

## Prediction of potential sediments quantities due to the water erosion of soil in the basin of the Alkabeer Alshemali River between Bradon Dam and 16 Tishreen dam

Dr. Monzeer Hammad<sup>1</sup>  
Dr. Izzeddin Hassan<sup>2</sup>  
Rasha Khdeer<sup>3</sup>

(Received 15 / 10 / 2018. Accepted 27 / 2 / 2019)

### □ ABSTRACT □

Water erosion is one of the most prominent and dangerous forms of soil erosion, especially in the coastal region where it rains in large quantities, and the resulting cliff tons of soil, which move to the river streams even deposited part of it in these streams or in lakes ,dams or at sea.

The aim of this research is to found map of loss soil quantities in the basin of the Alkabeer Alshemali River between Bradon Dam and 16 Tishreen dam, then estimate the average total amount of possible erosion, and propose appropriate solutions to reduce the amount of sediments and reduce its passive effect.

The study included calculation of the amount of sediments resulting from the water erosion of the soil in each cell (84.72\*84.72)m<sup>2</sup> using (Rusle-Gis) technique. We have prepared a map representing the amount of soil lost in research area. Soil erosion rates in the study area were classified to five categories according to international references.

The study concluded that (66.46)% of the total area is very low risk of erosion, (10.8)% is low risk, (6.55)% medium risk, (5.74)% high risk, and (10.45)% very high risk of erosion, while the total erosion rate is 28.1 (t.ha<sup>-1</sup>.y<sup>-1</sup>).

These values are a dangerous indiator, that a portion of the sediments will reach the course of Alkabeer Alshemali river, and thus into 16 Tishreen Dam Lake, which contributes to decreasing the storage Energy of the Dam Lake and shorten the operational life of the dam, so we must maintain the vegetation being key to mitigate water erosion and reduce it, and we must create private stations to measure the amounts of the sediments transported in the river with provide them by qualified Technical elements, and work to create more of terraces , especially in the steep areas, and take precautions during the construction of roads and of other engineering works and to preserve the soil.

**Key Words:** loss soil quantity; erosion of soil; RUSL; GIS.

<sup>1</sup>Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

<sup>3</sup> Postgraduate (Master) student- Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

## التنبؤ بكمية الرواسب المحتملة نتيجة الانجراف المائي للتربة في حوض نهر الكبير الشمالي بين سد برادون وسد 16 تشرين

د. منذر حماد<sup>1</sup>  
د. عز الدين حسن<sup>2</sup>  
رشا خضير<sup>3</sup>

(تاريخ الإيداع 15 / 10 / 2018. قُبِلَ للنشر في 27 / 2 / 2019)

### □ ملخص □

يعد الانجراف المائي أحد أبرز أشكال انجراف التربة وأكثرها خطورة، وخاصة في المنطقة الساحلية حيث تهطل الأمطار بكميات كبيرة، وينتج عن ذلك جرف أطنان من التربة والتي تنتقل بدورها إلى مجاري الأنهار فيتسبب جزء منها في هذه المجاري وفي بحيرات السدود المقامة عليها أو في البحار.

تهدف الدراسة إلى وضع خريطة لكميات التربة المفقودة في حوض نهر الكبير الشمالي بين سد برادون وسد 16 تشرين، ثم تقدير متوسط الكمية الكلية المحتملة للانجراف واقتراح الحلول المناسبة للتقليل من كمية الرواسب والتخفيف من تأثيرها السلبي. تضمنت الدراسة حساب كمية الرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة في كل خلية جزئية بمساحة  $(84.72 \times 84.72) m^2$  باستخدام المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة (RUSLE)، وبالإستعانة بتقنيات برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Gis). ومن ثم أعدنا خارطة تمثل كميات التربة المفقودة في منطقة البحث، وصنفت معدلات الانجراف في منطقة البحث إلى خمسة صفوف وفقاً للمراجع العالمية.

توصلت الدراسة إلى أن 66.46% من المساحة الإجمالية ذات خطورة منخفضة جداً، 10.8% خطورة منخفضة، 6.55% خطورة متوسطة، 5.74% خطورة عالية و 10.45% خطورة عالية جداً. وكان متوسط الانجراف الكلي  $(28.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1})$ . تعطي هذه القيم مؤشراً خطيراً، باعتبار أن جزء من هذه المجروفات سيصل إلى مجرى نهر الكبير الشمالي وبالتالي إلى بحيرة سد 16 تشرين، الأمر الذي يساهم في تناقص الطاقة التخزينية لبحيرة السد وتقصير العمر التشغيلي للسد، لذلك لابد من المحافظة على الغطاء النباتي كونه المفتاح الأساسي للتخفيف من الانجراف والحد منه، وكذلك إنشاء محطات خاصة لقياس كميات الرواسب المنقولة في النهر مع رفد هذه المحطات بعناصر فنية مؤهلة، والعمل على إنشاء المزيد من المدرجات وخاصة في المناطق شديدة الانحدار، واستخدام الزراعة الشرائحية وأخذ الحيطه أثناء شق الطرق وغيرها من الأعمال الهندسية الأخرى وذلك حفاظاً على التربة.

**الكلمات المفتاحية:** كمية التربة المفقودة، انجراف التربة، RUSLE، Gis.

<sup>1</sup> أستاذ مساعد - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

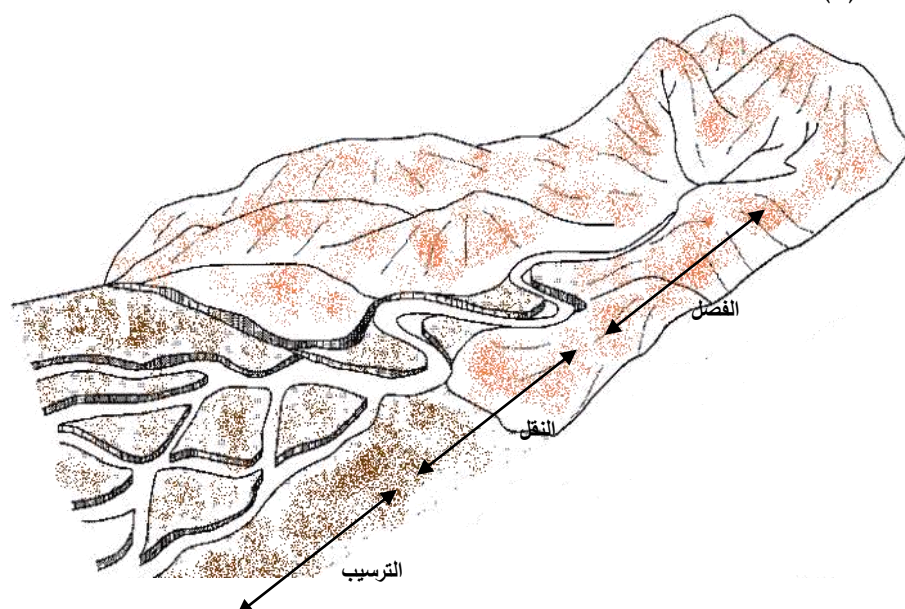
<sup>2</sup> أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

<sup>3</sup> طالبة دراسات عليا - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

## مقدمة

يُقاس تطور الشعوب بقدرتها على استخدام الموارد الطبيعية والمصادر المتاحة لديها وإمكاناتها في الحفاظ عليها وحسن استغلالها، وتعتبر الأرض إحدى أهم هذه الموارد الطبيعية المتاحة للبشرية بما تحتويه من تربة زراعية ومصادر مائية وحياة نباتية وحيوانية، ولكن للأسف تدهورت التربة في القرون الأخيرة في معظم أنحاء العالم نتيجة عوامل عدة ومن أهمها تعرضها للانجراف، فلقد تسبب انجراف التربة في القطر العربي السوري في الثلاثمئة سنة الأخيرة في تقليص مساحة الغابات بنسبة % 90، حيث تقلصت مساحتها من 2.5 مليون هكتار أي ما يعادل % 15 من مساحة القطر إلى حوالي 255 ألف هكتار، وأصبحت معظم المرتفعات الجبلية عارية وعرضة للانجراف [1].

يعتبر الانجراف المائي أحد أبرز أشكال انجراف التربة وأكثرها خطورة في المنطقة الساحلية، حيث تهطل الأمطار بكميات كبيرة، وينتج عن ذلك جرف أطنان من التربة والتي تنتقل بدورها إلى مجاري الأنهار حتى يترسب جزء منها في هذه المجاري أو بحيرات السدود المقامة عليها أو في البحار التي تصب فيها. وتتضح مراحل تشكل الرواسب في الشكل (1).



الشكل (1) مراحل تشكل الرواسب

وقد ازدادت في الآونة الأخيرة معدلات الانجراف المائي في حوض نهر الكبير الشمالي، ورافق ذلك ازدياد كمية الرواسب المنقولة والتي تصل بدورها عن طريق مياه النهر إلى بحيرة سد 16 تشرين، الأمر الذي ساهم في إطماء بحيرة السد وبالتالي التناقص التدريجي في الطاقة التخزينية للبحيرة وتقصير العمر التشغيلي للسد، وهنا تأتي أهمية البحث وأهدافه في دراسة الانجراف المائي للتربة واقتراح الخطط المناسبة للحد من هذه الظاهرة.

لقد أشار كيبينو ونيسافي [2] إلى أن كميات التربة المنجرفة قد تصل إلى أكثر من  $100 (t \cdot ha^{-1} \cdot y^{-1})$ ، ففي السفوح الغربية والجنوبية من المنطقة الساحلية يكون الانجراف عالياً في بعض المواقع بسبب انخفاض كل من كثافة الغطاء النباتي وثبات بنية التربة. كما لوحظ الانخفاض الكبير لكميات التربة المنجرفة في مواقع الغابات المغلقة باختلاف الميول.

وفي دراسة أعدها إسماعيل في الحوض الساكب لنهر زغارو، أظهرت النتائج أن معدل الانجراف وفق المعادلة العالمية لفقد التربة وصل إلى  $8.7 (t \cdot ha^{-1} \cdot y^{-1})$ ، وكانت الكمية الكلية للرواسب الواردة سنوياً إلى بحيرة سد تشرين من نهر زغارو 69401 طن [3].

تختلف طرق دراسة الانجراف باختلاف الشكل المدروس (ريحي - مائي - جليدي)، مع الإشارة إلى وجود مجموعة من البرامج الحاسوبية التي برمجت بهدف دراسة انجراف التربة بفعل المياه، أو لدراسة تأثيره في النظامين البيئي والزراعي، أو دراسة النواحي الهيدرولوجية له، إلا أنه يؤخذ على النماذج الرياضية الحسابية أنها تنظر فقط في انجراف الطبقة السطحية من التربة.

### أهمية البحث وأهدافه

يهدف هذا البحث إلى وضع خريطة لكميات التربة المفقودة باستخدام تقنية (GIS-RUSLE)، ثم تقدير متوسط الكمية الكلية للانجراف في منطقة الدراسة، وبناءً عليه يتم اقتراح الحلول والاستراتيجيات المناسبة للتخفيف من معدل التعرية وبالتالي من كمية الرواسب الواردة إلى بحيرة سد 16 تشرين من هذه المنطقة.

### طرائق البحث ومواده

#### منطقة الدراسة:

يقع حوض نهر الكبير الشمالي في القسم الشمالي الغربي للجمهورية العربية السورية ضمن حوض الساحل. وتمتد منطقة الدراسة بين موقع سد برادون وموقع سد 16 تشرين في محافظة اللاذقية، وبين خطي عرض  $(35^{\circ}88')$  و  $(35^{\circ}63')$  شمال خط الاستواء، وخطي طول  $(36^{\circ}17')$  و  $(35^{\circ}90')$  شرق غرينتش.

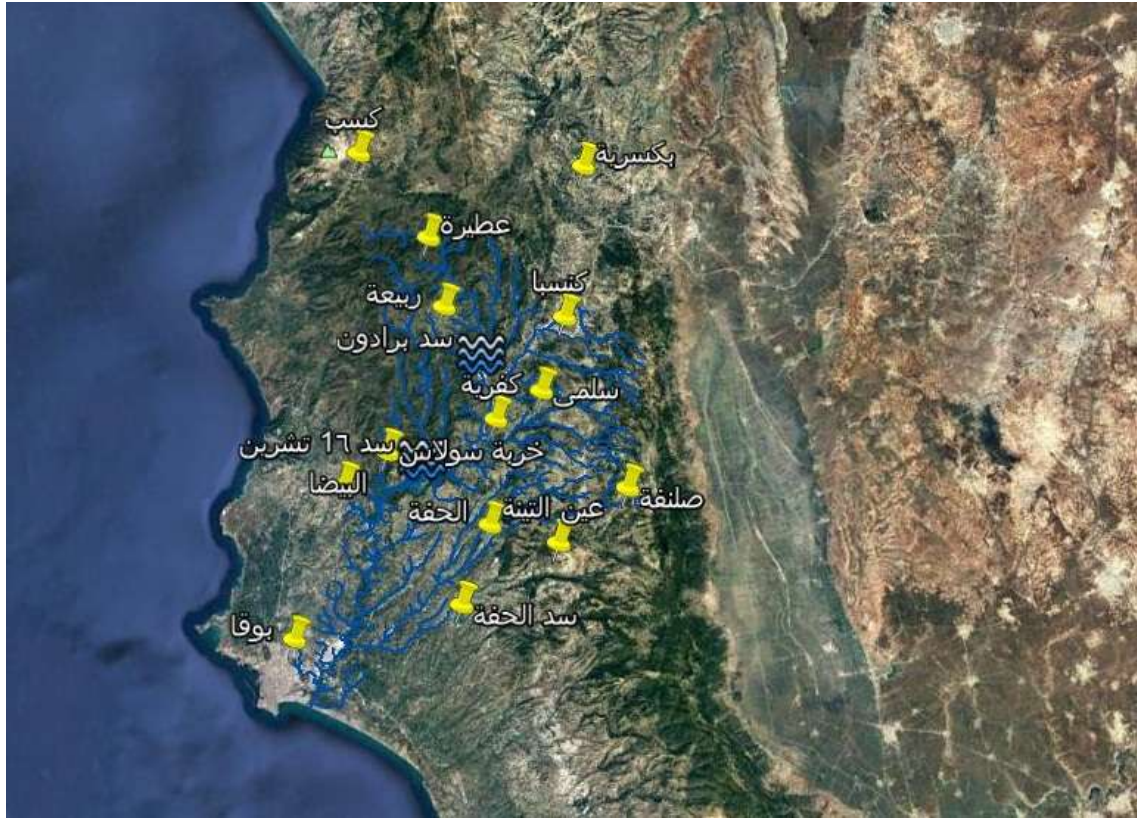
تخضع منطقة الدراسة لمناخ متوسطي ذو شتاء ماطر معتدل وصيف حار وجاف، ومعدلات رطوبة مرتفعة وهطولات عالية تتراوح بين 862.4 مم في خربة سولاس و 1231 مم في كسب، وبمتوسط هطول سنوي يقدر بحوالي 950 مم على كامل الحوض للفترة الممتدة بين عامي (1960-2011)، بينما يبلغ معدل درجات الحرارة الدنيا 6.05 درجة مئوية في محطة كسب المناخية، والعظمى 28.7 درجة مئوية في محطة 16 تشرين. تشكل مساحة الأراضي التي تغطيها الغابات حوالي 85% من المساحة الإجمالية، وتوجد مساحات قليلة صالحة للزراعة.

تسود في المنطقة الاستعمالات الزراعية التالية: التبغ، التفاح، التين، الإجاز بالإضافة إلى الحمضيات والزيتون. وفي الغابات تنتشر أشجار السنديان والبلوط والشوح والصنوبر وينمو تحتها غطاء من الأعشاب.

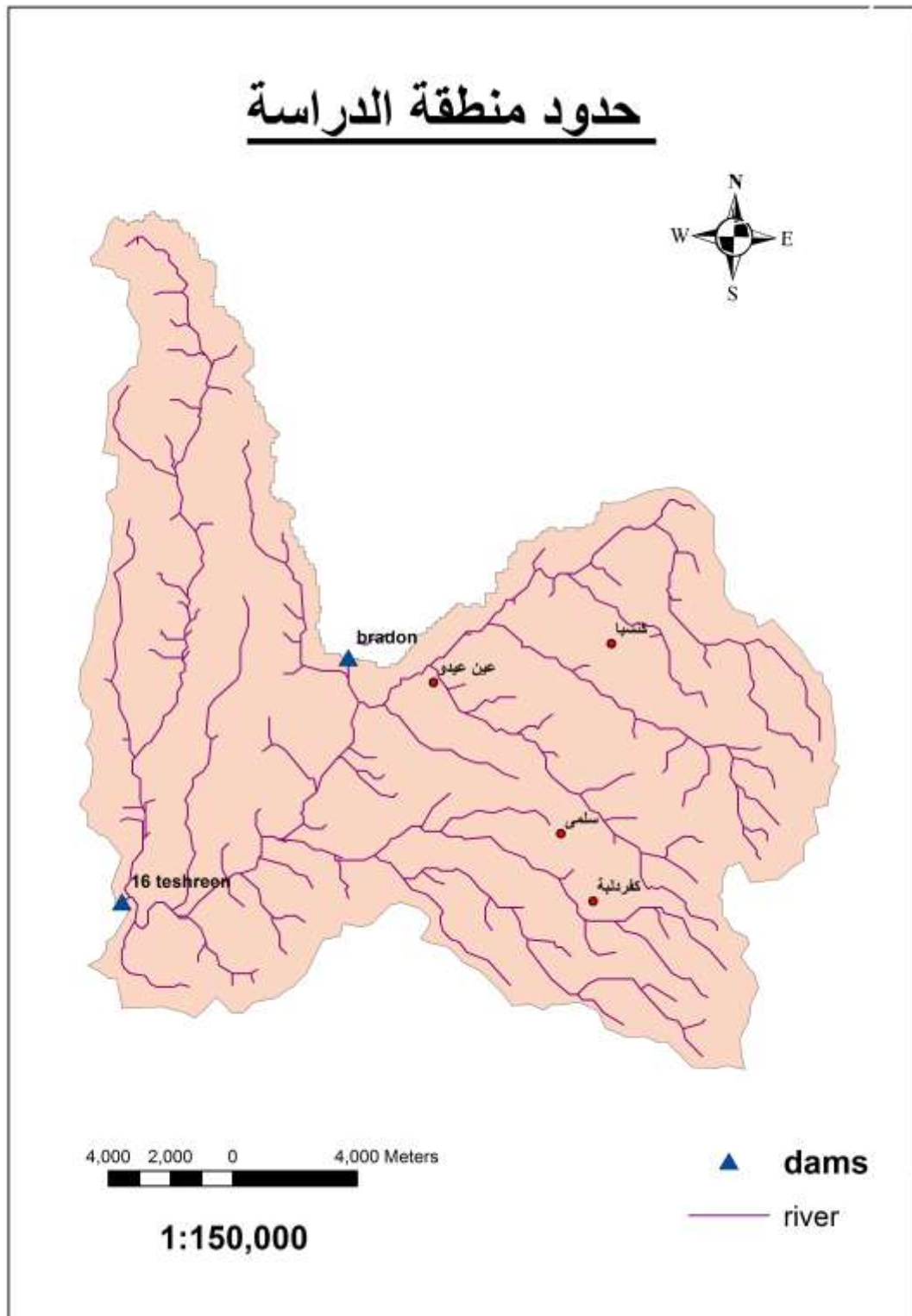
تم الاستعانة بتقنيات برنامج GIS لرسم واستنتاج خواص الحوض الساكب لنهر الكبير الشمالي في منطقة الدراسة حيث بلغت المساحة الإجمالية للحوض الساكب المدروس حوالي  $353.41 km^2$ ، وطول النهر في المنطقة المدروسة حوالي  $22.7 km$  ويصل الميل الوسطي للحوض إلى 21.27%.

وبين الشكل (2) صورة جوية لمنطقة البحث، موضحاً عليها مجرى نهر الكبير الشمالي وروافده، مع تحديد مواقع المحطات المناخية الموزعة ضمن حوض نهر الكبير الشمالي.

وتجدر الإشارة إلى أننا اعتمدنا في بحثنا هذا على بيانات جميع المحطات المناخية وأعدنا خرائط لكامل المنطقة، ثم قمنا باقتصاص منطقة البحث الخاصة بنا، والتي تمتد بين موقع سد برادون وموقع سد 16 تشرين، الشكل (3).



الشكل (2) صورة جوية لمنطقة البحث



الشكل (3) حدود منطقة الدراسة

## تقدير كميات التربة المنجرفة باستخدام المعادلة العالمية المعدلة للانجراف **RUSLE**:

$$A = R.K.Ls.C.P$$

A: كمية التربة المنجرفة ( $t.ha^{-1}.y^{-1}$ ) (طن/هكتار/سنة).

R: عامل الهطل المطري ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.y^{-1}$ ) (ميغا جول.مم/هكتار.ساعة.سنة).

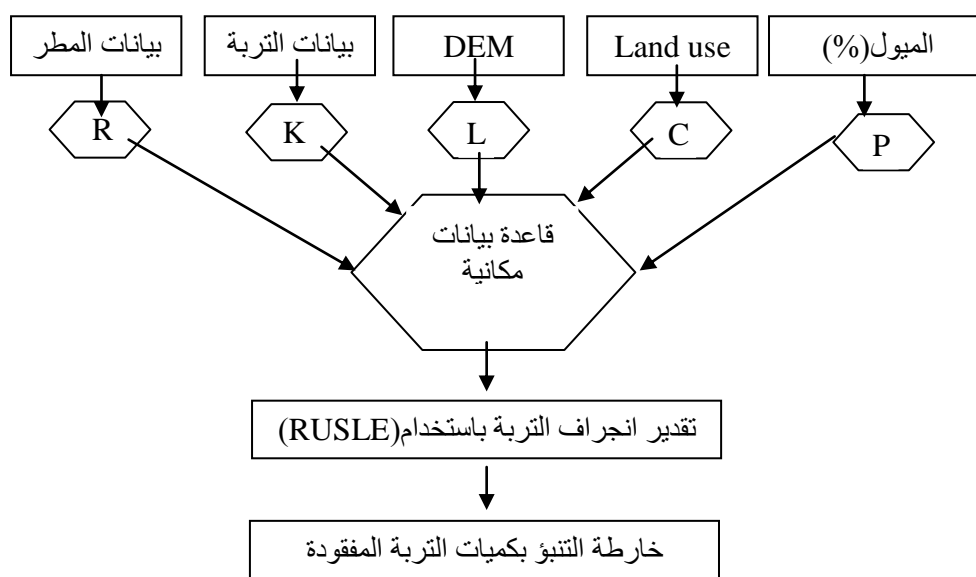
K: عامل قابلية التربة للانجراف ( $t.ha.MJ^{-1}.mm^{-1}$ ) (طن.هكتار/ميغا جول.مم).

Ls: عامل طول وميل المنحدر.

C: عامل الغطاء النباتي وتتراوح قيمته بين (0-1).

P: عامل صيانة التربة وتتراوح قيمته بين (0-1) وعندما لا تطبق أي إجراءات لصيانة التربة من الانجراف يؤخذ (P=1).

تم حساب كل عامل من العوامل السابقة في منطقة الدراسة وفقاً لأحدث الطرق المتبعة، وتم بعدها إعداد خارطة تمثل كميات التربة المفقودة، والشكل (4) يوضح منهجية العمل في حساب كل عامل من عوامل المعادلة:



الشكل (4) مخطط مفردات المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة (RUSLE)

لحساب عامل الهطل المطري استخدمت بيانات معدلات المطر الشهرية للفترة ما بين (1960-2011) في عدة محطات مناخية موزعة ضمن الحوض المدروس وهي: عين عيدو - البيضاء - كسب - 16 تشرين - الحفة - صلفنة - سلمى - كنسبا - خربة سولاس - عطيرة - كفر دلبية.

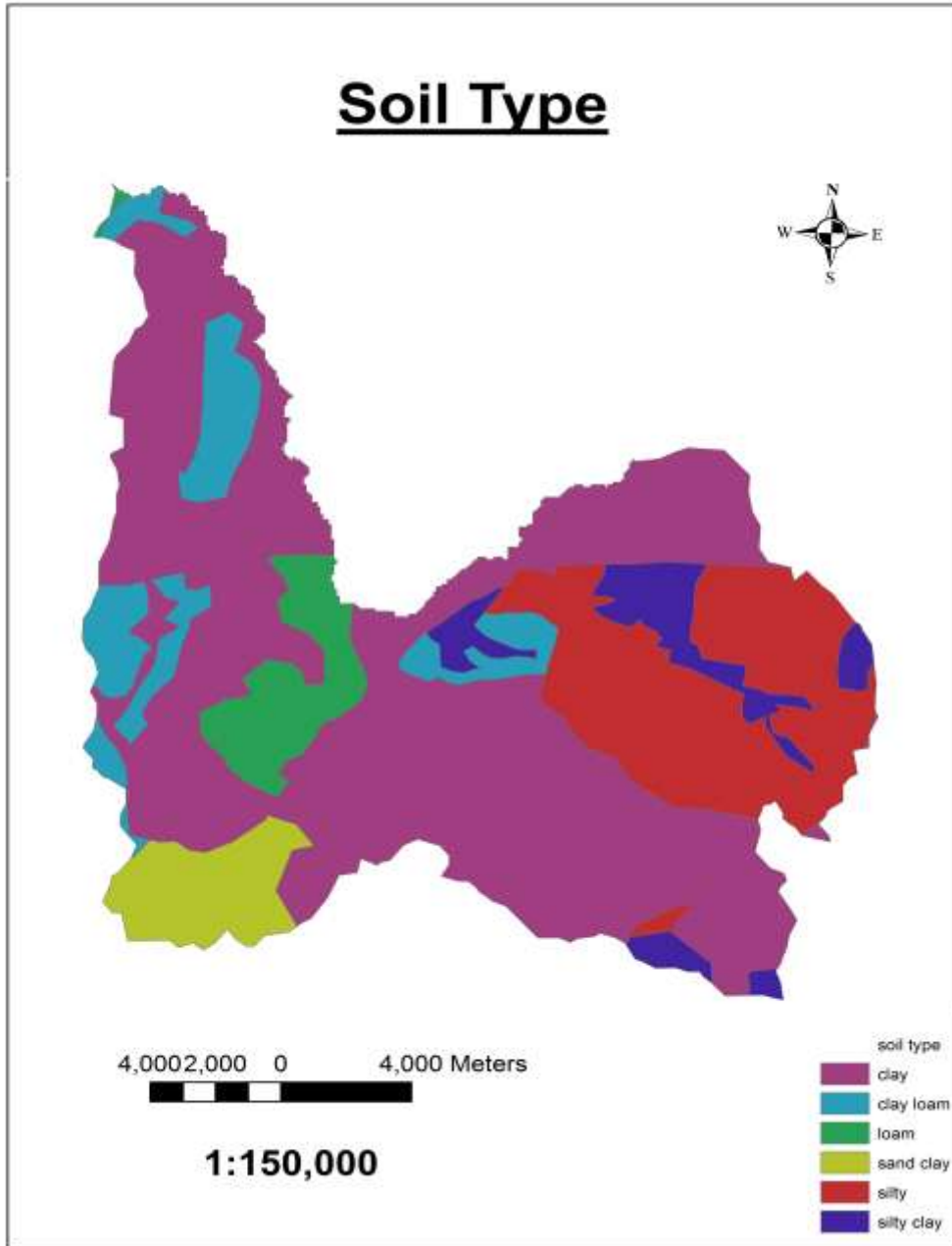
وقد تم الحصول على هذه البيانات من الهيئة العامة للأرصاد الجوية والتي شكلت قاعدة بيانات للمطر. حسب قيمة عامل الهطل المطري (R) للمحطات جميعاً باستخدام العلاقة التي وضعها Ahmet [4]:

$$R = 81.5 + 0.375A$$

R: عامل الهطل المطري ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.y^{-1}$ ) (ميغا جول.مم/هكتار.سنة).

A: معدل المطر السنوي (mm) (مم).

وتم اعداد خارطة تمثل قيم العامل (R) لتلك المحطات، واقتطعت منطقة الدراسة.  
يعتبر عامل قابلية التربة للانجراف (K) بمثابة مقياس لمقاومة سطح التربة للانجراف، ولحساب هذا العامل نحتاج لرسم  
خريطة لأنواع الترب المنتشرة في الحوض المدروس ومعرفة قيم المادة العضوية في تلك الترب.  
وللتعرف على أنواع الترب المنتشرة في الحوض المدروس، اعتمدنا على خريطة رقمية لترب حوض الساحل من إعداد  
الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في محافظة اللاذقية [5]، وبالإستعانة بتقنيات برنامج (arc GIS) حصلنا على  
خريطة نوع التربة (Soil Type) وتوزعها في منطقة الدراسة كما في الشكل (5).



الشكل (5) خريطة نوع التربة في منطقة الدراسة



ولمعرفة قيم المادة العضوية في الترب المنتشرة في الحوض، اعتمدنا على عدة استمارات لوصف مقاطع التربة ( Soil Profile) من قبل كيبو وآخرين. وحصلنا من هذه المقاطع على قيم كمية المادة العضوية في تربة الأفق السطحي (A) لكل نوع تربة في المنطقة، ليتم بعدها تقدير قيمة المعامل K وفق الجدول (1) [6]، كما اعتمدنا في تقدير قيم هذا العامل على نتائج العديد من الدراسات المنفذة في المنطقة الساحلية (حوض نهر الكبير الشمالي، الشيخ بدر) [2,3,6,7].

الجدول (1) قيم عامل تأكل التربة (K)

Soil Texture	Organic Matter Content (%)		
	0.5	2	4
Very Fine Sand	0.42	0.36	0.28
Loamy Very Fine Sand	0.44	0.38	0.30
Very Fine Sandy Loam	0.47	0.41	0.33
Sandy Loam	0.27	0.24	0.19
Fine Sand	0.16	0.14	0.10
Loamy Sand	0.12	0.10	0.08
Silty Loam	0.48	0.42	0.33
Clay Loam	0.28	0.25	0.21
Silty Clay Loam	0.37	0.32	0.26
Silty Clay	0.25	0.23	0.19

LS: عامل طول وميل المنحدر، وقد حسب هذا العامل من العلاقة التي أوردها [9] Kumar كما يأتي:

$$Ls = (0.6+1)[A_{(r)}/22.13]^{0.6} [\sin(\beta_{(r)})/0.09]^{1.3}$$

حيث أن:

$A_{(r)}$ : طول ضلع الخلية المكونة للنموذج الرقمي للارتفاع \* دليل طول الجريان.

$\beta_{(r)}$ : درجة ميل الأرض وتحسب من (Dem).

22.13m: طول المنحدر و  $0.09=9\%=5.16$  زاوية الميل، وهي قيم مقارنة نسبة إلى المعادلة العالمية لفقد التربة. أعدت خارطة الميل كنسب مئوية وكذلك مقدره بالدرجات  $\beta_{(r)}$ ، وذلك بالاستعانة بالنموذج الرقمي للارتفاع بدقة مكانية (84.7172).

كما تم اعتماد مساحة الخلية في نموذج (Dem) في كافة الخرائط المنتجة في بيئة عمل ال GIS لتكون هذه المساحة  $(84.7172*84.7172)m^2$ .

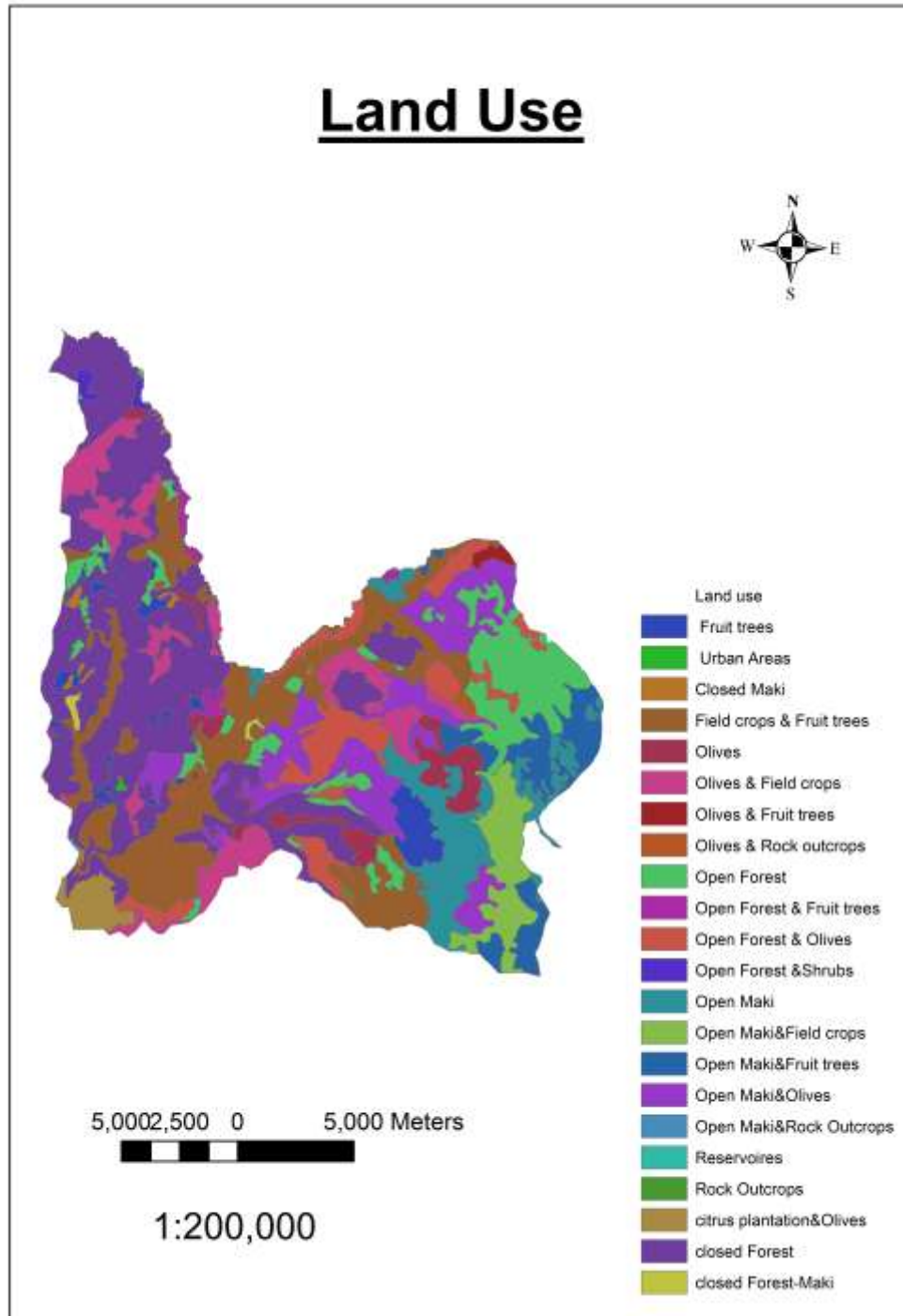
أما لحساب  $A_{(r)}$  فقد اعتمدنا على طول ضلع الخلية و دليل طول الجريان الذي يعتمد على اتجاه الجريان في كل خلية، فقد يكون مساوياً لطول ضلع الخلية أو يشكل قطر الخلية وبالتالي يكون:

$$A_{(r)} = 84.7172$$

$$A_{(r)} = \sqrt{2} (84.7172) \quad \text{أو}$$

C: عامل الغطاء النباتي، وإعداد الخريطة الخاصة بهذا العامل قمنا بإعداد خريطة (Land use) لموقع

الدراسة من خلال الاستفادة من (Land use) الخاصة بحوض الساحل والتي حصلنا عليها من هيئة الاستشعار عن بعد [5]، وهذا ما يوضحه الشكل (6).



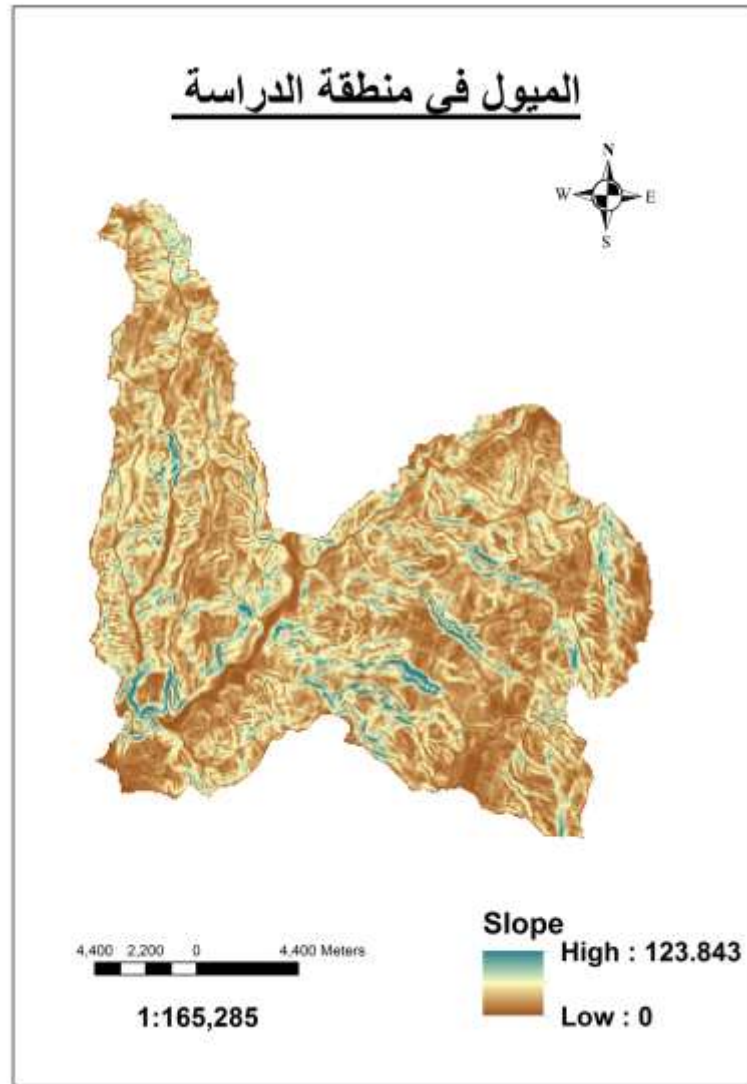
الشكل (6) خريطة استخدام الأرض في منطقة الدراسة

ليتم بعدها الاستعانة بجداول عالمية تعطي قيماً للعامل C وفقاً لاستخدام الأرض السائد كما هو وارد في الجدول (2):

الجدول (2) قيم عامل استخدام الأرض (C)

استعمال الأرض (Land Use)	العامل (C)
الغابات المغلقة (Closed Forest)	0.0002
الغابات المفتوحة (Open Forest)	0.0007
الماكي المغلق (بلوط سندياني) (Closed Maki)	0.002
الجنيبات (Shrubs)	0.007
الأشجار المثمرة (Fruit Trees)	0.02
الزيتون (Olives)	0.04
المحاصيل (Field Crops)	0.1
الأراضي الجرداء (Fallow)	1

وفي حال المسطحات المائية والنتونات الصخرية (Rockout crops, Reservoirs) تكون القيمة (C=1). وعندما يكون هناك عدة إستعمالات للأرض ضمن الخلية الواحدة فإننا نعتد قيمة وسطية للعامل (C).  
**p:** عامل صيانة التربة، اعتمدنا على الطريقة المتبعة في العديد من الدراسات المرجعية العالمية والتي تعطي قيم هذا العامل وفق قيم الميل كنسب مئوية.  
لذا قمنا بدايةً بإعداد خريطة الميول الواردة في الشكل (7)، ثم اعتمدنا على القيم الواردة في الجدول (3) لتحديد قيم العامل (P) وإنتاج الخريطة الموافقة له.



الشكل (7) خريطة ميول منطقة الدراسة كنسب مئوية (%)

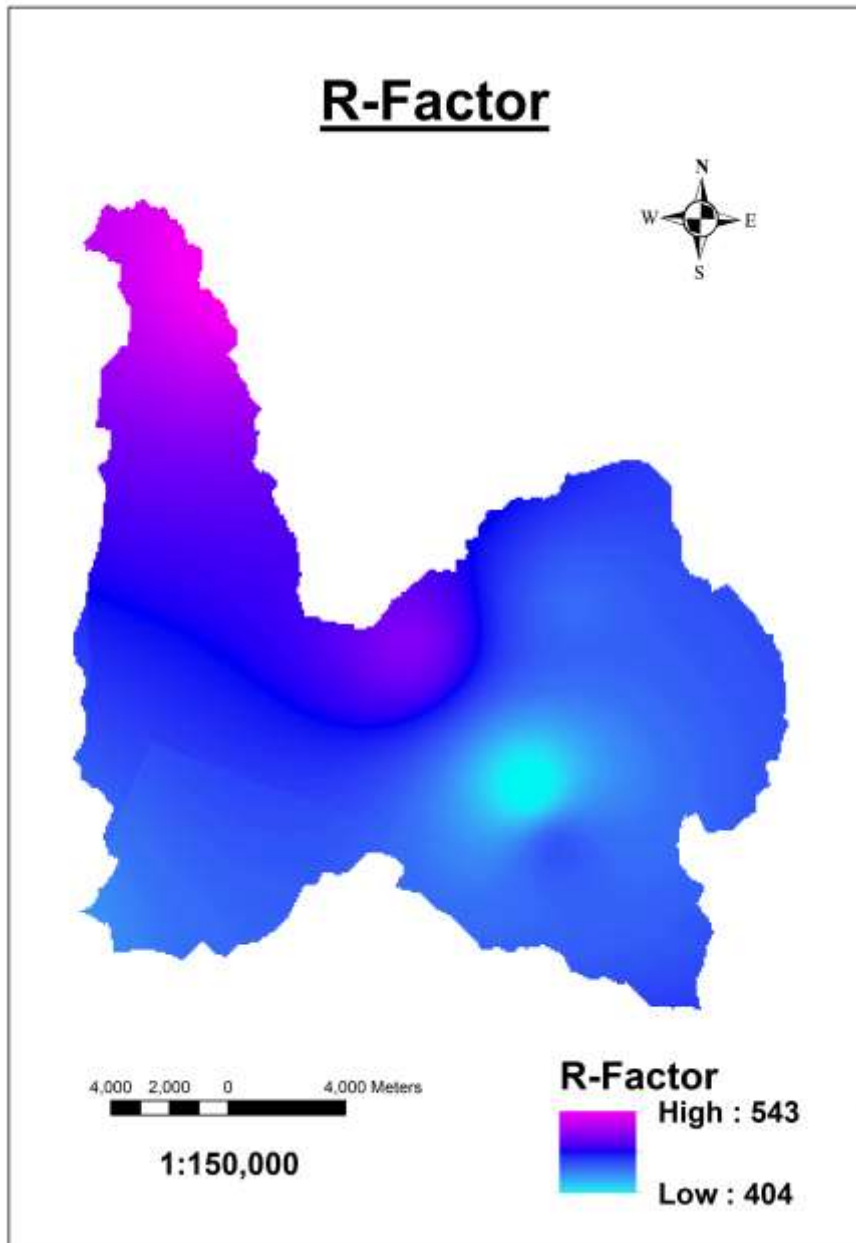
الجدول (3) قيم عامل صيانة التربة (P)

الميل الوسطي للحوض (%)	قيم عامل (P)
1-2	0.60
3-8	0.50
9-12	0.60
13-16	0.70
17-20	0.80
21-25	0.90

## النتائج والمناقشة

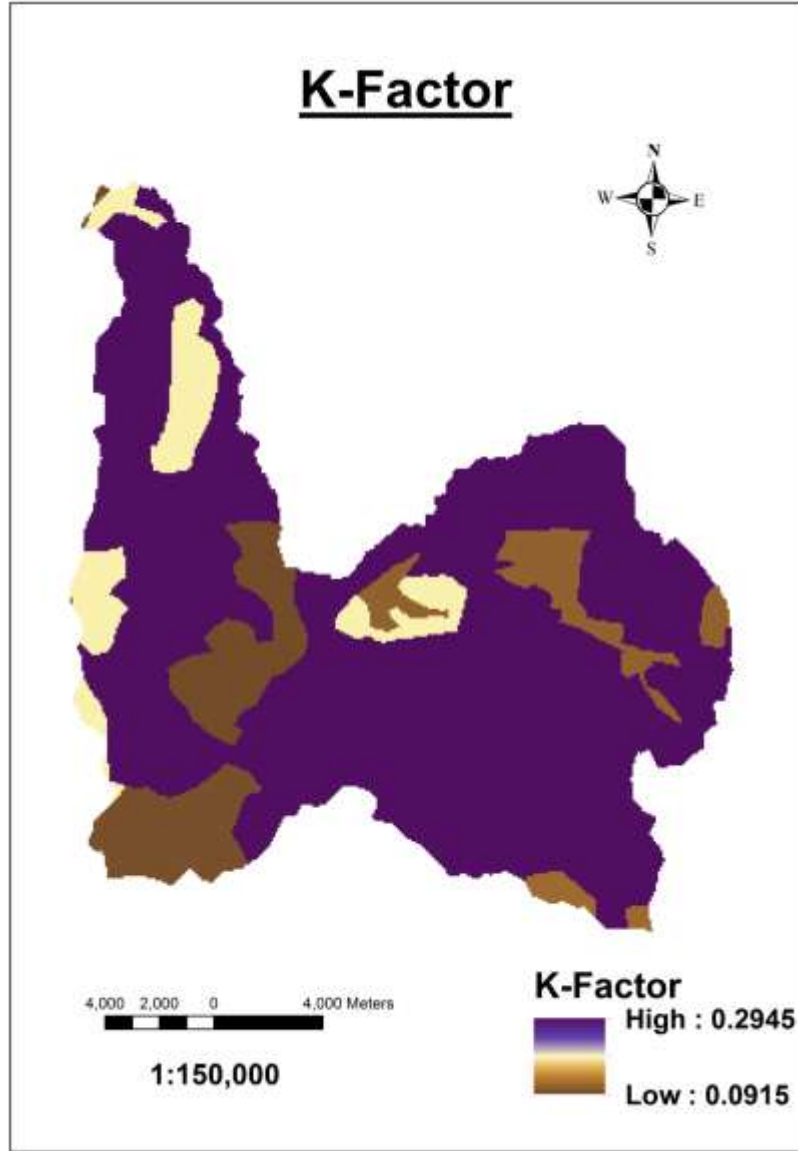
### تطبيق نموذج (RUSLE)

تراوحت قيم العامل R بين 404 و 543 ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.yr^{-1}$ ) حيث لاحظنا ارتفاع قيم هذا العامل كلما اتجهنا نحو الجهات الشمالية، ويعود هذا إلى الاختلاف في الارتفاع عن سطح البحر بين الأجزاء الجنوبية والشمالية من منطقة الدراسة، إذ بلغ أعلى ارتفاع فيها 1482 m عن سطح البحر. وبالإستعانة بتقنيات (arc Gis) أعدنا خريطة توضح التوزيع المكاني لعامل الهطل المطري في المنطقة كافة، الشكل(8).



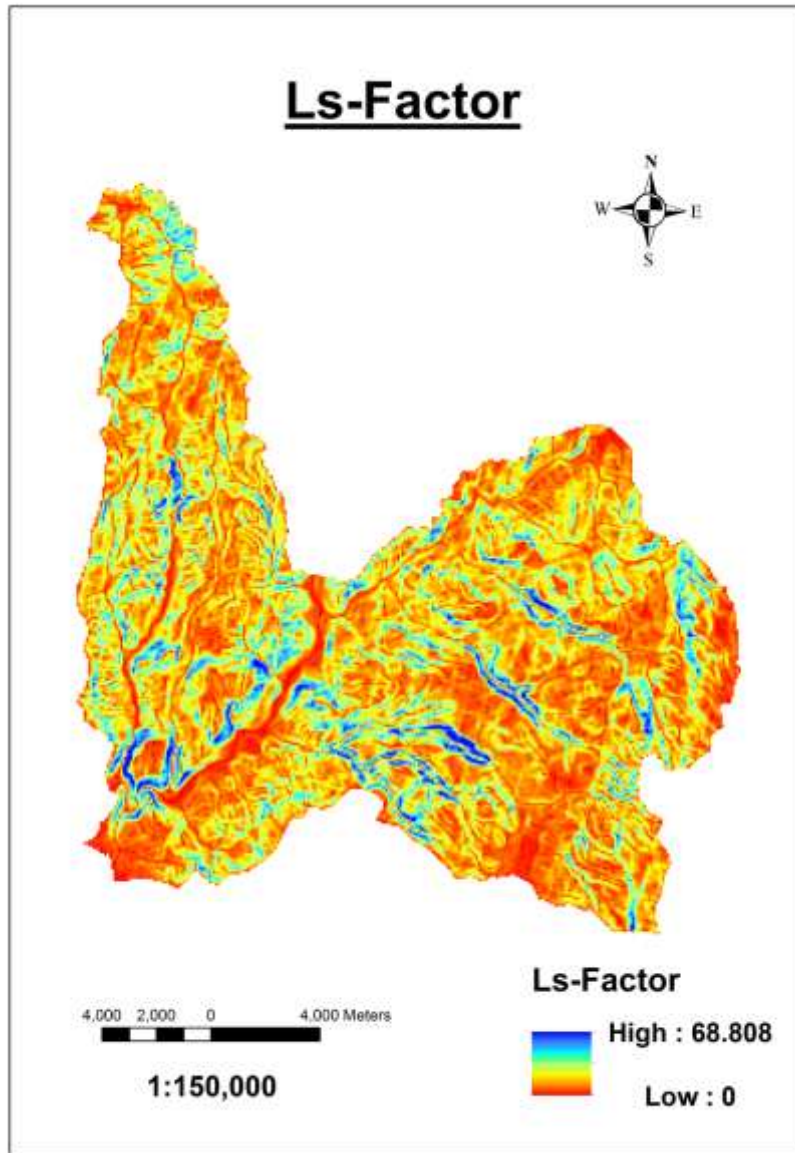
الشكل(8) التوزيع المكاني لعامل الهطل المطري (R)

سجل العامل K قيماً تراوحت بين 0.0915 و 0.2945 ( $t \cdot ha \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ )، وهذه القيم تختلف باختلاف قوام التربة ومحتواها من المادة العضوية، فهو يقل في الترب الغنية بالطين والمادة العضوية التي تعتمد على عمليات استعمال الأرض والتسميد العضوي السائد في المنطقة. ويبين الشكل (9) التوزيع المكاني لهذا العامل في منطقة الدراسة.



الشكل (9) التوزيع المكاني لعامل قابلية التربة للانجراف (K)

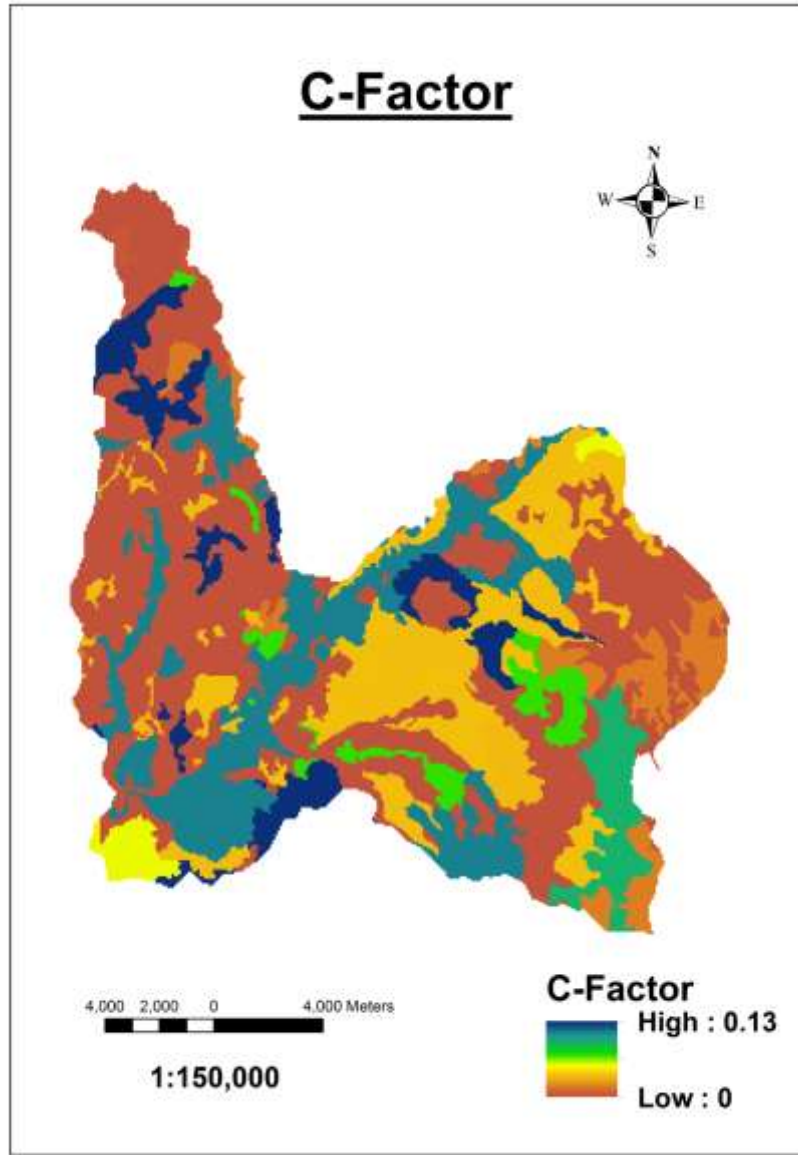
أما عامل طول وميل المنحدر فقد سجل قيماً تراوحت بين 0 و 68.808، وفق خريطة التوزيع المكاني لهذا العامل في منطقة الدراسة الشكل (10). ونلاحظ أن قيم هذا العامل كانت مرتفعة بالقرب من بعض روافد نهر الكبير الشمالي، وهذه المناطق تمتاز بانحدار وميول شديدة، بينما تكون القيم منخفضة في المناطق التي يغلب عليها طابع السهول والأراضي المنبسطة قليلة الانحدار.



الشكل (10) التوزيع المكاني لعامل ميل وطول المنحدر (Ls)

وفي خطوة لاحقة تم تحديد قيم العامل C والتي تراوحت بين 0 و 0.13 حسب استعمال الأرض السائد. ويبين الشكل (11) التوزيع المكاني لقيم هذا العامل.

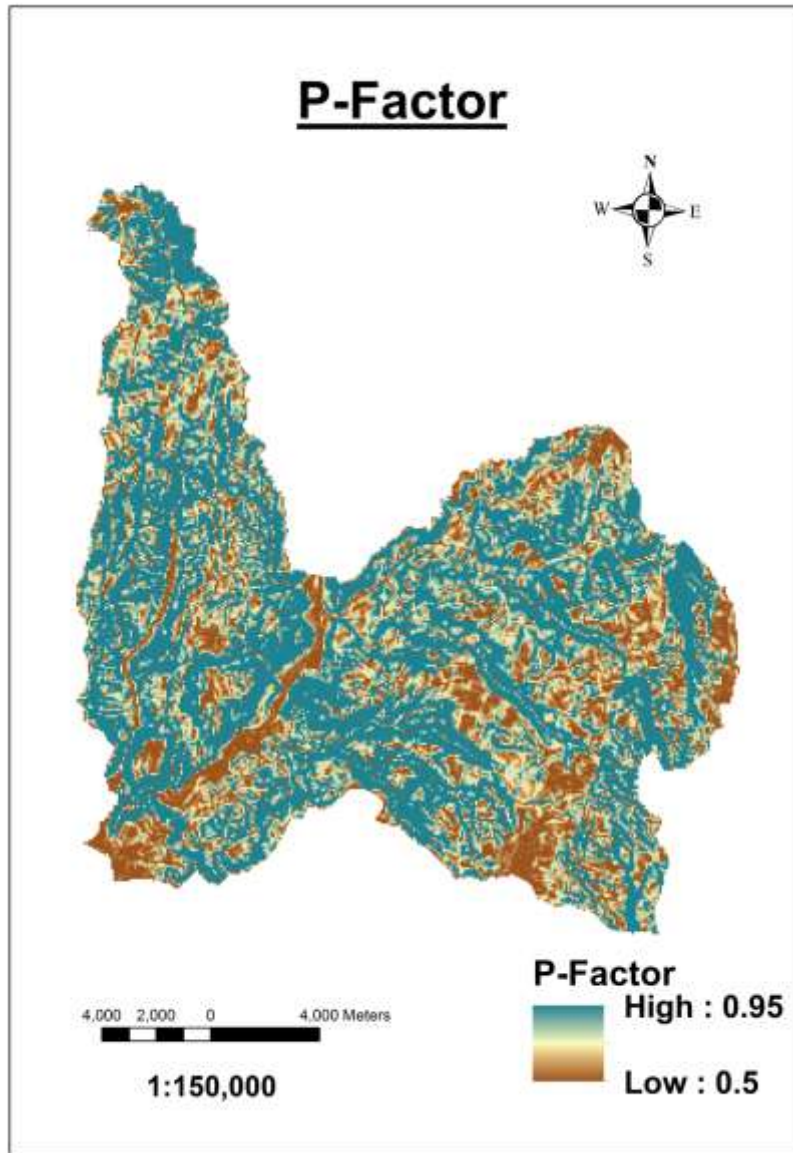
حيث تركزت القيم المنخفضة في مناطق انتشار الغابات بنوعها المفتوحة والمغلقة، بينما سجلت مناطق انتشار الأبنية والعمران والمساحات المائية قيماً مرتفعة للعامل (C)، في حين كانت القيم الوسطية موزعة في مناطق انتشار المحاصيل والأشجار المثمرة.



الشكل (11) التوزيع المكاني لعامل استخدام الأرض (C)

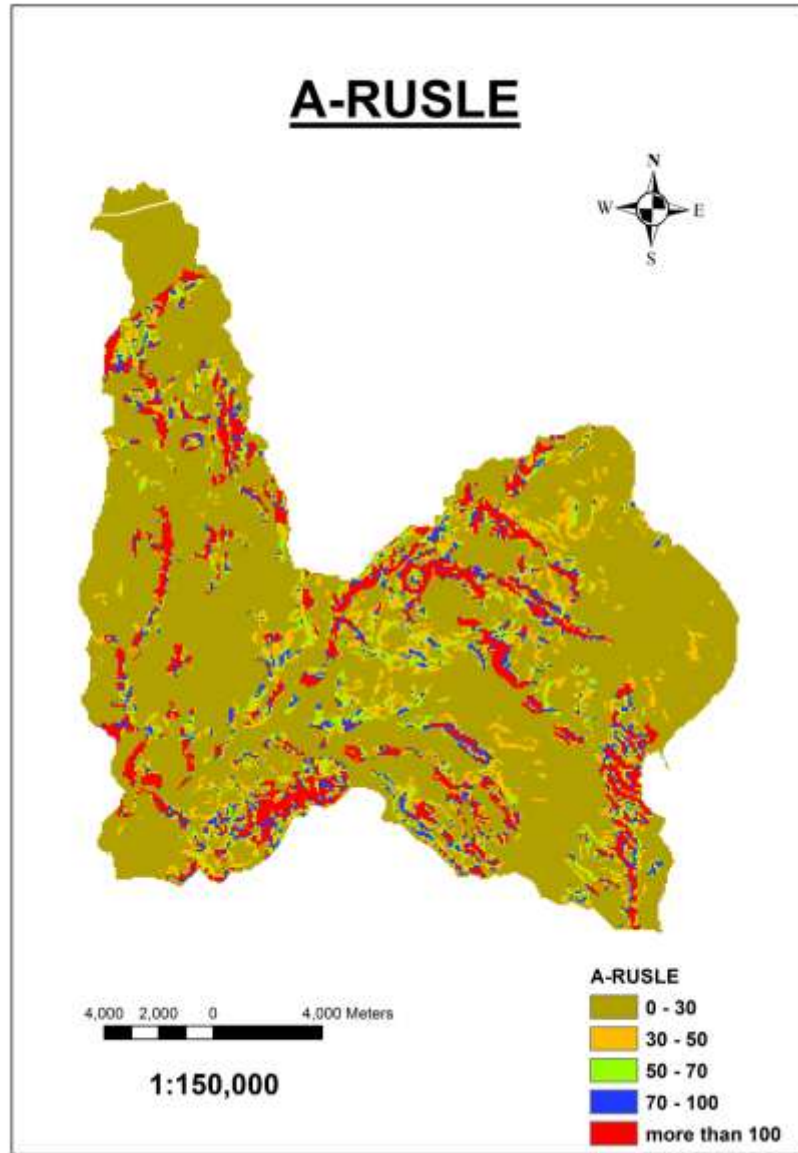
أما العامل P فقد سجل قيماً تراوحت بين 0.5 و 0.95 تبعاً لقيم الميل في منطقة الدراسة. وهذا ما يوضحه الشكل (12). وقد لاحظنا أن القيم المرتفعة (0.9-0.95) قد شغلت مساحات واسعة من منطقة البحث وتراكمت في مناطق ارتفاع قيم الميل، إذ إنه كلما ازدادت الميول ازدادت قابلية التربة للانجراف وبالتالي لابد من إتخاذ المزيد من الإجراءات والتدابير اللازمة للتخفيف من حدة الانجراف المائي للتربة.





الشكل (12) التوزيع المكاني لعامل صيانة التربة (P)

بعد حساب مؤشرات المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة (P,C,LS,K,R)، تم الحصول على خارطة التنبؤ بكميات التربة المفقودة بواسطة جداء خرائط المؤشرات مع بعضها ضمن بيئة عمل برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، كما هو موضح في الشكل (13).



الشكل (13) التوزيع المكاني لكميات فقد التربة (A)

قسمت هذه الكميات الى خمسة صفوف وفق المراجع العالمية. ويوضح الجدول (4) المساحات والنسب التي تشغلها صفوف كمية التربة المنجرفة.

الجدول (4) صفوف كمية التربة المفقودة وفق (RUSLE)

خطورة الانجراف	النسبة المئوية من المساحة الكلية (%)	المساحة التي تشغلها (km <sup>2</sup> )	كمية التربة المفقودة (t.ha <sup>-1</sup> .y <sup>-1</sup> )
منخفض جداً	66.46	234.89	0-30
منخفض	10.8	38.15	30-50
متوسط	6.55	23.14	50-70
عالٍ	5.74	20.3	70-100
عالٍ جداً	10.45	36.93	>100

نلاحظ من الجدول أن الصف الأول والذي يمثل خطورة منخفضة جداً، شغل مساحة قدرها 234.8 كيلو متر مربع من منطقة الدراسة أي ما يعادل (66.46) % من المساحة الاجمالية وتوزع على امتداد الحوض. في حين أن الصف الثاني الذي يمثل خطورة منخفضة للتربة المفقودة فقد شغل مساحة قدرها 38.15 كيلو متر مربع من مساحة منطقة الدراسة، وتركزت في المناطق السفلى والمناطق الشرقية لمنطقة الدراسة. أما الصف الثالث والذي يمثل درجة فقدان متوسطة للتربة فقد شغل مساحة 23.14 كيلو متر مربع من منطقة الدراسة، وتركز في المناطق السفلى والمناطق الوسطى الشرقية لمنطقة الدراسة. أما قيم الصف الرابع والذي يمثل درجة انجراف عالية للتربة فقد بلغت مساحتها 20.3 كيلو متر مربع، وتوزعت بين المناطق العلوية الغربية والمناطق الوسطى والعلوية الشرقية من منطقة الدراسة. أما المناطق ذات الخطورة الشديدة جداً لانجراف التربة والمتمثلة بالصف الخامس فبلغت مساحتها 36.93 كيلو متر مربع، وتوزعت على امتداد المجرى الرئيسي لنهر الكبير الشمالي ورافده نهر زغارو والروافد الفرعية الأخرى. نلاحظ أن المناطق التي كان تقييم الانجراف فيها منخفض هي المناطق التي تنتشر فيها الغابات بنوعها المغلقة والمفتوحة، وكذلك التي تكون منبسطة أي أن عامل الميل فيها منخفضاً، وهذا يتوافق مع دراساتنا المرجعية التي أثبتت أن عامل طول وميل الانحدار يؤثر في قوة الجريان السطحي للمياه، بينما الغطاء النباتي يعيق حركة الجريان هذه، وبالتالي يقلل من عملية انجراف التربة. ونستنتج من ذلك أن عاملي الميل والغطاء النباتي هما العاملان الأساسيان اللذان يتحكمان بعملية الانجراف في منطقة الدراسة. وبالمقابل نلاحظ أنه سجلت أعلى قيم للانجراف المائي وفق نموذج  $RUSLE$  في المناطق التي تسود فيها المحاصيل الزراعية، وقد يعود السبب إلى طبيعة الدورة الزراعية المتبعة وما تتضمنه من عمليات خدمة المحصول، حيث أنه في أغلب فترات هطول الأمطار تكون التربة مفككة ومعرضة بشكل مباشر للأثر المخرب لقطرات المطر. كما خلصت الدراسة إلى أن متوسط الكمية الكلية للانجراف الواردة إلى بحيرة سد 16 تشرين والمقدرة وفق نموذج  $RUSLE$  وصل إلى  $28.1 (t \cdot ha^{-1} \cdot y^{-1})$ . علماً أن الحدود المسموح بها عالمياً تتراوح بين 2.5 و  $12 (t \cdot ha^{-1} \cdot y^{-1})$ . أي أن متوسط الانجراف عال خاصةً أن تشكل التربة يكون بطيئاً بالإضافة إلى عمليات تخريب الغطاء النباتي، مما يتطلب الإسراع في خطط صيانة وحفظ التربة في هذه المنطقة، مما يؤمن استدامة الزراعة وحماية المسطحات المائية من الآثار السلبية للانجراف المائي.

### الاستنتاجات والتوصيات

- من خلال دراسة خطر انجراف تربة حوض نهر الكبير الشمالي في محافظة اللاذقية بين سد برادون وسد 16 تشرين باستخدام تقانة (GIS-RUSLE) تم التوصل إلى ما يلي:
1. إن عاملي الطبوغرافيا والغطاء النباتي هما الأكثر تأثيراً بين عوامل المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة، حيث أن درجة الخطورة العالية في انجراف التربة، توزعت في المناطق الجبلية ذات الهطولات والشدات المطرية العالية والانحدارات الشديدة بالإضافة إلى خصائص التربة المشجعة على الانجراف.
  2. إن اتباع تقانة (GIS-RUSLE) هي طريقة فعالة ودقيقة لتقييم خطر انجراف التربة، وتحديد التوزيع المكاني لمناطق الخطورة بمساحة كبيرة خلال زمن قصير وبكلفة قليلة.

3. إن تطبيق المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة يسمح بالتنبؤ بكميات التربة المفقودة بفعل الانجراف في المناطق ذات الميول العالية، مما يسهل اتخاذ الاجراءات الضرورية ووضع استراتيجيات للتخفيف من حدة الانجراف، وذلك من خلال وضع برامج لحماية التربة بشكل علمي ومقبول وبأقل التكاليف.  
ووفقاً لهذه النتائج نقترح ما يلي:
1. الحفاظ على الغطاء النباتي وبشكل خاص الغابات المنتشرة في المنطقة باعتباره العامل الأكثر تأثيراً على معدل فقد التربة بالانجراف.
2. محاولة السيطرة على الانجراف في المناطق شديدة الانحدار من خلال إنشاء المدرجات، الحراثة باتجاه خطوط التسوية وتجنب تعميم التربة أثناء الحراثة، لأن ذلك يجعلها أكثر عرضة للانجراف.
3. الاستفادة من بقايا المزروعات بعد تعقيمها من خلال مزجها مع التربة بدلاً من حرقها أو التخلص منها.
4. تنفيذ إجراءات معينة على مجرى نهر الكبير الشمالي للحد من كمية الرواسب المنقولة كإنشاء أحواض الترسيب والسدود التنظيمية.
5. إنشاء محطات خاصة لقياس كميات الرواسب المنقولة في النهر ورفد هذه المحطات بعناصر فنية مؤهلة.

## المراجع

1. العودات، محمد، التلوث وحماية البيئة. الطبعة الثالثة، الأهالي للطباعة والنشر، 1988، 266.
2. كبيبو، عيسى و ابراهيم نيسافي. الانجراف المائي وخطورته على أترية المنطقة الساحلية في القطر العربي السوري. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، المجلد 18، العدد السادس الجمهورية العربية السورية، 1997، 17.
3. إسماعيل، كنان. دراسة العلاقة بين كمية الرواسب الناتجة من الانجراف المائي للتربة وكمية الرواسب المنقولة في نهر زغارو. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، الجمهورية العربية السورية، 2014، 85.
4. AHMET, I; Faith, T; U; VELI. *Estimating spatial Distribution of Soil Loss Over Syhan River in Turkey*. Journal of Hydrology Turkey. Vol. 366, 2007, 30-70.
5. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. مشروع "تحسين مراقبة تدهور الأراضي الساحلية في سورية ولبنان". الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق. 2004.
6. Randle, T.J Wischmeier, W. H., Smith, D.D. *Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537. 1978.
7. Randle,T.J; Yang, C.T.;Daraio,J. *Reclamation managing water in the west, Erosion and reservoir sedimentation manual*- Chapter 2, U.S.A.2006.
8. كبيبو، عيسى وزملاؤه. تقدير الانجراف المائي في منطقة الشيخ بدر-سوريا باستخدام المعادلة العالمية المعدلة للانجراف *RUSLE* وبرنامج *WEPP*. International Journal of Environment &Water. المجلد 15، العدد 19، 2016، 12.
9. KUMAR, S; KUSHWAHA, S. P. S. *Modeling soil erosion risk based on RUSLE-3D using Gis in a Shivalik sub-watershed*. J. Earth Syst. Sci. Vol.122, 2<sup>nd</sup>, 2013, 389-398.