ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

Design of a Material Movement Hazard Model in the Southern Qarah Chauq Fold

Ismail Yahya Issa Al-Qaisi

Tikrit University / College of Education for Humanities / Department of Geography

Mohammed Khalil Al-Maamouri

Tikrit University / College of Education for Humanities / Department of Geography

* *Corresponding author: E-mail* : asmaylalyhyy97@gmail.com

Keywords:
Model Design
Landslide Hazards
Material Movement
Southern Qara Joq Fold
Geomorphological Analysis

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 1 Mar 2025
Received in revised form 25 Mar 2025
Accepted 2 Mar 2025
Final Proofreading 25 July 2025
Available online 28 July 2025
E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

A B S T R A C T

The research focuses on studying the phenomenon of material movement and its impact on the stability of lands and structures located on the slopes in the southern Qarah Chauq Hills. This phenomenon causes negative effects on residential areas and agricultural lands. Due to the fluctuating natural factors in the area, a digital modeling approach was adopted to analyze the relationship between these factors in an integrated manner, which helps in better understanding their dynamic interactions. The study area is located within the geographical coordinates between latitudes 34°32'06" N and 34°57'43" N, and longitudes 36°55'44" E and 45°17'56" E. The fold is administratively located in the Makhmour district of Nineveh governorate, with parts of it in the Dibis district of Kirkuk governorate. The study employed modern cartography techniques to analyze images using software such as PCI Geomatica and ERDAS. Geographic Information Systems (ArcGIS) were also used to design models and analyze data, contributing to the creation of an integrated database and the production of final maps for the region.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.32.7.2025.04

تصميم انموذج لمخاطر تحرك المواد في طية قرة جوق الجنوبي

إسماعيل يحيى عيسى/ جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الإنسانية
محمد خليل المعموري/ جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الإنسانية

الخلاصة:

يركز البحث على دراسة ظاهرة حركة المواد وتأثيرها على استقرار الأراضي والمنشآت الواقعة على سفوح المنحدرات في منطقة تلال قرة جوق الجنوبي، حيث تتسبب هذه الظاهرة في تأثيرات سلبية على المناطق

السكنية والأراضي الزراعية. نظرًا لتقلبات العوامل الطبيعية في المنطقة، تم تبني أسلوب النمذجة الرقمية لتحليل العلاقة بين هذه العوامل بشكل تكاملي، مما يساعد على فهم أفضل لتفاعلاتها الديناميكية. تقع منطقة الدراسة ضمن الإحداثيات الجغرافية بين دائرتي عرض 34°32'06" شمالًا و 34°57'43" شمالًا، وبين خطي طول 36°55'44" شرقًا و 45°17'56" شرقًا. تقع الطية إداريًا في قضاء مخمور بمحافظة نينوى وأجزاء من قضاء الدبس في محافظة كركوك. اعتمدت الدراسة تقنيات حديثة في الكارتوغرافيا لتحليل الصور باستخدام برامج مثل PCI Geomatica و ERDAS. كما تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS)في تصميم النماذج وتحليل البيانات، ما ساهم في بناء قاعدة بيانات متكاملة وإنتاج الخرائط النهائية للمنطقة.

الكلمات المفتاحية:

- **تصميم النماذج**
- **مخاطر الانزلاقات**
- **تحرك المواد**
- **طية قرة جوق الجنوبي**
- **التحليل الجيومورفولوجي**

اولاً. المقدمة:

يتضمن هذا البحث تحليل العوامل المؤثرة على تحرك المواد ومن ثم تصميم نموذج لها، ودراسة وتحليل عملية تحرك المواد على المنحدرات الصخرية بصورة تفصيلية للمنطقة المدروسة، ويتم ذلك بعد إجراء مسح شامل لعمليات التحرك الموجودة في منطقة الدراسة وتأشيرها على الخريطة. وقد أختيرت الطبقات المؤثرة على هذه العملية. لتحصل بذلك الدراسة على النتائج التي تحمل الجوانب الاتية:

1. نوع تحرك المواد على المنحدر وشكله وتصنيفه.
2. العلاقة بين الظروف الجيولوجية ونوع التحرك المتوقع.
3. خواص أشكال التحرك على المنحدرات.
4. كمية الحركة ونسبتها.
5. عناصر أمان المنحدر.
6. مدى إمكانية استخدام التحليلات الرياضية.

تركز الدراسة الجغرافية بشكل عام وعلم الجيومورفولوجيا بشكل خاص على التسلسل المنطقي في بناء الأفكار والنماذج. اذ سيتم تطبيق النموذج وتصنيف حركات المواد على السفوح بالاعتماد على طبيعة العوامل الجيومورفولوجية المشكلة والمؤثرة في تحرك هذه المواد. وسيتم التوزيع بالاعتماد على طبيعة وقوة العامل ودرجة تأثيره على السطح، اعتماداً على نماذج تم اعتمادها في العديد من الدراسات والبحوث أهمها

دراسة المعموري[1]. وبالتالي، سيتم اقتراح مقياس جديد للمنطقة، لما لها من خصوصية من حيث نوع التكوين الجيولوجي والصخري وانحراف السطح، ولكن بنفس الخطوات التي اقترحها الباحثون. وسيتم توزيع وتمييز ثمانية أنواع من أصناف التحرك، بحسب المعايير العالمية.

ثانياً. مشكلة الدراسة:

(تعاني منطقة الدراسة من نشاط العمليات الجيومورفولوجية، لاسيما العمليات المورفومناخية ومن ضمنها تحديداً عملية تحرك المواد، اذ لهذه الظاهرة آثار جانبية على استعمالات الارض والغطاء الأرضي) ومن هذه المقولة تنطلق التساؤلات الاتية:

1. ما العامل والعمليات الأساسية التي تقود إلى تحرك المواد؟ وما اسباب نشاطها؟
2. هل للنمو المساحي للمستقرات البشرية واستعمالات الأرض نحو الأراضي الكامنة التحرك دورا في تسارعها؟
3. ما دور التقنيات الجغرافية الحديثة في معالجة مشكلة التحرك باستخدام تقنيات (RS & GIS)؟ وما هي المدخلات التي تساهم في هذه الحركة؟ وما هي الطبقات المعلوماتية التي تصمم منها النماذج الرقمية؟

ثالثاً. فرضية الدراسة:

على ضوء التساؤلات المطروحة انفاً ضمن حقائق المشكلة الرئيسة سيتم صياغة الفرضيات التالية:

- تسود في منطقة الدراسة صخور رسوبية تتباين في نوعها ودرجة صلابتها، والتي ظهرت كمكاشف صخرية نتيجة للحركات الأرضية. إذ يسود فيها المناخ الانتقالي بين البحري والقاري، الذي عكس تطورات حاصلة في المظهر الأرضي.
- إن منطقة الدراسة في حالة عدم توازن، نتيجة لوجود خلل في سير العمليات الجيومورفولوجية انعكس ذلك على تحرك المواد. ثم انعكاسها على الجوانب البيئية لسكان منطقة الدراسة.
- إن برنامج (ARC GIS) وامتداداته الرئيسة كالبناء الهيكلي (Model Builder) وجبر الخرائط (Map Algebra) من أهم الوسائل التي يمكنها تحويل المعادلات إلى أداة برمجية رقمية تعمل على عملية تحرك المواد.

رابعاً. أهمية الدراسة:

اتجهت الدراسات الحديثة بالجيومرفولوجية التطبيقية إلى تحقيق الاتي:

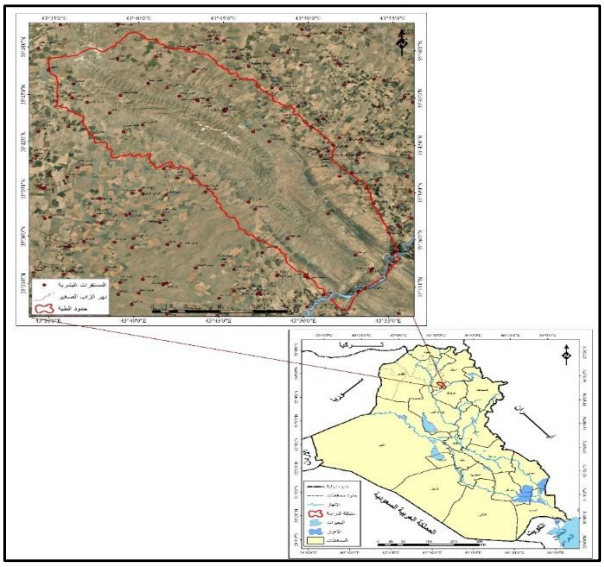
- بناء قواعد بيانات للمظاهر الأرضية، وقد ساعد على تسهيل هذه المهمة التقدم التقني بالبرامج والتنوع الحاصل بمصادر البيانات وتطور البحوث المنجزة في هذا المجال.
- المسح التكاملي للمظهر الأرضي لغرض الكشف عن الأراضي الواعدة للاستثمار والتعرف على مشكلاتها.

- الوصول الى جملة من الحقائق تستنبط من البيانات الفضائية والتقارير المختلفة تؤدي إلى وضع خطط تنموية على كافة المستويات (إقليمية _ محلية) حيث إن الغرض لا يقتصر على حصر الموارد وإنما مراقبة التغيرات البيئية وما يرافقها من تزايد بالأنشطة البشرية والتي ترتبط بعلاقة طردية بدرجة المخاطر وطبيعة هذه الأنشطة.

خامساً. المـوقع الجغرافي:

تقع منطقة الدراسة فلكياً ضمن الاحداثيات الجغرافية بين دائرتي عرض ("06 '32 °34) و ("43 '57 °34) شمالاً، وبين خطي طول ("36 '55 °44) و("56 '17 °45) شرقاً. تقع الطية ادارياً ضمن قضاء مخمور التابع ادارياً إلى محافظة نينوى بجزئه الأكبر في ويقع ايضاً ضمن محافظة كركوك في اجزاءه الشرقية ضمن منطقة قضاء الدبس بمساحة (424.1)كم^2، فيحدها من الشمال منطقة أربيل، ومن الجنوب سهل مخمور في حين يحدها من الغرب طية قره جوق الشمالي، ومن الشرق يحدها الزاب الصغير وكما في الخريطة (1).

خريطة (1)موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق ومحافظة صلاح الدين



المصدر: اعتماداً على خريطة العراق الإدارية بمقياس رسم 1:1000000، باستخدام برنامج ARC GIS10.8 .

- الخريطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة بمقياس رسم 1:100000.
- المرئية الفضائية من نوع كوك بيرد ذي الدقة التمييزية 0.60 م.

سادساً. العوامل المؤثرة على تحرك المواد في منطقة الدراسة:

تقسم العوامل المؤثرة على تحرك المواد في منطقة الدراسة الى الاتي:

6-1. التطرفات المناخية ودورها في تحرك المواد:

يقصد بالتطرف أو الشذوذ المناخي ارتفاع او انخفاض في أحد عناصر المناخ عن معدلاتها الاعتيادية، وما ينتج عن ذلك من تأثيرات سلبية أو إيجابية [2]، وتحدد العوامل المناخية السائدة (درجات الحرارة والرطوبة والامطار) نوعية التجوية في حين تظهر الطوبوغرافيا مقدار التجوية وأثرها على المناخ ولهذه العوامل أثرها في كمية ونوع النبات، وبالتالي أثرها في التجوية العضوية؛ بناءً على ما سبق يعد المناخ عاملاً مهدماً وناقلاً وبانياً في وقت واحد.

1. التطرف في درجات الحرارة العظمى:

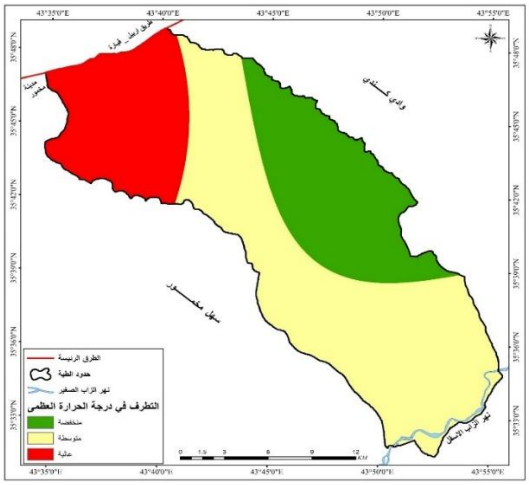
تتأثر المنطقة بنوعين من موجات الحر ولكن بدرجة اقل إذ أن هنالك موجات عامة والتي يعزى سببها الى تقدم المنخفضات الجوية بأنواعها خاصة عند سيطرة المنخفض الجبهوي والحراري، اما النوع الآخر من الموجات محلية تكون أكثر تأثيراً وهو واضح في منطقة الدراسة التي تشمل على إمتداد محطة أو اثنين من محطات الدراسة دون أخر وذلك لمساهمة الرياح المحلية[3]. ومن الاطلاع على البيانات الإحصائية الخاصة بالمعدلات الشهرية للأشهر الحارة ومعدلات الشذوذ وتكرارها خلال فترة الدراسة، اتضح أن الدرجات الأكثر حرارة تزداد كلما اتجهنا من قمة تلال قرة جوق واتجهنا شمال المنطقة بسبب إرتفاعها، حتى بلغت في شهر تموز ولمحطات مخمور وكركوك واربيل وعلى التوالي (43.5، 43.1، 41.5) م°، وكما في الجدول (1)، حيث كلما اتجهنا للأراضي السهلية المفتوحة ترتفع درجات إحتكاك الهواء الهابط وبنفس الوقت توفر مناطق ظل المرتفعات وشدة وعورتها الى تشتيت الحرارة وكما في خريطة (2).

جدول (1) الخصائص المناخية لمحطات (مخمور، كركوك، أربيل) للمدة (1990-2022)

العنصر	درجات الحرارة العظمى/م			درجات الحرارة الصغرى/م			الرطوبة النسبية%			الامطار/ملم		
المحطة	مخمور	كركوك	أربيل	مخمور	كركوك	أربيل	مخمور	كركوك	أربيل	مخمور	كركوك	أربيل
ك2	14	14.6	13.9	4.8	4.6	3.9	74.9	71.8	70.2	53.8	63	75.8
شباط	15.8	15.8	14.6	5.9	5.8	5	69.8	66.2	67	48.5	61	77
اذار	20.3	19.8	18.8	9.5	9	8.4	58.8	58.8	58.1	33.7	56	64
نيسان	26.6	26	24.1	14.6	13.9	12.5	47.5	51.1	54.3	37.6	49	46.8
مايس	34	33.6	34.4	20.6	19.8	18.2	34.8	34.5	39.8	15	16	12.9
حزيران	40.1	40.1	38.1	25.6	24.7	23.5	25.2	22.3	25.2	1.1	0.2	0.2
تموز	43.5	43.1	41.5	28.7	27.7	26.4	23.8	20.8	24	0.2	0.3	0.3
اب	42.9	42.7	41.6	28.2	27.3	26.5	23.6	21.3	25.9	0	0.1	0
أيلول	38.1	38.3	36.5	24.5	23.2	21.9	26.3	24.1	30.9	2	0.8	2.1
ت1	31.1	31.6	29.9	18.8	18	17.2	39.8	34.1	41.2	16.6	10	27.5
ت2	22.5	22.7	20.4	11.5	11.3	10	62.8	54.7	57.5	34.3	39	47.6
ك1	16.2	15.9	14.4	6.5	6.3	5.5	70.3	68.6	68.5	44.7	57	66.9
المجموع/	28.8	28.6	27.3	16.6	15.9	14.9	44.3	44	46	287.6	352.4	421.1

المصدر: جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيأة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بغداد، 2022 (بيانات غير منشورة).

خريطة (2) نموذج نسبة تكرار موجات الحر المتطرفة خلال الاشهر الحارة لمنطقة الدراسة

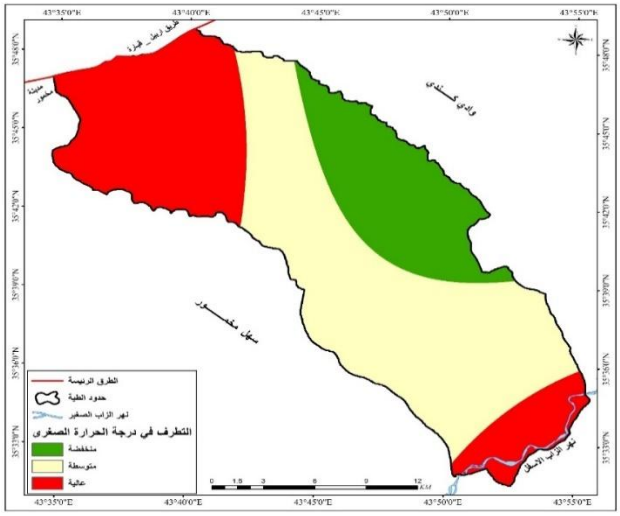


المصدر: بالاعتماد على جدول (1) ومخرجات برنامج ArcMap 10.8.

2. التطرف في درجات الحرارة الصغرى:

تم رصد إنخفاض ملحوظ عن المعدل في درجات حرارة الأشهر الباردة مما يؤشر إرتفاع نسب التجوية الفيزيائية والتي تساعد على إنجماد قطرات المياه في الشقوق الصخرية كما أشرنا سابقا، وكذلك الأنجماد الذي يحدث في الطبقة السطحية للتربة وعلى عمق يصل (4.5) سم[4]، فقد بلغت وعلى التوالي لمخمور وكركوك واربيل (4.8، 4.6، 3.9) م°، وكما في الخريطة (3). وقد كانت في منطقة مخمور الأكثر إنخفاضاً عن المعدل العام للمحطة ثم كركوك وتأتي بعدها اربيل على الرغم من ارتفاعها بالنسبة للمحطات الأخرى، وذلك بسبب عاملين هو إرتفاع سلسلة تلال قرة جوق وكذلك وقوعها في مناطق الظل مما يضاعف من انخفاض درجات الحرارة وخاصة بالليل اذ يجعل المدى الحراري بين الليل والنهار قليل وبالتالي زيادة نسبة الانجماد ونشاط التجوية الفيزيائية.

خريطة (3) توضح نسبة تكرار موجات البرد المتطرفة خلال الاشهر البارد لمنطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على جدول (1) ومخرجات برنامج ArcMap 10.8.

3- التطرفات في كميات الأمطار (التذبذب والعواصف المطرية):

تؤثر قلة أو زيادة كمية الامطار الساقطة على مكونات البيئة (تربة / نبات طبيعي / واشكال سطح الارض والزراعة والحيوانات)، وتقع منطقة البحث بين المناخ شبه الجاف الى شبه الرطب، لذا يعد سنة رطبة اذ زادت كمية الأمطار ويعد شبه جاف سنة اخرى أذا قلت كمية الأمطار [5].

أ. **التطرفات المطرية لأعلى كمية أمطار:**

ركز النموذج الرطب الذي شهد تركز عالي للقيم المتطرفة للأمطار اذا بلغت كمية الامطار في شهر (كانون الأول) ضمن محطة مخمور (53.8) ملم، في حين تركزت في محطة كركوك في شهر (كانون ثاني) والبالغة (63) ملم، في حين بلغ التساقط المطري لمحطة اربيل في شهر (شباط) بكمية تساقط بلغت (77) ملم، ولوحظ انخفاض شدة التساقط المطرية كلما اتجهنا من جنوب وغرب منطقة الدراسة، في حين كانت شدة الكثافة المطرية * ولمحطات الدراسة وعلى التوالي(اربيل، كركوك، مخمور) وكما في الجدول (3-1) هي(11.1، 4.1، 3.0) ملم/سنة وبالتالي وقوع المنطقة ضمن(المدى الغزير والمتوسط والضعيف) وهذا جاء متطابق مع تركز تحرك المواد في منطقة الدراسة.

بلغت تكرارية العواصف المطرية وعلى التوالي في محطات الدراسة اربيل وكركوك ومخمور (25، 18، 16) قمة العاصفة وبواقع معدل ساعات يتراوح (14-16.5ساعة)[6] وبواقع (32 -42 دقيقة) لكل عاصفة[7] مما يؤشر إشتداد العواصف المطرية من الشمال وصولاً إلى جنوبها اذا تبدا تضعف وتفتر وذلك بسبب عامل الارتفاع، اذا كلما ترتفع تزداد شدتها الى أن تصل إلى مرحلة الهبوط وارتفاع حرارتها وفقدان رطوبتها بالتبخر نتيجة إرتفاع الحرارة وفقدان أغلب كميات بخار الماء المحملة ولهذا نلاحظ نشاط عمليات التجوية والتعرية خلال هذه الفترات مما يؤشر وجود الركامات في شمال ووسط المنطقة وكما في الخريطة (4) توضح تكرارية أعلى كمية مطرية.

جدول (2) الكثافة المطرية لمحطات منطقة الدراسة

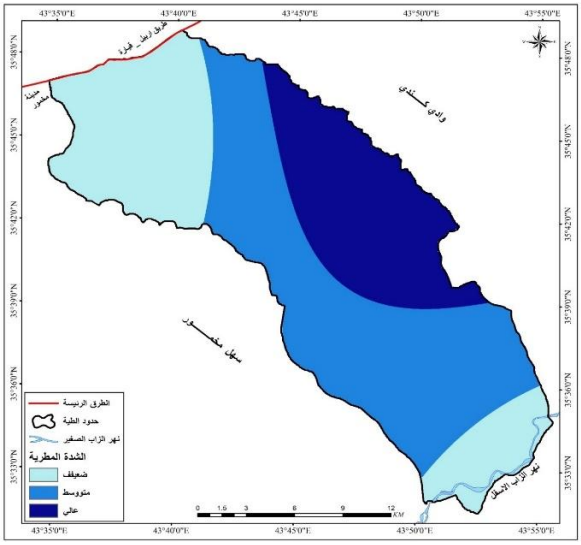
المحطة	كمية الامطار/ملم	الفترة الزمنية/يوم	الكثافة المطرية
أربيل	421.1	38	11.1
كركوك	352.4	85	4.1
مخمور	287.6	95	3.0

المصدر: اعتماداً على تطبيق معادلة الكثافة المطرية.

مما سبق تم التسليط الضوء على التأثير المباشر للعوامل المناخية المختلفة ولكن هنالك عمليات ثانوية مساعدة تقوم بدورها كعملية مساعدة في تنشيط دور العامل المناخي ودرجة تحرك المواد ومنها التجوية التي تعد عامل مورفومناخي فعال، وسوف يتم تناول عنصرين مهمين هما عملية الاذابة التي تنتج عن تظافر

ثلاث عوامل هي عامل تركز عناصر الكالسيوم والمغنسيوم وعامل الكثافة الصخرية والعامل المناخي الذي يلعب الدور الرئيسي اما العنصر الثاني هو عملية الذوبان والانجماد.

خريطة (4) توضح توزيع شدة العاصفة المطرية المسجلة للمنطقة



المصدر: بالاعتماد على جدول (2) ومخرجات برنامج ArcMap 10.8.

6-2. تحليل سير العمليات المورفومناخية:

إن سيادة المنكشفات الصخرية الهشة، ومواجهتها للظروف الجوية التي تزيد من نشاط العمليات المورفومناخية. فهي تهيئ كميات كبيره من المفتتات الصخرية كالحصى والرمل والطين التي تنقل بالعمليات المورفوديناميكية، لاسيما الفيضانات الناجمة عن حدوث تكرار للمنخفضات الجوية، وما يصاحبها من زخات مطرية سريعة ومفاجئة لاسيما في فصل الربيع، مما يزيد من القدرات الهدمية للمياه الجارية [8].

6-2-1. التجوية Weathering:

تُعد عمليات التجوية تمهيداً لعمليات التعرية أذ يسبق فعلها فعل التعرية أي أنها تجعل المفتتات والمحاليل في مواضعها متهيئة للانتقال بتلقي وتنشيط فعل عمليات التعرية ومن ثم نقلها على شكل رواسب متنوعة بحسب نوع مصادر النشأة والتي تنتقل بهيئة حمولة نهرية مختلفة (قاعية . عالقة. ذائبة) [9].

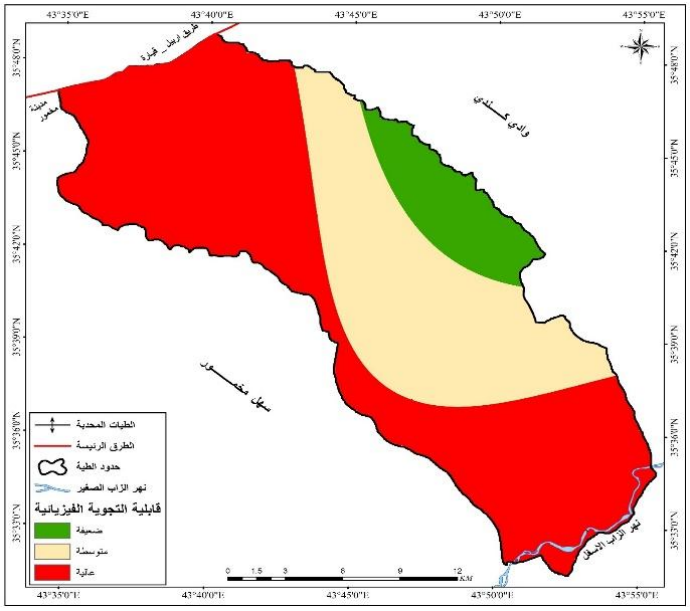
يمكن توضيح اهم أنواع التجوية التي تسود منطقة الدراسة على النحو الآتي:

اولاً. التجوية الفيزيائية (الطبيعية) Physical weathering:

وذلك من خلال عمليات الانفصال والانفراط الحبيبي والتقشر أو بفعل التسخين الشديد أثناء النهار ومن ثم تمدد المعادن داخل الصخر، أما أثناء الليل فيحدث العكس مما ينتج عنها تقلصها، فضلاً عن تجمد الماء داخل شقوق الصخر شتاءً مؤدياً إلى توسيع الفواصل والشقوق، خاصة على طول الأجزاء الضعيفة صخريا[10]. ونتيجة للمدى الحراري اليومي والسنوي الكبير الذي بلغ (23.9، 23.1، 22.6) م لمحطات

مخمور، كركوك، أربيل على التوالي، ولتوافر كميات الرطوبة، ولنوعية الصخور المنتشرة في المنطقة. والخريطة (5).

خريطة (5) القابلية المناخية للتجوية الفيزيائية في منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على جدول (1) ومخرجات برنامج ArcMap 10.8.

ثانياً. التجوية الكيميائية Chemical weathering:

وهي تفاعل أو تأثر مكونات الصخور المعدنية بالماء أو بخاره، يكون الماء العنصر الأساس في هذا النوع من التجوية، إذ لا يقتصر الأمر على تفتت الصخور بل تحصل تحولات كيميائية، فتتحول مكونات الصخر أو بعضها إلى تراكيب جديدة تختلف عن المادة الأصلية، وتتم هذه العملية في موضع الصخر دون أية حركة[11].

وقد ظهرت عدة محاولات لقياس نسبة التجوية بالاعتماد على عدة مدخلات منها (الامطار، التبخر، الكثافة الحقيقية للصخور) وتعد معادلة كوربل (Corbel) أكثرها شيوعاً في تقدير حجم الإذابة في أقاليم الصخور الجيرية، وتشير غالبًا إلى معدل التآكل الناتج عن العمليات الميكانيكية أو الكيميائية المؤثرة على سطح الصخور أو المواد الأخرى، وهي على النحو [12] الاتي:

$$Ersion\,rate\,in(m^3/km^2/yr)=\frac{(P-E).H^-}{1000.p}$$

إذ إن:

P = متوسط المطر السنوي (ملم).

E = متوسط التبخر النتح الشهري (ملم).

H- = معدل تركيز عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم في الصخور.

Ps = الكثافة الحقيقية للصخور.

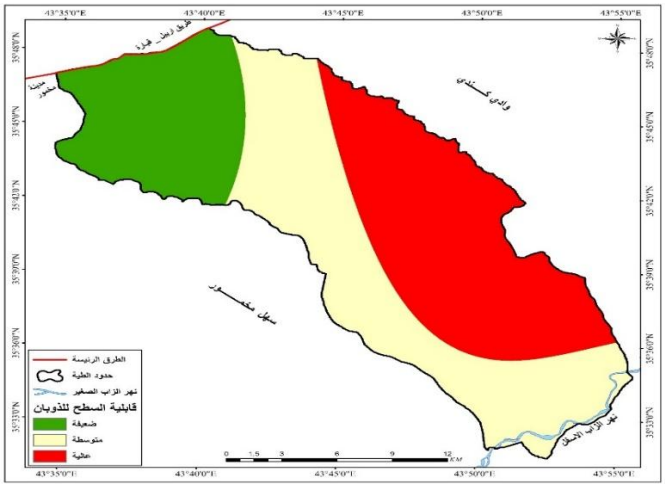
أظهرت نتائج المعادلة ارتفاعًا ملحوظًا في نسبة الإذابة خلال أشهر (كانون الأول، كانون الثاني، وشباط) بشكل طردي، تلاها انخفاض تدريجي في معامل الإذابة حتى وصوله إلى مستويات منخفضة جدًا، مع بقاء النشاط الإذابي ضعيفًا. كانت القيم التي تقل عن (2) تمثل معدلات إذابة معتدلة، في حين أن القيم بين (−1) و(−5) تشير إلى معدلات إذابة متوسطة.

لوحظ نشاط مرتفع لنسبة الإذابة في محطتي مخمور وكركوك خلال أشهر (كانون الأول، كانون الثاني، شباط، آذار، وتشرين الثاني)، بينما تركز النشاط في أربيل خلال أشهر (كانون الأول، كانون الثاني، وشباط). يعود السبب إلى الارتفاع الكبير في معدلات التبخر (النتح)، مما أدى إلى زيادة نشاط الجفاف وانخفاض فعالية الأمطار. يُعزى ذلك إلى قصر موسم الأمطار، وقلة الفائض المائي من جهة، وإلى تبخر معظم المياه التي تتركز في الفواصل والشقوق داخل الطبقات الصخرية، كما هو موضح في الخريطة (6).

ب. التميؤ:

وهي إحدى عمليات التجوية الكيميائية التي تؤدي إلى تحول معدن الانهايدرايت بعد ترطيبه إلى جبس، كما تزيد عملية الترطيب من حجم المعادن الصخرية مؤديةً إلى تغير في الحجم وتحطيم الصخور لزيادة التضاغط بين ذراتها، إذ تتأثر بهذه العملية منطقة الدراسة بسبب كثرة انتشار الصخور الرملية.

خريطة (6) نسبة الاذابة في منطقة الدراسة



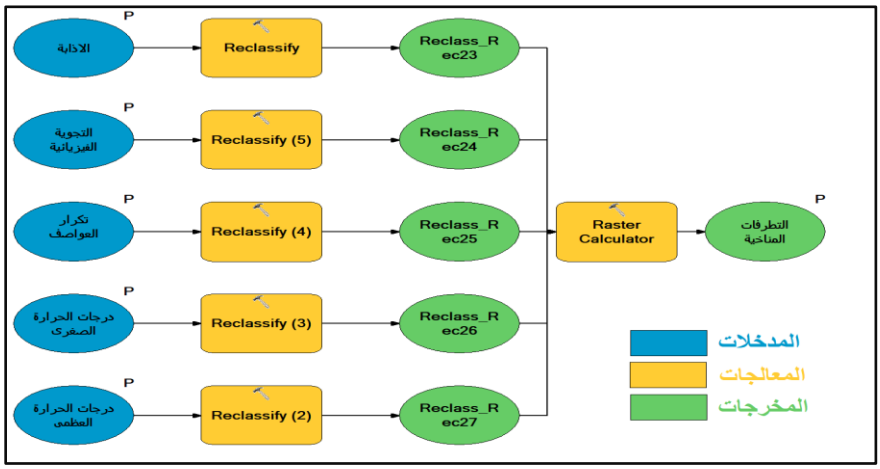
المصدر: بالاعتماد على جدول (1) ومخرجات برنامج ArcMap 10.8.

جـ. الاكسدة: تحدث عمليات الاكسدة في الصخور الرملية بسبب تركيز اكاسيد الحديد فيها، إذ تظهر بهيئة تبقعات حمراء على سطحها اثناء فترة الجفاف.

6-3. نمذجة طبقة العامل المناخي:

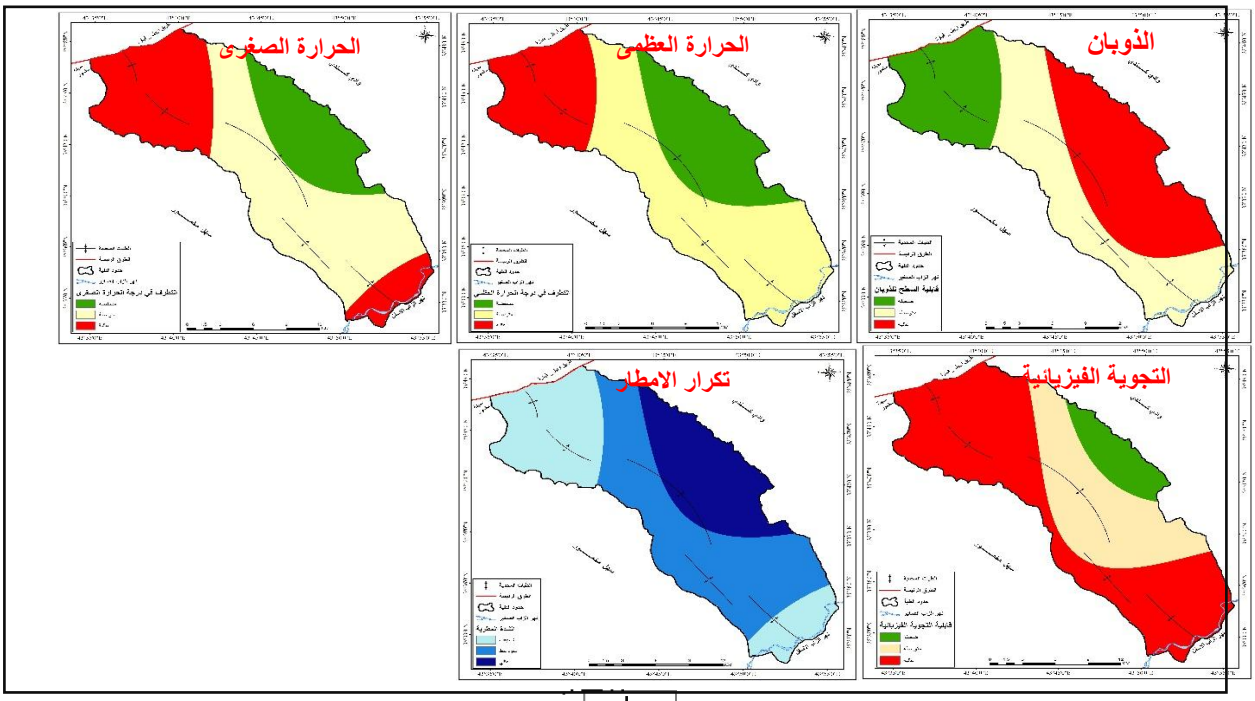
تركز الدراسة في هذا الصدد الخروج بطبقة واحدة تمثل تأثير العامل المناخي على تحرك المواد، وذلك من خلال دمج طبقات عن طريق أداة (Raster Calculator) تم تصميم نموذج العامل المناخي وكما في الشكل (1) من عدة طبقات والتي تكون منها العامل المناخي وهي (طبقة تكرار الحرارة العمي، وطبقة تكرار الصقيع، وطبقة البرودة، ونسبة الاذابة، تكرار العواصف المطرية)، اذا شهدت حوالي اكثر من (85)% من منطقة البحث تحت سيادة الشدة المتوسطة والعالية لهذه العوامل، مما يؤشر زيادة في تأثير عمليات التجوية المختلفة اذ لوحظ تركزها بشكل عالي في المناطق الجنوبية والغربية منها والشرقية وتقل في المناطق الشمالية ضمن هذا النطاق. وكما في الخريطة (7).

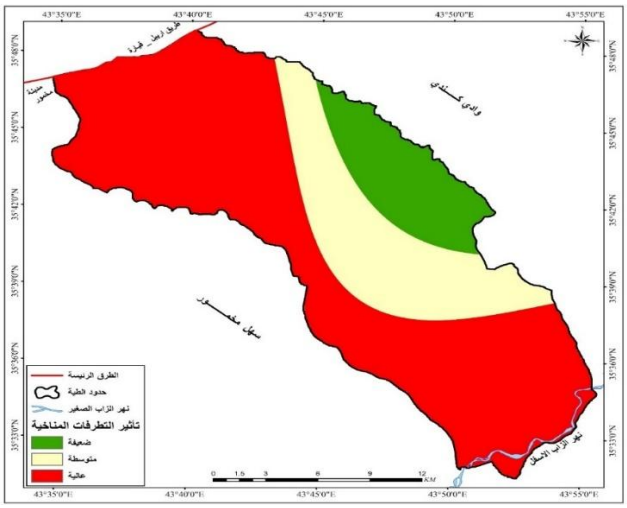
شكل (1) البناء الهيكلي للتطرفات المناخية في منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على model builder باستخدام برنامج ARC GIS10.8 .

خريطة (7) النموذج العام للعامل المناخي لمنطقة الدراسة





المصدر: اعتماداً على تطبيق انموذج (1)، باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.

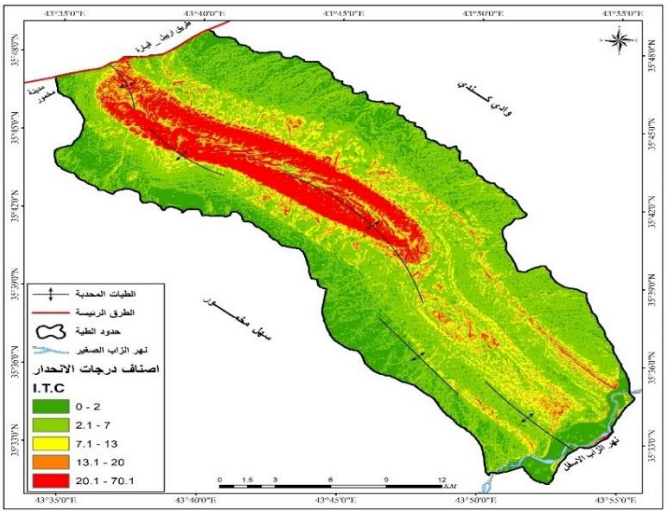
6-4. تحليل الانحدار:

أ. تحليل درجة الانحدار:

تساعد خريطة الانحدار على توضيح وإبراز المتغير الجيومورفولوجي، وتحديد ملامح نوع وشدة العملية الجيومورفولوجية، فمن خلالها يمكن تقييم تطور حركة المنحدرات التي استحوذت على اهتمام العديد من ذوي الاختصاص، لما تسببه من تغيرات هامة على سطح الأرض. تنعكس على الغلاف الصخري والحياتي وما يتعلق بالجوانب التطبيقية في حياة الإنسان[13]).

تتباين أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة بين الأراضي السهلية المنبسطة قليلة الانحدار إلى التلال العالية والأراضي المتموجة، ومن أجل معرفة خصائص المنحدرات السائدة في منطقة الدراسة وتمييز مظهرها الأرضي تم الاعتماد على تصنيف (I.T.C) والذي أعطى خمسة مستويات تصنيفية، إذ بدأ التصنيف من (0 _ 2) % وينتهي بفئة (21 _ 71.1) % وكما في الخريطة (8) وجدول (3).

خريطة (8) درجات الانحدار في منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على إنموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وتصنيف (I.T.C)، باستخدام برنامج ARC MAP 10.8.

ويلاحظ من الخريطة (8)، والجدول (3) جملة من الحقائق هي:

- يحتل الصنف الأول والثاني والثالث المرتبة الأولى والتي تشكل (82.2) %، وهي مناطق تستقبل الرواسب سواء كانت سهول قدمات او سهول تجميعية. أذ يمكن الاستفادة منها في الزراعة وهذا يعني أن سكان المنطقة يعتمدون بشكل أساسي على زراعة الحبوب ديمياً.
- تشكل الأراضي متوسطة الشدة وشديدة الانحدار النسبة الباقية والتي تكون معرضة لتعرية شديدة بسبب تقارب الاخاديد، وهي التي تتركز فيها عمليات تحرك المواد.

جدول (3) نسب الانحدار ومساحتها بحسب تصنيف الـ (I.T.C)

ت	درجات الانحدار	الوصف حسب (I.T.C)	Description ITC	المساحة/ كم2	نسبة المساحة %
1	0 _ 2	منبسط او قريب من الانبساط	Flat or almost flat	98.6	23.4
2	3 _ 7	انحدار خفيف	gently sloping	187.9	44.6
3	8 _ 13	منحدر	Sloping	59.7	14.2
4	14 _ 20	متوسط الشدة	Moderately steep	26.9	6.4
5	70.1_21	شديدا جداً	steep	48.6	11.5
		المجموع		421.7	100.0

المصدر: اعتماداً على تصنيف ITC، وإنموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، باستخدام برنامج ARC MAP 10.8.

ج. تحليل تقوس الانحدارSlope Curvature Analysis

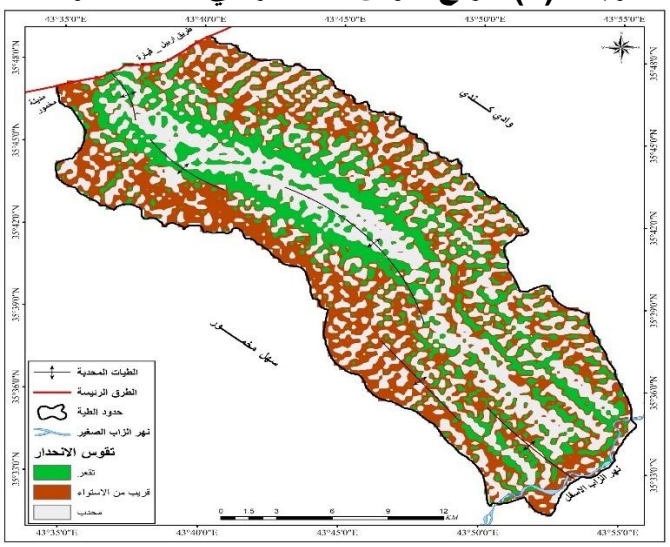
ان الهدف من تحليل تقوس الانحدار هو معرفة اشكال هذه الانحدارات هل هي محدبة ام مقعرة ام مستقيمة، ومعرفة اتجاه الترسيب، ومعرفة اتجاه الجريان السطحي، وكذلك معرفة نوعية انماط التصريف. كما يعبر عن التقوس بالدرجات لكل 100 متر ويمكن حسابه بالمعادلة وكذلك يمكن استخراجه بطريقة الية عن طريق أستخدام برنامج Arc Gis , يتوضح من خلال الخريطة (9) ان خاصية التقوس او المدلولات الرقمية التي تم استخراجها هي:

- اذا كانت قيمة التقوس بالموجب فأنها تدل على ان المنطقة محدبة (CONVEX) .

- اذا كانت قيمة التقوس بالسالب فأن ذلك يدل على ان المنطقة مقعرة(CONCAVE).
- اذا كانت قيمة التقوس تساوي صفر او قريبة من ذلك فأنها تدل على ان المنطقة منبسطة (Flat).

ومن خلال تحليل تقوس الانحدار والخريطة (9) والجدول (4) نستنتج ان منطقة الدراسة تسود فيها الانحدارات المحدبة اكثر من الاشكال المقعرة والمستوية حيث بلغت مساحة الاشكال المحدبة (180.5) كم^2 وبنسبة مئوية (942.8)%، بينما تسود في المرتبة الثانية الانحدارات المقعرة حيث بلغت مساحتها(142.9)كم^2 ونسبتها المئوية (33.9)% وتنتشر بالقرب من محور الطية، والاشكال المستقيمة بلغت مساحتها (98.4) كم^2 وبنسبة مئوية (23.3)%.

خريطة (9) انواع تقوس الانحدار في منطقة الدراسة



المصدر: أعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وبرنامج ARCGIS 10.8

جدول (4) انواع تقوس الانحدار في منطقة الدراسة

ت	تقوس المنحدر	المساحة/كم2	النسبة%
1	تقعر	142.9	33.9
2	قريب من الاستواء	98.4	23.3
3	محدب	180.5	42.8
	المجموع	421.7	100.0

المصدر: اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وبرنامج Arc Gis 10.8

6-5. العامل الصخري:

بناء على ما سبق ذكره فإن طية قرة جوق الجنوبي تتميز بوجود صخور ورواسب تعود لأزمنة جيولوجية متنوعة التي لها أثر كبير على الوضع الجيومورفولوجي العام للمنطقة، والتي سنوضحها كما يأتي:

1. **الصخور الكلسية:** وتسمى كذلك الصخور الجيرية (Limestone) تشكل أغلب هياكل الطيات المحدبة في المنطقة، تكوينها المعدني كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) تخلو من المسامية (الفراغات البينية مما يجعلها صخوراً صلبة لا تستجيب للعمليات الهدمية خاصة التجوية، لوجود مظاهر الضعف الصخري النوعية والمكتسبة المتمثلة بالشقوق والفواصل واسطح التطبق، جعل منها صخوراً ذات نفاذية عالية، إذ تتخذ المياه السطحية هذه الشقوق والفواصل منفذاً لها لتترشح نحو التكوينات التحت سطحية، ومن خلال ذلك تمارس نشاطها المتمثل بالتجوية الكيميائية فتعمل على توسيع تلك الشقوق والفواصل الهدمي مما يفقدها تماسكها، وتتعرض عندئذ للانفصال الكتلي، وكذلك يساعد على تطوير حركة مواد السطح خاصة السريعة، ويشكل بيئة مهمة لتطوير طبوغرافية الكارست هذا من جانب، ومن جانب أخر فإن المياه المترشحة خلال الصخور الكلسية يكون لها دور مهم في تغذية مكامن المياه الجوفية، كما إن لهذه الصخور أهمية كبيرة في الصناعات الانشائية، إذ تعد مورداً مهماً لأحجار الحلان المستخدمة في البناء[14] .
2. **الصخور الجبسية:** تتكون من كربونات الكالسيوم ($CaSO_4$) هي صخور عائدة إلى عصور متباينة في المنطقة قيد الدراسة وكما اتضح سابقاً، تكون هذه الصخور هشة بسبب تكونيها المعدني المتمثل بكبريتات الكالسيوم، الذي يستجيب لعمليات الاذابة، فضلاً عن مساميته اللامتناهية، مما يجعل المياه تتوغل في جس جسم الحجر الجبسي وتلاشيه وهذا ما يتطور عنه سطوحاً غير مستقرة متمثلة بالهوات والخسفات وغيرها من المظاهر الاخرى، فضلاً عن أن المياه الجوفية المتواجدة ضمن هذه الصخور تتميز بارتفاع تركيزها الأيوني، مما يجعلها مرة أو مالحة.
3. **الصخور الرملية:** تتواجد بشكل رئيس في تكوين انجانة وكذلك الفتحة، قابلية ذوبان مكوناتها المعدنية تكون معدومة، لأن جزيئة الرمل تتكون من معدن الكوارتز (SIO_2)، لكن بسبب وجود المادة اللاحمة التي أسهمت تطوره من ارسابات رملية إلى صخور رملية قد تكون سبب في وجود مظاهر ضعف فيه خاصة إذا كانت المادة اللاحمة متكونة من مواد ملحية وكربونية وكلسية، مما يعرض الجزء الرملي لظاهرة الانفراط الحبيبي بعد تجوية المادة اللاحمة. الصخور الطينية والغرينية [15] ، مما جعله يمتلك مساحة سطحية كبيرة كان لها الأثر الكبير في سيادة العمليات الفيزيوكيميائية على سطوحه[16] . أما رسوبيات الزمن الرابع في مجملها ذات مسامية ونفاذية عالية، خاصة إذا انخفضت فيها مادة الطين، وغالباً ما يكون لها دور مهم في نفاذ وترشيح المياه السطحية خاصة مياه الامطار، وكذلك لها استجابة عالية للتعرية المائية. إن للخصائص الصخارية دوراً مهماً في رسم ملامح التضرس الأرضي عامة ولظاهرة تحرك المواد ثانياً، والتباينات التضاريسية التي تتباين على وفق استجابتها للعمليات الجيومورفولوجية، فضلاً عن كونها مورداً طبيعياً يمكن الاستفادة منها.

6-6. الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة:

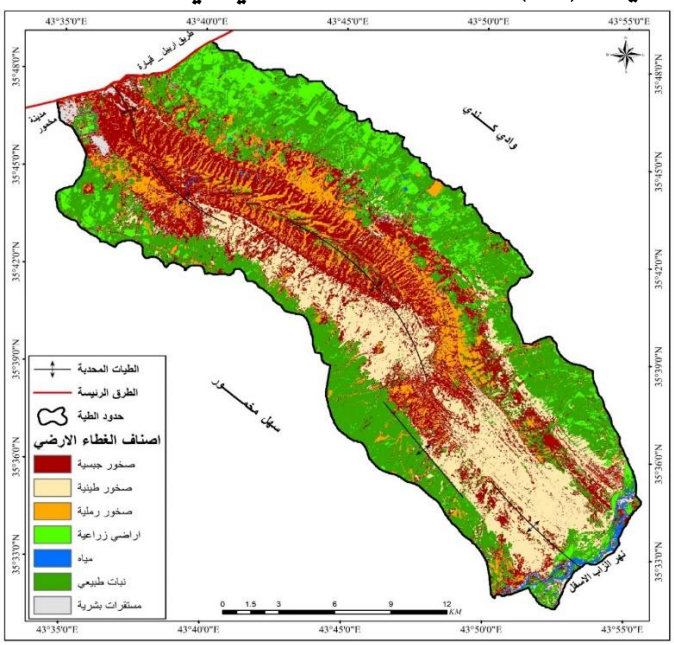
يعني مفهوم الغطاء الارضي (land cover) وصف موارد سطح الأرض الطبيعية كالنباتات والصخور والأنهار والبحيرات وغيرها، فالغطاء الأرضي يشير إلى الشكل (Form) لسطح الارض[17] ، إذ اعتُمد في الدراسة عند تمييز وتحديد أصناف الغطاء الأرضي على جملة من الأسس والمناهج في التفسير والمتبعة من قبل المركز الأَمريكي للمسح الجيولوجي الامريكية (USGS) [18] للمرئيات الفضائية، وقد تم التصنيف على وفق استجابتها لتحرك المواد فيما بعد، وقد استخدم برنامج ARC GIS، حيث تم تفسير المرئيات وتصنيفها آلياً. واستخدمت معطيات القمر Landsat 8 ذي القدرة التمييزية (30) م، ضمن المستشعر (OLI) بتاريخ 2023/3/21، ومن خلال برنامج ARC GIS وكما في الجدول (5) والخريطة (10).

جدول (5) مساحة ونسب أصناف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة

ت	أصناف الغطاء الأرضي	المساحة/كم2	النسبة%
1	اراضي زراعية	33.2	7.9
2	صخور جبسية	106.3	25.2
3	صخور رملية	51.0	12.1
4	صخور طينية	81.2	19.3
5	مستقرات بشرية	4.8	1.1
6	مياه	4.1	1.0
7	نبات طبيعي	141.0	33.4
	المجموع	421.7	100.0

المصدر: اعتماداً على مرئية لاندسات8، بتاريخ 2023/3/21، باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

خريطة (10) أصناف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة



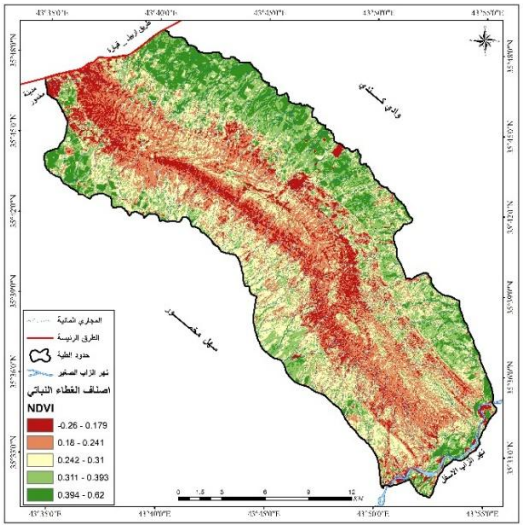
المصدر: اعتماداً على مرئية لاندسات8، بتاريخ 2023/3/21، باستخدام برنامج ARC GIS10.8.

ومن خلال الجدول (5) والخريطة (10) تظهر الحقائق الاتية تتنوع أصناف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة، الا ان صفة السيادة كانت للنبات الطبيعي كون اللقطة قد اخذت في فصل الربيع، فبلغت مساحة هذا الصنف (141)كم^2 وبنسبة (33.4)%. يليها بذلك صنف الصخور الجبسية ولاسيما في مناطق التلال العالية، اذ بلغت مساحتها (106.3)كم^2 وبنسبة (25.2)%. في حين جاء بالمرتبة الثالثة الصخور الطينية والتي ظهرت على المرئيات الفضائية بلون قريب على الأحمر وجاءت في مناطق التلال الواطئة وفي المناطق السفحية ايضاً بمساحة بلغت (81.2)كم^2 وبنسبة (19.3)%. وبعد ذلك جاءت الصخور الرملية والتي توجد في الاخاديد كونها صخور عائدة الى تكوين انجانة فبلغت مساحتها (51)كم^{2}وبنسبة (12.1)%. وهكذا وصولاً الى الأراضي الزراعية التي توجد في بطون الاودية وفي المناطق المستوية ومع نهر الزاب الأسفل، ومن ثم صنف المستقرات البشرية متمثلة بمدينة مخمور وبعض القرى المتناثرة على امتداد الطية المحدبة. واخيراً جاء صنف المياه ضمن نهر الزاب الصغير. واستندت الدراسة ايضاً في طياتها على اشتقاق طبقة الغطاء النباتي معتمدة على قرينة NDVI، واعتمدت الدراسة لاستخراج الغطاء النباتي على معادلة NDVI [19] المعتمدة على لاندسات8 بتاريخ 2023/30/20، والتي تنص على:

$$NDVI = \frac{(Band\ 5 - Band\ 4)}{(Band\ 5 + Band\ 4)}$$

تتراوح قيم دليل الغطاء الخضري من $(-0.1 - 1.0)$، اذ ان القيم السالبة تشير الى الغيوم والمياه، والقيم الموجبة القريبة للصفر تشير الى التربة الجرداء. وكما في الخريطة (11).

خريطة (11) دليل الغطاء النباتي في منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على لاندسات 8، ذي الدقة التمييزية 30م بتاريخ 2023/3/20.

سابعاً. الية بناء الانموذج:

ظهرت في العقود الأخيرة طرق مختلفة لتقدير عمليات تحرك المواد، دفعت بذلك الحاجة إلى بناء نماذج ومعادلات تطبيقية لتقييم سطح الأرض وتقليل الأخطاء التي تنشأ عن الإنموذج نفسه.

تم بناء جميع النماذج عن طريق (Map algebra) ضمن الحاسبة الشبكية (raster calculator) في أدوات التحليل المكاني (spatial analyst)، ويقصد بجبر الخرائط هو عبارة عن جبر قائم على أساس معالجة البيانات الجغرافية، اقترحه الدكتور دانا تومليـن (Dr. Dana Tomlin) في أوائل الثمانينيات. إذ أشار إلى أنها عبارة عن مجموعة من العمليات البدائية في نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والذي يسمح لطبقتين أو أكثر من الطبقات الشبكية (الخرائط) ذات أبعاد متشابهة بإنتاج طبقة شبكية جديدة (خريطة) باستخدام عمليات جبرية مثل الجمع والطرح وما إلى ذلك[20] .

تنفذ أداة (Raster Calculator) تعبيرات (Map Algebra). إذ تحتوي الأداة على واجهة حاسبة سهلة الاستخدام والتي يمكن من خلالها إنشاء معظم عبارات (Map Algebra) بالنقر فوق الأزرار. ويمكن استخدام (Raster Calculator) كأداة قائمة بذاتها، ولكن يمكن استخدامها أيضًا في (Model Builder). نتيجة لذلك، تتيح الأداة دمج قوة (Map Algebra) في (Model Builder).

ثم بناء أداة Model في بيئة برنامج (ARCGIS)، باستخدام (Model builder)، ومن ثم أداة (Raster)القائمة على الجبر البولوني (Boolean Algebra): هو أحد مواضيع الرياضيات والرياضيات المنطقية والرياضيات المتقطعة، ويعتبر فرعاً من فروع الجبر حيث يعمل بمتغيرين اثنين هما الصح أو الخطأ ويرمز لهما بالعددين 1 و0 بعكس الجبر الابتدائي الذي قد يكون المتغير فيه أي عددٍ كان.

وعلى الرغم من كون العمليات الرئيسية في الجبر هي الجمع والضرب، تكون العمليات في الجبر البولياني هي الاتصال (conjunction) وتقرأ على أنها واو العطف (وand) ويرمز لها بالرمز∧، والعمليّة الثانية هي الانفصال (disjunction) وتقرأ على أنها حرف التخيير (أو or) ويرمز لها بالرمز ∨، وثالث العمليات الرئيسيّة هي النفي (negation) (ليس not) ويرمز لها بالرمز ¬. وبهذا، تكون العلاقات في الجبر البولياني مشابهة للعلاقات العددية المستخدمة في الجبر المعتاد.

يُنسب الجبر البولياني للعالم الرياضي البريطاني جورج بول الذي ابتكرها وقدمها في كتابِه الأوّل تحليل الرياضيات المنطقية (The Mathematical Analysis of Logic) عام 1847، وشرحها أكثر ووضع أسسها في كتابه استقراء قوانين التفكير (An Investigation of the Laws of Thought) عام 1854. وأول من اقترح مصطلح "الجبر البولياني" على هذا النوع من الجبر هو الرياضي الأمريكي هنري م. شيفر عام 1913 [21].

قبل البدء بتصميم الانموذج يجب إعادة تصنيف الطبقات بالكامل، وذلك ليتعامل معها الانموذج المصمم وتكون وفق الخطوات الاتية:

- الذهاب الى بيئة برنامج *ARC GIS* ومن ثم الى أدوات التحليل المكاني للقيام بتهيئة الطبقات المعلوماتية من خلال الأداة Reclass، وتصنيف كافة الطبقات المعلوماتية الى ثلاث أصناف.
- استخراج الوزن المرجح لكل طبقة، وذلك من خلال الاعتماد على الاسلوب الاحصائي المتعدد. اذ يعتمد على استخراج القيمة الوزنية لكل طبقة والتي تؤثر سلباً او ايجاباً على تحرك المواد، وكما في الجدول (3-6).

وبعد تهيئة الطبقات، وفق المعايير المعدة فأنها تعتمد بالدرجة الأساس على الأسلوب اللوغاريتمي الذي يبنى على الخلايا الشبكية، فمن خلال ذلك يمكن استخراج انموذجين الأول يختص بدرجة تحرك المواد والثاني يختص بحساسية السطح لتحرك المواد. فالأول هو انموذج كمي والثاني هو انموذج نوعي. وفي هذه المرحلة يجب استخراج قوة ووزن كل طبقة بحسب العامل المحفز لتحرك المواد ويتم بعد ذلك رصد شدة التحرك وبحسب المعادلة التالية [22]:-

$$Wi= loge\ (Npix1/\ (Npix1+ Npix2))/\ (Npix3/\ (Npix3\ +\ Npix4))$$

Npix1=عدد الخلايا للمواد السطحية المتحركة في صنف العامل.

Npix2= عدد الخلايا للمواد السطحية المتحركة في ظل غياب صنف العامل.

Npix3=عدد الخلايا لصنف العامل في ظل غياب للمواد السطحية المتحركة.

Npix4= عدد الخلايا في ظل غياب المواد السطحية المتحركة وصنف العامل.

جدول (6) الاوزان الترجيحية لمنطقة الدراسة

العوامل	العامل الجيولوجي	العامل المناخي	العامل الطوبوغرافي	التربة	عامل الغطاء الارضي	تقاطع الشبكة المائية مع الخطيات	كثافة شبكة الطرق	كثافة المستقرات البشرية
التأثير	9.3	13.8	17.1	15.8	13.3	8.7	11.2	10.9

المصدر: اعتماداً على الطبقات التي صممت.

- بعد الحصول على قوة تأثير كل رمز واتضح من الجدول أعلاه ان اعلى قوة تأثير جاءت للعامل الطبوغرافي بقوة تأثير بلغت (17.1)% يليها بعد ذلك عامل التربة بمقدار (15.8)%، ثم العامل المناخي (13.8)% وهكذا وصولاً الى ادناها لعامل الشبكة المائية بمقدار (8.7)%. يتم الان تصميم أداة لاشتقاق درجة تحرك مواد السطح من خلال أداة البناء الهيكلي Model builder من خلال اختيار أداة جبر الخرائط ضمن الحسابات الخلوية Raster Calculator والتي يتم الوصول اليها من خلال الرابط التالي:

map algebra> Raster Calculator Arctoolbox> Spatial Analyst Tools>

ويتم ضرب الطبقة في وزنها الموجود في جدول (6)، عن طريق *Raster Calculator* .

7-1. تصميم أداة الكشف عن درجة لتحرك المواد:

تعد هذه الأداة الخطوة الأولى لمعرفة مدى استجابة السطح لتحرك المواد، معتمدين بذلك على العوامل التي سبق ذكرها، من خلال إدخالها في معادلة LSI والموضحة ادناه [23] :-

$$LSI = \frac{[(W_1X_1)+(W_2X_2)+.....]}{n}$$

اذ يعني:

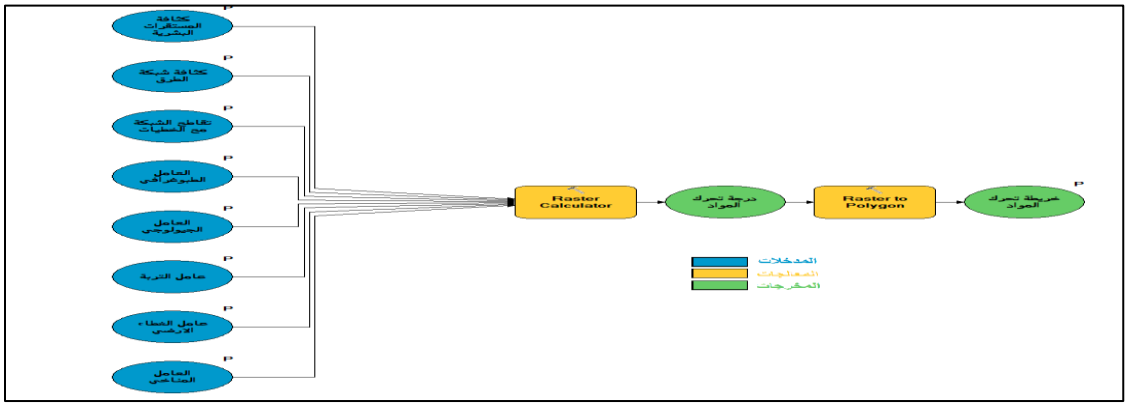
X= العامل المؤثر في تحرك المواد.

W= وزن العامل المؤثر في تحرك المواد

N= عدد العوامل المؤثرة على تحرك المواد

ويتم تطبيق الأداة عن طريق map Algebra > Raster Calculator كونها خوارزمية ارقام تعتمد على الخلية الصورية. وبعد تطبيق الجوانب التطبيقية يمكن تصميم الأداة لتظهر بالشكل (2)، والتي توضح تعطي الصورة النهائية لدرجة تحرك المواد.

شكل (2) نموذج اداة درجة تحرك مواد السطح



المصدر: اعتماداً على دمج الطبقات السابقة الذكر، وامتداد البناء الهيكلي model builder، باستخدام برنامج ARC MAP10.8.

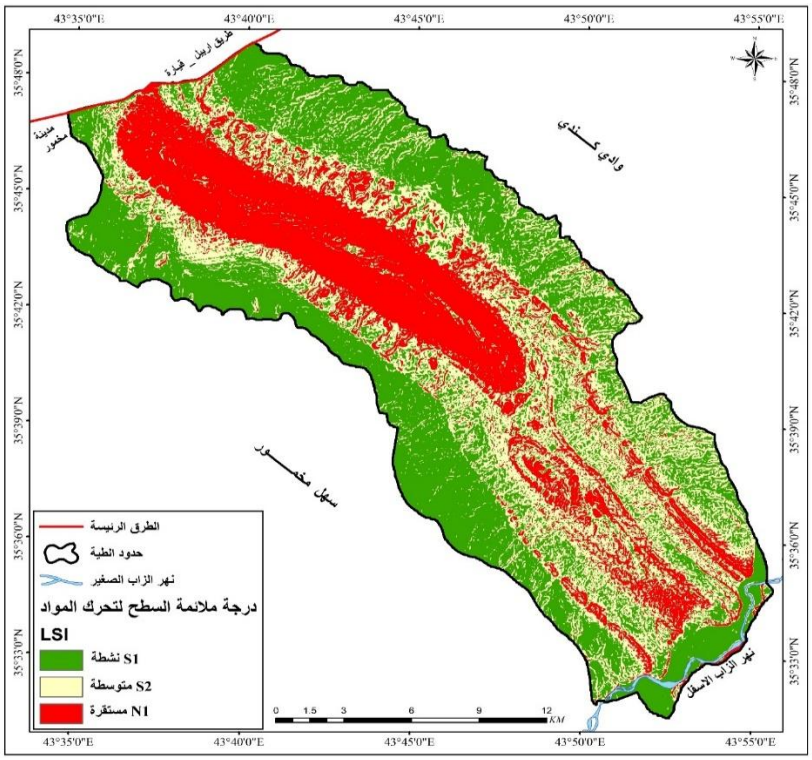
وبعد تطبيق الأداة أعلاه تتضح النتائج في الخريطة (12) والجدول (7).

جدول (7) مساحة ونسبة درجة حساسية السطح لتحرك المواد في منطقة الدراسة

ت	ملائمة السطح لتحرك المواد	المساحة/كم²	النسبة%
1	مستقرة	170.9	40.3
2	متوسطة التحرك	131.2	30.9
3	نشطة	122	28.8
المجموع		424.1	100.0

المصدر: اعتماداً على دمج الطبقات السابقة الذكر، باستخدام الادة في الشكل (2)، باستخدام برنامج ARC MAP10.8.

خريطة (12) درجة ملائمة السطح لتحرك المواد في منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على دمج الطبقات السابقة الذكر، باستخدام الادة في الشكل (2)، باستخدام برنامج ARC MAP10.8.

ويلاحظ من الجدول (7) والخريطة (12) الحقائق الاتية:

- تتطابق المناطق شديدة الانحدار مع المناطق النشطة لتحرك المواد، وذلك بتأثير الجاذبية الأرضية، وتنتشر في مناطق الحافات ومناطق الاخاديد لاسيما محور الطية، بمساحة بلغت (122)كم^2 وبنسبة (28.8)%. وان هذا الصنف قد حقق نسبة مطابقة رقمية للطبقات السابقة الذكر بنسبة تفوق 85%. ودائماً تحدث فيه عمليات الانزلاق الصخري والتساقط الصخري.
- بلغت مساحة الصنف متوسط التحرك (131.2)كم^2 وبنسبة (30.9)%، وهذا الصنف يتوزع في المناطق متوسطة الانحدار، ودائماً تحدث فيه عملية زحف التربة او الانهيار الطيني. وهذا النوع يعد

أخطر من الصنف الأول كونه يعتمد على شدة العامل الذي يؤدي للتساقط فمثلاً زيادة الامطار وغيرها، وكون الانسان يعمل على استغلال هذه المناطق كونه يشعر بالاستقرار مما يجعل هذه المناطق أشدها خطراً. في حين الصنف الأول هو معروف انه خطر جداً ويصعب على الانسان استغلاله.

- اما الصنف الأخير فهو مستقرة لأنه بسب قلة الانحدار مع تماسك التربة، مع قلة الامطار.... الخ، كلها عوامل تظافرت على ان هذا الصنف الأقل ملائمة لتحرك المواد. لكن يعد هذا النوع من المناطق الاستجابة للصنفين السابقين، بمعنى ان هذا الصنف لأتحدث به تحرك مواد لكن يكون مركز استقرار للعمليات الأخرى فالصخور الساقطة والانهيار الطيني وغيرها كلها تستقر في هذه المناطق، فبلغت مساحة هذا الصنف (170.9)كم^2 وبنسبة (40.3)%.

بعد تطبيق الخطوات سابقة الذكرة ومن ثم المطابقة الرقمية، اتضح ان عدد المواقع السكنية التي تتعرض لخطر التحرك هي (18) موقع في حين بلغ عدد الطرق المتضررة هي (23) موقع، هذا بالنسبة للصنف النشط، اما الصنف المتوسط فقد بلغ عدد المواقع المتضررة هي (20) موقع، وبالنسبة للطرق قد بلغ عدد المواقع المتضررة هي (10) مواقع. وكما في الجدول (8).

جدول (8) عدد المواقع التي تتعرض لخطر تحرك المواد في منطقة الدراسة

شدة الحساسية السطح للتحرك	عدد المواقع المتضررة بالمناطق السكنية	عدد المواقع المتضررة بطرق النقل
نشطة /S1	18	23
متوسطة الاستقرار/S2	20	10
مستقرة / N1	35	22
	73	55

المصدر: - مرئية فضائية للقمر الصناعي (Quick bird 2)،2008م، بدقة 0.6 م ، نقلاً عن الموقع الالكتروني للشركة المسوقة للقمر الصناعي (http://www.digitalglobe.com)

الاستنتاجات:

1. أوضحت الدراسة ان للنماذج الرقمية الأهمية القصوى في معالجة المشاكل التي تعاني منها الظاهرات الجغرافية، لاسيما التي منها تخضع لمجموعة عامل بالتأثير ومنها ظاهرة تحرك المواد.
2. أسفرت الدراسة عن تطوير أربع أدوات مبتكرة يمكن دمجها ضمن بيئة البرنامج وإضافتها إلى صندوق الأدوات (ArcToolBox). هذه الأدوات تشمل: تقييم حركة المواد الأرضية، تحليل حساسية السطح للتغيرات. وتم تصميم هذه الأدوات لتكون قابلة للتطبيق في مختلف المناطق، مما يتيح إمكانية استخدامها بشكل عام وفعال في دراسة الخصائص الجيومكانية.
3. تقع المنطقة ضمن نطاقين من الكثافة الصخرية: الضعيفة والمتوسطة، مما يجعل صخورها عرضة للتجوية والتعرية بسهولة بسبب ارتفاع نسب الجبس والكلس في تركيبها. أما المسامية، فقد تراوحت

بين مستويين: المرتفع والمتوسط. كما أظهرت الدراسة وجود محتوى رطوبي عالٍ في هذه الصخور، حيث تصنف التجوية فيها إلى مستويين: عالية ومتوسطة. يعود ذلك إلى مساميتها المرتفعة التي تتيح تسرب المياه إلى بنيتها الداخلية، مما يعزز عمليات التعرية والانجراف.

4. عند تطبيق الانموذج المصمم لخطر تحرك المواد في منطقة الدراسة اتضح ان عدد المواقع السكنية التي تتعرض لخطر التحرك هي (18) موقع في حين بلغ عدد الطرق المتضررة هي (23) موقع، هذا بالنسبة للصنف النشط، اما الصنف المتوسط فقد بلغ عدد المواقع المتضررة هي (20) موقع، وبالنسبة للطرق قد بلغ عدد المواقع المتضررة هي (10) مواقع.

المقترحات:

تقترح الدراسة بعض الجوانب الاتية:

1. **تعزيز الأبحاث التطبيقية في الجيومورفولوجيا** :ضرورة التركيز على الدراسات التطبيقية لفهم ديناميكيات العمليات والعوامل الطبيعية التي تؤدي إلى حركة المواد، مما يساهم في تقديم حلول فعالة لمشكلات البيئة.
2. **تطوير النمذجة الرقمية** :تشجيع الدراسات العملية المتعلقة بتصميم وإدارة النماذج الرقمية وتطبيقها في الدراسات الجيومورفولوجية لتحليل الظواهر الطبيعية بشكل دقيق.
3. **بناء قواعد بيانات شاملة** :إنشاء وتجميع قواعد بيانات متكاملة للمناطق المستهدفة لتسهيل تعميم الأدوات المصممة وتوفيرها للجهات الحكومية المعنية بحماية البيئة وإدارة الموارد الطبيعية.
4. **استخدام تقنيات الاستشعار المتقدمة** :اعتماد البيانات الفضائية عالية الدقة من الأقمار الصناعية لتحليل الغطاء النباتي ومراقبته عبر الزمن، بالإضافة إلى استخدام البيانات الرادارية لتقدير معدلات الانحدار وتحديد المناطق الأكثر عرضة للانزلاقات والانجرافات، مع تأهيل كوادر متخصصة لتفسير هذه البيانات وإنشاء قواعد بيانات موثوقة.

قائمة الهوامش

([1]) محمد خليل محمد جبر المعموري، التحليل الجيومورفولوجي لتحرك المواد للسفوح الشمالية الشرقية لسلسلة تلال مكحول المطلة على قرية المسحك بإستخدام النمذجة الرقمية، مصدر سابق، 2016.

[2] حمدة حمودي شيت العبيدي، إثر التطرف المناخي على بيئة الاقليم المتموج، جامعة تكريت، كلية التربية، اطروحة دكتوراه غير منشورة، 2004، ص83.

[3] قصي عبد المجيد السامرائي، احلام عبد الجبار كاظم، وهدى علي صالح، موجات الحر في العراق دراسة تطبيقية في مناخ العراق، بحث ألقي في المؤتمر الجغرافي السابع للجمعية الجغرافية العراقية، 1995، العدد 29، ص1.

(4) حمدة حمودي شيت العبيدي، مصدر سابق، ص131.

(5) محمد خليل محمد جبر المعموري، التحليل الجيومورفولوجي لتحرك المواد للسفوح الشمالية الشرقية لسلسلة تلال مكحول المطلة على قرية المسحك بإستخدام النمذجة الرقمية، مصدر سابق، ص82.

* الكثافة المطرية = كمية الامطار السنوية

الفترة الزمنية

المصدر: – نقلاً عن: – سالار علي خضير، التنبؤ بالتساقط باستخدام بيانات الغطاء الغيمي في العراق، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2005، ص216.

(6) NASA,Climatic data pulished for iraq ,period (1965-2010) ,archive agency no .65,Registration NO .2006,P 54-61.

(7) وزارة النقل والمواصلات، هيئة الانواء الجوية، سجلات بيانات غير منشورة، جدول بيانات الامطار لمحطات الدراسة للسنوات (1994 –2010)، ص10، 2013.

(8) فؤاد عبد الوهاب العمري، تحليل الخصائص الهيدروجيومورفولوجية لرافد طوز جاي – العظيم، مجلة الاستاذ، كلية التربية ابن رشد، العدد 27، ص 11.

(9)حسن سيد أحمد أبو العينين، أصول الجيومورفولوجية دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، ط11، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية، 1995م، ص110.

(10) محمد الشعيبي، الدينامية السطحية، مجلة جامعة المغرب، جامعة الملك جامعة القاضي عياض، الكلية المتعددة التخصصات، 2011، ص 6–7.

(11) المصدرنفسه، ص9–8.

(12) Bridge, John and Robert Demicco, Earth Surface Processes Land Forms and idiment Deposits, Cambridge University, New York, 2008, p86.

(13) إسباهيه يونس المحسن، الانحدارات الأرضية في حوض الخازر، دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة التربية والعلم، العدد (16) 1996، ص 185.

(14) رافع إبراهيم عبد الله، دراسة رسوبية لتكوين الفتحة في ابار مختارة من منطقة المشراق، رسالة ماجستير، غير منشورة، جامعة الموصل، كلية العلوم، 1994، ص 14.

(15) محمد يوسف حسن، عدنان النقاش، اساسيات علم الجيولوجيا، جون وايلي وأولاده، لندن، 1982، ص 180.

(16) خالد محمود بنات، أسس المعادن الطينية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1980، ص6.

(17)عثمان محمد غنيم، تخطيط استخدام الارض الريفي والحضري، ط1, دار الصفا للنشر والتوزيع، عمان,2001,ص88.

(18) Gebreslassie T. Abera , Landslide Risk Assessment With the Help of GIS and Remote Sensing in and around Hagere Selam , Master letter non pop , Universiteit Brussel, Belgium,2008 , p40.

(19) مصطفى حلو علي، طارق جمعة علي المولى، تصنيف الغطاء الأرضي واستعمال الأرض في محافظة ميسان باعتماد بيانات الاستشعار عن بعد وطريقة التصنيف الهجين، مجلة الآداب، جامعة البصرة، العدد 125، 2018، ص226.

(20) Longley; et al. Geographic Information Systems and Science. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-72144-5 pp. 414–7.

(21)Boole, George (2003) [1854]. An Investigation of the Laws of Thought. Prometheus Books. ISBN 978-1-59102-089, p-9.

(22)Tareq Mezughi &and others, A Multi-class Weight of Evidence Approach for Landslide Susceptibility Mapping Applied to an Area Along the E-W Highway (Gerik – Jeli), Malaysia, Universiti Kebangssan ,EJGE journal,Vol. 16 [2011] ,p1263-1264.

(23)Arpita Nandi & Abdul Shakoor, Preparation of a landslide susceptibility map of Summit County, Ohio, USA, using numerical models, IAEG(The Geological Society of London), 2006,p 660

المصادر باللغة الإنكليزية:

1. Mohammad Khalil Mohammad Jaber Al-Mamouri, "Geomorphological Analysis of Material Movement on the Northeast Slopes of the Makhoul Mountain Range Overlooking the Al-Mashhak Village Using Digital Modeling," Previous Source, 2016.
2. Hamda Hamoudi Sheit Al-Obaidi, "The Impact of Climatic Extremes on the Environment of the Wavy Region," Tikrit University, College of Education, Unpublished PhD Thesis, 2004, p. 83.
3. Qusay Abdul Majid Al-Samarrai, Ahlam Abdul Jabbar Kazem, and Huda Ali Saleh, "Heatwaves in Iraq: An Applied Study in the Climate of Iraq," Paper Presented at the Seventh Geographical Conference of the Iraqi Geographical Society, 1995, Issue 29, p. 1.
4. Hamda Hamoudi Sheit Al-Obaidi, Previous Source, p. 131.
5. Mohammad Khalil Mohammad Jaber Al-Mamouri, "Geomorphological Analysis of Material Movement on the Northeast Slopes of the Makhoul Mountain Range Overlooking the Al-Mashhak Village Using Digital Modeling," Previous Source, p. 82.
6. *Rainfall Density = Annual Rainfall Amount

   Source: - Quoted from: - Salar Ali Khudair, "Forecasting Precipitation Using Cloud Cover Data in Iraq," Unpublished PhD Thesis, College of Arts, University of Baghdad, 2005, p. 216.
7. NASA, "Climatic Data Published for Iraq, Period (1965-2010), Archive Agency No. 65, Registration No. 2006, P. 54-61."
8. Ministry of Transport and Communications, Meteorological Authority, Unpublished Data Records, Rainfall Data Table for Study Stations for the Years (1994-2010), p. 10, 2013.
9. Fouad Abdul Wahab Al-Omari, "Hydrogeomorphological Characteristics Analysis of the Tuz Jayi - Al-Azim Tributary," Al-Ustaz Journal, College of Education Ibn Rushd, Issue 27, p. 11.
10. Hassan Said Ahmed Abu El-Ainin, "Geomorphological Principles: A Study of Landform Morphology," 11th Edition, University Cultural Foundation, Alexandria, 1995, p. 110.

11. Mohamed Al-Shaibi, "Surface Dynamics," Journal of the University of Morocco, Al-Qadi Ayyad University, Faculty of Multidisciplinary Studies, 2011, p. 6-7.

12. The Same Source, p. 9-8.

13. Bridge, John and Robert Demicco, "Earth Surface Processes Land Forms and Sediment Deposits," Cambridge University, New York, 2008, p. 86.

14. Isbahiah Younis Al-Muhsin, "Land Slopes in the Khaizer Basin: A Study in Applied Geomorphology," Journal of Education and Science, Issue (16), 1996, p. 185.

15. Rafi Ibrahim Abdullah, "Sedimentary Study of the Al-Fatha Formation in Selected Wells from the Al-Mishraq Area," Unpublished Master's Thesis, University of Mosul, College of Science, 1994, p. 14.

16. Mohamed Yousef Hassan, Adnan Al-Naqash, "Essentials of Geology," John Wiley & Sons, London, 1982, p. 180.

17. Khaled Mahmoud Benat, "Clay Mineralogy Fundamentals," Ministry of Higher Education and Scientific Research, University of Baghdad Press, Baghdad, 1980, p. 6.

18. Othman Mohamed Ghanim, "Rural and Urban Land Use Planning," 1st Edition, Dar Al-Safa for Publishing and Distribution, Amman, 2001, p. 88.

19. Gebreslassie T. Abera, "Landslide Risk Assessment with the Help of GIS and Remote Sensing in and around Hagere Selam," Master's Thesis, Universiteit Brussel, Belgium, 2008, p. 40.

20. Mustafa Helo Ali, Tareq Jumaa Ali Al-Mawla, "Land Cover and Land Use Classification in Maysan Governorate Using Remote Sensing Data and Hybrid Classification Method," Journal of Arts, University of Basra, Issue 125, 2018, p. 226.

21. Longley, et al., "Geographic Information Systems and Science," John Wiley & Sons, Inc., ISBN 978-0-470-72144-5, pp. 414–7.

22. Boole, George (2003) [1854], "An Investigation of the Laws of Thought," Prometheus Books, ISBN 978-1-59102-089, p. 9.

23. Tareq Mezughi & Others, "A Multi-class Weight of Evidence Approach for Landslide Susceptibility Mapping Applied to an Area Along the E-W Highway (Gerik – Jeli), Malaysia," Universiti Kebangssan, EJGE Journal, Vol. 16 [2011], p. 1263-1264.

24. Arpita Nandi & Abdul Shakoor, "Preparation of a Landslide Susceptibility Map of Summit County, Ohio, USA, Using Numerical Models," IAEG (The Geological Society of London), 2006, p. 660. 4o mini