

Application of the Erosion Model (EPM) to Estimate Soil Loss by Water Erosion in the Wadi Fatima Basin using GIS & RS

تطبيق نموذج التعرية المحتملة (EPM) لتقدير الفاقد من التربة بالتعرية المائية في حوض وادي فاطمة باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

Dr.Halima Ibrahim alzubaidi*

د. حليلة إبراهيم الزبيدي¹

¹Associate Professor, Department of Geography, College of Social Sciences, Umm Al-Qura University, Makkah Al-Mukarramah, Saudi Arabia

¹أستاذ مشارك قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، السعودية

Received:13/02/23 Revised:20/02/23 Accepted: 26/02/23

تاريخ التقديم:13/02/23: تاريخ ارسال التعديلات: 20/02/23 تاريخ القبول:26/02/23

الملخص:

يعد انجراف التربة بسبب التعرية المائية من أكثر المخاطر التي تواجهها أحواض التصريف وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، ومن هنا تأتي هذه الدراسة بهدف تقدير الفاقد السنوي من التربة بسبب التعرية المائية في حوض وادي فاطمة، وتحديد مستويات التعرية في الحوض، وذلك بالاعتماد على المصادر الرقمية للأقمار الفضائية ومعالجتها، وبناء قواعد البيانات في بيئات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ومن ثم الخروج بنتائج أكثر دقة. وقد اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التطبيقي حيث طبقت نموذج EPM لتقدير الفاقد من التربة على مستوى الخلية. وتوصلت الدراسة إلى أن المعدل السنوي للتعرية المائية لتربة حوض وادي فاطمة بلغ نحو ٢٥٠٣٢ م³/كم²/سنه، وهي تعرية عالية حيث إن كامل الحوض واقع تحت التعرية المائية للتربة الشديدة. وقد تركزت تلك التعرية في مناطق الجبال الشديدة التضرس المختلطة مع التربة اختلاطاً معقداً والتي تتكون من صخور ما قبل الكامبري النارية والمتحولة المتداخلة، وكذلك في بطون وجوانب المجاري وسفوح المنحدرات بالإضافة إلى مناطق الارسابات الغرينية في الحوض الأوسط والأدنى من منطقة الدراسة، وتقل التعرية في مناطق الحرات حيث صخور البازلت.

الكلمات المفتاحية: فاقد التربة- نموذج جافريلوفيك- التعرية المائية- وادي فاطمة

Abstract:

Soil erosion due to water erosion is one of the most important risks faced by drainage basins, especially in arid and semi-arid areas. With it, this study comes with the aim of estimating the loss of soil due to water erosion annually in the Wadi Fatima basin and determining the levels of erosion in the basin, by utilizing and processing digital resources for satellites and building databases in GIS and remote sensing. And then come up with more accurate results, as the study relied on the applied descriptive approach and applied the Gavrilovic model to estimate soil losses at the cell level. The study concluded that the annual rate of water erosion of the soil of the Wadi Fatima basin was about 25032 m³ / km² / year. It is a high erosion as the entire basin is located under the water erosion of the severe soil. This erosion was concentrated in the areas of very steep mountains mixed with the soil, which consists of pre-Cambrian igneous and intertwined metamorphic rocks, as well as in the stomachs and sides of streams and slopes, in addition to the areas of alluvial deposits in the middle and lower basin of the study area, and erosion is less in the volcanic areas. Where basalt rocks.

Keywords: Water erosion - gavrilovic - models - soil erosion – EPM

Doi: <https://doi.org/10.54940/ss38715491>

1658-8169 / © 2024 by the Authors.

Published by J. Umm Al-Qura Univ. Soc. Sci.

المؤلف المراسل : حليلة إبراهيم الزبيدي

البريد الإلكتروني الرسمي : hiazubaidi@uqu.edu.sa

مقدمة

للأحواض الجبلية ذات المناطق شديدة التضرس وكذلك الكبيرة المساحة، ويعود هذا النموذج إلى سلوبودان جافريلوفيك Solobodan Gavrilovic وقد عرف النموذج باسمه Gavrilovic Model في أول الأمر ثم بعد ذلك أطلق عليه نموذج التعرية المحتملة (Erosion Potential Model) (EPM). ويعد النموذج تحليلاً شبه كمي يمكن تطبيقه في المناطق الجافة والمناطق شبه الجافة لتقدير تحات التربة ((Marko, et al., 2022). وقد توصل جافريلوفيك لإمكانية تطوير طريقة MQCE، والتي تم استخدامها من أجل تحديد شدة التعرية وتم تعديل امتدادات هذه الطريقة نحو القياس الكمي لعمليات التعرية من خلال تقييم الرواسب المنقولة في اتجاه مجرى النهر والتي تصل إلى المصب. ومن ثم تطبيق تقدير كمية الرواسب وتصنيف السيول (Dragičević, et al., 2016).

مشكلة البحث وأهدافها

يشكل حوض وادي فاطمة بمنطقة مكة المكرمة ذو أهمية اقتصادية منذ القدم حيث يمثل الظهير الزراعي لمدينتي مكة المكرمة وجدة والذي يمدّها بالمنتجات الغذائية المختلفة، إلى جانب أهميته قديماً بسبب انتشار العيون وغناه بالموارد المائية الجارية والتي أخذت في التناقص التدريجي عبر الزمن. ويمثل الوادي حلقة اتصال تربط بين محافظات منطقة مكة المكرمة حيث يضم مراكز استيطان بشرية متعددة تمثل بؤر للإنتاج الزراعي. ويتسم حوض الوادي الواسع المساحة والشديد التضرس عند منابعه العليا بسمة الأودية في المناطق الجافة وشبه الجافة من حيث الجريان السيلي الغزير والفجائي مما قد يحدث سيول عارمة ومدمره تشكل خطر على تربة حوض الوادي كما حدث عام ١٣٨٩هـ، حيث أحدث سقوط الأمطار الغزيرة إلى فيضانات عرفت بسيل الأربعاء وأدى إلى تدمير المباني واقتلاع المزارع. وكما هو معلوم فإن التعرية المائية تزيد من خطر جرف التربة مع زيادة الانحدارات في الحوض وقلة الغطاء النباتي. وتنبثق مشكلة الدراسة من تناقص متسارع التربة في المساحات المزروعة في حوض وادي فاطمة بمنطقة مكة المكرمة الذي يتسم بسيطرة التضاريس الجبلية الوعرة في أعلاه وقلة في الغطاء النباتي في أكثر أجزائه، إلى جانب تعرضه لغمر الفيضانات كنتيجة لتساقط الأمطار الغزيرة بشكل فجائي ومدة زمنية قصيرة، مما يؤدي إلى جرف التربة وارساب حطام الصخور والركام في بطون الأودية، وهو الأمر الذي لاحظته الباحثة في مجاري حوض منطقة الدراسة. بالإضافة إلى ما ذكر في بعض الدراسات عن تعرض حوض وادي فاطمة لعملية جرف شديدة للتربة ناتجة عن التعرية المائية (حديد، ١٩٣٨). ومعه يستدعي الأمر تقدير مدى تحات التربة وتصنيف مستوياتها في جميع أجزاء الحوض خاصة أن هذا الظهير الزراعي الهام يفتقر إلى دراسات لحساب الفاقد من التربة وكمية الانجراف السنوية لتربة الحوض. لذا تحدف هذه الدراسة إلى تقدير الفاقد من التربة ونواتج الارساب من خلال تقدير المناطق التي يحتمل أن تكون مهددة بظاهرة الانجراف وتصنيف مستويات الخطورة في حوض منطقة الدراسة بتطبيق نموذج التعرية المحتملة (EPM) باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، حيث انتفعت الدراسة في

تعد التربة من الموارد الطبيعية الهامة والتي تتعرض إلى مشكلات مختلفة أبرزها مشكلة الجريان السطحي وغزارته في مدة زمنية قصيرة، وتأثير عنصر الرياح في حدوث التعرية السطحية للتربة إلى جانب مشكلات التلوث وملوحة التربة. إلا أن مشكلة تعرية التربة تعد من أكثر المشكلات البيئية المدمرة للنظام البيئي، إذ تعمل على تمهيد أو تسوية للتربة يتم فيها نقل ودرجحة أو غسل حبيبات التربة أو الصخور بواسطة قوة الجاذبية. وقد حدد مشروع التقييم العالمي لتدهور التربة GLASOD والذي تشرف عليه منظمة الفاو FAO وبرنامج الامم المتحدة للبيئة UNEP ستة أنواع لأشكال التدهور وهي التعرية بالماء والتعرية بالرياح وملوحة التربة المفرطة، إلى جانب التدهور الكيميائي والتدهور الفيزيائي والتدهور البيولوجي (هدسون، ٢٠٠١). ويشير تحات التربة إلى عدم ثبات التربة السطحية وازاحتها وحركتها وانجرافها بواسطة التعرية المائية أو الريحية وفقدان التربة لخصائصها. فقد ذكر (Abedian, et al., 2017) بان معدل تحات التربة يعتمد على عدد من العوامل كهطول الامطار ومدى كثافتها وطبيعية التضاريس، وكثافة الغطاء النباتي ونوعه بالإضافة إلى نوع التربة واستخدامات الأرض ونوع المحاصيل المزروعة. ويعرف تدهور التربة بفقدان التربة للإنتاجية الفعلية أو المحتملة أي انخفاض في القدرة الكامنة للتربة على اداء وظائف التنظيم البيئي (Godone, 2011). وقد كان مشروع التقييم العالمي لتدهور التربة أول من حاول تقدير شدة ومدى تدهور التربة على أساس علمي، حيث قدرت التقييمات العالمية التي أجريت ما بين عامي ١٩٧٧-٢٠٠٣ م التدهور العالمي للتربة بما يتراوح ما بين ١٥-٦٣ % وأرجعت الأسباب إلى عوامل التعرية المائية، والتعرية الريحية، والتدهور بالتملح والتلوث إلى جانب التدهور بفعل الإنسان وسوء إدارته للأراضي والموارد الطبيعية (Dragović and Vulević, 2022). كما ذكر (هدسون، ٢٠٠١) أن من أوائل البحوث العلمية التي درست التعرية كانت بواسطة العالم الألماني وولني حيث استخدم شرائح صغيرة لقياس مدى واسع من التأثيرات كالغذاء النباتي واستخدامات الأرض المختلفة على اعتراض مياه الهطول المطري، وكذلك على تدهور بناء التربة وتأثيرات التربة والانحدار للسطح على الجريان السطحي وعملية التعرية.

ولتقدير مستويات التعرية والفاقد من التربة ونواتج الارساب استنبطت وطورت العديد من النماذج الرياضية التجريبية، وتعد معادلة فقدان التربة العالمية (USLE) أول نموذج يستخدم لحساب فاقد التربة ونواتج الارسابات والتي تلاها تطوير للعديد من النماذج بعض منها مازال يستخدم إلى وقتنا الحاضر كالمعادلة المعدلة من معادلة فقدان التربة العالمية (RUSLE)، ومعادلة فقد التربة العالمية المعدلة (MUSLE)، ومعادلة اللجنة المشتركة لجنوب غرب المحيط الهادي (PSIAC) ، وكذلك نموذج احتمالية تحات التربة لجافريلوفيك (EPM) (Marko, et al., 2022). وتستخدم هذه الدراسة نموذج التعرية المحتملة (EPM) والذي صمم

بلغ ٧٨٥ متراً فوق مستوى سطح البحر، اذ يتباين منسوب ارتفاع ما بين ٢٢٢٥ متراً فوق مستوى سطح البحر عند المنابع الجنوبية العليا للحوض و٣٨ متر فوق مستوى سطح البحر في أدنى الحوض عند نقطة المصب غرب منطقة الدراسة. ويتميز الحوض بشدة التضرس في المنابع ثم يأخذ في الاستواء مع وجود بعض الجبال والتلال إلى أن تصل إلى المصب ومعه تتباين منطقة الدراسة في درجات الانحدار حيث بلغ معدل الانحدار التضاريس ٢٠٪.

ويتلقى حوض الدراسة معدلات هطول سنوي تقدر بنحو ٩٨ ملم، وتسم الأمطار بالفجائية الشديدة وهي صفة الأودية الجافة وتتركز في فصل الربيع. ويبلغ معدل درجة الحرارة السنوية نحو ٣٠ درجة مئوية والتي تأخذ في الارتفاع كلما تجهنها نحو منطقة المصب. ويتسم الغطاء النباتي في الحوض بضالته وتبعثره ويرتبط كثافته بطبيعة التضاريس والظروف المناخية فجد الغطاء النباتي الكثيف في أعالي الحوض في منطقة الهدا حيث غابات العرعر والعتم والطلح بينما نجد الشجيرات وبعض الأشجار المعمرة في جوانب ويطون الأودية والشعاب.

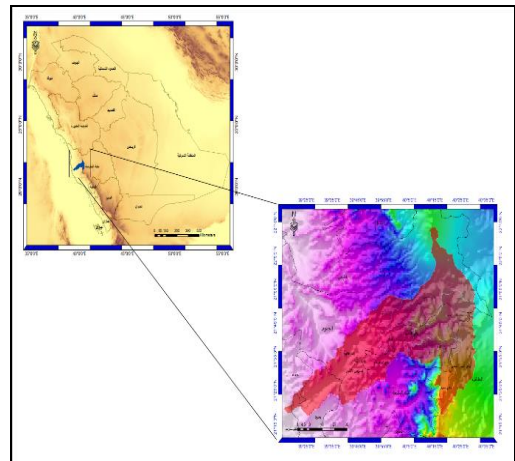
الدراسات السابقة

استخدمت منهجية تطبيق نموذج التعرية المحتملة (EPM) على نطاق واسع لتقدير تعرية التربة، وسنستعرض بعض الدراسات السابقة ذات الصلة بمنهجية الدراسة على سبيل المثال لا الحصر كدراسة (Marko, et al., 2022) والتي قيمت انجراف وتحات التربة في ثمانية مستجمعات مائية في جنوب شرق البانيا وظهرت النتائج أن تحت التربة كان متواجداً في جمع المستجمعات المائية المدروسة، ولكن اختلف في حدته من تحت التربة الشديد إلى الطفيف جداً، واوصت الدراسة إلى إمكانية تطبيق النموذج في أحواض البانيا والدول الأخرى من أجل اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع الانجراف للتربة. وفي صربيا درس (Tadić and Šljuka, 2018) تحت التربة باستخدام نموذج جافريلوفيك بهدف تقييم شدة انجراف التربة واقتراح تدابير لها والحد من عملية التدهور، وتوصلت الدراسة إلى وجود خمس مستويات للتعرية وقد ارجعت الدراسة شدة تحت التربة إلى عامل الانحدار والوضع الجيولوجي غير المستقرة وقد أكدت الدراسة على مناسبة النموذج لدراسة الانجراف للتربة وتقديره. ودرس (Sakuno, et al., 2020) انجراف التربة الاستوائية باستخدام نماذج تقديرية لتحات التربة. وهدفت هذه الدراسة إلى تقييم امكانيات النموذج في تقدير الانجراف في جنوب ولاية ميناس جيرايس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ومقارنتها مع نتائج معادلة فقدان التربة الشاملة المعدلة، وتوصلت الدراسة إلى أن نموذج جافريلوفيك توصل إلى نتائج متميزة مقارنة بالنموذج الاخر، وخلصت الدراسة إلى إمكانية تطبيقه لتقدير إنتاج الرواسب عن طريق التعرية المائية في التربة الاستوائية. وذكر (Globevnik, et al., 2003) صلاحية وفاعلية استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تطبيق نموذج جافريلوفيك اذ عمل على تحليل عمليات تحت التربة في منطقتين متجاورتين، وتوصل إلى

تطبيق المعاملات المختلفة ببناء النموذج في بيئة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

منطقة الدراسة

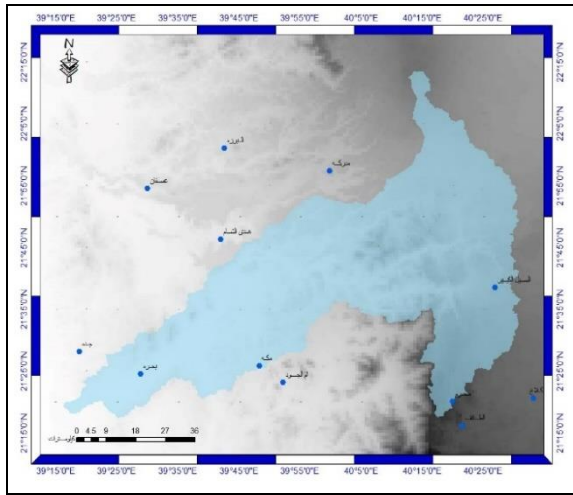
يقع حوض وادي فاطمة ما بين دائري عرض ٤٢ ° ٢٠ ' و ١٥ ° ٢٢ ' شمالاً، وخطي طول ٤٠ ° ٤٠ ' و ٣٠ ° ٤٠ ' شرقاً، ويبلغ مساحة الحوض نحو 4950.54 كيلو متر مربع، وتقع منطقة الدراسة ضمن حدود محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية (شكل رقم ١). إذا تأتي منابع الوادي الجنوبية العليا من جبل السروات شمال الهدا حيث وادي الشامية واليمانية والذي يلتقيان مع بعضهم البعض ويشكلان المجرى الرئيس للحوض بعد التقائهما بوادي حوره والذي تأتي منابعه من جبل الطراه في حرة رهاط. وقد صنف حوض وادي فاطمة ضمن مجاري الرتبة السابعة تبعاً لطريقة ستالر، وهي نفس القيمة لرتب مجاري حوضي وادي يللم (علاجي، ٢٠١٠م) ووادي ملكان (الحري، ٢٠٠٧م)، وقريبه من رتب مجاري حوض وادي نعمان والتي بلغت وفقاً ستالر الرتبة السادسة (الغامدي، ٢٠٠٩م). وتتسم صخور منطقة الدراسة بوجود صخور اللابا البركانية إلى جانب الصخور البازلت الفتاتية في مناطق الحرات في شمال شرق الحوض. وصخور الشست الأخضر المتحول، بينما نجد في الحوض الأدنى رواسب الزمن الرابع وهي رواسب الأودية الفيضية ويطون الأودية ورواسب الركام وتحتل بعض الرواسب بعض الرواسب الهوائية مشكلة كتبان رملية، وتصنف المجموعان الصخرية الرئيسة في الحوض إلى صنف الصخور المتداخلة لعصر ما قبل الكامبري والتي تغطي مساحة كبيرة من الحوض، كما توجد الصخور الطباقية من العصر الثلاثي شمال الحوض، أما الصخور الطباقية لما قبل الكامبري فتوجد في وسط الحوض وفي مناطق متفرقة من الحوض الأدنى والذي يسيطر عليه رواسب العصر الرباعي (الحري، ٢٠١٧).



شكل ١: حوض وادي فاطمة.

وقد اتخذت اودية منطقة الدراسة من الصدوع والانكسارات التي تقطع منطقة الدراسة مسارات لمجاريها. كما نجد أن معدل منسوب الارتفاع في منطقة الدراسة

مستوى الخلية في الحوض. وقد تنوعت مصادر البيانات المستخدمة في هذه الدراسة إذ استخدمت نماذج الارتفاع الرقمية بدقة تمييز مكانية ١٢,٥ متر من موقع بيانات ناسا، لاستخراج شبكة التصريف لحوض المنطقة، كما استخدم النموذج الرقمي في بناء بعض البيانات التضاريسية والتي تدخل ضمن متطلبات معادلة التعرية ولعل أهمها تحديد معدل الانحدارات للحوض، كما اعتمدت الدراسة على المرئيات الفضائية للقمر الفضائي الفرنسي (spot) سبوت متعددة الأطياف و مرئيات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات (landsat-8) لاستخراج بعض المعاملات في النموذج التجريبي كتقدير درجة الحرارة وتصنيف استخدامات الأرض وتطبيق المؤشر الطيفي النباتي osavi، وتصنيف التربة مع الاستعانة بخريطة التربة للمملكة العربية السعودية (وزارة الزراعة والمياه، ١٩٨٦) لحساب معامل التعرية للتربة عن طريق معرفة أنواع التربة وخصائصها، كما اعتمدت الدراسة أيضاً على بيانات السجلات المناخية والمطرية لمحطة مكة المكرمة بين عامي ١٩٦٧-٢٠١٣، ومحطة وادي محرم للفترة ما بين عامي ١٩٦٥-٢٠١٠ ومحطة السيل الكبير بين عامي ١٩٧٦-٢٠١٣ ومحطة بحرة الجديدة ما بين عامي ١٩٦٦-٢٠١١ إلى جانب بعض المحطات المساندة لمعرفة كميات الأمطار السنوية في منطقة الدراسة شكل رقم (٢). كما اعتمدت الدراسة على الزيارات الميدانية لتحقيق من نتائج المعادلة.



شكل ٢: المحطات المناخية والمطرية.

ويبين الشكل رقم (٣) مخطط مراحل الدراسة إذ يعتمد على سلسلة من المعادلات التجريبية شبه الكمية حيث تتطلب وجود عنصر المطر ومعامل الحرارة وتوفر نوع التركيب الصخري ومعدلات الانحدار إلى جانب معرفة نوع الغطاء النباتي وتصنيف التربة وخصائصها ومساحة منطقة الدراسة. ويطبق النموذج من خلال المعادلة الآتية:

$$W = T \cdot P_a \cdot \mu \cdot \sqrt{Z^3 \cdot F} \quad (\text{Zorn and Komac, 2008})$$

أن نظم المعلومات الجغرافية تعطي امكانيات كبيرة لتطبيق النموذج على مستوى الخلية وباستخدام اساليب مكانية أكثر تطور ودقة.

وفي الوطن العربي طبقت معادلة جافريلوفيك في عدد من الدراسات كدراسة (درويش، ٢٠٢١) والذي درس التعرية في حوض وادي زبيرة من خلال تطبيق نموذج جافريلوفيك والذي خرج إلى أن كمية التعرية السنوية في الحوض بلغت ٥٠٠ إلى أكثر من ٢٠٠٠٠ م^٣/كم^٢/سنة، كما توصل إلى أن التعرية في الحوض تتراوح ما بين التعرية الضعيفة إلى الكارثية. وكذلك دراسة (دياب، ٢٠١٩) عن مخاطر التعرية المائية في حوض وادي خوري باستخدام نموذج جافريلوفيك والذي طور للبيئات الجبلية واستطاع تصنيف المخاطر في الحوض إلى خمس فئات وفقاً للخطورة. ومن خلال توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد هدف (امين، ٢٠٢٠) في دراسته إلى إبراز دور العوامل المؤثرة في التعرية المائية للتربة لقضاء تلاميذ مستخدماً نموذج جافريلوفيك في تحديد مدى خطورة التعرية على التربة، وتوصلت الدراسة إلى أن التعرية تباينت بين الضعيفة جداً بأقل من (٣ م^٣/كم^٢/سنة) إلى التعرية الشديدة التي تصل إلى (٥٠٠٠ - ٣ م^٣/كم^٢/سنة)، مع مصاحبة للزيادة في معدل التعرية مع الارتفاع في درجة الانحدار. وطبق (الشرقاوي، ٢٠١٧) نموذج جافريلوفيك على أحواض الضفة الجنوبية لوادي الرمة بالمملكة العربية السعودية بهدف تقدير حجم التعرية السنوية ومعدل الحمولة الصلبة ودراسة الجانب المورفومتري بالاستفادة من التكامل بين الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وتوصلت الدراسة إلى أن أعلى معدل للتعرية بلغ نحو ٤٩٣,٤٥ م^٣/كم^٢/السنة في حوض وادي الرشاء وارجعت السبب لعامل كبير مساحة الحوض. وفي دراسة لحوض وادي نعمان استخدم (الغامدي، ٢٠٠٩) نموذج جافريلوفيك لتحديد مخاطر التعرية المائية السطحية في الحوض، وتوصل إلى أن الحوض بأجمعه يتعرض لمخاطر التعرية المائية بدرجات متفاوتة، ولكن يعظم خطر التعرية في الأجزاء الجنوبية والغربية وفي المنابع العليا الشمالية. واتضح أن ١٨٪ من مساحة الحوض تتعرض لجرف شديد جداً، وأكثر من نصف مساحة الحوض يتعرض لتعرية مؤثرة، وقدرت الدراسة المعدل السنوي للتعرية المائية بنحو ٥٢٨ م^٣/كم^٢/سنة.

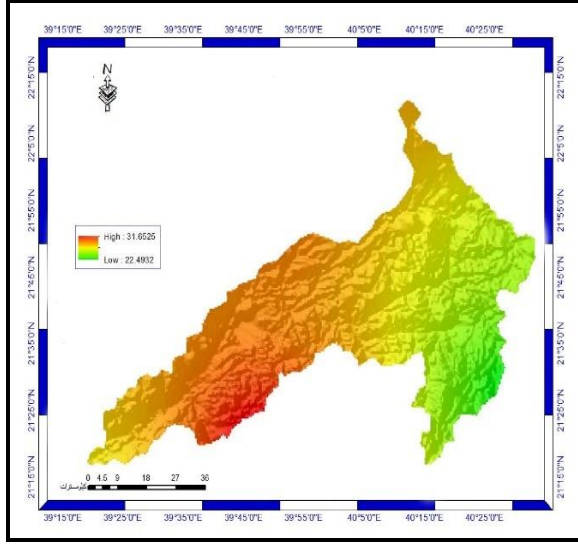
منهجية البحث

تستند هذه الدراسة إلى المنهجين التطبيقي والتحليلي الوصفي لتقدير الفاقد من التربة عن طريق التعرية المائية السنوية لحوض وادي فاطمة وذلك بتطبيق نموذج التعرية المحتملة لجافريلوفيك (EPM) وقد استخدم عدد من الاساليب لمعالجة البيانات المختلفة في بيئة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية تمكنا من بناء قواعد المعلومات الجيومكانية، وتسمح بتطبيق نموذج التعرية المائية على

$$TOA(L) \quad ML * Q \text{ cal} + A L$$

$$BT \quad (K 2 / (\ln (K 1 / L) + 1)) - 273.15$$

تلا ذلك تطبيق المعامل الحراري باستخدام الحاسبة الخلوية في بيئة ARCMAP، وتبين من خلالها أن متوسط المعامل الحراري بلغ نحو ٢٨، إذ تراوح المعامل ما بين ٣٢ في المناطق المنخفضة، و٢٢ في المناطق المرتفعة لمنطقة الدراسة (شكل رقم ٤).



شكل ٤: المعامل الحراري في منطقة الدراسة.

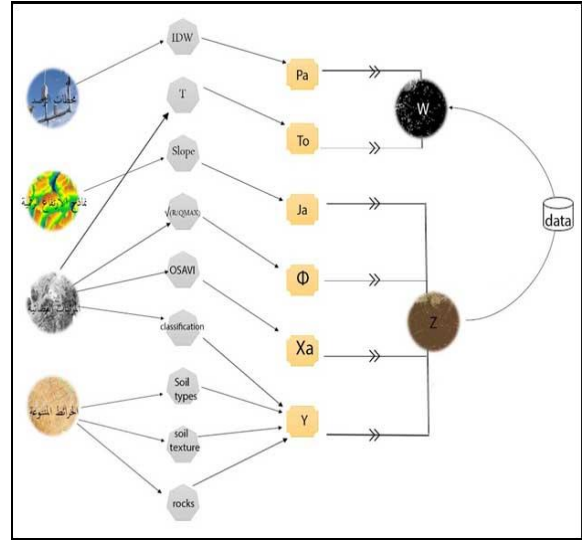
الخطوة الثانية: المتوسط السنوي للأمطار average annual

(Pa) precipitation

يعد عامل الهطول المطري العامل من أكثر العوامل تأثيراً في تعرية التربة، ولقد اعتمدت الدراسة في حساب متوسط الأمطار السنوية على سجلات الأمطار لمحطات منطقة الدراسة لفترات زمنية مختلفة، إلى جانب بعض المحطات المطرية المساندة كما ذكر سلفاً في منهج الدراسة. ومن ثم اتبعت الدراسة أسلوب الاشتقاق IDW لإنشاء خريطة خطوط التساوي المطرية، وقد توصلت الدراسة إلى أن متوسط كمية الأمطار بلغ نحو ٩٣ ملم، وقد تفاوتت كمية الأمطار من منطقة لأخرى في حوض التصريف حيث نلاحظ من خلال شكل رقم (٥) تركز كميات الهطول المطري على المنابع ثم تأخذ في الانخفاض كلما اتجهنا نحو المصب.

- W المعدل السنوي لتعرية التربة (م/ك/٢/السنة).
- T المعامل الحراري.
- Pa المتوسط السنوي للأمطار (ملم).
- Z معامل التعرية.

وتستخرج قيم بعض المعاملات من جداول طورت بواسطة جافريلوفيك، ثم عدلت فيما بعد عن طريق عدد من الباحثين سوف نتناولها لاحقاً.



شكل ٣: مخطط نموذج الدراسة.

بناء نموذج جافريلوفيك لتقدير مخاطر التعرية المائية

يقوم نموذج جافريلوفيك على سلسلة من المعادلات ذُكرت سلفاً والتي تم تطبيقها في هذه الدراسة على مستوى الخلية للحوض وذلك باتباع عدة خطوات كالاتي:

الخطوة الأولى: المعامل الحراري (T) temperature coefficient

يستخرج المعامل الحراري (م) من خلال المعادلة الآتية:

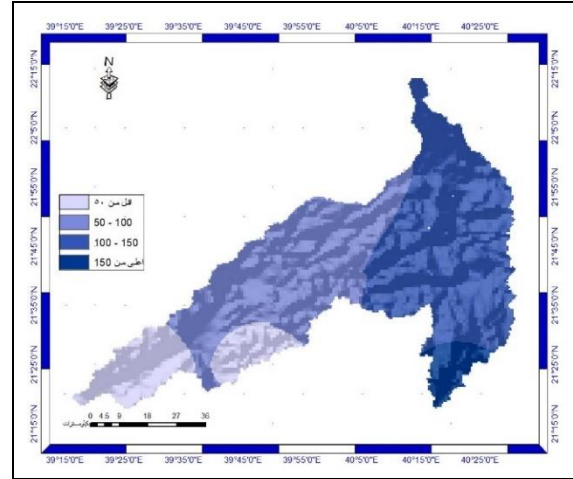
$$T = \sqrt{\frac{T_0}{10} + 0.1} \quad (\text{Dragicevic, et al., 2017})$$

وقد تم الاعتماد على القمر الصناعي لاندسات ٨ لتقدير درجات الحرارة T0 من خلال نطاق الأشعة الحرارية حيث يتم تحويل القيم الرقمية Digital Number للنطاق الحراري في القمر الصناعي إلى قيم إشعاعية Radiance Values باستخدام معادلة TOA(L)، ثم بعد ذلك يتم تحويلها إلى قيم حرارية Brightness Temperature عن طريق معادلة BT، ويتم تعويض معاملات تلك المعادلات من خلال الملف المرفق مع المرنبة الفضائية. وتصاغ تلك المعادلات كالاتي:

وصف المعامل	قيمة Y
صخور صلبة شديدة المقاومة	٠,٣ - ٠,١
صخور ذات مقاومة متوسطة	٠,٥ - ٠,٣
صخور ضعيفة المقاومة	٠,٦ - ٠,٥
ركام حطامي ورواسب خشنة وترب صلصالية	٠,٨ - ٠,٦
رواسب رملية ناعمة وترب لا مقاومة لها	١,٠ - ٠,٨

المصدر: (Zahnoun, et al., 2019)

ومن الملاحظ من خلال المصادر المختلفة للبيانات والزيارات الميدانية للحوض سيطرة قطاع الجبال والذي يتكون من بروزات صخرية حادة الانحدار فوق جبال وعرة وتربة حادة الانحدار على جوانب التلال وبها شبكات مجاري مكتملة التكوين وتختلط تلك البروزات مع تربة توري اورنتنس اختلاطا معقدا حيث توجد تربة التوري اورنتنس الضحلة في مساحات صغيرة بالمنحدرات الخلفية والسفوح بين البروزات الصخرية. كما توجد في المنابع الشمالية للحوض قطاع تربة عبارة عن حمم بركانية حيث يتكون من حرات شبه مستوية إلى حادة الانحدار. يلي هذا القطاع في الحوض الاعلى تربة اورنتنس- بروزات صخرية - توري فلوفنتس وهي عبارة عن تربة عميقة وتلال صخرية ومجاري وديان وتوجد في سفوح التلال الكبيرة والصغيرة والرواسب المروحية ومجاري الأودية، وتتوضع تربة التوري فلوفنتس بمجاري الأودية المستطيلة الضيقة وهي تربة عميقة رملية على هيئة طبقات رسوبية، كما يوجد في الحوض قطاع تربة كالسي أورثيدز - بروزات صخرية وهي عبارة عن سهول ترتبها طمية عميقة وتلال صغيرة وتلال صخرية مع بروزات صخرية على سهول شبه مستوية وخفيفة الانحدار. بالإضافة إلى ذلك توجد تربة التوري سامنتس مع البروزات الصخرية وهي عبارة عن تلال صخرية منعزلة شديدة الانحدار وحادة مع تربة توري سامنتس المتوضعه في السهول المحدبة والمقعرة بالرواسب الفيضية القديمة وهي تربة رملية عميقة ذات نفاذية سريعة. ويوجد في الحوض الأدنى قطاع تربة كامب اورثيدز - توري سامنتس وهي تربة طمية ورملية عميقة حيث توجد تربة كامب اورثيدز بالسهول الساحلية المنبسطة او المحدبة وتتميز بنفاذيتها المتوسطة، اما تربة توري سامنتس توجد في الكئبان الصغيرة والسهول وهي تربة عميقة رملية نفاذيتها سريعة. ونجد ان متوسط معامل Y بلغ ٠,٤ في دلالة على سيطرة الصخور ذات المقاومة المتوسطة للتعرية في الحوض (شكل رقم ٦).



شكل ٥: معامل كمية الأمطار بلمم.

الخطوة الثالثة: معامل التعرية (Z) erosion coefficient

يعوض معامل التعرية عن طريق معاملات تحسب بمعادلة خاصة كالآتي:

$$Z = Y \cdot X_a (\Phi + \sqrt{J_a}) \quad (\text{Zorn and Komac, 2008})$$

ويعر استخراج تلك المعاملات بمراحل:

استخراج معامل قابلية التربة للتعرية Soil Erodibility Coefficient (Y):

تتأثر تعرية التربة بالخصائص السطحية للصخر (الليثولوجيا) وخصائص التربة، ولتقدير معامل قابلية التربة للتعرية Y اعتمدت الدراسة على الخريطة العامة للتربة المملكة العربية السعودية الصادر من وزارة الزراعة والمياه عام ١٩٨٦م، لمعرفة نوع التربة وخصائصها مع الاستفادة من المرئية الفضائية للقمر الصناعي الفرنسي SPOT في تصنيف نسيج تربة الحوض، وكذلك الخريطة الجيولوجية لمربع منطقة مكة المكرمة وترتبه ورابع ذات مقياس الرسم ١:٢٥٠٠٠٠٠ والصادر من هيئة المساحة الجيولوجية السعودية والتي أوضحت المجموعات الصخرية للحوض للتعويض في المعادلة الآتية:

$$Y = 2,1 * M^{1,14} * 10^{-4} (12 - MO) + 3,25 (B - 2) + 2,5 (C - 3) / 100 \quad (\text{Marouane, et al., 2021})$$

حيث يشكل M = (النسبة المئوية للرمل الناعم + النسبة المئوية للطيني) * (١٠٠ - النسبة المئوية للطين)، و MO هي نسبة المواد العضوية، بينما يرمز B إلى كود نفاذية التربة من ١ للرمل إلى ٦ للتربة الطينية الثقيلة، في حين يرمز C إلى فئة النفاذية. تلا تطبيق المعادلة إعادة تصنيف المخرج وفقاً لمعامل قابلية التربة للتعرية الوصفي (جدول رقم ١).

جدول ١: معامل قابلية التربة للتعرية الوصفي

معامل تطور التعرية في شبكة التصريف Soil and Stream Network Development Coefficient (Φ):

يوضح هذا المعامل درجة التعرية في الحوض والتي تتراوح قيمتها ما بين ١ إلى ٠,١، وفقاً لطريقة جافلوفيك جدول رقم (٣) وتطلب ذلك تحديد قيم هذا المعامل زيارات ميدانية للحوض والتعرف على أثر التعرية ومواقعها إلى جانب الاستعانة بمرئية فضائية سبوت بدقة مكانية عالية لتحقيق من نتائج تطبيق المعادلة الآتية:

$$\Phi = \sqrt{RED/QMAX} \quad (\text{Ahmed, et al., 2019})$$

حيث تقوم هذه المعادلة على علاقة طردية ما بين ارتفاع نسبة الإشعاع في نطاق الأشعة الحمراء وارتفاع شدة التعرية. وقد تمكنت الدراسة من تصنيف مستويات التعرية لحوض منطقة الدراسة إلى عدد من الفئات وفقاً لذلك. وقد بلغ متوسط معامل تطور التعرية ٠,٦٠، أي أن غالبية الحوض يقع تحت تأثير تعرية في الأثمار، والأخاديد، والإرسابات الفيضية، والتعرية الكارستية. ويتراوح معامل Φ ما بين ٠,٤٣ - ١ في دلالة على خطورة التعرية على التربة في الحوض كما يتضح من خلال شكل رقم (٦) السابق.

جدول ٣: معامل تطور التعرية وتطور شبكة التصريف الوصفي

وصف المعامل	قيمة Φ
تعرية ضعيفة في حوض التصريف	٠,١ - ٠,٢
تعرية في القنوات المائية بين ٢٠٪ - ٥٠٪ من حوض التصريف	٠,٣ - ٠,٥
تعرية في الأثمار، والأخاديد، والإرسابات الفيضية، وتعرية كارستية	٠,٦ - ٠,٧
٥٠٪ - ٨٠٪ من حوض التصريف تحت تأثير التعرية والانزلاقات الأرضية	٠,٨ - ٠,٩
جميع حوض التصريف تحت تأثير التعرية	١,٠

المصدر: (Zahnoun, et al., 2019)

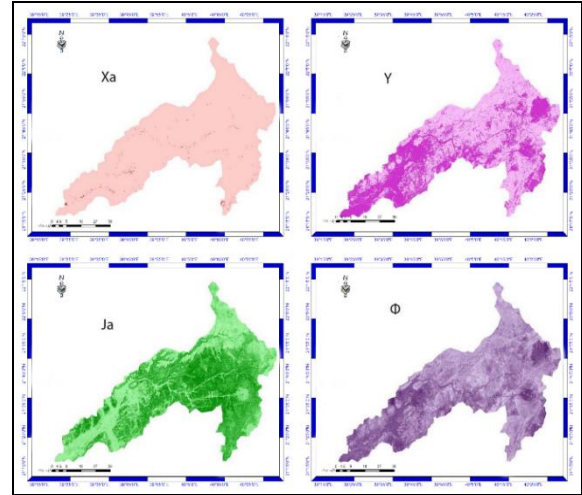
نسبة انحدار التضاريس (Ja) average slope(%)

صنفت انحدارات التضاريس في منطقة الدراسة إلى عدة فئات تماشياً مع تصنيف يونج (young, 1974) إذ يرتبط الانحدار بشدة التعرية المئوية للتربة. وبلغ معدل الانحدار في الحوض 20%. ويتضح من خلال الشكل رقم (٦) ان الانحدارات تزيد في مناطق المنابع حيث شدة التضرس خاصة المنابع الجنوبية وتقل كلما اتجهنا نحو المصب. كما يتضح أن غالبية الحوض يقع تحت وطأة الانحدارات الشديدة في دلالة على شدة التعرية بحسب طريقة ZERMOS (بو عزه وآخرون، ٢٠١٨).

الخطوة الرابعة: المعدل السنوي لتعرية التربة (م/السنة) total annual

(W) volume of detached soil

تعتمد الخطوة الرابعة على تقدير حجم التعرية السنوية للتربة، وتتم عن



شكل ٦: معاملات Φ .

معامل حماية التربة (Xa) Soil Protection Coefficient

يرتبط معامل حماية التربة ارتباطاً وثيقاً بمقدار التغطية النباتية والتي تلعب دوراً بارزاً في حماية التربة والتقليل من عمليات التعرية المائية، وقد تم تعويض هذا المعامل عن طريق تطبيق مؤشر النباتي (OSAVI) Index Vegetation Adjusted-Soil Optimized R، على بيانات القمر الصناعي الفرنسي سبوت ويقوم هذا المؤشر على نطاق الأشعة الحمراء ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR كما في المعادلة الآتية:

$$OSAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + 0.16)} \quad (\text{Rondeaux, et al., 1996})$$

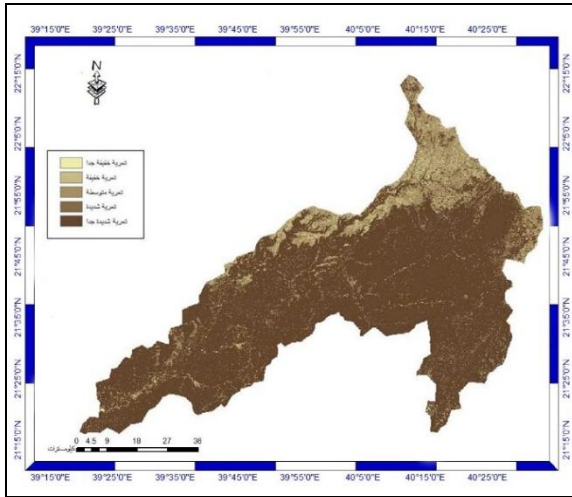
وتنحصر قيم المؤشر ما بين ١ و -١، وبعد إجراء اختبار لقيم المؤشر استطاعت الدراسة من تحديد قيمة العتبة Threshold لعزل الغطاء النباتي عن غيره من الأهداف الأرضية، ثم بعد ذلك تم تصنيف الغطاء النباتي وفق العوامل الوصفية لمؤشر حماية التربة (جدول رقم ٢). وقد تبين أن متوسط هذا المعامل بلغ نحو ٠,٩٩ في دلالة على قلة الغطاء النباتي في حوض منطقة الدراسة يتبعه انخفاض في مستوى الحماية للتربة من التعرية المئوية (شكل رقم ٦).

جدول ٢: معامل حماية التربة الوصفي

وصف المعامل	قيمة Xa
غابات مختلطة كثيفة - متوسطة الكثافة وأحراج	٠,٠٥ - ٠,٢
غابات صنوبرية وجنابت متبعثرة وأجمات على جوانب القنوات المائية	٠,٢ - ٠,٤
مراع وغابات أو جنابت متضررة	٠,٤ - ٠,٦
مزارع ومراع متضررة	٠,٦ - ٠,٨
أرض جرداء	٠,٨ - ١,٠

المصدر: (Zahnoun, et al., 2019)

وقد صنفت مستويات التعرية في الحوض إلى خمس فئات وفقاً لخطورتها (شكل رقم ٨)، حيث نجد أن ٧٦ % من إجمالي مساحة الحوض يقع ضمن الخطورة الشديدة جداً للتعرية والتي تنتشر في المنابع العليا الجنوبية وتمتد إلى أن تصل إلى مصب الحوض، يليها التعرية المتوسطة والتي تتركز في المنابع العليا الشمالية للحوض حيث الحرات البركانية وصخور البازلت. أما التعرية الخفيفة فتتداخل مع التعرية المتوسطة ويوضح جدول رقم (٥) نسب مستويات التعرية في الحوض.



شكل ٨: مستويات التعرية في حوض الوادي بناء على معامل Z.

جدول ٥: مستويات التعرية في الحوض بناء على معامل Z.

وعلى مستوى الأحواض الجزئية لحوض منطقة الدراسة نجد أن حوض وادي نخلية يتسم بسيادة التعرية الشديدة بنحو ٩٢% من إجمالي مساحة حوضه، حيث توجد التربة على حواف المنحدرات الحادة. أما حوض وادي حوره والذي يشكل المنابع العليا الشمالية فنجد سيطرة التعرية

المساحة %	مستوى التعرية
0.18	خفيف جداً
4.53	خفيف
13.00	متوسط
6.18	شديد
76.11	شديد جداً
100	الإجمالي

المتوسطة في المناطق التي تتكون من الصخور البركانية (حرات) والتي تشكل صخور البازلت، أما في باقي منطقة الحوض فتنتشر التعرية الشديدة في مناطق الجبال والتلال الحادة بنسبة ٥٥% من إجمالي مساحة الحوض. كما نجد في الحوض الأدنى لوادي فاطمة تعرية منخفضة في مناطق الحرات إلا أنها محدودة الانتشار لا تتجاوز ٣% من إجمالي مساحة الحوض الأدنى، في حين تسود التعرية الشديدة بنسبة ٨٦% إذ توجد التربة الطميية العميقة ذات النفاذية المتوسطة أو المنخفضة والرواسب الغرينية والرملية، ونجد أن التعرية الخفيفة تقاطعت مع وجود الرواسب الرملية التي تشكل نفاذية عالية

طريق استخدام الحاسبة الخلوية raster Calculator لتطبيق معادلة جافريلوفيك والتي سبق ذكرها في منهجية الدراسة، يليها تصنيف طبقة W إلى فئات وفقاً لمستوى الخطورة وسوف يتم التفصيل فيه لاحقاً.

النتائج والمناقشة

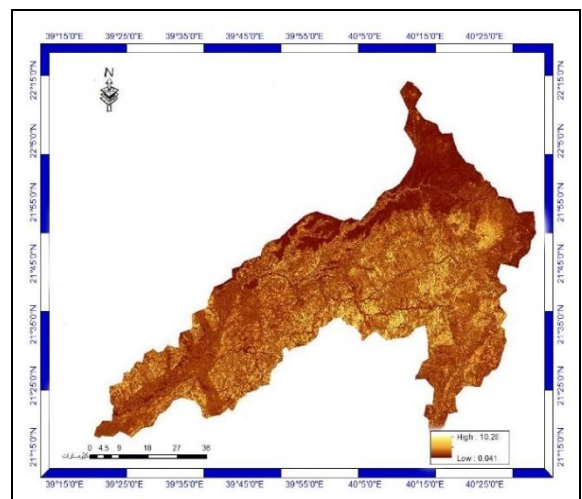
معامل التعرية Z

يعتمد معامل التعرية وفقاً لنموذج جافريلوفيك على أخذ متوسط كل فئة للمعاملات Y، ϕ ، Xa، والتي تنتمي إليها منطقة الدراسة ثم دمج نواتج المتغيرات لتلك المعاملات للوصول إلى طبقة معامل التعرية Z، إلا أن هذه الدراسة اعتمدت بشكل أدق على قيمة كل خلية لكل معامل من المعاملات الأربعة لتخرج طبقة معامل التعرية لكل جزء في الحوض. وقد تم إعادة تصنيفها وفقاً لجدول رقم (٤). ويتضح في معامل التعرية دور كل من العامل الجيولوجي والتركيب الصخري وعامل الانحدارات وعامل التربة ومدى مساهمتها في ظل انخفاض الغطاء النباتي في الحوض والذي لا يتجاوز مساحته خمسة عشر كيلومتراً مربعة من إجمالي مساحة الحوض.

جدول ٤: فئات مستويات التعرية تبعاً لقيمة معامل التعرية (Z)

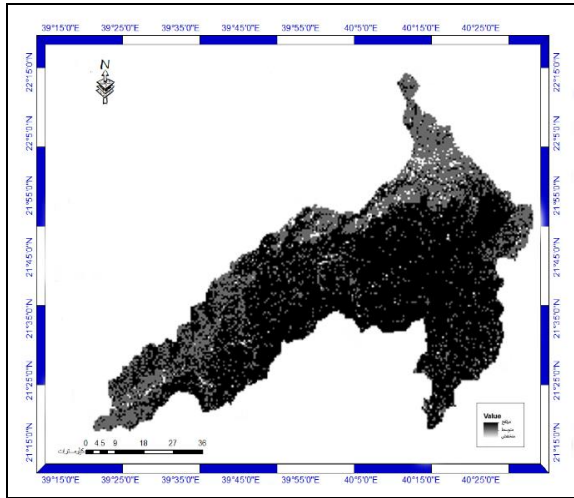
المرجع	معامل التعرية	مستوى التعرية
(Ahmed, et al., 2019)	<0.19	خفيف جداً
	0.20-0.40	خفيف
	0.41-0.70	متوسط
	0.71-1.0	قوي
	>1.0	قوي جداً

ويتبين من خلال الشكل رقم (٧) ان التعرية في الحوض تتراوح ما بين ٠,٠٤ - ١٠ في حين بلغ متوسط المعامل ١,٧٤ في دلالة على شدة مستوى التعرية في الحوض.



شكل ٧: معامل التعرية Z

يقبل الجريان السطحي ويبدأ في عملية الترسيب وبالتالي تقل عملية التعرية للتربة في الحوض. ونجد أن التعرية للتربة تصل إلى أقل مستوياتها في مناطق صخور العصر الثلاثي في أقصى شمال شرق الحوض والذي يشغله اقليم الصخور البازلتية والتي تكاد تختفي فيها التربة.

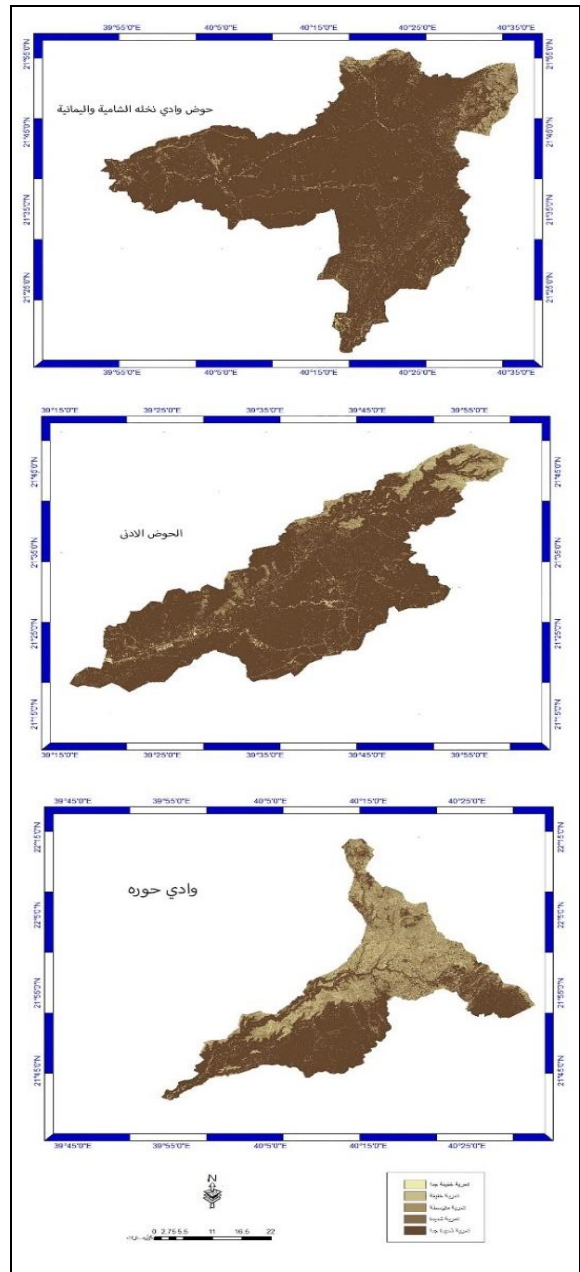


شكل ١٠: الفقد من التربة السنوي.

أما على مستوى الأحواض الجزئية نجد أيضاً أن معدلات مستويات التعرية المائتية السنوية مرتفعة، إذ يأتي حوض وادي نخلة كأعلى الأحواض الجزئية في معدلات التعرية السنوية للتربة، ويعود ذلك لعامل المطر حيث إن كمية التساقط في الحوض أعلى من الأحواض الأخرى بالإضافة إلى وعورة التضاريس وشدة الانحدارات، يليه الحوض الأدنى [نسبة التضرس تساوي (الارتفاع الأقصى - الارتفاع الأدنى) / م/ أقصى طول للحوض الكلي كم]. ووادي حوره على التوالي والتي تتسم بقلة الغطاء النباتي وغياب الزراعة بطرق واساليب علمية.

ومن خلال دراسة أهم الخصائص المورفومترية للحوض وعلاقتها بمعدل الفقد السنوي للتربة نجد الدور البارز للتضرس في حدوث التعرية حيث بلغت نسبة التضرس ١ في الحوض حوالي ١٤، وهي نسبة تعد مرتفعة وتدل على ارتفاع حجم الرواسب المنقولة إذ يزداد خطر الفيضان بزيادة نسبة التضرس في الحوض والذي ينعكس بدوره على زيادة الرواسب المنقولة. كما أن قيمة الوعورة [قيمة الوعورة تساوي ((الارتفاع الأقصى - الارتفاع الأدنى) / م / كثافة مجاري (كلم/كم²)/ (١٠٠٠)] تزيد قيمتها في حوض وادي فاطمة عن الواحد صحيح مما يبرهن على سيادة التعرية المائتية والتي تعمل على تعرية ونقل المفتتات الصخرية إلى أدنى الحوض. وخلاصة القول إن معدلات التعرية في الحوض تقل في مناطق صخور البازلت وتزيد في الجبال الشديدة التضرس والمنحدرة، فيتأثر الحوض بتعرية المسيلات المائتية والاختلاط والتي تزيد مع زيادة الانحدارات ومن ثم تجرف التربة السطحية عند سفوح المنحدرات وعلى جوانب الوديان خاصة في المجاري العليا وعندما يقل الانحدار تبدأ عملية الرساب حيث توجد الرسوبات الغرينية

لمياه الامطار (شكل رقم ٩).



شكل ٩: معالم التعرية في الأحواض الجزئية.

حجم المعدل السنوي لتعرية التربة W

بلغ المعدل السنوي للتعرية المائتية لتربة حوض وادي فاطمة ٢٥.٣٥ كم²/سنه. والتي تعد وفق تصنيف (Zachard, 1982) بأنها تعرية كارثية شديدة جدا. حيث يتضح من خلال شكل رقم (١٠) تركز التعرية الشديدة في المناطق الجبلية الشديدة التضرس المختلطة مع التربة اختلاطاً معقداً، والتي تتكون من صخور ما قبل الكامبري النارية والمتحولة المتداخلة فيما بينها. وكذلك في مناطق الانحدارات العالية والمتوسطة التي تتسم بقلة الغطاء النباتي مما ساعد الجريان المائي على تعرية التربة. ويعد وجود بعض الجبال المنفردة دليلاً على وجود التعرية المائتية والتي تغطي سفوحها بعض التربة غير المستقرة مما يسهل عملية انجرافها. كما نجد بعض الرواسب التي تعود للعصر الرباعي في الحوض الأدنى وهي رواسب فتاتية إذ

نسخة من هذا الترخيص، قم بزيارة:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>

المراجع

- أمين، شمال أحمد (٢٠٢٠): العلاقة المكانية بين تعرية التربة والانحدار في قضاء ثاميدي، باستخدام التقانات الحديثة، مجلة العلوم الانسانية والاجتماعية، جامعة دموك، ٣٢(١)، ٣٥٩-٣٨١ <https://doi.org/10.26682>
- <https://www.academia.edu/HJUOD.2020.23.1.21/117500881>
- بعوزة، سلاك، يحي الخالقي، سعيد عارف وفريد جعي (٢٠١٨): استعمال نظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية المحتملة وتصنيف الاوساط بالأطلس الكبير الاوسط. حالة منخفض آيت أعتاب /المغرب، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، ١١(٢)، ٥٤-٨٨. <https://sgs.ksu.edu.sa/en/node/3184>
- حديد، احمد (١٩٣٨): امكانيات التوسع الزراعي في وادي فاطمة، مجلة الآداب، جامعة بغداد ١(١٤).
- الحري، نوير مسري (٢٠١٧): الوحدات الجيومورفولوجية وعلاقتها باستخدامات وغطاءات الأرض في حوض وادي فاطمة باستخدام تقنيي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، [رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة ام القرى].
- درويش، إبراهيم عبدالله (٢٠٢١): تطبيق نموذج جافريلوفيك لتقدير التعرية المائية في حوض وادي الزيرة جنوب شرق محافظة تعز "اليمن" باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، جامعة الملك سعود الجمعية الجغرافية السعودية، ١٤ (٢)، ١٩-٥٣. https://search.emarefa.net/ar/search?Append=SOURCE_s%3A%22
- دياب، صلاح محمد (٢٠١٩): استخدام الجيوماتكس لتقدير مخاطر التعرية المائية في حوض وادي خورى بتطبيق نموذج جافريلوفيك، المؤتمر الدولي الثاني "التنمية المستدامة في الوطن العربي بين الإمكانيات وطموحات الشعوب"، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، ٢٧(٢)، 855 - 882
- هدسون، نورمان (٢٠٠١): صيانة التربة، جامعة عمر المختار.
- وزارة الزراعة والمياه (١٩٨٦): الخريطة العامة للتربة، وزارة الزراعة والمياه، السعودية.

Reference

- Abedian Sahar, Abdolrassoul Salman Mahiny and Hadi Karbaksh Ravori, (2017): Estimating of erosion and sediment yield of Gorganrud basin using erosin poten-tial method, Natural Environment Change Vol. 3, No. 1, Winter & Spring, Web Page: <https://jnec.ut.ac.ir>.
- Ahmed, Argaz, Darkaoui Adil, Bikhtar Hasna, Ayouch Elbachir and Ramdan Lazaar (2019): Using EPM Mod-el and GIS for Estimation of Soil Erosion in Souss Ba-sin, Morocco, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(8): 1228-1232, DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i8.1228-1232.2562>.
- Al-Harbī, Nuwayr Masrī (2017) : al-wahadāt al-jiyūmūrfūlūjīyah wa-‘alāqatuhā bāstikhdamāt wghṭā’āt al-arḍ fī Ḥawḍ Wādī Fāṭimah bi-istikhdam tḡnyny al-Istish‘ār ‘an ba‘da wa-nuzum al-ma‘lūmāt al-jughrāfiyah, [Risālat duktūrāh ghayr mansūrah, Jāmi‘at Umm al-Qurā].
- Amīn, Shamāl Aḥmad (2020) : al-‘alāqah al-makāniyah bayna t‘ryh al-turbah wa-inḥidār fī Qadā’ Amēdī, bi-

في الحوضي الأوسط والأدنى من منطقة الدراسة إلى جانب الرواسب الحصوية والرواسب الرملية. وتشكل معدلات فقدان التربة السنوية المرتفعة في الحوض مشكلة بيئية يجب معالجتها إذ تؤثر على الكتلة الحيوية خاصة في المناطق الزراعية لذا يجب أن تكون هناك خطط واستراتيجيات مستدامة لحفظ التربة وإدارة الحوض.

النتائج والتوصيات

يتسم حوض وادي فاطمة بتعاقب التكوينات الجيولوجية التي ينتمي إليها الحوض من الصخور لما قبل الكامبري والعصر الثلاثي ورواسب العصر الرباعي والذي أدى إلى تنوع كبير في خصائص تركيب الصخر ومن ثم مدى مقاومته لعمليات التعرية والانجراف. كما يتسم الحوض بالنباتين الواضح في التغطية النباتية من مناطق غابية إلى مناطق تبعر النباتات، واستغلال الحوض في الزراعة بطرق واساليب غير جيدة سواء في الدورات الزراعية أو طريقة الحرث العامودية مع انحدار السطح مما أدى إلى زيادة تدهور التربة. وهذه السمات مجتمعة أدت إلى تباين في مستويات التعرية ومدى حساسية الحوض لانجراف التربة. حيث توصلت الدراسة إلى أن معدل الفاقد من التربة بسبب التعرية المائية سنويا بلغ ٢٥.٣٥ م/٣م/٢م/سنه. وهو معدل عالي جداً ومعه يجب أن تتخذ بعض الاجراءات الاحترازية كإعادة احياء المدرجات الزراعية في المنابع واتباع طرق واساليب زراعية منظمة في الحوض لزيادة عملية النفاذية للتربة وايضا اتباع طرق لتقليل سرعة الجريان السطحي، والانفتاح بالتقنيات الحاسوبية الحديثة والانظمة المتطورة وبناء النماذج الذكية لإيجاد الحلول وتقليل معدلات التعرية في الحوض.

الإفصاح والتصريحات

تضارب المصالح: ليس لدى المؤلف أي مصالح مالية أو غير مالية ذات صلة للكشف عنها. المؤلفون يعلنون عن عدم وجود أي تضارب في المصالح.

الوصول المفتوح: هذه المقالة مرخصة بموجب ترخيص إسناد الإبداع التشاركي غير تجاري 4.0 الدولي (CC BY- NC 4.0)، الذي يسمح بالاستخدام والمشاركة والتعديل والتوزيع وإعادة الإنتاج بأي وسيلة أو تنسيق، طالما أنك تمنح الاعتماد المناسب للمؤلف (المؤلفين) الأصليين. والمصدر، قم بتوفير رابط لترخيص المشاع الإبداعي، ووضح ما إذا تم إجراء تغييرات. يتم تضمين الصور أو المواد الأخرى التابعة لجهات خارجية في هذه المقالة في ترخيص المشاع الإبداعي الخاص بالمقالة، إلا إذا تمت الإشارة إلى خلاف ذلك في جزء المواد. إذا لم يتم تضمين المادة في ترخيص المشاع الإبداعي الخاص بالمقال وكان الاستخدام المقصود غير مسموح به بموجب اللوائح القانونية أو يتجاوز الاستخدام المسموح به، فسوف تحتاج إلى الحصول على إذن مباشر من صاحب حقوق الطبع والنشر. لعرض

- Dragović, Nada and Tijana Vulević, (2022): Soil Degradation Processes, Causes, and Assessment Approaches Environmental Consequences of Soil Erosion, Prevention and Management of Soil Erosion and Torrential Floods.
- Globevnik, Lidija, Danko Holievic, Gregor Petkovsek and Josip Rubinic (2003): Applicability of the Gavrilo-vič method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques, Erosion Prediction in Ungauged Basins: Integrating Methods and Techniques (Proceedings of symposium HS01 held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). IAHS Publ. no. 279.
- Godone, Danilo (2011): Soil Erosion Issues in Agriculture, Publisher InTech.
- Ḥadīd, Aḥmad (1938) : Imkānīyāt al-Tawassu' al-zirā'ī fī Wādī Fāṭimah, Majallat al-Ādāb, Jāmi'at Baghdād, mujal-lad 1, al-'adad 14.
- Hudson, nwrman (2001) : Ṣiyānat al-turbah, Jāmi'at 'Umar al-Mukhtār.
- Marouane, Laaraj, Benaabidate Lahcen and Mesnage Valérie (2021): Assessment and mapping of water erosion by the integration of the Gavrilovic "EPM" model in the Inaouene watershed, Morocco, E3S Web of Conferences 314, 03009 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131403009>.
- Rondeaux, Geneviève, Michael Steven and Frédéric Baret (1996): Optimization of soil-adjusted vegetation indices, Remote Sensing of Environment Volume 55, Issue 2, , Pages 95-107.
- Zachard, D., (1982): Soil Erosion. Amsterdam: Elsevier science publishing company, 547p.
- Zahnoun, Aman Allah, Mohamed Makhchane, Miloud Chakir, Jamal Al Karkouri, and Abderahim Watfae (2019): Estimation and cartography the water erosion by integration of the Gavrilovic "EPM" model using a GIS in the Mediterranean watershed: Lower Oued Kert watershed (Eastern Rif, Morocco), International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Volume 5, Issue 6, www.ijariit.com.
- Zorn, Matija and Blaž Komac (2008). Response of soil erosion to land use change with reference to the last 200 year (Julian Alps, Western Slovenia). Presented at XXIV th Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, Bled, Slovenia.
- istikhdām al-Tiqānāt al-ḥadīthah, Majallat al-'Ulūm al-Insānīyah wa-al-Ijtīmā'īyah, Jāmi'at Duhūk, 32 (1), 359-381 <https://doi.org/10.26682/HJUOD.2020.23.1.21> / <https://www.academia.edu/117500881>
- Bw'zh, slāk, Yaḥyá alkhālqy, Sa'īd 'Ārif wa-farīd j'y (2018) : isti'māl naẓm al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah fī dirāsah alt'ryh al-mā'īyah al-muḥtamalah wa-taṣnīf alāwsāt bi-al-Aṭlas al-kabīr al-Awsaṭ. ḥālat Munkhafaḍ Āyt a'tāb / al-Maghrib, al-Majallah al-'Arabīyah li-nuzum al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah, 11 (2), 54-88. <https://sgs.ksu.edu.sa/en/node/3184>
- Darwīsh, Ibrāhīm Allāh (2021) : taṭbīq namūdhaj jāfrylwfyk li-taqdīr alt'ryh al-mā'īyah fī Ḥawḍ Wādī alzbayr Janūb Sharq Muḥāfazat Ta'izz "al-Yaman" bi-istikhdām al-Istish'ār "an ba'da wa-nuzum al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah, al-Majallah al-'Arabīyah li-nuzum al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah, Jāmi'at al-Malik Sa'ūd al-Jam'īyah al-jughrāfiyah al-Sa'ūdīyah, 14 (2), 19-53. https://search.emarefa.net/ar/search?Append=SOURCE_s%3A%22
- Diyāb, Ṣalāḥ Muḥammad (2019) : astkhdām aljywmātks ltqdyr mkhātr alt'ryh almā'yh fī ḥwḍ Wādī khwrā btḥbyq nmwdhj jāfrylwfyk, al-Mu'tamar al-dawlī al-Thānī "al-tanmiyah al-mustadāmah fī al-waṭan al-'Arabī bayna al-imkānīyāt wa-ṭumūḥāt al-shu'ūb", Majallat Markaz al-Buḥūth al-jughrāfiyah wālkārtwjrāfyh, (27), 855-882
- Dragičević, Nevena, Barbara Karleuša and Nevenka Ožanić (2016): A review of the Gavrilović method (erosion potential method) application GRAĐEVINAR 68, 9, 715-725.
- Dragicicevic, Nevena, Barbara karleusa and Nevenka ozanic (2017): Erosion Potential Method (Gavrilović Method) Sensitivity Analysis, Soil & Water Res., 12, (1): 51–59.
- Sakuno, Natanael Ribeiro, Augusto Cesar Guíçardi, Velibor Spalevic, Junior Cesar Avanzi, Marx Leandro Silva and Ronaldo Luiz Mincato, (2020): Adaptation and application of the erosion potential method for tropical soils, Scientific Article, Revista Ciência Agronômica, v.51 (1), <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200004>.
- Tadić, Elena and Andrijana Šljuka, (2018): Erosion intensity assessment using erosion potential method and geographic information systems: A case study of Beočin municipality, Serbia. Researches Review DGTH, 47-1, 32–43.
- Wizārat al-zirā'ah wa-al-miyāh (1986) : al-Kharīṭah al-'Āmmah lil-Tarbiyah, Wizārat al-zirā'ah wa-al-miyāh, al-Sa'ūdīyah.
- Young A., (1974). Slope Development. Macmillan Education, London.