



توظيف تقنيات GeoAI في تقييم المخاطر المورفومناخية

لناحية سيدكان بمحافظة أربيل للعام ٢٠٢٥

م.د. عبد الرحمن عبد الكريم يحيى جاسم

كلية التربية للنبات، قسم الجغرافية، جامعة تكريت

abdulrahman.yahya@tu.edu.iq

المستخلص

تهدف هذه الدراسة بتقييم المخاطر المورفومناخية في ناحية سيدكان، وهي إحدى المناطق الجبلية الواقعة شمال شرق محافظة أربيل، وذلك بالاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) مدعومة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) الذي يعد من أحدث الاتجاهات في تحليل البيانات المكانية والبيئية. وقد جرى استخدام بيانات القمر الصناعي Landsat-8 لعام ٢٠٢٥ التي وفرت مرئيات فضائية دقيقة وحديثة ساعدت في استخراج وتحليل المؤشرات البيئية ذات العلاقة. وشملت هذه المؤشرات الارتفاع والانحدار وأقسام سطح الأرض مجموع التساقط وكثافة شبكة المياه ونوع الصخور ونوع التربة إضافة إلى الغطاء النباتي. ولغرض تحديد وزن وأهمية كل مؤشر من هذه المؤشرات تم اعتماد تقنية التحليل الهرمي (AHP) التي تعد من أنجح أساليب اتخاذ القرار متعدد المعايير، حيث بنيت مصفوفة مقارنة زوجية للمؤشرات وحددت أوزانها النسبية وفقاً لتأثيرها في توليد المخاطر. وقد أظهرت نتائج الدراسة أن خريطة المخاطر المورفومناخية في المنطقة تم تصنيفها إلى خمس فئات رئيسية، حيث احتلت فئة المخاطر الضعيفة المرتبة الأولى من حيث المساحة بنسبة بلغت نحو (٥٩.٧٧٪)، تليها فئة المخاطر المنخفضة بنسبة (٢٧.٦٠٪)، بينما جاءت فئة المخاطر المتوسطة في المرتبة الثالثة بنسبة (٩.٠١٪)، ثم فئة المخاطر العالية في المرتبة الرابعة بنسبة (٢.٨٤٪)، وأخيراً فئة المخاطر العالية جداً التي شغلت أقل نسبة بلغت نحو (٠.٧٨٪).

الكلمات المفتاحية

المخاطر المورفومناخية، GeoAI، التحليل المكاني، الاستشعار عن بعد، التقييم البيئي.



Employment of GeoAI Techniques in the Assessment of Morphoclimatic Hazards in the Sidakan Subdistrict, Erbil Governorate, for the Year 2025

Dr. Abdulrahman Abdulkareem Yahya Jassim

College of Education for Women – Tikrit University – Department of Geography

abdulrahman.yahya@tu.edu.iq

Abstract:

This study aims to assess the morphoclimatic hazards in the Sidakan subdistrict, one of the mountainous areas located in the northeastern part of Erbil Governorate, by relying on remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) techniques supported by applications of Geographic Artificial Intelligence (GeoAI), which represents one of the most recent trends in spatial and environmental data analysis. Landsat-8 satellite data for the year 2025 were used, providing accurate and up-to-date spatial imagery that contributed to extracting and analyzing the related environmental indicators. These indicators included elevation, slope, land surface units, total precipitation, drainage network density, rock type, soil type, in addition to vegetation cover. For the purpose of determining the weight and significance of each indicator, the Analytic Hierarchy Process (AHP) technique was adopted, as it is one of the most successful methods for multi-criteria decision making. A pairwise comparison matrix was constructed for the indicators, and their relative weights were determined according to their influence on hazard generation.

The results of the study revealed that the morphoclimatic hazard map of the area was classified into five main categories. The low-hazard class ranked first in terms of area, accounting for approximately (59.77%), followed by the lower-hazard class at (27.60%). The moderate-hazard class came third with (9.01%), then the high-hazard class in fourth place with (2.84%), and finally the very-high-hazard class, which occupied the lowest percentage at about (0.78%).

Keywords

Morphoclimatic hazards, GeoAI, Spatial analysis, Remote sensing, Environmental assessment

المقدمة

تعد النمذجة المكانية من الأدوات التحليلية المتقدمة التي أسهمت بشكل فعال في دراسة وتقييم المخاطر الطبيعية المختلفة، ولا سيما المخاطر المورفومناخية التي تنجم عن التفاعل بين الخصائص الطبوغرافية والظروف المناخية في منطقة معينة. وفي هذا السياق، تبرز ناحية سيدكان الواقعة في أقصى شمال شرق محافظة أربيل كمنطقة ذات خصائص جغرافية ومناخية معقدة، تتمثل في تضاريسها الجبلية الحادة وتعرضها المستمر للتقلبات المناخية المرتبطة بالأنظمة الجوية المؤثرة في المنطقة، مثل النظامين المداري والسوداني.

ونظراً لما تشهده منطقة الدراسة من نشاطات بشرية متزايدة وتوسع في استخدامات الأراضي، يكتسب تقييم المخاطر المورفومناخية أهمية استراتيجية بهدف الحد من آثار الظواهر الطبيعية مثل الانهيارات الأرضية، والانحدارات الشديدة، والسيول الناتجة عن الهطولات المطرية الغزيرة. ويأتي استخدام تقنيات النمذجة المكانية، التي تعتمد على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، كنهج علمي قادر على تمثيل التوزيع المكاني لهذه المخاطر بدقة عالية، من خلال تحليل العوامل الطبيعية المتداخلة مثل الجيولوجيا، والارتفاع، والانحدار، واتجاه الميل، ونوع التربة، والغطاء النباتي، فضلاً عن المعطيات المناخية المرتبطة بمعدلات الأمطار ودرجات الحرارة.

وتسهم هذه النماذج في إنتاج خرائط تنبؤية تمكن الباحثين وصناع القرار من تحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر، وبالتالي اتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة، سواء على صعيد التخطيط العمراني أو إدارة الموارد الطبيعية. ومن هنا، فإن توظيف النمذجة المكانية في تقييم المخاطر المورفومناخية في ناحية سيدكان لا يعد مجرد خطوة علمية فحسب، بل يمثل إطاراً عملياً للتنمية المستدامة وتقليل الهشاشة البيئية والبشرية أمام المخاطر الطبيعية المتزايدة في ظل التغيرات المناخية الراهنة.

مشكلة الدراسة:

تتميز ناحية سيدكان بمحافظة أربيل بتنوع كبير في التضاريس والغطاء النباتي وأنماط التربة، ما يجعلها عرضة لمخاطر مورفومناخية متعددة مثل الانحدارات الحادة، وتعرية التربة، وتقلبات الغطاء النباتي وكثافة الشبكات المائية. ورغم الحاجة المتزايدة لأدوات دقيقة لدعم التخطيط العمراني المستدام، فإن الدراسات السابقة لم تستفد بشكل كامل من إمكانات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) في تحليل البيانات المكانية وربط المؤشرات البيئية لتقديم صورة دقيقة لتوزيع المخاطر. وتكمن المشكلة الرئيسة لهذه



الدراسة في السؤال (هل للتقنيات GeoAI القدرة على التقييم المكاني للمخاطر المورفومناخية في ناحية سيدكان ومعالجة البنات المكانية بدقة أكبر واستكشاف العلاقات المكانية والزمانية المعقدة بين العوامل البيئية المساهمة في توليد المخاطر؟).

فرضية الدراسة:

تفترض هذه الدراسة أن توظيف تقنيات GeoAI في تحليل البيانات المكانية والبيئية المتعددة المؤشرات سيمكن من تقييم المخاطر المورفومناخية لناحية سيدكان بدقة أعلى مقارنة بالطرق التقليدية، وأن دمج مؤشرات الارتفاع والانحدار وكثافة شبكة المياه ونوع التربة والغطاء النباتي باستخدام نماذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي سيؤدي إلى إنتاج خريطة موثوقة تعكس توزيع درجات الخطورة في المنطقة، مما يسهم في دعم التخطيط العمراني المستدام وإدارة الموارد الطبيعية بفاعلية.

أهداف الدراسة:

تتمثل أهداف الدراسة في النقاط الآتية:

- ١- تحليل المؤشرات المورفومناخية المكانية في ناحية سيدكان، بما يشمل الارتفاع والانحدار، نوع التربة، الغطاء النباتي، وشبكة المياه، لتحديد العوامل المؤثرة في المخاطر البيئية.
- ٢- تقييم دقة البيانات الفضائية المستخلصة من قمر Landsat-8 لعام ٢٠٢٥ في تمثيل الواقع البيئي والمورفومناخي للمنطقة.
- ٣- توظيف تقنيات GeoAI في معالجة وتحليل البيانات المكانية المعقدة بهدف تحسين دقة تقييم المخاطر وتنبؤ توزيعها المكاني.
- ٤- دمج مؤشرات المخاطر المختلفة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خريطة شاملة للمخاطر المورفومناخية مع تصنيفها حسب درجات الخطورة.
- ٥- تحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر وتقديم تقييم مقارن بين المناطق منخفضة ومتوسطة وعالية الخطورة لتسهيل التخطيط وإدارة الموارد الطبيعية.
- ٦- اقتراح توصيات علمية واستراتيجية لدعم التخطيط العمراني المستدام والتقليل من آثار المخاطر المورفومناخية على المجتمعات المحلية والبيئة.

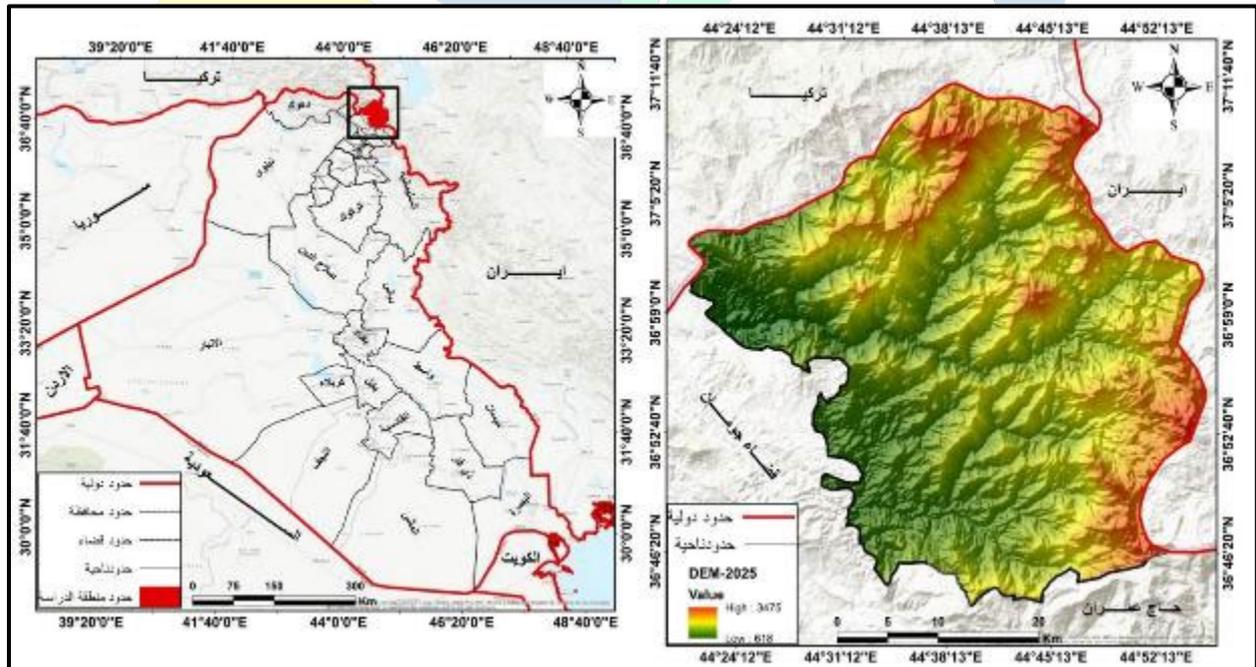
منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على مجموعة من المناهج التي تلائم طبيعة الدراسة ومنها المنهج الوصفي لتقديم وصف دقيق للخصائص البيئية والمورفومناخية للمنطقة، بما في ذلك التضاريس والغطاء النباتي وأنواع التربة وشبكة المياه. كما استخدم المنهج التحليلي لدراسة العلاقات بين المؤشرات البيئية المختلفة وتقييم تأثيرها في توليد المخاطر، بينما ساعد المنهج المكاني على تحليل توزيع الظواهر المورفومناخية في الفراغ الجغرافي للناحية وتحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر. بالإضافة إلى ذلك، تم توظيف المنهج التطبيقي من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بعد و (GeoAI) في إنتاج خرائط دقيقة وشاملة للمخاطر، ما أتاح توظيف النتائج عملياً في التخطيط العمراني وإدارة الموارد الطبيعية.

موقع منطقة الدراسة:

تقع ناحية سيدكان في أقصى شمال شرق محافظة أربيل، ضمن إقليم كردستان العراق، وتعد إحدى نواحي قضاء سوران. تعرف أيضاً باسم (برادوست)، تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (٤٠° ٤٠' - ٣٦° ٠٠' ١٦° ٣٧') شمالاً، وخطي طول (٤٤° ٢٠' ٠٠' - ٤٤° ٥٦' ٠٠') شرقاً، وتحيط بمنطقة الدراسة مجموعة من الحدود الإدارية والدولية فمن الشمال تحدها دولة تركيا، أما من الشرق فتجاور جمهورية إيران الإسلامية، وفي الجهة الجنوبية تحدها ناحية خليفان التابعة لقضاء سوران، بينما تمتد حدودها من الجهة الغربية لتتصل إلى ناحية حاج عمران وقضاء جومان، خريطة (١). وتعد ناحية سيدكان من أكبر النواحي مساحة ضمن قضاء سوران إذ تبلغ مساحتها نحو (١٥٤٣.٢٣) كم^٢.

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة من العراق ومحافظة أربيل



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، الخريطة الطبوغرافية، ١:١٠٠٠٠٠٠، ١٩٩٢، ومخرجات برنامج ArcGIS.

آلية وطرق العمل:

١- دراسة المؤشرات الببليومترية لموضوع البحث (Bibliometric Indicators):

اعتمدت الدراسة على تحليل البيانات الببليومترية لتتبع التطور العلمي في مجال المخاطر المورفومناخية للمدة (١٩٩٢ - ٢٠٢٥)، وذلك من خلال تحليل ٢١ ورقة بحثية منشورة عالمياً. وتعد المؤشرات الببليومترية أداة دقيقة لتقييم الإنتاج العلمي ورصد اتجاهاته، إذ توفر هذه البيانات معلومات دقيقة عن حجم الإنتاج العلمي وأبرز المساهمين والدول والمؤسسات، بالإضافة إلى قياس تأثير الأبحاث المنشورة. ويسهم هذا التحليل في كشف الفجوات البحثية وتحديد الموضوعات التي لم تحظ بقدر كافٍ من الدراسة، مما يساعد على توجيه الجهود المستقبلية نحو معالجتها. كما يبرز المحاور المتداولة في بحوث المخاطر المورفومناخية، خاصة ما يتعلق بعلاقتها بالتغيرات المناخية والتحويلات الجغرافية، وبذلك يعزز فهماً أعمق للموضوع ويدعم الوصول إلى نتائج أكثر دقة وموثوقية.

١-١ الأداء البحثي: يشير تحليل ٢١ دراسة منشورة عالمياً عن المخاطر المورفومناخية (١٩٩٢ - ٢٠٢٥) إلى تفاوت الإنتاج العلمي، مع ارتفاع واضح في أعوام ٢٠١٥ و ٢٠٢٣. شكل (١) يعكس هذا زيادة الاهتمام البحثي بالمجال في السنوات الأخيرة. ويهدف البحث إلى فهم طبيعة المخاطر المرتبطة بالتغيرات المناخية والتحويلات الجغرافية، وتحديد الفجوات البحثية لتوجيه الدراسات المستقبلية نحو نتائج أكثر دقة وفاعلية.

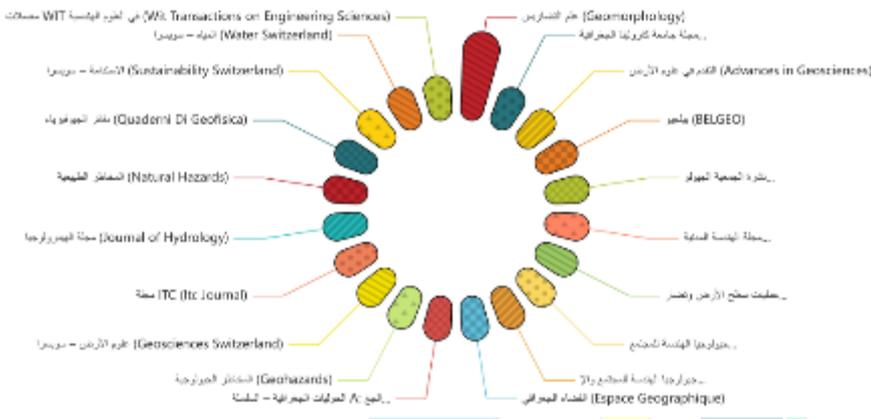
١-٢ المجالات العلمية الناشئة للبحوث: يتضح من الشكل (٢) أن المجالات الأكثر نشرًا لأبحاث المخاطر المورفومناخية هي مجلة *Geomorphology* (علم التضاريس)، تليها مجلات أخرى بعدد أقل من المنشورات. ويهدف هذا التحليل إلى تحديد المصادر العلمية الأكثر تأثيراً وانتشاراً في هذا المجال، بما يسهم في توجيه الباحثين نحو الاطلاع على المصادر الرئيسية وتطوير الدراسات المستقبلية بشكل أكثر دقة وفاعلية.

١-٣ تصنيف البحوث وفق طبيعة الدراسة ونوعها: يتبين من شكل (٣) أن أغلب الدراسات المنشورة حول المخاطر المورفومناخية جاءت على شكل مقالات علمية في المجالات، بينما مثلت الكتب والبحوث المقدمة إلى المؤتمرات أقل عدد. ويهدف هذا التحليل إلى تسليط الضوء على الأشكال العلمية الأكثر اعتماداً لنشر المعرفة في المجال، بما يساعد الباحثين على تحديد المصادر الرئيسية للاطلاع والرجوع إليها في الدراسات المستقبلية.

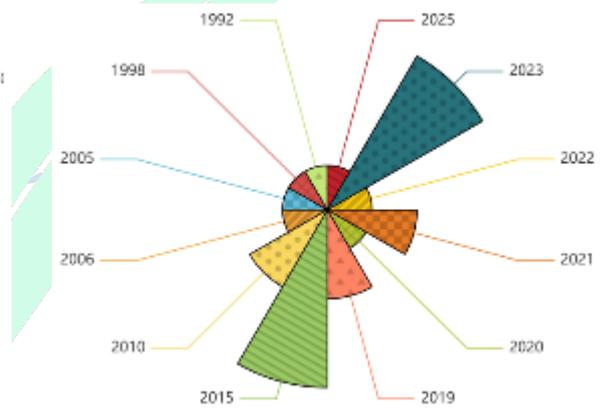
١-٤ تصنيف البحوث بحسب الكلمات المفتاحية: يشير شكل (٤) إلى تكرار الكلمات المفتاحية في الدراسات حول المخاطر المورفومناخية، موضحاً تركيز الأبحاث على الجيومورفولوجيا، المخاطر الطبيعية، التآكل، والانهيارات الأرضية، مع استخدام نظم المعلومات الجغرافية ورسم خرائط المخاطر. وتعكس هذه الاتجاهات دراسة العلاقة بين العمليات الجيومورفولوجية والتغيرات المناخية وتأثيرها على المخاطر، مع التركيز على مناطق مثل إيطاليا، الإكوادور، نيبال وجبال الهيمالايا، مما يسهم في تحديد الفجوات البحثية وتوجيه الدراسات المستقبلية.

١-٥ تصنيف حسب اللغة البحث المستخدمة: يبين شكل (٥) أن بيانات أن معظم الدراسات حول المخاطر المورفومناخية نشرت باللغة الإنجليزية، فيما تقتصر الدراسات بالفرنسية والإيطالية على عدد قليل منها، مما يعكس الطابع الدولي للبحث ووجود فجوة في الدراسات غير الإنجليزية.

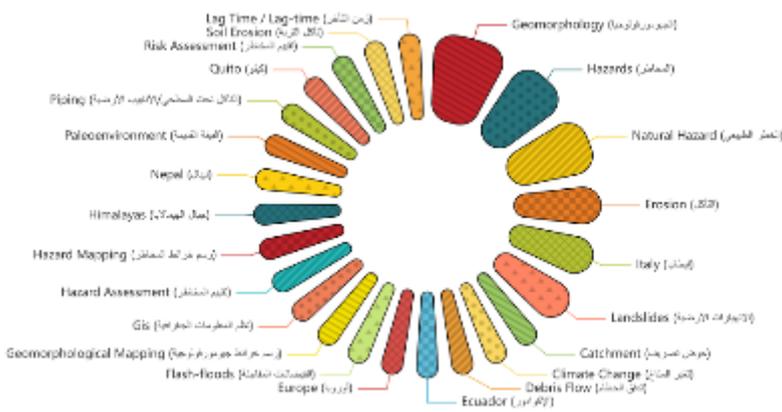
شكل (٢) المجلات الأكثر نشرًا لموضوع البحث للمدة (١٩٩٢ - ٢٠٢٥)



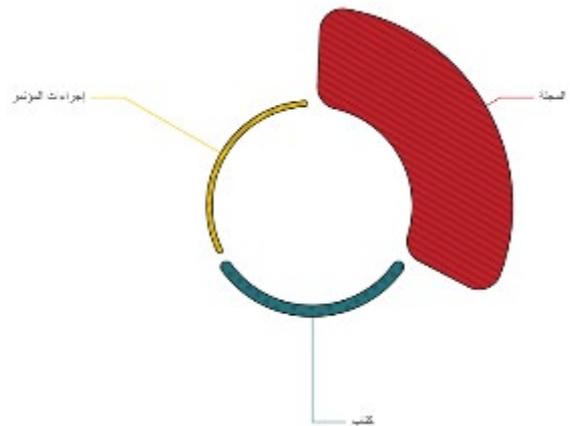
شكل (١) تطور عدد الدراسات العلمية لموضوع المخاطر المورفومناخية ضمن Scopus للمدة (١٩٩٢ - ٢٠٢٥)



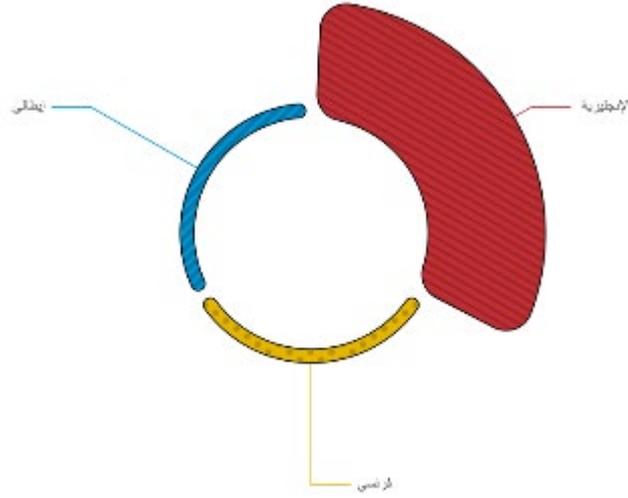
شكل (٤) تصنيف البحوث بحسب الكلمات المفتاحية للمدة (١٩٩٢ - ٢٠٢٥)



شكل (٣) تصنيف البحوث وفق طبيعة الدراسة ونوعها للمدة (١٩٩٢ - ٢٠٢٥)



شكل (٥) تصنيف حسب اللغة البحث المستخدمة للمدة (١٩٩٢ - ٢٠٢٥)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد قاعدة بيانات Scopus.

٢- تقييم المؤشرات المورفومناخية:

استخدمت الدراسة مجموعة من أدوات وتقنيات الجغرافية الحديثة لتحليل المخاطر المورفومناخية في ناحية سيدكان، بدءاً من جمع مرئيات الفضائية للقمر الاصطناعي (Landsat-8) لعام ٢٠٢٥ لمعالجة الخصائص البيئية والمورفومناخية، ثم معالجة البيانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لاستخراج المؤشرات المكانية. وتم تعيين أوزان المؤشرات باستخدام التحليل الهرمي (AHP) وتوظيف الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) لتحسين نمذجة المخاطر، ما أتاح إنتاج خرائط شاملة لتوزيع درجات الخطورة ودعم التخطيط العمراني وإدارة الموارد الطبيعية.

١-٢ تصنيف المخاطر الناتجة عن الارتفاع:

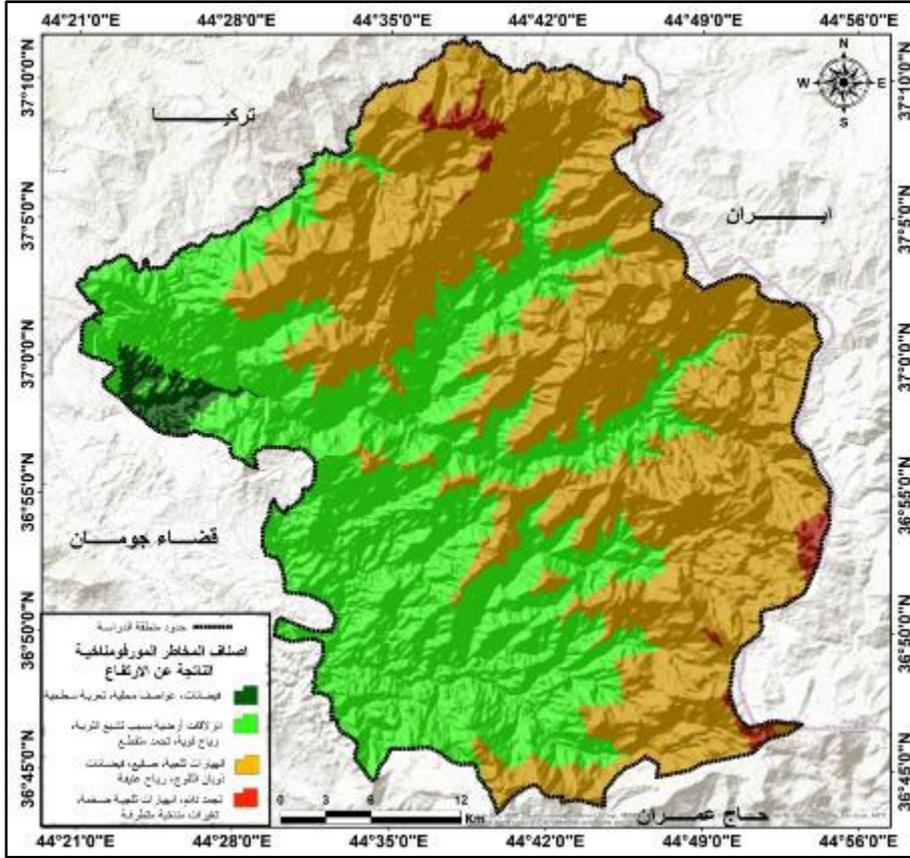
تشكل التغيرات في الارتفاعات عن مستوى سطح البحر عاملاً حاسماً في نشوء وتوزيع المخاطر المورفومناخية، نتيجة التفاعل بين الخصائص الطبوغرافية والعوامل المناخية. فمع ازدياد الارتفاع، تتغير درجات الحرارة والرطوبة ونمط التساقطات، ما يؤدي إلى تغير في العمليات الجيومورفولوجية كالتعرية والانزلاقات والانهييارات (Mzuri، ٢٠٢٤). تؤدي الانحدارات الشديدة والأمطار الغزيرة في المناطق المرتفعة إلى زيادة التعرية والانزلاقات الأرضية، بينما تسهم الفروقات الحرارية في التجمد والذوبان، ما يسبب تفكك الصخور والتربة. في المقابل، تتجمع مياه السيول في المناطق المنخفضة مسببة فيضانات



وفقدان خصوبة التربة، وقد تكون هذه المناطق أكثر عرضة للجفاف إذا حجبت عنها الرطوبة بفعل المرتفعات المحيطة (Fatah، ٢٠٢٠).

تشير خريطة (٢) وجدول (١) التغيرات في مستويات الارتفاع الجغرافي في منطقة الدراسة إلى تنوع واضح في طبيعة المخاطر المورفومناخية، حيث تتوزع هذه المخاطر وفقاً لتدرجات الارتفاع وتؤثر بدرجات متفاوتة على البيئة والإنسان. ويمكن تصنيف المنطقة إلى أربعة أصناف ارتفاعيه، لكل منها خصائصه ومساحته وأنواعه الخاصة من المخاطر. إذ يغطي الصنف المنخفض الذي يتراوح ارتفاعه بين (٥٠٠-٠) متر، مساحة تقدر (٣٣٤.٢٥) كم² وبنسبة (٢١.٦٦٪) من مساحة المنطقة، يتركز غالباً في السهول والأودية، ما يجعله عرضة لمخاطر الفيضانات والعواصف المحلية والتعرية السطحية. وتعزى هذه المخاطر إلى الانحدارات الطفيفة التي تعيق التصريف الطبيعي للمياه، إلى جانب إزالة الغطاء النباتي بفعل الأنشطة البشرية كالزراعة العمران. وتتمثل التأثيرات الرئيسية في الفيضانات المتكررة، وتعرية التربة، والتقلبات المناخية المحلية، مما يهدد الأنشطة الزراعية والسكنية. أما الصنف المتوسط الارتفاع (٥٠٠-١٥٠٠) متر، فيمتد على مساحة (٣٨٢.٩٤) كم² بنسبة (٢٤.٨١٪)، وتبرز فيه مخاطر الانزلاقات الأرضية، والرياح القوية، والتجمد المتقطع، نتيجة الانحدارات المتوسطة والتكوينات الجيولوجية الهشة. يؤدي هذا إلى تدهور الغطاء النباتي وزيادة معدلات الانهيار الأرضي، فضلاً عن التقلبات الحرارية التي تؤثر على الاستقرار البيئي والزراعي. الصنف المرتفع (١٥٠٠-٣٠٠٠) متر، هو الأكثر اتساعاً بمساحة (٦٥٦.٠٦) كم² تمثل (٤٢.٥١٪) من المنطقة. وتسجل فيه ظواهر خطيرة ك الانهيارات الثلجية، والصقيع، والفيضانات الناتجة عن ذوبان الثلوج، والرياح العنيفة. وتنتج هذه الظواهر عن الانحدارات الشديدة وتراكم الثلوج في الشتاء، مما يؤدي إلى تعرية مكثفة ومخاطر بيئية وإنسانية كبيرة، من أبرزها إغلاق الطرق وتهديد المناطق الجبلية المأهولة. أخيراً، يأتي الصنف العالي جداً أكثر من (٣٠٠٠) متر بمساحة (١٦٩.٩٩) كم² تعادل (١١.٠١٪). وتسيطر عليه ظروف مناخية قاسية تشمل التجمد الدائم، والانهيارات الثلجية الضخمة، والتغيرات المناخية الحادة. ويعزى ذلك إلى انخفاض درجات الحرارة وضغط الهواء، ما يخلق بيئة مشابهة للمناخ القطبي. وتتعرض التأثيرات في تهديد البنية التحتية الحيوية، وصعوبة التوسع العمراني، والاضطرابات المناخية التي قد تؤثر في التوازن البيئي للمنطقة.

خريطة (٢) المخاطر الناتجة عن الارتفاع عن سطح البحر (متر)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (١) تصنيف المخاطر الناتجة عن الارتفاع مستوى سطح البحر (متر)

مستوى الارتفاع (متر)	أنصاف المخاطر	التأثيرات الرئيسية	المساحة كم ^٢	%
منخفض (٥٠٠-٠)	فيضانات، عواصف محلية، تعرية سطحية	فيضانات متكررة، تعرية التربة، تقلبات مناخية محلية	٣٣٤,٢٥	٢١,٦٦
متوسط (١٥٠٠-٥٠٠)	انزلاقات أرضية بسبب تشبع التربة، رياح قوية، تجمد متقطع	زيادة الانزلاقات، تدهور الغطاء النباتي، تقلبات حرارية	٣٨٢,٩٤	٢٤,٨١
مرتفع (٣٠٠٠-١٥٠٠)	انهيارات تجمدية، صقيع، فيضانات ذوبان الثلوج، رياح عنيفة	مخاطر ببنية وإنسانية كبيرة، تعرية مكثفة، تأثيرات مناخية حادة	٦٥٦,٠٦	٤٢,٥١
عالي جداً (< ٣٠٠٠)	تجمد دائم، انهيارات تجمدية ضخمة، تغيرات مناخية متطرفة	مخاطر كبيرة على البيئة والإنسان، اضطرابات مناخية حادة، تهديدات للبنية التحتية	١٦٩,٩٩	١١,٠١
المجموع			1543.24	100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٢).

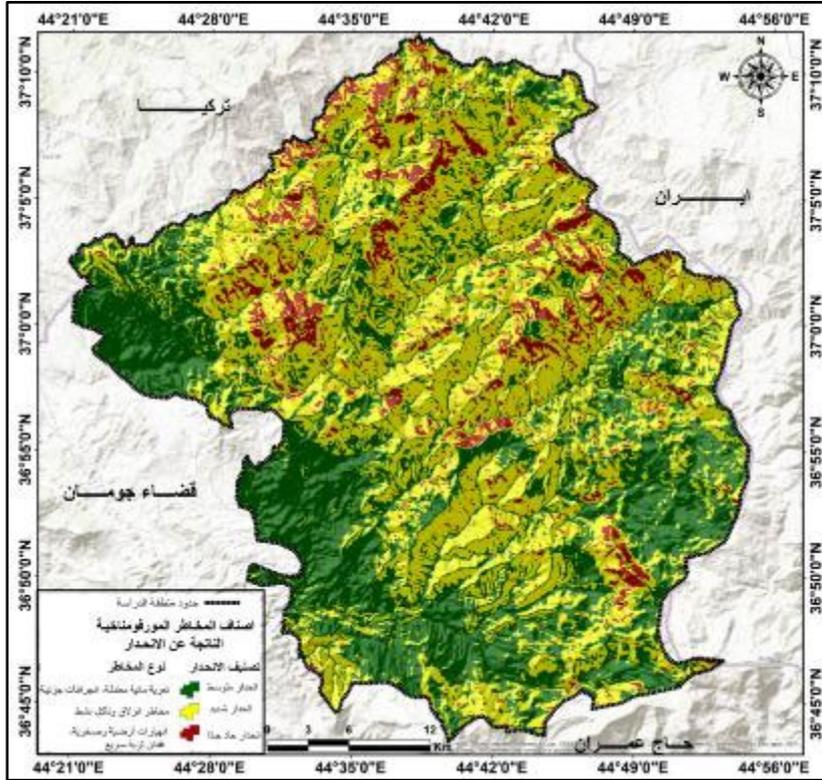
٢-١ تصنيف المخاطر الناتجة عن الانحدار:

تعد المخاطر الناتجة عن الانحدار من أبرز أشكال المخاطر المورفومناخية، حيث تحدد شدتها وفقاً لزاوية الميل الطبوغرافي وتفاعلها مع العوامل المناخية، خصوصاً كمية وشدة الأمطار. فالانحدارات

الحادة ترتبط بزيادة معدلات التعرية والانزلاقات الأرضية نتيجة لانخفاض استقرار التربة وتسارع جريان المياه السطحية. في المقابل، تسجل الانحدارات المتوسطة مخاطر معتدلة تتجلى في الانجرافات الجزئية والتدهور البطيء للخصائص الفيزيائية للتربة (inventories, ٢٠١٦). أما في الانحدارات المنخفضة، فتقل المخاطر الانحدارية، لكنها قد تؤدي إلى تراكم المياه السطحية ومشكلات في التصريف. وتبرز أهمية دراسة هذه المخاطر ضمن السياق المورفومناخي لفهم التفاعلات بين الشكل الأرضي والعناصر المناخية، مما يستدعي تطبيق استراتيجيات وقائية متكاملة تعتمد على تثبيت المنحدرات وتحسين إدارة الموارد المائية والغطاء النباتي (Yilmaz, ٢٠١٢).

يتضح من خريطة (٣) وبيانات جدول (٢) وجود علاقة وثيقة بين درجة الانحدار وشدة المخاطر المورفومناخية التي تؤثر على المنطقة. وعند تصنيف الانحدار إلى خمس فئات رئيسية، يظهر تباين واضح في نوعية وشدة هذه المخاطر وانعكاساتها على التربة، الغطاء النباتي، والنظام البيئي ككل. تشير البيانات إلى غياب الانحدارين الشبه منعدم (0° - 2°) والبسيط (2° - 5°) عن منطقة الدراسة، مما يدل على قلة المناطق السهلية ذات التصريف البطيء والمخاطر الطفيفة. أما المناطق ذات الانحدار المتوسط (5° - 15°)، فتمثل المرتبة الثانية من حيث الامتداد المكاني، حيث تبلغ مساحتها نحو (٦٣٥.٦٥) كم²، أي ما يعادل (٤١.٧%) من المساحة الكلية المدروسة. وتعد هذه المناطق عرضة لمخاطر مورفومناخية معتدلة، أبرزها التعرية المائية المتوسطة والانجرافات الجزئية. ويعود ذلك إلى التسارع النسبي في حركة المياه السطحية، مما يؤدي إلى فقدان تدريجي في الطبقة السطحية للتربة وتدهور الغطاء النباتي، خاصة في حال غياب الإجراءات الوقائية والإدارة المستدامة. أما الفئة الأكثر انتشاراً، فهي المناطق ذات الانحدار الشديد (15° - 30°)، التي تغطي مساحة تقدر بـ (٧٧٠.٧٩) كم²، بنسبة تمثل (٥٠.٥%) من إجمالي مساحة المنطقة. وتعد هذه المناطق الأكثر تعرضاً للمخاطر، لاسيما الانزلاقات الأرضية والتعرية النشط، حيث يؤدي الانحدار الحاد إلى تسارع الجريان السطحي، ما يسبب تعرية شديدة للتربة، وانكشافاً لطبقاتها الداخلية، وانخفاضاً في تماسكها الفيزيائي والعضوي، مما يزيد من خطر الانزلاقات السطحية بشكل واضح. وأخيراً، تمثل المناطق ذات الانحدار الحاد جداً ($>30^{\circ}$) ما مساحته (١١٩.٢٩) كم²، أي ما يعادل (٧.٨%) من المساحة الإجمالية. وتعد هذه الفئة من أخطر المناطق من حيث التأثيرات المورفومناخية، حيث ترتفع احتمالية حدوث الانهيارات الأرضية والصخرية بشكل كبير، ويصبح توازن التربة غير مستقر، ما يؤدي إلى تدهور شديد في النظام البيئي والغطاء النباتي، مع احتمال حدوث أضرار جسيمة في البنية الجيومورفولوجية. وتتطلب هذه المناطق تدخلاً هندسياً وإدارياً دقيقاً لضمان الاستقرار البيئي والحد من الكوارث الطبيعية المحتملة.

خريطة (٣) المخاطر الناتجة عن انحدار سطح الأرض



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (٢) المخاطر الناتجة عن الانحدار ومساحتها في منطقة الدراسة

درجة الانحدار	تصنيف الانحدار	أنصاف المخاطر	وصف المخاطر	المساحة (كم ²)	النسبة (%)
0° – 2°	انحدار شبه منعدم	ركود مائي، تشبع التربة	ضعف التصريف، تراكم المياه، احتمالية تملح التربة وانخفاض التهوية	-	-
2° – 5°	انحدار بسيط	مخاطر سطحية طفيفة	جريان مائي بطيء، احتمالية انجراف محدود خلال الأمطار الغزيرة	-	-
5° – 15°	انحدار متوسط	تعرية مائية معتدلة، انجرافات جزئية	تسارع بسيط في جريان الماء، فقدان تدريجي للتربة السطحية، تدهور الغطاء النباتي	635.65	41.7
15° – 30°	انحدار شديد	مخاطر انزلاق وتعرية نشط	تعرية قوية، انكشاف التربة، ازدياد خطر الانزلاقات السطحية	770.79	50.5
> 30°	انحدار حاد جداً	انهيارات أرضية وصخرية، فقدان تربة سريع	توازن غير مستقر، انهيارات محتملة، ضرر بالغ للنظام البيئي والتربة	119.29	7.8
			المجموع	١٥٢٥,٧٣	١٠٠

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٣).

١-٣ المخاطر المورفومناخية الناتجة أقسام سطح الارض:

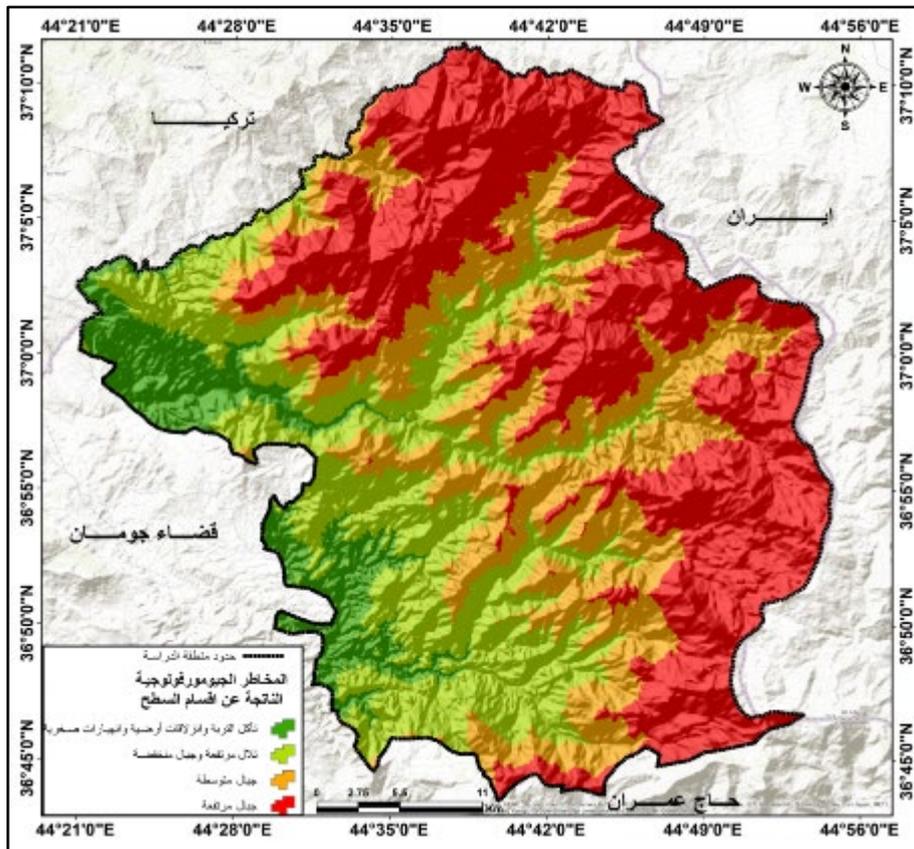
تؤدي اختلافات أقسام سطح الأرض إلى مخاطر جيومورفولوجية متنوعة تؤثر على البيئة والبنية التحتية. في المناطق ذات المنحدرات الحادة، تكون التربة والصخور غير مستقرة بسبب قوة الجاذبية، مما يؤدي إلى الانهيارات الأرضية والانزلاقات الصخرية التي تضر بالبنية التحتية والأراضي الزراعية (Huggel, 2024).

في المناطق المسطحة أو ذات الانحدار الطفيف، يمكن أن يتسبب تجمع المياه في حدوث فيضانات، خاصة خلال الأمطار الغزيرة، مما يؤدي إلى أضرار للممتلكات وتعرية التربة وفقدان الخصوبة الزراعية، أما في المناطق الجبلية، فالتعرية الجليدية والانهيارات الجليدية تشكل مخاطر بارزة، حيث تؤدي الأنهار الجليدية إلى إزالة التربة والصخور، ويؤدي عدم استقرار الجليد إلى انهيارات ضخمة. هذه الظواهر يمكن أن تدمر البنية التحتية وتؤثر على البيئة، تتطلب إدارة هذه المخاطر استراتيجيات فعالة لحماية البيئة، وتحسين البنية التحتية، وإدارة المياه والتربة لضمان استدامة المناطق المتأثرة (Guzzetti, 2023).

يتبين من خلال خريطة (٤) وبيانات الجدول (٣) أن المناطق التي يتراوح ارتفاعها بين (٥٠٠ - ١٠٠٠) متر تتميز التضاريس بالتلال والمناطق المنحدرة. في هذه المناطق، تبرز المخاطر الرئيسية مثل تعرية التربة، الانزلاقات الأرضية، والانهيارات الصخرية. يعود سبب هذه المخاطر إلى تأثير الجاذبية على التربة والماء، مما يؤدي إلى تعرية التربة والانزلاقات الأرضية التي تكون شائعة بسبب المنحدرات. كما أن الصخور في هذه المناطق قد تكون غير مستقرة وتؤدي إلى انهيارات. المساحة الإجمالية لهذه الفئة هي (١٤١.٢٥) كم²، بنسبة (٩.١٥ %) من الإجمالي المنطقة، أما الارتفاع الذي يتراوح بين (١٠٠٠ - ١٥٠٠) متر تشمل التضاريس تلالاً مرتفعة وجبالاً منخفضة. هنا، تزداد المخاطر مثل الانزلاقات الأرضية والانهيارات الصخرية، بالإضافة إلى خطر الفيضانات. التلال المرتفعة تكون أكثر عرضة للانزلاقات إذا كانت التربة غير مستقرة، بينما الجبال المنخفضة قد تعاني من مشاكل في تصريف المياه، مما يزيد من خطر الفيضانات. المساحة لهذه الفئة تبلغ (٣٧٩.٧٣) كم²، وهو ما يشكل نسبة (٢٤.٦١ %) من المساحة الإجمالية. في حين أن الارتفاع الذي يتراوح بين (١٥٠٠ - ٢٠٠٠) متر تكون التضاريس عبارة عن جبال متوسطة. في هذه المناطق، تشمل المخاطر تعرية التربة، الانزلاقات الأرضية، والانهيارات الصخرية. تعاني هذه المناطق من تعرية التربة والانزلاقات الأرضية بسبب التضاريس المتغيرة والمطر الغزير الذي يؤثر على استقرار التربة. المساحة الإجمالية لهذه الفئة هي

(٣٩٥.٨٦) كم^٢، أي بنسبة (٢٥.٦٥ %) من الإجمالي. واخيراً الارتفاع الذي يتراوح بين (٢٠٠٠ - ٣٠٠٠) متر فتكون التضاريس جبلاً مرتفعة. في هذه المناطق، تتجلى المخاطر في الانهيارات الجليدية، تعرية الصخور، والانزلاقات الأرضية. تعاني الجبال المرتفعة من خطر الانهيارات الجليدية بسبب البرودة الشديدة والعوامل الجوية القاسية التي تؤدي أيضاً إلى تعرية الصخور. المساحة لهذه الفئة هي (٦٢٦.٣٧) كم^٢، وهو ما يشكل (٤٠.٥٩ %) من المساحة الإجمالية، خريطة (٤).

خريطة (٤) المخاطر الناتجة عن اقسام سطح الارض



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (٣) المخاطر الناتجة عن اقسام سطح الارض

ومساحتها في منطقة الدراسة

الارتفاع (متر)	التضاريس	أصناف المخاطر	الوصف	المساحة كم ^٢	%
١٠٠٠ - ٥٠٠	تلال ومناطق منحدرية	- تعرية التربة - انزلاقات أرضية - انهيارات صخرية	التلال والمناطق المنحدرة عرضة لتعرية التربة والانزلاقات الأرضية بسبب تأثير الجاذبية والماء.	١٤١,٢٥	٩,١٥
١٥٠٠ - ١٠٠٠	تلال مرتفعة وجبال منخفضة	-انزلاقات أرضية - انهيارات صخرية - خطر الفيضانات	التلال المرتفعة قد تكون أكثر عرضة للانزلاقات إذا كانت التربة غير مستقرة. الجبال المنخفضة قد تواجه مشاكل في التصريف مما يؤدي إلى الفيضانات.	٣٧٩,٧٣	٢٤,٦١
٢٠٠٠ - ١٥٠٠	جبال متوسطة	-تعرية التربة - انزلاقات أرضية - انهيارات صخرية	الجبال المتوسطة قد تعاني من تعرية التربة وانزلاقات أرضية بسبب التضاريس المتغيرة والمطر الغزير.	٣٩٥,٨٦	٢٥,٦٥
٣٠٠٠ - ٢٠٠٠	جبال مرتفعة	-انهيارات جليدية - تعرية الصخور - انزلاقات أرضية	الجبال المرتفعة قد تواجه خطر الانهيارات الجليدية والتعرية الشديدة بسبب البرودة الشديدة والعوامل الجوية القاسية.	٦٢٦,٣٧	٤٠,٥٩
المجموع					
				١٥٤٣,٢١	١٠٠

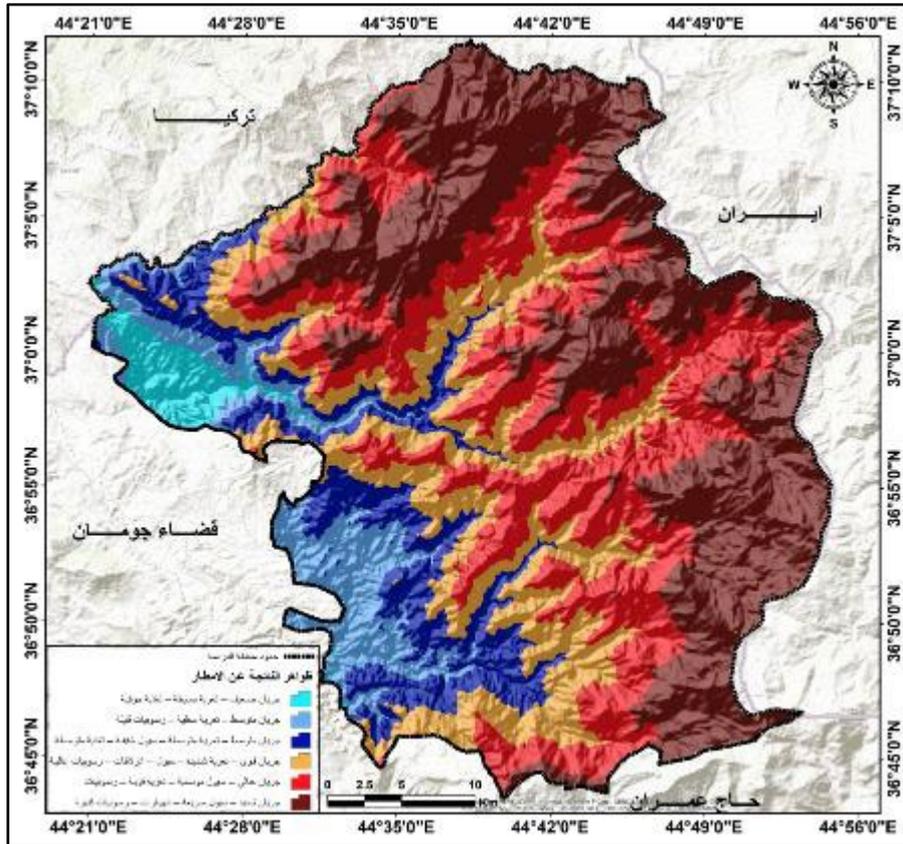
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٤).

٣- المخاطر المناخية الناتجة عن التساقط:

تم الاعتماد في هذه الدراسة على بيانات سبع محطات للرصد المناخي، شملت محطتين أرضيتين وخمس محطات افتراضية، باستخدام بيانات (NASA POWER) للمدة من (٢٠٠٠ - ٢٠٢٥)، حيث بلغ مجموع التساقط في منطقة الدراسة ما بين (٣٠٠ - ٣١٨) ملم. وقد تم اختيار هذه المنهجية لضمان تحقيق تغطية مكانية دقيقة وموثوقة. وأظهرت النتائج أن تأثير التساقط على الخصائص المورفومترية للمنطقة يختلف تبعاً لتباين الارتفاع وشدة الانحدار، مما استدعى تصنيف المخاطر المورفومترية إلى ستة أصناف رئيسية كما في خريطة (٥) وجدول (٤). يتمثل الصنف الأول (جريان ضعيف - تعرية بسيطة - تغذية جوفية)، ويغطي نسبة محدودة جداً تبلغ نحو ٢.٦٩٪ من مساحة المنطقة، ويظهر غالباً في السفوح المنخفضة والسهول حيث يكون تأثير الأمطار محدوداً على الجريان والتعرية، مع مساهمة بسيطة في تغذية المياه الجوفية. أما الصنف الثاني فهو (جريان متوسط - تعرية محلية - رسوبيات قليلة)، وينتشر في المناطق ذات الانحدار المنخفض إلى المعتدل. ويتميز بظهور الجريان السطحي بشكل أوضح، مع حدوث تعرية موضعية ونقل محدود للرسوبيات، ويشكل نحو ٧.١٢٪ من مساحة المنطقة. ويمثل الصنف الثالث (جريان متوسط - تعرية متوسطة - سيول خفيفة - تغذية متوسطة) المناطق الأكثر انحداراً، حيث تزداد شدة التعرية ويحدث جريان متوسط ترافقه سيول خفيفة وتغذية جوفية متوسطة، ويغطي ما يقارب ١٠.٨٩٪ من مساحة المنطقة. ويبرز الصنف الرابع (جريان قوي - تعرية شديدة - سيول - انزلاقات - رسوبيات عالية) في المناطق شديدة الانحدار، حيث يؤدي الهطول إلى

جريان قوي وتعرية واضحة، مع احتمالية حدوث سيول وانزلاقات أرضية ونقل عالي للرسوبيات. ويمثل هذا الصنف نحو ١٦.٨٥٪ من إجمالي المساحة. ويأتي الصنف الخامس (جريان عالي - سيول موسمية - تعرية قوية - رسوبيات) في المناطق المرتفعة ذات الانحدار الكبير، حيث تتسبب الأمطار في سيول موسمية قوية وتعرية شديدة مع نقل كبير للرواسب، مما يجعلها مناطق ذات مستوى خطر متوسط إلى مرتفع، وتشكل ما نسبته ٢٧.٩٨٪ من مساحة الدراسة. أما الصنف السادس والأخير فهو (جريان شديد - سيول سريعة - انهيارات - رسوبيات كبيرة)، ويشمل المناطق الجبلية الأكثر انحداراً، حيث تظهر أعلى مستويات الجريان والسيول والانهيارات الأرضية، فضلاً عن النقل الكبير للرسوبيات. وتغطي هذه الفئة حوالي ٣٤.٤٧٪ من مساحة المنطقة، مما يجعلها الأكثر تعرضاً للمخاطر الطبيعية المرتبطة بهطول الأمطار.

خريطة (٥) المخاطر الناتجة عن هطول الامطار في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على طبقة هطول الامطار وطبقة الارتفاع وطبقة الانحدار سطح الارض، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (٤) المخاطر الناتجة عن هطول الامطار في منطقة الدراسة

التأثير	%	المساحة كم ^٢	اصناف المخاطر
تأثير ضعيف على الأرض والمياه	2.69	41.04	جريان ضعيف - تعرية بسيطة - تغذية جوفية
تأثير منخفض إلى متوسط، خطر محدود	7.12	108.62	جريان متوسط - تعرية محلية - رسوبيات قليلة
تأثير متوسط، سيول طفيفة، تغذية مياه متوسطة	10.89	166.2	جريان متوسط - تعرية متوسطة - سيول خفيفة - تغذية متوسطة
تأثير كبير، سيول وانزلاقات واضحة، تعرية قوية	16.85	256.98	جريان قوي - تعرية شديدة - سيول - انزلاقات - رسوبيات عالية
تأثير مرتفع، سيول موسمية، نقل رسوبيات مهم	27.98	426.88	جريان عالي - سيول موسمية - تعرية قوية - رسوبيات
تأثير شديد جداً، سيول وانهيارات خطيرة، نقل رسوبيات كبير	34.47	525.75	جريان شديد - سيول سريعة - انهيارات - رسوبيات كبيرة
	100	1525.47	المجموع

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٥).

٤- تقييم المؤشرات الهيدرولوجية:

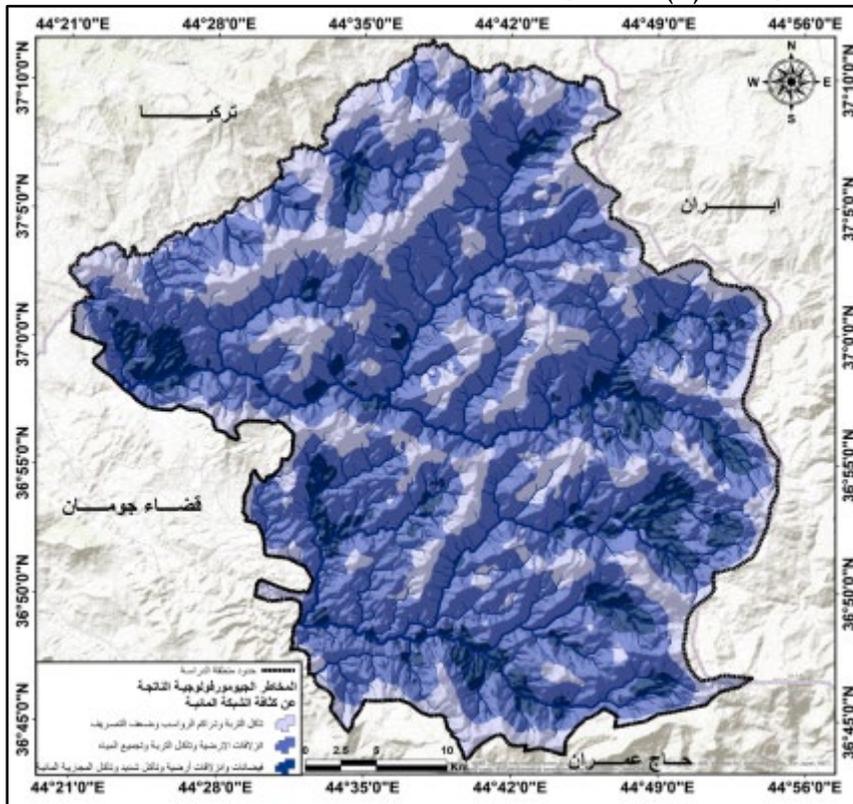
٤-١ المخاطر الناتجة عن تصريف المياه (شبكات الأودية):

تؤدي اختلافات سطح الأرض إلى مجموعة من المخاطر التي تؤثر على البيئة والبنية التحتية. في المناطق ذات المنحدرات الحادة، يكون التربة والصخور عرضة للانزلاقات والانهيارات الأرضية بسبب قوة الجاذبية، مما يؤدي إلى أضرار كبيرة للبنية التحتية والأراضي الزراعية. بالمقابل، في المناطق المسطحة أو ذات الانحدار الطفيف، يمكن أن يتسبب تجمع المياه في حدوث فيضانات، خصوصاً خلال الأمطار الغزيرة، مما يؤثر على الممتلكات والتربة الزراعية. في المناطق الجبلية، تشكل التعرية الجليدية والانهيارات الجليدية والمائية مخاطر رئيسية، حيث تؤدي الأنهار الجليدية إلى إزالة التربة والصخور، وتسبب الانهيارات الجليدية أضراراً ضخمة (Ashraf Abdelkarim, 2019). أما في المناطق الساحلية، فتؤدي التعرية البحرية والتعرية الساحلي إلى فقدان الأراضي وتدمير الموائل الطبيعية، بينما يمكن أن تؤدي العواصف البحرية إلى فيضانات وأضرار للبنية التحتية. التعامل مع هذه المخاطر يتطلب استراتيجيات فعالة لحماية البيئة وتحسين البنية التحتية وإدارة المياه والتربة لضمان استدامة المناطق المتأثرة (Hanaa A. Megahed, 2020).

يتضح من خلال خريطة (٦) وجدول (٥) وجود تفاوت في المخاطر بين مناطق الدراسة وفقاً لكثافة الشبكة المائية، بلغ مساحة الكثافة المنخفضة (٤٨٨.١٧) كم^٢ بنسبة (٣١.٦٤٪) من المساحة الكلية إذ تتضمن المخاطر الرئيسية تعرية التربة، تراكم الرواسب، وضعف التصريف. في هذه المناطق، قد يكون

تعرية التربة بطيئاً، لكن تراكم الرواسب يمكن أن يحدث تدريجياً بسبب عدم فعالية التصريف. وهذا يعني أن المياه التي تتدفق ببطء قد تتجمع وتسبب تراكم الرواسب بمرور الوقت. أما الكثافة المتوسطة فقد بلغ مساحتها نحو (٦٣٢.٤٩) كم² ما يمثل نسبة (٤٠.٩٩%) من المساحة الإجمالية للمنطقة تبرز مخاطر هذا الصنف مثل الانزلاقات الأرضية، تعرية التربة، وتجميع المياه. في هذه الحالة، تكون المياه منقولة بشكل أكثر فعالية مقارنة بالكثافة المنخفضة، مما يمكن أن يؤدي إلى تجمع المياه في بعض المناطق. هذا قد يسبب انزلاقات أرضية وتعرية التربة نتيجة لتحرك المياه بفعالية أكبر. في حين بلغت مساحة الكثافة العالية للمجري المائية في منطقة الدراسة نحو (٤٢٢.٤١) كم² ونسبة (٢٧.٣٧%) تشمل المخاطر الفيضانات، الانزلاقات الأرضية، التعرية الشديد، وتعرية المجاري المائية. في هذه المناطق، يكون تدفق المياه قوياً للغاية مما يزيد من مخاطر الفيضانات والانزلاقات الأرضية. كما أن التعرية في المجاري المائية يكون شديداً بسبب التدفق الكبير للمياه، مما يؤثر على استقرار التربة والمجري المائية نفسها.

خريطة (٦) المخاطر الناتجة عن كثافة الشبكة المائية



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).



جدول (٥) المخاطر الناتجة عن كثافة الشبكة المائية ومساحتها في منطقة الدراسة

كثافة الشبكة المائية	أنصاف المخاطر	الوصف	المساحة كم ^٢	%
منخفضة	- تعرية التربة - تراكم الرواسب - ضعف التصريف	في المناطق ذات كثافة شبكة مائية منخفضة، قد يكون هناك تعرية بطيء ولكن تراكم الرواسب يمكن أن يحدث مع الوقت بسبب ضعف التصريف.	٤٨٨,١٧	٣١,٦٤
متوسطة	-انزلاقات أرضية - تعرية التربة - تجميع المياه	كثافة الشبكة المائية المتوسطة يمكن أن تؤدي إلى انزلاقات أرضية وتعرية التربة، حيث يتم نقل المياه بشكل أكثر فعالية مما يؤدي إلى تجمعها في بعض المناطق.	٦٣٢,٤٩	٤٠,٩٩
عالية	- فيضانات - انزلاقات أرضية - تعرية شديدة - تعرية المجاري المائية	في المناطق ذات كثافة شبكة مائية عالية، تكون هناك مخاطر أكبر للفيضانات والانزلاقات الأرضية، بالإضافة إلى تعرية شديدة في المجاري المائية بسبب تدفق المياه	٤٢٢,٤١	٢٧,٣٧
المجموع				
			١٥٤٣,٠٧	١٠٠

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٦).

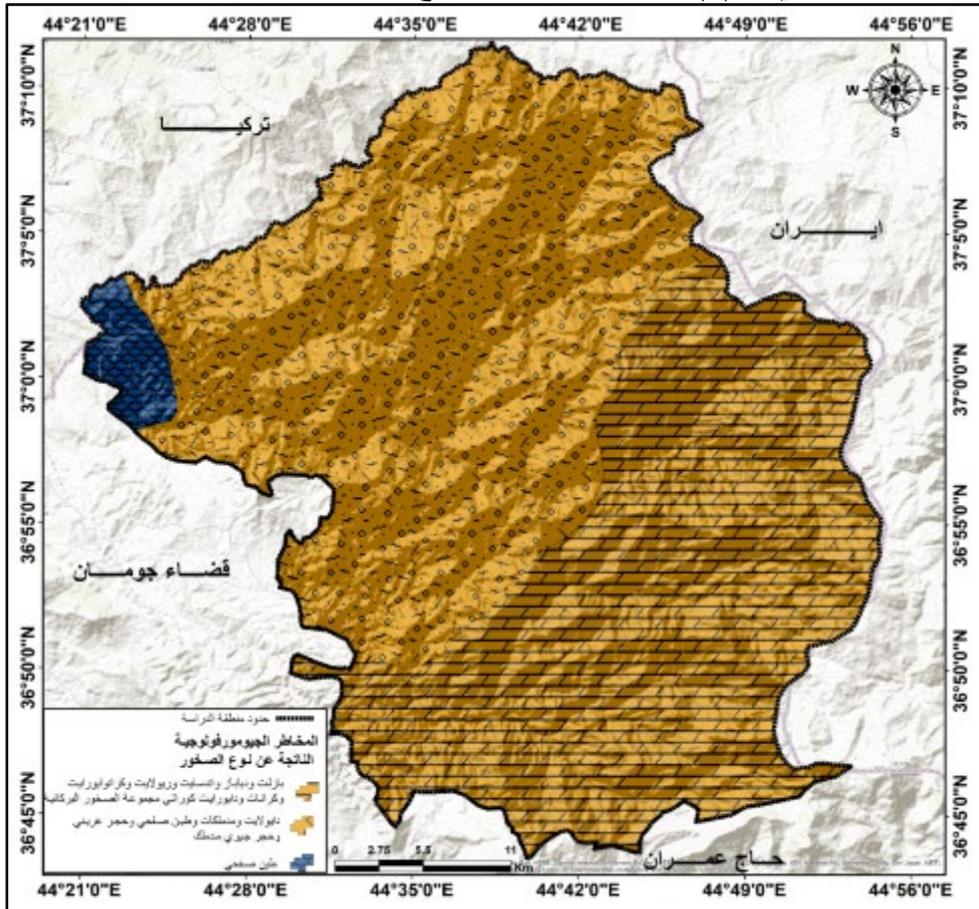
٥- تقييم المؤشرات الجيولوجية:

٥-١ المخاطر الناتجة عن نوع الصخور:

تتنوع المخاطر الناتجة عن نوع الصخور بشكل كبير، حيث تؤثر خصائص الصخور المختلفة على استقرار الأرض والميل إلى الانهيارات والانزلاقات. الصخور الرسوبية مثل الحجر الجيري والصخور الرملية تكون عرضة للتعرية والتفكك بسهولة، مما يجعلها أكثر عرضة للانهيارات الأرضية خاصة في المناطق ذات الأمطار الغزيرة. في المناطق الجبلية، قد تؤدي الصخور النارية مثل الجرانيت إلى الانهيارات الصخرية بسبب تواجدها في المنحدرات الحادة وتعرضها لعوامل التجوية الميكانيكية مثل التمدد الحراري والتجمد والذوبان المتكرر. بالإضافة إلى ذلك، الصخور المتحولة مثل الشيست يمكن أن تكون غير مستقرة عندما تتعرض للانحدارات الشديدة بسبب تكوينها الطبقي الذي يسهل الانزلاقات الأرضية. تعتمد خطورة هذه المخاطر على تفاعل نوع الصخور مع العوامل البيئية المختلفة مثل الأمطار والحرارة والضغط، مما يجعل من الضروري دراسة نوعية الصخور بدقة عند تقييم المخاطر المروفومناخية في أي منطقة (Douglas W. Burbank، ٢٠١١)، يتضح من خريطة (٧) وجدول (٦) وأن المنطقة الأكبر مساحة، والتي تبلغ نسبتها (٥٢.٤٪)، تغطيها صخور دايولايت، مدملكات، طين صفحي، حجر غريني، وحجر جيرى مدملك، وتعد هذه الصخور، وخصوصاً الطين الصفحي والحجر الغريني، ضعيفة التماسك وسهلة التفتت، مما يجعلها عرضة للانزلاقات الأرضية والانجرافات، خاصة في المناطق ذات الانحدارات

الحادة. في المقابل، يغطي الطين الصفحي وحده مساحة صغيرة نسبياً تبلغ نسبتها (٢.٣%)، لكنه شديد الهشاشة وسريع التفتت عند تعرضه للمياه، مما يزيد من احتمالية حدوث الانهيارات السطحية. أما الصخور البركانية مثل بازلت، دياباز، اندسايت، ريولايت، كراناويرايت، كرانات، ودايورائيت كورائي، فهي تمتد على مساحة واسعة تبلغ نسبتها (٤٥.٣%)، وتتميز بالصلابة والمقاومة للتعرية، ما يقلل نسبياً من المخاطر، إلا أن الفواصل والتشققات فيها قد تؤدي إلى سقوط كتل صخرية في بعض المناطق.

خريطة (٧) المخاطر الناتجة عن نوع الصخور



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).



جدول (٦) المخاطر الناتجة عن نوع الصخور ومساحتها في منطقة الدراسة

نوع الصخور	المساحة	%	الوصف
دايولايت ومدملكات وطين صفحي وحجر غريني وحجر جيرى مدملك	808.57	52.4	هذه الصخور غالباً ضعيفة التماسك وقابلة للتعرية والانهيارات، خصوصاً الطين الصفحي والحجر الغريني، مما يزيد من احتمالية الانزلاقات الأرضية وانجراف التربة.
طين صفحي	35.47	2.3	من أكثر الصخور هشاشة، سريع التفكك تحت تأثير المياه، ويؤدي إلى مخاطر عالية للانزلاقات الأرضية والانهيارات السطحية.
بازلت ودياباز وانديسايت وريولايت وكرانوايورايث وكرانات ودايورايث كوراتي مجموعة الصخور البركانية	699.21	45.3	تتميز بالصلاب والمقاومة العالية للتعرية، مما يقلل نسبياً من المخاطر، لكن التشققات العمودية والفواصل قد تسبب انحدارات صخرية حادة تؤدي إلى سقوط الكتل الصخرية (Rockfalls).
المجموع	1543.24	100	

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٧).

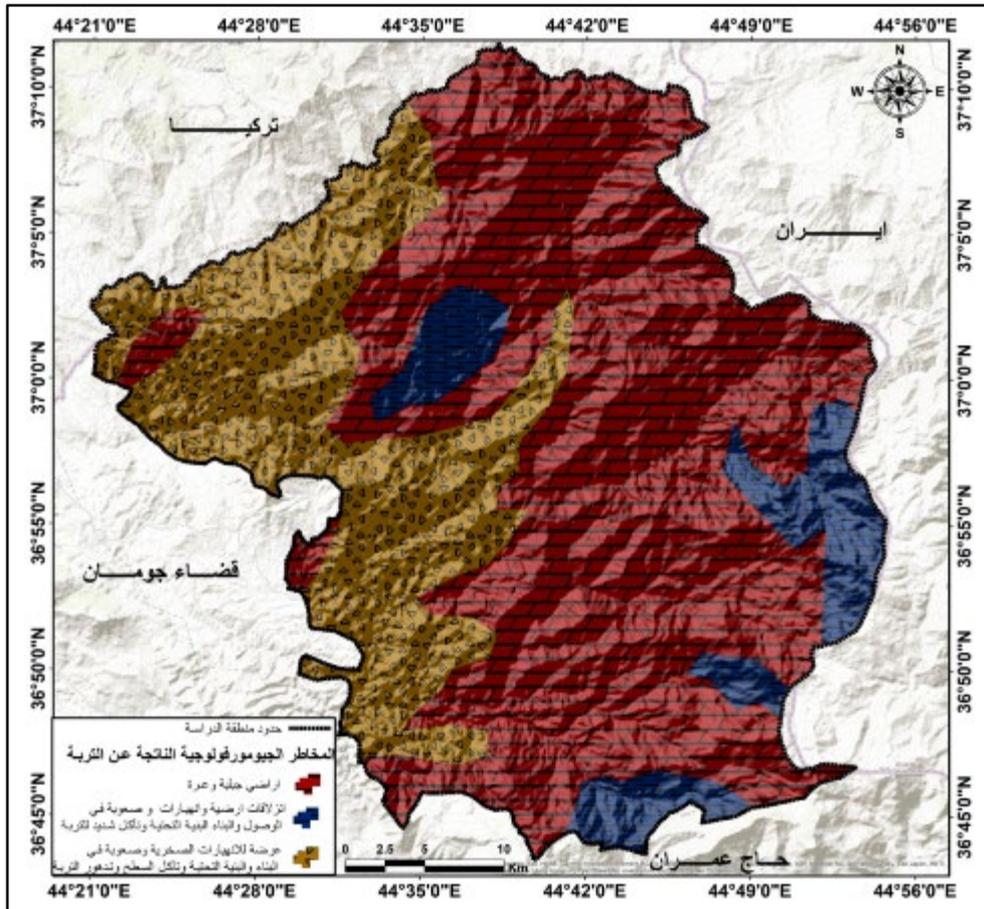
٥-٢ المخاطر الناتجة عن التربة:

المخاطر الناتجة عن التربة تشمل عدة جوانب تؤثر على استقرار الأرض والبيئة. في الأراضي الوعرة المشققة الصخرية، تكون الصخور عرضة للانهيارات المفاجئة بسبب التشققات العميقة، مما يجعل هذه التربة غير مستقرة وخطرة للبناء. في الأراضي الجبلية الوعرة، تزداد احتمالية الانزلاقات الأرضية بسبب الانحدارات الحادة، مع تعرية سريع للتربة السطحية. أما في الأراضي الجبلية الوعرة جداً مثل أراضي البيا العالية، فتكون المخاطر المورفومناخية في أعلى مستوياتها، مع خطر شديد للانزلاقات والانهيارات الأرضية، مما يجعلها غير صالحة للاستخدام البشري وتتطلب تخطيطاً وإجراءات وقائية دقيقة (Montgomery, 2007).

يتبين من بيانات خريطة (٨) وجدول (٧) أن الأراضي الوعرة المشققة صخرية تغطي مساحة قدرها (٩٥٦.١٣) كم^٢، وتشكل (٦١.٩٦٪) من المساحة الإجمالية، وتواجه مخاطر كبيرة تتعلق بالانهيارات الصخرية المفاجئة نتيجة التشققات العميقة في الصخور التي تقلل من استقرارها. كما تعاني هذه الأراضي من صعوبة في استقرار البناء والبنية التحتية، مما يجعل تطويرها أمراً معقداً ومكلفاً، إضافةً إلى تعرية سطحي ملحوظ وتدهور التربة نتيجة ضعف التماسك بين الصخور، مما يؤدي إلى فقدان التربة وزيادة المخاطر البيئية. أما الأراضي الجبلية الوعرة، فهي تغطي مساحة (٤٣٥.٤٩) كم^٢ وتشكل (٢٨.٢٢٪)

من المساحة الإجمالية، وتواجه خطر الانزلاقات الأرضية بشكل خاص بسبب الانحدارات الحادة، كما تعاني من تعرية التربة السطحي السريع أثناء الأمطار الغزيرة، مما يزيد من احتمالية حدوث فيضانات وانزلاقات. التضاريس الصعبة تجعل الزراعة واستخدام الأراضي تحدياً كبيراً، حيث تكون إمكانية الوصول إلى هذه المناطق وتطويرها محدودة. في المقابل، تمثل الأراضي الجبلية الوعرة البيا (عالية جداً) مساحة صغيرة نسبياً تبلغ (١٥١.٤٧) كم²، أي ما يعادل (٩.٨٢٪) من المساحة الإجمالية، لكنها تعد من أخطر أنواع الأراضي، كونها معرضة بشكل كبير للانزلاقات الأرضية والانهيarts الصخرية، مما يجعل الوصول إليها أو بناء أي بنية تحتية عليها صعباً جداً. التعرية الشديدة للتربة في هذه المناطق قد يؤدي إلى فقدان كامل للتربة السطحية، ما يجعل الأرض عرضة لمزيد من التدهور البيئي وفقدان الخصوبة، كما هو موضح في خريطة (٧).

خريطة (٨) مخاطر الناتجة عن نوع التربة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (٧) المخاطر الناتجة عن نوع التربة ومساحتها في منطقة الدراسة

نوع التربة	أصناف المخاطر	المساحة كم ^٢	%
أراضي وعرة مشققة صخرية	- عرضة لانهيئات صخرية مفاجئة بسبب التشققات العميقة في الصخور. - صعوبة في استقرار البناء والبنية التحتية. - تعرية السطح وتدهور التربة بسبب ضعف التماسك بين الصخور.	٩٥٦,١٣	٦١,٩٦
أراضي جبلية وعرة	- خطر الانزلاقات الأرضية بسبب الانحدارات الحادة. - تعرية التربة السطحي السريع، خاصة أثناء الأمطار الغزيرة. - صعوبة في الزراعة واستخدام الأراضي بسبب التضاريس الصعبة.	٤٣٥,٤٩	٢٨,٢٢
أراضي جبلية وعرة البيا (عالية جداً)	- مخاطر عالية جداً للانزلاقات الأرضية والانهيئات الصخرية. - صعوبة في الوصول وبناء البنية التحتية. - تعرية شديدة للتربة يمكن أن يؤدي إلى فقدان التربة السطحية بالكامل.	١٥١,٤٧	٩,٨٢
المجموع		١٥٤٣,٠٩	١٠٠

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٨).

٦- تقييم المؤشرات البيئية:

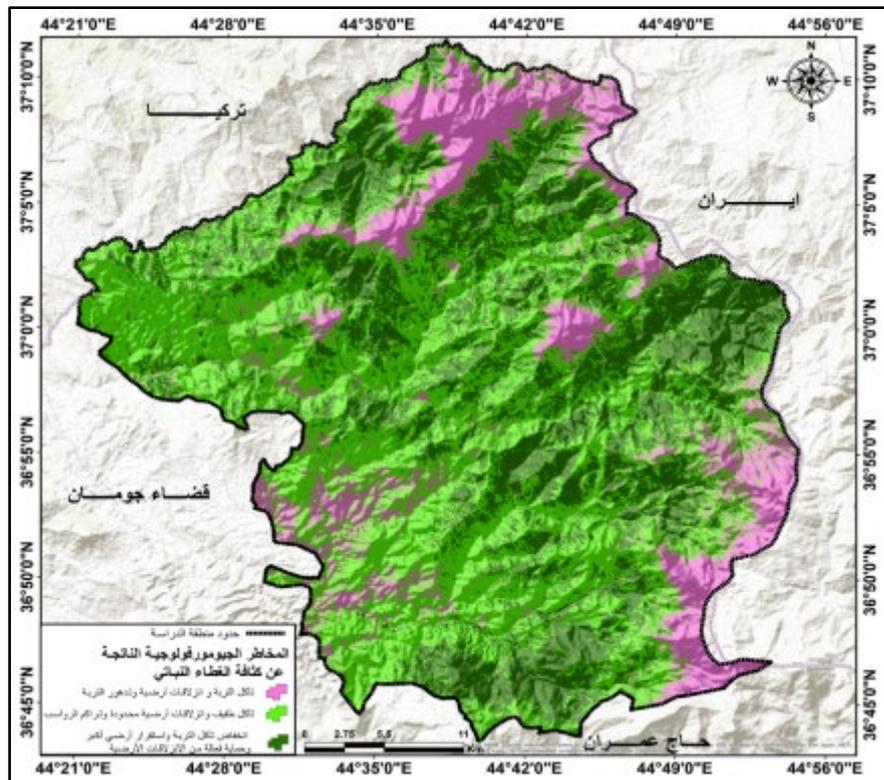
٦-١ المخاطر الناتجة عن الغطاء النباتي:

تؤثر المخاطر المرتبطة بالغطاء النباتي بشكل معقد على تشكيل واستقرار الأرض. يلعب الغطاء النباتي، من الغابات إلى النباتات الصغيرة، دوراً أساسياً في التحكم في التعرية والاستقرار الجيومورفولوجي. عندما يكون الغطاء كثيفاً ومستقرًا، يمنع التعرية بفضل امتصاص المياه وتقليل جريانها، مما يساعد في تثبيت التربة ومنع الانزلاقات، لكن، عند تغيير الغطاء النباتي أو تدهوره، مثل إزالة الأشجار، تصبح التربة أقل استقراراً، مما يزيد من سرعة جريان المياه السطحية ويسبب التعرية والانزلاقات الأرضية، خاصة أثناء الأمطار الغزيرة. في المناطق الجافة أو شبه الجافة، نقص الغطاء النباتي يؤدي إلى تعرية سريعة وتدهور التربة، ويتفاقم في ظروف الجفاف أو غياب استراتيجيات الحماية (Montgomery, Soil erosion and agricultural sustainability, ٢٠٠٧).

التغيرات البشرية مثل البناء والزراعة أيضاً قد تزيد من عدم استقرار التربة وتعزز مخاطر الانزلاقات. في بعض الحالات، يمكن للغطاء النباتي الكثيف على المنحدرات الشديدة أن يسبب زيادة في وزن التربة والصخور، مما يعزز احتمال الانزلاقات إذا كانت الجذور غير كافية لدعم التربة، فيما يتعلق بكثافة الغطاء النباتي وتأثيره على المخاطر المروفومناخية (van Westen, ٢٠٠٨)، يتبين من خلال خريطة (٩) وجدول (٨) أن الغطاء النباتي في منطقة الدراسة صنف إلى ثلاث فئات. حيث احتلت المناطق ذات

الغطاء النباتي المنخفض مساحة تقدر بـ (٢٦٤.٢٧) كم^٢، بما يعادل نسبة (١٧.١٣٪)، ويتميز هذا الغطاء النباتي بالضعف، مما يجعل التربة معرضة بشكل كبير للعوامل الجوية مثل الرياح والأمطار، ويؤدي إلى تعرية التربة وزيادة خطر الانزلاقات الأرضية، ويصبح تدهور التربة مشكلة رئيسية بسبب نقص الحماية الطبيعية التي يوفرها الغطاء النباتي. أما المناطق ذات الغطاء النباتي المتوسط، فقد بلغت مساحتها (٧٥٥.٤٨) كم^٢ بنسبة (٤٨.٩٦٪)، وتوفر هذه المناطق حماية نسبية للتربة، مما يقلل من التعرية والانزلاقات الأرضية مقارنة بالمناطق ذات الغطاء النباتي المنخفض، ومع ذلك قد تحدث بعض المخاطر في الظروف القاسية مثل الأمطار الغزيرة أو الرياح الشديدة، حيث قد لا يكون الغطاء النباتي كافياً لمنع جميع الانزلاقات أو تراكم الرواسب. في حين احتلت المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف مساحة تقدر بـ (٥٢٣.٣٩) كم^٢، بما يعادل نسبة (٣٣.٩٢٪)، ويوفر الغطاء النباتي الكثيف حماية فعالة للتربة من التعرية والانزلاقات الأرضية، حيث تساعد الجذور والنباتات على تثبيت التربة وتقليل تأثير العوامل الجوية الضارة، ونتيجة لذلك تكون المخاطر في هذه المناطق منخفضة نسبياً.

خريطة (٩) المخاطر الناتجة عن كثافة الغطاء النباتي



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

جدول (٨) المخاطر الناتجة عن كثافة الغطاء النباتي ومساحتها في منطقة الدراسة

كثافة الغطاء النباتي	أنصاف المخاطر	الوصف	المساحة كم ^٢	%
منخفض	- تعرية التربة - انزلاقات أرضية - تدهور التربة	الغطاء النباتي المنخفض يسبب ضعف حماية التربة من العوامل الجوية، مما يؤدي إلى تعرية التربة وزيادة خطر الانزلاقات الأرضية.	٢٦٤,٢٧	١٧,١٣
متوسط	- تعرية طفيف - انزلاقات أرضية محدودة - تراكم الرواسب	تعد كثافة الغطاء النباتي المتوسطة عاملاً مهماً في توفير حماية نسبية للتربة، حيث تساهم في تقليل معدلات تعرية التربة والانزلاقات الأرضية. ومع ذلك، قد تظل هناك مخاطر محتملة لحدوث هذه الظواهر تحت ظروف مناخية أو بيئية قاسية	٧٥٥,٤٨	٤٨,٩٦
عالي	- انخفاض تعرية التربة - استقرار أرضي أكبر - حماية فعالة من الانزلاقات الأرضية	الغطاء النباتي الكثيف يوفر حماية فعالة للتربة من التعرية والانزلاقات الأرضية، حيث يعمل على تثبيت التربة وتقليل تأثير العوامل الجوية.	٥٢٣,٣٩	٣٣,٩٢
المجموع			١٥٤٣,١٤	١٠٠

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (٩).

٧- الأهمية النسبية للطبقات في تقييم خريطة المخاطر المورفومناخية:

بعد تحديد الطبقات وتصنيفها بحسب درجات ملاءمتها لتقييم المخاطر المورفومناخية، تم تحديد أفضليتها من خلال احتساب الأوزان النسبية للعوامل المكانية المؤثرة باستخدام طريقة التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process - AHP)، وهي من أكثر الأساليب العلمية دقة في تقدير أهمية العوامل وتحديد تأثير كل منها في القرار المكاني (Minatour Yasser, 2013).

تعتمد هذه الطريقة على المقارنات الثنائية بين المعايير لتحديد الأهمية النسبية لكل طبقة، وفق مقياس (جاسم، ٢٠٢٥) الذي تتراوح قيمه بين (١) للدلالة على الأهمية المتساوية و(٩) للدلالة على الأهمية القصوى، كما موضح في الشكل (٦). بعد ذلك، تم إعداد مصفوفة المقارنات البيئية بين جميع الطبقات جدول (٩) واستخراج الأوزان النهائية لكل معيار. تلتها عملية حساب نسبة الاتساق (Consistency Ratio - CR) للتحقق من منطقية ودقة المقارنات، حيث تم اعتماد النتائج التي بلغت فيها نسبة الاتساق أقل من (٠.١)، لضمان موثوقية ودقة النتائج العلمية في تحديد تأثير كل طبقة على تقييم مستويات المخاطر المورفومناخية في المنطقة المدروسة (Karakuş, 2022)، كما هو موضح في جدول (١٠) وشكل (٢).



شكل (٦) تحديد الأوزان النسبية لمخاطر المورفونماخية باستخدام (AHP)

AHP priorities

Name of Criteria

1	الانحدار
2	نوع الصخور
3	كثافة الشبكة المائية
4	الارتفاع
5	الغطاء النباتي
6	التربة
7	اقسام سطح الارض

max. 15 character ea.

OK

A - w/LAHP priorities - or B?	Equal	How much more?
1 الانحدار	نوع الصخور	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
2 الانحدار	كثافة الشبكة المائية	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
3 الانحدار	الارتفاع	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
4 الانحدار	الغطاء النباتي	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
5 الانحدار	التربة	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
6 الانحدار	اقسام سطح الارض	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
7 نوع الصخور	كثافة الشبكة المائية	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
8 نوع الصخور	الارتفاع	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
9 نوع الصخور	الغطاء النباتي	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
10 نوع الصخور	التربة	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
11 نوع الصخور	اقسام سطح الارض	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
12 كثافة الشبكة المائية	الارتفاع	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
13 كثافة الشبكة المائية	الغطاء النباتي	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
14 كثافة الشبكة المائية	التربة	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
15 كثافة الشبكة المائية	اقسام سطح الارض	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
16 الارتفاع	الغطاء النباتي	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
17 الارتفاع	التربة	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
18 الارتفاع	اقسام سطح الارض	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
19 الغطاء النباتي	التربة	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
20 الغطاء النباتي	اقسام سطح الارض	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
21 التربة	اقسام سطح الارض	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9

CR = 0% Please start pairwise comparison

Calculate

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج التحليل الهرمي (AHP).

جدول (٩) مصفوفة المقارنة الزوجية لمؤشرات الدراسة

الطبقات	الانحدار	نوع الصخور	كثافة الشبكة المائية	الارتفاع	الغطاء الأرضي	التربة	قسام السطح
الانحدار	1	1.25	1.667	1.667	2.5	2.5	5
نوع الصخور	0.8	1	1.333	1.333	2	2	4
كثافة الشبكة المائية	0.6	0.75	1	1	1.5	1.5	3
الارتفاع	0.6	0.75	1	1	1.5	1.5	3
الغطاء الأرضي	0.4	0.5	0.667	0.667	1	1	2
التربة	0.4	0.5	0.667	0.667	1	1	2
قسام السطح	0.2	0.25	0.333	0.333	0.5	0.5	1

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج التحليل الهرمي (AHP).

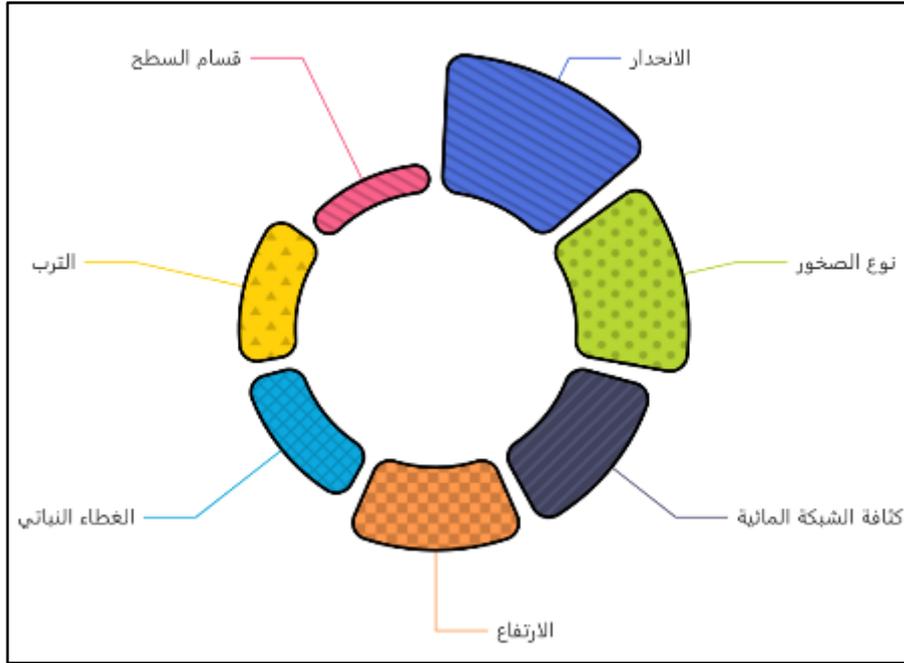
الجدول (١٠) الأوزان النسبية لمخاطر المورفونماخية لمنطقة الدراسة

ت	أسم الطبقة	المصدر	المرتبة	الافضلية %
1	الانحدار	نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ١٢,٥ متر	1	25
2	نوع الصخور	خريطة الجيومورفولوجية للعراق بمقياس رسم ١:١٠٠٠٠٠٠	2	20
3	كثافة الشبكة المائية	نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ١٢,٥ متر	3	15
4	الارتفاع	نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ١٢,٥ متر	4	15

5	الغطاء النباتي	Land cover	القمر الاصطناعي لاندسات بدقة ١٥ متر للفصل الجاف من عام ٢٠٢٥	5	10
6	الترب	SOIL	منظمة الأغذية والزراعة	6	10
7	قسام السطح	Surface Features	نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة ١٢,٥ متر	7	5

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج التحليل الهرمي (AHP).

شكل (٧) النسبة المئوية المخاطر المورفومناخية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (١٠).

٨- تقييم خريطة المخاطر المورفومناخية لناحية سيدكان :

بعد تحديد المعايير وتصنيفها وتقدير أوزانها النسبية، تم بناء نموذج تحليلي متكامل لتحديد درجات الخطورة المورفومناخية في ناحية سيدكان، باستخدام بيئة نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS) عبر أداة (Model Builder)، التي تعد من الأدوات المتقدمة في تصميم النماذج المكانية. إذ تتيح هذه الأداة تنفيذ العمليات التحليلية المكانية بشكل آلي ومنظم، وتحويل المشكلات الجغرافية المعقدة إلى سلسلة من الخطوات التحليلية المتتابعة ضمن مخطط بياني متكامل (Flowchart) يبدأ من إدخال البيانات وينتهي باستخراج النتائج النهائية كما موضح في الشكل (٨).

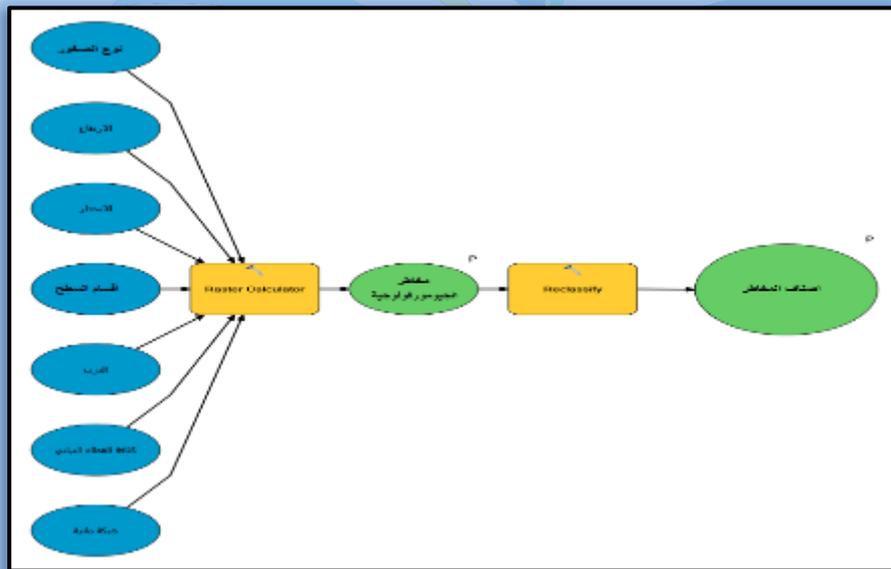
شملت المرحلة الأولى التحليل التركيبي (Overlay Analysis)، والذي تضمن إدخال الطبقات المكانية الأساسية المؤثرة في المخاطر المورفومناخية، مثل: (الانحدار، نوع الصخور، كثافة الشبكة المائية، الارتفاع، الغطاء الأرضي، الترب، لقسام السطح).

وقد تم استخدام أداة (Reclassify) لإعادة تصنيف الطبقات بحسب أهميتها النسبية وتأثيرها في مستوى الخطر المورفومناخي، كما موضح في الشكل (٩). في الخطوة التالية، تم تطبيق أداة (Weighted Overlay) لدمج هذه الطبقات وفقاً للأوزان النسبية المستخلصة من التحليل الهرمي (AHP)، مع إعطاء أهمية أكبر للعوامل الأكثر تأثيراً على نشوء مخاطر المورفومناخية مثل (الانحدار، نوع الصخور)، بينما كانت كثافة الشبكة المائية والارتفاع في المرتبة الثانية بعد العوامل التي سبق تليها عوامل آخر أقل تأثير على نشوء مخاطر المورفومناخية في منطقة الدراسة.

أما في المرحلة الثانية، فقد تم استخراج المناطق ذات الخطورة العالية (High Hazard Zones) باستخدام أدوات التحليل المكاني لتحديد المناطق الأكثر تعرضاً للمخاطر المورفومناخية. وفي المرحلة الثالثة، تم تحويل النتائج من النظام الشبكي (Raster) إلى النظام الخطي (Vector) عبر أداة (Raster to Polygon)، بهدف تثبيت النتائج النهائية وإتاحة إمكانية التعامل الميداني معها، بما يوفر نموذجاً رقمياً متكاملًا يمثل خريطة توزيع درجات المخاطر المورفومناخية في ناحية سيدكان.

وقد تمثلت النتائج النهائية في إعداد خريطة تحليلية تفصيلية خريطة (٩) تظهر التباين المكاني في شدة المخاطر المورفومناخية، وتشكل أداة علمية وتخطيطية مهمة لدعم صناعات القرار ومخططي استخدامات الأراضي في وضع استراتيجيات وقائية وإدارية تسهم في الحد من آثار المخاطر الطبيعية وتعزيز الاستدامة البيئية والتنمية في المنطقة.

شكل (٨) نمذجة المخاطر المورفومناخية باستخدام Model Builder



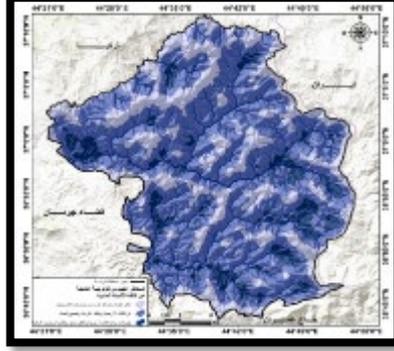
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج (ARC.GIS).

الشكل (٩) الطبقات التي تم الاعتماد عليها في نموذج مخاطر الجيومورفولوجية

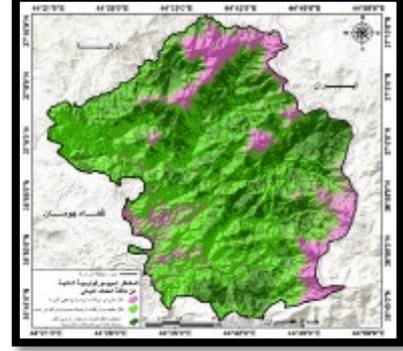
طبقة زرع



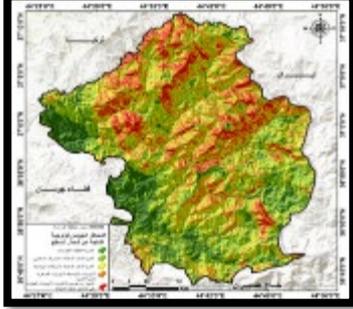
طبقة الشبكة المائية



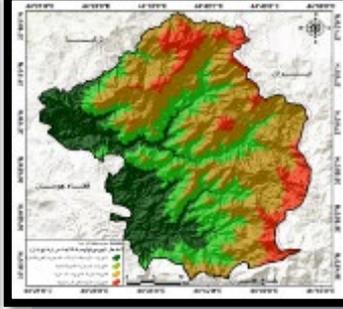
طبقة كثافة الغطاء النباتي



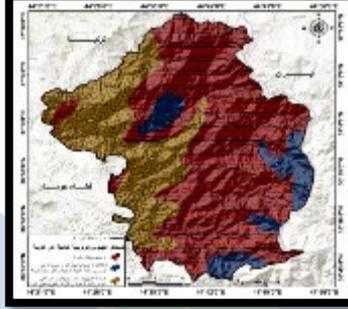
طبقة الانحدار



طبقة التربة



طبقة الارتفاعات



طبقة اقسام سطح الارض



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خرائط الدراسة.

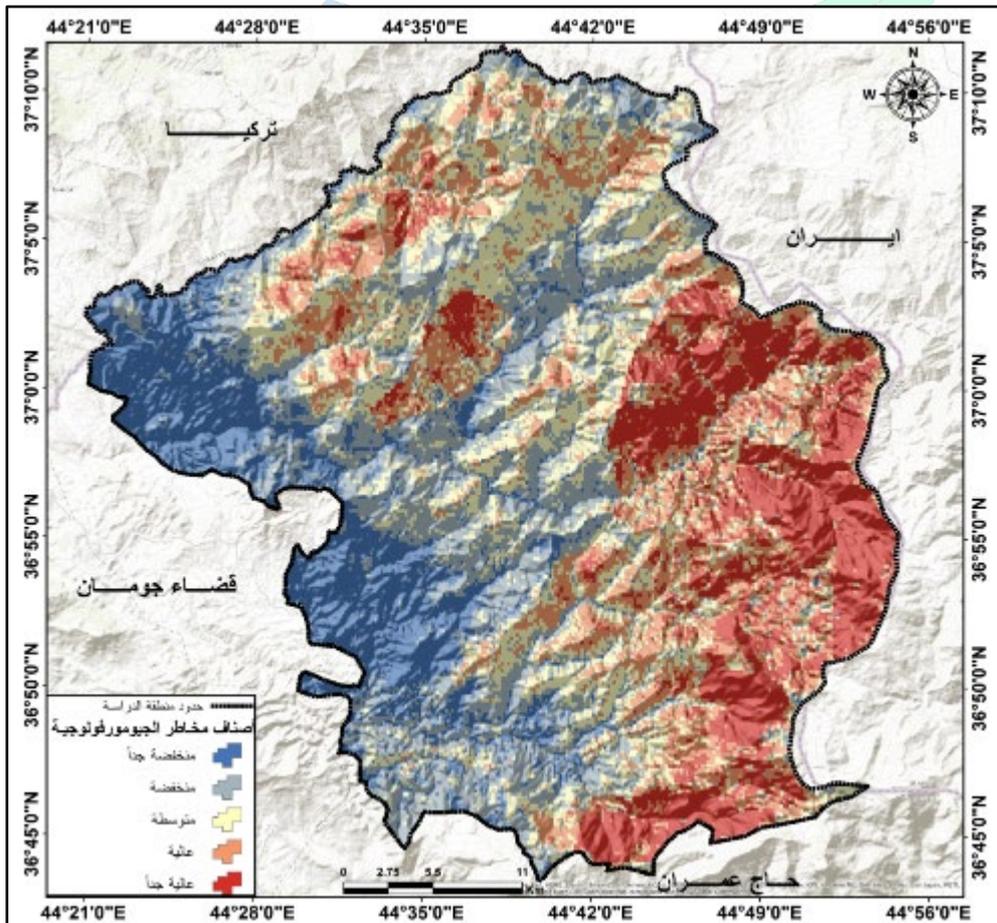
يتضح من خلال الجدول (١١) إن تغطي الفئة الأولى، وهي المخاطر المنخفضة جداً، مساحة قدرها (٩١١.٥١) كم^٢ بنسبة (٥٩.٧٧%)، وتتركز بشكل رئيسي في المناطق المستقرة جيولوجياً، حيث تكون الانحدارات قليلة والتضاريس مستقرة، مما يقلل من احتمالية حدوث المخاطر المورفومناخية. الفئة الثانية، المخاطر المنخفضة، تمتد على مساحة (٤٢٠.٩٥) كم^٢ بنسبة (٢٧.٦٠%)، وتنتشر في المناطق التي تتميز بانحدارات معتدلة، ما يجعلها أكثر عرضة للمخاطر مقارنة بالفئة الأولى ولكنها لا تزال تحتفظ بمستوى منخفض من الخطورة. الفئة الثالثة، المخاطر المتوسطة، تشغل مساحة (١٣٧.٣٢) كم^٢ بنسبة (٩.٠١%)، وتتواجد في المناطق التي تشهد تبايناً أكبر في التضاريس والانحدارات، مما يرفع مستوى الخطورة إلى مستوى متوسط. الفئة الرابعة، المخاطر العالية، تغطي مساحة (٤٣.٢٩) كم^٢ بنسبة (٢.٨٤%)، وتتركز في المناطق ذات التضاريس الوعرة والانحدارات الحادة، ما يزيد من احتمالية حدوث مخاطر جيومورفولوجية مثل الانهيارات الأرضية. وأخيراً، الفئة الخامسة، المخاطر العالية جداً، تشغل أقل مساحة بواقع (١١.٨٥) كم^٢ بنسبة (٠.٧٨%)، وتتواجد في المناطق الأكثر تعرضاً للمخاطر بسبب التضاريس الشديدة والانحدارات الحادة جداً، مما يجعلها الفئة الأكثر خطورة في منطقة الدراسة، خريطة (١٠).

جدول (١١) مساحة أصناف مخاطر المورفومناخية في منطقة الدراسة

ت	اللون الخرائطي	أصناف المخاطر	المساحة كم ^٢	%
١	أزرق	منخفضة جداً	٩١١,٥١	٥٩,٧٧
٢	أزرق فاتح	منخفضة	٤٢٠,٩٥	٢٧,٦٠
٣	أصفر	متوسطة	١٣٧,٣٢	٩,٠١
٤	أصفر داكن	عالية	٤٣,٢٩	٢,٨٤
٥	أحمر	عالية جداً	١١,٨٥	٠,٧٨

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة (١٠).

خريطة (١٠) أصناف مخاطر المورفومناخية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خرائط المدرجة في شكل اعلاه، وبرنامج (ARC.GIS).



الاستنتاجات:

- ١- أظهرت الدراسة أن النمذجة المكانية تمثل أداة فعالة لتقييم المخاطر المورفومناخية، حيث مكنت من دمج البيانات الطبوغرافية والمناخية والجغرافية في تحليل موحد يسهل تحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر.
- ٢- أظهرت بيانات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد دقتها العالية في تحديد العوامل المؤثرة على المخاطر المورفومناخية، مما ساهم في إنتاج خرائط مخاطر دقيقة وموثوقة لدعم التخطيط واتخاذ القرار في ناحية سيدكان.
- ٣- أكدت النتائج أن التباين في المخاطر المورفومناخية مرتبط بشكل رئيسي بالخصائص الطبوغرافية (الانحدار، الارتفاع) والظروف المناخية (هطول الأمطار، الرطوبة، الرياح)، بالإضافة إلى تغطية الأرض واستخدامات الأراضي.
- ٤- تشير النتائج إلى أن معظم مساحة الدراسة تقع ضمن فئات المخاطر المنخفضة، بينما تتركز المخاطر العالية جداً في المناطق شديدة الانحدار والتضاريس الوعرة، ما يجعلها الأكثر عرضة للانهيarts الأرضية والمخاطر المورفومناخية.
- ٥- تتركز معظم مساحة ناحية سيدكان ضمن مخاطر منخفضة تؤثر بشكل محدود على الأنشطة البشرية والزراعية، بينما تواجه المناطق شديدة الانحدار مخاطر عالية جداً تزيد من احتمالية الانهيarts الأرضية والتعرية وتهدد البنية التحتية والزراعة، فيما تتعرض المناطق ذات المخاطر المتوسطة لتأثيرات معتدلة، وتكون آثار المخاطر المنخفضة جداً ضئيلة على الأنشطة الاقتصادية والزراعية.



التوصيات:

- ١- توسيع استخدام تقنيات النمذجة المكانية (GIS و RS) في المؤسسات والجهات البيئية لتقييم المخاطر المورفومناخية بدقة عالية.
- ٢- اعتماد الخرائط المكانية للمخاطر كأداة للتخطيط العمراني والزراعي وتوجيه إنشاء البنى التحتية بعيداً عن المناطق عالية الخطورة.
- ٣- تطوير شبكة للرصد المناخي والهيدرولوجي بزيادة محطات قياس الأمطار ودرجات الحرارة والرطوبة لتحسين دقة التنبؤ بالمخاطر.
- ٤- تعزيز الغطاء النباتي والتشجير في المناطق الجبلية والسفوح لمنع الانجراف والتعرية وتقليل حدة المخاطر.
- ٥- إدماج نتائج الدراسات الأكاديمية في السياسات الحكومية لإدارة الكوارث والتنمية المستدامة، خصوصاً في المناطق الريفية الحساسة.
- ٦- تطوير برامج توعية محلية للسكان حول المخاطر وأساليب التكيف معها لتقليل الخسائر البشرية والمادية.



المصادر:

١. جاسم، عبد الرحمن عبد الكريم يحيى، (٢٠٢٥)، تصميم وتطوير خرائط جيومكانية متقدمة لتقييم مخاطر الانهيارات الارضية في قضاء عقرة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة العلوم الأساسية، جامعة واسط، العدد الثالث والثلاثون.
2. Ahmed F.D. Gaber Ashraf Abdelkarim .(٢٠١٩) .Flood Risk Assessment of the Wadi Nu'man Basin, Mecca, Saudi Arabia (During the Period, ١٩٨٨-٢٠١٩)Based on the Integration of Geomatics and Hydraulic Modeling: A Case Study . *Water*.
3. Castellanos van Westen .(٢٠٠٨) .Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult .*Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. ١٦٧-١٨٤ .
4. Huggel , C., et al .(٢٠٢٤) .An integrated assessment of landslide: Type, causes, pre-post analysis, and risk management strategies .*Science of the Total Environment*. ١٤٧-١٥٩ .
5. Comparative landslide susceptibility mapping using local inventories .(٢٠١٦) .Kayastha, R. B., et al .*Natural Hazards*. ١٣٧٥-١٣٩٣ .
6. David R. Montgomery .(٢٠٠٧) .Soil erosion and agricultural sustainability .*Proceedings of the National Academy of Sciences*. ١٣٢٦٨-١٣٢٧٢ .
7. David R. Montgomery .(٢٠٠٧) .Soil erosion and agricultural sustainability .*Proceedings of the National Academy of Sciences*. ١٣٢٦٨-١٣٢٧٢ .
8. Guzzetti , F., et al .(٢٠٢٣) .Landslides and flood hazard mapping using geomorphological analyses in urban areas .*Science of the Total Environment*. ١٥١-١٦٢ .
9. Seeyan , K. K., S & ,Jirjees, S Fatah .(٢٠٢٠) .Morphometric analysis using geo-information techniques for different watersheds in northeastern part of Erbil City, Kurdistan Region, North Iraq .*Iraqi Geological Journal*. ١٠٠-١٠١ .
10. Yilmaz , M. T., et al .(٢٠١٢) .Effect of the slope angle and its classification on landslide susceptibility .*Natural Hazards and Earth System Sciences*. ٢٧٦١-٢٧٧٢ .
11. Mohammed A. El Bastawesy Hanaa A. Megahed .(٢٠٢٠) .Hydrological problems of flash floods and the encroachment of wastewater affecting the urban areas in Greater Cairo, Egypt, using remote sensing and GIS techniques .*Bulletin of the National Research Centre*.
12. Fatah , R. T., K. K & ,Mustafa, Mzuri .(٢٠٢٤) .Identification of flood-prone areas using geo-informatics: A case study of Erbil City, Kurdistan Region, Iraq .*Iraqi Geological Journal*-٢٧٧ . ٢٩٥ .
13. Robert S. Anderson Douglas W. Burbank .(٢٠١١) .*Tectonic Geomorphology* .Wiley-Blackwell: Chichester, West Sussex, UK.
14. Minatour Yasser, et al , (2013), Earth Dam Site Selection Using the Analytic Hierarchy Process (AHP): A Case Study in the West of Iran, Arabian Journal of Geosciences, DOI: 10.1007/s12517-012-0602-x.
15. Karakuş .C.B. , (2022), GIS-Multi Criteria Decision Analysis-Based Land Suitability Assessment for Dam Site Selection, International Journal of Environmental Science and Technology, Volume 19, pages 12561–12580, (2022) <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-022-04323-4>