الاخطار المرتبطة بحركة المواد على المنحدرات بقضاء جمجمال في اقليم كردستان العراق

دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS

من متطلبات الحصول على درجة الدكتوراه فى الآداب من قسم الجغرافيا

إعداد

سعدي خلف أحمد

تحت اشراف

أ.د جوده فتحى التركمانى

أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية الاداب

جامعة القاهرة

د. عبد الرازق بسيونى الكومى

استاذ الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية

المساعد ورئيس قسم الجغرافيا بكلية الاداب

جامعة طنطا

٢٠١٨

المقدمة:

تعد حركة المواد ومفتتات التجوية فوق المنحدرات على مختلف انماطها من اكثر الاخطار الجيومورفولوجية شيوعا وخطورة فى الاراضى الجافة، لاسيما الماهولة بالسكان او القريبة منها، اذ غالبا ما يترتب عليها تدمير واضح للبنى التحتية والموارد الطبيعية المتاحة فى هذه المناطق، فضلا عن ازهاق الارواح واتلاف الممتلكات والمنشات الامر الذى يضيف اعباء مادية على ميزانيات الحكومات والادارات المختلفة لتعويض هذه الخسائر او لتجنب اثارها (الكومى، ٢٠١٥، ص٢٥٧)، وتشير حركة المواد الى مجمل عمليات نقل المواد الصخرية باختلاف احجامها من الجلاميد والكتل الصخرية والهشيم والتربة الناعمة، بتأثير قوة الجاذبية الأرضية كعامل رئيس، وتدخل عوامل اخرى كالماء في تسهيل عملية النقل لكنها تبقى عوامل مساعده أو ثانوية، ولحركة المواد الأرضية أهمية من الناحية الجيومورفولوجية، فهي تقوم بتخفيض وتسوية تضاريس سطح الأرض المعقدة العالية، إلى سطوح اقل ارتفاعاً، ومن ثم تعد عملية مهمة في تعرية السطوح، فضلا عن الظواهر والأشكال التي تتركها هذه الحركات على سطح الأرض (عبدالحسين، ٢٠١٣، ص١١٤).

- تحديد منطقة الدراسة:

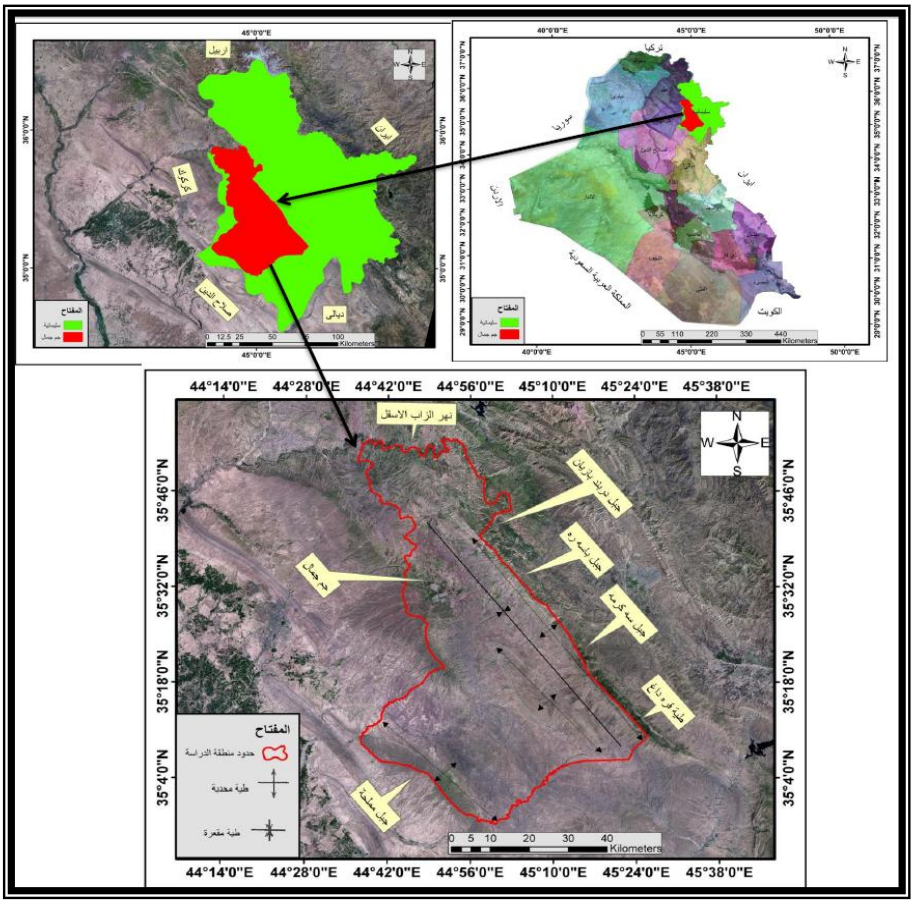
تمتد منطقة قضاء جمجمال فلكياً بين دائرتي عرض (َ٧ ٣٥ - ً٤ ٠ َ٥٠ ٣٥) شمالاً وبين خطي طول (َ٤٠ ٤٤ – َ٣٠ ٤٥) شرقاً، شكل (١)، في شمال شرقي العراق ضمن المنطقة شبه الجبلية بين نطاقي الجبال العالية والمستوية ضمن الحدود الإدارية لمحافظة السليمانية، حيث تحده من الشرق سلسلة جبال (قةره داغ – سه كرمه – هه نجيره – و قشلاخ) ومن الغرب (جبل خالخالان) وهضبة (بانى مه قان) وجبال (مملحه – ئاشداخ)، ومن الشمال الغربي نهر الزاب الأسفل ومن الجنوب الشرقي نهر (ئاوه سبى)، وتبلغ مساحتها ٢٣٦١,٣٢كم٢.

- أسباب اختيار الموضوع:

تمثلت الأسباب الرئيسية وراء اختيار موضوع هذه الدراسة فيما يلي:

- قلة الدراسات الجغرافية الطبيعية عن الاخطار الجيومورفولوجية في العراق بصفه عامة وانعدام الدراسات الجيومورفولوجية التي تناولت الأخطار المرتبطة بحركة المواد فى قضاء جمجمال بصفه خاصة، مما يستدعى القيام بدارسة تفصيلة عن هذه الأخطار المهمة.

- التكرارية العالية للأخطار الجيومورفولوجية المرتبطة بحركة المواد فى قضاء جمجمال مما يستدعى الوقوف على طبيعتها ومشاكلها وسبل معالجتها.
- توفر العديد من المصادر الأولية اللازمة للدراسة، من حيث الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية والكنتورية، إضافة إلى الصور الفضائية.
- سهولة الوصول إلى كثير من المناطق المعنية بالدراسة لتغطيتها بالدراسة الميدانية.



شكل (١) موقع قضاء جمجمال بالنسبة للعراق

- أهداف الدراسة:

ترمى الدراسة إلى مجموعة من الأهداف يمكن حصرها فيما يلي:

- تحديد العوامل المؤثرة على حركة المواد في قضاء جمجمال
- التعرف على انواع ومظاهر حركة المواد في قضاء جمجمال.
- دراسة مواضع الأخطار الجيوموروفولوجية المرتبطة حركة المواد في قضاء جمجمال.

- مناهج وأساليب الدراسة:

تم إتباع عدد من المناهج وأساليب بحثية بغية تحقيق أهداف الدراسة وأهمها:

١ - **المنهج الإقليمي:** حيث انصبت الدراسة علي منطقة قضاء جمجمال وهو إقليم إدارى قائم بذاته وله ما يميزه عن غيره من الأقاليم المجاورة .

٢ – **المنهج الأصولي :** استخدمه الطالب عند دراسته للأشكال الجيومورفولوجية والعوامل المؤثرة في نشأتها والمراحل التطورية التي مرت بها.

٣- **المنهج التحليلي الوصفي :** استخدم هذا الأسلوب في دراسة الملامح والظاهرات الجيومورفولوجية المرتبطة بالأخطار الجيومورفولوجية، وذلك بالاستعانه بالملاحظات الميدانية والخرائط والمرئيات الفضائية والصور الفوتوغرافية.

كما تم استخدام العديد من أساليب البحث التي تعين على تحقيق أهداف الدراسة، وتشمل:

١ – **الأسلوب الإحصائي:** في التحليل المورفولوجي لأبعاد ظاهرات الدراسة وذلك باستخدام الخرائط والصور الفضائية والقياسات الحقلية.

٢ – **الأسلوب الكارتوجرافى:** الذي استخدم في التمثيل البياني لعرض نتائج التحليلات المورفومترية والإحصائية ورسم الخرائط باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية خاصة برنامج Arc GIS, 10.3 .

أولا – العوامل المؤثرة على حركة المواد:

تتنوع العوامل والعمليات المؤثرة على حركة المواد وتشكيل المنحدرات الا انها تتحدد بشكل اساسي فى عوامل البنية الجيولوجية والتركيب الصخرى والمياه الجارية والرياح والمرحلة الجيومورفولوجية التى قطعتها

المنحدرات، بينما تتمثل العمليات فى عمليات التجوية الكيميائية والميكانيكية وما ينتج عنها من اشكال تساعد فى تراجع وتاكل المنحدرات وعمليات حركة المواد خاصة التساقط الصخرى والانزلاقات الصخرية (عطية، ٢٠١٦، ص٨٨).

١ــ طبيعة التكوينات الجيولوجية:

يعتبر نوع الصخر وبنيته الجيولوجية من العوامل الرئيسية التى تسهم فى تشكيل المنحدرات، سواء كانت الطبقات أفقية أو مائلة، أو متباينة فى درجة صلابتها أو أنها ذات بنية متجانسة؛ فإذا كانت البنية الجيولوجية أفقية وتتكون من طبقتين مختلفتين فى درجة صلابتهما، ولا سيما عندما تكون الطبقة العليا أكثر صلابة، سوف ينتج عنها تتابع واحد على المنحدر؛ وتعكسها المنحدرات المستقيمة الشديدة الإنحدار والتى ترتبطت بمكاشف الطبقات الجيرية؛ ونتيجة تأثرها بعمليات التساقط الصخرى والتفكك الميكانيكى التى تعمل على تحطم أجزاء من صخور المنحدرات وتساقطها بفعل الجاذبية؛ ولذلك تبدو الأجزاء العليا على هيئة حوائط رأسية؛ فى حين تنمو على الأجزاء الدنيا من المنحدرات عناصر مقعرة تتميز بشدة تقوسها وقصر طولها نتيجة ما تعانيه من عمليات الترسيب وتراكم المواد؛ ويظهر ذلك فى تكوين منحدرات الجروف المقعرة فى صخور تكوين باى حسن فى قضاء جمجمال، أما فى حالة البنية التى تتكون من أكثر من طبقتين فانه ينتج عنها أكثر من تتابع حسب عدد الطبقات وترتيبها؛ وهذا النمط تعكسه بعض المنحدرات شبه السلمية فى تكوين البلاسيبي بمنطقة الدراسة، وذلك نتيجة لإختلاف الخصائص الليثولوجية والنوعية للصخور المشكلة لها؛ بينما فى البنيات الجيولوجية المتجانسة فإن وجود أكثر من تتابع يعنى بالضرورة أن المنطقة قد مرت بأكثر من طور واحد، وعدد التتابعات يعكس عدد تلك الأطوار؛ ويرتبط هذا النمط من المنحدرات بمدرجات الاودية، (صالح، وحجاب، ٢٠٠٨، ص٢٢٦).

٢ ــ انحدارات السطح:

المنحدرات او السفوح هى تلك السطوح المنحدرة من الارض عن المستوى الافقى وتشكل غالبية سطح الارض، وبفضل تطور التقنيات الحديثة المتمثلة فى نظم المعلومات الجغرافية GIS امكن دراسة وتحليل المنحدرات باستخدام الطرق الالية الحديثة (دسوقى، ٢٠١٧، ص٨)، حيث استخدم الطالب برنامج Arc GIS, 10.3، فى تحليل درجات الانحدار ومعدلات تقوس المنحدرات، للوقوف على مدى تاثيرها على طبيعة حركة المواد، وما تسببه من اخطار جيومورفولوجية فى قضاء جمجمال.

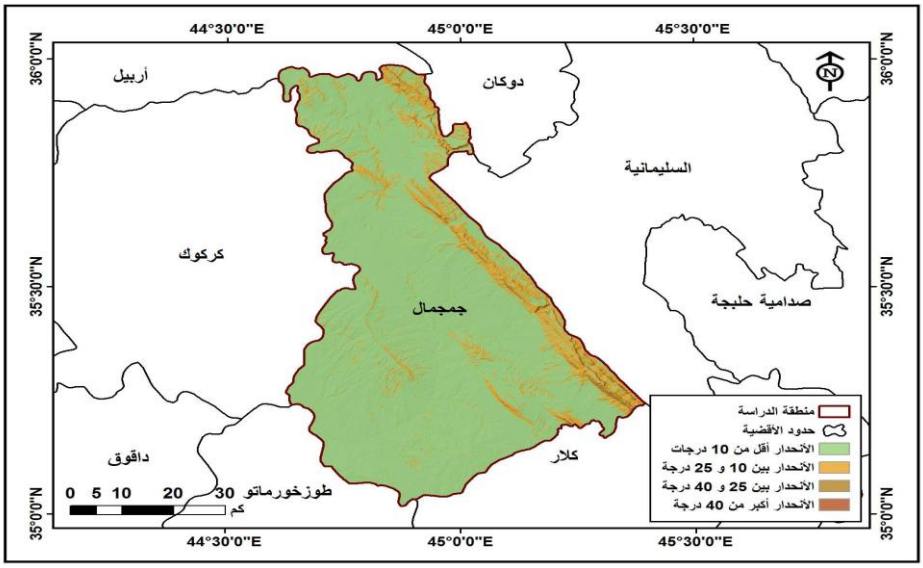
أ – تحليل درجات الانحدار:

تتأثر حركة المواد على المنحدرات بزوايا الانحدار تأثيراً كبيراً، خاصة فيما يتعلق بالقوة الدافعة، فكلما زادت زوايا سطح الانحدار زادت القوة الدافعة لحركة المواد أيضاً، ويرجع ذلك الى زيادة زاوية الاحتكاك الداخلي على السطح، إذ يرتبط نوع حركة المواد بطبيعة الانحدارات، وقد اعتمد الطالب على تصنيف درجات الانحدار الى ٤ فئات تشمل الانحدارات الهينة (من صفر لاقل من ١٠ درجة)، والانحدارات المتوسطة (من ١٠ لاقل من ٢٥ درجة)، والانحدارات الشديدة (من ٢٥ لاقل من ٤٠ درجة)، والانحدارات الجرفية (من ٤٠ درجة فاكثر) (دسوقى، ١٩٩١، ص٤٠٢)، وذلك لتسهيل دراسة تاثير انحدارات السطح على حركة المواد جدول (١)، والشكل (٢).

جدول (١) فئات درجات الانحدار فى قضاء جمجال

فئات الانحدار (بالدرجة)	المساحة (كم٢)	النسبة ٪	طبيعة الانحدار
صفر لاقل من ١٠	٣٧٤,٧	٨٢,٣٢	انحدارات هينة
من ١٠ لاقل من ٢٥	٤٩,٩٩	١١,٦	انحدارات متوسطة
من ٢٥ لاقل من ٤٠	٠,٦٢	٢,٦٦	انحدارات شديدة
من ٤٠ فاكثر	٠,٧٩	٣,٤٢	انحدارات جرفية

المصدر: من اعداد الطالب باستخدام برنامج Arc GIS, 10.3



شكل (٢) درجات الانحدار فى قضاء جمجال

فئة الانحدارات الهينة (من صفر لاقل من ١٠ درجة): وتشغل مساحة ٣٧٤,٧كم٢ بنسبة ٨٢,٣٢٪ من اجمالى مساحة منطقة الدراسة، وتتسم هذه الانحدارات بميل خفيف، ويدل انتشار فئة الانحدارات الهينة الى ان منحدرات المنطقة قد قطعت شوطا كبيرا فى المرحلة الجيومورفولوجية ووصلت الى مرحلة النضج (عطية، ٢٠١٦، ص٩٧)، وهى تتوزع فى المناطق الوسطى والغربية من قضاء جمجمال، وفى قيعان مجارى الأودية، والأراضي المحيطة بالمنحدرات الجبلية، والمناطق السهلية فى غرب القضاء، ولا تشكل الانحدارات من (صفر-٥ درجة) ايه خطورة جيومورفولوجية تتعلق بحركة المواد، اذ تتميز اسطحها بالإستواء نسبيا او ضعف الإنحدار، مما يسمح بتراكم الرواسب والمفتتات عليها نتيجة لانتظام زوايا انحدارها، ومن ثم تعد من انسب المواقع لاقامة التجمعات السكنية والمنشات الاقتصادية وشق طرق النقل والمواصلات ومد خطوط البنية الاساسية، خاصة فى المناطق التى لا تزيد درجة انحدارها عن ٥ درجة والتى تصنف طبقا للمعايير الدولية على انها انحدارات معتدلة يمكن استخدامها في الإنشاءات حيث تتسم بانها اراض ذات خطورة محدودة (على، ٢٠٠٠، ص٤٥)، بينما قد تتطلب الانحدارات من (٥-١٠ درجة) بعض الاعمال الهندسية لتلاءم عمليات الانشاء والبناء.

فئة الانحدارات المتوسطة (من ١٠ لاقل من ٢٥ درجة): وتشغل مساحة ٤٩,٩٩كم٢ بنسبة ١١,٦٪ من اجمالى مساحة منطقة الدراسة، وتتوزع على المنحدرات السفلى عند اقدام الحافات الغربية للسلاسل الجبلية، وهى تشكل خطورة جيومورفولوجية حيث تظهر بها مخاطر زحف التربة فى المناطق الزراعية، كما لا تصلح لبعض الاستخدامات البشرية كالبناء والطرق وخطوط شبكات المرافق الا بعد عمليات التسوية التى قد تكون ذات تكلفة مرتفعة فى بعض الاحيان.

فئة الانحدارات الشديدة (من ٢٥ لاقل من ٤٠ درجة): وتشغل مساحة ٠,٦٢كم٢ بنسبة ٢,٦٦٪ من اجمالى مساحة منطقة الدراسة، وتتوزع على شكل نطاقات طولية متصلة تمتد من الشمال الغربى الى الجنوب الشرقى على امتداد الحافات الجبلية فى الاجزاء الشرقية من قضاء جمجمال، وفى الأودية العمقية ذات الجوانب شديدة الانحدار، وتمثل الانحدارات الشديدة خطورة جيومورفولوجية عالية اذا ما تركزت فى مناطق التجمعات العمرانية او الطرق حيث لا تصلح لعمليات البناء ومد الطرق وشبكات المرافق كما لا تصلح للزراعية الا بعد تسوية الارض على شكل مصاطب زراعية، حيث تشير المعايير العالمية لتصنيف الانحدارات على المنحدرات الجبلية إلى أنّ درجات

الانحدار المرتفعة (مابين ٢٦,٥-٤٥ درجة) لا تصلح لإقامة المنشآت أو الاستخدامات البشرية (ابو راضى، ٢٠٠٤، ص٤٩٠)، وتظهر بها مخاطر الانزلاقات الصخرية التى قد تهدد المبانى المقامة اسفل منها، او تقطع طرق النقل والمواصلات التى تمر عند حضيض الحافات الجبلية شديدة الانحدار.

فئة الانحدارات الجرفية (من ٤٠ درجة فاكثر): وتشغل مساحة ٠,٧٩كم٢ بنسبة ٣,٤٢٪ من اجمالى مساحة منطقة الدراسة، وتتسم هذه الانحدارات بتطابق خطوط الكنتور التى تتجمع فوق بعضها البعض وتختصر المسافات الارضية فيما بينها الى ادنى حد، وتتوزع على شكل نطاقات طولية متقطعة على امتداد القطاعات العليا من الحافات الجبلية فى الاجزاء الشرقية من قضاء جمجمال، وهى تمثل خطورة جيومورفولوجية عالية حيث لا تسمح بتراكم الرواسب عليها، ومن ثم تظهر بها مخاطر التساقط الصخرى الفجائى، وتعد أكثر قطاعات المنحدرات خطورة، وأكثرها نشاطاً في حركة المواد.

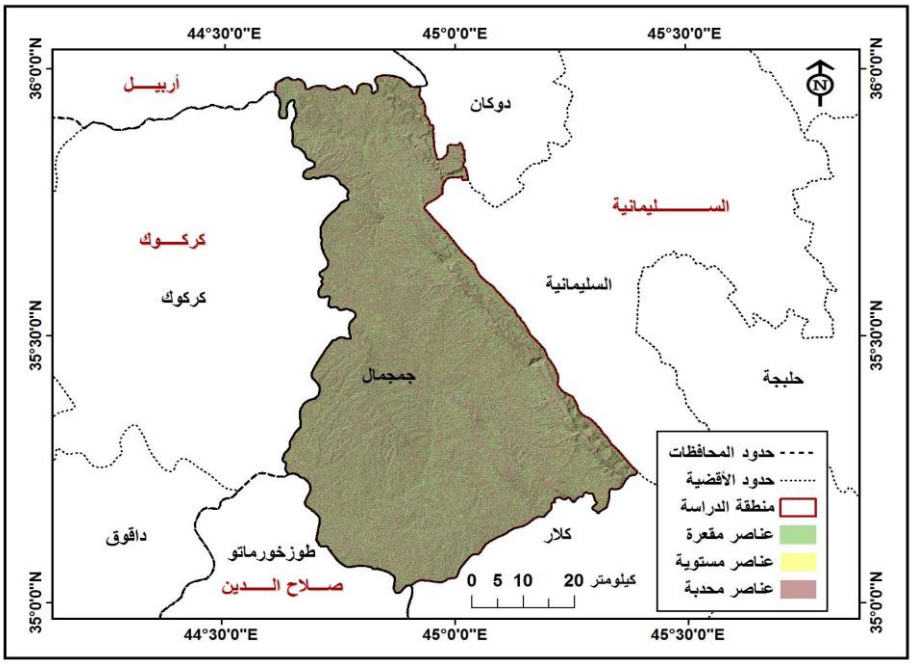
ب – تحليل درجات التقوس:

يعرف تقوس المنحدرات بأنه معدل التغير في زوايا الانحدار مع المسافة الأرضية اتجاه أسفل المنحدر، ويعبر عنه بالدرجات، وهو ذو أهمية في معرفة اشكال المنحدرات السائدة في المنطقة (العطوانى، ٢٠١٥، ص١٦٧)، وقد اعتمد الطالب فى تحليل درجات تقوس المنحدرات فى منطقة الدراسة على نموذج الارتفاع الرقمى DEM باستخدام برنامج Arc GIS, 10.3، جدول (٢)، وشكل (٣).

جدول (٢) فئات تقوس المنحدارات فى قضاء جمجمال

طبيعة التقوس	النسبة ٪	المساحة (كم٢)	درجات التقوس
العناصر المحدبة	٤٨,٥	١٨٨١,١٨	درجات التقوس الموجبة
الاقسام المستقيمة	٣,٥	١٣٤,٥٨	درجات التقوس صفر
العناصر المقعرة	٤٨,٠	١٨٦١,٠٢	درجات التقوس السالبة

المصدر: من اعداد الطالب باستخدام برنامج Arc GIS, 10.3



شكل (٣) توزيع درجات تقوس المنحدرات فى قضاء جمجال

فئة عناصر المنحدرات المحدبة: وتشمل قطاعات المنحدارات التى سجلت درجات تقوس موجبة وتشغل مساحة ١٨٨١,١٨كم٢، بنسبة ٤٨,٥٪، وهى تتوزع فى الاجزاء العليا من الحافات الجبلية التى تخضع لعمليات التجوية النشطة وتظهر بها مخاطر الانزلاقات الصخرية والتساقط الصخرى، وذلك بسبب شبكة الفواصل العمودية والأفقية التي تؤدي دوراً كبيراً بمساعدة عمليات التجوية في تفكك الصخور وانهيارها، وغالبا ما يتبع عناصر المنحدرات المحدبة عناصر اخرى من الاقسام المستقيمة والمنحدرات المقعرة لتكون شكل المنحدرات المحدبة - المقعرة التى تتالف من اعلى الى اسفل من (عنصر محدب – قسم مستقيم – عنصر مقعر).

فئة الاقسام المستقيمة : وتشمل قطاعات المنحدارات التى سجلت درجات تقوس صفر وتشغل مساحة ١٣٤,٥٨كم٢، بنسبة ٣,٥٪، وهى غالبا لا تظهر بشكل منفرد فى الطبيعة بل تتوزع فى المساحات الفاصلة بين عناصر المنحدرات المحدبة والاخرى المقعرة او فى الاقسام الجرفية من منحدرات الجروف المقعرة على الحافات الجبلية فى شرقى قضاء جمجمال، كما تنتشر فى الاجزاء الهينة الانحدار فى النطاق السهلى غربي القضاء، وتسود بها عمليات

نقل المواد من المنحدرات المحدبة الى المنحدرات المقعرة، ومن ثم فهي تمثل أجزاء مستقرة ومتوازنة بالنسبة لحركة المواد على سطح الأرض.

فئة عناصر المنحدرات المقعرة: وتشمل قطاعات المنحدارات التى سجلت درجات تقوس سالبة وتشغل مساحة ١٨٦١,٠٢كم٢، بنسبة ٤٨٪، وتظهر المنحدرات المقعرة اما فى اسفل تتابع المنحدرات (المحدبة - المقعرة) او فى اسفل تتابع المنحدرات (الجروف - المقعرة).

وتمثل المنحدرات المقعرة شكلا من اشكال تطور وتراجع المنحدرات (المحدبة - المقعرة) عندما تشتد عمليات التجوية والنحت الراسي على طول محاور الشقوق والفواصل التى تقطع الجزء العلوى من المنحدر مما يؤدى الى تراجع القسم المستقيم على شكل جروف راسية على حساب العنصر المحدب (دسوقى، ٢٠١٧، ص٣٩)، كما تشير جيومورفولوجيا الى دور المياه الجارية فى تشكيل المنحدرات خلال عصر البليستوسين حيث سادت ظروف مناخية اكثر رطوبة مما هو عليه الحال الان (عطية، ٢٠١٦، ص٨٨)، وهى تتوزع فى الاجزاء السفلى من اقدام الحافات الجبلية التى تخضع لعمليات التعرية المائية النشطة، وتتوقف درجة انحدار المنحدرات المقعرة على نوع الرواسب، حيث تشتد درجة التقعر عندما تكون المواد المترسبة خشنة الحبيبات، في حين تتطور المنحدرات المعتدلة التقعر عندما تكون المواد المترسبة ناعمة الحبيبات (داود، ٢٠٠٠، ص١٢١)، وعموما فان هذا المنوع من المنحدرات تظهر بها مخاطر زحف التربة.

٣ – الغطاء النباتى:

تتسم منحدرات الحافات الجبلية خاصة فى شرقى قضاء جمجمال بانكشاف صخورها وافتقارها إلى النبات الطبيعي الكثيف، والذي يسهم بشكل غير مباشر في عملية التجوية الكيميائية لصخور المنحدرات مما يؤثر على حركة المواد، فضلا عن دوره المباشر الناتج عن المادة العضوية التي يخلفها ذبول النبات الطبيعي باعتبارها أحماض عضوية تتفاعل مع الصخور في حالة توفر المياه (عبدالحسين، ٢٠١٣، ص٩٢)، ومن ناحية اخرى فان للنبات الطبيعي دور سلبي في عدم استقرار المنحدرات وتحريك المواد، عن طريق عملية الأسفنة، التى تحدث عندما تتوغل جذور النباتات في الشقوق والفواصل وتسبب توسيعها واضعاف اسطح المنحدرات وعدم استقراريتها، وكذلك الكثافة المفرطة للنباتات على المنحدرات حيث تبذل جهداً إضافياً على المنحدرات الضعيفة فتسبب تحرك المواد (Gray, & Lesser, 1982, p.10)، لاسيما فى المنحدرات الجبلية التى تتسم بكثرة الشقوق والفواصل بين صخورها، مما يوفر فراغات سهلة امام جذور

النباتات لتتوغل داخل هذه الكتل الصخور وتضيف جهد إضافي على المنحدرات فتسبب تحرك المواد على هذه المنحدرات صورة (١-٢).

صورة (١) دور النبات الطبيعي فى توسيع الفواصل فى الكتل الصخرية على المنحدرات

صورة (٢) دور النبات الطبيعي فى تفلق الكتل الصخرية على المنحدرات

٤ – كمية الامطار:

يبلغ متوسط كمية المطر السنوى فى قضاء جمجمال ٤٩٥,٦ملم، ويعتبر المطر أحد الأسباب التي تؤدي إلى حركة المواد على المنحدرات بصفة عامة والانزلاقات الصخرية بصفة خاصة، نتيجة لتأثير الصخور بالعديد من الشقوق والفواصل، فعندما تتشبع هذه الصخور بمياه الأمطار أو الضباب الكثيف المشبع ببخار الماء، يؤدي إلى تقليل وإضعاف قوي التماسك والاحتكاك بين أسطح التلامس للكتل الصخرية وتعمل أيضًا على غسل وإذابة المواد اللاحمة في الصخور وتكوين مادة غروية تسهل عملية انزلاق الصخور أو التربة، كما أن وجود بعض الطبقات الطينية التي توجد عليها الكتل الصخرية المعرضة للسقوط تساعد على حدوث الانهيارات، وبصفة عامة يمثل وجود الماء في رواسب المنحدرات عاملاً ايجابياً وسلبياً في تحرك المواد في أن واحد لاسيما بالنسبة لكميةٌ المياه في التربة، لأنه يعمل على العديد من التغيرات الكيميائية داخل الصخور، وزيادة الكثافة الكلية للكتل الصخرية، وزيادة ضغط الماء المسامي (عبود واخرون، ٢٠١٣، ص١١١٩) حيث يقوم الماء بانشاء قوة داخل التربة إذا امتلأت مساماتها بصورة كاملة بالماء فان فى هذه الحالة سيبذل قوة دفع خلال الفراغات مابين حبيبات التربة وتسمى هذه القوه بضغط الماء المسامي Power Water Pressure الذي يعمل بمستويات عالية في المنحدرات ويؤدي لعدم استقراريتها (Goudie, 2001, p.391)، كما تؤدى عملية ارتطام قطرات المطر بصخور المنحدرات إلى حركة الجزيئات الصخرية وحبيبات التربة على سطح المنحدرات باتجاه اسفل المنحدر، عن

طريق حركة القفز الى اعلى بارتفاع يصل الى ٥٠سم، نتيجة للطاقة الزائدة الكامنة فى قطرات المطر المتساقط وتسقط الحبيبات باتجاه اسفل المنحدر قدر حركتها تجاه القمة ثلاث مرات فى المنحدرات اقل من ١٠ درجات (محسوب، ٢٠٠٢، ص١١٥)؛ وتساعد هذه العملية على توسيع الشقوق والفواصل الصخرية واضعاف الكتل الصخرية وتفتيتها وتهيئتها للحركة على المنحدرات.

٥ ــ عمليات التجوية:

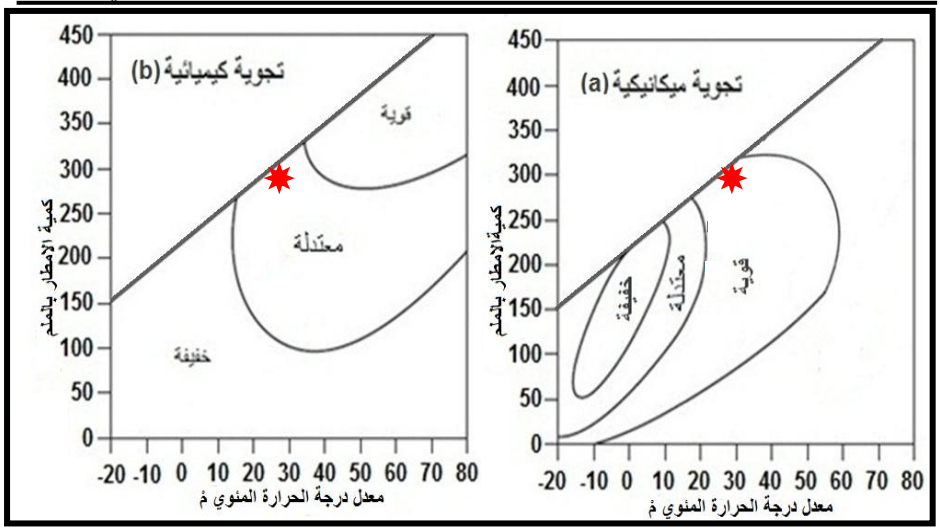
تقوم عمليات التجوية بتفتيت الصخور وتهيئها للحمل والنقل والترسيب بفعل عاوامل التعرية الاخرى لاسيما المياه الجارية والرياح، وتتم عملية التجوية عند تعرض الصخور المكشوفة من سطح الأرض أو القريبة منها إلى العناصر الجوية السائدة في الغلافين الجوي والمائي، وينتج عن ذلك أشكال أرضية جديدة، وغالبا ما تكون عمليات التجوية بطيئة جداً بشكل عام، إذ لا يمكن ملاحظتها بصورة مباشرة، كما تتداخل أنواع عمليات التجوية بحيث يصعب الفصل بينها، وان كانت تسود احدى أنواعها في منطقة معينة دون الأخرى، حيث تتضافر عمليات التجوية سوياً فى تحطيم وتفتيت الصخور والمعادن إلى أجزاء أصغر، أو الى مواد أكثر استقراراً قرب سطح الأرض (Stephen, et.al., 2015, p.1)، وتسهم عمليات التجوية فى تحرك المواد لاسيما التساقط الصخرى والانزلاقات الصخرية من خلال نشاط عمليات التجوية الكيميائية صورة (٣) التى تغير من خصائص التركيب المعدنى للصخور مما يضعف الصخور، كما تؤدى عمليات التجوية الميكانيكية الى تكسير الصخور على المنحدرات من خلال عمليات التفلق الصخرى والتفكك الكتلى.

صورة (٣) مظاهر التجوية الكيميائية لصخور المنحدرات

وتتمثل العوامل التي تتحكم في سرعة التجوية ونوعيتها على صخور المنحدرات فى بنية الصخور والمناخ وطبيعة سطح الارض (الزاملى، ٢٠٠٧، ص٨٥) كما يلى:

بنية الصخور: من حيث درجة صلابتها وتركيبها المعدنى، ومقدار مقاومتها للعمليات الجيومورفولوجية، فضلاً عن وضعية تلك الصخور، ومدى استجابتها وتأثرّها بالعمليات الباطنية.

الظروف المناخية: حيث ترتبط معدلات التجوية لصخور المنحدرات فى قضاء جمجمال بطبيعة الظروف المناخية السائدة حاليا او تلك التى كانت سائدة فى العصور الجيولوجية الماضية لاسيما فى عصر البليستوسين حيث كان المناخ اكثر رطوبة مما ساعد على تسريع عمليات التجوية الكيميائية، وهيئتها لعوامل التجوية الميكانيكية التى سادت فى ظل الظروف المناخية الحالية التى تتسم بارتفاع درجات الحرارة وتذبذب كميات الامطار، ويؤدى ذلك الى سيادة عمليات التجوية الميكانيكية بصورة قوية، وتبدو مظاهرها جلية فى التفكك الكتلى والانفراط الحبيبي، اذ تعد الخصائص الحرارية من مقومات ومحفزات التجوية الميكانيكية (الكومى، ٢٠١٥، ص٢٦٧)، بينما تسود عمليات التجوية الكيميائية بصورة معتدلة شكل (٤) .



شكل (٤) أثر الحرارة والامطار في سيادة نوع وشدة التجوية في قضاء جمجمال

المصدر معدل عن: (Huggett, 2007, p.160)

طبيعة سطح الارض: والذى يؤثر في تباين معدلات التجوية فى الصخور، حيث تتباين طبيعة سطح الارض فى قضاء جمجمال مابين الحافات الجبلية الجرفية وشديدة الانحدار فى شرقى القضاء حيث تزداد عليها عمليات حركة المواد المجواه باتجاه اسفل المنحدرات، ومع انكشاف الصخور وندرة الغطاء النباتى تكون الفرصة مؤاتية لنشاط عمليات التجوية لاسيما التجوية الميكانيكية، وبصفة عامة تقل عمليات التجوية بالاتجاه نحو حضيض المنحدرات والتى غالبا ما تكون مغطاة بطبقة متفاوتة السمك من المفتتات الصخرية التى تقلل من فرص تجوية الصخور السفلية، بينما تتسك طبيعة سطح الارض فى غربي قضاء جمجمال بالانحدارات الهينة وسمك التربة الكبير نسبيا والذى يقلل من فاعلية عمليات التجوية.

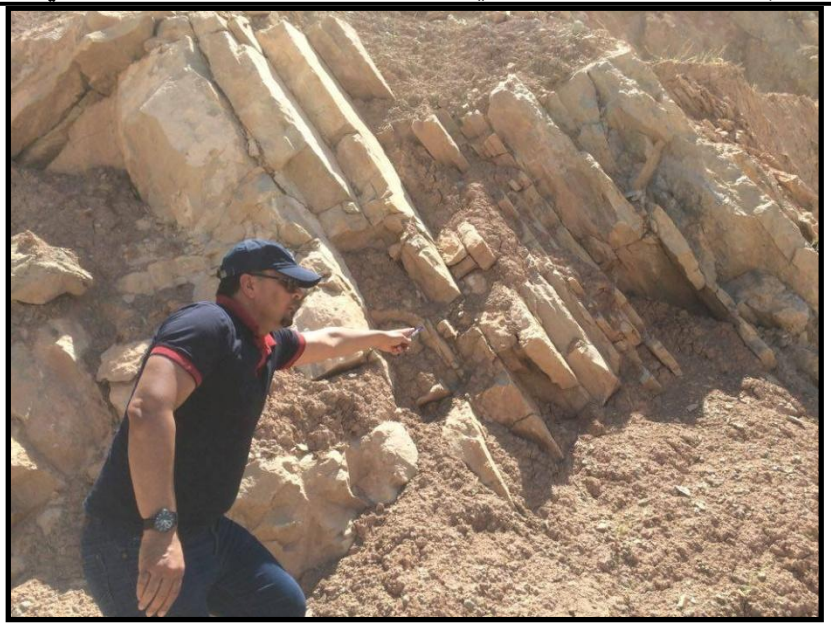
٦ – عمليات التعرية المائية والريحية:

تعد التعرية المائية العامل الجيومورفولوجى الأول المسئول عن تشكيل المنحدرات بشكل عام، والمنحدرات المحدبة - المقعرة بشكل خاص؛ وتتمثل التعرية المائية فى المياه الجارية بفعل تساقط الأمطار الغزيرة التى تعرضت لها المنطقة فى الفترات القديمة، والتى لعبت دوراً مهما فى نشأة وتطور المنحدرات؛ وكذلك مياه السيول المعاصرة التى تحدث عقب العواصف المطيرة؛ حيث تسهم فى إطالة العنصر المحدب على الجزء الأعلى من المنحدر

على حساب الوحدات المجاورة نتيجة عمليات النحت وإزالة المفتتات، وكذلك زيادة أطوال العناصر المقعرة فى الأجزاء الدنيا من المنحدرات بحكم كونها منطقة ترسيب (صالح، وحجاب، ٢٠٠٨، ص٢٢٧)، وتتشكل التعرية المائية للمنحدرات فى ثلاث صور تشمل التعرية الغطائية Sheet Erosion، والتعرية الجدولية Rill Erosion، والتعرية الأخدودية Gully Erosion (الكيالى، ٢٠٠٢، ص٥٣٧)، بينما تعتبر التعرية الريحية أقل العوامل الجيومورفولوجية تأثيرا على حركة المواد على المنحدرات فى منطقة الدراسة، حيث يكاد يقتصر دورها على نحت جوانب الحافات الجبلية فى شكل تحززات وتجاويف ريحية، او تكوين بعض الأشكال الرملية البسيطة مثل نيم الرمال او النباك فى حالة توفر الرمال.

ثانيا – التساقط الصخرى Rock Fall:

يحدث التساقط الصخري نتيجة لانفصال الكتل الصخرية فى اعلى المنحدرات الجبلية شديدة الانحدار، حيث تسقط هذه الكتل بسرعة كبيرة في اتجاه أقدام المنحدرات، وعادة ما تكون هذه الحركة فجائية وسريعة وذلك تحت تاثير الجاذبية الأرضية نتيجة القطع التحاتي Under Cutting بفعل نشاط عمليات التجوية والتعرية، أو بسبب عمليات الحفر الاصطناعى التي يقوم بها الإنسان (يوسف، ٢٠٠٥، ص٢٨)، وذلك فى ظل وجود تكوينات صخرية غير متماسكة سريعة التشبع بالماء، وسفوح شديدة الانحدار، وامطار غزيرة وفجائية وعلى فترات متقطعة، مع ندرة الغطاء النباتى (الدليمي، ٢٠١٠، ص١٢٠)، وتتوقف عملية التساقط الصخرى بدرجة كبيرة على نظم الفواصل والشقوق فى الكتل الصخرية على المنحدرات شديدة الانحدار او الواجهات الجرفية الحرة، حيث تعمل هذه الفواصل على احداث خلخلة داخلية فى جسم الصخر ويتوغل عبرها نشاط عمليات التجوية وعوامل التعرية ويزداد داخلها نتثير ضغط الماء البينى ومن ثم فهى تعمل اضعاف تماسك الصخر مما يزيد من قابليته للحركة صوب اقدام المنحدرات، صورة (٤).



صورة (٤) اثر نظم الفواصل الطولية على اتجاه التفلق الصخرى

وتظهر اثار التساقط الصخرى في المنحدرات الجبلية المرتفعة فى شرقى قضاء جمجمال على طول منحدرات فى أعالي الحافات الصخرية إلى حضيضها نتيجة لفعل الجاذبية الأرضية، ويتركز حدوث التساقط الصخرى في المنحدرات الشديدة الانحدار والتي تكون ضعيفة التماسك، حيت تتحرك الكتل الصخرية المنفصلة من الطبقات العليا نحو اسفل المنحدرات اما مباشرة دون الاحتكاك بالمنحدر وذلك فى حالة الجروف الراسية والواجهات الصخرية الحرة، او تتدحرج بسرعة على المنحدرات شديدة الانحدار حتى تستقر عند حضيضها، وينتج عن التساقط الصخرى من الحافات الجبلية والواجهات الحرة تراكم الكتل الصخرية والجلاميد مختلفة الاحجام عند حضيض الحافات الجبلية، ويتحدد حجم الكتل الصخرية المتساقطة مابين الكتل الكبيرة الحجم وحتى الجلاميد الصغيرة تبعا لكثافة واتجاهات نظم الفواصل والشقوق فى الواجهات الصخرية ، فإذا ما اتسمت الفواصل بتباعد المسافات الفاصلة بينها، فان الكتل المتساقطة تتميز بكبر حجمها، بينما إذا تقاربت المسافات بين الفواصل والشقوق فان الكتل الصخرية المتساقطة تكون صغيرة الحجم صورة (٥).

صورة (٥) تباين احجام الكتل الصخرية فى اسفل المنحدر نتيجة للتساقط الصخري

وقد تم إجراء بعض القياسات الحقلية لعدد ٢٠ كتلة صخرية تعرضت للتساقط الصخرى من احد الجروف على المنحدرات ويوضح نتائجها الجدول (٣)، حيث يلاحظ أن متوسط حجم الكتل قد بلغ ٤٨سم٣، بمعامل اختلاف يصل إلى ١٠٧,١٪ مما يدل على التفاوت الحجمى الكبير بين كتل الجلاميد، فى حين تباين معامل الشكل، حيث يتراوح بين (٠,٣٢ – ١,٠٠) للكتل شبه المستطيلة والمستديرة على التوالى، بمتوسط عام ٠,٤٣، مما يدل على ميل معظم الكتل الصخرية للاستطالة.

جدول (٣) التحليل المورفومترى لأبعاد الكتل الصخرية المتساقطة

البيان	الطول (سم)	العرض (سم)	الارتفاع (سم)	الحجم (سم٣)	معامل الشكل
المتوسط	٧٥	٧١	٤١	٤٨	٠,٤٣
اقل قيمة	٣٠	٢٥	٢٠	٠,٢	٠,٣٢
اكبر قيمة	٢١٠	١٥٠	٩٥	٣٧٥	١,٠٠
الانحراف المعيارى	٠,٤١	٠,٣٥	٠,٢٤	٠,٨٥	٠,١٤
معامل الاختلاف٪	٤٣,١٦	٥٧,٥	٥٠,٥	١٠٧,١	٢٢,٢

المصدر: التحليل الإحصائى للقياسات الحقلية.

ثالثا – انزلاقات المواد Mass Sliding:

تشمل انزلاقات المواد حركة الكتل الصخرية التى تتحرك بمفردها باتجاه الانحدار العام مع موازاة السطح وبدون تاثير كبير لاى عامل من عوامل التعرية فى السطوح الجبلية التى تمتاز صخورها بكثرة الفواصل والشقوق (التميمي، ٢٠١٦، ص٢٨)، كما تشمل انزلاقات التربة على المنحدرات الجبلية والسطوح شديدة الانحدار بتاثير عامل الجاذبية.

١ - الانزلاقات الصخرية Rock Sliding:

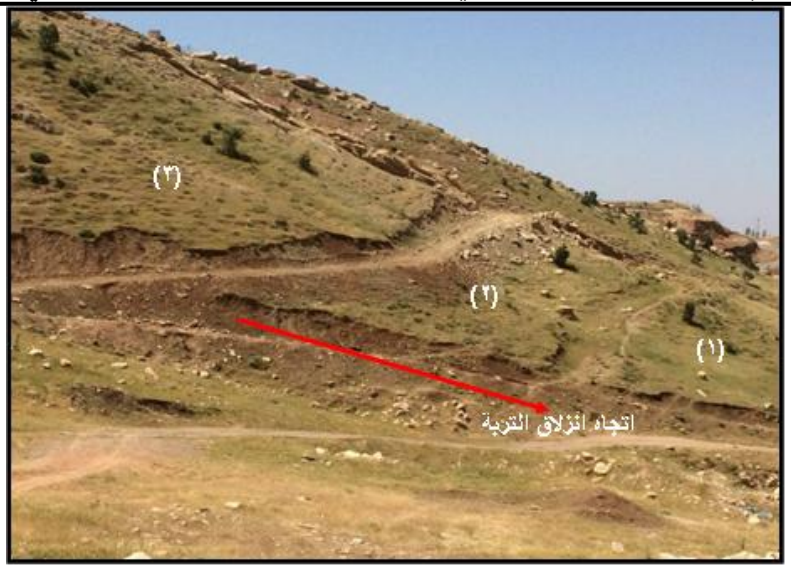
ترتبط الانزلاقات الارضية بشكل نسبي بالظروف المناخية السائدة حاليا اذ يزداد حدوثها عقب سقوط الامطار الغزيرة بشرط ان تتوفر بنيات تسهل عملية تسرب المياه مما يتيح الفرصة لحدوث الانزلاقات الصخرية (Small & Clark, 1981, p.38)، وتحدث الانزلاقات الصخرية فى ظل توفر الظروف التالية: وجود طبقات صخرية وتكوينات ضعيفة غير متماسكة على المنحدرات، وامتداد طبقات صخرية صلبة فوق طبقات ضعيفة، ووجود مستويات تطبق وفواصل وصدوع ذات ميل شديد، وسفوح شديدة الانحدار، وتباين الظروف المناخية من الحرارة والامطار والثلوج، وقلة الغطاء النباتى (الدليمي، ٢٠١٠، ص١٢١)، وتتمثل جميع هذه العوامل فى المنحدرات الجبلية الشديدة الانحدار، وتتسم الانزلاقات الصخرية بكونها عملية ليست عميقة حيث تتم على طول مستويات لا تتسم بجاذبية الالتصاق، فعند سقوط الأمطار الشديدة فإنها تهيئ ضغط موائع يؤدي إلى تذبذب أو انكسار العوائق المانعة للانزلاق، مما يقلل من معامل الاحتكاك على مستوى الانزلاق، ومن ثم تنزلق الكتل الصخرية أو قطع منها باتجاه أسفل المنحدرات (عبدالحسين، ٢٠١٣، ص١٣٨).

وتنتشر ظاهرة الانزلاقات الصخرية فى قضاء جمجمال فى معظم المنحدرات الجبلية التى هى فى الأساس منحدرات نحت ساهمت عمليات التساقط الصخرى والانزلاقات الصخرية فى تطويرها وتعديلها، بحيث تظهر بعض المنحدرات فى شكل منحدرات سلمية نتيجة للتراجع المستمر للحافات الجبلية بفعل الانزلاقات الصخرية الصورة (٦).

صورة (٦) تكون المنحدرات السلمية نتيجة الانزلاقات الصخرية

٢ – انزلاقات التربة Soil Sliding:

على الرغم من ارتباط حركة التربة بحركة المواد البطيئة الا ان شدة انحدار السطح فى العديد من المواقع فى قضاء جمجمال يؤدى الى حدوث حركة سريعة للمواد المتوسطة والناعمة الحبيبات والتى تتمثل فى انزلاقات التربة والتى تؤدى الى تقطع سطح الارض على شكل مدرجات ارضية نتيجة لانزلاق التربة باتجاه اسفل المنحدرات صورة (٧)، وعلى الرغم من خصوبة التربة فى هذه المناطق وصلاحيتها للزراعة، الا ان المخاطر الجيومورفولوجية المتعلقة بحركة التربة تؤدى الى عدم انتظام السطح، وتكون مدرجات ارضية، مما يضعف من استقرار المنحدرات ويؤدى الى صعوبة زراعتها، الا بعمليات خدمة خاصة قد تكون مكلفة، ومن ثم يتم ترك هذه الاراضى بدون زراعة صورة (٨).



صورة (٧) تكون المدرجات الارضية نتيجة تتابع عملية انزلاقات التربة

صورة (٨) تقطع سطح المنحدرات وميل جذوع الاشجار بسبب انزلاقات التربة

كما تظهر انزلاقات التربة احيانا على المنحدرات فى شكل حركة دورانية Slamping بشكل متتابع لمواد المنحدرات باتجاه اسفل المنحدر، حتى تصل إلى سطح مستوى يتوقف عندها حركة المواد، وفي بعض المنحدرات قد تتحرك كتلتين او أكثر على التوالي خلال فترة زمنية قصيرة، وتظهر على

شكل مدرجات، وتم تسجيل حدوث ١١ تتابع من انزلاقات التربة على احد المنحدرات صورة (٩)، وهو ما يمثل خطورة جيومورفولوجية كبيرة لاسيما على الاراضى الزراعية الواقعة اسفل المنحدرات.

صورة (٩) تتابعات من الانزلاق الدورانى للتربة على المنحدرات فى قضاء جمجمال

رابعاً - زحف المواد Mass Creeping:

تعد عملية زحف المواد حصيلة مختلف عمليات التجوية التي تؤدي إلى حدوث حركة باتجاه اسفل المنحدرات بالتضامن مع قوة الجاذبية (ستريلر، ١٩٨٥، ٣٠٣).

١ - زحف التربة Soil Creeping:

تختف عملية زحف التربة كلية عن الأنواع الأخرى من حركة المواد، حيث لا يكون لوجود المياه أثر في عملية زحف التربة، وتخضع الطبقة الزاحفة من التربة اثناء حركتها على المنحدر، لعمليات التدحرج والتكسر والانجراف في بعض الأحيان، الا أن مكوناتها الفتاتية تكون على شكل خليط مختلف الأحجام، ولا يوجد بينها دقائق طينية، حيث يتم تفريغها أول بأول اثناء هطول الامطار من خلال عملية غسل التربة، ولا يتبقى سوى المواد الخشنة، وعليه فإن دور

المياه يكون محدوداً ومقتصراً على نقل المواد الطينية فقط، وتحدث ظاهرة زحف التربة بمساعدة عملية التمدد والتقلص الناتجة عن تجمد وذوبان التربة، أو نتيجة التشققات الناتجة عن الرطوبة والجفاف، أو بمساعدة العوامل الحيوية مثل حفر الحيوانات وتمدد جذور النباتات، وتمايل جذوع الأشجار، ووطء أقدام الحيوانات، وحركة الانسان، والحراثة على المنحدرات (ثورنبري، ١٩٧٥، ص٦٥).

وتظهر اثار زحف التربة على بعض القطاعات الوسطى من الحافات الجبلية فى شمال شرق قضاء جمجمال، ويرجع ذلك الى تتابع تكوينات جيولوجية مختلفة الصلابة تتسم بوجود طبقة من الطين والصلصال ونتيجة لعمليات النحت وتراجع الحافات تتاثر الطبقات اللينة بعوامل التعرية التى تسبب حركة التربة باتجاه اسفل المنحدر صورة (١٠).

صورة (١٠) مظاهر زحف التربة والصخور على المنحدرات

٢ – زحف الصخور:

يعد زحف الصخور احد اهم اشكال حركة المواد السريعة على المنحدرات، وهى ترتبط بالمنحدرات التى يزيد درجة انحدارها عن ١٥ درجة، حيث تتم عملية الزحف الصخرى على طول اسطح الانحدار التى تنقسم الى ثلاثة اسطح تبدا بالسطح شبه الافقى وياتى فى مقدمة الحركة، والسطح المائل وياتى فى منتصف الحركة (منتصف سطح الانحدار)، والسطح شبه المائل

وياتى فى مؤخرة الحركة (نوافلة، ١٩٩٥، ص٨١)، وبالتالى فانه يمكن تقسيم عملية الزحف الصخرى الى ثلاث مراحل تبدا بالمرحلة الاولية التى تظهر بها كثرة الشقوق والفواصل على الكتل الصخرية فى الاجزاء العليا من المنحدرات ذات الانحدارات المتوسطة وتعطى مؤشرات اولية على عدم استقرار الكتل الصخرية وامكانية تعرضها للزحف الصخرى، ثم تبدا المرحلة الثانية عند انفصال الكتل الصخرية وهى مرحلة الحركة الفعلية للكتل الصخرية على اسطح المنحدرات والتى تنحدر نحو اسفل المنحدرات متتبعة اكثر المناطق انحدارا على طول المنحدر صورة (١١)، حتى تصل الى المرحلة الثالثة وهى مرحلة الاستقرار التى غالبا ما تكون عند اقدام المنحدرات وتتسم خلالها الكتل الصخرية بالثبات نسبيا.

صورة (١١) زحف الكتل الصخرية على المنحدرات

وقد تواصل الكتل الصخرية زحفها بالاعالة على عملية زحف التربة حتى تبتعد نسبيا عن المنحدرات الاصلية التى اشتقت منها، ويمكن ان يطلق عليها فى هذه الحالة اسم الكتل الصخرية الضالة، حتى يستوى سطح الارض وتصل حركة المواد الى منتهاها، او يتم تثبيتها عند وجود الى عائق مثل جذوع الاشجار، وقد تم إجراء بعض القياسات الحقلية لعدد ١٥ كتلة صخرية تعرضت للزحف الصخرى من احد المنحدرات ويوضح نتائجها الجدول (٤)، حيث يلاحظ أن متوسط حجم الكتل قد بلغ ٧٠سم٣، بمعامل اختلاف يصل إلى ١١١,١٪ مما يدل على التفاوت الحجمى الكبير بين ابعاد الكتل الصخرية، فى

حين تباين معامل الشكل بين (٠,٥٠ – ١,٠٠) للكتل شبه المستطيلة والمستديرة على التوالى، بمتوسط عام ٠,٦٥، مما يدل على ميل معظم الكتل الصخرية للاستدارة صورة (١٢-١٣).

جدول (٤) التحليل المورفومترى لأبعاد الكتل الصخرية الزاحفة

البيان	الطول (سم)	العرض (سم)	الارتفاع (سم)	الحجم (سم٣)	معامل الشكل
المتوسط	١١٠	٩٠	٥٠	٧٠	٠,٦٥
اقل قيمة	٣٥	٢٥	٢٥	٣٠	٠,٥٠
اكبر قيمة	٢٥٠	١٥٠	١٠٠	٣٧٥	١,٠٠
الانحراف المعيارى	٠,٤٥	٠,٤٠	٠,٤٩	٠,٩٥	٠,٤٥
معامل الاختلاف٪	٥٠,١٦	٤٣,٥	٥٠,٥	١١١,١	٥٠,٥

المصدر: التحليل الإحصائى للقياسات الحقلية.

صورة (١٢) الكتل الصخرية شبه المستديرة الناتجة عن الزحف الصخرى

صورة (١٣) احدى الكتل الصخرية المسطحة والتى تبعد عن حضيض المنحدر بمسافة ١٥م

الخاتمة:

- تتنوع العوامل والعمليات المؤثرة على حركة المواد وتشكيل المنحدرات الا انها تتحدد بشكل اساسي فى طبيعة التكوينات الجيولوجية، وانحدارات السطح، والغطاء النباتى، وكمية الامطار، وعمليات التجوية، وعمليات التعرية المائية والريحية.
- تتمثل انزلاقات الكتل الصخرية فى تحركها بمفردها باتجاه الانحدار العام مع موازاة السطح وبدون تاثير كبير لاى عامل من عوامل التعرية، ويحدث هذا النوع من حركة المواد في الطبقات الصخرية الذي تتعرض للتفتت والتفكك نتيجة انتشار الشقوق والفواصل الكثيفة التي تميل مع الاتجاه العام للمنحدر.
- تحدث انزلاقات التربة بسبب شدة انحدار السطح فى العديد من المواقع مسببه حركة سريعة للمواد المتوسطة والناعمة الحبيبات وتؤدى الى تقطع سطح الارض على شكل مدرجات ارضية باتجاه اسفل المنحدرات.
- يحدث زحف التربة بمساعدة عملية التمدد والتقلص الناتجة عن تجمد وذوبان التربة، أو نتيجة التشققات الناتجة عن الرطوبة والجفاف، أو بمساعدة العوامل الحيوية مثل حفر الحيوانات وتمدد جذور النباتات، وتمايل جذوع الأشجار، ووطء أقدام الحيوانات، وحركة الانسان، والحراثة على المنحدرات.
- يعد زحف الصخور احد اشكال حركة المواد السريعة على المنحدرات، وهى ترتبط بالمنحدرات التى يزيد درجة انحدارها عن ١٥ درجة، وتتم عملية الزحف الصخرى على طول اسطح الانحدار.
- تتميز عمليات زحف الركام او هشيم المنحدرات بتحرك المواد الصخرية الدقيقة التى تاخذ عادة الشكل الهرمى، وتتجمع عند حضيض المنحدرات شديدة الانحدار، وتتسم حركة المواد فى هذه العملية بالبطئ، كما تتالف المواد من نفس تكوينات المنحدر الذى تتراكم عند اقدامه، بينما تختلف كمياتها واحجام مفتتاتها تبعا لاختلاف القوى المسببة لحركتها.

المراجع:

المراجع العربية:

١. أبو راضي، فتحي عبدالعزيز (٢٠٠٤): الاصول العامة في الجيومورفولوجيا علم اشكال يابس سطح الارض، دار النهضة العربية، بيروت.
٢. التميمي، بشير فرحان محمود (٢٠١٦): النمذجة الهيدلولوجية لحوض جمجمال المائي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية للعلوم الانسانية، جامعة تكريت.
٣. الدليمي، خلف حسين علي (٢٠١٠): الجيومورفولوجيا التطبيقية علم شكل الارض التطبيقي، الاهلية للنشر والتوزيع، عمان.
٤. الزاملي، عايد جاسم (٢٠٠٧): الأشكال الأرضية في الحافات المتقطعة للهضبة الغربية بين بحيرتي الرزازة وساوه واثارها على النشاط البشري، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الاداب، جامعة بغداد.
٥. العطواني، زينب إبراهيم حسين (٢٠١٥): التباين المكاني للظواهر الجيومورفولوجية الخطرة في محافظة أربيل، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية، جامعة المستنصرية.
٦. الكومي، عبدالرازق بسيوني (٢٠١٥): تحليل استقرار رواسب منحدرات الحافة الغربية لجبل طويق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية دراسة فى الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة الدراسات الانسانية والادبية، العدد١٠.
٧. الكيالى، منى عبدالرحمن (٢٠٠٢): تعرية التربة وتنميتها في الصحارى العربية دراسة جيومورفولوجية، بحوث الملتقى الثانى للجغرافيين العرب، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
٨. ترجمة وفيق حسين الخشاب، الجزء الأول، جامعة بغداد، بغداد.
٩. داود، تغلب جرجيس (٢٠٠٠): علم أشكال سطح الأرض التطبيقي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجامعة المستنصرية، الدار الجامعية للطباعة والنشر، فرع البصرة.
١٠. دسوقى، إسلام صابر أمين (٢٠١٧): تحليل منحدرات الحافة الشمالية الشرقية لجبل عتاقة – مصر باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمى DEM والقياسات الميدانية، رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا جامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٤٤٣.

١١. دسوقى، صابر أمين سيد (١٩٩١): أساليب دراسة السفوح، كتاب وسائل التحليل الجيومورفولوجى، القاهرة.
١٢. ستريلر، أرثر (١٩٨٥): أسس علم الأرض، ترجمة: وفيق حسين الخشاب، ومحمد حامد الطائي، مطبعة جامعة بغداد، بغداد.
١٣. صالح، كريم مصلح، وحجاب، محمود احمد (٢٠٠٨): التحليل المورفولوجى لمنحدرات جوانب وادى قصب الصحراء الشرقية،
١٤. عبدالحسين، حسين كاظم (٢٠١٣): منحدرات سلسلة جبال برادوست في محافظة أربيل دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية، جامعة المستنصرية.
١٥. عبود، محمد راشد ، وحسين، أميرة إسماعيل ، وعلي، جمال محمد (٢٠١٣): دراسة استقرارية المنحدرات الصخرية للتكوينات المنكشفة في طيه حمرين الشمالية شمال شرق تكريت، المجلة العراقية للعلوم، جامعة بغداد، العدد٥٤، بغداد.
١٦. عطية، أيمن عطية عبدالحكيم بيومي (٢٠١٦): تحليل المنحدرات بأودية المنطقة الممتدة فيما بين وادي سنور والطرفة الصحراء الشرقية مصر، مجلة الشرق الأوسط، مركز بحوث الشرق الأوسط، جامعة عين شمس، العدد٣٨.
١٧. على، احمد عبدالسلام (٢٠٠٠): بعض الأخطار الطبيعية على الطرق البرية فى شمال سلطنة عمان دراسة فى الجيومورفولوجيا التطبيقية، رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٢٤٧.
١٨. محسوب، محمد صبري (٢٠٠٢): جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.
١٩. نوافلة، خلدون مصطفى خلف (١٩٩٥): اشكال حركات المواد الارضية على منحدرات حوض وادي زقلاب، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، الجامعة الاردنية.
٢٠. يوسف، لؤي داوود (٢٠٠٥): دراسة جيولوجية هندسية لاستقرارية المنحدرات الصخرية لتكاوين شيرانش كولوش- جركس- بيلاسبي" المحيطة بمدينة شقلاوة شمال شرق العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد.

المراجع الأجنبية:

21. Goudie, A. (2001): The Nature of the Environment, 4th edition, Blackwell pub.
22. Gray, D.H. & Lesser, A.T. (1982): Biotechnical slope protection and Erosion Control, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
23. Huggett, R.J. (2007): Fundamentals of Geomorphology, 2nd edition, Routled Taylorand Francis group, London
24. Small, R.J. & Clark, M.J. (1981): Slopes and Weathering, Cambridge Univ. Prees.
25. Stephen, P; Nelson, A; Ensill, E. (2015): Weathering & Soils, Tulane Univ., EENS.1110.