ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

Kaljan Khalil Majeed Qanbar Al-Bayati

College of Education for Human Sciences, Tikrit University

* *Corresponding author: E-mail* :
Kaljan.k.majeed@tu.edu.iq

Employing Geomatics Techniques to Quantitatively Assess Water Erosion in the Wadi Qala Golan Basin Based on the GAVRILOVC (EPM) Model

Keywords:
water erosion,
geographic information systems,
Gavrilovic model.

A R T I C L E I N F O

Article history:

Received	25 Nov 2023
Received in revised form	20 Jane 2024
Accepted	22 Jane 2024
Final Proofreading	19 Mar 2024
Available online	21 Mar 2024

E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

A B S T R A C T

The basin of Wadi Qala Golan is located in the northeastern part of Iraq within the administrative borders of the district of Sharbazir in the Sulaymaniyah Governorate. Sea level, and the total rainfall in the study area exceeds (650) mm, in addition to that, the slope is more than (35) degrees, and the aim of the basin study is to quantitatively estimate water erosion and measure the volume of soil washed away by water erosion. The use of geographic information systems and remote sensing in order to apply the Gavrilovic model (EPM) equations, as it is considered one of the most appropriate models in diagnosing erosion levels in mountainous areas, through the interaction between the various environmental factors of the region (such as slope, soil type, vegetation density, as well as precipitation and degrees of temperature), and the study relied on a satellite image (Landsat-8) for the year 2023 for the purpose of analyzing land use and vegetation density. The lost soil ranges between (5205 - 21022) m3 / km2 / year within two types of erosion severity (strong and catastrophic erosion).

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.31.3.2024.11

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities

توظيف تقنيات الجيوماتكس لتقييم الكمي للتعرية المائية في حوض وادي قلا جولان بالاعتماد على نموذج GAVRILOVC (EPM)

كلجان خليل مجيد قنبر البياتي/ جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الانسانية

الخلاصة:

يقع حوض وادي قلا جولان في الجزء الشمالي الشرقي من العراق ضمن الحدود الإدارية لقضاء شاربازير في محافظة السليمانية، يمتد الحوض بموازاة الحدود العراقية الإيرانية، وتبلغ مساحته نحو(342.56) كم^2، ويتراوح ارتفاع سطح الأرض في منطقة الدراسة بين (818 – 2220)متر عن

مستوى سطح البحر، ويزداد مجموع الامطار الهاطلة في منطقة الدراسة عن (650) ملم، فضلاً عن ذلك ان انحدار المنطقة يزيد عن (35) درجة، وأن الهدف من دراسة الحوض هو تقدير الكمي للتعرية المائية وقياس حجم التربة المنجرفة بفعل التعرية المائية، إذ تم الاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وذلك لتطبيق معادلات نموذج Gavrilovic (EPM)، كونه يعد من انسب النماذج في تشخيص مستويات التعرية في المناطق الجبلية، من خلال تداخل بين مختلف العوامل البيئية للمنطقة (كالانحدار ونوع التربة وكثافة الغطاء النباتي ، فضلاً عن التساقطات المطرية ودرجات الحرارة)، واعتمدت الدراسة على مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat -8) بتاريخ (2023/3/10) لغرض تحليل استعمالات الأرض وكثافة الغطاء النباتي، وتوصلت الدراسة أن (70.28%) من الحوض يقع تحت صنفين من التعرية هي (التعرية المتوسطة، والتعرية القوية)، أما كمية التربة المفقودة تتراوح بين (5205 – 21022)م^3/كم^2/السنة ضمن صنفين من حدة التعرية هي (التعرية القوية والكارثية).

الكلمات المفتاحية: التعرية المائية، نظم المعلومات الجغرافية، نموذج Gavrilovic.

المقدمة:

التعرية المائية (Water Erosion) من أكثر أنواع التعرية انتشاراً وأخطرها في أودية أحواض الأنهار لدورها في تفتيت الصخور وتهشيمها ورفعها من السطح، ومن ثم نقلها وترسيبها في أماكن ذات مسافات مختلفة ، إذ تسهم مياه الامطار المتساقطة في حوض وادي قلا جولان بشكل فجاني بجزء كبير في عملية الحت والارساب، ولاسيما عندما تسقط الامطار خلال أوقات قصيرة وبشكل زخات سريعة وقوية تعمل على تفتيت جزيئات الصخور والمواد الفتاتية الناعمة في السفوح والمنحدرات وذلك من خلال الضغط الناجم عن اصطدام قطرات المطر بتلك الجزيئات بصورة مباشرة، إذ تمثل المرحلة التمهيدية في عمليات التعرية، ولهذا النوع من الفعل الميكانيكي دور مهم في زيادة المساحة السطحية للفتات الصخري الناتج عن تحطم الصخور الاصلية، وتم تصميم نموذج (Gavrilovic) ليستخدم بشكل خاص في المناطق التي تتعرض لإخطار التعرية المائية بشكل كبير، ويعتمد تطبيقه بإعداد الخرائط التي تصمم من مجموعة ملفات (شرائح) عدة، كما يعتمد على الخرائط الرقمية التي توضح تباين التوزيع المكاني للبيانات والعوامل المؤثرة على التعرية باختلاف المؤشرات المستخدمة بالدراسة ومدى تأثيرها في التعرية المائية.

مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة بمجموعة أسئلة

1- ما دور التركيبات الجيولوجية في عملية التعرية المائية وحجمها ؟

2- هل تؤثر طبيعة التضاريس والغطاء النباتي في عملية التعرية المائية ؟

3- ما حجم الترب المفقودة بفعل التعرية المائية داخل حوض وادي قلا جولان ؟

فرضية الدراسة:

1- لعب التراكيب الجيولوجية والتربة دوراً هاماً في عملية التعرية وشدتها.

2- تؤثر التضاريس والغطاء النباتي في تحديد حجم الرسوبيات الناتجة عن التعرية المائية.

3- يمكن حساب حجم الترب المفقودة بالاعتماد على نموذج (Gavrilovic) جافريلوفيك.

أهمية الدراسة:

تهدف الدراسة الى توضيح كيفية بناء نموذج لمخاطر التعرية المائية اعتمادا على نموذج (Gavrilovic) والتوصل إلى نموذج تحليلي تطبيقي لتقدير حجم الترب المنجرفة بفعل التعرية في حوض وادي قلا جولان باستخدام التقنيات الحديثة المتمثلة بنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، فضلاً عن تحديد نوع وشدة التعرية المائية وتوزيعها المكاني.

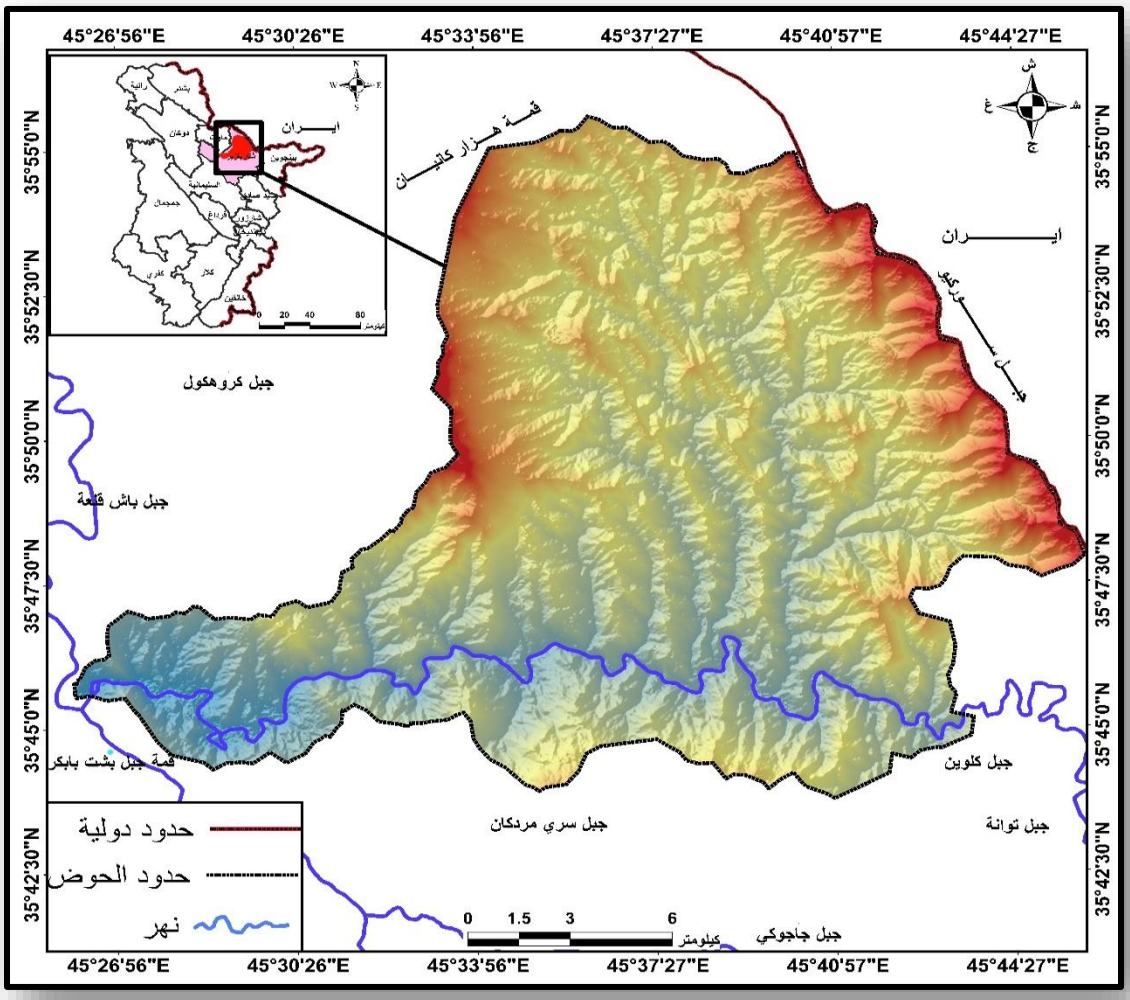
منهجية الدراسة:

لقد تم الاعتماد في الدراسة الحالية على العديد من المناهج التي تلاءم طبيعة الدراسة ومنها، **المنهج الاستقرائي:** تم اتباع المنهج الاستقرائي من الجزء إلى الكل بدءاً من جمع البيانات مروراً بمعالجتها، و**المنهج التحليلي الكمي:** الذي يتمثل في استخدام بعض الأساليب والنماذج الرياضية في الجغرافية واستخدام مدلولات نتائجها في تقييم التعرية المائية ، فضلاً عن تحليل البيانات الجغرافية والمرئية الفضائية ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) والخرائط وإجراء القياسات وتطبيق المعادلات لحساب التعرية المائية.

موقع منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي قلا جولان في الجزء الشمالي الشرقي من محافظة السليمانية وبالتحديد ضمن قضاء شاربازير الواقع شرق محافظة السليمانية، الذي يمتد من الأراضي الإيرانية من جبل سوركيو الواقعة على الحدود الإيرانية العراقية بالاتجاه الأراضي العراقية عند ناحيتي (سيويل، وجوارتا) الواقع شرق قضاء شاربازير، وينحصر الحوض فلكيا بين خطي طول (27َ 44 °45 و ً 56 َ26 °45) شرقا وبين دائرتي عرض (َ42 °35 و ً 0 َ55 °35) شمالاً، وتبلغ مساحة الحوض نحو (342.56) كم^2، فضلاً عن ذلك أن الحوض ينبع من أراضي مرتفعة عند منابعة العليا نحو (2220) متر فوق مستوى سطح البحر ، وأن أدنى نقطة عند الحوض عند المصب الحوض بلغت (818) متر فوق مستوى سطح البحر، خريطة (1).

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة من محافظة السليمانية



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، الخريطة الطبوغرافية، 1000000:1، 1992، ومخرجات برنامج ArcGIS.V.10.8.

آلية بناء النموذج (GAVRILOVC):

تم تطوير العديد من الاملاح التقدير لمرية التربة وكمية الرواسب، ومن أبرزها نموذج (Gavrilovc) للتعرية، والذي أطلق عليه سلوبودان جافريلوفي Erosion Potential Method(EPM)، الذي عمل عليه بالتعاون مع آخرين في معهد تطوير موارد المياه في يوغسلافيا (سابقاً) ما بين عامي (1952–1976م) ولم يتم تطبيقه إلا مؤخرا بعد الثورة المعلوماتية والتكنولوجية، وأصبح النموذج المعتمد في التقدير تعرية التربة وكمية الارسابات في بلدان شرق أوربا خلال المدة الماضية، إذ تمت الاستفادة من نظام المعلومات الجغرافية في تنضيد الطبقات وتطبيق المعادلات الخاصة بهذا النموذج، ويعتبر نموذج EPM من النماذج التي طورت بالأحواض الجبلية، والمناطق المتضرسة[1].

إذ تم بناء جميع مؤشرات النموذج من خلال الجبر الخرائطي (Map Algebra) وتعرف النمذجة المكانية "الجبر الخرائطي" (Spatial Modeling) نوع من أنواع النمذجة الجاهزة والمبنية داخل برمجيات

نظم المعلومات الجغرافية ويكون أساسها الخوارزميات الإحصائية التقليدية[2]، وتم استخدام الأداة (Model Bulider) في بناء الطبقاء النموذج من خلال الأداة (Raster Calculator) في بناء الطبقاء الخرائطية من خلال دمج العديدة من الطبقات بالاعتماد على صيغ رياضية يتم من خلالها اشتقاق التعرية المائية.

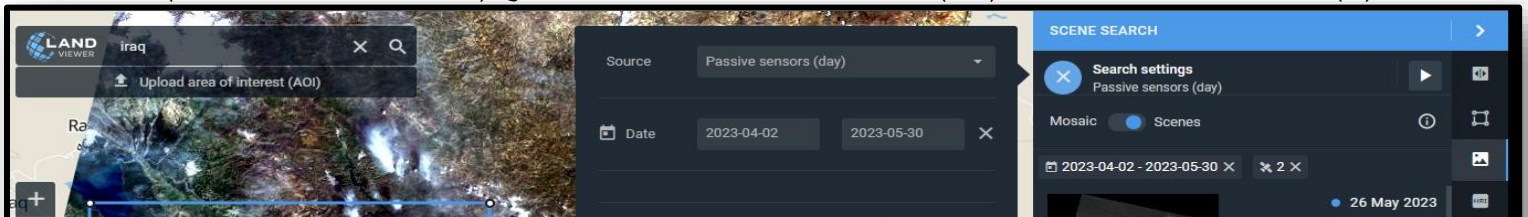
معطيات بناء النموذج (GAVRILOVC)

يتطلب النموذج العديد المعطيات لبنائه منها:

1- مرئيات القمر الصناعي (Satellite):

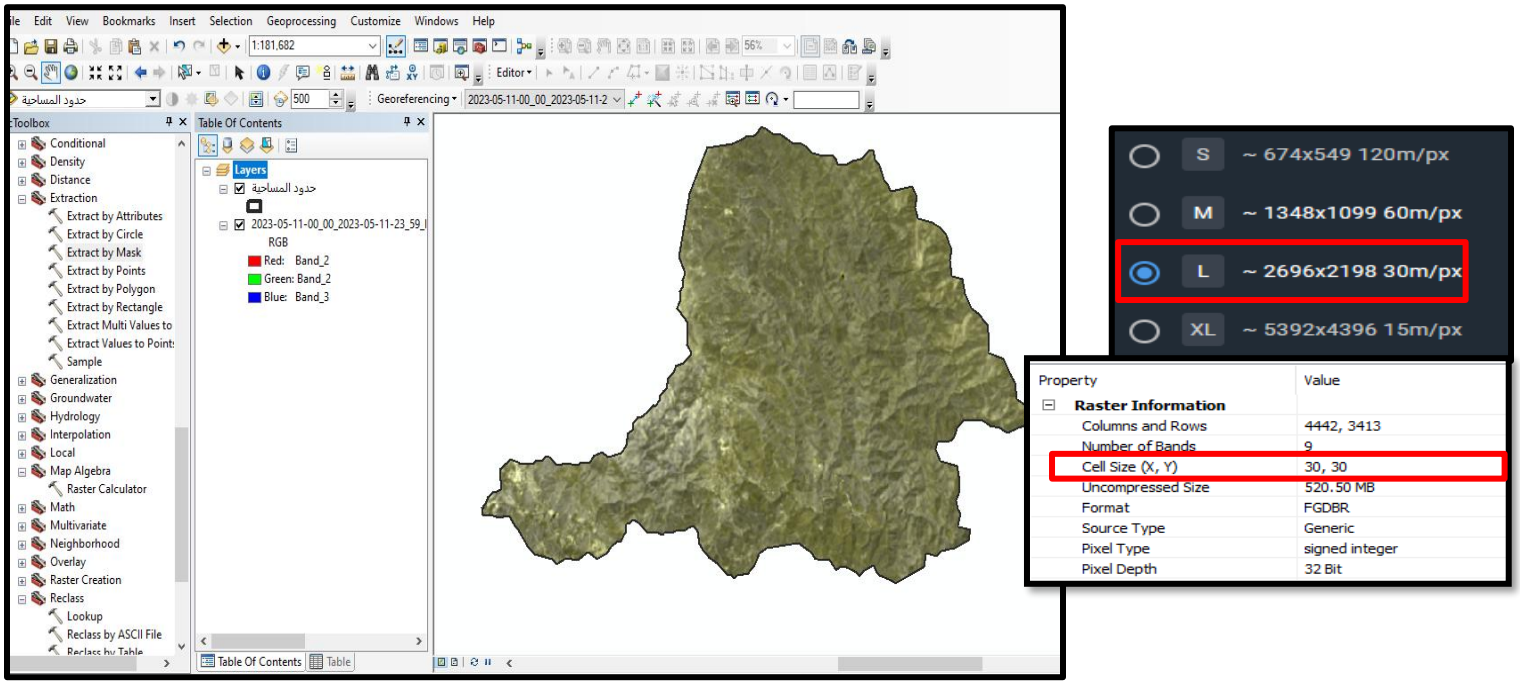
تم استخدام في الدراسة الحالية مرئيات القمر الصناعية (Landsat – 8) بتاريخ (2023/3/10)، بدقة تميزية 30 متر لقضاء شاربازير لاستفادة منها في استخراج مؤشرات المتعلقة بالمرئية المتمثلة حماية التربة (Xa)، وقد تم تحميل المرئيات من خلال موقع (Land Viewer | EOS)، كما في الشكل (1)و (2).

شكل (1) تحميل مرئية فضائية بدقة (30) متر لمنطقة الدراسة من خلال موقع (Land Viewer | EOS)



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على موقع (Land Viewer | EOS).

شكل (2) مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat-8) بدقة تميزية (30 متر) لقضاء شاربازير لعام 2023

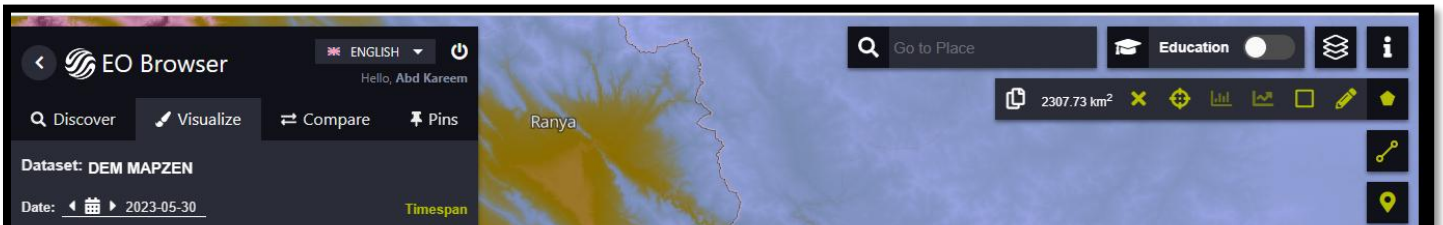


المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS.10.8.

2-نموذج الارتفاع الرقمي (digital elevation model):

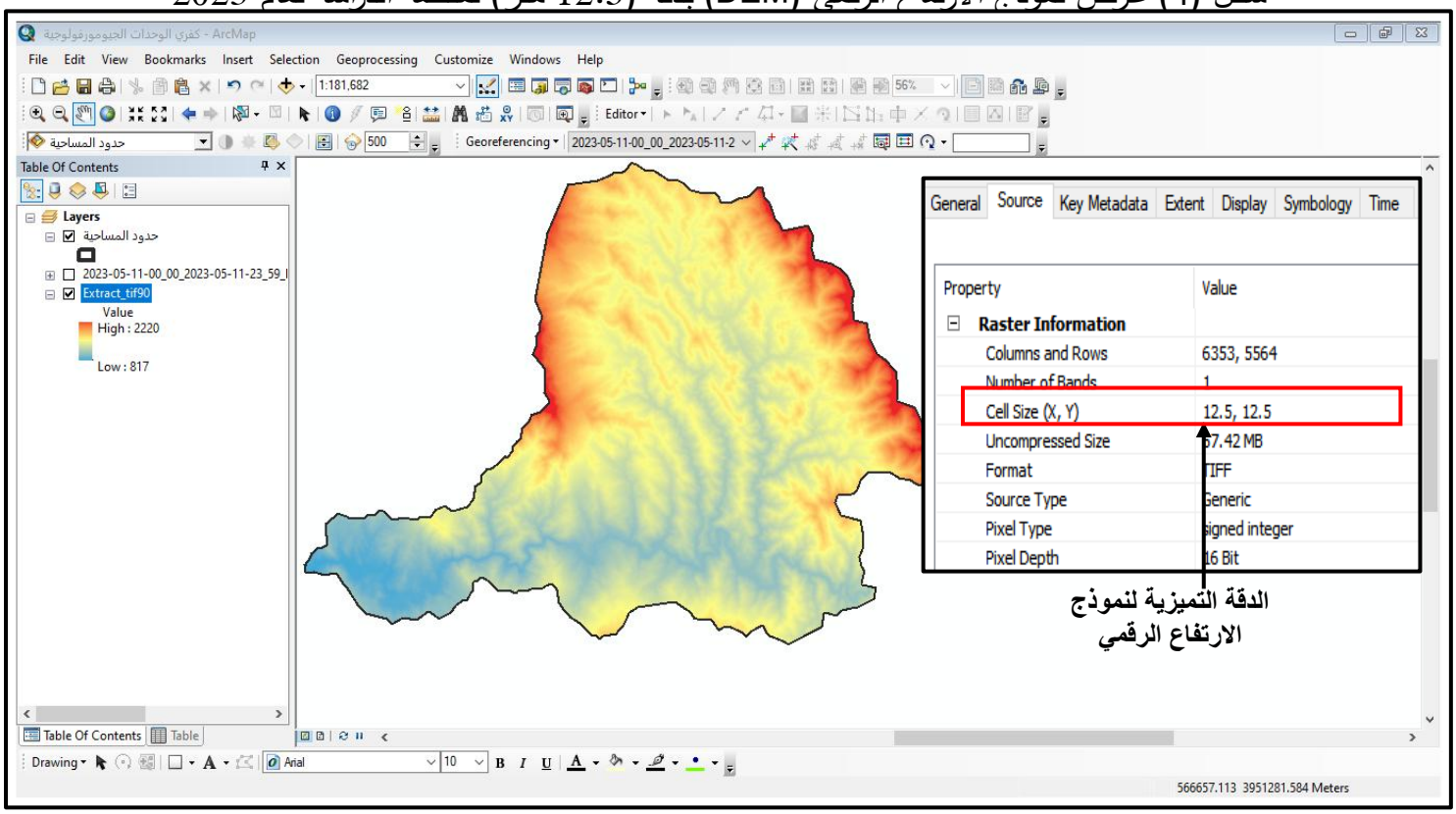
نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لعام 2023 بدقة تميزية 12.5 متر، تم استخدامه لاستخراج مؤشر انحدار السطح (Ja)، وتم الاعتماد على موقع (sentinel-hub) لتحميل نموذج الارتفاع الرقمي للمنطقة، كما في الشكل (3)،(4).

شكل (3) تحميل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة (12.5 متر) لمنطقة الدراسة لعام 2023



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على موقع (sentinel-hub).

شكل (4) عرض نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة (12.5 متر) لمنطقة الدراسة لعام 2023



أما بيانات درجات الحرارة والامطار فقد تم الاعتماد على محطات من ضمن المنطقة والمحيطة بها ومن ثم تم استخدام أدوات التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية المتمثلة (Interpolation) ومن ثم استخدام الأداة (IDW) لإنتاج طبقة تحتوي على فئات التساقط المطري ودرجات الحرارة.

تطبيق النموذج (GAVRILOVC):

يعتمد في تطبيق النموذج على مؤشرات عديدة منها (معامل الانحدار، مؤشر حماية التربة، مؤشر قابلية التربة للتعرية، مؤشر تطور التعرية) شكل (5)، ويتم حساب معامل التعرية المحتملة (z) من خلال المعادلة التالية[3]:

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

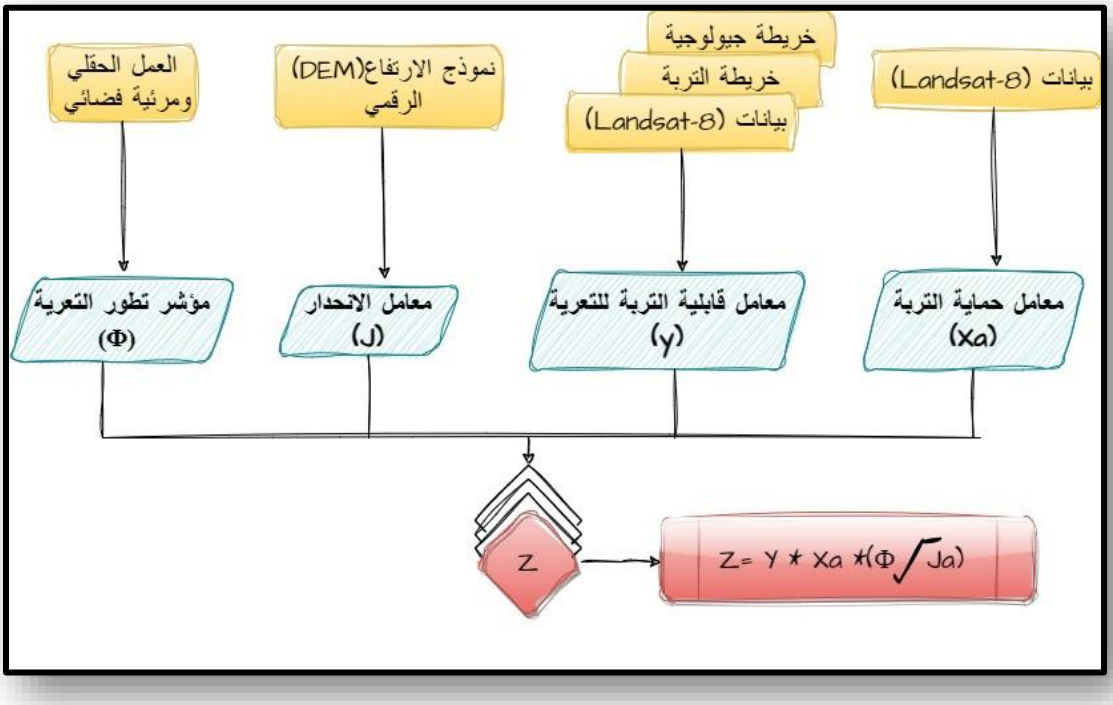
حيث أن:

Y = معامل قابلية التربة للتعرية.

Xa= معامل حماية التربة.

Φ = مؤشر تطور التعرية.

Ja = معدل انحدار التضاريس في منطقة الدراسة (%).



المصدر: من عمل الباحثة.

يتطلب حسب نموذج (EPM) إلى تطبيق المؤشرات الاتية:

1- مؤشر قابلية التربة للتعرية(Y):

يعرف معامل (Y) بانها تأثير خصائص التربة على حجم الترب المنجرفة أثناء مدة هطول الأمطار، وأثبت قابليته للتعرية المائية بتحليل الخصائص الجيولوجي والتربة واستخدامات الأراض، واستخدم مؤشر حجوم دقائق التربة السطحية لكشف خصائص ترب منطقة الدراسة، إذ توجد علاقة ارتباط طردية مع محتوى الرمل الناعم بينما تكون علاقة ارتباط عكسية مع محتوى التربة من حجوم دقائق الطين والغرين للطبقة السطحية في المناطق الجافة ذات الغطاء النباتي المنخفض، ويحسب وفق المعادلة الآتية[4]:

$$Y = 2.1 \times M1.14 \times 104(12 - MO) + 3.25(B - 2) + 2.5(\mathrm{C} - 3)/100$$

حيث أن :

M: (رمل ناعم٪ + طمي) × (طين٪ − 100).

MO: النسبة المئوية للمواد العضوية.

B : رمز نفاذية التربة (1 إلى 6) .

C: فئة نفاذية التربة. Wischmeier W. H. and Smith .

ويتم مقارنة النتائج بعد تطبيق المعادلة أعلاه مع الجدول (1) لمعرفة قابلية التربة للتعرية في منطقة الدراسة

جدول (1) معامل قابلية التربة التعرية (Y)

معامل تعرية التربة	الفئات Y	متوسط القيمة
تربة شديدة الصلابة والمقاومة	0.3 – 0.1	0.2
تربة ذات مقاومة متوسطة	0.5 – 0.3	0.4
تربة ذات مقاومة ضعيفة	0.6 – 0.5	0.5
ركامات صخرية ورواسب خشنة وترب صلصالية	0.8 – 0.6	0.7
رواسب رملية ناعمة ترب لا مقاومة لها	1.0 – 0.9	0.9

S. Amini 1, B. Rafiei 2,Estimation of erosion and sediment yield of Ekbatan Dam drainage basin with EPM, using GIS, S. Saadat et al. / Iranian Journal of Earth Sciences 2 (2010) / 87-106.

أن منطقة الدراسة تتضمن نوع واحد من التربة المتمثلة بالتربة الصخرية غير الاسترالية حسب تصنيف منظمة الاغذية والزراعة التابعة للامم المتحدة، لعام 2006.

2- مؤشر حماية التربة (Xa):

يشير هذا المعامل في نموذج جافريلوفيك (Gavrilovic) إلى كثافة الغطاء النباتي في الحوض، والتي تعمل على تقليل سرعة الجريان السطحي للمياه، وتثبيت التربة والمساعدة في زيادة نسبة المياه المتسربة والمحافظة على التربة من الانجراف، إذ يؤدي الغطاء النباتي دوراً مهماً في تقليل شدة التعرية المائية وحماية التربة من خلال اعتراض أغصان الأشجار لقطرات الأمطار وخفض قدرتها على اقتلاع ذرات التربة[5]، وقد

تم أستخلاص مؤشر حماية التربة من مرئيات القمر الاصطناعي(Landsa-8) بتاريخ (2023/3/10) ومن ثم استخراج المؤشر الغطاء الخضري، ومنها تم تطبيق المعادلة الاتية لاستخراج حماية التربة[6]:

$$Xa = (XaNDVI - 0.61) \times (-1.25)$$

حيث أن:

Xa = مؤشر حماية التربة.

XaNDVI = أعلى قيمة في معامل التغطية النباتية.

وقد حدد جافريلوفيك معايير لتحديد قيم مؤشر حماية التربة (Xa) وفقًا لاستخدام الأراضي بين (0.1) الغابات الكثيفة إلى (1) الاراضي الرطبة، كما في الجدول (2).

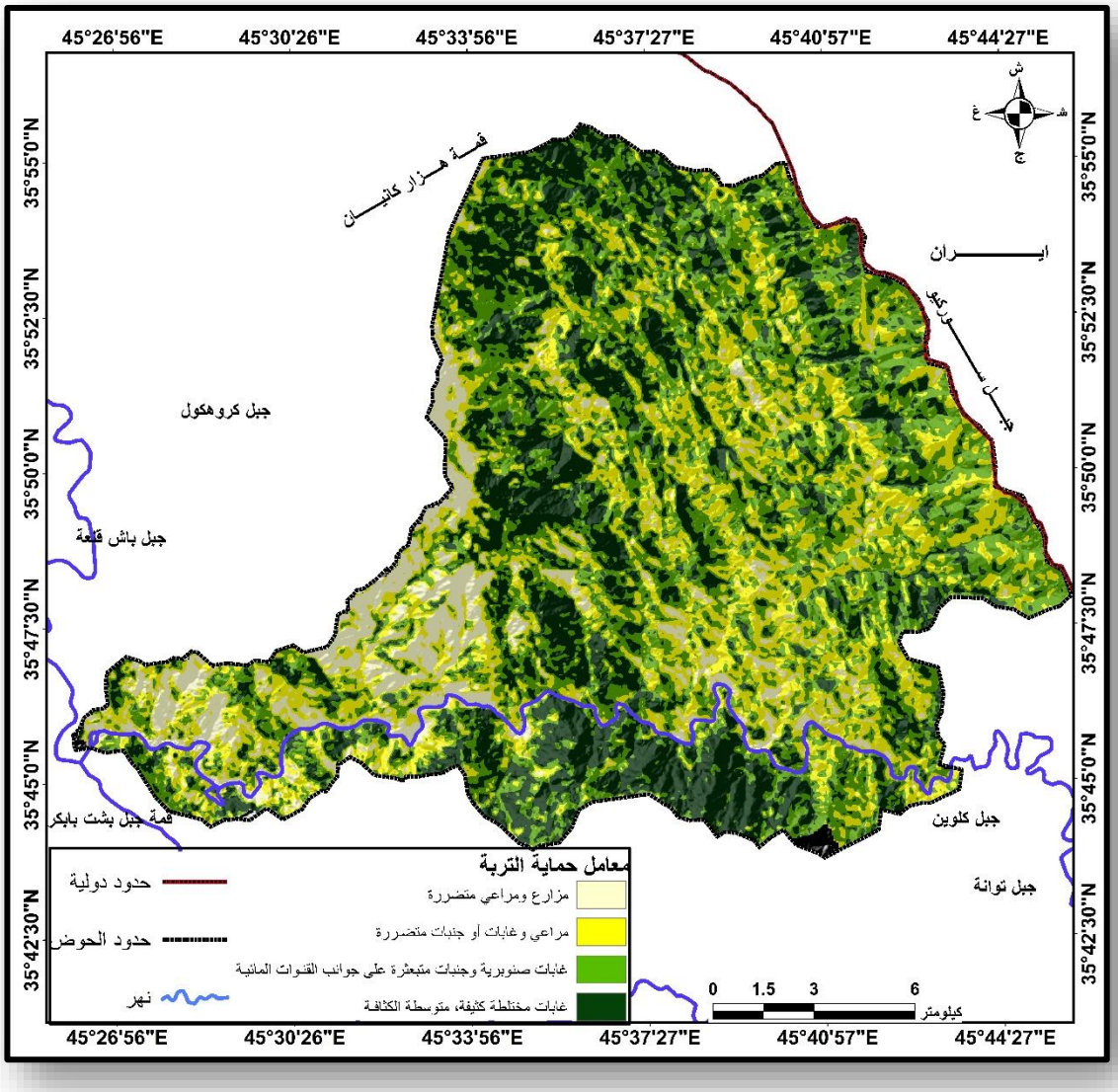
جدول (2) العوامل الوصفية لتحديد معامل حماية التربة (xa)

مؤشر حماية التربة	Xa	متوسط القيمة	المساحة كم^2	النسبة المئوية%
غابات مختلطة كثيفة، متوسطة الكثافة	< 0.2	0.15	55.86	16.30
غابات صنوبرية وجنبات متبعثرة على جوانب القنوات المائية	0.4 – 0.2	0.3	74.45	21.72
مراعي وغابات أو جنبات متضررة	0.6 – 0.4	0.5	115.6	33.73
مزارع ومراعي متضررة	0.8 – 0.6	0.7	96.86	28.26
أراضي جرداء	1.0 – 0.8	0.9	---	

Zorn, M, and B. Komac .Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 year (Julian Alps, Western Slovenia). Presented at XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia2008.

يتبين من خلال بيانات جدول (2)، وخريطة (2) أن مؤشر حماية التربة (Xa) في منطقة الدراسة يتراوح بين (0.2) إلى (0.8)، فقد تصدرت مراعي وغابات أو جنبات متضررة في المرتبة الأولى من حيث المساحة في منطقة الدراسة والبالغة (115.6) كم^2 وبنسبة (33.73%)، تليها مزارع ومراعي متضررة في المرتبة الثاني والتي بلغت (96.86) كم^2 وبنسبة (28.26%)، وجاءت في المرتبة الأخير غابات مختلطة كثيفة، متوسطة الكثافة بمساحة بلغت (55.86) كم^2 وبنسبة (16.30%)، كما في الخريطة (2).

خريطة (2) مؤشر حماية التربة (xa) في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مؤشر حماية التربة، ومخرجات برنامجARC.GIS10.8.

3-مؤشر تطور التعرية (Φ):

تختلف قيم هذا المؤشر باختلاف حجم الأحواض المائية، ويتطلب دراسة ميدانية بالإضافة إلى مرئيات فضائية عالية الدقة، وفي حال عدم توافر هذه المرئيات، يتم الاعتماد على معادلة لحساب هذا المؤشر من مرئيات (Landsat-8) والتي صاغها (MILVSKII) يتم حسابه من خلال المعادلة التالية[7]:

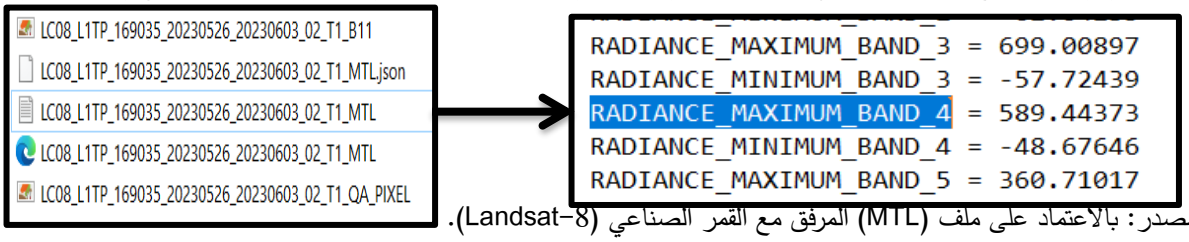
$$\Phi = \frac{\sqrt{TM3}}{QMAX}$$

TM3= الباند الرابع في المرئيات القمر الصناعي (Landsat-8).

Qmax= القيمة القصوى للإشعاع وهذا يستخرج من الملف الوصفي للمرئية.

إذ تبلغ القيمة الاشعاع القصوى لهذا النطاق (589.44)، إذ تم استخلاص قيمتة من الملف (MTL) المرفق مع حزمة القمر الصناعي (LANDSAT 8) وكما موضح في الشكل (6).

شكل (6) استخراج قيمة الاشعاع القصوى (Qmax) من خلال ملف(MTL) للنطاق الرابع(Band4)



المصدر: بالاعتماد على ملف (MTL) المرفق مع القمر الصناعي (Landsat-8).

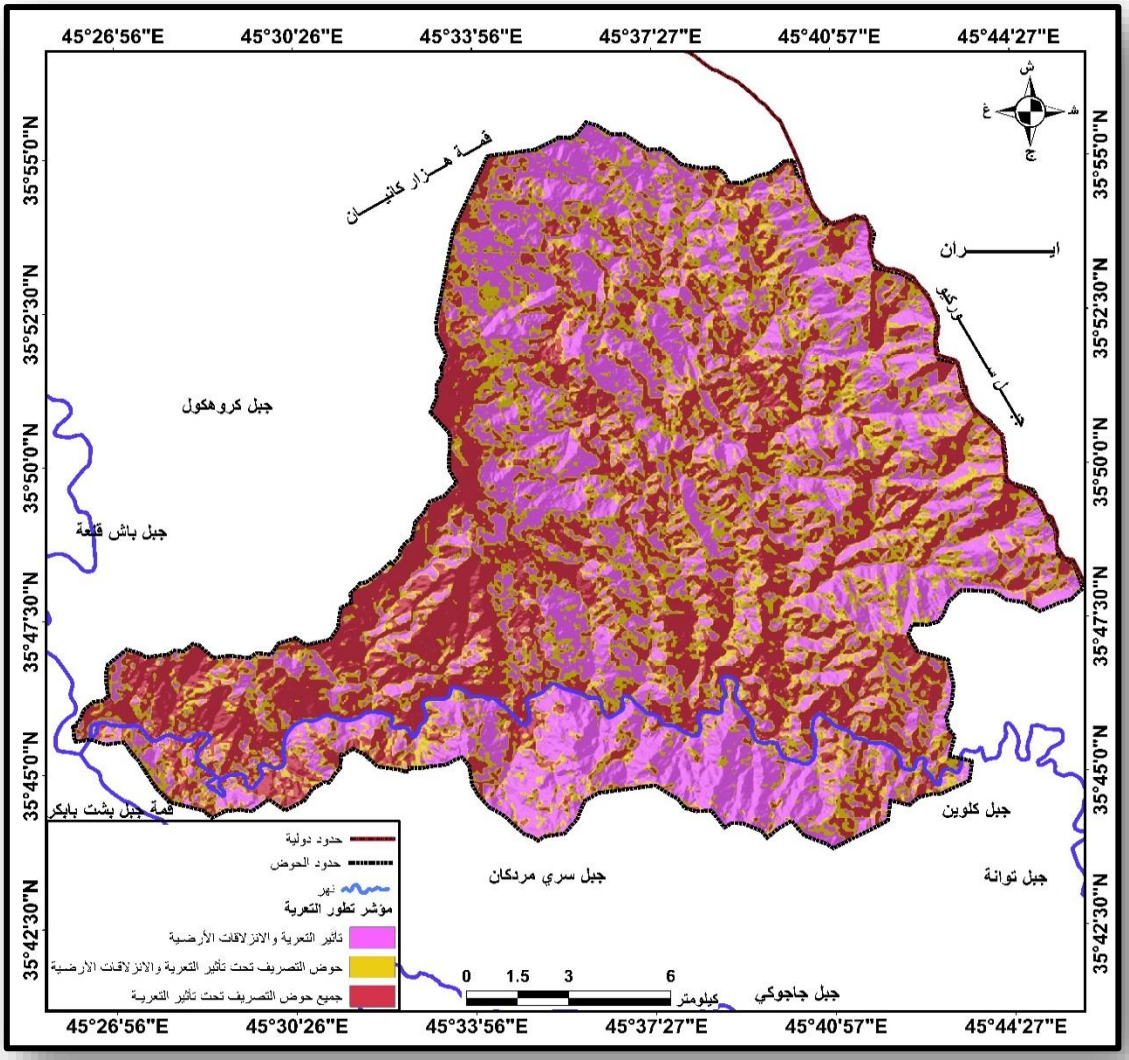
جدول (3) مراحل وصف تقييم معامل تطور التعرية (Φ)

معامل تطور التعرية	الفئات Φ	المساحة كم2	النسبة المئوية%
تعرية ضعيفة في حوض التصريف	0.2 - 0.1	---	---
تعرية في القنوات المائية من الحوض التصريف	0.5 - 0.3	---	---
تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية	0.7 - 0.6	136.57	39.89
حوض التصريف تحت تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية	0.9 - 0.8	82.83	24.19
جميع حوض التصريف تحت تأثير التعرية	فأكثر 1.0	122.99	35.92

المصدر: سعد أبوراس الغادي، تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاطر التعرية المائية في حوض وادي نعمان بوسائل تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة المصرية للتغير البيئي، العدد الاول، 2009، ص25.

يتبين من خلال بيانات معامل تطور التعرية (Φ) جدول (3)، أن منطقة الدراسة تتضمن ثلاث أصناف من معامل تطور التعرية في حوض منطقة الدراسة، جاء في المرتبة الأول تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية بمساحة بلغت (136.57)كم^2 وبنسبة (39.89%)، تليها في المرتبة الثانية جميع حوض التصريف تحت تأثير التعرية بمساحة بلغت (122.99)كم^2 وبنسبة (35.93%)، وفي المرتبة الاخيرة جاءت فئة حوض التصريف تحت تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية بمساحة بلغت (82.83)كم^2 وبنسبة (24.19%)، كما في الخريطة.

خريطة (3) مؤشر تطور التعرية (Φ) لمنطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مؤشر تطور التعرية ومخرجات برنامجARC.GIS10.8.

4- مؤشر الانحدار (Ja):

أن الانحدار له دور أساسي في عملية التعرية المائية وذلك اعتمادا على شدته وكلما زادت درجة الانحدار الأرض أثرت بشكل كبير في سرعة الجريان المائي مما يمهد إلى السهولة انجراف الترب وتعريتها لاسيما بالاعتماد على نوعية الحمولة النهرية المرافقة للجريان السطحي فضلاً عن ذلك ان الانحدار بين الظروف الطوبوغرافية والجيومورفولوجية في عملية التعرية[8]، تم استخلاص مؤشر الانحدار من خلال نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تميزية 12.5 متر، كما في الجدول (4).

جدول (4) مساحات درجات الانحدار حسب تصنيف يونك (Young)

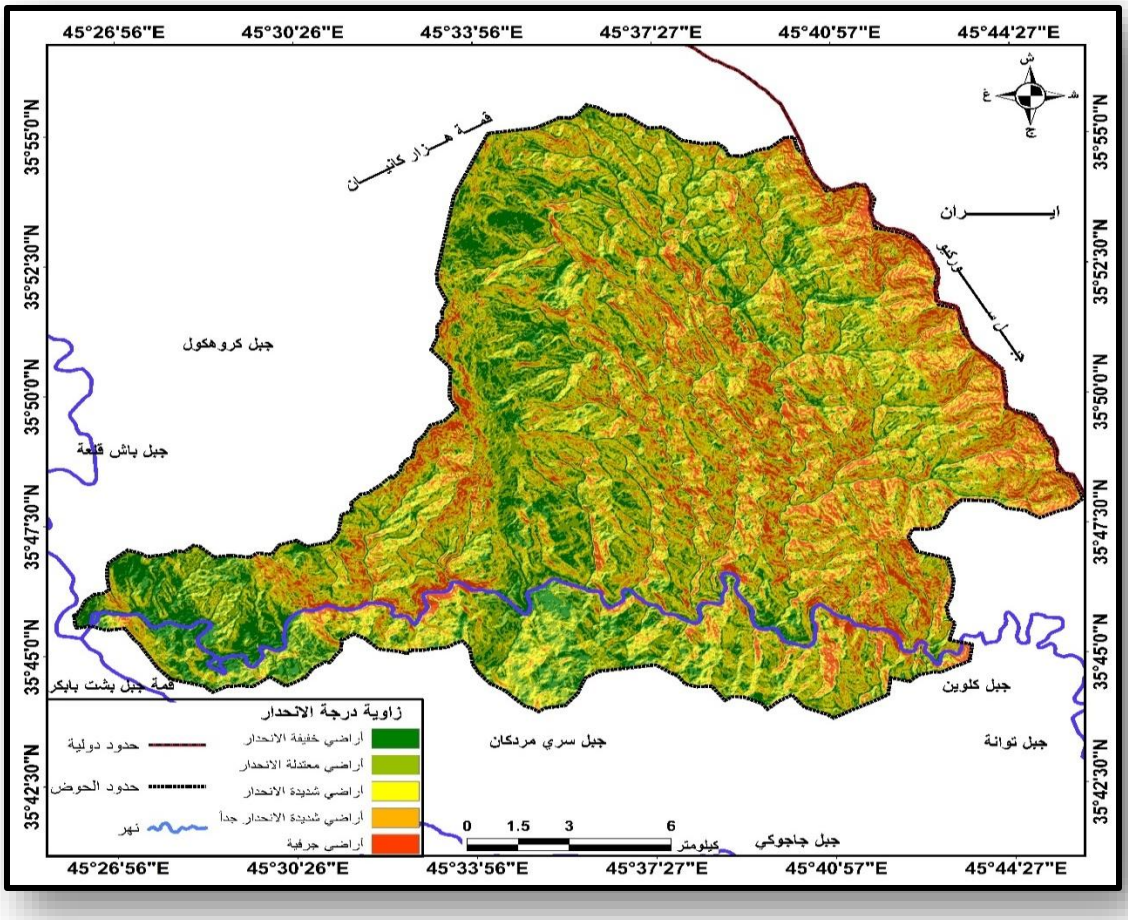
مؤشر انحدار سطح الأرض	المساحة كم2	النسبة المئوية%
أراضي خفيفة الانحدار	53.88	15.78

أراضي معتدلة الانحدار	87.62	25.66
أراضي شديدة الانحدار	94.18	27.59
أراضي شديدة الانحدار جداً	73.42	21.51
أراضي جرفية	32.30	9.46
المجموع	341.40	100

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييزية 12.5، ومخرجات برنامج ArcGIS.V.10.8.

يتبين من خلال بيانات الجدول (4) أن منطقة الدراسة ذات طبيعة متضرسة، إذ جاء صنفي شديدة الانحدار جداً وشديد الانحدار بنسبة بلغت (49.09%) من مساحة الاجمالية للحوض وهذا يعني أن المنطقة ذات انحدار شديد نتيجة لطبيعة المنطقة المتمثلة بالمنطقة الجبلية، وهذا ما يساعد على التعرية المائية في الحوض، كما في خريطة (4).

خريطة (4) مؤشر تطور التعرية (Φ) لمنطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييزية 12.5، ومخرجات برنامجARC.GIS10.8.

5- نموذج التعرية المحتملة (Z):

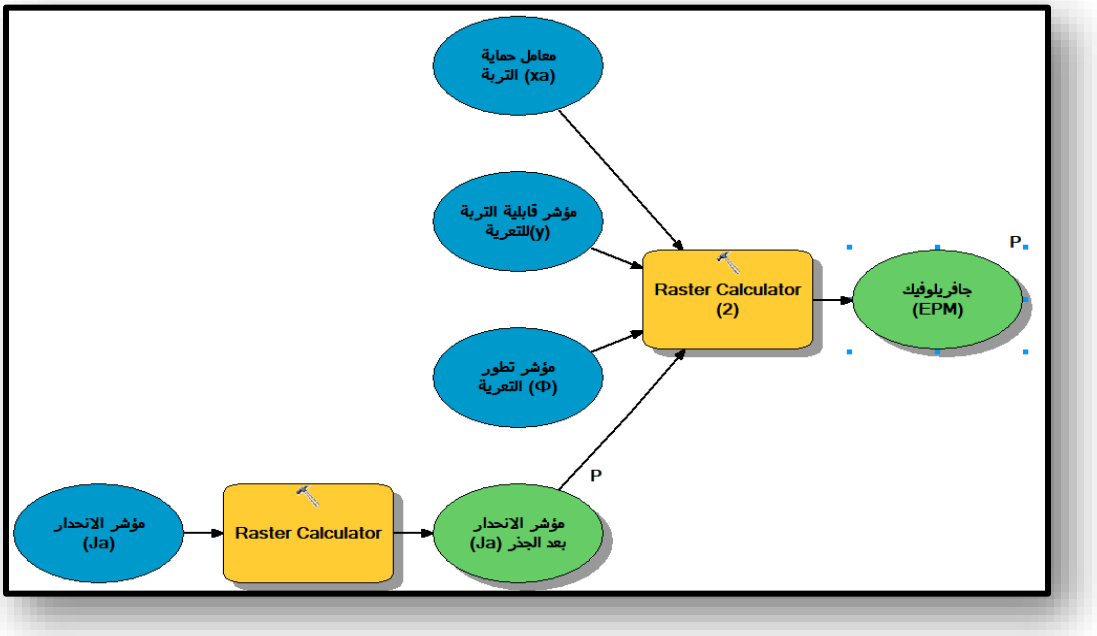
تمكن الباحثة من خلال دمج المؤشرات سابقة في برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال الأداة (Raster Calculator)، إذ تم استخلاص التقدير النوعي للتعرية المائية؛ حيث تم تصنيف مستويات التعرية المحتملة كما حددها جافريلوفيك في خمسة فئات كما في جدول (5).

جدول (5) مستويات التعرية المحتملة حسب مؤشر (Z)

مستويات التعرية المحتملة	معامل Z	متوسط القيمة	المساحة كم2	النسبة المئوية%
شديد جداً	كثر من 1.51 – 1.01	1.25	---	---
شديد	0.81 – 1.0	0.85	105.14	30.68
متوسط	0.41 – 0.80	0.55	136.94	39.95
خفيف	0.20 – 0.40	0.30	100.66	29.37
خفيف جداً	0.01 – 0.19	0.10	---	---

Gavrilovic, Z., M. Stefanovic, M. Milojevic ,and J. Cotric. Erosion Potential Method" An Important Support For Integrated Water Resource Management. Presented at XXIIIth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia، (2006).

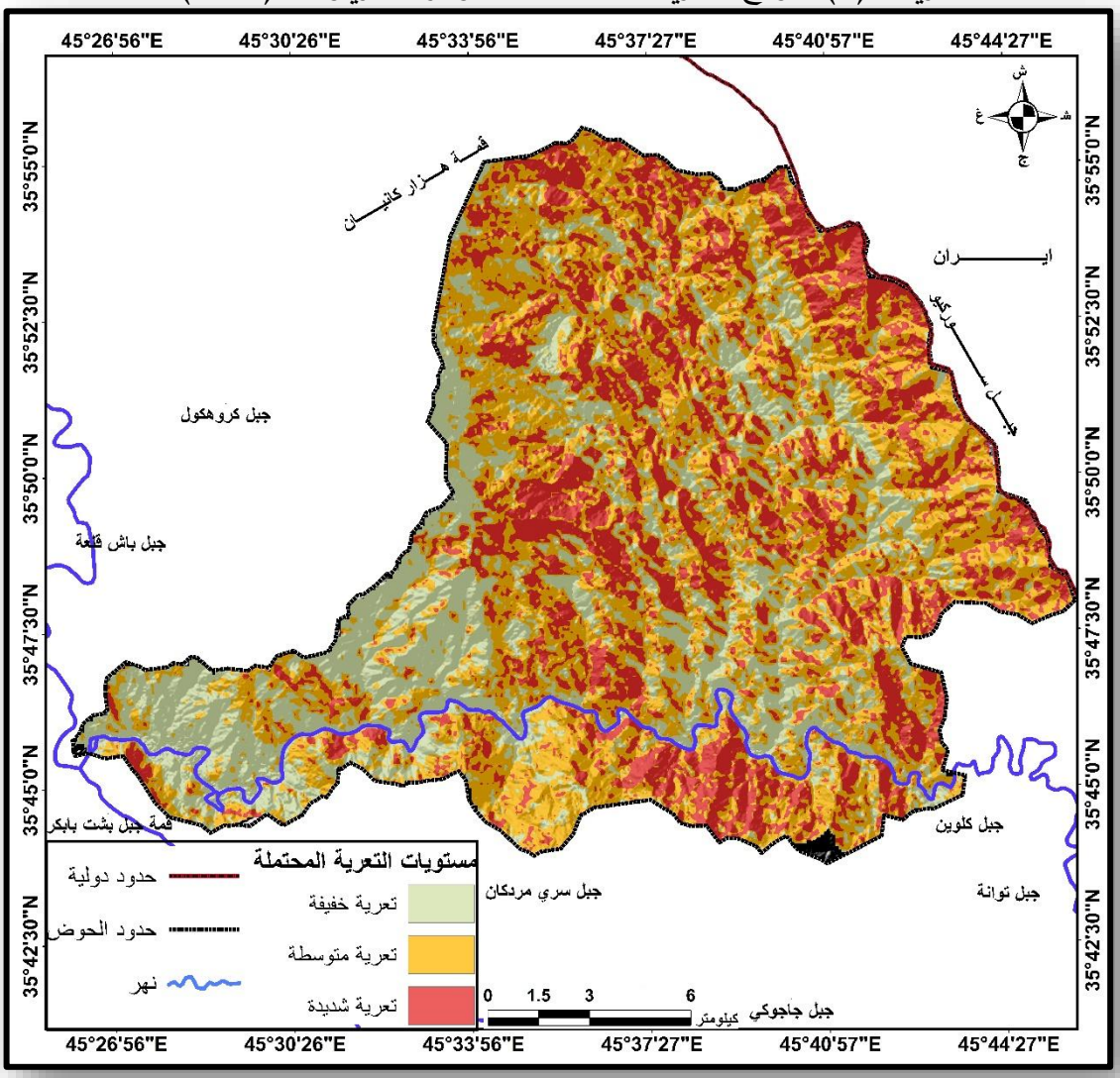
شكل (7) نموذج درجة التعرية المحتملة (EPM/Z) باستخدام (Model Builder)



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مؤشر (Z)، وبرنامج ARC.GIS.V.10.3.

يتبين من خلال بيانات جدول (5)، أن حوض منطقة الدراسة ذات تعرية متوسطة حسب موشر (Z) إذ جاء في المرتبة الأول من حيث المساحة والذي بلغ (136.94) كم^2 وبنسبة (39.95%)، تليها في المرتبة الثانية التعرية الشديدة بمساحة بلغت (105.14) كم^2 وبنسبة (31.04%)، وسجلت فئة التعرية الخفيفة المرتبة الأخيرة بمساحة بلغت (100.66) كم^2 وبنسبة (29.72%)، كما في خريطة (5).

خريطة (5) نموذج التعرية المائية حسب مؤشر جافريلوفيك (EPM)



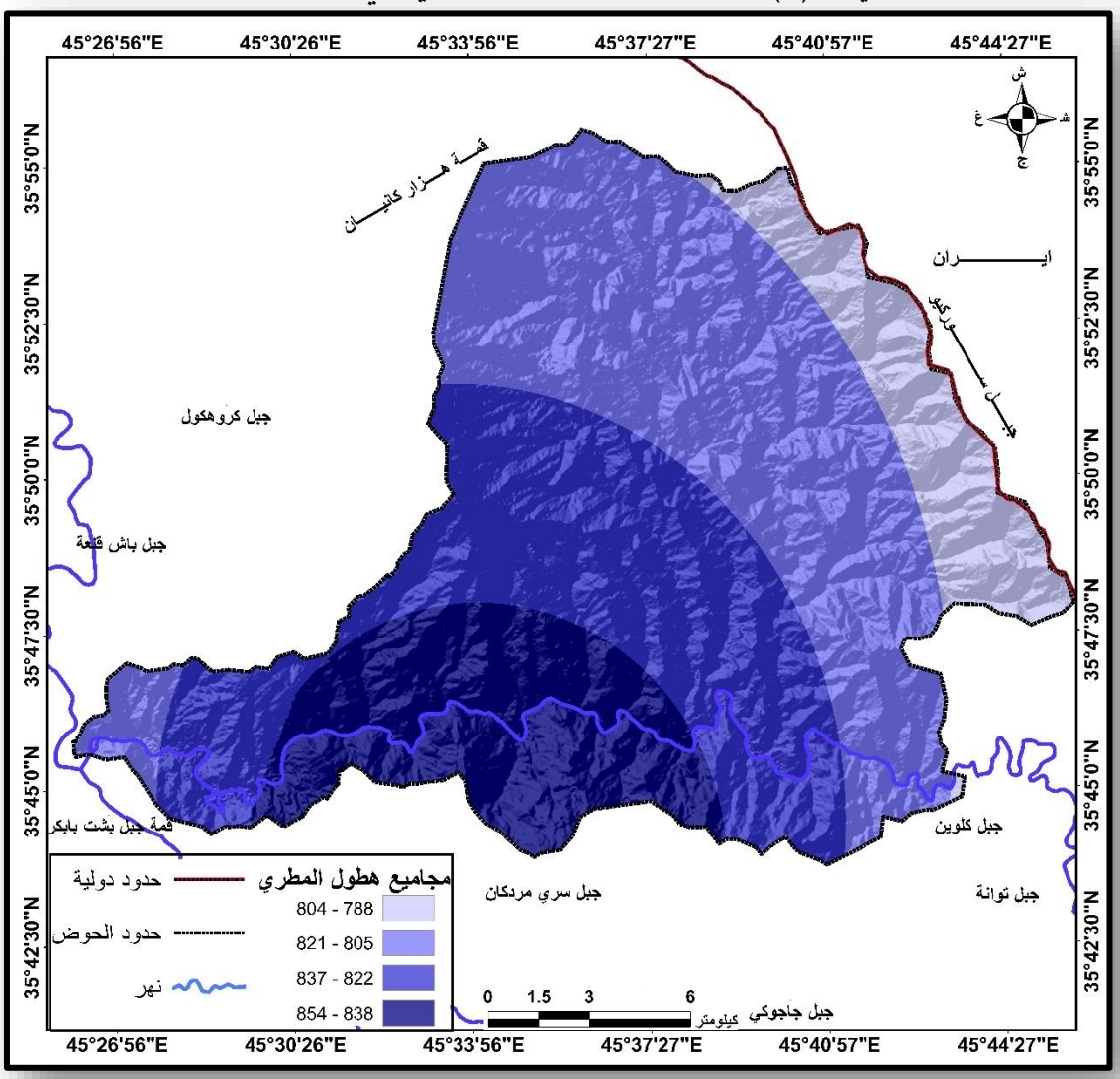
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مؤشر (Z)، ومخرجات برنامج ARCGIS.V.10.8.

6- مؤشر الهطول المطري (H):

تعد كمية وشدة هطول الأمطار العاملين المناخيين الرئيسيين اللذان يؤثران على تعرية التربة عن طريق المياه، تكون العلاقة بينهما قوية بشكل خاص إذا حدثت أمطار غزيرة في بعض الأحيان في الوقت والموقع اللذين يكون فيهما سطح التربة غير محمي جيدًا بالنباتات، يمكن حدوث ذلك خلال الفترات التي تترك فيها الأنشطة الزراعية التربة مكشوفة[9].

وقد تم الاعتماد في استخراج كميات الامطار على نموذج (مهمة قياس هطول الامطار الاستوائية)(TRMM) وذلك بسبب غياب المحطات المناخية داخل حدود منطقة الدراسة، فضلاً عن كون هذا الانموذج يعطي كمية الامطار على مستوى البكسل بمقاييس يومية وشهرية وسنوية وبدقة تميزية (100) متر، للمدة تتراوح (2000 – 2023)، كما في الخريطة(6).

خريطة (6) متوسط هطول الامطار السنوية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج ARC.GIS.10.8.

7- مؤشر الحرارة (T):

في نموذج (GAVRILOVC)، تعتبر الحرارة عاملاً من عوامل التعرية لأنها لها تأثير واضح على كمية المياه المنتجة داخل التربة، يمكن أن تتسبب تغيرات الحرارة في ظهور القشور خاصة في الصخور الرسوبية. بالإضافة إلى ذلك، تتكون الصخور من معادن مختلفة مع معاملات مختلفة للتمدد وتسبب التآكل. هذا يتسبب في تشقق الصخور. يمكن أن تتسبب درجة الحرارة المنخفضة في تسرب الماء في الكسر إلى التجمد وتسبب في تمدده في الحجم بنسبة 9٪ لأنه يساعد على تكوين بلورات تزيد من حجمها مما يضع ضغطًا هائلاً على الصخر، وبتكرار العملية يتسبب في حدوثها. تمزق[10]، ويؤثر أيضًا على درجة الحرارة، مما يؤثر أيضًا على التعرية من خلال التأثير على خصائص الغطاء النباتي والتربة، وتم اشتقاق درجات الحرارة من خلال تحويل بيانات النطاق الحراري من الاشعاع الطيفي الى درجة حرارة السطح

باستخدام الثوابت الحرارية في ملف (MTL) المرفق في ملفات (Landsat-8) بتاريخ (2023/3/10)، من خلال القانون، وخريطة (7).

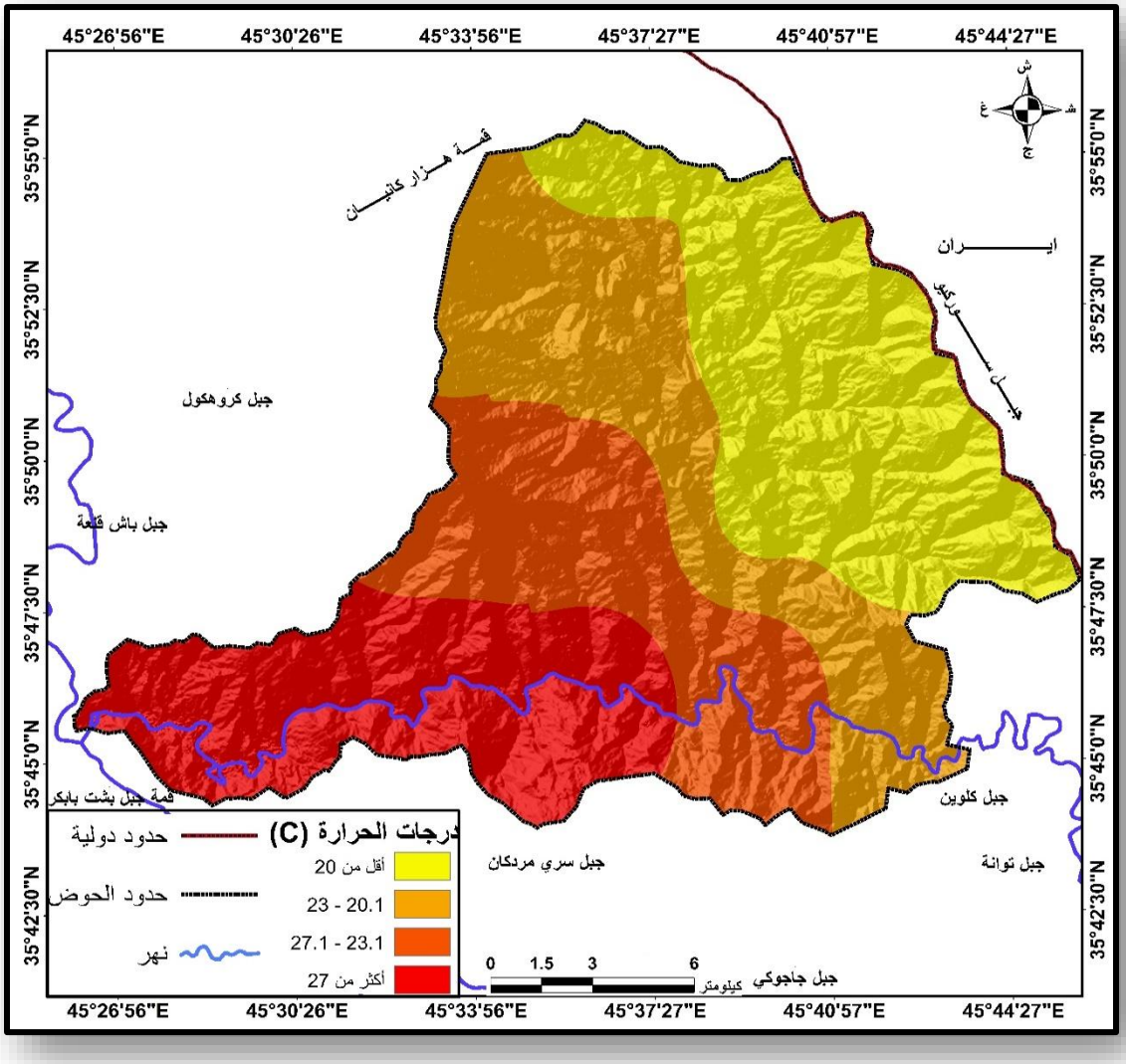
$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}+1\right)}$$

T= درجة حرارة الغلاف الجوي K وتستخرج من خلال:

L_λ= الاشعار الطيفي

K_1= ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية (K1_CONSTANT_BAND_x)، حيث x هو رقم النطاق الحراري.

K_2= ثابت التحويل الحراري الخاص بالنطاق من البيانات الأولية (K2_CONSTANT_BAND_x ، حيث x هو رقم النطاق الحراري).



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج ARC.GIS.10.8.

8- تقدير حجم التربية المفقودة(W):

قام (Milevsky) وزملاؤه بتقييم كمي للتعرية بناءً على نموذج (Gavrilovic) ووجدوا أن معدل التعرية في السنوات الضعيفة كان أقل من 500 م ^{3} / كم ^{2} / سنة، وأن معدل التعرية في السنوات المرتفعة تجاوز 800 م ^{3} / كم ^{2} / سنة، حدد (Zachar D) ستة أنواع من الانجراف المائي حسب كمية فقدان التربة، ويطبق هذا النموذج من المعادلة على النحو الاتي[11]:

$$W = \pi \times T \times H \times \sqrt{Z3}$$

حيث أن:

W : متوسط السنوي للتعرية (م^3/كم^2/السنة).

H : المعدل السنوي للأمطار (ملم).

Z : معدل التعرية .

T = متوسط درجات الحرارة السنوية، يستخرج وفق المعادلة الأتية:

المعادلة رقم (2):

$$T = \sqrt{\frac{C}{10}} + 0.1$$

C = درجات الحرارة.

وجدول (6) يوضح درجة الانجراف حسب نموذج (EPM).

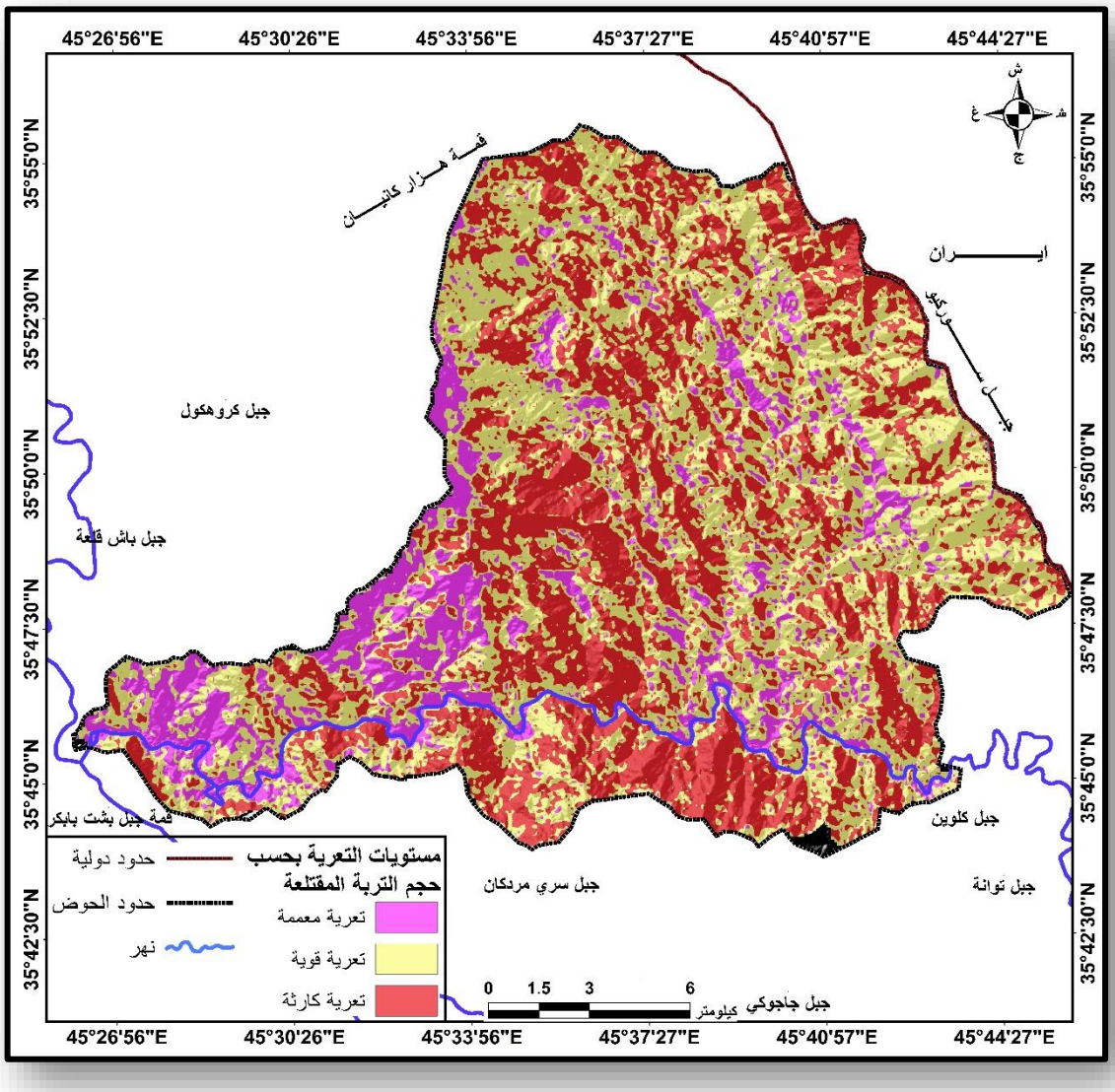
جدول (6) مستويات التعرية بحسب حجم التربة المقتلعة(م3/كم2/السنة) حسب انموذج EPM

الفئة	حجم التربة	حدة التعرية	حجم التربة المفقودة	المساحة كم^2	النسبة المئوية%
1	< 50	غياب التعرية أو غير ظاهرة	---	---	---
2	50 - 500	تعرية ضعيفة	---	---	---
3	500 - 1500	تعرية متوسطة	3566	55.46	16.41
4	1500 - 5000	تعرية معممة	5205	147.33	43.59
5	5000 - 20000	تعرية قوية	21022	135.21	40.00
6	> 20000	تعرية كارثية	----	---	---

ZACHAR D. Soil Erosion, Amsterdam: Elsevier science publishing company, (1982), p547.

يتبين من حلال بيانات الجدول (6) أن حوض منطقة الدراسة يخضع لثلاث أصناف من حدة التعرية، الصنف الأول تعرية معممة والذي جاءه بأعلى مساحة بلغت (147.33) كم2 وبنسبة (43.59%) بحجم تربة مفقودة بلغت (5205) م^3/كم^2/السنة، تليها في المرتبة الثانية التعرية القوية بمساحة بلغت (135.21) كم2 وبنسبة (40%) بحجم تربة مفقودة بلغت (21022) م3/كم2/السنة ، وفي المرتبة الاخيرة التعرية المتوسطة وشغلت مساحة بلغت (55.46) كم2 وبنسبة (6.41%) أما حجم التربة المفقودة بلغت (3566) م3/كم2/السنة ، كما في الخريطة (8).

خريطة(8) حجم التربة المقتلعة بفعل التعرية في منطقة الدراسة بتطبيق نموذج جافريلوفيك (EPM)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات معادلة أعلاه، وبرنامج ARC.GIS.V.10.8.

الاستنتاجات:

1- تبين من خلال الدراسة ان للعوامل الطبيعية المتمثلة بـ (انحدار السطح وقابلية التربة للتعرية وتطور التعرية وحماية التربة) ولبعض العناصر المناخية (الامطار ودرجة الحرارة وسرعة الرياح) دوراً مؤثر في تعرية التربة.

2- وتم حساب مؤشرات التعرية (H, T, Ja, Y, Q, Xa) لتقدير التعرية نوعا وكماً باستخدام التقنيات الجغرافية الحديثة وإعداد خرائط موضوعية لدرجات التعرية اعتماداً على الاستنباط والنمذجة المكانية

التي توفرها تلك التقنيات باستخدام اداة (Map Algebrr)، ومن ثم دمج هذه المؤشرات وفق معادلة جافر لوفيك وتطبيق الأساليب الكمية للحصول على النتيجة النهائية (GAVRILOVC).

3- يعد نموذج (EPM) من أكثر الطرق تفسيراً لمخاطر التعرية كونه يعمل على مستوى البيكسل ويأخذ بنظر الاعتبار جميع العوامل الطبيعية التي تزيد من نشاط او تحد من آثار التعرية ونمذجتها احصائياً باستخدام الانحدار الخطي المتعدد لدقته وتصميم أدوات تحريريه للمطابقة الرقمية بتطبيق نتائج (GAVRILOVC) على مختلف انحاء الحوض وتبين ان هناك ثلاث انواع لمخاطر التعرية تتدرج من اعالي الحوض وباتجاه مصب الحوض.

4- تبين من الدراسة أن (72.28%) من منطقة الدراسة تقع ضمن الدرجتين المتوسطة والشديدة .

الهوامش:

(1) Globevink, L., Holjevic, G., Petkovesk And J., Rubinic (2003); Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques . JAHS publication , N 279.

(2)أشرف عبده علي عجرمة، أساليب الذكاء الاصطناعي الجغرافي في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد بين النظرية والتطبيق، المجلة العربية الدولية التكنولوجية المعلومات والبيانات، المجلد الثاني، العدد الثاني، 2022، ص101.

(3) Aman Allah Zahnoun& Mohamed Makhchane& Miloud Chakir, Estimation and cartography the water erosion by integration of the Gavrilovic "EPM" model using a GIS in the Mediterranean watershed: Lower Oued Kert watershed (Eastern Rif, Morocco).

(4) Wischmeier W. H. & Smith D. ،D Prediction rainfall erosion losses, a guide to conservation planning Science U.S. Dep Agric. Agric. Handbook n° 537،1978.

(5)رقية احمد محمد أمين العاني، إسماعيل جمعة كريم المشهداني، التقييم الكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة باستخدام نموذجGavrilovic (EPM)، مجلة ديالى، العدد 86، 2020، ص54.

(6) Dragicevic N., Karleusa B. & Ozanic N. Erosion Potential Method (Gavrilovic Method) sensitivity analysis. Soil Water Res. 2017،p59.

(7) Milevski, I., I. Blinkov, and A. TrendafilovK، Soil erosion processes and modeling in the upper Bregalnica catchment. Presented at XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia. (2008).

(8)حسين جوبان عريبي المعرضي، تقدير حجم الانجراف للتربة والرسوبيات في حوض وادي البرع باستخدام نموذج (EPM) Gavrilovic ، مجلة آداب ذي قار، العدد2، مجلد 38، 2022، ص242.

(9) Bissonnais L. and Papy Y, Les effects du ruissellement et de l matières en érosion sur les' de l'eau, suspension dans l'eau. In : L'eau dans l'espace rural, production végétale et qualité .p.265-279,INRA Editions, 1997

(10)طالب ناهي الخفاجي، رحيم عبد الكتل ، الفيزياء الجامعية ، الجزء الأول ، دار المعارف للطباعة والنشر ، بغداد ، 1996،ص28.

(11) Ghobadi, S. Pirasteh, B. Pradhan, Determine of Correlation Coefficient between EPM and MPSIAC Models and Generation of Erosion Maps by GIS Techniques in Baghmalek Watershed, Khuzestan, Iran, thSASTech 2011, Khavaran Higher-education Institute, Mashhad, Iran. May 12-14,P5

Sources

(1) Globevink, L., Holjevic, G., Petkovesk And J., Rubinic (2003); Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques . JAHS publication , N 279.
(2) Ashraf Abdo Ali Ajrama, Geospatial Artificial Intelligence Methods in Geographic Information Systems and Remote Sensing between Theory and Application, Arab International Technological Journal of Information and Data, Volume Two, Issue Two, 2022, p. 101.
(3) Aman Allah Zahnoun& Mohamed Makhchane& Miloud Chakir, Estimation and cartography the water erosion by integration of the Gavrilovic "EPM" model using a GIS in the Mediterranean watershed: Lower Oued Kert watershed (Eastern Rif, Morocco).
(4) Wischmeier W. H. & Smith D. ،D Prediction rainfall erosion losses, a guide to conservation planning Science U.S. Dep Agric. Agric. Handbook n° 537،1978.
(5) Ruqaya Ahmed Muhammad Amin Al-Ani, Ismail Juma Karim Al-Mashhadani, Quantitative assessment of water erosion of the Wadi Zarawa Basin using the Gavrilovic Model (EPM), Diyala Magazine, Issue 86, 2020, p. 54.
(6) Dragicevic N., Karleusa B. & Ozanic N. Erosion Potential Method (Gavrilovic Method) sensitivity analysis. Soil Water Res. 2017،p59.
(7) Milevski, I., I. Blinkov, and A. TrendafilovK، Soil erosion processes and modeling in the upper Bregalnica catchment. Presented at XXIVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia. (2008).
(8) Hussein Joban Oribi Al-Maradi, Estimating the volume of erosion of soil and sediments in the Wadi Al-Bara Basin using the Gavrilovic model (EPM), Dhi Qar Journal of Arts, Issue 2, Volume 38, 2022, p. 242.
(9) Bissonnais L. and Papy Y, Les effects du ruissellement et de l'érosion sur les matières en suspension dans l'eau. In : L'eau dans l'espace rural, production végétale et qualité de l'eau, INRA Editions, 1997,p.265-279.
(10) Talib Nahi Al-Khafaji, Rahim Abd Al-Katl, University Physics, Part One, Dar Al-Ma'arif for Printing and Publishing, Baghdad, 1996, p. 28.
(11) Ghobadi, S. Pirasteh, B. Pradhan, Determine of Correlation Coefficient between EPM and MPSIAC Models and Generation of Erosion Maps by GIS Techniques in Baghmalek Watershed, Khuzestan, Iran, thSASTech 2011, Khavaran Higher-education Institute, Mashhad, Iran. May 12-14,P5