



مجلة معارف الانبار

تحليل جيومورفولوجي لمخاطر الانزلاقات الارضية على طريق خدران الجبلي شمالي العراق

ا.م.د. أحمد فليح فياض علي الهبيبي

جامعة الانبار - كلية التربية للعلوم الانسانية

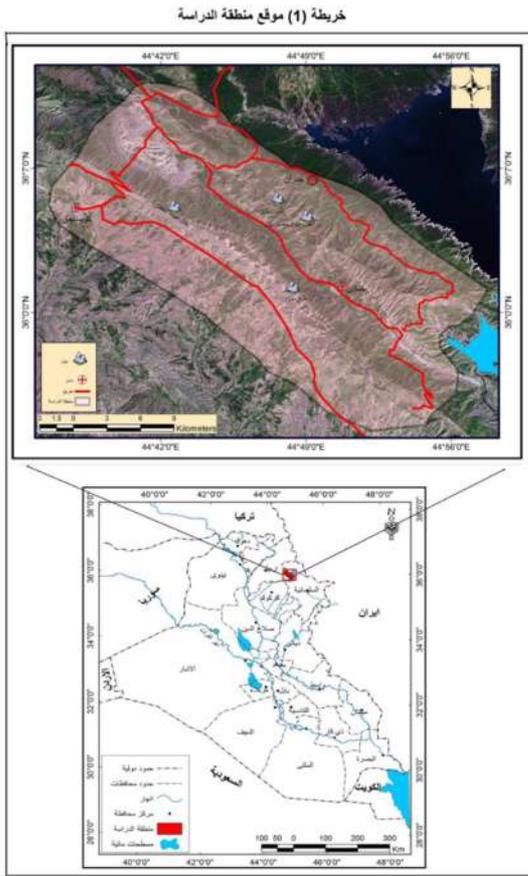
مستخلص

يتناول البحث تحليل جيومورفولوجي لعمليات الانزلاقات الارضية على طول طريق خدران الجبلي شمالي العراق، وتضمن البحث تحليل العوامل المسؤولة عن نشاط عمليات الانزلاق الارضي والتي شملت كل من الجيولوجيا والحركات التكتونية والانحدارات والمناخ والهيدرولوجيا والنبات الطبيعي ونشاطات الانسان، وقد تضافرت كل هذه العوامل في ايجاد الاضطرابات الانحدارية واضعاف مكونات السفوح وزيادة اجهادات القص وبالتالي حدوث الانزلاقات بشكل واضح اذ امكن تحديد (٣٥) انزلاقاً ارضياً مختلفة الانماط على طول جوانب طريق خدران موضوع الدراسة الذي يبلغ طوله (٤٣كم)، مع سيادة الانزلاقات الدورانية والمستوية والهبوط والانزلاق الاسفيني. كما بينت نتائج تحليل الانزلاقات المحتملة، من خلال معادلة استقرارية المنحدرات (FS)، انخفاض قيمة معامل الامان (FS) عن (١,٢٥) لمعظم المنحدرات على جوانب الطريق، مما يجعلها معرضة للانزلاقات الارضية مستقبلاً في حال عدم القيام بالإجراءات الهندسية للحد منها. ان من بين أهم العوامل التي زادت من نشاط عمليات الانزلاقات الارضية على جوانب طريق خدران، هي عمليات القطع والتسوية عند انشاء الطريق، والتي رافقتها الاخطاء الهندسية والتي من ابرزها القطع ضمن التكوينات الهشة والضعيفة، والقطع باتجاه متعامد على ميل الطبقات الارضية (Dip)، واهمال الاجراءات الهندسية لمعالجة الاضطرابات الانحدارية.

❖ مقدمة:

تتعرض الطرق في المناطق الجبلية الى مخاطر مختلفة، ناجمة عن عدم استقرار منحدراتها، نتيجة لشدة ميلها، مما ينشط العمليات الجيومورفولوجية المختلفة على سفوحها، وما يزيد من تأثير العمليات الجيومورفولوجية على هذه السفوح، هو نشاطات الانسان المختلفة

من عمليات قطع وتسوية لهذه المنحدرات، والتي تخل بنظام استقرارها، ومن بين العمليات الجيومورفولوجية الخطرة على هذه الطرق هي الانزلاقات الارضية. يقع طريق خدران على الحافة الشرقية لجبل كوسرات شمال شرقي العراق، وهو يقع ادارياً ضمن الحدود الادارية لناحية خدران وقضاء ودوكان من محافظة السليمانية، بطول يبلغ (٤٣ كم)، ويتحدد فلكيا بين تقاطع



الاحداثيات ($36^{\circ} 7' 57.69''N$ و $(35^{\circ}, 58', 35.59''N - 44^{\circ} 35' 38.99''E$) وهو يبدأ من نقطة تفرعه عن طريق سليمانية اربيل الرئيسي باتجاه الشمال ثم ينحرف غربا على السفوح الشرقية لجبل كوسرات حتى مركز ناحية خدران. ونظرا لان الطريق يقطع عدة تكوينات جيولوجية فأن الدراسة شملت امتدادا خارج حدود طريق خدران.

❖ **مشكلة البحث:** يتناول البحث معرفة ما هي الاسباب والعوامل التي تنشط من عمليات الانزلاقات الارضية، وطبيعتها وانماطها على طول طريق خدران الجبلي.

❖ **فرضية البحث:** تعود اسباب نشاط عمليات الانزلاقات الارضية على طول طريق خدران، الى جملة من العوامل، منها ما يتعلق بالبيئة الطبيعية (البنية الجيولوجية، المناخ، درجة الانحدار، التربة، النبات) واخرى تعود لفعل الانسان ناجمة عن الاخطاء الهندسية المرافقة لأنشاء الطريق، ونشاطات الانسان المختلفة.

❖ **منهجية البحث:** انتهج البحث منهجا تحليلياً يقوم على تحليل جملة من العوامل الطبيعية والمورفومترية، لبيان أثرها في نشاط عمليات الانزلاقات الارضية في منطقة الدراسة.

❖ **اهداف البحث:**

١- تحليل الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، ودورها في نشاط عمليات الانزلاقات الارضية.

٢- تحليل خصائص المنحدرات الارضية وأثرها على نشاط عمليات الانزلاقات الارضية.

٣- معرفة انواع وانماط الانزلاقات الارضية في منطقة الدراسة وأثرها على طريق خدران، وامكانية الحد منها

❖ **طريقة العمل:**

١. **العمل المكتبي:** تمثلت طريقة العمل في انجاز البحث على خطوات اجرائية،

تضمنت تحديد منطقة الدراسة وتوفير الخرائط والمرئيات الفضائية، والعمل

الحقلي لبناء قاعدة البيانات حول منطقة الدراسة، باستخدام البرامج الحديثة

كبرنامج (ARC-GIS10.2) وبرنامج (Globe Mapper13)، ومن ثم انتاج الخرائط والاشكال.

٢. **العمل الحقلّي:** وتضمن دراسة مواقع الانزلاقات الارضية والمنحدرات الارضية وتضاريس المنطقة، واخذ القياسات المورفومترية لها، والتوثيق الفوتوغرافي واخذ العينات لتكوينات الكتل المنزلقة، كما تضمن اختيار محطات لقياس معامل الامان (FS) للانزلاقات المحتملة، للتنبؤ باحتمالية مخاطر انزلاقها من عدمه.

٣. **العمل المختبري:** تضمن تحليل العينات للتكوينات الصخرية ومكونات الكتل المنزلقة لتحديد نوعيتها ومعرفة عوامل الضعف الصخري المساعدة على حدوث ظاهرة الانزلاق.

المبحث الاول

تحليل البيئة الطبيعية لمنطقة الدراسة

أولاً: الجيولوجيا:

تقع منطقة الدراسة تكتونياً ضمن النطاق غير المستقر من الدرع العربي النوبي، وفي بداية نطاق الطيات العالية من الانطقة التركيبية للعراق، وهذا ما يجعلها من المناطق التي تأثرت بالتشوهات التكتونية للحركة الالبية الحديثة، والتي تبدو على شكل طيات عالية ومعقدة، تمتاز بالميل الشديد لطبقاتها الصخرية، مما انعكس على وجود ميول ارضية شديدة كان لها الاثر الواضح على سمات النظام الارضي في منطقة الدراسة.

يمر الطريق موضوع الدراسة فوق تسعة تكوينات جيولوجية كما في الخريطة (٢) والجدول (١)، وهي من الاحداث الى الاقدم:

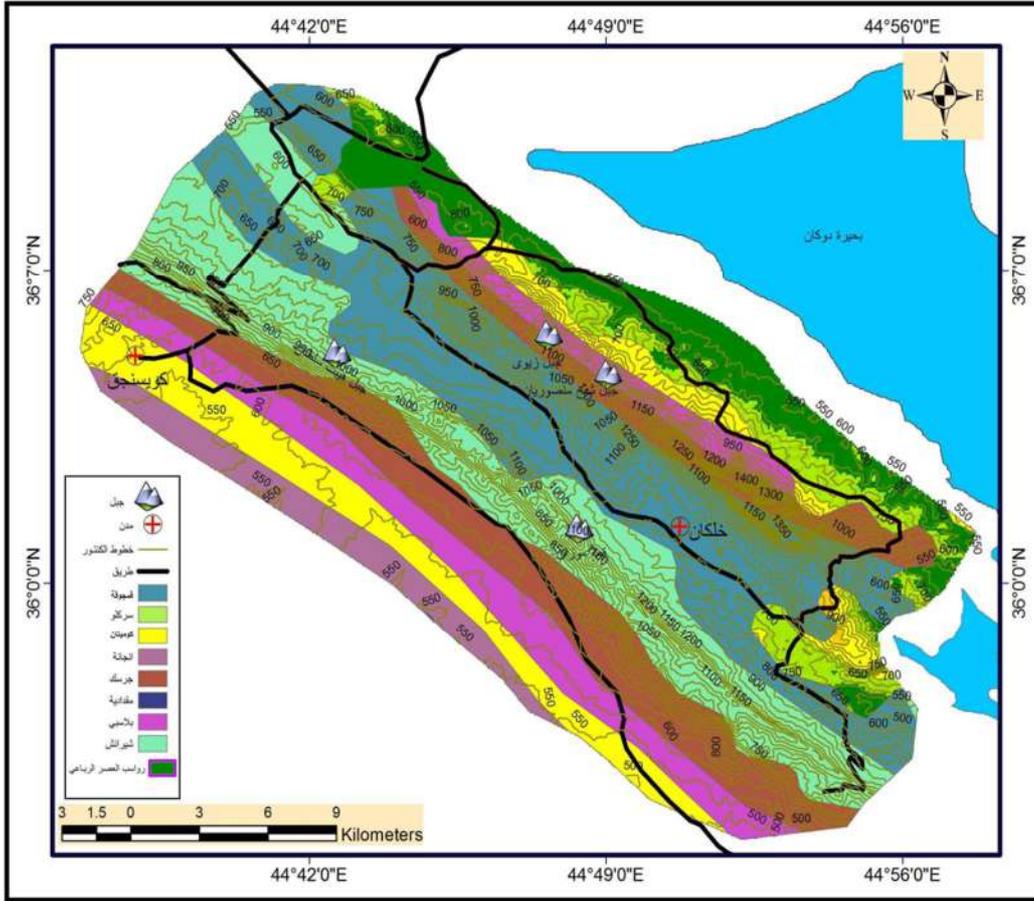
١- رواسب العصر الرباعي (Pleistosen-holosen):

تتمثل هذه التكوينات من رواسب طموية وركامات للسفوح ورواسب حصوية لقيعان الاودية المنحدرة، وتعد الرواسب الطموية من اهمها، التي كونتها المسيلات الجبلية عند سواحل بحيرة دوكان على شكل سهل مروحي، ويقطع طريق خدران مسافة قصيرة من هذه التكوينات.

٢- تكوين شرانس (Shranes. FN):

يمثل تكوين الشرانس شريطاً يمتد في السفوح الجنوبية الشرقية والشرقية، من منطقة الدراسة، يقسم تكوين شرانش صخارياً الى جزئيين، السفلي منه يتكون من حجر كلس والذي، يكون أحياناً طفلياً أو طينياً، ابيض الى رمادي فاتح، جيد التطبيق وذو أسطح ملساء^(١). الطبقات الكلسية قوية، وتزداد قوتها بنقصان نسبة المواد الطينية وهي متأثرة بفواصل كثيفة وبعروق الكاسيات الثانوي. أما الجزء العلوي من التكوين فيتكون من طفل وسجيل ازرق ورمادي مزرق، والسجيل يعطي التكوين المظهر الورقي والتكسر الى رقائق في بعض المواقع، وهي رخوة الى معتدلة القوة، سمك التكوين بحدود ١٥٠م وينكشف بشكل شريط عند أقدام المنحدرات.

خريطة (2) جيولوجية منطقة الدراسة



المصدر: جمهورية العراق، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدي المعنى، النوحة الجيولوجية (أربيل ومهاباد) رقم (38-14 & 38-14 NJ) مقياس (1 : 250000).

جدول (1) مساحة ونسب التكوينات الجيولوجية وموقع الطريق منها في منطقة الدراسة

ت	اسم التكوين	المساحة/ كم ²	النسبة المئوية للتكوينات من المساحة %	موقع الطرق من التكوين
١	قمجوفة	126	٢٥,٠٧	يمر
٢	سركلو	0.3	٥,٩٥	يمر
٣	كوميتان	47	٩,٣٥	يمر
٤	انجانة	٢٢	٤,٣٧	خارج
٥	جرسك	78	١٥,٥٢	يمر
٦	مقدادية	0.1	٠,٠١	خارج
٧	بيلاسي	52	١٠,٣٥	يمر
٨	شيرانش	100	١٩,٩٠	يمر
٩	رواسب العصر الرباعي	77	١٥,٥٢	يمر
	المجموع	502.4		

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية (أربيل - مهاباد)، مقياس (1 : 250000).

٣- تكوين كوميتان (Kometan. FN):

يتكون هذا التكوين أساسا من الحجر الجيري ناعم التبلور ذات الصلابة



صورة (1) تكوين كوميتان الجيري، منطقة خلخان، ت (2017/4)

العالية. ومتوسط التطبيق، والجزء الأوسط منه يتعاقب مع طبقات تمتاز بقلة سمكها، والجزء الأعلى رقيق إلى متوسط التطبيق، أما سمك التكوين فيصل

إلى (٣٠٠ م) في منطقة الدراسة. يظهر هذا التكوين بشكل شريط يحيط بامتداد الطية العلوي من الجانبين. تميل الطبقات الصخرية لهذا التكوين بشدة ويحتوي على نظام مفصلي كثيف يزيد من جهد القص للصخور والانقطاعات، مما يؤدي الى نشاط الانزلاقات الارضية والتساقط الصخري لهذا التكوين. طبقة من المدملكات، شديدة التماسك تتكون من الحصى الكلسي الرصاصي اللون، والجلاميد وكتل صخرية؛ وبسبب صلابتها العالية تظهر هذه التكوينات على شكل حافات صخرية حادة ومناطق قمم .

٤- تكوين انجانة (Injana F.N):

ويتكون من صخور صالصالية حمراء او رمادية، تمتاز صخور هذا التكوين بكونها تحتوي على تراكيب الضعف^(٢)، من الفواصل والكسور، وهي ما تسهل عملية حركة المياه الجوفية فيها، مما يؤدي الى اضعافها في مناطق المكاشف عند المنحدرات، ويجعله عرضة للانزلاقات الارضية.

٥- بيلاسبى (pila sbi.F.N):

من الحجر الجيري المتبلور والدولومائيتية والطينية، ذات لون يتراوح بين

الابيض والاصفر ويميل الى الابيض المصفر، صخوره صلبة مقاومة لعمليات التجوية والتعرية^(٣).

٦- تكوين قمجوقة (Qamchuqa. F.N):

يتشكل هذا التكوين أساسا من الصخور الجيرية الكلسية (limestone) والدولومايتية (dolomite). المتكون في بيئات بحرية ساحلية (lagoon) والشعاب



صورة (2) تكوين قمجوقة الجيري، منطقة خنكان، ت(2017/4/20).

المرجانية^(٤). ويمتاز هذا التكوين بالطبقات السميقة من الصخور الكلسية ذات اللون الأبيض المصفر، والذي تظهر فيه سطوح التطبيق والفواصل والشقوق، بشكل واضح، وبسبب صلابتها العالية تظهر هذه التكوينات

على شكل حافات صخرية حادة ومناطق قمم. وتمتاز صخور هذا التكوين من الحجر الجيري الكلسي والدولومايتي بكثافة النظام المفصلي من الكسور والصدوع والفواصل وسطوح التطبيق. وهذا ما يسبب عمليات التسرب للمياه، كما ان لهذا النظام المفصلي آثار جيومورفولوجية نتيجة لعدم استقرار المنحدرات، ونشاط عمليات التساقط والانزلاقات الارضية. كما تعد وحدة الدولومايت ذات قابلية على الازابة مما يزيد من عمليات الذوبان وتكون بعض الاشكال الكارستية في منطقة الدراسة كالكهوف والمغارات.



صورة (3) تكوينات فتاتية كلسية وكونجلمايريت متعرضة للانسحاب الطين.

٧- ترسبات كلسية وكونجلمايريت

:(Conglmraet & Laimston)

يتكشف هذا التكوين في مناطق قمم جبل كوسرات والشريط الشرقي من طية كوسرات التي تحاذي السواحل الغربية

لبحيرة دوكان، ويتكون من خليط من تكتلات الكونجلمايريت الكلسية القوية ورواسب كلسية طينية فتاتية ضعيفة التماسك، يبلغ سمكها بحدود (٢١٠م)^(٥)، تتأثر هذه التكوينات بعمليات الانزلاق والانهيال والانسياب الارضي في مناطق القطع نتيجة تعرضها للتغدق وضعف تماسكها. أما الكتل الصلبة من الكونجلمايريت فهي لأخرى معرضة للسقوط والزحف الصخري.

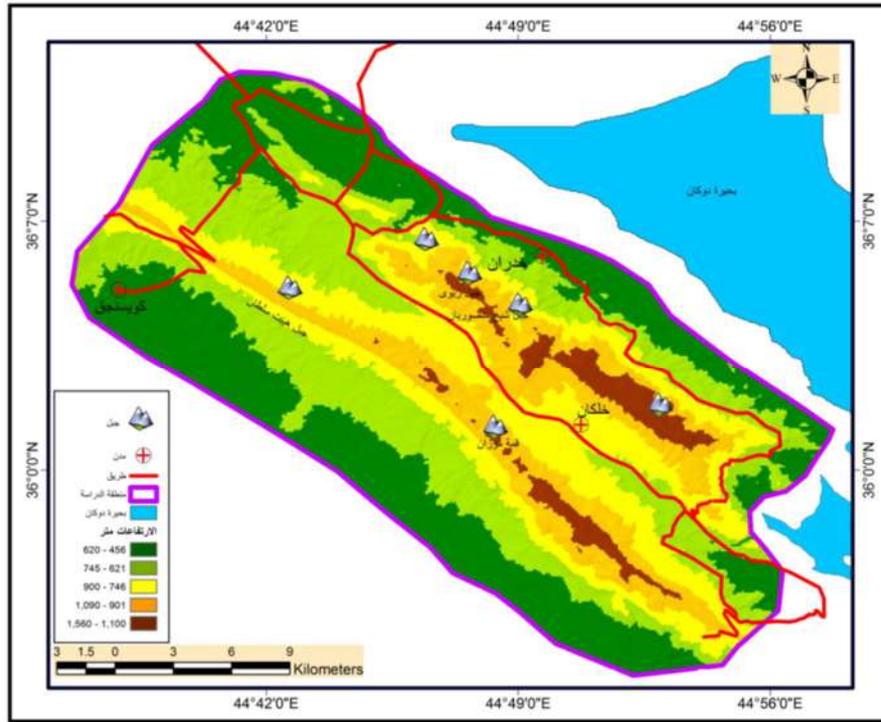
ثانياً: الطبوغرافية:

يتكون النظام الارضي لمنطقة الدراسة، من الاشكال الارضية البنيوية(التركيبية)، التي رسمت ملامحها البنية الجيولوجية بما تمثله من ميل للطبقات الصخرية والنباين في صلابه صخورها وما تحويه من تراكيب ضعف، كالكسور والصدوع والفواصل وسطوح الانفصال للطبقات الصخرية، ونظام التعرية النهرية، الذي يتمثل بوجود انظمة تصريفية تتحكم بها البيئة التركيبية لطية كوسرات، كالاودية المضربية والعكسية والتابعة. كل هذه الانظمة اثرت بشكل مباشر على جيومورفولوجية منطقة الدراسة مشكلة خصائص ارضية اثرت على نشاط عمليات الانزلاقات الارضية على طول طريق خدران. ويكمن استعراض الاشكال الارضية في منطقة الدراسة بما يلي:

١- الحواجز الجبلية التركيبية (Structure Ridges) : حواجز جبلية طولية

شكلتها الاودية المضربية المتعمقة في الصخور الهشة وخطوط الضعف عند مضارب الطبقات الصخرية. وتمتاز بشدة انحدار سفوحها ونشاط عمليات التعرية الاخدودية والانزلاقات الارضية.

خريطة (3) المناسيب الارضية



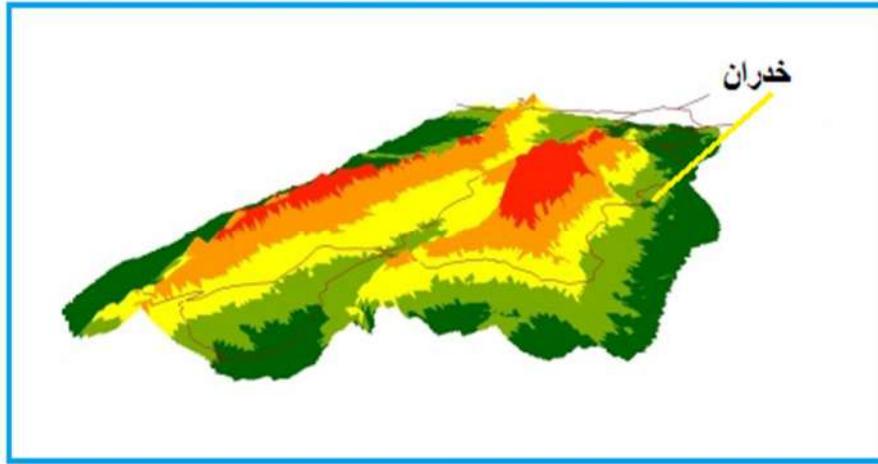
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على تحليل نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) باستخدام برنامج (ARC-GIS10.2)

٢- السفوح الجبلية: تمثل السفوح الجبلية منحدرات طويلة ومعقدة تميل على جانبي جبل كوسرات، والتي تمثل سطوح لاجنحة طية كوسرات ذات الميل الشديد، تتجه مع هذه السفوح الاودية التابعة التي تجري مع الميل الاصلي للطبقات الصخرية. تمثل هذه السفوح مناطق خطر جيومورفولوجي على طرق النقل بسبب نشاط العمليات الجيومورفولوجية المختلفة كالتعرية والانزلاقات والانهيارات الارضية والتساقط الصخري، كما تعد واحدة من العوارض الطبيعية التي تؤثر في انشاء الطرق البرية كما هو الحال لطريق خدران الجبلية الذي يسير كلياً على مناطق السفوح الجبلية.

٣- اقدام السفوح الجبلية (Pdemonet): وهي المناطق عند قاعدة الجبال السفلى التي تفصل المناطق السهلية عن السفوح الجبلية ، تميل هذه اقدام بين (١٠-١٨) درجة.

٤- الكويستات: أشكال أرضية (بنائية- تعروية)، ترجع نشأتها ألي أثر الاختلاف في تكوين الطبقات الصخرية ونظام بنائها، ويتألف الشكل العام لهذه الظاهرة من انحدار شديد في اتجاه معاكس لميل الطبقات الصخرية، يعرف باسم حافة الكويستا (Escarment)، بينما يميل سطح الكويستا ببطيء مع اتجاه ميل الطبقات الصخرية (Dip)، ويطلق عليه انحدار ميل الطبقات أو انحدار ظهر الكويستا (Dip-slope) ^(٦).

شكل رقم (1) امتداد طريق خدران من التضاريس الجبلية والمناسيب الارضية لمنطقة الدراسة



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على تحليل نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) باستخدام برنامج (ARC-GIS10.2)

٥- ظهور الخنازير (Hogback) : تسمى أيضاً بظهر الحلوف، وهي عبارة عن حافات صخرية، تتكون من انحدارين متضادين شديدين الأنحدار، وعادةً ما يكون ميل الحافة مساوياً أو أكبر بقليل من ميل الظهر، الذي يكون مع اتجاه ميل الطبقات الصخرية الشديد ^(٧).

٦- الاودية المضربية (Gorges of Mountains): وهي أودية تجري في مناطق مضارب الطبقات، وتمتاز بأعماقها وأستقامتها؛ كونها تجري في مناطق الضعف الصخري في امتداد محاور الطيات، متخذة من مناطق الطبقات الهشة والصدوع مسارات اولية لها تطور فوقها بسرعة.

٧- المضائق الجبلية (Gorges of Mountains): أودية ضيقة ذات جوانب

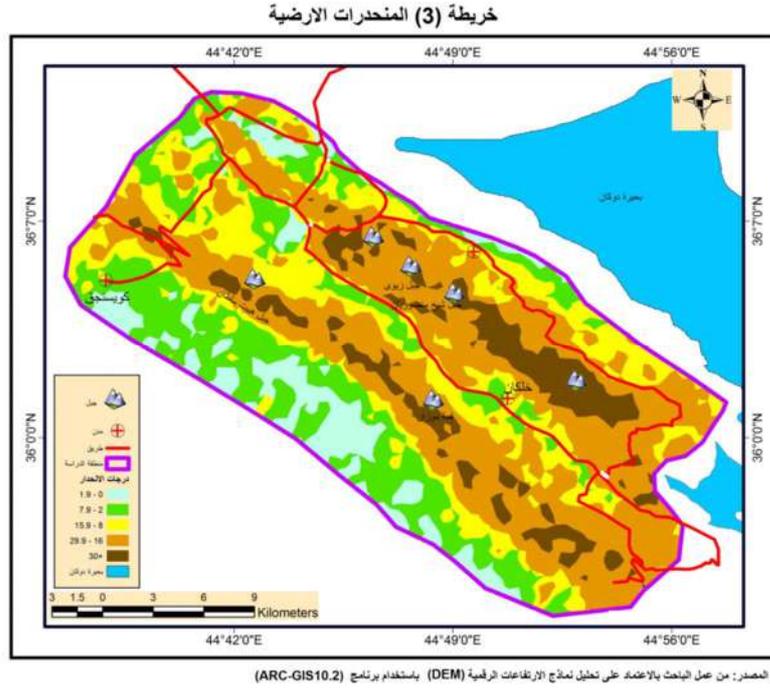
شديدة الانحدار، تقطع الحافات الجبلية بشكل عرضي، وتتكون بسبب التعرية العمودية للمجري النهرية في التراكيب الجيولوجية الضعيفة^(٨)، في مناطق خطوط الكسور والتصدعات المرافقة لعمليات الرفع للطيات، التي تتناولها الأودية بالتعرية الرأسية مما يكون أودية عميقة وضيقة.

٨- الحافات الصخرية: مناطق يزيد انحدارها عن (45°) ناتجة عن عمليات القطع

للطبقات الصخرية سواء بواسطة المجاري المائية، أو بفعل الإنسان من خلال عمليات قطع الصخور لإنشاء الطرق وغيرها.

ثالثاً: المنحدرات الأرضية:

تعد المنحدرات الأرضية من بين أهم العوامل التي تساهم في نشاط الانزلاقات الأرضية، في مناطق السفوح والتي تعد من المناطق ذات الاضطراب الانحداري. وتمتاز منطقة الدراسة بشدة انحاراتها؛ بسبب تأثير العامل التكتوني، إذ تمثل منطقة الدراسة تركيباً توائماً شديداً الميل. ويمكن تصنيف منحدرات منطقة الدراسة إلى الفئات الآتية على أساس درجات الانحدار وفق تصنيف (Zink1989) كما في الخريطة (٣):



١- الفئة الأولى (٠ - ٩,٩°): تمثل هذه الفئة المناطق المسطحة من منطقة الدراسة المتمثلة بالسهول الجبلية، وهي تشكل مساحة قليلة من منطقة الدراسة بلغت (٤٨ كم^٢) ما نسبته (٩,٥٠%) من مجمل منطقة الدراسة ولا تقع في ضمن المناطق التي يقطعها الطريق موضوع الدراسة.

٢- الفئة الثانية (٢° - ٧,٩°): تمثل هذه المناطق سطوح البيدمنت في منطقة الدراسة، وشكلت هذه الفئة مساحة بلغت (١٠١ كم^٢) ما نسبته (٢٠,١١%) ويقطع طريق خدران نسبة قليلة جداً من هذه الفئة. ومعظمها تقع بعيدة عن طريق خدران، ويكون اثرها في نشاط عمليات الانزلاقات الارضية محدوداً على الطريق.

٣- الفئة الثالثة (٨° - ١٥,٩°): تمثل هذه الفئة المنحدرات المتوسطة الشدة من السفوح الجبلية لمنطقة الدراسة، وتبلغ المساحة التي تغطيها (١٠٧ كم^٢) شكلت

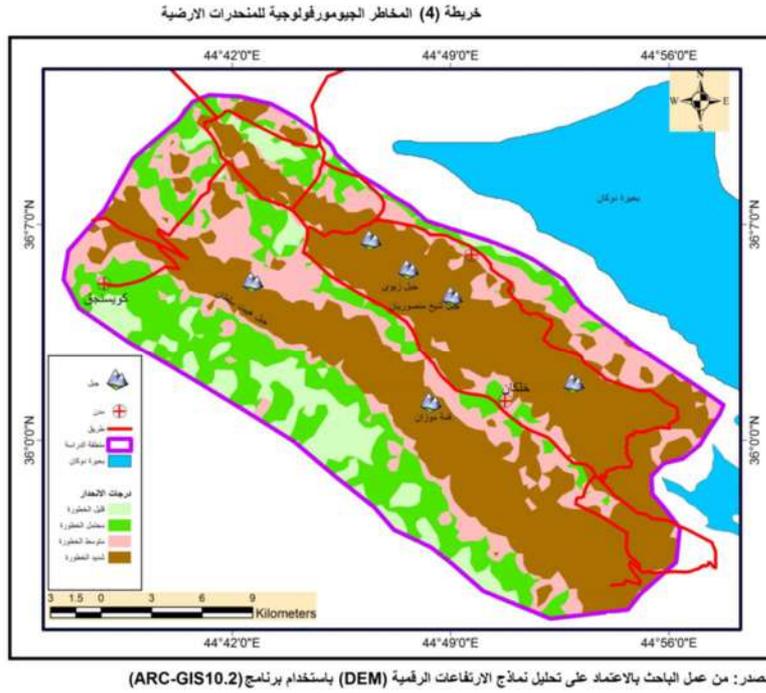
ما نسبته (٢١,٣١%) من مجمل المساحة العامة لمنطقة الداسة، وتنشط الانزلاقات الطينية والزحف الصخري في هذه الفئة من المنحدرات.

٤- الفئة الرابعة (16° - $29,9^{\circ}$): تمثل هذه الفئة السفوح الجبلية شديدة الانحدار، وبلغت المساحة التي تغطيها (١٩٨ كم^٢) شكلت ما نسبته (٣٩,٤٤%) من مجمل المساحة العامة لمنطقة الدراسة، ويقع معظم الامتداد لطريق خدران موضوع الدراسة ضمن هذه الفئة من المنحدرات الشديدة، وتنشط على هذه الفئة كل انواع الانزلاقات الارضية وحركة المواد الاخرى.

٥- الفئة الخامسة (اكثر من 30°): تمثل هذه الفئة منحدرات شديدة جداً تمثل سفوح القمم الجبلية في منطقة الدراسة والحافات الضخمية والجروف، وبلغت المساحة التي تمثلها هذه الفئة (٤٨ كم^٢)، من المساحة العامة لمنطقة الدراسة، ما نسبته (٩,٥٦%)، ولا يقع أي امتداد لطريق خدران على هذه الفئة من المنحدرات، ألا ان عمليات القطع عند انشاء الطريق اوجدت منحدرات من هذه الفئة والتي تنشط عليها عمليات الانزلاقات الارضية.

المخاطر الجيومورفولوجية للمنحدرات:

تمثل مخاطر المنحدرات من الجوانب المهمة التي يجب الاخذ بها عند انشاء أي طريق او منشأة اخرى؛ لما تشكلت هذه المنحدرات من مخاطر مختلفة عليها، يمكن ان تؤدي بالمشروع للفشل، كما ان عمليات الانزلاقات الارضية وبقية العمليات الجيومورفولوجية الاخرى ترتبط طرديا بدرجة الخطر الجيومورفولوجي للمنحدرات وبالتالي زيادة نشاطها وتأثيراتها على المشاريع المقامة في مناطق السفوح. من خلال تحليل الخريطة (٤) والمشتقة من تحليل نماذج الارتفاعات (DEM) الرقمية باستخدام برنامج (ARC-GIS10.2)، أمكن تحديد اربعة مستويات لمخاطر المنحدرات في منطقة الدراسة :



- ١- المستوى الاول (قليل الخطورة): يمثل هذا المستوى المنحدرات الطفيفة التي تقل عن (2°) والمتمثلة بالمناطق المنبسطة وفي هذه المناطق يقل تأثير المنحدرات وتقل خطورتها وتبلغ المساحة التي تغطيها (2 كم^2) ما نسبته ($9,50\%$) من منطقة الدراسة عموماً، ولا تقع ضمن امتداد طريق خدران.
- ٢- المستوى الثاني (محتمل الخطورة): يمثل هذا المستوى المنحدرات البسيطة التي تقع بين ($2^{\circ} - 7,9^{\circ}$)، والتي تمثل المناطق محتملة الخطورة، والتي يجعل من احتمالية الخطر فيها الاضطرابات الانحدارية نتيجة نشاطات الانسان والرطوبة وقلة الغطاء النباتي ونوع التربة، بلغت مساحة هذا المستوى (101 كم^2) ما نسبته ($20,11\%$) ويقطع طريق خدران نسبة قليلة جداً منه.
- ٣- المستوى الثالث (متوسط الخطورة): يمثل هذا المستوى السفوح التي يقع انحدارها بين ($8^{\circ} - 15,9^{\circ}$)، وتتشتت الانزلاقات الارضية في هذا المستوى في مناطق القطع والتكوينات الضعيفة الفتاتية والطينية، والمنحدرات التي تميل

باتجاه ميل الطبقات الارضية، وتبلغ المساحة التي تغطيها (٢كم١٠٧) شكلت ما نسبته (٢١,٣١%)، ويمر فوقها طريق خدران الجبلي في مواقع عدة.

٤- المستوى الرابع (شديد الخطورة): يمثل هذا المستوى المنحدرات التي يزيد انحدارها عن (١٦°) وقد بلغت مساحتها (٢كم٢٤٦) من مجموع المساحة العامة وهي تمثل النسبة العظمى من منطقة الدراسة ما نسبته (٤٩%)، وتوجد مظم الانزلاقات الارضية الحالية والمحتملة ضمن هذا المستوى، ومما يزيد من نشاطها التكوينات الضعيفة والرطوبة وقلة الغطاء النباتي، وعمليات التقويض الناتجة عن نشاطات الانسان والتعرية. ويقع معظم الامتداد الطولي لطريق خدران ضمن هذا المستوى شديد الخطورة.

رابعاً: المناخ

تمثل منطقة الدراسة جزءاً من المنطقة الجبلية شمالي العراق، وتقع ضمن المناخ شبة الرطب حسب تصنيف ثورنثويت، ومناخ البحر المتوسط حسب تصنيف كوبن، وتم الاعتماد على محطتي (كويه ودوكان) في دراسة خصائص المناخ. من خلا تحليل الجدول (١) والشكل البياني (١) يتبين ارتفاع معدلات الحرارة خلال فصل الصيف اذ بلغت (٣٣,٥ ، ٣٣,٤) م° لشهر تموز في كلا المحطتين، كما وتتنخفض معدلات درجات الحرارة خلال فصل الشتاء، اذ سجلت اخفض درجة (٨,٤ ، ٥,٧)، لشهر كانون الثاني، أما فصلي الربيع والخريف فيعدان فصلين معتدلين. الخصائص المطرية في منطقة الدراسة، بتكرار المنخفضات الجوية المتوسطة التي تمر في فوق شمال العراق في فصل الشتاء، لذلك تكون امطار العراق شتوية، أما في فصل الصيف فيتزحزح مسار هذه المنخفضات شمالاً، بسبب تمركز المرتفع الجوي المداري على المنطقة المدارية، كما ان هناك تأثير محدود للكتل الهوائية الدافئة القادمة من الخليج العربي^(٩). ومن خلال تحليل الجدول (٢) والمخطط البياني (٢)

يتبين تركيز سقوط الأمطار في فصل الشتاء والربيع، فقد سجل شهر (كانون الثاني) أعلى معدلات الأمطار خلال فصل الشتاء للمحطتين (دوكان، كويه) بلغ (١٧٢,٩)، (٢٠٣,٦) ملم . كما وسجل شهر اذار أعلى معدل شهري للأمطار، بلغ (٨٩,٨)، (٨٩,٥) للمحطتين (دوكان، كويه) على التوالي، أما فصل الخريف فقد سجل شهر تشرين الثاني أعلى معدل للأمطار بلغ (٧٤,٩، ٧٧، ٣٠) للمحطتين (دوكان، كويه) على التوالي.

جدول (١) درجات الحرارة (م) لمحطتي دوكان وكويه للمدة (١٩٨٠-٢٠١٠).

المحطات	٢ ك	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت ٢	١ ك	المعدل
دوكان	5.7	6.9	11.6	16.1	22.8	29.6	33.5	23.5	28.9	21.9	12.5	6.7	19
كويه	8.4	8.2	12.9	16.8	24.4	29.2	34.4	33.6	27.9	25.7	11.6	11	18.3

المصدر: (١)وزارة النقل والمواصلات ، دائرة الاتواء الجوية السلیمانية ، قسم الاحصاء ، بيانات غير منشورة للفترة (١٩٨٠-٢٠١٠)

جدول (٢) معدلات الامطار في منطقة الدراسة للفترة (١٩٨٠-٢٠١٠)

المصدر: (١)وزارة النقل والمواصلات ، دائرة الاتواء الجوية السلیمانية ، قسم الاحصاء ، بيانات غير منشورة للفترة (١٩٨٠-٢٠١٠)

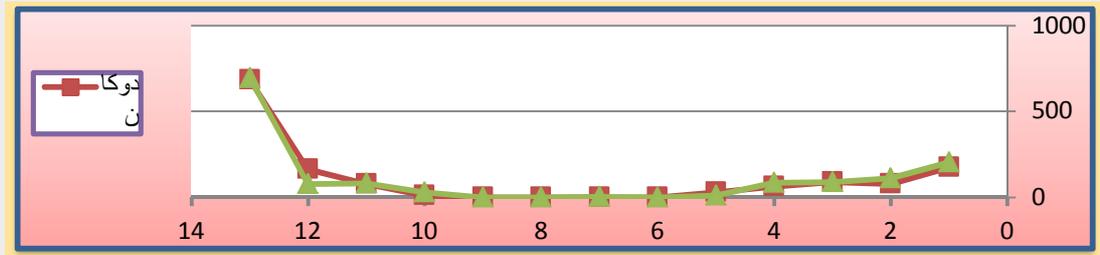
المحطات	٢ ك	شباط	اذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت ١	ت ٢	١ ك	المجموع السنوي/ملم
دوكان	172.9	78.4	89.8	62.6	27.6	0.7	0.7	0	0.8	10.7	77	163	684.2
كويه	203.6	112	89.5	86.4	10	0	3.1	0	0	30	80.2	79.1	693.4

شكل (٣) مخطط بياني لدرجات الحرارة لمحطتي دوكان وكويه للمدة (١٩٨٠-٢٠١٠).



مصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات جدول (١)

شكل رقم (٤) معدلات الامطار في محطات منطقة الدراسة للفترة (١٩٨٠-٢٠١٠)



مصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات جدول (٢)

المبحث الثاني

العوامل المؤثرة في نشاط عمليات الانزلاقات الارضية

تعد عمليات الانزلاقات الارضية (Land Slides) واحدة من العمليات الارضية السريعة، والتي تحدث بسبب تأثير قوة الجاذبية الارضية (Gravity) كعامل رئيسي . ويمكن ان تدخل عوامل اخرى مساعدة او ثانوية،^(١٠) فتكون المنحدرات في حالة توازن او ثبات اذا كانت قوة تماسك الصخور والفتات الصخري والتربة، تساوي قوة الجاذبية الارضية او اكبر منها، واذا حدث خلل في هذا التوازن، بين قوة التماسك (Strength) والاجهاد (Stress)؛ نتيجة تأثير عوامل مختلفة، تقلل من قوة التماسك أو تزيد من قوة الاجهاد، فإنه يمكن أن تفقد المواد على المنحدرات قوة تماسكها، فتتحرك بأشكال وسرعات مختلفة، حسب طبيعة هذه المواد ودرجة انحدار المنحدر^(١١). هناك جملة من العوامل تؤثر في نشاط عمليات الانزلاقات الارضية في منطقة الدراسة يمكن اجمالها بالتالي:

١- **خصائص الانحدار:** تمتاز منطقة الدراسة بشدة انحدارها ؛ كونها تقع ضمن السفوح الجبلية التي تأثرت بحركات طي عنيفة ادت الى التواء طبقاتها ومن ثم شدة درجة منحدراتها. يعد الانحدار العامل الأهم في نشأت وتطور الانزلاقات الارضية؛ لما يسببه من جاذبية أرضية، مسؤولة عن نقل المواد الصخرية من المناسب الاعلى الى المناسب الادنى^(١٢)، وتعتمد الجاذبية الأرضية على فرق الارتفاع اضافة إلى كتلة الجسم، مما ينعكس في سرعة حركة المواد المنقولة، مع تزايد كل من انحدار السطح وكتلة المواد المنقولة؛ لان جزء قوة الجاذبية الموازي للمنحدر والذي يؤثر كاجهاد وقص (Shearing and Stress) باتجاه الانحدار يكون اكبر.^(١٣) وتمتاز منطقة الدراسة ضمن أنطقه الجبال بالانحدارات المتنوعة الشديدة، والشديدة جدا والمتوسطة، ومناطق الجروف، بالإضافة ألى



الامتدادات الطويلة لهذه المنحدرات، المتمثلة بسفوح الحواجز الجبلية، مما جعل عمليات الانهيار الأرضي، تنشط في هذه الأجزاء من منطقة الدراسة.

٢- البنية الجيولوجية للتكوينات الصخرية (Lethology): تنشط الانزلاقات

الارضية في انواع الصخور الضعيفة، قليلة التماسك والفتاتية والتي تعاني من نظام مفصلي كثيف، يفقدها قوة تماسكها، وزيادة جهد القص عليها، كالصخور الطينية والرملية، والمارلية، التي تنتشع بالماء في فترة التساقط، وبالتالي اختلال



صورة (4) عمليات القطع بشكل يتعامد مع ميل الطبقات الصخرية (Dip)، السفوح الشرقية لجبل كوسرات

توازنها ومن ثم انزلاقها باتجاه ميل المنحدرات. تمتاز البنية الصخرية في منطقة الدراسة، والتي يمر عليها طريق خدران بتنوع صخورها بين الصخور الهشة الضعيفة كالصخور الطينية والمارلية الفتاتية والصخور الصلبة التي تضم

تراكيب ضعف مختلفة تكمن في نظامها المفصلي، والتي تؤدي الى تغلغل المياه الى اجزائها المختلفة ومن ثم انزلاقها، لاسيما ان هذه الطبقات ذات ميل شديد يجاوز (38°)، وان ما ينشط هذه الانزلاقات على جانبي طريق خدران هو عمليات القطع لهذه الصخور بخطوط تتعامد مع ميل الطبقات الصخرية (الصورة (٤))، وهذا يعني ازالة قواعد ارتكازها وبالتالي سهولة انزلاقها، في حال عدم اجراء تحصينات هندسية لها وهذا واقع حال جوانب طريق خدران. أما عن



صورة (5) حالة التمدد للتكوينات الفتاتية، منطقة خدران، ت (23/4/2018)

الصخور الفتاتية (الرملية، والطينية، والمارلية) فأنها الاكثر تأثراً بعمليات الانزلاقات الارضية على طريق خدران، اذ تتشعب هذه التكوينات الضعيفة

التماسك بالمياه اثناء الامطار الغزيرة وذوبان الثلوج، مما يجعلها متغدقة تماماً بالماء، مما يجعلها تنزلق باتجاه الطريق في مناطق القطع، بشكل انزلاقات



صورة (6) كتل صخرية زلحة على سطوح الانفصال باتجاه ميل الطبقات، منطقة خكان، ت (23/4/2017).

متسلسلة واسفينية وانسيابية وانهيارية.

٣- المناخ: يؤثر المناخ على

نشاط عمليات الانزلاقات

الارضية في منطقة الدراسة

من خلال عمليات الترطيب

والتمدد للتكوينات الصخرية، والتي تضعف الكتل والتكوينات الصخرية، اذ تؤثر

الامطار والغطاءات الثلجية على زيادة المحتوى الرطوبي للصخور لا سيما في

فترات التساقط الكثيفة والتي تستمر فترة طويلة مما يعطي فرصة اكبر لتشعب

الصخور الفتاتية، وغير الفتاتية بالرطوبة.

وبالتالي اضعاف تماسكها، وزيادة اوزانها وهذا يعني زيادة قوة الجاذبية

وضعف مقاومة الاحتكاك وبالتالي فقدان التكوينات الصخرية لاستقرارها وانزلاقها

باتجاه المنحدرات على جانبي طريق خدران الجبلي والصورة (٥) توضح حالة

التغدق للتكوينات الفتاتية رغم نفاذيتها العالية بالمياه، تكاد تكون هذه الحالة الأبرز في منطقة الدراسة.

٤- المياه الجوفية: تؤثر المياه الجوفية في تماسك التكوينات الصخرية، من خلال حركتها داخل هذه التكوينات الصخرية، بالإضافة إلى نشاط الينابيع والعيون التي تتدفق على جانبي طريق خدران والتي تتصرف باتجاه حافات الطريق وبالتالي زيادة المحتوى الرطوبي لصخور حافات وجوانب الطريق. كما أن لحركة المياه الجوفية ضمن التراكيب الفواصل والكسور وسطوح الانفصال للتكوينات الصخرية الجيرية الصلبة، تزيد من عمليات الإذابة لهذه التراكيب، أضف إلى تغلغلها إلى سطوح الانفصال بين الطبقات الثانوية مما يضعف قوة تماسكها وسهولة انزلاقها باتجاه حافات الطريق باتجاه ميل الطبقات الصخرية، خصوصاً بعد إزالة قواعد ارتكازها. الصورة (٦) توضح مسارات المياه الجوفية وأثرها بين هذه التراكيب، أن ما يزيد من نشاط الانزلاقات من هذا النوع هو الأخطاء الهندسية أثناء شق وتدرج الطرق الجبلية إذ يتم قطع الطبقات الصخرية باتجاه يتعامد مع الميل (Dip) للطبقات الصخرية، والأصح أن يكون القطع موازي لاتجاه الميل (Dip)، لكن في كثير من الأحيان تفرض اتجاهات ومسارات الطرق أن يكون القطع متعامداً مع اتجاه الميل، ولكن يجب في هذه الحالة الأخذ بعين الاعتبار الإجراءات الهندسية، الوقائية وهي معروفة، المتعلقة بتثبيت السفوح الغير مستقرة للحيولة دون حدوث مخاطر الانزلاقات الأرضية، كذلك معالجة التسربات ومناطق تجمع المياه.

٥- النباتات الطبيعي: يعد النبات الطبيعي أحد العوامل التي تساعد على تثبيت السفوح لاسيما التي تتكون من تكوينات صخرية فتاتية، فإن وجود شبكة جذرية كثيفة تمتد في مكونات التربة العميقة عاملاً لها يساعد على تماسك التكوينات الهشة،

ويقىها من عاملي الحركة السريعة وعمليات التعرية الاخودية، ان نوعية الغطاء النباتي سواء كان عشبياً او شجرياً، له اهمية كبيرة في تثبيت التكوينات الصخرية الهشة، فشبكة الجذور الشجرية تمتد الى اعماق كبيرة وبالتالي حماية هذه التكوينات بدرجة اكبر من شبكة الجذور العشبية التي تتواجد في الاعماق السطحية. تمتاز المنحدرات في منطقة الدراسة حول طريق خدران بقلة الغطاء النباتي، وكونه من نوع العشبي الموسمي، لذلك يعد هذا العامل من العوامل المؤثرة في نشاط الانزلاقات الارضية في منطقة الدراسة.

٦- النشاط الزلزالي: تعد الزلازل واحدة من العوامل التكتونية التي تنشط من حركات الانزلاقات الارضية، من خلال موجات الاهتزاز التي تنتشر في الطبقات الصخرية، والتي تؤدي الى زيادة جهد القص، واضعاف مقاومة الاحتكاك، وتحرك الكتل الصخرية المنزلة على طول سطوح الانزلاق. وتعد منطقة الدراسة من المناطق المتأثرة بالانشطة الزلزالية، وقد شهدت نشاطاً زلزالياً في الاونه الاخيرة للسنوات (٢٠١٢- ٢٠١٨) متمثلة بالعديد من الهزات الارضية، بسبب وجود النطاق القلق (نطاق زاكروس المتراكب) بالقرب من المنطقة، على حدود الصفيحة العربية النوبية والصفيحة الايرانية. مما يجعلها من المناطق غير المستقرة.

٧- النشاطات البشرية: تتمثل النشاطات البشرية في منطقة الدراسة ، بالاجراءات الهندسية المرافقة لانشاء الطريق موضوع الدراسة، والتي تتعلق على وجه الخصوص بعمليات القطع والتسوية للسفوح الجبلية، اذ يبدأ الطريق وينتهي في المنطقة الجبلية، التي تمتاز بالانحدارات الشديدة، لذلك وجب ان يكون انشاء الطريق من خلال عمليات قطع لهذه السفوح الجبلية، الا ان عمليات القطع تنشأ معها انحدارات محلية على جانبي الطريق تسمى بمناطق (القطع) للطبقات

الصخرية تمثل ازالة لقاعدة الارتكاز لجزء من مكونات السفوح الجبلية، لاسيما اذا كان امتداد الطريق وعمليات القطع تتعامد مع ميل الطبقات واتجاه المنحدرات للسفوح الجبلية كما في الصورتين (٧ ، ٨)، مما يجعلها عرضة لعمليات الانزلاقات الارضية، اذا ما تم اخذ التدابير اللازمة للحد منها كأقامة الدعامات الصناعية، لتثبيت السفوح المقطوعة، واجراءات اخرى كفيلة بحماية الطريق من عمليات الانزلاقات الارضية التي تنشط على جانبي الطريق. لقد تم شق طريق خدران في سفوح جبل كوسرات، ونتج عن عمليات القطع منحدرات شديدة على جانبي الطريق، جميعها معرضة لعمليات الانزلاقات الارضية، سواء التكوينات الفتاتية (الطينية.المارلية والمجمعات) او التكوينات الصلبة من الصخور الجيرية للتكوينات الاخرى التي تميل طبقاتها بشدة باتجاه حافات الطريق.



صورة (٧) قطع بشكل يتعامد مع الميل (Dip)، خلكان، ت(٢٠/٤/٢٠١٧) صورة (٨) قطع باتجاه موازي لميل الطبقات، خلكان، ت(٢٠/٤/٢٠١٧).

المبحث الثالث

تحليل مورفومتري للانزلاقات الارضية في منطقة الدراسة

انواع الانزلاقات الارضية (Types of landslides):

عندما تسقط او تتحرك او تتشوه مواد سطح الارض فأنها تتشكل بانواع وانماط مختلفة من الانزلاقات الارضية، ويعتمد ذلك بالدرجة الاساس على نوعية مواد السفوح، وطبيعة المنحدرات الارضية :

١- الانزلاقات الدورانية (Rotational sliding):

حركة الكتل المنزلقة على سطح مقوس، اي بمسار منحنى و يحدث في منحدرات صخرية ذات انقطاعات كثير وبتجاهات مختلفة، ويحدث غالبا في



صورة (9) الانزلاق الدوراني، خدران، ت (20/4/2017).

المنحدرات التي تتكون من التكوينات الفتاتية والتربة، ينتج عنها كتلاً هابطة، قد تكون الانزلاقات الدورانية، عظيمة جداً وعميقة، غالبا ما تكون

مصحوبة بحركات تكتونية معقدة.^(١٤) يعدهذا النوع من الانزلاقات الارضية من اكثر الانواع في منطقة الدراسة، اذ يحدث في التكوينات الضعيفة من الصخور الطينية والرملية والغرينية في تكويني الجركس، والمدملكات الكلسية المختلطة بالطين الجيري، بعد عمليات القطع التي تعرضت لها هذه السفوح لانشاء الطريق، وان ما قد نشط من عملها هو العواصف المطرية الشديدة التي شهدتها منطقة الدراسة ضمن العامين، (٢٠١٥، ٢٠١٦)، مما ادى الى تغدقها بالمياه وبالتالي زيادة جهد القص وازعاف

عامل الامان فيها ، وبالتالي حدوث انزلاقات دورانية عديدة على طول الطريق



صورة (10) عملية الهبوط الارضي، خدران ت (23/4/2017)

موضوع الدراسة. كما نلاحظ في الصور (٩)، يوجد على جانبي طريق خدران (٣٥) انزلاقاً من هذا النوع تراوحت اطواها وسعتها بين الكبيرة التي تراوح عرضها بين (١٥ - ٤٠م) والمتوسطة بين (٥-١٥م) والصغيرة (١-٥م). من خلال الدراسة الحقلية لمنطقة الدراسة، تبين ان هذه الانزلاقات ناجمة بالدرجة الاساس الى الاخطاء الهندسية في عملية القطع لانشاء

الطريق، اذ تم اختيار مواقع الصخور الهشة الفتاتية، للتقليل من تكاليف عمليات القطع، دون الاخذ بالاجراءات الهندسية لتثبيت هذه المنحدرات المقطوعة، وكل ذلك زاد من فعالية جهد القص، مما جعلها عرضة لعمليات الانزلاق، وما نشط عمليات الانزلاق مؤخراً هو زيادة المحتوى الرطوبي وتغدق هذه التكوينات بالمياه نتيجة الامطار الغزيرة ، ان زيادة المحتوى الرطوبي لهذه التكوينات يزيد من وزنها وبالتالي زيادة جهد القص، كما أنها تسهل عملية الانزلاق من خلال تفكك التكوينات مما يضعف من قوة مقاومتها، وبالتالي انزلاقات دورانية ذات اثار بالغة على الطريق.



صورة (11) الاسيابات الطينية وعمليات التدهور، خدران ت (24/4/2017).

٢-الهبوط (Slumps): تحدث عملية الهبوط الارضي، في المنحدرات ذات التكوينات الهشة الفتاتية، عندما تتحرك كتلة من تلك التكوينات حركة دورانية (Rotational) الى الورا،



صورة (12) الانزلاق الاسفيني، خدران، ت (23/4/2017)

عندما تنتسبع بالماء فتعرض في البداية الى هبوط بسيط،^(١٥) ما تلبث أن تتطور الى هبوطات متتالية، تأخذ الشكل المتدرج، وتعد هذه الانزلاقات من العمليات الخطرة على طريق

خدران اذ ما تلبث ان تتطور بسرعة عند قواعد الهبوط الى انسيابات طينية تؤدي الى غلق الطريق، توجد على جوانب طريق خدران الجبلي عدد كبير من الهبوطات الارضية، ويلاحظ في الصورة (١٠) عدة ثلاث هبوطات ارضية على مسافة متقاربة. ان اهم العوامل التي تؤدي الى حدوث عمليات الهبوط الارضي في منطقة الدراسة هو عمليات التقويض للمنحدرات وعدم تدريجها اذ تترك حافات الطريق بعد عمليات القطع على شكل منحدرات شديدة من مواد فتاتية هشة، وبعد تغدقها بالمياه تأخذ بالبوط المتسلسل، باتجاه الميل للمنحدر، ومن ثم تتطور الى انسيابات طينية وتدهور فوق الطريق كما في الصورة (١١)

٣- الانزلاقات الاسفينية (Wedge sliding): يحدث على خط تقاطع لسطحين من



صورة (13) الانزلاق المستوي، خدران، ت (23/4/2017)

الانقطاعات وباتجاهه، والذي يكون بارزا خلال المنحدر اي انه يميل بزواوية اصغر من زاوية الميل للمنحدر، وتكون اكبر او مساوية لزاوية الاحتكاك الداخلي.^(١٦) تأخذ هذه الانواع من الانزلاقات تدفقات باتجاه اسفل المنحدرات، بشكل يشبه

المخروط الطيني، وعادة ما تتطور هذه الاسافين في التكوينات الصخرية الهشة، التي تتعرض للانقطاعات، بسبب عدم استقراريتها، لاحظ الصورة (١٢) التي تمثل احد الانزلاقات الاسفينية في منطقة الدراسة.

٤- **الانزلاقات المستوية (Plane slide):** تحدث الانزلاقات المستوية على سطوح تميل باتجاه اسفل المنحدر بزاوية، تكون اصغر من ميل زاوية المنحدر، ومساوية او اكبر من زاوية ميل الاحتكاك الداخلي. وتحدث في منطقة الدراسة في كل التكوينات الهشة والصلبة، حسب طبيعة المنحدر، من حيث درجة الميل وجهد القص والمقاومة، ويساعد على نشاط الانزلاقات المستوية على جانبي طريق خدران، عمليات التقويض للمنحدرات، والذي يضعف مقاومة الصخور وزيادة جهد القص للمنحدرات، كما ان لعامل الرطوبة، اثر واضح في نشاط هذه الانزلاقات، من خلال تحلل مناطق سطوح الانفصال للطبقات الصخرية التي تميل مع ميل المنحدرات، وبالتالي تكون مواد صابونية تسهل عمليات الانزلاق، كما ان التكوينات الهشة التي تستقر فوق طبقات من صخور صلبة هي الاخرى تتحرك مع الميل بعد عملية الترطيب وزيادة وزنها الذي يساعد على زيادة جهد القص وبالتالي انزلاقها بشكا مستوي فوق الصخور الصلبة.

٥- **الانزلاقات الانقلابية (Topplig):** انهيار الكتل الصخرية بحركة دورانية باتجاه



صورة (14) الانزلاق الانقلابي (Topplig), خدران، بتاريخ (20/4/2017)

اسفل المنحدر، حول محور يقع قريب من القاعدة، وعند قدمها وغالبا ما يكون مواز لمضرب المنحدر، شريطة ان يكون متجه الوزن (wight vector) للكتلة خارج قاعدتها وعدم وجود ساند.

يحدث هذا النوع في منطقة الدراسة، في مواقع التقويض العميقة لقواعد المنحدرات الارضية عند جوانب الطرق، والتي تكونت مع عمليات القطع والتسوية لإنشاء الطريق، وكذلك المناطق التي تأثرت بعمليات التقويض بسبب التعرية الاخدودية على جوانب الطريق، مما ادى الى انزلاقات انقلابية باتجاه ميل المنحدرات حول الطريق، وتمتد الى حافات الطريق كما يظهر بالصورة (١٤).

٦- **انزلاقات مركبة:** وهي عملية انسياب المواد الارضية المشبعة بالماء، من الجزء السفلي من المنحدر، دون تحديد الجزء العلوي، مما يسبب هبوط كتل من المواد الارضية، وهذا يعني ان احد انواع الانزلاقات كالدورانية تكون في اعلى



صورة (١٥) الانزلاق المركب بخدران، ت (23/4/2017).

المنحدر، اما الاجزاء السفلية، فقد تكون من انواع اخرى، كالانسياب الطيني او غيره من انواع الحركة السريعة كما يبدو من الصورة (١٥).

٧- **الانزلاق الطيني (Mud Flow):** وهي حركة سريعة لكتلة من الطين، بالدرجة الاساس مشبعة بالمياه، تتحرك بفعل الجاذبية باتجاه ميل المنحدرات، تتكون الانزلاقات الطينية في منطقة الدراسة نتيجة تشبع المكونات الطينية على المنحدرات المجاورة للطريق بالمياه، لاسيما بعد الامطار الغزيرة، مما يؤدي الى انزلاقها بصورة انسياب طيني، باتجاه طريق خدران، كما موضح بالصورة (١٦). وتتباين سعة هذه الانسيابات بين (٣م) الى (٨م) وتتدفق هذه الانسيابات الطينية في كثير من الاحيان الى الطرق، مؤدية الى طمرها بها. ان ما ينشط هذه



صورة (16) الانزلاق الطيني (Mud Flow) خدران، ت (20/4/2017).

الانسيابات الطينية هي قلة الغطاء النباتي وتكون جريان غطائي فوق هذه التكوينات المشبعة بالمياه.

جدول (3) الخصائص المورفومترية للانزلاقات الأرضية المدروسة على طريق خدران الجبلي

رقم الانزلاق	الموقع الفلكي		نوع الانزلاق	تكوينات تصفيرية	طول محور (الانزلاق) (م)	عرض الانزلاق	درجة ميل المنحدر (درجة)
	خط العرض (N)	خط الطول (E)					
1	35° 58' 53.61	44° 53' 95.35	مستوي	صخرية	7	5.5	34
2	35° 58' 35.72	44° 53' 38.20	مستوي	صخرية	5	7.3	35
3	35° 58' 56.30	44° 53' 39.04	مستوي	صخرية	8	7	34
4	35° 59' 12.22	44° 53' 39.56	مستوي	صخرية	4	5	44
5	35° 59' 20.04	44° 54' 30.57	مستوي	صخرية	7.5	6.2	38
6	35° 59' 29.10	44° 54' 25.07	نورفي	حائثية	10.3	13.4	43
7	35° 59' 46.24	44° 54' 17.72	نورفي	حائثية	12.5	15.4	41
8	35° 59' 59.22	44° 54' 23.89	نورفي	طينية	8	9	42
9	36° 02' 02.90	44° 54' 30.49	حيرط	طينية	11.8	13	41
10	36° 04' 49	44° 54' 37.83	حيرط	طينية	8	6	42
11	36° 0' 14.07	44° 54' 37.85	حيرط	طينية	6.8	6.6	43
12	36° 09' 65	44° 54' 47.85	نورفي	طينية	11.4	25	43
13	36° 00' 89	44° 54' 47.39	نورفي	حائثي	9.4	15	53
14	36° 03' 35	44° 54' 53.96	حيرط	طينية	8	17.5	53
15	36° 05' 36	44° 54' 59.24	نورفي	طينية	9.5	7.6	53
16	36° 07' 20	44° 55' 2.94	حيرط	حائثية	4	13.4	52
17	36° 0' 12.74	44° 55' 1.25	مستوي	حائثية	5	6	34
18	36° 0' 16.43	44° 55' 6.09	مستوي	حائثية	4.5	5	34
19	36° 0' 19.84	44° 55' 12.80	مركبة	حائثية	8.7	10.5	56
20	36° 0' 22.35	44° 55' 38.21	لقائبي	طينية	10.5	17.3	56
21	36° 0' 41.76	44° 56' 27.86	لقائبي	طينية	9	13.4	52
22	36° 0' 43.87	44° 56' 30.32	لسغني	حائثية	13.4	6.2	52
23	36° 0' 45.70	44° 56' 33.57	لسابي	طينية	7	3.5	34
24	36° 0' 46.97	44° 56' 38.67	لسغني	حائثية	5	2.2	54
25	36° 0' 51.70	44° 56' 28.91	لسغني	حائثية	6	2.5	54
26	36° 0' 49.98	44° 56' 12.51	لسياني	طينية	7	4.3	34
27	36° 0' 54.06	44° 56' 8.50	لسياني	طينية	8	7.2	43
28	36° 0' 57.05	44° 56' 5.17	لسياني	طينية	5	8	43
29	36° 0' 58.99	44° 56' 1.99	مركبة	حائثية	11.3	16	45
30	36° 19' 94	44° 55' 46.49	حيرط	طينية	8.3	6	34
31	36° 1' 26.14	44° 55' 20.45	حيرط	طينية	7.5	10.3	34
32	36° 1' 53.08	44° 54' 18.63	حيرط	طينية	6	4	34
33	36° 30' 29	44° 53' 47.36	نورفي	طينية	8.1	7.7	56
34	36° 4' 19.92	44° 52' 7.36	نورفي	طينية	5	4	57
35	36° 42' 7.23	44° 51' 34.83	حيرط	طينية	7	6	51

المصدر: من عمل الباحث، اعتماداً الدراسة الحقلية.

تحليل استقرارية المنحدرات (الانزلاقات المحتملة):

يتضمن تحليل امكانية حدوث الانزلاقات الارضية، على احد السفوح ، تحديد قوة المقاومة والقوة المحركة ، ونسبة الاثنين التي يطلق عليها عامل الامان (Factor of safety) ويرمز لها بالرمز (FS).^(١٧) وقد تم اختيار (٥) محطات على طول طريق خدران متباية التكوينات الجيولوجية ، لمعرفة عامل الامان فيها واحتمالية حدوث الانزلاقات الارضية عليها، من اخلاص استخدام معادلة عامل الامان للمنحدرات.*

$$FS = SLT / W \sin \phi$$

اذ ان:

FS = عامل الامان للمنحدرات

S = مقاومة القص للتكوينات الصخرية

L = طول مستوى الانزلاق المحتمل

T = وحدة السمك للتكوينات الصخرية

W = منتج المساحة الواقعة على مستوى الانزلاق

$\sin \phi$ = جيب زاوية مستوى الانزلاق.

جدول (٤) محطات الدراسة الحقلية وقيمة معامل الامان

المحطة	الموقع	نوع التكوينات	درجة الميل	معامل الامان FS
١	(35° 58' 55.50" N) (44° 53' 38.17" E)	صخرية	46	٠,٩٠
٢	(35° ٥٩' ١٠,١٠" N) (٤٤° ٥٣' ٥٦,٥٨" E)	صخرية	47	١,٠١
٣	(36° 021' 98" N) (44° 55' 54.77"E)	طينية	50	٠,٨١
٤	(36° 2'36.93"N) (44° 53' 49.82"E)	طينية	48	٠,٧٦
٥	(36° 4'22.15"N) (44° 51' 49.29"E)	طينية	47	٠,٦٤

المصدر: الدراسة الحقلية

(اجهاد القص) (طول الكتلة التي تدور حوله)

عزم السكون

* عامل الامان =

(وزن كتلة الانزلاق) (طول كتلة الانزلاق التي تدور حولها)

عزم الحركة

ومن خلال القياسات الحقلية وتطبيق المعادلة اعلاه تبين ان جميع المحطات المختارة، يقل عامل الامان (FS) فيها عن (١,٢٥) وهذا يعني انها معرضة لعمليات الانزلاق في اي لحظة، لاسيما مع زيادة المحتوى الرطوبي لها بسبب الامطار وذوبان الثلوج، مما يجعل من الاجراءات الهندسية لتثبيت هذه المنحدرات ضرورة قصوى. وتتباين هذه الانشاءات بين المصدات الكونكريتية والمسارب المائية والمشبكات الحديدية، كل حسب نوع المنحدر ودرجة ميله وعناصر الضعف التي تعتريه.

الاستنتاجات

١- تتكون منطقة الدراسة التي يقع عليها طريق خدران الجبلي، من تكوينات جيولوجية، ضعيفة تكثر فيها تراكيب الضعف من الكسور والفواصل سطوح الانفصال، كما الطبقات الارضية تميل بشدة على جناحي طية كوسرات، فضلاً عن وجود التكوينات الفتاتية، التي تتكون من الطين والغرين والرمل، كل خصائص هذه البنية الجيولوجية هي عوامل تساعد على حدوث الانزلاقات الارضية.

٢- أن من بين أهم العوامل المساعدة على نشوء الانزلاقات الارضية على جانبي طريق خدران، هي عمليات القطع والتقويض للمنحدرات التي رافقت انشاء الطريق، مما ادى الى زيادة جهد القص على هذه المنحدرات ،مما كون منحدرات غير مستقرة.

٣- اثر المناخ على نشاط عمليات الانزلاقات الارضية حول طريق خدران من خلال زيادة المحتوى الرطوبي لهذه المنحدرات، من خلال عمليات الرشح التي ادت الى تغدق المواد الفتاتية والطينية لهذه المنحدرات ، كما ان عمليات التسرب في التراكيب الضعيفة للصخور الصلبة، كالكسور وسطوح الانفصال ساعد على انزلاق الطبقات الصخرية التي تميل باتجاه المنحدرات.

٤- يقع معظم الامتداد لطريق خدران ضمن فئة المناطق شديدة الخطورة والتي يزيد انحدارها عن (١٦°) درجة حسب تصنيف مخاطر المنحدرات.

٥- ساعد النشاط الزلزالي في الآونة الاخيرة على نشاط عمليات الانزلاقات الارضية.

٦- ساعدة حالة الغطاء النباتي لفقيرة على نشاط عمليات الانزلاق.

٧- ادة حركة المياه الجوفية والعيون في زيادة المحتوى الرطوبي للمنحدرات على جانبي طريق خدران مما ادى الى نشاط في عمليات الانزلاق الارضي.

٨- تسودا نواع مختلفة من الانزلاقات الارضية في منطقة الدراسة، منها الانزلاق الدوراني والهبوط الارضي، والانزلاق الاسفيني، والمركب، والانقلابية، والمستوي، وتسود الانزلاقات الدورانية والهبوط الارضي على باقي انواع الانزلاقات الارضية.

٩- هناك اخطاء هندسية رافقت انشاء الطريق، ادت الى نشاط عمليات الانزلاقات الارضية، منها اتجاه القطع التي يتعامد مع ميل الطبقات الارضية؛ مما يؤدي الى ازالة طبقات الارتكاز لها وزيادة جهد القص، كما ان عمليات القطع اختاره في كثير من الاحيان الطبقات الفتاتية الهشة لتقليل الكلف.

١٠- عدم الاخذ بالإجراءات الهندسية لحماية المنحدرات والتي بدورها تقوم بتثبيت السفوح الغير مستقرة، كأنشاء المساند الكونكريتية على جوانب الطريق، في مواضع القطع، ونظام تصريف مياه الامطار للتقليل من رطوبة مكوناتها الصخرية.

التوصيات:

١- ضرورة القيام بالاجراءات الهندسية لتثبيت المنحدرات للحد من مخاطر الانزلاقات الارضية.

- ٢-تقليل الرطوبة في مكونات السفوح على جوانب طريق خدران من خلال تغطيتها بالمواد غير المنفذة، وعمل مسارب لضمان عدم تجمع المياه فوقها ومن ثم تسربها الى مكونات السفوح.
- ٣-تشجير المنحدرات الفتاتية لتثبيتها وازالة الاوزان والاثقال فوقها.
- ٤-عمل الاسيجة على جوانب الطريق لحماية المركبات من السقوط باتجاه المنحدرات.

هوامش البحث ومصادره:

- (1) Bellen, R.C., van, Dunnington, H.V., Wetzal, R. and Morton, D., 1959. Lexique Stratigraphic International Asia, Fasc.10a, Iraq, Paris, 333pp.
- (2) Ghafor A. H ,Rock mass engineering of the proposed basara dom site sulaimani Kurdistan NE- Iraq, thesis of doctor, University of sulaimani,2009,p.12.
- (3) Khalid M, Biostratigraphy of the cret aceous \ paleogne boundary in dokan area sulaimaniyah, Kurdistan NE Iraq, 2008, p.87.
- (4) Kamal H.K, Geologic of Kurdistan, 2008, p.36
- (٥) .كريم حاجي، تكتلات كلسية في منطقة دوكان اقليم كردستان العراق، مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية، المجلد الثاني، العدد الثالث، ٢٠١٢.
- (٦) حسن سيد احمد ابو العينين، اصول الجيومورفولوجيا، الطبعة السادسة، الدار الجامعية للطباعة ، بيروت ، ١٩٨٦م، ص١٨٣.
- (٧) محمد صبري محسوب، جيومورفولوجية الاشكال الارضية، دار الفكر العربي للطباعة والنشر، الطبعة الاولى، القاهرة، ١٩٩٧م، ص٦٣.
- (٨) .سعد عجيل مبارك الدراجي ، اساسيات علم شكل الارض (الجيومورفولوجي) ، دار كنوز المعرفة العلمية للنشر والتوزيع ، عمان ، الاردن ، ٢٠٠٩م ، ص١٦٠

- (٩) حارث عبد الجبار الضاحي، الامطار في العراق (دراسة في المناخ التطبيقي)، (رسالة ماجستير غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الاسكندرية، ١٩٨٩م.
- (١٠) حسن رمضان سلامة، اصول الجيومورفولوجيا، مصدر ، سلبق ،ص ١٥١
- (١١) حكم عبد الجبار صوالحة، الجيولوجيا العامة ،كلية العلوم ،جامعة اليرموك، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان ، الاردن، ٢٠٠٥م، ص٢٤٨.
- (12) Mamlesi.F.O, Engineering Geological study of Rock Slope Stability along the Dokan – Khalakan Road, B.Sc., Baghdad, 2010, P.37.
- (13) Hobbs B., Means E.D, Williard P., an Outline of Structural Geology, New Yorke, John Wiley, Sons, 1976, P.17.
- (١٤) ادوارد از كيلر، الجيولوجيا البيئية، سلسلة الكتب الجامعية المترجمة-العلوم الاساسية، وزارة التعليم العالي، المملكة العربية السعودية، ٢٠١٤، ص١٧٥.
- (١٥) خلف حسين علي الدليمي، علم اشكال سطح الارض التطبيقي، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، الاردن، ٢٠١٢. ص٢٥٧.
- (16) U.S Geology Survey. Landslide Type and processes Fact sheet, 2004, p.3072.
- (١٧) الجيولوجيا البيئية ((عمليات المنحدرات والانزلاقات الارضية والهبوط، جامعة الملك عبد الله، ٢٠٠٧، ص١٧٨-١٨١.