مجلة الباحث
موقع المجلة: https://journals.uokerbala.edu.iq/index.php/bjh/

المخاطر الانحدارية لحوض سبنة في محافظة دهوك

م.م محمد ناظم عبيد

جامعة كربلاء / كلية التربية للعلوم الإنسانية / قسم الجغرافية

التخصص العام للبحث: الجغرافية الطبيعية	التخصص الدقيق للبحث: الجيومورفولوجيا

معلومات الورقة البحثية

تاريخ الاستلام /2025/6
تاريخ القبول /2025/6
تاريخ النشر 2025/7/28

الكلمات الرئيسية:

الكلمات المفتاحية (مخاطر المنحدرات، وجهة المنحدر)

المستخلص باللغة العربية:

المستخلص باللغة العربية تمحورت الدراسة حول بيان المخاطر الديناميكية خاصة على المنحدرات وهي تمثل حركة المواد من الصخور والفتات الصخري والتربة والمواد العضوية وكذلك الرسوبية وباستخدام مناهج كمية ونوعية وذلك لما تسبب بخسائر بالأرواح والممتلكات فتم دراسة البنية الجيولوجية والمناخ كونهما من العوامل المؤثرة على نشاط العمليات الجيومورفولوجية وتوزيع الصخور وبيان العامود الجيولوجي لها وعرجت الدراسة على الخصائص التضاريسية والانحدارية وذلك لارتباط المخاطر وكشفت الدراسة للمنطقة ثلاث فئات تضاريسية وبلغ اعلى ارتفاع للمنطقة (2000م) فوق مستوى سطح البحر ،وتم تصنيف المنحدرات لسبعة اقسام فيما اظهر انحدار المنطقة بشكل عام من الغرب الى الشرق واستنتجت خطورة السفوح المواجهة للرياح اكثر من غيرها ، وتم تمثيل المنطقة بنمذجة المخاطر الانحدارية للحوض وبذلك تم تحديد المناطق الخطرة التي تعاني من حركة ديناميكية للمواد ومناطق متوسطة الخطورة وأخرى ذات خطورة بسيطة ومن اهم النقاط الي تناولتها الدراسة هي معرفة كيفية حركة المواد وخرجت بتوصيات كبناء اسيجة ودعم التشجير والزراعة ووضع محطات لرصد عناصر المناخ ،واقترحت الدراسة عده حلول للحد من المخاطر.

doi: xx.xxxx

1-المقدمة Introduction

شهدت منطقة الدراسة مخاطر جيومورفولوجية متنوعة مسببة بخسائر بالأرواح وأخرى اقتصادية غالبا ما تكون مرتبطة بنشاط ساكنيها، والتي نتجت من عوامل جيولوجية ومناخية وتضاريسية وانحداريه، تبين الدراسة المخاطر الانحدارية (حركة المواد على المنحدرات) ويأتي اهتمام الجيومورفولوجيين بدراسة الحوض بسبب كونة محل نشاط لمختلف العمليات الجيومورفولوجيا.

2. الدراسات السابقة دراسة تقدم بها حسين كاظم عبد الحسين تحليل مخاطر جيومورفولوجية في منطقة بنجوين والتي تهدف لتحليل المخاطر الجيومرفولوجية للعمليات المرفوديناميكية والسيول والي توصلت الى بناء انموذج للمخاطر وتصنيف المخاطر لعدة مستويات

المبحث الأول الإطار النظري

اولا: مشكلة الدراسة: Study Problem

يتعرض حوض سبنة الى مجموعة من العمليات المورفوديناميكية (عمليات بنائية وهدميه وحركة مواد) مسببه مخاطر مورفوديناميكية على الانسان ونشاطاته المتعددة؟ وتتفرع مشاكل ثانوية

1 - ما هي مستويات خطورة العمليات المورفوديناميكية المؤثرة في حوض سبنة؟
2 - كيف تساهم الخصائص الانحدارية (درجة ووجهة المنحدر) في حوض سبنة على حدوث وتوزيع المخاطر الجيومورفولوجية؟
3 ما النموذج الأمثل الذي يمكن من خلاله تحديد المخاطر الانحدارية في الحوض من حيث درجة خطورتها ومناطق توزيعها وتمثيلها خرائطيا من اجل تصنفها وبيان مخاطرها؟

ثانيا فرضية الدراسة:Study Hypothesis

1 -تؤدي العوامل والعمليات المورفوديناميكية سواء اكانت بنائية ام هدميه بدور في حدوث المخاطر انحداريه.
2-ساهمت الخصائص الانحدارية (درجة ووجه المنحدر) على حدوث المخاطر الجيومورفولوجية وبدرجات متفاوتة.
3-يُمكن وضع نموذج رقمي للمخاطر الانحدارية يبين أنواعها ودرجاته والتنبؤ بالمناطق الأكثر خطورة لاتخاذ إجراءات وقائية وتفادي مخاطرها.

ثالثا-حدود منطقة الدراسة

يقع حوض وادي سبنة في العراق بالجزء الشرقي من محافظة دهوك ضمن قضاء العمادية. وفلكيا يقع بين خطي طول (“55 '19 °43) ("16 '39 °43) شرقا، ودائرتي عرض (“04 '58 °36) و(“16 '08 °37) شمالا، وتبلغ مساحة (382.70) كم^2. يحده من الشمال جبل سر عمادية ومن الجنوب جبل كارة ويبلغ اعلى ارتفاع للحوض (2000 م) فوق مستوى سطح البحر، فيما يبلغ اقل ارتفاع (650 م). انظر خريطة رقم (1)

خريطة رقم (1) موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق ومحافظة دهوك

خريطة العراق الادارية مقياس 1:1000000، قسم انتاج الخرائط، المديرية العامة للمساحة، وزارة الموارد المائية، بغداد، العراق ،2015

رابعا: أهداف الدراسة: The aims of study

تتنوع اهداف الدراسة وفق ما يلي: -

1-دراسة الخصائص الانحدارية وعلاقتها في ظهور مخاطر حركة المواد على المنحدرات.

2- تصنيف المخاطر الانحدارية وبيان مدى خطورتها.

3-تمثيل المخاطر الانحدارية الديناميكية خرائطيا ليتم من خلالها تحديد وتصنيف ما يأتي:

أ-تحديد درجات مخاطر حركة المواد في منطقة الدراسة.

ب- -بتصنيف المناطق المعرضة لخطورة حركة المواد على المنحدرات ودرجاتها.

ت-نمذجة المخاطر الانحدارية وعرض بعض المقترحات للحد منها.

خامسا أهمية الدراسة

1-قلة الدراسات الجيومورفولوجية التفصيلية للمنطقة.

2-التعرف على الخصائص الانحدارية، وتحديد أثرها في حصول المخاطر الانحدارية الناتجة من عمليات الهدم والبناء.

. سادسا مناهج وأساليب الدراسة: Curricula and methods of study

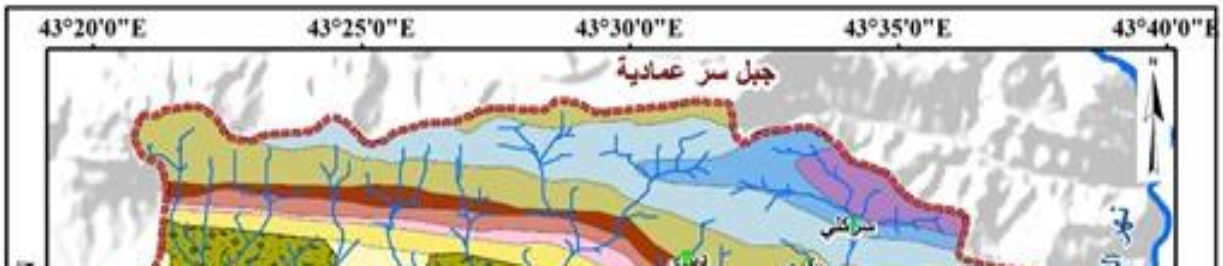
تناولت الدراسة مناهج منها ما يلي: -

1-منهج النظام المقترح :System Approach
يُستخدم هذا المنهج في دراسة الظواهر الجيومورفولوجية التي تتوالد من خلال نشاطها وما يرتبط بها من ظواهر وعمليات كتعامله مع خطر السيول كنظام له متغيرات متعددة التي يتم من خلال هذه المتغيرات تحديد وتصنيف درجات الخطورة.
2-المنهج الوصفي:Descriptive Method
أعتمد في وصف أثر الأخطار الجيومورفولوجية على مظاهر الاستخدام البشري في منطقة الدراسة مع الاستعانة بالصور الفوتوغرافية والتي تم التقاطها.
يُعَد استعراض الأدبيات عنصرًا حاسمًا في أي بحث، حيث يضعه في سياق الدراسات السابقة، ويحللها نقديًا، ويحدد الثغرات البحثية، مما يساعد في توجيه الدراسة نحو إسهامات جديدة. يساهم هذا القسم في ترسيخ الأسس النظرية للبحث بشكل منهجي.

3. التحليل والمناقشة
المبحث الثاني الخصائص الطبيعية في منطقة الدراسة

اولا- التكوينات الجيولوجية
ارتبطت الدراسات الجيولوجية وتطورها بسبب حاجات الانسان من العصور القديمة الى المواد الأولية والمعادن ومصادر الطاقة كالنفط والفحم الحجري وفي العراق تطورت الدراسات الجيولوجية بفضل البحث عن أماكن وجود النفط. (العمري، 1977) تقع منطقة الدراسة جيولوجيا في منطقة الفوالق والاندفاعات وضمن منطقة الجبال العالية، وتتألف التكوينات الجيولوجية للحوض وحسب الترتيب الزمني لها من الاقدم الى الاحدث الى تكوينات متعددة ويتضح من الخريطة الجيولوجية رقم (2) وجود تنوع واضح وتباين في التركيب الجيولوجي لحوض سبنة وذلك لوجود مكاشف صخرية تعود لزمن الأول وأخرى لثاني ولثالث والرابع أيضا لأكثر من اثنى عشر تكوين متكون في بيئة قارية او بحرية او نهرية او مختلط ، وبسمك مختلف من تكوين لأخر انظر لجدول رقم (1) وبسبب تنوع التراكيب والمكاشف الصخرية وانعكاس المكاشف على طبيعة المظاهر الأرضية والمخاطر الانحدارية، حيث تتنوع أثر العمليات الجيومورفولوجية لتباين استجابة التكوينات الجيولوجية للعمليات فبعض التكوينات تُظهر استجابة كبيرة للعمليات الجيومورفولوجية فيما البعض الاخر تقل استجابته او يكون شديد المقاومة حسب نوع المعادن والمواد المكونة لتكوينات المكاشف الصخرية في منطقة الدراسة. اظف الى ذلك اختلاف ميل المنحدرات واتجاهاتها أيضا له إثر بالغ في نشاط عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية والتعرية في الموقع الواحد، وبما ان اغلب الصخور في حوض سبنة هي جيرية كلسية ودولومايتي والتي تمتاز لعمليات الاذابة بشكل كبير مما يسهم برفع من شدة المخاطر الديناميكية في حوض سبنة بمحافظة دهوك.

خريطة (2) توزيعات المكاشف الصخرية ضمن منطقة الدراسة



المصدر: الاعتماد: وزارة الصناعة والمعادن، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني لوحة (زاخو وكاني رش) ولوحة مهاباد ولوحة الموصل مقياس 1 :250000

ان لنوع الصخور المشكلة للحوض اثره على استقرار المنحدرات ويتشكل من صخور نارية ومتحولة مقاومة كالصخور البازلت والشيست التي تتميز بأن المنحدر المتشكل منها تكون مستقر بسبب مقاومته للعمليات الجيومورفولوجيا بينما اذا تشكل المنحدر من صخور رسوبية مثل الحجر الرملي والطين فتكون مقاومته ضعيفة للعمليات المختلفة مما يخلق منحدرات غير مستقرة وخطرة ، وكلما كانت الصخور اقل تماسك واكثر امتصاص للماء كان احتمالية الانزلاقات الأرضية اكبر وحركة المواد بصورة عامة كثيره ، اضف لذلك الفواصل والشقوق حتى في الصخور القوية تكون عامل مساعد في عدم استقرار المواد على المنحدرات ، ونفاذية الصخور وتشبعها بالماء الجوفي ام السطحي يجعل الصخر اكثر هشاشة بسبب تضخمها وتزايد الضغط الداخلي مما يسبب تهشمها او يجعلها عرضة للعمليات الأخرى ،و نستنتج ان لتكوينات الصخرية او الجيولوجية تأثير كبير ومباشر على المخاطر الانحدارية حيث تعتبر الصخور كماده اواليه او مسرح عمليات المخاطر، لذا يجب الاخذ بعين الاعتبار العامود الجيولوجي للمنطقة اذا ما اريد إقامة مشاريع هندسية او عملاقة او التخطيط العمراني خاصة في المناطق الجبلية.

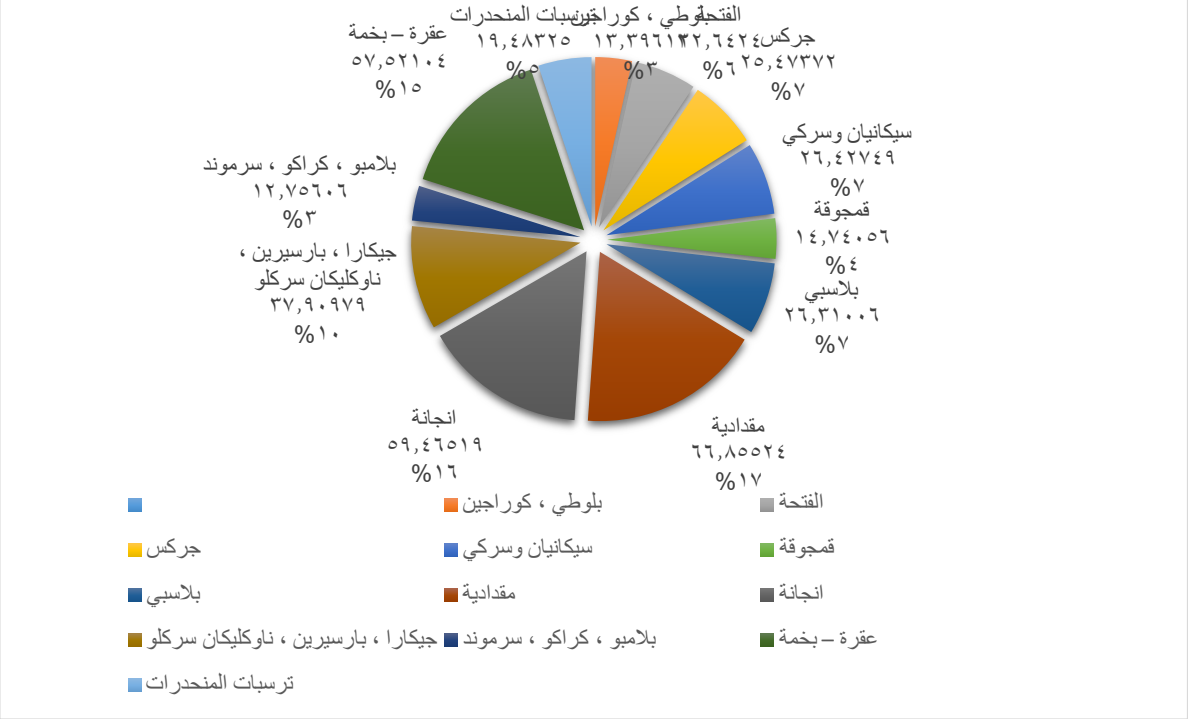
جدول (1) العمود الجيولوجي للتكوينات الصخرية ضمن حوض سبنة

الزمن	العصر	التكوين	البيئة	سمك التكوين/م	صخور المكونات

الزمن الرابع	بلايستوسين الرباعي	ترسبات المنحدرات	قارية	20 -1	حجر الكلس وقطع من صخور الذولومايت المترابطة بصورة ضعيفة بواسطة مواد جيرية، غرينية ورملية
الزمن الثالث	البلايوسين الثلاثي	المقدادية	نهرية	200 -100	الحجر الطيني الأحمر والحجر الغريني والحجر الرملي
	الميوسين الثلاثي	الفتحة	بحرية ضحلة	150- 5	صخور الكلس ،صخور حجر الطين ، الحجر الجيري الصلب ، الجبس الأبيض
		انجانة	نهرية	1200- 700	الحجر الطيني الأحمر والحجر الرملي الاحمر والبني
	الايوسين الثلاثي	جركس	انتقالية	850	صخوره من صلصال رملي حبيبي وصخور سجيليه حمراء وصخور ارجوانيه وصخور طينية ورمال
		بلاسبي	بحرية شبة مدية	200 -100	صخور الحجر الجيري المتبلور والطينية والدولوماتية
الزمن الثاني	الكريتاسي الثنائي	عقره - بخمة	بحرية	200	طبقات صخريه جيرية وصخور جيرية دولوماتيه
		قمجوقة	بحرية	362	صخور دولوماتية مسامية
		بلامبو	بحرية	900 - 500	من طبقات رقيقة من الحجر الجيري الازرق متداخلة مع طبقات من المارل الأخضر
		كراكو	مدية	100	طبقات من الحجر الجيري وحجر الكلس والرخام
		سرموند	بحرية	400	من صلصال مزرق الى بني اللون مع تداخل من صخر جيري صلصالي
	الجوراسي الثنائي	سيكانيان	بحرية ضحلة	250-200	دولومايت وحجر جيري مليء بالاحافير
		سركي	بحريه – مديه	300 -210	تعاقب لطبقات المتبخرات والحجر الجيري دولوماتيي الكيمياوي الترسيب والطبقات الترابية
		جيكار	انتقالية	250	تعاقب طبقات رقيقة من الحجر الجيري والطفل والصخور الغنية بالاحافير الامونايت
		بارسيرين	مدية	17	تتابع صفائحي رقيق من حجر كلسي وحجر دولمايتي صوان ذا نسيج رقيق
		ناوكليكان	انتقالية	14	صفائح رقيقة من حجر الكلس ذي اللون الرصاصي الغامق وحجر كلس قيري وطفل كلسي
		سركلو	بحرية	80	حجر الجير الأسود اللون والرمادي الأزرق
	الترياسي	بلوطي	لا كونية	36	الحجر الكلسي الصلب والدلومايت
		كوراجين	لا كونية	50	طبقات خفيفة من الدولومايت تعلوها طبقة من الطفل

المصدر: الاعتماد: وزارة الصناعة والمعادن ،الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني ، لوحة (زاخو وكاني رش) ولوحة مهاباد ولوحة الموصل مقياس 1 :250000

شكل (1) مساحة التكوينات الجيولوجية والنسب المئوية لحوض سبنة



المصدر من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (1)

ثانيا المناخ

يمثل المناخ أحد اهم العوامل المؤثرة في تكوين مظاهر السطح والمتمثل بعناصره الاشعاع الشمسي والحرارة والرياح والرطوبة النسبية والتساقط، وأنها المسؤولة عن نوع العمليات الجيومورفولوجية السائدة، كما لا يمكن تفسير الاشكال سطح الارض الحالية دون الرجوع للمناخ القديم. (سلامة، 2010) حيث اختلفت صور المناخ في العصور الغابرة بين حقب دفيئة وحقب جليدية وأخرى مطيرة وبحسب تأثيرها حددت نوع العمليات والتي بدورها كونت الاشكال الارضية وان منطقة الدراسة تكونت خلال الزمن الثاني والثالث الذي ساد فيها مناخ المداري الدافئ الرطب، ومناخ البحر المتوسط (الحسني، تطور مناخ العراق عبر الازمنة الجيولوجية والعصور التاريخية، 1978)تميزت منطقة الدراسة بدرجات عالية تصل الى 38 في الصف وتنخفض الى ما دون الصفر المئوي في الشتاء وبمدى حراري فصلي يتراوح بحدود 14 درجة بينما مدى سنوي يصل الى 40 درجة، اما الرياح فتزداد في الصيف لتصل الى 2.9متر/ثانية اما في الشتاء فسجلت 1.46متر/ثا بسبب ما تحمله الرياح من محتوى رطوبي ومواد أخرى وباتجاهات جنوبية وجنوبية غربية وجنوبية شرقية بنسبة اكثر من 75% وسجلت محطة العمادية في دهوك مجموع سنوي لكميات الامطار الساقطة بحدود (765.4) ملم/سنويا و يبدأ موسم التساقط من فصل الخريف في شهر أيلول ولغاية فصل الربيع في شهر مايس ، ويصل ذروة تساقط الامطار في فصل الشتاء اذ يبلغ مجموع الامطار بمحطة العمادية بحدود (382)ملم /شتاء اثر المناخ في الحوض بالفصل المطير وساهم بتشكيل المنحدرات وتطورها بصورة مباشرة بواسطة الأمطار والمياه الجارية والانجماد وحدوث الصقيع، او بصورة غير مباشرة عن الغطاء النباتي الذي يعمل على توفير حماية نسبية للتربة أو الغطاء الصخري والتقليل من نشاط الرياح ، وتزداد فاعلية الأمطار في فصل الشتاء وتشتد الاختلافات الحرارية اليومية والسنوية، اما في فصل الجفاف فتنخفض كمية التصريف المائي ، وتقل كثافة الغطاء النباتي فتنشط عمليات التجوية الميكانيكية المختلفة وينخفض معدل تراجع المنحدرات مما تحافظ على وعورتها وشدتها.

ثالثا التربة Soil: -

هي الطبقة الهشة التي تغطي صخور قشرة الارض بسمك يتراوح من عدة سنتمترات الى أمتار عدة، وهي مزيج معقد من المواد المعدنية والعضوية والهواء والماء. (شلش، جغرافية التربة، 1981) وتعد نتاج للعمليات الجيومورفولوجية الكيميائية والفيزيائية والبيوكيميائية على مواد سطح الأرض وبعوامل طوبوغرافية ومناخية مختلفة. (الدليمي، 2001) وتوجد عدة عوامل مؤثرة في تكوين التربة بمنطقة الدراسة منها تباين المناخ رئسيا

كالانجماد في القمم الجبلية الذي يجعل من التربة ضحلة ولعامل الطوبوغرافي الذي أسهم في جعل التربة عميقة عند اقدام المنحدرات او ضحلة في المنحدرات، وتأثرت أيضا بالنظام الايكولوجي فالسفوح تتعرض لعري مفرط وقطع الأشجار يسبب تعرية الصخور وزحف التربة خاصة مع تساقط الامطار فتؤدي الى انزلاق التربة وانسيابها وتجمع الطمي الى تدمير المزارع واندثارها وقد تعيق سقوط الصخور والتربة مجاري القنوات المائية وغلق الشوارع. وتضمنت منطقة الدراسة ثلاثة أنواع من الترب وفقا لتصنيف بيورنك وهي تتمثل بما يلي (Ministry of Agriculture, 1960، تربة الوعرة والمشققة وتتميز بلونها البني وقلة سمكها ويتواجد فيها الحجر الجيري بكثرة وتشكل نسبة 62%، وتربة الوديان التي تكونت بفعل ترسبات المنحدرات ومتكونه من حجر الكلس ومواد جيرية وغرينية وتشكل نسبة 5% والترب الجبلية وتعتبر ضحلة قليلة العمق وتشكل نسبة 33%.

المبحث الثالث الخصائص التضاريسية والانحدارية

الانحدار او المنحدر: هو ميل سطح الأرض عن خط الأفق، او قل الميلان بين نقطتين مختلفتي المنسوب او قد يكون في بعض الأحيان بنفس المنسوب بالنسبة لسطح المستوي، ويقاس الانحدار باستخدام الة التسوية. (سلامة، أصول الجيوموفولوجيا، 2007) وتتميز الانحدارات بأهمية كبيره في الدراسات الجيومورفولوجية بصوره خاصة والجغرافية بصورة عامة اذ تمثل احد مظاهر سطح الأرض التي لها علاقة بنشاطات الانسان المتعددة كالطرق والجسور والسدود والخزانات المائية وغيرها والتي يعتمد قيام المشروع على طبيعة الانحدار الأرضي واستقراره مما دف المختصين لدراستها من جوانب عده(التميمي، 2018) ويعتمد قياس المنحدر على عاملين الأول الفصل الرأسي والذي يمثل الارتفاع بين نقطتين على منسوبين مختلفين ، والثاني المسافة الافقية وهي البعد الذي يفصل بين نقطتين أي (بين خط واخر) والتي تظهر على الخريطة بشكل افقي بالرغم من انها بالحقيقة مائلة نتيجة الانحدار (الدليمي خ.، 2000)

اولا – خصائص الارتفاع

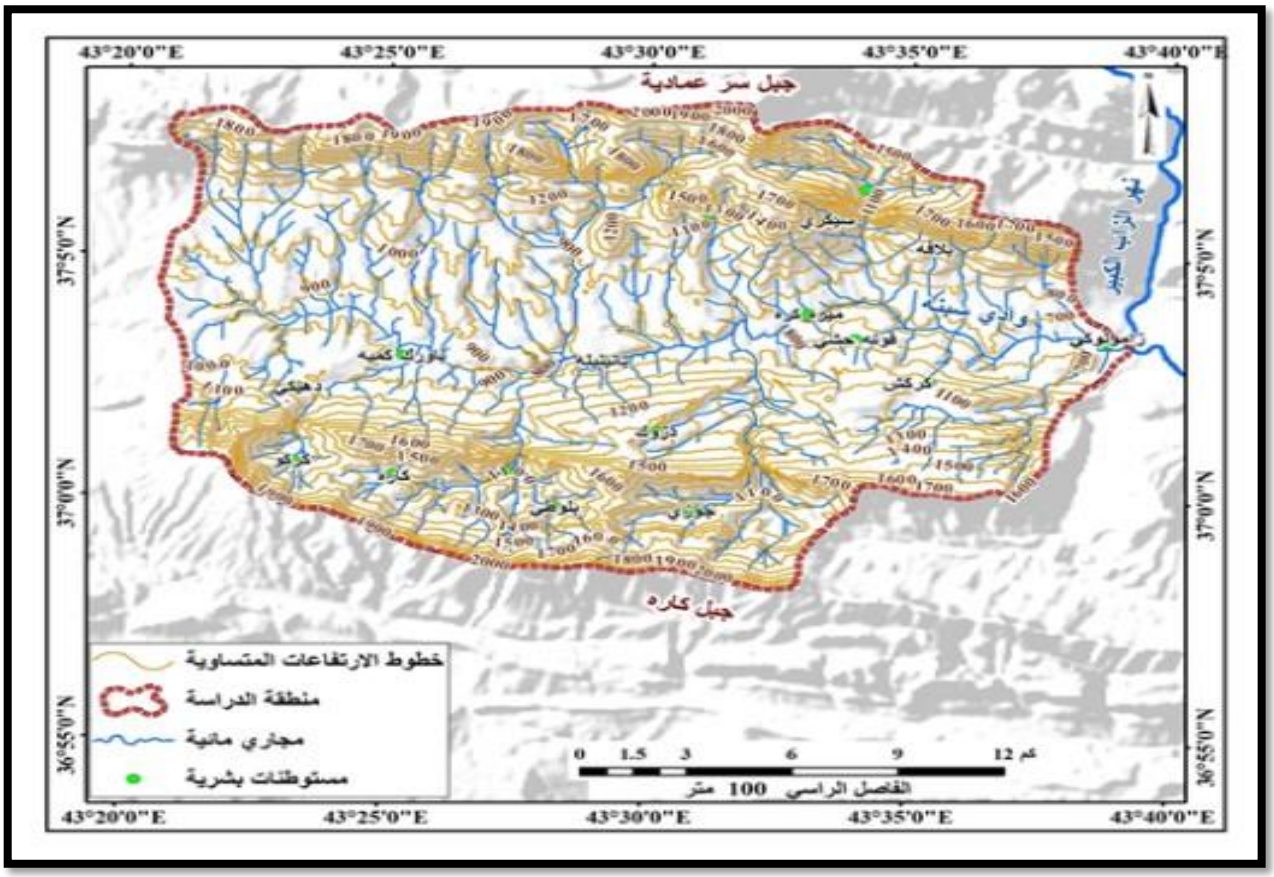
من الأخطاء الشائعة اعتبار كلمة (السفح) مرادفة لكلمة (المنحدر) حيث تطلق الأولى على المناطق المنحدرة ضمن الجبال وتسمى السفوح الجبلية، بينما الثانية تعتبر أكثر شمولية فهي تمثل أي ميل على سطح الأرض عن المستوى الافقي، لذا تقع السفوح الجبلية وهي (كمظهر طبوغرافي) ضمنيا تحت مصطلح الانحدار أي كل سفح جبلي منحدر وليس كل منحدر هو سفح. (المحسن، 2013) تعدُ دراسات الارتفاعات ذات أهمية في دراسة المخاطر الجيومورفولوجية بسبب ارتباط عامل التضرس بتفاصيل نشاط العمليات الجيومورفولوجية فكلما ازداد (ارتفاعات وانحدارات) كلما ازداد نشاط العمليات الجيومورفولوجية قوة وفتكاً بالصخور، مما يؤدي بالضرورة الى ازدياد ا المخاطر وخاصةً حركة المواد على المنحدرات. ولو استعرضنا منطقة الدراسة لوجدنا انها تتراوح بين اعلى نقطة بها بحدود (2000م) عن سطح البحر واخفض نقطة للحوض (650) م. وعند ملاحظة خريطة رقم (2) نجد ان منطقة الدراسة في شمالها عند جبل (سر عمادية) وفي الجنوب في جبل (كارة) تقع بين خط كنتوري 2000 اما عند الشرق فتقع تحت خط كنتوري 700 وتحديدا عند منطقة زامولوكي ، أي ان اعلى قيم ارتفاع للحوض تقع في شمالة واقصى جنوبه وينحدران الى وسط الحوض ، ومن غرب الحوض ينحدر بتدرج نحو شرقة لتمثل نقطة زامولوكي اخفض نقطة والتي تقع الى جانب نهر الزاب الكبير او بالقرب منه ، ويُلاحظ تقارب خطوط الكنتور في الشمال وأيضا الامر نفسة في الجنوب عند جبل كارة وتحديد في منطقتي (بلوطي وجوزي)، في حين تباعد خطوط الكنتور في الوسط، ان لهذا التباعد والتقارب في خطوط الكنتور يدلل على شدة الانحدار في منطقة الدراسة ونشاط للعمليات ويمكن تقسيم منطقة الدراسة لثلاث اقسام وفقا لخارطة رقم (3)

1 – القسم الأول وهي المنطقة الشمالية وتبرز بها ثلاثة قمم موزعة في اقصى شمال غرب منطقة الدراسة بارتفاع (1800متر) وتنحدر تدريجيا الى الجنوب نحو خط كنتور(1000متر) فوق مستوى سطح البحر، اما القمة الثانية فتتمثل في اقصى شمال الحوض عند خط كنتور (2000متر) فوق مستوى سطح البحر وتتميز بسفوح متضرسه بشده وتنحدر باتجاه الجنوب عند وسط الحوض الى خط كنتور 1200متر، والقمة الثالثة تتمثل بمنطقة بلافه بشرق الحوض بخط كنتوري (1700متر) وتنحدر الى خط كنتوري (700) م باتجاه الشرق وخط كنتوري (800)متر باتجاه الجنوب أيضا وهي سفوح تتميز بكونها شديدة التضرس ايضا.

2- القسم الثاني منطقة منتصف الحوض سبنة وهي تتباعد بها الخطوط (خطوط الكنتور) بشكل عام وتمثل اعلى قمة بها في غرب الحوض حيث يبلغ خط الكنتور (900) متر فوق سطح البحر وينحدر باتجاه الشرق عند خط كنتور (800متر) ثم يواصل الانحدار بنفس الاتجاه الى الخط (700متر) والذي ينتهي الى نهر الزاب.

3– القسم الثالث يتمثل في الجنوب والذي يماثل القسم الاول الى حد كبير لكن اقل انحدار وتضرسا نسبيا وأيضا يتميز بثلاث قمم ، الأولى(2000متر) فوق مستوى سطح البحر في اقصا الجنوب في (جبل كارة) والذي ينحدر نحو الشمال عند وسط الحوض و تتدرج منطقة الدراسة في الجنوب الغربي بين ارتفاعات (متر1700) (1600) م فوق مستوى سطح البحر ثم خط كنتور(900متر) فوق مستوى سطح البحر ، ايضا تختلف الارتفاعات في القسم الجنوبي الشرقي بخطي كنتور (1700) م فوق مستوى سطح البحر وخط كنتور (متر1500) فوق مستوى سطح البحر الى وصولها لخط كنتور (1100)متر فوق مستوى سطح البحر . ان لهذا التباين في ارتفاع اقسام الحوض المختلفة الموزعة في حوض سبنة عمل على وجود فئات تضاريسية متباينة الارتفاع من اخفض نقطة الى اعلى نقطة ارضية وهذا التباين انعكس على طبيعة الخصائص التضاريسية لحوض سبنة والذي خلف بدورة مخاطر انحداريه متنوعة

خريطة (3) الكفاف منطقة الدراسة



المصدر: الاعتماد: وزارة الصناعة والمعادن، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني، لوحة (زاخو وكاني رش) ولوحة مهاباد ولوحة الموصل مقياس 1 :250000

توجد الكثير من العوامل المتحكمة في نشؤ المنحدرات وتطورها وتأتي في مقدمتها العوامل الجيولوجية وذلك لان الصخور هي مسرح العمليات الجيومورفولوجيا وتحدد هذه العمليات (خصائص المعدنية للصخور) التي تحدد نوع الاستجابة لعمليات التجوية والتعرية فضلا عن الشقوق والفواصل في الطبقات الصخرية واسطح التطابق والتتابع الصخري وتميزت منطقة الدراسة من تتابع طباقي وصخاري متباين في النسيج البنائي والتركيب المعدني وتتابع بالطيات وتعد المنطقة غير مستقرة تكتونيا إضافة الى العوامل المناخية الذي يعمل على نشاط العمليات الهدمية بنوعيها الميكانيكية الفيزيائية والكيميائية ،ونوع التربة والغطاء النباتي والعامل البشري الذي سرع العمليات في بعض المناطق وابطئها في البعض الاخر من خلال نشاطاته. الامر الذي أنتج بتعدد العمليات الجيومورفولوجيا بشكل عام وتنوع المخاطر الديناميكية الانحدارية خاص الذي يرتبط بخشونة او نعومه السطح والجاذبية الأرضية لذا تشكل مناطق الانحدارات خطورة بالغة على الانسان ونشاطه. وتصنف المنحدرات على أُسس مختلفة منها على أساس (الشكل الى منحدرات محدبة ومقعرة ومستقيمة ومركبة) وأخرى على أساس (العمليات الجيومورفولوجية الى منحدرات تعرية وتراكمية وبنيوية وناتجه عن الانزلاقات الأرضية) وأيضا قد تصنف على الأساس الزمني وعلى أساس الوظيفي.

الا ان التصنيف على أساس الزوايا الانحدارية هو الأكثر ملائمة لبيان خطورة حركة المواد وبيان المخاطر الديناميكية

1 – أراضي مستوية بزاوية انحدار تتراوح بين (0-2) درجة والسائد انها تنشأ من استقرار مخلفات عمليات التجوية والتعرية، وهي أراضي سهلية وذات سطح مستوي، لذا لا تسبب معوقات بالنشاطات الزراعية والصناعية والحرف الاخرى

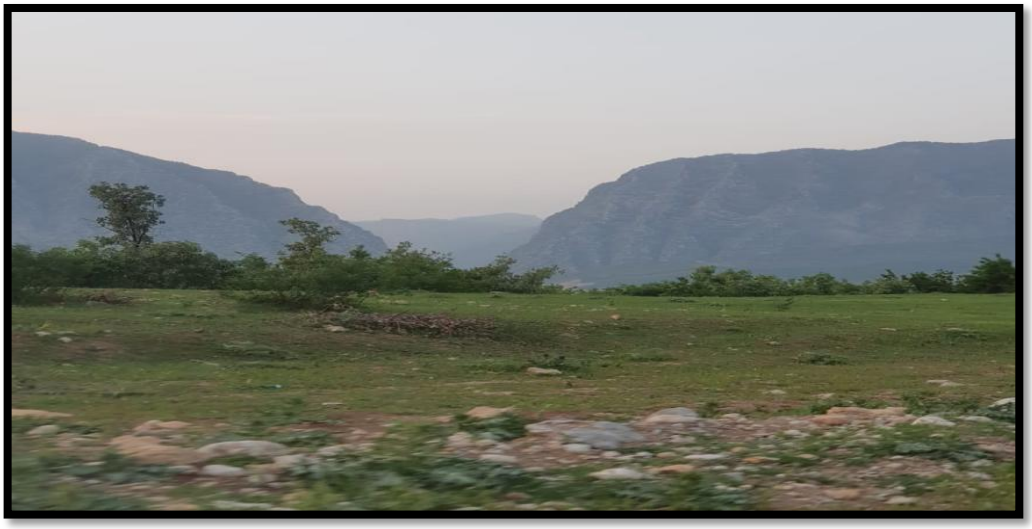
2 – أراضي بسيطة الانحدار تتراوح زاوية انحدارها بين (2-5) درجة وهي سهلية ومنبسطة وشائعة الانتشار بالعالم، وتكون معوقات استخداماتها محدودة ومخاطرها بسيطة لا تذكر

3 – أراضي خفيفة الانحدار تنحصر زاوية انحدارها (5-10) درجات تكون فيها مخاطر قليلة ويجب الحذر منا

4 – أراضي ذات انحدار، بين (10-18) درجة وهي أراضي شبة سهلية ومحاذية لأراضي خفيفة الانحدار وترتفع بها المخاطر أكثر من سابقتها بسبب نشاط عمليات العرية بها.

5– أراضي شديدة الانحدار تنحصر زاوية انحدارها (من 18 -الى 30) درجة، وذات انحدارات شديدة ومتفاوتة الارتفاع ولا يستخدم بها المكننة للزراعة وتصلح للغابات والمراعي وتكون خطره ومكلفة للإنشاءات والبناء.

صورة (1) الانحدار شديد جدا بمنطقة سركلي شمال شرق منطقة الدراسة



6 – أراضي شديدة الانحدار جدا، مكونة زاوية انحدار كبيرة تتراوح بين (30-40) درجة، وتتمثل بأراضي الجبال وأجزاء متفرقة من المرتفعات وتكون مخاطره كبيره بسبب حركة المواد والفتات الصخري كبير جد الاقتصادية محدودة جدا او فائدتها

صوره (2) انحدار شديد في منطقة بلافه شمال حوض سبنة

7 – أراضي يتزايد درجة انحدارها عن (45) درجة وتكون شبه عامودية وعلى شكل جروف صخرية وتتمثل بالأجزاء الأكثر ارتفاع عند قمم الجبال. (جرجيس، 2002)

صورة رقم (3) لانحدار جرفي

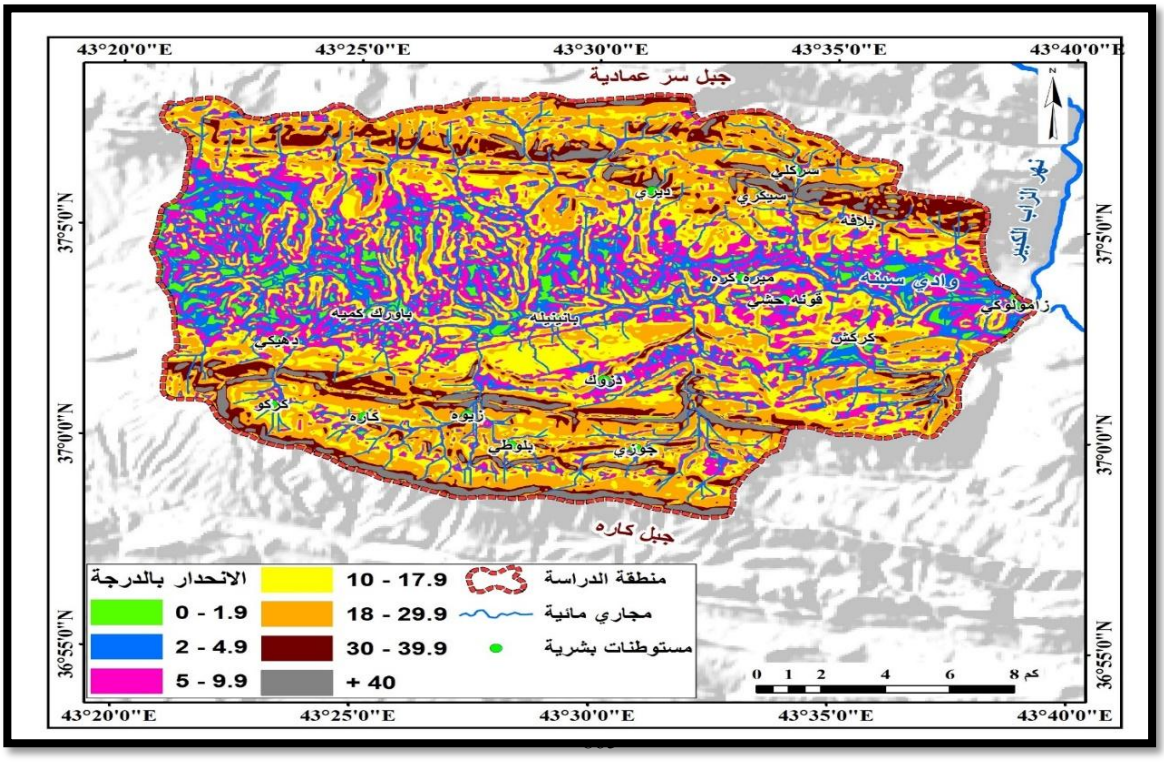
يتمحور جوهر البحث العلمي حول التحليل المتعمق للموضوع، حيث يتم تطبيق المناهج الكمية أو النوعية لاستخلاص النتائج. تضمن هذه العملية العلمية تقديم حجج مدعومة بالأدلة، مما يؤدي إلى استنتاجات موثوقة.
يتمحور جوهر البحث العلمي حول التحليل المتعمق للموضوع، حيث يتم تطبيق المناهج الكمية أو النوعية لاستخلاص النتائج. تضمن هذه العملية العلمية تقديم حجج مدعومة بالأدلة، مما يؤدي إلى استنتاجات موثوقة.
يتمحور جوهر البحث العلمي حول التحليل المتعمق للموضوع، حيث يتم تطبيق المناهج الكمية أو النوعية لاستخلاص النتائج. تضمن هذه العملية العلمية تقديم حجج مدعومة بالأدلة، مما يؤدي إلى استنتاجات موثوقة.

4. الأطر النظرية والتطبيقية

ثالثا-تصنيف منحدرات منطقة الدراسة

للخروج بأفضل النتائج وقع الاختيار على تصنيف يونك كونة ملائم لدراسة الخصائص الانحدارية ليتم تفصيل وتصنيف مخاطر الحوض لسبعة أنواع يقيم فيه مخاطر التعرية والانزلاقات الأرضية.

خريطة (4) درجات الانحدار في منطقة الدراسة



المصدر: - من عمل الباحث بالاعتماد على تصنيف يونك ونموذج الارتفاع الرقمي DEM 30*30 باستخدام برنامج Arc gis v10.6
تم الاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برنامج Arc gis v.10.6 كونة يعطي نتائج واقعية بدقة خمسة أمتار ويستخدم البرنامج لاستخراج الارتفاعات وخطوط التسوية والانحدارات واتجاه السفوح. ولبيان خصائص انحدار المنطقة تم انشاء خريطة انحداريه للحوض من بيانات الارتفاعات الرقمية (DEM) واعتمد على تصنيف يونك.
صنف العالم يونك صنفه (young) سنة 1975 وصمم بسبعة مستويات او فئات متقاربة في بداياتها مع زيادة درجة التعميم بزيادة درجة زاوية الانحدار وبشكل متسلسل (A.younk, 1975)

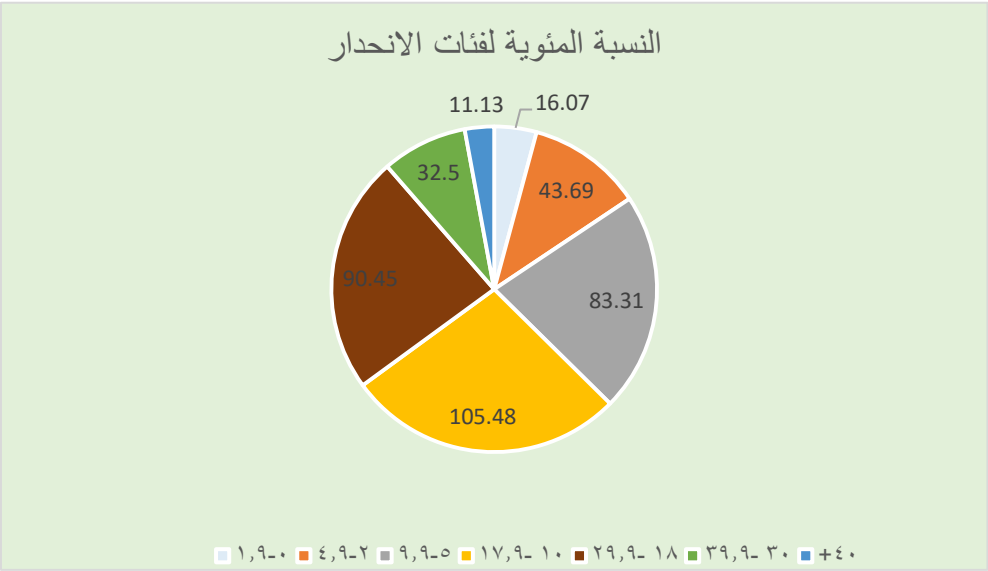
جدول رقم (2) درجات انحدار حوض سبنة حسب تصنيف يونك

شكل التضرس	فئات الانحدار	المساحة \كم^2	تصنيف السطح	النسبة المئوية
السهول والوديان	0-1.9	16.07	شبة مستوية	4.25
سهول نهرية	2-4.9	43.69	بسيطة الانحدار	11.41
اقدام الجبال	5-9.9	83.31	خفيفة الانحدار	21.76
تلال منخفضة	10 -17.9	105.48	معتدلة الانحدار	27.56
تلال مرتفعة	18 -29.9	90.45	شديدة الانحدار	23.63
جبال	30 -39.9	32.50	شديدة الانحدار جدا	8.49
قمم الجبال	40+	11.13	أراضي جرفيه	2.90

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على خريطة رقم (4)

وبنظر الى خريطة رقم (4) يتبين أنواع المنحدرات وأماكن توزيعها في منطقة الدراسة وتبين ان اكثر المناطق واقعة بالمستوى الرابع وهو مستوى التلال المنخفضة ذات درجة انحدار (17.9- 10) درجة وبمساحة (105)كيلومتر مربع وشكلت نسبة حوالي (27.56%) من مساحة الحوض الإجمالي ، فيما جاء بالمرحلة الثانية المستوى الخامس والذي يبلغ درجة زاوية الانحدار (من 18- حتى 29.9) وشكل مساحة تسعون فاصلة خمس واربعون كيلومتر وبنسبة بلغت (23.63)% ، وتليها المستوى الثالث بالتصنيف مسجل مساحة (83.31) ونسبة (21.76%) وأتى بالمرحلة الرابعة بمساحة 43.69 وبنسبة (11.41%) ، مما يلفت النظر ان نسبة الأراضي السهلية هي قليلة والتي سجلت (4.25%) بمساحة مقدرة 16.07كم مع العلم ان المنطقة تتمتع بانتشار قرى سكنية وانتشار الزراعة بشكل واسع وتعد حرفة الزراعة والسياحة هي السائدة إضافة لتربية الحيوانات ، لذا تعد دراستها ضرورة ملحة وتقييم مخاطرها خاصة وان المنطقة تقع ضمن ناحية العمادية التي تمثل عروس كردستان نسبة لجمالها الساحر التي يزورها مئات الالف سنويا.

شكل (2) النسب المئوية لفئات الانحدار

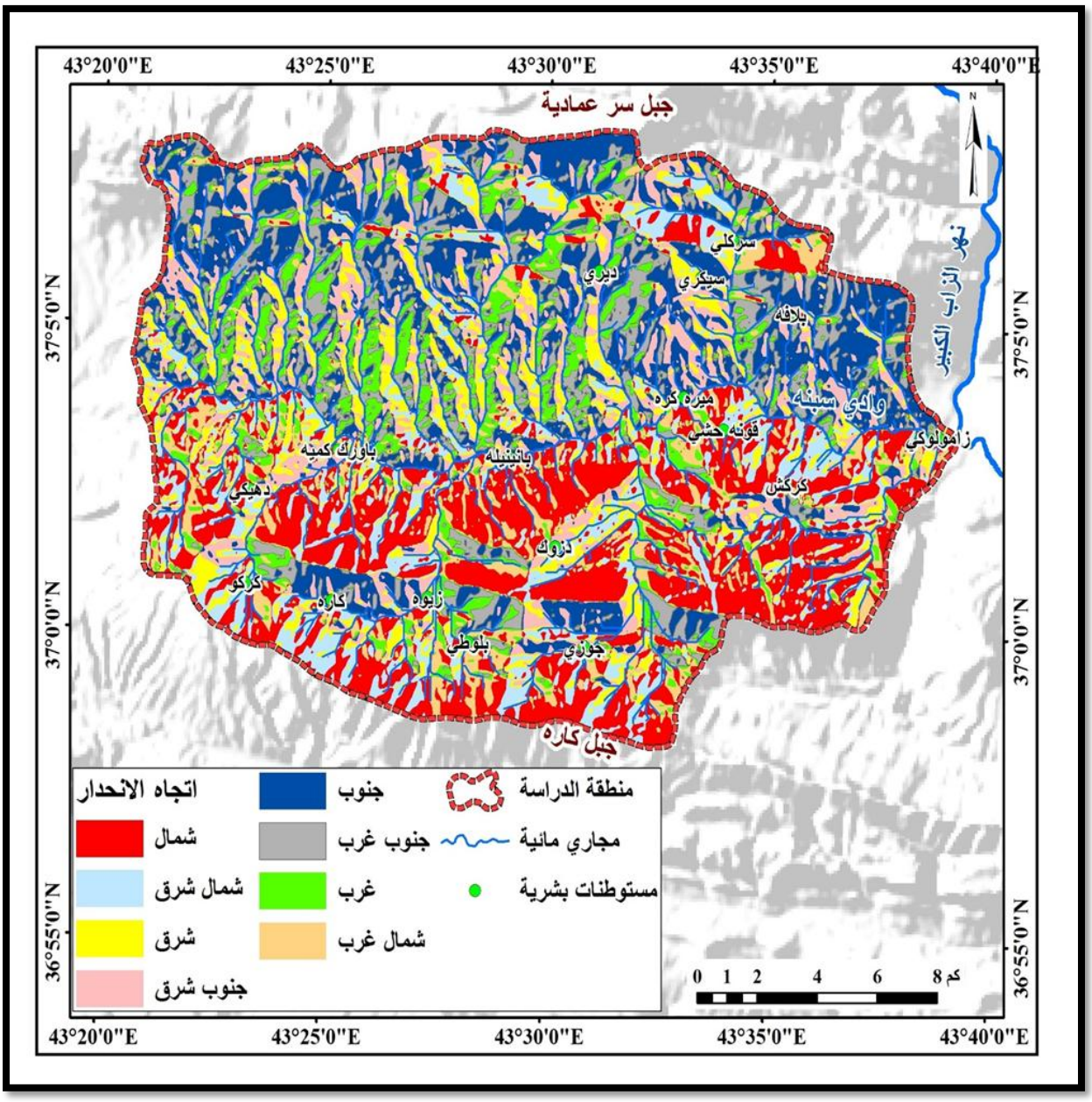


المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على جدول رقم (2)

رابعا -اتجاه المنحدر

وهو وجه المنحدر او وجه اتجاه المنحدرات وكما معلوم الاتجاهات الرئيسية أربعة والثانوية اربعه (الشمال الشرقي -الشمال الغربي -الجنوب الغربي -الجنوب الشرقي) و الاعتماد على برنامج (Arc Gis) لتحديد اتجاه المنحدرات لحوض سبنة وبملاحظة خريطة رقم (4) يتبين لنا الاتجاهات السائدة للمنحدرات وفقا لزوايا اتجاهات المنحدر ويتضح من الجدول رقم (2) ان الاتجاه الشائع هو الشمالي اذ يشغل مساحة تقدر (76.98) كم^2 مشكلة ما نسبة (20%) ويليه بنسبة مقاربة الاتجاه الجنوبي مسجل مساحته (71.50)كم^{2}وبنسبة تقدر (19% من مساحة الحوض)

خريطة (5) اتجاه المنحدرات في منطقة الدراسة



نموذج الارتفاع الرقمي DEM 30*30 باستخدام برنامج Arc gis v10.6

ان لدراسات اتجاه المنحدر أهمية في دراسة مخاطر حركة المواد وذلك بسبب إمكانية التنبؤ بحدوث مخاطر الانزلاقات الأرضية وتساقط الصخور والجريان السيلية ذلك لارتباطها بنشاط الانسان خاصة الزراعة والرعي والسياحة ، الامر الذي يتطلب الحفاظ على التربة وعدم انزلاقها كضرورة قصوى لديمومه هذه الحرف وازدهارها ، ومن خلال الدراسة الميدانية ومطابقتها مع الخريطة الطبوغرافية وبيانات عناصر المناخ تمت ملاحظة ان نسبة كبيره من الرياح هي جنوبية وجنوبية غربية وجنوبية شرقية اذن السفوح المطلة على جهة الجنوب تكون اكثر عرضة للعمليات الميكانيكية بفضل حركة الرياح عليها وكذا عرضة للعمليات الكيميائية بفضل ما تحمل الرياح من رطوبة وامطار فتنشط العمليات الكيميائية مسببة حركة مواد على المنحدرات الذي يكون مصاحب لحصول مخاطر وبذلك تكون اخطر المنحدرات هي ذات الاتجاه الجنوبي والجنوب الغربي والجنوب الشرقي التي تستقبل الرياح الجنوبية والجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية ، وبالنظر الى الخريطة نجد ان المنحدرات في شمال منطقة الدراسة اكثر خطورة وبكثير من المنطقة الجنوبية على الرغم من تواجد نفس فئات الانحدار ذات الخطورة العالية ونفس الارتفاعات في اقصى الجنوب واقصى شمال الحوض لكن تبقى لاتجاه وجه المنحدر كلمته حيث ان المنحدرات في جنوب الحوض وعلى الرغم

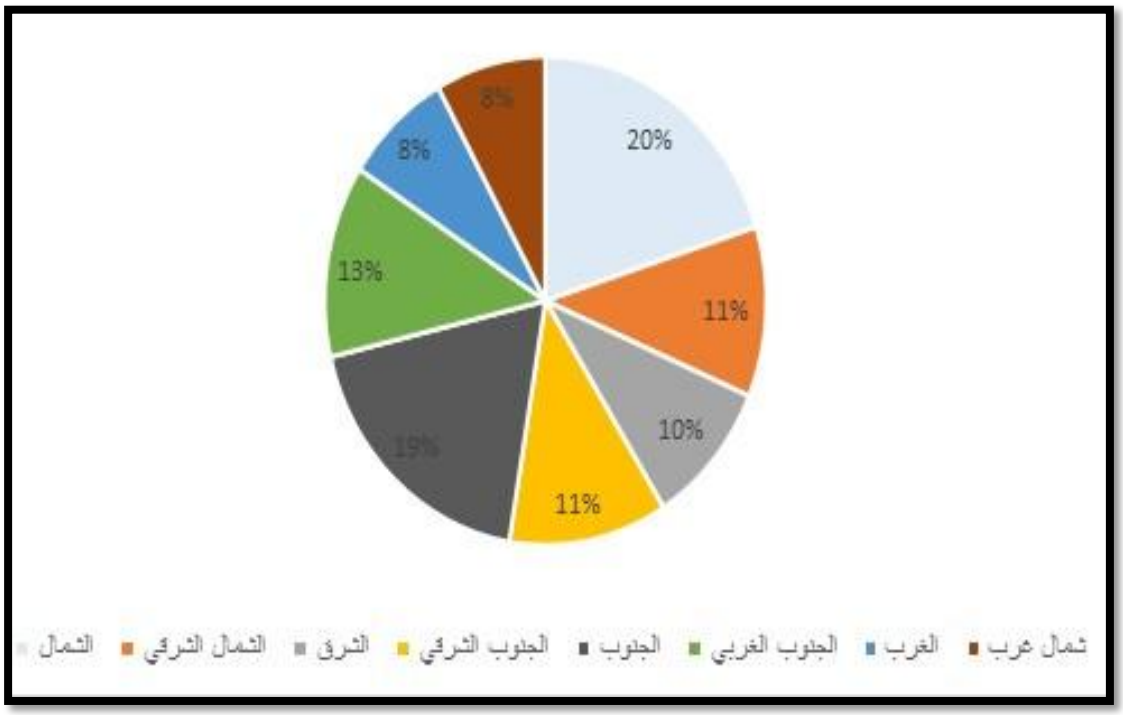
جدول (3) اتجاه المنحدر في منطقة الدراسة

ت	اتجاه الانحدار	زاوية اتجاه الانحدار بالدرجات	المساحة \كم^2	اللون الممثل خرائطيا	النسبة المئوية%
1	الشمال	22.5-0	76.98	احمر	20.13
2	الشمال الشرقي	67.5-22.5	43.19	ازرق فاتح	11.28
3	الشرق	112.5-67.5	36.94	اصفر	9.65
4	الجنوب الشرقي	157.5-122.5	44.41	برتقالي	11.60
5	الجنوب	202.5-157.5	71.40	ازرق	18.67
6	الجنوب الغربي	247.5-202.5	48.84	رمادي	12.76
7	الغرب	292.5-247.5	30.15	اخضر	7.87
8	شمال غرب	337.5-292.5	30.79	ذهبي	8.04
المجموع			382.70		%100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على خريطة رقم (5)

من تواجد فيها انحدارات جرفيه لكن بالحقيقة اقل خطورة لكونها الأقل تعرضا لرياح وما تحمله الرياح فتكون العمليات الجيومورفولوجيا قليلة مقارنة مع الجهات الشمالية. طبعا مع وجود مناطق صغيرة نسبيا منتشرة بالحوض يكون وجهة المنحدر مقابل للرياح لكن بصوره عامة وجهة المنحدرات بشمال الحوض أكثر عرضة للرياح وتبلغ مجموع الانحدارات المواجه للرياح أكثر من 42% من منطقة الدراسة وتبلغ مساحتها 164.6 كيلومتر مربع انظر لجدول رقم (3)

شكل رقم (3) نسب اتجاه المنحدر



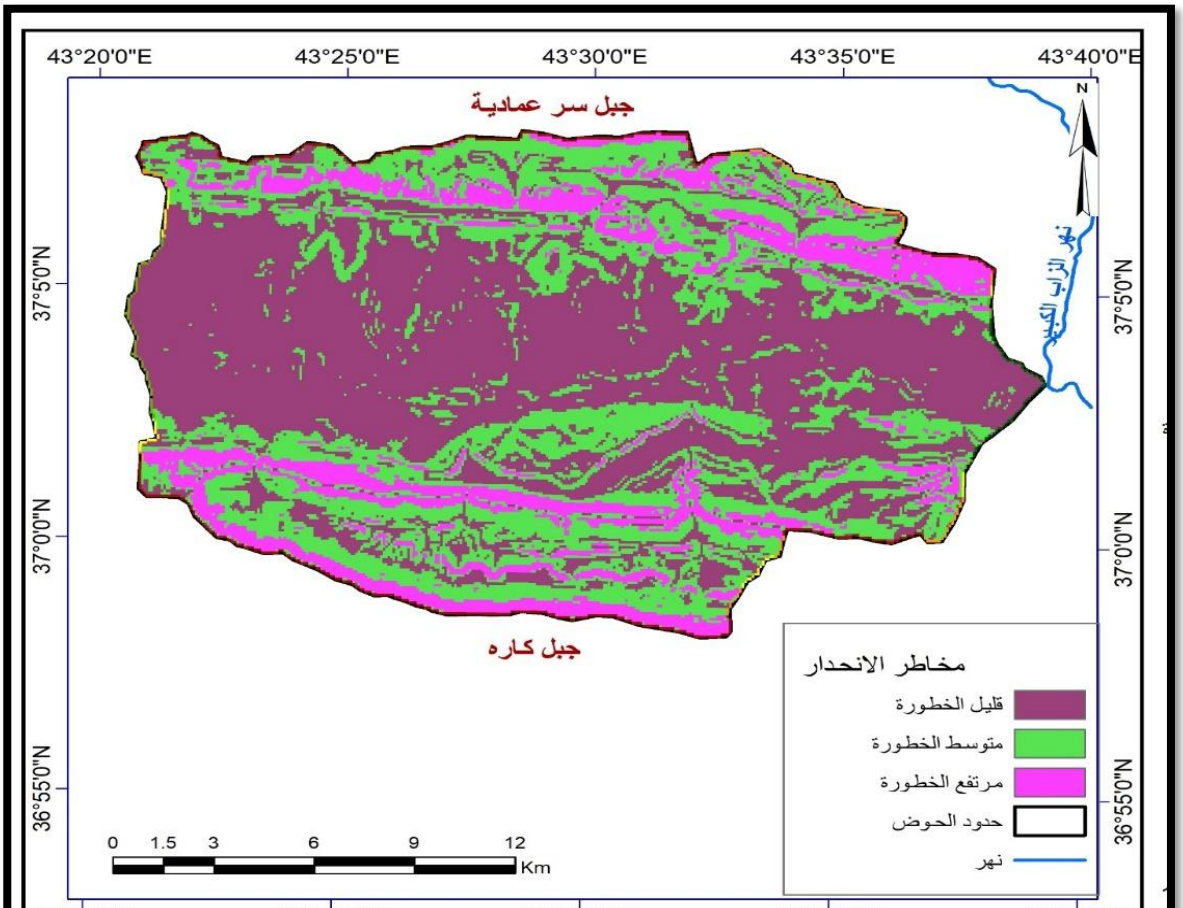
المصدر بالاعتماد على جدول رقم (3)

المبحث الرابع

نمذجة المخاطر الانحدارية للحوض سبنة

تمثل النمذجة تقنية حديثة نسبيا فمن خلالها يتم الربط بين متغيرات عديدة ومتنوعة وذلك لأنها جزء من محاكات الواقع وتستخدم لاستخراج العلاقات وتمثل الظواهر الجغرافية في الواقع الفعلي. ((الطائي، 2012)وأنها وتعد من وسائل البحث الجغرافي المتطورة والمهمة في إعطاء صورة واضحة وشاملة عما يحدث على سطح الأرض حيث تعمل على ربط الظواهر بالمكان وتبسيطها وربط البيانات لإعطاء معلومات بشكل تمثيل كوتو كرافي. (سميح احمد محمود عودة) تعد منطقة الدراسة مسرحا لعمليات جيومورفولوجية وتعاني من مخاطر انحداريه كما بين سابقا وكانت لأسباب جيولوجية بسبب حركات رفع وتباين نسيج ونوع الصخور إضافة للأسباب المناخية حيث يصل الفصل البارد الى التجمد وما دون الصفر بينما الفصل الحار تصل درجة الحرارة الى (40)م فهذا التباين بدرجات الحرارة بتعاقب الفصول أدى الى نشاط العمليات الميكانيكية وحركة المواد المنزلقة من المنحدرات خاصة عند تساقط المطر وتم ملاحظة انهيارات طينية وتساقطات صخرية واسهم العامل البشري كبناء المنازل وشق الشوارع على السفوح او المنحدرات أدى الى تسارع عمليات الانهيارات وصنفت الدراسة المخاطر الانحدارية الى ثلاث مستويات من الخطورة مع تمثيلها خرائطيا انظر للخريطة رقم (6) ابتداء بالصنف الأول (القليل الخطورة) والذي شكل مساحة بلغت (197) كم^2 وبنسبة بلغت (51.4)% وبهذا قد شغل اكثر من نصف الحوض ، وتمثلت في الخريطة في منتصف الحوض بصورة كبيرة وامتدت من شرقة الى غربة وذلك بسبب قلة ارتفاعات الانحدارات ، بينما بلغت المناطق المتوسطة الخطورة في الحوض (128)كم^2 وبنسبة مقدره (33.4)% فاحتلت بذلك ثلث مساحة الحوض تقريبا وتركزت في شمال جنوب الحوض وبمناطق مبعثرة في وسطة ايضا تمثلت بالتلال والسفوح المتوسطة الانحدار ، اما مناطق المرتفعة الخطورة فبلغت بمساحتها (58) كم^2 وبنسبة تقدر (15.1) وتوزعت على القمم الجبلية والانحدارات الشديدة والعالية الخطورة والجروف في جنوب منطقة الدراسة وشمالها أيضا ،لاحظ جدول (3).

خريطة (6) المخاطر الانحدارية في حوض سبنة



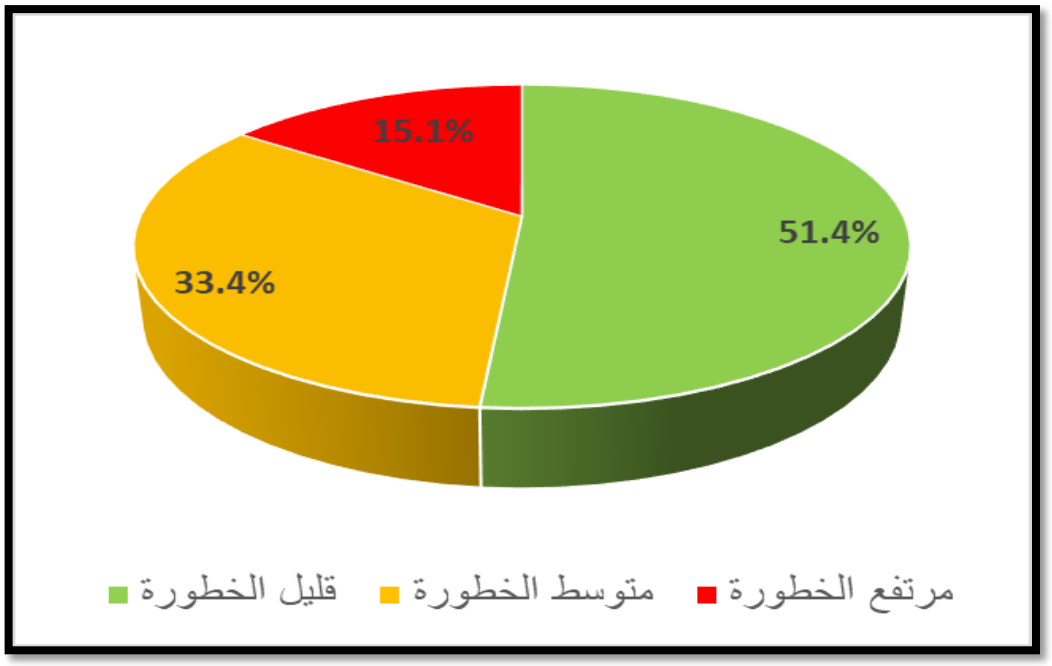
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على برنامج Arc map 10.8

جدول (4) اصناف مخاطر الانحدار

صنف الخطورة	اصناف الانحدار	المساحة كم2	%
قليل الخطورة	قليلة الانحدار	197	51.4
متوسط الخطورة	متوسطة الانحدار	128	33.4
مرتفع الخطورة	عالية الانحدار	58	15.1
المجموع		383	100.0

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على خريطة رقم (6) وبرنامج Arc map 10.8

شكل (4) نسبة مخاطر الانحدار



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول رقم (4)

صورة (4) عمل اسيجة لتدعيم المنحدرات والحد من مخاطر حركة المواد على السفوح

5. الخاتمة تناولت الدراسة مخاطر حركة المواد(صخور وفتات صخري ومواد عضوية ورسوبية وتربة على المنحدرات حيث ان منطقة الدراسة متعرضة وعلى مدار السنة لمجموعة من العمليات المورفوديناميكية وتمحورت المشكلة حول نوع الخطورة ومستوياتها وتوزيعها وما النموذج الأمثل لتمثيلها بخريطة ، واظهرت البيانات التحليلية ان المنحدرات المواجهة للرياح تكون ذات عرضة لخطر العمليات الجيومورفولوجية اكثر من السفوح الأخرى بسبب تأثير الرياح كمحرك ديناميكي وما يحمل من رطوبة وامطار وثلوج وحراره باعتباره وسط ناقل وحددت السفوح بشكل واضح وفسرت البيانات الكمية خطورة حركة المواد بواسطة تصنيف يونك الى سبعة مستويات وتم تطبيقه على منطقة الدراسة بواسطة برنامج ثم حددت هذه المناطق بصورة دقيقة وتم تمثيلها في خريطة وصولا الى تمثيل مستويات المخاطر الانحدارية للحوض وبشكل ممتاز وتوصلت لنتائج في غاية الأهمية باعتبارها مرتبطة بحياة الانسان ونشاطاته وليس لساكنين المنطقة فحسب بل للوافدين حيث يزور المنطقة سنويا مئات الالف كونها تعتبر احدى اهم المناطق السياحية في العراق وكما تلقب بعروس الشمال ، وبحسب المشاهدات الميدانية توجد الكثير من الفنادق والمطاعم او المنازل لسكان المنطقة او المعدة للاستئجار تعتبر خطرة كونها على سفوح جبال ذات انحدارات خطرة بل وجرفيه أيضا وكثير ما تركن السيارات تحت المنحدرات ، لذا كانت نتائج قيمة قيمه حياة الانسان وقدمت توصيات مهمة للتقليل من المخاطر والحفاظ على البيئة منها فردية ومنها تحتاج لدعم ونشاط حكومي .

الاستنتاجات

1- اختلاف المنطقة تضاريسيا حيث تقع بين خطي كنتوري (2000-650) م/فوق مستوى سطح البحر، الفرق الكبير بين اعلى وأدنى خط كنتوري سمح بزيادة نشاط العمليات الجيومورفولوجية والتي ترفع من المخاطر.

2 –اثبتت الدراسة التنوع بدرجات الانحدار ما بين (0-40+) حسب تصنيف (يونك) والذي اظهر (7) أنطقه انحداريه، وهذا بدورة يؤدي لتنوع المخاطر الانحدارية.

3– أظهرت الدراسة تزايد المخاطر في المنحدرات المواجه لجنوب والجنوب الشرقي والجنوب الغربي

التوصيات

1 – بناء الاسيجة على جوانب الطرقات خاصةً في مناطق المنحدرات الشديدة لتفادي مخاطر الناتجة حركة المواد.

2 – وفق معطيات الدراسة يجب توجيه السكان من عدم إقامة مشاريع في المناطق العالية الخطورة وخاصة البناء عند المنحدرات الشديدة كما هو الحال في بناء الكافيهات والمطاعم ودور الاستراحة على منحدرات خطرة جدا.

3– تشجيع على التشجير ودعم الزراعة وبشكل مدروس لتثبيت التربة والتقليل من شدة اثر المخاطر.

4– توصية الى الأرصاد الجوي على رصد المناخ لما له الأثر في تحريك المواد على المنحدرات ومتابعتها والتنبؤ بها.

6. المراجع

المراجع العربية

ا ،، ، سميح احمد محمود عودة. (بلا تاريخ). *اساسيات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في رؤية جغرافية*. الاردن ، عمان: دار الميسرة للطباعة والنشر.

اسباهية يونس المحسن. (2013). *الجيومورفولوجيا* (المجلد الطبعة الاولى). الموصل: كلية التربية جامعة الموصل،مطبعة العلا.

تغلب جرجيس. (2002). *علم اشكال سطح الارض التطبيقي*. البصرة : الدار الجامعية .

حسن رمضان سلامة. (2007). *أصول الجيوموفولوجيا*. عمان الأردن: عمان دار النشر والتوزيع.

حسن رمضان سلامة. (2010). *اصول الجيومورفولوجية* (المجلد الثالثة). عمان: دار الميسرة.

خلف حسن الدليمي. (2001). *الجيومرفولوجية التطبيقية*. عمان الاردن: الاهلية للنشر والتوزيع .

خلف حسين الدليمي. (2000). *الجيومورفولوجيا التطبيقية*. عمان الأردن: الأهلي للنشر والتوزيع.

خلف حسين علي التميمي. (2018). *الأشكال الأرضية دراسة حقلية* . عمان: دار الصفاء.

سامي عزيز عباس العتبي ، اياد عاشور الطائي. (2012). *الاحصاء والنمذجة الجغرافية*. بغداد: مطبعة الامارة.

علي حسين شلش. (بلا تاريخ). *جغرافية التربة*. مطبعة جامعة البصرة.

علي حسين شلش. (1981). *جغرافية التربة*. البصرة: مطبعة جامعة البصرة.

فاروق صنع الله العمري. (1977). *جيولوجيا شمال العراق*. الموصل.

فاضل باقر الحسني. (1978). *تطور مناخ العراق عبر الازمنة الجيولوجية والعصور التاريخية*. بغداد: مجلة الجغرافية.

فاضل باقر الحسني. (بلا تاريخ). *تطور مناخ العراق عبر الازمة الجيولوجية والعصور التاريخية*.

المراجع باللغة الاجنبية

Ministry of Agriculture, . (1960). *Buring ,Soil and Soil Conditions in Iraq.* Baghdad, lr.

.Longman :London . .*Slopes* .(1975) . A.younk

المستخلص باللغة الانكليزية

Abstract

The study focuses on assessing dynamic hazards, particularly those occurring on slopes, which involve the movement of materials such as rocks, rock fragments, soil, organic matter, and sediments. Both quantitative and qualitative methodologies were employed due to the significant human and material losses associated with these processes. The research investigated the geological structure and climatic conditions as they represent

key factors influencing the activity of geomorphological processes and rock distribution, in addition to constructing the geological column of the area. Furthermore, the study examined topographical and slope-related characteristics, given their strong association with hazard distribution. The area was classified into three main geomorphological units, with the highest elevation reaching 2000 meters above sea level. Slope gradients were categorized into seven classes, revealing a general inclination from west to east. The findings indicated that windward slopes are more susceptible to hazards compared to others.

Hazard modeling of the basin area was conducted to identify zones exposed to dynamic material movement, as well as areas of moderate and low hazard levels. One of the main objectives was to understand the patterns of material movement. The study concluded with a set of recommendations, including the construction of protective barriers, enhancement of afforestation and agricultural activities, and the establishment of meteorological monitoring stations. Several practical solutions were proposed to mitigate the identified risks.