

التحليل المكاني للمخاطر الهيدروجيومورفولوجية في منطقة جبل قرة داغ

محمد بهجت ثامر شاكر

ميس فيصل غازي فياض

mohammedbahjet@uomustansiriyah.edu.iqmais_F.gazi@uomustansiriyah.edu.iq

الجامعة المستنصرية، كلية التربية

الجامعة العراقية ، كلية الآداب

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى عمل نمذجة مكانية للمخاطر الهيدروجيومورفولوجية في منطقة جبل قرة داغ الواقعة في الجزء الجنوبي من محافظة السليمانية شمال شرقي العراق، بين دائرتي عرض (35° 30' - 35° 50') وخطي طول (45° 00' - 45° 40' شرقاً). البالغة مساحتها (3526.8) كم² بمجمل ستة أحواض نهرية لما تمثله من بيئة جبلية معقدة جيومورفولوجيًا، تتداخل فيها العمليات البنوية والتعرؤية والترسيبية ضمن وحدة حوضية نشطة طبوغرافيًا ومناخيًا. اعتمدت الدراسة على تقنيات متقدمة في الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، إذ تم توظيف مرئيات فضائية متعددة المصادر، تضمنت مرئيات القمر الصناعي لاندسات 9 بدقة 30م وتم تحديد مستويات المخاطر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة أربع مستويات وبلغ المستوى الأول متوسط الخطورة بمساحة (1438.62) كم² ونسبة 40.79% ولها المستوى الثاني واطئ الخطورة (1177.04) كم² ونسبة 33.37% أما المستوى الثالث عالي الخطورة جاء بمساحة (804.20) كم² ونسبة 22.80% والادنى مستوى غير خطرة سجلت بمساحة (106.92) كم² ونسبة 3.03%، مما يُسهم في فهم العلاقة بين الشكل الأرضي والبنية الجيولوجية للمنطقة

الكلمات المفتاحية : المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، النمذجة المكانية، المرئيات الفضائية، نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

Spatial Analysis of Geomorphological Hazards in the Qaradagh Mountain Region

Mays Faisal Ghazi Fayadh
Iraqi University, College of ArtsMohammed Bahjet Thameer Shaker
Mustansiriyah University college of Education

Abstract

This study aims to create a spatial model of hydrogeomorphological hazards in the Qara Dag Mountains region, located in the southern part of Sulaymaniyah Governorate in northeastern Iraq, between latitudes 35° 30' and 35° 50' and longitudes 45° 00' and 45° 40' east. The region covers an area of 3,526.8 km² and comprises six river basins, representing a complex geomorphological mountain environment where structural, erosive, and sedimentary processes intertwine within a topographically and climatically active basin unit. The study relied on advanced remote sensing and geographic information systems (GIS) techniques. Multiple satellite imagery was utilized, including Landsat 9 satellite imagery with a resolution of 30m. Geomorphological hazard levels in the study area were identified as four levels. The first level, representing medium risk, covered an area of 1438.62 km² (40.79%). The second level, representing low risk, covered 1177.04 km² (33.37%). The third level, representing high risk, covered 804.20 km² (22.80%). The lowest level, representing no risk, covered 106.92 km² (3.03%). This contributes to understanding the relationship between the landform and the geological structure of the region.

Keywords: Hydrogeomorphological hazards, spatial modeling, satellite imagery, geographic information systems and remote sensing

المقدمة

تُعدّ النمذجة المكانية أداة علمية فاعلة لفهم وتحليل الأنماط الجغرافية والعمليات الطبيعية المعقدة، ولا سيما في البيئات الجبلية التي تتسم بتنوعها التضاريسي والحركي. وفي هذا الفصل، يتم التركيز على نمذجة المخاطر الهيدروجيومورفولوجية في منطقة جبل قرة داغ باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد (RS) بوصفها منهجية كمية وموضوعية تُسهم في تحليل العلاقات المكانية بين الظواهر الجيومورفولوجية والعوامل البيئية المحفزة للمخاطر، لقد تم اعتماد نهج التحليل المكاني باستخدام مجموعة من الطبقات الجغرافية، كل واحدة منها تمثل عاملاً مؤثراً في توليد أو تعزيز المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، مثل الانجراف، والانزلاقات الأرضية، والتعرية المائية. ولغرض التقدير الكمي لهذه المخاطر، تم توظيف منهجية الأوزان النسبية (Weighting) ورتب الفئات (Ranking) العوامل المختلفة، حيث تم توزيع الأوزان استناداً إلى التأثير النسبي لكل عامل في توليد المخاطر، فيما وضعت الرتب حسب تصنيفات علمية وجيومورفولوجية معتمدة وشملت العوامل المستخدمة في النمذجة ما يلي إلى ثماني فئات، حيث مُنحت كل فئة رتبة محددة ووزن يعكس درجة خطورتها، إذ يرتبط الانحدار الشديد غالباً بزيادة معدلات الجريان السطحي والانزلاقات الأرضية اعتماداً على هذه الطبقات، جرى بناء نموذج مكاني لتقدير شدة وتوزيع المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، باستخدام تقنيات التحليل مع قواعد البيانات الطبوغرافية والجيولوجية لإنتاج خريطة دقيقة للمناطق المعرضة للمخاطر، وهو ما يشكل أساساً علمياً مهماً لوضع استراتيجيات إدارة الموارد الطبيعية والتقليل من أخطار الكوارث في منطقة جبل قرة داغ.

مشكلة البحث: تتلخص مشكلة البحث هل توجد مخاطر جيومورفية في المنطقة، وهل تتباين المخاطر في الأحواض المختلفة في المنطقة؟ هل بالإمكان الحصول على تصنيف تفصيلي للأشكال الأرضية من المرئيات الفضائية، وما هو دور الدقة المكانية للمرئيات في ذلك؟

فرضية البحث : نعم، مثل الانزلاقات الأرضية، الفيضانات والتعرية، وتتفاوت من حوض لآخر حسب طبيعة الأرض والغطاء النباتي. نعم، خاصة باستخدام صور بدقة مكانية عالية، إذ تساعد في التمييز بين التضاريس المختلفة نعم، دقة نموذج الارتفاع مهمة جداً في حساب الانحدارات وتحديد الأحواض وتحليل الجريان

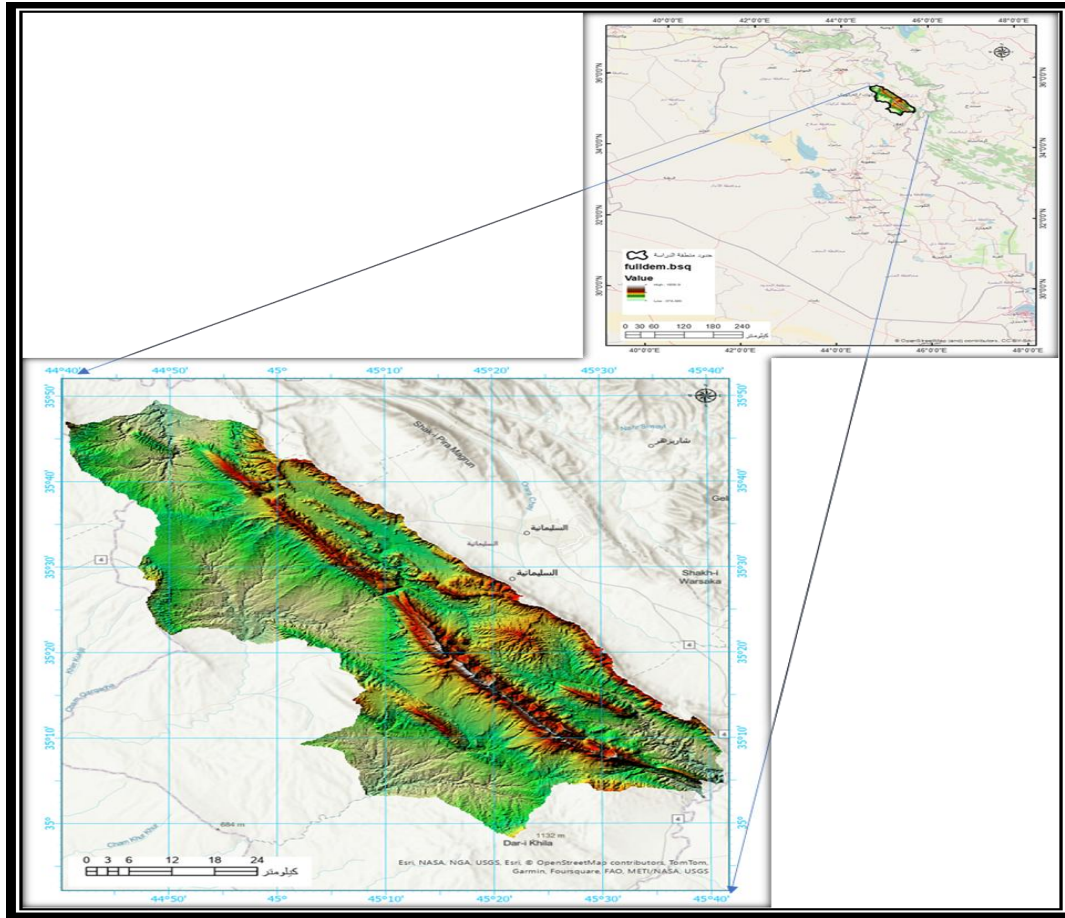
أهمية البحث: دعم الجهود الوطنية والمحلية للحد من آثار المخاطر الطبيعية مثل الانهيارات الأرضية والتآكل والتدهور البيئي، عبر توصيات قائمة على بيانات ميدانية وتحليل مكاني. تعزيز استخدام التكنولوجيا الحديثة في إدارة الموارد الطبيعية ودراسة المخاطر.

هدف البحث: تهدف الدراسة إلى عمل نمذجة مكانية للعمليات الهيدروجيومورفولوجية في منطقة قرة داغ الواقعة في الجزء الجنوبي من محافظة السليمانية شمال شرقي العراق بين دائرتي عرض (35° 30' - 35° 50') وخطي طول (45° 00' - 45° 40' شرقاً).

موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الجنوبي الغربي من محافظة السليمانية شمال شرقي العراق ضمن إقليم كردستان وتحديداً في منطقة جبل قرة داغ الواقعة بين دائرتي عرض (35° 30' - 35° 50' شمالاً)، وخطي طول (45° 00' - 45° 40' شرقاً)، تعد المنطقة جزءاً من النطاق الجبلي التكتوني النشط وتضم تضاريس متنوعة تشمل سلاسل جبلية ومنحدرات حادة وتلالاً منقطعة، تبلغ مساحة الأحواض البالغ عددها ستة أحواض (3526.8 كم²) ويبلغ محيطه الجغرافي (360.9 كم²)، يحدها من الشمال مرتفعات جبلية تابعة لسلسلة زاغروس وتمتد نحو شارزور ودوكان ومن الجنوب ترتبط بحدود قضاء كفري وبعض المناطق التابعة لمحافظة ديالى ومن الشرق تحدها مدينة السليمانية وبعض السهول الداخلية ومن الغرب تمتد باتجاه الحدود لمحافظة كركوك نحو منطقة طوزخورماتو (شكل 1).

خريطة (1) الموقع الجغرافي والفلكي لمنطقة جبل قرة داغ



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM - DEM 1arcsecond باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.2

مناهج البحث : المنهج المكاني الرقمي باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) للحصول على مرئيات فضائية متعددة الدقة (30سم-30م). ومنهج النمذجة الجغرافية، المنهج المحلي توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لمعالجة وتحليل البيانات المكانية وإنتاج الخرائط الموضوعية.

أولاً: التحليل المكاني متعدد المعايير لتقييم المخاطر الجيومورفولوجية (Spatial Multi-Criteria Analysis for Geomorphological Hazard Assessment)

تم اعتماد منهجية التحليل المكاني متعدد المعايير (SMCA) لتقدير حجم المخاطر الجيومورفولوجية في منطقة جبل قرة داغ من خلال دمج مجموعة من العوامل المكانية المؤثرة باستخدام بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) شملت هذه العوامل الانحدار، الشكل الأرضي، الجيولوجيا، الارتفاع، الجريان السطحي، شبكة الطرق، الخطيات، شبكة التصريف، استعمالات الأرض والغطاء الأرضي، مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) ونوع التربة لكل عامل تم تحديد فئات تصنيفية ورتب تعكس مستوى الخطورة، ثم تم إسناد أوزان نسبية استناداً إلى تأثير كل عامل في توليد المخاطر. أتاح هذا النهج إنتاج خريطة مكانية نهائية تُظهر تباين شدة المخاطر عبر المنطقة المدروسة، وتُعد أداة مهمة لدعم اتخاذ القرار في إدارة الموارد وتخطيط استخدام الأرض كما في شكل خريطة (2) وجدول (1).

1. لانحدار Slope

الانحدار يُعد من العوامل الجيومورفولوجية الأساسية في تقييم المخاطر، إذ يؤثر بشكل مباشر في عمليات التعرية، الجريان السطحي، وانزلاقات التربة. فهو يمثل ميل السطح الأرضي ويُقاس بالدرجات، وكلما ازداد الانحدار زادت حدة العمليات الجيومورفية وخطورتها تم تصنيف الانحدار في منطقة الدراسة إلى خمس فئات رئيسية وفقاً لقيم الميل بالدرجات لتصنيف زك (Zink)، (الجليايوي، 2010) وقد أُدرج عامل الانحدار ضمن التصنيف الثامن، وهو الأعلى خطورة بين العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة في المنطقة، وقد تم تقسيم هذا العامل إلى أربع فئات وزنية تمثل مستويات الخطورة، وفقاً لمدى الملاءمة البيئية، واستخدامات الأرض،

ونوع الغطاء الأرضي، ودرجة الخطورة الجيومورفولوجية اعطي الوزن الأدنى (1) للمناطق المستوية التي تنتمي إلى الفئتين (0-2) و(2.1-8.0) درجات من زاوية الانحدار، والتي تشمل الأراضي السهلية، وتنتشر بشكل متفرق في الأجزاء الوسطى والجنوبية وتمتد نحو الشمال وتُظهر ملاءمة بيئية عالية وقابلية للاستثمار الزراعي والعمراني. أما الأراضي شديدة الانحدار والمناطق المقطعة، فقد حُصص لها الوزن الأعلى (4)، إذ تتركز في معظم أجزاء منطقة الدراسة، باستثناء بعض المناطق المحدودة (Zhao, 2022). وتتمثل هذه الفئة في الأراضي الجبلية ذات الانحدارات الحادة، والتي تمثل أعلى درجات الخطورة من حيث الاستقرار والانهيال تُعدّ المناطق شديدة الانحدار من أكثر البيئات عرضة للانهيال الأرضية.

جدول (1): الرتب والاوزان للعوامل المستخدمة في تقدير المخاطر الجيومورفولوجية

الوزن Weight	الرتبة Rank	الفئات	العامل المؤثر
1	8	2-0	الانحدار (بحسب تصنيف زنك) (Slope)
1		8.0-2.1	
2		16.0-8.1	
3		30.0- 16.1	
4		61.6-30.1	
5	7	بروزات حادة	الشكل الأرضي (Landform)
2		مروحة غرينية	
1		رواسب الوادي الغرينية	
3		رواسب المنحدرات الغرينية	
5		بروزات متجانسة الميل لطية محدبة	
5		بروزات طية محدبة	
3		اراضي محززة او رديئة	
2		بهادا	
5		جدران وادي	
4		رواسب منحدرات مع قطع صخرية	
5		كوستا	
5		كوستا وهوك باك	
5		كوستا وبروزات متجانسة الميل	
1		بحيرة سد	
2		منحدر ميلي	
2		بروزات منحدر ميلي	
5		جرف لمكاشف صخرية	
2		سفوح مستوية الميل	
5		اخايد	
3		هوك باك	
5		بروزات متجانسة الميل	
2		تلال منعزلة	
3		بيدمينت	

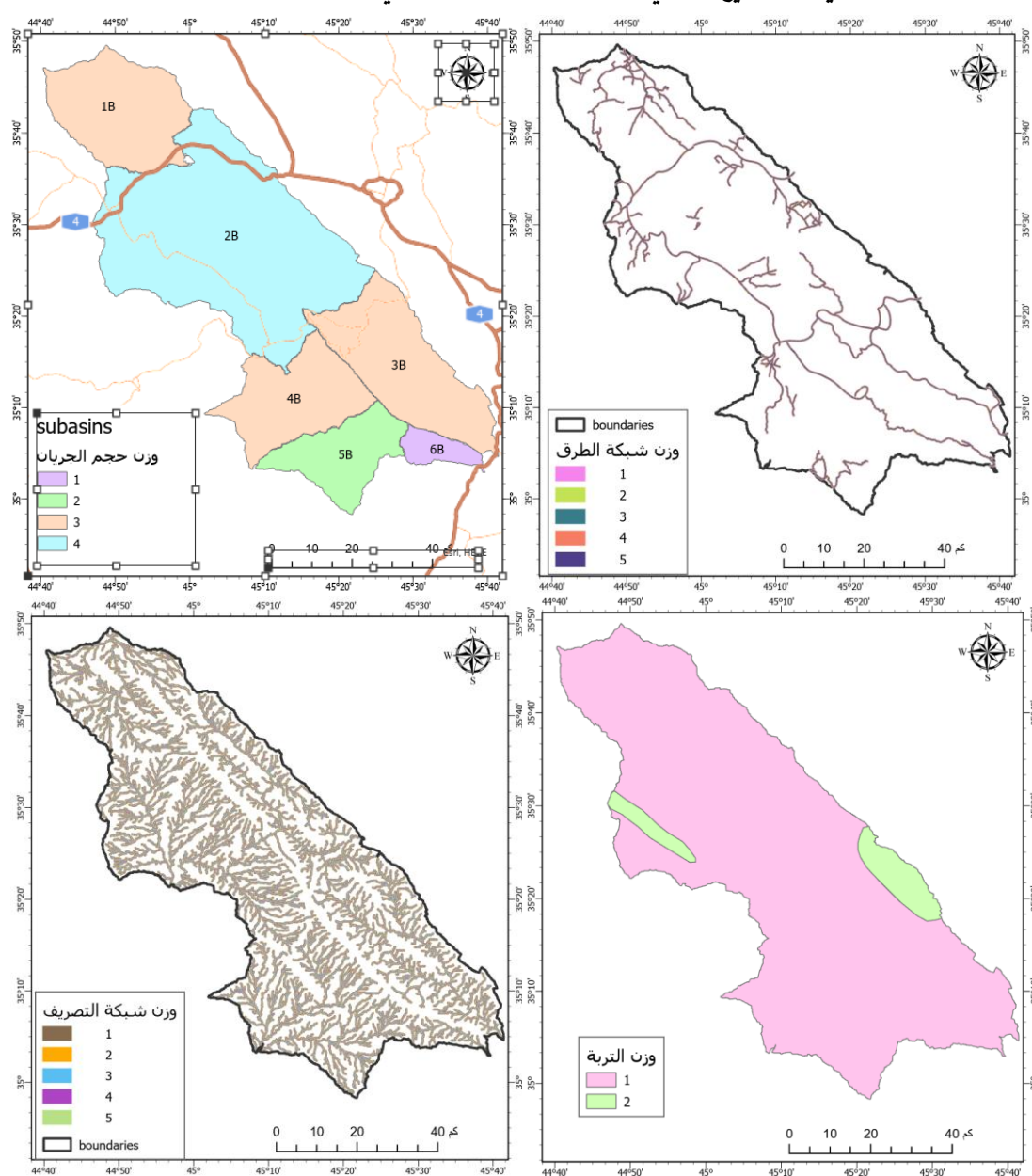
الوزن Weight	الرتبة Rank	الفئات		العامل المؤثر
1		بيديلين		
1		تضاريس مستوية بسبب التعرية		
4		بروزات لطية محدبة غاطسة		
1		هضبة بفعل النشاط البشري		
5		بروزات		
5		بروزات وتضاريس الاودية		
5		منحدرات لمكاشف صخرية		
3		منخفض طية مقعرة		
5		بروزات لحافة طية مقعرة		
4		6	انجانه	
4	اوليكوسين			
4	باي حسن			
5	بلاسبي			
3	ترسبات منحدرات			
4	جركس			
4	فتحة			
2	كولوش			
2	مراوح غرينية			
3	مقدادية			
1	ملئ الوادي			
1	5		376.4 – 655.6	
2		655.7 – 795.3		
3		795.4 – 940.7		
3		940.8 – 1115		
4		1116 – 1354		
5		1355 – 1860		
3		4	35091708.3	1B
4	98488632.6		2B	
3	29536456.8		4B	
2	20936178		5B	
3	39537224.7		3B	
1	5391255		6B	
5	5	50		شبكة الطرق(متر) (Roads network)
4		100		
3		150		

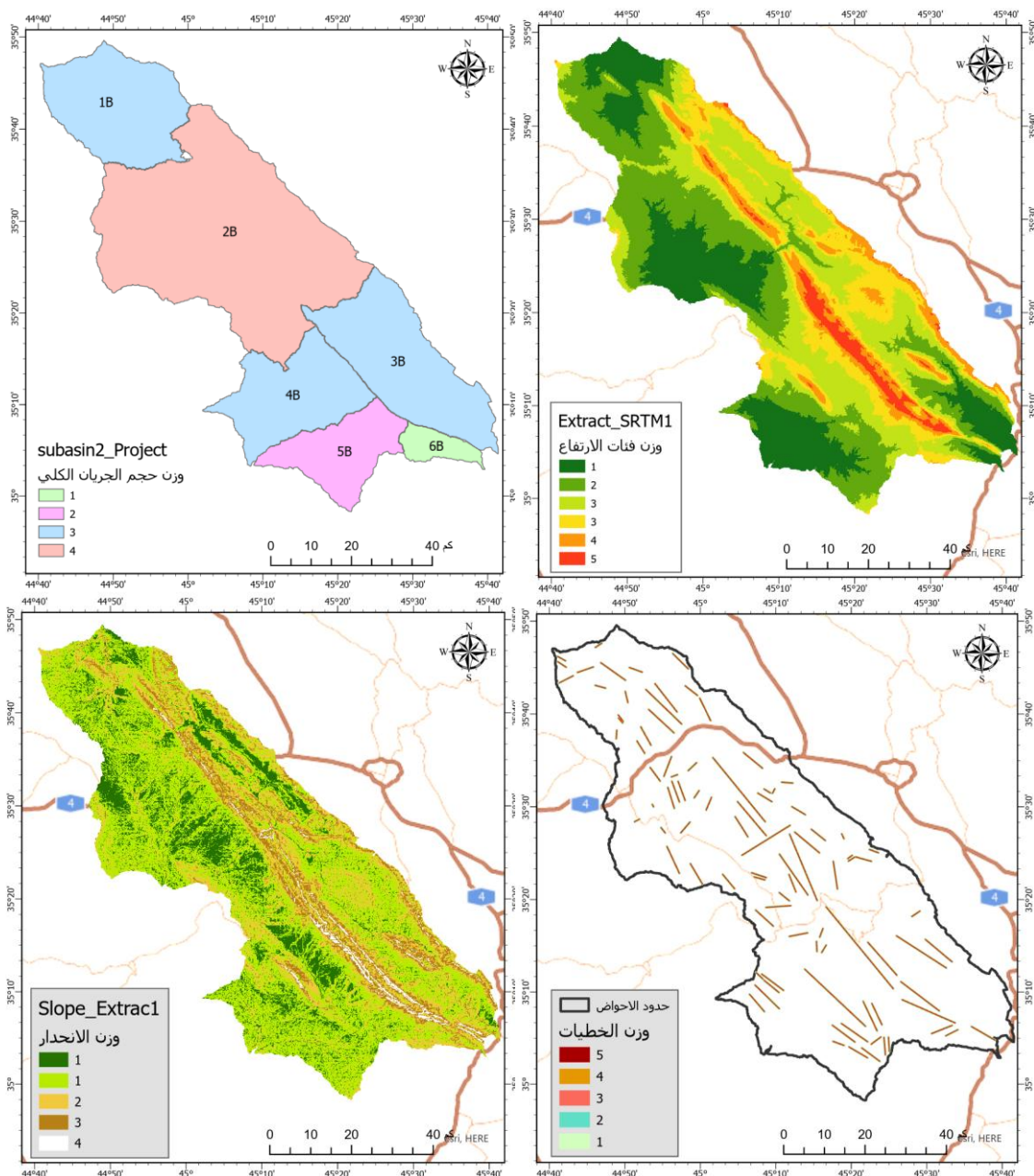
الوزن Weight	الرتبة Rank	الفئات	العامل المؤثر
2		200	
1		250	
5	4	50	الخطيات (Lineaments)
4		100	
3		150	
2		200	
1		250	
5	3	50	شبكة التصريف (متر) (Drainage network)
4		100	
3		150	
2		200	
1		250	
1	2	الأراضي الزراعية البعلية	استعمال الارض/الغطاء الارضي (LULC)
1		الأراضي الزراعية العشبية	
2		أراضي زراعية في الغالب مع نباتات طبيعية	
2		نباتات طبيعية في الغالب مع الأراضي الزراعية	
1		أراضي شجيرات	
2		أراضي عشبية	
3		نباتات متناثرة	
3		أراضي عشبية متناثرة	
2		مناطق حضرية	
4		الأراضي البور	
1	2	أكثر من 0.4 (نبات كثيف)	NDVI
1		0.2 - 0.4 (أراضي عشبية وشجيرات)	
2		0.1 - 0.2 (أراضي بور مع نبات مبعثر)	
3		-0.1 - 0.1 (أراضي بور وصخور)	
1	1	كالسي سول	نوع التربة (Soil Type)
2		فيرتي سول	
2		جبسي سول	

المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على

1. Michael, E. A., & Samanta, S. (2016). Landslide vulnerability mapping (LVM) using weighted linear combination (WLC) model through remote sensing and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2 (2), 1-15.
2. Raghuvanshi, T. K., Negassa, L., & Kala, P. M. (2015). GIS based Grid overlay method versus modeling approach—A comparative study for landslide hazard zonation (LHZ) in Meta Robi District of West Showa Zone in Ethiopia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18 (2), 235-250.

خريطة: التوزيع المكاني لاوزان المتغيرات المتحركة في المخاطر الجيومورفية





2. الشكل الأرضي Landform

يمثل عامل الشكل الأرضي أحد العوامل الرئيسية في نمذجة المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، لما له من تأثير مباشر على طبيعة السطح ومدى استقراره. وقد تم تصنيف وحدات الشكل الأرضي في منطقة الدراسة إلى رتبة كلية بلغت 7، ما يعكس تنوعاً جيومورفولوجياً عالياً وتبايناً في شدة المخاطر الناتجة عنه تضمنت الأشكال الأرضية عناصر تُعد شديدة الخطورة وقد أُعطيت وزناً مرتفعاً (5) لما تسببه من تهديد مباشر على استقرارية السطح، مثل: البروزات الحادة، الجدران الوعرة للأودية، الكويست، الجروف الصخرية المكشوفة، بروزات الطيات المحدبة، والتضاريس المرتبطة بحافات الطيات المقعرة. (Pearson, (Quintal, 2022) (2020). هذه الأشكال ترتبط بانحدارات شديدة ومقاومة صخرية متفاوتة، مما يعزز من احتمالية حدوث الانهيارات والانزلاقات الأرضية، خاصة في ظروف الهطول الشديد أو النشاط الزلزالي أما المناطق الأقل خطراً، فقد أُعطيت أوزاناً منخفضة (2 و1)، وتشمل: السفوح مستوية الميل، البهادا، البحيرات الاصطناعية، والبيديلين، وهي مناطق غالباً ما تكون منبسطة أو ذات نشاط بشري، وتقل فيها مؤشرات عدم الاستقرار الجيومورفولوجي ويظهر التوزيع الجغرافي للمخاطر المرتبطة بعامل الشكل الأرضي أن المناطق ذات الخطورة العالية جداً تنتشر بشكل واسع في معظم أجزاء منطقة الدراسة، خاصة في الأجزاء الوسطى والشرقية والشمالية الشرقية.

وتُظهر هذه المناطق تركزا واضحا للعناصر الخطرة كالمحدرات الصخرية والبروزات الوعرة. في المقابل، تُعد المناطق الجنوبية الغربية والشمالية من المنطقة أقل تعرضا للمخاطر الجيومورفولوجية، حيث تتركز فيها الأشكال الأرضية المستوية أو تلك الناتجة عن نشاط بشري، مثل الهضاب المستوية أو المراوح الغرينية، والتي تتمتع نسبيا باستقرار جيومورفولوجي أعلى.

3. الجيولوجي Geology

تلعب الجيولوجيا دورا محوريا في فهم المخاطر الجيومورفولوجية، إذ تحدد طبيعة الصخور والتكوينات السطحية والباطنية ومدى مقاومتها للعوامل البيئية والميكانيكية، مثل التعرية، التجوية، والانزلاقات الأرضية. تختلف التكوينات الجيولوجية في خصائصها الفيزيائية والكيميائية، مما يؤثر في استقرارية المنحدرات وقابلية المنطقة للمخاطر في هذه الدراسة، (Guzzetti, 2024) (Eilande, 2024). (Reichenbach, Ardizzone, Cardinali, & Galli, 2006, pp. 166–184) تم اعتماد رتبة كلية بلغت 6 لعامل الجيولوجيا، نظرا لتأثيره البنوي والمكاني المهم. وقد تم تصنيف التكوينات الجيولوجية في منطقة جبل قرة داغ إلى الفئات التالية، مع إسناد أوزان نسبية (Weights) تعكس مستوى خطورتها تُعد الجيولوجيا من العوامل الحاسمة في تحليل وتقدير المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، إذ تمثل الخصائص الصخرية والبنائية أحد المحددات الأساسية في استقرار المنحدرات وشدة العمليات الجيومورفولوجية النشطة. وقد شملت منطقة جبل قرة داغ مجموعة متنوعة من التكوينات الجيولوجية التي تختلف في منشئها وتركيبها الصخري ومقاومتها للتعرية والانهييار، مما استدعى تصنيفها وترجيحها بحسب درجة الخطورة الجيومورفية. وقد بلغت رتبة هذا العامل 6 نظرا لتنوع وحداته وأثره البالغ في تحديد مناطق الخطورة تكوين بلاسبي (وزنه 5) يُعتبر من أكثر التكوينات خطورة، إذ يتألف من مواد رسوبية ضعيفة المقاومة، مثل المارل والطين، مما يجعله بيئة خصبة للانهييارات الأرضية والانزلاقات عند تعرضه للتشبع الرطب أو الاهتزازات الزلزالية. تكوينات إنجانة، أوليكوسين، باي حسن، جركس، فتحة (أوزانها 4) تُعد من التكوينات الرسوبية ذات المقاومة المتوسطة، وتتميز بوجود طبقات متداخلة من الصخور الرملية والطينية، التي تتعرض للتفكك بسهولة عند وجود انحدارات أو مياه سطحية، مما يزيد من احتمالية الانهييار السطحي.

تكوين مقداية (وزنه 3) تم تصنيفه بدرجة متوسطة من الخطورة نظرا لطبيعة صخوره ترسبات المنحدرات (وزنها 3) تُصنف ضمن المستوى المتوسط للخطورة، حيث تُظهر قابلية للانجراف والانزلاق، خصوصا عند حدوث هطول مطري غزير. تكوين كولوش والمراوح الغرينية (أوزانها 2) يُعد من الوحدات ذات الخطورة المنخفضة نسبيا، إذ تتكون من مواد رسوبية ناعمة، تنتشر غالبا في المناطق ذات الانحدارات المعتدلة أو القريبة من قواعد المنحدرات ملء الوادي (وزنه 1) يُمثل أقل الفئات خطورة، ويتواجد عادة في المناطق المنبسطة ذات التراكمات الرسوبية النهرية، التي تقل فيها فرص الانهييار أو الانجراف.

4. الارتفاع Elevation

يُعد الارتفاع عن سطح البحر من العوامل الطبوغرافية المهمة في تقدير المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، نظراً لما له من تأثير مباشر على عدة متغيرات طبيعية، مثل معدلات الانحدار، وكمية الجريان السطحي، وشدة التعرية، والتوزيع النباتي، واستقرار المنحدرات. فكلما ازداد الارتفاع، تزداد احتمالية حدوث عمليات التعرية والانزلاق والانهييارات الأرضية بسبب تغير الخصائص الفيزيائية للمنطقة في هذه الدراسة، تم تحليل ارتفاعات منطقة جبل قرة داغ باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد (RS) ونُفذت نمذجتها ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS). (Matsche, 2025)، وتم تصنيف الارتفاعات إلى ست فئات رئيسية، وفقا لتدرجها الطبيعي ودرجة تأثيرها على تولد المخاطر، وبناءً على ذلك تم منحها أوزاناً ترجيحية، وبلغت رتبة هذا العامل 5، ما يشير إلى أهميته المتوسطة إلى العالية ضمن العوامل المؤثرة في تحليل المخاطر الجيومورفولوجية وفيما يلي تفصيل الفئات

الفئة الأولى (376.4–655.6 متر): تُمثل أدنى المناطق من حيث الارتفاع، وهي مناطق سهلية أو منخفضة نسبيا، تمتاز باستقرار جيومورفولوجي نسبي، ولهذا منح وزنا منخفضا

الفئة الثانية (655.7–795.3 متر): مناطق ذات ارتفاعات معتدلة، غالبا ما تكون قريبة من قواعد المنحدرات، ولا تظهر فيها مخاطر مرتفعة، لذا منح وزنا

الفئة الثالثة (795.4–940.7 متر) والفئة الرابعة (940.8–1115 متر): تُمثل المناطق الانتقالية من السفوح إلى الأجزاء المرتفعة، حيث تزداد فيها الانحدارات والتجوية، وتكون أكثر عرضة للجريان السطحي، مما يجعلها ذات خطورة متوسطة، لذلك منح كل منهما وزنا

الفئة الخامسة (1116-1354 متر): مناطق مرتفعة نسبياً، تزداد فيها عمليات التعرية والانحدار والانزلاق، وقد تظهر بها شقوق صخرية أو فراغات، ما يسهم في رفع درجة الخطورة، لذلك أعطيت وزناً

الفئة السادسة (1355-1860 متر): وهي أعلى المناطق ارتفاعاً في منطقة الدراسة، وتمثل السفوح الجبلية الحادة والقِمَم، حيث تتفاقم الظروف الطبيعية المؤدية إلى الانهيارات والتعرية الشديدة، ولهذا منحت الوزن الأعلى

يتضح من التحليل أن الارتفاعات العالية تمثل بؤراً محتملة للمخاطر الجيومورفولوجية في جبل قرة داغ، خصوصاً في الاتجاهات الشرقية والشمالية الشرقية، حيث تتقاطع الارتفاعات مع عوامل أخرى مثل الانحدار والبنية الجيولوجية لتوليد مناطق ذات حساسية عالية للانزلاقات والانهيارات.

5. خصائص الجريان السطحي (Surface runoff)

يُعد الجريان السطحي من العوامل الهيدرولوجية الفاعلة في توليد المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، لما له من دور كبير في تشكيل المنحدرات، وزيادة معدلات التعرية، ونقل الرواسب، وانحدار التربة، خاصة في المناطق التي تعاني من انحدارات شديدة أو غطاء نباتي ضعيف (Rossi, Guzzetti, Reichenbach, Mondini, & Peruccacci, 2010, pp. 129-142). وقد تم اعتماد خصائص الأحواض المائية الستة في منطقة الدراسة كمؤشر رئيسي في تقييم المخاطر، استناداً إلى مساحة الحوض كمقياس للجريان المحتمل، أي كلما كبرت مساحة الحوض، ارتفعت كمية المياه المتجمعة وبالتالي زاد تأثيرها على العمليات الجيومورفولوجية تم منح هذا العامل المرتبة الرابعة من حيث التأثير في تحليل المخاطر، نظراً لتفاوت تأثير الأحواض المائية الستة في تغذية شبكة التصريف، وتوزيع المياه السطحية في عموم المنطقة (Cannella & Caretto, 2018) .. وقد تم تقسيم الأحواض الستة وفقاً لمساحتها، ومنحها أوزاناً ترجيحية تتناسب مع درجة خطورتها في إحداث تغيرات أو أضرار على سطح الأرض وفيما يلي تفاصيل الأحواض الستة

- (B1) بلغت مساحته (35,091,708.3) متراً مربعاً، وهو ذو تأثير متوسط في الجريان، مما منحه وزناً ترجيحياً (3)
- (B2) يُعد الأكبر من حيث المساحة، إذ بلغت (98,488,632.6) متراً مربعاً، ما يجعله الأكثر خطورة من حيث التغذية المائية واحتمالية الجريان والتعرية، لذلك منح أعلى وزن وهو (4)
- (B3) بمساحة (39,537,224.7) متراً مربعاً، وهو ذو سلوك مشابه للحوض الأول، ومنح كذلك وزناً (3)
- (B4) مساحته (29,536,456.8) متراً مربعاً، وله تأثير متوسط مائل، ومنح وزناً (3)
- (B5) بمساحة (20,936,178) متراً مربعاً، يعد من الأحواض الصغيرة نسبياً، وتأثيره متوسط إلى منخفض، ومنح وزناً (2)
- (B6) الأصغر بين الأحواض الستة، بمساحة (5,391,255) متراً مربعاً، ويُعتبر الأقل تأثيراً في إنتاج الجريان، لذلك منح الوزن الأدنى (1)

يتضح من التحليل أن الحوض الثاني يمثل المنطقة الأعلى خطورة من حيث الجريان السطحي المحتمل، فيما تتفاوت بقية الأحواض في تأثيرها حسب المساحة ودرجة الانحدار. وتتركز المخاطر الناتجة عن هذا العامل في مناطق تصريف المياه والتقاء المجاري العليا مع السفوح الحادة، والتي يجب أن تحظى باهتمام خاص عند إعداد خطط إدارة المخاطر.

6. شبكة الطرق (Roads network)

تُعد شبكة الطرق من العوامل البشرية المؤثرة في زيادة قابلية المناطق للمخاطر الهيدروجيومورفولوجية، لما تُحدثه من تغيرات في الطبيعة الطبوغرافية والبنوية لسطح الأرض، إذ تؤدي إلى تقطيع الغطاء النباتي، وإضعاف استقرار المنحدرات، وزيادة معدلات التعرية، فضلاً عن تعطيل المسارات الطبيعية للجريان السطحي. كما تسهم الطرق في تسريع تدفق المياه وتغيير مسارها الطبيعي، مما يزيد من احتمالية حدوث الانهيارات الأرضية أو تجمعات المياه في مناطق غير مصممة لذلك (Risk, 2005, pp. 43-74) تمت معالجة هذا العامل باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد (RS)، من خلال تحديد المسافة من الطرق الرئيسية والثانوية، وتصنيف المناطق المحيطة بها إلى خمس فئات بناءً على قربها من الطرق، وذلك لما لهذه المسافة من أثر على احتمالية حدوث الاضطرابات الجيومورفولوجية. وقد منح هذا العامل المرتبة الخامسة من حيث الخطورة، مما يدل على تأثيره الكبير في تشكيل الأخطار، وخصوصاً في المناطق التي تزداد فيها كثافة الطرق أو تمر عبر تضاريس غير مستقرة. (Das, 2011)

تفاصيل الفئات والأوزان كانت على النحو الآتي

الفئة الأولى (مسافة 50 متراً من الطريق): تمثل أخطر المناطق وأكثرها عرضة للتدهور البيئي والهيدروجيومورفولوجي، بسبب قربها المباشر من منشآت الطرق والقطع الهندسي، لذا منحت أعلى وزن (5)

الفئة الثانية (100 متر): تتأثر بشكل كبير بالأنشطة المرتبطة بالطريق، مثل التجريف، أو تصريف المياه، ومنحت وزناً (4)
الفئة الثالثة (150 متر): تُعد منطقة انتقالية بين التأثير المباشر وغير المباشر، وتظهر بها بعض التأثيرات المتوسطة، لذا منحت وزناً (3)

الفئة الرابعة (200 متر): تتأثر بشكل محدود وتظهر فيها تأثيرات أقل، لذا منحت وزناً (2)
الفئة الخامسة (250 متر أو أكثر): تمثل مناطق بعيدة نسبياً عن الطرق، وتقل فيها مظاهر التغيرات الطبوغرافية الناتجة عن تدخل الإنسان، لذا منحت الوزن الأدنى (1).

تتوزع المخاطر المرتبطة بشبكة الطرق على طول محاور الطرق الرئيسية والثانوية، خاصة في المناطق الجبلية أو شديدة الانحدار، مما يجعلها من أكثر العوامل حساسية في نمذجة المخاطر. ويُصحح بأخذ هذا العامل بنظر الاعتبار عند تخطيط التوسع العمراني أو إنشاء بنى تحتية جديدة في منطقة جبل قرة داغ.

7. الخطيات Lineaments

تمثل الخطيات تعبيرات سطحية عن البنية التحتية الجيولوجية، مثل الفوالق، الصدوع، الكسور، أو الشقوق، وهي تُعد من العوامل البنوية الأساسية في تشكيل الأرض، لما تتركه من تأثيرات مباشرة على الاستقرار المورفولوجي والهيدروجيومورفولوجي للمنطقة. ويمكن أن تؤدي إلى زيادة معدلات التعرية، تركيز الجريان السطحي، وتسهيل عمليات الانزلاق الأرضي، خاصة في المناطق الجبلية مثل منطقة جبل قرة داغ. أُعتمد في تحليل هذا العامل على تقنية التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، حيث تم تحديد مواقع الخطيات الرئيسية في منطقة الدراسة (Jawaid, 2017) (Growley, 2008)، ثم احتساب المسافة الشعاعية لكل منطقة من هذه الخطيات باستخدام أداة buffer لتقييم مدى تأثيرها بها، وتصنيفها إلى خمس فئات مكانية حسب القرب ونظراً لتأثير هذا العامل البنوي، تم منحه المرتبة الرابعة من حيث شدة الخطورة في إطار النمذجة المكانية للمخاطر، بسبب ارتباطه المباشر بضعف البنية الصخرية، وزيادة احتمالية حدوث الحركات الأرضية والاضطرابات الجيومورفولوجية (Jennings, 1991). تفاصيل الفئات والأوزان جاءت على النحو التالي

الفئة الأولى (مسافة 50 متراً): وهي الفئة الأكثر تأثراً بالخطيات، وتُعد بيانات غير مستقرة جيومورفولوجياً، لذلك منحت الوزن الأعلى (5)

• الفئة الثانية (100 متر): تتعرض لتأثيرات خطيرة ولكن بدرجة أقل، لذلك منحت وزناً (4)

• الفئة الثالثة (150 متر): تأثير متوسط، وتم منحها وزناً (3)

• الفئة الرابعة (200 متر): تمثل مناطق بعيدة نسبياً وتتعرض لتأثير منخفض، ومنحت وزناً (2)

• الفئة الخامسة (250 متر فأكثر): تُعد الأقل تأثراً بالخطيات، لذلك منحت أقل وزناً (1)

تشير النتائج إلى أن المناطق الأقرب للخطيات تمثل بؤراً محتملة لنشاطات التعرية والانهيّارات، خصوصاً في البيئات الجبلية ذات الانحدارات الحادة والتكوينات الجيولوجية الضعيفة. وعليه، فإن عامل الخطيات يُعد من العوامل البنوية الحاسمة في نمذجة وتقدير المخاطر الهيدروجيومورفولوجية في منطقة الدراسة.

8. شبكة التصريف Drainage network

تُعد شبكة التصريف من العوامل الهيدروجيومورفولوجية المهمة في تفسير توزيع المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، إذ تؤثر بشكل مباشر على نمط الجريان السطحي، وتآكل التربة، وتكوين المجاري والسيول المؤقتة. كلما كانت المنطقة أقرب إلى مجاري التصريف، زادت احتمالية تعرضها لعمليات النحت والانجراف، خصوصاً في الأوقات التي تشهد هطولاً مطرياً غزيراً اعتمد التحليل المكاني لهذا العامل على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) (الدليمي، 2018) (Soldati & Corsini, 2011)، وذلك باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لتحديد شبكة التصريف الطبيعية ورسمها، ثم حساب المسافات الشعاعية من المجاري المائية الأساسية لتحديد مدى تأثير المناطق القريبة. تم تصنيف هذا العامل إلى خمس فئات مكانية حسب قرب الموقع من شبكة التصريف، وارتبطت كل فئة بوزن

محدد يعكس درجة خطورتها (العبيدي، 2015) (Lombardo, Opitz, & Huser, 2017). وبحسب نتائج التحليل، تم منح هذا العامل المرتبة الثالثة من حيث الخطورة، لما له من تأثير متوسط إلى مرتفع على استقرار التربة والانحدارات، خاصة في المناطق ذات الانحدارات الحادة والغطاء النباتي الضعيف. تفصيل الفئات والأوزان

- الفئة الأولى (مسافة 50 متراً): تُعد الأكثر تأثراً بجريان المياه والتعرية، وتمنح الوزن الأعلى (5)
- الفئة الثانية (100 متر): لا تزال ضمن النطاق المؤثر للمجاري المائية، وتمنح وزناً (4)
- الفئة الثالثة (150 متر): تأثرها متوسط، ويتمنح وزناً (3)
- الفئة الرابعة (200 متر): تعرض منخفض، ويتمنح وزناً (2)
- الفئة الخامسة (250 متر فأكثر) : تعتبر الأكثر بعداً عن شبكة التصريف، ويقل فيها التأثير، لذلك منحت الوزن الأدنى (1) تشير الدراسة إلى أن المناطق القريبة من شبكات التصريف تُعد أكثر عرضة لتأثيرات الجريان السطحي والنحت الهيدرولوجي، مما يجعل من الضروري مراعاة هذا العامل في تخطيط استخدامات الأراضي أو إنشاء البنية التحتية، خاصة في الأماكن ذات القابلية العالية للتدهور البيئي والانحدارات الشديدة.

9. استعمال الارض/ الغطاء الارضي (LULC)

يمثل عامل استعمالات الأرض والغطاء الأرضي أحد المحددات البيئية المهمة في تقييم المخاطر الهيدروجيومورفولوجية، إذ يؤثر بشكل مباشر على معدلات التعرية، واستقرار التربة، ونمط الجريان السطحي. تختلف درجة الخطورة باختلاف نوع الغطاء الأرضي، فالمناطق الزراعية أو المشجرة توفر حماية نسبية لسطح الأرض، بينما تزداد الخطورة في الأراضي العارية أو المتدهورة أو غير المستقرة (عويدي، 2021) (Opitz, Bakka, Huser, & Lombardo, 2020)

لتحديد نوعية الغطاء الأرضي السائد وتوزيعه المكاني في منطقة جبل قرة داغ. تم تصنيف بيانات الغطاء الأرضي إلى عدة فئات بحسب طبيعتها واستخدامها، وأعطيت أوزاناً تمثل درجة تعرض كل فئة للمخاطر الهيدروجيومورفولوجية. وقد مُنح هذا العامل المرتبة الثانية من حيث درجة الخطورة تصنيفات الفئات وأوزانها

- الأراضي الزراعية البعلية، الزراعية العشبية، أراضي الشجيرات: تُعد أقل الفئات تأثراً بالمخاطر نظراً لتغطيتها النباتية النسبية، ومنحت الوزن (1).

- الأراضي الزراعية المختلطة بالنباتات الطبيعية، والنباتات الطبيعية المختلطة بالأراضي الزراعية، والأراضي العشبية والمناطق الحضرية: تُظهر تأثراً متوسطاً، بسبب وجود غطاء جزئي أو تدخلات بشرية معتدلة، ومنحت الوزن (2).

- النباتات المتناثرة، والأراضي العشبية المتناثرة: تُظهر ضعفاً في التغطية النباتية مما يزيد من تعرض التربة للانجراف، ومنحت الوزن (3).

- الأراضي البور: تُعد الأعلى خطورة لكونها مناطق مكشوفة أو مدمرة بيئياً، وأكثر عرضة للتعرية والجريان السطحي، لذلك منحت الوزن (4).

تشير نتائج التحليل إلى أن درجة الخطورة الهيدروجيومورفولوجية ترتفع بوضوح في المناطق التي تعاني من غطاء نباتي ضعيف أو متدهور، مثل الأراضي البور والمناطق ذات النباتات المتناثرة. لذلك فإن توجيه برامج الإدارة البيئية نحو استصلاح الغطاء النباتي وتعزيز الاستعمالات المستدامة للأرض يُعد ضرورة لتقليل أخطار التعرية والانسيابات الأرضية في المنطقة.

10. مؤشر الغطاء النباتي NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

يُعد مؤشر NDVI أهم مؤشرات المستخدمة في تقييم الكثافة النباتية، ويمثل عنصراً أساسياً في تحليل العوامل البيئية المرتبطة بالمخاطر الهيدروجيومورفولوجية. تعتمد فكرته على الفرق بين الأشعة الحمراء وتحت الحمراء المنعكسة من سطح الأرض، مما يسمح بتحديد نوع وكثافة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة كلما زادت قيمة NDVI دلّ ذلك على وجود غطاء نباتي كثيف وفعال في تقليل مخاطر التعرية والانحدار والجريان السطحي، والعكس صحيح (Lombardo L. , Opitz, Ardizzone, Guzzetti, & Huser, 2019) (Ullo, et al., 2019). وقد أُدرج هذا العامل في التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كطبقة

مستقلة، وتم تصنيفه إلى أربع فئات رئيسية، وبلغت المرتبة الثانية من حيث الخطورة، وذلك استناداً إلى درجة مساهمته النسبية في تقليل أو رفع مستوى المخاطر الجيومورفية

• أكثر من 0.4 (غطاء نباتي كثيف) وتعكس هذه المناطق صحة نباتية عالية وقدرة واضحة على حماية التربة، وبالتالي منحت الوزن (1) لضعف خطورتها.

• 0.2 – 0.4 (أراضي عشبية وشجيرات) تشير إلى وجود غطاء نباتي متوسط، ويُعد مقبولاً نسبياً في تقليل الجريان السطحي، لذلك منحت الوزن (1).

• 0.1 – 0.2 (أراضي بور ذات نباتات مبعثرة) تمثل مناطق ذات كثافة نباتية ضعيفة، وعرضة للتعرية والتدهور، ومنحت الوزن (2)

• أقل من 0.1 (أراضي بور وصخور مكشوفة) تعاني هذه المناطق من انعدام شبه تام للغطاء النباتي، ما يجعلها في مقدمة المناطق المعرضة للانزلاقات والانجراف، ومنحت الوزن (3)

يعكس تحليل NDVI تفاوتاً ملحوظاً في الكثافة النباتية بمنطقة جبل قرة داغ، إذ تتركز المناطق ذات الخطورة العالية في الجهات التي تنخفض فيها قيم NDVI، خصوصاً في السفوح الجرداء والقمم الصخرية. تُعد هذه المناطق ذات أولوية في خطط التحريج وإعادة تأهيل الغطاء النباتي ضمن استراتيجيات الحد من المخاطر الجيومورفية.

11- نوع التربة (Soil Type)

يُعد نوع التربة من العوامل المهمة في تحديد قابلية السطح للتعرية والتدهور، لما له من تأثير مباشر على نفاذية المياه، واستقرار المنحدرات، ومدى مقاومة التربة للجرف والانجراف. وقد تم إدخال هذا العامل في نموذج التحليل المكاني باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وتم تصنيفه إلى ثلاث فئات رئيسية بناءً على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة (GRAIP, Bae, Kim, & Lee, 2014) (2025) إذ بلغت المرتبة الأدنى من درجة الخطورة مما يشير إلى أن تأثير هذا العامل محدود نسبياً مقارنة بالعوامل الأخرى.

• كالسي سول (Calciisol) تُعد تربة ذات محتوى عالٍ من كربونات الكالسيوم، وهي مستقرة نسبياً وذات مقاومة جيدة للتعرية، لذلك منحت الوزن (1)

• فيرتي سول (Vertisol) تحتوي على نسب عالية من الطين القابل للتمدد والانكماش، مما يزيد من احتمال حدوث التشوهات السطحية، لذا منحت الوزن (2).

• جبسي سول (Gypsisol) تحتوي على نسبة كبيرة من الجبس، وقد تكون هشة وقليلة التماسك في بعض المواقع، وبالتالي منحت الوزن (2).

تظهر نتائج التحليل أن معظم منطقة جبل قرة داغ تتكون من ترب مستقرة نسبياً، مما قلل من إسهام هذا العامل في زيادة مستويات الخطورة. ومع ذلك، فإن وجود الفيرتي سول والجبسي سول في بعض المواقع قد يمثل مصدراً محلياً للمخاطر في حال ترافقه مع منحدرات شديدة أو غطاء نباتي ضعيف.

ثانياً: تحديد مستويات المخاطر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة

يُعد تحديد مستويات المخاطر الجيومورفولوجية خطوة أساسية في النمذجة المكانية، إذ يُسهم في تقييم مدى تعرض المنطقة للعوامل الجيومورفية التي قد تؤثر سلباً على الإنسان والبيئة. وقد تم تصنيف المخاطر إلى أربع مستويات رئيسية بناءً على دمج الطبقات الجيومورفولوجية المؤثرة باستخدام أسلوب التحليل المكاني متعدد المعايير (MCDA) ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وفق خريطة (2) وجدول (2).

جدول (2) مساحات مستويات مخاطر الانزلاقات في منطقة الدراسة

مستوى الخطورة	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة (%)
غير خطرة	106.92	3.03
واطي الخطورة	1177.04	33.37
متوسط الخطورة	1438.62	40.79
عالي الخطورة	804.20	22.80
المجموع	3526.8	100

المصدر: بالاعتماد على خريطة (2) وباستخدام برنامج ArcGIS 10.8.2

1. المناطق غير الخطرة (Very Low Risk)

تُعدّ هذه المناطق الأقلّ تعرضاً للمخاطر الجيومورفولوجية، بلغت مساحتها (106.92) كم² ونسبة (3.03%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة وتتميز بخصائص تضاريسية مستقرة، كالسفوح المستوية والمناطق المنخفضة ذات الغطاء النباتي المعتدل والتربة المستقرة. تنتشر هذه المساحات بشكل متفرق ومبعثر في أطراف منطقة الدراسة، ولا سيما قرب دربندخان وفي الجنوب الغربي من المنطقة، إضافةً إلى تواجد ضئيل في الشمال الشرقي.

2. المناطق واطئة الخطورة (Low Risk)

تمثل هذه الفئة مناطق ذات درجة خطورة منخفضة نسبياً بمساحة بلغت (1177.04) كم² ونسبة (33.37%)، وتتمثل غالباً في مناطق ذات انحدارات معتدلة وتربة مستقرة نسبياً مع استخدامات أرضية زراعية أو عشبية. تنتشر هذه الفئة بشكل أكبر في النصف الشرقي من منطقة الدراسة، ممتدة من الشمال إلى الجنوب الشرقي، مما يشير إلى استقرار نسبي في تلك الأجزاء.

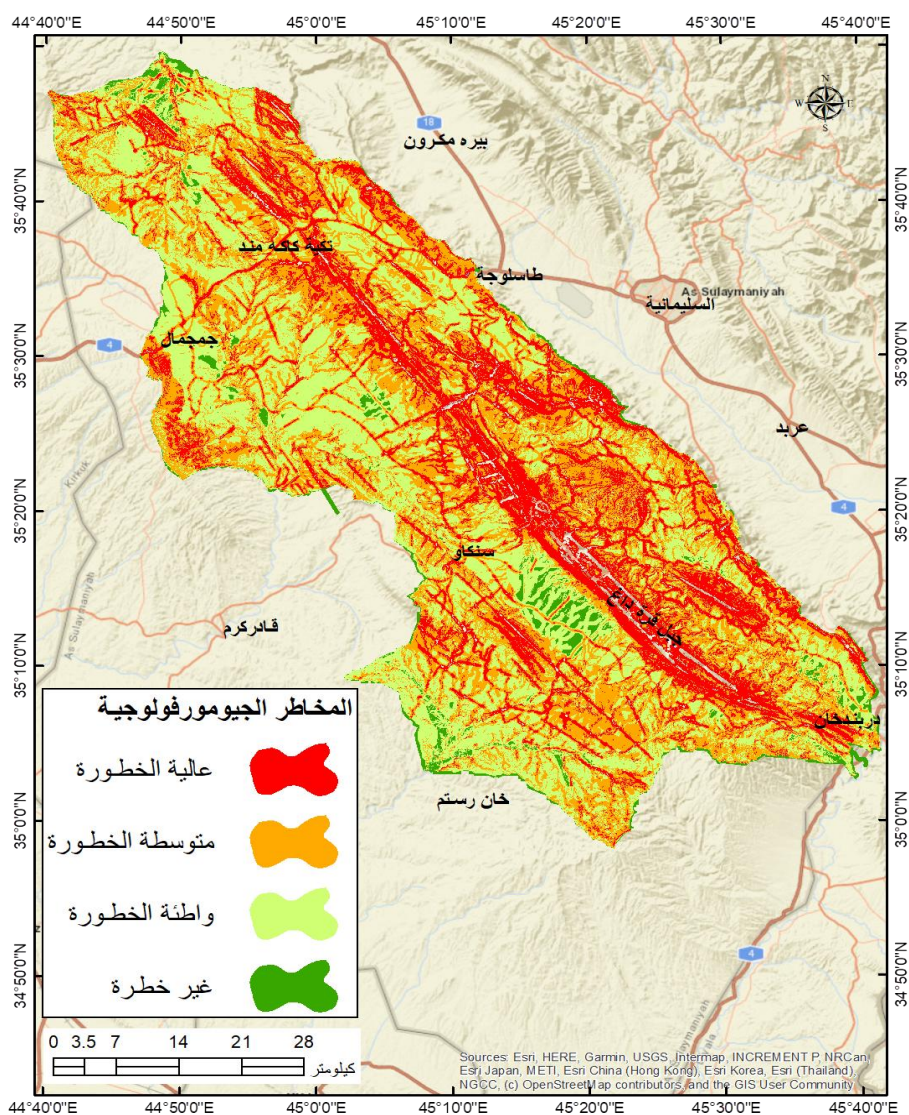
3. المناطق متوسطة الخطورة (Moderate Risk)

تُعدّ هذه الفئة هي الأكثر شيوعاً في المنطقة، بمساحة (1438.62) كم² ونسبة (40.79%) وتمثل جزءاً كبيراً من سطحها، وتمتد عبر أجزاء متعددة ومتباينة على طول منطقة الدراسة. تحتوي هذه المناطق على خصائص تضاريسية متوسطة من حيث الانحدار، ووجود شبكات تصريف متطورة، وتنوع في استعمالات الأرض، مما يزيد من احتمالية تأثرها بالتغيرات البيئية. تمثل هذه الفئة مناطق انتقالية بين الاستقرار النسبي والمناطق المعرضة للمخاطر.

4. المناطق عالية الخطورة (High Risk)

تشمل هذه الفئة المناطق الأكثر عرضة للمخاطر الجيومورفولوجية، بمساحة (804.20) كم² ونسبة (22.80%) إذ تتصف بانحدارات شديدة، وتضاريس وعرة، وبروزات صخرية، وتربة هشة. تتركز هذه المساحات بشكل رئيسي في المرتفعات الجبلية، وبالأخص ضمن منطقة جبل قرة داغ، الذي يشكل قلب منطقة الدراسة من حيث الخطورة البيئية.

خريطة (1): التوزيع المكاني لمستويات المخاطر الجيومورفولوجية في أحواض جبل قرة داغ



المصدر: بالاعتماد على جدول (1) وبرنامج ArcGIS pro. 3.3.

الاستنتاجات

1. تم اعتماد منهجية التحليل المكاني متعدد المعايير SMCA لتقدير حجم المخاطر الجيومورفولوجية في المنطقة التي اثرت بعشرة عوامل اساسية
2. تم تحديد مستويات المخاطر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة الى اربع مستويات غير خطرة ومتوسطة الخطورة والاعلى نسبة 40.79% وعالية الخطورة وواطئ الخطورة
3. تبين ان منطقة الدراسة تتميز بتضاريس مركبة تتراوح بين القمم الجبلية والمنخفضات الرسوبية.

التوصيات

- 1- تنظيم البناء واستعمالات الأراضي في منطقة قرة داغ وفقاً لدرجة الخطورة الطبوغرافية، لتقادي الانزلاقات والانجرافات.
- 2- إدراج المنطقة ضمن خطط التنمية البيئية والسياحية المستدامة لما تحويه من أشكال جيومورفولوجية نادرة ذات قيمة تعليمية وطبيعية.
- 3- توجيه الجامعات والمؤسسات الأكاديمية لتبني نتائج الدراسة ضمن المقررات التطبيقية وتدريب الطلبة على النمذجة المكانية.

المصادر والمراجع

- أحمد محمد خلف الدليمي. (2018). تحليل جيومورفولوجي للمنحدرات الأرضية في قضاء شقلاوة وأثرها على النشاط البشري باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. العراق: جامعة الأنبار.
- إسراء ماجد عويد. (2021). الشدات المطرية وأثرها في المخاطر الجيومورفية لأحواض شمال شرقي قضاء خاتقن. العراق: جامعة ديالى، كلية التربية للعلوم الإنسانية.
- زياد فاضل محمد الجليباوي. (2010). جيومورفولوجية حوض وادي بنات الحسن. العراق: جامعة الأنبار، كلية الآداب.
- علي حسين محمد العبيدي. (2015). جيومورفولوجية حوض وادي سنقط - شرق محافظة ديالى. العراق: جامعة ديالى، كلية التربية للعلوم الإنسانية.

References

- Bae, D., Kim, H., & Lee, J. (2014). Landslide research and technology in patent documents. In *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Springer, pp. (21–27).
- Cannella, C., & Caretto, M. (2018). *Flood hazard assessment by 2D hydrodynamic modelling for rivers*. Politecnico di Milano.
- Das, S. (2011). *Spatial statistical modelling for assessing landslide hazard and risk*. University of Twente.
- E. G Pearson. (2020). *Modelling the interactions between geomorphological processes and river restoration*. University of Sheffield.
- Eilande, D. M. (2024). *Towards global-scale compound flood risk modeling*. Vrije Universiteit Amsterdam.
- GRAIP. (2025). *Geomorphologic Road Analysis and Inventory Package*.
- Growley, B. J. (2008). *Landslide susceptibility zonation GIS for the 2005 Kashmir earthquake affected region*. University of Montana Growley.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, m., & Galli, M. (2006). Estimating the quality of landslide susceptibility models Geomorphology. (81).
- Jawaid, M. (2017). *Glacial lake flood hazard assessment and modelling*. University of Twente.
- Jennings, P. (1991). *Landslide hazard analysis: Rhondda Valleys*. Cardiff University.
- Lombardo, L., Opitz, O., & Huser, R. (2017). Point process-based modeling of multiple debris flow landslides using INLA: An application to the 2009 Messina disaster.
- Lombardo, L., Opitz, T., Ardizzone, F., Guzzetti, F., & Huser, R. (2019). Space-time landslide predictive modelling.
- Matsche, D. T. (2025). *A geographically weighted regression approach to landslide susceptibility modeling*. University of Idaho.
- Opitz, T., Bakka, H., Huser, R., & Lombardo, L. (2020). High-resolution Bayesian mapping of landslide hazard with unobserved trigger event.
- Quintal, H. C. (2022). *Modeling future hydrologic extremes, flood hazards, and exposure under a high emissions scenario in the Neuse River Watershed*. University of North Carolina.
- Risk, L. H. (Ed.). (2005). The nature of landslide hazard impact. In T. Glade, M. Anderson, & M. J. Crozier.
- Rossi, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Mondini, A. C., & Peruccacci, S. (2010). Optimal landslide susceptibility zonation based on multiple forecasts. Geomorphology. (114).
- Soldati, M., & Corsini, A. (2011). Landslides as a geomorphological hazard: The role of geomorphology in landslide hazard assessment. *Geomorphology*, (3-4), pp. 181-189.
- Ullo, S. L., Langenkamp, M. S., Oikarinen, T. P., Del Rosso, M. P., Sebastianelli, A., Piccirillo, F., & Sica, S. (2019). *Landslide geohazard assessment with convolutional neural networks using Sentinel-2 imagery data*. arXiv preprint arXiv:1906.06151.
- Zhao, G. (2022). *Improving flood hazard mapping using global flood model and machine learning techniques*. University of Bristol.