ تطابقت المناطق ذات درجات الانحدار الشديد مع التعرية المائية الشديدة، وقد تبين أن لدرجة الانحدار وطول المنحدر عوامل تتعلق بنفاذية التربة للمياه، وكما قلت نفاذية التربة للمياه زادت خطورة التعرية المائية، والعكس صحيح. من خلال دمج طبقتي النبات الطبيعي والتعرية المائية اتضح أن هناك علاقة عكسية بين كثافة غطاء النبات الطبيعي وشدة التعرية المائية، إذ كلما قل الغطاء النباتي زادت شدة التعرية المائية، والعكس صحيح .
٣. تبين أن للتعرية المائية مخاطر على الاستيطان البشري والزراعة وطرق النقل والمواصلات وسمك التربة وانخفاض نسبة المادة العضوية وقابليتها للإنتاج والمراعي، فضلاً عن تأثيرها على السياحة وتنميتها في المنطقة .
٤. من خلال تطبيق منهجية PAP/CAR ونظم المعلومات الجغرافية اتضح ان هناك تباين في التعرية المائية داخل احواض منطقة البحث بين الضعيفة جدا الى الشديدة جدا بفعل تظافر مجموعة العوامل الطبيعية والبشرية، ولوحظ وجود علاقة عكسية بين الصخرية والغطاء النباتي مع التعرية المائية المحتملة PAP/CAR فكلما قلت الصخرية والنبات الطبيعي كلما زادت التعرية المائية .

#### المقترحات:

١. أن منطقة البحث تشهد ورود كم مائي هائل، مما يستدعي ضرورة إنشاء محطات مناخية وأخرى هيدرولوجية، بعد العمل على ربط اودية الأحواض في مجرى واحد عند المصب .
٢. معالجة المناطق التي تعاني من مشاكل التعرية المائية الشديدة، أو تلك التي ستتعرض لتعرية مائية محتملة مستقبلاً واستغلال مناطق التعرية المائية المعدومة أو الضعيفة التي تم تحديدها في خرائط هذه البحث واستخدامها للاستعمالات البشرية المختلفة.
٣. بناء اسيجة صخرية أو اسلاك شائكة ومشبكة خط واحد أو أكثر على سفوح المنحدر ولاسيما جوانب الطرق على سفوح المنحدرات ومنع وصول المواد الأرضية الى الأسفل مع زراعة الأشجار والنباتات

لاسيما تلك التي تتمتع بمردود اقتصادي جيد وذات جذور عميقة ومتشابكة على ان يتم زراعتها بشكل شريطي يوازي خطوط الكنتور في المناطق المرتفعة وعدم حراثة الأرض عكسها وذلك لتفادي زيادة خطورة التعرية المائية.

٤. انشاء سدود صغيرة، والعمل على حصد المياه للاستفادة منها في مختلف المجالات ولاسيما الزراعة للتقليل من مخاطر التعرية المائية.

## References:

## المراجع

- (١) الكربولي، علي سليمان ارزيك، اساسيات الجغرافية الطبيعية، الطبعة الاولى، عمان، دار المجتمع العربي للنشر والتوزيع، ٢٠٢٣.
- (2) Salah Mohamed Salah Diab, Using Geomatics to Estimate Water Erosion Risks in the Wadi Khoury Basin by Applying the EPM Model, Menoufia University, Faculty of Arts, Journal of the Center for Geographical and Cartographic Research, 2019, p. 874..
- (3) Al-Karbouli, I. D. A. S. (2022). The analysis of the Hydro morphometric properties of the valley Halewat basin in Anbar governorate using remote sensing and Geographic Information Systems. Midad Al-Adab Refereed Journal, 1(25).
- (٤) البياتي، ح. ف. أ. م. (٢٠١١). صلاحية أطيان تكوين إنجانة لصناعة الطابوق الطيني في منطقة الخانوقة / محافظة صلاح الدين (رسالة ماجستير غير منشورة). كلية العلوم، جامعة تكريت.
- (٥) خصبك، ش. (١٩٧٣). العراق الشمالي: دراسة لنواحيه الطبيعية والبشرية. بغداد: مطبعة شفيق
- (٦) دلي خلف حميد وسبعوي خميس كعود، تحليل الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي الحمدانية باستخدام طريقة ال (SCS-CN)، مجلة جامعة تكريت للعلوم الانسانية، المجلد (٢٥) العدد (١١)، ٢٠١٨، ص ٣٧٩.
- ٧ قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ والاقاليم المناخية، عمان، الأردن، ٢٠٠٨، ص ٢٦٢.
- ٨ ماجد السيد ولي، المناخ وعوامل تشكيل سطح الأرض ومدى تأثير العمليات الجيومورفولوجية بالعناصر المناخية، دراسة في المناخ التطبيقي، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد ٤٥، ٢٠٠٠ ص ٤٨.
- ٩ Raml, Q. A., & Arzek, A. S. (2018). Evaluating the qualitative characteristics of groundwater and its suitability for human use in the Kirkuk district. Journal of Education and Scientific Studies, 2(11).
- ١٠ Karbouli, A. S. E. A. (2022). Hydromorphometric Characteristics of the Milan Valley Basin in the Western Plateau and the Possibility of Investing Them for the Purposes of Water Harvesting. Journal of Tikrit University for Humanities, 29.
- ١١ نورجان عصمت نوري بك، تقييم خطورة التعرية المائية لحوض شوان في محافظة كركوك باستخدام التقنيات الجيومكانية، رسالة ماجستير (غير منشورة) جامعة كركوك، كلية الزراعة، ص ٦-٩.
- ١٢ Pham, T. G., H. T. Nguyen., and M. Kappas. (2018). "Assessment of soil quality indicators under different agricultural land uses and topographic aspects in Central Vietnam". International Soil and Water Conservation Research, 6(4), 280– 288.
- (١٢) شعوان جمال، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الاوسط، حوض امزاز انموذجا، اطروحة دكتوراه (غير منشورة) جامعة سيدي محمد بن عبدالله، كلية الآداب والعلوم الانسانية مائس، ٢٠١٥
- (١٣) شعوان جمال، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الاوسط، مصدر سابق.
- (١٤) Al-Dulaimi, Q. A. R., & Karbouli, A. S. E. A. (2019). Hydrological characteristics of groundwater in the Kirkuk district. Journal of Education and Scientific Studies, 3(14)
- (١٥) الغامدي، سعد أبو راس، تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاطر التعرية المائية في حوض وادي عمال بوسائل تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المجلة المصرية للتغير البيئي، ٢٠٠٩.

References:

1. Al-Dulaimi, Q. A. R., & Karbouli, A. S. E. A. (2019). Hydrological characteristics of groundwater in the Kirkuk district. *Journal of Education and Scientific Studies*, 3(14).
2. Al-Karbouli, I. D. A. S. (2022). The analysis of the Hydro morphometric properties of the valley Halewat basin in Anbar governorate using remote sensing and Geographic Information Systems. *Midad Al-Adab Refereed Journal*, 1(25).
3. Diab, S. M. S. (2019). Using Geomatics to Estimate Water Erosion Risks in the Wadi Khoury Basin by Applying the EPM Model. *Journal of the Center for Geographical and Cartographic Research*, Menoufia University, Faculty of Arts, p. 874.
4. Al-Karbouli, I. D. A. S. (2022). The analysis of the Hydro morphometric properties of the valley Halewat basin in Anbar governorate using remote sensing and Geographic Information Systems. *Midad Al-Adab Refereed Journal*, 1(25).
5. Pham, T. G., Nguyen, H. T., & Kappas, M. (2018). Assessment of soil quality indicators under different agricultural land uses and topographic aspects in Central Vietnam. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(4), 280–288.
6. Karbouli, A. S. E. A. (2022). Hydromorphometric Characteristics of the Milan Valley Basin in the Western Plateau and the Possibility of Investing Them for the Purposes of Water Harvesting. *Journal of Tikrit University for Humanities*, 29.