



تطبيق نموذج (RUSLE) لتقدير التعرية المائية في الأحواض الجنوبية الغربية لجبل آكري

ID No. 365

(PP 165 - 186)

<https://doi.org/10.21271/zjhs.26.6.9>

حكمت عبدالعزيز حمد الحسيني

هوزان صادق مولود

قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة صلاح الدين-أربيل

hikmat.hamad@su.edu.krd

hozan.mawlood@su.edu.krd

الاستلام : 2022/06/18

القبول : 2022/07/27

النشر : 2022/12/25

ملخص

تعد عملية تقدير التعرية المائية وتحديد مستوياتها إحدى الخطوات الضرورية في إدارة أحواض الأنهر، إذ يمكن بها تحديد المناطق المعرضة للتعرية المائية وشدتها ومن ثم وضع تدابير وقائية لتجسيم بؤرتها وتخفيف آثارها. يتفاقم تآكل التربة جراء هطول الأمطار الغزيرة إثر موسم جفاف طويل، وبسبب الإنحدارات الشديدة، والزراعة المكثفة، وعدم وجود تدابير مناسبة للحفاظ على التربة. تهدف هذه الدراسة إلى تطبيق نموذج (RUSLE) لتقدير معدل التعرية السنوية المحتملة في الأحواض الجنوبية الغربية لجبل آكري وتحديد مستوياتها بغية تحديد الأولويات التمهيديّة لعمليات الإدارة والصيانة. أظهرت نتائج تطبيق النموذج أن معدل التعرية السنوية المحتملة في منطقة الدراسة تراوح بين 0.02-278 (طن/ هكتار/ السنة) وبمعدل بلغ 20.7 (طن/ هكتار/ السنة). بشكل عام، وأن حوالي 52.8% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة إتسمت بمستوى التعرية الخفيفة- المتوسطة، وأن حوالي 38.4% من مساحة منطقة الدراسة تأثرت بالتعرية المتوسطة- الشديدة، في حين بلغت مساحة فئة التعرية الشديدة- الشديدة جداً أكثر من 8.9% وهي أراضي جبلية وعرة ومنحدرة يزيد متوسط درجة إنحدارها عن 18° كما في سفوح ومنحدرات جبلي آكري وديارثة.

الكلمات الدالة: التعرية المائية، التعرية المحتملة، نموذج رسل، نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الرقمية.

1. المقدمة

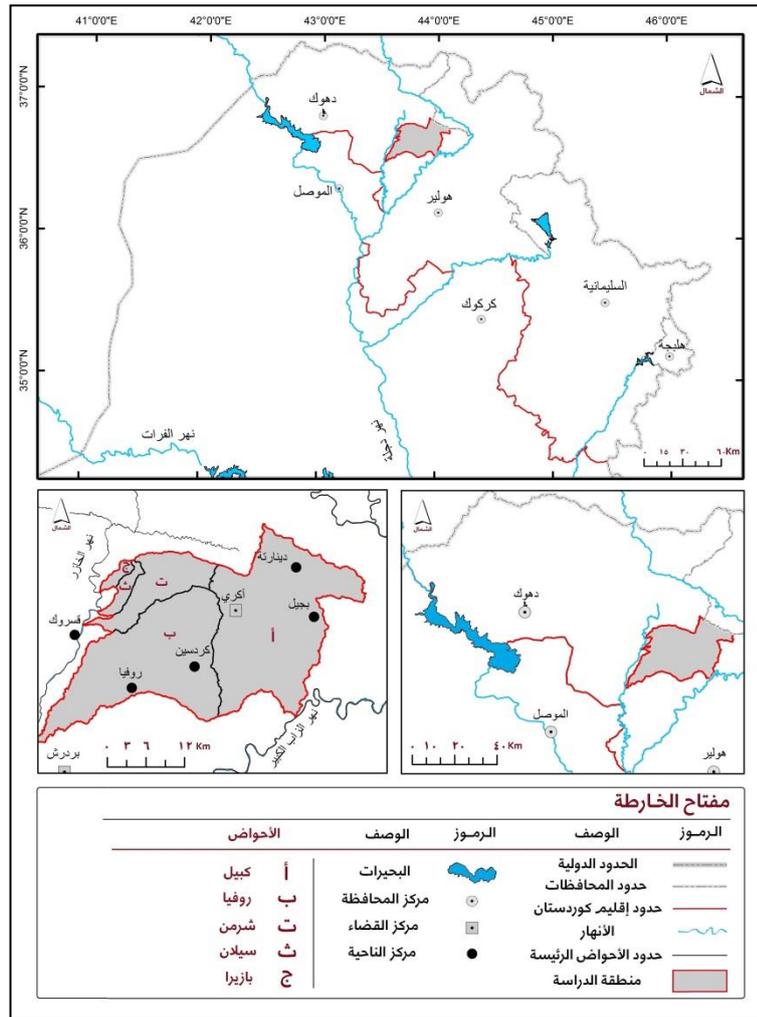
إن تقييم مستويات التعرية المائية وإزالة طبقات التربة السطحية، ولاسيما في المناطق الجبلية، مهمة صعبة بسبب وعورة السطح والتباين في التضاريس وعدم توفر البيانات الكافية والدقيقة، ولهذا الغرض تمت صياغة العديد من النماذج الإحصائية والتجريبية التي تأخذ بعين الاعتبار خصائص المناخ، التضاريس، الإنحدار، التربة، الغطاء النباتي وعمليات الصيانة لتقدير تعرية التربة في الأحواض النهرية، لا لتحديد معدلات التعرية المائية فحسب، بل لمعرفة تبايناتها المكانية ضمن حدود الأحواض المائية، وذلك من خلال حساب معاملاتها المختلفة ثم دمجها وعرضها على شكل الخرائط الرقمية، وهي بمثابة خطوات تمهيدية لتحديد أولويات الصيانة وتطوير تقنيات الإدارة المناسبة، وتختلف هذه النماذج من بسيطة إلى أكثر تعقيداً وتتفاوت في حاجتها إلى مدخلات البيانات وكفاءتها على تقدير تعرية التربة بالمياه، ويعتبر تقييم تعرية التربة وانتقال الرواسب في الأحواض النهرية أمراً ضرورياً، في مختلف النطاقات الزمنية والمكانية، من أجل حماية التربة والحفاظ على خصائصها الفيزيائية والكيميائية. نالت دراسة معدلات التعرية المائية وتقييمها إهتمام الجيومورفولوجيين والباحثين في علوم الزراعة والهندسة، لما لها من تأثيرات جلية على مكونات التربة وإنتاجيتها. وتعد دراسة التعرية المائية وتحديد مستوياتها أمراً ضرورياً قبل البدء برسم وتصميم المشاريع التنموية للأراضي، وبغية التعرف على التقدير الكمي للتعرية المائية في منطقة الدراسة تم تطبيق نموذج رسل (RUSLE) وهو النسخة المنقحة لنموذج يوسل (USLE)، وذلك بناءً على تحديد قيمة العوامل المكونة للنموذج وإستخراجها ضمن تطبيق المعادلات الرياضية الخاصة بها.

2. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن الحدود الإدارية لقضاء عقرة التابعة لمحافظة دهوك، بين دائرتي العرض (36 32 36° و 33.8 36 51°) وبين خطي الطول (11 32 43° و 27 06 44°). تضم منطقة الدراسة والبالغة مساحتها 870.59 كم² خمسة أحواض الصرف

الرئيسة، تبدأ مجاريها العليا بالجريان في أعالي جبلي دینارته وأكري وتصب كلها في نهر خازر في جهته الشرقية سوى حوض كبيل والذي يصب في نهر الزاب الكبير في جهته الغربية، وتتراوح مساحة الأحواض بين 10.23 كم² في حوض بازيبرا إلى 405.19 كم² في حوض كبيل. تضاريسياً؛ تتميز منطقة الدراسة بتضاريسها المتنوعة بين الجبال والأراضي المتقطعة والسهول، إذ يتراوح إرتفاعها بين 305-1605 متر فوق مستوى سطح البحر، وبمتوسط بلغ 819 متراً، تقع أعلى نقطة الأرتفاع في جبل دینارته في أقصى الشمال منطقة الدراسة، بينما يمثل مصب حوض روفيا الواقع في الجزء الجنوبي الغربي أدنى نقطة الأرتفاع فيها، وبهذا فإن الإتجاه العام للتضاريس يكون من الإتجاه الشمالي نحو الإتجاه الجنوبي والجنوبي الغربي. أما من حيث درجات الحرارة والأمطار؛ يبلغ المعدل السنوي لدرجات الحرارة في محطة آكري للفترة (2000-2019) (20.3° م، كما يبلغ مجموع السنوي للأمطار في محطة آكري في نفس الفترة 698.1 ملم (الخارطة 1) و(الجدول 1).

(الخارطة 1) موقع منطقة الدراسة بالنسبة لإقليم كردستان ومحافظة دهوك



3- هدف الدراسة

الهدف المتوخى من الدراسة تحقيق ما يلي:

- 1- تقدير مستويات التعرية المائية لأحواض منطقة الدراسة باستخدام نموذج (RUSLE) ثم رسم خارطة لها.
- 2- تصنيف مستويات التعرية المائية بغية إجراء أولويات الصيانة لأحواض منطقة الدراسة وإدارتها في المستقبل.
- 3- رسم خارطة التباين المكاني لمستويات التعرية المائية في أحواض منطقة الدراسة.

4- مشكلة الدراسة وفرضيتها

تتمحور مشكلة البحث على التساؤلات الآتية:

- 1- هل تعد دراسة التعرية المائية باستخدام النماذج الإحصائية ذات جدوى في دراسة التعرية المائية وإبراز تبايناتها المكانية.

2- هل تتباين أقيام معدل التعرية السنوية ومستوياتها بتباين خصائص التضاريس، الإنحدار، الغطاء الأرض وكمية المطر السنوي.

تحاول الدراسة تلخيص إجابة التساؤلات في النقاط التالية:

1- أكدت هذه الدراسة بأن دراسة التعرية المائية باستخدام النماذج الإحصائية وسيلة فعالة في تحديد مستويات التعرية المائية وتبايناتها المكانية.

2- تتباين أقيام معدل التعرية السنوية ومستوياتها تبايناً جلياً بتباين خصائص التضاريس، الإنحدار، الغطاء الأرض وكمية المطر السنوي، وأكدت الدراسة بأن أقيام معدل التعرية السنوية بلغت أقصاها في المناطق الجبلية الوعرة، بينما يتناقص معدل التعرية السنوية ويبلغ إلى أدنى مستوياتها في المناطق السهلية المنبسطة كما في حوض روفيا.

5. المواد المستخدمة

تم الحصول على بيانات مجموع الأمطار السنوية لمحطات منطقة الدراسة للفترة (1993-2019) في مديرية زراعة دهوك، وعينات التربة التي جمعت في منطقة الدراسة ثم تم تحليلها في مختبر (أندريا الهندسي/ أبريل) (الخارطة 3)، كما وتم استخدام على نمذجة التضرس الرقمية ذات دقة تمييزية 30 م من نوع (ASTER) والتي تم الحصول عليها من موقع (<http://earthexplorer.glovis.gov>)، مرئية التوابع الإصطناعية من نوع (Sentinel-2) ذات دقة تمييزية 10 م، وتم الحصول عليها من موقع (<http://usgs.glovis.gov>)، وملتقطه بتاريخ (2021/4/1).

4. تطبيق نموذج رسل (RUSLE) لتقدير معدل التعرية المحتملة

يعد هذا النموذج أحد أكثر النماذج الإحصائية التجريبية استخداماً لتقدير معدلات التعرية المائية، وهو نسخة معدلة لنموذج يوسل (USLE)، إذ تم فيه تعديل بعض الإشكالات التي كانت موجودة في نموذج يوسل وخاصة فيما يتعلق بالغطاء النباتي وحسابات أكثر لعامل الطوبوغرافي (LS)، بالإضافة إلى أخذ موضوع الجريان السطحي في الحسبان، إذ افترض نموذج يوسل بأن الجريان السطحي كان متجانساً ضمن الأحواض النهرية، في حين يأخذ نموذج رسل الجريان السطحي في الإعتبار بشكل أفضل، إذ يرى أن جزءاً منها يتحول إلى القنوات والأخاديد. على نحو عام يمكن تلخيص التعديلات في تحسين طرق ومنهجية قياس المعامل المكونة للمعادلة وحسابها ونوع البيانات وكميتها، وفقاً للخطوات التالية (Renard, 1997):

تحتسب معدلات التعرية المحتملة في نموذج رسل وفق المعادلة الآتية:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

حيث إن:

A = معدل التعرية المحتملة (طن/ هكتار/ السنة)

R = عامل الحت المطري

K = قابلية التربة التعرؤية

LS = طول المنحدر وتدرج الإنحدار (عامل الطوبوغرافي)

C = عامل الغطاء والإدارة

P = عامل الممارسات الداعمة.

1-4 حساب العوامل المكونة للنموذج

4-1-1 عامل الحت المطري (R-Factor)

يقيس عامل الحت المطري (R-Factor) الطاقة الحركية للمطر، وهو أحد العوامل المهمة لتقييم شدة التعرية المائية ومستوياتها. تتمثل إحدى العوائق التي تحول دون تقدير هذه الظاهرة في منطقة الدراسة في عدم وجود بيانات تفصيلية عن كثافة هطول الأمطار وشدها، وبما أن حساب العامل يتطلب بيانات تفصيلية عن الشدة المطرية لفترة طويلة ومستمرة، ولكن هذا النوع من البيانات ليست متوفرة في أغلب المحطات المناخية، بما في ذلك محطات منطقة الدراسة. بغية تقدير قيم عامل الحت المطري واجتياز عائق عدم توفر البيانات التفصيلية تم تطوير معادلات تجريبية كثيرة ومتنوعة لاشتقاق العلاقة بين الحت المطري



ويانات الأمطار السنوية، إلا أن معظم هذه المعادلات تطبيقاتها محدودة، وتقتصر على مناطق محددة ولم يتم التحقق من مدى إمكانية تطبيقها في مناطق بعيدة عن المنطقة التي طورت فيها.

استخدمت في هذه الدراسة مجموعة من المعادلات الرياضية للحصول على قيم عامل الحت المطري، ويلاحظ أن نتائج المعادلات تتفاوت عن بعضها بعضاً، لذا فبغية استخراج قيم المعامل وحسابها تم الأخذ في الحسبان النظر في نتائج الدراسات التي أجريت في إقليم البحر المتوسط، منها دراسة (Hernando and Romana, 2015) و (Panagos, et al., 2014) على سبيل المثال لا الحصر، ومقارنة نتائج تلك الدراسات بنتائج الدراسات التي نفذت في العراق وإقليم كردستان، بناءً عليه تم إختيار مجموعة من المعادلات، ومن ثم تم احتساب المعدل لنتائج المعادلات المتمثل قيم عامل الحت المطري (R) في منطقة الدراسة، وكالاتي:

معادلة آرنولد (1980)

$$R = MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (2)$$

معادلة هيرناندو ورومانا (2015، ص 58)

$$R = 1.05MFI \quad (3)$$

معادلة كيا (2020، ص 115)

$$R = 1285.16 - 14.431 \text{ Long} - 18.475 \text{ Lat} + 0.183 P \quad (4)$$

حيث إن:

MFI = معادلة فورنيه المحورة (Arnold, 1980)،

P = مجموع الأمطار السنوية (ملر)،

Long = خط الطول للمحطة،

Lat = دائرة العرض للمحطة.

(الجدول 1) القيم القصوى، الدنيا والمعدل لمعامل الحت المطري في أحواض منطقة الدراسة

الأحواض	كبيلا	روفيا	شرمن	سيلان	بازيرا	منطقة الدراسة
الدنيا	73.5	68.01	89.5	90.3	92.2	68.01
القصوى	161.9	107	113.9	100.1	99.01	161.9
المعدل	122.3	84.9	100.3	94.5	95.7	104.3

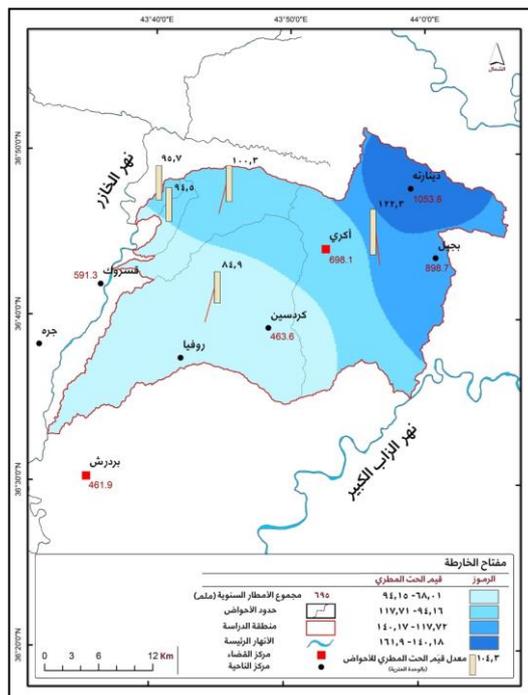


(الجدول 2) مجموع الأمطار الشهري والسني ومعدل قيمة الحت المطري في محطات منطقة الدراسة

الأشهر	التساقط (دينارته)	التساقط (أكري)	التساقط (قسروك)	التساقط (بردرش)	التساقط (كردسين)	التساقط (بجيل)
ك1	186.5	120.4	110.3	84.4	95.2	185.2
ك2	225.8	143.1	118.9	89.5	91.2	151.7
شباط	165.7	112.7	95.2	74.5	60.5	105.2
اذار	156.9	115.1	82.6	63	73.1	171.2
نيسان	102.7	70.6	60.4	51.8	50.6	74.4
مايس	40	28.2	16	11.8	15.3	41.7
حزيران	2.9	1.5	0.3	0.4	0.4	0.9
تموز	0	0.04	0.1	0.1	0	0
آب	0.1	0.06	0	0	0	0.3
أيلول	3.7	2.01	1.3	2.9	1.9	2.5
ت1	59.8	30.7	34	26.6	23.2	49.5
ت2	109.7	73.8	72.2	56.9	52.2	116.1
المجموع السني	1053.8	698.1	591.4	461.8	464	898.6
خط الطول	43.984	43.878	43.601	43.587	43.81	44.017
دائرة العرض	36.797	36.751	36.698	36.504	36.655	36.727
معدل النتائج	161.9	105.1	89.4	68.6	68.01	137.2
المعدل	105.03					

المصدر: وزارة الزراعة والموارد المائية، مديرية زراعة دهوك، شعبة الإحصاء، بيانات الأمطار المتساقطة (مم).

(الخارطة 2) قيم الفئات المكانية لعامل الحت المطري في أحواض منطقة الدراسة





یتراوح معدل عامل الحت المطري (R-Factor) لمحطات منطقة الدراسة بين 68.01 في محطة كردسين و 161.9 في محطة دينارته، وبمعدل بلغ 105.03. أما على صعيد الأحواض، فتفاوت معدل المعامل فيها تفاوتاً جلياً، إذ بلغ معدل المعامل في حوض روفيا 84.9، في حين بلغ المعدل في حوض كيبيل 122.3 (الجدول 1 و2) و(الخارطة 2).

2-4. عامل قابلية التربة للتعرية (K-Factor)

توضح نتائج عامل قابلية التربة للتعرية (K Factor) تأثير خصائص التربة وخصائص مقدراتها في تعرية التربة (Renard, K. G., et al., 1997, p. 71). وعرف بأنه عبارة عن متوسط التعرية السنوية لكل وحدة (R) الناتج عن هطول الأمطار في الحالة الاعتيادية للتربة المكشوفة، وتكون على منحدر تمت مؤخراً حراثتها صعوداً ونزولاً دون تطبيق ممارسات الداعمة والحفظ فيها، وتكون درجة إنحدارها 5° وبطول يبلغ 22 متراً (Wischmeier and Smith, 1978, p. 8; Morgan, 2005, p. 120; Yosuf, M. F., et al., 2011, p. 799).

يتم حساب عامل (K) في نموذج (RUSLE) لتوضيح تأثير خصائص التربة في تفكك جزيئات التربة خلال حدوث عاصفة مطرية في المناطق العالية (Renard et al., 1997, p. 68). عادةً ما يصبح نوع التربة أقل قابلية للتآكل مع انخفاض نسبة الجزيئات الغرينية فيها، بصرف النظر عما إذا كانت الزيادة المقابلة حاصلة في الجزيئات الرملية أم في الطينية (Wischmeier and Smith, 1978, p. 9). وقد أكدت نتائج الدراسة ذلك، إذ سجلت قيم عامل (K) في النسجة الغرينية أعلى قيمة من بين نسجات التربة المختلفة الأخرى في منطقة الدراسة، كما في العينات (8، 13، 22-28). وفي جانب آخر، قد تتأثر قيم عامل (K) بنسبة المواد العضوية في التربة، إذ تقل قيم (K) مع زيادة نسب المواد العضوية فيها، إذ إن وجود نسب عالية من المواد العضوية في التربة تؤدي إلى تماسك جزيئاتها، لذلك كلما كانت نسب المواد العضوية كثيرة، كانت قيم العامل منخفضة. كما تتغير قيم عامل (K) حسب النفاذية، إذ تقل قيم العامل مع زيادة النفاذية في التربة، وكلما كانت نفاذية التربة أقل كانت قيم (K) أكثر (Norris, 2008, p. 49).

يحتاج استخراج قيم عامل (K) وحسابها إلى الخصائص المتعددة للتربة، منها النسجة، المواد العضوية والبنية والنفاذية، وقد صممت عدة معادلات لحساب عامل (K)، وتعد معادلتا (Wischmeier and Smith, 1978) و (Sharpley and Williams, 1990) من أكثر المعادلات تداولاً، وأن كلتا المعادلتين صممتا لحساب العامل لأنواع الترب خاصة، لذا بغية الحصول على نتائج دقيقة من المستحسن استخراج المعدل لنتائج المعادلتين.

تم حساب قيم عامل (K) لمنطقة الدراسة حسب معادلتا (Wischmeier and Smith, 1978, p. 9) و (Sharpley and Williams, 1990, p. 26)، بعد ذلك أخذ معدل نتائج المعادلتين كقيمة معامل (K) لمنطقة الدراسة كالتالي:

1- معادلة (Wischmeier and Smith, 1978) و (Renard et al., 1997)

$$K = [(2.1 \cdot 10^{-4}(12 - OM) M^{1.14} + 3.25(s - 2) + 2.5(p - 3))] / 100 \quad (5)$$

حيث إن:

M = (الجزيئات الغرينية % + نسبة الرمل الناعم جداً) * (100 - الجزيئات الطينية %)،

OM = نسبة المواد العضوية،

s = رمز بنية التربة،

p = النفاذية.

2- معادلة (Sharpley and Williams, 1990)

$$K = [0.2 + 0.3 \exp(-0.0256 \text{San}(1 - \text{Sil} / 100))] (\text{Sil} / \text{Cla} + \text{Sil})^{0.3} (1 - 0.25C / C + \exp(3.72 - 2.95C)) (1 - 0.75N1 / SN1 + \exp(-5.51 + 22.9 SN1)) \quad (6)$$

حيث إن:

San, Sil, Cla = الجزيات الرملية، الغرينية والطينية (%)،

C = المواد العضوية (%)،

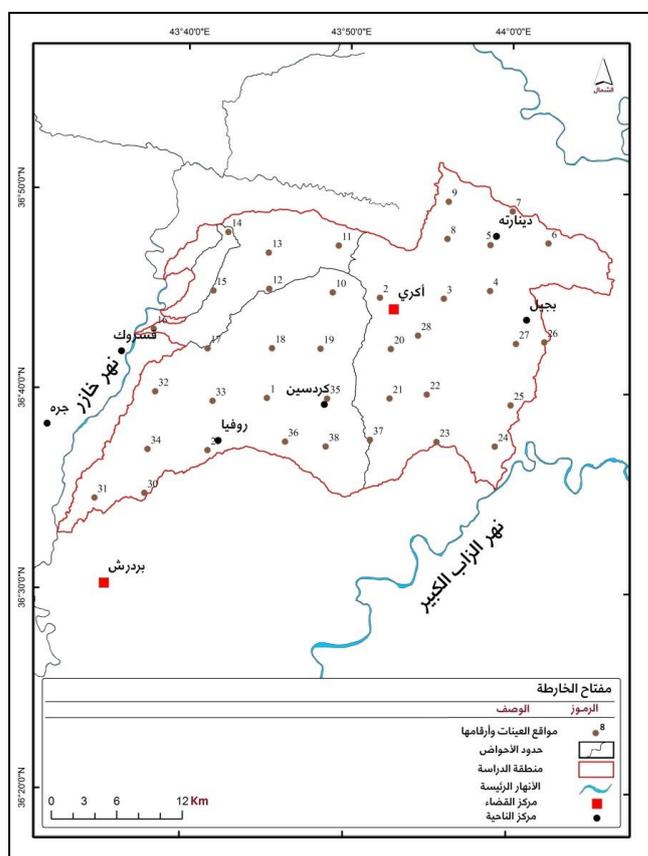
SN1 = 1- (الجزيات الرملية) / 100 .

ولاستخراج قيم معامل (K) وحسابها تم جمع (38 عينة من التربة (الصورة 1) و(الخارطة 3) بأعماق بلغت 25 سم، موزعة حسب شبكة من المربعات، بلغت مساحة كل مربع 25 كيلومتراً مربعاً (الخارطة 3)، ثم جفت العينات هوائياً ونخلت بمنخل قطره 2 ملم للحصول على تربة ناعمة، وقد تم تحليلها في مختبر (أندريا الهندسي/ أربيل) (الصورة 2 و 3) وأدرجت النتائج في (الجدول 4)، ثم بعد تحديد جزيات التربة الثلاثة (الطينية، الغرينية والرملية) للعينات باستخدام طريقة هايدروميتر حددت نسجتها باستخدام مثلث تحديد النسجة (Agricultural and Agr- Food Canada, 1998, p. 136) (الشكل 2) و (الجدول 4)، أما فيما يتعلق بالبنية والنفاذية، فتم تحديد الأولى منهما بمشاهدة بصرية في الحقل ولون العينات، والثانية وفق نوع نسجة التربة (الجدول 3).

(الجدول 3) أصناف النفاذية حسب نوع نسجة التربة (Renard et al., 1997, p. 91)

الرمز	صنف النفاذية	النسجة	التوصيلية الهيدروليكية المشبعة (ملم ساعة ⁻¹)
1	السرّيع والسّرّيع جداً	الرملية	61 فأكثر
2	السرّيع المتوسّط	الرملية المزيّجة، المزيّجة الرملية	61 ~ 20.3
3	المتوسّط	المزيّجة، المزيّجة الغرينية	20.3 ~ 5.1
4	البطيء المتوسّط	المزيّجة الطينية الرملية، المزيّجة الطينية	5.1 ~ 2
5	البطيء	المزيّجة الطينية الغرينية، الطينية الرملية	2 ~ 1
6	البطيء جداً	الطينية الغرينية، الطينية	أقل من 1

(الخارطة 3) مواقع عينات التربة وأرقامها في أحواض منطقة الدراسة





(الصورة 2) عملية خلط جزيئات التربة للعينات



(الصورة 1) عينات التربة لمنطقة الدراسة



(الصورة 3) حساب جزيئات التربة حسب طريقة هايروميتر لعينات تربة منطقة الدراسة



(الجدول 4) خصائص التربة المطلوبة لحساب عامل (K) ونتائجها لعينات التربة المأخوذة في منطقة الدراسة

ت	نسبة جزيئات التربة %			المواد العضوية	النسجة	البيبة	التفادية	النظام المتري/ SI =7.59		الرمل الناعم جداً (غم/ كغم)
	الطين	الغرين	الرمل					معدلة 5	معدلة 6	
1	60.85	32	7.15	2.217	HC	1	6	0.12	0.25	5.53
2	21.15	54	24.85	2.207	Si L	2	3	0.31	0.29	5.44
3	31.8	27	41.2	1.905	C L	3	4	0.20	0.20	7.07
4	45.8	30	24.2	1.94	C	1	6	0.16	0.22	6.67
5	55.85	29	15.15	2.308	C	2	6	0.15	0.23	3.46
6	39.2	26	34.8	0.848	C L	4	4	0.19	0.25	1.11



ت	نسبة جزيئات التربة %			الرمل الناعم جداً (غم/كغم)	المواد العضوية	النسجة	البنية	الفاذية	النظام المتري/ SI =7.59		
	الطين	الغرين	الرمل						معدلة 5	معدلة 6	المعدل
									8	6	
7	29	20	51	14.71	1.182	SCL	3	4	0.22 5	0.20 5	0.215
8	21.3	8	70.7	14.80	0.521	SCL	3	4	0.18 0	0.16 2	0.171
9	41.2	42	16.8	6.53	2.896	Si C	1	6	0.20 8	0.26 5	0.236
10	64.1	30	5.9	0.65	1.53	HC	3	6	0.17 1	0.26 9	0.220
11	40.85	34	25.15	5.13	2.695	C	1	6	0.17 6	0.23 5	0.205
12	64.7	24	11.3	1.68	1.775	HC	3	6	0.15 8	0.23 2	0.194
13	60.7	20	19.3	2.32	1.766	HC	1	6	0.09 1	0.20 6	0.148
14	64.7	26	9.3	3.60	5.562	HC	1	6	0.07 9	0.23 3	0.156
15	56.85	32	11.15	3.88	1.646	C	2	6	0.16 9	0.26 0	0.214
16	57.7	27	15.3	1.46	1.151	C	2	6	0.14 9	0.26 8	0.208
17	51	42	7	2.38	1.247	Si C	2	6	0.21 8	0.32 0	0.269
18	65.2	34	0.8	0.82	1.111	HC	2	6	0.14 9	0.32 2	0.236
19	59.5	32	8.5	1.14	1.42	HC	1	6	0.12 4	0.27 7	0.200
20	40.1	24	35.9	4.35	1.804	C	3	6	0.21 0	0.20 2	0.206
21	24.1	20	55.9	7.87	1.033	SCL	2	6	0.21 7	0.21 2	0.214
22	30.7	11	58.3	4.69	0.917	SCL	2	5	0.11 7	0.17 5	0.146
23	35.8	20	44.2	4.19	1.331	CL	1	4	0.08 9	0.19 9	0.144
24	47.2	12	40.8	4.27	2.324	C	2	6	0.11 9	0.14 9	0.134
25	38.55	18	43.45	3.47	1.284	CL	3	4	0.13 8	0.19 4	0.166



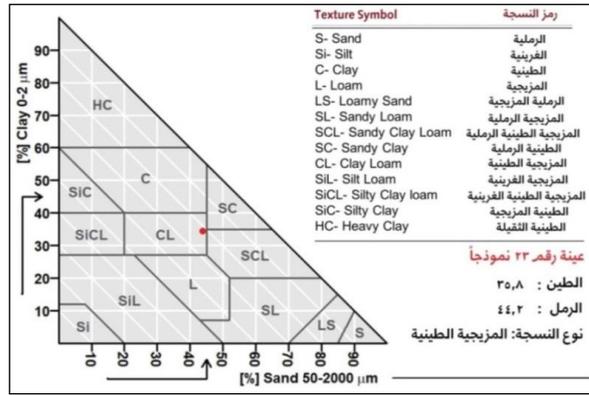
المعدل	النظام المتري/ SI =7.59		الفاذية	البنية	النسجة	المواد العضوية	الرمل الناعم جداً (غم/ كغم)	نسبة جزيئات التربة %			ت
	معادلة 6	معادلة 5						الرمل	الغرين	الطين	
0.181	0.19 2	0.17 0	6	2	S L	0.955	3.01	67.3	15	17.7	26
0.186	0.18 9	0.18 3	6	3	C	1.776	3.42	35.3	20	44.7	27
0.159	0.20 6	0.11 2	6	1	C	2.672	2.89	24.5	24	51.5	28
0.228	0.29 8	0.15 9	6	1	C	1.078	3.02	14.2	34	51.8	29
0.255	0.31 3	0.19 7	6	2	Si C	1.31	1.99	5.3	40	54.7	30
0.248	0.28 4	0.21 2	6	3	C	1.467	1.14	9.15	36	54.85	31
0.219	0.30 6	0.13 4	5	2	H C	1.385	1.64	0.5	36	63.5	32
0.177	0.23 5	0.12 0	5	1	C	1.355	5.10	26.5	26	47.5	33
0.205	0.24 9	0.16 0	6	1	C	1.802	2.05	19.15	34	46.85	34
0.199	0.23 4	0.16 4	6	3	H C	1.522	1.21	15.15	24	60.85	35
0.182	0.24 2	0.12 2	6	1	C	2.019	2.22	13.15	30	56.85	36
0.238	0.22 6	0.25 1	5	4	S C L	0.851	6.84	51.15	21	27.85	37
0.214	0.26 0	0.16 8	6	3	H C	1.302	1.47	11.45	26	62.55	38
0.202	0.24 0	0.16 5				1.689	3.99	26.16	27.17	46.65	المعدل

حيث إن: (H C) الطينة الثقيلة, (Si L) المزيجية الغرينية, (C L) المزيجية الطينية, (C) الطينية, (S C L) المزيجية الطينية الرملية, (Si

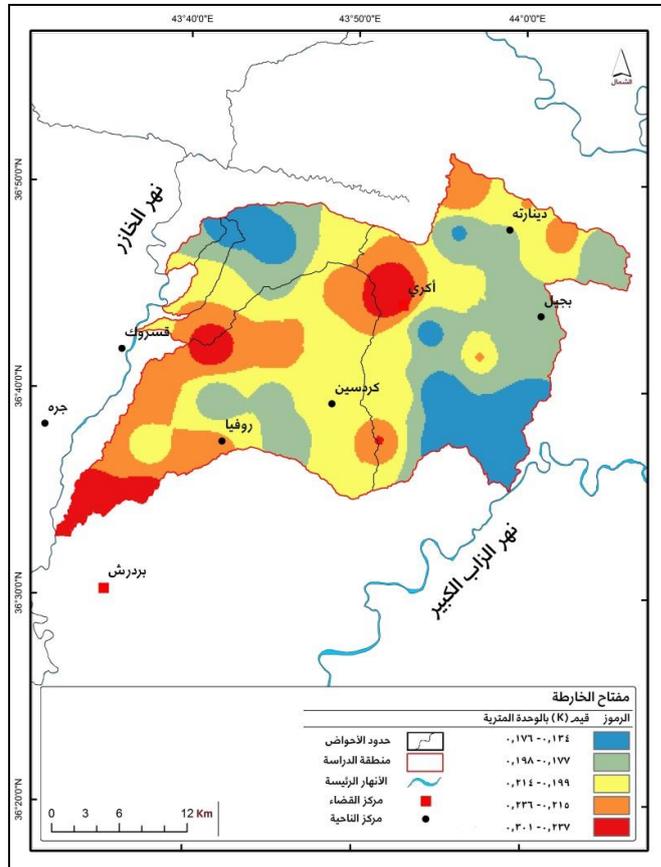
(C) الطينية الغرينية, (S L) المزيجية الرملية.



(الشكل 2) مثلث تحديد نسجة التربة حسب نظام الكندي



(الخارطة 4) قيم عامل (K) لعينات التربة في منطقة الدراسة



يتبين من (الجدول 4) و(الخارطة 4) بأن قيم عامل (K) في منطقة الدراسة يتراوح بين 0.134 - 0.301 وبمعدل قد بلغ 0.202 بالنظام المتري أي 0.017 - 0.039، وبمعدل بلغ 0.026 بالأنظمة العالمية للوحدات (SI). أما فيما يتعلق بقيم العامل في أحواض منطقة الدراسة، فيتباين المعدل فيها، إذ بلغ معدل عامل (K) في حوض روفيا 0.213 وهو أعلى معدل للعامل، في حين كانت القيم متقاربة في الأحواض الأربعة الأخرى، إذ بلغ معدل العامل في أحواض كيبيل، شرمن و سيلان 0.195، 0.194 و 0.196 لكل منها على التوالي، في حين بلغ في حوض بازيرا 0.186 بنظام العالمي للوحدات (الخارطة 4).

3-4 عامل الطوبوغرافي (LS Factor)

يوضح عامل (LS) تأثير الطوبوغرافيا في مقدار التعرية، حيث يؤثر كل من طول المنحدر (L) وتدرج الإنحدار (S) للتضاريس في معدل تآكل التربة بالمياه. يعرف طول المنحدر على أنه المسافة التي تبدأ من بداية نقطة الجريان السطحي إلى النقطة التي إما أن



يغيبض فيها تدرج الإنحدار بشكل يكفي لبدء الترسيب، أو تصبح مياه الجريان السطحي ذات مجرى مائي محدد (Wischmeier and Smith, 1978, p. 14, Renard et al., 1997, p. 104). أما بالنسبة لعامل (S) فيعرف بأنه عبارة عن نسبة بين كمية المواد المتعرية فوق منحدر تكون درجة إنحداره 9٪ تقريباً (Haan, et al. 1981, p. 249). تتأثر نسبة التعرية بدرجة الإنحدار وطوله، إذ تزداد نسبتها بزيادة درجات الإنحدار وطول الإنحدارات، وقد توصلت دراسة (NZ Transport Agency, 2014, p. 10) إلى أن مقدار التعرية المائية يزداد ثلاثة أضعاف حينما تتضاعف درجات الإنحدار. عموماً، فإن تأثير عامل (S) أكثر مقارنة بعامل (L)، حيث تؤدي زيادة تدرج الإنحدار وشدته إلى زيادة سرعة الجريان مما تنتج عنها زيادة تآكل في التربة، في حين تؤدي زيادة طول المنحدر في زيادة التعرية بسبب التراكم التدريجي للجريان السطحي باتجاه أسفل المنحدر.

تتعدد طرق حساب عامل الطوبوغرافي (LS)، ففي هذه الدراسة ولأجل الوصول إلى النتائج الدقيقة طبقت معادلة (McCool et al.) لاستخراج قيم العامل، وبعد ذلك قورنت نتائج المعادلات بنتائج الدراسات العالمية ولاسيما تلك التي أجريت على أحواض قد شابهت تضاريسها تضاريس منطقة الدراسة منها دراسة (Gürtekin and Gökçe, 2021, p. 5).

يتم حساب طول المنحدر (L) ضمن العامل الطوبوغرافي (LS) وفق المعادلة التالية (Wischmeier and Smith, 1978, p. 14; Renard et al., 1997, p. 105):

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.1} \right)^m \quad (7)$$

حيث إن:

λ = طول الإنحدار بـ (م)

m = متغير لأس طول المنحدر

هناك ثمة إختلاف بين الطرق لحساب مفردات عامل طول المنحدر لاسيما طول الإنحدار (λ)، ففي هذه الدراسة؛ تم حساب طول الإنحدار عن طريق توظيف العلاقة بين مساحة الحوض المائي إلى مجموع أطوال المجاري النهرية، وذلك بتطبيق معادلة (Williams and Berendt, 1972, p.) وصيغتها:

$$\lambda = \left(\frac{0.5 A}{\sum sl} \right) \quad (8)$$

حيث إن:

A = مساحة الحوض (كم²)

$\sum sl$ = مجموع أطول المجاري النهرية (كم).

وتأتي نتيجة المعادلة قريبة ومتوافقة مع النتائج التي توصلت إليها دراسة (Mediavilla et al., 2017) الخاصة بتطوير طريقة حساب قيمة العامل الطوبوغرافي، إذ توصلت الدراسة إلى أن طول الإنحدار (λ) يساوي 305 إذا ما كانت قيمة الجريان التراكمي أكثر من 11689 (الخارطة 5).

بعد ذلك، تم تطبيق معادلة (Foster et al. 1977, p. 684) لاستخراج متغير (m) الذي يمثل النسبة بين التعرية الجدولية إلى التعرية الجدولية الداخلية (Interrill) وكالاتي:

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad (9)$$

حيث إن:

β = نسبة بين التعرية الجدولية إلى التعرية الجدولية الداخلية.

ويتم حساب قيم نسبة التعرية الجدولية إلى التعرية الجدولية الداخلية في الظروف التي تكون فيها التربة متأثرة بشكل معتدل بالنوعين من التعرية حسب معادلة (McCool et al., 1989):

$$\beta = (\sin \theta / 0.0896) / [3.0 (\sin \theta)^{0.8} + 0.56] \quad (10)$$

حيث إن:



θ = زاویه الإنحدار.

أما فيما يتعلق بعامل تدرج الإنحدار (S) فتم حسابه حسب معادلة (McCool et al., 1987) وصيغتها:

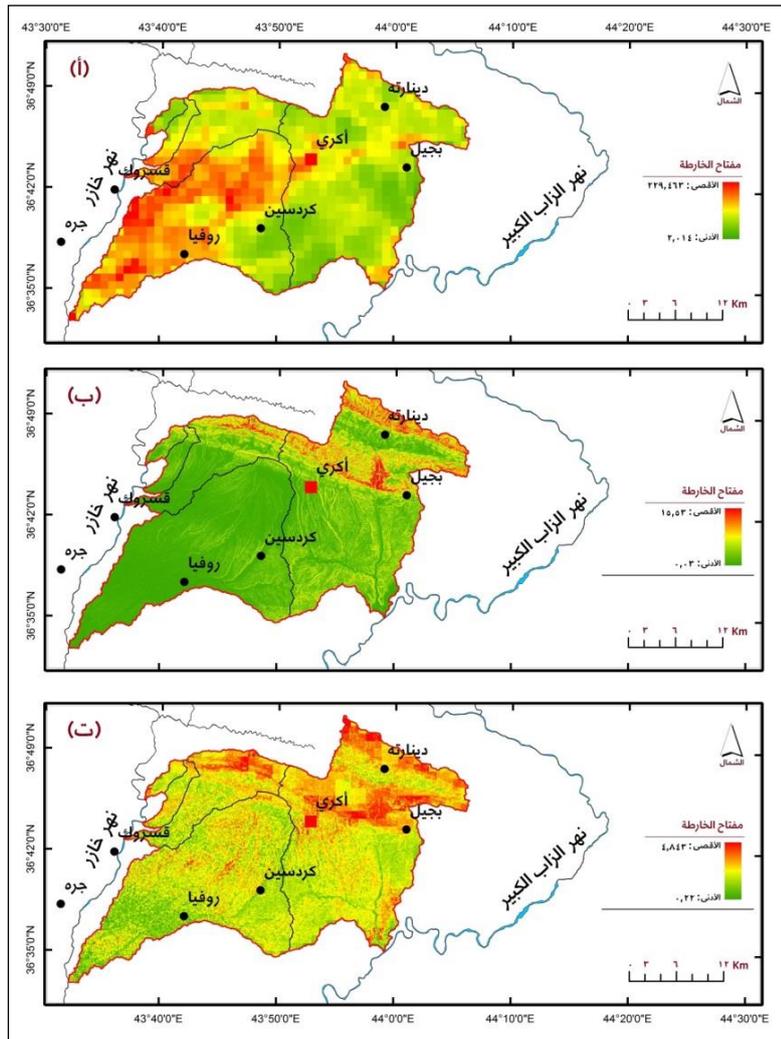
$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03 \quad s < 9 \% \quad (11)$$

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.50 \quad s > 9 \%$$

(الجدول 5) القيم الدنيا، القصوى، والمعدل لمتغيرات عامل طول المنحدر (LS)

الخصائص	الأحواض					
	القيم	كبيلا	روفيا	شرمن	سيلان	بازيرا
LS	الأدنى	0.03	0.03	0.03	0.03	0.23
	الأقصى	56.17	17.52	52.80	29.12	22.13
	المعدل	9.13	1.86	7.04	3.65	5.42

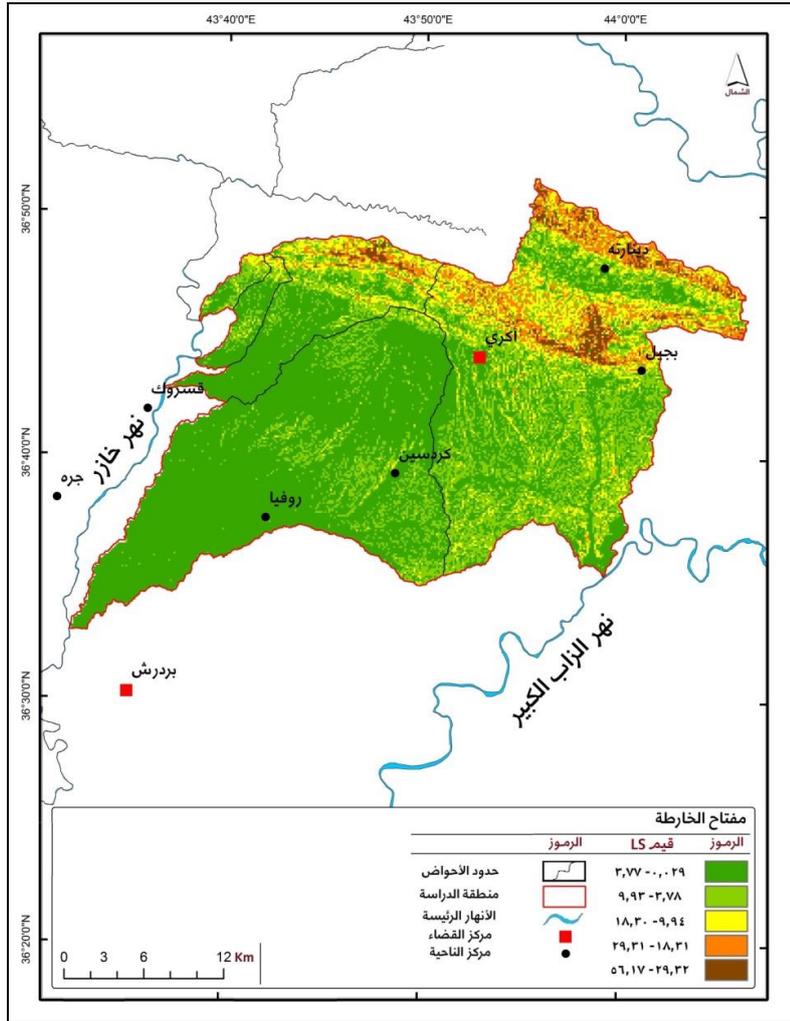
(الخارطة 5) قيم طول المنحدر، طول الإنحدار وتدرج الإنحدار لأحواض منطقة الدراسة



(أ) طول الإنحدار، (ب) عامل S، و (ت) عامل L



(الخارطة 6) قيم العامل الطبوغرافي لأحواض منطقة الدراسة



يتبين من (الجدول 5) و(الخارطة 6) أن قيم العامل الطبوغرافي (LS) في منطقة الدراسة حسب المعادلات (7~11) تراوحت بين 0.029~56.17 وبمعدل بلغ 5.81. وفيما يخص الأحواض؛ فتباينت قيم العامل فيها، حيث سجل حوضا روفيا وبازيرا أدنى قيمة، إذ تراوحت قيم العامل فيهما بين 0.03-17.52 و 0.23-22.13 لكلٍ منها على التوالي، في حين تميّز حوض كيبيل بأنه أكثر الأحواض قيمة، إذ تراوحت قيمة العامل فيه بين 0.03-56.17.

أما فيما يخص معدل عامل الطبوغرافي، فإن معدل العامل تراوح بين 1.86 كأدنى معدلٍ في حوض روفيا إلى 9.13 كأقصاه في حوض كيبيل، وكانت قيم المعدل في حوضي سيلان وبازيرا أقل من المعدل العام والبالغ 5.81، إذ بلغتا 3.65 و 5.42 لكلٍ منها على التوالي، في حين كان المعدل في حوض شرمين أكثر من المعدل العام وبلغ 7.04 (الجدول 5).

4-4. عامل الغطاء والإدارة (C-Factor)

يوضح عامل الغطاء والإدارة التأثير المشترك للمتغيرات المتعلقة بالغطاء النباتي وعملية إدارة الأراضي على تعرية التربة ومقدارها. (Yujra, 2010, p. 161). هناك أكثر من طريقة لحساب عامل الغطاء والإدارة، وتباينت تلك الطرق بين البسيط والمعقد، ومن بين تلك الطرق تعد المعادلات الخطية باستخدام مؤشر (NDVI) طريقةً بسيطةً ومتداولةً في الوقت ذاته، لكن المعادلات لا تعطي نتائج دقيقة خصوصاً مع عدم توافر الصور ذات الدقة العالية، لكن احتساب قيم العامل حسب نوع استخدامات الأرض من خلال إعطاء الأوزان لكل نوع من الاستخدامات من الطرق الجيدة والدقيقة النتائج. في هذه الدراسة تم رسم خارطة استخدامات الأرض لمنطقة الدراسة باستخدام الصور العالية الدقة، إذ يستخدم كل من مريّات التتابع الإصطناعية من نوع



(سینتل-2) ذات الدقة المكانية 10م، وصور التوابع الإصطناعية من نوع (كويك بيرد) ذات الدقة التمييزية 0.61 م، ومن خلال استخدام هاتين الصورتين حددت استخدامات الأرض المختلفة لمنطقة الدراسة وفق طريقة الاحتمال القوي والرسم اليدوي وبشكل دقيق ومسهب، وقد تم التركيز على صور التوابع (كويك بيرد) في تعيين الاستخدامات التي لا تتغير سريعاً مثل الغابات بأنواعها الثلاثة (الكثيفة، المتوسطة، والقليلة)، المراعي، البساتين، والأراضي الصخرية، في حين حدد باقي الاستخدامات الأخرى باستخدام الصورتين معاً لكونها سريعة التغير مثل المساحات المزروعة، البرك المائية والسدود، وقد أدرجت نتائج العملية في (الجدول 6) و(الخارطة 7). تتراوح قيمة عامل (C) لاستخدامات الأرض المختلفة بين 0-1، إذ تشير قيمة الصفر أو القربية منها إلى قلة حدوث التعرية المائية أو عدمها أحياناً، وفي المقابل وحسب نموذج (RUSLE) فإن احتمالية تعرض الاستخدامات للتعرية المائية ترتفع كلما ازدادت القيمة واقتربت من الواحد الصحيح.

(الجدول 6) مساحات استخدامات الأرض المختلفة في أحواض منطقة الدراسة

الأحواض						نوع الاستخدامات ومساحتها
منطقة الدراسة	بازيرا	سيلان	شرمن	روفيا	كييل	
27.121			0.950		26.171	الغابات الكثيفة
20.259			1.378		18.881	الغابات المتوسطة الكثافة
29.946	0.83	0.406	6.870	0.461	21.379	الغابات القليلة الكثافة
16.169			1.576		14.593	الشجيرات المنخفضة
24.084	0.003	0.162	1.528	1.285	21.106	العشب الكثيف
258.310	5.865	7.653	25.332	61.921	157.539	العشب متوسطة الكثافة
5.509	0.107	0.137	0.268	2.187	2.81	العشب قليلة الكثافة
13.825			2.235		11.590	الصخرية
37.957	0.262	0.380	8.605	4.889	23.821	الأراضي الجرداء
51.882	0.555	0.855	4.095	15.199	31.178	المستوطنات البشرية
0.266	0.089				0.177	البرك المائية والسدود
9.023	0.0008	0.001	1.898	0.661	6.463	البساتين
1.808					1.808	الزراعة المدرجات
372.097	2.494	9.117	42.708	252.437	65.341	الحقول الزراعية
2.333					2.333	المشاجر البشرية
870.59	10.232	18.711	97.443	339.04	405.19	المجموع

(الجدول 7) الأوزان الخاصة باستخدامات الأرض المختلفة لمنطقة الدراسة

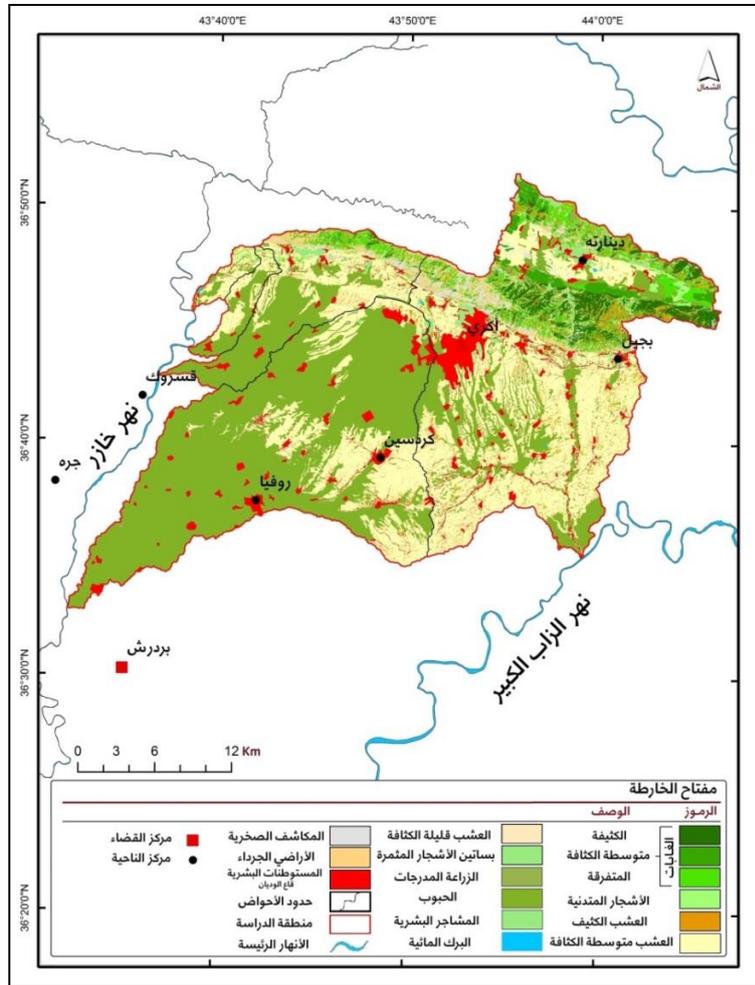
المصادر	C	نوع الاستخدامات
Wischmeier and Smith, 1978; Hussein and Karim, 1998	0.001	الغابات الكثيفة
	0.003	غابات متوسطة الكثافة
	0.01	الغابات المتفرقة
Hussien, 2016; Nijimbere and Lizana, 2019	0.029	الأشجار المتدنية
Hussien, 2016	0.31	الحقول الزراعية
Naharuddin, 2021	0.14	زراعة المدرجات
Hussein and Karim, 1998	0.07	العشب الكثيف



	0.16	العشب متوسط الكثافة
	0.30	العشب قليل الكثافة
-	0.003	المشاجر البشرية
Hussien, 2016	0.15	البساتين
-	0	البرك المائية والسدود
	0.1	المستوطنات البشرية
Lucas, 2012	0.75	الأراضي الجرداء
-	0	الصخرية

يتم ترقيم استخدامات الأرض المختلفة بإعطائها أوزاناً خاصة، أما في حال وجود أكثر من استخدام في آن واحد، فحينئذٍ بحسب لها متوسط الأوزان (الجدول 7).

(الخارطة 7) استخدامات الأرض في منطقة الدراسة



يظهر (الجدول 6) نوع استخدامات الأرض في أحواض منطقة الدراسة ومساحاتها، حيث تباينت مساحة الاستخدامات فيما بينها وضمن الأحواض الخمسة أيضاً. تأتي الحقول الزراعية التي كونت حقول الحنطة والشعير غالبية مساحتها في المرتبة الأولى من بين الاستخدامات المختلفة وبلغت مساحتها 372.097 كم² بنسبة بلغت 42.7% من مجموع مساحة منطقة الدراسة، وتقع حوالي ثلثي هذه المساحة في حوض روفيا لإستواء إنحدار معظم مساحته، ويأتي العشب متوسط الكثافة في المرتبة الثانية، إذ بلغت مساحته 258.310 كم² مشكلة نسبة بلغت 29.6% من المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة والبالغة 870.59 كم². وشكلت الاستخدامات الأخرى مجتمعة رُبع مساحة منطقة الدراسة، حيث بلغت مساحتها مجتمعة حوالي 240.18 كم² بنسبة بلغت 27.5% من إجمالي

مساحة منطقة الدراسة، ومن هذه المساحة شكلت استخدامات الغابات الكثيفة، متوسطة الكثافة، قليلة الكثافة، العشب الكثيف، الأراضي الجرداء والمستوطنات البشرية مجتمعةً مساحةً بلغت 191.249 كم²، حيث بلغت مساحة الاستخدامات 27.121، 20.259، 29.946، 24.084، 37.957 و 51.882 كم² لكلٍ منها على التوالي مشكلة ما نسبتها مجتمعة 21.9% من مجموع المساحة الكلية لمنطقة الدراسة (الجدول 6) و(الخارطة 7).

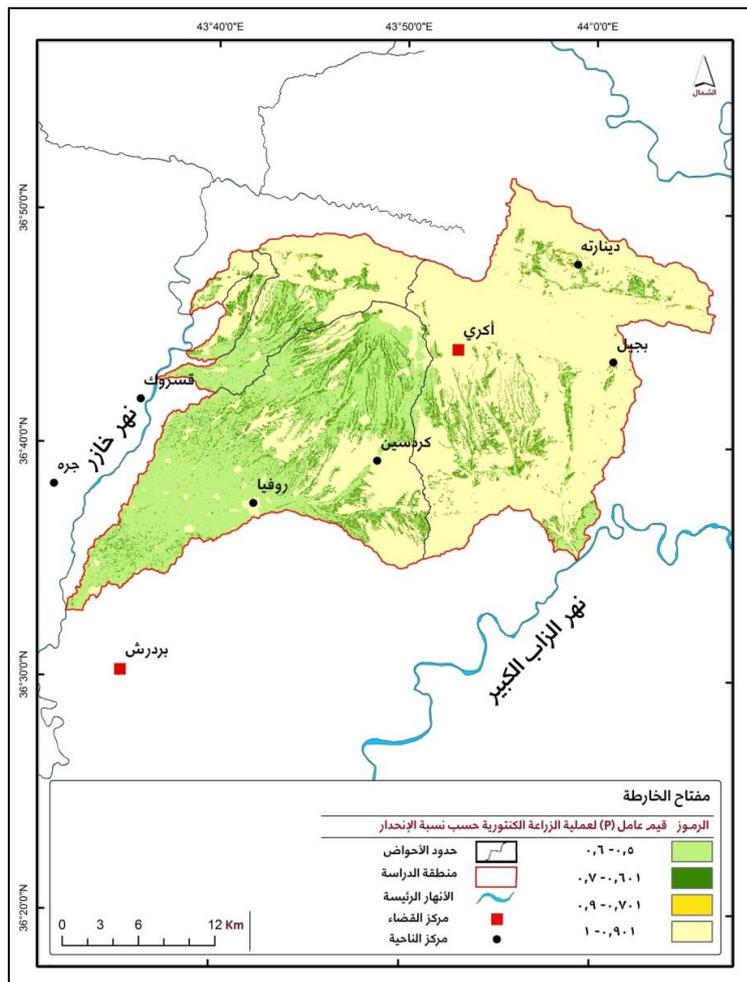
تراوحت قيم عامل (C) في منطقة الدراسة من 0-0.75، وبمعدل بلغ 0.21، أما بالنسبة للأحواض الخمسة؛ فقد تراوحت معدل قيم العامل فيها بين 0.173 في حوض كيبيل و 0.28 في حوض روفيا.

5-4. عامل الممارسات الداعمة (P-Factor)

بالنظر لأحوال استخدامات الأرض المختلفة في منطقة الدراسة فقد ظهر من خلال الدراسة الميدانية إنعدام إجراءات الصيانة والممارسات داعمة للاستخدامات، وإن كانت موجودة فهي غير مقصودة كما في الحقول الزراعية، إذ إن هناك حراثة كنتورية في حرث الأراضي وغرسها، لكن في كثير الأحيان ليست مقصودة وممنهجة.

بناءً عليه؛ تعطى الاستخدامات سوى الحقول الزراعية قيمة الواحد الصحيح، وذلك بسبب عدم إجراء أولويات الصيانة لها، أما الحقول الزراعية فقد تم تصنيفها حسب درجة إنحدارها، وذلك وفق طريقة (Wischmeier and Smith, 1978, p. 35) (الجدول 8) و (الخارطة 8).

(الخارطة 8) قيم عامل (P) لأحواض منطقة الدراسة





الجدول 8) تحديد قيم عامل (P) في الحقول الزراعية حسب درجات إنحدارها

الرمز	الإنحدار (%)	قيم عامل (P)
1	2-0	0.60
2	5-3	0.50
3	8-6	0.50
4	12-9	0.60
5	16-13	0.70
6	20-17	0.80
7	25-21	0.90

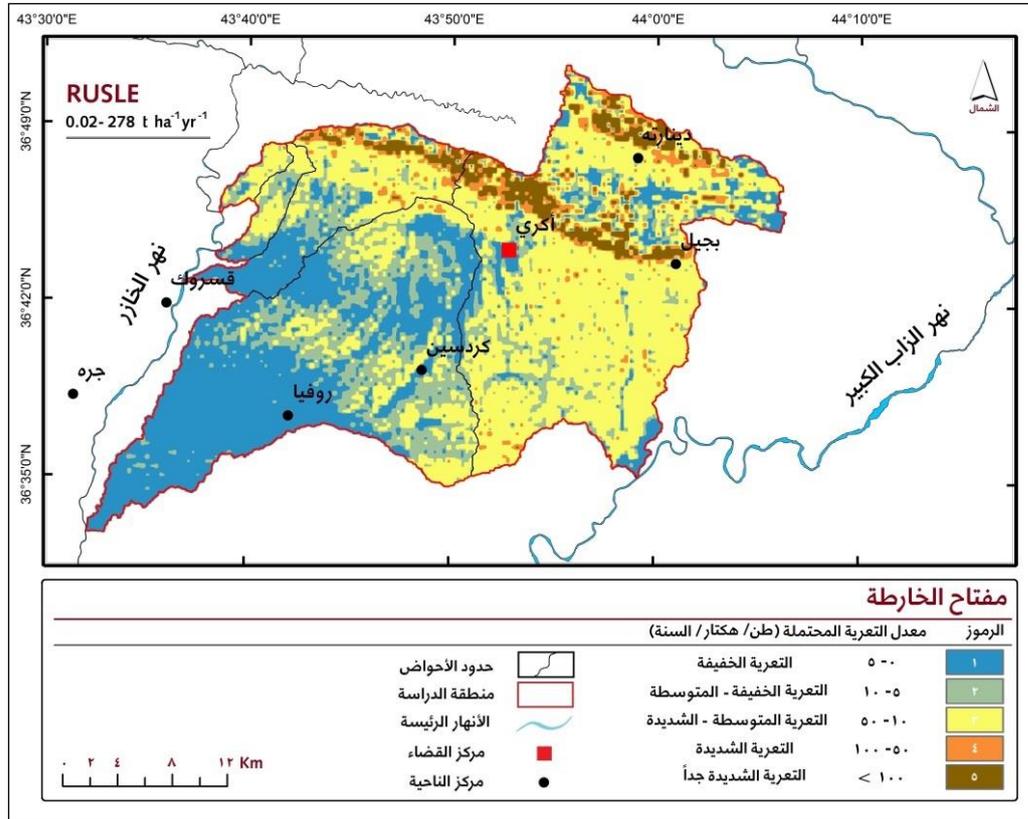
بعد استخراج قيم العوامل المكونة لنموذج رسل، تم حساب معدل التعرية المحتملة (طن/ هكتار/ السنة)، وذلك بجمع العوامل باستخدام أداة (Raster Calculator) في الأداة (Map Algebra) الفرعية ضمن أدوات التحليل المكاني الرئيسية، ثم تم تصنيفه إلى خمس فئات رئيسية وفق تصنيف الذي أورده (Hussein, 1998) (الخارطة 9)، ووفقاً للنتائج المستحصلة تراوح معدل التعرية المحتملة في منطقة الدراسة بين 0.02-278 (طن/ هكتار/ السنة)، وبمعدل بلغ 20.7 (طن/ هكتار/ السنة) (الخارطة 9).

الجدول 9) معدل الإرتفاع، الإنحدار والمعاملات المكونة لنموذج (RUSLE) ومستويات التعرية المائية في أحواض منطقة الدراسة

الأحواض						الخصائص
منطقة الدراسة	بازيرا	سيلان	شرمن	روفيا	كبيلا	
646.5	605.2	570.6	712.8	530.1	731.8	التضاريس (م)
9.23	9.74	6.4	10.24	4.07	13.6	الإنحدار (°)
104.3	95.7	94.5	100.3	84.9	122.3	عامل الحت المطري (R)
0.202	0.186	0.196	0.194	0.213	0.195	عامل قابلية التربة للتعرية (K)
5.81	5.42	3.65	7.04	1.86	9.13	عامل الطبوغرافي (LS)
0.21	0.18	0.24	0.25	0.28	0.17	عامل الغطاء والإدارة (C)
0.82	0.90	0.80	0.81	0.67	0.94	عامل الممارسات الداعمة (P)
20.7	14.3	11.6	29.6	6.1	33.07	التعرية المحتملة
مستويات التعرية المائية في أحواض منطقة الدراسة						
منطقة الدراسة	بازيرا	سيلان	شرمن	روفيا	كبيلا	المستويات (طن/ هك/ السنة)
283.36	1.31	4.4	30.09	196.6	50.7	الخفيفة (0-5)
32.5	12.8	23.5	30.9	57.9	12.5	%
174.43	2.7	6.16	16.3	90.4	59.5	الخفيفة- المتوسطة (5-10)
20.03	26.4	32.9	16.7	26.6	14.6	%
334.9	6.09	8.09	34.5	51.1	234.8	المتوسطة- الشديدة (10-50)
38.46	59.5	43.2	35.4	15.07	57.9	%
38.8	0.13	0.05	9.12	0.82	28.7	الشديدة (50-100)
4.45	1.27	0.26	9.35	0.24	7.08	%
39.1	-	-	7.43	0.12	31.5	الشديدة جدا (100 فأكثر)
4.49	-	-	7.6	0.03	7.7	%
870.59	10.23	18.71	97.44	339.04	405.1	مساحة الأحواض



(الخارطة 9) معدل التعرية السنوية (طن/ هكتار/ السنة) حسب نموذج (RUSLE) في منطقة الدراسة



بالتعمن في (الجدول 9) و(الخارطة 9) تبين بأنه توجد علاقة واضحة بين قيم معدل التعرية وقيم معدل التضاريس، الإنحدار وعامل الحت المطري، فكلما زادت قيم الخصائص الثلاث زادت معها قيم معدل التعرية، حيث سجل حوضي كيبيل وشرمن أعلى قيم معدل التعرية وبلغت 33.07 و 29.6 (طن/ هكتار/ السنة) لكل منهما على التوالي، نظراً لخصائص الإرتفاع والإنحدار فيهما، إذ تميزا بكونهما ذوا معدل الإرتفاع والإنحدار المرتفعين، حيث بلغ معدل إرتفاعهما 731.8 و 712.8 م ومعدل إنحدارهما 13.6 و 10.24 ° لكل منهما على التوالي، وهما بذلك أكثر الأحواض أرتفاعاً وإنحداراً، أما فيما يتعلق بمعدل عامل الحت المطري للحوضين، فتميز بكونه مرتفعاً، إذ بلغت قيمهما 122.3 و 100.3 لكل منهما على التوالي، في حين تميزت قيم معدل التعرية في حوضي روفيا وسيلان بأنها منخفضة كونهما ذوا معدل الإرتفاع والإنحدار القليلين، حيث بلغ معدل التعرية 6.1 و 11.6 للحوضين على التوالي (الجدول 9)

أما فيما يتعلق بمستويات التعرية المائية ضمن الأحواض، فهناك تباين واضح في توزيع مستويات التعرية المائية في أحواض منطقة الدراسة، ويأتي هذا مقروناً بتفاوت خصائص التضاريس والإنحدار في الأحواض، حيث بلغت مساحة مستوى المتوسط- الشديد لمستويات التعرية المائية لحوضي كيبيل وشرمن 234.8 و 34.5 كم² وبنسبة بلغت 57.9 و 35.4% من المساحة الإجمالية للحوضين، في حين بلغت مساحة هذا المستوى في حوض روفيا 51.5 كم² وبنسبة لا تتجاوز سدس مساحة الحوض وبلغت 15.07%، أما بخصوص مستوى الخفيف فتباينت مساحته في أحواض منطقة الدراسة إنعكاساً لتباين خصائص التضاريس والإنحدار للأحواض، حيث بلغت مساحته في حوض كيبيل 50.7 كم² وبنسبة بلغت 12.5% من مساحة الحوض، في حين يغطي المستوى مساحة كبيرة في حوض روفيا وبلغت 196.6 كم² وبنسبة إقتربت من ثلثي مساحة الحوض وبلغت 57.9% من إجمالي مساحة حوض روفيا.

وبخصوص مساحة مستوى التعرية الشديدة فقد تفاوتت نسبة مساحته في كل حوض من الأحواض إلى مساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة، حيث بلغت مساحته في حوضي كيبيل وشرمن 28.7 و 9.12 كم وبنسبة بلغت 7.08 و 9.35% من مساحة



الحوضين على التوالي، في حين تقل مساحة هذا المستوى في الأحواض الثلاثة الأخرى وبلغت 0.82، 0.05 و 0.13 كم² وينسبة بلغت 0.24، 0.26 و 1.27٪ من مجموع مساحة أحواض روفيا، سيلان وبازيرا على التوالي.

أما على صعيد معدل التعرية السنوية المحتملة في الأحواض؛ فقد تباين مقداره فيها تبايناً واضحاً، إذ تميّز معدل التعرية السنوية المحتملة في حوض كيبيل بكونه مرتفعاً وتراوح بين 0.02-278 (طن/ هكتار/ السنة)، وبمعدل بلغ 33.07 (طن/ هكتار/ السنة)، في حين تخفض مقدار المعدل إلى أدنى مستوياته في حوض روفيا وتراوح بين 0.02-57.2 (طن/ هكتار/ السنة)، وبمعدل بلغ 6.1 (طن/ هكتار/ السنة)، أما الأحواض الثلاثة الباقية، فتراوحت كمية التعرية السنوية المحتملة فيها بين 0.11-276.8، 0.02-57.7 و 67.3-0.02 وبمعدل بلغ 29.6، 11.6 و 14.3 لأحواض سيلان، شرمن وبازيرا على التوالي (الخارطة 9).

5. النتائج

توصلت الدراسة إلى جملة من الإستنتاجات يمكن تلخيصها في النقاط الآتية:

- 1- يعد عامل الحت المطري (R) أحد أهم العوامل المكونة الرئيسة لنموذج (RUSLE)، إذ تتأثر به نتائج النموذج بشكل كبير، وبلغ معدله في منطقة الدراسة 104.3 بالوحدة المترية.
- 2- توصلت الدراسة إلى أن قيمة عامل (K) تزداد بزيادة نسبة الجزيئات الغرينية في التربة، كما في العينات (8، 13، 22-28).
- 3- تتأثر نسبة التعرية المئوية بدرجة الإنحدار وطوله، إذ تزداد نسبتها بزيادة درجات الإنحدار وطول الإنحدارات.
- 4- تراوحت قيم عامل (LS) في منطقة الدراسة وفق المعادلات (7~11) بين 0.029-56.17 وبمعدل بلغ 5.81.
- 5- بيّنت الدراسة الحالية تفوق طريقة حساب عامل (C) عن طريق رسم إستخدامات الأرض بالطريقة اليدوية ثم إعطاءها أوزان خاصة بدلاً من إستخراجه من خلال مؤشر (NDVI) وما يشابهه من المؤشرات.
- 6- بيّنت الدراسة وجود علاقة وطيدة بين معدل التعرية ومعدل الإرتفاع، الإنحدار وعامل الحت المطري، إذ كلما زادت معدل الخصائص الثلاث زادت معها معدل التعرية.
- 7- لا توجد في منطقة الدراسة إجراءات الصيانة وممارسات داعمة لاستخدامات الأرض، وإن كانت موجودة فهي غير مقصودة.
- 8- وفق نتائج معادلة (RUSLE) كان معدل التعرية السنوية السنوية في منطقة الدراسة تراوح بين 0.02-278.2 وبمعدل بلغ 20.7 (طن/ هكتار/ السنة).

6. المقترحات

- 1- تفتقر محطات منطقة الدراسة لقياس عناصر المناخ، إذ لا وجود لمحطات تقاس فيها درجات الحرارة سوى محطة آكري، لذا إقترحت الدراسة وضع الأجهزة المتطورة في محطات منطقة الدراسة لقياس درجات الحرارة وعناصر المناخية الأخرى.
- 2- تقدير التعرية المئوية في منطقة الدراسة من خلال إجراء دراسات أخرى.
- 3- الإهتمام بأولويات تمهيدية وممارسات داعمة لإدارة إستخدامات الأرض المتنوعة في منطقة الدراسة وصيانتها.

المصادر

- 1- Agricultural and Agr- Food Canada, 1998. "The Canadian System of Soil Classification.", NRC Research Press, Ottawa, P. 187.
- 2- Al-Shamarti, Hasanain K.A, Manji, Osamah Basil, and Aljubianah, Mohanad Ismael Khalbas, 2019. "Using monthly rainfall data to estimate rainfall erosivity factor of Iraq.", Sci. Rev. Eng. Env. Sci, 28 (3), pp. 444- 454.
- 3- Dymond, J. R. 2010. " Soil erosion in New Zealand is a netsink of CO2.", Earth Surf. Proc. Land., 35, 1763-1772.
- 4- Foster, G. R., Meyer, C. A., and Onstad, C. A., 1977. "A Runoff Erosivity Factor and Variable Slope Length Exponents for Soil Loss Estimates.", Soil and Water Division of ASAE, No. 73: 683- 687.



- 5- Gürtekin, E., and Gökçe, O., 2021. "Estimation of erosion risk of Harebakayış sub-watershed, Elazığ, Turkey, using GIS based RUSLE model.", ELSEVIER, (5): 1-8.
- 6- Haan, C. T., Barfield, B. J., and Hayes, J. C., 1994. "Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments.", Academic Press, California, P. 588.
- 7- Hernando, D., Romana, M.G., 2016. "Estimate of the (R)USLE rainfall erosivity factor from monthly precipitation data in mainland Spain.", Journal of Iberian Geology, 42 (1), pp. 113-124.
- 8- Hernando, David, Romana, Manuel G., 2015. "Estimating the rainfall erosivity factor from monthly precipitation data in the Madrid Region (Spain).", J. Hydrol. Hydromech., 63, 1, pp. 55-62.
- 9- Hurni, H. 1988. "Climate, soil and water. Degradation and conservation of the resources in the Ethiopian Highland.", University of Berne, Switzerland.
- 10- Hussein, M. H., 1998. "Water erosion assessment and control in Northern Iraq.", Soil & Tillage Research 45, PP. 161-173.
- 11- Hussien, K. S., 2016. "Conservation Planning for Bastora Catchment Based on Detection of Erosion Risk Prone Areas.", MSc Thesis, Salahaddin Uni., Erbil.
- 12- Keya, Dawod R., 2020. "Building Models to Estimate Rainfall Erosivity Factor from Rainfall Depth in Iraqi Kurdistan Region.", PhD Thesis, Salahaddin Uni., Erbil.
- 13- Lucas, A. K., 2012. "Soil Erosion Analysis of Watersheds in Series.", MSc Thesis, Ohio University, Ohio.
- 14- Mediavilla, A. B., Tovar, E. S., Gonzalez, I. D., and Canada, J. S., 2017. "GIS model for potential soil erosion with the optimization of RUSLE equation. Case of study: olive oil PDO in Aragón and Andalucía Regions (Spain).", AGILE.
- 15- Moore, Ian D. and Wilson, John P., 1992. "Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation.", J. Soil and Water Cons. Vol 47, No. (5): 423-428
- 16- Morgan, R. C. P., 2005. "Soil Erosion and Conservation.", 3rd, Ed Blackwell Publisher, Oxford, London.
- 17- Naharuddin, N., Malik, A., and Ahyauddin, A., 2021. "Soil Loss Estimation for Conservation Planning in the Dolago Watershed Central Sulawesi, Indonesia.", Journal of Ecological Engineering, 22(7), 242-251.
- 18- Norris, Joanne E., Stokes, A., Mickovski, S. B., Cammeraat, E., Beek R., Nicoll B.C., and Achim A., 2008. "Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions.", Springer, Netherlands.
- 19- NZ Transport Agency 2014. "Erosion and sediment Control Guidelines for state Highway Infrastructure.", Wellington, P. 181.
- 20- Panagos, P., Christos, Karydas, Cristianoa, Ballabio, and Ioannis, Gitas, 2014. "Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: An application of the G2 model in Crete focusing on agricultural land uses.", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 27, pp.147-155.
- 21- Renard, K. G., Foster, G. A., Weesies, D. K., McCool, and Yoder, D. C., 1997. "Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).", Agricultural Handbook No. 703, P. 385.
- 22- Renard, Kenneth G., and Freimund, Jeremy R. 1994. "Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE.", Journal of Hydrology, 157, pp. 287-306.
- 23- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. "Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning.", Agriculture Handbook No. 537,
- 24- Yusuf, M. F., Rozi, A., Hazi, M. A., Nor, Z. A., and Ghani, A., 2011. "Modified soil erodibility factor, K for Peninsular Malaysia soil series.", 3rd International Conference on Managing Rivers in 21st Century, Penang, Malaysia, pp. 799- 808.
- 25- Yujra, G. C., 2010. "Assesment of uncertainties of Soil erosion and Sediment yield estimaties at two spatial scales in the Upper Llobregat basin (Se Pyrenees, Spain).", PhD Thesis, University of Barcelona, Barcelona.



پراکتیزه کردنی نمونهی رهسل بۆ خهملاندنی دامالینی ئاوی له ئاوژێلهکانی باشوری پوژتاوای چیا ئاکری

هوزان صادق مولود

حکمت عبدالعزیز حمد حوسهینی

بهشی جوگرافیا- کۆلیژی ئاداب/ زانکۆی سهلاحهددین- ههولێر

hikmat.hamad@su.edu.krd

hozan.mawlood@su.edu.krd

پوخته

کرداری خهملاندنی دامالینی ئاوی و دیاریکردنی ئاستهکانی یهکیکه له ههنگاوه پتویستهکان له بهرپوهبردنی ئاوژێله پووبارییهکان، لهو پوهی دهکریت له پریگهیهوه نهو ناوچانه دیار بکریت دووچاری دامالینی ئاوی بوونهتهوه و پاشان پریگهچارهش بۆ کهمکردنهوهی شوپنهوارهکانی دابنریت. دامالینی ئاوی زیاد دهکات به بارینی بارانی بهخوڕ دواي ماوهیهکی درێژ له کهژه ووشکهکان و، له ناوچه لێزهکان، نهجامدانی کشتوکالی چر و نهبوونی ریکاری گونجاو بۆ پاراستنی خاک. ئهم توێژینهوهیه ئامانجیهتی خهملاندن بۆ تیکرای دامالینی سالانهی نهگهری و دیاریکردنی ئاستهکانی به بهکارهینانی نموونهی (RUSLE) له ئاوژێلهکانی باشوری پوژتاوای چیا ئاکری بکات، به مه بهستی دیاریکردنی لهپیشینه بهراییهکانی کرداری بهرپوهبردن و پاراستن. دهرئهنجامی پراکتیزه کردنی نموونهکه دهريدهخات تیکرای دامالینی سالانهی نهگهری له ناوچهی لیکۆلینهوه له تیان 0.02 بۆ 278 و به تیکرای 20.7 (تهن/ هکتار/ سال) دایه. به شتیوهیهکی گشتی نزیکهی 52.8٪ ی پوههری گشتی ناوچهی لیکۆلینهوه پلهی دامالین تیندا له ئاستی سووک- مامناوه ندايه، وه 38.4٪ پوههری ناوچهی لیکۆلینهوه کاریگهر بووه به دامالینی مامناوه نند- توند، لهو کاتهی پوههری دهستهی دامالینی توند- زۆر توند تهنها 8.9٪ دهپیت، وه ئهم دهستهیه له ناوچهی چیايي ههلهت و سهخت دهکهوتوووه و به جۆریک ناوهندی پلهی لێژی پوهی زهوی تیندا له 18 پله بهرزتره وهک له چیا ئاکری و دینارته دهبنریت.

کلله وشه: دامالینی ئاوی، دامالینی نهگهری، نمونهی (RUSLE)، سستهمی زانیاریه جوگرافیهکان و داتای ژمارهیی.

Application of the RUSLE model to estimate water erosion in the southwestern basins of Akre Mountain

Hozan Sadiq Mawlood

Hikmat Abdulazez Hamad Al-Hussainy

Geography Department, College of Arts, Salahaddin Universty-Erbil

hozan.mawlood@su.edu.krd

hikmat.hamad@su.edu.krd

Abstract

The process of water erosion assessment and determining its levels is one of the necessary steps in watersheds managment. Through the process, it is possible to determine the areas exposed to water erosion and its severity, and then put in place protective measures to reduce its focus and mitigate its effects. Soil erosion is exacerbated by heavy rainfall after a long period of dry seasons, steep slopes, intensive cultivation, and a lack of appropriate soil conservation measures. This study aimed to apply the RUSLE model to estimate the potential annual rate of erosion in the southwestern basins of Akre mountain and determine its levels in order to determine the initial priorities for management and conservation practices the results of applying the model showed that the potential annual erosion rate in the study area ranged between 0.02 - 278 (tons/ hectares/ year) and a rate of 20.7 (tons / hectares / year). In general, about 52.8% of total study area has a level of slight-moderate erosion, and that about 38.4% of the study area was affected by moderate-severe erosion, while the area of the severe-very severe erosion category amounted to more than 8.9%, which is represented the lands of It is mountainous and their slopes, with an average slope of more than 18 degrees, as in the mountains of Akre and Denarta.

Keywords: Soil erosion, potential erosion, RUSLE model, GIS and digital data.