JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

النمذجة الخرائطية لتقدير حجم التعرية المائية لحوض وادي كاي براخ بطريقة جافريلوفيك باستعمال تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

https://doi.org/10.52834/jmr.v20i39.226

أ.م.د. محمد عباس جابر الحميري

العراق / جامعة ميسان / كلية التربية / قسم الجغرافية

mhmed_abbas1984@uomisan.edu.iq

https://orcid.org/0009-0006-2645-1389

المستخلص :

يهدف البحث إلى استعمال معطيات الاستشعار عن بعد وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية لنمذجة خرائط تقدير حجم التعرية المائية وفق طريقة جافريلوفيك لحوض وادي كاي براخ الذي يقع شمال العراق في محافظة دهوك وبالتحديد في ناحية السندي التابعة لقضاء زاخو والبالغ مساحته (187.37كم^2) ، ويعتمد هذا النموذج في تطبيقه على درجات الحرارة والأمطار والغطاء النباتي والتربة والانحدار وتم دمج جميع هذه المعطيات في برنامج (ARC GIS 10.4.1) باستعمال صيغ رياضية وذلك لغرض الحصول على مستويات التعرية . وتبين من خريطة التعرية المحتملة لحوض وادي كاي براخ ان أكثر من (93.65%) من مساحة الحوض تقع ضمن نطاق التعرية الشديدة والشديدة جداً وهذا يتفق مع الانحدارات المتوسطة والقوية الخالية من الغطاء النباتي ، كما اتضح من تطبيق معادلة نموذج جافريلوفيك أن الحوض يحتوي على ثلاثة أنواع من التعرية وهي (المتوسطة والشديدة والشديدة جداً) وبلغت مساحتهم (1.26 ، 49.05 ، 137.06 كم^2) على التوالي وقد غطت التعرية الشديدة جداً أكثر من ثلثي مساحة الحوض .

الكلمات المفتاحية : النمذجة الخرائطية ، الاستشعار عن بعد (RS) ، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، التعرية المائية ، نموذج جافريلوفيك ، حوض وادي كاي براخ .

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

Cartographic Modeling to Estimate the Extent of Water Erosion in the Kai Brakh Valley Basin Using the Gavrilovic Method Using Remote Sensing and Geographic Information Systems Techniques.

Asst. Prof. Dr. Mohammed Abbas Jaber Al-Humairi
University of Misan / College of Education / Department of Geography
mhmed_abbas1984@uomisan.edu.iq
https://orcid.org/0009-0006-2645-1389

Abstract

The research aims to use remote sensing data and geographic information systems software to model maps to estimate the extent of water erosion according to the Gavrilovic method for the Kai Brakh valley basin, which is located in northern Iraq in Dohuk Governorate, specifically in the Sindi district of Zakho District, which has an area of (187.37 km2). This model is adopted in It was applied to temperature, rainfall, vegetation cover, soil, and slope, and all of these data were integrated into the program (ARC GIS 10.4.1) using mathematical formulas for the purpose of obtaining erosion levels. The map of potential erosion of the Kai Brakh Valley Basin showed that more than (93.65%) of the basin area falls within the range of severe and very severe erosion, and this is consistent with moderate and strong slopes devoid of vegetation. It was also clear from applying the Gavrilovic model equation that the basin contains three types levels of erosion are (moderate, severe, and very severe), and their areas

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

reached (1.26, 49.05, and 137.06 km2), respectively. The very severe erosion . covered more than two-thirds of the area of the basin

Keywords: Cartographic modeling, Remote sensing (RS), Geographic Information Systems (GIS), Water Erosion, Gavrilovic Model, Kai Brakh Valley Basin .

المبحث الأول (المقدمة والإطار النظري للبحث)

المقدمة :

تعد التعرية من المشاكل الطبيعية التي تؤدي إلى تدهور التربة في الأحواض المائية بفعل الماء الجاري ابتداءً من قطرات المطر المتساقطة على السطح ووصولاً إلى الجريان السطحي وانتهاءً بمجاري الأودية بسبب ما تقوم به المياه من نقل أو تغيير الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة ، اذ تعمل التعرية على إزالة الطبقة السطحية الخصبة من التربة والتي تكون غالباً محدودة في المناطق الجبلية ، وتتباين وتتأثر عمليات التعرية تبعاً لعدة عوامل أبرزها طبيعة التكوينات الجيولوجية السائدة ومدى مقاومتها لعمليات التعرية وانحدار السطح والغطاء النباتي وكثافته وطبيعة المناخ ونوع التربة فضلاً عن التدخلات البشرية السلبية (كهية:1:2023) .

لقد طورت العديد من الطرق والنماذج لتقدير تعرية التربة ونواتج الإرسابات ومن ابرز هذه الطرق هو نموذج جافريلوفيك (Gavrilovic Model) للتعرية والذي أطلق عليه جافريلوفيك نفسه مسمى Erosion Potential Method (EPM) ، اذ برز كأحد نماذج التعرية السطحية المناسبة للمناطق المتضرسة والأحواض الكبيرة المساحة ، حيث انه من النماذج النادرة التي صممت للأحواض في المناطق الجبلية ، وانه يتلافى القصور في بعض النماذج الشائعة الاستعمال كمعادلة Revised Universal Soil Lose Equation (RUSLE) التي تستعمل نموذجياً لتقدير تعرية التربة في المناطق الزراعية ذات الانحدارات التي لاتزيد عن (15%) ولأحواض صغيرة المساحة ، بينما ميز نموذج جافريلوفيك بأنه يطبق على الأحواض الكبيرة المساحة والشديدة التضرس والانحدار وذات أغطية واستعمالات أرضية متعددة . ويعتمد نموذج جافريلوفيك على متغيرات عديدة كنوعية التركيب الصخري ومعدل درجة الانحدار وحالة الغطاء النباتي والتربة فضلاً عن عنصري الحرارة والأمطار ، وان هذه المتغيرات تجعل من تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية أدوات مناسبة وذات أهمية كبيرة في تطبيق هذا النموذج على ارض

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

الواقع للمنطقة المدروسة ، كما انه يكشف تدهور التربة على مستوى الخلية (pixel unit) في المرئيات الفضائية وليس على مستوى الأحواض الجزئية فقط (الغامدي:2009:11-12).

وتعد النمذجة الخرائطية بأنها ميدان محدد للبحث والتعبير العلمي ، اذ تشمل عمليات المقارنة والتحليل والتركيب الخرائطي وذلك عن طريق اختيار المتغيرات والعمليات المكانية وتنظيمها من اجل تطوير مسائل تحليلية في نظام معلومات جغرافية بحيث تعتمد على الطبقات للبيانات والعمليات والإجراءات والهدف من هذا الميدان هو صنع طبقات خرائطية جديدة بأستعمال طبقات خرائطية حالية وإتباع عمليات متسلسلة بصيغة إجراءات للوصول الى المنتج الخرائطي الذي يسعى اليه المستخدم ، فاهتمامها الرئيس هو ليس بطريقة توضيح البيانات بل بطريقة معالجة البيانات رياضياً نحو منتج خرائطي ذو معنى جغرافي (القصاب:2021:33-34) .

وبذلك فان النمذجة الخرائطية لتقدير حجم التعرية تدور حول البحث في الآليات التقنية المناسبة التي من شأنها تحول النماذج الرياضية في نموذج جافريلوفيك الى خريطة رقمية تعبر عن مستويات حجم التعرية بمساحات محسوبة بوصفها حاصل للعمليات الرياضية والتي نفذت بطريقة خرائطية متقدمة داخل بيئة برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.4.1) بالاعتماد على معطيات الاستشعار عن بعد وطبقت على حوض وادي كاي براخ وإخراج نتائجها على هيئة خرائط عالية الدقة .

أولا : مشكلة البحث :

هل يمكن للنمذجة الخرائطية ان تقدم وثيقة مكانية توضح تقدير حجم التعرية المائية وتوزيعها المكاني وفق نموذج جافريلوفيك في حوض وادي كاي براخ بأستعمال معطيات الاستشعار عن بعد (RS) وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) .

ثانياً: فرضية البحث :

تنطلق فرضية البحث من خلال وصفها حلاً مقترحاً لمشكلتها مفادها انه بالإمكان إنتاج خرائط لتقدير حجم التعرية المائية وتوزيعها المكاني في حوض وادي كاي براخ بالاعتماد على النمذجة الخرائطية في ضوء التكامل المعلوماتي بين معطيات الاستشعار عن بعد (RS) وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال تحويل المعادلات الرياضية المعتمدة عالمياً في تقدير حجم التعرية وفق نموذج جافريلوفيك الى مجموعة من النماذج الخرائطية .

ثالثاً: أهمية البحث :

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

تأتي أهمية هذه الدراسة من كون المنطقة الجبلية في العراق تعد أحدى المناطق التي تتعرض وبشكل مستمر لمخاطر التعرية والانجراف التي تعد واحدة من أهم المشاكل البيئية الخطرة لما تسببه من أضرار جسيمة للتربة وفقدان خصوبتها ، فضلاً عن قله الدراسات المتعلقة بتقييم التعرية المائية نوعاً وكماً في العراق ، لذا يعد تحديد مستويات التعرية أمر بالغ الأهمية وذلك لغرض اتخاذ الإجراءات اللازمة من قبل أصحاب القرار للحد من مخاطر التعرية .

رابعاً: هدف البحث :

يهدف البحث إلى التعرف على مستويات التعرية المائية وإمكانية بناء نمذجة خرائطية رياضية باستعمال معطيات الاستشعار عن بعد (RS) وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لحساب كمية الترب المفقودة وتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للتعرية المائية في حوض وادي كاي براخ بالاعتماد على نموذج جافريلوفيك (EPM) .

خامساً: منهج البحث :

اعتمد البحث الحالي على مناهج عديدة منها منهج البحث الخرائطي ، إذ تم استعمال هذا المنهج في نمذجة خرائط المؤشرات المستعملة في نموذج جافريلوفيك (EPM) ، وخرائط العوامل الطبيعية . كما تم استعمال الأسلوب الكمي في تقدير حجم التعرية وقياس مساحاتها ، فضلاً عن استعمال منهج التحليل التكاملي (المدمج) إذ تم استعماله من خلال التكامل المعلوماتي بين معطيات الاستشعار عن بعد وتحليلها في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في تحديد المناطق التي تتعرض للتعرية المائية .

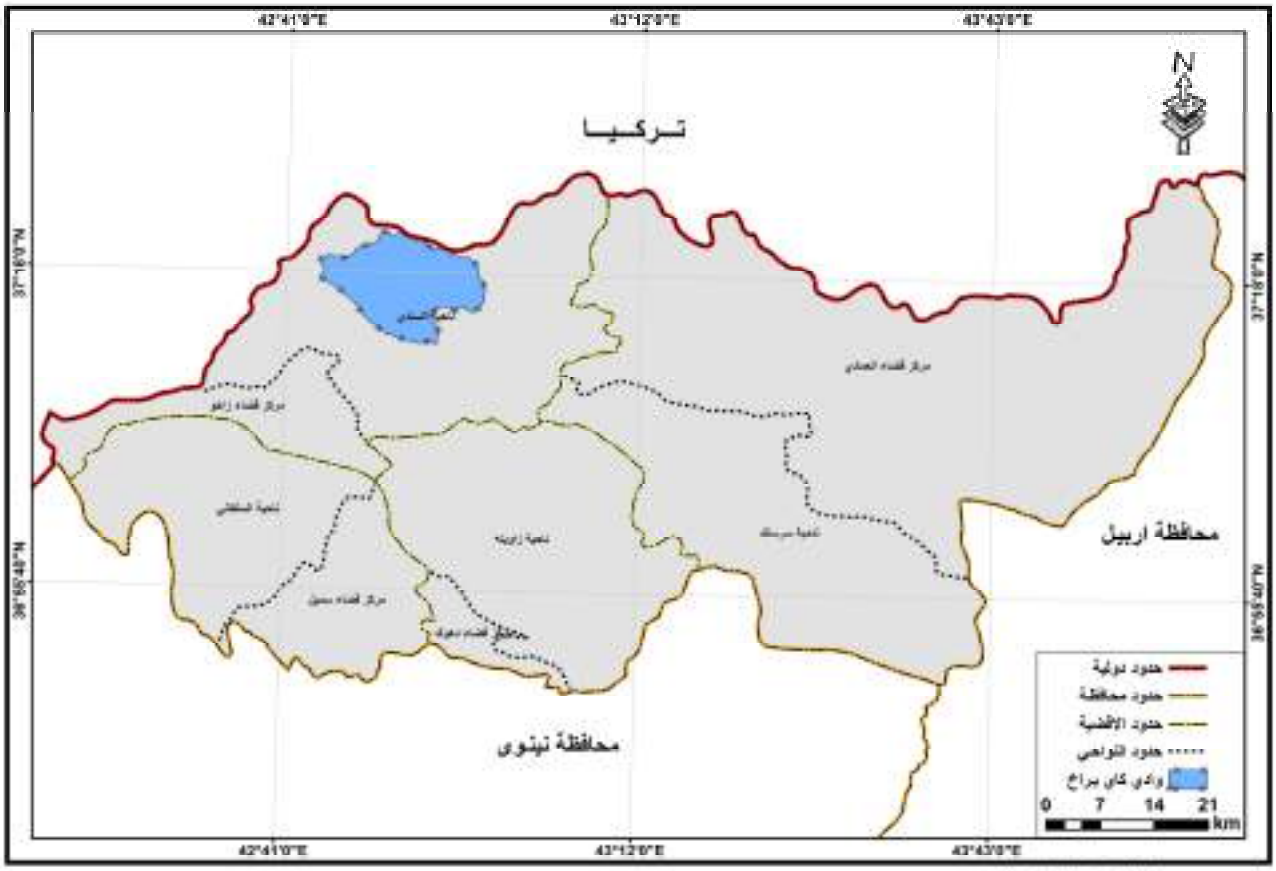
سادساً: حدود منطقة البحث :

تقع منطقة الدراسة في شمال العراق ضمن المنطقة الجبلية والحدود الادارية لمحافظة دهوك في قضاء زاخو وتحديداً ضمن ناحية السندي ، وينتهي الوادي في نهر هيزل ، إذ يقع فلكيا بين دائرتي عرض (59" 12 ' – 37º 56" 20 '37º) شمالاً وخطي طول (44" 43' 22 – 42º 58" '42º) شرقاً ، وتبلغ مساحة الحوض الكلية (187.37كم^2) الخريطتان (2،1) .

JMR P-ISSN:1815-6622
E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (١) موقع حوض وادي كاي براخ من محافظة دهوك



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على :-
- جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية ، المديرية العامة للمساحة ، قسم إنتاج الخرائط ، الوحدة الرقمية ، M.P.D ، بغداد ، خريطة محافظة دهوك ، بمقياس ١:٥٠٠٠٠٠ ، ٢٠١٢ .

سابعاً : البيانات والبرامج المستعملة في البحث :

اعتمد الدراسة على مجموعة من البيانات والبرامج وذلك لغرض تحقيق هدف البحث المنشود والتي هي:-

1- مرئية فضائية للقمر الصناعي الأمريكي (landast-8) ذات النطاقات المتعددة الأطياف وذات المتحسس (OLI) والملتقطة بتاريخ (6-9-2023) .

2- أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وبدقة تميزية (30×30 م) .

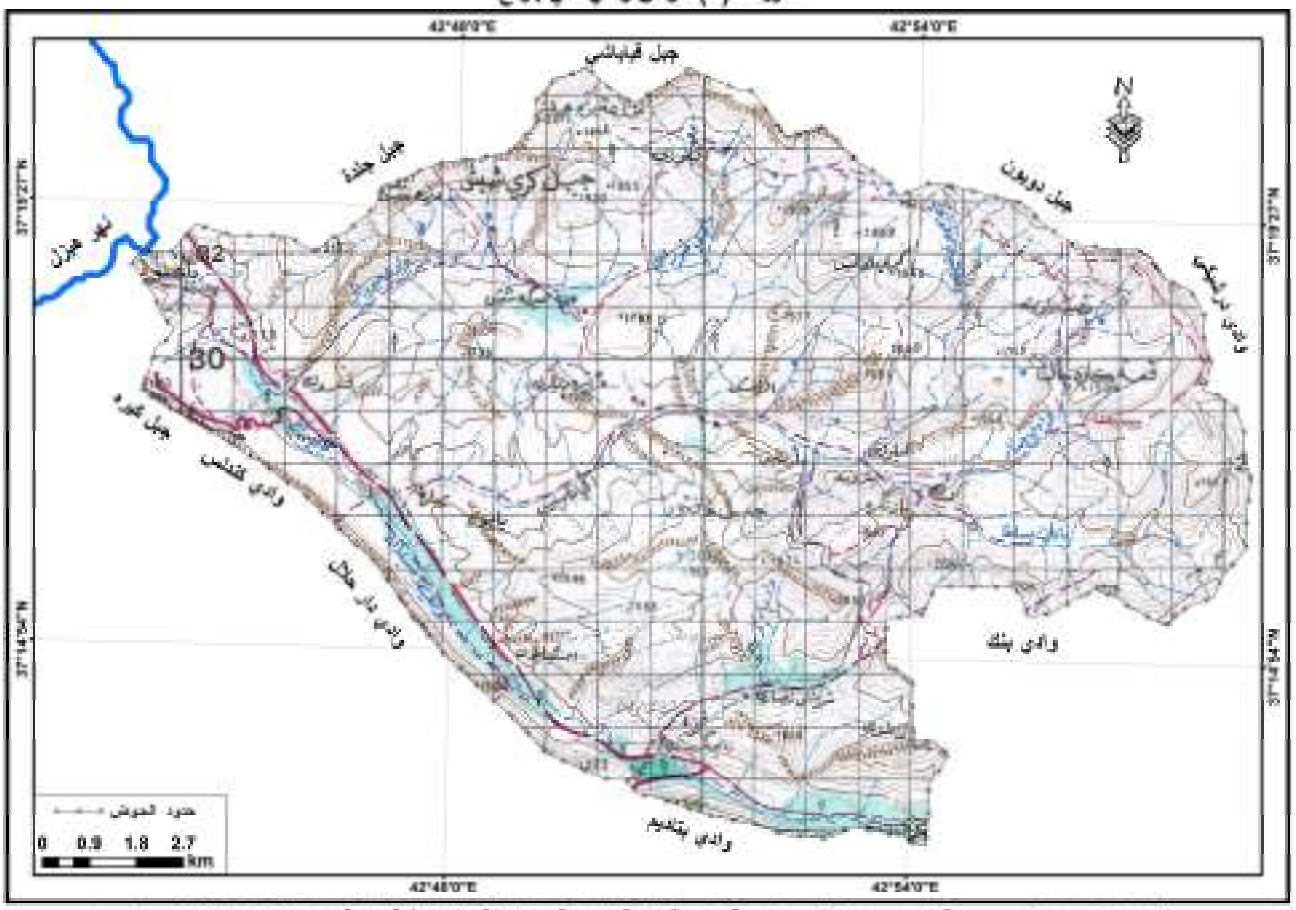
3- خريطة زاخو الطبوغرافية (J-38-M-SE) بمقياس(1:100000) ، الصادرة عن الهيأة العامة للمساحة العراقية .

4- استخدام برنامجي (ARC GIS 10.4.1) و(ERDAS 8.5) في معالجة وتحليل وتصميم ورسم ونمذجة خرائط البحث .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (٢) حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية ، الهيئة العامة للمساحة ، الخريطة الطوبوغرافية لوحة زاخو (J-38-M-SE) بمقياس ١:١٠٠٠٠٠ .

(نمذجة خرائط الخصائص الطبيعية المؤثرة على حجم التعرية المائية لحوض وادي كاي براخ)

تعد الخصائص الطبيعة احد أهم المرتكزات التي تؤثر على نشاط التعرية المائية ، إذ تمثل تلك الخصائص بالبنية الجيولوجية والسطح والمناخ والتربة والنبات الطبيعي .

أولاً : جيولوجية منطقة الدراسة :

يحتوي حوض وادي كاي براخ على مجموعة من التكوينات الجيولوجية ، وتتباين هذه التكوينات من خلال بيئة الترسيب ومكوناتها الصخارية ودرجة كثافتها وظهور مكاشفها من منطقة إلى أخرى ، فضلاً عن اختلاف أعمارها ، وقد ينحصر التاريخ الجيولوجي للمنطقة مابين الزمن الجيولوجي الأول وتكوينات الزمن الجيولوجي الثالث ، ويمكن

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

تتبع ملامح التوزيع المكاني (الجغرافي) لهذه التكوينات جدول (1) ، (خريطة 3) ، وبحسب تسلسلها من الأقدم إلى الأحدث :-

1-تكوينات الزمن الجيولوجي الأول:

أ- تكوينات عصري الكاربوني والبيرمي :

تنقسم التكوينات الجيولوجية التي تعود إلى هذين العصرين ضمن منطقة الدراسة إلى تكوين أوره الطفلي ويتكون هذا التكوين من الصخر الزيتي الأسود والبني في الأعلى وطبقات رقيقة من الحجر الجيري الأصفر في القاعدة ويتراوح سمكه ما بين (60-200 م) (Al-Musawi:2007:5) وتبلغ مساحته (6.85كم^2) وبنسبه (3.66%) من مجموع مساحة الحوض الكلية . اما تكوين جيازيري الذي يعود الى العصر البيرمي فأنه يتكون من الحجر الجيري الدولومايتي البلوري الناعم ذو اللون الرمادي المائل إلى الأسود ويكون مغطى في الأعلى بطبقة تتكون جزئياً من الحجر الرملي وبعض اجزاءه تحتوي على طبقات متقاطعة وبعض الأجزاء تتكون من صخور رملية عدسية كما يكون متوافقاً من الأعلى مع تكوين ميركامير ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي (750م) (Jassim and Goff: 2006:106)، إما مساحته فتبلغ (18.10كم^2) وبنسبه (9.66%) من مجموع مساحة الحوض الكلية .

خريطة (٣) التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

2- تكوينات الزمن الجيولوجي الثاني :

أ- تكوينات العصر الترياسي :-

1- تكوين ميركامير : يقع هذا التكوين في التواء أوره المحدب ويتكون من رقائق صخرية ذات ألوان رصاصية وصفراء من الحجر الجيري المارلي مع طبقات زاحفة وبريشيا متبلورة ويكون الحد الطبقي الأسفل للتكوين متوافقاً مع تكوين جيازيري ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي (200 م) (السياب وآخرون:1982:66-67) ، ويحتل مساحته قدرها (15.34 كم^2) وبنسبه (8.19%) من مساحة الحوض الكلية .

جدول (1) اسماء التكوينات الجيولوجية ومساحتها ونسبها المئوية في منطقة الدراسة

الزمن الجيولوجي	عصر التكوين	اسم التكوين	المساحة (كم^2)	النسبة المئوية
الزمن الأول	الكاربوني	أوره الطفلي	6.85	3.66

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

	البيرمي	جيازيري	18.10	9.66
الزمن الثاني	التریاسي	ميركامير	15.34	8.19
		كلي خانة	4.61	2.46
		كراجينة وبلوطي	31.87	17.01
	الجوراسي	ساركي وساهكينيان	16.15	8.62
		الجياكارا والبارسرين وناوكليكان وساركلو	16.61	8.86
	الكريتاسي	سرمورد	14.83	7.91
		الكركو	25.64	13.68
		قجموقة	6.42	3.43
		شيرانش	11.20	5.98
الزمن الثلاثي	الباليوسين	الكولوش	1.59	0.85
	الآيوسين	الجركس	9.32	4.97
		البلاسبي	8.84	4.72
المجموع			187.37	100

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (3) .

2- تكوين كلي خانة : تبلغ مساحة هذا التكوين (4.61 كم^2) وبنسبه (2.46%) من جملة مساحة الحوض الكلية وينكشف في جنوب شرق منطقة الدراسة ويتكون من الدولومايت والحجر الجيري الرمادي وطبقات رقيقة من الصخر الزيتي مع أشرطة البريشيا المعاد بلورتها ، ويبلغ سمكه حوالي (156م) (Sissakian and Al-Jiburi:2014:82-83) .

3- تكوني كراجينة وبلوطي : يتكون تكوين كراجينة من الحجر الجيري مع بايرايت بلون قهوائي غامق أو أسود مع طبقات سميكة من الدولومايت والطين ألصفائحي ، ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي (50 م) (العمري وصادق:79:1977) . اما تكوين بلوطي فأنه يتكون من حجر الدولوستون الشديد الصلابة وحجر الكلس مع طين

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

صفائحي هش أخضر اللون وطبقة رقيقة من الطفل الناعم ، والسمك المكشوف لهذا التكوين حوالي (٣٥م) (الجنابي:11:2016) وتبلغ مساحة التكونين (31.87 كم^2) وبنسبة (17.01%) من جملة مساحة منطقة الدراسة .

ب- تكوينات العصر الجوراسي :-

1- تكوني ساركي وساهكينيان: يعود عمر هذين التكوينين إلى العصر الجوراسي المبكر ، إذ تبلغ مساحتهما حوالي(16.15 كم^2) وبنسبة (8.62%) من جملة مساحة منطقة الدراسة ، وينقسم تكوين (ساركي) إلى قسمين إذ يتكون القسم الأسفل منه من الحجر الجيري الدولومايتي الصواني ، اما القسم الأعلى فيتكون من الحجر الدولومايتي ، ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي (210 م) . بينما يتكون تكوين (ساهكينيان) من ثلاثة أقسام ويتألف من الدولومايت والحجر الجيري الدولومايتي والحجر الجيري العضوي ، ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي (120 م) (محمد:19:1988) .

2- تكوينات الجياكارا والبارسرين وناوكليكان وساركلو: يتكون تكوين جياكارا من صخور الحجر الجيري والحجر الجيري الصفائحي ويبلغ سمك هذا التكوين (17م) (الخالدي:293:2016) ، اما تكوين البارسرين فأنه يتكون من تعاقب طبقات من الحجر الجيري المتدملت ذو لون رمادي غامق وتطبق جيد والذي يمتاز باحتوائه على تعاقبات الحجر الجيري ذو التطبق المستوي فضلاً عن احتوائه طبقات من السجيل ذو اللون الأسود ويبلغ سمكه هذا حوالي (17م) (البدراني والحميدي:82:2019) ، اما تكوين ناوكليكان فيتكون من صفائح رقيقة من حجر الكلس ذو اللون الرصاصي الغامق وحجر كلس قيري وطفل كلسي (فحم) ويبلغ سمكه حوالي (14م) (Al-Eisa:2021:28-29) ، اما تكوين ساركلو فانه يتكون من بصورة رئيسة من طبقات رقيقة وأخرى سميكة منتظمة التطبق من حجر الجير الأسود والرمادي الأزرق ويكون في بعض المواقع متدملت ويتداخل مع السجيل الأسود ويبلغ سمكه مابين (75-125م) (Merza and Mohialdeen:2012:49) ، وتنكشف التكوينات أعلاه في وسط منطقة الدراسة وتبلغ مساحتها (16.61 كم^2) وبنسبة (8.86%) من جملة مساحة منطقة الدراسة .

ت- تكوينات العصر الكريتاسي :

تنقسم التكوينات الجيولوجية التي تعود إلى هذا العصر ضمن منطقة الدراسة إلى أربعة تكوينات وهي سرمورد والكركو وقمجوقة وشيرانيش ، ويتكون تكوين سرمورد من طبقات من المارال البني مع طبقات متعاقبة من المارال الجيري ، ويبلغ سمكه حوالي (400 م) (الضميدعي والعزاوي:130:2020) ويحتل مساحة (14.83 كم2) وبنسبة (7.91%) من جملة مساحة منطقة الدراسة ، اما تكوين الكركو فأنه يتكون من صخور المارل والحجر الرملي

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

المحتوي على نسبه عالية من الحديد وصخور الحجر الجيري المحتوي على نسبه عالية من المواد العضوية ويبلغ سمك هذا التكوين (92 م) ويحتل مساحة25.64 (كم^2) وبنسبة (13.68%) من مساحة المنطقة (سعيد:13:2015) ، اما تكوين قمجوقة فيتكون من الصخور الجيرية الكلسية والدولومايتية ويمتاز بالطبقات السميكة من الصخور الكلسية ذات اللون الأبيض المصفر والذي تظهر فيه سطوح التطبق والفواصل والشقوق بشكل واضح ويبلغ سمك هذا التكوين حوالي (799م) (اللهيبي:895:2019) ويحتل مساحة قدرها (6.42 كم^2) وبنسبه(3.43%) من مساحة الحوض الكلية ، اما تكوين شيرانيش فأن الجزء السفلي منه يتكون من حجر كلسي طفيلي او طيني ابيض او رمادي فاتح ذو سطح أملس جيد التطبق بينما الجزء العلوي منه فيتكون من طفل وسجيل ازرق ورمادي مزرق ويبلغ سمك هذا التكوين (150م) (يوسف والسعدي:19:2010)ويشكل مساحة قدرها (11.20 كم^2) وبنسبه (5.98%) من جملة مساحة الحوض الكلية.

3-تكوينات الزمن الجيولوجي الثالث :

أ- **تكوينات عصر الباليوسين** : تمثل تكوينات عصر الباليوسين التي تتكشف في المنطقة بتكوين الكولوش فقط ، وتبلغ مساحته حوالي (1.59 كم^2) ، وبنسبة (0.85%) من جملة مساحة منطقة الدراسة ، ويتكون تكوين الكولوش من الطفل والحجر الرملي الناعم والحجر الجيري والصلصال ، فضلاً عن احتوائه على قطع مختلفة الأحجام من صخور خضراء والصوان والراديولايت ، ويتغاير سمك هذا التكوين مابين منطقة وأخرى ليتراوح سمكه بين (10 – 50 م) (العبيدي:15:2005) .

ب- **تكوينات عصر الآيوسين** : تنقسم التكوينات الجيولوجية التي تعود إلى هذا العصر ضمن منطقة الدراسة إلى تكوينين هما تكوين الجركس وتكوين البلاسبي ، وتبلغ مساحتهما (9.32 ، 8.84كم^2) على التوالي ، وبنسبة (4.97 ، 4.72 %) من مجموع مساحة منطقة الدراسة ، ويتألف تكوين الجركس من تتابع طبقي من الطفل الأحمر والقهوائي والحجر الطيني والمارل الأحمر والحجر الرملي وطبقات رقيقة من الحجر الجيري في طبقاته العليا ويتميز بلونه الأحمر والبنفسجي ويبلغ سمكه (250 م) (الزبيدي:14:2018) ، اما تكوين البلاسبي فيتكون بشكل أساسي من حجر كلسي متبلور ودولومايتي وطيني ودولومايتي طباشيري ذو لون ابيض إلى رمادي فاتح وابيض مصفر على التتالي وهي جيدة التطبق ويبلغ سمكه حوالي (85 م) (الدليمي:35:2018) .

ثانياً: طبوغرافية منطقة الدراسة :

تؤثر التضاريس الارضية على التعرية المائية تأثيراً كبيراً ، اذ ترتبط التعرية المائية مع شدة الانحدار بعلاقة خطية حيث تزداد فعالية التعرية بفعل المياه الجارية كلما زاد السطح انحداراً والعكس هو الصحيح

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

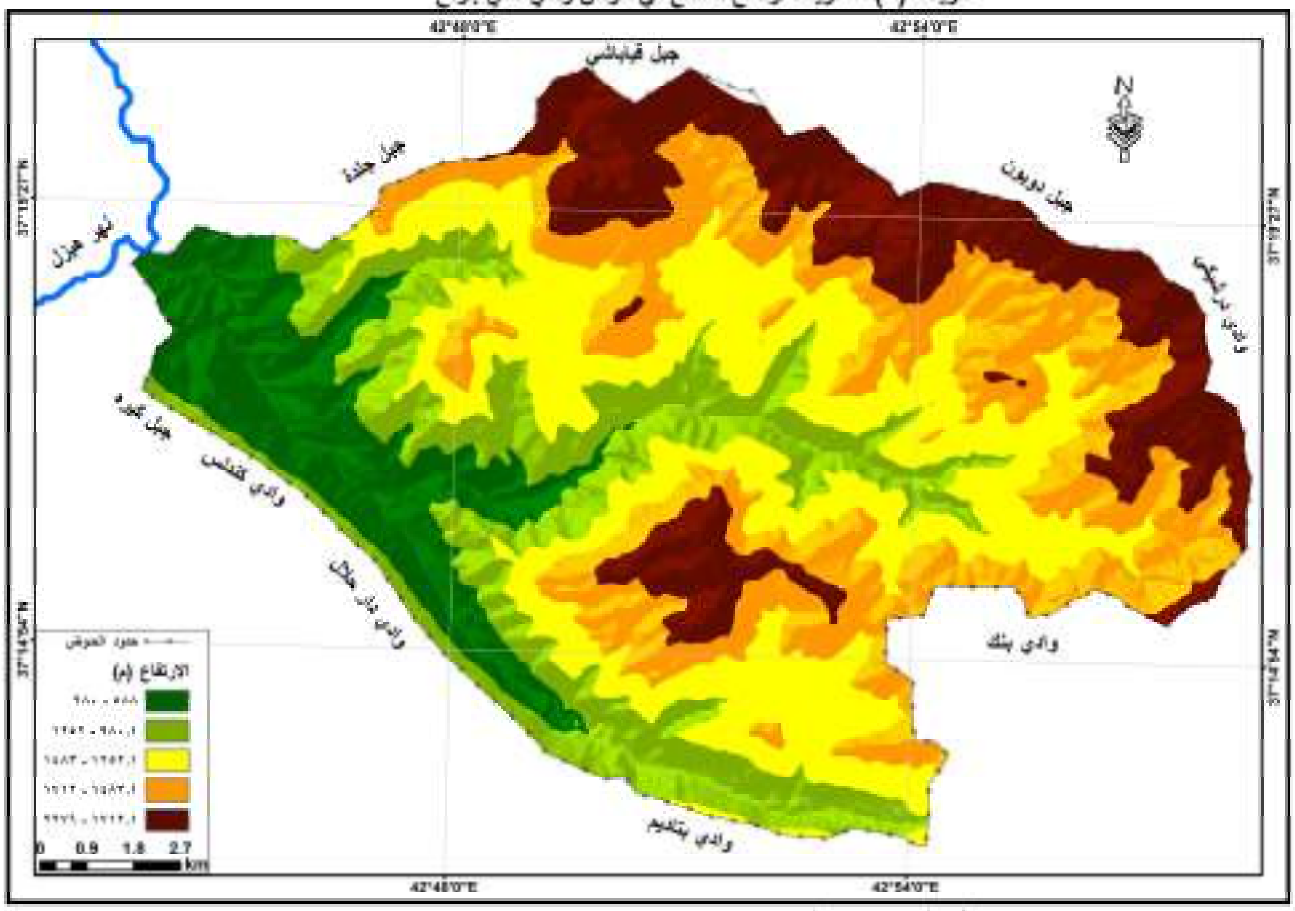
(سعد:276:2017). تقع منطقة الدراسة بحسب التقسيم الفيزوغرافي لسطح العراق في المنطقة العالية الالتواء، وقد صنفت تضاريس حوض وادي كاي براخ وفقاً للبيانات التي اشتقت من أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) الذي يؤمن تمثيلاً حقيقياً لتضاريس المنطقة ، وتبين من خلاله بعد اجراء عملية التصنيف بان ادنى ارتفاع بالمنطقة بلغ (588م) في حين بلغ اعلى ارتفاع (2276م) فوق مستوى سطح البحر ولغرض توضيح هذا التباين في الارتفاعات فقد صنفت منطقة الدراسة الى خمس فئات وهي (خريطة 4) ، جدول (2) .

1. **الفئة الأولى:** يتراوح ارتفاعها مابين (588–980م) فوق مستوى سطح البحر، وهي أكثر المناطق انخفاضاً وتقع في الجزء الجنوبي الغربي من الحوض ، وتبلغ مساحتها (23.86 كم^2) وبنسبة (12.73%) من مساحة منطقة الدراسة الكلية وهي تمثل منطقة مصب الحوض .
2. **الفئة الثانية:** يتراوح ارتفاعها مابين (980.1–1252م) فوق مستوى سطح البحر، وتقع في الأجزاء الوسطى والجنوبية والغربية من الحوض، وتبلغ مساحتها (35.92 كم^2) وبنسبة (19.17%) من جملة مساحة منطقة الدراسة .
3. **الفئة الثالثة:** يتراوح ارتفاعها هذه الفئة الى مابين (1252.1– 1483م) فوق مستوى سطح البحر ، وتبلغ مساحتها (48.36 كم^2) وبنسبة (25.81%) من مساحة الحوض وتقع في الأجزاء الوسطى من الحوض .
4. **الفئة الرابعة:** يتراوح ارتفاعها مابين (1483.1–1712م) فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحتها (46.16 كم^2) وبنسبة (24.64%) من مساحة المنطقة وتقع في الأجزاء الوسطى والشمالية وهي تمثل النطاق الأول لسلاسل الجبال.
5. **الفئة الخامسة:** تتراوح ارتفاعها ما بين (1712.1–2276م) فوق مستوى سطح البحر ، وتبلغ مساحتها (33.07 كم^2) وبنسبة (17.65%) من جملة مساحة المنطقة وتقع في الأجزاء الشمالية وفي مناطق أخرى من الحوض وهي تمثل النطاق الثاني لسلاسل الجبال.

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (٤) مستويات ارتفاع السطح في حوض وادي كاي براغ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على :- أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ، وباستعمال برنامج (Arc GIS.10.4.1).

جدول (2) فئات الارتفاع ومساحتها ونسبها المئوية في منطقة الدراسة

الفئة	طول الفئة (م)	المساحة (كم^2)	النسبة المئوية (%)
1	980 – 588	23.86	12.73
2	1252 – 980.1	35.92	19.17
3	1483 – 1252.1	48.36	25.81

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

4	1712 – 1483.1	46.16	24.64
5	2276 – 1712.1	33.07	17.65
المجموع		187.37	100.00

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (4) .

ثالثاً: المناخ :

1- درجة الحرارة : يتضح من الجدول (3) أن اعلى معدلات درجات الحرارة سجلت في شهر تموز في محطات (العمادية ، دهوك ، زاخو ، عقرة) إذ بلغت (36.3 ، 40.6 ، 42.1 ، 42.6 مْ) على التوالي ، في حين بلغ معدل درجة الحرارة الصغرى لشهر تموز لنفس للمحطات ذاتها (22.9 ، 26.1 ، 26.1 ، 26.3 مْ) على التوالي ، ويعود السبب في ارتفاع معدلات الحرارة إلى طول ساعات النهار وصفاء الجو وتأثر المنطقة بالكتل الهوائية الحارة ، بينما سجل شهر كانون الثاني ادنى معدلات للحرارة في محطات (العمادية ، دهوك ، زاخو ، عقرة) ، اذ بلغ معدل درجة الحرارة العظمى فيها (6.2 ، 11.9 ، 12.3 ، 10.7 مْ) على التوالي في حين بلغ معدل درجة الحرارة الصغرى لشهر كانون الثاني لنفس المحطات (0.5 ، 3.7 ، 3.6 ، 2.6 مْ) على التوالي ، ويعود السبب في انخفاض تلك المعدلات المسجلة إلى تعرض المنطقة للكتل الهوائية الباردة فضلاً عن عامل الارتفاع عن مستوى سطح البحر. اما فيما يخص المديات الحرارية فأنها متباينة إذ سجل أعلاها في شهر تموز إذ بلغت (13.4 ، 14.5 ، 16 ، 16.3) في محطات (العمادية ، دهوك ، زاخو ، عقرة) على التوالي .

جدول (3) المعدلات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى (مْ) في محطات العمادية ، دهوك ، زاخو ، عقرة للمدة (1994 – 2020)

المحطات	درجة الحرارة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	اب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
العمادية	عظمى	6.2	9.4	13.1	19.1	26.3	33.6	36.3	36.1	32.1	24.4	14.6	8.4	21.6
	صغرى	0.5	0.0	3.6	8.0	13.5	19	22.9	23	18.5	13	5.7	1.3	10.7
	مدى	5.7	9.4	9.5	111.	812.	614.	13.4	113.	613.	11.4	98.	7.1	910.
دهوك	عظمى	11.9	13.6	17.5	23.1	30.6	37.1	40.6	40.4	35.3	28.6	19.5	14	26
	صغرى	3.7	4.6	8.1	12.4	17.7	22.9	26.1	25.8	21.2	16.4	9.4	5.4	14.5

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

	مدى	8.2	9.0	9.4	10.7	12.9	14.2	14.5	14.6	14.1	12.2	10.1	8.6	11.5
زاخو	عظمى	12.3	14	18.5	24.6	31.8	38.2	42.1	41.4	36.5	28.8	21.9	14.9	27
	صغرى	3.6	4.3	7.3	12.3	17.4	22.3	26.1	25.5	21.4	15.9	9.7	5.6	14.3
	مدى	8.7	9.7	11.2	12.3	14.4	15.9	16	15.9	15.1	12.9	12.2	9.3	12.8
عقرة	عظمى	10.7	12.4	17.6	24.1	31.7	38.3	42.6	41.9	36.7	28.8	19.1	13	26.4
	صغرى	2.6	3.2	6.7	11.5	17.4	22.7	26.3	26.1	21.8	16.7	9.2	4.5	14.1
	مدى	8.1	9.2	10.9	12.6	14.3	15.6	16.3	15.8	14.9	12.1	9.9	8.5	412.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على : جمهورية العراق ، إقليم كردستان ، وزارة النقل والمواصلات ، الهيئة العامة للأنواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة .

2- الامطار :

يتبين من جدول (4) أن مجموع كمية الامطار السنوية الهاطلة بلغت(774.1 ، 573.2 ، 607.2 ، 673.9 ملم) في محطات (العمادية ، دهوك ، زاخو ، عقرة) على التوالي . وسجل اعلى معدل للأمطار في شهر كانون الثاني اذ بلغت (125.9 ، 116 ، 124.6 ، 142 ملم) في محطات (العمادية ، دهوك ، زاخو ، عقرة) على التوالي ولهذه المعدلات المرتفعة تأثيراً مباشر في زيادة فاعلية عمليات التعرية .

جدول(4) المعدل الشهري والمجموع السنوي لكمية الامطار (ملم) في محطات العمادية ، دهوك ، زاخو ، عقرة للمدة (1994 – 2020)

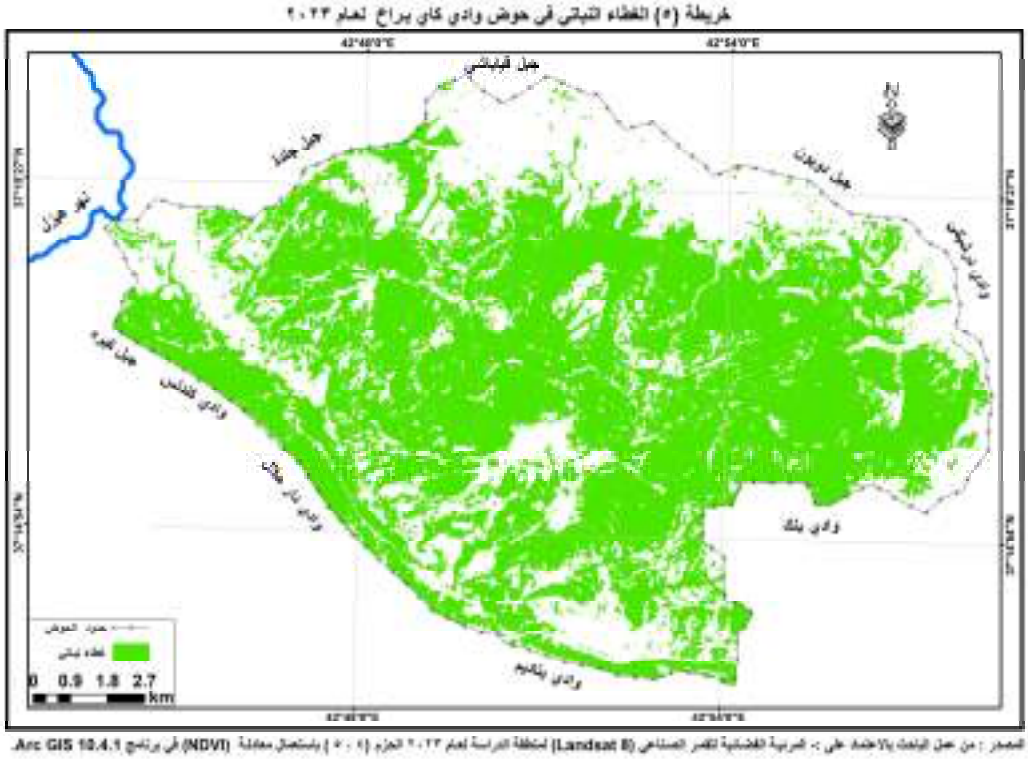
المحطات	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	اب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المجموع السنوي
عمادية	125.9	117.2	141.2	88.1	31.9	1.4	0	0	2.8	49.3	94.8	121.4	774.1
دهوك	116	88.1	101.5	63.9	19	1.4	0.1	0.1	1.1	23.1	58.2	100.8	573.2
زاخو	124.6	86.6	95.2	70.3	23.7	1.4	0	0	1.8	32.6	63.2	107.6	607.1
عقرة	142	107.9	109.9	69.1	21.3	1.4	0.4	0.5	1.5	30.8	73.8	115.3	673.9

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على : جمهورية العراق ، إقليم كردستان ، وزارة النقل والمواصلات ، الهيئة العامة للأنواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

رابعاً: النبات الطبيعي : تظهر أهمية النبات الطبيعي في الدراسة الجيومورفولوجية من خلال تأثيره في الحد من آثار التعرية المائية والريحية ،إذ يساعد على تماسك التربة ومنع تفككها وانجرافها ، ويخفف من سرعة ارتطام قطرات المطر الساقطة على سطح التربة ، فضلاً عن أعاقة الجريان المائي السطحي، وعلى العكس فأن قلة الغطاء النباتي



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على :- المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 8) لمنطقة الدراسة لعام ٢٠٢٣ الجزء (١٠ ، ٥) باستعمال معادلة (NDVI) في برنامج Arc GIS 10.4.1

يؤدي الى سرعة الجريان المائي السطحي ومن ثم يزيد من سرعة عمليات التعرية المائية (القريشي:43:2011) ، وقد تبين من خريطة (5) ان منطقة الدراسة تمتاز بكثافة غطائها النباتي ، إذ بلغت مساحة التغطية النباتية في حوض وادي كاي براخ حوالي(116.39 كم^2) وبنسبة (62.12%) من مجموع مساحة الحوض الكلية .

المبحث الثالث

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

(النمذجة الخرائطية لقياس حجم التعرية المائية بحسب نموذج جافريلوفيك في منطقة الدراسة)

ان نموذج (EPM) وهو اختصاراً لـ (Erosion Potential Method) ويعد من انسب النماذج في تقيم التعرية في المناطق الواسعة ، اذ تم تصميم هذا النموذج من قبل (Gavrilovic) في خمسينيات القرن الماضي ثم قام بتطويره عام 1954 ، وقد شهد هذا النموذج في عام 1985 قفزة نوعية في تطوره على يد مجموعة من الباحثين بعد التطور الكبير الذي حصل في المجالات المعلوماتية فضلاً عن التطور الكبير الذي حصل في مجال برمجيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ، ويتميز هذا النموذج بكونه يقدر أنواع مختلفة من التعرية مما جعله نموذج مناسب للتطبيق في بلدان مختلفة من أوربا الشرقية وايطاليا واليونان وسويسرا وإيران – وهي بلدان جبلية شديدة التضرس – وخاصة بعد ما اختبرت مصداقية نتائجه في عدد من الدراسات وقورنت بنتائج القياسات الميدانية وتبين وجود توافق كبير بين نتائج الأنموذج مع نتائج القياسات الميدانية ويعتمد هذا النموذج في تطبيقه على مجموعة من المتغيرات تشمل التركيب الصخري وخصائص الانحدار والغطاء النباتي والتربة والأمطار ودرجات الحرارة (صالح وفياض:115:2022) شكل (1) ، ويطبق هذا النموذج وفق سلسلة من المعادلات وهي على النحو الأتي (Khallef:2023:3693) .

$$W = T \times H \times \pi . \sqrt{Z^3}$$

إذ ان:

W = المعدل السنوي للتعرية (م^3/ كم^2/ السنة).

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

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

T = معامل الحرارة ويستخرج من المعادلة .

إذ أن:

C = المعدل السنوي لدرجة الحرارة .

H = المعدل السنوي للأمطار (ملم) .

π = معامل ثابت يساوي (3.1415) .

z = معامل التعرية المحتملة وهو أهم عناصر نموذج جافريلوفيك وقد يكتفى به لوحده كمؤشر على تقدم التعرية في الأحواض المائية ويحسب هذا المعامل من خلال المعادلة التالية(الغامدي:23:2009).

$$z=Y\times Xa\times(\phi+\sqrt{Ja})$$

إذ أن:

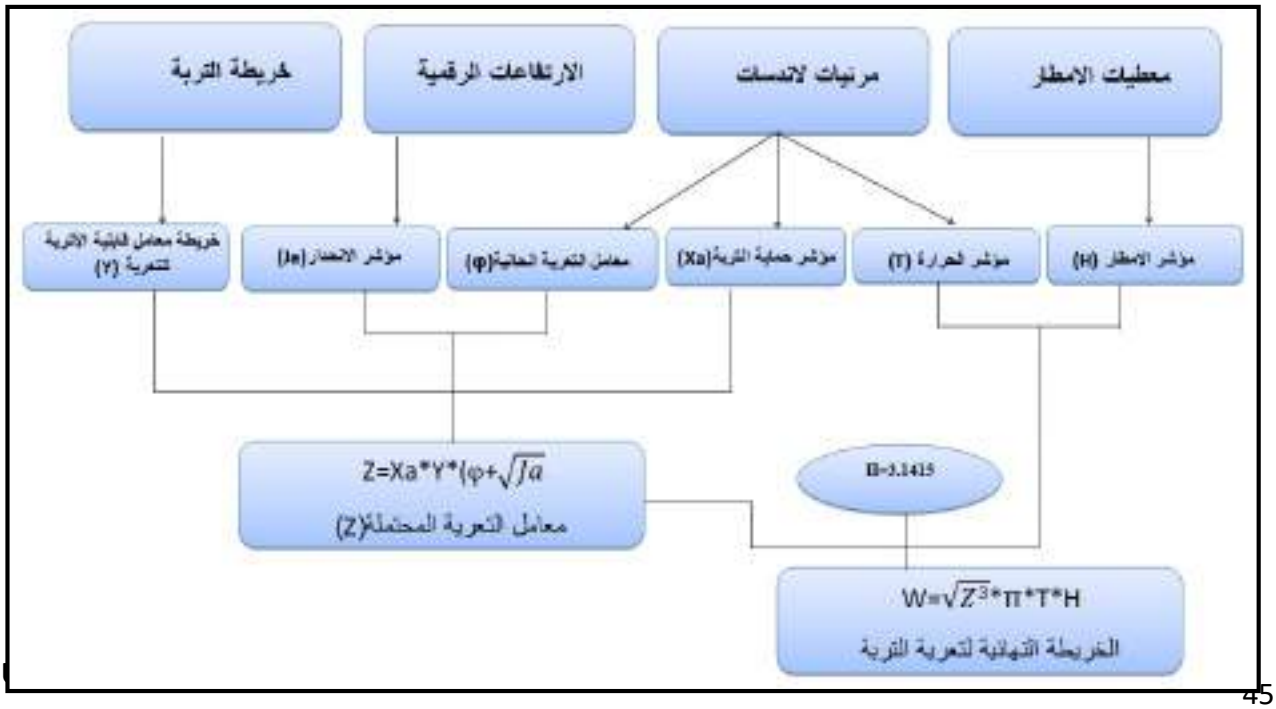
Y = معامل قابلية التربة للتعرية .

Xa = معامل حماية التربة .

ϕ = معامل تطور التعرية وشبكة التصريف .

Ja = معدل الانحدار(%) .

شكل (1) مخطط انسيابي يبين مراحل العمل في نموذج جافريلوفيك



JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج جافريلوفيك .

اولاً : نمذجة المؤشرات المستعملة في نموذج جافريلوفيك (EPM) :

1- نمذجة مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y) : يبين هذا المؤشر حساسية التربة للتعرية المائية ، ولغرض استخراجه فقد تم الاعتماد على خصائص التربة في العراق التي وردة في تقرير منظمة الفاو وباستعمال معادلة فشمير الآتية (Marouane, Lahcen and Valérie:2021:4) :

$$Y= (0{,}00021 \times (12 - OM)\, M^{1.14} + 3.25\,(S-2) + 2.5(P-3)] / 100) \times 1.58$$

إذ أن :

Y= معامل قابلية التربة للتعرية.

OM= نسبة المادة العضوية.

M = النسيج (نسبة الطمى + الرمال)×(100- نسبة الطين).

S = رمز العينة .

P= معامل النفاذية .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

وبعد تطبيق المعادلة أعلاه اتضح بان ترب منطقة الدراسة ذات مقاومة متوسطة اذ تراوحت قيمها بحسب معامل قابلية الأتربة او الصخور للتعرية بين (0.3 – 0.5) في جميع أجزاء حوض وادي كاي براخ جدول (5) خريطة (6) .

جدول(5) معامل قابلية الاتربة أو الصخور للتعرية

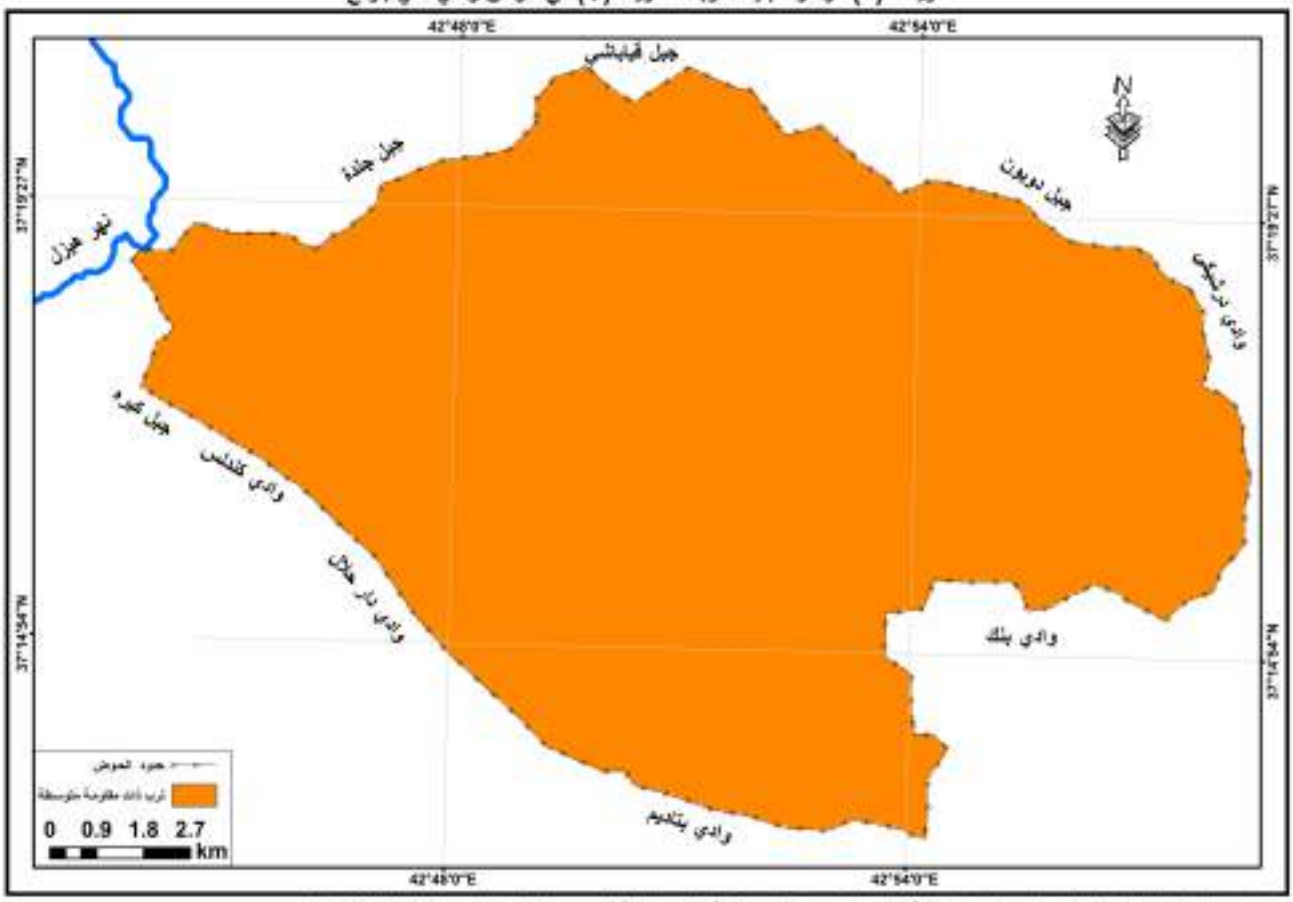
معامل قابلية التربة للتعرية	قيمة معامل y	متوسط القيمة
ترب ذات مقاومة شديدة	0.3 – 0.1	0.2
ترب ذات مقاومة متوسطة	0.5 – 0.3	0.4
ترب ذات مقاومة ضعيفة	0.6 – 0.5	0.55
ركام حطامي ورواسب خشنة	0.8 – 0.6	0.7
رواسب رملية ناعمة لا مقاومة لها	0.1 – 0.9	0.95

Marouane', L. ,Benaabidate, L. & Mesnage, V. (2021). Assessment and mapping of water erosion by the integration of the Gavrilovic "EPM" model in the Inaouene watershed, Morocco, Laboratory of Functional Ecology and Environment Engineering ,University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fez, Morocco,p4.

JMR P-ISSN:1815-6622
E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (٦) مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y) في حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على :- خصائص التربة في العراق حسب تقرير منظمة الفاو ومعادلة فشمير وباستعمال برنامج (Arc GIS10.4.1).

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

2- نمذجة مؤشر حماية التربة (Xa) : ينبني هذا المؤشر على أساس مستويات كثافة الغطاء النباتي التي تساعد في تثبيت التربة وتقليل سرعة الجريان المائي وزيادة نفاذية المياه داخل التربة فضلاً عن التقليل من انجرافها ، ويؤدي الغطاء النباتي دوراً مهماً في تقليل شدة التعرية وحماية التربة من خلال اعتراض أغصان الأشجار لقطرات الامطار وخفض قدرتها على اقتلاع ذرات التربة (عمران ورؤوف:2022:8-7) . وقد حدد جافريلوفيك معايير لتحديد قيم مؤشر حماية التربة وهي كما في الجدول أدناه .

جدول(6) معامل حماية التربة (Xa)

معامل حماية التربة	قيمة معامل *Xa*	متوسط القيمة
غابات مختلطة كثيفة – متوسطة الكثافة	0.2 – 0.05	1.125
غابات صنوبرية او نباتات مبعثرة على جوانب القنوات المائية	0.4 – 0.2	0.3
مراعي وغابات متضررة	0.6 – 0.4	0.5
مراعي ومزارع متضررة	0.8 – 0.6	0.7
اراضي جرداء	1.0 – 0.8	0.9

Zeghmar, A. ,Marouf ,N., Elhadj Mokhtari, (2021) Assessment of soil erosion using the GIS-based erosion potential method in the Kebir Rhumel Watershed, Northeast Algeria, Journal OF Water and Land Development, p138.

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

وقد تم استخلاص قيم مؤشر حماية التربة (Xa) من خلال مرئيات القمر الصناعي (*Landsat–8*) اذ تم من خلالها استخلاص قيم معامل كثافة الغطاء النباتي (*NDVI*) بعد ان تم تصنيف حوض وادي كاي براخ الى خمسة أصناف بحسب المعايير الذي وضعها جافريلوفيك ولاستخراج قيم مؤشر هذا المعامل فقد تم الاعتماد على المعادلة أدناه (Abdeni Elalui and et al:2023:5) :

$$Xa = (X_a NDVI - 0.61)*(-1.25)$$

إذ أن :

Xa= مؤشر حماية التربة .

X_aNDVI= معامل التغطية النباتية المعدل لمواءمة معايير مؤشر حماية التربة .

ان مؤشر حماية التربة(*Xa*) يرتفع في المناطق ذات الكثافة النباتية العالية والتي تتراوح قيمها بين (0.05 – 0.2) ، وتقل في المناطق الجرداء التي تتراوح قيمها بين (0.8 – 1.0) ، ويتضح من خريطة (7) وجدول (7) ان مؤشر حماية التربة في حوض وادي كاي براخ بلغت فيه مساحة المناطق التي تكون ذات حماية شديدة جداً (31.28 كم^2) وبنسبة (16.69%) من جملة مساحة منطقة الدراسة ، في حين كانت مساحة المناطق ذات الحماية الضعيفة جداً (10.93 كم^2) وبنسبة (5.83%) بينما بلغت المساحة في المناطق الشديدة والمتوسطة والضعيفة (55.10 ، 55.74 ، 34.32 كم^2) وبنسب (29.41 ، 29.67 ، 18.31 %) على التوالي ، وهذا يبين أهمية الغطاء النباتي واستعمالات الارض في حماية التربة من التعرية والانجراف .

3- نمذجة مؤشر التعرية الحالية (*ϕ*) : تم حساب هذا المؤشر من خلال المعادلة التي صاغها (Mellivsky 2008) وبالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (Landsat) اذ يتم ذلك من خلال حساب الجذر التربيعي للنطاق الثالث (TM3) وتقسيمه على اعلى قيمة للإشعاع (Q_{max}) كون أن زيادة الإشعاع ترتبط بشكل مطرد بزيادة التعرية اي أن كلما زادت التعرية كان هناك المزيد من المنكشفات الصخرية وعلى وفق المعادلة أدناه (صالح وفياض:122:2022) :

$$\phi = \sqrt{\frac{TM3}{Qmax}}$$

إذ أن :

ϕ = مؤشر حماية التعرية الحالية .

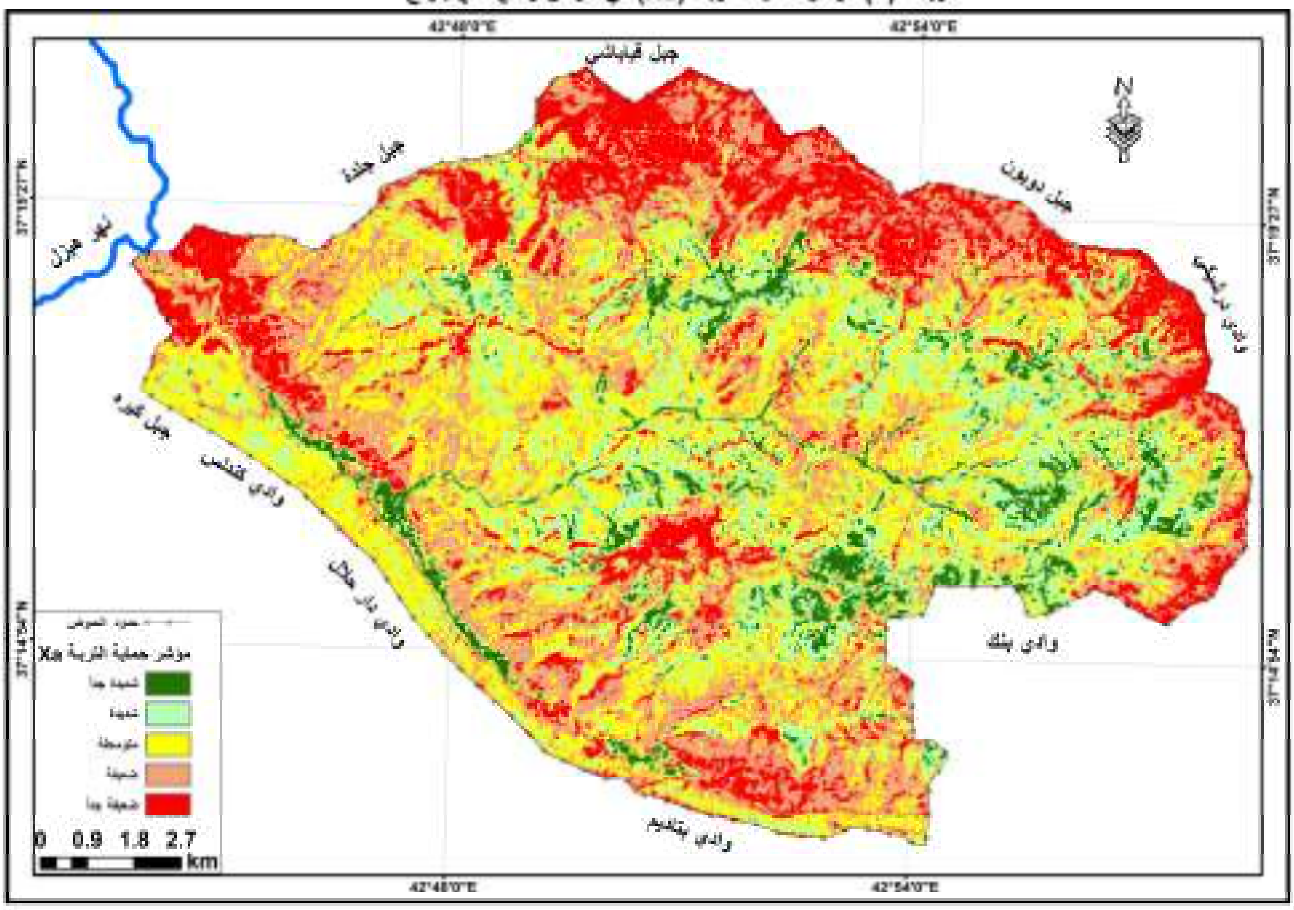
TM3= النطاق الثالث في مرئية القمر الصناعي (Landsat) .

Qmax = اعلى قيمة للإشعاع .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (٧) مؤشر حماية التربة (Xa) في حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على :- المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 8) وباستعمال معادلة استخراج قيم معامل حماية التربة (Xa) .

جدول (7)

صنف معامل حماية التربة (Xa) ومساحته ونسبته المئوية في حوض وادي كاي براخ

معامل حماية التربة	المساحة كم^2	النسبة المئوية %
شديد جداً	31.28	16.69

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

شديدة	55.10	29.41
متوسطة	55.74	29.76
ضعيفة	34.32	18.31
ضعيفة جداً	10.93	5.83
المجموع	187.37	100

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (7) .

وقد تنحصر قيمة مؤشر التعرية الحالية (ϕ) بين (0.1 – 1) اذ يشر الرقم الأول الى تعرية ضعيفة في احواض التصريف المائي ، بينما يشير الرقم الأخير الى ان جميع حوض التصريف يقع تحت تأثير التعرية جدول (8) ، وبعد تطبيق معادلة هذا المؤشر على حوض وادي كاي ابراخ تبين بأن اعلى قيمة سجلت وفق هذا المعيار هي (0.56) وأدنى قيمة سجلت (0.32) ، وبحسب معامل تطور التعرية الحالية وشبكة التصريف فأن الحوض يقع ضمن تعرية في القنوات المائية بين (20 – 50%) من حوض التصريف خريطة (8) .

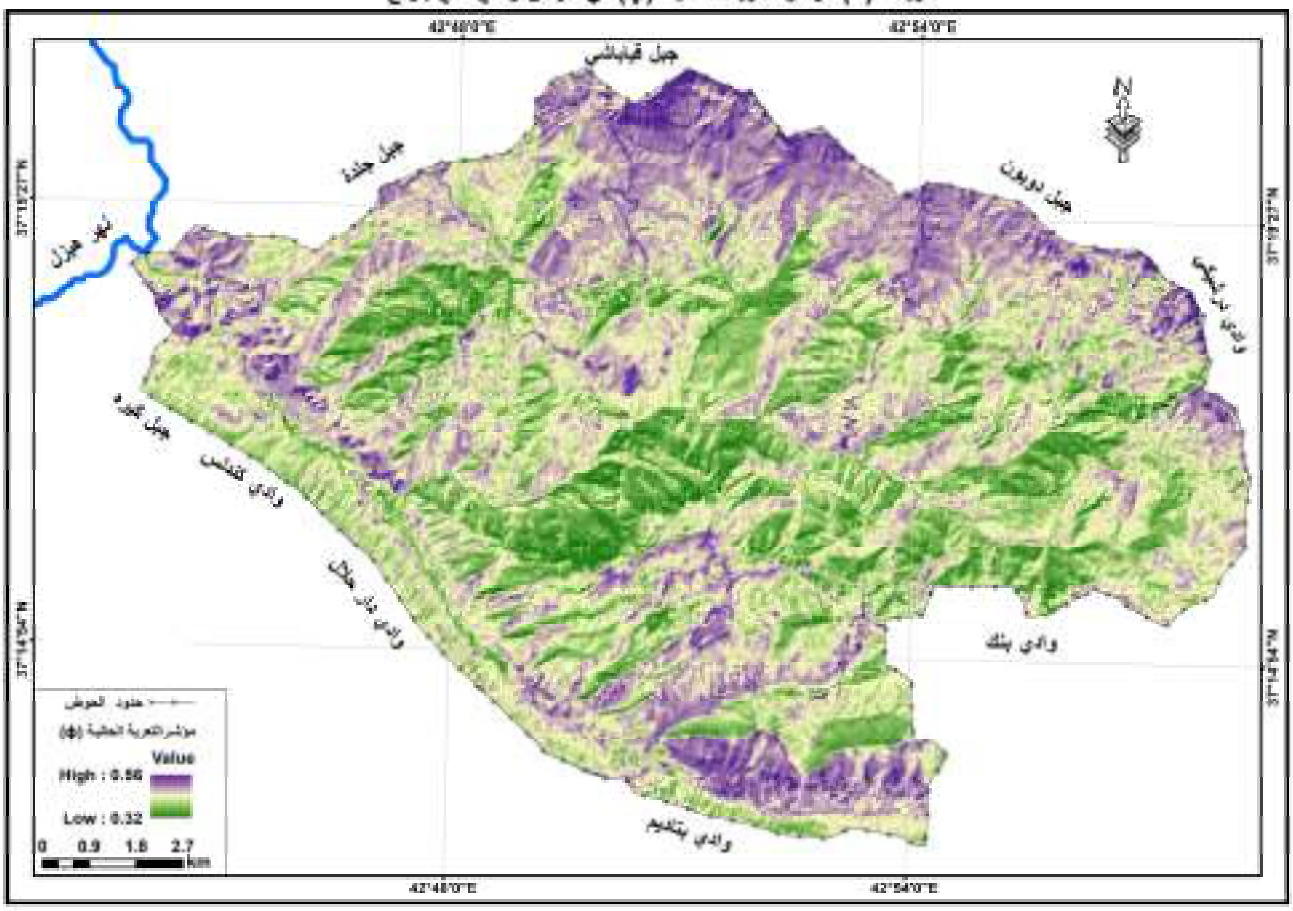
جدول(8) معامل تطور التعرية الحالية (ϕ)

معامل تطور التعرية وشبكة التصريف	قيمة معامل ϕ
تعرية ضعيفة في حوض التصريف	0.2 – 0.1
تعرية في القنوات المائية بين 20 – 50 % من حوض التصريف	0.5 – 0.3
تعرية في الأنهار والأخاديد والإرسابات الفيضية وتعرية كارستية	0.7 – 0.6
50 – 80% من حوض التصريف تحت تأثير التعرية و الانزلاقات الأرضية	0.9 – 0.8
جميع حوض التصريف تحت تأثير التعرية	1.0

JMR P-ISSN:1815-6622
E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (٨) مؤشرالتعرية الحالية (Φ) في حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على :- المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 8) وباستعمال معادلة التعرية الحالية (Φ) .

Arid

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

Region , Science Agadir, IbnZohr University, Agadir , Morocco ,2023,p6.

4- نمذجة مؤشر الانحدار (Ja) : يهدف هذا المؤشر إلى بيان خصائص المنحدرات ، إذ يكون لها دوراً فاعلاً في التأثير على شدة التعرية بحيث تزداد التعرية بزيادة شدة الانحدارات وتقل مع قلة الانحدارات وانعدامها ، وقد تم استخلاص قيم هذا المؤشر من خلال الاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ، كما صنفت انحدارات حوض وادي كاي براخ بالاعتماد على تصنيف (young) إلى سبعة أصناف ، جدول (9) خريطة (9) وهي كالآتي .

أ - **أرضٍ مستوية** : يتضمن هذا المستوى الأراضي التي لا تتجاوز زاوية انحدارها عن (2˚) وتنتشر على مساحة محدودة تصل إلى (1.07 كم^2) وبنسبة (0.57 %) من مجموع مساحة منطقة الدراسة الكلية وتسود في الأجزاء الشرقية من المنطقة .

ب - **أرضٍ بسيطة الانحدار**: تشغل هذه الأراضي التي تتراوح زاويا انحدارها بين (2˚-5˚) مساحة تبلغ حوالي (6.48 كم^2) وبنسبة (3.46%) من مساحة منطقة الدراسة الكلية ، وهي تتمثل بالأراضي ما بين الأودية التي تكون على شكل مساحات محدودة تفصل بينها مجاري مائية .

ج - **أرضٍ خفيفة الانحدار**: تعد هذه الفئة الانحدارية التي تنحصر زوايا انحدارها بين (5˚- 10˚) أكثر انتشاراً من الفئة التي تسبقها فقد بلغت مساحة الأراضي التي تشغلها هذه الفئة حوالي(20.36 كم^2) وبنسبة (10.87%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة الكلية .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

د – **أرضٍ معتدلة الانحدار:** تشمل الأراضي التي تنحصر زوايا انحدارها بين (10˚– 18˚) وتعد أراضٍ ذات انحدارات متوسطة وتبلغ مساحتها (51.79 كم^2) وبنسبة(27.64%) من مساحة منطقة الدراسة الكلية ، وتنتشر بشكل متصل في معظم أجزاء منطقة الدراسة وتكون محاذية للأراضي خفيفة الانحدار.

هـ – **أرضٍ شديدة الانحدار:** تشمل الأراضي التي تتراوح زوايا انحدارها بين (18˚–30˚) وهي تشغل المساحة الأكبر ضمن منطقة الدراسة إذ تبلغ (79.49 كم^2) وبنسبة (42.42%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة الكلية وتمتاز بأنها ذات انحدارات شديدة وتشمل جميع المناطق المرتفعة في المنطقة .

و – **أرضٍ شديدة الانحدار جداً:** تشمل الأراضي التي تنحصر زوايا انحدارها بين (30˚– 45˚) وتبلغ مساحتها (27.48كم^2) وبنسبة (14.67%) من مساحة منطقة الدراسة وتتمثل هذه الانحدارات في مناطق القمم الجبلية.

ز – **أرضٍ جرفية:** تشغل هذه الأراضي حيزاً مساحياً لا يتجاوز(0.70 كم^2) وبنسبة(0.37%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة ، وهي أراضٍ شديدة الانحدار، إذ تزيد زوايا انحدارها عن (45˚) وتمثل المناطق الأكثر ارتفاعاً بمنطقة الدراسة .

جدول(9) أشكال تضرس الأرض وزوايا الانحدار حسب تصنيف (Young)

ت	شكل التضرس	زاوية الانحدار بالدرجات	المساحة / كم^2	النسبة المئوية
1	أرضٍ مستوية	0˚– 2˚	1.07	0.57
2	أرضٍ بسيطة الانحدار	2˚– 5˚	6.48	3.46
3	أرضٍ خفيفة الانحدار	5˚– 10˚	20.36	10.87
4	أرضٍ معتدلة الانحدار	10˚– 18˚	51.79	27.64
5	أرضٍ شديدة الانحدار	18˚– 30˚	79.49	42.42
6	أرضٍ شديدة الانحدار جداً	30˚– 45˚	27.48	14.67
7	أرضٍ جرفية	+45˚	0.70	0.37
المجموع			187.37	100

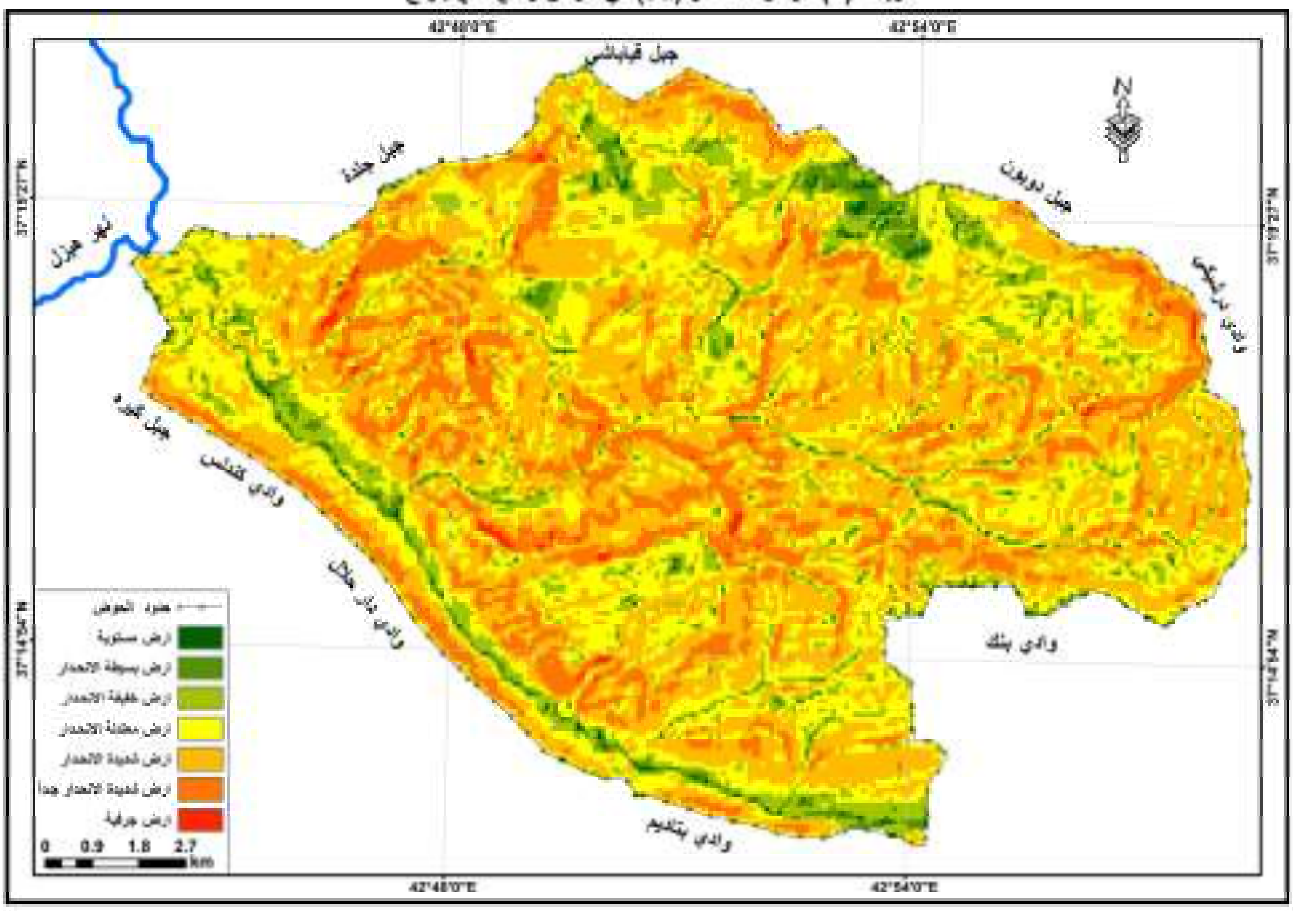
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: 1– تغلب جرجيس داود ، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي (الجيومورفولوجيا التطبيقية) ، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة / فرع البصرة ، 2002 ، ص123–124 . 2– خريطة (9) .

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622
E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (٩) مؤشر الاتحدار (Ja) في حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على :- انموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وباستعمال برنامج Arc GIS 10.4.1.

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

5- نمذجة استخلاص قيمة التعرية المحتملة (Z) : يعبر معامل (Z) عن التعرية المحتملة ، اذ يعد من أهم عناصر نموذج جافريلوفيك وقد يدخل في حسابه مجموعة من المتغيرات التي تم حسابها مسبقاً ، كما له فوائد كثيرة منها تتبع التغيرات في مستويات التعرية مع مرور الزمن لاختبار تأثيرات مستويات الممارسة والتغير في الأنشطة واستعمالات الارض (شعوان وآخرون:85:2013) ، ويتم حساب هذا المؤشر من خلال المعادلة الآتية .

وقد تصنف مستويات التعرية تبعاً لمؤشر نموذج جافريلوفيك (Z) الى خمس مستويات كما هي موضحة في جدول (10) .

جدول(10) فئات مستويات التعرية المحتملة تبعاً لقيمة معامل (Z)

قيمة معامل (Z)	متوسط القيمة	مستوى التعرية المحتملة
0.01 – 0.19	0.10	خفيفة جداً
0.20 – 0.40	0.30	خفيفة
0.41 – 0.80	0.55	متوسطة
0.81 – 1.0	0.85	شديدة
10.1 – >1.51	1.25	شديدة جداً

Gavrilovic, Z. & et al. (2006) Erosion Potential Method Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Sloveni .

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

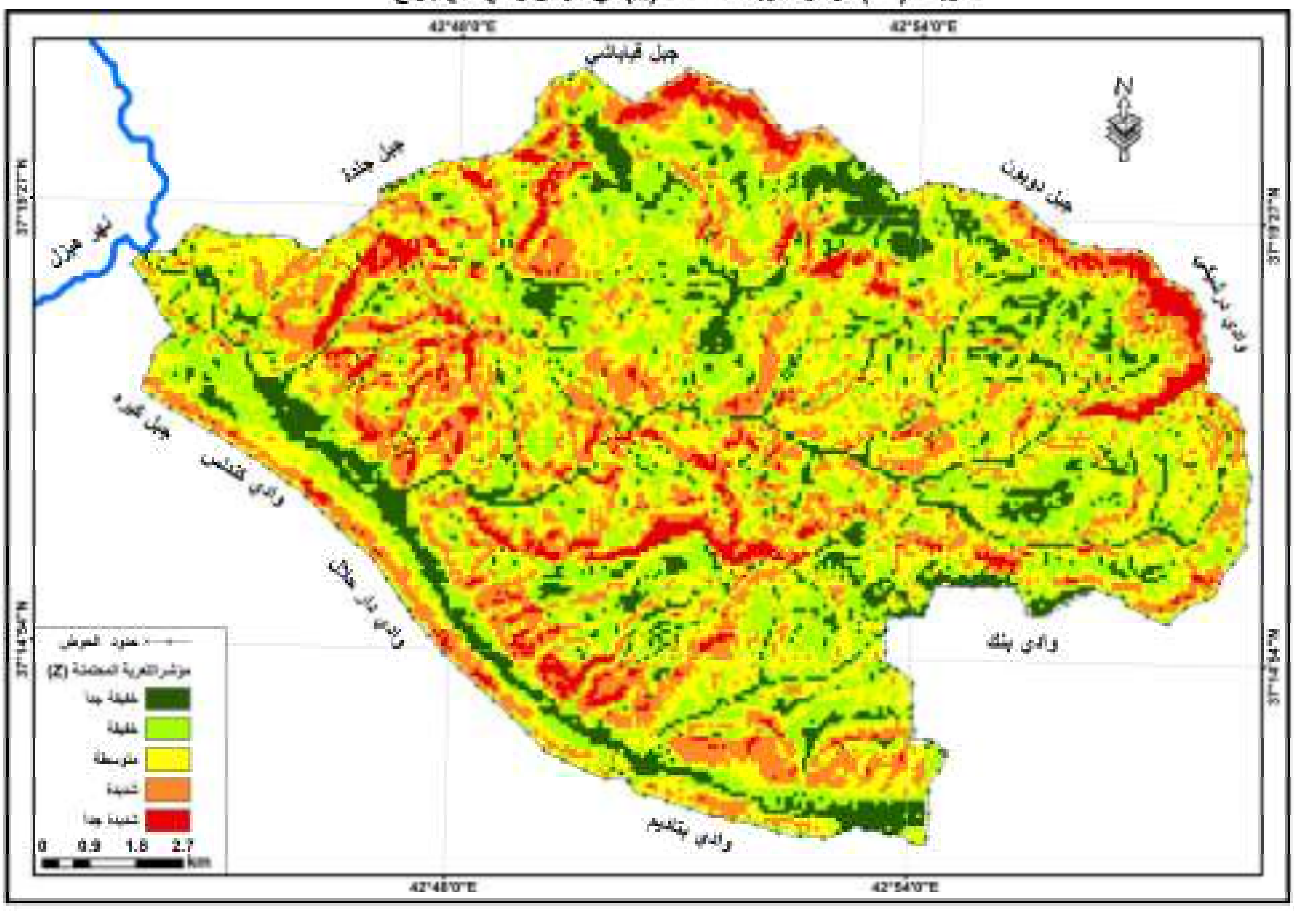
$$z=Y\times Xa\times(\phi+\sqrt{Ja})$$

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

وبعد تطبيق المعادلة أعلاه تم اشتقاق خريطة التعرية المحتملة في حوض وادي كاي براخ ، اذ تبين من خريطة (10) وجدول (11) ان التعرية المحتملة تتباين من حيث النوع والمساحة في منطقة الدراسة حيث شغلت التعرية الشديدة أعلى مساحة اذ بلغت (132.09 كم^2) وبنسبة (70.50%) من مجموع مساحة الحوض الكلية ، تليها التعرية الشديدة جداً بمساحة (43.38 كم^2) وبنسبة (23.15%) ، وتأتي التعرية المتوسطة بالمرتبة الثالثة بمساحة بلغت (10.94 كم^2) وبنسبة (5.84%) ، في حين شغلت التعرية الخفيفة مساحة (0.68 كم^2) وبنسبة (0.36%) ، وجاءت بالمرتبة الأخيرة التعرية الخفيفة جداً بمساحة بلغت (0.28 كم^2) وبنسبة (0.15%) ، وبذلك فأن أكثر من (93.65%) من مساحة حوض وادي كاي براخ تقع ضمن نطاق التعرية الشديدة والشديدة جداً وهذا يتفق مع الانحدارات المتوسطة والقوية الخالية من الغطاء النباتي .

خريطة (١٠) مؤشر التعرية المحتملة (Z) في حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على معادلة قيمة التعرية المحتملة (Z) وجدول (١٠) وباستعمال برنامج Arc GIS 10.4.1 .

ثانياً : نمذجة تطبيق نموذج (EPM) للتقييم الكمي للتعرية المائية :

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

1- نمذجة مؤشر معامل الحرارة (T) : تعد الحرارة عاملاً من عوامل التعرية في هذا النموذج لما لها من تأثير واضح على الحصيلة المائية داخل التربة . فالحرارة القصوى تعمل على الرفع من حدة التبخر والنتح وتؤدي إلى ظهور شبكة كثيفة من شقوق التيبس تعمل على تفكيك التكوينات الصلصالية ، كما تعمل التباينات الحرارية المتتالية على تفكيك مكونات الصخور والتكوينات السطحية ،وقد اعتمد جافريلوفيك على الحرارة كعامل من عوامل التعرية في نموذج EPM فتم تحديد قيم معامل الحرارة من خلال معادلة خاصة تأخذ متوسط الحرارة

جدول(11) اصناف معامل التعرية المحتملة (Z) ومساحاتها ونسبها المئوية في حوض وادي كاي براخ

معامل التعرية المحتملة	المساحة كم^2	النسبة المئوية %
خفيفة جداً	0.28	0.15
خفيفة	0.68	0.36
متوسطة	10.94	5.84
شديدة	132.09	70.50
شديد جداً	43.38	23.15
المجموع	187.37	100

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (10) .

السنوي كمتغيرة أساسية لحساب هذا المعامل ويحسب هذا المعامل على وفق المعادلة الآتية (شعوان وآخرون:2013:82-83) .

إذ أن : $T=\sqrt{\frac{c}{10}}+0.1$

T = مؤشر معامل الحرارة .

C= المعدل السنوي لدرجة الحرارة .

وقد تم الاعتماد على المرئيات الفضائية العائدة للقمر الصناعي (Landsat-8) لتحديد هذا المؤشر ولحساب درجة الحرارة نقوم بالمراحل التالية (ديداي والهواري:2021:64-65) :-

المرحلة الأولى: نقوم بهذه المرحلة بتحويل قيم البكسل الى قيم الاشعاع باعادة اسقاط البيانات باستعمال طريقة التحويل الخطي العكسية عن طريق معادلة التحويل التالية:

$$Radiance = \frac{L_{min} - L_{max}}{QcaL_{min} - QcaL_{max}} * (DN - QcaL_{min}) + L_{min}$$

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

إذ أن :

L_{max} = أقصى قيمة للإشعاع .

L_{min} = ادنى قيمة للإشعاع .

$QcaL_{max}$ = اعلى قيمة يأخذها البكسل .

$QcaL_{min}$ = ادنى يأخذها البكسل .

DN = قيمة البكسل

المرحلة الثانية : نقوم بهذه المرحلة التحويل من الإشعاع Radiance إلى درجة الحرارة الكلفينية ، وذلك بالاعتماد على المعادلة التالية :

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{Radiance}\right)+1}$$

حيث ان القيمتين K1 و K2 ثوابت تتغير بتغير القمر الصناعي، اذ انها بالنسبة للقمر الصناعي لاندسات ذات المتحسس (TM-5) تصل القيم إلى K1 = 607.76 و K2= 1260.56 أما بالنسبة للمتحسس(OLI) فتصلا إلى 774,8853 و 1321,0789 على التوالي .

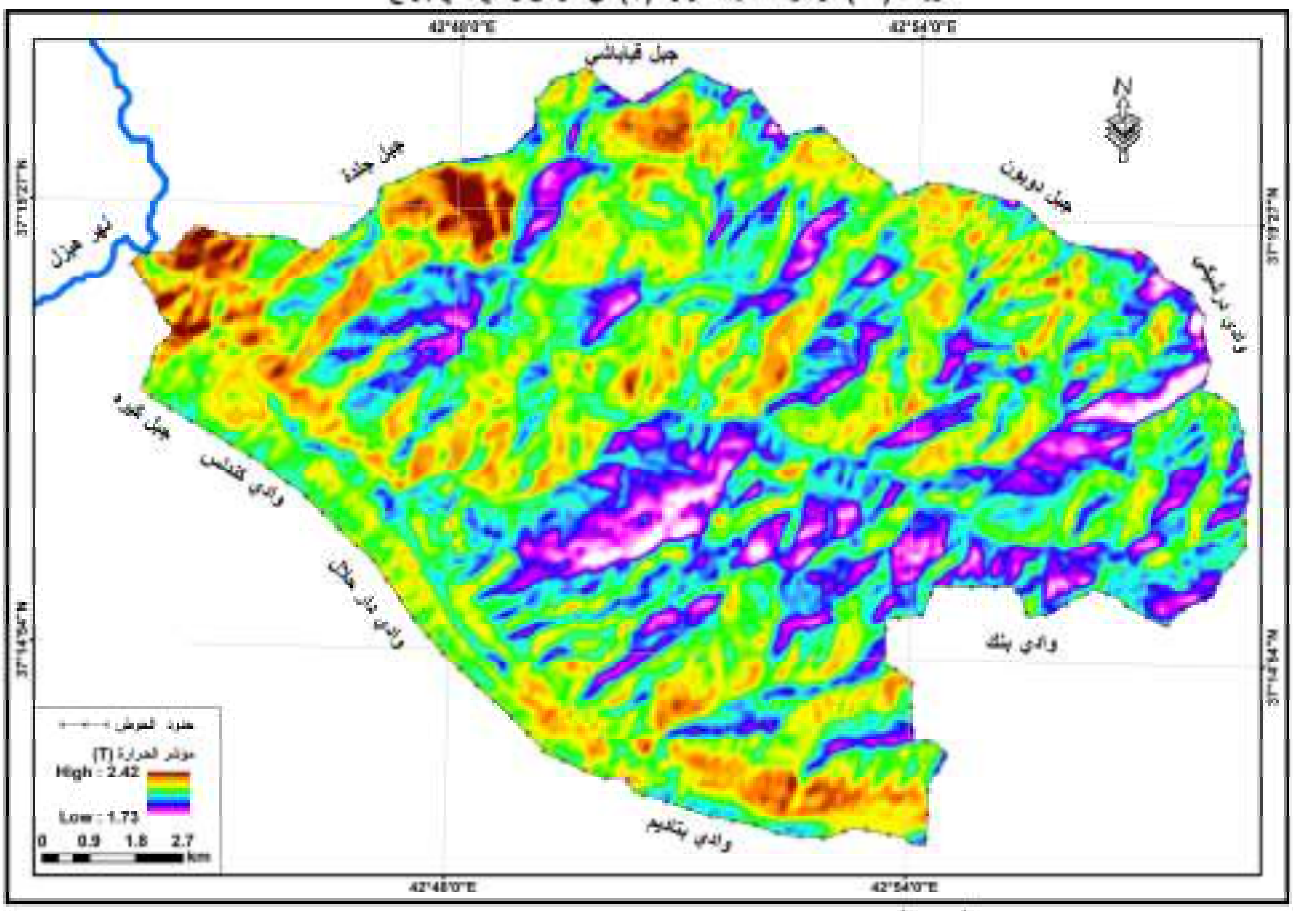
المرحلة الثالثة : اما في هذه المرحلة فيتم تحويل درجات الحرارة من الكلفن إلى المئوي عن طريق طرح القيمة 273.15 من القيمة الناتجة عن المعادلة أعلاه .

وبعد تطبيق المعادلة أعلاه تم الحصول على خريطة (11) التي تبين قيم مؤشر معامل الحرارة في حوض وادي كاي براخ اذ تبين منها بان اعلى قيمة بلغت لمؤشر الحرارة (2.42) ، بينما بلغت ادنى قيمة (1.73) .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

خريطة (١١) مؤشر معامل الحرارة (T) في حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على : المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 8) وباستعمال برنامج Arc GIS 10.4.1 .

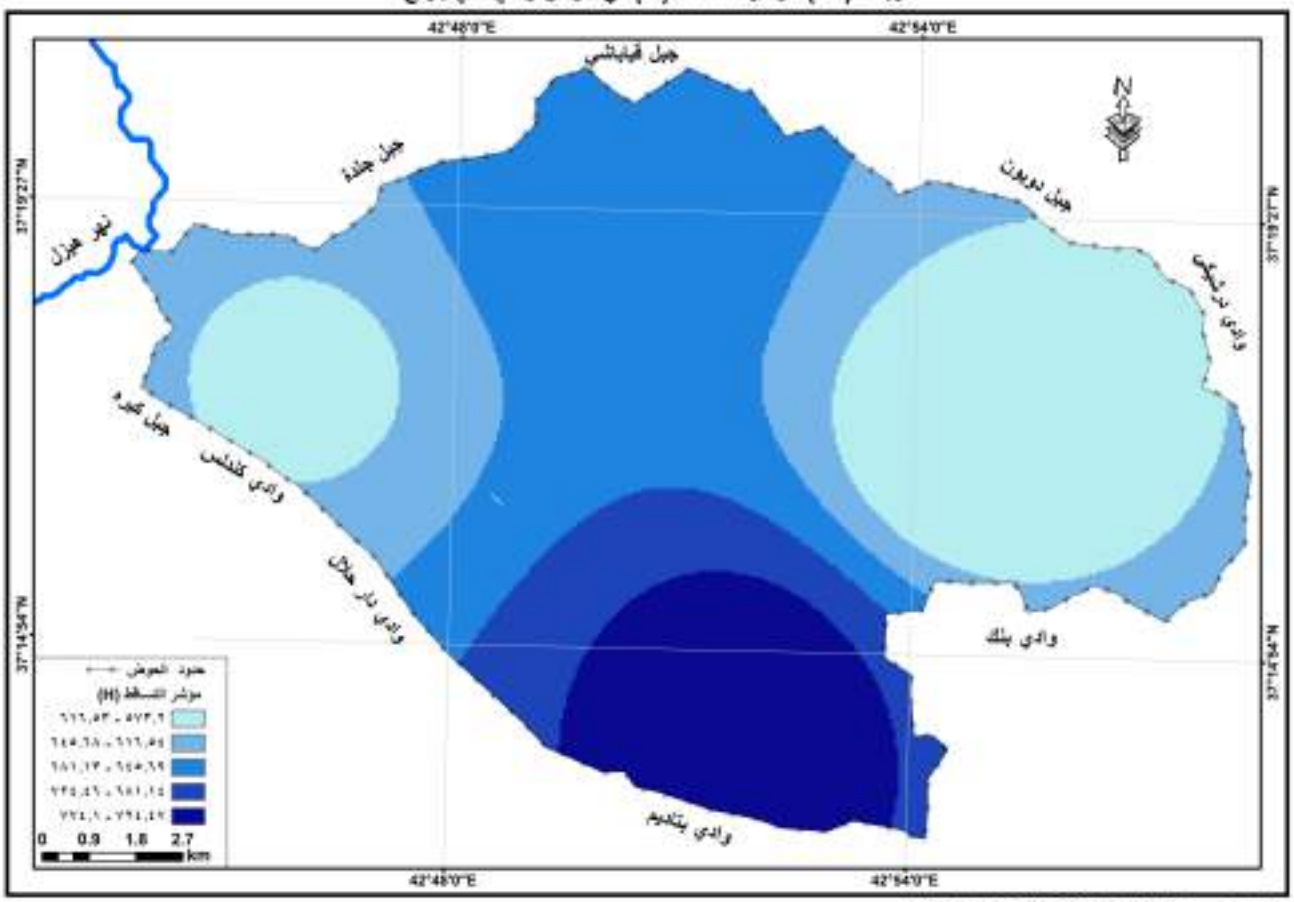
2- نمذجة مؤشر معامل التساقطات (H) : تمارس قطرات المطر نشاطاً حتياً يؤدي إلى تفكيك حبيبات التربة وانتزاعها من على السطح. وتعتمد التعرية بفعل الامطار بصورة رئيسة على خصائص الأمطار والتي تتمثل بمعدل وكمية الامطار الساقطة وسرعة القطرات المائية ، كما ان السطح والتربة لها اثر كبير في التأثير على التعرية بفعل التساقط المطري ، وتنشط التعرية عند سقوط الأمطار على شكل زخات مطرية شديدة فينتج عنها تفتيت حبيبات التربة المتماسكة مما يؤدي تحويلها إلى حبيبات منفردة تقفز مع أجزاء قطرات المطر المتناثرة بشكل عشوائي وقد تنقل الاجزء المتناثرة أسفل المنحدرات بفعل قوة الجاذبية الأرضية مما يترتب عليه جريان الماء نحو المناطق السهلية فينتج عنها تعرية السطح العلوي للتربة (الحميري:2018:161). ويتضح من الخريطة (12) تباين توزيع التساقطات المطرية بحوض وادي كاي براخ ، إذ سجلت اعلى القيم في القسم الجنوبي من الحوض حيث تصل الى (774.1

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

ملم) بينما سجلت ادنى القيم في القسم الشرقي والغربي إذ بلغت (573.2 ملم) ويعود هذا التباين في كمية الامطار الى العامل الطبوغرافي المتمثل بالارتفاعات وهذا سوف يؤدي إلى تعرية مائية بأشكال مختلفة .

خريطة (١٢) مؤشر التساقط (H) في حوض وادي كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (٤) . .

ثالثاً : نمذجة حساب حجم التعرية المقدرة من خلال نموذج (EPM) :

يرى مجموعة من العلماء والباحثين ومنهم (Milevski) أن معدلات التعرية تكون ضعيفة إذا كانت دون 500 م^3/ كم^2/السنة ،وتكون عالية في حال تجاوزها 800 م^3/ كم^2/السنة. وقد حدد زاخار في عام 1982 ستة أصناف من التعرية المائية بحسب كمية التربة المفقودة والتي تبداء بتعرية غير ظاهرية إذا كان حجم التعرية اقل من 500 م^3/ كم^2/السنة وتنتهي بتعرية كارثية إذا كان حجم التعرية أكثر من 20000 م^3/ كم^2/السنة جدول (12) . وبعد تطبيق معادلة نموذج جافريلوفيك($W = (T \times H \times \pi . \sqrt{Z^3}$) تم الحصول على خريطة (13) ، اذ تبين منها أن حوض وادي كاي براخ توجد فيه ثلاث أنواع من التعرية وهي(المتوسطة والشديدة والشديدة جداً) ، اذ بلغت مساحة

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

التعرية المتوسطة حوالي (1.26 كم^2) وبنسبة (0.67%) من مجموع مساحة الحوض الكلية ثم جاءت التعرية الشديدة بمساحة بلغت (49.05 كم^2) وبنسبة (26.18%) في حين احتلت

جدول(12) أصناف التعرية حسب زاخار لحساب الترب المفقودة

الفئة	حجم التعرية م3 / كم2/ السنة	شدة التعرية
1	اقل من 50	تعرية غير ظاهرة
2	50 – 500	تعرية ضعيفة
3	500 – 1500	تعرية متوسطة
4	1500 – 5000	تعرية شديدة
5	5000 – 20000	تعرية شديدة جداً
6	أكثر من 20000	تعرية كارثية

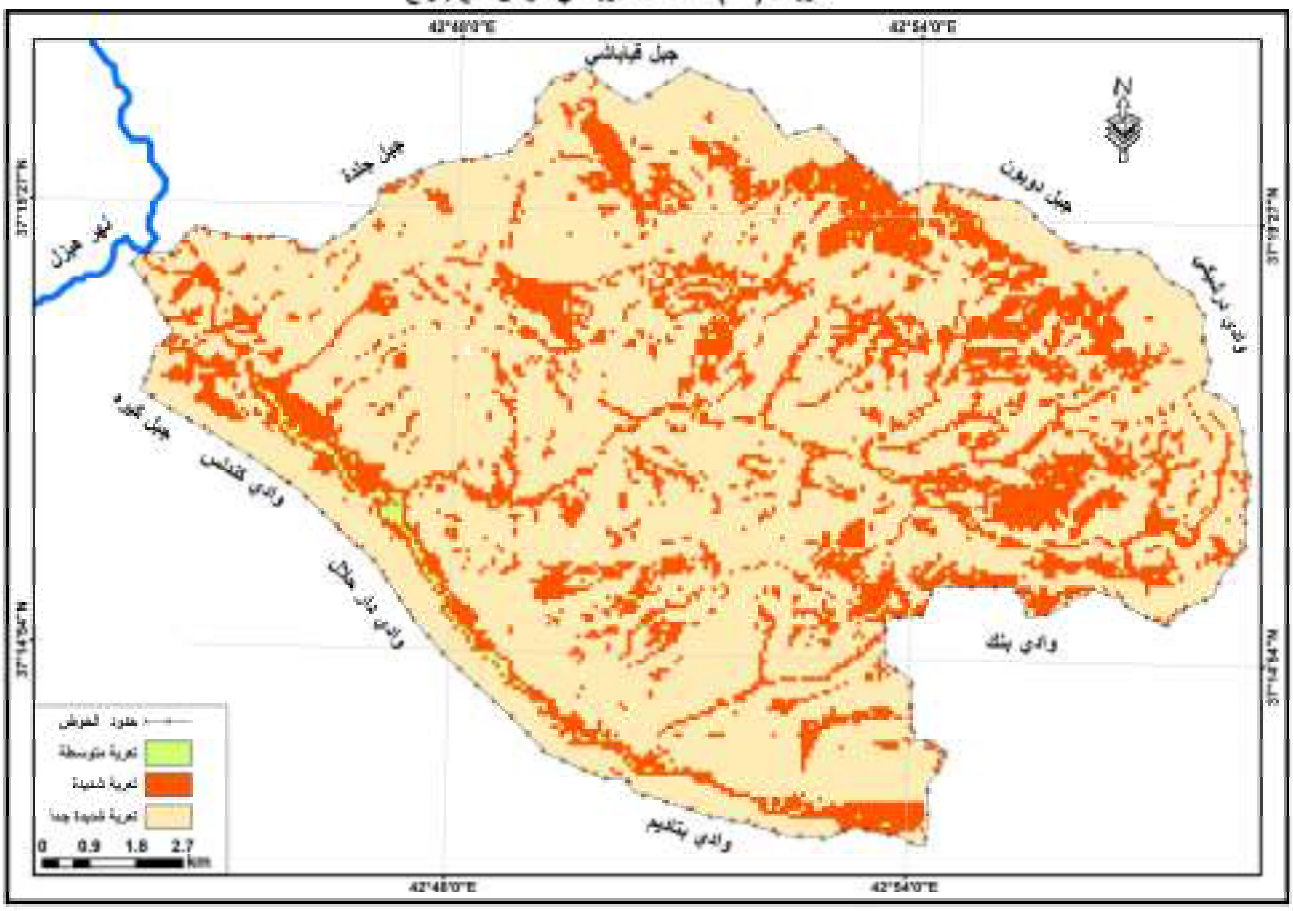
Zachar D. (1982) Soil Erosion Amsterdam: Elsevier Science Publishing Company, p547.

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

التعرية الشديدة جداً المرتبة الأولى من حيث المساحة اذ بلغت مساحتها (137.06 كم^2) بنسبة (73.15%) من مجموع مساحة الحوض الكلية جدول (13) وقد غطت أغلب أراضي الحوض إذ ساعد الانحدار الشديد وقلة الغطاء النباتي وهشاشة التكوينات الصخرية على وجودها بشكل واسع في المنطقة.

خريطة (١٣) اصناف التعرية في حوض كاي براخ



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على معادلة ($W = T \times H \times \pi \sqrt{Z^3}$) وباستعمال برنامج Arc GIS10.4.1 .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

جدول(13) انواع التعرية السائدة ومساحاتها ونسبها المئوية في حوض وادي كاي براخ

الفئة	حجم التعرية م^3 / كم^2/ السنة	نوع التعرية	المساحة (كم^2)	النسبة المئوية
1	1500 – 500	تعرية متوسطة	1.26	0.67
2	5000 – 1500	تعرية شديدة	49.05	26.18
3	20000 – 5000	تعرية شديدة جداً	137.06	73.15
المجموع			187.37	100

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (13) .

الاستنتاجات :

1- بينت الدراسة قدرة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) على نمذجة خرائط التعرية المائية وفق طريقة جافريلوفيك بالاعتماد على جملة من المعادلات الرياضية المتفق عليها عالمياً ، مع البيانات التي توفرها وسائل الاستشعار عن بعد (RS) .

2- يقع الحوض في شمال العراق ضمن المنطقة الجبلية وتبلغ مساحته الكلية (187.37 كم^2) ، وتعود التكوينات الجيولوجية فيه الى الزمن الجيولوجي الأول والثاني والثالث وينحدر الحوض باتجاه جنوبي شرقي – شمالي غربي

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

ويتراوح ارتفاعه مابين (588 – 2276 م) فوق مستوى سطح البحر وتبلغ مساحة التغطية النباتية فيه (116.39 كم^2).

3- تبين من مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y) بان الحوض يقع ضمن الترب ذات المقاومة المتوسطة . بينما كشف مؤشر حماية التربة (Xa) ان مساحة المناطق التي تكون ذات حماية شديدة جداً بلغت (31.28 كم^2) في حين كانت مساحة المناطق ذات الحماية الضعيفة جداً (10.93 كم^2) وبلغت المساحة في المناطق الشديدة والمتوسطة والضعيفة (55.10 ، 55.74 ، 34.32 كم^2) على التوالي ، وهذا يبين أهمية الغطاء النباتي واستعمالات الارض في حماية التربة من التعرية والانجراف. وقد وابرز مؤشر تطور التعرية الحالية (ϕ) ان الحوض يقع بين (0.32 – 0.56) وبذلك فان الحوض يقع ضمن التعرية في القنوات المائية .

4- كشفت خريطة التعرية المحتملة في حوض وادي كاي براخ ان التعرية تتباين من حيث النوع والمساحة في منطقة الدراسة حيث شغلت التعرية الشديدة أعلى مساحة اذ بلغت (132.09 كم^2) تليها التعرية الشديدة جداً بمساحة (43.38 كم^2) وتأتي التعرية المتوسطة بالمرتبة الثالثة بمساحة بلغت (10.94 كم^2) في حين شغلت التعرية الخفيفة مساحة (0.68 كم^2) وجاءت بالمرتبة الأخيرة التعرية الخفيفة جداً بمساحة بلغت (0.28 كم^2) ، وعلى أساس ذلك فأن أكثر من (93.65%) من مساحة حوض وادي كاي براخ تقع ضمن نطاق التعرية الشديدة والشديدة جداً وهذا يتفق مع الانحدارات المتوسطة والقوية الخالية من الغطاء النباتي .

5- اتضح من تطبيق معادلة نموذج جافريلوفيك أن الحوض يحتوي على ثلاثة أنواع من التعرية وهي (المتوسطة والشديدة والشديدة جداً) وبلغت مساحتهم (1.26 ، 49.05 ، 137.06 كم^2) على التوالي وقد غطت التعرية الشديدة جداً أكثر من ثلثي مساحة الحوض .

المصادر العربية :

1. البدراني موج علي ، رافع أبراهيم الحميدي ، الدلائل البيئية لصخور الحجر الجيري الستروماتولايتي في تكوين بارسرين لمقاطع سطحيه مختارة في شمال شرقي العراق ، المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض ، المجلد 19 ، العدد 2، 2019 .

2. جمهورية العراق ، إقليم كردستان ، وزارة النقل والمواصلات ، الهيئة العامة للأنواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

3. جمهورية العراق ، وزارة الصناعة والمعادن ، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ،الخريطة الجيولوجية للوحة زاخو ، بمقياس 1: 250000 ، لعام 2012.

4. جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية ، المديرية العامة للمساحة ، قسم إنتاج الخرائط ، الوحدة الرقمية ، M.P.D ، بغداد ، خريطة محافظة دهوك ، بمقياس 1:500000 ، 2012 .

5. جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية ، الهيئة العامة للمساحة ، الخريطة الطبوغرافية للوحة زاخو (J–38–M–SE) بمقياس 1:100000 .

6. الجنابي، بسمة علي عبد الحسين ، التقييم الجيومورفولوجي لمنحدرات سلسلة كاره ، أطروحة دكتوراه ، غير منشورة ، كلية التربية – ابن الرشد للعلوم الإنسانية ، جامعة بغداد ، 2016 .

7. الحميري ، محمد عباس جابر خضير ، التمثيل الخرائطي والتحليل الجيومورفولوجي لاشكال سطح الارض شرق نهر دجلة بين نهري الجباب والسويب باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، أطروحة دكتوراه ، الجزء الاول ، غير منشورة ، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة البصرة ، 2018 .

8. الخالدي ، نيران محمود سلمان ، "حوض وادي جومان في اربيل "، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية ، المجلد 13 ، العدد55 ، 2016 .

9. داود ، تغلب جرجيس ، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي (الجيومورفولوجيا التطبيقية) ، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة / فرع البصرة ، 2002 .

10. الدليمي ، أمير محمد خلف عبد ، تحليل جيومورفولوجي للمنحدرات الارضية في قضاء شقلاوه واثرها على النشاط البشري باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، أطروحة دكتوراه، كلية التربية للعلوم الإنسانية ، جامعة الأنبار ، 2018 .

11. ديداي ، محمد ، عبد الغني الهواري ، توظيف نظم المعلومات الجغرافية والإستشعار عن بعد في التقييم النوعي والكمي للتعرية المالية بحوض واد الحاج الريف الأوسط من خلال نموذج جافريلوفيك (EPM) ، مجلة الفضاء الجغرافي والمجتمع المغربي ، العدد 51 ، 2021 .

12. الزبيدي ، مجيب رزوقي فريح ، التقييم الهيدروجيومورفولوجي لأحواض جنوب شرق جبل بيرس واثارها غلى التنمية المستدامة ، أطروحة دكتوراه ، كلية التربية ، الجامعة المستنصرية ، 2018 .

13. سعد ، كاظم شنته ، جغرافية التربة ، الطبعة الاولى ، عمان ، الدار المنهجية للنشر والتوزيع ، 2017 .

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

14. سعيد ، هه لمت توفيق ، حوض نهر قشان في إقليم كردستان العراق دراسةهيدروجيومورفولوجية ، رسالة ماجستير، كلية الآداب ، جامعة الاسكندرية ، 2015 .

15. السياب ، عبد الله ، وآخرون ، جيولوجيا العراق ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة الموصل ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، 1982 .

16. شعوان ، جمال واخرون ، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التقييم الكمي للتعرية المائية بحوض امزاز (الريف الاوسط) من خلال نموذج جافريلوفيك، مجلد جغرافية المغرب ، المجلد 28، العدد 1-2013،2 .

17. صالح ، عبد القادر مهدي ، أحمد فليح فياض ،النمذجة المكانية لنشاط عمليات التعرية باعتماد نموذج (EPM) وباستخدام تقنيات الجيوماتكس (وادي الثرثار حالة دراسة) ، كلية التربية للعلوم الانسانية ، جامعة الانبار، المجلد 19، العدد 4 ،2022 .

18. الضميدعي ، محمود عبد الحق ، نبيل قادر العزاوي ، ربيع خلف زناد ، تأثير الوحدات الطباقية التكتونية في تطور موديل طية عقرة المحدبة ، لمجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض ، المجلد 20، العدد 2 ، 2020 .

19. العبيدي ، لؤي داود يوسف , دراسة جيولوجية هندسية لإستقرارية المنحدرات الصخرية لتكاوين (شيرانيش, كولوش , جركس , بيلاسبي) المحيطة بمنطقة شقلاوة , شمال شرق العراق , رسالة ماجستير ، غير منشورة , جامعة بغداد , كلية العلوم , 2005 .

20. العبيدي ، لؤي داود يوسف ، سعد نعمان السعدي ، تحليل استقرارية المنحدرات الصخرية المحيطة بمنطقة شقلاوة شمال شرق العراق، مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية ، المجلد 6، العدد 1، 2010 .

21. عمران ، انتظار مهدى ، ضياء بهيج رؤوف ، التقييم الكمي للتعرية المانية في حوض سي دارة من خلال نموذج EPM ، مجلة العلوم الانسانية ، المجلد 13 ، العدد 3 ، 2022 .

22. العمري ، فاروق صنع الله ، علي صادق ، جيولوجيا شمال العراق ، جامعة الموصل ، 1977 .

23. الغامدي ، سعد أبو راس ، " تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاطر التعرية المائية في حوض وادي نعمان بوسائل تقنيات الاستشعار عند بعد ونظم المعلومات الجغرافية " ، المجلة المصرية للتغير البيئي ، المجلد الأول ، العدد الأول ، (2009) .

24. القريشي ، عبير حميد ساجت جبر ، أشكال سطح الارض في حوض وادي كاني هنجير دراسة في الجغرافية الطبيعية ، رسالة ماجستير ، كلية الآداب ، جامعة بغداد ، 2011 .

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

25. القصاب ، عمر عبد الله إسماعيل ، تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في النمذجة الخرائطية لاستعمالات الارض قضاء سهل اربيل أنموذجاً ، أطروحة دكتوراه ، غير منشورة ، كلية التربية للعلوم الانسانية ، جامعة الموصل ، 2021 .

26. كهية ، نورجان عصمت نوري صاري ، تقييم خطورة التعرية المائية لحوض شوان في محافظة كركوك باستخدام التقنيات الجيومكانية ، رسالة ماجستير ، غير منشورة ، كلية الزراعة ، جامعة كركوك ، 2023 .

27. اللهيبي ، أحمد فليح فياض علي ، "تحليل جيومورفولوجي لمخاطر الانزلاقات الارضية على طريق خدران الجبلي شمالي العراق" ، مجلة مداد الآداب ، عدد خاص بالمؤتمرات ، 2018-2019 .

28. محمد ، نظمية نجم الدين ، دراسة التراكيب الخطية باستخدام معطيات التحسس النائي وعلاقتها بالنشاط الزلزالي في شمال شرق العراق ، رسالة ماجستير ، غير منشورة ، كلية العلوم ، جامعة بغداد ، 1988 .

ترجمة المصادر للغة الانكليزية

1. Al-Badrani, M. Ali & Al-Hamidi, R. A. (2019) Environmental Criteria of Stromatolitic Limestones in the Barsrain Formation from Surface Sections, Northeastren Iraq, Iraqi National Journal of Earth Sciences, Volume 19, Issue 2.

2. Republic of Iraq, Kurdistan Region, Ministry of Transport and Communications, General Authority for Meteorology, Climate Department, unpublished data.

3. Republic of Iraq, Ministry of Industry and Minerals, General Company for Geological Survey and Mining.(2012) Geological map of the ZakhoPlate, at a scale of 1: 250,000, for the year 2012.

4. Republic of Iraq, Ministry of Water Resources, General Directorate of Survey, Map Production Department, Digital Unit, M.P.D., Baghdad.(2012) Dohuk Governorate Map, scale 1:500,000.

5. Republic of Iraq, Ministry of Water Resources, General Authority for Survey, (J-38-M-SE) at a scale of 100,000:1.

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

6. Al-Janabi, B. Al. (2016). Geomorphological Evaluation of the Slopes of the Kara Range, PhD thesis, unpublished, College of Education - Ibn Al-Rushd for Human Sciences, University of Baghdad.

7. Al-Himyari, M. A. J. Kh. (2018) Cartographic Representation and Geomorphological Analysis of Land Surface Forms East of the Tigris River between the Jabab and SuwaibRivers Using Remote Sensing and Geographic Information Systems Techniques, doctoral thesis, part one, unpublished, College of Education for Human Sciences, University of Basra.

8. Al-Khalidi, N. M. S.(2016)."Wadi Juman Basin in Erbil," Al-Mustansiriya Journal of Arab and International Studies, Volume 13, Issue 55.

9. Daoud, T. G. (2002)., Applied Geomorphology (Applied Geomorphology), University House for Printing, Publishing and Translation / Basra Branch.

10. Al-Dulaimi, A. M. Kh.A. (2018). Geomorphological analysis of the land slopes in Shaqlawa district and its impact on human activity using remote sensing techniques and geographic information systems, doctoral thesis, College of Education for Human Sciences, Anbar University.

11.El-Hawari, D. M., A.(2021).Employing Geographic Information Systems and Remote Sensing in the Qualitative and Quantitative Evaluation of Financial Erosion in the Oued El-Hajj Central Rif Basin through the Gavrilovic Model (EPM), Journal of Geospatial Space and Moroccan Society, Issue 51.

12. Al-Zubaidi, M. R.F. (2018).HydrogeomorphologicalAssessment of the Southeastern Mount Peres Basins and its Implications for Sustainable Development, doctoral thesis, College of Education, Al-Mustansiriya University.

13. Saad, KazemShanta(2017).Soil Geography, first edition, Amman, Al-Dar Al-Mutamiha for Publishing and Distribution.

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

14. Saeed, H.T(2015). The Qashan River Basin in the Kurdistan Region of Iraq, a hydrogeomorphological study, Master's thesis, Faculty of Arts, Alexandria University.

15.Al-Sayyab, A. and et al. (1982).Geology of Iraq, Ministry of Higher Education and Scientific Research, University of Mosul, Directorate of Dar Al-Kutub for Printing and Publishing.

16. Shawan, J. & et al. (2013).Employing remote sensing and geographic information systems in studying the quantitative assessment of water erosion in the Amzaz Basin (the central countryside) through the Gavrilovic model, Moroccan Geography Volume, Volume 28, Issue 1-2.

17. Saleh, A. M., Fayyad ,A. F.. (2022) spatial modeling of erosion activity by adopting the EPM model and using geomatics techniques (Wadi Al-Tharthar is a case study), College of Education for the Humanities, Anbar University, Volume 19, Issue 4, 2022.

18. Al-Dumaidaei, M. A. ,Al-Azzawi,N. Q. and , Zannad, R. Kh.(2020) The Influence of Tectonic Stratigraphic Units on the Development of the AkreAnticline model, for the Iraqi National Journal of Earth Sciences, Volume 20, Issue 2.

19. Al-Obaidi, L. D. Y.(2005)An Engineering Geological Study of the Stability of the Rock Slopes of the Formations (Shiranish, Koloush, Jarkas, and Bellaspi) surrounding the Shaqlawa region, northeastern Iraq, Master's thesis, unpublished, University of Baghdad, College of Science.

20. Al-Obaidi, L. D. Y.& Al-Saadi, S. N.(2010). Analysis of the Stability of the Rock Slopes Surrounding the Shaqlawa Region in Northeastern Iraq, Iraqi Geology and Mining Journal, Volume 6, Issue 1.

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

21. Imran, I. M. & Raouf, Z. B.(2022).Quantitative Assessment of German Erosion in the Si Dara Basin through the EPM Model, Journal of Human Sciences, Volume 13, Issue 3.

22. Al-Omari, F.S. &Sadiq, Ali.(1977) Geology of Northern Iraq, University of Mosul.

23.Al-Ghamdi, S.A.(2009). "Application of the Gavrilovic Model to Estimate Water Erosion Risks in Wadi Numan Basin Using Remote Sensing Technologies and Geographic Information Systems," Egyptian Journal of Environmental Change, Volume One, Issue One.

24. Al-Qurayshi, A. H.S.J. (2011) Land surface forms in the Wadi KaniHanjir basin, a study in physical geography, Master's thesis, College of Arts, University of Baghdad.

25. Al-Qassab, O. A. I.(2021).Integration of Geographic Information Systems and Remote Sensing in Cartographic Modeling of Land Use, Erbil Plain District as a Model, PhD thesis, unpublished, College of Education for the Humanities, University of Mosul.

26. Kahiya, N. I. N. S. (2023) Assessing the Risk of Water Erosion of the Shawan Basin in Kirkuk Governorate using geospatial techniques, Master's thesis, unpublished, College of Agriculture, University of Kirkuk.

27. Al-Lahibi, A. F. F.A. (2019). "A geomorphological Analysis of the Risks of Landslides on the Khadran Mountain Road in Northern Iraq," Madad Al-Adab Magazine, a special conference issue.

28. Muhammad, N. N. (1988), Study of Linear Structures Using Remote Sensing Data and their Relationship to Seismic Activity in Northeastern Iraq, Master's thesis, unpublished, College of Science, University of Baghdad.

المصادر الانكليزية

1. Al Musawi, H .A. (2007) Series of Geological Maps of Iraqi, Zakho Quadrangle, NH-38-9, 1:250000.

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

.2 Jassim, S.Z. & Goff, J.C. (2006) Geology of Iraq, 1st Edition, Published by Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno.

.3 Sissakian, V.K. & Al-Jiburi, B.M. (2014) Stratigraphy. In: Geology of the High Special Issue, No. 6. Folded Zone. Iraqi Bulletin of Geology and Mining,

.4 Al- Eisa, M.A.S. (2021) Effect of the Geological Situation of the Late Jurassic-Early Cretaceous Period of the Region between the Upper and Lower Zab Rivers on the Oil Potential of the Najmah Formation-North Iraq, Journal of Petroleum Research and Studies, Issue No.30,2021.

.5 Merza , T. A. & Mohialdeen I.M.J. (2012) Geochemistry and Origin of Quartz Crystals from the Upper Part of Sargelu Formation, Rania Area, Sulaimaniyah, Kurdistan, NEIRAQ, Iraqi Bulletin of Geology and Mining, Vol.8,No.3.

.6 Khallef, B. (2023) Mapping of Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS : Case of The Oued Bouhamdane Watershed (North-East of Algeria), Iraqi Journal of Science, Vol.64,No.7.

.7 Marouane', L. ,Benaabidate, L. & Mesnage, V. (2021). Assessment and mapping of water erosion by the integration of the Gavrilovic "EPM" model in the Inaouene watershed, Morocco, Laboratory of Functional Ecology and Environment Engineering ,University of Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fez, Morocco.

.8 Zeghmar, A. ,Marouf ,N., Elhadj Mokhtari, (2021) Assessment of soil erosion using the GIS-based erosion potential method in the Kebir Rhumel Watershed, Northeast Algeria, Journal OF Water and Land Development.

.9 Elalui, A. & etal. (2023) Soil Erosion under Future Climate Change Scenarios in a Semi-Arid Region, Science Agadir, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco.

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)

JMR P-ISSN:1815-6622 E-ISSN:2789-7354
Journal of Misan Researches

Volume 20, Issue 39, (2024), PP 27-74

10.Gavrilovic, Z. & et al. (2006) Erosion Potential Method Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Sloveni.

11. Zachar D. (1982) Soil Erosion Amsterdam: Elsevier Science Publishing Company.

University of Misan/Collage of Education (CC-BY)