

تقييم الانجراف المائي في حوض وادي شهباء - السويداء باستخدام المعادلة العالمية المعدلة RUSLE وتقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

م. وفاء عيسى * د. وسيم المسبر ** د. نبال الصالح ***

* طالبة ماجستير في قسم علوم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق.

** أستاذ مساعد في قسم علوم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق.

*** باحثة في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

ملخص

يعد الانجراف المائي من أهم المشاكل التي تواجه التربة الزراعية في المناطق الجبلية، ويعد تقدير معدلات الانجراف والتوزيع المكاني له من أهم الخطوات اللازمة لإدارة هذه المشكلة. يهدف هذا البحث إلى تقييم الانجراف المائي في حوض وادي شهباء- السويداء باستخدام المعادلة العالمية المعدلة (RUSLE) وتقانات الاستشعار عن بعد (RS) و نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

تم حساب معامل الهطل المطري بالاعتماد على بيانات الهطول المطري التي تم جمعها من محطات القياس في منطقة الدراسة ومحيطها خلال الفترة 2014-2024، وحساب قيم معامل قابلية التربة للانجراف بالاعتماد على نتائج التحليل المخبري لعدة عينات ترابية سطحية (0-30سم) موزعة ضمن الحوض وفي محيطه، كما تم تحديد قيم

تقييم الانجراف المائي في حوض وادي شهباء-السويداء باستخدام المعادلة العالمية المعدلة RUSLE وتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

المعامل الطبوغرافي من خلال نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة 12.5م، واستخدمت صور الأقمار الصناعية landsat8 لاستخلاص قيم معامل الغطاء النباتي.

أظهرت نتائج الدراسة أن قيم المعامل R في منطقة الدراسة تراوحت بين 65.8 و182.7، أما قيم المعامل K فقد تراوحت بين 0.03 و0.28، في حين تراوحت قيم معامل الميل LS بين 0 و13.26، بينما تراوحت قيم المعامل C بين 0.09 و1.49. كما أظهرت الدراسة أن 2.37 كم² من مساحة الحوض المدرس تعاني من خطر انجراف شديد وهي تقع في الجزء الجنوبي منه، بينما 27 كم² من مساحة الحوض تعاني من خطر انجراف متوسط وتتركز في المنطقة الوسطى وبعض المناطق الجنوبية من الحوض.

الكلمات المفتاحية : حوض وادي شهباء - الانجراف المائي - نظم المعلومات الجغرافية - المعادلة العالمية المعدلة للانجراف - الاستشعار عن بعد.

Assessment of Soil Water Erosion within Wadi Shahba Watershed- Alswydaa Using RUSLE, RS and GIS

***Eng. Wafaa Issa**

****Dr. Wassim Almesber**

*****Dr. Nibal Alsaleh**

***Master Student, Departement Of Soil sience, Faculty Of Agricultural, University Of Damascus .**

****Assistant Professor in the Departement Of Soil sience, Faculty Of Agricultural, University Of Damascus .**

***** Researcher in General Commission for Scientific Agricultural Research.**

ABSTRACT

One of the most significant challenges facing agricultural soils in mountainous regions is water erosion. Accurately quantifying the extent and spatial distribution of erosion is a crucial step in developing effective erosion management strategies. This research aims to assess soil erosion within Shahba Watershed using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS).

The rainfall erosivity was calculated based on rainfall data collected from measurement stations in the study area and its surroundings during the period 2014–2024. The soil erodibility coefficient was calculated based on the results of laboratory

analysis of several surface soil samples (0–30 cm). These samples were distributed within the watershed and in its surroundings. The topographic coefficient values were also determined using the DEM_{12.5} and Landsat₈ satellite images, which were employed to extract the vegetation cover coefficient values.

The results demonstrated that the R factor values in the study area ranged from 65.8 to 182.7, K factor values ranged between 0.03 and 0.28, slope factor values between 0 and 13.26, and C factor values between 0.09 and 1.49. The study also revealed that 2.37 km² of the study area is at high risk of erosion, with the majority of this area located in the southern region. Additionally, 27 km² of the watershed area is at medium risk of erosion, with the majority of this area concentrated in the central and southern regions of the watershed

.Key Word: Wadi SHahba Watershed, Water Erosion, **RUSLE**, GIS, RS.

مقدمة:

يعد الانجراف المائي أحد أهم أشكال تدهور التربة، حيث يسبب فقد في المادة الترابية وما يرافقها من فقد في العناصر المغذية للنبات وانخفاض في القدرة الإنتاجية للتربة، وتشير الدراسات أن أعلى معدلات انجراف الترب في العالم تحدث في آسيا وتقدر بـ 74 طن/ه/سنة[1]. وتشير الدراسات المتعلقة بتقييم مستويات شدة الانجراف، أن الانجراف المائي مسؤولاً عن خروج ما نسبته 0.3 إلى 0.8% سنوياً من الأراضي الزراعية في العالم [2]. وحسب دراسات [3] تبلغ مساحة الأراضي الزراعية في العالم والتي أصبحت غير منتجة بسبب الانجراف المائي 10 مليون هكتار، وهذا يشكل خطراً شديداً لا سيما في المناطق التي تعتمد على النشاط الزراعي مثل سوريا، لذلك أخذت دراسة طرائق حماية التربة والمحافظة عليها حيزاً واسعاً من اهتمام المختصين بعلم التربة والزراعة والهندسة على مستوى العالم.

يعتبر تقييم معدلات الانجراف والتوزع المكاني لها من الخطوات الأساسية التي لا بد منها من أجل تحديد الأولويات واتخاذ التدابير اللازمة لصيانة التربة. ونظراً إلى أن عملية قياس الانجراف المائي حقلياً يتطلب الكثير من الوقت والجهد لذلك بدأت المحاولات لنمذجة الانجراف، ومع تطور العلوم وظهور البرمجيات المختلفة وبخاصة نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System (GIS)، بات استعمالها هاماً في عمليات النمذجة الرياضية للظواهر، ومنها ظاهرة الانجراف المائي[4]. وتعتبر المعادلة العالمية للانجراف المعدلة (Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) من أهم النماذج التطبيقية التي استخدمت في تقدير كميات التربة المفقودة بالانجراف المائي لأن مفردات هذه المعادلة مستقاة من العوامل الرئيسية التي تؤثر في الانجراف (عامل الحت المطري - الطبوغرافية - عامل قابلية التربة للانجراف - الغطاء النباتي - عامل صيانة التربة)[5]. بالإضافة إلى أن استخدام تقانات الاستشعار عن بعد

Remot Sensing (RS) ونظم المعلومات الجغرافية سهل عملية تقدير مفردات المعادلة العالمية ويمكن من تحديد التوزيع المكاني لمناطق الخطورة على مساحات واسعة ضمن المجتمعات المائية الكبيرة [6].

ففي دراسة أجريت في منطقة حوض سد الشهيد باسل الأسد في طرطوس بهدف تقييم خطر الانجراف المائي باستخدام المعادلة العالمية للانجراف المعدلة (RUSLE) المطبقة ضمن نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، تم تصنيف نتائج كميات التربة المفقودة المحتملة في منطقة الدراسة الى 3 صفوف كالاتي: منخفضة تراوحت كميات الفقد بين 0-24 طن/هـ/سنة، متوسطة بلغت 24-66 طن/هـ/سنة، أما العالية وصلت كميات التربة المحتمل فقدها الى أكثر من 66 طن/هـ/سنة [7].

وأعدت خارطة خطر الانجراف المائي لترب حوض نهر الأبرش في طرطوس باستخدام نموذج تنسيق المعلومات البيئية كورين (CORINE)، وتقدير كمية التربة المنجرفة بفعل الانجراف المائي باستخدام المعادلة العالمية للانجراف المعدلة (RUSLE). وتم التوصل إلى أن استخدام المعادلة العالمية للانجراف المعدلة ودمجها بتقانة نظم المعلومات الجغرافية وتقانة الاستشعار عن بعد طريقة فعالة يمكن الاعتماد عليها لتقدير كمية التربة المنجرفة وهذا يفيد في اختصار كثير من الوقت والجهد والإسراع في اقتراح الحلول لإدارة وصيانة الترب من الانجراف [8].

كما استخدمت تقانة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والمعادلة العالمية المعدلة (RUSLE) في دراسة هدفت إلى التنبؤ بكميات التربة المفقودة بفعل الانجراف المائي في منطقة حوض سد الحويز، أظهرت نتائج الدراسة أن انجراف التربة تراوح بين 0-24 طن/هـ/سنة [9].

كذلك طبقت هذه المنهجية في العديد من البلدان العربية حيث أجريت دراسة في الجزائر بهدف إعداد خارطة خطر انجراف للتربة في منطقة حوض Bouhamdane باستخدام (RUSLE) و (GIS)، حيث تبين ان 16% من المساحة المدروسة تقع تحت

خطر انجراف منخفض جداً و 41% منها تعاني من خطر انجراف منخفض، كما أن 28% من المساحة المدروسة خطر الانجراف فيها متوسط، أما الخطر العالي والعالي جداً فقد شغل 12% 3% على الترتيب من مساحة المنطقة المدروسة [10].

أما في تونس فقد تم تحديد كمية التربة المفقودة بفعل الانجراف المائي بالاعتماد على أنموذج RUSLE و GIS وذلك من خلال جمع البيانات هطول الأمطار والغطاء النباتي والطبوغرافية وخصائص التربة بالإضافة لممارسات صيانة وحفظ التربة المتبعة ورسم خريطة لكل عامل من العوامل السابقة إذ تراوحت كمية الفقد بين 0 - 163 ميغا/هـ/سنة بمتوسط سنوي مقداره 3 ميغا/هـ/سنة [11].

وأجريت دراسة بهدف تقييم خطورة الانجراف المائي في حوض نهر الفرات بالعراق باستخدام أنموذج RUSLE ودمجه مع تقنيات GIS و RS للأعوام (2013-2017)، أظهرت النتائج ان معدل كمية التربة المفقودة في عام 2017 تراوح من (0-2995.614 طن/هـ/سنة) وشغلت المناطق ذات خطورة الانجراف المنخفض 99.69% من مساحة منطقة الدراسة، أما في عام 2013 تراوح معدل فقد التربة (0-2610.47 طن/هـ/سنة) وكانت المناطق ذات خطورة الانجراف المنخفض فقد شغلت 99.7% [12].

وطبق نموذج RUSLE لتقدير انجراف التربة في قطاع غزة / فلسطين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث أظهرت النتائج أن متوسط قيم انجراف التربة بقطاع غزة 4.7 طن/هـ/سنة، وأن إجمالي كميات التربة المجروفة تبلغ 1866658 طن/سنة، وأن المناطق المعرضة لخطر انجراف عالي وعالي جداً تشكل ما نسبته 10% من مساحة قطاع غزة [13].

أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث في أن تقدير معدلات الانجراف وتحديد توزعها المكاني في حوض وادي شهباء يعد الخطوة الأساسية الأولى لتخفيف الانجراف وتحديد المناطق ذات الخطورة التي تستوجب التدخل.

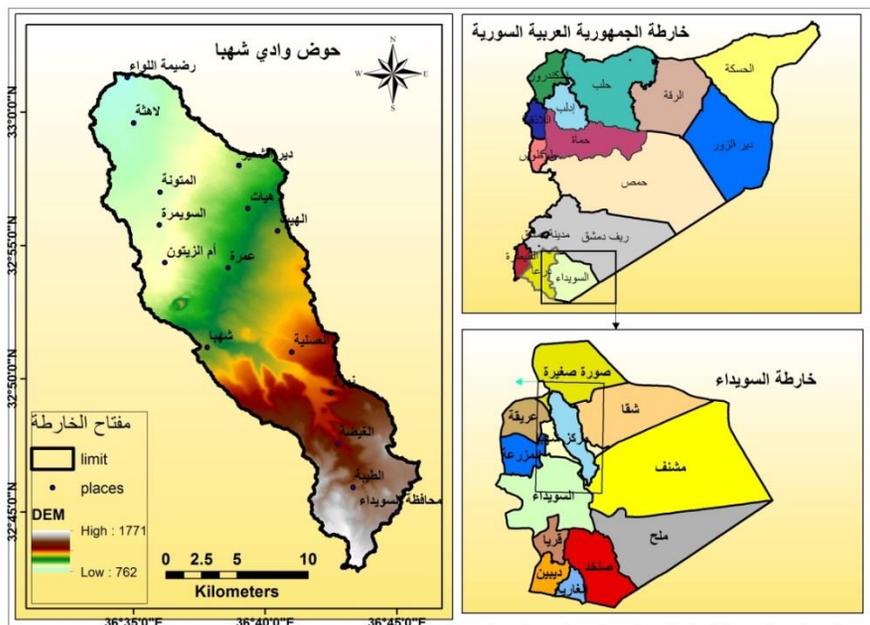
أهداف البحث:

- تقدير كميات التربة المنجرفة في حوض وادي شهباء باستخدام المعادلة العالمية للانجراف المعدلة **RUSLE** وتقانات الاستشعار عن بعد **RS** ونظم المعلومات الجغرافية **GIS**.
- تقييم التوزع المكاني لمعدلات انجراف التربة.

2- مواد وطرائق البحث:

2-1 منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي شهباء في محافظة السويداء، ويمتد من منطقة ظهر الجبل جنوباً وحتى قرية لاهثة شمالاً على مساحة حوالي 249 كم² بين خطي طول 32°42' و 33°00' ودائرتي عرض 36°46' و 36°34' شمال شرقي مدينة السويداء، تشكل منطقة الدراسة سلسلة طبوغرافية تختلف من الناحية التضاريسية والمناخية حيث يمتد من منطقة جبلية إلى سهلية كلما اتجهنا نحو الشمال يتراوح ارتفاع الموقع بين 762-1771 م فوق سطح البحر الشكل(1). تختلف معدلات الهطول السنوي المطري في منطقة الدراسة حيث بلغت أدنى قيمة لها في منطقة الصورة الصغيرة (177)سم، وأعلى قيمة لها في محطة عين العرب(511)سم. معظم مساحة الحوض أراضي زراعية يزرع فيها الأشجار في الجزء الجنوبي الشرقي من الحوض (منطقة ظهر الجبل) ، والمحاصيل الحقلية في باقي المساحة.



الشكل (1) موقع حوض وادي شهباء على خارطة محافظة السويداء (مصدر الخريطة: عمل الباحثة)

2-2 مواد الدراسة:

- بيانات مناخية: تم جمع بيانات الهطولات المطرية لعدد من المحطات تتوزع ضمن الحوض ومحيطه لمدة 10 سنوات (من 2014 إلى 2024).

- عينات التربة: تم جمع 30 عينة ترابية بتاريخ 2023/9/18 من الطبقة السطحية من التربة على عمق 0-30 سم موزعة ضمن المنطقة وفي محيطها (الشكل 3).

- نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model DEM: تم الحصول عليه من الموقع <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/> بدقة وضوح مكاني 12.5 م.

- صور فضائية من القمر الصناعي Landsat 8: تم الحصول عليها من الموقع <https://earthexplorer.usgs.gov/> بدقة وضوح مكاني 30 م.

- جهاز Global Positioning System GPS لتحديد مواقع عينات التربة.

- برنامج ArcGIS 10.3.

- برنامج Soil Water Characteristics Calculator.

- 3-2 طرائق البحث:

نقلت عينات التربة إلى مخابر كلية الزراعة - جامعة دمشق، أزيلت الجذور والمخلفات النباتية ثم جففت هوائياً ونخلت على منخل أقطاره ثقبه 2مم، وتم إجراء التحاليل المخبرية التالية:

- التحليل الميكانيكي: طريقة الهيدروميتر [14]، وتم تحديد القوام باستخدام مثلث القوام حسب التصنيف الامريكي (USDA).

- النسبة المئوية للرمال الناعم جداً: وذلك عن طريق إمرار معلق التربة بعد إجراء مراحل التحليل الميكانيكي بمنخلين علوي قطر ثقبه 100ميكرون وسفلي قطر ثقبه 50 ميكرون وبعدها أخذت التربة التي بقيت على المنخل السفلي (50) ميكرون وجففت في الفرن على درجة 105 م وحسبت نسبتها المئوية بتقسيم وزنها على الوزن الكلي للعينة الجافة تماماً [15].

- المادة العضوية: طريقة الأكسدة الرطبة المعدلة للكربون العضوي باستعمال ديكرومات البوتاسيوم (1N) بوجود حمض الكبريت المركز ثم المعايرة باستعمال كبريتات الحديدي بوجود مشعر الفروئين (0.5N) [16].

-الناقلية الهيدروليكية المشبعة للترب باستخدام برنامج Soil Water Characteristics Calculator

3- حساب مؤشرات المعادلة العالمية للانجراف RUSLE:

تعطى المعادلة العالمية للانجراف بالصيغة التالية [17]

$$A = R * K * L * S * C * P$$

حيث أن:

A = كمية التربة المفقودة بالانجراف المائي طن/هـ/سنة .

R = معامل الحت المطري، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$R = 3,85 + 0,35 (P) \text{ حيث:}$$

P: معدل الهطل السنوي (مم). تم حساب قيم **R** لكل المحطات المناخية ومن ثم إنتاج خارطة المعامل **R** للحوض المدروس ضمن برنامج GIS باستخدام أداة توليد السطوح Geostatistical Analyst. والجدول (1) يبين معدلات الهطول المطري خلال العشر سنوات الأخيرة (2014-2024) للمحطات المطرية الموجودة ضمن المنطقة المدروسة وفي محيطها.

جدول (1) معدلات الهطل المطري خلال الفترة (2014-2024) في منطقة الدراسة

المحطة	معدل الهطل المطري السنوي (مم)	المحطة	معدل الهطل المطري السنوي (مم)
الصورة الصغيرة	177	نمرة	315
المشرف	409	قنوات	416.2
أم رواق	322	الهيئات	200
رضيمة الشرقية	214	تعلا	202
شهبأ	276	تيما	201
مجدل	215	عين العرب	511

K: معامل قابلية التربة للانجراف وتم حسابه وفق [19] من العلاقة التالية:

$$K = 2,1 * 10^{-6} * M^{1,14} * (12 - OM) + 0,0325 * (D - 2) + 0,025 * (P - 3)$$

M : مؤشر قوام التربة ويساوي (% للسلت + % للرمال الناعم جدا) (100 - % للطين).

OM : % للمادة العضوية .

P : صف الناقلية الهيدروليكية، وتم تقسيم الناقلية الهيدروليكية المشبعة إلى ستة صفوف

حسب [19].

الجدول (2) صفوف الناقلية الهيدروليكية المشبعة

الناقلية الهيدروليكية سم/يوم	الصف
1>	1
10-1	2
40-10	3
100-40	4
300-100	5
300<	6

D: صف القطر المتوسط الموزون. إذ تم حساب متوسط أقطار الحبيبات الموزونة باستخدام الترخيل الجاف بمنازل متدرجة الأقطار (7-5-3-2-1-0.5-0.25)مم وتطبيق العلاقة التالية :

$$MWD = \sum_i^n W_i . X_i \text{ حيث:}$$

n : عدد رتب أحجام الحبيبات

W_i : وزن الحبيبات الثانوية على المنخل كنسبة مئوية (جافة تماماً)

X_i : متوسط قطر الحبيبات على المنخل

تم تصنيف متوسط أقطار الحبيبات الموزونة إلى أربعة صفوف حسب [19].

الجدول (3) صفوف القطر المتوسط الموزون

متوسط أقطار التجمعات الموزونة/مم	الصف
1<	1
2-1	2
10-2	3
10>	4

بعد حساب قيم K تم إنتاج خارطة المعامل K للحوض المدروس ضمن برنامج GIS باستخدام أداة توليد السطوح Geostatistical Analyst .

LS : معامل الميل، تم استخلاص المعامل LS للحوض المدروس بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي ضمن برنامج GIS بواسطة وظيفة Raster Calculator وفق المعادلة التي أوردها [20]:

$$\text{LS}(r) = (m + 1) [A(r) / 22.13]^m [\sin \beta(r) / 0.09]^n$$

n, m : ثابتان تبلغ قيمتهما (1.3, 0.6) على التوالي.

A(r) : طول ضلع البكسل في الـ Dem وتبلغ قيمته 12.5.

B(r) : درجة الميل (خارطة الميل %).

r : إحداثيات موقع الدراسة.

C : معامل الغطاء النباتي. من أجل حساب معامل الغطاء النباتي (C) تم في البداية حساب مؤشر الاختلاف النباتي المعدل Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)، بالاعتماد على صور Landsat₈ مأخوذة بالأشهر (11-12-1) (2-3) للسنوات 2020-2023 للمنطقة المدروسة. يعرف هذا المؤشر بأنه فرق الانعكاس بين القنوات تحت الحمراء والحمراء مقسوماً على حاصل جمع الانعكاس لنفس القنوات. [21].

$$\text{NDVI} = \frac{RIR - RR}{RIR + RR}$$

حيث:

RIR : الأشعة تحت الحمراء، وتمثل القناة رقم 5 في صور القمر الصناعي Landsat₈.

RR : الأشعة الحمراء، وتمثل القناة رقم 4 في صور القمر الصناعي Landsat₈.

تقييم الانجراف المائي في حوض وادي شهباء-السويداء باستخدام المعادلة العالمية المعدلة **RUSLE** وتقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

$$\text{NDVI وسطي} = \frac{\text{مجموع NDVI للسنوات المدروسة}}{\text{عدد السنوات}}$$

ثم تم حساب قيم المعامل C بواسطة الوظيفة Raster Calculator ضمن برنامج GIS وفق العلاقة [22]:

$$C = 1.02 - 1.21 * \text{NDVI}$$

P = معامل صيانة التربة. تتراوح قيم معامل صيانة التربة بين 1 (أي عدم وجود أي إجراءات صيانة) و 0 (وجود إجراءات صيانة)، وقد اعتبرت قيمته في هذه الدراسة تساوي الواحد لعدم وجود أي إجراءات صيانة في منطقة الدراسة.

3- النتائج والمناقشة:

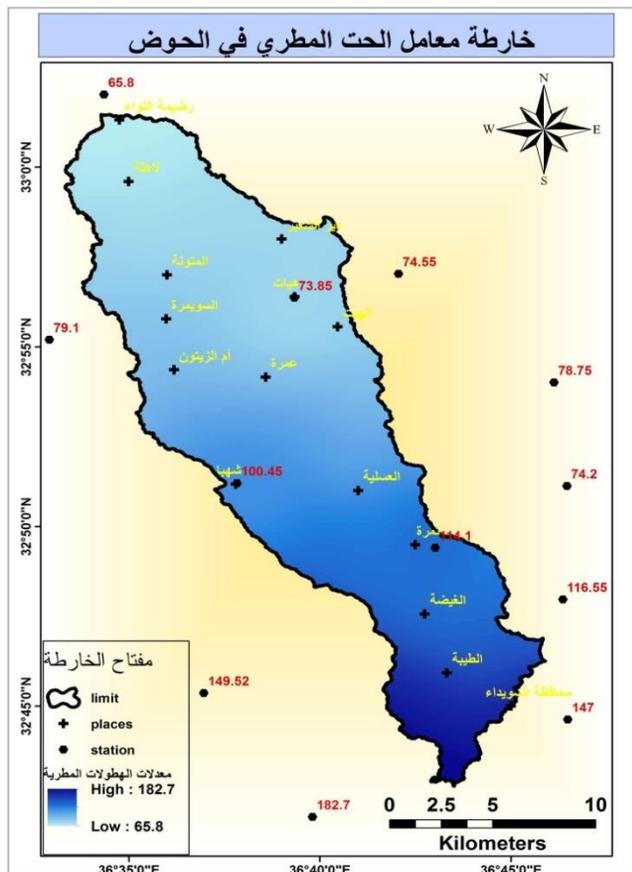
3-1 معامل الحت المطري R:

يبين الجدول (4) قيم المعامل R ومعدل الهطول المطري خلال العشر سنوات الأخيرة (2014-2024) في منطقة الدراسة .

الجدول (4) قيم المعامل R ومعدل الهطول المطري خلال الفترة (2014-2024) .

المحطة	معدل الهطل السنوي (مم)	معامل الحت المطري
الصورة الصغيرة	177	65.8
المشرف	409	147
أم رواق	322	116.55
رضيمة الشرقية	214	78.75
شهباء	276	100.45
مجدل	215	79.1
نمرة	315	114.1
قنوات	416.2	149.52
الهيئات	200	73.85
تعلا	202	74.55
تيما	201	74.2
عين العرب	511	182.7

يبين الشكل (2) موقع المحطات المطرية في الحوض المدروس وفي محيطه وتوزع قيم المعامل R في الحوض المدروس.



الشكل (2) خارطة معامل الحت المطري (مصدر الخريطة: عمل الباحثة)

يظهر من الشكل (2) والجدول (4) أن قيم المعامل R تتراوح بين 65.8 في الجزء الشمالي من الحوض الى 182.7 في الجزء الجنوبي حيث تزداد قيم R بزيادة كميات الهطل المطري التي تزداد من شمال الحوض باتجاه الجنوب، حيث يؤثر معامل الحت

المطري على انجراف التربة، وذلك بسبب الطاقة الحركية التي تتجم عن اصطدام قطرت المطر بسطح التربة [23].

3-2 معامل قابلية التربة للانجراف K:

يبين الشكل (3) توزع عينات التربة في الحوض المدروس وعددها 30 عينة، وتشير نتائج التحليل المخبري لهذه العينات أنها ذات قوام طيني في معظم أجزاء الحوض وطيني لومي في بعض المناطق في الجزء الجنوبي والغربي من الحوض، كما أن المادة العضوية منخفضة إلى منخفضة جداً في كافة أرجاء الحوض حيث تراوحت بين 0.4-2.08%. وأشارت نتائج التخليل الجاف لعينات التربة أن متوسط القطر الموزون لحبيبات التربة تراوح بين 2-10مم أي أنه يتبع الصف (3)، في حين أن الناقلية الهيدروليكية والتي تعتمد على نسبة كل من الطين والسلت والمادة العضوية في التربة فقد تراوحت بين (0.6-12.19).

تؤثر الصفات السابقة بقابلية التربة للانجراف بشكل كبير، فمثلاً تزداد قابلية التربة للانجراف بزيادة نسبة السلت وتتنخفض بزيادة نسبة الرمل والطين، ففي الترب الرملية تكون النفاذية عالية مما يقلل من نسبة الجريان السطحي لماء المطر فوق سطح التربة وبالتالي انخفاض احتمال انجرافها، وفي الترب الطينية يشجع الطين على تشكيل تجمعات ترابية كبيرة وثابتة ومقاومة للانجراف [24]. كما أن قابلية التربة للانجراف تتخفض بزيادة المادة العضوية لأنها تقوم بربط حبيبات التربة مع بعضها وهذا بدوره يزيد من قدرة الحبيبات على التماسك وبالتالي تزداد مقاومتها للانجراف [25].

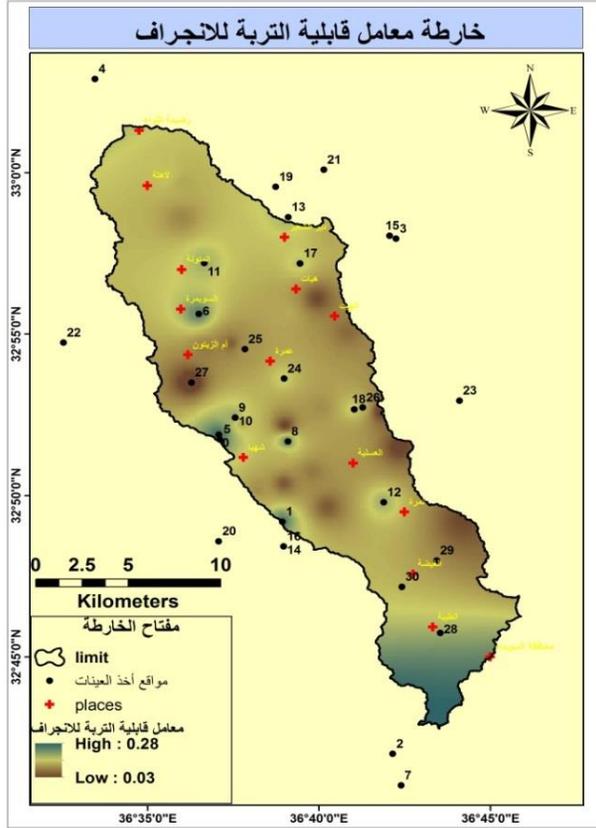
أشارت قيم معامل قابلية التربة للانجراف في الحوض المدروس (الجدول 5) أنها تتراوح بين 0.03 - 0.28، تدل القيم المرتفعة للمعامل K على حساسية التربة للانجراف في حين تدل القيم المنخفضة إلى مقاومة التربة لانجراف التربة.

(5) قيم المعاملات اللازمة لحساب قيمة معامل قابلية التربة للانجراف في عينات التربة

K	الناقلية الهيدروليكية (سم/يوم)	الرمل الناعم جداً (%)	القوام	السلت (%)	الرمل (%)	الطين (%)	المادة العضوية (%)	رقم العينة
0.28	12.19	28	Clay loam	30	40	30	1.86	1
0.21	6.09	21	Clay loam	31	30	39	2.08	2
0.24	4.26	21.64	Clay loam	26.9	33.3	39.8	1.3	3
0.22	3.04	20.15	Clay	27	31	42	0.5	4
0.21	0.60	12.8	Sandy loam	24	58	18	0.65	5
0.21	3.65	16.4	Silty Clay	34	20	46	0.81	6
0.20	3.65	22.4	Clay	26	32	42	1.53	7
0.20	2.43	27	Clay	20	36	44	1.04	8
0.20	3.04	15.6	Clay	30	24	46	1.04	9
0.20	2.43	19.5	Clay	24	30	46	1.04	10
0.19	3.04	13.46	Clay	32	18	50	0.92	11
0.18	3.65	17.6	Clay	30	22	48	2	12
0.17	2.43	11.6	Clay	32	18	50	0.58	13
0.16	2.43	19.5	Clay	26	26	48	1.67	14
0.16	2.43	14.4	Clay	30	18	52	0.58	15
0.16	3.65	9.48	Clay	32	22	46	1.67	16
0.16	1.82	17.24	Clay	26	22	52	0.81	17
0.15	1.82	19.2	Clay	24	24	52	0.85	18
0.15	2.43	12.6	Clay	30	18	52	0.69	19
0.15	3.04	22.4	Clay	26	28	46	1.56	20
0.14	1.21	19.8	Clay	24	22	54	0.58	21
0.14	2.43	11.4	Clay	30	20	50	1.04	22
0.14	3.65	5.48	Clay	30	28	42	1.05	23
0.14	1.21	24	Clay	18	32	50	1.64	24
0.14	1.21	19.2	Clay	22	24	54	0.42	25
0.14	1.21	6.04	Clay	16	20	64	1.16	26
0.13	2.34	9.4	Clay	30	16	54	0.89	27
0.13	1.21	17.6	Clay	22	22	56	0.55	28
0.12	1.8288	12.8	Clay	26	16	58	0.81	29
0.03	0.60	6.04	Clay	16	20	64	1.16	30

تقييم الانجراف المائي في حوض وادي شهباء-السويداء باستخدام المعادلة العالمية المعدلة **RUSLE** وتقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

يبين الشكل (3) أن القيم المرتفعة للمعامل K تركزت في الأجزاء الجنوبية والغربية من الحوض حيث توجد الترب الطينية اللومية قليلة المقاومة للانجراف، أما القيم المنخفضة لمعامل قابلية التربة للانجراف فقد تركزت في المنطقة الشمالية الشرقية من الحوض المدروس وذلك لسيادة الترب الطينية التي تعمل على تشكيل تجمعات ترابية ثابتة ومقاومة للانجراف.



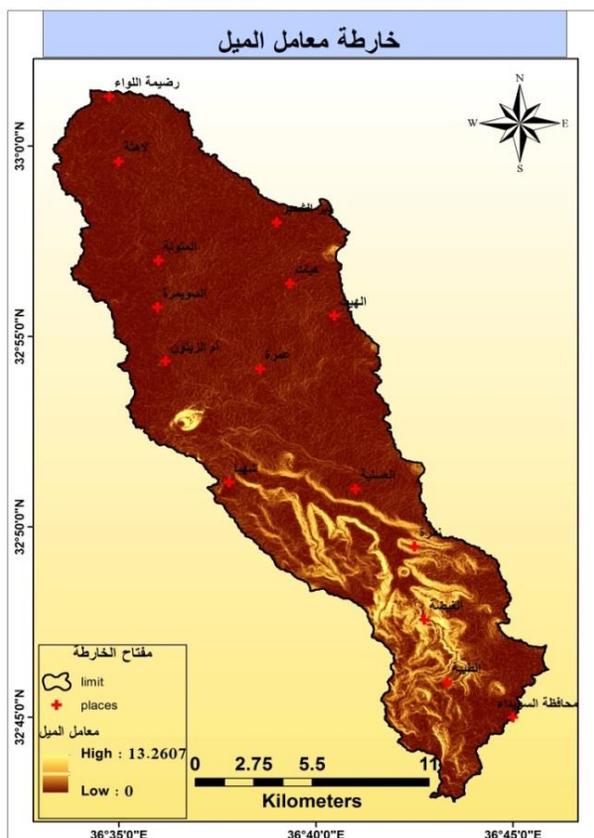
شكل (3) خارطة معامل قابلية التربة للانجراف (مصدر الخريطة: عمل الباحثة)

3-3 معامل الميل (LS):

يعد الميل من أكثر العوامل المؤثرة في انجراف التربة من حيث درجة الميل فكلما ازدادت درجة الميل تزداد سرعة الجريان السطحي وتزداد معه قدرة المياه الجارية على جرف

التربة [26]، وكذلك فإن طول الميل دوراً أيضاً في عملية الانجراف وذلك بسبب زيادة مسافة الجريان السطحي كلما ازداد طول الميل وبالتالي ازدياد كمية التربة المنجرفة.

يبين الشكل (4) قيم معامل LS في منطقة الدراسة وتوزعها المكاني إذ تراوحت قيمه بين 0 في المناطق المنبسطة و13.2 في المناطق الشديدة الانحدار.



شكل(4) خارطة معامل الميل في حوض وادي شهباء(مصدر الخريطة: عمل الباحثة)

3-4 معامل الغطاء النباتي C:

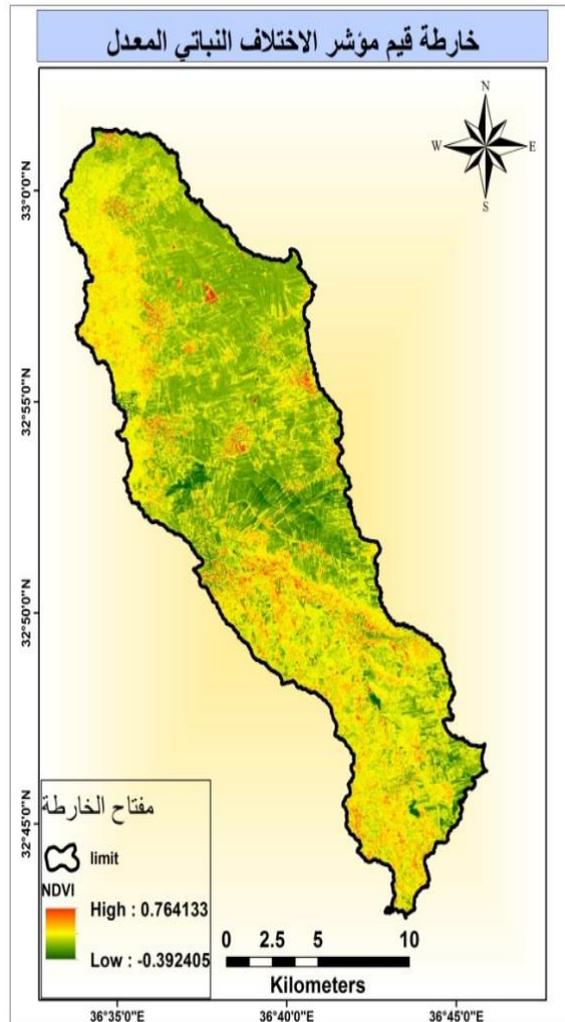
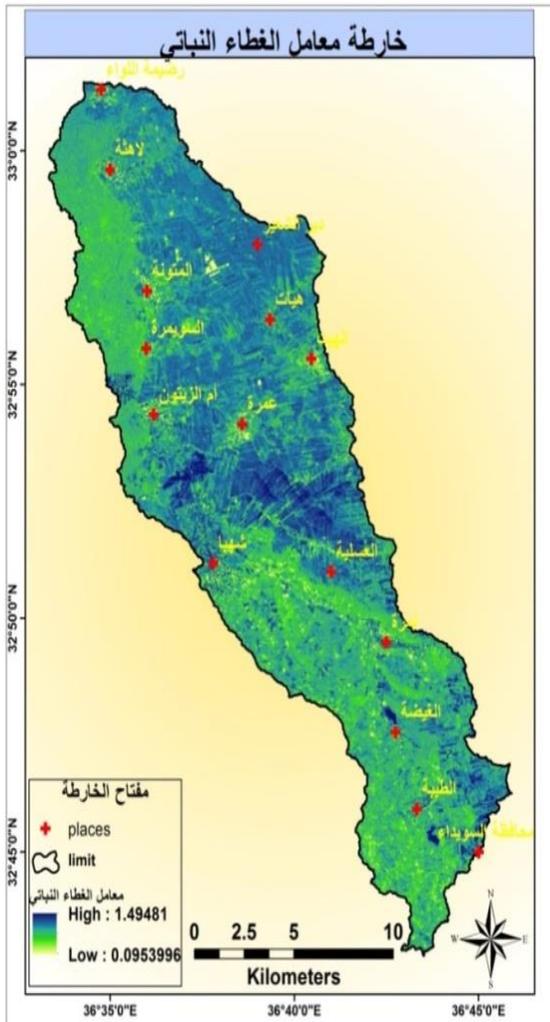
يعتبر الغطاء النباتي من أهم العوامل التي تؤثر على انجراف التربة إذ يعمل على تقليل سرعة الجريان السطحي ويقلل حدة التصادم بين قطرات المطر وسطح التربة ويمنع الأثر

التحريبي لها [27]. وكلما ازدادت كثافة الغطاء النباتي كلما ازداد دوره في حماية التربة، في حين أن التربة العارية تتعرض للانجراف المائي بشكل كبير. يستخدم مؤشر الاختلاف النباتي المعدل NDVI كدلالة على كثافة الغطاء النباتي، يأخذ قيم تتراوح بين $(-1 + 1)$ وتدل القيم المرتفعة على زيادة كثافة الغطاء النباتي بينما القيم المنخفضة تشير الى الأراضي العارية او الجرداء [28].

يبين الشكل (5) أن متوسط قيم NDVI في الحوض المدروس خلال أشهر الشتاء تشرين الثاني، كانون الأول، كانون الثاني، شباط ، آذار لثلاث سنوات 2020-2023 تراوحت بين (-0.39) و (0.76) ، تشير المناطق ذات الكثافة المنخفضة في بعض أجزاء الحوض وخاصة الجزء الجنوبي منه أنها مناطق مزروعة أشجار متساقطة الأوراق وبالتالي تكون التربة عارية في هذا الوقت من السنة ، بينما المناطق ذات الكثافة الأعلى فهي أراض عشبية أو محاصيل شتوية.

يتم تقدير معامل الغطاء النباتي حسب العلاقة الواردة في طرائق القياس $C = 1.02 -$ $* (1.21) (NDVI)$ ، ومنها يتضح أنه كلما ارتفعت قيم NDVI تتناقص قيم المعامل C أي كلما ازدادت كثافة الغطاء النباتي كلما انخفض المعامل C.

يوضح الشكل (6) توزيع المعامل C في الحوض المدروس وتتراوح قيمه بين -0.09 - 1.49 حيث ينخفض في المناطق ذات التغطية العشبية ويزداد في المناطق ذات التربة العارية.



الشكل(6)خارطة معامل الغطاء النباتي في حوض وادي شهبأ
 (مصدر الخريطة: عمل الباحثة)

الشكل(5)خارطة قيم مؤشر الاختلاف النباتي المعدل لمنطقة
 الدراسة (مصدر الخريطة: عمل الباحثة)

3-5 تقدير كميات التربة المنجرفة في الحوض:

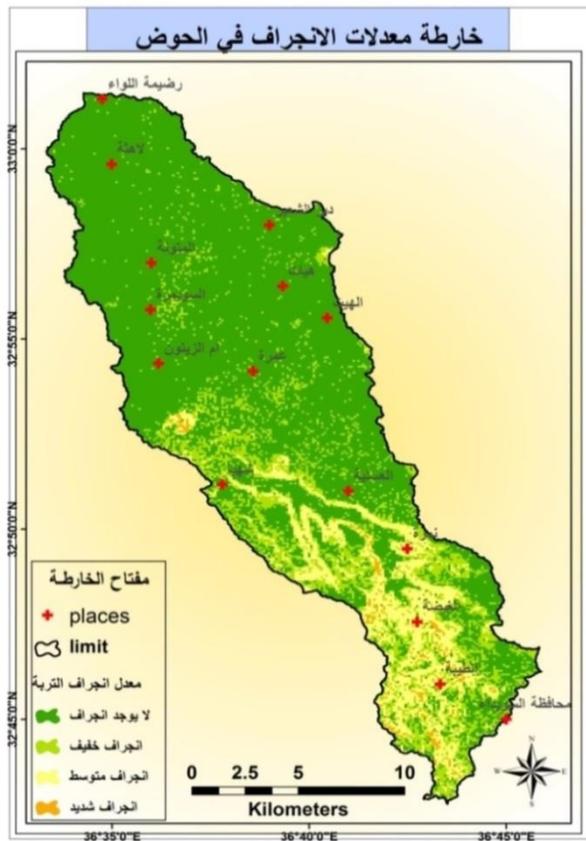
أظهرت النتائج أن معدلات الانجراف في الحوض المدروس تراوحت بين (0-50 طن/هـ/سنة) ولتصنيف هذه القيم حسب شدة الانجراف، تم الاعتماد على تصنيف [29] الوارد في الجدول (6)، باعتبار أن 1م³ تربة يعادل 1طن بالنسبة للتربة متوسطة الكثافة. وعليه تم تصنيف المنحدرات وإنتاج خارطة التوزع المكاني للانجراف في الحوض المدروس (الشكل 7)

الجدول (6) تصنيف الانجراف حسب شدته [29]

توصيف الانجراف	شدة الانجراف (طن/هـ/سنة)	الدرجة
insignificant erosion لا يوجد انجراف	< 0.5	1
Slight erosion انجراف خفيف	0.5 – 5	2
Moderate erosion انجراف متوسط	5 – 15	3
Severe erosion انجراف شديد	15 – 50	4
Very severe erosion انجراف شديد جداً	50 – 200	5
Catastrophic erosion انجراف كارثي	> 200	6

يظهر من الجدول (6) والشكل (7) أن الانجراف في المنطقة المدروسة يتوزع ضمن الصفوف 1و2و3و4 إذ لم يسجل معدلات انجراف أكثر من 50 طن/هـ/سنة، وتشكل المناطق ذات معدلات الانجراف الشديد (50 طن/هـ/سنة) 2.37كم² من مساحة الحوض، وتتركز في الجزء الجنوبي من الحوض حيث الانحدارات الشديدة والهطولات المطرية المرتفعة مقارنة بباقي أجزاء الحوض، أما المناطق ذات الانجراف المتوسط (15-50 طن/هـ/سنة) فتشكل 27 كم² من مساحة الحوض وتوزع في المنطقة

الوسطى وبعض المناطق الجنوبية من الحوض، وتعتبر تلك المناطق ذات خطورة وتتطلب التدخل لتخفيف الانجراف وذلك حسب [29] الذي اعتبر أن الانجراف 5 طن/هـ/سنة هو الحد الذي يصبح الانجراف فوقه خطراً يستوجب التدخل، أما المناطق التي تعاني من الانجراف الخفيف (5-15 طن/هـ/سنة) فقد شغلت 43.13 كم² من مساحة المنطقة، والجزء الأكبر من منطقة الدراسة لم يعاني من انجراف (<0.5 طن/هـ/سنة) وشكل 176.5 كم² من المساحة الكلية للحوض المدروس.



الشكل (7) خارطة معدلات الانجراف في حوض وادي شهباء (مصدر الخريطة: عمل الباحثة)

RUSLE تقييم الانجراف المائي في حوض وادي شهباء-السويداء باستخدام المعادلة العالمية المعدلة وتقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

يبين الجدول (7) المساحات والنسب المئوية التي تشغلها صفوف الانجراف في منطقة الدراسة، حيث يظهر أن 12% من مساحة الحوض تعاني من انجراف متوسط إلى شديد أي أن معدل الانجراف يزيد عن 5 طن/هـ/سنة، وهي مناطق تحتاج إلى التدخل وتطبيق إجراءات صيانة لتخفيف الانجراف.

الجدول (7) المساحات والنسب المئوية التي تشغلها صفوف الانجراف في منطقة الدراسة

رقم الصف	معدل الانجراف طن/هـ/سنة	درجة الخطورة	المساحة التي يشغلها (كم ²)	النسبة المئوية
1	<0.5	لا يوجد خطورة	176.5	70
2	5-0.5	خطورة خفيفة	43.13	18
3	15-5	خطورة متوسطة	27	11
4	50-15	خطورة شديدة	2.37	1

5- الاستنتاجات والتوصيات:

5-1- الاستنتاجات:

تبين من خلال دراسة تقييم خطر لانجراف المائي في حوض وادي شهباء/السويداء أن:

1- تراوحت قيم معامل الحت المطري R تراوحت بين 65.8 في الجزء الشمالي و 182.7 في الجزء الجنوبي.

2- تراوحت قيم معامل قابلية التربة للانجراف K تراوحت بين 0.03 غرب الحوض و 0.28 جنوبه.

3- تراوحت قيم معامل الميل LS تراوحت بين 0 في المناطق المنبسطة و13.2 في المناطق الشديدة الانحدار.

4- تراوحت قيم معامل الغطاء النباتي C تراوحت بين 0.09 في المناطق ذات التغطية العشبية التي تؤمن حماية جيدة للتربة، و1.49 في مناطق الأراضي العارية، إذ بينت الدراسة أنه كلما زادت كثافة الغطاء النباتي يقل معدل الانجراف.

5- تركزت المناطق التي تتصف بخطورة انجراف عالية (15-50 طن/هـ/سنة) في الجزء الجنوبي من الحوض حيث الانحدارات الشديدة والهطولات المطرية المرتفعة، وتشكل 1% من مساحة الحوض.

6- توزعت المناطق التي تتصف بخطورة انجراف متوسطة (5-15 طن/هـ/سنة) في المنطقة الوسطى وبعض المناطق الجنوبية من الحوض، وتشغل 11% من منطقة الدراسة.

7- ساهم استخدام تقانات الاستشعار ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد كميات الانجراف بشكل علمي ودقيق.

5-2- التوصيات:

1- ضرورة تطبيق إجراءات صيانة بالمناطق ذات خطورة الانجراف الشديدة والمتوسطة.

2- الاهتمام بالغطاء النباتي لدوره في تخفيف الانجراف المائي.

3- استخدام مثل هذه التقانات في التنبؤ عن خطر الانجراف في مناطق المستجمعات المائية.

- 1-EL-SWAIFY ,S. A.1997- **Factors Affecting Soil Erosion Hazards and Conservation Needs for Tropical Steep Lands.** Soil Technology.16-3 :(1) 11
- 2-LAFOND ,g.p., May ,W.E.,STEVENSONt,f.c DERKSEN ,D.A., 2006-**Effects of Tillage System and Rotation on Crop Production for a thin Black Chemozen in the Canadian Prairies** .Soil Tillage Res .89 .2006, 232-245.
- 3-GANG,C. ZHOU,W. WANG,Z. CHEN,Y . LI,J. QI,J. ODEH,L. GROISMAN ,P.Y . 2015-**Comparative Assessment of Grassland NPP Dynamics in Response to Climate Change in China, North America, Europe and Australia From1981 to 2010** ..J .Agron CropSCI.,201.,57-68.
- 4- ALMUGHARI, B .2015-**Morphometric Characteristics of Al-Hasa Wadi Using GIS a Study in Applied Geomorphology.** Unpublished Master's Thesis , Islamic University of Gaza .Palestine.
- 5-XIAOHUA, X.,X.X. FA ,L.SHENG ,FUSHASHA ,WUGAOWEI . 2011-**Soil Erosion Environmental Analysis of the Three Gorges Reservoir Area Based on the"3S" Technology.** Procedia Environmental ciences.N,. 10 ,2218–2225. .
- 6- ISHTIYAQ, A .and M. K. VEREMA. 2013- **Application of USLE Model & GIS in Estimation of Soil Erosion for Tandula Reservoir.** International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering..N. (3):570-576

7- جوهرة، علي(2017): تقييم خطر الانجراف المائي في منطقة حوض سد الشهيد باسل الأسد في طرطوس.(رسالة ماجستير)، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين.

8- جوهرة، علي(2021): تقدير كمية التربة والرواسب في حوض نهر الأبرش باستخدام الاستشعار عن بعد الاستشعار عن بعد GIS والنماذج الرياضية.(رسالة دكتوراه)، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين.

9- بركات، منى(2018): التنبؤ بكميات التربة المفقودة بفعل الانجراف المائي في منطقة حوض سد الحويز باستخدام المعادلة العالمية المعدلة (RULSE) وتقانة نظم المعلومات الجغرافية(GIS). مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، (11:5)40.

10- BOUGUERRA,H. BOUANANI,A .KHANCHOUL,K. DERDOUS ,O. TACHI ,S .2017. -**Mapping Prone Areas in The Bouhamdane Watershed (Algeria)Using The Revised Universal Soil Loss Equation Through GIS** .Journal of Water and Land Development,N.32,2017, 13-23

11- BEDOUI , C.(2019). -**Predicting water erosion in arid lands using the GIS-based RUSLE model A case study of Bedour catchment, central Tunisia**. JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT. No. 40 (I-III): 59-66.

12- KHASSAF, I,S. and J,H,A , AL RAMMAHI . 2018.-**Estimation of Soil Erosion Risk of the Euphrates River Watershed Using RUSLE Model, Remote Sensing and GIS**

Techniques. Hydrology Days - Department of Civil and Environmental Engineering.PP:21.

13- المغاري، باسم(2021): تطبيق نموذج **RUSLE** لتقدير انجراف التربة في قطاع غزة/ فلسطين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة النجاح،(141:1)35).

14- GUPTA, P.K. 2000- **Soil plant water and fertilizer Analysis.** Agrobios pub. Bikaner. India .

15- GEE, G., W.& BAUDER J.W. 1986- **Particle-size analysis In Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods** (pp.383-412).USA: American Society of America.

16-NELSON, D.W., SOMMERS L.E. 1982. -**Total carbon, organic carbon, and organic matter**||, In: Page, A. L., Miller, R. H. and keeeney, D. R. (Editors), Methods of soil analysis, Part II(2nd Edition). Madison, WI., pp. 1159.

17-GELAGAY,H. S , MINALE, S. 2016- **Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia.** International Soil and Water Conservation Research (4): 126–136.

18-LENARD, K .G. and .J .R.Freimud. 1994-**Using Monthly Precipitation Data to Estimate The R-Factor in USLE** .J .of Hydrology 157:287-306

19-WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. 1978-**Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide to Conservation Planning.**

In: Agriculture. U.S.D.o. (Ed.), Agricultural Handbook 537, 537th ed

20-KUMAR, S., and S. P. S., KUSHWAHA. 2013- **Modelling soil erosion risk based on RUSLE-3D using GIS in a Shivalik sub-watershed.** J. Earth Syst. Sci .Vol122(2): 389–398

21- SELLERS, P., and J. V. CANOPY. 1989- **Spectral reflectance and biophysical processes. In Theory and Applications of Optical Remote Sensing.** edited by G. Asrar, Wiley, New York: .279-335

22-KARABURUN, A. 2010- **Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed.** Ozean Journal of Applied Sciences 3(1) :7 7 8 5 .

23-Estoquea, R.C., and Y. Murayama. 2011. -**Spatio-Temporal Urban Land Use/Cover Change Analysis in a Hill Station: The Case of Baguio City, Philippines.** Procedia Social and Behavioral Sciences, 21: 326–335.

24-CORBANE,C. ANDRIEUX,P. VOLTZ,M. CHADOEUF,J. ALBERGEL,J. ROBBEZ MASSON,J.M. ZANTE,P. 2008.- **Assessing the variability of soil surface characteristics in row – cropped fields:the case of Mediterranean vineyards in Southern France.** Catena 72(1),79-90.

25-JERRY, M. 1982. -**Soil and water management and conservation.** Handbook of soils and climate in agriculture. CRC press, Florida. Pp. 349-369.

- 26- GUPTA, P. and S, UNIYAL. 2012- **A Case Study of Ramgad Watershed, Nainital For Soil Erosion Risk Assessment Using CORINE Methodology.** International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 1 Issue 10, pp:1-7
- 27- ANEJIONU, O. C.D., PETER C. NWILO and E. S. EBINNE. 2013-**Long Term Assessment and Mapping of Erosion Hotspots in South East Nigeria.** Remote Sensing for Land use and Planning,2013 - 6448 Abuja, Nigeria: 1-19.
- 28- ALMUGHARI, B. (2019). -**Use of Geographical Information Systems In The Study Of Morphometric: Case study, Abo Nar Basin – Palestine In 2014-2018,** Unpublished Ph.D Thesis, University of Albutana, Sudan.
- 29- ZACHAR, D. 1982- **Soil Erosion.** Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.