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

Modeling Climate Extremes and their Impact on Material Movement in the Makhol Hills within the Al-Masahik Area, Salahaddin Governorate

Mohammed Atiya Saleh

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

* *Corresponding author: E-mail* :
mohamed.a.salih@tu.edu.iq

Keywords:
In
fi
C
M
F

ARTICLE INFO

Article history:
Received 1 Sept 2024
Received in revised form 25 Nov 2024
Accepted 2 Dec 2024
Final Proofreading 30 June 2025
Available online 30 June 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/

ABSTRACT

Climate extremes are a primary factor influencing the phenomenon of material movement, as they represent one of the most effective geomorphological processes that exert a direct impact on slope surfaces. The danger of this phenomenon lies in its significant secondary effects, particularly on human settlements and agricultural lands located at the foot of slopes or at the mouths of valleys where materials are deposited. Given that the study area falls within a geomorphological context characterized by steep slopes, particularly at the foot of the Makhol hills, it has become essential to analyze the causal factors contributing to this phenomenon and to develop preventive measures and spatial treatments to mitigate its negative effects.The study employed a digital modeling approach to climate extremes, focusing on outlier values within climate data, such as the frequency of heatwaves, intense rainfall storms, and freezing and thawing phenomena associated with frost. The analysis results showed that climate extremes are the primary driver of material movement, and that the dominance of these extremes within the framework of the region's arid climate has endowed it with exceptional characteristics, leading to the recurrence of landslides and rockfalls, as well as the activation of weathering processes in various forms. This reflects a clear interaction between climatic conditions, geological structure, and hydrology in the emergence of these phenomena.

© 2025 JTUH, College of Education for Human Sciences, Tikrit University

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.32.6.2.2025.09

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities

نمذجة التطرفات المناخية واثرها على عملية تحرك المواد لطية مكحول ضمن منطقة المسحك في محافظة صلاح الدين

محمد عطية صالح /جامعة تكريت/كلية التربية للعلوم الإنسانية

الخلاصة:

تُعد التطرفات المناخية من العوامل الرئيسة المؤثرة في ظاهرة تحرك المواد، إذ تُمثل واحدة من العمليات المورفومناخية الفعالة التي تمارس تأثيرها المباشر على أسطح المنحدرات. وتكمن خطورة هذه الظاهرة في آثارها الجانبية الكبيرة، خصوصاً على المستقرات البشرية والأراضي الزراعية الواقعة عند قواعد

المنحدرات أو عند مصبات الوديان التي تنحدر منها المواد. ونظراً لوقوع منطقة الدراسة ضمن نطاق جيومورفولوجي يتميز بخطورة الانحدارات، لاسيما عند سفوح تلال مكحول، فقد بات من الضروري تحليل العوامل المسببة والمساهمة في هذه الظاهرة ووضع إجراءات وقائية ومعالجات مكانية لتقليل آثارها السلبية.

وقد استندت الدراسة إلى منهج النمذجة الرقمية للتطرفات المناخية، مع التركيز على القيم الشاذة ضمن بيانات عناصر المناخ، مثل تكرار موجات الحر، والعواصف المطرية الشديدة، وظواهر الانجماد والذوبان المرتبطة بالصقيع. وأظهرت نتائج التحليل أن التطرفات المناخية تُعد المحرك الأكبر لعملية تحرك المواد، وأن سيادة هذه التطرفات ضمن إطار المناخ الجاف في المنطقة أكسبها خصائص استثنائية، أدّت إلى تكرار ظواهر الانزلاقات الأرضية والانهيارات الصخرية، بالإضافة إلى تنشيط عمليات التجوية بمختلف أشكالها، ما يعكس تفاعل واضح بين الظروف المناخية والبنية الجيولوجية والهيدرولوجية في نشوء هذه الظواهر.

اولاً. المقدمة:

يشير مفهوم التطرف المناخي إلى حدوث انحراف واضح في أحد عناصر المناخ عن معدلاته المعتادة، سواء تمثل ذلك بالزيادة أو النقصان، وما يرافق هذا الانحراف من نتائج قد تكون سلبية أو إيجابية. ويُعد الشذوذ المناخي أحد أشكال هذا التطرف، إذ يتمثل أيضاً بارتفاع أو انخفاض في القيم المناخية مقارنة بمتوسطاتها الطبيعية. ويمكن توسيع تعريف التطرف المناخي ليشمل عدة أبعاد، منها التوقيت الزمني الذي يقع فيه الحدث، ومدى الانحراف، ونوع العنصر المناخي المتطرف، فضلاً عن الاتجاه الذي يسلكه هذا الانحراف صعوداً أو هبوطاً خلال فترة زمنية معينة. وتمتاز هذه الأنواع من التطرف بخصائص قد تُربك الباحث في تفسيرها، منها الطابع العشوائي لحدوثها في الزمان والمكان، أو اتساع مداها إلى مستويات متوسطة أو كبيرة، فضلاً عن صعوبة التنبؤ بها أو تحديد أسبابها بدقة.

وتشمل العلاقة بين العمليات الجيومورفولوجيا والتطرفات جميع التغييرات الفيزياوية والكيمياوية التي تظهر آثارها في تهيئة المواد للعمليات وبالتالي تحوير شكل الارض، بمساعدة العامل الجيمورفولوجي القادر على نحت ونقل المواد وارسالها؛ وتؤثر بنية الصخور والمناخ والطوبوغرافيا والنبات في نوع وسرعة تجويه الصخور، تشمل بنية الصخور على خصائصها الفيزيائية والكيمياوية [١].

تتمحور مشكلة الدراسة بالتساؤلات الاتية:

١. ما السبل العلمية لبناء نماذج تهدف إلى تمثيل وتفسير مظاهر التطرف المناخي ضمن النطاق الجغرافي لمنطقة الدراسة؟
٢. ما هو انعكاس التطرفات المناخية على عملية تحرك المواد في منطقة الدراسة.
٣. كيف يمكن للعمليات المورفومناخية ان تعكس مخاطرها على منطقة الدراسة؟

ومن المشكلة الرئيسة هنالك بعض الفرضيات ادناه:

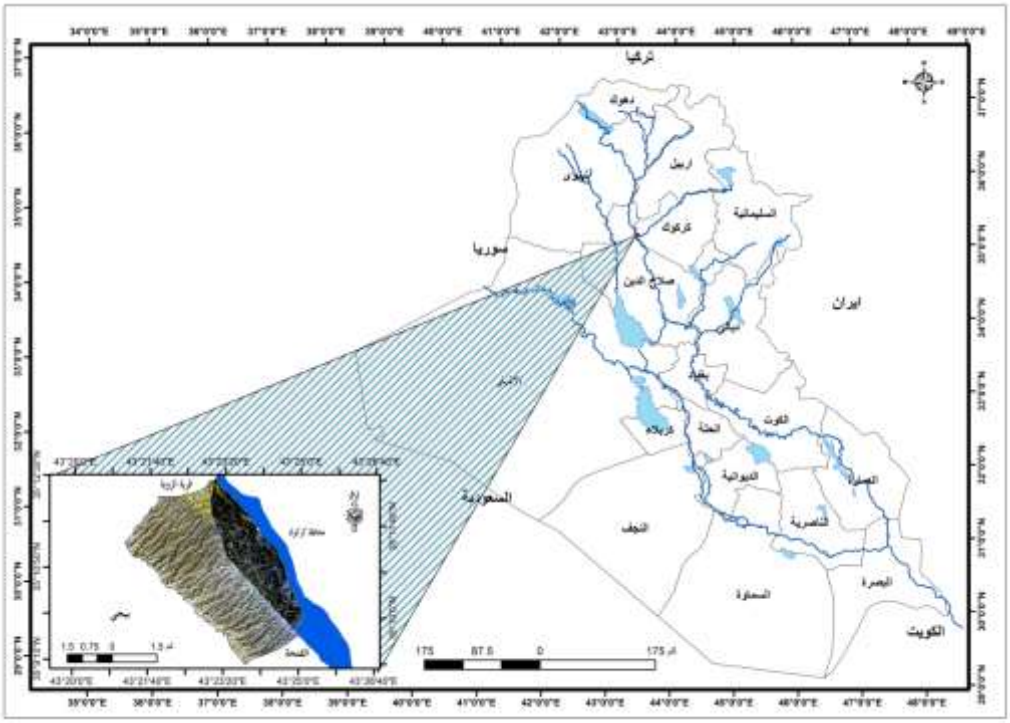
١. يمكن بناء نماذج للتطرفات المناخية اعتماداً على البيانات المستحصلة من المحطات المناخية.
٢. ان التطرفات المناخية تعكس عملها على تحرك المواد.
٣. لعمليات الذوبان والصقيع والتميؤ الأثر الأكبر على المنطقة.

يهدف البحث الى تحقيق مايلي:

١. كيفية بناء نماذج التطرفات المناخ للعناصر المناخية المؤثرة على تحرك المواد.
٢. الكشف عن العلاقة بين التطرفات المناخية وعملية تحرك المواد من خلال التقنيات الحديثة.
٣. معرفة سير العمليات المورفومناخية كالتجوية بكافة عملياتها كالذوبان والتميؤ.
٤. تطبيق النماذج العالمية لمعرفة مدى خطورة هذه الظاهرة على تحرك المواد في منطقة الدراسة.

موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراســـة ضمن خطـــي طول (43°21'0"E– 43°25'0"E) شرقاً ودائرتي عرض (35°12'30"N – 35°9'30"N) شـمالاً و تابعة إداريا لمحافظة صلاح الدين متمثلاً بقضاء بيجي، وتبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي (٢٠,١ كم٢) ويحدها شرقا نهر دجلة وشمالا مدينة الزوية وجنوبا يحدها نهر دجلة وسلسلة مرتفعات ويحدها جنوبا وغربا سلسلة تلال مكحول خريطة (١) .



خريطة (١) موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق ومحافظة صلاح الدين

المصدر:- وزارة البلديات والاشغال ، مديرية بلديات تكريت ، مرئية فضائية للقمر الصناعي (Quick bird ٢٠٠٨،2م، بدقة ٠.٦٥ ٥ ، نقلا عن الموقع الالكتروني للشركة المسوقة للقمر الصناعي (http://www.digitalglobe.com)

عرض النتائج ومناقشتها:

التطرفات المناخية وأثرها في عملية تحرك المواد: -

تُعد العناصر المناخية، كدرجات الحرارة والرطوبة، من العوامل الأساسية التي تحدد نوع التجوية السائدة في منطقة ما، في حين تُسهم الخصائص الطوبوغرافية في تحديد شدة هذه التجوية ومدى تأثيرها المناخي. وتمتد آثار هذه العوامل لتشمل الغطاء النباتي من حيث الكمية والنوع، مما يؤدي بدوره إلى التأثير في درجة التجوية الحيوية. ومن هذا المنطلق، يُمكن اعتبار المناخ عاملاً هداماً وناقلاً ومُساهماً في البناء الجيومورفولوجي في آنٍ واحد. وفي هذا السياق، سيتم تحليل أثر عناصر المناخ المعاصر على تطور عمليات التجوية، من خلال توظيف علاقات إحصائية تربط بين مؤشرات بيلتر (Peltier) ومؤشرات التطرف المناخي، بغرض تعميق الفهم حول مساهمة المناخ في تشكيل مظاهر التجوية.

١. التطرف في درجات الحرارة:

ان الشعور بالتطرف في درجات الحرارة من قبل الانسان أمر نسبي، لانه يعتمد على العمر والجنس والحالة النفسية وعوامل اخرى، وتؤثر عليه ثلاث عوامل جوية هي درجات الحرارة والرطوبة

وسرعة الرياح[٢]، لا يتصف مناخ الاقليم بارتفاع درجات الحرارة صيفاً، وبرودته القاسية شتاءً، الا ان هذه الخصائص تتباين في بعض الايام مسببة موجات الحر وموجات البرد[٢].

أ. **التطرف في درجات الحرارة العظمى:**

تعد موجة حر إذا زادت معدلات درجة الحرارة للأشهر الحارة لذلك الشهر اعلى عن المعدل الشهري وبالتالي يعد مؤشر على حدوث شذوذ حراري ونشاط مفرط لعمليات التجوية الفيزيائية متمثلا بالتسخين والتمدد او أذابة المياه وتكون الحفر الكلسية بالصخور الجبسية الناتجة عن ذوبانها بفعل تبخر المياه الموجود بين فواصلها او مخزن داخلها بهيئة مياه جوفية.

تُصنّف موجات الحر إلى نوعين، أحدهما يُعرف بالموجات العامة، والتي يُعزى حدوثها إلى تقدم أنظمة الضغط الجوي المنخفض، لاسيما عند تأثير المنخفضات الجبهوية والمنخفضات الحرارية. ففي مثل هذه الحالات، وعند وقوع المنطقة تحت تأثير القطاع الدافئ من المنخفض، تُسحب كتل هوائية حارة وجافة قادمة من الاتجاهين الجنوبي والجنوبي الغربي. كما يُعد المنخفض الحراري الموسمي المعروف بـ"المنخفض الخليجي" خلال فصل الصيف من أبرز العوامل المؤدية إلى ارتفاع درجات الحرارة، إذ يمثل حوضاً سطحياً منخفض الضغط (Surface Trough) يرفع من حرارة الكتل الهوائية في المنطقة. [٣]

من جانب آخر، يُسهم المرتفع الجوي المتكوّن فوق الحوضين الغربي والأوسط من البحر المتوسط في تعزيز موجات الحر، نتيجة لتكوّن تدرج ضغطي قوي نحو الشرق، مما يؤدي إلى اندفاع رياح جنوبية وجنوبية شرقية شديدة السخونة. وتتعمق حدة الموجات الحارة بشكل خاص عند هيمنة أنماط الانبعاج (Ridge)في طبقات الجو العليا، إذ تُسهم هذه الانبعاجات في تعزيز الاستقرار الحراري، لا سيما إذا تزامنت مع مرتفعات جوية ذات حركة بطيئة وعمر طويل. وتكمن فاعلية المرتفعات الجوية المنخفضة الضغط نسبياً في اندلاع موجات الحر، نظراً لقلة اقترانها بانبعاج علوي، بعكس المنخفضات التي غالباً ما تترافق مع انبعاجات واضحة، الأمر الذي يُفضي إلى زيادة درجات الحرارة على نحو ملحوظ.

كما قد تنشأ موجات حر محلية تقتصر تأثيراتها على محطة رصد واحدة أو اثنتين دون غيرهما، ويُعزى ذلك إلى تأثير الرياح المحلية التي تُسهم في رفع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى تكوّن موجات حر محدودة النطاق. ومن أبرز الأمثلة على ذلك تيارات الجبل والوادي، التي تتسبب بزيادة حرارة الهواء أثناء انحداره نتيجة للاحتكاك الميكانيكي مع سطح الأرض[٤] . ومن خلال تحليل الجدول الإحصائي الخاص بالمعدلات الشهرية للأشهر الحارة، والذي يتضمن أيضاً بيانات الشذوذ المناخي وتكراراته خلال مدة الدراسة، يتضح بجلاء نمط تكرار الارتفاعات الحرارية خلال تلك الأشهر، فضلاً عن قيم الذروة والانحرافات الحرارية عن المعدلات العامة، كما هو مبين في جدول.(1)

جدول (١) يمثل درجات حرارة الاشهر الحارة الشاذة للمدة (١٩٧٧ – ٢٠١٠) لمحطات الدراسة*

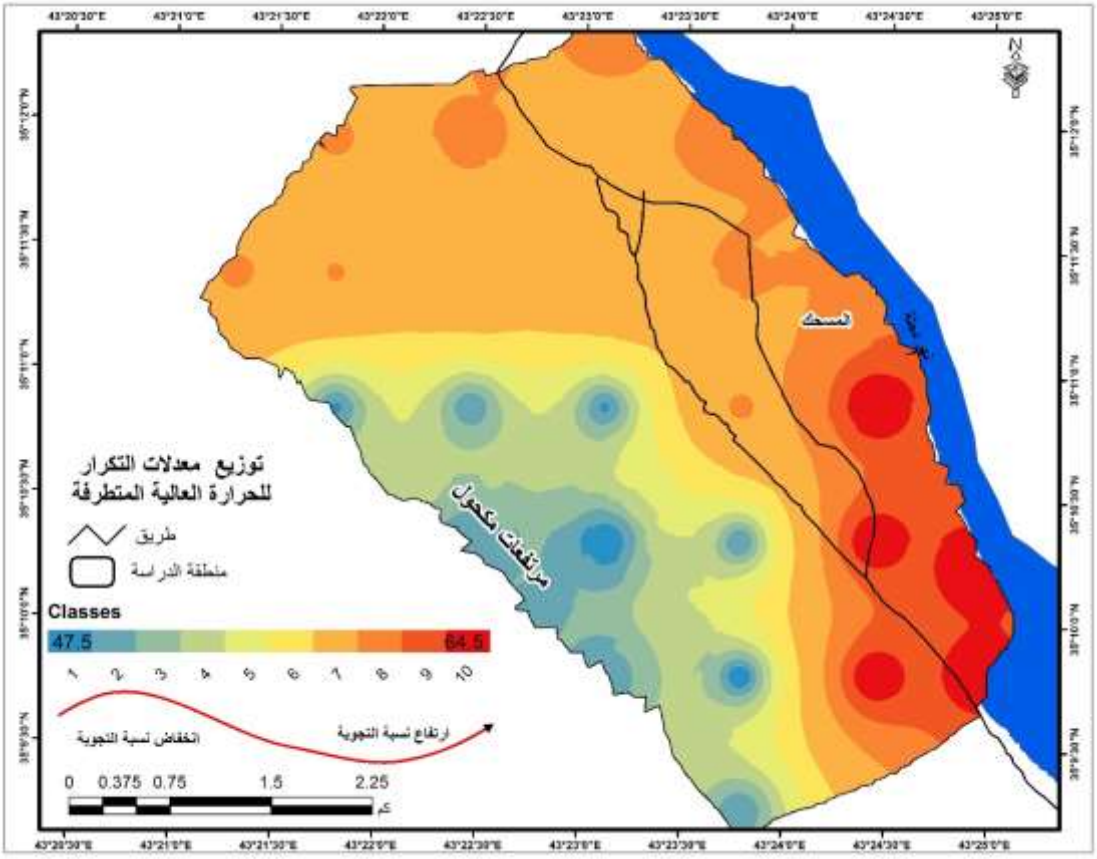
المؤشر مخمور	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول
درجة الحرارة	١٧,٥-١٥,٩	٢٢,١-٢٥,١	٢٠,٢-١٧,٩	٣٤,١-٣٢,١	٣٣,٤-٣١	٢٩,١-٢٧,١
المعدل	١٦,٧	٢٣,٦	١٩	٣٣,١	٣٢,٢	٢٨,١
التكرار	٢٠	١٦	٢٢	١٦	١٩	٢٨
النسبة المئوية	٥٨,٧	٤٦,٩	٦٤,٦	٤٧	٥٥,٦	٨٢,٢
المؤشر كركوك	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول
درجة الحرارة	١٨,٦-١٧,٨	٢٥,١-٢٣,٥	٣٠,٨-٢٧,٩	٣٥,٤-٣٤,١	٣٥,٦-٣٤	٣٠-٢٧,١
المعدل	١٨,٢	٢٤,٣	٢٩,٣٥	٣٤,٧٥	٣٤,٨	٢٨,٥٥
التكرار	١٥	٢٢	٢٠	٢٨	٢٢	٢٥
النسبة المئوية	٤٤,١	٦٤,٣	٥٨,٧	٨٢,٣	٦٤,٦	٧٣,١
المؤشر بيجي	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول
درجة الحرارة	١٨-١٦,١	٢٤,٢-٢٣,١	٣٠,٤-٢٧,٩	٣٤,٢-٣١,١	٣٣,٥-٣١,١	٢٨,٩-٢٧
المعدل	١٧,٠٥	٢٣,٦٥	٢٩,١٥	٣٢,٦٥	٣٢,٣	٢٧,٩
التكرار	١٦	١٩	١٤	٢٠	١٦	١٣
النسبة المئوية	٤٦,٨	٥٥,٨	٤١	٥٨,٨	٤٦,٩	٣٨
المعدل العام للمنطقة	١٧,٣١	٢٣,٨٥	٢٥,٨	٣٣,٥	٣٣,١	٢٨,١

*تم تحديد النموذج المناخي بالاعتماد على التحليل الاحصائي لاقل واعلى كمية حرارة رصدت لتحديد حالات التطرف الحراري باستخدام الانحراف المعياري عن المعدل .

المصدر / الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي . شعبة المناخ إحصاءات غير منشوره . بغداد

استناداً إلى ما تقدم، يمكن ملاحظة أن القيم الأعلى لدرجات الحرارة تميل إلى الازدياد كلما اتجهنا نحو شمال شرق السلسلة الجبلية، وصولاً إلى مناطقها الشمالية، ويُعزى ذلك إلى التباين في الارتفاع الطوبوغرافي، إذ تنخفض المنطقة تدريجياً باتجاه الشمال، كما يتضح في خريطة (٢). فكلما اقتربنا من الأراضي السهلية المكشوفة، يزداد تأثير احتكاك الهواء الهابط مع سطح الأرض، مما يسهم في رفع درجات الحرارة. وفي المقابل، تساهم التضاريس الجبلية، من حيث شدة الانحدار ووعورتها، بالإضافة إلى وجود الظلال الجبلية، في تقليل التراكم الحراري وتشتيت الإشعاع، الأمر الذي يؤدي إلى تباين واضح في التوزيع الحراري بين المناطق المرتفعة والمنخفضة

خريطة (٢) توضح نسبة تكرار موجات الحر المتطرفة خلال الاشهر الحارة لمنطقة الدراسة



ب. **التطرف في درجات الحرارة الصغرى:**

يُعد انخفاض درجات الحرارة من العوامل المناخية ذات التأثير المباشر وغير المباشر في نشاط الإنسان، فضلاً عن تأثيره الواضح في الغطاء النباتي والحياة الحيوانية، مما يجعل من دراسة موجات البرد أمراً بالغ الأهمية، لا سيما عند تحليل تباينها المكاني. وتجدر الإشارة إلى أن الإحساس ببرودة الطقس هو شعور نسبي يختلف من منطقة إلى أخرى، ويتأثر بعوامل عدة من أبرزها تأثير المرتفعات الجوية، وبوجه خاص المرتفع السيبيري والمرتفع الأزوري. وتُعد الكتل الهوائية القارية الباردة (cp) القادمة من أوروبا أو آسيا من أبرز العوامل المسببة لانخفاض درجات الحرارة، إذ تحتفظ هذه الكتل بخصائصها الباردة والجافة أثناء انتقالها نحو المنطقة. وقد بلغ متوسط تكرار تأثير الكتلة (cp) في منطقة الدراسة نحو ٣.٤٩ مرة، ما يعكس دورها المحوري في تشكيل موجات البرد خلال مدة الدراسة[٥].

ويؤثر المنخفض الجوي القادم من البحر الابيض المتوسط ذات الاتجاه الشرقي والشمالي الشرقي، حيث نجد ان معدل تكراره ٢٩,٥ مرة للأعوام ٩٧٨-١٩٧٩ ، للمنطقة الشمالية في العراق التي تقع ضمنها منطقة البحث ، حيث سجلت سنة ١٩٨٥/٨٤ ، ٤٤ مرة وسنة ١٩٨٩أقل من (١٦ مرة) في حين يتقدم وصول المنخفضات القادمة من السودان ، اما المنخفضات المندمجة لا تتجاوز ٠,٥ لنفس الاعوام وبمعدل تكرار واحد لكل من ١٩٧٨ ، ١٩٨٠ ، ١٩٨٣ ، ١٩٨٦ ،١٩٨٧ [٦]، وان موجات البرد

صاحبها أخدود عند مستوى ٥٠٠ مليبار في اعلى الترويوسفير، لان الاخدود غالباً ما يصاحبه منخفض جوي على سطح الارض وترافق المنخفض مع الاخدود يعمل على وجوده موجة باردة. او قد تتكون الموجة بعد مرور الجبهة الباردة وعلى العموم ان انخفاض الحرارة يعمل على قلة الرطوبة النسبية للهواء فالهواء الجاف ابرد من الهواء الرطب [٧].

يتضح من خلال الجدول (٢)، الذي يتضمن البيانات الإحصائية المتعلقة بالمعدلات الشهرية للأشهر الباردة، إلى جانب قيم الشذوذ وقمم الانخفاض وتكرارها خلال فترة الدراسة، وجود انخفاض ملحوظ في درجات الحرارة عن معدلاتها العامة. ويُعد هذا الانخفاض مؤشراً واضحاً على تزايد فعالية التجوية الفيزيائية في المنطقة، حيث تسهم برودة الطقس في تجمّد قطرات المياه داخل الشقوق والفجوات الصخرية، مما يؤدي إلى تفككها التدريجي بفعل عمليات التمدد والانكماش. كما أن الانخفاض الحراري يمتد تأثيره إلى الطبقة السطحية من التربة، إذ تم رصد حدوث تجمّد على عمق يصل إلى نحو (٤.٥ سم)، وهو ما يعزز من شدة عمليات التجوية في المناطق المتأثرة بموجات البرد.

جدول (٢) يمثل درجات حرارة الاشهر الباردة الشاذة للمدة (١٩٧٧ ـ ٢٠١٠) لمحطات الدراسة

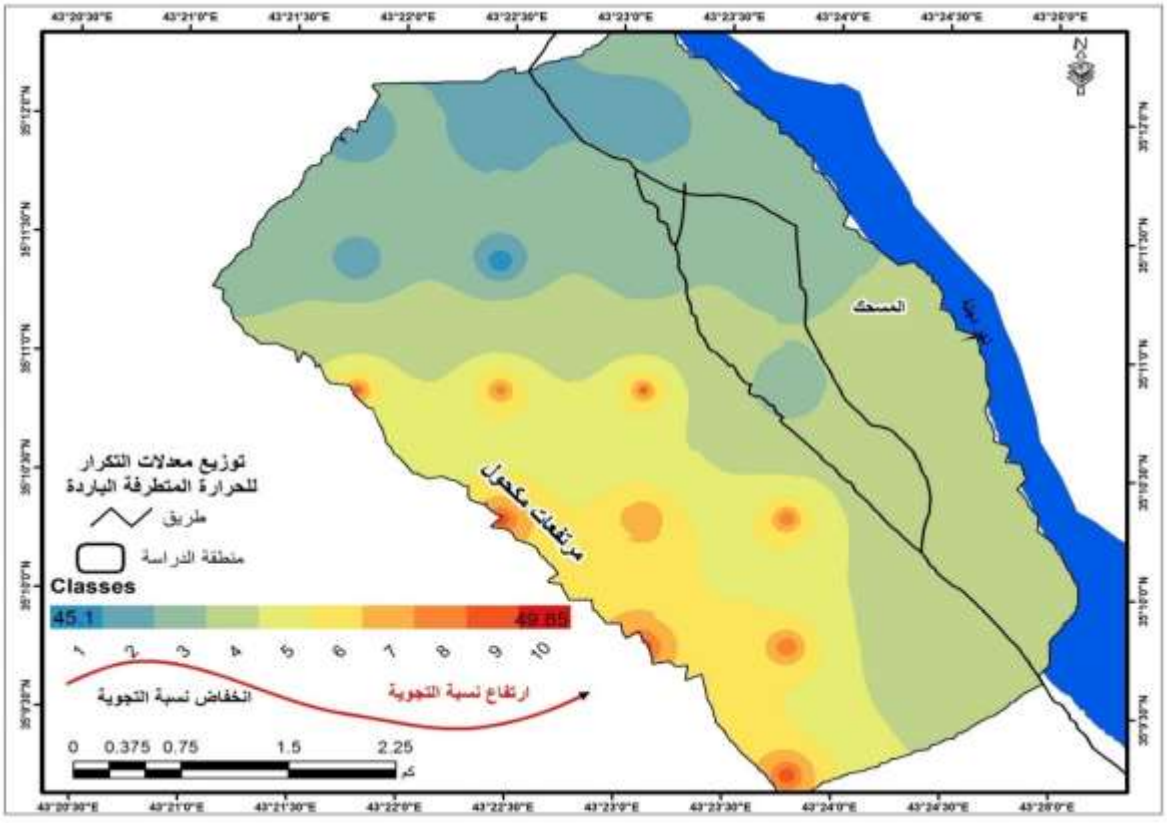
المؤشر مخمور	ك١	ك٢	شباط	اذار	ت ١	ت٢
درجة الحرارة	٦,٨ – ٧,٢٠	٦- ٦,٩٠	٦,٥٠ – ٧,١	١٠,٤-١٣,١	١٦-١٨,٧	١٢,٩-١٣,٥
المعدل	٧	٦,٤٥	٦,٨	١١,٧٥	١٧,٣٥	١٣,٢
التكرار	١٦	٧	٩	٢٧	١٨	١٠
النسبة المئوية	٤٧	٢٠,٤	٤٦,٩	٧٩,٣	٤٩,٨	٢٩,٢
المؤشر كركوك	ك١	ك٢	شباط	اذار	ت ١	ت٢
درجة الحرارة	٩-١٠	٨,١٠-٩,٧	٨,٩-١٠,١	١٢,٩-١٤	١٤,١-٢٢,٢	١٢,١-١٤,٢
المعدل	٩,٥	٨,٩	٩,٥	١٣,٤٥	١٨,١٥	١٣,١٥
التكرار	١٨	١٣	٢١	١٧	٩	٢٠
النسبة المئوية	٥٢	٣٨	٦١,٧	٤٩,٧	٢٦,٣	٥٨,٧
المؤشر بيجي	ك١	ك٢	شباط	اذار	ت ١	ت٢
درجة الحرارة	٨,٢-٨,٩	٧,٩-٨,٣	٧,٤-٨,٦	٩,٨-١٢,١	١٩,٢-١٢,٥	١٣,١-١٤,٢
المعدل	٨,٥	٨,١	٨	١٠,٩	١٥,٨	١٣,٦
التكرار	١٦	١٩	٢٠	١٦	١٧	١٧
النسبة المئوية	٤٦,٩	٥٥,٨	٥٨,٧	٤٦,٩	٤٠,٩	٤٩,٩
المعدل العام للمنطقة	٨,٣	٧,٨	٨,١	١٢	١٧,١	١٣,٣١

اللون	النموذج المتناظي السائد	النموذج المعتدل	النموذج الحار	النموذج الاكثر حرارة	النموذج البارد	النموذج الاكثر برودة

المصدر / الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي. شعبة المناخ إحصاءات غير منشوره. بغداد

إضافة إلى ما سبق، أظهرت البيانات المسجلة وجود ارتفاع ملحوظ في تكرار موجات البرد في محطات مخمور وكركوك وبيجي، حيث بلغت نسبها على التوالي (٤٥.٤%، ٤٧.٧%، ٤٩.٨٥%)، وكانت محطة بيجي هي الأعلى من حيث التكرار والتأثير ضمن منطقة الدراسة. ويُعزى هذا الارتفاع في بيجي إلى عاملين رئيسيين: الأول يتمثل في وجود سلسلة تلال مكحول التي تسهم في حجز الكتل الهوائية

الباردة، والثاني هو وقوع المنطقة ضمن نطاق الظل الطوبوغرافي، ما يؤدي إلى تقليل التعرض للإشعاع الشمسي، وخاصة خلال ساعات الليل. هذا الانخفاض الحاد في درجات الحرارة الليلية يُفضي إلى تقليص المدى الحراري بين الليل والنهار، الأمر الذي يعزز من فرص حدوث الانجماد، خصوصاً في الطبقات السطحية، ويُسهم بالتالي في تنشيط عمليات التجوية الفيزيائية بشكل ملحوظ، كما هو موضح في خريطة (٣). خريطة (٣) توضح نسبة تكرار موجات البرد المتطرفة خلال الاشهر البارد لمنطقة الدراسة



٢. التطرفات في كميات الامطار (التذبذب والعواصف المطرية):-

تشكل التغيرات في كميات الأمطار، سواء من حيث التذبذب أو شدة العواصف المطرية، أحد أشكال التطرف المناخي التي تترك أثراً واضحاً على عناصر البيئة المختلفة، بما في ذلك التربة، والغطاء النباتي الطبيعي، وتضاريس السطح، فضلاً عن الأنشطة الزراعية والحياة الحيوانية. وتتميز منطقة الدراسة بوقوعها ضمن نطاق مناخي يتدرج من شبه الجاف إلى شبه الرطب (الجبلي)، وهو ما يجعلها عرضة لتقلبات سنوية في كميات الهطول. ففي السنوات التي تشهد زيادة في كميات الأمطار، تُصنف الظروف المناخية على أنها رطبة، بينما تُعد السنوات التي تنخفض فيها الأمطار إلى دون المعدل سنوات شبه جافة. ومن أجل تحديد حالات التطرف المطري في المنطقة، تم إجراء تحليل إحصائي يستند إلى قياس

الانحراف المعياري لأقل وأعلى كميات هطول مقارنة بالمعدل العام، وذلك للكشف عن التذبذبات الحادة وتحديد مدى شدة الحالات المطرية الخارجة عن النطاق المعتاد.

أ. **التطرفات المطرية لأقل كمية امطار**: -

لم تشهد المنطقة خلال هذه الفترة الا امطار قليلة جاءت في شهري تشرين الاول فقد تراوحت ما بين (١١,٩ ملم –١٧ ملم) وشهر مايس اذ لوحظ حدوث تساقط تراوح(١٥,٩ ملم –٢٢,٧ ملم)، في حين تم رصد النماذج المناخية للمنطقة ولوحظ سيادة النموذج المناخي الاكثر رطوبة لمخمور وكركوك وبيجي بنسبة تكرار تبلغ على التوالي (٤٣,٣،٦٤,٧،٥٥,٩) مما يؤشر ارتفاع تدريجي كلما اتجهنا نحو مرتفعات سلسلة مرتفعات مكحول والسبب هو الارتفاع عن مستوى سطح البحر ، في حين نلاحظ سيادة النموذج المعتدل بنسب تكرار بلغت على التوالي ولنفس المحطات (٤٩,٤،٤٧,١،٦١,٨) لاحظ جدول(٣) التي توضح سيادة الظروف المناخية الاكثر رطوبة كلما اتجهنا من الشمال الشرقي نحو مركز منطقة الدراسة (تلال مكحول) وجنوب غربها خارطة (٤).

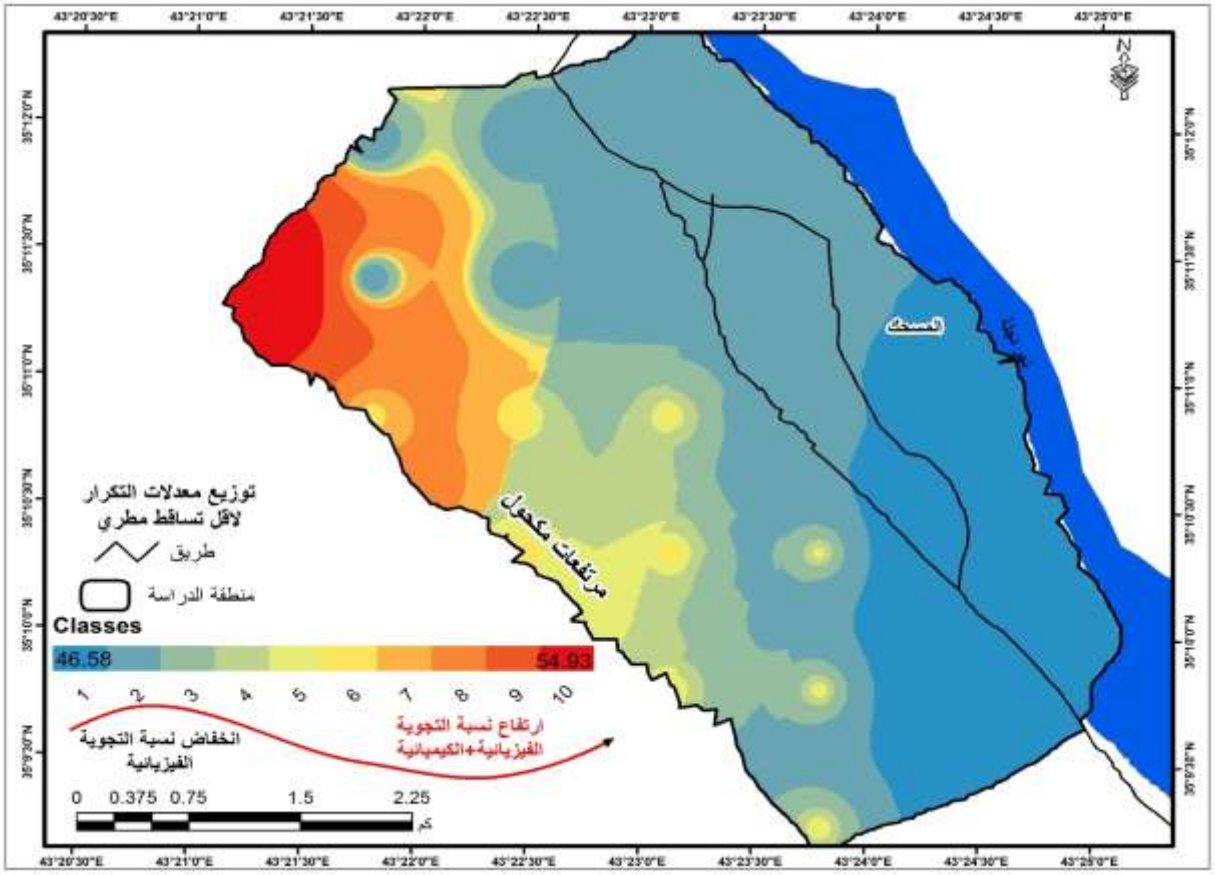
جدول (٣) كميات الامطار المتطرفة في الاشهر الدافئة للمدة (١٩٧٧ ـ ٢٠١٠) لمحطات الدراسة

المؤشر مخمور	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١
كمية المطر	٢٢,٧-١٥,٩	٠,٥-٠,١	٠,٢-٠,١	٠,٣-٠,٠	٠,٦-٠,٢	١٧-١١,٩
المعدل	١٩,٣	٠,٣	٠,١	٠,١	٠,٤	١٤,٤
التكرار	١٤	٢١	٢٦	١٥	١٣	٢٠
النسبة المئوية	٤٣,٧	٦١,٧	٧٦,٥	٥٢,٩	٣٨,١	٤٩,٤
المؤشر كركوك	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١
كمية المطر	٢٢,٨-١٢,١	٠,٢-٠,١	٠,٢-٠,١	٠,٢-٠,١	٠,٧-٠,٥	١٧,٢-١١
المعدل	١٧,٤	٠,١	٠,١	٠,١	٠,٦	١٤,١
التكرار	٢٢	١٧	٩	٢٠	١١	١٦
النسبة المئوية	٦٤,٧	٥٠	٢٦,٥	٥٨,٨	٣٢,٤	٤٧,١
المؤشر بيجي	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١
كمية المطر	١١,٢-٧,٩	٠,٢-٠,١	٠,١-٠,٠	٠,١-٠,٠	٠,٢-٠,١	٩,١-٥,٤
المعدل	٩,٥	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٧,٢٥
التكرار	١٩	١٤	١٧	٢٥	١٣	٢١
النسبة المئوية	٥٥,٩	٥٠,٢	٥٠	٧٣,٥	٣٨,٢	٦١,٨
المعدل العام للمنطقة	١٥,٤	٠,٥	٠,١	٠,١	٠,٣	١١,٩

اللون	النموذج المناخي	النموذج المعتدل	النموذج شبه الرطب	النموذج الاكثر رطوبة

المصدر / الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي. شعبة المناخ إحصاءات غير منشوره . بغداد

خارطة (٤) توضح نسبة تكرار تطرفات تساقط الامطار خلال الاشهر الدافئة لمنطقة الدراسة



ب. **التطرفات المطرية لأعلى كمية امطار**: -

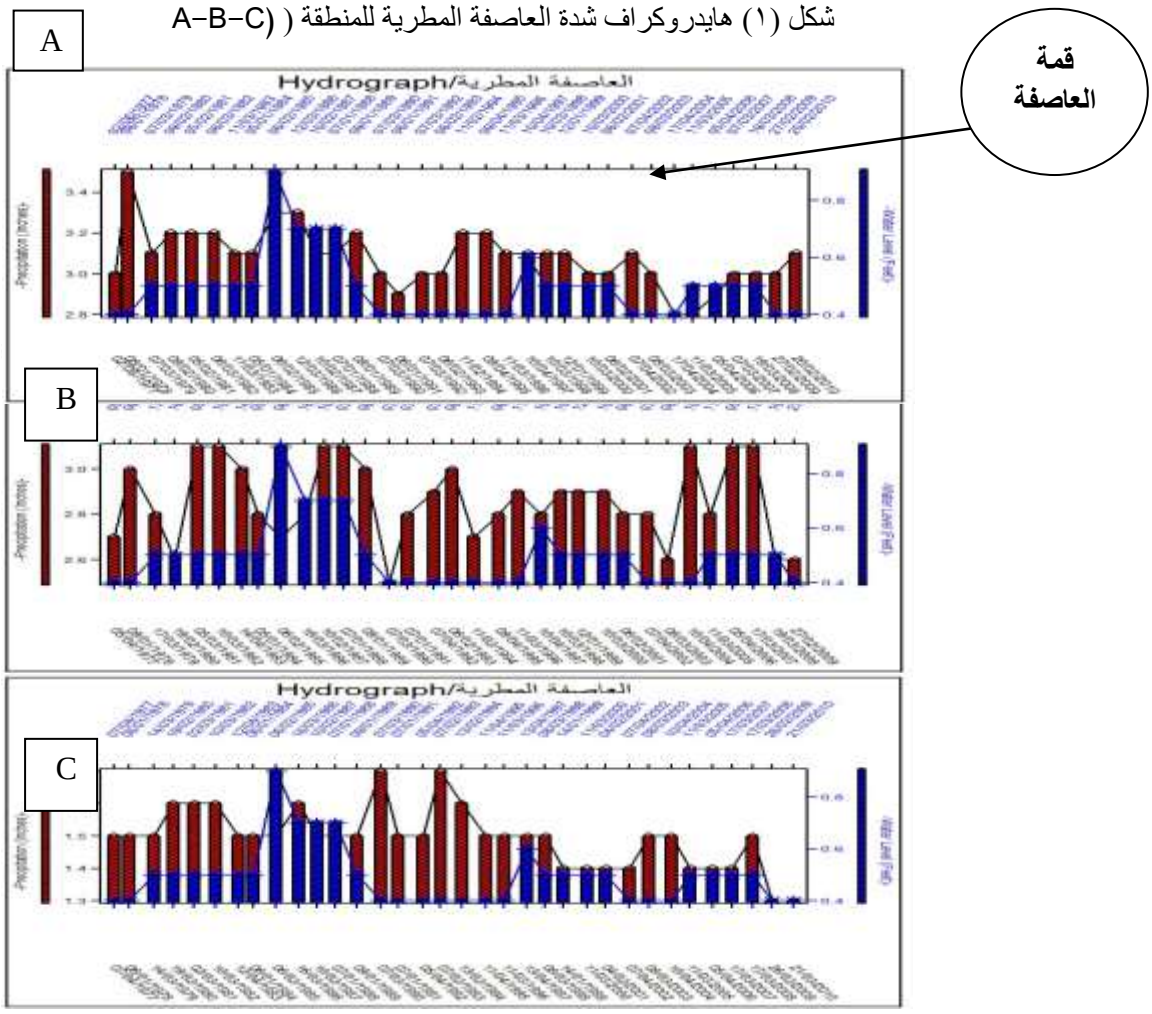
في إطار تتبع نماذج التطرفات المطرية، يُلاحظ تركز واضح للنموذج الرطب في بعض محطات الرصد، حيث سجلت ذروات مطرية عالية خلال أشهر الشتاء. فقد بلغت أعلى كمية أمطار متطرفة في شهر كانون الأول في محطة مخمور، إذ وصل المعدل إلى (٧٠.٦٥ ملم) مع تكرار مرتفع بلغ (٤٩.٧%). أما في محطة كركوك، فقد تركزت القمم المطرية المتطرفة خلال شهري كانون الثاني وشباط، حيث سجلت كمية الهطول لكلا الشهرين (٦١ ملم)، وبلغت نسب التكرار (٣٥.١%) و(٤٣.٩%) على التوالي.

أما من حيث النسبة المئوية لتوزيع كميات الهطول، فقد تم رصد أعلى معدلات التساقط المطري في شهري كانون الأول وشباط، حيث بلغت النسب (٣٣.١٥%) و(٣٢.٢٥%) تباعاً. كما يتضح من تحليل البيانات وجود تراجع تدريجي في شدة الهطول المطري كلما اتجهنا من شمال شرق منطقة الدراسة نحو الجنوب، حيث تمركزت أعلى الفعالية المطرية فوق تلال مكحول، كما هو مبين في جدول (٤). يشير هذا النمط إلى دور التضاريس وامتداد السلاسل الجبلية في إعادة توزيع كتل الأمطار، ما يُسهم في تشكيل تباينات مكانية واضحة في كمية وشدة الهطول.

جدول (٤) توزيع كمية الامطار الاعلى للمدة (١٩٧٧ ـ ٢٠١٠) لمحطات الدراسة

المؤشر مخمور	ك١	ك٢	شباط	اذار	نيسان	ت٢
كمية المطر	٧٢,١-٦٥	٧٤,٢-٦٧,١	٧٣,١-٦٧	٦٩,٢-٦٠,٢	٥٥-٤٢,٥	٤٢,١-٣٧,٩
المعدل	٦٨,٥	٧٠,٦٥	٧٠,٠٥	٦٤,٧	٤٨,٧٥	٤٠
التكرار	١٩	١٧	١٧	١٦	١٨	١٧
النسبة المئوية	٥٥,٧	٤٩,٧	٤٩,٧	٤٦,٦	٥٢,٢	٤٩,٦
المؤشر كركوك	ك١	ك٢	شباط	اذار	نيسان	ت٢
كمية المطر	٥٩,١-٥٦,٧	٦٢,٢-٥٩,٩	٦٢,٢-٥٩,٩	٥٨,١-٥٤,٨	٥١-٤٧,٨	٤٠,٨-٣٨,٧
المعدل	٥٧,٩	٦١	٦١	٥٦,٤٥	٤٩,٤	٣٩,٧٥
التكرار	١٦	١٢	١٥	١٥	١٧	٢١
النسبة المئوية	٤٦,٦	٣٥,١	٤٣,٩	٤٤	٤٩,٩	٦١,٤
المؤشر بيجي	ك١	ك٢	شباط	اذار	نيسان	ت٢
كمية المطر	٣٦,١-٣٠,٢	٣٤,٢-٣٠,١	٣٤,١-٣٠,٤	٣٢,١-٢٩,٤	٢٦,٦-٢٤,٢	٢٨,٢-٢٤,١
المعدل	٣٣,١٥	٣٢,١٥	٣٢,٢٥	٣٠,٧٥	٢٥,٤	٢٦,١٥
التكرار	١٢	١٦	١٥	١٤	١٥	١٧
النسبة المئوية	٣٤,٩	٤٦,٩	٤٣,٩	٤١	٤٣,٩	٤٩,٧
المعدل العام للمنطقة	٥٣,١	٥٤,٧	٥٤,٤٣	٥٠,٦	٤١,١	٣٥,٣

شكل (١) هايدروكراف شدة العاصفة المطرية للمنطقة (A–B–C)

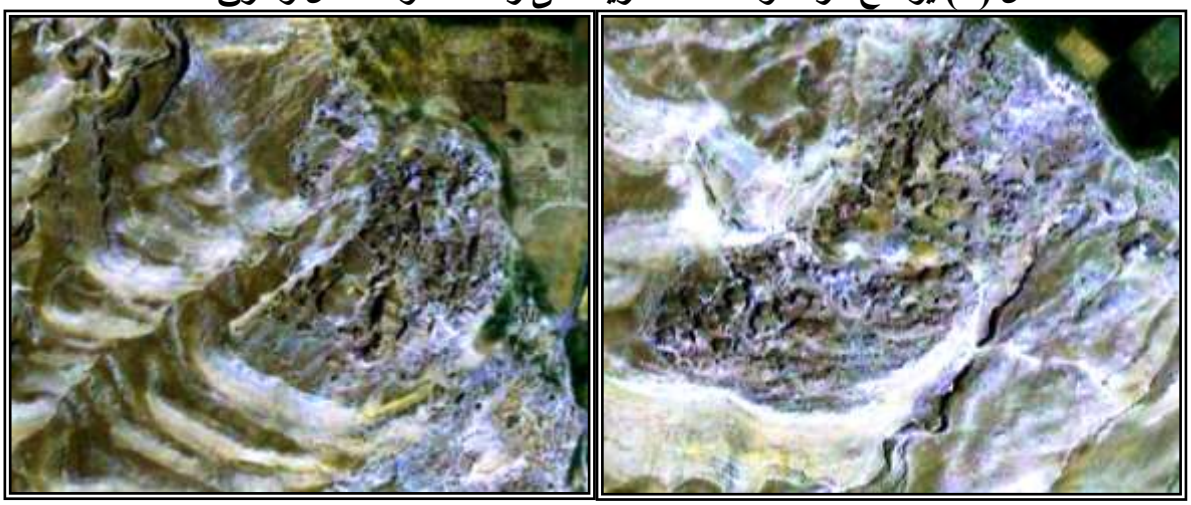


شهدت منطقة الدراسة خلال فترة التحليل عدداً من العواصف المطرية المتكررة، تم تسجيلها بنسب تكرار مرتفعة، ما يُشير بوضوح إلى احتمالية حدوث موجات من السيول، لاسيما في الأجزاء الشمالية، والشمالية الشرقية، والغربية، فضلاً عن امتدادات وسط المنطقة، والتي تصل بشكل محدود نحو الجنوب حتى منطقة بيجي، كما يُوضح ذلك الشكل (١).

وقد بلغت تكرارية العواصف المطرية في محطات الدراسة الثلاث: مخمور(A) ، كركوك(B) ، وبيجي (C)على التوالي (١٨، ٢٤، ١٦) عاصفة، بمتوسط زمني لذروة العاصفة تراوح ما بين (١٤ إلى ١٦.٥ ساعة). وسُجلت أعلى القيم المطرية لهذه العواصف على التوالي في المحطات ذاتها بمعدلات بلغت (٥٠.٥ ملم، ٤٦.٨ ملم، ٤٣.٣ ملم)، ما يُشير إلى اشتداد العواصف المطرية في المناطق الشمالية، مع تدرج واضح في الانخفاض باتجاه الجنوب.

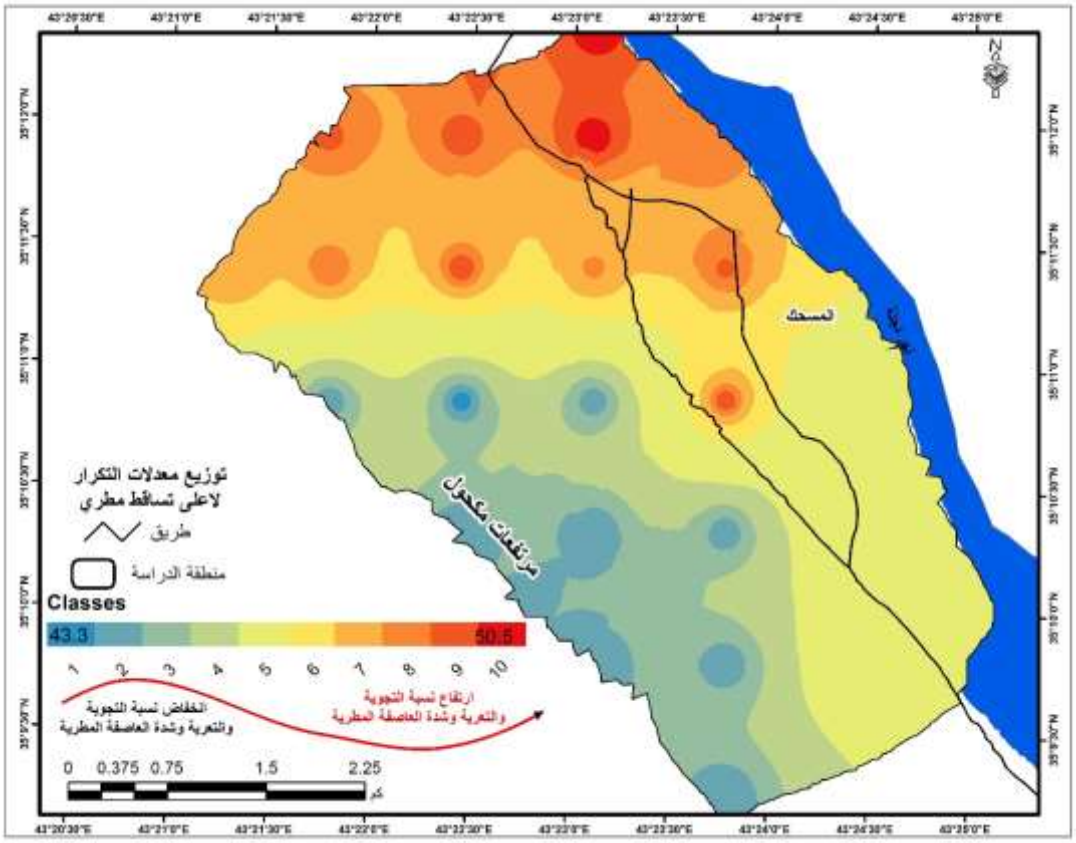
ويرتبط هذا التباين في الشدة المطرية بعامل الارتفاع، إذ تزداد شدة العاصفة مع زيادة الارتفاع الطوبوغرافي حتى تبلغ ذروتها، ثم تبدأ بالانحسار نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى تبخر الرطوبة وفقدان كميات كبيرة من بخار الماء المحمول ضمن الكتل الهوائية. وتُعد هذه الظروف محفزاً لنشاط عمليات التجوية والتعرية خلال فترات العواصف، والتي تترك بصمتها في شكل تراكمات رسوبية ملحوظة في المناطق الشمالية والوسطى من المنطقة. ويُبرز الشكل (٢) والخارطة (٥) هذا التوزيع من خلال إظهار تكرارية أعلى كميات الهطول المطري وتأثيرها في الخصائص الجيومورفولوجية للمنطقة.

شكل (٢) يوضح اثر العواصف المطرية على زحف المواد شمال وشرق المنطقة



المصدر :- جمهورية العراق ، وزارة البلديات والاشغال ، مديرية بلديات تكريت ، مرئية فضائية للقمر الصناعي Quick bird 2، بدقة ٠.٦ ، سنة ٢٠٠٨ .

خارطة (٥) توضح توزيع شدة العاصفة المطرية المسجلة للمنطقة



استناداً إلى ما تقدم، تم تسليط الضوء على التأثيرات المباشرة للعوامل المناخية في تشكيل الظواهر الجيومورفولوجية، إلا أن هناك أيضاً عمليات ثانوية تُسهم بدور مساعد في تعزيز فعالية تلك العوامل، من خلال تسريع أو تيسير حركة المواد. وتُعد التجوية من أبرز هذه العمليات، إذ تمثل عاملاً مورفومناخياً نشطاً يسهم في إعادة تشكيل سطح الأرض.

وفي هذا السياق، سيتم التركيز على عنصرين أساسيين من عناصر التجوية، أولهما عملية الإذابة، وهي عملية ناتجة عن تداخل ثلاث عوامل مترابطة: أولاً، تركز عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم في التكوينات الصخرية، ثانياً، الكثافة الصخرية التي تؤثر في مدى القابلية للتفكك، وأخيراً، العامل المناخي الذي يُعد المحرك الأساسي لتفعيل هذه التفاعلات الكيميائية من خلال الرطوبة ودرجات الحرارة.

أما العنصر الثاني، فهو عملية الذوبان والانجماد، التي تُعَدّ من أبرز أشكال التجوية الفيزيائية، حيث تؤدي التغيرات الحرارية المتعاقبة بين الليل والنهار أو بين الفصول إلى تجمد المياه داخل الشقوق والفجوات الصخرية، مما يؤدي إلى تفككها بفعل التمدد والانكماش المتكرر، الأمر الذي يُسهم بفاعلية في تفتيت الصخور وتعديل معالم السطح بمرور الزمن.

٣. عمليات الذوبان والانجماد:

يُعد الصقيع من أبرز العوامل المؤثرة في عمليات التجوية الميكانيكية، نظراً لما يُحدثه من تغيرات فيزيائية تؤدي إلى تفكك الصخور. فعند تجمد الماء، يزداد حجمه بنسبة تقارب ٩% من حالته السائلة، وإذا كان هذا الماء محصوراً ضمن فراغات ضيقة كالمفاصل أو الشقوق أو المسامات الصخرية، فإن تمدده يولد ضغطاً كبيراً قد يصل إلى نحو ٢٠٠٠ رطل لكل بوصة مربعة، أي ما يعادل تقريباً ١٢٥ كغم لكل سنتيمتر مربع. ويؤدي هذا الضغط إلى إحداث إجهاد على جدران الفجوات، مما يفضي إلى تفتيت الصخور إلى أجزاء صغيرة.

تتكرر هذه الظاهرة نتيجة تعاقب عمليات التجمد والذوبان، ما يؤدي بمرور الوقت إلى اتساع الشقوق الموجودة في الصخور وانفصالها إلى كتل مستقلة. ويتركز تأثير هذه العملية بشكل خاص في الأقاليم ذات العروض الوسطى والعليا، فضلاً عن المناطق الجبلية ذات الارتفاعات الشاهقة. وفي منطقة الدراسة، تزداد فعالية الصقيع عند وصول درجات الحرارة إلى نقطة التجمد، حيث تسمح الظروف المناخية بتكرار دورات الانجماد والذوبان، مما يُعزز من أثرها التخريبي على البنية الصخرية.

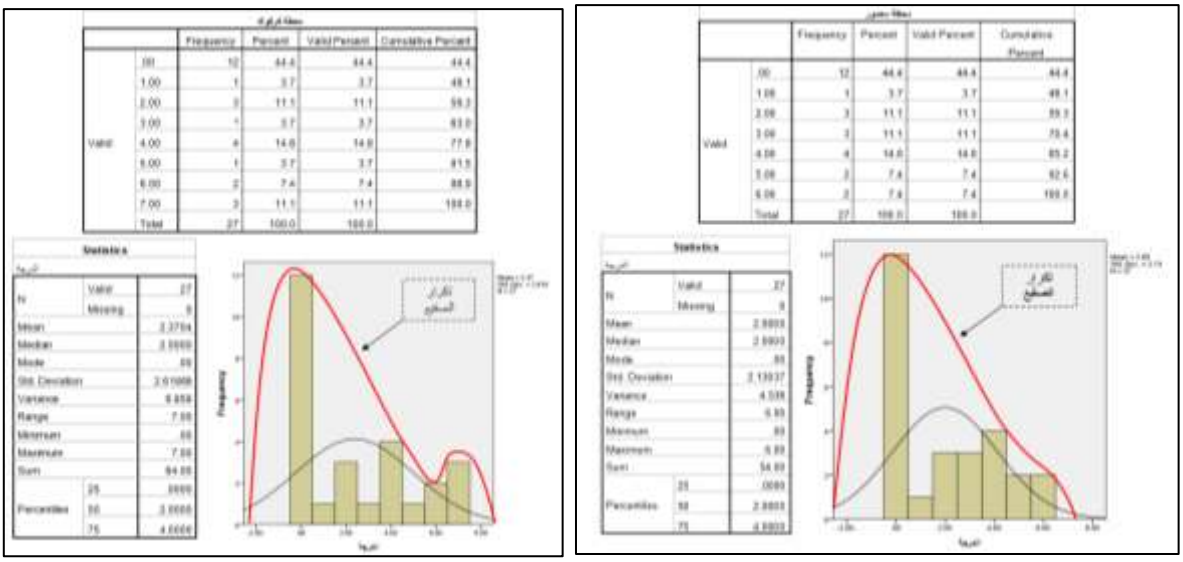
وتُظهر الصخور الجبسية والكلسية استجابة أكبر لهذه العملية مقارنة بأنواع الصخور الأخرى، نتيجة لوفرة المفاصل والتشققات والفراغات ضمن بنيتها. وتؤدي هذه العملية إلى تحول الصخور إلى حطام ذي حواف حادة، يستقر غالباً في موقعه إذا كان على منحدرات خفيفة الميل، بينما تتساقط المفتتات على السفوح الشديدة الانحدار، لتتجمع عند القاعدة مكونة تراكمات مخروطية تُعرف باسم "تالوس (Talus) " أو "سكري.(Scree) "

ومن ملاحظة الشكل (٣) (٤) يلاحظ اقتراب منحنى الانخفاض العام لدرجات الحرارة الصغرى وتقاربها من الانحراف المعياري ووجود شذوذ عالي بدرجات الحرارة (صفر مئوية) ، مما يؤشر على حدوث انساج وبوتيرة عامة لانخفاض الحرارة بفصلي كانون الثاني وشباط وكلما اتجهنا نحو الجنوب يقل الانسجام ولكن بشكل طفيف مما يؤشر على تكون ذرات الصقيع وبشكل منتظم ولوحظ ارتفاع المدى الحراري بين الدرجات المنخفضة (اقل درجة حرارة منخفضة مسجلة و اعلى درجة حرارة منخفضة مسجلة) [٩] وقد سجلت على التوالي لمخمور وكركوك وبيجي (٦ ، ٦,٥٨، ٧) والسبب في ذلك هو طوبوغرافية المنطقة اذا تسود ظاهرة الصقيع في اغلب مناطق الدراسة، ولوحظ تكون ظاهرة الصقيع بمقياس عام مابين (٠-٥ م°) وقد سجل عدد مشاهدات بلغت(٢٥ تكرار) في مخمور ونسبة بلغت (٩٢ %) وفي محطة كركوك (٢٣ تكرار) ونسبة بلغت(٨٢,٤ %) اما في محطة بيجي بلغت المشاهدات (٢٢ تكرار) ونسبة شكلت (٨١,٤) شكل(٣،٤).

مما سبق يتوضح حدوث لظاهرة الانجماد والذوبان وبمعدل مستمر وخلال ٣٤ سنة مما يؤشر نشاط لفعل التجوية الفيزيائية وتم الاعتماد على نسب التكرار لأعداد خارطة احتمالية حدوث تجوية فيزيائية

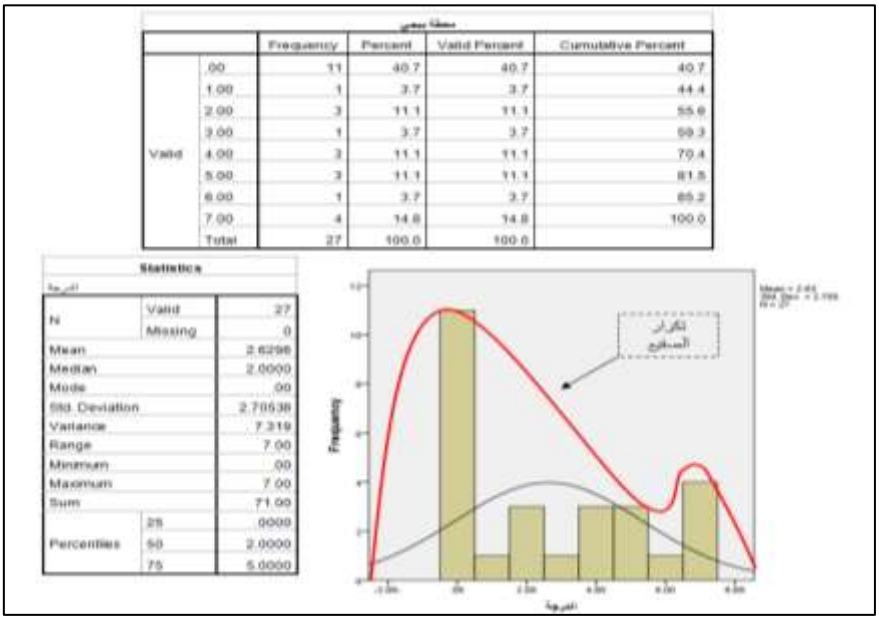
متمثلة بالنمو البلوري الناتج عن انجماد قطرات المطرات وانتفاخها بفعل تكون الصقيع داخل الشقوق ومفاصل الصخور وذوبانها مشكل كتلة أكبر مولداً ضغط على المكونات الصخرية خارطة (٦).

شكل (٣) المنحنى التكراري المتوقع لتكون الصقيع لمحطتي مخمور وكركوك



المصدر / الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي. شعبة المناخ إحصاءات غير منشوره. بغداد

شكل (٤) المنحنى التكراري المتوقع لتكون الصقيع لمحطة بيجي



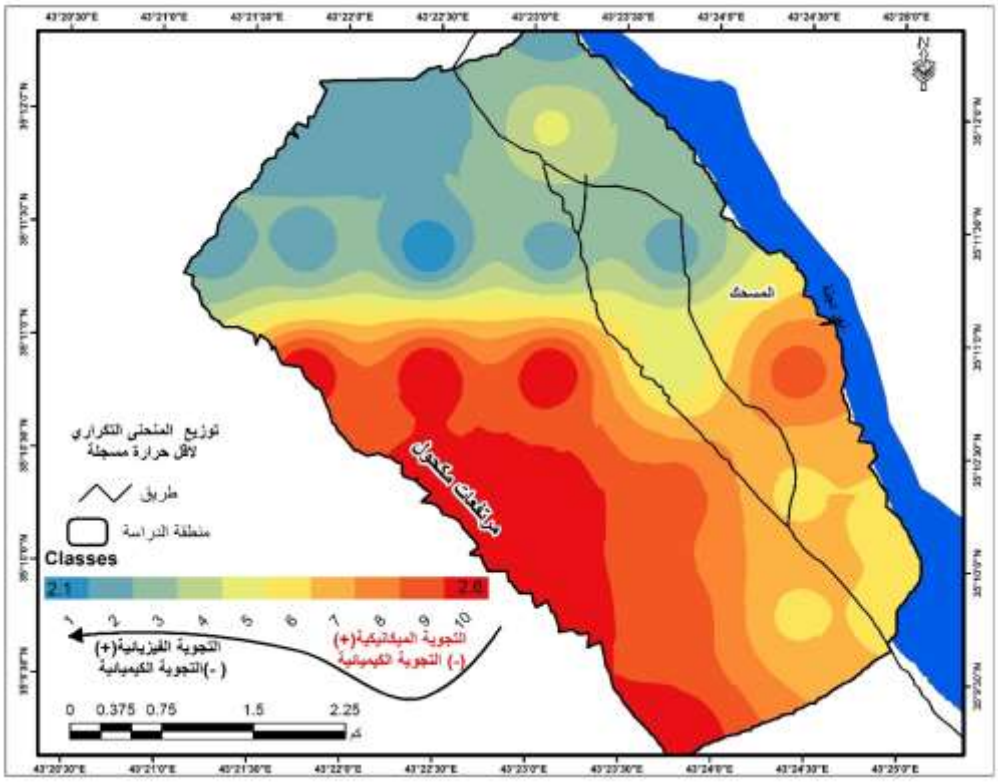
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	.00	11	40.7	40.7	40.7
	1.00	1	3.7	3.7	44.4
	2.00	3	11.1	11.1	55.6
	3.00	1	3.7	3.7	59.3
	4.00	3	11.1	11.1	70.4
	5.00	3	11.1	11.1	81.5
	6.00	1	3.7	3.7	85.2
	7.00	4	14.8	14.8	100.0
	Total	27	100.0	100.0	

Statistics

N	Valid	27
	Missing	0
Mean		2.6296
Median		2.0000
Mode		.00
Std. Deviation		2.70538
Variance		7.319
Range		7.00
Minimum		.00
Maximum		7.00
Sum		71.00
Percentiles	25	.0000
	50	2.0000
	75	5.0000

المصدر / الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي. شعبة المناخ إحصاءات غير منشوره. بغداد

خارطة (٦) تمثيل المنحنى التكراري لأقل حرارة مسجلة



٤. عملية الذوبان Solution:

تُعد عملية الذوبان من المراحل الأولية في التجوية الكيميائية، إذ تبدأ عند تفاعل الماء مع أسطح المعادن أو إحاطته بذرات الصخور على شكل غشاء رقيق أثناء الجريان السطحي أو التسرب داخل التربة. وتعتمد فعالية هذه العملية على عاملين أساسيين :كمية الماء المار على سطح المعادن، وقابلية الذوبان الخاصة بالمعادن أو الذرات الصخرية.

فمثلاً، يُظهر ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) قابلية عالية جداً للذوبان في الماء النقي، ولهذا نادراً ما يبقى مستقراً في القشرة الأرضية إلا في البيئات الجافة حيث يقل توافر الماء. أما الجبس، فتكون قابليته للذوبان أقل من الملح، وتأتي بعده معادن الكربونات مثل الكالسيت. وعلى الرغم من أن الذوبان لا يُعد من العمليات الرئيسة في التجوية الكيميائية إلا في حالات استثنائية — مثل انكشاف الصخور الملحية على سطح الأرض — إلا أنه يلعب دوراً أساسياً في نقل نواتج عمليات تجوية أخرى، ولا سيما الناتجة عن عمليتي التحليل المائي (Hydrolysis) والتكربن.(Carbonation)

وبذلك، فإن الذوبان يُسهم بوظيفة ثانوية لكنها فعّالة ضمن سلسلة العمليات التي تؤدي إلى تفكك المعادن وإعادة توزيعها ضمن البيئة الجيومورفولوجية المحيطة.

مؤشر عامل الاذابة :-

تُعد **عمليـة الإذابـة** من أبرز وأهم أشكال التجوية الكيميائية السائدة في منطقة الدراسة، نظراً لانتشار الصخور الكربونية، ولا سيما الصخور الجيرية التي تتفاعل بسهولة مع المياه المحملة بثاني أوكسيد الكربون، مما يؤدي إلى تكوين محلول كربونات الكالسيوم الذائبة. وتُستخدم **معادلة كوربل (Corbel)** على نطاق واسع في التقديرات الكمية لقياس حجم الإذابة في البيئات الكربونية، وتُعد من أكثر الطرق اعتماداً في الدراسات الجيومورفولوجية المتعلقة بالتجوية الكيمياوية. وتُصاغ **معادلة كوربل** بالشكل الآتي(١٠):

$$\frac{C \times R}{1000} = Q$$

حيث:

- Q = كمية المادة الذائبة (مليمتر/سنة)
- C = تركيز الكربونات في الماء (مجم/لتر)
- R = كمية التساقط السنوي (ملم)

تُظهر هذه المعادلة العلاقة بين **كمية الأمطار الهاطلة وتركيز المواد الذائبة** في المياه الجوفية أو السطحية، لتقدير معدل فقدان الكتلة الصخرية نتيجة الذوبان. وتكتسب هذه المعادلة أهمية خاصة في المناطق التي تسود فيها الصخور الجيرية والبيئات شبه الرطبة، مثل أجزاء كبيرة من منطقة الدراسة، حيث تتفاعل عوامل المناخ، والتضاريس، والماء، لتُحدث معدلات ملموسة من التجوية الكيميائية.

تم تطبيق معادلة كوربل في منطقة الدراسة استناداً إلى البيانات المناخية المسجلة في ثلاث محطات رئيسية هي: مخمور، كركوك، وبيجي، إضافة إلى نتائج الموازنة المائية الشهرية، حيث تم التركيز على أشهر الفائض المائي فقط، وذلك لأنها الأشهر التي يكون فيها الفارق بين التساقط الفعلي (P) والبخر–نتح الكامن (PEc) موجباً، مما يدل على توفر ماء فعلي يمكنه المساهمة في تنشيط عمليات التجوية الكيميائية. أما باقي الأشهر، والتي تظهر فيها النتيجة سالبة، فتعكس ظروفاً جافة لا تكون فيها التجوية الكيميائية فعّالة.

فيما يخص المحتوى الكيميائي للمياه، فقد تم استخدام معدلات تركيز عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبين في المياه، نظراً لدورهما الرئيس في تحديد مدى الإذابة في الصخور الكربونية، وخاصة في

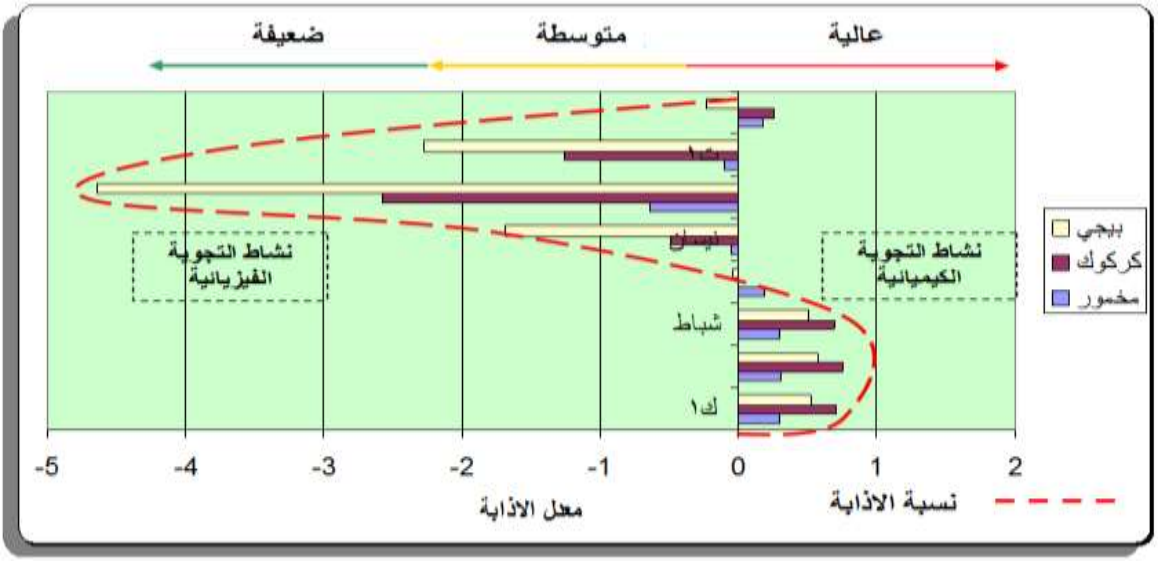
التكوينات الجيرية والجبسية. وقد تم أخذ عينات المياه من ثلاث مكامن جوفية رئيسية داخل منطقة الدراسة، بالإضافة إلى مكمنين آخرين يقعان خارج حدودها الجغرافية المباشرة، إلا أن بياناتهما الزمنية تتطابق مع فترة التمثيل المناخي والهيدرولوجي للمنطقة. وقد تم تطبيق معادلة كوربل لكل مكمن على حدة، كما هو موضح في الشكل (٥)، لبيان الفروقات المكانية في معدلات الإذابة بناءً على تباين الظروف الهيدرولوجية والكيميائية بين هذه المكامن. هذا الأسلوب يُسهم في تقديم صورة أكثر دقة عن فعالية التجوية الكيميائية في مختلف أجزاء المنطقة، ويربط بين السجلات المناخية والمصادر المائية الجوفية بشكل منهجي.

جدول (٥) يوضح نسبة الاذابة (ERS/ m3/km2/yr)

الشهر	P	E	H	PR	مكمن / ERS	كركوك / ERS	بيجي/ ERS
مكمن	٥١,١	٧,٠	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	٩,١	٥١,٢٤	٢,٦			
بيجي	٢٥,٦	٨,١	٧١,٨	٢,٦			
مكمن	٥١	٤,٢	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	٥,٦	٥١,٢٤	٢,٦			
بيجي	٢٥,٦	٤,٨	٧١,٨	٢,٦			
مكمن	٥١	٨,٢	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	٨,٧	٥١,٢٤	٢,٦			
بيجي	٢٥,٦	٧,٤	٧١,٨	٢,٦			
مكمن	٥١	٢٢,٩	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	٤٢,٩	٥١,٢٤	٢,٧			
بيجي	٢٥,٦	٢٧,٣	٧١,٨	٢,٦			
مكمن	٥١	٥٩	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	٦٨,٩	٥١,٢٤	٢,٦			
بيجي	٢٥,٦	٨٦,٨	٧١,٨	٢,٦			
مكمن	٥١	١٤٣,٢	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	١٧٤,٩	٥١,٢٤	٢,٦			
بيجي	٢٥,٦	١٤٣,٦	٧١,٨	٢,٦			
مكمن	٥١	٧٧,٢	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	١٠٧,٩	٥١,٢٤	٢,٦			
بيجي	٢٥,٦	١٠٨,٤	٧١,٨	٢,٦			
مكمن	٥١	٢٥,٦	١٨,٢٧	٢,٦			
كركوك	٤٣,٨	٣٠,٤	٥١,٢٤	٢,٦			
بيجي	٢٥,٦	٣٤,٣	٧١,٨	٢,٦			

المصدر / الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي . شعبة المناخ إحصاءات غير منشوره . بغداد

شكل (5) يوضح معدلات الاذابة لمنطقة الدراسة



المصدر :- جدول ٥

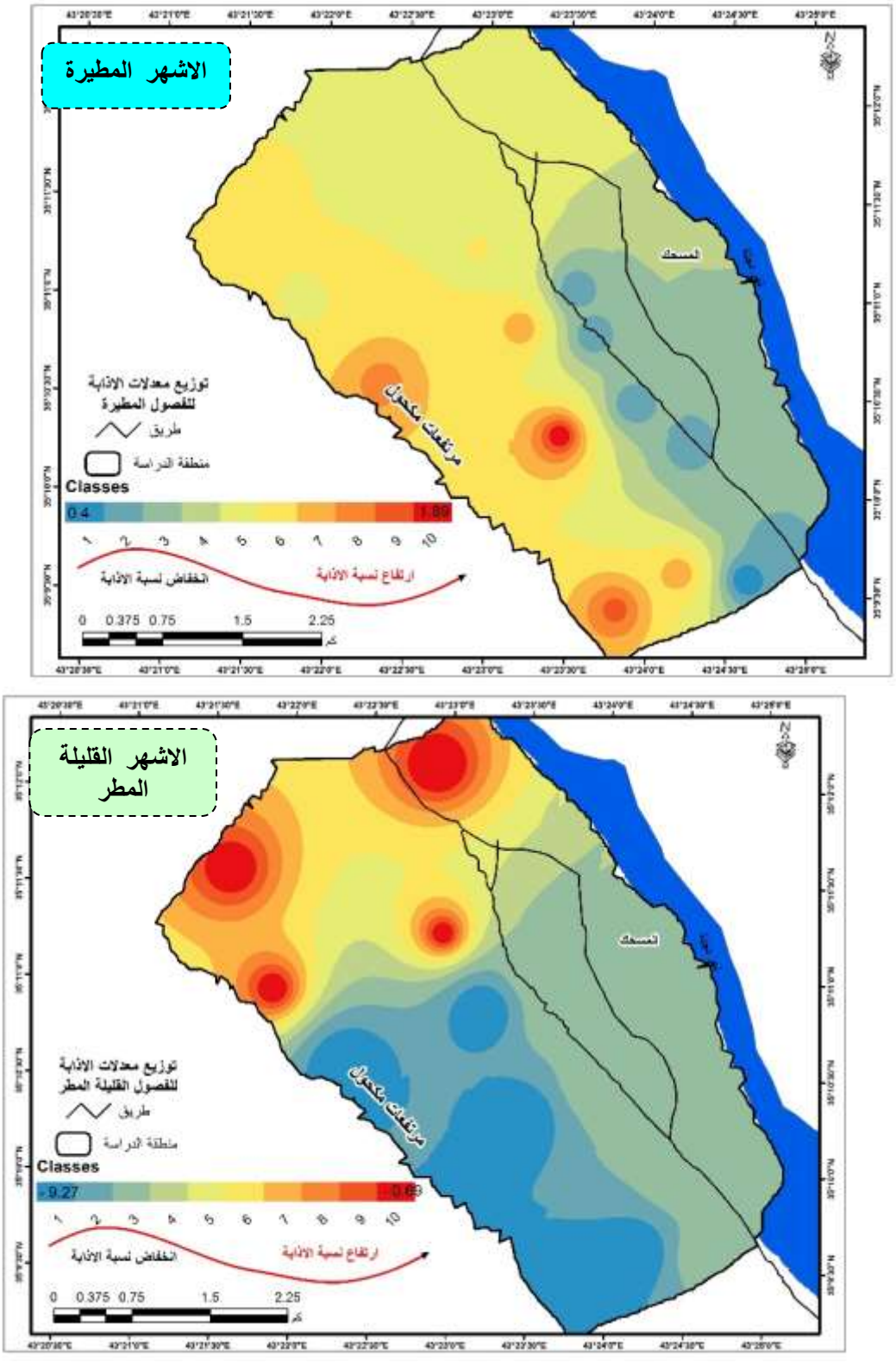
يتضح من خلال تحليل الشكل والجدول المرتبطين بمعادلة كوربل أن نسب الإذابة الكيميائية تسجل ارتفاعاً ملحوظاً خلال أشهر كانون الأول، كانون الثاني، وشباط، بما يعكس علاقة طردية بين وفرة الفائض المائي ونشاط عمليات التجوية الكيميائية في هذه الفترة. ومع تقدم الموسم نحو أشهر الربيع والصيف، يُلاحظ تراجع تدريجي في قيم الإذابة، إلى أن تنخفض بشكل شبه تام، مع استمرار النشاط التجويهي ولكن بوتيرة ضعيفة نسبياً.

وقد تراوحت قيم الإذابة بين (2)، وهي تمثل مستويات إذابة معتدلة، وبين 1-)إلى -٥(، والتي تُصنف ضمن مستويات الإذابة المتوسطة، كما أشار المصدر (١١). وقد سُجّل نشاط ملحوظ في معدلات الإذابة خلال الأشهر الرطبة في محطتي مخمور وكركوك خلال (كانون الأول، كانون الثاني، شباط، آذار، وتشرين الثاني)، بينما اقتصر النشاط في محطة بيجي على أشهر الشتاء الثلاثة (كانون الأول، كانون الثاني، شباط).

ويُعزى هذا النمط إلى عاملين مترابطين :الارتفاع المضطرد في معدلات التبخر–نتح، والذي يُسهم في تعزيز حالات الجفاف وتقليل فعالية مياه الأمطار، وقصر موسم الأمطار الذي يقلل من فرص تسرب المياه إلى الطبقات الصخرية، حيث تتبخر كميات كبيرة من الماء قبل أن تُحدث أثراً ملموساً في عمليات الذوبان.

وعلى الرغم من ذلك، تُصنّف التجوية الكيميائية في منطقة الدراسة ضمن المستويات المعتدلة إلى المتوسطة، إلا أنها تنشط بشكل فعّال خلال الأشهر المطيرة، ولا سيما خلال فترات التطرف المناخي المرتبطة بحدوث عواصف مطرية .وتكتسب هذه العواصف أهمية مزدوجة، فهي من جهة تُسهم مباشرة في تفتيت الطبقات السطحية الضعيفة، ومن جهة أخرى تهيّئ الظروف اللازمة لذوبان الصخور الكلسية والجيرية، التي تُعد من المكونات الرئيسة لجيولوجيا المنطقة.

وتُظهر خارطة (7) التوزيع المكاني لمجاميع الإذابة الكيميائية السالبة (المنخفضة) والموجبة (المرتفعة)، مما يُعزز الفهم الجغرافي والجيومورفولوجي لفعالية هذه العمليات داخل النطاق المدروس.



خارطة (7) يوضح معدلات الاذابة للأشهر المطيرة والقليلة المطر لمنطقة الدراسة

وعند اسقاط البيانات المناخية السابقة على مخطط (بالتير)* للتجوية للتأكد من نوع عمليات التجوية السائدة والذي يوضح طبيعة العمليات المناخية السائدة والاقليم المورفوجينية التي تمثل المنطقة من خلال الاعتماد على بيانات محطات (مخمور – كركوك – بيجي) [١٢]، جدول (6) يمثل مؤشرات بالتير على المنطقة املدراسة وتم تعديله ليلائم معها شكل (6).

جدول (٦) ملخص نموذج بالتير بالاعتماد على معدلات المؤشرات للمنطقة

ت	المؤشرات المورفومناخية	منطقة الدراسة
.1	تأثير التجوية الكيميائية الطبيعية معاً	تجويه طبيعية متوسطة
.2	تأثير التجوية الكيميائية	متوسطة
.3	تأثير التجمد والذوبان	ضعيفة
.4	تأثير الامطار	متوسط
.5	تأثير الرياح	متوسط
.6	زحف المواد	متوسط
.7	العمليات المسيطرة	تجويه طبيعية + زحف مواد + مياه جارية
.8	الاقاليم المورفوجية	مداري شبه رطب

المصدر: اعتماداً على جدول (٣، ٤، ٥)

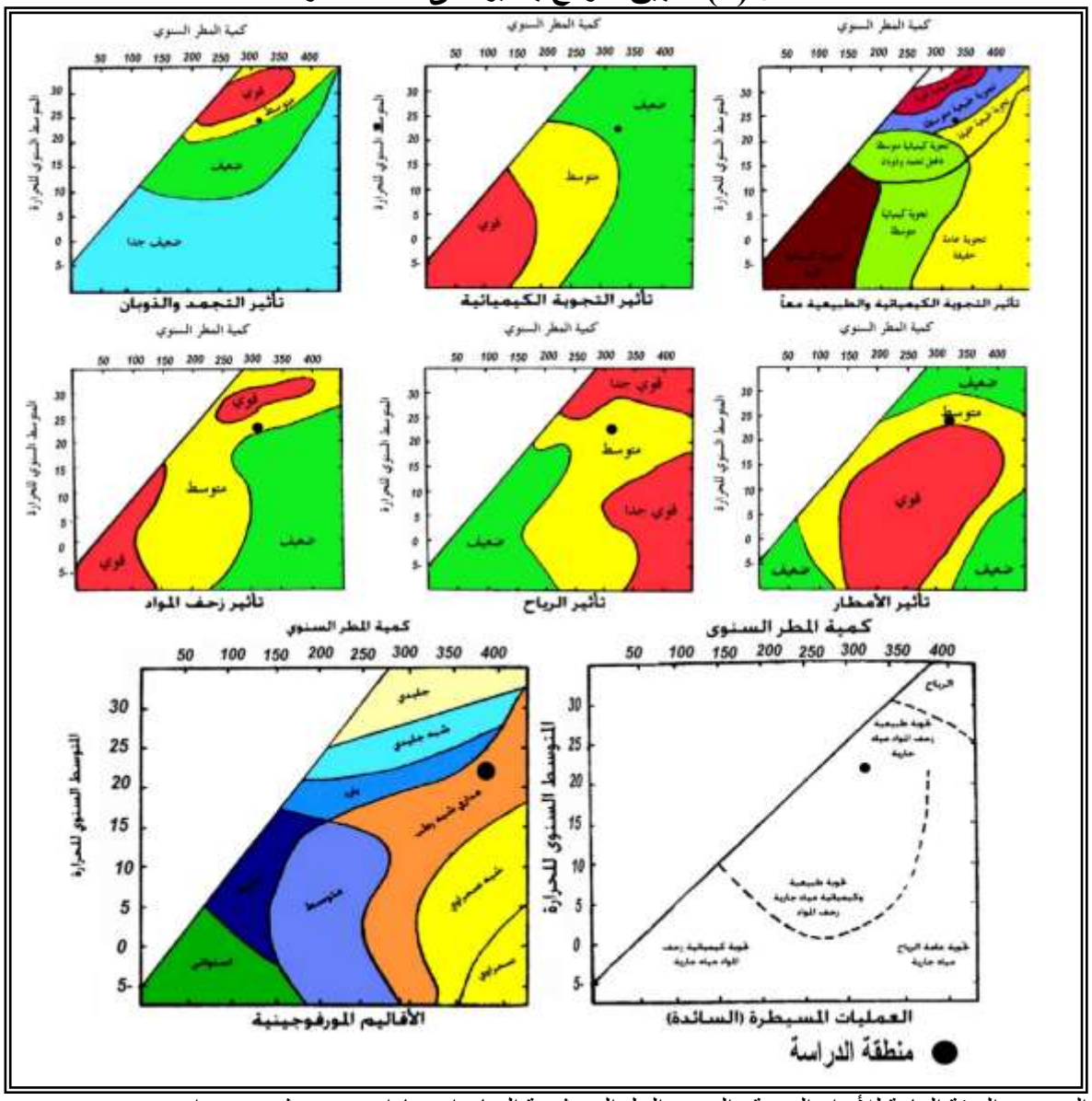
من خلال تحليل البيانات الواردة في الشكل والجدول، يتبيّن بوضوح أن منطقة الدراسة تخضع بدرجة أساسية إلى نشاط تجويهي طبيعي متوسط الشدة. ويظهر هذا النشاط من خلال نوعين رئيسيين من عمليات التجوية:

أولاً، التجوية الفيزيائية، التي تُعد المياه الجارية أبرز مظاهرها، حيث تُسهم في تفتت الصخور ونقل المفتتات بفعل الجريان السطحي، خاصة في فترات الأمطار الغزيرة والعواصف، ما يعكس دورها في إعادة تشكيل السطح الأرضي بشكل تدريجي.

ثانياً، التجوية الكيميائية، التي يُعد عامل الإذابة أكثر عناصرها سيادةً في المنطقة، إذ أظهرت نتائج تطبيق معادلة كوربل أن عمليات الإذابة تسود ضمن نطاق المستوى المتوسط من حيث الفعالية، وهو ما يتوافق مع الخصائص المناخية ونوعية التكوينات الصخرية (الجيرية والكلسية) السائدة في المنطقة.

وعليه، فإن النمط السائد للتجوية في منطقة الدراسة يتمثل في تداخل واضح بين العمليات الفيزيائية والكيميائية، مع غلبة معتدلة للنشاطين، مما يشير إلى نظام تجويهي متوازن يخضع لتأثير متبادل بين عناصر المناخ (كالأمطار والتبخر) والبنية الجيولوجية والطوبوغرافية للمنطقة.

شكل (٦) تطبيق نموذج بالتير على منطقة الدراسة



المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي. شعبة المناخ إحصاءات غير منشوره. بغداد

الاستنتاجات

توصل البحث الى جملة من النتائج أهمها مايلي:

١. تُظهر التحليلات المناخية أن التطرفات في درجات الحرارة العظمى تزداد تدريجياً باتجاه شمال شرق السلسلة الجبلية، وصولاً إلى مناطقها الشمالية، ويُعزى ذلك إلى الانخفاض الطوبوغرافي التدريجي في هذه المناطق. فكلما اتجهنا نحو الأراضي السهلية المفتوحة، زادت شدة احتكاك الرياح الهابطة مع السطح، مما يرفع درجات الحرارة، في حين تسهم المرتفعات وما توفره من

ظلال وانحدارات وعرة في تبديد الإشعاع الحراري وتشتيت الطاقة الحرارية، مما يُنتج تبايناً واضحاً في درجات التطرف الحراري.

٢. اتضح من تتبع البيانات المطرية أن أعلى معدلات الهطول تتركز في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، وهو ما يعكس اشتداد العواصف المطرية في هذه الأجزاء، قبل أن تبدأ في الانخفاض تدريجياً باتجاه الجنوب. ويُعزى هذا النمط إلى تأثير الارتفاع الطوبوغرافي، حيث تزداد شدة الأمطار مع الارتفاع حتى تبلغ ذروتها، ثم تتناقص بفعل التسخين وفقدان بخار الماء نتيجة التبخر. وتُسهم هذه الظروف في تعزيز عمليات التجوية والتعرية خلال فترات العواصف، الأمر الذي يؤدي إلى تراكم الفتات الصخري، خصوصاً في المناطق الشمالية والوسطى، مشكلاً مظاهر تراكمية بارزة.

٣. رُصد خلال مدة الدراسة، التي امتدت لـ ٣٤ عاماً، تكرار منتظم لظاهرة التجمد والذوبان، ما يُعد مؤشراً مباشراً على فعالية التجوية الفيزيائية. وتُعزى هذه الظاهرة إلى الانجماد الدوري لقطرات الماء داخل الشقوق والمفاصل الصخرية، حيث تؤدي عملية تجمد الماء إلى زيادة حجمه مكوّنة ضغطاً داخلياً على جدران الصخور. وبمرور الزمن، ينتج عن هذه العملية تفكك ميكانيكي للصخور بفعل النمو البلوري الناتج عن التوسع الجليدي، وهو ما يُشير إلى نشاط ملحوظ للتجوية الفيزيائية في المنطقة، خاصة في البيئات المعرضة لتغيرات حرارية يومية وفصلية.تعد التجوية الكيميائية معتدلة الى متوسطة، وتنشط بشكل ملحوظ وفعال في الاشهر المطيرة وفترات التطرفات المناخية التي تشهد عواصف مطرية والتي تلعب دورا في التجوية بشكل فعال لأنها تلعب دورا مزدوج الاول تقوم بتجوية مباشرة من خلال تفتيت الطبقات السطحية الضعيفة وثاني توفر بدائية تساهم في ذوبان الصخور الجيرية والكلسية التي تتكون منها اغلب منطقة الدراسة.

٤. خضوع المنطقة لنشاط تجوية طبيعية متوسطة من خلال التجوية الفيزيائية متمثلا بتجوية المياه الجارية والتجوية الكيميائية التي يسود فيها عامل الاذابة وتكون متوسطة.

التوصيات:

١. تُوصى بضرورة تعزيز البحوث التطبيقية في مجال الدراسات المورفومناخية، لما لها من دور محوري في تفسير آليات سير العمليات الجيومورفولوجية وتحديد العوامل المؤثرة في تحريك المواد وتغير أشكال السطح. إذ تمثل هذه الدراسات المدخل الأساسي لفهم العلاقة التفاعلية بين المناخ والمورفولوجيا.

٢. الاهتمام بتطوير دراسات تطبيقية تُعنى بالنمذجة الرقمية، من حيث آليات تصميم النماذج، وإدارتها، وتطبيقها في السياق المورفومناخي، بما يضمن محاكاة واقعية للعمليات الطبيعية ويُسهم في بناء سيناريوهات مكانية دقيقة تُستخدم في التنبؤ والتخطيط البيئي.

٣. العمل على تجميع قواعد بيانات مكانية ومناخية شاملة ومتكاملة لمنطقة الدراسة، من أجل تعميم الأدوات التحليلية المستخلصة من النماذج وتوفيرها للجهات الحكومية المعنية بإدارة الموارد الطبيعية وحماية البيئة، وذلك بغية الاستفادة منها في بناء استراتيجيات التنمية المستدامة.

٤. ضرورة التقيد بالمعايير العالمية الخاصة بتحديد الحرم المكاني للمرتفعات، والالتزام بالمسافات المقررة التي تفصل هذه المناطق عن مشروعات البنية التحتية، ضماناً لسلامة المواقع الطبيعية وحمايتها من التعديات والتشويه العمراني، والمحافظة على توازنها البيئي والجغرافي.

قائمة الهوامش

(١) وليم دي ثورنبري، أسس الجيومورفولوجيا ترجمة د. وفيق حسين الخشاب، وعلي محمد، العراق، جامعة الموصل. دار الكتب للطباعة والنشر، ١٩٧٥، ص٤٩-٥٠.

(٢) محمد متعب جاسم الجحيشي، التغيرات المتطرفة في درجات الحرارة والهطول في العراق، الجامعة المستنصرية، كلية العلوم، رسالة ماجستير غير منشورة، ٢٠٠٢ م ص ١.

(٣) كاظم عبد الوهاب حسن الاسدي، تكرار المنخفضات الجوية وأثرها في طقس العراق ومناخه، رسالة ماجستير غير منشورة جامعة البصرة، كلية الاداب ١٩٩١، ص٨٠.

(٤) 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، ١٩٩٥، العدد ٢٩، ص١.

(٥) كاظم عبد الوهاب حسن الاسدي، مصدر سابق، ص٨٢

(٦) قصي عبد المجيد، واحلام عبد الجبار، وهدى علي، مصدر سابق، العدد ٢٩. ص٧٦

(٧) المصدر نفسه، ص ٧٧.

(٩) وليم دي ثورنبري، أسس الجيومورفولوجيا ترجمة د. وفيق حسين الخشاب، وعلي محمد، ١٩٧٥، مصدر سابق، ص٤٩-٥٠.

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

* دراسة قام بها بالتير سنة ١٩٥٠، قسم بها العالم الى اقاليم مورفومناخية، من خلال دراسة تأثير المعدل السنوي للحرارة وكمية الامطار السنوية على معدلات التجوية وعوامل التعرية على سطح الارض.

(١٢) حسن سيد احمد ابو العينين، اصول الجيومورفولوجيا (دراسة الاشكال التضاريسية لسطح الارض)، مؤسسة الثقافة الجامعية، الاسكندرية، ط١١، ١٩٩٥، ص١٢٤-١٢٩.

المصادر

(١)William D. Thornbury, Foundations of Geomorphology, translated by Dr. Wafiq Hussein Al-Khashab and Ali Muhammad, Iraq, University of Mosul. Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, 1975, pp. 49-50.

(٢)Muhammad Mutab Jasim Al-Juhaishi, Extreme Changes in Temperature and Precipitation in Iraq, Al-Mustansiriya University, College of Science, unpublished master's thesis, 2002, p. 1.

(٣)Kazim Abdul-Wahab Hassan Al-Asadi, Recurrence of Low-pressure Systems and Their Impact on Iraq's Weather and Climate, unpublished master's thesis, University of Basra, College of Arts, 1991, p. 80.

(٤)Qusay Abdul-Majid Al-Samarrai, Ahlam Abdul-Jabbar Kazim, and Huda Ali Saleh, Heat Waves in Iraq: An Applied Study of the Climate of Iraq, a paper presented at the Seventh Geographical Conference of the Iraqi Geographical Society, 1995, issue 29, p. 1.

(٥)Kazem Abdul Wahab Hassan Al-Asadi, previous source, p. 82

(٦)Qusay Abdul Majeed, Ahlam Abdul Jabbar, and Huda Ali, previous source, issue 29, p. 76

(٧)The same source, p. 77.

(٩)William D. Thornbury, Foundations of Geomorphology, translated by Dr. Wafiq Hussein Al-Khashab and Ali Muhammad, 1975, previous source, pp. 49-50.

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

*A study conducted by Balter in 1950 divided the world into morphoclimatic regions, by examining the effect of annual average temperature and annual rainfall on weathering rates and erosion factors on the Earth's surface.

(١٢)Hassan Sayed Ahmed Abu Al-Ainin, Principles of Geomorphology (Study of the Earth's Surface Topography), University Culture Foundation, Alexandria, 11th ed., 1995, pp. 124-129.