

## التحليل الجغرافي للتباين المكاني والزمني للتعرية المائية حسب نموذج (EPM) في حوض هولير

ثاسو سوار نامق و هوزان صادق مولود

قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة صلاح الدين، أقليم كردستان-العراق

(تاريخ استلام البحث: 24 أيار، 2023، تاريخ القبول بالنشر: 24 تموز، 2023)

### الخلاصة

يعد تقدير التعرية المائية إحدى التدابير الأساسية لإدارة أحواض الصرف، إذ يمكن من خلاله تحديد شدة التعرية المائية ومستوياتها ضمن أحواض الصرف ومن ثم تطبيق حسابات الصيانة لتقليلها وتخفيف آثارها. بغية الكشف عن مدى كفاءة تطبيق النماذج الإحصائية بتوظيف البيانات الحقلية وبيانات الاستشعار عن بعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS) لإبراز التباين المكاني والزمني لمعدلات التعرية السنوية ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) يهدف البحث إلى تطبيق نموذج (EPM) لتخمين معدلات التعرية السنوية المحتملة في حوض هولير على مدار فصول السنة الأربعة، وأكد البحث بأن دراسة التعرية المائية باستخدام النموذج طريقة فعالة لتقدير معدلات التعرية المائية وتحديد مستوياتها، وتوصل البحث إلى مجموعة من الاستنتاجات ومن أهمها: تراوحت قيم معدلات التعرية السنوية المحتملة حسب نموذج (EPM) في منطقة الدراسة بين 9.5-4231.01 بمعدل بلغ  $880.5 \text{ م}^3/\text{كم}^2$ ، وأظهرت نتائج تطبيق معامل الإرتباط وجود علاقة قوية جداً بين معدلات التعرية السنوية المحتملة وكل من معامل التعرية (Z)، والتساقط المطري (H) ومعدل الارتفاع، إذ تجاوزت قيم معامل الإرتباط بينهما عن 0.959.

الكلمات الدالة: تعرية التربة، التعرية السنوية المحتملة، نموذج EPM، نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الرقمية.

### 1- المقدمة

وكفائتها على تقدير تعرية التربة بالمياه، ويعد تقييم تعرية التربة وانتقال الرواسب في الأحواض النهرية أمراً ضرورياً في مختلف النطاقات الزمنية والمكانية، وذلك من أجل حماية التربة والحفاظ على خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

تمثل دراسة تقدير معدلات التعرية المائية وتحليلها إحدى الاتجاهات الجديدة التي نالت تركيز الجيومورفولوجيين والمختصين في علوم الزراعة والهندسة، لما لها من تأثيرات واضحة على مكونات التربة السطحية ومدى ملائمتها لإستخدامات الأرض المتنوعة. وقبل الشروع في تصميم المشاريع التنموية للأراضي وتصميمها من المستحسن أخذ دراسة التعرية المائية وتحديد مقاديرها في الحسبان، ولأجل التعرف على التقدير الكمي للتعرية المائية في منطقة الدراسة تم تطبيق نموذج (EPM) والذي هو أحد النماذج الرياضية المشهورة لتقدير التعرية المائية، وذلك بناءً على حساب

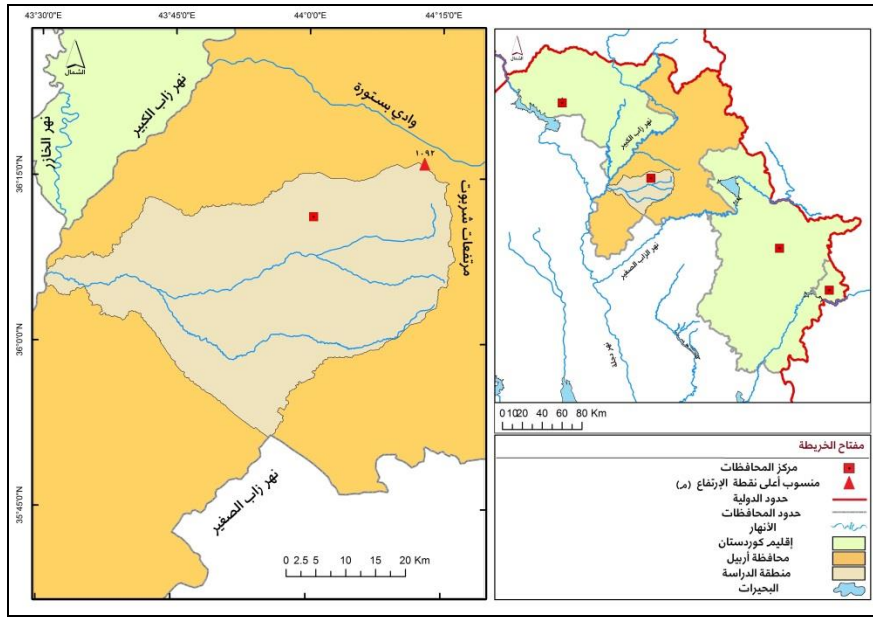
إن تقدير كميات التعرية المائية وتحديد مستوياتها ليس بمهمة سهلة، لاسيما في حال عدم وجود البيانات الدقيقة، وتمت صياغة مجموعة النماذج الإحصائية التجريبية التي تأخذ بعين الإعتبار خصائص المناخ، التضاريس، الإنحدار، التربة، الغطاء النباتي وعمليات الصيانة لغرض تقدير تعرية التربة في الأحواض النهرية، ومع تطور برامج الحاسوب وتحليل البيانات الرقمية أصبح بالمقدور دراسة التعرية المائية ليس على مستوى تحديد معدلاتها فحسب بل وحتى تبايناتها المكانية ضمن حدود الأحواض المائية، وذلك من خلال حساب معاملاتها المختلفة ثم دمجها وعرضها على شكل خرائط رقمية، وهي بمثابة خطوات تمهيدية لتحديد أولويات الصيانة وتطوير تقنيات الإدارة المناسبة، وتختلف هذه النماذج من بسيطة إلى أكثر تعقيداً وتتفاوت في حاجتها إلى مدخلات البيانات

ويتراوح إرتفاعها بين 206- 1092 متر فوق مستوى سطح البحر، وبتوسط بلغ 421 متراً، يبلغ منسوب أعلى نقطة في الحوض في مرتفعات شربوت في أقصى الشمال الشرقي، بينما يمثل مصب الحوض الواقع في الجزء الجنوبي الغربي أدنى نقطة إرتفاعاً فيه، وبهذا فإن الإتجاه العام للتضاريس يكون من الإتجاه الجنوبي الغربي نحو الشمال الشرقي. أما من ناحية درجات الحرارة والأمطار؛ فيبلغ المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في محطة أربيل (1992-2021) 21.5° م، يبلغ المجموع السنوي للأمطار في نفس المحطة للمدة (2012- 2021) 393 ملم (الجدول 2).

قيم العوامل المكونة للنموذج بتطبيقها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

## 2- منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة جنوب محافظة أربيل، بين دائرتي العرض (35 49 00° و 36 17 00°) شمالاً وبين خطي الطول (43 30 00° و 44 15 00°) شرقاً. وتبلغ مساحتها الإجمالية 1695.6 كم<sup>2</sup>، تبدأ مجاريها العليا بالجريان في أعالي مرتفعات شربوت وزوركه زراو وتشق طريقها في سهل أربيل وتصب في نهر الزاب الكبير في جهته الشرقية. تضاريسياً تتميز منطقة الدراسة بالتضرس البسيط حيث تشكل السهول والأراضي قليلة الإنحدار معظم مساحتها،



(الخريطة 1) :- موقع منطقة الدراسة بالنسبة لإقليم كردستان ومحافظة هولير

## 3- هدف البحث

الهدف من البحث تحقيق ما يلي:

- 1- تقدير كميات التعرية المائية لمنطقة الدراسة باستخدام نموذج (EPM) ثم رسم خارطة لها.
- 2- تحديد التباين المكاني والزمني لمستويات التعرية المائية في منطقة الدراسة.

## 4- مشكلة البحث وفرضيته

تتمحور مشكلة البحث على التساؤلات الآتية:

- 1- هل يعد تطبيق النماذج الإحصائية ذو جدوى في دراسة التعرية المائية؟
- 2- هل تتباين قيم معدلات التعرية السنوية المحتملة ومستوياتها في منطقة الدراسة زمنياً ومكانياً؟

## 5- الفرضيات

1- أكدت الدراسة بأن دراسة التعرية المائية باستخدام النماذج الإحصائية طريقة فعالة في تقدير التعرية المائية وتحديد مستوياتها.  
2- تتباين قيم معدلات التعرية السنوية ومستوياتها زمنياً ومكانياً تبايناً واضحاً، إذ سجل فصل الشتاء أقصى معدلات التعرية السنوية ضمن فصول السنة، في حين تناقصت المعدلات إلى أدنى مستوياتها في فصل الصيف، أما مكانياً فقد بلغت معدلات التعرية السنوية أقصاها في المناطق المرتفعة، بينما تناقصت وبلغت إلى أدنى مستوياتها في المناطق السهلية المنبسطة كما في الأجزاء الداخلية للحوض.

## 6- جمع البيانات

تم الحصول على بيانات مجموع المطر السنوي لمحطات منطقة الدراسة للفترة (2012-2021) في مديرية زراعة أربيل، وتم الحصول على نموذج الإرتفاعات الرقمية بدقة تمييزية 30 م من نوع (SRTM) في موقع (<http://earthexplorer.glovis.gov>)، ومرئية التوابع الإصطناعية من نوع (LandSat8) ذات دقة تمييزية 30 م، والتي تم الحصول عليها من الموقع (<http://usgs.glovis.gov>)، وتم تأشير تأريخ إنقطاعها في (الجدول 1)

جدول 1: مرئيات التوابع الإصطناعية من نوع (لانداست-8) دقتها التمييزية مع تواريخ إنقطاعها

ت	نوع المرئية	الدقة المكانية	تاريخ الإنقطاع
1	لانداست-8	30 متراً	2023 / 1 / 18, 2022 / 10 / 14, 2022 / 7 / 18, 2022 / 4 / 13

## 7- تطبيق نموذج (EPM) لتقدير معدلات التعرية السنوية

من بين النماذج التجريبية لتقدير معدلات التعرية المائية يعتبر نموذج (EPM) من النماذج المشهورة، إذ يقدر معدلات التعرية السنوية المحتملة في الأحواض المائية بوحدة (م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>). اقترح جافريلوفيتش أساسيات النموذج ثم عدل فيما بعد، جراء محاولات عدة من قبل مجموعة من الباحثين إلى أن وصل لصيغته الحالية. يتكون نموذج (EPM) من مجموعة من المتغيرات، حيث يشتمل على الخصائص البيئية المتمثلة بـ(قابلية التربة للتعرية، الغطاء الأرضي، تطور التعرية وشبكة الصرف، الانحدار) والخصائص المناخية كـ(معدل الحرارة ومجموع الأمطار السنوية)، ويمتاز النموذج عن غيره باحتوائه على معامل الحرارة كدالة إضافية لحساب معدلات التعرية المائية.

يقدر معدل التعرية السنوية في نموذج (EPM) حسب المعادلة الآتية<sup>(1)</sup>.

$$Wa = T \cdot H \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F \quad (1)$$

إذ إن:

$$Wa = \text{معدل التعرية السنوية (م}^3/\text{كم}^2/\text{سنة)}$$

$$T = \text{معامل الحرارة،}$$

$$H = \text{معامل التساقط المطري (ملم)}$$

$$Z = \text{معامل التعرية،}$$

$$F = \text{مساحة الحوض.}$$

## 8- حساب العوامل المكونة للنموذج

أ- معامل الحرارة (Temperature, T- coefficient)

إن درجات الحرارة كعامل في تعرية التربة لها تأثير ثانوي<sup>(2)</sup>، بغية إستخراج قيم معامل الحرارة لمنطقة الدراسة تم إستخدام أربع مرئيات من نوع (LandSat-8)، والمحدد تأريخ إنقطاعها (الجدول 1)، وذلك عن طريق إستخراج قيم درجة الحرارة السطحية لمنطقة الدراسة وفق المعادلتين الآتيتين<sup>(3)</sup>:

$$L\lambda = ML Qcal + AL \quad (2)$$

$$LST = K2 / \ln((K1 / L\lambda) + 1) - 273.15 \quad (3)$$

تبيّن من نتائج معادلات (2-4) و(الخريطة2) أن معدلات الحرارة الفصلية في منطقة الدراسة متباينة من فصل إلى آخر، حيث تراوح معدل درجات الحرارة في فصول الشتاء، الربيع والخريف بين 8.09-11.7 ، 14.25-25.5 و 15.1-29.9 م° وفي فصل الصيف بين 28.12-34.82 درجات، أما بالنسبة لمعامل درجات الحرارة، فكانت أدنى قيمه في فصل الشتاء وتراوحت بين 0.95-1.13، في حين ارتفعت قيمه في فصل الصيف وتراوحت بين 1.7-1.89.

ب- معامل التساقطات المطرية (Average annual precipitation, H-Coefficient)

جزئياً تعتبر تعرية التربة بسبب المياه مؤشر على خصائص هطول الأمطار، إذ تؤدي قوة إصطدام سقوط ماء القطر بالإضافة إلى المياه الجارية في المسابيل المائية في تأكل طبقات التربة السطحية ولاسيما الجرداء منها.

إذ إن:

$L\lambda =$  تحويل قيم البكسلات إلى الإشعاع (Radiance)

$ML^*$

$Qcal =$  الطبقة الحرارية في المرئيات،

$AL^*$

$LST =$  درجة الحرارة السطحية،

$K1$  و  $K2 = ML^*$

\*: القيم موجودة ضمن ملف مرئيات التتابع الإصطناعية

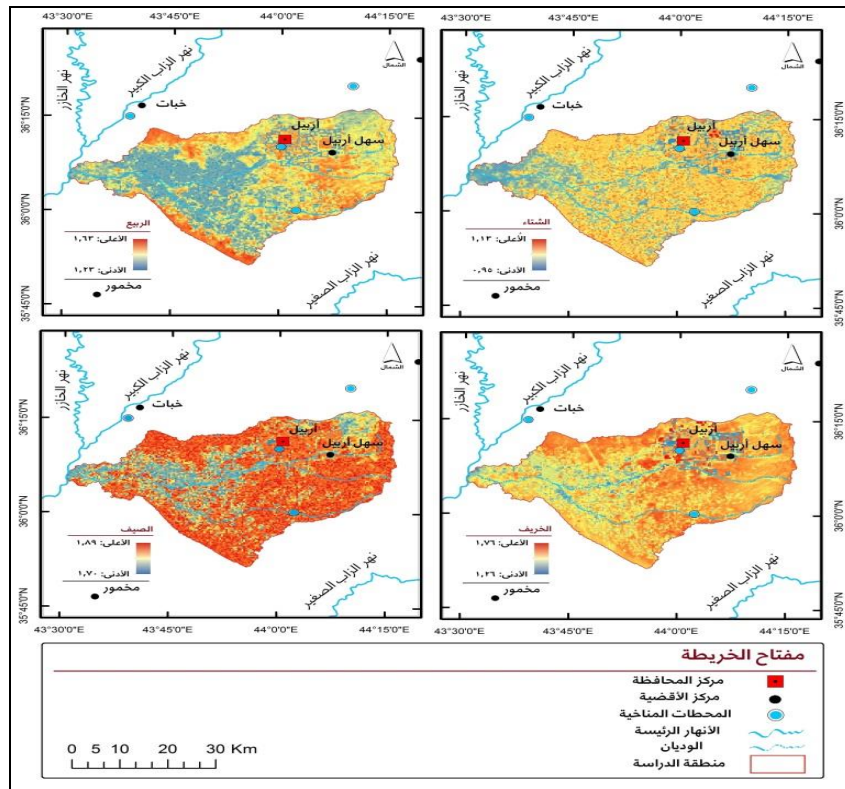
تحت إسم (MTL).

وبعد ما تم احتساب درجة حرارة سطح الأرض، يتم حساب معامل الحرارة وفق المعادلة الآتية (4):

$$T = \sqrt{T_o / 10 + 0.1} \quad (4)$$

إذ إن:

$T_o =$  متوسط الحرارة السنوية



الخريطة 2: قيم معامل الحرارة لفصول السنة في منطقة الدراسة

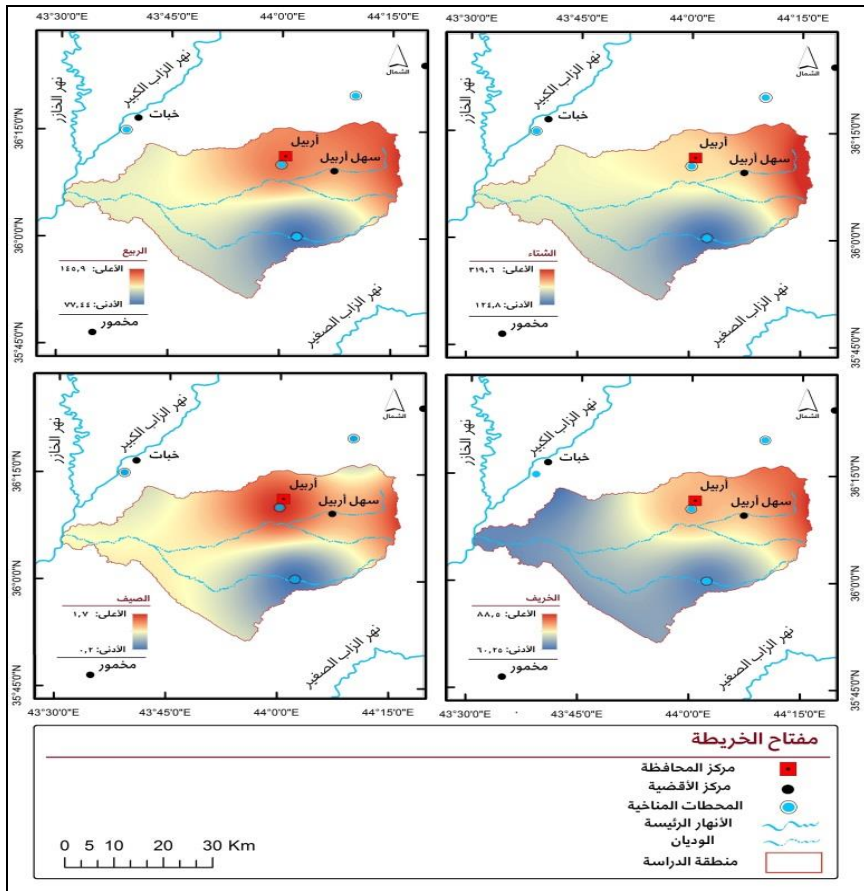
أما على مستوى الفصول، فتراوح مجموع الأمطار الفصلية في فصول الشتاء، الربيع والخريف بين 124.8 - 319.6، و 77.44 - 145.9 و 60.25 - 88.5 ملم على التوالي، في حين لم يتجاوز أعلى مجموع مطري لفصل الصيف 1.7 ملم (الجدول ٢) و(الخريطة ٣).

ففي هذه الدراسة، تم إستخراج قيم معامل التساقطات المطرية بإستخدام مجموع الأمطار السنوية في محطات (قوشتية، شورش، بستورة، خبات، أربيل ومخمور)، للسنوات (2012-2021) وقد تراوح مجموع الأمطار السنوية في المحطات بين 263.04 ملم في محطة قوشتية إلى 555.7 ملم في محطة شورش، وبمعدل بلغ 380.3 ملم (الجدول ٢) و(الخريطة ٣)،

جدول 2: مجموع الأمطار الشهرية والسنوية في محطات منطقة الدراسة

المحطات	ك1	ك2	شباط	ازار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت1	ت2	المجموع
قوشتية	49.1	51.5	24.2	50.4	19.04	7	0.2	0	0	6.1	21.3	34.2	263.04
شورش	95.2	127.1	97.3	72.1	55.5	18.3	1.7	0	0	11.6	24.7	52.2	555.7
بستورة	92.2	81.4	56.6	66.7	43.2	18.4	0.4	0	0	2.5	40.5	37.1	439
خبات	74.2	59.3	46.2	60.7	30.6	8.5	0.6	0	0	0.4	12.5	46.3	339.3
أربيل	67.2	68.1	58.4	60.3	45.7	17.1	1.3	0	0	2.8	24.1	48.2	393.2
مخمور	40.2	60.1	46.6	44.8	35.3	12.1	1.1	0	0	1.2	17.2	33.2	291.8

المصدر: وزارة الزراعة والمصادر المائية، مديرية زراعة أربيل، شعبة الإحصاء، بيانات الأمطار المتساقطة (ملم).



الخريطة 3: مجموع الأمطار الفصلي في محطات منطقة الدراسة

$Y =$  معامل قابلية التربة التعرية،  
 $Xa =$  معامل الغطاء الأرضي (حماية التربة)،  
 $\phi =$  معامل تطور التعرية وشبكة الصرف،  
 $Ja =$  متوسط إنحدار السطح (%).  
 ثم يتم تصنيف نتيجة معادلة (5) حسب الأصناف الواردة في  
 (الجدول 3)<sup>(6)</sup>

**ت- معامل التعرية (Erosion coefficient, Z)**  
 يشكل معامل التعرية الجزء الأساسي في نموذج (EPM)،  
 ويتكون من أربعة معاملات أساسية وهي (قابلية التربة للتعرية،  
 الغطاء الأرضي، تطور التعرية وشبكة الصرف ومتوسط  
 الانحدار)، ويستخرج المعامل حسب المعادلة الآتية<sup>(5)</sup>:  
 $Z = Y \cdot Xa (\phi + \sqrt{Ja})$  (5)

إذ إن:

جدول 3: مستويات معامل التعرية (Z) وقيمها

ت	مستوى التعرية	معامل التعرية	متوسط القيمة
1	شديد جداً	أكثر من 1	1.25
2	شديد	1-0.71	0.85
3	متوسط	0.70-0.41	0.55
4	قليل	0.40-0.20	0.30
5	قليل جداً	أقل من 0.19	0.10

الممارسات الداعمة فيها، وتكون درجة إنحدارها 5° وبطول  
 يبلغ 22 متراً<sup>(8)</sup>.

تتطلب معادلات حساب قيم معامل (Y) خصائص  
 متعددة للتربة، منها النسجة، المواد العضوية وخصائص أخرى،  
 وفي هذه الدراسة تم تطبيق معادلة (Sharpley and  
 Williams, 1990) لحساب معامل (Y) وصيغتها  
 كالآتي<sup>(9)</sup>:

**1- عامل قابلية التربة للتعرية ( Soil erodibility )  
 (coefficient, Y)**

تبين قيم عامل قابلية التربة للتعرية (Y) تأثير خصائص  
 التربة وخصائص مقدارها على تعرية التربة<sup>(7)</sup>. يتم تعريفه بأنه  
 عبارة عن متوسط التعرية السنوية لكل وحدة (R) الناتج عن  
 هطول الأمطار في الحالة الإعتيادية للتربة المكشوفة، وتكون  
 على منحدر تمت مؤخرًا حرارتها صعوداً ونزولاً دون تطبيق

$$K = [0.2 + 0.3 \exp(-0.0256 \text{San}(1 - \text{Sil}/100))] (\text{Sil}/\text{Cla} + \text{Sil}) 0.3 (1 - 0.25\text{C}/\text{C} + \exp(3.72 - 2.95\text{C})) (1 - 0.7\text{SN1}/\text{SN1} + \exp(-5.51 + 22.9 \text{SN1})) \quad (6)$$

ولإستخراج قيم معامل (Y) وحسابها تم إستخدام (15)  
 عينة من التربة (الخريطة 3) والمأخوذة من دراسة (أحمد،  
 2022)<sup>(10)</sup>، ثم تم تحويل قيم المواد العضوية عن طريقة الحرق  
 إلى الطريقة الرطبة حسب المعادلة الخطية التي إقترحتها دراسة  
 (خوشناو واسماعيل، 2020)<sup>(11)</sup> (الجدول 4).

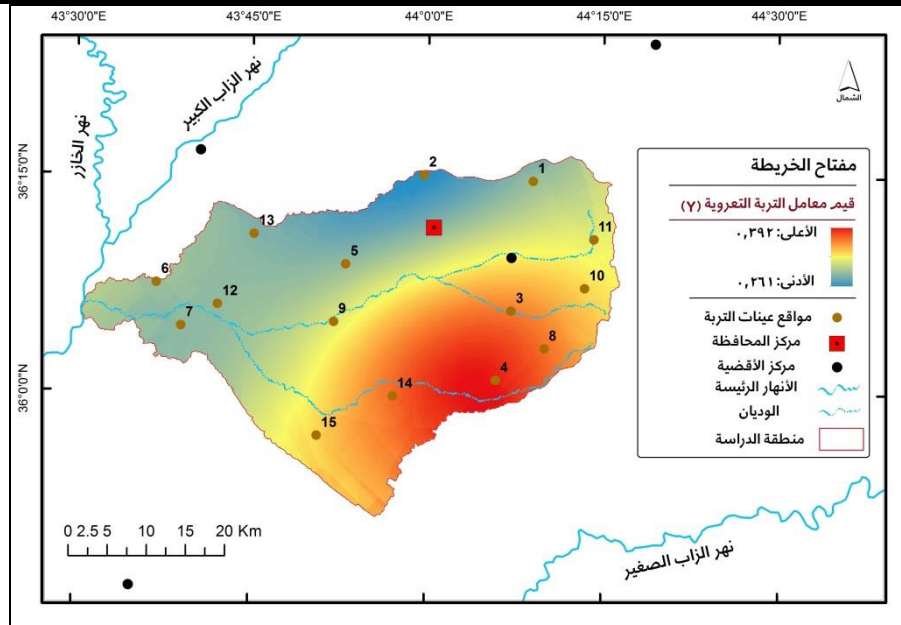
إذ إن:

$$\text{San, Sil, Cla} = \text{الجزئيات الرملية، الغرينية والطينية (\%)،}$$

$$\text{C} = \text{المواد العضوية (\%)، } \text{SN1} = 1 - (\text{الجزئيات الرملية}) / 100$$

جدول 4 : مفصولات التربة، المواد العضوية وقيم معامل (Y) لعينات التربة المأخوذة من دراسة (أحمد، 2020)

الرقم	خصائص التربة				قابلية التربة للتعرية حسب معادلة شاربلي ووليام، 1990
	الطين	الغرين	الرميل	المادة العضوية	
1	38	45	17	1.76	0.283
2	17	45	38	1.97	0.261
3	28	58	14	0.92	0.381
4	25	60	15	0.84	0.392
5	43	34	23	1.23	0.274
6	19	62	19	1.71	0.325
7	18	49	33	2.44	0.271
8	33	40	27	0.78	0.319
9	14	60	26	1.38	0.336
10	22	55	23	1.96	0.297
11	51	40	9	0.81	0.344
12	13	53	34	1.64	0.296
13	34	44	22	1.29	0.301
14	12	62	26	1.29	0.350
15	16	58	26	1.48	0.323
المتوسط					0.317



الخريطة 4: قيم عامل (K) لعينات التربة في منطقة الدراسة

الجارية وانتظامها والزيادة في نسبة الإرتشاح، فضلا عن كونه يحمي التربة من قوة اصطدام قطرات المطر. تم إعداد طبقة معامل الغطاء الارضي برسم استخدامات الأرض المختلفة (الخريطة 5) بإستخدام مرئيات التتابع الإصطناعية من نوع (لانداست- 8) (الجدول 1) وفق تصنيف الإحتمالية القصوى من برنامج (ArcGIS)، ثم يعطى كل نوع منها وزناً خاصاً (الجدول 7)، وتتراوح قيم المعامل في حوض هولير بين 0.1 في إستخدام المستوطنات إلى 0.9 لأراضي الجرداء.

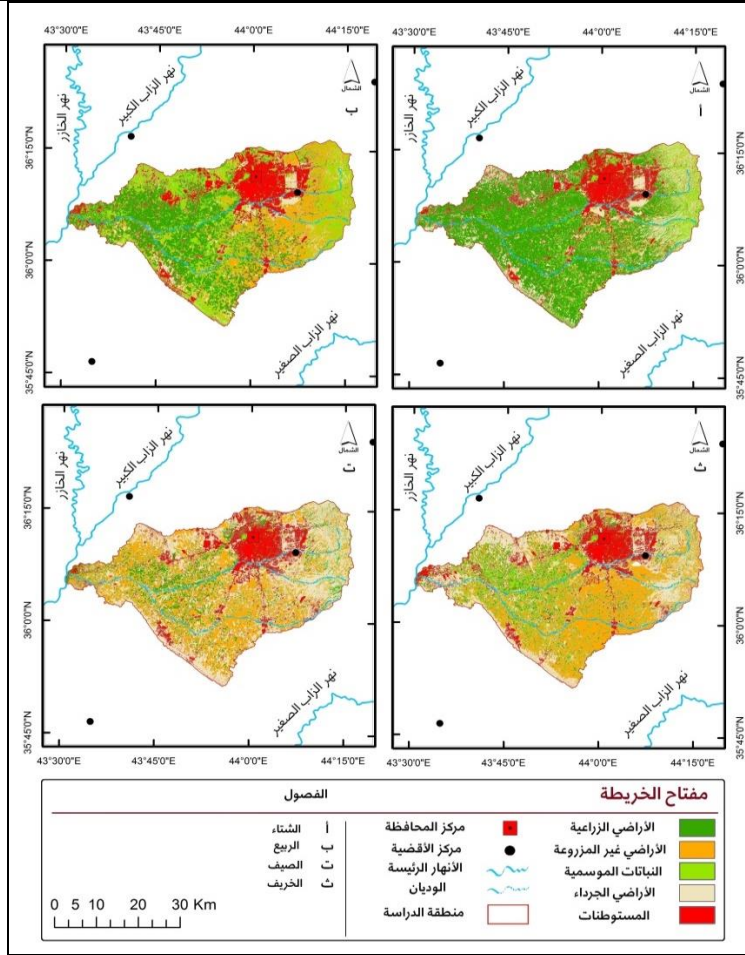
يتبين من (الجدول 4) و(الخريطة 4) بأن قيم عامل (Y) في منطقة الدراسة يتراوح بين 0.261-0.392 وبمتوسط بلغ 0.317، ويتبين من (الخريطة 4) إزدیاد قيم معامل التربة التعرؤية في الأجزاء الغربية نحو الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية.

## 2- معامل الغطاء الأرضي ( Soil protection coefficient, Xa

يترك نوع الغطاء النباتي وكثافته تأثيراً جلياً في حماية التربة من التعرؤية، إذ يتسبب الكثيف منه في تخفيف سرعة المياه

جدول 7: الأوزان الخاصة بإستخدامات الأرض لمنطقة الدراسة

نوع الإستخدامات	C	المصادر
المستوطنات البشرية	0.18	Dragicevic, N., Op. cit., p. 46 (12)
الأراضي الزراعية	0.45	Berteni, F and Grossi, G., 2020, p.11 (13)
المراعي قليلة الكثافة	0.45	
الأراضي غير مزروعة	0.9	Marko, O. et al., 2022, 19 (14)
الأراضي الجرداء	0.9	Zorn, M. and Komac, B., 2009, p. 40 (15)



الخريطة 6: إستخدامات الأرض في منطقة الدراسة

### 3- معامل تطور التعرية وشبكة الصرف (Erosion Development coefficient, $\Phi$ )

#### Development coefficient, $\Phi$

خلال العقود الأخيرة، تم تحليل كثافة الصرف للكشف عن العلاقة بينها وبين العديد من العوامل، مثل تعرية التربة وقابلية التربة للتعرية، وكذلك كمية الرواسب (16)، هناك ترابط وثيق بين كثافة الصرف وكمية التعرية المائية، وأكدت دراسة (Clubb et al, 2016) (17) وجود علاقة إيجابية متسقة بين كثافة الصرف ومقدار التعرية في مناطق عدة كانت تكويناتها

الصخرية وخصائصها المناخية متباينة وغير متشابهة. تم حساب معامل تطور التعرية وشبكة الصرف وفق المعادلة (7) (18)، ثم صنفت نتائج المعادلة حسب طريقة الفواصل الطبيعية (Natural Breaks- Jenks) مع إعطاء وزن لكل صنف وفق الأوزان الواردة في (الجدول 8)

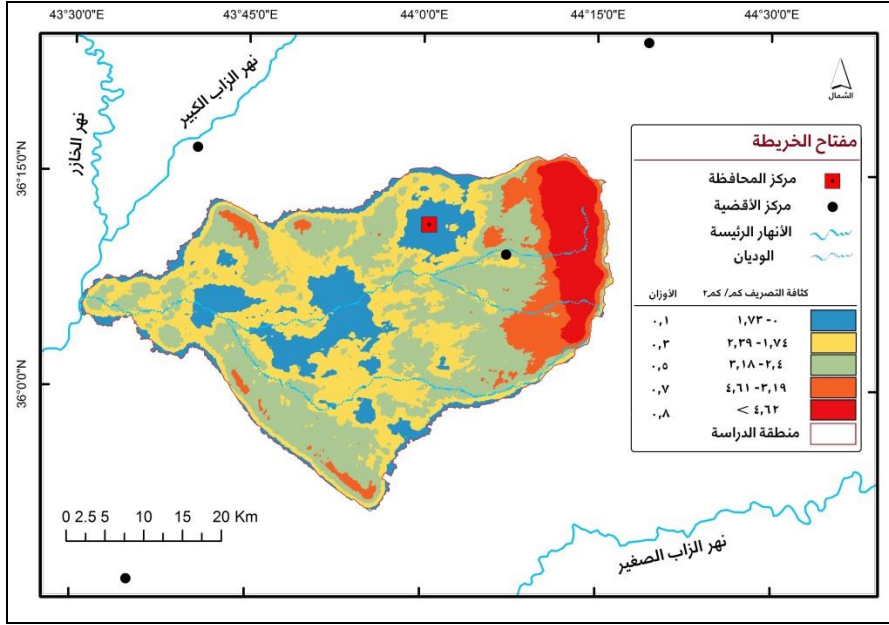
$$Dd = \sum L / A \quad (7)$$

إذ إن:

، = مجموع أطوال الجداول النهرية في الحوض (كم)  $\sum L$



= مساحة الحوض (كم<sup>2</sup>). A.



الخريطة 7: قيم معامل تطور التعرية وشبكة الصرف في حوض هولير

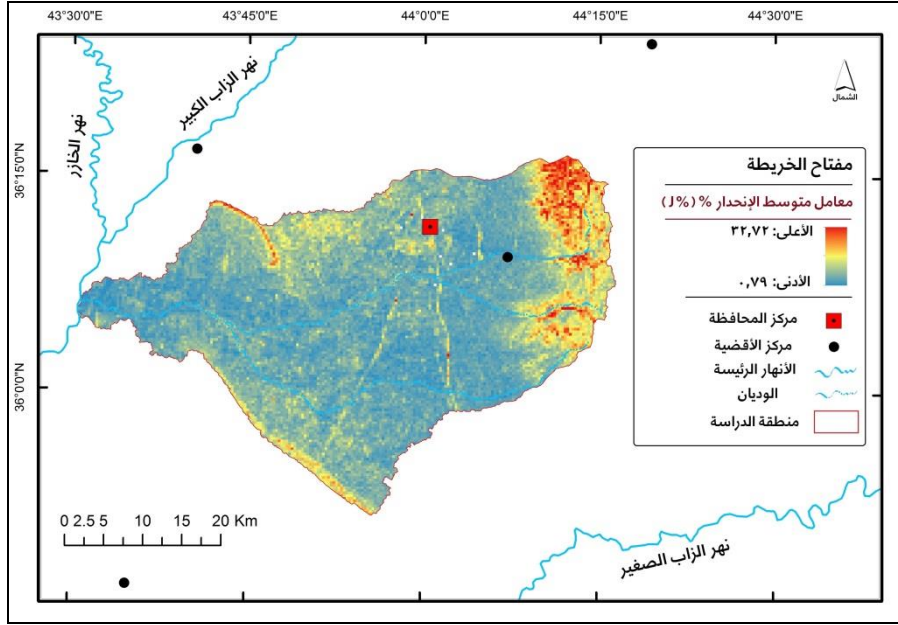
جدول 8: أصناف كثافة التصريف والأوزان الخاصة بها

ت	أصناف كثافة التصريف (كم <sup>2</sup> /كم)	الأوزان
1	1.73 - 0	0.1
2	2.39 - 1.74	0.3
3	3.18 - 2.4	0.5
4	4.61 - 3.19	0.7
5	4.62 فأكثر	0.8

#### 4- متوسط الانحدار ( Slope average % ) (coefficient, Ja)

لمتوسط الانحدار تأثير إيجابي واضح على قابلية التربة للتعرية ومعدلات التعرية (19)، تم إعداد طبقة متوسط الانحدار باستخدام نموذج الإرتفاعات الرقمية من نوع (SRTM) ذات دقة تمييزية 30م، وخلافا للمعاملات الأخرى فإن معامل متوسط الانحدار بجانب معامل التساقطات المطرية يدخل مباشرة إلى النموذج دون إعطاءهما أوزاناً خاصة (20).

يتبين من (الخريطة 7) و(الجدول 8) أن قيم معامل تطور التعرية وشبكة الصرف في حوض هولير تراوحت بين 0.1-0.8 وبمتوسط بلغ 0.4، وتجمعت القيم المرتفعة في الأجزاء الشرقية لاسيما في مرتفعات شربوت وتقل قيم المعامل في الأجزاء الوسطى للحوض كما في سهلي هولير وقراج، وهذه النتيجة تشير إلى درجة تأثير المعامل على معدلات التعرية السنوية المحتملة، إذ ازدادت معدلاتها بالإتجاه الشرقي والجنوبي الشرقي لمنطقة الدراسة.



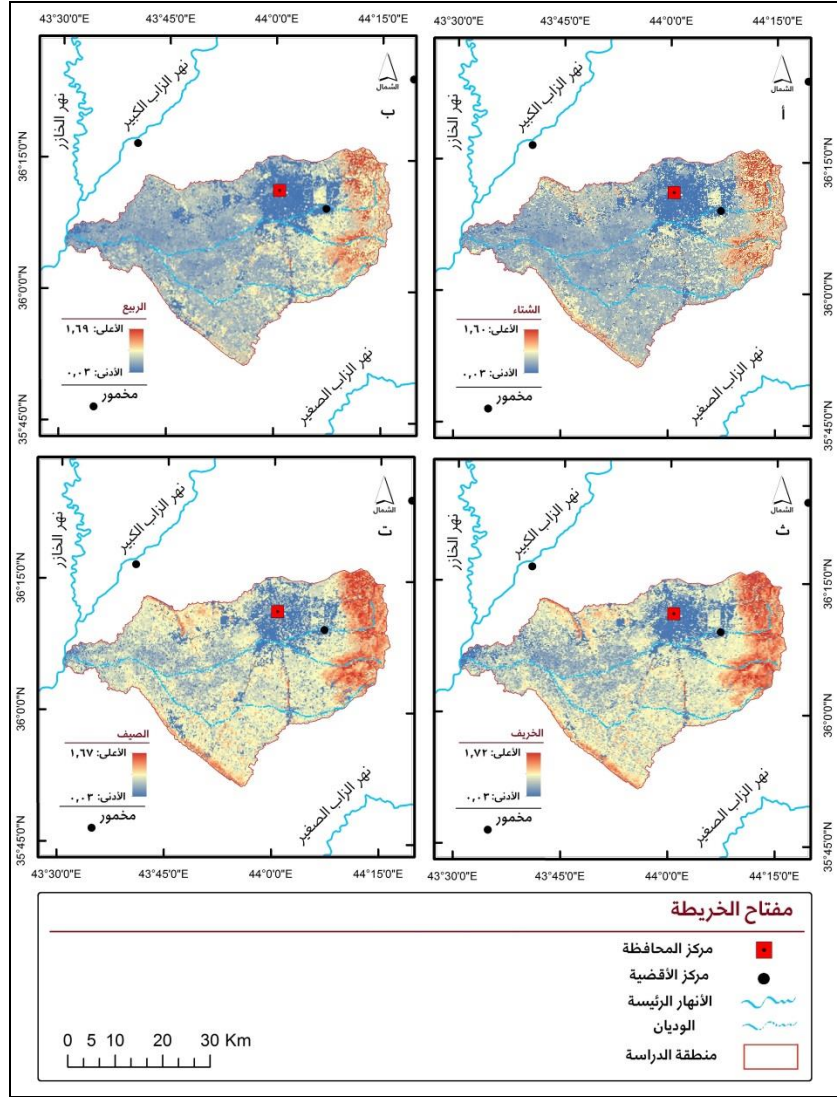
الخريطة 8: قيم متوسط الإنحدار (%) لمنطقة الدراسة

في فصلي الربيع والصيف وتراوحت بين 0.03- 1.69 و 0.03- 1.67 لكل منهما على التوالي، في حين تميزت قيم المعامل في فصل الخريف بأنها مرتفعة وبلغت أقصى قيمها 1.72.

كما ودلت نتائج (الخريطة 9) أن قيم معامل التعرية (Z) لا تظهر التباينات الزمانية ولا ذات دلالة واضحة على مقدار التعرية على مدار فصول السنة، وذلك لعدة أسباب أخذ مجموع الأمطار السنوية فيها في الحسبان، إذ وإن كانت كميات التعرية في فصل الشتاء يتميز بأنها عالية، لكن بحسب النتائج سجل فصل الشتاء أقل القيم من بين الفصول السنة الأربعة.

تبين من (الخريطة 8) أن متوسط درجات الإنحدار تفاوتت في منطقة الدراسة من منطقة لأخرى، إذ كانت القيم مرتفعة في مرتفعات شربوت وبلغت 32.72%، في حين قلت القيم في الأجزاء الوسطى لمنطقة الدراسة، حيث وفي العموم لا تتجاوز 7%.

بعد استخراج قيم المعاملات الأربعة المكونة لمعامل (Z)، تم حساب معامل التعرية (Z) (الخريطة 9)، وذلك بتطبيق (المعادلة 5) للفصول السنة الأربعة، وحسب نتائج المستحصلة تقاربت قيم المعامل في الفصول الأربعة للسنة، إذ تميز فصل الشتاء من بين الفصول السنة بأنها أقل الفصول قيمة وتراوحت قيمه بين 0.03- 1.6، وازدادت قيم معامل التعرية



الخريطة 9: قيم معامل التعرية (Z) لفصول السنة في منطقة الدراسة

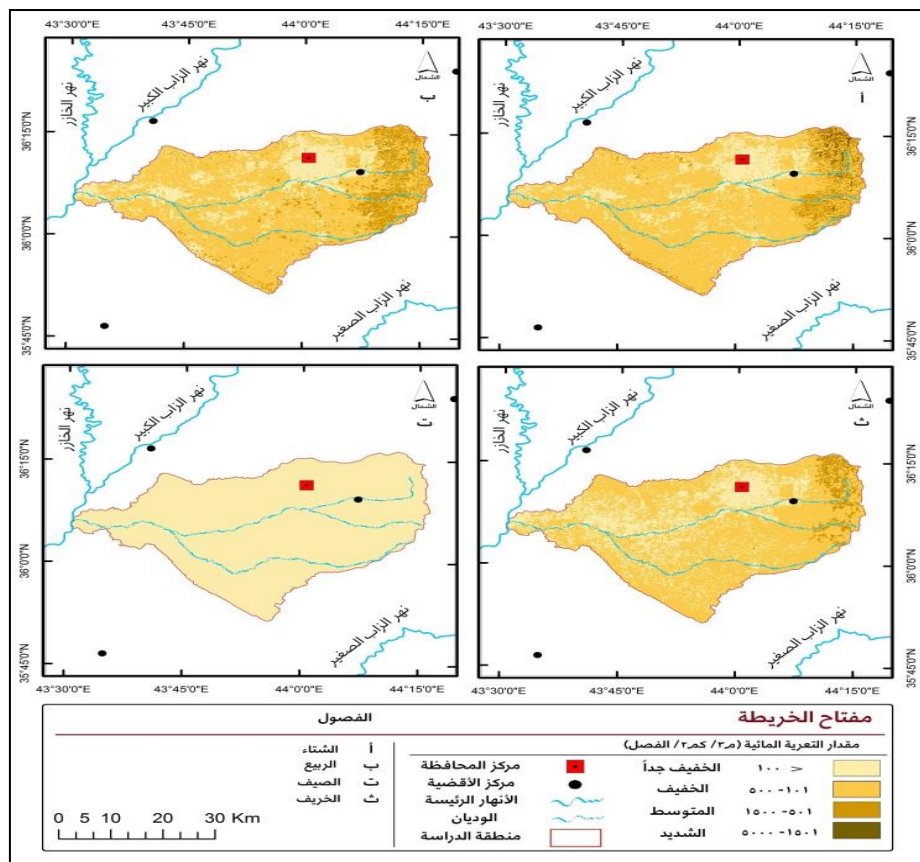
وبمعدل بلغ 264.49 و 207.8 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup> لكل منهما على التوالي، وقل المعدل في فصل الخريف وتراوح بين -1.75 و 14.792 وبمعدل بلغ 163.8 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>، في حين انخفض معدل التعرية السنوية المحتملة إلى أدنى مستوياته في فصل الصيف، إذ بلغ أعلى معدل التعرية السنوية المحتملة فيه 64.12 وبمعدل بلغ 4.2 م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup> (الجدول 9) و(الخريطة 10).

## 9- النتائج والمناقشة

بعد إعداد الطبقات المكونة لنموذج (EPM) تم تطبيق (معادلة 1) على مستوى السنة وفصولها الأربعة كلا على حدة، ثم صُنفت نتائجها حسب دراسة (Elaloui et al, 2023, p. 8)<sup>(21)</sup> (الخريطة 10)، وأظهرت النتائج تفاوت حاد في معدل التعرية السنوية المحتملة على مستوى فصول السنة، إذ تراوحت معدل التعرية السنوية المحتملة في فصلي الشتاء والربيع بين 4.59 - 2090.15 و -2.98 - 1629.81

جدول 9: التوزيع المساحي لمستويات التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) حسب الفصول والسنة في حوض هولير

الفصول/ السنة	مساحة مستويات التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) ب ( $\text{كم}^2$ )				
	الخفيف جداً	الخفيف	المتوسط	الشديد	كمية التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3$ )
الشتاء	344.13	1127.1	209.47	14.9	2090.15 - 4.59
%	20.29	66.47	12.35	0.87	100
الربيع	398.34	1109.5	187.6	0.16	1629.81 - 2.98
%	23.49	65.43	11.06	0.009	100
الخريف	516.77	1109.9	68.93	-	792.14 - 1.75
%	30.47	65.45	4.06	-	100
الصيف	1695.6	-	-	-	12.64 - 0.01
%	100	-	-	-	100
السنة	219.4	371.82	869.53	234.85	4231.01 - 9.5
%	12.93	21.93	51.28	13.85	100



الخريطة 10: مستويات التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) حسب فصول السنة في حوض هولير

فيما يتعلق بمستويات التعرية السنوية المحتملة زمانياً، فبلغ المستوى الخفيف جداً في فصل الصيف 100 %، ويأتي المستوى الخفيف جداً في فصل الخريف في المرتبة الثانية وبلغت مساحته فيه  $516.77 \text{ كم}^2$  بنسبة بلغت 30.47 %، وقلت مساحة المستوى في فصلي الربيع والشتاء وبلغت  $344.13 \text{ كم}^2$  و  $398.34 \text{ كم}^2$  بنسبة بلغت 20.29 % و 23.49 % لكل منهما على التوالي، أما على صعيد السنة فمساحة المستوى أقل مقارنة بمساحته في فصول السنة ولا تزيد عن  $219.4 \text{ كم}^2$  بنسبة بلغت 12.93 % (الجدول 9) و(الخريطة 10).

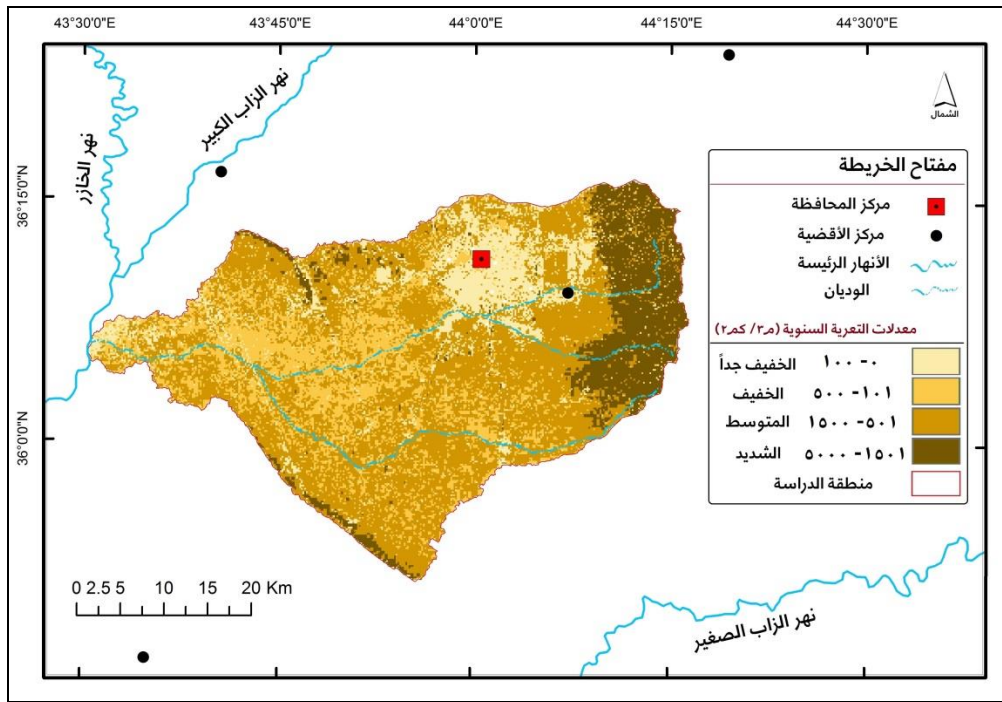
فيما يتعلق بمستويات التعرية السنوية المحتملة زمانياً، فبلغ المستوى الخفيف جداً في فصل الصيف 100 %، ويأتي المستوى الخفيف جداً في فصل الخريف في المرتبة الثانية وبلغت مساحته فيه  $516.77 \text{ كم}^2$  بنسبة بلغت 30.47 %، وقلت مساحة المستوى في فصلي الربيع والشتاء وبلغت  $344.13 \text{ كم}^2$  و  $398.34 \text{ كم}^2$  بنسبة بلغت 20.29 % و 23.49 % لكل منهما على التوالي، أما على صعيد السنة فمساحة المستوى أقل مقارنة بمساحته في فصول السنة ولا تزيد عن  $219.4 \text{ كم}^2$  بنسبة بلغت 12.93 % (الجدول 9) و(الخريطة 10).

بلغت مساحة المستوى في الخريف 68.93 كم<sup>2</sup> بنسبة بلغت 4.06 %، أما على مستوى السنة، فتميزت المستوى المتوسط بكون مساحته وبلغت أكثر من نصف مساحة مستويات التعرية السنوية المحتملة جميعاً.

فيما يخص المستوى الشديد، فعلى مستوى الفصول فلم يظهر إلا في فصلي الشتاء والربيع وبلغت مساحته 14.9 و 0.16 كم<sup>2</sup> بنسبة بلغت 0.87 و 0.009 % على التوالي، لكن ازدادت مساحته على مستوى السنة وبلغت 234.85 بنسبة بلغت 13.85 % (الجدول 9) و(الخريطة 10).

وكان المستوى الخفيف أكثر المستويات مساحة، إذ شكل ما يقارب ثلثي مساحة مستويات التعرية السنوية المحتملة في فصول الشتاء، الربيع والخريف، لكن قلت مساحة المستوى على صعيد السنة ولا تشكل سوى خمس مساحة المستويات.

أما بالنسبة لمستوى المتوسط من مستويات التعرية السنوية المحتملة (م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>) فتفاوتت مساحته في فصل لآخر، حيث بلغت مساحة المستوى في فصلي الشتاء والربيع ثلاثة أضعاف مساحته في فصل الخريف، إذ بلغت 209.47 و 187.6 كم<sup>2</sup> بنسبة بلغت 12.35 و 11.06 % لكل منهما توالياً، في حين



الخريطة 11: معدلات التعرية السنوية المحتملة (م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>) في حوض هولير

الأمطار السنوية في الأجزاء الشرقية لمنطقة الدراسة، فكانت معدلات تعريتها المئوية عالية وبلغت إلى أقصى كميات، ففي فصلي الشتاء والربيع تراوحت معدلات التعرية السنوية المحتملة في الأجزاء الشرقية لحوض هولير وتحديداً في مرتفعات شربوت بين 501 - 1500 فأكثر (م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>)، في حين عموماً تراوحت معدلات التعرية السنوية المحتملة في الأجزاء الجنوبية بين 101 - 500 (م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>)، وهي أقل بثلاثة أضعاف فأكثر مقارنة بمعدلات التعرية السنوية المحتملة في الأجزاء الشرقية.

وتأثرت قيم التعرية السنوية المحتملة مكانياً بعدة عوامل ولعل من أهمها مجموع الأمطار السنوية، درجات الإنحدار وخصائص الأرتفاع، فمن حيث مجموع الأمطار السنوية تراوحت في حوض هولير أقل من 300 ملم في جنوبي منطقة الدراسة كما في محطتي قوشنبة ومخمور، إذ بلغ مجموع الأمطار السنوية فيهما 263.04 و 291.8 ملم لكل منهما على التوالي إلى نحو أكثر من 500 ملم في الشرق، وقد ترك هذا التفاوت أثره على تفاوت مقدار التعرية السنوية المحتملة (م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>) في الأجزاء منطقة الدراسة المختلفة، إذ بسبب زيادة مجموع

**10-** علاقة الارتباط بين معدلات التعرية السنوية المحتملة والمعاملات المكونة للنموذج (EPM) لأجل الكشف عن علاقة الارتباط بين معدلات التعرية السنوية المحتملة ( $m^3/كم^2$ ) والمعاملات المكونة للنموذج (EPM) ومعدل الارتفاع، صُنفت طبقة معدلات التعرية السنوية المحتملة (EPM) إلى 45 صنفاً، ثم زُودت الأصناف بمعدلات الارتفاع (م)، معامل التعرية (Z)، معامل التساقط المطري (ملم) ومعامل الحرارة، وأظهرت النتائج أن العلاقة بينهما هي علاقة إيجابية وذات دلالة إحصائية، ويمكن الإشارة إليها في النقاط التالية:

أظهرت نتائج تطبيق معامل الارتباط وجود علاقة قوية جداً بين معدلات التعرية السنوية المحتملة وكل من معامل التعرية (Z) (Z)، معدل الارتفاع والتساقط المطري (H)، إذ بلغت قيم معامل الارتباط بينهما 0.990، 0.959 و0.924 على التوالي (الجدول 10).  
على غرار معاملي التعرية والتساقط المطري كان لمعدل الارتفاع درجة التأثير قوية على معدلات التعرية السنوية المحتملة ( $m^3/كم^2$ ) أيضاً، حيث بلغت درجة تأثيره 0.918.

أما فيما يتعلق بمتوسط درجات الإنحدار وكما تبين من الخريطة (8) يتباين متوسط درجات الإنحدار في منطقة الدراسة بين الإنحدار الطفيف في الأجزاء الوسطى والجنوبية لمنطقة الدراسة والتي هي أقل من 7٪، في حين ازداد متوسط الإنحدار في المناطق الشرقية في مرتفعات شربوت وفي أقصى الحدود الجنوبية الغربية في مرتفعات زوركة زراو، وتراوح متوسط الأنحدار فيهما من 9-32.7٪ في مرتفعات شربوت و 7-16.9٪ في زوركة زراو، وقد أثر هذا التباين في معدلات التعرية السنوية المحتملة في حوض هولير، إذ بسبب زيادة متوسط درجات الإنحدار في الأجزاء الشرقية كانت معدلات التعرية السنوية المحتملة مرتفعة هناك، لكن بيّنت التباينات الزمانية لمعدلات التعرية السنوية المحتملة أن تأثير متوسط درجات الإنحدار على معدلات التعرية السنوية المحتملة أقل مقارنة بمجموع الأمطار السنوية، حيث بسبب قلة مجموع الأمطار السنوية في فصل الخريف لا تظهر مستوى التعرية السنوية المتوسطة ناهيك عن المستوي الشديد ( $m^3/كم^2$ ) في مرتفعات زوركة زراو، رغم كونه متوسط الإنحدار.

**جدول 10:** قيم علاقة الارتباط بين معدلات التعرية السنوية المحتملة والمعاملات المكونة لنموذج (EPM) في حوض هولير

الخصائص	Wa	Z	H	T	R
التعرية السنوية المحتملة (Wa)	1				
معامل التعرية (Z)	0.990	1			
معامل التساقط المطري (H)	0.924	0.924	1		
معامل الحرارة (T)	0.337	0.391	0.254	1	
معدل الارتفاع (R)	0.959	0.964	0.985	0.332	1

**جدول 11:** قيم درجة التأثير بين معدلات التعرية السنوية المحتملة ( $m^3/كم^2$ ) والمعاملات المكونة لنموذج (EPM) ومعدل الارتفاع (م)

الخصائص	R2 المعدل (درجة التأثير)	القيم الاحتمالية
معامل التعرية (Z)	0.981	0.000
معامل التساقط المطري (H)	0.851	0.000
معامل الحرارة (T)	0.09	0.024
معدل الارتفاع (م)	0.918	0.000

بمعدل بلغ 264.49، في حين قلت معدلات التعرية السنوية في فصل الصيف ولا تزيد عن  $12.64 \text{ (م}^3/\text{كم}^2\text{)}$ .  
بيّنت الدراسة وجود علاقة ارتباط قوية جداً بين معدل التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) ومعامل التعرية (Z)، معامل التساقطات المطرية ومعدل الإرتفاع (م)، إذ فحسب النتائج لا تقل قيم معامل الإرتباط بينهما عن 0.924.  
أظهرت نتائج عملية الإنحدار الخطي تفاوت درجة التأثير المعاملات المكونة لنموذج (EPM)، حيث امتاز معامل الحرارة بكونه ذو درجة التأثير ضعيفة جداً على معدلات التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ )، بينما كانت درجة التأثير لمعامل التعرية والتساقطات المطرية قوية وبلغت 0.851 و 0.981 لكل منهما على التوالي.

دلت نتائج عملية الإنحدار الخطي على وجود علاقة إرتباط معنوية إحصائياً بين معدلات التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) ومعامل التعرية والتساقط المطري ومعدل الإرتفاع، إذ لا تجاوزت القيمة الإحصائية (p-value) بينهما الحد المسموح به 0.05 (الجدول 11).

### المقترحات

1- تفتقر منطقة الدراسة لمحطات قياس عناصر المناخ، واقترحت الدراسة زيادة في عدد محطات مناخية وتزويدها بالأجهزة المتطورة والدقيقة.  
تقدير معدلات التعرية السنوية في منطقة الدراسة من خلال تطبيق نماذج إحصائية أخرى مثل نموذج (RUSLE).

### المصادر

- Zorn, Matija and Komac, Blaz, (2009). "Response of Soil Erosion to Land Use Change with Particular Reference to the Last 200 Years (Julian Alps, Western Slovenia)", *Revista de geomorfologie*, vol. 11, p. 40.  
Krusekopf, H., (1943). "The effect of slope on soil erosion", *Research Bull.* 363, Missouri, p. 5.  
Artis, D., and Carnahan, W., (1982) "Survey of Emissivity Variability in Thennography of Urban Areas", *Remote sensing of Environment*, Vol. 12, p. 315.

تشير نتائج عملية الإنحدار الخطي إلى وجود علاقة إرتباط معنوية من الناحية الإحصائية بين معدلات التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) ومعامل التعرية والتساقط المطري ومعدل الإرتفاع، إذ أن القيمة الإحصائية (p-value) بينهما أقل من 0.05 (الجدول 11).

بيّنت نتائج عملية الإنحدار الخطي أن معاملات المكونة لنموذج (EPM) تشارك بدرجة متفاوتة في التباين المكاني لمعدلات التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ )، إذ كانت درجة التأثير لمعامل التعرية (Z) والتساقط المطري (H) قوية وبلغت 0.851 و 0.981 على التوالي، بينما امتاز معامل الحرارة بكونه ذو درجة التأثير ضعيفة ولم تتجاوز 0.09 (الجدول 11)

### النتائج

توصلت الدراسة إلى جملة من الإستنتاجات يمكن تلخيصها في النقاط الآتية:

يعد معامل التساقط المطري (H) أحد أهم المعاملات المكونة الرئيسة لنموذج (EPM)، إذ يؤثر على نتائج النموذج بشكل كبير، وتراوح قيمته بين 263.04 - 555.7 ملم.

1- تزداد قيم معامل التربة للتعرية بالتوجه من الأجزاء الغربية نحو الأجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية، وهذه النتيجة تأتي موافقة مع نتائج معدلات التعرية السنوية المحتملة، إذ ازدادت معدلاتها بالإتجاه الشرقي والجنوبي الشرقي.

2- تراوحت قيم معامل تطور التعرية وشبكة الصرف في حوض هولير بين 0.1 - 0.8 وبمتوسط بلغ 0.4.

أكدت الدراسة أن قيم معامل التعرية (Z) لوحدها لا تكون دلالة واضحة على مقدار التعرية السنوية المحتملة ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ ) ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة.

تراوحت معدلات التعرية السنوية في منطقة الدراسة بين 9.5 - 4231.01 بمعدل بلغ 880.5 ( $\text{م}^3/\text{كم}^2$ )، أما على مستوى فصول السنة الأربعة، فسجل فصل الشتاء أعلى معدلات التعرية السنوية وتراوح بين 4.59 - 2090.15

- Berteni, F and Grossi, G., (2020). "Water Soil Erosion Evaluation in a Small Alpine Catchment Location in Northern Italy.", *Geosciences*, 10, 386, p. 11.
- Marko, O., Gjipalaj, J., and Shkodrani, N. (2022). "Application of the Erosion Potential Method in Vithkuqi Watersheds (Southeasterd Albna).", *Journal of Ecological Engineering*, 23(4), 17–24.
- Zorn, Matija and Komac, Blaz, Op. cit.
- Dragicevic, Nevena, Karleusa, B, and Ozanic, N., (2019). "Different Approaches to Estimation of Drainage Density and Their Effect on the Erosion Potential Method.", *Water*, 11, p. 1.
- Clubb, F., Mudd, S., Attal, M., Milodowski, D., and Grieve, Sh., (2016). "The relationship between drainage density, erosion rate, and hilltop curvature: Implications for sediment transport processes", *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, p. 1741.
- Horton R. E., (1945). "Erosional development of streams and their drainage basins Hydrological approach to quantitative morphology", *Geol. Sco., Am. bull.*, Vol 56, p. 283.
- Cerda, A. and Garcia- Fayos P., (1997). " The influence of slope angle on sediment, water and seed losses.", *Geomorphology*, Vol. 18, p. 77.
- Stefanidis, S., (2011). "Estimation of the Mean annual Sediment Discharge in Fire Affected Watershed", *Silva Balcanica*, Vol. 12, No. 1, pp. 91-96.
- 21- Elaloui, A., et al., (2023) "Soil Erosion under Future Climate Change Scenarios in a Semi-Arid Region", *Water* 2023, 15, 146. <https://doi.org/10.3390/w15010146>.
- Dragicevic, N., (2016) "Model for Erosion Intensity and Sediment production Assessment based on Erosion Potential Method Modification", PhD thesis, Faculty of Civil Engineering, Univ. of Rijeka, Rijeka, p. 43.
- Fanetti, D. and Vezzol, L.,(2007). "Sediment input and evolution of lacustrine deltas: The Breggia and Greggio rivers case study (Lake Como, Italy)", *Quaternary International*, p. 117.
- Dragicevic, N., .Op. cit., p 45.
- Renard, K. G., Foster, G. A., Weesies, D. K., Mccool, and Yoder, D. C., (1997). "Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).", *Agricultural Handbook No. 703*, p. 71.
- Wischmeer, W.H., Smith, D.D., (1978). "Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning", *Agriculture Handbook No. 537*, p.8.
- Sharply, A. N. and Williams, J. R. ,(1990). "EPIC-Erosion/ Productivity Impact Calculator, 1. Model Documentation", *Technical Bulletin, No. 1768*, p.26.
- أحمد، إيمان محمد حسن (2022) "الخصائص الهيدرولوجية لترب حوض أربيل", رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الآداب- جامعة الموصل, الموصل، ص 80 و 84 (غير منشورة).
- Khoshnaw, M.A., and Esmail, A.O., (2020). "Comparison between organic matter content of main soil orders in Kurdistan region using two different methods ", *Iraqi Journal of Agricultural Sciences :51(Special Issue)*, p. 1.
- Dragicevic, N., Op. cit., p. 46.



شیکردنه و هیهکی جوگرافی بۆ جیاوازی شونینجینی و کاتی دامالینی ناوی به بهکارهینانی مؤدیلی (EPM) له ناوژیلێ ههولیر

پوخته

کرداری خهملاندنی دامالینی ناوی و دیاریکردنی ناستهکانی بهکێکه له ریکاره بنههتیهکانی بهرینهبردنی ناوژیلێ رووبارییهکان، دهکرتیت له ریکهیهوه توندی دامالینی ناوی ناستهکهی دیار بکرتیت له چوارچێوهی ناوژیلێ رووبارییهکان و پاشان ریکارهکانی پاراستن بۆ کهمکردنهوهی پرو شونینهوارهکانی بگهیهیه. به مهیهستی زانیی مهودای توانستی پراکتیزهکردنی مؤدیلێ نامارییهکان به بهکارهینانی داتای کیومالی و داتاکانی ههستکردن له دور له چوارچێوهی ژینگهیه بهرنامهی سېستهمی زانیارییه جوگرافیهکان (ArcGIS) بۆ درخستنی جیاوازی شونینجینی و کاتی تیکرای دامالینی ناوی (م<sup>3</sup>/کم<sup>2</sup>) نهم توێژینهوهیه نامانجیهتی به پراکتیزهکردنی هاوکیشهی نمونهی (EPM) پری تیکرای دامالینی ناوی نهگهیهی له ناوژیلێ ههولیر له چوارچێوهی چواروهرزی سالدا دیار بکات، توێژینهوهکه دوپاتی نهوه دهکات توێژکردنی دامالینی ناوی به بهکارهینانی نمونهی (EPM) ریکهیهکی کارایه له دیارکردنی تیکرای دامالینی ناوی و ناستهکانی، توێژینهوهکه به چهندین دهرنهجام گهیشته له گرنگترینیان: بههای تیکرای دامالینی ناوی سالانه به گویرهی نمونهی (EPM) له ناوچهی توێژینهوه له نیوان 9.5- 4231.01 به تیکرایهک گهیشتهته 880.5 م<sup>3</sup>/کم<sup>2</sup>، وه دهرنهجامی هاوکۆلکهی لکاوی پهیهههندییهکی زور بههیزی له نیوان تیکرای دامالینی سالانهی نهگهیهی و ههیهک له هاوکۆلکهکانی دامالین (Z)، دابارین و ناوهندی بهرزی درخست، به جوړیک بههای هاوکۆلکهی لکاوی نیوانیان زیاتره له 0.924 .

کلێله وشه: دامالینی خاک، دامالینی سالانهی نهگهیهی، نمونهی (EPM)، سستهمی زانیارییه جوگرافیهکان و داتای ژمارهیی.

GEOGRAPHIC ANALYSIS OF SPATIOTEMPORAL VARIATION OF WATER EROSION USING (EPM) MODEL IN HAWLER BASIN

ASO SWAR NAMIQ and HOZAN SADIQ MAWLOOD

Dept. of Geography, College of Arts, Salahaddin University, Kurdistan Region-Iraq

ABSTRACT

Estimating water erosion is one of the basic measures for the watersheds management, through which is possible to determine the intensity of water erosion and its levels within the watersheds, and then apply conservation measures to reduce its amounts and mitigate its effects. In order to expose the efficiency of the application of statistical models by employing field and remote sensing data in the Geographic Information Systems (ArcGIS) environment to show the spatiotemporal variation of water erosion rates ( $m^3/km^2$ ), the study aims to apply the (EPM) model to estimate potential water erosion rates in the Hawler Basin throughout the four seasons of the year, the study confirmed that the study of water erosion using the statistical model is an effective method for estimating potential annual rates of erosion and determining their levels. The study reached a set of conclusions, the most important of which are: The values of annual erosion rates according to the (EPM) model ranged in the study area between 9.5-4231.01 with an average 880.5 ( $m^3/km^2$ ), and the results of applying the correlation coefficient showed a very strong relationship between potential annual rates of erosion and each of the erosion coefficient (Z), total annual rainfall and mean elevation, as the values of the correlation coefficient between them exceeded 0.924.

KEYWORDS: Soil erosion, potential annual erosion, EPM model, GIS and digital data.