Dirasat: Human and Social Sciences, Volume 53, No. 12, 2026, 10705

Deanship of Scientific Research

Ecological Evaluation Terrain Units in Wadi Kufranjah Basin Uusing Geographic Information Systems and Remote Sensing Techniques

Nesrin Zaki Alsheikh**, Ali Ahmad Alananzeh, Ibtisam "Mahmoud Amin" marei, Taghreed Mousa Iseed

Department of Geography, Faculty of Arts, University of Jordan, Amman, Jordan

Received: 8/2/2025
Revised: 20/3/2025
Accepted: 3/6/2025
Published online: 1/9/2026

* *Corresponding author:*
nisreenalseikh@gmail.com

Citation: Alsheikh, N. Z., Alananzeh, A. A., Marie, I. "Mahmoud A., & Iseed, T. M. (2026). Ecological Evaluation Terrain Units in Wadi Kufranjah Basin Uusing Geographic Information Systems and Remote Sensing Techniques. *Dirasat: Human and Social Sciences*, 53(12), 10705. https://doi.org/10.35516/Hum.2026.10705

© 2026 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

Objectives: This study aimed to assess the land units within the Wadi Kufranja Basin and classify them based on their hydrological and ecological characteristics. The goal was to identify the environmental hazards threatening the basin.

Methods: The study employed a descriptive-analytical, experimental, and quantitative approach. It used 21 variables based on the Dutch ITC survey system. Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques were applied to analyze soil indicators and vegetation cover. Statistical methods such as factor analysis and cluster analysis were used to interpret these variables.

Results: The findings classified the basin into four regions, eight systems, and seventeen land units according to their natural, geomorphological, and structural characteristics. Four main factors were identified, explaining 77% of the total variance related to the properties of the land units. Additionally, three distinct land groups were found, grouping units with similar environmental hazards. The first group faced a high risk of severe erosion caused by terracing and gullies. The second group experienced severe erosion due to gullies, moderate erosion from terracing, and rill erosion. The third group was exposed to a very high risk of landslides.

Conclusions: The study concluded that significant attention must be given to environmental hazards in the basin, particularly erosion and landslides. It recommended implementing engineering measures such as terraces and retaining walls on slopes to reduce these risks. Furthermore, the study advised caution regarding urban expansion and the regulation of road construction, especially in areas prone to landslides, to minimize further environmental degradation.

Key words: terrain Units- natural hazards- Kufranjah basin- geographic information systems- remote sensing.

تقييم الوحدات الأرضية الايكولوجية في حوض وادي كفرنجة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعارعن بعد

نسرين زكي الشيخ* ، علي أحمد العنانزة، ابتسام "محمود امين" مرعي، تغريد موسى اسعيد

قسم الجغرافيا، كلية الاداب، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن

ملخّص

الأهداف: هدفت الدراسة إلى تقييم الوحدات الأرضية في حوض وادي كفرنجة، وتصنيفها بناء على خصائصها الهيدرولوجية والايكولوجية وذلك لتحديد الأخطار البيئية التي يتعرض لها الحوض.

المنهجية: اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي الوصفي والتجريبي والكمي وقد استخدم فيها 21 متغيرا اعتمادا على نظام المسح الهولندي ITC ، تم استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لدراسة مؤشرات التربة والغطاء النباتي، وطبقت الأساليب الإحصائية مثل التحليل العاملي والتحليل العنقودي على تلك المتغيرات.

النتائج: أشارت نتائج الدراسة إلى تصنيف الحوض بناءً على الخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية والبنيوية إلى 4 أقاليم و8 نظم و17وحدة أرضية، وتوصلت إلى وجود 4 عوامل فسرت 77% من مجموع التباين الكلي لتفسير خصائص الوحدات الأرضية، كما أظهرت وجود 3 مجموعات أرضية ضمت الوحدات المتشابهة في الأخطار البيئية حيث تعرضت المجموعة الأولى لخطر الانجراف الشديد بفعل الجدولة والمسيلات، وتعرضت المجموعة الثانية لخطر الانجراف الشديد بفعل المسيلات والانجراف المتوسط بفعل الجدولة والانجراف القنوي، كما تعرضت المجموعة الثالثة لخطر الانهيارات الأرضية ذات المستوى العالي جداً.

الخلاصة: خلصت الدراسة إلى ضرورة التركيز على الأخطار البيئية التي يتعرض لها الحوض كالانجراف والانهيارات الأرضية، وتطبيق اجراءات هندسية مثل وضع المصاطب والجدران الاستنادية على المنحدرات، كما أوصت بالحذر من التوسع العمراني وضبط انشاء الطرق خاصة في المناطق التي تعاني من الانهيارات الأرضية.

الكلمات الدالة: الوحدات الأرضية- الأخطار البيئية- وادي كفرنجة- نظم المعلومات الجغرافية- الاستشعار عن بعد.

1. المقدمة :

تعمل دراسات الجغرافيا الطبيعية على فهم وتحليل المؤشرات الطبيعية والبشرية التي تؤثر وتتأثر بها، وهذا بدوره يوفر مرجعية معلوماتية بالوضع البيئي، ويساهم في الاهتمام بالبيئة كونها موضوعاً داعماً للعلوم الأخرى وأهمها إدارة الموارد الطبيعية، واستثمار الموارد البيئية مثل الأرض، والمياه، والتربة، والنبات الطبيعي، مع التركيز بشكل خاص على كيفية الاستخدام وتأثير الإدراة الفعالة على نوعية الحياة للأجيال الحالية والمستقبلية، وذلك عن طريق الإدارة المستدامة للموارد الأرضية، والاستغلال العقلاني للموارد الطبيعية(الشيخ، 2024).

كما تعد إدراة الموارد الطبيعية في المناطق الجافة وشبه الجافة من أهم الدراسات التي تمكن المخططين، وصانعي القرار من اتخاذ الاجراءات اللازمة، والتي تعمل على حماية المصادر الطبيعية وصيانتها، وإن تحليل وتقييم الوحدات الأرضية يساعد في توظيف وتسخير هذه المصادر بصورة محسوبة للوصول إلى الاستخدام الأمثل لها، إضافة إلى أنها دراسات تنبؤية للمشاريع المعتمدة على موارد البيئة؛ لتحديد البدائل المتاحة واختيار الأفضل منها (الشيخ،2024).

إن عملية تقييم الأراضي تعتمد على التحليل الجيومورفولوجي الذي بدوره يقوم بتحديد الوحدات الأرضية حسب خصائصها التي تميزها، وذلك من خلال نظام المسح الهولندي الذي طوره المعهد الهولندي لمسوحات الفضاء وعلوم الأراضي (ITC)، وهو أحد النظم الأرضية المستخدمة بكفاءة في تحليل الأراضي وتقييمها لأغراض التنمية (VanZuidan, 1979) والذي طبق وأثبت مصداقيته أكثر خصوصاً عندما يتوافق مع الدراسة الميدانية، فهو يوفر الإطار العلمي التطبيقي لأي خطة مستقبلية لإدارة الموارد الطبيعية، ولدراسة ذلك تم اختيار حوض وادي كفرنجة، والذي يتميز بأنه حوض نشط جيومورفولوجياً، وهذا كفيل بأن يجعله عرضة للأخطار البيئية.

2. مشكلة الدراسة:

يعد مفهوم إدارة الموارد الطبيعية من أكثر المفاهيم الفكرية الرائدة التي استحوذت على الاهتمام الواسع من قبل الباحثين في الجغرافيا الطبيعية على المستوى العالمي والمحلي، حيث قام الباحثون بدراسة الموارد الطبيعية، وخاصة في الأحواض المائية وبيان أثر ذلك على البيئة(مرعي والشعبي، 2024).

تسعى هذه الدراسة لتحليل الوحدات الأرضية ايكولوجياً، فهي ليست مهمة في إدارة الموارد الطبيعية فحسب، وإنما في تحديد المشكلات الطبيعية والأخطار البيئية التي تواجه تلك الموارد في الوحدات الأرضية المختلفة، ووضع الحلول المناسبة لها؛ لذا جاءت هذه الدراسة للإجابة عن التساؤلات التالية:

1. ما خصائص الوحدات الأرضية التي يتكون منها الحوض؟
2. ما أصناف الوحدات الأرضية ؟
3. ما أبرز الأخطار البيئية في الوحدات الأرضية وما المقترحات لإدارة الموارد الطبيعية في الحوض؟

3. أهداف الدراسة:

1. تحليل الوحدات الأرضية في الحوض.
2. تصنيف الوحدات الأرضية في مجموعات متشابهة.
3. توضيح الأخطار البيئية في الوحدات الأرضية والمقترحات اللازمة لإدارة الموارد الطبيعية في الحوض.

4. أهمية الدراسة مبرراتها:

تعد دراسة الموارد الطبيعية في الأحواض المائية، وخاصة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة مهمة في الوقت الحاضر، لما لها من دور في فهم الخصائص الطبيعية للمنطقة المدروسة؛ إذ يفضي تحليل المورفولوجيا، والارتفاع، والانحدار، والتربة، والنبات الطبيعي، والمناخ، والمياه، إضافة إلى تحليل الوحدات الأرضية، ومقارنتها مع سنوات سابقة إلى تحديد المشكلات التي تتعرض لها الموارد الطبيعية في الحوض، من هنا تبرز اهمية هذه الدراسة من حيث القاء الضوء على الأخطار الطبيعية، كما تسهل وضع إستراتيجية لصيانة الموارد الطبيعية وهذا بدوره يساهم في زيادة المردود الاقتصادي وإدارتها إدراة متكاملة.

1.4. **مبررات الدراسة:**

2. ندرة الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع إدارة الموارد الطبيعية وخاصة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة، وكون حوض كفرنجة يقع في بيئة شبه رطبة فهو يخدم المناطق المحيطة به.
3. أهمية دراسة الأحواض المائية في الأردن وخاصة أنها تعتبر من أفقر ثلاث دول العالم مائياً، وتحليل المشكلات التي تعاني منها تلك الأحواض؛ لأجل

القيام بالتخطيط المستقبلي لها بما يتناسب مع الموارد المتاحة فيها.

4. اختيار منطقة حوض وادي كفرنجة؛ لأنها تقع في منطقة الأقاليم الأحواض النشطة جيومورفولوجياً، وهذا بدروره يجعلها عرضة للمشكلات البيئية؛ لذا ستمثل الدراسة الحالية نموذجاً للحفاظ على الموارد الطبيعية في الحوض، وتعميم النتائج المستخلصة على الأحواض في مناطق المرتفعات من الأردن.

5. الدراسات السابقة:

1.5. الدراسات باللغة العربية:

- دراسة (عنبر وآخرون، 2024) والتي هدفت إلى تحديد الوحدات الأرضية الرئيسة في حوض وادي الرميمين وتوصلت إلى تصنيف الوحدات الأرضية إلى اثنين وثلاثين وحدة أرضية متشابهة في الخصائص الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية والنباتية وخصائص التربة وأوصت بالتركيز على الاخطار البيئية في الحوض مثل الانجراف والانهيارات الأرضية بالاضافة الى تطبيق برامج للحفاظ على الغابات بالتحريج الاصطناعي وذلك من أجل الحفاظ على النبات والتربة معا.
- دراسة (النوايسة، 2018) حيث قامت بإجراء تقييم جيومورفولوجي لأغراض التوسع العمراني في حوض وادي الغفر بناء على قابلية تعرضه للأخطار الجيومورفولوجية وخلصت إلى تصنيف الوحدات الجيومورفولوجية إلى أربع فئات من حيث قابلية تعرضها للأخطار الطبيعية، إذ بلغت نسبة التجمعات العمرانية المعرضة لأخطار عالية وعالية جداً حوالي 7.9 .
- دراسة (طعاني، 2018) والتي هدفت إلى تحليل استخدامات الأراضي ومدى ملائمتها مع خصائص المنطقة في حوض وادي العرب؛ للحفاظ على التنمية المستدامة من خلال رفع قدرة الأرض الإنتاجية والحفاظ على البيئة والتنوع الحيوي، وتوصلت إلى وجود زيادة ملحوظة في مساحة الاستخدام العمراني، وتراجع مساحة الأراضي الزراعية، وأوصت بضرورة الاستفادة من الأراضي التي تخلو من الزراعة، والعمل على معالجتها وتخصيصها للزراعة الحرجية، إضافة إلى زيادة مساحة الغابات والأحراج لتشجيع السياحة.
- دراسة (أبو الشواشي، 2012) حيث أظهرت خصائص الموارد الأرضية، والأخطار الطبيعية التي تتعرض لها في منطقة البادية الجنوبية، كما قامت بتحديد الوحدات الأرضية، وتقييم الموارد فيها، واعتمدت على المسح الجيومورفولوجي الخاص بالمعهد الدولي لمسوح الفضاء وعلوم الأرض الهولندي لتقسيم المنطقة إلى ست مجموعات أرضية، وتوصلت إلى اقتراح تصور لاستعمالات الأراضي في المنطقة.

2.5. الدراسات باللغة الانجليزية:

- دراسة (Couto Junior et al, 2021) حيث قامت بتحليل اللاندسكيب الطبيعي لحوض أراغويا من حيث تقييم الوحدات الأرضية لدراسة المنطقة، وتوصلت إلى نتائج كان أبرزها تصنيف فئات استعمالات الأراضي إلى الأراضي الزراعية، والأراضي الحرجية، والأراضي العشبية، والمراعي، والشجيرات، كما تم تقييم الوحدات الأرضية للأراضي الرطبة الاستوائية المتأثرة بالفيضانات الموسمية، كما تم إعداد خرائط للمناطق المتأثرة بذلك.
- دراسة (Wang et al, 2020) والتي هدفت إلى تقييم المخاطر البيئية للاندسكيب الطبيعي لحوض نهر كوشي، وتوصلت إلى نتائج كان أبرزها انخفاض مساحة الأراضي الزراعية في الوسط والجنوب من الحوض بسبب ارتفاع التحضر، بجانب تناقص مساحة الغابات للطلب المتزايد على الأخشاب، كما أن المخاطر البيئية أظهرت إتجاهاً تنازلياً في الفترة (1990- 2000)، وإتجاهاً متزايداً في الفترة (2000-2017) بسبب الممارسات البشرية الخاطئة في استخدامات الأراضي.
- دراسة (Plambeck, 2020) حيث قامت بتحديد الإمكانات المنهجية والمفاهيمية لتقييم مخاطر انجراف التربة بالمياه في ألمانيا؛ وذلك لأنه يهدد الإنتاجية الزراعية وجودة البيئة، وأظهرت النتائج أن المخاطر المحتملة لتعرية وانجراف التربة بالمياه للأراضي الزراعية في ألمانيا أعلى بكثير مما كان سابقاً، وأوصت بفرض قيود ادارية مناسبة على المزارعين للحد من انجراف التربة.
- دراسة (Balasubramani, 2018) حيث هدفت إلى تقييم إمكانات موارد الأراضي والمياه وملائمة الأراضي للزراعة في منطقة ثيني في الهند، وتم إعداد الوحدات الأرضية المتجانسة؛ لمقارنة خصائص الأرض مع خصائص المحاصيل المختلفة لتحديد المحاصيل المناسبة لكل منها للوصول إلى تنمية زراعية مستدامة، وتوصلت إلى نتائج أهمها اقتراح استراتيجيات للتعامل مع الممارسات الزراعية المستدامة لمنطقة الدراسة، وتوفير منهجية متكاملة لذلك.
- دراسة (Mandla et al, 2017) والتي قامت بتحليل مؤشرات الغطاء النباتي NDVI وSAVI والمقارنة بينهما في منطقة أنانتابور في الهند، إذ أظهرت النتائج أن مؤشر NDVI يعتبر المؤشر النباتي الأنسب في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف، في حين أن مؤشر SAVI يعتبر المؤشر النباتي الأنسب في المناطق شبه الجافة والذي أثبت فعاليته في منطقة الدراسة.

- دراسة (Camiz et al, 2015) حيث قامت بتوضيح منهجية تصنيف الوحدات الأرضية، والتي سعت لتحليل كمي وشامل للمورفولوجيا في منطقة جبل سورات في ايطاليا، حيث قدمت تحليل كمي وشامل لمورفولوجيا المنطقة، وتوصلت إلى نتائج أهمها وجود ثلاث فئات متشابهة تبعاً للخصائص المورفولوجية، والطبوغرافية في منطقة الدراسة، مما يؤدي إلى تقعر في حالة وتحدب في حالة، وبالتالي وجود قيعان وقمم وسهول محلية.
- دراسة (Saleh et al, 2015) والتي هدفت إلى معرفة إمكانيات تربة حوض الجلابة التي تقع في الجزء الغربي من محافظة أسوان، حيث أظهرت النتائج أن 3.3 % من الأراضي ذات القدرة على الاستخدام الجيد، وأن 76% من الأراضي ذات قدرة الاستخدام المتوسط، حيث تم التوصل إلى المشكلات الرئيسة والأخطار البيئية وهي: الانجراف والتعرية، إضافة إلى ذلك تم تحديد النمط المحصولي الأمثل لكل نوع تربة، حيث تم التوصل إلى إمكانية استخدام الحوض للاستعمالات الزراعية المختلفة.
- دراسة (Calvello et al, 2013) حيث هدفت إلى تحليل نطاقات الإنهيارات الأرضية في جنوب ايطاليا، وتقسيم مناطق المخاطر لتخطيط استخدام الأراضي، حيث أشارت النتائج إلى أن عدداً كبيراً من الانهيارات الأرضية بطيئة الحركة والتي تؤثر على أكثر من 16% من مساحة منطقة الدراسة، كما قيمت المناطق المتضررة من الانهيارات الأرضية والمناطق الخالية منها، إضافة إلى ذلك توصلت إلى تصنيف كثافة الإنهيارات الأرضية إلى ثلاث فئات وهي: كثافة منخفضة ونسبتها30%، وكثافة متوسطة ونسبتها من 30-60%، وكثافة عالية ونسبتها أكبر من 60%.

3.5. ما يميز هذه الدراسة عن الدراسات السابقة:

1. ستكون دراسة شاملة وتفصيلية في تحديد وتقييم موضوع الوحدات الأرضية وفقا لمتغيرات ايكولوجية، إذ إن معظم الدراسات السابقة هي دراسات جزئية حيث أنها لم تتناول متغيرات الدراسة مجتمعة؛ لذا ستعد هذه الدراسة من الدراسات الجديدة في هذا المجال بحيث ستتضمن مصفوفة المتغيرات الخاصة بالوحدات الأرضية في منطقة الدراسة.
2. لم تقتصر هذه الدراسة على جانب واحد من جوانب ادارة الموارد الطبيعية، بل تعددت لتشمل مجموعة من الموارد الأرضية (المياه، والتربة، والنبات) لضمان تشخيص الواقع بدقة إذ يكون هناك تطابق بين النتائج والواقع.
3. ستوظف برامج نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد لتنفيذ العمليات المختلفة، وإعداد الخرائط المتنوعة، وستعمل على إيجاد قاعدة بيانات جغرافية يمكن أن تكون ضمن قاعدة المعلومات الوطنية وذلك للتخطيط المستقبلي في إدارة الموارد الطبيعية في حوض وادي كفرنجة.

6. منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على عدة مناهج، فكان المنهج الأول المنهج التحليلي الوصفي والذي استخدم لوصف وتحليل البيانات والمعلومات الصادرة عن المؤسسات والجهات المختلفة، وكذلك لوصف الخصائص الجغرافية لمنطقة الدراسة، ولتوضيح الأسس والمفاهيم العلمية النظرية والتطبيقية لموضوع إدراة الموارد الطبيعية، إضافة إلى مراجعة الأبحاث والدراسات السابقة والتي لها ارتباط بموضوع الدراسة. كما تم استخدام المنهج التجريبي بتطبيق نظام المسح الهولندي الذي طوره المعهد الهولندي لمسوحات الفضاء وعلوم الأراضي (ITC)، حيث تم مطابقة خرائط المناخ والمياه والجيولوجيا والتربة والغطاء النباتي، ومن ثم تقسيم منطقة الدراسة إلى أقاليم أرضية، ثم إلى نظم أرضية، ثم إلى وحدات أرضية رئيسة، اضافة الى تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية لتحليل الموارد الأرضية المختلفة، واستخدام مؤشرات خاصة لتحليل الغطاء النباتي مثل NDVI SAVI,GNDVI، وكذلك استخدام مؤشرات خاصة لتحليل التربة مثل CHROMA, HUE. اضافةً إلى تطبيق المنهج الكمي والذي استخدم لتحليل جميع المتغيرات الداخلة في الدراسة كما في الجدول(1) من خلال تطبيق الأساليب الإحصائية SPSS كالتحليل العاملي Factor Analysis شكل المكونات الرئيسةPrinciple Component Analysis (الصالح وآخرون، 2000) وذلك؛ لتحديد وتصنيف الوحدات الأرضية حسب خصائصها الايكولوجية، وكذلك اختبار وتحليل خصائصها وتمييز كل مجموعة بعامل رئيس، ومن ثم تطبيق التحليل العنقودي Cluster Analysis؛ من أجل دمج الوحدات في مجموعات متشابهة لتحليل المشكلات والأخطار البيئية، والوصول إلى استراتيجية لإدارة الحوض.

الجدول(1) متغيرات الدراسة لحوض وادي كفرنجة.

الرقم	متغيرات الدراسة	المصدر	الفترة الزمنية
1	التكوين الجيولوجي	الخرائط الجيولوجية لوحات دير أبي سعيد، جرش مقياس 1: 50000 الصادرة عن سلطة المصادر الطبيعية	1993
2	الوحدات الجيومورفولوجية	الصور الجوية Google earth والمرئيات الفضائية Landsat8 والعمل الميداني	2022
3	التربة	وزارة الزراعة	1993
4	الغطاء النباتي	خارطة المجموعات النباتية لحوض وادي كفرنجة	1985

الرقم	متغيرات الدراسة	المصدر	الفترة الزمنية
5	الاستعمال السائد	المرئيات الفضائية Landsat8 والعمل الميداني	2022
6	كمية الأمطار(ملم)	وزارة المياه والري	2020
7	أقصى ارتفاع (م)	القياس من خلال برمجية GIS 10.8	2022
8	أدنى ارتفاع (م)	القياس من خلال برمجية GIS 10.8	2022
9	المساحة (كم2)	القياس من خلال برمجية GIS 10.8	2022
10	طول المنحدر(م)	القياس من خلال برمجية GIS 10.8	2022
11	درجة الانحدار	القياس من خلال برمجية GIS 10.8	2022
12	الانجراف بالمسيلات	القياس من روافد الرتبة 1 في الشبكة المائية باستخدام برمجية GIS 10.8	2022
13	الانجراف بالجدولة	القياس من روافد الرتبة 2 في الشبكة المائية باستخدام برمجية GIS 10.8	2022
14	الانجراف القنوي	القياس من روافد الرتبة 3 في الشبكة المائية باستخدام برمجية GIS 10.8	2022
15	درجة الانجراف	معادلة RUSLE بواسطة برمجية ENVI5.6	2022
16	الانهيارات الأرضية	العمل الميداني	2022
17	مؤشر NDVI	معادلة NDVI بواسطة برمجية ENVI5.6	2022
18	مؤشر SAVI	معادلة SAVI بواسطة برمجية ENVI5.6	2022
19	مؤشر GNDVI	معادلة GNDVI بواسطة برمجية ENVI5.6	2022
20	مؤشر CHROMA	معادلة CHROMA بواسطة برمجية ENVI5.6	2022
21	مؤشر HUE	معادلة HUE بواسطة برمجية ENVI5.6	2022

1.6. مراحل اعداد الدراسة:

2. مرحلة جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بمنطقة الدراسة وتشمل:

- مراجعة العديد من الأبحاث و الدراسات السابقة سواء أكانت باللغة العربية أو باللغة الانجليزية على المستوى المحلي أو العالمي بعد الحصول عليها من مصادرها المكتبية أو الالكترونية وهي:
- الخرائط الطبوغرافية مقياس 1 : 50000 لوحتي دير أبي سعيد وجرش الصادرة عن المركز الجغرافي الملكي الأردني لعام 2014.
- الخرائط الجيولوجية مقياس 1 : 50000 لوحتي دير أبي سعيد وجرش الصادرة عن سلطة المصادر الطبيعية لعام 1993.
- خرائط التربة مقياس 1: 250000 الصادرة عن وزارة الزراعة – المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي لعام 1993.
- البيانات المناخية والتي تشمل درجات الحرارة والأمطار للمحطات المناخية خلال الفترة 1990-2020 الصادرة من وزارة المياه والري ودائرة الأرصاد الجوية.
- المرئيات الفضائية المتاحة من القمر الصناعي Landsat8 بقدرته التميزية المكانية 30 م، بتاريخ 2022/9/27.

3. مرحلة تحليل وتبويب البيانات، والمعلومات، والمرئيات الفضائية، والنشرات السابقة والمتعلقة بموضوع الدراسة، إضافة إلى رسم واخراج جميع الخرائط اللازمة للدراسة وتشمل:

- تحويل البيانات والمعلومات من الهيئة الورقية إلى الهيئة الرقمية، حيث سيتم إدخال جميع الخرائط باستخدام الماسح الضوئي بقدرة تمييزية 300 نقطة/ انش وحفظها على هيئة Tiff، حيث سيتم إجراء المعالجة المتعلقة بالتشوهات، والعيوب المختلفة من خلال برنامج الفوتوشوب.
- التعريف الإحداثي، والتصحيح الهندسي لجميع الخرائط بما يتوافق مع المعيار العالمي وذلك ضمن خطأ متوسط الجذر التربيعي Root Mean Square Errorأقل من نصف بكسل، حيث سيتم توحيد النظام الإحداثي لجميع الخرائط المستخدمة في الدراسة إلى مسقط ميركاتور المستعرض العالمي؛ وذلك لتطابق جميع البيانات والمعلومات في قاعدة البيانات الجغرافية لمنطقة الدراسة وذلك باستخدام برنامج GIS10.8، كما سيتم إجراء التصحيح الهندسي للمرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة باستخدام برنامجENVI5.6.
- الترقيم Digitizing للظاهرات النقطية، والخطية، والمساحية لجميع الخرائط المنتجة لمنطقة الدراسة، ثم حفظها على شكل طبقات ضمن ملفات Shape File؛ لتجهيز بيانات الفكتور وذلك لبناء قاعدة البيانات الجغرافية التابعة لمنطقة الدراسة.
- إدخال جميع البيانات والمعلومات الوصفية الكمية، والنوعية لجميع الطبقات التي تم إعدادها سابقاً، كما سيتم تحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM واشتقاق كل من خطوط الكنتور، ودرجة الانحدار، وإتجاه المنحدر لمنطقة الدراسة باستخدام برنامج10.8 GIS.

- تحسين المرئيات وتفسيرها تحديد الوحدات الأرضية، وإعداد خارطة أساس من خلال نظام المسح الجيومورفولوجي تمهيدا للمسح الميداني، إضافة إلى تحليل جميع مؤشرات النبات الطبيعي والتربة من خلال برنامج ENVI5.6.

4. مرحلة المسح الميداني وستشمل التحقق من تفسير المرئيات الفضائية، والصور الجوية وأخذ نقاط تدريب متجانسة تمثل الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض باستخدام GPS تمهيدا لتصنيف الوحدات الأرضية، والتأكد من وجود مؤشرات المشكلات الطبيعية، والأخطار البيئية، إضافة إلى دراسة أنواع التربة، وتحديد كثافة الغطاء النباتي.

5. مرحلة ما بعد المسح الميداني إذ ستتضمن تحليل جميع الخطوات السابقة للوصول إلى:

- رسم خارطة الوحدات الأرضية .
- تحليل المشكلات الطبيعية، والأخطار البيئية عن طريق تطبيق الأساليب الاحصائية كالتحليل العاملي والتحليل العنقودي على مصفوفة الوحدات الأرضية.
- اقتراح حلول مناسبة لإدارة الموارد الطبيعية في الحوض.

6. مرحلة التمثيل الكارتوغرافي حيث تم في هذه المرحلة إنتاج جميع الخرائط الموضوعية المتعلقة بالخصائص الجغرافية الطبيعية لمنطقة الدراسة، إضافة إلى إخراج الخرائط الخاصة الأخطار البيئية في الحوض باستخدام برنامج GIS10.8 وفق الثوابت التقنية الكارتوغرافية الخاصة بتمثيل التدرج النوعي والكمي للظاهرات.

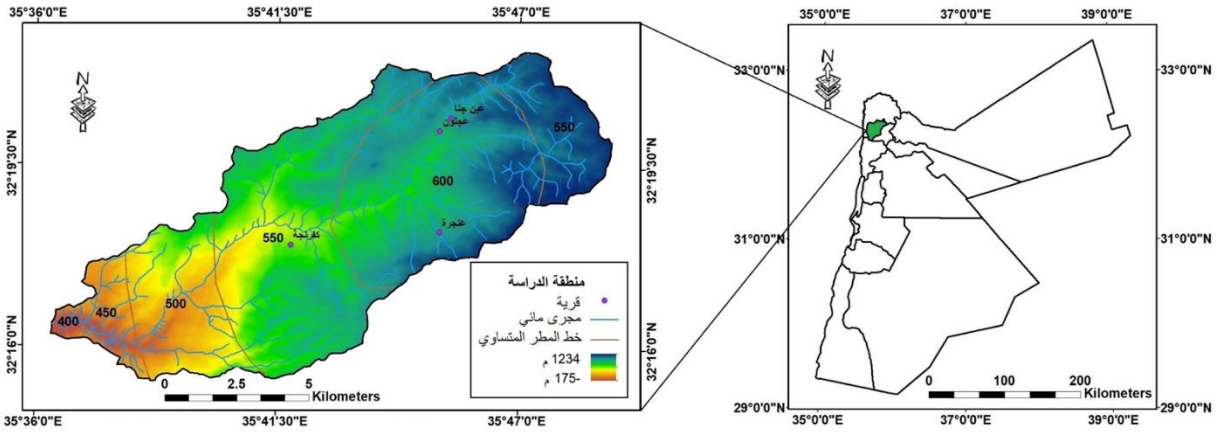
تم تكوين مصفوفة الوحدات الأرضية (17 وحدة أرضية x 21 متغيرا)الملحق(1)، وأعطيت أوزان من أجل قياسها إحصائيًا، وتم إدخالها إلى حزمة البرمجيات الإحصائية SPSS باستخدام اسلوب التحليل العاملي (Analysis Factor) لاشتقاق أهم العوامل التي تتركز حولها المتغيرات والتي تمثل الخصائص المشتركة للوحدات الأرضية ذات العلاقة بالموارد الطبيعية في الحوض باستخدام أسلوب تحليل المكونات الرئيسة (Principal Component Analysis)، وتم تدوير العوامل بشكل عمودي ((Varimax وتم التحليل بتكوين مصفوفة إرتباط أولية للمتغيرات المشمولة بالدراسة، إذ تم تلخيص ذلك بمصفوفة تشبعات العوامل اذ ترتبط المتغيرات مع العوامل بقيم يطلق عليها التشبعات (loading) والتي تشير إلى المتغيرات ذات التشبع الأكبر على ذلك العامل، أما المشاركات (Communalities)، والتي تشير إلى نسبة التباين المفسر الذي تفسره العوامل مجتمعة لكل متغير من المتغيرات، والتي إذا ما حسب مجموع مربعاتها لكل عامل فإنها تعطي القيم المميزة

(igen ValueE)، والتي تشير إلى نسبة التباين الذي يفسره العامل الواحد من مجموع التباين (Gorsuch,1983)، ومن ثم تم تطبيق التحليل العنقودي باستخدام طريقة وارد (Ward Method) التي تعتمد على مربع المسافة الاقليدية، وهذا التحليل هو أحد المقاييس المتميزة والمستخدمة لإظهار التباين الإقليمي، ويقوم على النتائج المستخلصة من التحليل العاملي (الصالح وآخرون، 2000)، حيث تم تقسيم حوض وادي كفرنجة إلى مجموعات أرضية كل منها يظهر الوحدات الأرضية المتميزة ذات الخصائص المتشابهة؛ وذلك من أجل الكشف عن المشكلات التي تعاني منها تلك الوحدات، والوصول إلى أسس سليمة لإدارتها إدارة فعالة، وتم توضيح ذلك من خلال أسلوب النموذج الشجري الذي يصنف الوحدات إلى مجموعات.

7. منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي كفرنجة في محافظة عجلون والتي تقع شمال غربي المملكة الأردنية الهاشمية ما بين خطي طول ´21 ^{0}35 و ´47 ^{0}35 شرقاً، ودائرتي عرض ´14 ^{0}32 و ´22 ^{0}32 شمالاً، حيث يتراوح منسوب الارتفاع فيه ما بين -175 و1234 متر فوق مستوى سطح البحر، كما يمتد مسافة 20.4 كم من الشرق إلى الغرب و 5.33 كم من الشمال إلى الجنوب إلى أن يصب في نهر الأردن، حيث تبلغ مساحته 109كم^{2}، يحيط بالحوض مجموعة من الأحواض المائية حيث يحده من جهة الشمال حوض وادي اليابس، ومن جهة الجنوب حوض وادي راجب، ومن جهة الشرق حوض نهر الزرقاء، كما يحده من جهة الغرب حوض نهر الأردن كما في الشكل(1).

خضعت منطقة الدراسة لتطورات جيولوجية معقدة تتراوح ما بين حركات الطي والتصدع، والهبوط التكتونية مما انعكس على وضعها الجيولوجي، كما تمتاز بارتفاعها النسبي، ومناخها الرطب، وغطائها النباتي الكثيف المتكون من غابات الصنوبر والبلوط، كما ساعدت طبيعة طبقاتها الجيولوجية على جعلها من أكثر المناطق الملائمة لتجمع المياه الباطنية القريبة من السطح (سلامة،1981).



الشكل (1): منطقة الدراسة: حوض وادي كفرنجة.

1.7. أشكال سطح الأرض:

يشمل الحوض على ثلاثة أقسام تضاريسية واضحة وهي:

1. الحوض الأعلى: حيث يقع ضمن عناصر الطي التي تتمثل في محدب عجلون، حيث إن عوامل الحت للوادي وروافده حددت الشكل العام لهذا الجزء من الهضبة الشرقية لنهر الأردن، وقد بقيت المناطق الشرقية تمثل أعلى المناطق حيث يتراوح ارتفاعها من 1000م إلى 1220م فوق مستوى سطح البحر، بينما أدى الحت المائي إلى تعميق وتوسيع وادي كفرنجة وروافده الرئيسة والثانوية وتكوين مساقط مائية، حيث تغطي صخور الحجر الجيري، والطين، والمارل من الجبص الواقعة فوق صخور الحجر الجيري، والدولومايت في معظم أراضي الحوض الأعلى وجزءاً كبيراً من أراضي الحوض الأوسط (بندر، 1968).
2. الحوض الأوسط: حيث ساعدت الصدوع، وعوامل الحت نتيجة لظروف الرطوبة العالية بمعدل أمطار يصل إلى 500 ملم سنويا على انخفاض السطح في الحوض الأوسط، إذ ينخفض المنسوب من 600 م تدريجياً حتى مستوى سطح البحر، وذلك بفعل الهبوط التكتوني في منطقة سهل غور الأردن مما أدى إلى نشاط الحت المائي لوادي كفرنجة وروافده القصيرة، والتي عملت على إظهار مجار خانقية عميقة (سلامة، 1981)، أما الصخور الجيرية، والطباشيرية، والمارل، والحجر الجيري الرملي فتغطي سطح المنطقة المحيطة لشمال حوض وادي كفرنجة مع أجزاء محدودة في وسط وغرب الحوض من المنطقة الواقعة على ارتفاع 1000م.
3. الحوض الأدنى: حيث يمتد في منطقة تبدأ من خط كنتور صفر حتى مصب الوادي في نهر الأردن على منسوب -175م دون مستوى سطح البحر، وتمثل هذه المنطقة الحافة الصدعية والغور الأردني الذي يعتبر سهلاً فيضياً لطيف الانحدار (أبو سمور، 1985).

2.7. الارتفاع:

تتراوح مناسيب السطح في الحوض ما بين-175م في الأجزاء االغربية والجنوبية الغربية إلى 1234م فوق مستوى سطح البحر في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية كما في الشكل(2)، حيث يلاحظ أن الارتفاع يزداد في الأجزاء الشرقية ويقل في الأجزاء الغربية، وأن الفرق بين أعلى نقطة وأخفض نقطة في الحوض هو1409م فوق مستوى سطح البحر.

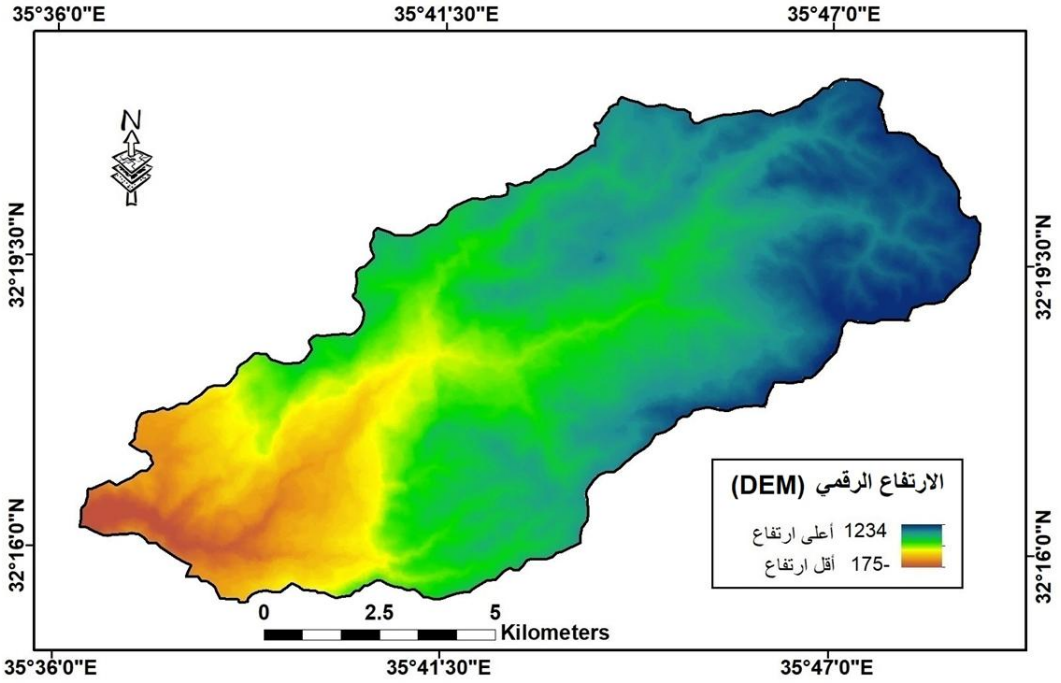
3.7. درجة الانحدار:

تتراوح درجة الانحدار في حوض وادي كفرنجة من0^0الى55^0 وفقا لخارطة درجة الانحدار والتي تم اشتقاقها من نموذج الارتفاع الرقمي DEM كما في الشكل(3)، ويلاحظ وجود تفاوت كبير في درجات الانحدار وذلك؛ لأن المنطقة تمثل حوضاً مائياً حيث تختلف درجة الانحدار بين مناطق المنابع الواقعة في الجهة الشمالية الشرقية، ومناطق المصب الموجودة في الجهة الجنوبية الغربية، وتمتاز أيضاً إتجاهات المنحدرات في الحوض بعدم الانتظام، إذ يلاحظ أن إتجاه المنحدر في الجزء الشرقي والجنوبي الشرقي يتجه إلى أو نحو الغرب والشمال الغربي، وأن إتجاه المنحدر في الجزء الغربي والجنوب الغربي يتجه إلى أو نحو الجنوب والجنوب الشرقي.

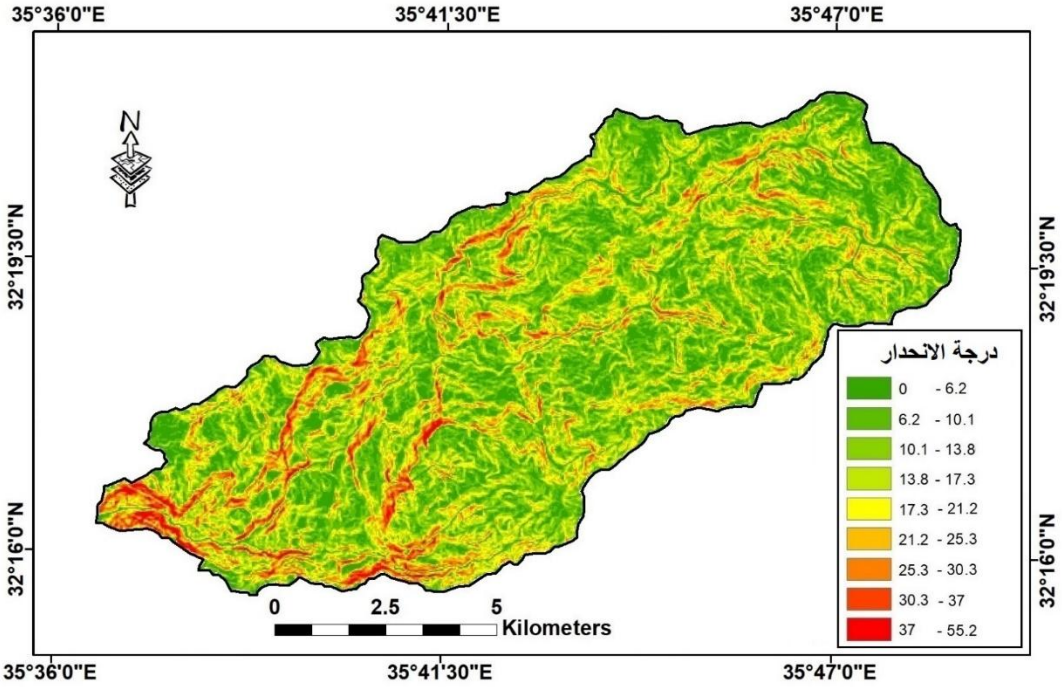
4.7. المناخ:

يسود الحوض مناخ البحر المتوسط الذي يتراوح بين المناخ شبه الرطب والجاف المعتدل (Shehadeh, 1983)، وعموماً يتصف المناخ في الحوض بغزارة أمطاره شتاء واعتدال درجة حرارته صيفاً، حيث تكسو منحدراته غابات البلوط والسنديان (شحادة، 1991)، إذ يتراوح المعدل السنوي للأمطار من 616.5 ملم/ السنة في محطة رأس منيف إلى أكثر من 650 ملم/ السنة في محطة كفرنجة (معدل الأمطار للفترة 1990-2020) (وزارة المياه والري،

2020)، ويبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة في محطة رأس منيف 14.6° م حيث يتباين مابين 22.2° م خلال شهر آب و 5.7° م خلال شهر كانون الثاني، حيث يكون المدى الحراري السنوي بين أعلى شهر وأدناه 16.5°م (دائرة الأرصاد الجوية، 2020).



الشكل (2): نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في حوض وادي كفرنجة.



الشكل (3): درجة الانحدار في حوض وادي كفرنجة.

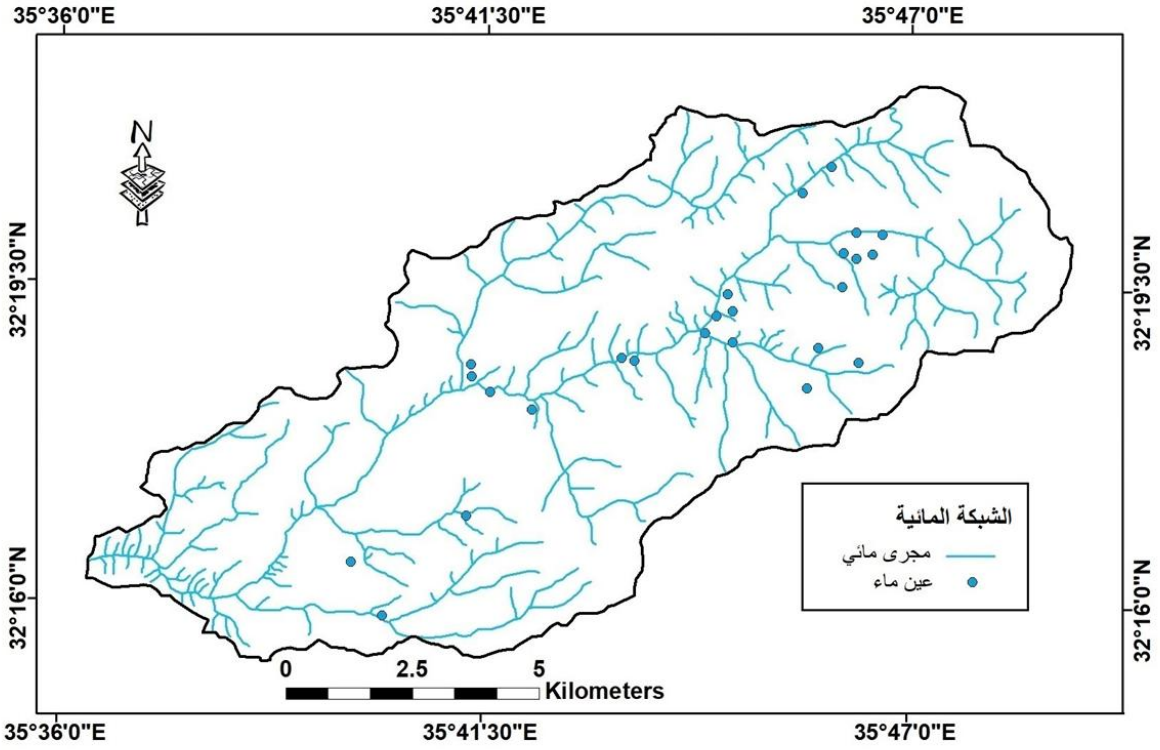
5.7. الموارد المائية:

1.5.7. المياه السطحية

تتكون المياه السطحية في حوض وادي كفرنجة من شبكة الروافد المائية فصلية الجريان تشمل روافد عجلون، وعنجرة، وكفرنجة كما في الشكل(4) حيث تغذى هذه المجاري من خلال مياه الأمطار في فصل الشتاء، فهي معظم إجمالي أطوال الأودية في الحوض، وتعتمد في تغذيتها على مياه الأمطار فقط مما يعكس قيمة كثافة التصريف والتي بلغت 0.78 في الحوض.

2.5.7. المياه الجوفية (الينابيع)

تتكون المياه الجوفية في الحوض بسبب تسرب المياه في فصل الشتاء ووصولها إلى الطبقة الحاملة لها في ظل وجود طبقات كتيمة سفلية تمنع تسرب المياه، إذ يحتوي الحوض على عدد من الينابيع الطبيعية مثل: (عين الزغدية، وعين القنطرة، وعين التيس، وعين البرانية، وعين الشرقية، وعين الفوار، وعين خلة البير)، حيث يعتمد المزارعون عليها في ري مزارعهم، ويرتبط وجود الينابيع بالطبقات الحاملة للمياه وهي صخور رمل الكرنب ذات النفاذية العالية الموجودة أسفل الطبقة الكتيمة مثل: الطبقات الكلسية العقدية، والتي تتغذى من خلال تسرب مياه الأمطار.



الشكل (4): الشبكة المائية في حوض وادي كفرنجة.

المصدر: الخرائط الطبوغرافية لوحتي دير أبي سعيد وجرش مقياس 50000، المركز الجغرافي الملكي لعام2014

6.7. التربة:

تم تصنيف التربة في حوض وادي كفرنجة إلى ثلاثة أنواع كما في الشكل(5) وهي:

1. التربة الحمراء المتوسطية: حيث تقع في المناطق المرتفعة من الحوض المختلطة مع الليثوسول، وتغطي حوالي 20% من مساحة الحوض لكن النسبة تزداد في الأودية الرئيسة والفرعية (Moorman, 1959)، حيث تغطي أشجار الصنوبر الحلبي هذه التربة بشكل عام، وتغطي أشجار البلوط (السنديان) التربة نفسها التي تزيد فيها نسبة الكلس، وتكون هذه التربة في الغالب فوق طبقة من المارل رغم أن أفقها العلوي A يتميز بفقره بمادة الدبال (حسن أبو سمور، 1985)، وقد تم تصنيفها بتربة البحر المتوسط النموذجية حسب المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي لعام 1993.
2. التربة الصفراء المتوسطية: حيث تقع إلى جهة الغرب وتسود في المنطقة الواقعة بين منسوبي مستوى سطح البحر و400 م فوق مستوى سطح

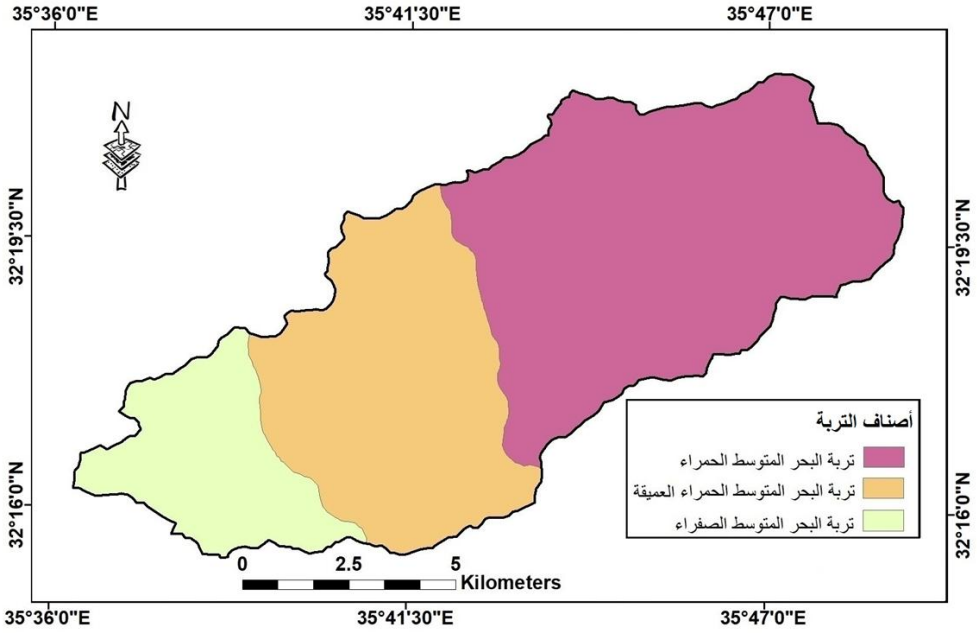
البحر، والتي حدثت لأسباب مناخية ونباتية حيث تبدأ كميات الأمطار بالانخفاض تدريجيا بإتجاه الغرب، كما أن أشجار البلوط تبدأ بالتباعد مما أدى إلى تغير في نوع التربة، وهي بذلك تمثل تربة انتقالية بين التربة الحمراء المتوسطية، وتربة السهل الفيضي للغور الأردني، وقد تم تصنيفها بتربة البحر المتوسط الكلسية النموذجية حسب المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي لعام 1993.

3. التربة الغورية: تتواجد بعد خروج وادي كفرنجة من المنطقة الصدعية المشرفة على الغور فإنه يخترق تربة الأغوار، والمتكونة في الغالب من تركيب معقد من الرواسب التي نقلتها المياه الجارية (السيول) من الترب السلتية الطفلية، والترب الطينية، وقد تم تصنيفها بالتربة الغورية بسيطة التكوين حسب المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي لعام 1993(وزارة الزراعة، 1993).

7.7. الغطاء النباتي:

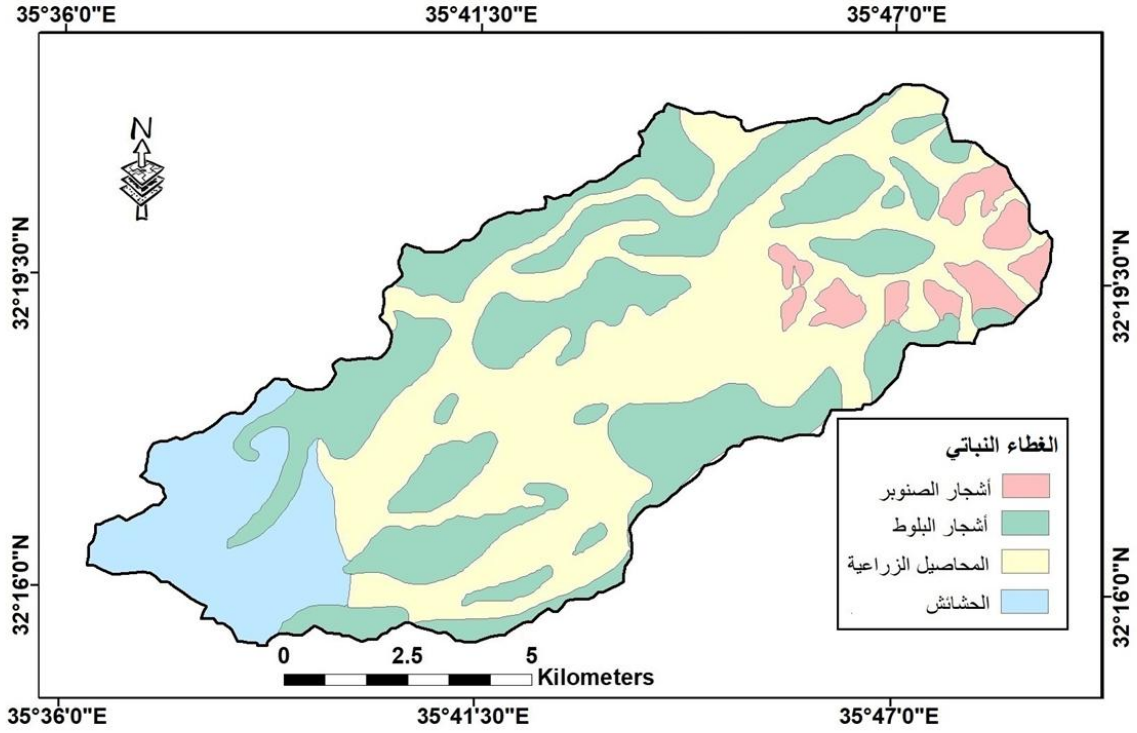
إن أهم عامل في التأثير على توزيع الغطاء النباتي هو العامل المناخي،إذ أن حوض وادي كفرنجة يقع ضمن مناخ حوض البحر المتوسط الذي يتراوح بين شبه الرطب والجاف المعتدل (Shehadeh, 1983)، وبناء على ذلك تم تصنيف الحوض إلى أربعة أصناف رئيسة كما في الشكل(6) وهي:

1. مجموعة نباتات الصنوبر الحلبي: حيث تغطي نباتات هذه المجموعة الروافد العليا لوادي عين جنا ووادي السلعوس، والتي هي في نفس الوقت روافد عليا لوادي كفرنجة، وهي أغنى الأجزاء بغابات الصنوبر الحلبي في المنطقة، كما أنها من أغنى المناطق الجبلية في الأردن بشكل عام.
2. مجموعة أشجار البلوط: حيث تغطي نباتات هذه المجموعة اشتفينا، والسفوح الشمالية الغربية، وغرب مدينة عجلون، أما امتداد الجانب الأيمن لوادي كفرنجة غرباً الذي تتمثل فيه نباتات ثانوية، والجانب الأيسر لوادي كفرنجة المتمثل في السفوح التي تحتضن بلدتي عنجرة، وكفرنجة والتي تتميز بفائض مائي كبير في فصل الشتاء، وعجز مائي كبير في فصل الصيف، لكن المناطق الغربية منها يقل فيها الفائض المائي؛ وذلك نتيجة للإتجاه غرباً صوب الحافة الصدعية لوادي كفرنجة حيث يتناقص التهطال (أبو سمور، 1985).
3. مجموعة نباتات الاستبس: حيث تنسب هذه المجموعة إلى نباتات الإقليم الإيراني التوراني وأحياناً تتداخل معها نباتات متوسطية أو نباتات إقليم الصحراء العربية (Al-Eisawi, 1983)، وتتأثر نباتات الاستبس هنا لوجودها ضمن منطقة متأثرة بمناخ متوسطي يتمتع بفائض مائي في الشتاء إلا أن كمية الأمطار تقل بالإتجاه غرباً كما أن الحافة الصدعية تتأثر بالتربة المتوسطية حيث تنتشر هنا التربة الصفراء المتوسطية، وتغطي تربة الريجوسول أجزاء من هذه المنطقة.
4. المحاصيل الزراعية: تتكون المحاصيل الزراعية من الأشجار المثمرة، والمحاصيل الحقلية، كما وتنتشر في جميع أجزاء الحوض خاصة في المناطق الشمالية والوسطى، ويعتمد المزارعون على مياه الأمطار إلى جانب الري من الينابيع الموجودة في الحوض.



الشكل (5): أصناف التربة في حوض وادي كفرنجة.

المصدر: المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي لعام 1993، وزارة الزراعة.



الشكل (6): الغطاء النباتي في حوض وادي كفرنجة.

المصدر: المجموعات النباتية لحوض وادي كفرنجة لعام 1985.

8. تحليل النتائج:

1.8. خصائص الوحدات الأرضية

تم تصنيف الحوض إلى سبع عشرة وحدة أرضية مميزة كما في الجدول (2) والشكل(7).

الجدول(2): مصفوفة خصائص المتغيرات للوحدات الأرضية في حوض وادي كفرنجة.

الرقم	الوحدات الأرضية	التكوين الجيولوجي
1	الانهيارات الارضية الحديثة	كلس ودولوميت ومارل ومستحثات
2	الانهيارات الارضية القديمة	كلس ودولوميت ومارل
3	ذرى التعرية	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان ودولوميت ومارل ومستحثات
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان ومارل ومستحثات
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان بالاضافة الى دولوميت ومارل ومستحثات
9	منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان بالاضافة الى دولوميت ومارل ومستحثات

الرقم	الوحدات الأرضية	التكوين الجيولوجي
10	المنحدرات غير المنتظمة	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان ودولوميت ومارل ومستحثات
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان بالاضافة الى دولوميت ومارل ومستحثات
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	كلس ودولوميت ومارل
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	كلس ودولوميت ومارل ومستحثات
14	المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار	كلس ودولوميت ومارل ومستحثات
15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان
16	الأودية الممتلئة	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان ومارل ومستحثات
17	التلال المنعزلة	كلس متكتل والطبقة السفلى كلس وصوان وكلس كتلي

المصدر: الخرائط الجيولوجية لوحتي دير أبي سعيد وجرش مقياس 50000.

الرقم	الوحدات الأرضية	الوحدات الجيومورفولوجية
1	الانهيارات الارضية الحديثة	الانهيارات الارضية
2	الانهيارات الارضية القديمة	الانهيارات الارضية
3	ذرى التعرية	ذرى التعرية
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	بقايا أسطح تحاتية
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	بقايا أسطح تحاتية
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	بقايا أسطح تحاتية
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	المنحدرات الجانبية
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	المنحدرات الجانبية
9	منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار	المنحدرات الجانبية
10	المنحدرات غير المنتظمة	منحدرات صخرية
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	منحدرات صخرية
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	منحدرات صخرية
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	مصاطب صخرية
14	المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار	مصاطب صخرية
15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	مصاطب صخرية
16	الأودية الممتلئة	الأودية الممتلئة
17	التلال المنعزلة	التلال المنعزلة

المصدر: المرئيات الفضائية والعمل الميداني.

الرقم	الوحدات الأرضية	التربة	الغطاء النباتي
1	الانهيارات الارضية الحديثة	تربة البحر المتوسط الحمراء	أشجار البلوط
2	الانهيارات الارضية القديمة	تربة البحر المتوسط الحمراء العميقة	أشجار البلوط والأراضي الزراعية
3	ذرى التعرية	تربة البحر المتوسط الحمراء	أشجار البلوط
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	التربة المختلطة	أشجار البلوط

الرقم	الوحدات الأرضية	التكوين الجيولوجي	
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	التربة المختلطة	أشجارالبلوط والصنوبر
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	تربة البحر المتوسط الحمراء والحمراء العميقة	أشجار البلوط والأراضي الزراعية
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	التربة المختلطة	أشجار البلوط والأراضي الزراعية
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	التربة المختلطة	أشجار البلوط والأراضي الزراعية
9	منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار	الحمراء والحمراء العميقة	أشجار البلوط والأراضي الزراعية
10	المنحدرات غير المنتظمة	تربة البحر المتوسط الحمراء	أشجارالبلوط والصنوبر
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	تربة البحر المتوسط الحمراء والحمراء العميقة	أشجار البلوط والأراضي الزراعية
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	التربة المختلطة	الأراضي الزراعية والحشائش
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	التربة الحمراء العميقة والصفراء	أشجار البلوط والحشائش
14	المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار	تربة البحر المتوسط الحمراء العميقة	أشجار البلوط والأراضي الزراعية
15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	تربة البحر المتوسط الحمراء	أشجار البلوط
16	الأودية الممتلئة	تربة البحر المتوسط الحمراء والصفراء	أشجار الصنوبر و الاراضي الزراعية
17	التلال المنعزلة	تربة البحر المتوسط الحمراء والحمراء العميقة	أشجارالبلوط والصنوبر

المصدر: المشروع الوطني لخارطة التربة واستعمالات الأراضي1993، خارطة المجموعات النباتية لحوض وادي كفرنجة 1985

الرقم	الوحدات الأرضية	الاستعمال السائد	كمية الأمطار
1	الانهيارات الارضية الحديثة	أراضي زراعية ومناطق سكنية وبعض الغابات	600
2	الانهيارات الارضية القديمة	أراضي زراعية ومراعي	525
3	ذرى التعرية	أراضي زراعية وغابات	600
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	أراضي زراعية وغابات مراعي وبعض المناطق السكنية	550
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	أراضي زراعية وغابات ومراعي وبعض المناطق السكنية	575
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	أراضي زراعية وغابات ومراعي ومناطق السكنية	575
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	أراضي زراعية وغابات ومراعي و مناطق سكنية	575
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	أراضي زراعية وغابات ومراعي و مناطق سكنية	550
9	منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار	أراضي زراعية ومراعي و غابات و مناطق سكنية	550
10	المنحدرات غير المنتظمة	أراضي زراعية ومناطق سكنية وبعض الغابات	600
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	أراضي زراعية وغابات	575
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	أراضي زراعية وغابات ومراعي ومناطق سكنية وأراضي جرداء	500
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	أراضي زراعية وغابات ومراعي	525
14	المصاطب الصخرية متوسطة	أراضي زراعية ومراعي وبعض المناطق السكنية	550

الرقم	الوحدات الأرضية	التكوين الجيولوجي	
	الانحدار		
15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	أراضي زراعية	600
16	الأودية الممتلئة	أراضي زراعية وغابات و مناطق سكنية	550
17	التلال المنعزلة	أراضي زراعية وغابات	550

المصدر: المرئيات الفضائية 2022 ووزارة المياه والري2020.

الرقم	الوحدات الأرضية	أقصى ارتفاع(م)	أدنى ارتفاع(م)	المساحة (كم²)	طول المنحدر(م)	الانحدار
1	الانهيارات الارضية الحديثة	900	1000	1.16	16.84	قليل
2	الانهيارات الارضية القديمة	400	500	0.83	6.8	متوسط
3	ذرى التعرية	900	1000	1.16	18.48	متوسط
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	700	1000	13.43	118.9	قليل
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	800	1200	14.5	81.38	متوسط
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	700	1100	4.08	36.93	شديد
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	800	1100	10.4	80.1	قليل
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	300	1100	18.47	138.8	متوسط
9	منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار	700	1100	12.47	119.2	شديد
10	المنحدرات غير المنتظمة	900	1000	0.85	11.9	قليل
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	700	800	12.6	29.82	قليل
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	-100	700	18.24	45.88	شديد
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	200	700	0.98	9.56	قليل
14	المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار	500	700	3.77	37.78	متوسط
15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	1000	1000	0.01	0.4	شديد
16	الأودية الممتلئة	1000	1100	0.54	7.42	متوسط
17	التلال المنعزلة	500	1100	0.82	6.7	متوسط

المصدر: القياس من خلال برمجية GIS 10.8

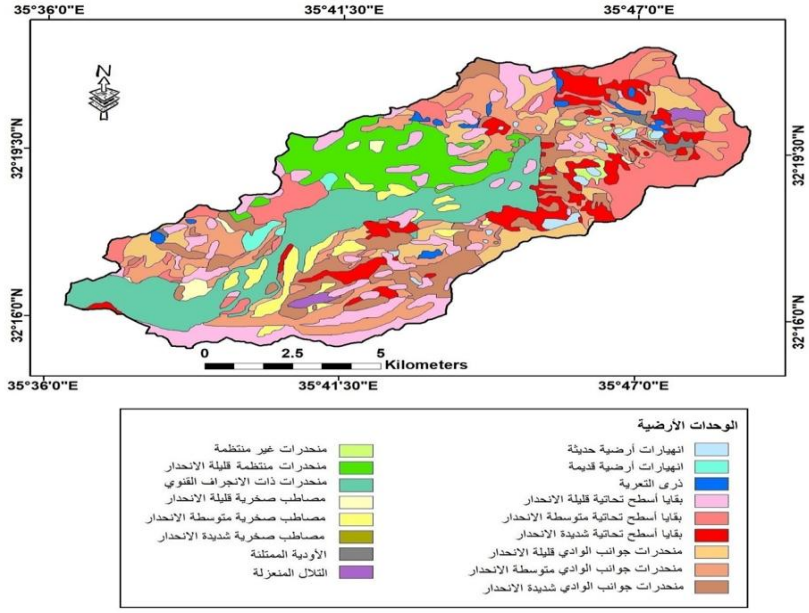
الرقم	الوحدات الأرضية	الانجراف بالمسيلات	الانجراف بالجدولة	الانجراف القنوي	درجة الانجراف	حدوث الانهيارات الأرضية
1	الانهيارات الارضية الحديثة	قليل	قليل	قليل	قليلة	يوجد
2	الانهيارات الارضية القديمة	قليل	قليل	قليل	قليلة	يوجد
3	ذرى التعرية	قليل	قليل	لا يوجد	قليلة	لا يوجد
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	شديد	شديد	متوسط	متوسطة	لا يوجد
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	شديد	شديد	قليل	متوسطة	لا يوجد
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	شديد	شديد	لا يوجد	شديدة	لا يوجد
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	شديد	شديد	لا يوجد	متوسطة	لا يوجد
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	شديد	شديد	شديد	شديدة	لا يوجد
9	منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار	شديد	شديد	متوسط	شديدة	لا يوجد
10	المنحدرات غير المنتظمة	قليل	قليل	لا يوجد	قليلة	لا يوجد
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	متوسط	متوسط	شديد	متوسطة	لا يوجد
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	شديد	متوسط	شديد	شديدة	لا يوجد
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	قليل	قليل	قليل	قليلة	لا يوجد
14	المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار	متوسط	متوسط	قليل	متوسطة	لا يوجد

15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	قليلة	لا يوجد
16	الأودية الممتلئة	قليل	قليل	لا يوجد	قليلة	لا يوجد
17	التلال المنعزلة	قليل	قليل	لا يوجد	قليلة	لا يوجد

المصدر: روافد الشبكة المائية رتبة 1 بالنسبة للانجراف بالمسيلات ورتبة 2 بالنسبة للانجراف بالجدولة ورتبة 3 بالنسبة للانجراف القنوي، معادلة RUSLE بواسطة برمجية ENVI5.6 بالنسبة لدرجة الانجراف والعمل الميداني بالنسبة لحدوث الانهيارات الأرضية.

الرقم	الوحدات الأرضية	مؤشر NDVI	مؤشر SAVI	مؤشر GNDVI	مؤشر CHROMA	مؤشر HUE
1	الانهيارات الارضية الحديثة	قليل	قليل	قليل	قليل	قليل
2	الانهيارات الارضية القديمة	متوسط	متوسط	متوسط	قليل	قليل
3	ذرى التعرية	عال	عال	عال	عال	عال
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	متوسط	متوسط	متوسط	قليل	قليل
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
9	منحدرات جوانب الوادى شديدة الانحدار	قليل	قليل	متوسط	قليل	قليل
10	المنحدرات غير المنتظمة	قليل	قليل	متوسط	قليل	قليل
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	عال	عال	عال	عال	عال
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	قليل	قليل	متوسط	قليل	قليل
14	المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار	متوسط	متوسط	متوسط	قليل	قليل
15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	قليل	قليل	متوسط	قليل	قليل
16	الأودية الممتلئة	عال	عال	عال	عال	عال
17	التلال المنعزلة	قليل	قليل	متوسط	قليل	متوسط

المصدر: مرئية Landsat8، 2022.



الشكل (7): الوحدات الأرضية في حوض وادي كفرنجة.

المصدر: تطابق الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية والتربة والنبات الطبيعي والمناخ والعمل الميداني.

2.8. نتائج التحليل العاملي

أظهرت نتائج التحليل العاملي وجود أربعة عوامل فسرت حوالي (77%) من مجموع التباين الكلي لتفسير الخصائص للوحدات الأرضية، ومشكلاتها البيئية في الحوض؛ وذلك من أجل إدارتها إدارة سليمة، ويوضح الجدول (3) الأهمية النسبية لهذه العوامل المستخلصة من التحليل العاملي حسب نسبة مساهمتها في تفسير التباين الكلي على أساس القيمة المميزة لكل عامل، وذلك من خلال الإشارة إلى التباين المفسر الذي يفسره العامل في المتغيرات الداخلة في التحليل، كما يوضح الجدول (3) نسبة تفسير كل عامل من العوامل الأربعة من نسبة التفسير التراكمية الكلية، فقد فسر العامل الأول والثاني ما نسبته (52%) من التباين المفسر للظاهرة بينما فسرت العوامل الأخرى الأخيرة ما نسبته (25%) من مجوع التباين المفسر.

الجدول (3): العوامل المستخلصة ونسب مساهمتها في تفسير التباين الكلي للظاهرة.

العامل	القيمة المميزة	نسبة التباين المفسر%	نسبة التباين المفسر التراكمية %
الأول	6.383	30.395	30.395
الثاني	4.548	21.656	52.051
الثالث	2.947	14.032	66.083
الرابع	2.310	10.998	77.081

3.8. تسمية العوامل :

تم تسمية العوامل من خلال قيمة تشبعات العوامل للمتغيرات كما في الجدول (4)، فقد تم قياس قوة الارتباط بين كل من العوامل الأربعة والمتغيرات المستخدمة في التحليل العاملي، وبناء على ذلك فقد أطلق على العامل الأول الانجراف، والعامل الثاني خصائص التربة ، والعامل الثالث المورد الطبيعي، والعامل الرابع النظام الأرضي.

الجدول (4): مصفوفة تشبعات العوامل المدورة.

المتغيرات	العامل الأول	العامل الثاني	العامل الثالث	العامل الرابع
التكوين الجيولوجي	0.056	0.125	0.310	0.823
الوحدات الجيومورفولوجية	-0.370	-0.027	-0.521	0.677
التربة	0.369	0.196	-0.685	0.283
الغطاء النباتي	-0.154	-0.148	0.787	0.151
الاستعمال السائد	0.196	0.131	0.269	0.461
كمية الأمطار(ملم)	-0.262	0.030	0.843	-0.052
أقصى ارتفاع(م)	-0.273	0.190	0.780	0.148
أدنى ارتفاع(م)	0.369	0.081	0.376	0.708
المساحة(كم²)	0.816	0.130	-0.188	0.040
طول المنحدر	0.934	-0.013	-0.082	0.143
درجة الانحدار	0.166	-0.013	0.001	0.291
الانجراف بالمسيلات	0.951	0.069	-0.178	0.056
الانجراف بالجدولة	0.940	0.049	-0.098	0.100
الانجراف القنوي	0.591	0.100	-0.400	-0.289
درجة الانجراف	0.881	0.037	-0.202	0.122
الانهيارات الأرضية	-0.180	-0.232	0.239	-0.739
مؤشر NDVI	0.142	0.958	-0.032	-0.111
مؤشر SAVI	0.142	0.958	-0.032	-0.111
مؤشر GNDVI	-0.191	0.860	-0.113	0.300
مؤشر CHROMA	0.127	0.946	0.081	0.155
مؤشر HUE	0.044	0.890	0.040	0.298

الجدول (5): مصفوفة الدرجات العاملية للعوامل الأربعة.

الرقم	الوحدات الأرضية	العامل الأول	العامل الثاني	العامل الثالث	العامل الرابع
1	الانهيارات الارضية الحديثة	-0.30904	-1.13236	1.56954	-1.81332
2	الانهيارات الارضية القديمة	-0.64959	-0.10134	-0.30011	-2.11456
3	ذرى التعرية	-0.77152	1.93427	1.46765	-0.40345
4	بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار	0.99303	-0.37535	-0.05966	-0.32479
5	بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار	1.26774	0.11171	0.63665	0.19593
6	بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار	0.79525	0.13669	0.65182	0.62874
7	منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار	0.79467	0.09786	0.18956	0.45395
8	منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار	1.53163	0.08997	-0.42571	0.33465
9	منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار	1.28954	-1.05819	0.07771	0.8544
10	المنحدرات غير المنتظمة	-0.94331	-0.84433	0.97874	0.28994
11	المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار	0.15086	1.8352	-0.20449	-0.15841
12	المنحدرات ذات الانجراف القنوي	0.77896	0.37487	-1.41046	-0.68823
13	المصاطب الصخرية قليلة الانحدار	-1.1637	-0.81617	-2.09846	-0.27961
14	المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار	-0.27993	-0.26874	-1.03776	-0.79717
15	المصاطب الصخرية شديدة الانحدار	-1.26292	-0.84661	1.07303	1.01068
16	الأودية الممتلئة	-1.16794	1.77443	-0.5717	1.07317
17	التلال المنعزلة	-1.05372	-0.9119	-0.53635	1.73806

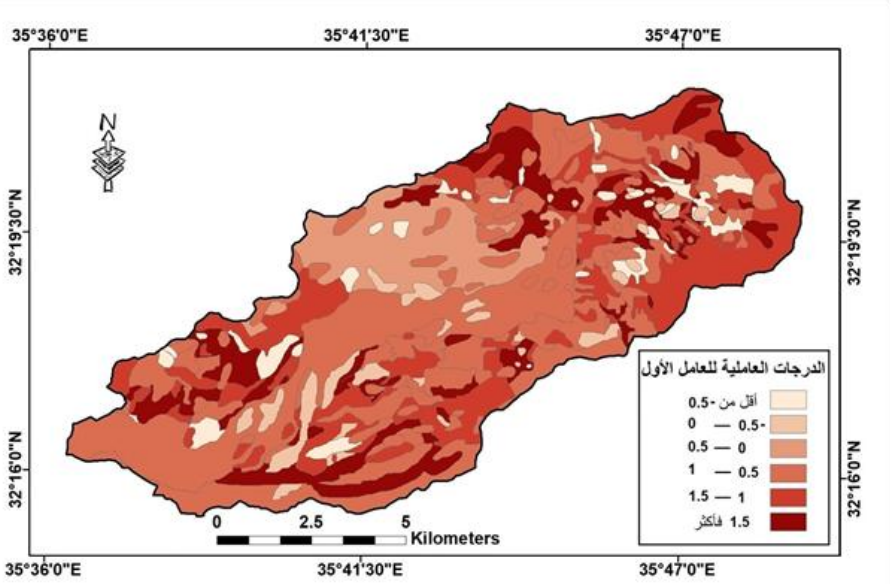
وتبين من خلال تفسير توزيع الدرجات العاملية (Factor Score) كما في الجدول (5) بما يمثله من قيم معيارية، والتي تقيس ارتباط الوحدات الأرضية بالعوامل التي تركزت حولها المتغيرات المشتقة منها العوامل، وما تكشفه لهذه الوحدات التي تتشابه في خصائصها الطبيعية أن العامل الأول (الانجراف) والعامل الثاني (خصائص التربة) والعامل الثالث (المورد الطبيعي) والعامل الرابع (النظام الأرضي) قد ارتبطوا بالوحدات الأرضية التالية حيث تركزت بأعلى القيم والتي توضحها الأشكال (8)، (9)، (10)، (11):

1.3.8. العامل الأول:

أطلق عليه عامل (الانجراف)، حيث فسرت المتغيرات جميعها ما نسبته (30.395%) من التباين الكلي المفسر، وبقيمة مميزة بلغت نحو(6.383)، وتوضح ذلك مصفوفة معاملات الارتباط المدورة الجدول (4)، حيث ارتبط هذا العامل ارتباطاً ايجابياً قوياً مع المساحة (0.816)، وطول المنحدر(0.934)، والانجراف بالمسيلات (0.951)، والانجراف بالجدولة (0.940)، ودرجة الانجراف (0.881).

ومن خلال توزيع الدرجات العاملية الجدول (5) تبين أن العامل الأول (الانجراف) قد ارتبط بقيم عالية مع الوحدات الأرضية الآتية الشكل (8):

1. وحدة بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار.
2. وحدة بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار.
3. وحدة بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار.
4. وحدة منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار.
5. وحدة منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار.
6. وحدة منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار.
7. وحدة المنحدرات ذات الانجراف القنوي.



الشكل(8): الدرجات العاملية للعامل الأول (الانجراف) في حوض وادي كفرنجة.

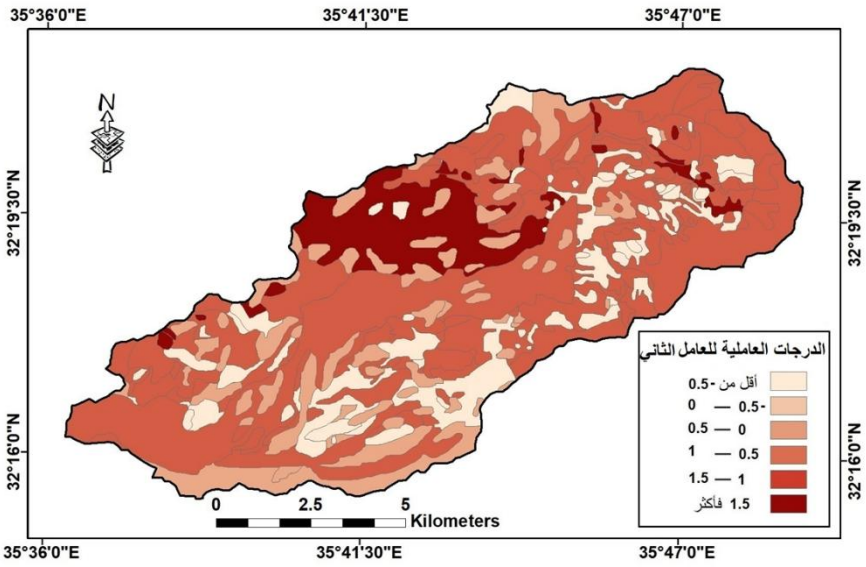
المصدر: نتائج التحليل العاملي (الدرجات العاملية) للعامل الأول.

2.3.8. العامل الثاني:

أطلق على العامل الثاني عامل (خصائص التربة)، الذي يمثل المرتبة الثانية بين العوامل التي فسرت التباين، إذ أنه فسر ما نسبته (21.656%) من إجمالي التباين الكلي في مصفوفة المتغيرات، وبقيمة مميزة تقدر ب(4.548)، إذ إن المتغيرات التي ارتبطت بهذا العامل ارتباطاً طردياً قوياً هي مؤشر NDVI (0.958)، ومؤشر SAVI (0.958)، ومؤشر GNDVI (0.860)، ومؤشر CHROM (0.946)، ومؤشر HUE (0.890).

ومن خلال توزيع الدرجات العاملية كما في الجدول (5) تبين أن العامل الثاني (خصوبة التربة) قد ارتبط بقيم عالية مع الوحدات الأرضية الآتية الشكل (9):

1. وحدة ذرى التعرية.
2. وحدة المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار.
3. وحدة الأودية الممتلئة.



الشكل (9): الدرجات العاملية للعامل الثاني (خصائص التربة) في حوض وادي كفرنجة.

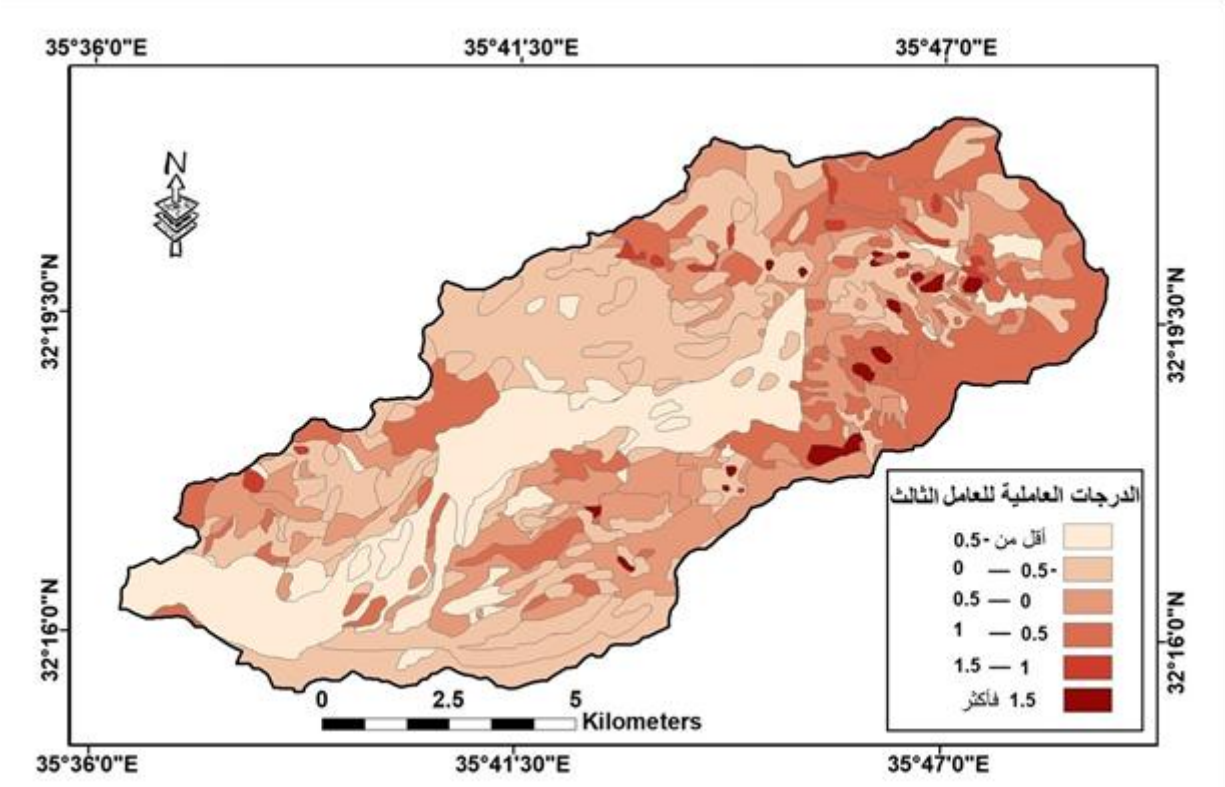
المصدر: نتائج التحليل العاملي (الدرجات العاملية) للعامل الثاني.

3.3.8. العامل الثالث:

يمثل العامل الثالث والذي أطلق عليه عامل (المورد الطبيعي) المرتبة الثالثة بين العوامل المشتقة من التحليل العاملي، حيث فسر ما نسبته (14.032%) من مجمل التباين المفسر، وبقيمة مميزة بلغت (2.947)، إذ إن أهم المتغيرات التي ارتبطت بالعامل بدرجات تشبع طردية عالية هي الغطاء النباتي (0.787)، وكمية الأمطار (0.843)، وأقصى ارتفاع (0.780).

ومن خلال توزيع الدرجات العاملية الجدول (5) تبين أن العامل الثالث (المورد الطبيعي) قد ارتبط بقيم عالية مع الوحدات الأرضية الآتية الشكل (10):

1. وحدة الانهيارات الأرضية الحديثة.
2. وحدة ذرى التعرية.
3. وحدة بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار.
4. وحدة بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار.
5. وحدة المنحدرات غير المنتظمة.



الشكل (10): الدرجات العاملية للعامل الثالث (المورد الطبيعي) في حوض وادي كفرنجة.

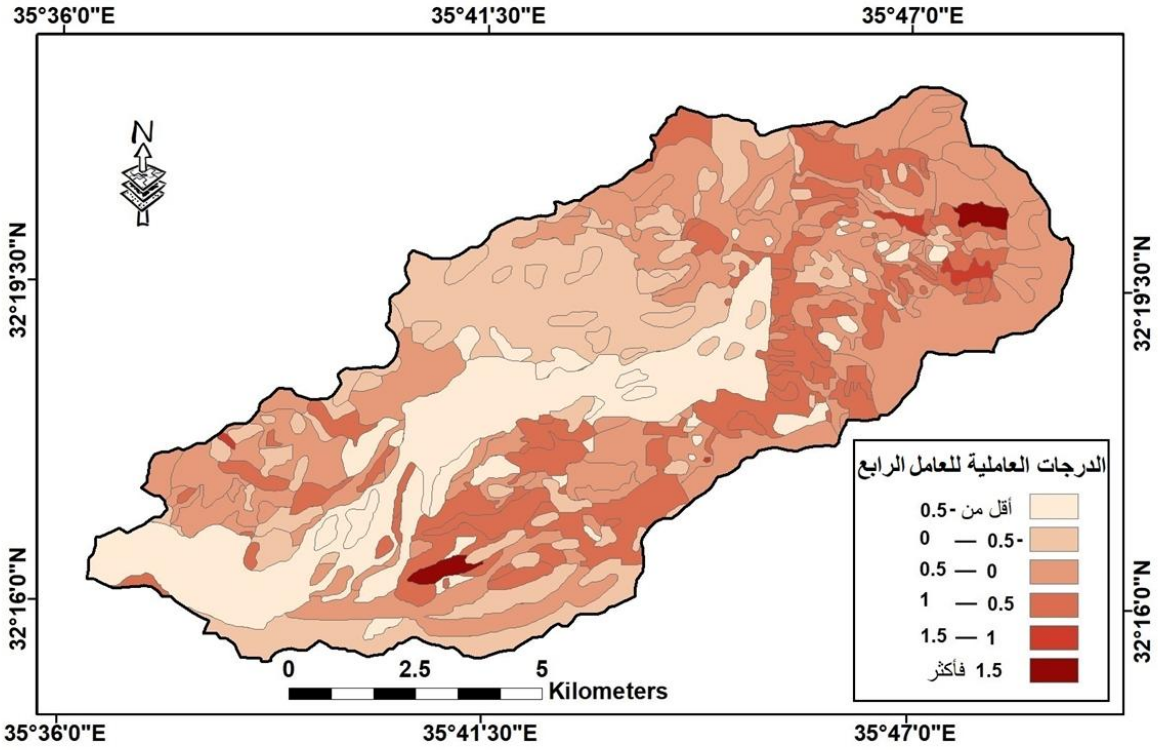
المصدر: نتائج التحليل العاملي (الدرجات العاملية) للعامل الثالث.

4.3.8. العامل الرابع:

أحتل العامل الرابع والذي أطلق عليه عامل (النظام الأرضي) المرتبة الرابعة من حيث الأهمية، فقد فسر هذا العامل ما نسبته (10.998%) من التباين الكلي، وبقيمة مميزة بلغت نحو (2.310)، إذ إن أهم المتغيرات التي ارتبطت بعلاقة طردية قوية هي التكوين الجيولوجي (0.823)، والوحدات الجيومورفولوجية (0.677)، وأدنى ارتفاع (0.708).

ومن خلال توزيع الدرجات العاملية الجدول (5) تبين أن العامل الرابع (النظام الأرضي) قد ارتبط بقيم عالية مع الوحدات الأرضية الآتية الشكل (11):

1. وحدة بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار.
2. وحدة منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار.
3. وحدة المصاطب الصخرية شديدة الانحدار.
4. وحدة الأودية الممتلئة.
5. وحدة التلال المنعزلة.



الشكل (11): الدرجات العاملية للعامل الرابع (النظام الأرضي) في حوض وادي كفرنجة.

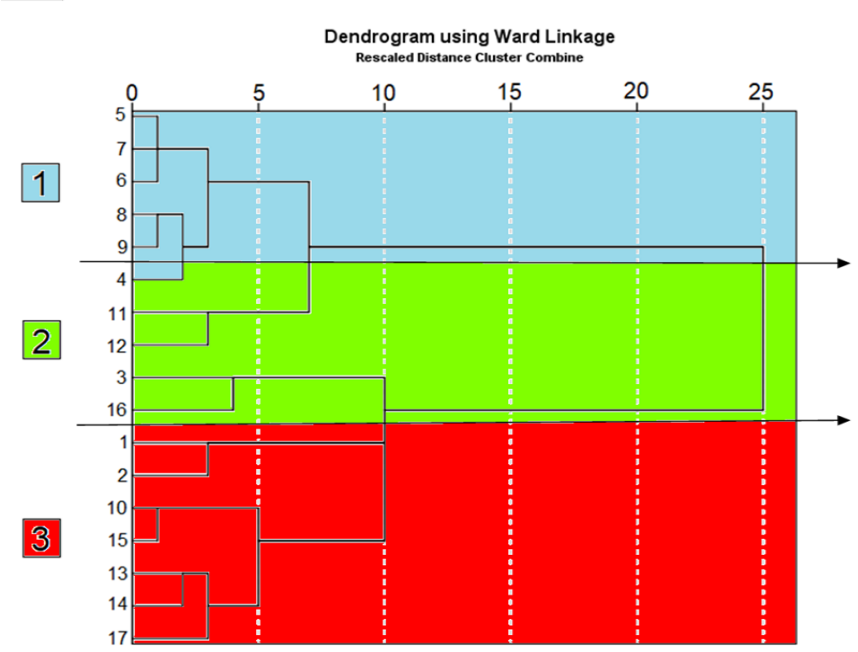
المصدر: نتائج التحليل العاملي (الدرجات العاملية) للعامل الرابع.

4.8. تصنيف الوحدات الأرضية تبعا للأخطار البيئية:

اعتمد تصنيف الوحدات الأرضية في حوض وادي كفرنجة على التحليل العنقودي، حيث أوجد مجموعات أرضية متميزة من حيث الخصائص الطبيعية والأخطار البيئية كما في الجدول(6)؛ لإدارة هذه الأراضي، وتحديد أخطارها، وإيجاد الإجراءات التي من شأنها حماية تلك الأراضي من خطر الاستنزاف والتدهور، والمحافظة عليها للوصول إلى مرحلة التطوير والتنمية المستدامة وذلك عن طريق التحليل العنقودي.

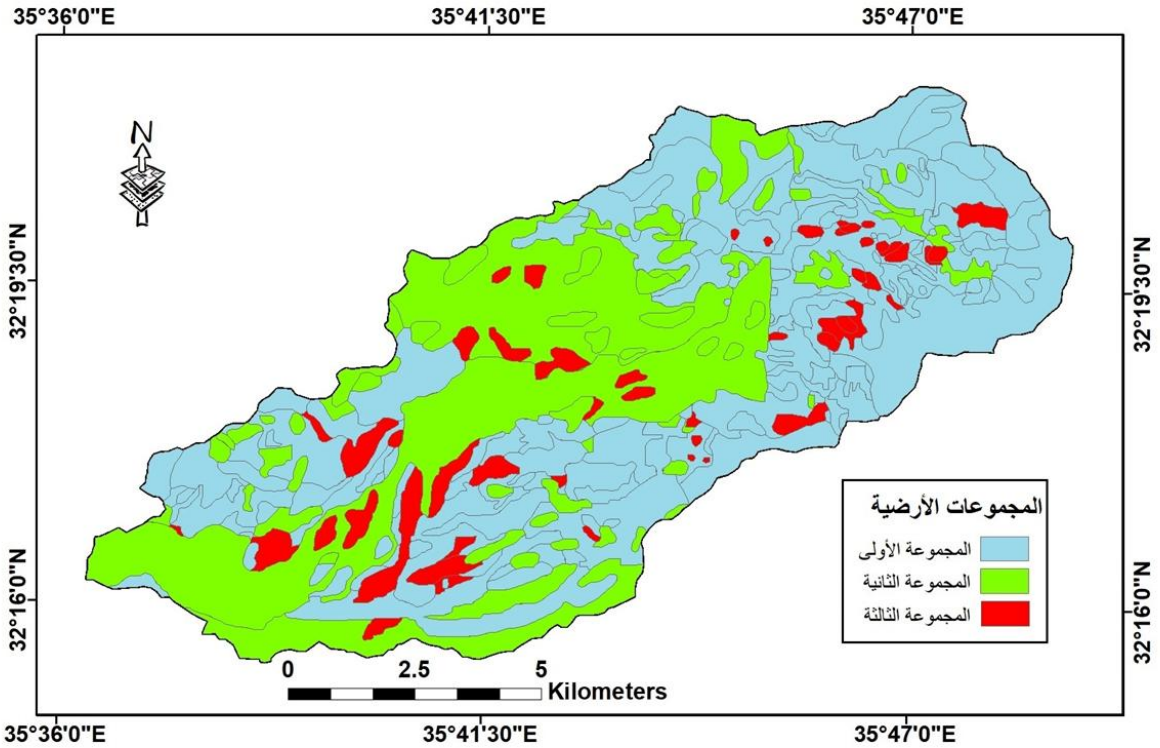
1.4.8. نتائج التحليل العنقودي

أظهرت نتائج التحليل العنقودي وجود ثلاث مجموعات أرضية تضم الوحدات الأرضية المتشابهة أو المتماثلة موضحة في الشكل (13)، ويبين النموذج الشجري شكل (12) تقسيماً للمجموعات الأرضية، حيث تكونت المجموعة الأولى من خمس وحدات أرضية وهي (5-7-6-8-9)، وضمت المجموعة الثانية خمس وحدات أرضية وهي (4-11-12-3-16)، أما المجموعة الثالثة فقد احتوت على سبع وحدات وهي (1-2-10-15-13-14-17).



الشكل (12): النموذج الشجري لتصنيف الوحدات الأرضية باستخدام التحليل العنقودي في حوض وادي كفرنجة.

المصدر: نتائج التحليل العنقودي.



الشكل (13): المجموعات الأرضية في حوض وادي كفرنجة.

المصدر: نتائج التحليل العنقودي.

2.4.8. الخصائص المشتركة للمجموعات الأرضية:

الجدول (6): الخصائص المشتركة للمجموعة الأولى.

المجموعة الأولى	الخصائص الطبيعية	الغطاء الأرضي السائد	الاستعمال المقترح
- وحدة بقايا الأسطح التحاتية متوسطة الانحدار. - وحدة منحدرات جوانب الوادي قليلة الانحدار. - وحدة بقايا الأسطح التحاتية شديدة الانحدار. - وحدة منحدرات جوانب الوادي متوسطة الانحدار. - وحدة منحدرات جوانب الوادي شديدة الانحدار.	تتضمن التكوينات الجيولوجية في هذه المجموعة الصخر الكلسي المتكتل والطبقة السفلى منه كلس وصوان، إضافة الى الدولوميت والمارل والمستحثات، ويتراوح الارتفاع فيها عن مستوى سطح البحر ما بين (300-1200م)، ومتوسط كمية الأمطار بنحو 550-575ملم/ السنة.	الأراضي الزراعية، والغابات، وبعض المناطق السكنية.	مناطق غابات، وتحريج محميات طبيعية.
الأخطار البيئية ذات العلاقة بالموارد الأرضية	تعاني هذه المجموعة من الانجراف الشديد بفعل الانجرف بالجدولة والانجراف بالمسيلات.		
الحلول المقترحة	القيام بإجراءات صيانة التربة، ووضع مصاطب كنتورية وحجرية، والتصريف السطحي لمياه المنحدرات من حيث جمع وصرف المياه بعيداً عن المنحدر، والتحريج المستمر للغابات.		

الجدول (7): الخصائص المشتركة للمجموعة الثانية.

المجموعة الثانية	الخصائص الطبيعية	الغطاء الأرضي السائد	الاستعمال المقترح
- وحدة بقايا الأسطح التحاتية قليلة الانحدار. **- وحدة المنحدرات المنتظمة قليلة الانحدار.** **- وحدة المنحدرات ذات الانجراف القنوي.** **- وحدة ذرى التعرية.** **- وحدة الأودية الممتلئة.**	تتباين التكوينات الجيولوجية فيها بين الحجرالكلسي والمارل و الدولوميت وبعض الصوان والمستحثات، ويتراوح الارتفاع فيها عن مستوى سطح البحر ما بين (-100-1100م)، ومتوسط كمية الأمطار بنحو550-600 ملم/ السنة.	الأراضي الزراعية، والغابات.	زراعة الأشجار المثمرة بنظام مختلط مع زراعة المحاصيل الحقلية في المناطق الشمالية، ومراكز عمرانية في المناطق الجنوبية.
الأخطار البيئية ذات العلاقة بالموارد الطبيعية	الانجراف الشديد بفعل الانجراف بالمسيلات، والانجراف المتوسط بفعل الانجراف بالجدولة والانجراف القنوي.		
الحلول المقترحة	استخدام الزراعة الكنتورية، والقيام بإجراءات صيانة التربة، ووضع مصاطب كنتورية وحجرية، واستخدام أسلوب الدورات الزراعية، والتصريف السطحي لمياه المنحدرات من حيث جمع وصرف المياه بعيداً عن المنحدر.		

الجدول (8): الخصائص المشتركة للمجموعة الثالثة.

المجموعة الثالثة	الخصائص الطبيعية	الغطاء الأرضي السائد	الاستعمال المقترح
- وحدة الانهيارات الأرضية الحديثة. - وحدة الانهيارات الأرضية القديمة. - وحدة المنحدرات غير المنتظمة. - وحدة المصاطب الصخرية شديدة الانحدار. - وحدة المصاطب الصخرية قليلة الانحدار. وحدة المصاطب الصخرية متوسطة الانحدار. - وحدة التلال المنعزلة.	تتضمن التكوينات الجيولوجية في هذه المجموعة الصخر الكلسي الدولوميتي مع المارل و المستحثات، ويتراوح الارتفاع فيها عن مستوى سطح البحر ما بين (200-1100م)، ومتوسط كمية الأمطار بنحو525-600 ملم/ السنة.	الأراضي الزراعية، والمراعي.	مراعي، ومحميات طبيعية.
الأخطار البيئية ذات العلاقة بالموارد الطبيعية	تعاني من خطر الانهيارات الأرضية ذات المستوى العالي جداً، وقلة في الغطاء النباتي، وقلة في المحتوى العضوي والرطوبي.		
الحلول المقترحة	الحذر من التوسع العمراني، وضبط إنشاء الطرق، والاستفادة من مخلفات الحيوانات كسماد عضوي، والقيام باجراءات صيانة التربة، وتحريج المحميات الطبيعية.		

9. النتائج:

1. صنفت نتائج الدراسة الحوض بناءاً على الخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية والبنيوية إلى أربعة أقاليم أرضية، وثماني نظم، وتم تصنيفها إلى سبع عشرة وحدة أرضية؛ وذلك لأغراض التنمية والتطوير.
2. كشفت النتائج من خلال التحليل العاملي وجود أربعة عوامل فسرت نحو (77%) من مجموع التباين الكلي لتفسير الخصائص للوحدات الأرضية والأخطار البيئية في الحوض، حيث تم تسمية العامل الأول بالانجراف والعامل الثاني بخصائص التربة والعامل الثالث بالمورد الطبيعي والعامل الرابع بالنظام الأرضي.
3. أظهرت النتائج من خلال التحليل العنقودي (النموذج الشجري) وجود ثلاث مجموعات أرضية ضمت الوحدات المتشابهة في الأخطار البيئية، حيث تعرضت المجموعة الأولى لخطر الانجراف الشديد بفعل الجدولة والمسيلات، كما تعرضت المجموعة الثانية لخطر الانجراف الشديد بفعل المسيلات والانجراف المتوسط بفعل الجدولة والانجراف القنوي، وتعرضت المجموعة الثالثة لخطر الانهيارات الأرضية ذات المستوى العالي جداً.
4. أكدت نتائج الدراسة على قدرة وفاعلية تطبيقات تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحليل ومراقبة الأراضي، وإنتاج خرائط دقيقة؛ لتوضيح الموارد الطبيعية والأخطار البيئية التي يتعرض لها حوض وادي كفرنجة.

10. التوصيات:

1. ضرورة التركيز على الأخطار البيئية التي تتواجد في الحوض مثل الانجراف والانهيارات الأرضية، وتطبيق اجراءات هندسية تتمثل بإقامة المصاطب والجدران الاستنادية على المنحدرات، وجوانب الطرق.
2. الحذر من التوسع العمراني، وضبط إنشاء الطرق وخاصة في المناطق التي تعاني من الانهيارات الأرضية.
3. توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في الدراسات الطبيعية التطبيقية؛ لما لها من دور في الحصول على نتائج دقيقة، وقدرتها على توفير الوقت والجهد.

المصادر والمراجع

أبو الشواشي، ن. (2012). *تقييم الأراضي والموارد الطبيعية في البادية الجنوبية باستخدام وسائل الاستشعار عن بعد ونظم معلومات جغرافية. رسالة دكتوراه غير منشورة*، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

أبو سمور، ح. (1987). الطبقات النباتية المكونة للمجموعات النباتية في حوض وادي زي. *مجلة دراسات*، 14(12).

بندر، أ. (1968). الخارطة الجيولوجية لوحة عمان مقياس 1:250000.

دائرة الأرصاد الجوية. (2020). بيانات مناخية غير منشورة. عمان، الأردن.

الشيخ، ن. (2024). *تقييم الوحدات الأرضية الايكولوجية وإدارة الموارد الطبيعية في حوض وادي كفرنجة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. رسالة دكتوراه غير منشورة*، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.

الصالح، ن.، والسرياني، م. (2000). *الجغرافيا الكمية والإحصائية أسس وتطبيقات بالأساليب الحاسوبية الحديثة*. (ط1). الرياض: مكتبة العبيكان.

المركز الجغرافي الملكي الأردني. (2014). خرائط طبوغرافية لوحتي السلط وصويلح مقياس 1:50000، عمان، الاردن.

النوايسة، س. (2018). التقييم الجيومورفولوجي لأراضي حوض وادي الغفر لأغراض التوسع العمراني. *المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية*، 11(1)، 87-111.

سلامة، ح. (1981)، منطقة عجلون: دراسة جيومورفولوجية. *مجلة دراسات*، 8(1).

سلطة المصادر الطبيعية. (1993). خرائط جيولوجية لوحتي دير أبي سعيد وجرش مقياس 1:50000، عمان، الأردن.

شحادة، ن. (1991). *مناخ الأردن*. (ط1). الأردن: دار البشير.

طعاني، ك. (2018). *تقييم الأراضي في حوض وادي العرب لأغراض التنمية المستدامة. رسالة ماجستير غير منشورة*، جامعة اليرموك، اربد، الأردن.

عنبر، وآخرون. (2024). تقييم الوحدات الأرضية في حوض وادي الرميمين، الأردن باستخدام التحليل العاملي. *مجلة دراسات*، (51)3.

وزارة الزراعة.(2020). بيانات غير منشورة، عمان، الأردن.

وزارة المياه والري. (2020). بيانات غير منشورة، عمان، الأردن.

References

Al- Eisawi, D. (1983). Vegetation in Jordan, Second Inert. Conf. of History and Archaeology of Jordan, 18-23.

Balasubramani, K. (2018). Physical resources assessment in a semi-arid watershed: An integrated methodology for sustainable land use planning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 142, 358-379.

Calvello, M. Cascini, L., & Mastroianni, S. (2013). Landslide zoning over large areas from a sample inventory by means of scale-dependent terrain units. Geomorphology, 182, 33-48.

Camiz, S., & Poscolieri, P. (2015). Geomorpho: a methodology for the classification of terrain units, GEOMORPHOMETRY, volume Geomrphometry for geosciences.

Couto Junior, A. Martins, P., & Sano, E. (2021). Data for: Terrain Units, land use/cover, and gross primary productivity of the largest fluvial basin in the Brazilian Amazonia/Cerrado ecotone: The Araguaia River Basin, Data in Brief, 34.

Gorsuch, R. (1983). Factor Analysis. (2nd ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Edition Erlbaum Asocial.

Mandla, V., & Vani, V. (2017). Comparative Study of NDVI and SAVI Vegetation Indices in Anantapur District Semi-Arid Areas. *International Journal of Civil Engineering and Technology, (IJCIET)*, 8(4), 559–566.

Marie, I., & Alshaabi, B. (2024). Analysis of the Morphometric Characteristics of Wadi Rajil in the Azraq Basin using Geographic Information Systems. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 9, 172-184.

Moorman, F. (1959). Report to the government of Jordan on soil of east Jordan. FAO.

Plambeck, N. (2020). Reassessment of the potential risk of soil erosion by water on agricultural land in Germany: Setting the stage for site-appropriate decision-making in soil and water resources management, Ecological Indicators, 118.

Saleh, A. Belal, A., & Mohamed, E. (2015). Land resources assessment of El-Galaba basin, South Egypt for the potentiality of agriculture expansion using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 18, 19-30.

Shehadeh, N. (1983), The climate of Jordan in the past and present. *Sudies in the history and archaeology of Jordan*, 2, 33-34.

Van Zuidan, R.A. (1979). *Terrain Analysis and Classification using Arial photographs*. Netherlands: International Institute for Aerial survey and Earth Sciences, I.T.C, Enscheda.

Wang, B., Ding, M. Li, S. Liu, L., & Ai, J. (2020) .Assessment of landscape ecological risk for a cross-border basin: A case study of the Koshi River Basin. *Central Himalayas, Ecological Indicators*, 117.