

تقدير قابلية التربة للانجراف في حوض وادي راجب باستخدام نموذج المعادلة العالمية  
RUSLE

Assesment of soil erosion susceptibility in Wadi Rajeb basin using  
RUSLE

هاشم الشريفات

Hashem Alshraifat

قسم الجغرافيا، الجامعة الأردنية، الأردن. ووزارة التربية والتعليم، الأردن

Department of Geography, University of Jordan, Jordan. and the  
Ministry of Education, Jordan

\*الباحث المراسل: has3dw078@gmail.com

تاريخ التسليم: (2021/7/7)، تاريخ القبول: (2021/11/7)

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تطبيق نموذج المعادلة العالمية (RUSLE) لتقدير قابلية التربة للانجراف في حوض وادي راجب، شمالي الأردن. واتبع الباحث في دراسته المنهج التحليلي لمعطيات مختلفة ليُمثل من خلالها متغيرات المعادلة المختلفة، منها: نموذج التضرس الرقمي DEM، وبيانات خصائص التربة، والمرئية الفضائية Sentinel-2، والبيانات المطرية، ثم صير إلى التعامل معها داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، عبر برمجية ArcMap 10.8. وتوصلت الدراسة إلى إنتاج خريطة لقابلية أجزاء الحوض للانجراف، وقد بلغت مساحات ترب المناطق المعرضة للانجراف بدرجة كبيرة 21% من مساحة الحوض الإجمالية، أو حوالي 572 طن/هكتار/سنة، أما المناطق التي كانت معرضة بدرجة متوسطة فقد كان نصيبها 34% (124-213 طن/هكتار/سنويا)، في حين كانت باقي مناطق الحوض، وتشكل 45% من مساحته، ذات قابلية ضعيفة للانجراف (0.24 طن/هكتار/سنويا). وأوصت الدراسة بضرورة العمل على توفير تقنيات وأساليب لتثبيت التربة في الحوض؛ بخاصة في المناطق المعرضة لخطر الانجراف.

**الكلمات المفتاحية:** انجراف التربة، نموذج المعادلة العالمية لتقدير انجراف التربة RUSLE، نظم المعلومات الجغرافية، حوض وادي راجب.

## Abstract

This study aims to apply the Universal Erosion Model (RUSLE) on Wadi Rajeb Basin in order to estimate the susceptibility of soil to erosion. The research follows the analytical method for different data to represent the variables that have been dealt with in (GIS), such as: Digital Elevation Model (DEM), Data of soil properties, sentinel-2 image, etc. The study shows that the basin is subjected to erosion in varying levels. It also shows that 21% of the basin is highly exposed to soil erosion (572 ton/ha/year), and 34% of it is a moderate risk level for erosion (124-213 ton/ha/year), and the remaining areas (45% of the basin) appear to be at low risk (<0.24 ton/ha/year). The study recommends on the importance of providing techniques and methods to save the soil stabilization in the basin, especially in areas prone to erosion.

**Keywords:** Soil erosion, RUSLE, GIS, Wadi Rajeb Basin.

## المقدمة

إن الوقوف على خصائص الأرض وتحليلها يعد من أهم وأوائل الخطوات الضرورية والمتبعة غالباً، قبل إجراء أي مشروع إنساني، زراعياً كان أو صناعياً، أو ما شابه ذلك في حيز ما من الأرض، وإن من أهم المشكلات التي تواجه التربة مشكلة انجرافها خصوصاً في الأقاليم الجافة وشبه الجافة؛ نظراً لتفككها، وهذه المشكلة تهدد الأحياء من نبات وحيوان وإنسان؛ فمن جرائها تخسر التربة موادها العضوية التي لا يمكن أن تعوض -في غالبيتها- بالأسمدة، والمواد الكيميائية. والسبب وراء انجراف التربة يُرد إلى فعل العوامل الطبيعية: كالرياح والماء، إضافة إلى تدخل الإنسان والذي يسارع من عملية الانجراف: كقيامه بإزالة الغطاء النباتي مثلاً. وتقدر مساحة الأراضي المهتدة بالانجراف في الأقاليم الجافة وشبه الجافة بحوالي 6000000 كم مربع (المغاري، 2021). إضافة إلى أن معدل تآكل التربة السنوي في العالم ما مقداره 75 مليار طن (المحمد والبلبيسي، 2019). أما الأردن فإنها ليست بمعزل عما يجري في كثير من دول العالم؛ ما يستوجب تقدير انجراف التربة في مختلف أنحاء المملكة عبر مستويات عدة؛ ليسهل التعامل معها ووضع خطط للتصدي لهذه المشكلة، أو التقليل من أثارها. ويجري تقدير انجراف التربة بطرق عديدة ومختلفة يعد نموذج المعادلة العالمية لتقدير حجم التربة المجرّفة -الذي سيطبق في هذه الدراسة- أهمها وأكثرها انتشاراً وتطبيقاً (مسار، 2012).

### مشكلة الدراسة وتساؤلاتها

تتعرض محافظة عجلون لانجراف التربة بشكل مستمر بحسب ما كشفته كثير من الدراسات، ولما كان حوض وادي راجب جزءاً لا يتجزأ من المحافظة، وإن انجراف التربة فيه لم يدرس قط؛ فإن مشكلة الدراسة تتمحور في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. هل يعاني حوض وادي راجب من خطر انجراف التربة؟
2. ما الخصائص الطبيعية للحوض المؤثرة في انجراف تربته؟
3. هل من الممكن تطبيق نموذج المعادلة العالمية؛ لتقدير انجراف التربة في حوض وادي راجب؟
4. هل يمكن إنشاء خريطة توضح مستويات انجراف التربة في الحوض؟

### أهمية الدراسة ومبرراتها

موضوع انجراف التربة وتأكلها يحظى -منذ مدة طويلة- باهتمام الجغرافيين والجيولوجيين والجيومورفولوجيين والمتخصصين في العلوم الطبيعية؛ لما له من آثار كبيرة في البيئة عموماً وفي حياة الإنسان خصوصاً، وتكمن أهمية هذه الدراسة في أنها الدراسة الأولى التي تحاول الوقوف على مستويات انجراف التربة في حوض وادي راجب في شمال الأردن، إضافة إلى رفد الدراسات المرتبطة بهذا المجال.

### أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى ما تحقيق الأهداف الآتية:

1. تطبيق نموذج المعادلة العالمية لتقدير قابلية أجزاء حوض وادي راجب للانجراف.
2. استنباط أبرز الخصائص الطبيعية للحوض المؤثرة في انجراف تربته.
3. الكشف عن مدى قابلية تعرض أجزاء الحوض لانجراف التربة.
4. إنشاء خريطة تمثل مستويات الانجراف المحتمل للتربة في الحوض.

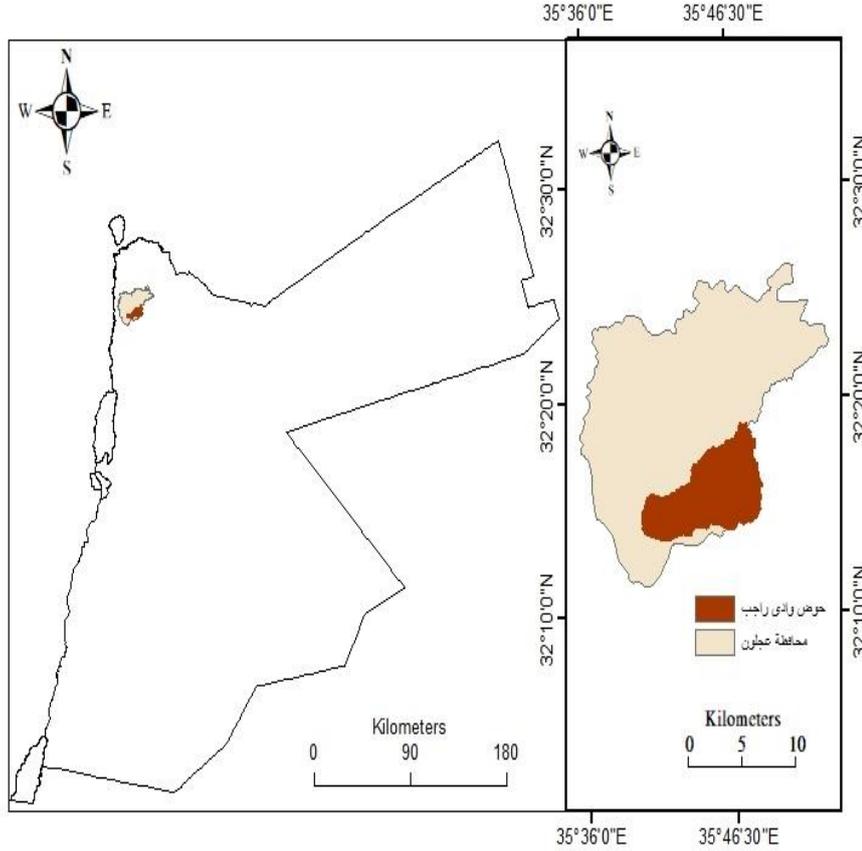
### منطقة الدراسة

يقع حوض وادي راجب إلى الجنوب الشرقي من محافظة عجلون شمال الأردن، أما فلكياً فبين خطي طول  $35^{\circ}40'$ – $35^{\circ}49'$  شرقاً، ودائرتي عرض  $32^{\circ}13'$ – $32^{\circ}19'$  شمالاً على وجه التقريب. وتبلغ مساحة الحوض 84.90 كم مربعاً. وتتراوح الارتفاعات في المنطقة ما بين 144 متراً دون سطح البحر على شفا المنطقة الغورية، إلى 1237 متراً شمال الحوض. وفيما يتعلق بمناخ الحوض؛ فإنه يقع ضمن إقليم مناخ البحر المتوسط الذي من خصائصه البرودة وسقوط الأمطار شتاءً، وارتفاع الحرارة والجفاف صيفاً.

جدول (1): الأقاليم المناخية في الحوض.

| الإقليم المناخي                      | الارتفاع                   |
|--------------------------------------|----------------------------|
| الإقليم المناخي المعتدل البارد (Csb) | 1100 > م                   |
| الإقليم المناخي المعتدل الدافئ (Csa) | 300 م - 1100 م             |
| مناخ الاستبس الحار (Bsh)             | 300 < (المناطق الشفاغورية) |

(الزريقات، 2004).



شكل (1): خريطة منطقة الدراسة.  
(المصدر: إعداد الباحث).

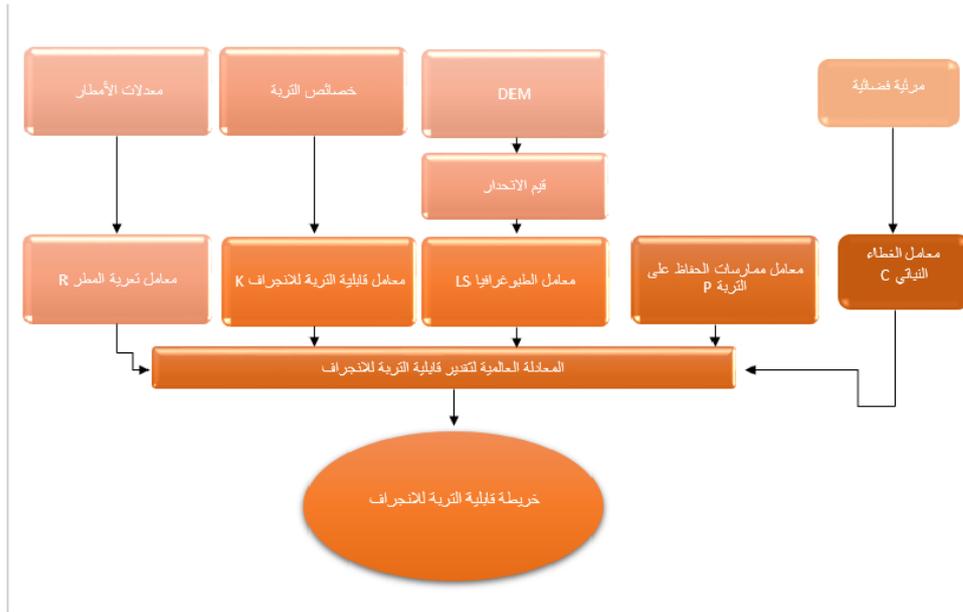
## مصادر البيانات

## المصادر الثانوية

- وتشمل الأبحاث، والرسائل الجامعية، والكتب، والتقارير، وغيرها؛ واستخدمت جميعها لوصف الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة، وكذلك اشتق منها بعض البيانات والمعلومات التي تدخل في التحليل: كبيانات التربة التي اشتق منها معامل قابلية التربة للانجراف، وهي: نسبة الطين، نسبة الرمل، نسبة السلت.
- مرئية فضائية Sentinel-2 بدقة 10م، ملتقطة بتاريخ 15-4-2020، وأخذت المرئية بهذا التاريخ كونه بداية لفترة جفاف الأعشاب التي تنبت بفعل مياه الأمطار، الأمر الذي سيعطي نتائج أدق حول الانجراف؛ إذ تؤثر الأعشاب والحشائش في سرعة الجريان التي تؤثر بدورها في الانجراف. بالإضافة إلى نموذج التضرس الرقمي (DEM) بقدرة تمييزية 30م، وذلك من موقع وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS).
- بيانات مناخية تمثل كميات الأمطار لمحطات مناخية مختلفة موزعة حول حدود منطقة الدراسة وتم الحصول عليها من وزارة المياه والري، ومؤسسة طقس العرب، وبيانات عن توزيع أنواع الترب في منطقة الدراسة، وتم الحصول عليها من موقع منظمة الأغذية والزراعة العالمية (fao.org).

## منهجية الدراسة

اتبعت الدراسة المنهج التحليلي التجريبي في تحليل العوامل المختلفة التي تدخل في تقدير قابلية التربة للانجراف؛ عبر تطبيق نموذج المعادلة العالمية the Universal Erosion model (RUSLE)؛ في نظم المعلومات الجغرافية باستخدام برمجية ArcMap 10.5، كتحليل مؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي (NDVI) Normalized Difference Vegetation index، واشتقاق معامل المطر بالاستيفاء المكاني.



شكل (2): آلية تطبيق المعادلة العالمية لتقدير انجراف التربة.

#### الأدب النظري والدراسات السابقة

تعرف التربة بأنها الطبقة السطحية من الأرض والناشئة عن تفتت الصخور وتحللها، وتحلل المواد العضوية فيها، وهي عرضة للتغير والتبدل باستمرار، ويعتمد ذلك على العوامل المناخية، ونوعية الصخور المتكونة منها، والزمن وغير ذلك، ويمكن القول باختصار بأنها من نواتج التجوية الأساسية. وتكمن أهمية التربة بالدرجة الأولى في كونها موئلا للأحياء المختلفة من نبات وحيوان. وتتعرض التربة للتجوية بفعل عمليات كثيرة على رأسها التعرية المائية، وتكون عندما يدفع الماء الجاري بقوة ما يعترض طريقه من مفتتات صخرية ويحركها في طريقه. وتعتمد قوة الجريان على جملة من العوامل: كمية الماء، ودرجة انحدار السطح، ووجود الغطاء النباتي من عدمه، وحجم جزيئات التربة، وطريقة حراثة الإنسان للأرض وقطعه للغابات (السامرائي وآخرون، 2014). ويقدر انجراف التربة بطرق مختلفة، أهمها ما يعرف بنموذج المعادلة العالمية لتقدير انجراف التربة وهي معادلة تتضمن مجموعة من المتغيرات المؤثرة في عملية الانجراف، وهذه المتغيرات هي: معامل تعرية المطر، معامل قابلية التربة للانجراف، معامل الطوبوغرافيا، معامل الغطاء النباتي، معامل ممارسات الحد من انجراف التربة. وتعد هذه المعادلة من أهم المعادلات التطبيقية، وتقوم أساسا على التكهن بمدى تأثير كل متغير من المتغيرات السابقة على حدة، ومن ثم الربط بين هذه المتغيرات بعلاقات رياضية وتقنية (مضاهاة وتطابق) يمكن تطبيقها داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، لإنتاج خريطة نهائية تصنف المنطقة المدروسة إلى فئات بحسب

قابلية تعرضها لخطر الانجراف، وتحدد قيمة كل متغير -أو معامل- بناءً على المعلومات والبيانات الخاصة به المستنبطة من مصادرها، وباستخدام معادلات رياضية مختلفة، ويكون ذلك وفق تطبيق المعادلة العالمية بحسب ما يأتي: (Ganasri & Ramesh, 2016).

$$A = R * K * (LS) * C * P$$

حيث إن:

A: المعدل السنوي لفقدان التربة (طن/هكتار/سنة)

R: معامل تعرية المطر

K: معامل قابلية التربة للانجراف

LS: معامل الطبوغرافيا

C: معامل الغطاء النباتي

P: معامل ممارسات الحد من انجراف التربة

وبخصوص الدراسات والأدبيات السابقة؛ فقد تطرقت دراسات كثيرة لموضوع انجراف التربة وتقديره في أماكن مختلفة من العالم. أما عن الدراسات المحلية التي تناولت متغيرات الدراسة، فمنها:

ركز البليسي والمحمد (2019) على تطبيق نموذج المعادلة العالمية لانجراف التربة (RUSLE)؛ من أجل تحديد مناطق تدهور التربة بالانجراف، في حوض وادي العرب، وتوصلت الدراسة إلى الكشف عن مناطق الترب المتدهورة وحساب مساحتها وتحديد مناطق الانجراف والتدهور على مستوى الوحدات الصغيرة منها، وتقدير حجم تدهورها.

ودرس قوقزة والشباطات (2013) أهم العوامل المؤثرة في انجراف التربة في حوض وادي الحسا الأوسط (سد التنور)، وتبين أن كمية التربة المتناثرة بالطاير بلغت 53.0 طنًا / دونم / سنة، وعزا أسباب ذلك إلى ارتفاع معدلات درجات الانحدار، وهشاشة التربة، وكثرة الانزلاقات الأرضية، كما أظهر التحليل الإحصائي أن المتغيرات التي ارتبطت بانجراف التربة هي: كيميائية التربة، واللدونة، والعامل المورفولوجي، وعامل نسيج التربة.

وقام المزودة (2013) في دراسته باختيار عدة متغيرات مؤثرة في انجراف التربة، وإدخالها في نظام (ITC)؛ وذلك لتحديد قابلية التربة للانجراف وتصنيفها لنطاقات في حوض وادي الشلالة في شمال الأردن. وكشفت الدراسة أن الحوض يصنف لأربعة تصنيفات بحسب قابلية تربته للانجراف، أعلاها المستوى المتوسط (68%) من مساحة الحوض.

وتناولت دراسة الزريقات (2004) دراسة مورفولوجية حوض وادي راجب مع التركيز على الانحدار من حيث تصنيفه ودراسة العوامل المساندة له في التأثير على بيئة الحوض، وكذلك

دراسة الغطاء النباتي وتصنيف الترب في الحوض، واستخدم الباحث أسلوب المسح الميداني الشامل لتحقيق أهدافه.

وقاس بني طه (2004) كميات الانجراف بفعل التناثر والجريان المائي، في مناطق مختارة من محافظة جرش في شمال الأردن. وتبين أن منطقة الدراسة تتعرض للانجراف بأنواع ثلاثة: الصفيحي، الأخدودي، والقوي، وأنها تقع ضمن الحدود الحرجة للانجراف.

أما على المستوى الإقليمي؛ فقد قام المغاري (2021) بحساب كميات انجراف التربة في قطاع غزة، وتحديد المناطق الأكثر عرضة للانجراف؛ وذلك من أجل اتخاذ التدابير المناسبة للحد من هذا الخطر، وتوصل إلى أن قيم انجراف التربة بقطاع غزة بالمتوسط تبلغ 7.4 طن/هكتار/السنة.

وتمثلت أهمية دراسة المسماري (2015) في تسليط الضوء على أسباب انجراف التربة ودور السدود في الحد منه، في منطقة أبو ترابة شمال شرق ليبيا. وتبين أن السبب الرئيس وراء الانجراف في المنطقة هو معدلات الهطول المطري وغازاته، لذلك أوصى الباحث بضرورة تكثيف إنشاء السدود للحد من تدفق المياه.

وهدف العوض (2012) إلى فحص المعادلة العالمية لتقدير كمية التربة التي تجرفها مياه الأمطار، واستعرض العوامل الرئيسية التي تدخل في إطار المعادلة، وذلك بمنطقة جنوب الفونج في السودان، واعتمد في ذلك على ما يتوفر من الأدبيات السابقة التي استخدمت فيها نفس المعادلة.

وصب العكام (2010) اهتمامه على مشكلة التعرية وانجراف التربة في أراضي شمال العراق، مختاراً سهل جولاك حيزاً لدراسته، محاولاً تقدير درجات الانجراف بالتعرية في أجزاء الحوض، وتبين وجود ثلاثة نطاقات لقابلية أجزاء الحوض للانجراف والتعرية، وبلغت نسبة المناطق المهدة من مساحة الحوض 19% تقريباً.

وعالمياً؛ قام Aganaw وآخرون (2021) بتقدير معدل تآكل التربة وانجرافها خلال الفترة بين (1995-2018) في الأحواض المائية في أراضي تشيريتي شمال شرق إثيوبيا، وذلك اعتماداً على معاملات معادلة فقد التربة العالمية. وتوصلت دراستهم إلى أن المعدل السنوي لفقدان التربة في المناطق الشديدة الانحدار بلغ 187 طنًا / هكتار سنوياً، على وجه التقريب.

وركز Maronedze and Schutt (2020) على تقييم انجراف التربة في مقاطعة إيبورث، هيراري، عاصمة زيمبابوي، وذلك باستخدام المعادلة العالمية (RUSLE) لتقدير انجراف التربة، وكشفت نتائج دراستهما أن 40% من حيز الدراسة عرضة للانجراف بشكل كبير بفعل تآكل التربة، وأغلبها مناطق أهلة بالغمران.

وطبق Mugi وآخرون (2019) نموذج تآكل التربة الموزع مكانياً ونموذج ترسيب الرواسب (WaTEM/SEDEM) للتحقق من التغيرات الزمانية والمكانية لتآكل التربة بين الأعوام 1984-2014 في ثلاثة أحواض مائية في هضبة غويتشو جنوب غرب الصين، وتبين أن

أكبر نسبة للرواسب المعرأة كانت تلك الناتجة عن الأراضي الزراعية الجافة. وأنشأ Rizeei وآخرون (2015) خرائط غطاءات أرضية بفئات مختلفة بين 2004-2010 وألحقت -بعد استخدام خوارزمية الشبكات العصبية في التحليل- بمعادلة فقد التربة العالمية لإنتاج خرائط لمعدل تآكل التربة في أحواض سيمينيا المائية في ماليزيا، عامي 2004 و2010 وأخرى تنبؤية للعام 2016؛ أي بعد عام من الدراسة.

وهدف Tesfahunegn وآخرون (2014) إلى اشتقاق التوزيع المكاني لمتغيرات فيزيائية مائية وتطبيقها في نموذج (MMF) لتقدير درجة تآكل التربة في الأحواض الفرعية ومناطق تجمع المياه في حوض ماي نيجوس، شمالي أثيوبيا. وأظهرت الدراسة أن معدلات تفكك التربة تختلف من مكان لآخر داخل الحوض. فيما طبق Kouli وآخرون (2008) نموذج المعادلة العالمية (RUSLE) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) للتنبؤ بالخسارة المحتملة للتربة بالانجراف في جزيرة كريت، جنوبي اليونان؛ كونها تعاني بشكل كبير من مشكلة الانجراف وانعكاساتها على الانتاج الزراعي والتأثير في مصادر المياه.

### التحليل والمناقشة

جرى التحليل في الدراسة تباعا لمعاملات نموذج المعادلة العالمية لتقدير قابلية التربة للانجراف، وذلك وفق ما يأتي:

#### 1. عامل تعرية المطر R

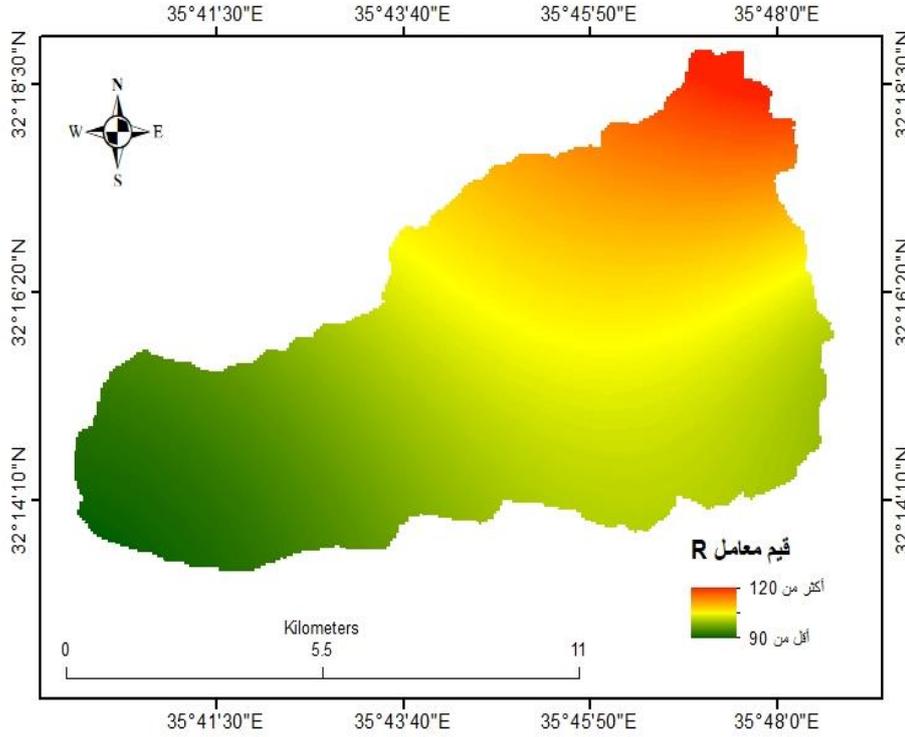
اشتق هذا العامل من خلال أداة الاستيفاء المكاني (interpolation) التي طبقت على البيانات المطرية التي حصل عليها الباحث من مصادرها، والخاصة بمحطات الرصد الجوي القريبة من منطقة الدراسة، علما بأن حدود المنطقة تخلو من أي محطة دراسية ما جعل تصنيف معامل المطر تصنيفا دقيقا أمرا صعبا؛ لذلك دخلت في التصنيف ثلاث محطات هي الأقرب جغرافيا لمنطقة الدراسة، وهي: محطة رأس منيف ومحطة عنجرة ومحطة الكفير.

وتعد طريقة الاستيفاء المكاني دالة رياضية لتخمين القيم في المواقع التي لا يتوفر لها قيم دقيقة مدروسة تقوم بافتراض استمرارية بيانات الظاهرة على السطوح، وبتقدير القيم ضمن حدود البيانات المعطاة داخل حدودها بنماذج رياضية حاسوبية (العزاوي، 2018).

ولاستخراج قيمة المعامل R؛ طبقت المعادلة الآتية: (المغاري، 2021).

$$R = 3.85 * 0.35 * P$$

حيث تمثل P قيمة معدل الأمطار السنوية.



شكل (3): قيم عامل تعرية المطر في حوض وادي راجب. (المصدر: إعداد الباحث).

## 2. عامل قابلية التربة للانجراف K

صنف الباحث التربة في حوض وادي راجب اعتمادا على خريطة التربة العالمية المنتجة من قبل منظمة الأغذية والزراعة العالمية، وكانت على ثلاثة أنواع، تسيطر على معظم أجزاء الحوض منها تربة البحر المتوسط الحمراء. وقد كانت كما يأتي:

أ. تربة الرندزين: تنتشر في الأجزاء الشمالية من حوض وادي راجب (الحوض الأعلى) وهي ترب ضحلة ذات لون رمادي بناؤها الحبيبي ثابت؛ لتشيحها بغرويات الكالسيوم ما يجعلها تربة ذات قطاع متماسك، وهي تتوزع حول العالم في النطاقات ما بين المناطق الرطبة وشبه الجافة (المكي، 2016).

ب. تربة البحر المتوسط الحمراء: تشكل 65 كم مربعا من مساحة الحوض الإجمالية، وتسود في الأجزاء الشرقية والوسطى من محافظة عجلون حيث تزيد كمية المطر فيها، وترتفع فيها

الأكاسيد الحديدية، وتشتهر بلونها الأحمر الداكن، وتعد تربة التيراروسا (Terra Rosa) في المنطقة من أشهر فروعها (العنانزة، 1987).

ج. التربة الكلسية: تتموضع في حوض وادي راجب السفلي، جنوب المنطقة، وهي ذات محتوى عال من الطين.

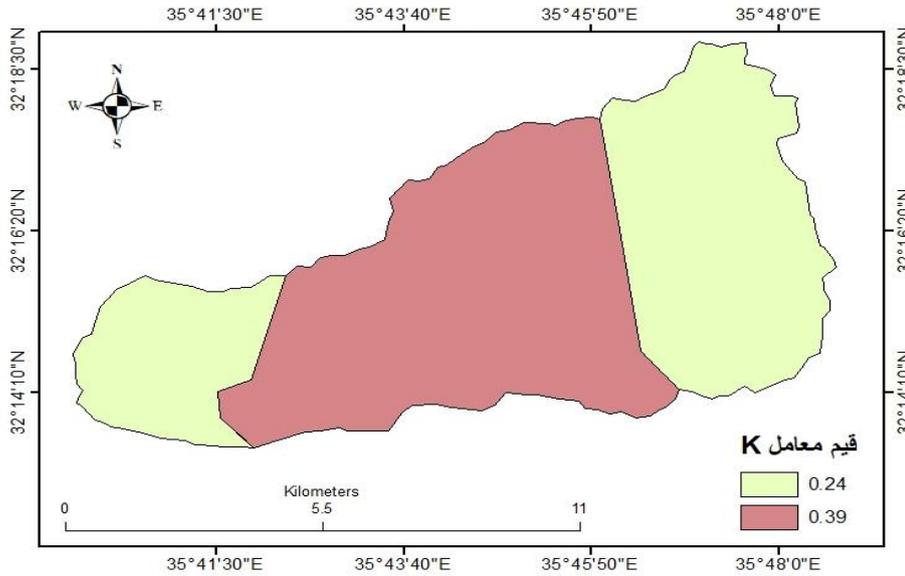
جدول (2): معدل الطين والرمل والسلت في حوض وادي راجب.

| الموقع          | نسبة الطين | نسبة الرمل | نسبة السلت |
|-----------------|------------|------------|------------|
| حوض راجب الأعلى | 17         | 56         | 27         |
| حوض راجب الأوسط | 25         | 7          | 68         |
| حوض راجب الأدنى | 53         | 20         | 27         |

(المصدر: غرايبة، 2018).

ويعتمد حساب معامل انجراف التربة على نسبة الرمل والسلت والطين فيها من خلال المعادلة (المغاري، 2021):

$$K = 0.32 * \left( \frac{\% \text{السلت}}{\% \text{الرمل} + \% \text{الطين}} \right)^{0.27}$$



شكل (4): قيم معامل قابلية التربة للانجراف في حوض وادي راجب (المصدر: إعداد الباحث).

وكلما كان الناتج أقرب من 1، كانت التربة أعلى قابلية للانجراف.

### 3. عامل الطبوغرافيا LS

يعتمد هذا المعامل على مناطق تجمع المياه في الحوض، وعلى انحدار الحوض من حيث طول المنحدر، وشدة الانحدار. وقد اشتق الانحدار في الحوض وصنف إلى سبع فئات بحسب تصنيف يونج (علاجي، 2010) وذلك بعد معالجة شواذ القيم لنموذج التضرس الرقمي وتحديد مستجمعات المياه.

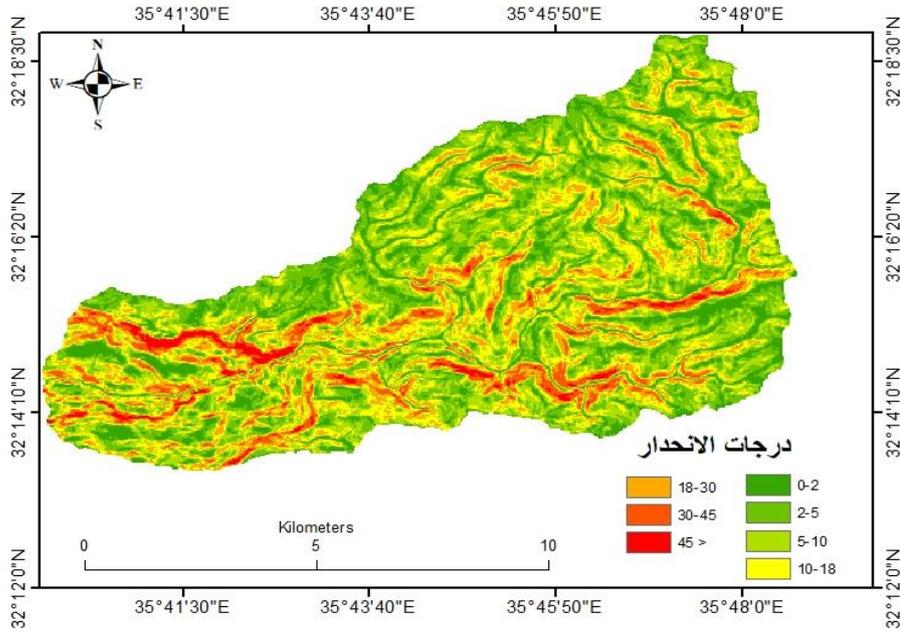
ويحسب معامل الطبوغرافيا من خلال المعادلة الآتية: (Moore & Bruch, 1986).

$$(Flow\ accumulation * cell\ value / 22.13)^m * (\sin \beta / 0.0896)^{1.3}$$

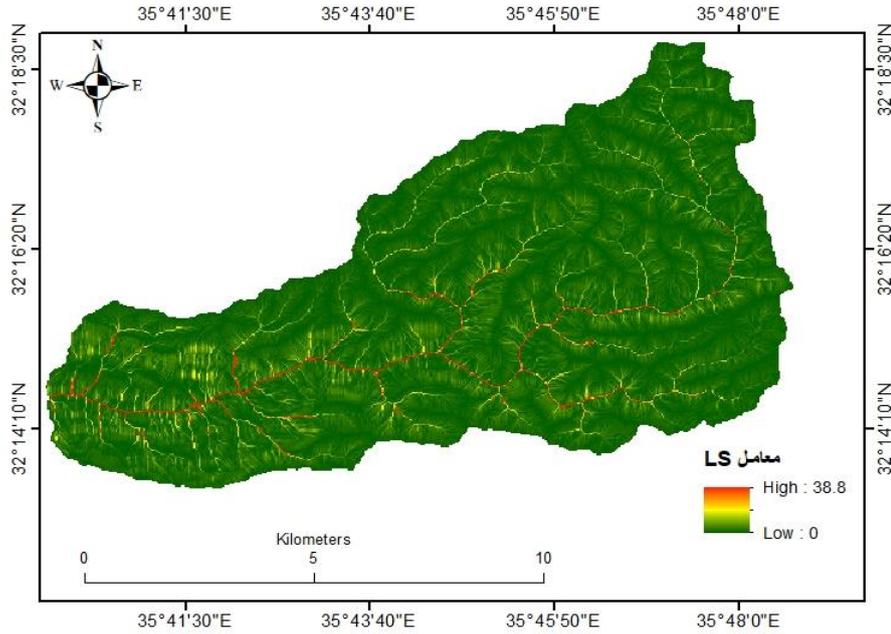
حيث تكون قيمة m:

$$\text{If Slope (deg)} < 1 = 0.2 / 1 - 3 = 0.3 / 3 - 5 = 0.4 / > 5 = 0.5.$$

وبتطبيق المعادلة السابقة على حوض وادي راجب، كان توزيع عامل الطبوغرافيا على أجزائه يتراوح بين 0-38.8.



شكل (5): فئات الانحدار في الحوض بحسب تصنيف يونج. (المصدر: إعداد الباحث).



شكل (6): قيم معامل LS في حوض وادي راجب.  
(المصدر: إعداد الباحث).

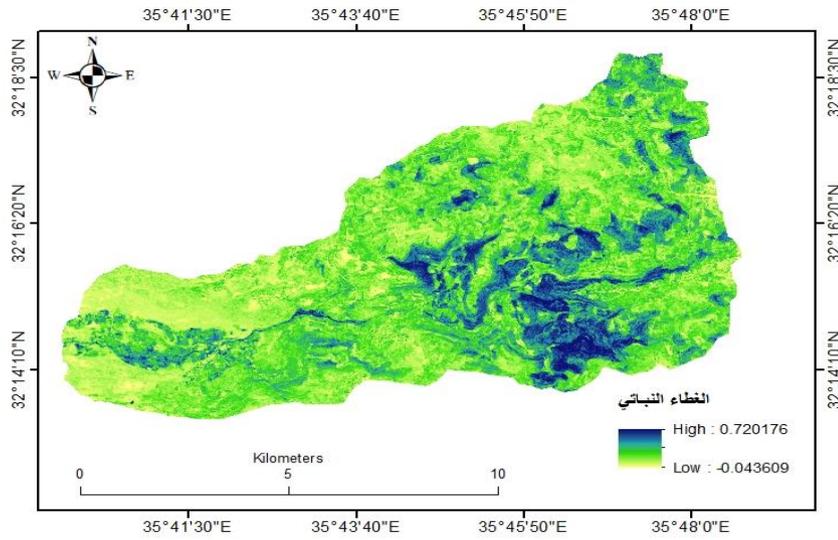
#### 4. عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية C

يؤثر الغطاء النباتي تأثيراً كبيراً في انجراف التربة؛ من حيث تثبيتها، وتقليل سرعة الجريان المائي وتقليل وطأة ارتطام حبات المطر الغزير فيها، وكذلك تزويدها بالمواد العضوية الناتجة عن تحلل أوراق تلك الأشجار بعد تساقطها.

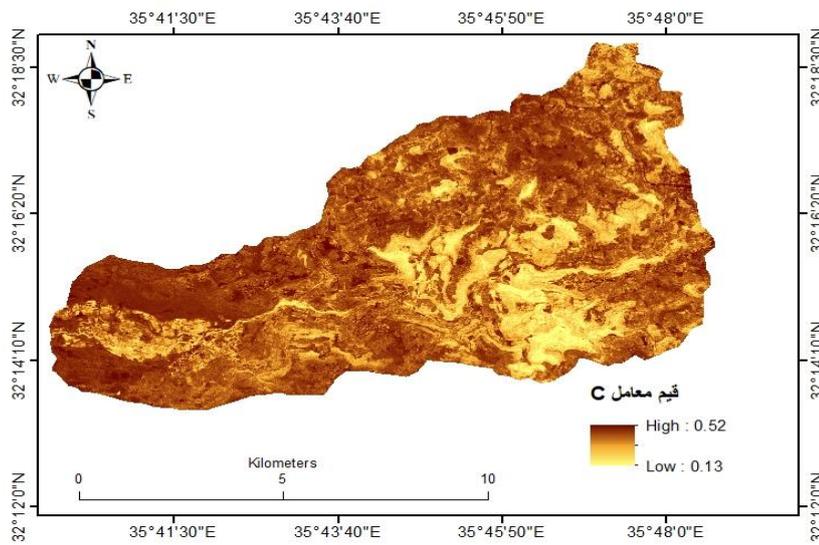
ويحسب عامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية عبر المعادلة الآتية (المغاري، 2021):

$$C = (1 - NDVI) / 2$$

وقد استخرج الباحث مؤشر الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة بالاعتماد على المرئية الفضائية من Sentinel-2 خلال قسمة ناتج طرح الأشعة تحت الحمراء والأشعة الحمراء على ناتج مجموعهما، وقد استخرج معامل الغطاء النباتي في الحوض (الشكل 7)، ثم طبقت معادلة معامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية في الحوض؛ وتبين أن قيم المعامل في منطقة الدراسة تتراوح بين 0.13-0.52، وإن أعلى القيم تتركز في شمال الحوض مع توزعها في مختلف أجزائه كذلك؛ حيث يغيب الغطاء النباتي تقريباً؛ ما يجعل تلك المناطق الأكثر عرضة لانجراف التربة.



شكل (7): معامل الغطاء النباتي في حوض وادي راجب.  
(المصدر: إعداد الباحث).



شكل (8): قيم معامل الغطاء النباتي والإدارة البيئية.  
(المصدر: إعداد الباحث).

## 5. معامل الحد من انجراف التربة P

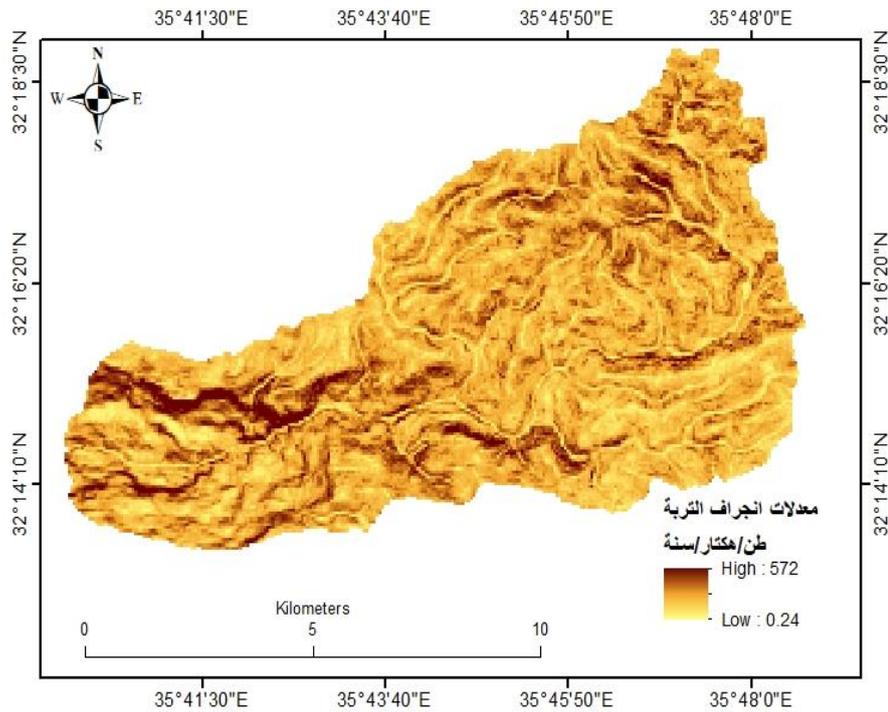
يعتمد هذا العامل على الممارسات البشرية التي تهدف إلى الحد من انجراف التربة، ويعطى قيمة افتراضية تتراوح بين (0 - 1) وكلما زادت القيمة واقتربت من 1 دل ذلك على سوء وقلة الممارسات المتبعة للحد من انجراف التربة (المحمد والبلبيسي، 2019).

وبعد مراجعة خرائط استعمالات الأرض، ونظرا لأن معدلات الأمطار عالية إلى حد ما، ليس في منطقة الدراسة فحسب، وإنما في محافظة عجلون ككل، وبعد مراجعة التقارير الرسمية عن آليات الحفاظ على التربة، تبين أن المحافظة تعاني بشكل كامل من غياب الممارسات المستهدفة لحماية التربة وتثبيتها اللهم إلا بعضا من السلاسل الأرضية والحواجز الشبكية في مناطق محدودة؛ ومن أجل ذلك جميعا افترض الباحث قيمة المعامل P بما مقداره (0.8).

تطبيق نموذج المعادلة العالمية لتقدير قابلية التربة للانجراف في حوض وادي راجب، اعتمادا على المعاملات السابقة جميعها.

وبعد تطبيق المعادلة العالمية لتقدير حجم التربة المنجرفة بمدخلاتها الطبيعية، على أراضي حوض وادي راجب المختلفة، من خلال ضرب هذه العوامل ببعضها ببعض داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية (برمجية ArcMap 10.8) توصل الباحث إلى تقدير قابلية أجزاء الحوض للانجراف وفق مستويات مختلفة، وهي:

1. مناطق ذات قابلية عالية للانجراف، تقدر بحوالي 572 طن لكل هكتار سنويا، وكانت تشكل ما مقداره من مساحة الحوض 21% (20 كم مربعاً)
2. مناطق ذات قابلية متوسطة بلغت مساحتها 29 كم مربعاً، ما مقداره 34% من مساحة الحوض.
3. مناطق ذات قابلية ضعيفة للانجراف، وهي المناطق التي يقدر الانجراف فيها بنحو 0.24 طن لكل هكتار من الأرض سنويا، ودون ذلك، وهذه الفئة الأخيرة كانت أكبر المناطق مساحة بنحو 37 كم مربعاً ما يشكل من إجمالي مساحة الحوض 45% تقريبا.



شكل (9): مستويات قابلية تعرض أجزاء الحوض للانجراف.  
(المصدر: إعداد الباحث).

جدول (3): معدلات فئات قابلية التربة للانجراف في أجزاء الحوض.

| معدلها من مساحة الحوض | المساحة التي تغطيها | طن/هكتار/سنة | قابلية التربة للانجراف |
|-----------------------|---------------------|--------------|------------------------|
| %21                   | 20 كم مربعا         | 572          | قابلية عالية           |
| %34                   | 29 كم مربعا         | 213-124      | قابلية متوسطة          |
| %45                   | 37 كم مربعا         | <0.24        | قابلية ضعيفة           |

(المصدر: إعداد الباحث).

### النتائج

توصلت الدراسة إلى جملة من النتائج، وكان أبرزها:

- إنتاج خريطة تمثل مستويات قابلية التربة للانجراف في حوض وادي راجب، وقد غلب على أجزاء الحوض (66 كم مربعاً) ما معدله من المساحة الإجمالية (79%) عدم تعرضها للانجراف بصورة خطيرة؛ ويرجع ذلك إلى أن معظم أجزاء الحوض من حيث الانحدار تتراوح بين مناطق مستوية (0-2 درجة) إلى لطيفة ومتوسطة الانحدار (10-18 درجة) بحسب تصنيف يونج، وكذلك فإن كثيراً من أراضي الحوض تتوزعها النباتات والأشجار الحرجية التي تعمل على تثبيت التربة.
- بلغت مساحة المناطق التي تقع ضمن نطاق التهديد الحقيقي للانجراف في الحوض 20 كم مربعاً بمعدل 572 طن/هكتار/سنة، ما يشكل 21% من إجمالي الحوض، وغالبا كان في الأراضي الشمالية من الحوض والتي يعد معامل المطر الأكثر تأثيراً فيها، والمناطق الشفا غورية في أقصى جنوب الحوض، والتي تمتاز بشدة درجات الانحدار.
- تتراوح مقادير الانجراف في الحوض بين 0.24-572 طن/هكتار/سنة، بمتوسط يبلغ 362 طن/هكتار/سنة.

### التوصيات

توصي الدراسة في ضوء النتائج التي توصلت إليها بما يأتي:

- العمل على توفير تقنيات وأساليب من شأنها تثبيت التربة، خاصة في المناطق المعرضة لخطر الانجراف بصورة كبيرة.
- تكثيف الرقع الخضراء، وزيادة الأشجار الأمر الذي سيعمل بدوره على تماسك التربة ومنع انجرافها.
- تثبيت المنحدرات؛ للتقليل من زحف التربة.
- تغذية التربة في المناطق المعرضة للانجراف بالأسمدة؛ وهذا سيؤدي إلى زيادة خصوبتها وقابليتها للزراعة.

### المراجع العربية

- الزريقات، علاء الدين. (2004)، مورفولوجية حوض وادي راجب، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية.

- السامرائي، سحاب. وأحمد، أن. وقوام، قدس. (2014)، أثر العمليات المورفومناخية والمورفوديناميكية (عملية التجوية والتعرية المائية) على انجراف التربة في حوض كلالة، مجلة سرّ من رأى، م10، ع39، ص115-150.
- العزاوي، علي. (2018)، مقارنة تقنيات الاستيفاء المكاني لخرائط مناسيب المياه الجوفية في قضاء تلعفر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS، مجلة جامعة كركوك، م14، ع1، ص244-226.
- العكام، اسحق. (2010)، شدة التعرية الجذولية وانجراف التربة في سهل جولاك - بدلالة شبكة التصريف، مجلة الآداب، جامعة بغداد، ع92، ص177-192.
- العنانزة، علي. (1987)، الناتج الرسوبي لحوض وادي كفرنجة، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية.
- العوض، مسمار. (2012)، استعراض المعادلة العالمية لتقدير حجم التربة المجروفة بمياه تساقط الأمطار، مجلة دراسات حوض النيل، جامعة النيلين، م7، ع14، ص7-27.
- المسماري، منصف. (2015)، السدود ودورها في الحد من انجراف التربة في منطقة أبو ترابة، مجلة العلوم والدراسات الإنسانية، ع5، ص1-11.
- بني طه، عمر. (2004)، انجراف التربة في مواقع مختارة من منطقة جرش، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية.
- غرايبة، خليف. (2018)، التربة في محافظة عجلون، تقرير منشور على موقع وزارة الثقافة الأردنية، <http://www.ich.gov.jo>.
- قوقزة، موسى. والشباطات، علي. (2013)، انجراف التربة في حوض وادي الحسا الأوسط/الطفيلة، مجلة اتحاد الجامعات العربية للأداب، م1، ع10، ص709-743.
- محمد، هيفاء. والبلبيسي، حسام. (2019)، تقدير تدهور التربة في حوض وادي العرب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد، دراسات للعلوم الإنسانية والاجتماعية، م1، ع46، ص125-139.
- المزودة، محمد. (2013)، المسح الجيومورفولوجي أداة لتحديد نطاقات أخطار انجراف التربة في حوض وادي الشلالة، الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية.
- المغاري، باسم (2021)، تطبيق نموذج RUSLE لتقدير انجراف التربة في قطاع غزة / فلسطين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة النجاح، م1، ع35، ص1-21.
- المكي، محمود (2016)، تجوية مادة الاصل وخصائص قطاعات ترب الرندزينا بمنطقة الجبل الاخضر - ليبيا، المجلة الأردنية للعلوم الزراعية، م12، ع3، ص881-889.

- طقس العرب. (2019)، بيانات مناخية غير منشورة، عمان، الأردن.
- علاجي، أمّنة. (2010)، تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة أم القرى، المملكة العربية السعودية.
- موقع منظمة الأغذية والزراعة. (2021)، بيانات أنواع التربة.
- موقع وكالة المسح الجيولوجي الأمريكية. (2021)، نموذج التضرس الرقمي وصور الأقمار الصناعية، (earexplorer.usgs.gov).
- وزارة المياه والري. (2019)، بيانات مناخية غير منشورة، عمان، الأردن.

### References (Arabic & English)

- Ajanaw, N. Endalkachew, F. Haile, G. (2021). Potential Soil Loss Estimation and Erosion-Prone Area Prioritization Using RUSLE, GIS, and Remote Sensing in Chereti Watershed, Northeastern Ethiopi, *SAGE Publishing*, v14: 1-17.
- AL Mohammad, H. Al-Bilbis, H. (2019). Estimating soil degradation in the Wadi Al Arab; basin using GIS and Remote Sensing techniques, *Derasat: Human and Social Sciences*, v1(46):125-139.
- Alaji, Amneh. (2010). *The application of geographic information systems in building a database of morphometric characteristics and their hydrological implications in Wadi Yalamlam Basin*, (Unpublished Master's Thesis). The University of UMM AlQura, Saudi Arabia.
- Alakam, Isaac. (2010). The intensity of rill erosion and soil erosion in the Gulak plain - in terms of the drainage network, *Al-Adab Journal, University of Baghdad*, 92: 177-192.
- Alawad, Mismar. (2012). Review of the Universal soil loss equation for estimating the volume of dredged soil with rainfall, *Neelain University Journals*, v7(14): 7-27.

- Alazawi, Ali. (2018). Comparison of spatial interpolation techniques for maps of groundwater levels in Tal Afar district using GIS, *Journal of Kirkuk University*, v14(1): 226-244.
- Almazawdeh, Mohammad. (2013). *Geomorphological survey is a tool for determining the locations of soil hazards in the Shallala Valley Basin*, (Unpublished Master's Thesis). The University of Jordan, Jordan.
- Almismary, Monsef. (2015). Dams and their role in reducing erosion Soil in the Abu Taraba area, *Journal of Science and Human Studies*, 5:1-11.
- Almughari, B. (2021). Application of RUSLE model for estimating soil erosion in Gaza strip in Palestine using geographic information system, *An - Najah University Journal*, v35(1):1-21.
- Alsamuraee, S. & Ahmad, A. Qawam, Q. (2014). The impact of morphoclimatic and morphodynamic processes (weathering and water erosion) on soil erosion in the Kalala Basin, *Journal of Surra Man Raa*, Volume 10, Issue 39, Pages 115-150.
- Alzrikat, alaeddin. (2004). *The Morphology of Wadi Rajib Basin*, (Unpublished Master's Thesis). The University of Jordan, Jordan.
- Ananzeh, Ali. (1987). *The sedimentary output of the Wadi Kafranga basin*, (Unpublished Master's Thesis). The University of Jordan, Jordan.
- Arab Weather. (2019). Unpublished Climatic Data, Amman, Jordan.
- Bni Taha, Omar. (2004). *Soil erosion in selected sites of Jerash region*, (Unpublished Master's Thesis). The University of Jordan, Jordan.
- FAO Website. (2021). Soil Types Data, (Fao.org)
- Ganasri, B. & Raamesh, H. (2016). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin, *Geoscience Frontiers*, 7(6): 935-961.

- Gharaibeh, Khlaif. (2018). Soil in Ajloun Governorate, a report published on the website of the Jordanian Ministry of Culture, [www.ich.gov.jo](http://www.ich.gov.jo)
- Kouli, M. Soupios, P. & Vallianatos, F. (2008). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece, *Environmental Geology*, 57(3): 483-497.
- Maki, Mahmoud. (2016). The weathering of the origin material and the characteristics of the randsina soil sectors in the Jabal Al-Akhdar region – Libya, *Jordan Journal of Agriculture Sciences (JJAS)*, v12(3):881-889.
- Maronedze, K. & Schutt, B. (2020). Assessment of Soil Erosion Using the RUSLE Model for the Epworth District of the Harare Metropolitan Province, Zimbabwe, *sustainable*, 12(20), 8531.
- Ministry of Water and Irrigation. (2019). Unpublished Climatic Data, Amman, Jordan.
- Moore, I. & Bruch, G. (1986). Physical Basis of The Length-Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation, *Soil Science of America Journal*, 50(5): 1294-1298.
- Mugi, X. Ranhao, S. & Liding, L. (2019) Global analysis of support practices in USLE-based soil erosion modeling, *SAGE Publishing*, v43(3): 391-409.
- Qoqazah, M. & Alshbatat, A. (2013). Soil erosion in the central Wadi Hasa Basin/ Tafila, *Association of Arab Universities Journal for Arts*, v1(10):709-743.
- Rizeei, H. Saharkhiz, M. Pardhan, B. & Ahmad, N. (2015) Soil erosion prediction based on land cover dynamics at the Semenyih watershed in Malaysia using LTM and USLE models, *Geocarto International*, v31(10): 1158–1177.

- Tesfahunegn, G. Tamene, L. L. G. & Vlek, P. (2014). Soil Erosion Prediction Using Morgan-Morgan-Finney Model in a GIS Environment in Northern Ethiopia Catchment, *Applied and Environmental Soil Science*, (1)2: 1-15.
- USGS website. (2021). Digital elevation model and satellite imagery, (earexplorer.usgs.gov).