JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ
العدد الرابع والعشرون
(٩٣) -(١١٩)

التحليل الجيومورفولوجي لمخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل في محافظة السليمانية ـ دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية

م.م. عامر محمود عبد الكريم
جامعة البصرة/كلية الاداب/قسم الجغرافيا ونظم المعلومات
Amer.mahmood@uobasrah.edu.iq

المستخلص:

يعد التحليل الجيومورفولوجي لمخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل بمحافظة السليمانية موضوعًا حيويًا يهدف إلى فهم الديناميكيات الجيومورفولوجية وتأثيراتها المحتملة على البنية التحتية والمجتمع المحلي. يتميز هذا الوادي بتضاريسه الوعرة وتنوع التكوينات الجيولوجية التي تجعله عرضة لتحرك المواد الأرضية، خاصةً خلال فصول الأمطار الغزيرة. تساهم العوامل الطبوغرافية والانحدارات الحادة، بالإضافة إلى نوعية التربة وخصائص الصخور المكونة للجرف، في زيادة احتمالية الانزلاقات الأرضية، تهدف الدراسة إلى تحديد المناطق الأكثر تعرضًا للمخاطر من خلال تحليل الطبقات الجيولوجية، خصائص التربة، درجات انحدار الأرض، وأنماط تدفق المياه. يعتمد التحليل الجيومورفولوجي في هذا السياق على دمج البيانات الجغرافية والمناخية واستخدام لمرئيات القمر الصناعي (Landsat-8) ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) واستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وذلك لتقديم رؤية متكاملة وشاملة حول طبيعة المخاطر الجيومورفولوجية في المنطقة، استنتجت الدراسة أن المنطقة تحتوي على خمس فئات من مخاطر حركة المواد الأرضية. تشكل الفئة ذات المخاطر المنخفضة ٣١% من المساحة، ولا تتطلب تدابير وقائية. بينما تغطي الفئة ذات المخاطر المعتدلة ٣٢% من المنطقة، وتتطلب تحسين تصريف المياه وتثبيت التربة. وتغطي الفئة ذات المخاطر المتوسطة ٢٤% من المساحة، مما يستدعي تدعيم الجدران وتعزيز أنظمة صرف المياه. في حين تمثل الفئة ذات المخاطر العالية ١١%، وتحتاج إلى تدخل عاجل لتقوية التربة. وأخيرًا، تشكل الفئة ذات المخاطر الشديدة جدًا ٣%، وتتطلب إعادة تخطيط الطرق وإنشاء حواجز صخرية لحماية الأرواح والبنية التحتية.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ

كلمات مفتاحية: مخاطر تحرك المواد الأرضية، التحليل الجيومورفولوجي، وادي كاني مكايل، طريق سورداش، محافظة السليمانية.

The Geomorphological Analysis of Landslide Hazards along the Surdash Road in Kani Mkael Valley, Sulaymaniyah Governorate: A Study in Applied Geomorphology.

Assistant Professor Amer Mahmoud Abdel Karim
University of Basra/ College of Arts / Department of Geography and Information Systems
Amer.mahmood@uobasrah.edu.iq

Abstract:

The geomorphological analysis of landslide hazards along the Surdash Road in Kani Mkael Valley, Sulaymaniyah Governorate, is a vital subject aimed at understanding geomorphological dynamics and their potential impacts on infrastructure and the local community. This valley is characterized by its rugged terrain and diverse geological formations, making it prone to landslides, especially during heavy rainfall seasons. Topographical factors, steep slopes, along with soil quality and the rock properties of the cliffs, contribute to the increased likelihood of landslides. The study aims to identify the areas most vulnerable to hazards by analyzing geological layers, soil characteristics, land slope gradients, and water flow patterns.

The geomorphological analysis in this context relies on integrating geographic and climatic data, utilizing Landsat-8 satellite imagery, Digital Elevation Models (DEM), and employing remote sensing and Geographic Information System (GIS) technologies to provide a comprehensive and integrated view of geomorphological risks in the region.

The study concluded that the area contains five categories of landslide hazards. The low-risk category covers 31% of the area and does not require preventive measures. The moderate-risk category covers 32% and requires improvements in water drainage and soil stabilization. The medium-risk category covers 24%, necessitating wall reinforcement and the enhancement of drainage systems. The high-risk category represents 11% of the area and

JOBS مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

calls for urgent intervention to reinforce the soil. Lastly, the very high-risk category accounts for 3%, requiring road realignment and the construction of rock barriers to protect lives and infrastructure.

Keywords: Landslide Hazards, Geomorphological Analysis, Kani Mkael Valley, Surdash Road, Sulaymaniyah Governorate.

المقدمة:

يُعد التحليل الجيومورفولوجي أداةً حيوية لفهم وتقييم المخاطر الطبيعية التي تهدد البنية التحتية مثل الطرق. من أبرز هذه المخاطر تحرك المواد الأرضية، بما في ذلك الانهيارات الأرضية والانزلاقات الصخرية والتدفقات الطينية، والتي تؤثر بشكل كبير على سلامة الطرق واستدامتها. في هذا السياق، يشكل التحليل الجيومورفولوجي لمخاطر تحرك المواد الأرضية في وادي كاني مكايل على طريق سورداش في محافظة السليمانية أساسًا لفهم التفاعلات المعقدة بين العوامل الطبيعية والبشرية التي تسهم في هذه المخاطر (Zhang, L., & F. Chen. (2023).)

يُعتبر وادي كاني مكايل من المناطق ذات التضاريس الوعرة، حيث تتواجد سفوح الجبال شديدة الانحدار، مما يجعل المنطقة عرضة لتحرك المواد الأرضية مثل الانزلاقات والانهيارات الأرضية. يتطلب التحليل الجيومورفولوجي دراسة تفصيلية لتكوينات الأرض وتاريخها الجيولوجي، فضلاً عن تأثير العوامل المناخية مثل هطول الأمطار الشديدة والتغيرات في درجات الحرارة. تعتبر الطبيعة الجيومورفولوجية للمنطقة حاسمة في فهم آليات تحرك المواد الأرضية، حيث تشمل أنواع الصخور وتكويناتها، وميل السفوح، والخصائص الهيدرولوجية للتربة. الصخور الرسوبية المتشققة والمفتتة تزيد من فرص الانزلاقات الأرضية، خاصةً عند تعرضها للرطوبة، بينما تزيد الانحدارات الحادة للسفوح من قوى الجاذبية المؤثرة على الكتل الأرضية، مما يساهم في عدم استقرارها

(al.,Borrelli, P.2021,et .) إلى جانب العوامل الجيومورفولوجية، تلعب الأنشطة البشرية دورًا كبيرًا في زيادة المخاطر. على سبيل المثال، قد تؤدي عمليات قطع الطرق والبناء في المناطق المنحدرة إلى تغيير توزيع الأحمال وزيادة الإجهادات على السفوح، مما يعزز من حدوث الانزلاقات. كما أن إزالة الغطاء النباتي نتيجة الزراعة أو العمران يمكن أن تزيد من هشاشة التربة وتقليل تماسكها، مما يجعلها أكثر عرضة للانجراف(Boardman, J., & P. F. Bobbink. ,p22 (2020

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

تتضمن إجراءات التحليل الجيومورفولوجي تقييم المخاطر باستخدام أدوات تقنية مثل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرصد وتحديد المواقع الأكثر عرضة لتحرك المواد الأرضية. يمكن أيضًا استخدام نماذج رياضية للتنبؤ بالسيناريوهات المحتملة بناءً على البيانات المتاحة. يساعد هذا التحليل في وضع خطط لإدارة المخاطر والتخفيف من آثارها من خلال تحديد المناطق الخطرة وتوجيه الأنشطة البشرية بعيدًا عنها، أو تحسين تقنيات البناء لتقليل المخاطر. يُعتبر التحليل الجيومورفولوجي لمخاطر تحرك المواد الأرضية في طريق سورداش جزءًا أساسيًا من الجهود المبذولة لضمان السلامة العامة وتجنب الكوارث الطبيعية التي قد تهدد حياة السكان وتلحق أضرارًا بالبنية التحتية.(Dikau, R., Schrott, L., & T. Kienast. 2009,pp71.)

مشكلة الدراسة:

تتلخص مشكلة الدراسة في السؤال الاتي (هل تتزايد مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل بمحافظة السليمانية، والتي تؤثر بشكل سلبي على سلامة الطرق واستدامتها. وهل تواجه المنطقة تحديات كبيرة بسبب التضاريس الوعرة والانحدارات الشديدة، مما يزيد من احتمالية حدوث الانزلاقات والانهيارات الأرضية، خاصةً في ظل الظروف المناخية المتغيرة مثل الأمطار الغزيرة. وما دور الأنشطة البشرية مثل البناء وإزالة الغطاء النباتي في زيادة المخاطر؟ مما يهدد السلامة العامة ويؤدي إلى أضرار مادية.

فرضية الدراسة:

من المتوقع أن يكون لتحليل الجيومورفولوجي لمخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل القدرة على تحديد العوامل الطبيعية والبشرية التي تسهم في زيادة المخاطر، وتقديم حلول فعالة للتخفيف من هذه المخاطر. تُفترض الفرضية بأن فهم طبيعة التكوينات الجيولوجية والتضاريس، بالإضافة إلى تقييم تأثير العوامل المناخية والأنشطة البشرية، سيسهم في تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر وتحسين استدامة الطرق في المنطقة. بناءً على التحليل الجيومورفولوجي، يمكن استخدام أدوات مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد لتحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر وتقديم توصيات لتحسين تقنيات البناء وإدارة الأرض.

أهداف الدراسة:

١- تحليل وتحديد العوامل الجيومورفولوجية الأساسية في وادي كاني مكايل، بما في ذلك خصائص التكوينات الصخرية، ميل السفوح، وتوزيع التربة، وتأثير هذه العوامل على تحرك المواد الأرضية.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ

٢- دراسة تأثير العوامل المناخية مثل هطول الأمطار الغزيرة وتغيرات درجات الحرارة على استقرار المواد الأرضية وتزايد مخاطر الانزلاقات والانهيارات.

٣- تقييم كيف تسهم الأنشطة الطبيعية والبشرية مثل إزالة الغطاء النباتي في زيادة مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش، وتحديد الطرق التي يمكن من خلالها تقليل هذه التأثيرات.

٤- تطوير نماذج لتقييم المخاطر من خلال استخدام أدوات التحليل الجيومورفولوجي مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد لتطوير نماذج تقييم المخاطر وتحديد المناطق الأكثر عرضة لتحرك المواد الأرضية.

٥- اقتراح استراتيجيات لإدارة المخاطر بالاعتماد على نتائج التحليل، تقديم توصيات وإستراتيجيات فعالة لإدارة مخاطر تحرك المواد الأرضية، بما في ذلك تحسين تقنيات البناء، وإجراءات التثبيت، والتخطيط البيئي، لضمان سلامة الطرق واستدامتها.

٦- اقتراح حلول وإجراءات تهدف إلى تحسين الاستدامة البيئية في المنطقة، من خلال التخفيف من آثار الأنشطة البشرية وتقليل التهديدات المرتبطة بتحرك المواد الأرضية.

منهجية الدراسة:

استخدمت الدراسة مجموعة من المناهج الجغرافية وذلك بمتلائم مع موضع الدراسة ومنها، أولاً: المنهج الوصفي والذي يتضمن وصف خصائص التضاريس، التكوينات الصخرية، والتربة في المنطقة، مع التركيز على التغيرات في الأنماط الجغرافية. هذا المنهج يساعد في تقديم صورة شاملة للظروف الطبيعية التي تؤثر على تحرك المواد الأرضية، ثانياً: المنهج التحليلي يتضمن تحليل البيانات والخرائط لتحديد العوامل المؤثرة على تحرك المواد الأرضية. يشمل ذلك تحليل التكوينات الصخرية، ميل السفوح، والخصائص الهيدرولوجية، ثالثاً: المنهج الرقمي الذي يستخدم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل البيانات المكانية، وإنشاء خرائط للمخاطر، وتطوير نماذج رياضية لمحاكاة وتحليل السيناريوهات المختلفة لانزلاق المواد الأرضية بناءً على البيانات الجيومورفولوجية والمناخية.

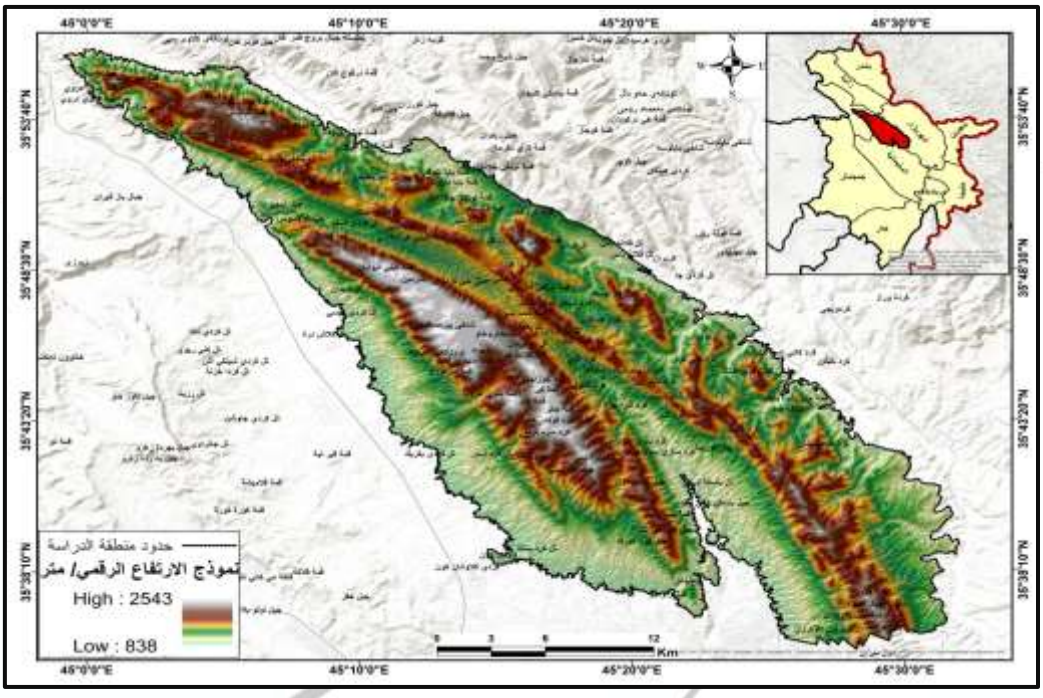
موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة المتمثل في طريق سورداش في وادي كاني مكايل التابع ادرياً لمحافظة السليمانية، يحد وادي كاني مكايل من الشمال سلسلة جبال زاغروس، ومن الجنوب أراضٍ منخفضة وتلال متفرقة. الطريق يقع ضمن هذه المنطقة الجغرافية الوعرة، ادارياً يقع وادي كاني مكايل ضمن

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ

ثلاث اقضية في محافظة السليمانية وهي (مركز محافظة السليمانية، وقضاء دوكان، وقضاء شهربازار)، أما فلكياً فيقع بين دائرتي عرض(٤٠ ٥٣َ ٣٥ْ – ١٠ً ٣٨َ ٣٥ْ) شمالاً، وخطي طول (٠ً ٣٠َ ٤٥ْ – ٠ً ٠٠َ ٤٥ْ) شرقاً، خريطة(١)

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



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

المحور الاول : نمذجة العوامل الطبيعية المؤثرة في حركة المواد

١-التكيون الجيولوجي: تؤثر التكوينات الجيولوجية بشكل كبير على مخاطر تحرك المواد الأرضية، خاصة في المناطق الجبلية مثل طريق سورداش في وادي كاني مكايل. هناك عدة تكوينات جيولوجية تلعب دورًا في هذه المخاطر كما في الجدول (١) وهي:

- **تكوين جركس – بيلاسبي:** احتل هذا التكوين المرتبة الاولى من حيث المساحة في المنطقة بنسبة بلغت (٣٤%) يتألف هذا التكوين من صخور رسوبية وجيرية، ويعد أكبر التكوينات في المنطقة. يتميز بصخور صلبة نسبيًا ولكنها يمكن أن تكون متشققة أو مجواة، أن الصخور الجيرية التي يحتويها هذا التكوين تعتبر أكثر مقاومة للتحلل، إلا أن تشققها يمكن أن يؤدي إلى زيادة فرص تحرك

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

المواد الأرضية، خاصةً عند تواجدها على منحدرات شديدة أو في مناطق تتعرض لهطول الأمطار بشكل كبير. تآكل الطبقات الجيرية قد يؤدي أيضًا إلى تشكيل الكهوف، مما يضعف بنية التربة فوقها ويسبب انزلاقات أرضية.

- **تكوين فيرانش – تانجيرو:** احتل هذا التكوين المرتبة الثانية بنسبة بلغت (٢٩%) يتكون هذا التكوين بشكل أساسي من صخور رسوبية ذات طبيعة متوسطة إلى ناعمة. ويشمل الصخور الطينية والصخور الرملية التي يمكن أن تكون عرضة للتحلل تحت تأثير العوامل الجويةظن فإن الأثر الجيومورفولوجي ينشأ من خلال الصخور الرسوبية في هذا التكوين قد تسهم في زيادة مخاطر تحرك المواد الأرضية، خاصة في المناطق التي تتعرض لأمطار غزيرة. تفتت الصخور الطينية بشكل خاص يؤدي إلى ضعف استقرار المنحدرات، مما يزيد من احتمال حدوث الانزلاقات الأرضية.
- **الطبقات الحمراء:** سجل هذا التكوين في المرتبة الثالثة بنسبة بلغت (٢٨%) يتكون من طبقات رسوبية حمراء اللون تشمل الصخور الطينية والحجر الرملي الذي اكتسب لونه الأحمر بسبب أكسيد الحديد، أما الأثر الجيومورفولوجي فإن هذا الكوين معرضة للتآكل خاصةً في المناطق ذات الأمطار العالية، حيث يمكن أن تؤدي إلى تفتت الصخور الطينية وحدوث انزلاقات أرضية على نطاق واسع، مما يزيد من خطورة التحركات الأرضية في المنطقة.
- **ترسبات غرينية حديثة:** هذه الترسبات تتكون من مواد غرينية ناعمة جدًا تم ترسيبها حديثًا بواسطة المياه الجارية، مثل الأنهار والجداول، بلغت نسبت تواجدها في المنطقة نحو (٦%) تعتبر هذا الترسبات الغرينية غير مستقرة بشكل كبير وقابلة للتآكل والانجراف، مما يجعلها عرضة لتحرك المواد الأرضية خصوصًا في حالة الفيضانات أو الأمطار الغزيرة. يمكن أن تسهم في تكوين رواسب طينية تؤدي إلى انزلاقات طينية أو انجرافات أرضية.
- **تكوين سرمورد – قمجوغه:** هذا التكوين يتكون من صخور مختلطة قد تشمل الصخور الرسوبية والمتحولة والماغماتية. وتعتبر ذات تواجد محدود نسبيًا في المنطقة والتي بلغت نسبتها (٢%) ويكون تأثيرات الجيومورفولوجية لهذا التكوين متنوعة، حيث يمكن أن تحتوي على مناطق مستقرة نسبيًا

جدول (١) الخصائص الطبيعية في منطقة الدراسة

الاسم	مساحة كم^2	النسبة المئوية
فيرانش – تانجيرو	196.42	29
القشرة المحيطية	3.72	1

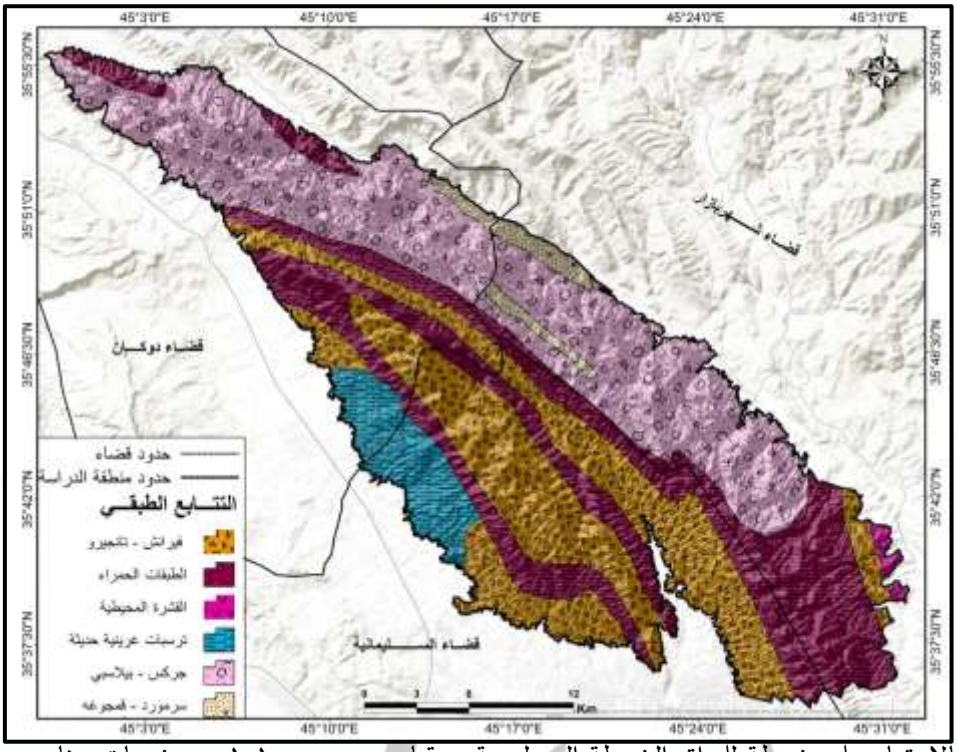
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

ترسبات غرينية حديثة	39.56	6
الطبقات الحمراء	193.28	28
جركس – بيلاسبي	236.00	34
سرمورد – قمجوغه	15.47	2
المجموع	684.45	100
اقسام سطح الارض		
تلال عالية	230.73	34
جبال بسيطة الالتواء	429.64	63
جبال معقدة الالتواء	19.51	3
المجموع	679.88	100
انحدار سطح الارض		
اراضي معتدلة الانحدار	225.39	33
اراضي شديدة الانحدار	190.72	28
اراضي شديدة الانحدار جداً	169.36	25
اراضي جرفية	90.60	13
المجموع	676.08	100
اتجاه الانحدار		
مستوي	72.27	12
شمال	129.16	21
شمال شرق	60.14	10
شرق	57.33	9
جنوب شرق	65.83	11
جنوب شرق	81.96	13
جنوب غرب	84.37	14
غرب	66.66	11
شمال غرب	58.34	9
المجموع	617.73	109

المصدر: بالاعتماد على خريطة (٢)و(٣)و(٤)و(٥).

خريطة (٢) التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ



المصدر: بالاعتماد على خريطة للعراق الخريطة الجيولوجية بمقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ ، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

- وأخرى أكثر عرضة للتحرك الأرضي. ومع ذلك، بسبب المساحة الصغيرة، فإن تأثيره يكون محدودًا نسبيًا مقارنة بالتكوينات الأخرى.
- **القشرة المحيطية:** سجل هذا التكوين اقل نسبة في المنطقة والبالغة (١%) تتكون القشرة المحيطية من مواد صلبة وغالبًا ما تكون ذات كثافة عالية، مثل البازلت والصخور المتحولة التي تشكل جزءًا من قاع المحيط السابق، رغم أن هذه الصخور تكون مقاومة إلى حد كبير للعوامل الجوية، إلا أن تعرضها لعوامل التعرية الشديدة يمكن أن يؤدي إلى تحلل السطح وتسبب في انزلاقات سطحية محدودة، لكن على نطاق صغير نظرًا لمساحتها الصغيرة.

٢-أقسام سطح الارض:

أقسام سطح الأرض تلعب دورًا كبيرًا في التأثير على مخاطر تحرك المواد الأرضية، وخاصة على طريق سورداش في وادي كاني مكايل. يمكن تقسيم سطح الأرض في هذا السياق إلى عدة عناصر رئيسية تؤثر على استقرار التربة وصمود المواد الأرضية، وهي كالاتي:

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

-**التلال العالية:** تتميز بمنحدرات متوسطة إلى شديدة، وهي مناطق قد تكون مغطاة بتربة غير مستقرة بسبب التجوية المستمرة. على الرغم من أن المنحدرات ليست شديدة كالجبال، إلا أن ارتفاعها يجعلها عرضة للتعرية والانهيارات الأرضية، بلغن سبة تواجدها نحو (٣٤%)، جدول (١)، تشكل التلال العالية مخاطر متوسطة إلى عالية لتحرك المواد الأرضية، خصوصًا في حالة وجود عوامل مثل الأمطار الغزيرة أو الزلازل. التحرك الطفيف للتربة أو الصخور في هذه المناطق قد يتسبب في انسداد الطرق أو تلف البنية التحتي.

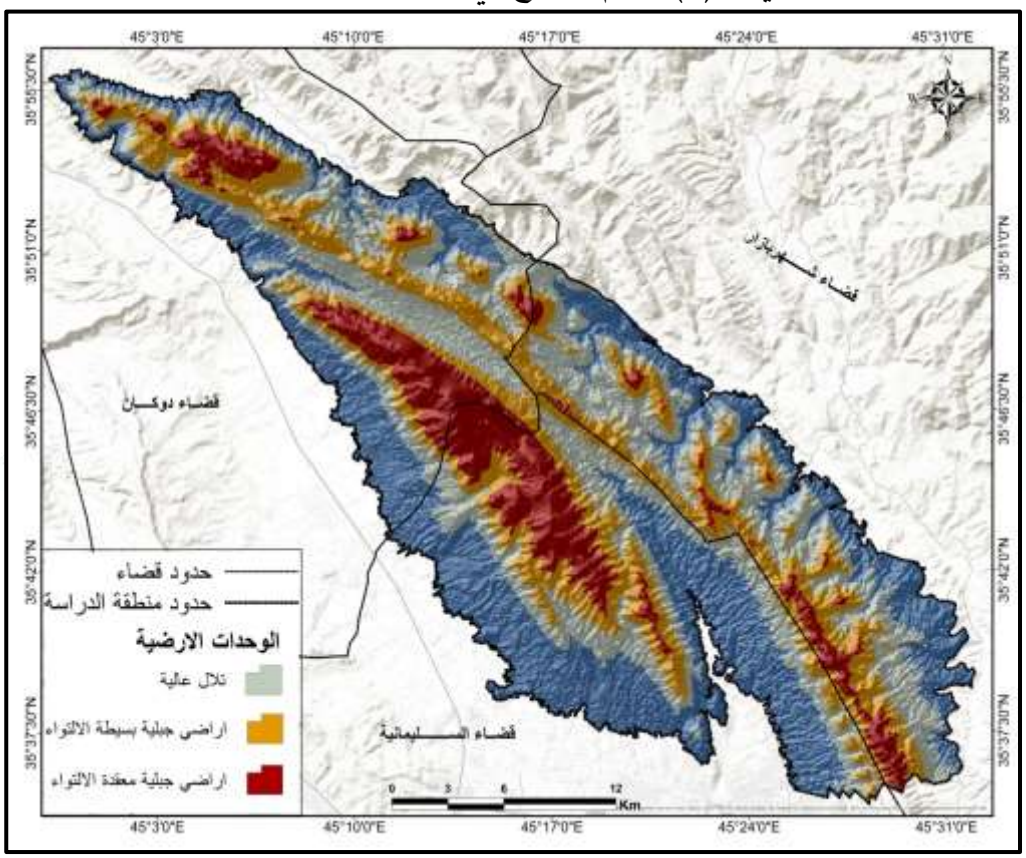
-**الجبال بسيطة الالتواء:** احتلت هذا المنطقة نحو (٦٣%) تتميز هذا الجبال بوجود منحدرات شديدة وصخور متصدعة. على الرغم من أن الالتواءات بسيطة، إلا أن الصخور والتربة قد تكون عرضة للتحرك بسبب الضغط الداخلي والتغيرات المناخية، هذه الجبال تمثل أكبر خطر لتحرك المواد الأرضية نظرًا للمساحة الكبيرة التي تغطيها. الانهيارات الأرضية والانزلاقات الصخرية قد تحدث بشكل متكرر في هذه المناطق، خاصة في فترات الأمطار أو النشاط الزلزالي. بالإضافة إلى ذلك، قد تؤدي هذه الانهيارات إلى إغلاق الطرق أو حدوث أضرار كبيرة، خريطة (٣).

-**الجبال معقدة الالتواء:** تتكون من طيات جيولوجية معقدة، مما يجعل الصخور عرضة للتصدع والانهيار، هذه الجبال غالبًا ما تكون أكثر عرضة للتحرك الأرضي بسبب التعقيد في البنية الداخلية، بلغت نسبتها في المنطقة نحو (٣%) على الرغم من أن المساحة التي تغطيها الجبال معقدة الالتواء صغيرة نسبيًا، إلا أنها تشكل مخاطر كبيرة لتحرك المواد الأرضية بسبب عدم الاستقرار الداخلي للطيات المعقدة. الانهيارات الصخرية والانزلاقات الأرضية قد تكون أكثر شيوعًا في هذه المناطق، شكل (١).

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ

خريطة (٣) اقسام السطح في منطقة الدراسة

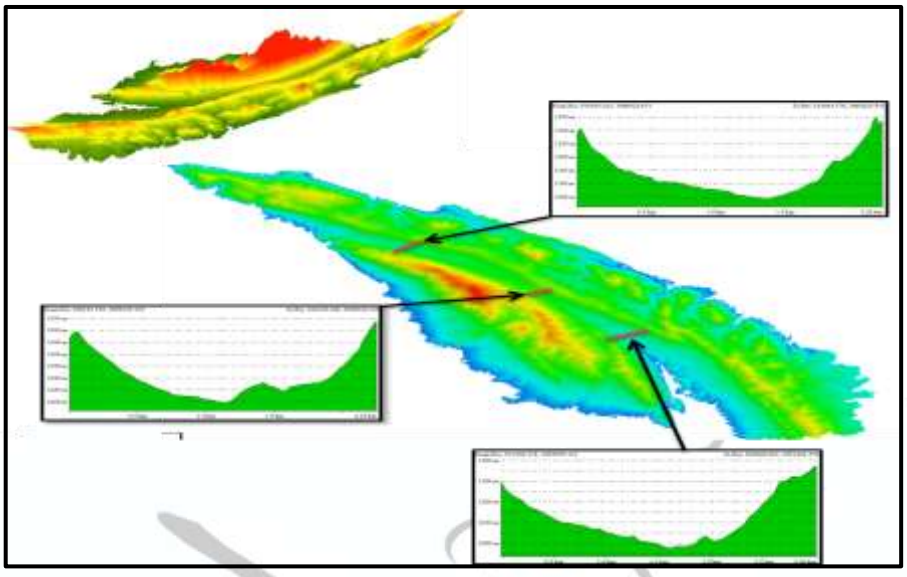


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تميزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

شكل (١) نموذج مجسم لمنطقة الدراسة

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على (Global Mapper).

٣-انحدار سطح الارض:

عند تحليل تأثير انحدار سطح الأرض على مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل، يمكن تقسيم التضاريس إلى الفئات التالية كما في الجدول(١) وتقييم تأثير كل منها:

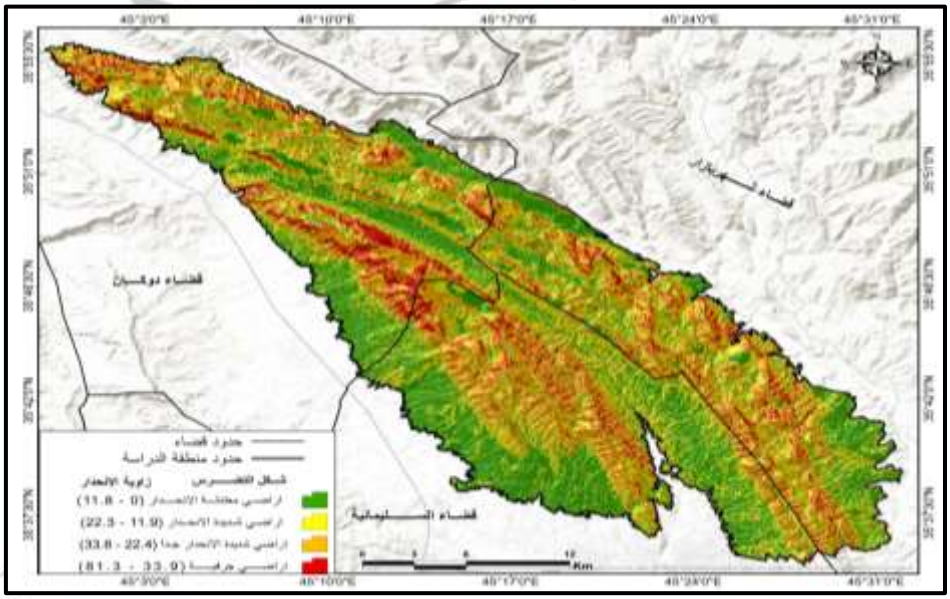
- **أراضي معتدلة الانحدار**: احتلت هذه الفئة المرتبة الاولى بنسبة (٣٤%) تكون مخاطر تحرك المواد الأرضية في هذا الفئة منخفضة ، إلا في حال وجود عوامل أخرى مثل الأمطار الغزيرة أو الأنشطة البشرية التي قد تزعزع استقرار التربة. قد تحدث بعض التحركات الطفيفة للتربة، لكنها تكون نادرة نسبيًا.
- **أراضي شديدة الانحدار**: سجلت هذا الصنف المرتبة الثانية بنسبة (٢٨%) تشكل هذا الفئة حيث المخاطر اراضي ذات مخاطر عالية لتحرك المواد الأرضية، حيث أن الميل الكبير يزيد من قوة الجاذبية التي تسحب التربة والصخور نحو الأسفل، مما قد يؤدي إلى الانهيارات الأرضية والانزلاقات الطينية. هذه المخاطر تكون أكثر وضوحًا خلال فترات هطول الأمطار أو عند ذوبان الثلوج.
- **أراضي شديدة الانحدار جدًا**: جاءت هذا الفئة في المرتبة الثالثة بنسبة (٢٥%) تعتبر هذا الاراضي من أخطر المناطق فيما يتعلق بتحرك المواد الأرضية. حتى العوامل البسيطة مثل

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

الأمطار المعتدلة قد تسبب تحركًا كبيرًا للتربة والصخور. تتطلب هذه المناطق مراقبة مستمرة واتخاذ تدابير احترازية لمنع الكوارث.

- **أراضي جرفية:** احتلت هذه الاراضي الرتبة الاخيرة من حيث المساحة والبالغة (١٣%) تعتبر هذا الأراضي من أكثر المناطق خطورة فيما يتعلق بتحرك المواد الأرضية، حيث أن الصخور قد تنهار بشكل مفاجئ، مما يؤدي إلى كوارث كبيرة مثل سقوط الصخور على الطرقات أو الانهيارات الصخرية الضخمة. هذه المناطق تحتاج إلى تدابير سلامة مشددة، مثل بناء جدران داعمة أو استخدام شباك معدنية لمنع سقوط الصخور، خريطة (٤).

خريطة (٤) انحدار سطح الارض في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تميزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

٤-اتجاه الانحدار:

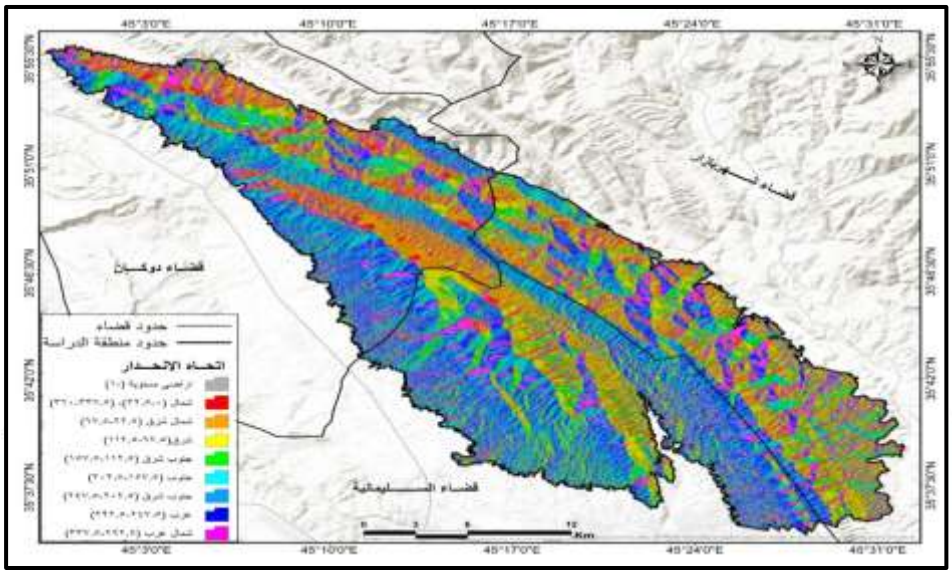
اتجاه الانحدار يعتبر من العوامل الهامة التي تؤثر على مخاطر تحرك المواد الأرضية، خاصة في المناطق الجبلية والوعرة مثل طريق سورداش في وادي كاني مكايل، يتضح من الجدول(١)، احتلت المناطق المستوية مساحة تقدر ٧٢.٢٧ كم² وبنسبة (١٢%) تتميز بغياب الميل أو بانحدار ضئيل، مما يحافظ على استقرار التربة ويجعل مخاطر الانجراف الأرضي منخفضة للغاية. في المقابل، الاتجاه نحو الشمال (٢١%) يغطي ١٢٩.١٦ كم²، حيث تقل أشعة الشمس، مما يزيد

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

من رطوبة التربة خصوصاً في الشتاء وأثناء ذوبان الثلوج، مما يعزز مخاطر الانزلاقات الأرضية خاصة في فترات الأمطار الغزيرة، أما الاتجاه نحو الشمال الشرقي بلغت نسبتة (١٠%)، الذي يغطي ٦٠.١٤ كم²، فيستقبل كمية معتدلة من الشمس، مما يؤدي إلى توازن بين الرطوبة والجفاف، وبالتالي تكون المخاطر متوسطة، وأقل مقارنة بالاتجاه الشمالي. بالنسبة للاتجاه نحو الشرق (٩%)، الذي يغطي ٥٧.٣٣ كم²، تتعرض المنحدرات للشمس في الصباح، مما يسهم في تبخر الرطوبة بسرعة، في حين تكون المخاطر هنا منخفضة إلى متوسطة، ولكنها قد تزيد في حال هطول أمطار غزيرة، الاتجاه نحو الجنوب الشرقي (١١%) يغطي ٦٥.٨٣ كم²، وتتعرض منحدراته للشمس طوال النهار، مما يؤدي إلى جفاف التربة بسرعة ويقلل من المخاطر، رغم احتمال حدوث بعض التحركات في حال هطول أمطار غزيرة. في الاتجاه نحو الجنوب (١٣%)، الذي يغطي ٨١.٩٦ كم²، تجف التربة بشدة نتيجة التعرض المباشر لأشعة الشمس، مما يجعل المخاطر منخفضة، إلا أنها قد تزداد في حال تعرض المنطقة لأمطار غزيرة، أما الاتجاه نحو الجنوب الغربي (١٤%) يغطي ٨٤.٣٧ كم²، ويتميز بتجفيف التربة سريعاً بعد الظهر، مما يقلل من المخاطر، رغم احتمال تعرض التربة لتحركات في حال الأمطار الغزيرة. بالنسبة للاتجاه نحو الغرب (١١%) الذي يغطي ٦٦.٦٦ كم²، يساعد التعرض للشمس في فترة ما بعد الظهر على تبخر الرطوبة، ولكن الجفاف النهاري قد يزيد من مخاطر تحرك التربة إذا كانت ضعيفة أو متآكلة، أخيرًا، الاتجاه نحو الشمال الغربي (٩%) الذي يغطي ٥٨.٣٤ كم²، يتعرض للشمس بشكل أقل، مما يزيد من رطوبة التربة ويرفع مخاطر تحركها، خصوصاً في الظروف الرطبة، خريطة (٥).

خريطة (٥) اتجاه الانحدار في منطقة الدراسة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تميزية ١٢.٥ متر، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

٥-التربة:

عند تقييم تأثير أنواع التربة على مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل، يمكن تقسيم التربة إلى ثلاثة أصناف حسب تصنيف بيورنك للترب كما في الجدول (٢) وخريطة (٦) وهي:

الأراضي الوعرة المشققة الصخرية، والتي تغطي مساحة تبلغ ٥٩٠ كم² (٨٧% من المنطقة)، تتميز بوجود صخور مكشوفة وتشققات عميقة. هذه التربة عادة ما تكون ضحلة وقليلة الخصوبة، مع وجود صخور متفككة وتشققات تزيد من تعرض الأرض للتعرية. الخطر الأكبر في هذه المناطق يتمثل في تحرك المواد الأرضية. تواجد الصخور المكشوفة والتشققات يؤدي إلى ضعف استقرار التربة، مما يجعل هذه المناطق عرضة للانهيارات الأرضية والانزلاقات. الأمطار الغزيرة يمكن أن تزيد من هذه المخاطر بشكل كبير، حيث تتسرب المياه إلى التشققات، مما يزيد من تدهور التربة.

أما تربة قاع الوديان، التي تغطي ٨٣ كم² (١٢% من المنطقة)، فهي تتألف من مواد رسوبية تتجمع في قيعان الوديان. هذه التربة تكون عادة أعمق وأكثر خصوبة من الأراضي الوعرة المشققة، ولديها قدرة أفضل على الاحتفاظ بالرطوبة. ومع ذلك، فإنها قد تكون عرضة للتشبع بالمياه خلال فترات الأمطار الغزيرة، مما يزيد من مخاطر تحرك المواد الأرضية. في فترات الجفاف، تكون التربة مستقرة

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

نسبياً، ولكن عند تشبعها بالمياه، قد تتعرض للانهيارات والانزلاقات. هذه المناطق أيضاً عرضة لتجمع المياه والانجرافات، مما يزيد من احتمالية تحرك التربة.

أما الأراضي الجبلية الوعرة، التي تغطي ٦ كم² (١% من المنطقة)، فهي تتميز بوجود منحدرات شديدة وأسطح غير منتظمة تجعل التربة غير مستقرة. وجود الصخور والتضاريس الحادة يزيد من احتمالية تعرية التربة وانزلاقها. رغم أن هذا النوع من التربة يشكل جزءاً صغيراً من المساحة الإجمالية، إلا أن المخاطر المرتبطة به عالية بسبب طبيعة الأرض الوعرة. هذه الأراضي تكون عرضة للانهيارات الصخرية والانزلاقات بسبب الميل الحاد والتربة الضحلة. تعتبر هذه المناطق خطرة على البنية التحتية مثل الطرق والمباني، خاصة خلال العواصف أو الهطولات المطرية الشديدة.

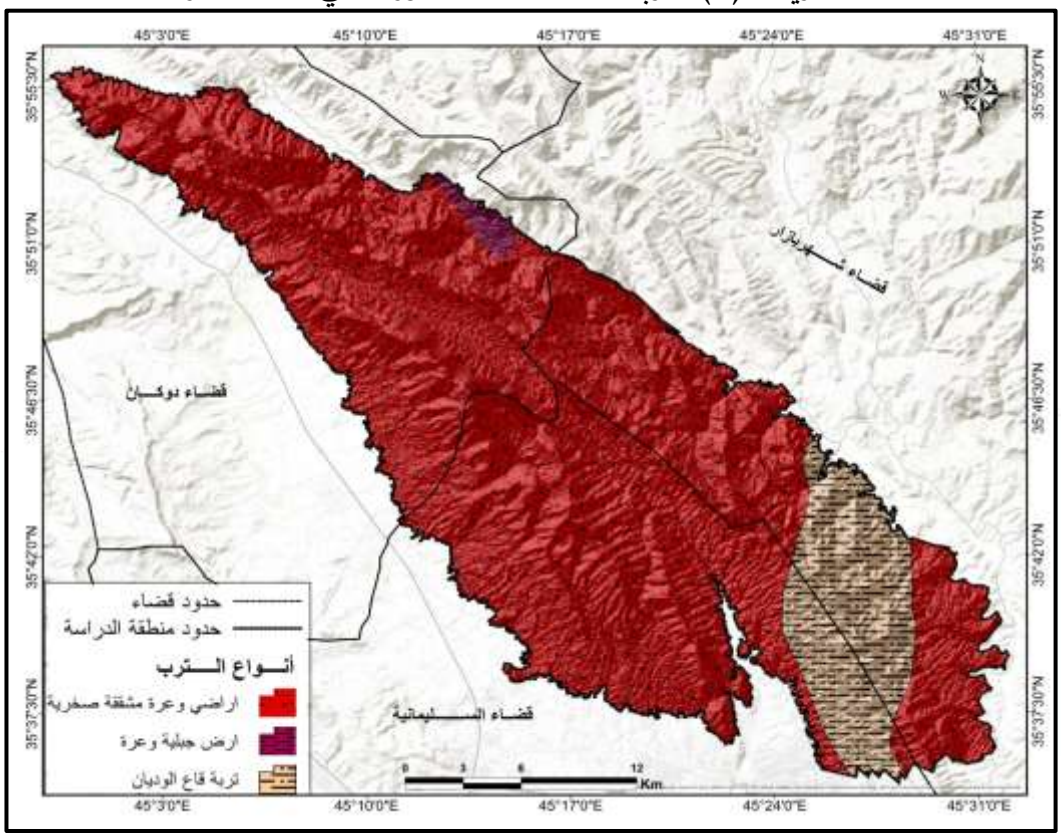
جدو (٢) مساحات الترب والغطاء النباتي في منطقة الدراسة

أصناف الترب		
الصنف	المساحة كم²	النسبة المئوية
اراضي وعرة مشققة صخرية	590.24	87%
تربة قاع الوديان	83.15	12%
ارض جبلية وعرة	6.49	1%
المجموع	679.88	100%
كثافة الغطاء النباتي		
كثافة منخفضة	183.82	27%
كثافة متوسطة	278.75	41%
كثافة عالية	217.04	32%
المجموع	679.61	100%

المصدر: بالاعتماد على خريطة (٦)و(٧).

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

خريطة (٦) التربة حسب تصنيف بيورنك في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على خريطة بيورنك للتربة بمقياس رسم ١:١٠٠٠٠٠، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

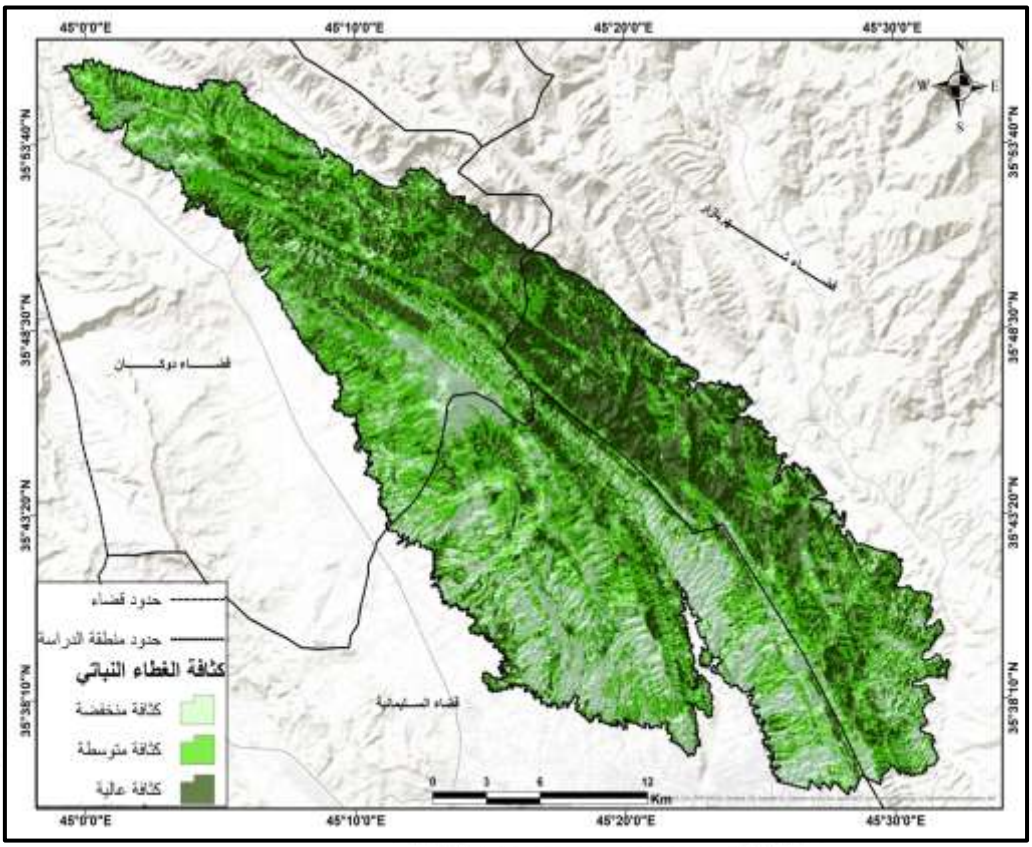
١- كثافة الغطاء النباتي:

الغطاء النباتي يلعب دورًا حيويًا في تحديد مخاطر تحرك المواد الأرضية. في منطقة سورداش في وادي كاني مكايل، يمكن أن يؤثر الغطاء النباتي بشكل كبير على استقرار التربة ومخاطر تحرك المواد الأرضية، وعند تحليل تأثير الغطاء النباتي على مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل، يتبين من الجدول (٢) أن الكثافة المنخفضة للغطاء النباتي، التي تبلغ ١٨٣.٨٢، تشكل ٢٧% من المساحة المدروسة. في هذه المناطق ذات الكثافة المنخفضة، يكون هناك انخفاض كبير في القدرة على تثبيت التربة، مما يؤدي إلى زيادة مخاطر تحرك المواد الأرضية. هذه المناطق تكون أكثر عرضة للتآكل والانهيارات الأرضية بسبب غياب الحماية النباتية الكافية. في المقابل، تشير الكثافة المتوسطة للغطاء النباتي، التي تصل إلى ٢٧٨.٧٥ وتغطي ٤١% من المساحة، إلى توفير حماية معتدلة ضد تحرك المواد الأرضية. في هذه الحالة، تساعد النباتات على تقليل التآكل وتعزيز استقرار التربة بشكل أفضل مقارنةً بالكثافة المنخفضة. رغم ذلك،

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

قد تظل هناك بعض المخاطر، خاصة في ظل الظروف الجوية السيئة أو التغيرات المفاجئة في الطقس، أما بالنسبة للكثافة العالية للغطاء النباتي، التي تصل إلى ٢١٧.٠٤ وتغطي ٣٢% من المساحة، فإنها توفر أقوى حماية ضد تحرك المواد الأرضية. التغطية الكثيفة للنباتات تعمل على تثبيت التربة بشكل فعال، مما يقلل بشكل كبير من مخاطر التآكل والانهيارات الأرضية، خريطة (٧).

خريطة (٧) كثافة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على بيانات القمر الاصطناعي (Landsat-8) لعام ٢٠٢٤، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

المحور الثاني: بناء نموذج لتحرك لمواد في منطقة الدراسة

تحرك المواد الأرضية، سواء كان نتيجة الانهيارات الأرضية أو الانجرافات أو الزلازل، يشكل خطرًا كبيرًا على المناطق الجغرافية ذات التضاريس المتغيرة أو تلك التي تتعرض لتغيرات بيئية متكررة. هذا التحرك يمكن أن يؤدي إلى خسائر بشرية ومادية كبيرة، بالإضافة إلى تأثيرات طويلة الأمد على البيئة والبنية التحتية. لذا، يصبح تقييم مخاطر تحرك المواد الأرضية ضرورة حيوية لتقليل

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

التأثيرات السلبية المحتملة وتطوير استراتيجيات التخفيف المناسبة.(Moore et al , Modelling Water Flow and Contaminant Transport in Soil, 2022,pp19 .) يقوم نموذج تقييم مخاطر تحرك المواد الأرضية على تحديد العوامل الجيولوجية، الجيومورفولوجية، والهيدرولوجية التي تسهم في زيادة احتمالية حدوث هذا التحرك. ويشمل النموذج أيضًا تحليلًا للعوامل المناخية مثل هطول الأمطار الغزيرة أو النشاط الزلزالي، إلى جانب الأنشطة البشرية مثل البناء والتعدين التي قد تزيد من هذه المخاطر.(Modeling soil erosion and sediment yield in the southern regions of the U.S. using GIS" – Journal of Soil and Water Conservation.)

يتطلب تنفيذ هذا النموذج جمع بيانات دقيقة حول التضاريس، التركيبة الجيولوجية، استخدام الأرض، المناخ، وأنماط الهطول، وذلك من خلال الاستعانة بصور الأقمار الصناعية، الخرائط الطبوغرافية، والبيانات الميدانية. بعد ذلك، تُحلل البيانات باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والنمذجة العددية لتحديد المناطق الأكثر عرضة للتحرك، بما في ذلك تحديد مناطق الضعف الجيولوجي، منحدرات الأرض، ومستويات تشبع التربة. بعد تحليل البيانات، تُحدد وتُصنف المناطق بناءً على مستوى المخاطر (عالية جداً، عالية، متوسطة، منخفضة، منخفضة جداً)، مما يساعد في تحديد الأماكن التي تحتاج إلى تدخل فوري أو استراتيجيات تخفيف طويلة الأمد. بناءً على تقييم المخاطر، تُوضع استراتيجيات للحد من تأثير تحرك المواد الأرضية، مثل تثبيت المنحدرات، تحسين تصريف المياه، تقليل الأنشطة البشرية المساهمة، وتطوير أنظمة إنذار مبكر (Goodchild and Long , , 2021,pp67)

يمثل نموذج تقييم مخاطر تحرك المواد الأرضية أداة حيوية للمخططين وصناع القرار لحماية السكان والممتلكات. يسهم هذا النموذج في تقليل الخسائر البشرية والمادية من خلال تحديد المناطق الأكثر عرضة واتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة، كما يعزز من التخطيط العمراني وتطوير بنية تحتية مقاومة للكوارث الطبيعية. إضافة إلى ذلك، يساعد النموذج في توعية المجتمعات المحلية بالمخاطر المحتملة وكيفية التصرف في حالات الطوارئ (Smith and McCarthy, 2022,pp95.)

في نموذج تقييم مخاطر تحرك المواد الأرضية، تم استخدم مجموعة من المؤشرات الجيولوجية، الجيومورفولوجية، الهيدرولوجية، لتحديد مدى احتمال حدوث تحرك للمواد الأرضية، مثل الانهيارات الأرضية أو الانجرافات. (Williams et al , 2021,pp93 .) يتم تخصيص أوزان لكل مؤشر بناءً

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

على مدى تأثيره في زيادة مخاطر تحرك المواد الأرضية. هذه الأوزان تم احتسابها باستخدام طرق تحليلية مثل تحليل التسلسل الهرمي (AHP) لضمان الدقة والموضوعية في التقييم، ويتضح من خلال جدول (٣) المؤشرات واوزانها المستخدمة في تقييم مخاطر تحرك الموارد الارضية في منطقة الدراسة، كما في الشكل(٢) و (٣).

جدول (٣) المؤشرات واوزانها المستخدمة في تقييم مخاطر تحرك المواد

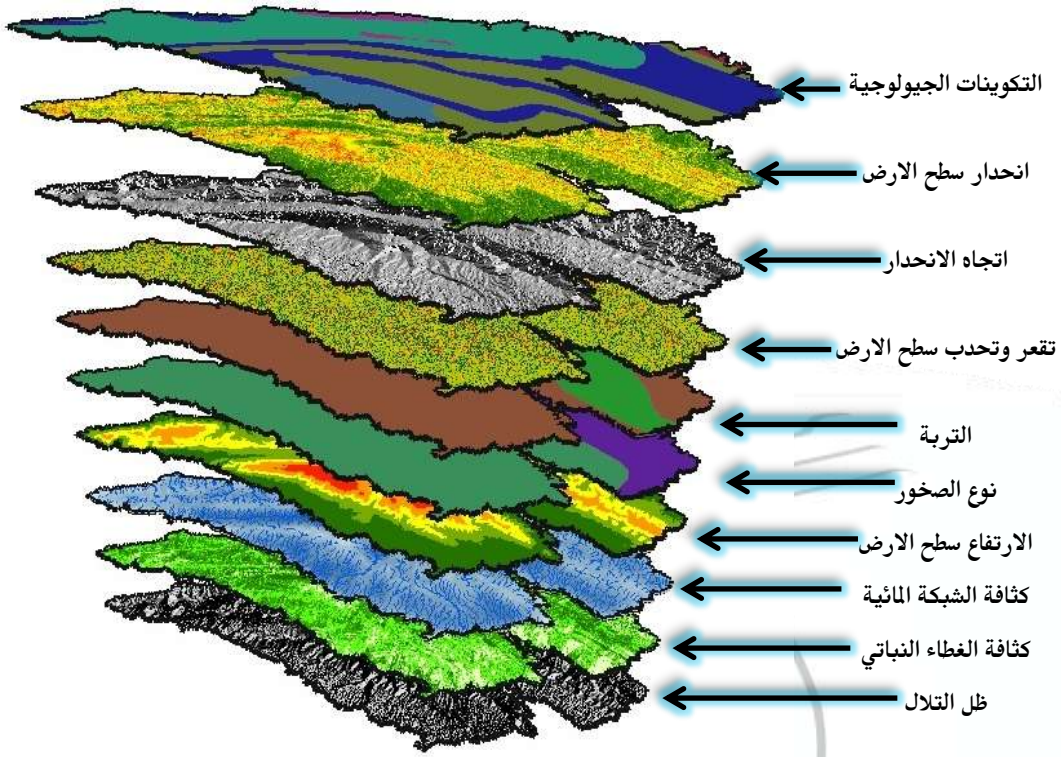
العامل	مقدار التأثير (من ١٠٠)
الارتفاع	15
الانحدار	20
اتجاه الانحدار	5
التكوينات الجيولوجية	10
نوع الصخور والتربة	15
كثافة الشبكة المائية	10
كثافة الغطاء النباتي	10
التقعر والتحدب	5
ظل التلال	10
المجموع	100

المصدر: بالاعتماد على (AHP Online System).

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ

شكل (٢) طبقات المستخدمة في تقييم مخاطر تحرك المواد

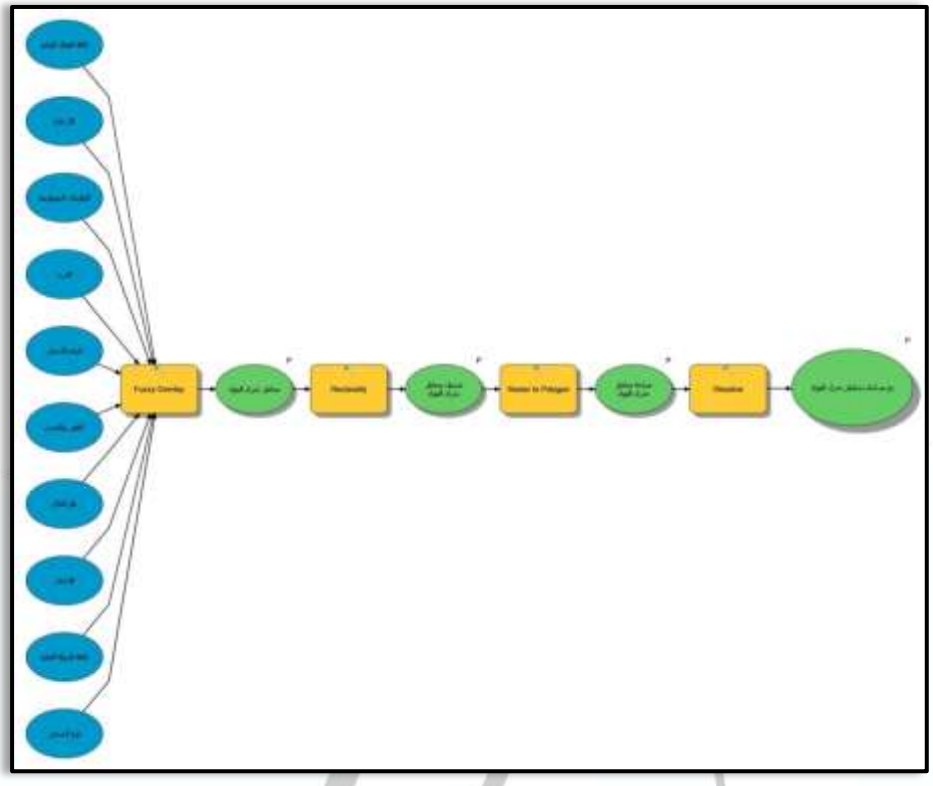


المصدر: بالاعتماد على برنامج (ARCScene).

شكل (٣) نمذجة مؤشرات المؤثرة في مخاطر تحرك المواد في منطقة الدراسة

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ



المصدر: بالاعتماد على برنامج (ARC.GIS).

بعد اجراء المطابقة تم انتاج خريطة (٨) وجدول (٤) الذي يوضح اصناف مخاطر تحرك المواد الارضية في منطقة الدراسة وهي كالاتي:

-**مخاطر منخفضة:** حيث تعتبر هذه المناطق ذات مخاطر قليلة جداً وغير محتملة التحرك. المساحة الكلية لهذه المناطق تبلغ حوالي ٢٠٥.٣٩ كيلومتر مربع، ما يمثل نسبة ٣١% من المنطقة. نظرًا لعدم وجود تهديدات كبيرة، لا تتطلب هذه المناطق إجراءات وقائية مكثفة، بل يمكن الاكتفاء بالمراقبة الدورية لمتابعة أي تغيرات قد تطرأ.

-**مخاطر معتدلة:** وهي مناطق ذات مخاطر معتدلة ولكنها قابلة للتحكم. تمتد هذه المناطق على مساحة ٢١٧.٠١ كيلومتر مربع، أي ما يعادل ٣٢% من المنطقة. الإجراءات الوقائية المطلوبة في هذه المناطق تشمل إنشاء قنوات تصريف مياه صغيرة لتجنب تجمع المياه وتثبيت التربة لمنع الانزلاقات الطفيفة.

-**مخاطر متوسطة:** حيث تزداد هنا المخاطر وتحتاج إلى إجراءات وقائية محددة. تشمل هذه المناطق ١٥٣.٦٠ كيلومتر مربع، أي حوالي ٢٤% من المنطقة. في هذه الحالة، يكون من

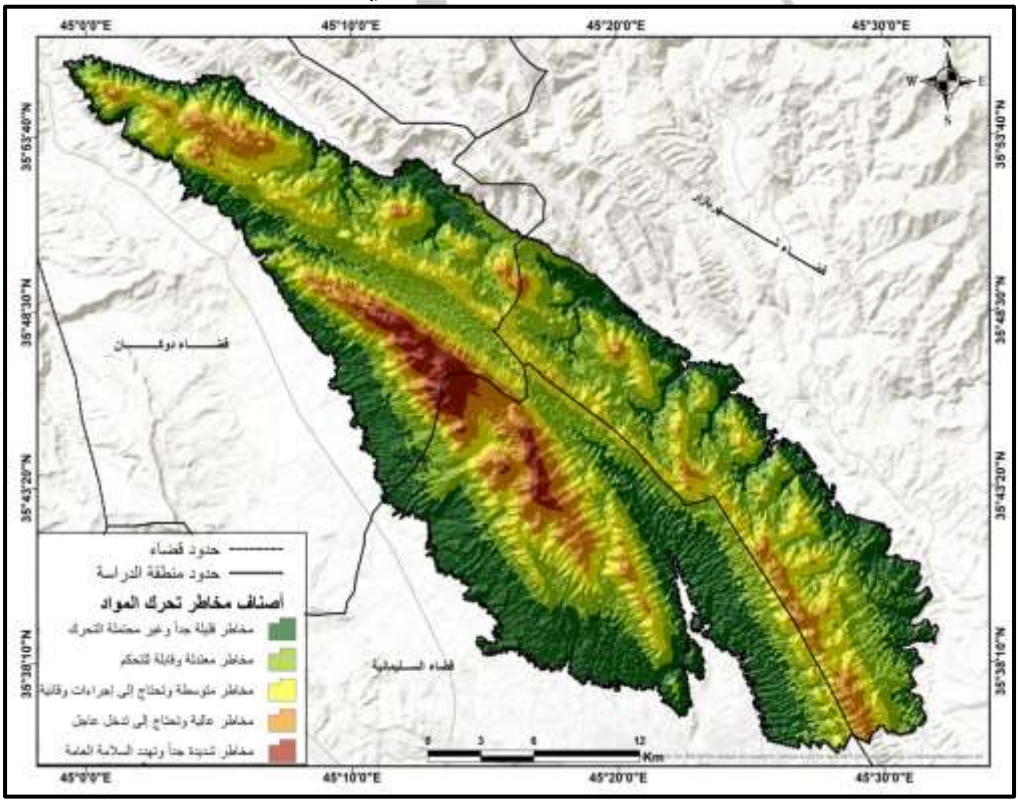
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

الضروري دعم الجدران الاستنادية لتحسين استقرار التربة، بالإضافة إلى تحسين أنظمة صرف المياه لمنع التآكل والانزلاق.

-**مخاطر عالية:** وتتمثل هذه المناطق بمخاطر عالية تتطلب تدخلًا عاجلاً لتفادي الكوارث. تغطي هذه الفئة مساحة ٧٠.٦٦ كيلومتر مربع، بنسبة ١١% من المنطقة. يجب هنا تدعيم التربة والجدران الاستنادية بقوة، وكذلك إنشاء قنوات تصريف رئيسية للتعامل مع تدفق المياه الكبير الذي قد يسبب انهيارات أرضية.

-**مخاطر شديدة جداً:** حيث تكون المخاطر شديدة جداً وتهدد السلامة العامة بشكل كبير. هذه المناطق محدودة بمساحة ١٩.٣٥ كيلومتر مربع فقط، أي ٣% من المنطقة، شكل (٤)، في هذه الحالة، قد يكون من الضروري إغلاق الطريق وإعادة تخطيط المسار بالكامل لتجنب المناطق الخطرة. كما ينبغي بناء حواجز صخرية لمنع حدوث أي انهيارات كبيرة قد تشكل خطرًا على الأرواح والبنية التحتية.

خريطة (٨) اصناف مخاطر تحرك المواد في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على جدول (٣)، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

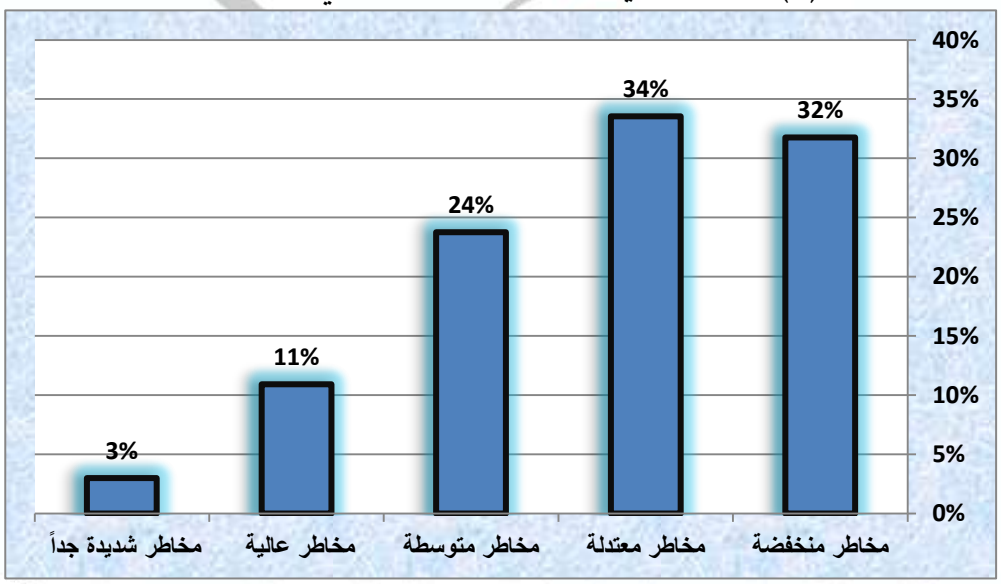
JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

جدول (٤) مساحات اصناف الاراضي حسب درجة خطورتها في منطقة الدراسة

الصنف	الوصف	مساحة كم٢	%
منخفضة	المخاطر قليلة جداً وغير محتملة التحرك.	205.39	31
متوسطة منخفضة	المخاطر معتدلة وقابلة للتحكم.	217.01	32
متوسطة	المخاطر متوسطة وتحتاج إلى إجراءات وقائية	153.60	24
مرتفعة	المخاطر عالية وتحتاج إلى تدخل عاجل	70.66	11
مرتفعة جداً	المخاطر شديدة جداً وتهدد السلامة العامة	19.35	3
المجموع		646.66	100

المصدر: بالاعتماد على (AHP Online System) ، ومخرجات برنامج (ArcGIS).

شكل (٤) النسبة المئوية لمخاطر تحرك المواد في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على جدول (٤).

الاستنتاجات:

١- أظهرت النتائج إمكانية التكامل بين تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد المناطق المعرضة لمخاطر تحرك المواد الأرضية في منطقة الدراسة. وقد أتاح هذا التكامل تحليل العوامل المؤثرة على استقرار التربة وتحديد مناطق الخطر بدقة أعلى، مما يسهم في اتخاذ قرارات مستنيرة تتعلق بالتخطيط العمراني وإدارة الموارد الطبيعية. كما يسهم في تحسين القدرة على

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

التنبؤ بالكوارث الطبيعية المتعلقة بانزلاقات التربة وتحرك المواد الأرضية، وبالتالي يساهم في تقليل الآثار السلبية المحتملة على السكان والبنية التحتية.

٢- تؤثر التكوينات الجيولوجية بشكل كبير على مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل بمحافظة السليمانية. فالتنوع في طبقات الصخور ونوعية التربة يساهم في زيادة احتمالية حدوث الانزلاقات الأرضية، خاصة في المناطق التي تحتوي على صخور هشة أو تربة غير مستقرة. كما أن التصدعات الجيولوجية والانحدارات الحادة تزيد من هذه المخاطر، مما يجعل المنطقة عرضة للتحرك الأرضي بشكل أكبر، خصوصًا خلال فترات الأمطار الغزيرة.

٣- تؤثر الخصائص الطبوغرافية المتمثلة بالارتفاع والانحدار واتجاه الانحدار بشكل كبير على مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل بمحافظة السليمانية. فالارتفاعات الكبيرة والانحدارات الشديدة تزيد من احتمالية حدوث الانزلاقات الأرضية، حيث تتسبب في زيادة ضغط التربة والصخور على المنحدرات. كما أن اتجاه الانحدار يلعب دورًا في توجيه تدفق المياه وتصريفها، مما يؤثر على استقرار التربة، حيث يمكن أن يؤدي تصريف المياه السيء إلى تآكل التربة وزيادة مخاطر الانزلاقات.

٤- تؤثر نوعية التربة بشكل مباشر على مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل بمحافظة السليمانية. فالتربة الطينية أو الرملية غير المستقرة تزيد من احتمالية الانزلاقات الأرضية، خصوصًا عند امتصاصها للماء خلال فترات الأمطار الغزيرة. بالإضافة إلى ذلك، تؤدي التربة الهشة إلى ضعف التماسك بين الجسيمات، مما يسهم في زيادة مخاطر تحرك المواد الأرضية في المنطقة.

٥- يؤثر الغطاء النباتي بشكل كبير على تقليل مخاطر تحرك المواد الأرضية على طريق سورداش في وادي كاني مكايل بمحافظة السليمانية. فالنباتات تسهم في تثبيت التربة بجذورها، مما يقلل من احتمالية الانزلاقات الأرضية. كما يساعد الغطاء النباتي الكثيف في تقليل تأثير مياه الأمطار على التربة ويحد من تآكلها. في المقابل، قلة الغطاء النباتي أو إزالته قد تزيد من مخاطر تحرك المواد الأرضية بسبب ضعف التماسك بين التربة وعوامل التعرية.

٦- استنتجت الدراسة أن المنطقة تضم خمس فئات من مخاطر تحرك المواد الأرضية. حيث تشكل فئة المخاطر المنخفضة ٣١% من المساحة ولا تتطلب إجراءات وقائية. بينما تمثل فئة المخاطر المعتدلة ٣٢%، وتتطلب تصريف المياه وتثبيت التربة. وتغطي فئة المخاطر المتوسطة ٢٤% من

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م/١٤٤٦هـ

المنطقة وتستدعي دعم الجدران وتحسين أنظمة صرف المياه. أما فئة المخاطر العالية فتشكل ١١% وتتطلب تدخلاً عاجلاً لتدعيم التربة. وأخيرًا، تمثل فئة المخاطر الشديدة جدًا ٣% وتستلزم إعادة تخطيط الطرق وبناء حواجز صخرية لحماية الأرواح والبنية التحتية.

التوصيات:

١- تحسين شبكات الصرف المائي من خلال تعزيز البنية التحتية لتصريف المياه، مثل بناء قنوات تصريف رئيسية وثانوية لمنع تجمع المياه على الطريق، مما يقلل من تأثير الأمطار الغزيرة التي تؤدي إلى انزلاق التربة.

٢- إنشاء جدران استنادية وتقوية المنحدرات من خلال بناء جدران استنادية في المناطق ذات الانحدارات الحادة لتثبيت التربة. يمكن أيضًا استخدام تقنيات تثبيت التربة مثل التحجير، والحواجز الصخرية لتقليل احتمالية الانزلاق.

٣- وضع برنامج مراقبة دوري لرصد أي تغيرات في استقرار التربة على الطريق باستخدام أجهزة استشعار متطورة. يمكن دمج المراقبة مع تقنيات الاستشعار عن بعد مثل الأقمار الصناعية أو الطائرات بدون طيار.

٤- تحسين المواد المستخدمة في بناء الطرق من خلال استخدام مواد بناء مقاومة للتغيرات الجيولوجية في المناطق الحساسة. تعزيز الطبقات التحتية للطريق بمواد عالية الجودة مثل الأسفلت المعدل، لضمان ثبات الطريق أمام التغيرات الجيولوجية والمناخية.

٥- استخدام أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) والنماذج الرقمية للارتفاعات (DEM) لتحليل تضاريس المنطقة وتحديد المناطق الأكثر عرضة لتحرك المواد الأرضية. يمكن أن تساهم هذه الأدوات في وضع خطط تطوير فعالة للطريق.

٦- تشجيع الباحثين والجامعات على تنفيذ دراسات تفصيلية حول جيولوجيا المنطقة، بما في ذلك تكوين التربة والصخور وأنماط الانزلاقات الأرضية. هذه الدراسات يمكن أن تساهم في فهم أفضل للعوامل المسببة لتحرك المواد الأرضية.

٧- تطوير نماذج رياضية وهيدرولوجية لتحليل حركة التربة والانزلاقات المحتملة. يمكن أن تستفيد هذه النماذج من البيانات المناخية والجيومورفولوجية لرسم خرائط مفصلة للمخاطر.

٨- بناء قواعد بيانات تحتوي على معلومات جغرافية وجيولوجية محدثة للمنطقة. يمكن للباحثين والمهندسين الوصول إليها لتقييم المخاطر الجيولوجية وتحليل استقرار التربة في المستقبل.

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ

المصادر:

1.Zhang, L., & F. Chen. (2023). "Impact of Vegetation Cover on Landslide Risk in Steep Terrain." Journal of Mountain Science. Springer.
2.Borrelli, P., et al. (2021). "Soil Erosion Risk Assessment for Sustainable Land Management." Earth-Science Reviews. Elsevier.
3.Boardman, J., & P. F. Bobbink. (2020). "Erosion Processes in the Context of Global Change." Earth Surface Processes and Landforms. Wiley.
4.Dikau, R., Schrott, L., & T. Kienast. (2009). "Landform Analysis. Handbook of Geomorphology. Wiley.
5. Moore et al , Modelling Water Flow and Contaminant Transport in Soil, 2022.
6."Modeling soil erosion and sediment yield in the southern regions of the U.S. using GIS" - Journal of Soil and Water Conservation.
7.Goodchild and Long , Geographic Information Systems for Environmental Modeling, 2021 .
8.Smith and McCarthy ,MATLAB for Engineers: Applications in Water Quality Modeling, 2022.
9.Williams et al , Data Validation and Sensitivity Analysis in Environmental Modeling, 2021 .

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية

JOBS
مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science
Print -ISSN 2306-5249
Online-ISSN 2791-3279
العدد الرابع والعشرون
٢٠٢٤م /١٤٤٦هـ

مجلة العلوم الاساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الاساسية