جامعة البصرة- كلية الآداب
قسم الجغر افية ونظم المعلومات
Amer.mahmood@uobasrah.edu.iq

تقدير الكمي لحجم التعرية المائية واثارها الجيومورفولوجية في حوض وادي شبو رسور في محافظة السليمانية باستخدام التقنيات الجغرافية المعاصرة

Quantitative estimation of the extent of water erosion and its geomorphological effects in the Wadi Shabu Rasur basin in Sulaymaniyah Governorate using contemporary geographic techniques

أ.م.د. عامر محمود عبد الكريم
Amer Mahmoud Abdel Karim

الملخص

تهدف الدراسة للتعرف على الخصائص التعرية المائية في حوض وادي شبو رسور في محافظة السليمانية ، إذ تتركز مشكلة البحث حول معرفة الاثار الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية المائية في منطقة الدراسة، وامكانية بناء نمذجة رياضية لحساب حجم التعرية المائية و اثارها الجيومورفولوجية في الحوض والبالغ مساحته (469.018) كم2، الو اقع جنوب محافظة السليمانية، بالاعتماد على انموذج (جافريلوفيك)، والذي يعتمد على مؤشرات عديدة في بناءة وهي (التركيب الصخري، معدل ودرجة الانحدار، كثافة الغطاء النباتي، الأمطاروالحرارة) التي اعتمدت معطيات القمر الصناعي (Landsat-8) لعام (2023)، وقد تم تحديد اربع مستويات للتعرية المائية في منطقة الدراسة والتي بلغ معدل معامل التعرية المائية المحتملة (Z) ما بين (0.01 – 1.0)، إذ احتلت التعرية الخفيفة المرتبة الاولى ومن ثم التعرية الخفيفة جداً وفي المرتبة الثالثة التعرية المتوسطة واخيراً و اقلها مساحة التعرية الشديدة، وتوصلت الدراسة أيضاً إلى تحديد أربعة أنواع من الاثار الجيومورفولوجية المرتبطة بالتعرية المائية في منطقة الدراسة، وهي الاثار مرتبطة بالخصائص التضاريسية والانحدارية المتمثلة بمخاطر حركة المواد الصخرية، إذ تم تصنيفها إلى نوعين من الحركات تمثل النوع الأول بالحركة السريعة تتمثل بالتساقط الصخري والانزلاقات الصخرية والانهيارات والانسياب للمواد الطينية، بينما يشمل النوع الثاني بالحركة البطيئة للمواد تتمثل بزحف الصخري وزحف التربة، والنوع الثاني من الاثار المتمثل بالأثار المورفومناخية إذ تعد هذه العمرية من أهم اسباب ظهور المخاطر في المنطقة نتيجة نشاط عمليات التجوية والتعرية المائية، فضلاً عن الاثار الجيمورفولوجية الناتجة عن دمج طبقات التي تم ذكرها وتصنيفها إلى ثلاث مستويات من الخطورة، إذ احتلت أراضي قليلة الخطورة النسبة الاعلى من مساحة منطقة الدراسة والبالغة (53.66%)، تليها أراضي متوسطة الخطورة نحو (27.92%)، واخيراً أراضي شديدة الخطورة والبالغ مساحتها (18.43%).

الكلمات المفتاحية : الاثار الجيومورفولوجية، التعرية المائية ، نموذج جافريلوفيك ، نظم المعلومات الجغر افية.

Abstract

The study aims to identify the characteristics of water erosion in the Wadi Shabu Rasur basin in Sulaymaniyah Governorate. The research problem centers on knowing the geomorphological effects resulting from water erosion in the study area, and the possibility of building a mathematical model to calculate the volume of water erosion and its geomorphological effects in the basin, which has an area of (469,018) km2. , located south of Sulaymaniyah Governorate, based on the (Gavrilovic) model, which relies on many indicators in its construction, namely (rock structure, rate and degree of slope, density of vegetation, rain and temperature), which relied on satellite data (Landsat-8) for the year (2023). Four levels of water erosion were identified in the study area, with the average potential water erosion coefficient (Z) between (0.01 - 1.0). Light erosion ranked first, then very light erosion, medium erosion ranked third, and finally, and the least, the area of severe erosion. The study also identified four types of geomorphological effects associated with water erosion in the study area. These effects are linked to the terrain and slope characteristics represented by the risks of movement of rock materials. They were classified into two types of movements. The first type represents rapid movement represented by rock falls, rock slides, collapses, and the flow of materials. Clay, while the second type includes the slow movement of materials represented by rock creep and soil creep, and the second type of effects is represented by morpho-climatic effects, as this age is one of the most important reasons for the emergence of risks in the region as a result of the activity of weathering and water erosion processes, in addition to the geomorphological effects resulting from the merging of layers that have been He mentioned and classified them into three levels of risk, as low-risk lands occupied the highest percentage of the area of the study area, amounting to (53.66%), followed by medium-risk lands, about (27.92%), and finally, very dangerous lands, amounting to .18.43%

المقدمة:

تعد التعرية المائية من أهم العمليات الجيومورفولوجية التي تغير وباستمرار من شكل سطح الأرض ومعالمها إذ تتفاوت شدتها باعتماد العوامل المسببة لها إذ أن للتضاريس الأرضية ودرجة الانحدار و اتجاه الانحدار أثر في تحديد عوامل التعرية ومقدار سرعتها والمخاطر الناتجة عنها، وتعرف التعرية (Erosion) بأنها عملية نقل وازالة المواد الناتجة عن عملية التجوية (المفتتات الصخرية والتربة) في مكان ما (محل تكوينها الاصلي) الى مكان آخر لتستقر وتترسب فيه، وهذا يعني ان المسبب الاول لعملية التعرية برمتها هي عملية التجوية بأنواعها المختلفة، فهي التي اضعفت وهشمت وفتت الكتل الصخرية وجعلتها مهيأة امام عمليات التعرية لنقلها وترسيبها في اماكن اخرى، ولكن هذا لا يعني ضعف عملية التعرية ونتاجها الجيومورفي، بل على العكس من ذلك، فعملية التعرية تكون مر افقة لعملية التجوية وتسهم بجزء من عملها في النحت من خلال انطلاق الطاقة الحركية (الميكانيكية) الكامنة في عوامل التعرية كمياه الامطار المتساقطة والجارية، فتؤدي بأحد نتائجها الى جرف القطع الصخرية المتجوية او المتخلخلة والعمل على حت وتآكل حو افها الحادة وبريها اثناء عملية النقل نتيجة ارتطام القطع الصخرية ببعضها وبالصخور التي تمر فوقها، لذا تسمى عمليات التعرية في بعض المصادر بعملية (الحت)، واشار تعالى في محكم كتابه العزيز لأثر حت المياه بقوله: (لا صببنا

الماء صبا ، ثم شققا الأرض شقا).

وتتسبب عملية التعرية بالعديد من المخاطر الجيومورفولوجية كالظواهر الغبارية بأنواعها المختلفة، عمليات التقويض من الاسفل وحدوث الانهيارات الارضية، انكشاف صخور الاساس ومظاهرها التركيبية للظروف الجوية، جرف التربة وتغيير خصائصها وازالة آفاقها السطحية ذات الخصوبة العالية مما يعرض صلاحيتها الزراعية.

مشكلة الدراسة:

تتضمن مشكلة الدراسة مجموعة من التساؤلات يطرحها الباحث للإجابة عليها ومن هذه التساؤلات هي:

1. ما دور العوامل الطبيعية في استجابة للتعرية المائية في منطقة الدراسة؟
2. ما حجم التعرية المائية في منطقة الدراسة، وهل يمكن استخدام التقنيات الجغرافية في تقدير التعرية المائية؟
3. ما الاثار الجيومورفولوجية السائدة في المنطقة وهل تتباين شدتها مكانياً؟ وهل تتوفر إمكانية نمذجة وتحليل الاثار الجيومورفولوجية باستخدام الاستشعار عن بعد؟

فرضية الدراسة:

تعد فرضية بمثابة الإجابة الأولية لمشكلة الدراسة تتلخص فرضية الدراسة على الإجابة عن تساؤلات السابقة وهي كالاتي:

1. أن للعوامل الطبيعة دوراً كبيراً في الحد او الزيادة من التعرية المائية في منطقة الدراسة.
2. بإمكانية التقنيات الجغرافية الحديثة تطبيق نموذج (EPM) في تقدير حجم التعرية المائية في منطقة الدراسة.
3. تتمثل العمليات الجيومورفولوجية تبعاً لنوع العوامل السائدة بالعمليات المورفوتكتونية والعمليات المورفومناخية والعمليات المورفوديناميكية، والتي لها دور رئيس في ظهور المخاطر الجيومورفولوجية في المنطقة، إن كل عملية لها خطر معين و أثر متباين تبعاً للتباين المنطقة وأختلاف التضاريس، إذ يشكل استمرارها ظهور مخاطر متنوعة التي لها تأثير مباشر على مناطق التواجد البشري.

أهمية الدراسة:

تعد الدراسة الحالية واحدة من الدراسات الجغرافية التطبيقية التي أضفى إلى استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية عليها اهميتين تنفرد بها عن غيرها، وتميزها عن سواها من الدراسات وهي:

الأهمية العلمية: التي تتمثل في كونها دراسة علمية تستخدم نظم المعلومات الجغرافية قياس التعرية المائية ومخاطرها الجيومورفولوجية باستخدام النمذجة الجغرافية للمتغيرات الطبيعية للمنطقة، مع بناء قاعدة بيانات مكانية للظاهرة.

الأهمية التطبيقية: تتجسد في بناء نماذج رقمية لخرائط التعرية المائية ومخاطرها الجيومورفولوجية وتقييم توزيعه بصورة تساعد صانعي القرار في التخطيط المستقبلي لها كونها من اهم المشكلات التي تتعرض لها الأرضي الزراعية في المنطقة.

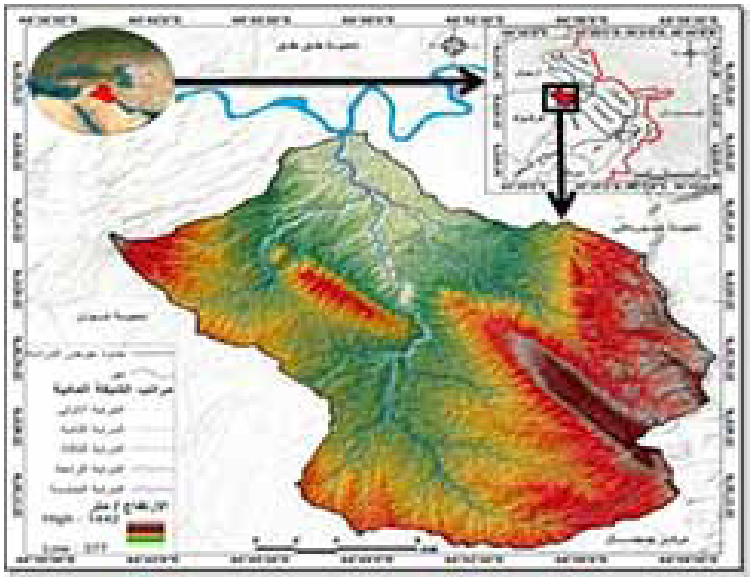
منهجية الدراسة:

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، والمنهج التحليلي الكمي: الذي يتمثل في استخدام بعض الأساليب والنماذج الرياضية في الجغرافية واستخدام مدلولات نتائجها في تقييم التعرية المائية ومخاطرها الجيومورفولوجية، 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 شبو رسور في الجزء الشمالي من العراق وتحديداً في قضاء جمجمال ناحية أغجلر في محافظة السليمانية، وينحربين خطي طول (11، 59 ، 44 – 51، 41 ، 44) شرقاً، وبين دائرتي عرض (22 ،30، 34 - 12، 15 ، 35) شمالاً، يحده من الشمال ناحية طق طق ومن الجنوب مركز قضاء جمجمال ومن الشرق ناحية سورداش ومن الغرب ناحية شوان، خريطة رقم (1)، ويبلغ مساحة الحوض نحو(469.01) كم2.

خريطة (1) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة



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

المحور الاول: العوامل الطبيعية المؤثرة في التعرية المائية ومخاطرها الجيومورفولجية في منطقة الدراسة

تؤدي العوامل الطبيعية دوراً رئيساً في سير العمليات الجيومورفية المختلفة التي تشكل مظاهر الارض، لاسيما تأثيرها الواضح في مظاهر السطح العامة لمنطقة الدراسة، إذ تتباين هذه المظاهر تبعا لاختلاف نوع العامل وشدتها وتظافرها مع بقية العوامل الأُخرى ومن هذه العوامل تكتونية وجيولوجية منطقة الدراسة وخصائص السطح والخصائص المناخية، و التربة والغطاء النباتي، وهي كالاتي:

الخصائص الجيولوجية (Geological Characteristics):

الوضع التكتوني للمنطقة: تقع منطقة الدراسة في شمال شرق العراق ضمن قطاع الالتواءات والطيات (folded zone) ضمن الرصيف غير المستقر حسب تصنيف (Buday and Jassim) للعراق تحديداً ضمن النطاق الثانوي (جمجمال - اربيل) بنسبة (79.29%)، وحزام (السليمانية – زاخو) بنسبة (20.71%) من مساحة الحوض، خريطة (2)، ويمتاز هذا النطاق بالتعقيد وكثرة الالتواءات والتقطعات نتيجة شدة الحركات التكتونية فعملت على تشكيل طيات مرتفعة تصل إلى 3000 م تقريباً. صخور المنطقة أغلبها نارية و متحولة فضلاً عن الطبقات الرسوبية التي تحوي المعادن كالحديد والنحاس والرصاص تمثل المنطقة نقطة اصطدام للصفيحة العربية غرباً بالصفيحة الإيرانية شرقاً والصحيفة التركية شمالاً، لذلك فهي تقع ضمن النطاق النشط تكتونياً بفعل الحركة التصادمية التضاغطية

التي نتج عنها حركات رفع وهبوط وضغط ما بين الصفائح تولدت منها طيات محدبة ومقعرة، فضلا عن الالتواءوات والصدوع الشوق والفواصل، تعرضت طبقات المنطقة لاضطراب شديد بسبب هذه الحركة التصادمية فكثرت فيها الانكسارات الزاحفة، واختلطت صخورها اختلاطاً واضحاً، إذ غطت الصخور القديمة الحديثة، فتظهر في أعالي المرتفعات صخور نارية قديمة بجوار صخور رسوبية كالصخور الكلسية والطفل(1).

التتابع الطباقي (Stratography): تتميز منطقة الدراسة بالتنوع في تكويناتها الجيولوجية، إذ تتباين هذه التكوينات من خلال بيئة الترسيب ومكوناتها الصخرية ودرجة كثافتها وظهور مكاشفها من منطقة إلى أخرى، وتقع منطقة الدراسة ضمن الزمن الجيولوجي الثالث، وتتراوح عمر هذه العصور ما بين ما بين الزمن الثالث الى الرابع، وتؤثر نوعية هذه الصخور في نشأة وتطور كثير من العمليات والاشكال الارضية التي تؤثر في مجموع العمليات التي تنشط بالمنطقة وتعد عاملاً اساسياً في التعرية المائية وقوتها ضمن المنطقة(2)، وتصنف الصخور حسب مقاومتها للتعرية المائية في منطقة الدراسة إلى الاصناف الاتية:

مقاوم للتعرية: يشغل هذا الصنف مساحة تقدر نحو (304.01) كم2 بنسبة (64.7%) من مجموع المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وهي أعلى انتشار من بين أنواع المتبقية ضمن المنطقة، إذ يظهر هذا النوع من الصخور في الجزء الوسطى من منطقة الدراسة، كما في التكوينات الجيولوجية (انجانة، المقدادية)، أما تكوين الفتحة فقد فيتواجد في الاجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة، كما في خريطة (2).

متوسطة المقاومة: يحتل هذه النوع مساحة تبلغ (56.34) كم2 وبنسبة (12%) من المساحة الاجمالية لمنطقة الدراسة، وهي ادنى انتشار مكاني من بين انواع المتبقية ضمن المنطقة، إذ يظهر هذا النوع من الصخور في الاجزاء الشرقية والجنوبية من منطقة الدراسة المتمثلة بالتكوين الجيولوجي (الببلاسي).

ضعيفة المقاومة: يشغل هذا نوع الضعيف المقاومة مساحة بلغت (100.17) كم2 وبنسبة (21.3%) من مساحة منطقة الدراسة، يظهر هذا النوع من الصخور في الاجزاء الشمالية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة، كما في التكوين الجيولوجي (تكوين باي حسن)، كما في الخريطة (2).

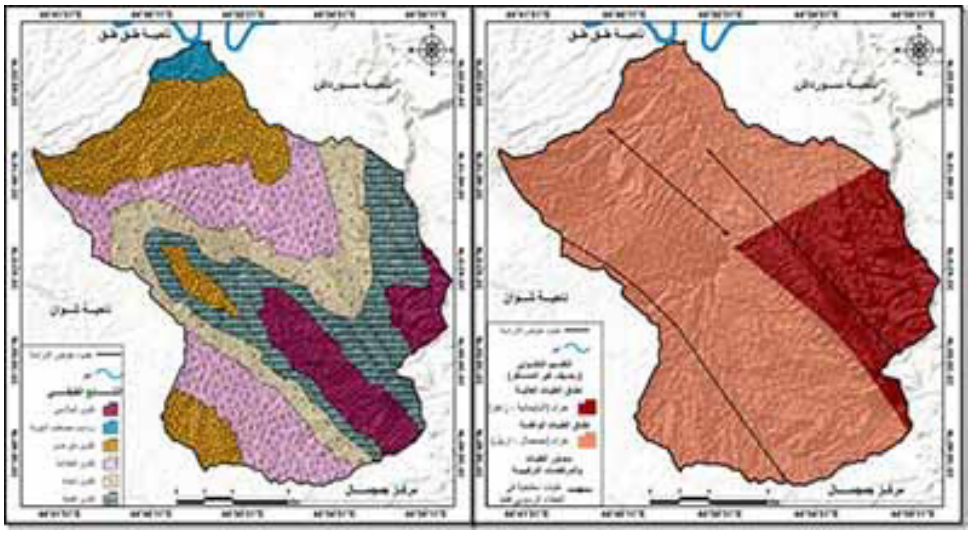
جدول (1) التتابع الطبقي للتكوينات الجيولوجيا في منطقة الدراسة

الزمن	العصر	التكوين الصخري أو الرواسب	بيئة الترسيب	الظهور	المساحة كم2	%	المكونات
الرابع Quaternary	البلايوستوسين	رواسب مصاطب النهرية	--	--	8.50	1.81	غرين وطين مع مزيج من الرمل والجبس والحصى
الثالث Tertiary	الايوسين الاعلى	تكوين الببلاسي	--	--	56.34	12.01	الدلستون متطابق مع الحجر الجيري
	المايوسين الاوسط	تكوين الفتحة	بيئة بحرية	غير منكشف	93.91	20.02	صخور طينية، جبسية، جيرية
	المايوسين الاعلى	تكوين انجانه	بيئة مائية قارية بحرية	غير منكشف	89.62	19.11	صخور طينية وغرينيه ورملية
	البلايوسين الاسفل	تكوين المقدادية	بيئة نهرية	منكشف	120.48	25.69	صخور رملية وغرينيه وطينية وحصى
الوحدات الارضية	البلايوسين	تكوين باي حسن	بيئة نهرية	منكشف	100.17	21.36	مكتلات صخريه، حصى رملي، صخور غرينيه وطينيه
المجموع					469.018	100	

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

خريطة (2) التقسيم التكتوني في منطقة الدراسة

خريطة (3) التتابع الطبقي في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة للعراق البنيوية والخريطة الجيولوجية بمقياس 1:1000000 ، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

الطبوغرافية (Topography): تعد المنطقة جزءاً من المنطقة الجبلية وقد تأثرت بالحركات الأرضية الآلبية التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث فنتجت عنها التواءات محدبة تتصف بوعورتها وبشدة انحدارات سفوحها إذ تحصر بينها التواءات مقعرة وأودية(3)، وتنقسم طبوغرافية المنطقة إلى:

تحليل خصائص الارتفاع: يتبين من خلال الخريطة (4) أن أعلى ارتفاع في منطقة الدراسة بلغ أكثر من (1400) متر فوق مستوى سطح البحر وهذا يقع في الأجزاء الشرقية التي تمثل المنابع العليا للأحواض في منطقة الدراسة، في حين بلغ أدنى ارتفاع للمنطقة بلغ (370) متر فوق مستوى سطح البحر عند الأجزاء الشمالية للمنطقة عند مصب الأحواض في نهر (زي باتشوكي) مما يدل إن المنطقة تنحدر من جهة الشمال نحو الجنوبي الشرقي.

الأشكال التضاريسية للمنطقة: تتنوع الأشكال الأرضية في منطقة الدراسة وعلية يمكن تقسيم المنطقة بالاعتماد على الارتفاع إلى اربع وحدات ارضية كما في خريطة (5) هي:

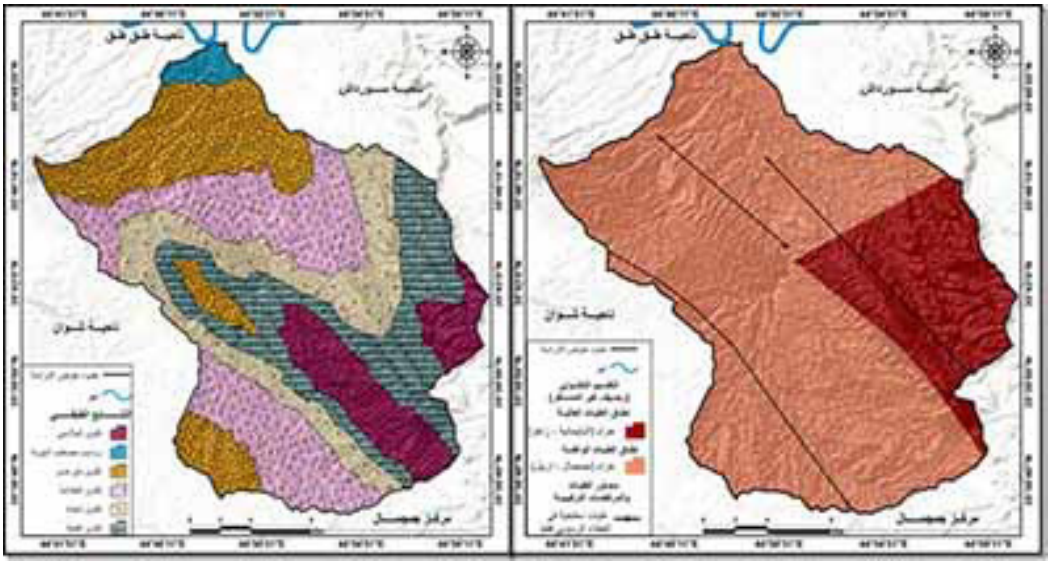
الأراضي الجبلية: تحتل مساحة تقدر نحو (31.21) كم2 وبنسبة (6.64%) من مساحة المنطقة الكلية، وهي اقل انتشار من الوحدات الارضية الاخرى في المنطقة وتوجد في الاجزاء الشرقية من المنطقة.

تلال عالية: تشغل مساحة نحو (77.60) كم2 وبنسبة (16.50%) من المساحة الاجمالية للحوض، وتتركز في الاجزاء الشرقية والجنوبية الشرقية من المنطقة محاذية للأراضي الجبلية، كما في خريطة (5).

تلال واطئة: تتركز هذه التلال في الاجزاء الوسطة والجنوبية والغربية من الحوض، وتشغل مساحة تقدر نحو (253.79) كم2 وبنسبة (53.97%) من المساحة الكلية للمنطقة.

اراضي سهلية: تشغل هذه الارضي مساحة بلغت (107.66) كم2 وبنسبة (22.89%) من المساحة الاجمالية للمنطقة، وتنتشر من الجزء الشمالي من الحوض نحو الاجزاء الوسطة، كما في خريطة (5).

خريطة (4) نطاق الارتفاع في منطقة الدراسة خريطة (5) الوحدات الارضية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) بدقة تميزية 12.5 متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

تحليل درجات الانحدار: يتحكم انحدار السطح في توجيه حركة العديد من العمليات الجيومورفية وخصوصاً التعرية المائية أي أنه يتحكم في الحركة الافقية للمياه الجارية والمواد السطحية مما يجعل الماء عاملاً ناقلاً بشكل أفضل، كما إن له دور في حركة المياه داخل التربة عن طريق الارتشاح والتسرب(4)، أي أن شدة الانحدار يؤدي الى زيادة نشاط عمليات التعرية مما يعرض التربة لخطر الانجراف والزحف بالإضافة الى انزلاق الصخور(5)، إذ أن كمية التعرية لكل وحدة مساحة تزداد بحوالي(2.5) مرة عند مضاعفة درجة الانحدار وبذلك يشكل الانحدار عاملاً مهماً في تحديد حجم ومعدلات الجريان(6)، وللتعرف على انحدار سطح المنطقة سيتم دراسة كل من درجة الانحدار و اتجاهه للتعرف على المخاطر الجيومورفية المحتمل حدوثها وتقييم الوضع البيئي في المنطقة.

وبحسب التصنيف الرقمي لـ(Zink) فقد قسمت المنطقة الى خمس فئات تتباين في مساحتها والنسب المئوية التي تشغلها من مجموع مساحة المنطقة كما موضح في الخريطة (6) وعلى النحو التالي:

الأراضي المنبسطة: تتسم أراضي هذه الفئة بأنها ذات انحدار طفيف (Gentle)، إذ تشكل مساحة واسعة من أراضي بلغت (174.22)كم2 وبنسبة (37.26%)، وقد ضمت الأراضي السهلية أو المنبسطة والتي تقع اراضيها بحسب تصنيف (Zink) بين درجة انحدار (0 – 6.2)، جدول (2).

الاراضي ذات التموج الخفيف: تقع اراضي هذا النطاق بحسب التصنيف بين درجة الانحدار(6.3 - 12.3)، إذ تشغل مساحة بلغت(149.11)كم2 وبنسبة (31.89%) من مجموع مساحة المنطقة، حيث توصف بأنها أراضي ذات سطح خفيف الانحدار وقليلة التضرس، ويشمل هذا النطاق أراضي ما بين الأودية والتي تنتشر في انحاء واسعة من المنطقة وخاصة في إقليم التلال أو أقدام الجبال.

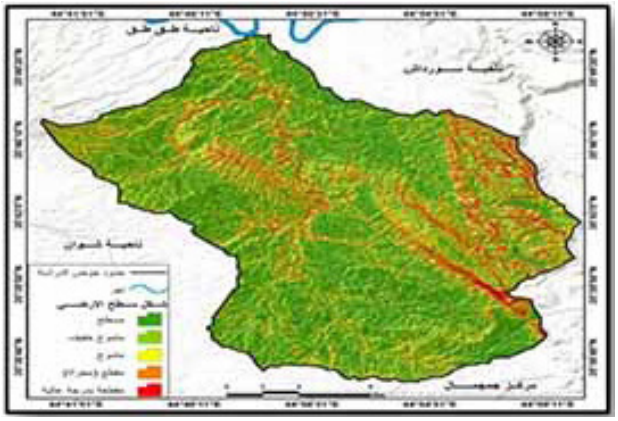
الاراضي المتموجة: توصف بكونها أراضي ذات سطح متوسط الانحدار وتكون درجة انحدار أراضيها ما بين (12.4 - 19.9)، حيث تبلغ مساحتها (83.31)كم2 وتسهم بنسبة (17.82%) من إجمالي مساحة المنطقة، وتتوزع في الاجزاء الوسطى والشمالية الشرقية من المنطقة.

اراضي مقطعة (مجزأة): يتراوح انحدارها ما بين (20 - 30.3)، وتشغل مساحة (44.67) كم2 أي بنسبة (9.55%) من

مساحة المنطقة الكلية.

اراضي مقطعة بدجة عالية: يتراوح انحدارها ما بين أكثر من (30.4)، وبلغت مساحة هذه الفئة نحو (16.28) كم2 وبنسبة (3.48%)، من مساحة المنطقة، وتمتاز بكونها أراضي ذات سطح منحدر فتعد اراضيها من المناطق الخطرة التي تكون معرضة للانزلاقات رضية و انجراف التربة لذا فإنها منطقة قليلة السكان، إذ تنتشر ضمن أراضي نطاقي الجبال، وتوجد فيها سلاسل جبلية عديدة بارتفاعات كبيرة، خريطة (6).

خريطة (6) فئات الانحدارات بحسب تصنيف زنك



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) بدقة تميزية 12.5 متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (2) مساحة درجات الانحدار ونسبتها المئوية حسب تصنيف زنك (Zink)

الانطلة	درجة الانحدار	المساحة كم2	النسبة المئوية%
أراضي منبسطة	> 6.2	174.22	37.26
أراضي ذات تموج خليف	12.3 - 6.3	149.11	31.89
أراضي متموجة	19.9 - 12.4	83.31	17.82
اراضي مقطعة (مجزأة)	30.3 - 20	44.67	9.55
اراضي مقطعة بدجة عالية	30.4 <	16.28	3.48
المجموع		467.59	100

المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (6).

المناخ: يؤثر كل من الرياح، ودرجات الحرارة، وهطول الأمطار، في التعرية المائية، حيث إن هطول الأمطار بغزارة يساهم في زيادة قدرة الماء على فصل جزيئات التربة ونقلها، كما أن تعرض الأراضي الجرداء للعواصف والرياح بشكل مستمر سيزيد ذلك من قابليتها للتعرية المائية، وتساهم درجات الحرارة بشكل كبير في عملية التعرية المائية، فعلى الرغم من أن التربة المتجمدة تكون أقل عرضة للتعرية، إلا أن هذه التربة تصبح أكثر عرضة للتعرية عندما يذوب الجليد أثناء تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة(7)، ومن أهم العناصر المناخية المؤثرة في التعرية المائية في منطقة الدراسة هي:

درجات الحرارة: تعد درجات الحرارة من أكثر العناصر المناخية فعالية لما لها من دور فعال في التأثير في بقية العناصر المناخية من رطوبة ورياح وتبخر، فضلاً عن تأثيرها في عمليات التجوية الفيزيائية والتجوية الكيميائية؛ ومن ثم نشاط عملية التعرية؛ فهي تعد عاملاً جيومورفولوجياً مهماً(8)، يتبين من بيانات جدول (3) بلغ المعدل السنوي لدرجات الحرارة نحو (27.86) مْ، ويعد فصل الصيف أكثر الفصول حرارة وترتفع فيه درجة الحرارة لتصل في شهر تموز إلى

(43.20) مْ، أما فصل الشتاء فيكون أبرد الشهور، إذ تصل درجة الحرارة في شهر كانون الثاني (13.40) مْ لمحطة جمجمال للمدة (2000 - 2023)، إن هذا التباين في درجات الحرارة بين الفصل يؤدي بدوره إلى التأثير الكبير على تقشر الصخور وتمدد معادنها، فضلاً على تفكك جزيئات التربة، ويزداد هذا التأثير في حالة تواجد الصخور الكلسية إذ تتجمد المياه المتسربة في شقوق الصخور ويتمدد حجمها، مع تعاقب هذا العملية بشكل مستمر تقل مقاومة الصخور لعمليات التجوية فتتكسر وتتجزأ إلى فتات صخرية، وفي النهاية تكن مهيأة لعملية الانجراف والتعرية(9).

الأمطار: تعد الامطار من اهم العناصر المؤثرة في تشكيل سطح الارض، والتي تعمل على تنشيط عمليات التجوية والتعرية، كما يتضح عملها من خلال التباينات الفصلية والسنوية للأمطار، فيلاحظ ازدياد التجوية الفيزيائية في السنوات الرطبة عند ارتطام قطرات المطر بالأسطح الصخرية فتعمل على تفتتها، فضلاً عن تأثيرها في التجوية الكيميائية التي تنشط في فصل الشتاء والربيع عبر تفاعل المياه مع الصخور ومكوناتها، وبالتالي نشاط عملية التعرية من خلال ما تقوم به الامطار من توليد جريانات عالية في فصلي الشتاء والربيع، وترتبط الامطار بعلاقة عكسية مع درجة الحرارة مما يولد سنوات جفاف لها اثر بالغ في تشكيل السطح؛ اذ تزداد فيه نشاط التجوية الفيزيائية مع ازدياد فعل العامل الريحي(10)، يتضح من خلال بيانات جدول (3) أن مجموع الامطار متباين في منطقة الدراسة، إذ يبدأ تساقط الأمطار في شهر تشرين الأول وينتهي عند شهر حزيران إذ بلغ مجموع التساقط الامطار السنوي في محطة جمجمال من (9127.80) ملم، ويعد شهر كانون الثاني من أكثر الشهور تساقط إذ وصل إلى (1473.94) ملم ويعد فصل الشتاء من أكثر الفصول تساقط وصل إلى (43.45%) ويليه فصل الربيع (34.00%) ومن ثم فصل الخريف (20.44%)، ومن خلال ما ذكرناه أن زيادة في كمية الأمطار تعمل على زيادة عمليات التعرية في هذا الفصل.

جدول (3) الخصائص المناخية في محطة جمجمال للمدة (2000 - 2023)

الفصل	الأشهر	درجات الحرارة (م)	مجموع الامطار (ملم)	الرياح (م/ث)
الشتاء	كانون الأول	15.60	1213.86	3.42
	كانون الثاني	13.40	1473.94	3.42
	شباط	15.50	1277.78	3.64
	معدل الفصل	14.83	1321.86	3.49
الربيع	آذار	19.50	1254.69	4.03
	نيسان	26.50	1232.61	4.22
	أيار	34.80	616.39	4.55
	معدل الفصل	26.93	1034.56	4.27
الصيف	حزيران	39.60	100.81	5.06
	تموز	43.20	67.52	5.14
	آب	42.60	24.52	5.04
	معدل الفصل	41.80	64.28	5.08
الخريف	أيلول	37.70	41.88	4.76
	تشرين الاول	23.60	525.66	4.35
	تشرين الثاني	22.30	1298.14	3.76
	معدل الفصل	27.87	621.89	4.29
المعدل العام		27.86	760.65	4.28

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العر اقية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة، بغداد 2023.

الرياح: على الرغم من ان الرياح اضعف من المياه والجليد في التعرية الا انها تعمل على تكوين مظاهر واشكال جيومورفولوجية عديدة، ويعظم اثرها في الصخر اذا وجد الرمال والغبار ضمن حمولتها فتكون بمثابة معاول هدم تعمل على نحت الصخر بشكل اسرع. وبناء على ما تقدم نلاحظ ان الرياح تهب على مدار السنة في المنطقة قيد البحث وتتفاوت سرعتها و اتجاهاتها من شهر لآخر(11)، ومن فصل لآخر، اذ بلغ معدلها العام في حوض شبو رسور (4.28 م/

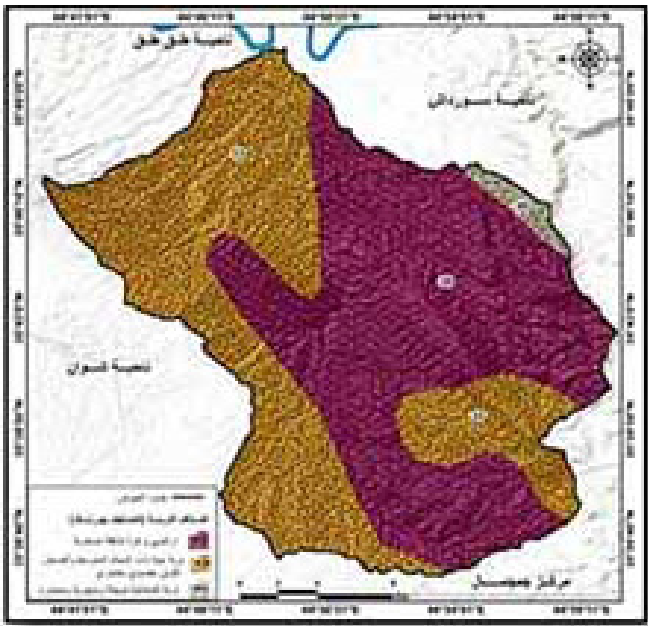
ثا)، في حين بلغ اعلى معدل لها (5.14 م/ثا) في شهر تموز، وهنا يتضح دور الرياح المنطقة قيد البحث؛ كون ان معدلها في اشهر الصيف يتجاوز (5 م/ثا)، اذ لا يبدأ النشاط الفعال للرياح الا اذا تجاوز هذا المعدل. بينما بلغ ادنى معدل لها (3.42 م/ثا) في شهر كانون الاول.

التربة (Soil): تتأثر عملية التعرية المائية في كل من؛ ملمس التربة، وبنيتها، ونفاذيتها، ومحتواها من المواد العضوية، حيث تكون التربة التي تحتوي على نسب عالية من الرمال والطمي أكثر عرضة للتعرية المائية، وذلك لافتقارها خصائص التماسك ببعضها البعض، بينما تكون التربة ذات التصريف الجيد أقل عرضة لعملية التعرية المائية، كما أن احتواء التربة على الطين والمواد العضوية يجعلها أكثر مقاومة للتعرية المائية، ويعود السبب في ذلك إلى أن تواجد الطين والمواد العضوية في التربة يزيد من تماسكها(12)، ويوجد في منطقة الدراسة طبقاً لتصنيف بيورنك ثلاث انواع من الترب هي كما في الخريطة (7) وجدول (4):

تربة الاراضي وعرة مشققة صخرية: تغطي هذه التربة أجزاء واسعة من منطقة الدراسة وهي تشكل أكثر من نصف مساحتها (244.14) كم2 وبنسبة (52.05%) من اجمالي المساحة، تتميز بقلة سمكها ووعورتها وتشققها، تظهر أحياناً على السطح بشكل مفتتات صخرية وتكون اغلبها من نوع الصخور التي اشتقت منها.

تربة بنية ذات السمك المتوسط والضحل تكوين حصوي بختياري: تظهر هذه التربة في منطقة المرتفعات الو اقعة في الجهات الشمالية والغربية والشرقية من منطقة الدراسة، تغطي مساحات كبيرة من منطقة الدراسة بلغ مساحتها (217.56) كم2 وبنسبة (46.39%) من اجمالي مساحة المنطقة، تتصف بالضحالة وقلة السمك بسبب الارتفاع والانحدار، نسيجها خشن، تربتها مشتقة من احجار الكلس والصخور النارية والمتحولة، خريطة (7).

خريطة (7) أنواع الترب في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:

P. Buring.P Soil and Condition in Iraq, Ministry of Agriculture, Exploratory Soil map of Iraq, Map 1 ., Scale 1/1000 000, Baghdad, 1960

2. مخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (4) اصناف ومساحة الترب في منطقة الدراسة حسب تصنيف بيورنك

الترية	المساحة كم2	النسبة المئوية %
اراضي وعرة مشظاة صخرية	244.14	52.05
ترية بنية ذات السمك المتوسط والضحل تكوين حصوي بختياري	217.56	46.39
ترية كستنائية ضحلة وحجرية ومنحدره	7.32	1.56
المجموع	469.02	100

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

تربة كستنائية ضحلة وحجرية ومنحدرة: تغطي هذه التربة السهلية من المنطقة بمساحة قدرها (7.32) كم2 وبنسبة (1.56%) من المساحة الكلية للمنطقة، تتصف بلونها البني الداكن وذات انحدار خفيف إلى متوسط ومتموج، تحتوي على مواد عضوية وكلسية أو جبسية، تكون طبقاتها السطحية هشة مفككة تعلوها الحجارة والصخور.

الغطاء النباتي: ترتبط التعرية ارتباطاً مباشراً بنوعية الغطاء النباتي ويتحكم الغطاء النباتي في تحديد درجة التعرية لكل منطقة، إذ يؤثر تواجد الغطاء النباتي من عدمه في التعرية المائية، حيث إن التربة التي تحتوي على غطاء نباتي تكون أقل عرضة للتعرية المائية، ويعود السبب في ذلك إلا أن هذا الغطاء يساهم في؛ امتصاص طاقة قطرات المطر، ربط جزيئات التربة ببعضها البعض، الإبطاء من سرعة جريان المياه، وزيادة قدرة التربة على امتصاص المياه، وتقليل كمية الرمال المتسربة بعيداً عن موقعها الأصل(13)، ويمكن تقسيم منطقة الدراسة إلى اربع كثافات للغطاء النباتي كل منطقة تتميز بدرجة حماية وحساسية معينة تجاه التعرية، كما في الخريطة (8) والجدول (5).

أراضي عديمة الكثافة (أراضي جرداء): تشغل هذه الاراضي مساحة تقدر نحو (132.71) كم2 وبنسبة (28.30%)، وتتواجد في الاجزاء الشمالية والجنوبية من منطقة الدراسة، تعد هذه الاراضي أكثر اجزاء في الحوض معرضة للتعرية المائية نتيجة خلو التربة من الغطاء النباتي الذي يعرقل جريان المياه.

أراضي قليلة الكثافة: تشغل هذه الفئة المساحة الاكبر من منطقة الدراسة والتي بلغت (203.63) كم2 وبنسبة (43.42%)، وتتواجد في جميع اجزاء منطقة الدراسة ماعدا الاجزاء الشرقية ، وتتعرض هذه المنطقة إلى التعرية نتيجة قلة الغطاء النباتي كما في الاراضي الجرداء.

أراضي متوسطة الكثافة: تحتل هذه الفئة المرتبة الثالثة من حيث المساحة والتي تقدر بـ(100.98) كم2 وبنسبة (21.53%) من المساحة الكلية للحوض، وتتركز في الاجزاء الشرقية من منطقة الدراسة، إذ تتعرض اراضي هذه المناطق لمخاطر التعرية المائية كون أن النباتات في هذه المنطقة من النباتات الموسمية التي تنو مع هطول الامطار وتقل كثافتها إلى بشكل كبير مع انعدام الامطار.

أراضي عالية الكثافة: تحتل هذه الفئة المرتبة الاخيرة من حيث المساحة والتي تقدر بـ(31.62) كم2 وبنسبة (6.74%) من المساحة الكلية لمنطقة الدراسة، وتتركز في الاجزاء الشرقية من منطقة الدراسة، وهي تمثل ميدانياً غابات الآلبية التي تنمو عند القمم الجبلية والتي تمتاز بدرجة تغطية عالية ذات مختلف الاشجار ومنها (البلوط ، العفص، الاسفندان، السنديان)، وتتميز جذور النباتات فيها بسمكها وتربتها الغنية بالمواد العضوية بسبب تساقط وتفسخ أوراق الأشجار النفضية منها.

خريطة (8) كثافة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية فضائية للقمر الصناعي ((Landsat-8، بتاريخ (20/4/2022)، ومخرجات برنامج ArcGIS .

جدول (5) كثافة الغطاء النباتي في المنطقة

كثافة الغطاء النباتي	المساحة كم2	النسبة المئوية%
عديمة الكثافة	132.71	28.30
كثافة قليلة	203.63	43.42
كثافة متوسطة	100.98	21.53
كثافة عالية	31.62	6.74
المجموع	468.94	100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (8).

المحور الثاني : التقدير الكمي للتعرية المائية في المنطقة

التعرية المائية هي ظاهرة طبيعية تتمثل في إزالة الطبقة العليا من تربة الأرض بفعل المياه، سواء من خلال الري أو الأمطار أو ذوبان الجليد أو الجريان السطحي، وغالبًا ما يكون السبب الرئيسي لذلك هو المطر(14)، إذ تحرك جزيئات التربة العضوية وغير العضويّة على امتداد سطح الأرض بفعل المياه المتدفقة في عملية التعرية المائية، ويؤدي ذلك إلى ترسيبها في المناطق الجغر افية الأكثر انخفاضًا، ويمكن أن يؤدي هذا إلى حدوث فيضانات على المدى الطويل، ويمكن أن تشكّل المادة الناتجة عن التربة المتآكلة تربة جديدة أو تنتقل إلى خز انات المياه القريبة مثل البحيرات والسدود.

هناك العديد من الطرق المستعملة في احتساب أو ما يسمى بالتنبؤ بحصول التعرية المائية القديمة منها والحديثة المعتمدة على برامج الحاسوب التي تحاكي عملية التعرية وكذلك توظيف تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات

الجغر افية والتي تقدر تعرية المائية في التربة، ويتمثل دور تقنية الاستشعار عن بعد في تصنيف غطاءات الأرض وتحسين تصنيف التربة، وفي تحديد حالة تطور التعرية، أما دور نظم المعلومات الجغر افية فتمثل في تصنيف فئات الارتفاع والانحدار واستخلاص شبكة المائية، وفي اعداد طبقات التراكيب الصخرية للتربة، و إنشاء خر ائط درجات الحرارة والتساقط، وخر ائط حماية التربة المتمثلة بالغطاء النباتي، ومن المعادلات التي تم استخدامها في الدراسة الآنية لتقدير حجم التعرية المائية هي معادلة جافريلوفيك (Gavrilovic) والتي تعرف بـ(EPM) اختزالاً لـ(Erosion Potential Method)، وقد قام (جافريلوفيك Gavrilovic) بتصميم هذا النموذج خلال سنوات الخمسينيات، ولم يتم تطبيقه إلا مؤخراً بعد الثورة المعلوماتية والتكنولوجية، إذ تمت الاستفادة من نظام المعلومات الجغر افية في تنضيد الطبقات وتطبيق المعادلات الخاصة بهذا النموذج. ويعتبر نموذج (EPM) من النماذج التي طورت بالأحواض الجبلية، والمناطق المتضرسة، ويعتمد في تطبيق نموذج على مؤشرات عديدة منها (الانحدار وحالة الغطاء النباتي والتربة أو التكوينات السطحية والتساقطات وكذلك الحرارة) وينفرد هذا النموذج عن غيره بإدراج عامل الحرارة كمؤشر إضافي لتقييم التعرية المائية(15)، كما في شكل (1)، ويتم حساب معامل التعرية المحتملة (z) من خلال المعادلة الاتية :

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

حيث أن:

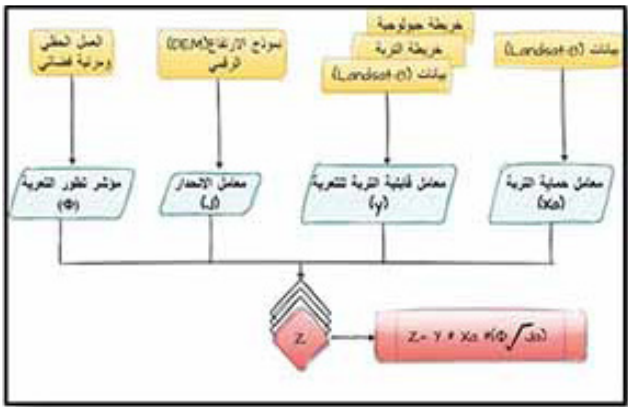
معامل قابلية التربة للتعرية. = Y

معامل حماية التربة.=Xa

مؤشر تطور التعرية. = Φ

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

شكل (1) منهجية نموذج جافريلوفيك للتعرية المائية



المصدر: من عمل الباحث.

يتطلب تقدير حجم التعرية المائية حسب نموذج (EPM) إلى تطبيق المؤشرات الاتية:

مؤشر قابلية التربة للتعرية(Y): لاستخراج قيمة هذا المؤشر تم الاعتماد على الخريطة الجيولوجية للعراق ذات المقياس1:1000000 الصادرة من الهيئة العامة للمسح الجيولوجي، وخريطة التربة في الحوض حسب تصنيف بيورنك، ومن خلال معطيات هذه الخر ائط تم تصنيف منطقة الدراسة إلى خمسة أصناف حسب قابلية الترب والتكوينات الجيولوجية للتعرية، كما في الخريطة (9) والجدول (6)

جدول (6) مؤشر قابلية التربة للتعرية(Y)

مؤشر حماية التربة	Y	متوسط القيمة	المساحة كم2	النسبة المئوية%
صخور صلبة شديدة المقاومة	0.1 - 0.3	0.2	156.48	33.37
صخور ذات مقاومة متوسطة	0.3 - 0.5	0.4	93.96	20.04
صخور ذات مقاومة ضعيفة	0.5 - 0.6	0.55	218.49	46.59
ركام صخري ورواسب خشنة	0.6 - 0.8	0.7	-	-
رواسب رملية ناعمة لا مقاومة لها	1 - 0.9	0.95	-	-
المجموع			468.93	100

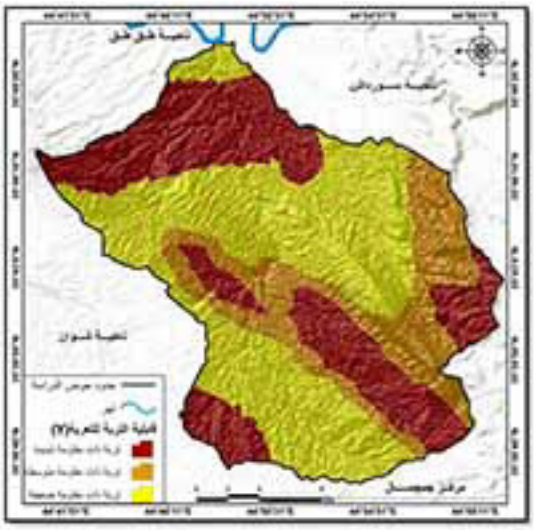
المصدر: بالاعتماد على :

eference: ZORN,M. AND KOMAC, B, 2005: soil erosion on agricultural land in Sloveniameasure-ments of rill erosion in the besnica valley. Acta geographic slovenica 45-1. Ljubljana

من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة الجيولوجية للعراق وخريطة التربة حسب تصنيف بيورنك بمقياس رصم (1:1000000) ومخرجات برنامج ARCGIS.

ويتبين من بيانات لجدول (6) هناك تباين في درجة مقاومة الصخور للتعرية المائية، إذ بلغت مساحة الصخور صلبة شديدة المقاومة (156.48) كم2 وبنسبة (33.37%)، وتتضمن التكوينات الاتية (الفتحة و انجانة والمقدادية) وتعطي قيمة (0.2) من مؤشر قابلية التربة للتعرية ، أما الصخور التي تكون متوسطة وقليلة المقاومة فتكون رواسبها من (المكتلات الصخرية والحصى،

خريطة (9) مؤشر قابلية التربة للتعرية(Y)

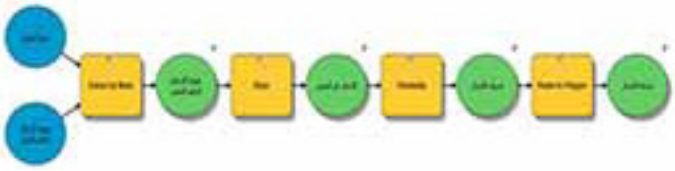


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مؤشر قابلية التربة للتعرية(Y)، ومخرجات برنامج ArcGIS .

الطفل، رمل، طين) وتنطبق مع تكوين باي حسن تبلغ مساحته (93.96) كم2 وبنسبة (20.04%) وتعطي قيمة (0.4)، في حين بلغ مساحة الصخور ذات مقاومة ضعيفة (218.49) كم2 وبنسبة (46.59%) وتتمثل بترسبات العصر الرباعي الذي يتكون من الطين والغرين والرمل والمفتتات الصخرية وتعطي قيمة (0.55) من مؤشر قابلية التربة للتعرية.

مؤشر الانحدار (Ja): يساعد إعداد خريطة الانحدار على توضيح و إبراز المتغير الجيومورفولوجي، وتحديد ملامح نوع وشدة التعرية المائية، وتم استخلاص هذه المؤشر من خلال نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لمنطقة الدراسة بدقة تميزية (12.5) متركما في خريطة (6)، وتصميم أداة خاصة تعمل على اشتقاق هذه المؤشر، كما في الشكل (2).

شكل (2) نموذج تصميم مؤشر الانحدار (Ja)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

مؤشر حماية التربة (Xa): 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(16)، وقد تم استخلاص مؤشر حماية التربة من مرئيات القمر الاصطناعي(Landsa-8) لعام 2023، ومن ثم استخراج المؤشر الغطاء الخضري من خلال تطبيق المعادلة الاتية لاستخراج حماية التربة(17):

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

حيث أن:

Xa = مؤشر حماية التربة.

XaNDVI = أعلى قيمة في معامل التغطية النباتية.

وقد حدد جافريلوفيك معايير لتحديد قيم مؤشر حماية التربة (Xa) جدول (7)، نجد أن الأراض المراعي وغابات أو جنبات متضررة تحتل الصدارة نسبة المساحة والبالغة (63.20%)، تليها مزارع ومراعي متضررة بنسبة (30.88%)، وجاءت في المرتبة الاخيرة الاراضي غابات صنوبرية وجنبات متبعثرة على جو انب القنوات المائية بنسبة (5.92%).

جدول (7) معامل حماية التربة (xa)

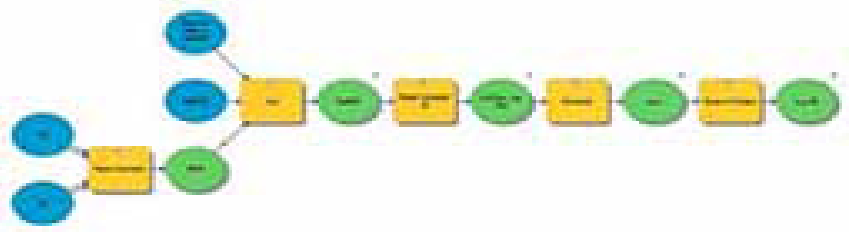
مؤشر حماية التربة	Xa	متوسط القيمة	المساحة كم2	النسبة المئوية %
غابات مختلطة كثيفة، متوسطة الكثافة	< 0.2	0.15	-	-
غابات صنوبرية وجنبات متبعثرة على جوانب القنوات المائية	0.4 – 0.2	0.3	27.74	5.92
مراعي وغابات أو جنبات متضررة	0.6 – 0.4	0.5	296.39	63.20
مزارع ومراعي متضررة	0.8 – 0.6	0.7	144.82	30.88
أراضي جرداء	1.0 – 0.8	0.9	-	-

المصدر: بالاعتماد على :

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, Slo-venia2008.

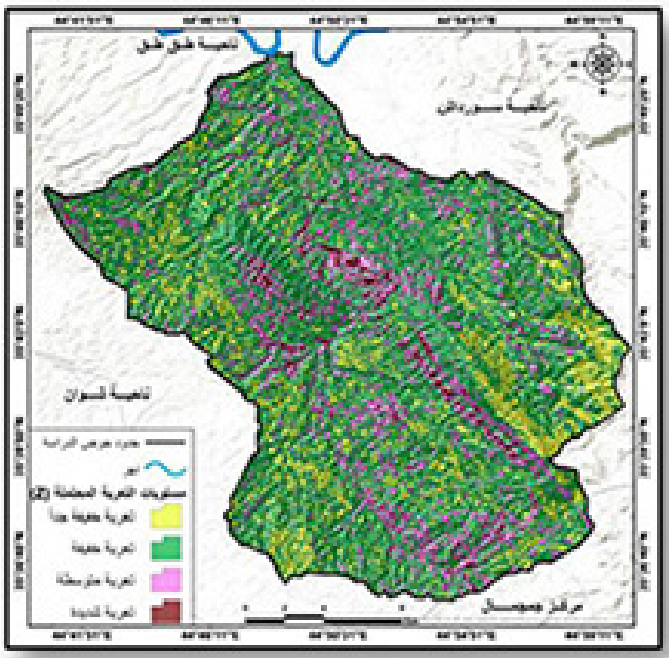
من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية للقمر الصناعي (Landsat-8) لعام 2023، وتطبيق معادلة كثافة الغطاء النباتي(NDVI) ومعادلة معامل حماية التربة (xa)، ومخرجات برنامج ARCGIS.

شكل (3) نموذج تصميم معامل حماية التربة (xa)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

خريطة (10) معامل حماية التربة (xa)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على معامل حماية التربة (xa)، ومخرجات برنامج ArcGIS .

مؤشر تطور التعرية (Φ): تم الاعتماد على معادلة(MILVSKII) لحساب هذا المؤشر من خلال مرئيات القمر الصناعي (Landsat-8) لعام 3023، وذلك من خلال المعادلة التالية:

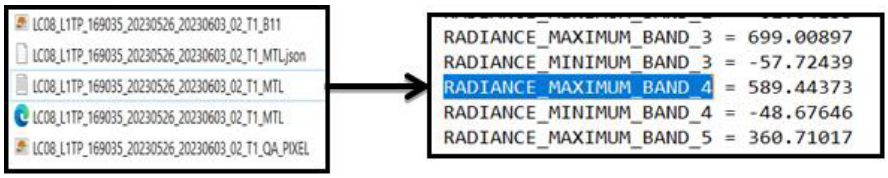
$$\Phi = \frac{\sqrt{TM3}}{QMAX}$$

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 قيمته من الملف (MTL) المرفق مع حزمة القمر الصناعي (Landsat-8) وكما موضح في الشكل (4)، وشكل(5).

شكل (4) استخراج قيمة الاشعاع القصوى (Qmax) من خلال للنطاق الرابع (4Band)



المصدر: بالاعتماد على بيانات المتوفرة في ملف (MTL) المرفق مع القمر الصناعي (Landsat-8) لعام 2023.

شكل (5) نموذج تصميم مؤشر تطور التعرية (Φ)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

يتضح من خلال جدول(8)، أن معامل تطور التعرية في منطقة الدراسة صنفين فقط، إذ احتلت التعرية في القنوات المائية من الحوض التصريف المرتبة الاولى بنسبة المساحة والبالغة (64.74%)، تليها تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية بنسبة (35.25%).

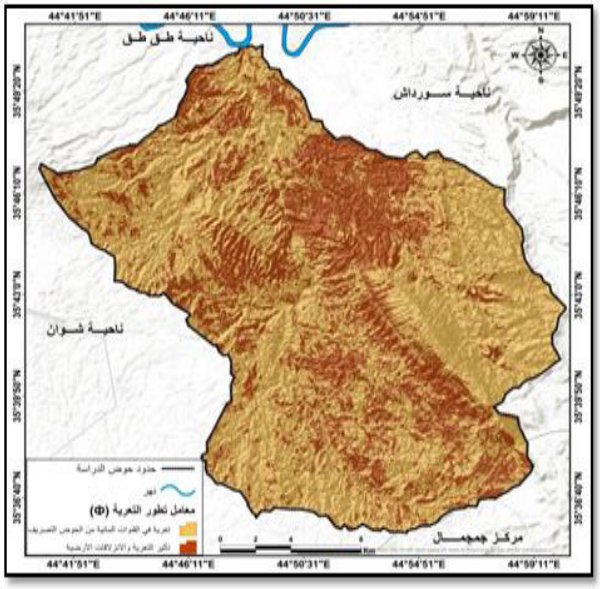
جدول (8) معامل تطور التعرية (Φ)

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	303.61	64.74
تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية	0.7 - 0.6	165.33	35.26
حوض التصريف تحت تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية	0.9 - 0.8	-	-
جميع حوض التصريف تحت تأثير التعرية	فأكثر 1.0	-	-

المصدر: بالاعتماد على : 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.

من عمل الباحث بالاعتماد على مرئية للقمر الصناعي (Landsat-8) لعام 2023، وتطبيق معامل تطور التعرية (Φ)، ومخرجات برنامج ARCGIS.

خريطة (11) مؤشر تطور التعرية (Φ)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مؤشر تطور التعرية (Φ)، ومخرجات برنامج ArcGIS .

حساب نموذج التعرية المحتملة (Z): تم حساب حجم التعرية المائية في منطقة الدراسة وذلك من خلال دمج المؤشرات سابقة في برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال الأداة (Raster Calculator)، حيث تم تصنيف مستويات التعرية المحتملة كما حددها جافريلوفيك في خمسة فئات كما في جدول (9)، وشكل (6)، وخريطة (12)، يتضح من نتائج معادلة التعرية المحتملة أن منطقة الدراسة تحتوي على اربع اصناف من مستويات التعرية حسب نموذج (EPM)، إذ احتل الصنف التعرية الخفيفة المرتبة الاولى بنسبة المساحة والبالغة (59.52%)، تليها التعرية الخفيفة جداً بنسبة (20.59%)، وسجلت التعرية المتوسطة المرتبة الثالثة بنسبة (15.20%)، وحتلت التعرية الشديدة المرتبة الاخيرة بنسبة (4.70%) من مساحة منطقة الدراسة.

أن نوع وكمية الترب المفقودة جاءت متلائمة مع طبيعة التكوينات الصخرية ودرجة الانحدار، إذ تغطي التكوينات الصخرية قليلة المقاومة الأجزاء الجنوبية والاجزاء الوسطى من الحوض وتو افق معها انحدار عالي وقلة في الغطاء النباتي سجلت أعلى كمية من الترب المفقودة وكانت مناطق ذات تعرية شديدة ، أما التعرية المتوسطة التي غطت أغلب أراضي الحوض فساعد الانحدار الشديد وصلابة المنكشفات الصخرية على وجودها بشكل واسع، أما التعرية الضعيفة فغطت المناطق ذات المنكشفات المقاومة للتعرية وطبيعة الأرض غير منحدرة، فضلاً عن وجود الغطاء النباتي الكثيف الذي ساهم في المحافظة على بشكل شديد الترب من الانجراف والتعرية.

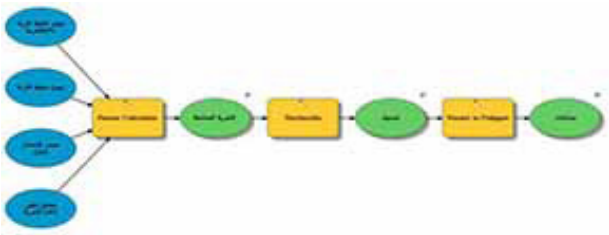
جدول (9) أنواع التعرية المحتملة ومساحتها في منطقة الدراسة

مستويات التعرية المحتملة	معامل Z	متوسط القيمة	المساحة كم²	النسبة المئوية %
شديد جداً	أكثر من 1.51 – 1.01	1.25	-	-
شديد	1.0 – 0.81	0.85	21.97	4.70
متوسط	0.80 – 0.41	0.55	71.06	15.20
خفيف	0.40 – 0.20	0.3	278.22	59.51
خفيف جداً	0.19 – 0.01	0.1	96.25	20.59
المجموع			467.49	100

المصدر: بالاعتماد على :

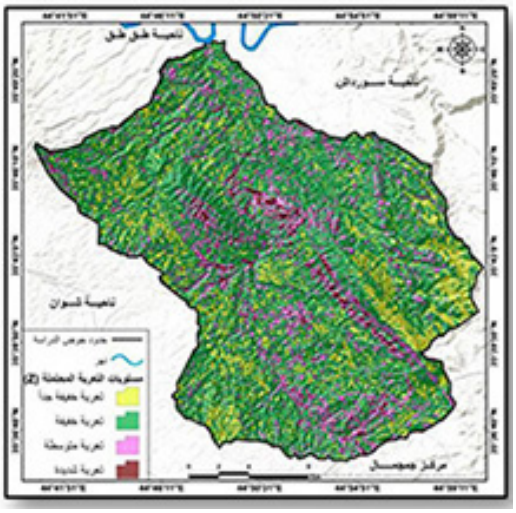
Gavrilovic, Z., M. Stefanovic, M. Milojevic ,and J. Cotric. Erosion Potential Method" An Important Support For Integrated Water Resource Management. Presented at XXIIIth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia، (2006). من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج التعرية المحتملة (Z)، ومخرجات برنامج ARCGIS.

شكل (6) تصميم نموذج التعرية المحتملة باستخدام (Model Builder)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

خريطة (12) مستويات التعرية المحتملة في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مؤشر التعرية المحتملة (Z)، ومخرجات برنامج ARCGIS.

المحور الثالث : الاثار الجيومورفولجية الناتجة عن التعرية المائية في المنطقة

تعد الأثار الجيومورفولوجية من أبرز مظاهر والكوارث الطبيعية التي تحدث في المنطقة وهذا ما لوحظ خلال السنوات الأخيرة، نتيجة تأثيرعدة عوامل وفي مقدمتها العوامل المناخية والجيولوجية التي تؤدي الى نشوء ظاهرة التعرية المائية وما يرتبط بها من عمليات ومخاطر جيومورفولوجية وتختلف درجات خطورتها من مكان إلى لآخر، فيكون لها تأثير مباشر أو غير مباشر على الأرواح والممتلكات وعلى النشاط السكان في المنطقة(18)، وتتنوع الاثار الجيومورفوجية ضمن منطقة الدراسة والتي تمثلت بانجراف التربة والاثار المورفوديناميكة والمورفومناخية والجيومورفولوجية، فمنها تكون سريعة وهدامة مثل السيول والتي تنجم عنها إنجراف التربة وحدوث انزلاقات وإنهيارات صخرية وهبوط أرضي،

وتعد كمية الأمطار الساقطة من المتغيرات الرئيسية المؤثرة على ذروة التدفق الذي يؤدي الى زيادة نشاط التعرية المائية ضمن منطقة الدراسة، حيث يكون للشدات المطرية أثر كبير في نشوء التعرية المائية والمظاهر الجيوموروفولجية المرتبطة بها، كما إن لخصائص المنطقة المتمثلة التكوينات الجيولوجية والانحدار و اتجاهه ونوع التربة فضلاً عن طبيعة الغطاء الارضي، كل هذه العوامل هي المتحكمة في تحديد نسبة المخاطر الجيومورفولوجية التي من الممكن أن تحدث في المنطقة(19).

ولتحقيق هذا الهدف تم الاعتماد على التطابق الخر ائطي، حيث تتمثل الظواهر الجغر افية في بيئة نظم المعلومات الجغر افية بشكل طبقات (Layers) حيث تمثل كل طبقة بمعطيات مكانية ذات صفة مشتركة وهي مسجلة عددياً مع الرو ابط التوبولوجية لعناصرها لتشكل قاعدة بيانات مكانية في منطقة ما من سطح الأرض، ولغرض إبراز وإظهار الاثار الجيومورفولوجية لظاهر التعرية المائية في منطقة الدراسة، تم تصيمم نماذج باستخدام طريقة وزن الطبقات باستخدام احد وظائف برنامج نظم المعلومات الجغر افية (Overlay)، ومن أهم الاثار الجيومورفولجية الناتجة عن التعرية المائية هي:

تصميم نموذج لانجراف التربة فعل التعرية المائية: يصنف الانجراف المائي أحد الاثار الجيومورفولوجية الخطيرة عالمياً، وذلك بسبب الاضرار البيئية والاقتصادية الهائلة التي تنجم عنه، لاسيما في البلدان النامية حيث تشكل الزراعة المصدر الرئيسي للدخل والعامل الأساسي في رفع وتيرة الاقتصاد القومي(20)، ويقصد بالانجراف المائي للتربة بانه محصلة التداخل الحاصل بين عامل المطر وعامل التربة، إذ ينتج بفعل اصطدام قطرات المطر بسطح التربة أو بفعل جريان المياه السطحية الذي يؤدي إلى ازالة الطبقة السطحية للتربة ونقل جزء منها أو كلها من مكان وجودها إلى مكان أخر لتترسب وتتراكم في نهاية المطاف في أماكن قد تكون قريبة أو بعيدة عن مناطق انفصالها(21)، ولبناء نموذج لانجراف التربة بفعل التعرية المائية في منطقة الدراسة يتطلب العديد المؤشرات التي يتطلبها نموذج الانجراف ومنها:

مؤشر الهطول المطري (H): تعد كمية وشدة هطول الأمطار المحدد الرئيسي للتعرية في منطقة الدراسة، وذلك مع ارتفاع معدل هطول الأمطار بشكل عام، فيؤدي ذلك إلى زيادة تعرية التربة بالمياه، ويُعتبر كل من حجم وسرعة قطرات المطر عاملين مهمين أيضًا. تمتلك قطرات المطر الأكبر والأسرع طاقة حركية أكبر، وبالتالي سيؤدي تأثيرها إلى إزاحة جزيئات التربة بمسافات أكبر من قطرات المطر الأصغر والأبطأ(22)، وتم الاعتماد في استخراج كميات الامطار على نموذج (مهمة قياس هطول الامطار الاستو ائية)(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().

مؤشر الحرارة (T): تؤثر الحرارة على كمية المياه في التربة، فالحرارة العالة تزيد من نسبة التبخر والنتح وتيبس التربة مما يؤدي إلى تشققها، لذلك اعتمد جافريلوفيك على معامل الحرارة كعنصر أساسي في تطبيق النموذج، ونتيجة عدم وجود محطات مناخية داحل حدود منطقة الدراسة اعتمد الباحث على مرئيات القمر الصناعي لتحديد هذا المؤشر، وتم اشتقاق درجات الحرارة من خلال تحويل بيانات النطاق الحراري من الاشعاع الطيفي الى درجة حرارة السطح باستخدام الثو ابت الحرارية في ملف (MTL) المرفق في ملفات (Landsat-8)، من خلال القانون:

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

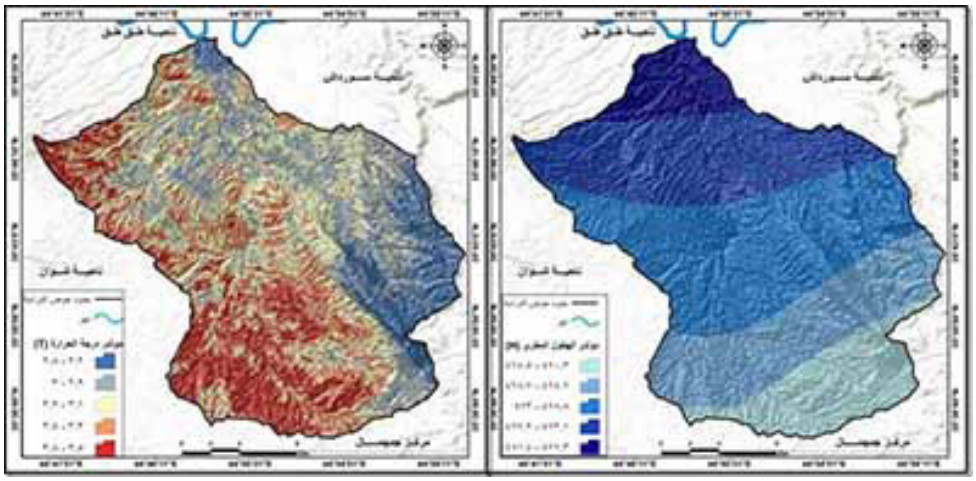
T= درجة حرارة الغلاف الجوي K وتستخرج من خلال:

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).

خريطة (13) مؤشر هطول الامطار في منطقة الدراسة خريطة (14) مؤشر درجات الحرارة في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (Landsat-8) المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات (TRMM) لعام 2023، بتاريخ (20/4/2022)، ومخرجات برنامج (ArcGIS). ومخرجات برنامج (ArcGIS).

حساب حجم التربة المفقودة: لحساب حجم التربة المفقودة نتيجة التعرية المائية في منطقة الدراسة، فقد تم الاعتماد على المعادلة أعلاه (Wالقياس حجم التربة بـ(م3/ كم2/ سنة)، إذ تتطلب هذه المعادلة دمج المؤشرات الهطول المطريH ، درجة الحرارةT ، التعرية المحتملةZ)، للحصول على حجم التربة المفقودة، وذلك من خلال استخدام الجبر الخرائطي المتمثل بـ(Map Algebra) ومن ثم استخدام (Raster Calculator) وذلك الإمكانية حساب (pixels) بناء على القدرة التميزية لمختلف الطبقات وبناءً علية تم تقدير معدل الانجراف السنوي في التربة (م3/ كم2/ سنة) وقد تم تصنيفها إلى ثلاث أصناف بناء على تمثيل القيم المستخرجة بواسطة منحنى تراكمي جدول (10) يوضح تلك الأصناف.

جدول (10) مستويات التعرية بحسب حجم التربة المفقودة وفق انموذج (EPM)

الفئة	حجم التربة	حدة التعرية	حجم التربة المفقودة	المساحة كم	النسبة المئوية%
1	< 50	غياب التعرية أو غير ظاهرة	-	-	-
2	50 - 500	تعرية ضعيفة	82 - 234	372.75	79.77
3	500 - 1500	تعرية متوسطة	667 - 1200	54.73	11.71
4	1500 - 5000	تعرية معمقة	-	-	-
5	5000 - 20000	تعرية قوية	6300 – 9000	39.82	8.52
6	> 20000	تعرية كارثية	-	-	-
المجموع				467.30	100

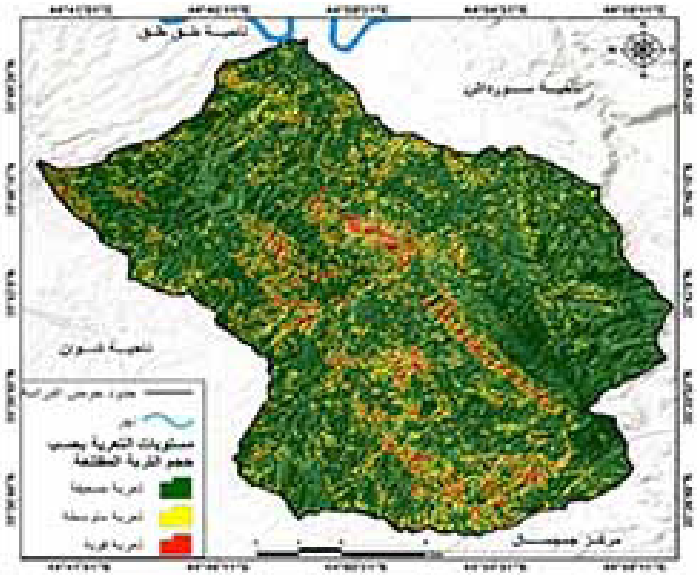
المصدر: بالاعتماد على :ZACHAR D. Soil Erosion, Amsterdam: Elsevier science publishing company, (1982), p547.

2. من عمل الباحث بالاعتماد على معادلة حجم التربة المفقودة وفق انموذج (EPM)، ومخرجات برنامج ARCGIS.

يتبين من خلال جدول (10) وخريطة (15)، أن منطقة الدراسة تحتوي على ثلاث مستويات للتعرية بحسب حجم التربة المقتلعة، جاءت فئة التعرية الضعيفة بالمرتبة الأول بمساحة بلغت (372.75) كم2 وبنسبة بلغت (79.77%) من مساحة منطقة الدراسة، وتراوحت حجم التربة المفقودة بين (82 - 234) م3/كم2/السنة، تليها في المرتبة الثانية التعرية المتوسطة بمساحة بلغت (54.73) كم2 وبنسبة (11.71%)، أما حجم التربة المفقودة تتراوح بين (667 - 1200) م3/

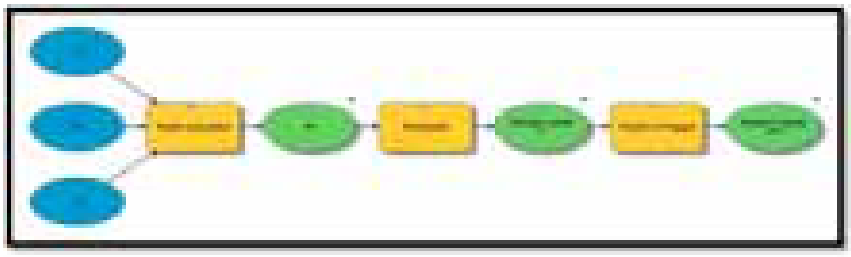
كم2/السنة، وجاءت فئة التعرية القوية بالمرتبة الاخيرة بمساحة بلغت (39.82) كم2 وبنسبة بلغت (8.52%) وقد تراوح حجم التربة المفقودة لهذه النوع من التعرية بين (6300 – 9000) م3/كم2/السنة.

خريطة (15) حجم التربة المقتلعة بفعل التعرية المائية



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على معادل حجم التربة المفقودة (EPM)، ومخرجات برنامج ArcGIS .

شكل (7) نموذج تصميم انجراف التربة بفعل التعرية المائية



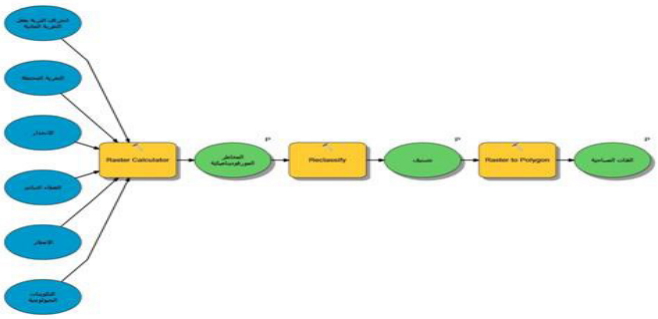
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

حساب الأثار المورفوديناميكة: تم تصميم نموذج الاثار المورفوديناميكية وذلك بالاعتماد على عدة متغيرات والتي تمثلت بطبقة التربة المنجرفة او المفقودة بفعل التعرية المائية باستخدام النماذج المختلفة التي تم تصميمها مسبقاً، وقد تم أعادة تصنيف الطبقات من خلال الاداة (Reclassify) من صندوق الـ (Arc tool Box- Spatial analyst tool) ضمن بيئة برنامج نظم المعلومات الجغر افية الـ(ArcGIS)، وبعدها قد تم إعطاء لكل طبقة وزن مناسب وذلك حسب تأثيرها في حدوث الاثار المورفوديناميكة في المنطقة، كما في الشكل (8)، ومن خلال الاعتماد على الاداة (Overlay) ومن ثم الامر (Weighted Overlay)، لاستخراج الاثار المورفوديناميكية، خريطة (16).

شكل (8) المعايير والاوزان النسبية لبناء نموذج الاثار المورفوديناميكية حسب منهجية (AHP)

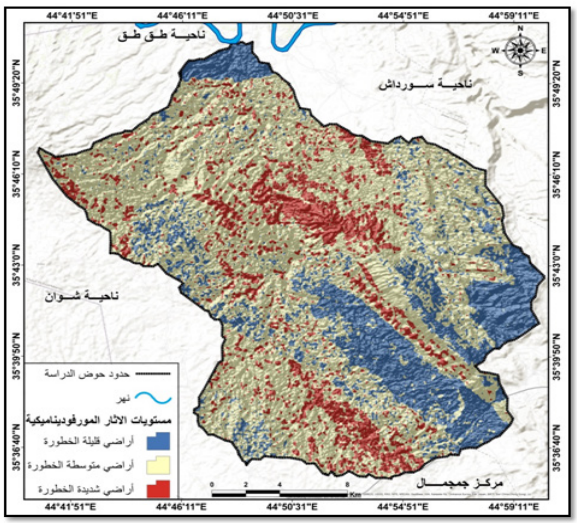
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (AHP Online System).

شكل (9) نموذج الاثار المورفوديناميكية باستخدام (Model Builder)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

خريطة (16) الاثار المورفوديناميكية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على شكل الاوزان النسبية للاثار المورفوديناميكية، ومخرجات برنامج ArcGIS .

يتبين من بيانات الجدول (11) أن منطقة الدراسة تتعرض إلى ثلاث أصناف من الاثار المورفوديناميكية، وهي كلاتي:

أراضي قليلة الخطورة: يشغل هذا الأراضي مساحة بلغت (113.54)كم2 وبنسبة (24.42%) من المساحة الكلية للأراض المعرضة للأثار المورفوديناميكية في منطقة الدراسة، إذ تتركز هذه الاراضي في الاجزاء الشمالية والشرقية من منطقة الدراسة ضمن الاراضي ذات كثافة نباتية عالية من شأنها تساعد على زيادة تماسك التربة وبالتالي تقليل المخاطر التي ممكن أتحدث فيها.

أراضي متوسطة الخطورة: يحتل هذا الصنف المساحة الأكبر في المنطقة والتي بلغت (279.95) كم2 وبنسبة (60.21%) من مجموع مساحة الأراضي المعرضة للمخاطر المورفوديناميكية، إذ تتواجد في اراضي الحوض ماعدا اقصى شمال المنطقة واجزاء من الاتجاه الجنوبي الشرقية من المنطقة حيث تمتاز بسقوط أمطار ذات كميات متوسطة.

أراضي شديدة الخطورة: تشغل هذه الفئة المرتبة الثالثة من حيث المساحة والتي بلغت (71.47) كم2 وبنسبة (15.37%)، حيث سادت في الجهات الوسطى وجزء صغير من الاتجاه الجنوبي الشرقي والجنوبي من المنطقة التي تمتاز بالانحدار الشديد فيها فضلاً عن سقوط الامطار الغزيرة مما يؤدي إلى حدوث سيول تعمل على زيادة نشاط التعرية المائية بأنواعها، فيمكن أن تخلف وراءها الدماروالتخريب في مختلف الأنشطة ضمن المنطقة وخاصة الزراعة التي تعد من الأنشطة التي تتأثر بصورة كبيرة بهذا النوع من الاثار.

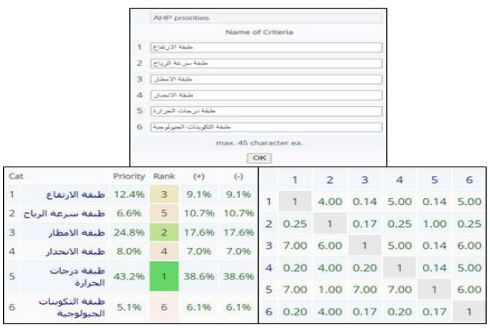
جدول (11) مساحة ونسب المئوية للاثار المورفوديناميكية في منطقة الدراسة

ت	مستويات الاثار المورفوديناميكية	المساحة كم2	النسبة المئوية %
1	أراضي قليلة الخطورة	113.54	24.42
2	أراضي متوسطة الخطورة	279.95	60.21
3	أراضي شديدة الخطورة	71.47	15.37
	المجموع	464.97	100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (16).

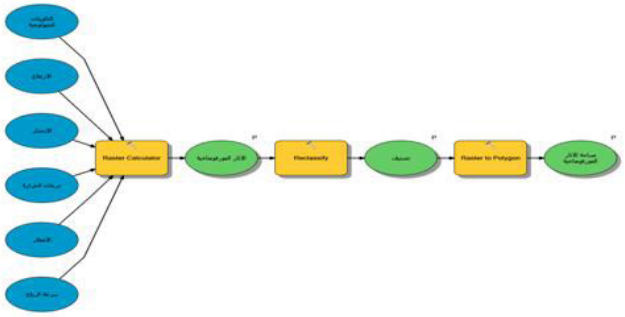
حساب الأثار المورفومناخية: تعد العناصر المناخية من المتغيرات التي لها دوراً بارزاً في حدوث المخاطر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة، وقد اعتمد الباحث على (6) متغيرات تمثل نموذج الاثار المورفومناخية، ومن ثم أعطيت لكل طبقة او متغيروزن يناسب أهميتها و أثرها في حدوث هذا النوع من الاثاروذلك من خلال الاعتماد على الأداة (Raster Calculator) من صندوق الـ(Are tool Box- Spatial analyst tool) ، وقد أظهرت نتائج هناك ثلاث اصناف من الاثار المورفومناخية في منطقة الدراسة كما في خريطة (17) وجدول(12).

شكل (10) المعايير والاوزان النسبية لبناء نموذج الاثار المورفومناخية حسب منهجية (AHP)



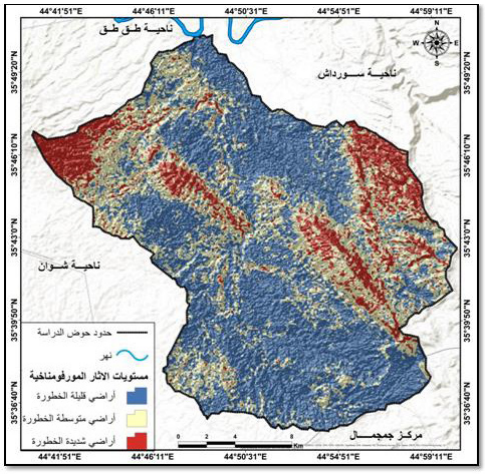
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (AHP Online System).

شكل (11) نموذج الاثار المورفومناخية باستخدام (Model Builder)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

خريطة (17) الاثار المورفومناخية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على شكل الاوزان النسبية للأثار المورفومناخية، ومخرجات برنامج ArcGIS .

ويتبين من بيانات الجدول (12) أن منطقة الدراسة تتعرض إلى ثلاث أصناف من الاثار المورفومناخية، وهي كلاتي:

أراضي قليلة الخطورة: تشغل هذا الفئة المساحة الأكبر في المنطقة والتي بلغت (254.23) كم2 وبنسبة (54.42 %) من إجمالي المساحة المعرضة لحدوث الاثار المورفومناخية ضمن المنطقة، فقد توزعت في أغلب الأجزاء الشمالية والجنوبية من منطقة الدراسة والتي تنصف بانبساط أراضيها وقلة كميات الامطار الساقطة فيها مما جعلها من المناطق الاقل خطورة مقارنة ببقية أجزاء المنطقة.

أراضي متوسطة الخطورة: بلغت مساحة هذه الاراضي التي تقع ضمن هذا الصنف (141.08) كم2 وبنسبة (30.20%) من مجموع مساحة أراضي المنطقة المعرضة الاثار المورفومناخية، إذ تركزت في الجهات الشمالية الغربية والشرقية من المنطقة حيث تنصف بأراضيها بالارتفاع وتمتاز بسقوط أمطار ذات كميات متوسطة.

أراضي شديدة الخطورة: يحتل هذا الصنف المساحة الاقل ضمن المنطقة والتي بلغت(71.83)كم2 وبنسبة(15.38%)، حيث سادت في الجهات الشرقية والغربية وبعض الاجزاء الوسطى من منطقة الدراسة والتي تمتاز بانتشار الاراضي الشديدة الانحدار فيها فضلاً عن سقوط أمطار غزيرة مما يؤدي ذلك إلى حدوث سيول تعمل على زيادة نشاط التعرية المائية بأنواعها.

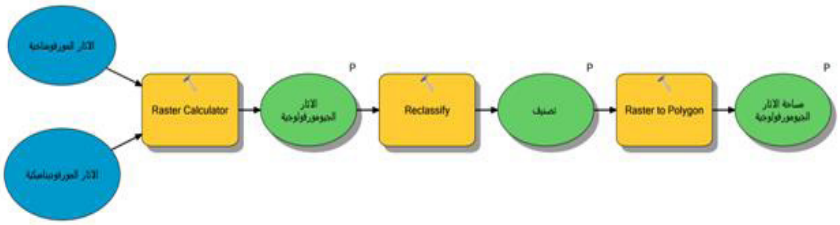
جدول (12) مساحة ونسب المئوية للأثار المورفومناخية في منطقة الدراسة

ت	مستويات الاثار المورفومناخية	المساحة كم2	النسبة المئوية %
1	أراضي قليلة الخطورة	254.23	54.42
2	أراضي متوسطة الخطورة	141.08	30.20
3	أراضي شديدة الخطورة	71.83	15.38
	المجموع	464.97	100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (17).

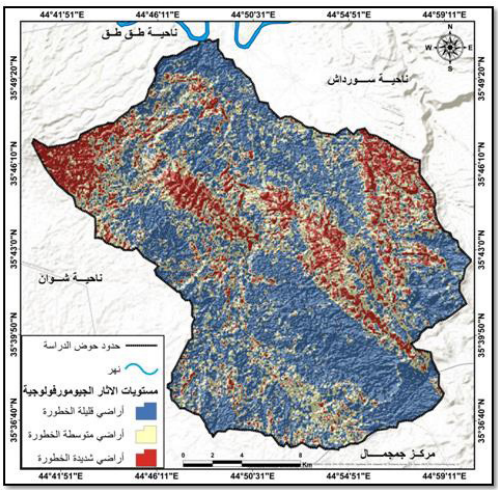
حساب الأثار الجيومورفولوجية: أعتمد الباحث في حساب الاثار الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية المائية في منطقة الدراسة على طريقة الوزن لكل طبقة وذلك من خلال استخدام مخرجات برنامج نظم المعلومات الجغر افية (ArcGis)، وقد تم تحديد الطبقات (Layers) التي تمثلت بعدة متغيرات لها أثر حدوث الآثار الجيومورفولوجية التي الممكن ان تحدث في المنطقة، وذلك بالاعتماد على الاداة (Raster Calculator) من صندوق (Arc tool Box-Spatial an-alyst tool) إذ تم اعطاء وزن مناسب لكل طبقة وذلك تبعاً لأهمية وتأثير تلك الطبقة في حدوث الآثار الجيومورفولوجية وذلك من خلال دمج الطبقات بخريطة تمثل الوزن النهائي لمجموعها ، حيث أظهرت النتائج هناك ثلاثة مستويات للأثار الجيومورفولوجية وهي كالاتي:

شكل (12) نموذج الاثار الجيومورفولوجية باستخدام (Model Builder)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد برنامج (ArcGIS).

خريطة (18) الاثار الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على شكل الاوزان النسبية للأثار الجيومورفولوجية ، ومخرجات برنامج ArcGIS .

جدول (13) مساحة ونسب المئوية للأثار الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة

ت	مستويات الاثار الجيومورفولوجية	المساحة كم2	النسبة المنوية %
1	أراضي قليلة الخطورة	249.36	53.66
2	أراضي متوسطة الخطورة	129.74	27.92
3	أراضي شديدة الخطورة	85.64	18.43
	المجموع	464.75	100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (18).

يتبين من بيانات الجدول (13)، أن منطقة الدراسة تتعرض إلى ثلاث أصناف من الاثار الجيومروفولوجية، وهي كلاتي:

أراضي ذات ملائمة عالية وقليلة الخطورة: احتلت هذه الصنف المساحة الاكبر ضمن منطقة الدراسة والبالغة (249.36) كم2 أي نسبة (53.66%) من مجموع مساحة الأراضي المعرضة للأثار الجيومروفولوجية في المنطقة، وتتمثل بالجهات التي تمتاز بانبساط أراضيها وبتربة جيدة الصرف حيث تظهر ضمن التربة بنية ذات السمك المتوسط والضحل تكوين حصوي بختياري التي استغلت في الاستثمار الزراعي الأروائية وزراعة انواع المحاصيل التي تتلاءم مع ظروف المناخ السائد في المنطقة، اضافة الى ذلك فأنها تمثل مناطق ملائمة للسكن لذا فقد انتشرت فيها العديد من المستقرات البشرية بصورة كبيرة.

أراضي ملائمة وذات خطورة متوسطة: شغلت هذه الاراضي المرتبة الثانية من حيث المساحة والتي بلغت نحو (129.74) كم2 بنسبة (27.92%) من إجمالي مساحة المنطقة، وتتواجد هذه الفئة في جميع اجزاء المنطقة ماعدا الاجزاء الشمالية الشرقية والشمالية الغربية واجزاء صغيرة ضمن الاجزاء الوسطى من المنطقة، أي ضمن الجهات التي تكون أراضيها ذات انحدار ملحوظ الامر الذي يجعل تربتها معرضة للانجراف بشكل دائم، مما يقلل من خصوبتها وبالتالي يؤدي الى التقليل من نسبة الاراضي المزروعة والنشاط البشري ضمن هذا المستوى.

أراضي قليلة الملائمة وذات خطورة عالية: جاء هذا الفئة في المرتبة الاخيرة من حيث المساحة والبالغة (85.64) كم2 وبنسبة (18.43%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، إذ تسود ضمن المرتفعات الجبلية ضمن الجهات الشمالية الشرقية والشمالية الغربية من المنطقة، إذ تتصف هذه الاراضي بانحداراتها الشديدة و انتشار السفوح الجرفية وصلابة التكوينات الجيولوجية التي تغطي سطح أراضيها، فتمتاز بتربتها الضحلة بسبب تعرضها للانجراف المستمر بفعل التعرية المائية وبذلك تتصف بمحدودية الاستثمار الزراعي والسكني فيها.

النتائــج:

1. أظهرت الدراسة ان التكوينات الجيولوجية المقاومة للتعرية في منطقة الدراسة بلغت نسبة مساحتها نحو (64%)، تليها التكوينات ضعيفة المقاومة نحو (21.3%)، واخيراً التكوينات متوسطة المقاومة نحو (12%)، وهذا يدل أن اكثر من نصف مساحة منطقة الدراسة ذات صخور مقاومة للتعرية والسيل السطحي.

2. وتتميز منطقة الدراسة بتضرسها إذ أن أعلى ارتفاع في منطقة الدراسة بلغ أكثر من (1400) متر فوق مستوى سطح البحر وهذا يقع في الأجزاء الشرقية، في حين بلغ أدنى ارتفاع للمنطقة بلغ (370) متر فوق مستوى سطح البحر عند الأجزاء الشمالية للمنطقة، أما اشكال السطح فقد بلغ نسبة الاراضي التي تتراوح ارتفاعها أكثر من 600 متر المتمثلة بالأراضي ذات تلال واطئة وعاليو واراضي جبلية نحو (77.11%) في حين بلغت الاراضي السهلية نحو (22.89%)، أما

درجات الانحدار فقد بلغت نسبة مساحة الاراضي (المتموجة، اراضي مقطعة مجزأة، اراضي مقطعة بدجة عالية) نحو (30.85%)، في حين بلغت نسبة الاراضي المنبسطة وذات التموج الخفيف نحو (69.15%).

3. أما التربة فقد بلغت نسبة مساحة التربة الاراضي الاراضي وعرة مشققة صخرية نحو (52.05%)، تليها تربة بنية ذات السمك المتوسط والضحل تكوين حصوي بختياري نحو (46.39%) ومن ثم التربة كستنائية ضحلة وحجرية ومنحدره (1.56%).

4. اظهرت الدراسة اربع اصناف من مستويات التعرية المائية في منطقة الدراسة وفقاً لنموذج (EPM)، إذ احتلت التعرية الخفيفة أعلى بنسبة المساحة والبالغة (59.52%)، تليها التعرية الخفيفة جداً بنسبة (20.59%)، ومن ثم التعرية المتوسطة بنسبة (15.20%)، واخيراً التعرية الشديدة بنسبة (4.70%) من مساحة منطقة الدراسة.

5. واظهرت الدراسة أن الاثار الجيمومورفولوجية المتمثلة بانجراف التربة بفعل التعرية المائية في منطقة الدراسة تم تصنيفها الى ثلاث مستويات للتعرية بحسب حجم التربة المقتلعة، احتلت التعرية الضعيفة بالنسبة الاكبر والبالغة (79.77%)، تليها التعرية المتوسطة بنسبة (11.71%)،، وجاءت فئة التعرية القوية بالمرتبة الاخيرة بنسبة بلغت (8.52%).

6. أما الاثار المورفوديناميكية فقد تم تصنيفها إلى ثلاث أصناف أيضاً، فقد احتلت الاراضي قليلة الخطورة بنسبة (24.42%)، في حين سجلت أراضي متوسطة الخطورة نسبة (60.21%)، بينما سجلت أراضي شديدة الخطورة نسبة (15.37%).

7. وتتعرض منطقة الدراسة إلى ثلاث أصناف من الاثار المورفومناخية، فقد سجلت الاراضي قليلة الخطورة نسبة (54.42 %) من إجمالي المساحة المعرضة لحدوث الاثار المورفومناخية ضمن المنطقة، وقد احتلت أراضي متوسطة الخطورة نسبة (30.20%)، أما أراضي شديدة الخطورةفقد بلغت نسبتها (15.38%).

8. أما الاثار الجيموروفولوجية الناتجة عن دمج الاثار المسبقة وتصنيفها إلى ثلاث أصناف من الاثار الجيومروفولوجية، إذ سجلت أراضي ذات ملائمة عالية وقليلة الخطورة بنسبة (53.66%) من مجموع مساحة الأراضي المعرضة للأثار الجيومروفولوجية في المنطقة، واحتلت أراضي ملائمة وذات خطورة متوسطة نسبة (27.92%)، واخيراً جاءت اراضي قليلة الملائمة وذات خطورة عالية بأدنى نسبة والبالغة (18.43%).

التوصيات:

1. اجراء دراسات تطبيقية في مجال النمذجة الرقمية وطرق تصميمها واسلوب ادارتها و تطبيقها بالدراسات الجيومورفولوجية .

2. ضرورة الاعتماد على البيانات الفضائي عالي الدقة لمختلف الاقمار الصناعية والتي تزود الباحث بنوع الغطاء ودرجة تطوره خلال فترات متواصلة ، وكذلك توفير البيانات الرادارية التي تزود الباحث بمعدلات الانحدار وبشكل دوري لمعرفة مواضع القص والاضافة الى تتعرض لها المنحدرات ، وتوفير كوادر او تأهيل كوادر متخصصة تقوم بالتفسير هذه البيانات وتصميم قواعد بيانات يتم الاعتماد عليها بتصميم اي نموذج مستقبلي ولأي ظاهرة .

3. جعل التربة اكثر مقاومة للتفكك والنقل وزيادة فاعلية التربة للاحتفاظ بالماء وذلك من خلال تحسين تركيب التربة وكذلك استعمال محسنات التربة، والمحافظة على البذور والنبات الطبيعي وخصوصا بالمنحدرات الشديدة .

4. تغطية التربة لحمايتها من قطرات المطر ويتم ذلك من خلال تقليل الفعل الميكانيكي للقطرة في تشتيت طاقة القطرة، وزيادة مخزون التربة من الماء او كمية الماء الغائظ، و بقاء العناصر الغذائية في التربة.

5. تقليل سرعة و معدلات السيح ويتم ذلك باتخاذ الاجراءات الكفيلة بتقليل سرعة ومعدلات السيح عبر الحراثة الكنتورية، وكذلك المصاطب التي تقلل من الجريان السطحي للماء وتزيد من الخزن الاحتجازي في قنوات المصاطب وزيادة غيظ الماء داخل التربة.

6. زراعة المساطب والمسطبة عبارة عن رصيف من الارض او الحجارة تشيد متعامدة على الانحدار وهي تجزئ الانحدار الطويل الى منحدرات قصيرة وتقلل الجريان السطحي وتكوين الاخاديد وغالبا ما تشاهد هذه الفعالية على سفوح الجبال.

الهوامش

(1) سعد محمد جاسم محمد الجبوري، التحليل الجيومورفولوجي لقباب بنيوية مختارة من الاقليم المتموج في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة تكريت ،كلية التربية للعلوم الانسانية ،6102، ص51.

(2) حمد محمد صالح العزي، التقييم الجيومورفولوجي والية التغيرات الهندسية لشكل حوضي طوز جاي ووادي شيخ محسن، نهر العظيم اطروحة دكتوراه، كلية التربية إبن رشد، جامعة بغداد، 5002، ص14.

(3) عبد الرحمن عبد الكريم يحيى، نمذجة الخرائط الزمكانية للغطاء الثلجي للمحافظات "دهوك، أربيل، السليمانية" باستخدام التقنيات الرقمية الحديثة للمدة 0002 – 2202، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة تكريت، 3202، ص82.

(4) حمد محمد صالح العزي، التقييم الجيومورفولوجي والية التغيرات الهندسية لشكل حوضي طوز جاي ووادي شيخ محسن، مصدر سابق ، ص14.

(5) طورهان مظهر حسن سليمان المفتي، استخدام تقنيات التحسس النائي والدلالات الجيوكيميائية في تفسير ظاهرة الشذوذ الحراري في منطقتي قره جوق الجنوبي وباي حسن، شمال العراق، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، 2002، ص21.

(6) حمد محمد صالح العزي، التقييم الجيومورفولوجي والية التغيرات الهندسية لشكل حوضي طوز جاي ووادي شيخ محسن، مصدر سابق ، ص14.

(7) شيماء ثامر جواد، أثر المناخ في التعرية في حوض شلغة (انموذجاً)، مجلة ديالى للبحوث الإنسانية، العدد الرابع والتسعون، 2202، ص295.

(8) شيماء ثامر جواد، أثر المناخ في التعرية في حوض شلغة (انموذجاً)، مجلة ديالى للبحوث الإنسانية، العدد الرابع والتسعون، 2202، ص295.

(9) شيماء ثامر جواد، أثر المناخ في التعرية في حوض شلغة (انموذجاً)، مصدر سابق، ص695.

(10) صادق، جعفر الصراف، علم المناخ والبيئية، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، بعداد، 0891، ص571.

(11) فتحي عبد العزيز أبو راضي، الأصول العامة في الجيومورفولوجيا، دار النهضة العربية، بيروت، 4002، ص482.

(12) نعمان شحاده، علم المناخ، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان ، الاردن،9002، ص251.

(13) عبد الحمدي نزار، التعرية و انعكاساتها في حوض وادي الحمام (سكيكدة – قالمة - عنابة)، رسالة ماجستير ،(غير منشورة)، جامعة نتوري، قسنطينة، كلية علوم الارض ،الجغرافيا والتهيئة العمرانية،6002،ص43.

(14) عبد الحمدي نزار، مصدر سابق، ص22.

(15) 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).

(16) رقية احمد محمد أمين العاني، إسماعيل جمعة كريم المشهداني، التقييم الكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة باستخدام نموذج (EPM Gavrilovic)، مجلة ديالى، العدد 68، 0202، ص45.

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

(18) Veihe, Anita. "The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana." Geoderma 2002، 106.1-2.

(19) محمد صبري محسوب و محمد ابراهيم ارباب، الاخطار والكوارث الطبيعية الحدث والمواجهة، مصدر سابق ، ص93.

(20) علي عبد عباس العزاوي، نظم المعلومات الجغرافية (أسس وتطبيقات)، دار ابن الاثير للطباعة والنشر، الموصل ،9002، ص33.

(21) El Jazouli A, Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Ettaqy, A., Khellouk, R,.(2017). Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). Geoscience Letters.(4).25

(22) سعد أبو راس الغامدي، تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاط التعرية المائية في حوض وادي نعمان بوسائل تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية، المجلة المصرية للتغير البيئي، العدد الأول، 2009، ص27.

المصادر والمراجع

1.أبو راضي، فتحي عبد العزيز، الأصول العامة في الجيومورفولوجيا، دار النهضة العربية، بيروت، 2004.

2. الجبوري، سعد محمد جاسم محمد، التحليل الجيومورفولوجي لقباب بنيوية مختارة من الاقليم المتموج في العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، جامعة تكريت ،كلية التربية للعلوم الانسانية ،2016.

3. جواد ، شيماء ثامر، أثر المناخ في التعرية في حوض شلغة (انموذجاً)، مجلة ديالى للبحوث الإنسانية، العدد الرابع والتسعون، 2022.

4. شحاده، نعمان، علم المناخ، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان ، الاردن،2009.

5. الصراف، صادق، جعفر، علم المناخ والبيئية، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، بعداد، 1980.

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

7. العزاوي، علي عبد عباس، نظم المعلومات الجغرافية (أسس وتطبيقات)، دار ابن الاثير للطباعة والنشر، الموصل ،2009.

8. العزي، حمد محمد صالح، التقييم الجيومورفولوجي والية التغيرات الهندسية لشكل حوضي طوز جاي ووادي شيخ محسن، نهر العظيم اطروحة دكتوراه، كلية التربية إبن رشد، جامعة بغداد، 2005.

9. الغامدي، سعد أبو راس، تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاط التعرية المائية في حوض وادي نعمان بوسائل تقنيات الاستشعار عن بعدو نظم المعلومات الجغرافية، المجلة المصرية للتغير البيئي، العدد الأول، 2009.

10. المفتي، طورهان مظهر حسن سليمان، استخدام تقنيات التحسس النائي والدلالات الجيوكيميائية في تفسير ظاهرة الشذوذ الحراري في منطقتي قره

11. جوق الجنوبي وباي حسن، شمال العراق، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، 2002.

12. نزار، عبد الحمدي، التعرية و انعكاساتها في حوض وادي الحمام (سكيكدة – قالمة - عنابة)، رسالة ماجستير،(غير منشورة)، جامعة نتوري، قسنطينة، كلية علوم الارض ،الجغرافيا والتهيئة العمرانية،2006.

13. يحيى، عبد الرحمن عبد الكريم، نمذجة الخرائط الزمكانية للغطاء الثلجي للمحافظات "دهوك، أربيل، السليمانية" باستخدام التقنيات الرقمية الحديثة للمدة 2000 – 2022، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة تكريت، 2023.

14-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

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

17-Veihe, Anita. "The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana." Geoderma 106.1-2 2002

18-El Jazouli A, Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Ettaqy, A., Khellouk, R,.(2017). Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). Geoscience Letters