

التقييم الكمي للتعرية المائية في حوض سي دارة من خلال نموذج EPM

م.د. ضياء بهيج رؤوف
جامعة بابل/كلية التربية للعلوم الإنسانية
dheyaabaheej@gmail.com

م.د. انتظار مهدي عمران
جامعة بابل/كلية التربية للعلوم الإنسانية
entidharm@gmail.com

المستخلص:

يهدف البحث للتعرف على خصائص التعرية المائية لحوض سي دارة في محافظة السليمانية، إذ تتركز مشكلة البحث حول كمية التربة المفقودة بسبب التعرية المائية، وإمكانية بناء نمذجة رياضية لحساب كمية التربة المفقودة بفعل التعرية المائية للحوض البالغ مساحته (65 كم²)، الواقع جنوب محافظة السليمانية، بالاعتماد على انموذج (جافريلوفيك)، بدلالة نوع التركيب الصخري، معدل ودرجة الانحدار، كثافة الغطاء النباتي، الامطار والحرارة التي اعتمدت معطيات القمر الصناعي (Land sat oil L8) لسنة (2020)، وتم تحديد أربع مستويات من تعرية التربة المفقودة داخل الحوض تراوحت ما بين (85-15049.3 م³/كم²/سنة)، وشكلت التعرية الشديدة أعلى مستويات التعرية بنسبة (63.2%) من مساحة الحوض الكلية البالغة (65 كم²).

الكلمات المفتاحية: التعرية المائية، نموذج جافريلوفيك، الاستشعار عن بعد.

Abstract:

The research aims to identify the characteristics of water erosion of Si Dara basin in Sulaymaniyah governorate, as the research problem is focused on the amount of soil lost due to water erosion, and the possibility of building a mathematical model to calculate the amount of soil lost due to water erosion for the basin whose area is (65 km²), located in the south of Sulaymaniyah Governorate, depending on Based on the (Gavrilocic) model, in terms of the type of rock structure, rate and degree of slope, vegetation cover density, rain and temperature, which depended on the data of the satellite (Land sat oil L8) for the year (2020), and four levels of soil erosion were determined lost inside the basin, ranging between (85-15049.3 m³ / km² / year), and severe erosion constituted the highest levels of erosion by (63.2%) of the total area of the basin (65 km²)

Keywords: water erosion, Gavrilocic model, remote sensing.

المقدمة:

تعد التعرية المائية من أهم العمليات الجيومورفية التي تغير شكل سطح الأرض في المناطق المضروسة، وتختلف شدتها بتفاوت العوامل المسببة لها ومناطق حدوثها، منها نوع التربة وعمقها ونسجتها، درجة الانحدار، نوع الغطاء الارضي، صفات التساقط.

تم وضع نماذج عدة لدراسة التعرية المائية كمياً منها (نموذج المعادلة الامريكية لفقدان التربة USLE، مؤشر دوكلاس Douglas، ونموذج SWAT، نموذج WEPP، نموذج Gavrilocic).

مشكلة الدراسة:

ما كمية التربة المفقودة بسبب التعرية المائية في الحوض؟ وما هي أعلى فئة تعرية محتملة للحوض.

فرضية الدراسة:

توفر بعض النماذج الرياضية إمكانية بناء نمذجة رياضية مكانية لحساب كمية التربة المفقودة بفعل التعرية المائية وبناء قواعد بيانات مكانية لها، إذ تراوحت كمية التربة المفقودة داخل الحوض ما بين (85-15049.3 كم³/سنة). وبلغت فئة التعرية الشديدة الأعلى في الحوض بمساحة (2كم³).

هدف البحث: يهدف البحث لحساب المفقود من التربة بسبب التعرية المائية، وتحديد المناطق الأكثر عرضة للتعرية المائية.

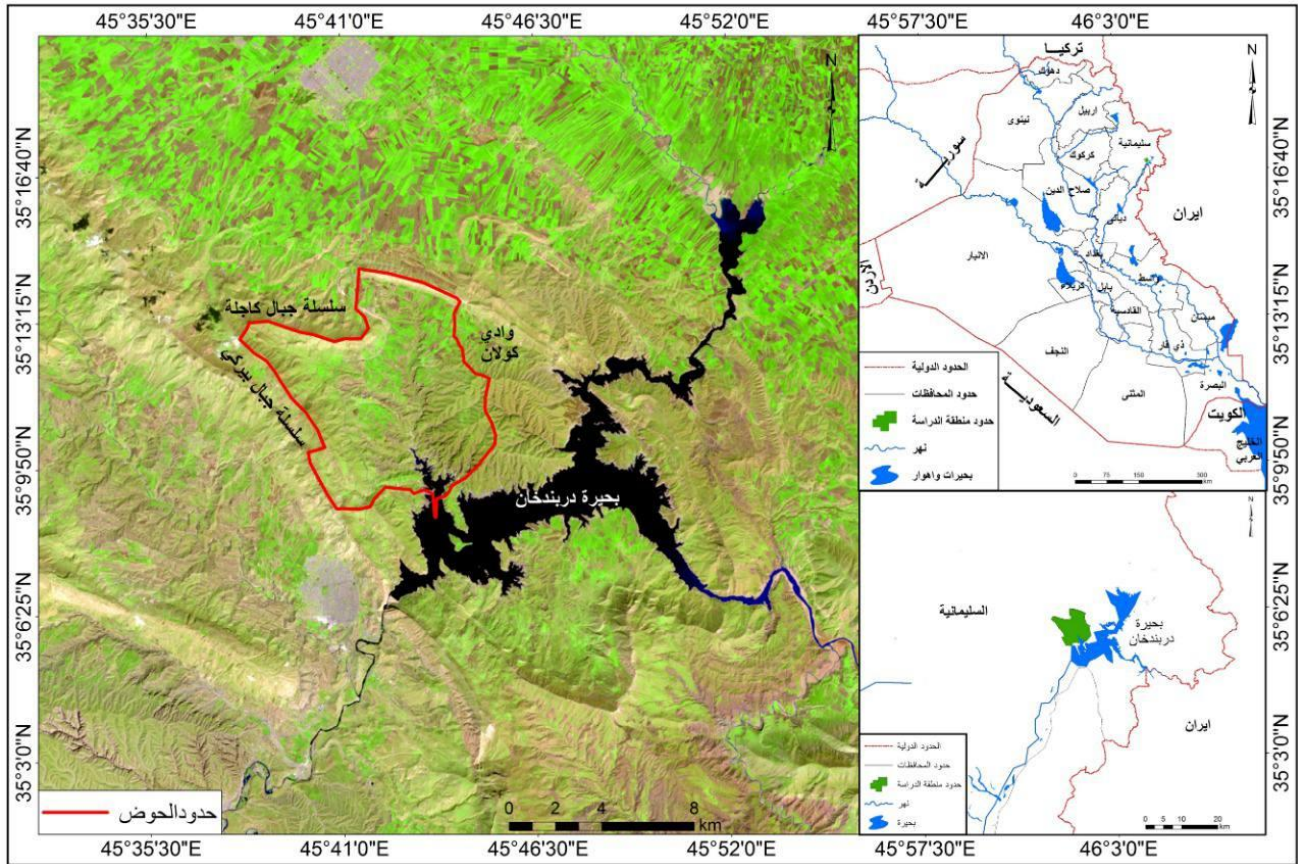
حدود منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة من الناحية الإدارية ضمن محافظة السليمانية، يحده من الشمال سلسلة جبال كاجلة ومن الشرق وادي كولان ومن الغرب سلسلة جبال بيركي ومن الجنوب بحيرة دربندخان. وتنحصر فلكياً بين دائرتي عرض (35° 13' 45" - 35° 9' 0") شمالاً وقوسي طول (10° 45' 45" - 30° 45' 37") شرقاً، وبمساحة (65 كم²). الخريطة (1).

محاور الدراسة: اعتمدت الدراسة على ثلاث محاور رئيسية وهي:

- 1- المحور الأول: دراسة الخصائص الطبيعية للمنطقة الدراسة.
- 2- المحور الثاني: منهجية نموذج Gavrilovc لقياس التعرية المائية.
- 3- المحور الثالث: تحليل المؤشرات المستخدمة في نموذج EPM.

الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر:

- 1- الهيئة العامة للمساحة، خرائط طبوغرافية لمحافظة السليمانية، مقياس 1:250000، بغداد، لسنة 1986.
- 2- بالاعتماد على (Land sat 8)، لسنة (2020) وبرنامج Arc gis10.4.

الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:

يقع حوض سي دارة من الناحية الجيولوجية ضمن الرصيف الغير مستقر ووحدات التعرر الإقليمي لا بركاني، وضمن نطاق الطيات العالية (حزام السليمانية-زاخو)¹.

تتكون منطقة الدراسة من الناحية الطباقية من حقبة الحياة الوسطى وفي دهر النيوجين في حقبة الحياة الحديثة (الثلاثي) وعصر (البلايوسين والميوسين). ومن تكوينات (انجانة والفتحة، وباي حسن (البختياري الأعلى) والمقدادية (البختياري الأسفل)).

كما تقع منطقة الدراسة ضمن إقليم الجبال في العراق، ضمن سلسلة الجبال البسيطة الالتواء والسهول الجبلية، وعلى ارتفاع (1285-450م) فوق مستوى سطح البحر. إذ تحيط به جبل باقر أغا (سلسلة جبال كاجلة) من الشمال، وجبل شفه رش من الشمال الغربي، وسلسلة جبال بيركي من الغرب، أما من الشرق فيحده وادي كولان والجنوب بحيرة دربخان². تمت دراسة المناخ الحالي بالاعتماد على المحطة الفضائية* المتواجدة بالقرب من منطقة الدراسة. وللتعرف على تأثير المناخ في منطقة الدراسة لا بد من دراسة عناصره المختلفة وهي: جدول (1).

- بلغ المعدل السنوي للإشعاع الشمسي (21.03)، إذ يرتفع خلال أشهر الصيف وتحديداً خلال شهري (حزيران وآب 31.07-31.75) على التوالي.
- بلغ معدل درجات الحرارة (العظمى والصغرى) السنوي (17.3م)، إذ سجل شهري تموز وآب أعلى معدل درجة حرارة بلغت (29.5-30 م)، وأقل معدل درجة حرارة سجلت لشهر كانون الثاني بلغت (4.5م).
- بلغ مجموع التساقط السنوي (4088ملم)، إذ سجل شهري كانون الثاني وشباط (947-943ملم) على التوالي، في حين لم يسجل شهري تموز وآب أي تساقط مطري.
- أما سرعة الرياح فبلغ المعدل السنوي (2.54كم/سا)، وبلغت المعدلات الشهرية للرياح نسب متقاربة تراوحت بين (2.19-2.82كم/سا).
- وسجلت الرطوبة النسبية معدل سنوي (0.39%)، في حين ازدادت خلال أشهر الشتاء وانخفضت صيفاً، إذ سجل شهري كانون الثاني وشباط إلى معدل رطوبة نسبية بلغ (0.67-0.66%) على التوالي، وسجل شهري تموز وآب أقل معدل رطوبة بلغ (0.16%).

¹ وزارة الصناعة والمعادن، المنشأ العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، خارطة العراق البنوية، 1996، قياس 1:1000000.

² الهيئة العامة للمساحة، خرائط طبوغرافية لمحافظة السليمانية، مقياس 1:250000، بغداد، لسنة 1986.

المحطة	خط طول	دائرة عرض	الارتفاع
المحطة الفضائية	45.9375	35.1257	871

جدول (1) المعدلات الشهرية والسنوية لعناصر المناخ للمحطة الفضائية للمدة (1987-2016)

الأشهر	الإشعاع الشمسي	الحرارة العظمى م	الحرارة الصغرى م	معدل درجات الحرارة م	مجموع التساقط مم	الرياح كم/سا	الرطوبة النسبية
كانون الثاني	10.8	9	0	4.5	947	2.25	0.67
شباط	14.08	11	1	6	943	2.32	0.66
آذار	19.84	17	4	10.5	637	2.43	0.52
نيسان	24.39	23	8	15.5	394	2.67	0.45
أيار	28.24	30	14	22	99.4	2.7	0.3
حزيران	31.75	37	17	27	0.09	2.71	0.17
تموز	31.07	40	20	30	0	2.71	0.16
آب	28.33	39	20	29.5	0	2.82	0.16
أيلول	24.06	34	16	25	0.9	2.68	0.2
تشرين الأول	17.43	27	12	19.5	82.1	2.69	0.3
تشرين الثاني	12.3	17	6	11.5	344	2.19	0.5
كانون الأول	10.09	12	2	7	639	2.34	0.56
المعدل السنوي	21.03	24.7	10	17.3	4088	2.54	0.39

المصدر: <https://chrsdata.eng.uci.edu> ، [data.org-https://en.climate](https://en.climate)

التقييم الكمي للتعرية المائية:

منهجية نموذج Gavrilovc لقياس التعرية المائية:

ارتكزت الدراسة على توظيف تقنيتي الاستشعار عن بعد كنظم المعلومات الجغرافية في تقدير تعرية التربة في حوض سي دارة بتطبيق نموذج جافريلوفيك للتعرية. ويتمثل دور تقنية الاستشعار عن بعد في تصنيف غطاءات الأرض وتحسين تصنيف التربة. أما دور نظم المعلومات الجغرافية فتمثل في تصنيف فئات الارتفاع والانحدار واستخلاص شبكة التصريف وتحديد الأحواض المائية، وإعداد طبقات التركيب الصخري والتربة، وإنشاء خطوط التساوي للحرارة والتساقط، وتطبيق معادلة جافريلوفيك في عدة مراحل.

تم تطوير العديد من النماذج لتقدير تعرية التربة وكمية الرواسب، ومن أبرزها نموذج (Gavrilovc Model) للتعرية، والذي أطلق عليه سلوبودان جافريلوفيك (Erosion Potential Method) (EPM)، الذي عمل عليه بالتعاون مع آخرين في معهد تطوير موارد المياه في يوغسلافيا (سابقاً) ما بين عامي (1952-1976م) ولم يتم تطبيقه إلا مؤخراً بعد الثورة المعلوماتية والتكنولوجية، وأصبح النموذج المعتمد في تقدير تعرية التربة وكمية الرسوبات في بلدان شرق أوروبا خلال المدة الماضية. إذ تمت الاستفادة من نظام المعلومات الجغرافية في تنضيد الطبقات وتطبيق المعادلات الخاصة بهذا النموذج. ويعتبر نموذج EPM من النماذج التي طورت بالأحواض الجبلية، والمناطق المتضرسة³.

³GLOBEVINK, L., HOLJEVIC, G., PETKOVESK AND J., RUBINIC; Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. JAHS publication, 2003, N 279.

تم تطبيق نموذج لقياس التقييم الكمي للتعرية المائية لحوض سي دارة لأهميته في حساب كمية الارسابات الناتجة عن التعرية المائية في المناطق الجبلية، واعتماده على مجموعة من المتغيرات المهمة (كنوع التركيب الصخري، معدل ودرجة الانحدار، كثافة الغطاء النباتي، الامطار والحرارة)⁴.
يطبق وفق سلسلة من المعادلات⁵:

$$W = H * T * \pi * \sqrt{Z^3}$$

إذ إن:

W - المعدل السنوي للتعرية (م³/كم²/السنة)

T - معامل الحرارة ويستخرج من المعادلة:

$$T = \sqrt{\frac{C}{10} + 0.1}$$

إذ إن **C** - المعدل السنوي لدرجة الحرارة

H - المعدل السنوي للأمطار (مم)

π - (3.1415) قيمة ثابتة

Z - معامل التعرية المحتملة

ويعد معامل (Z) مؤشراً على التعرية المحتملة في الاحواض المائية، وهو من أهم عناصر نموذج جافريلوفيك، إذ تدخل في حسابه مجموعة من المتغيرات التي تسمح بتتبع التغير في مستويات التعرية مع مرور الزمن والتغير في الأنشطة واستخدامات الأرض، وبحسب معامل Z بالمعادلة الآتية:

$$Z = Y * Xa (\varphi + \sqrt{Ja})$$

إذ إن: **Y** - معامل قابلية التربة للتعرية.

Xa - معامل حملي التربة

φ - معامل تطور التعرية وشبكة التصريف.

Ja - معدل الانحدار.

وتصنف مستويات التعرية تبعاً لقيمة Z إلى خمس فئات: جدول (2).

جدول (2) فئات مستويات التعرية المحتملة لقيمة معامل Z

القيمة المتوسطة لمعامل Z	نطاق قيم معامل Z	مستوى التعرية	فئات التعرية
1.25	> 1	شديد جداً	I
0.85	0.71 - 1	شديد	II
0.55	0.41 - 0.7	متوسط	III
0.30	0.2 - 0.4	خفيف	IV
0.10	0.19 >	خفيف جداً	V

المصدر:

⁴ جمال شعوان، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط-حوض أمزاز أنموذجاً، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس، جامعة سيدي محمد عبد الله، 2015، ص301.
⁵Zoran Gavrilovic, "EROSION Potential Method" An Important Support for Integrated Water Resource Management. Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Jaroslava Cernog 80, 11226 Beograd(Pinosava), Serbia and Montenegro.

Zoran Gavrilovic, Erosion Potential Method" An Important Support for Integrated Water Resource Management, Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Jaroslava Cernog 80, 11226 Beograd (Pinosava), Serbia and Montenegro.

يتطلب نموذج جافريلوفيك لتقدير التعرية المحتملة على عدد كبير من البيانات تتعلق بطبيعة التركيب الجيولوجي، التربة، الانحدار، الغطاء النباتي، التساقط، الحرارة، فضلاً عن معلومات حقلية خلال الزيارة الميدانية لمنطقة الدراسة. كما تم الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد في انجاز مدخلات حساب التعرية المحتملة (Z) داخل برنامج نظم المعلومات الجغرافية على شكل خرائط لمختلف مؤشرات المعادلة.

عند دمج عناصر المعادلة في Arc Map GIS 10.3 سمح بإبراز العلاقات بين العوامل المتحكمة في فقدان التربة بفعل التعرية بوقت وجهد قليل.

ولإعداد مؤشرات النموذج (Z) تم الاعتماد على أربع مصادر أساسية للمعطيات:

- خريطة التربة + خريطة الجيولوجيا (حساب معامل Y)
- بيانات التساقط (حساب المعامل H)
- نموذج الارتفاع الرقمي DEM (حساب المعامل Ja)
- صور الأقمار الصناعية Land sat 8 (حساب معامل $Xa \cdot T$ ، ρ)

المؤشرات المستخدمة في نموذج EPM:

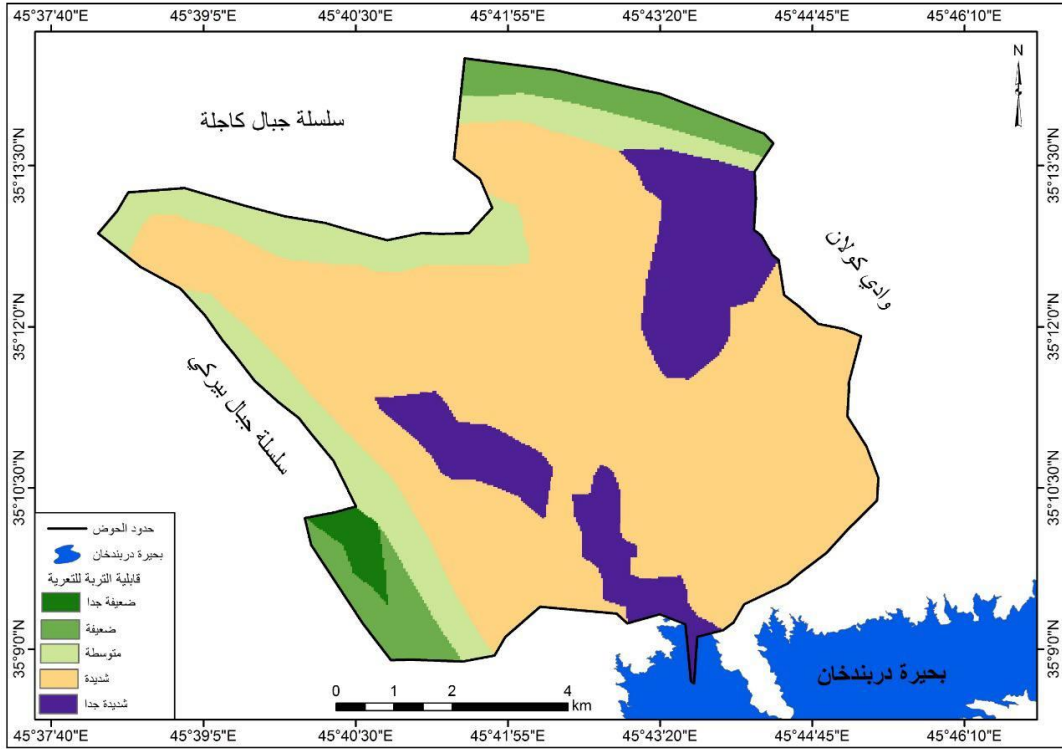
1- مؤشر قابلية التربة للتعرية Y:

تم الاعتماد على الخريطة الجيولوجية⁶ وخريط التربة⁷ لحوض منطقة الدراسة، وصنفت إلى خمس أصناف حسب قابلية الترب والتكوينات الجيولوجية للتعرية. كما في الخريطة (2)، الجدول (3)، التي تظهر ان التعرية الضعيفة جداً والضعيفة هي المساحة الأقل إذ بلغت (0.6-4.2 كم²)، والتعرية الشديدة هي الأكبر مساحة بلغت (41.5 كم²).

الخريطة (2) مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y) لحوض سي دارة

⁶ Varoujan K. Sissakian and Saffa F. Fouad, GEOLOGICAL MAP OF SULAIMANIYAH QUADRANGLE, At scale of 1: 250 000

⁷ Buringh, DR. P., Soil and Soil condition in Iraq, Exploratory Soil Map of Iraq, No. 1, Baghdad, 1960.



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc Map GIS10.4.

الجدول (3) مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y) لحوض سي دارة

النسبة %	المساحة كم ²	النوع
0.9	0.6	ضعيفة جداً
6.4	4.2	ضعيفة
14.2	9.2	متوسطة
63.8	41.5	شديدة
14.7	9.5	شديدة جداً
100	65	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (2).

2-مؤشر حماية التربة Xa:

يقصد به مستويات كثافة الغطاء النباتي التي تساعد في تثبيت التربة، وإبطاء سرعة الجريان السطحي وزيادة نفاذية المياه داخل التربة، والتقليل من انجرافها. يحد الغطاء النباتي من حدة التعرية عن طريق حماية التربة من التأثيرات المباشرة للتساقط المطري، كما يرتبط المؤشر بصنف الأشجار والشجيرات ونوعية الحشائش والاعشاب فضلاً عن كثافتها، كما يختلف

المؤشر حسب نوع الأصناف المزروعة والدورة الزراعية، إذ إن هنالك مراحل تكون التربة أكثر عرضة للتعرية وأخرى محمية بفعل التغطية النباتية الكثيفة⁸.

لتقييم دور مؤشر حماية التربة في علاقته مع فقدان التربة تم الاستناد إلى المعايير التي حددها جافريوفيك في الجدول

الآتي:

الجدول (4) معايير مؤشر حماية التربة لجافريوفيك

قيمة Xa	مؤشر حماية التربة
0.05 – 0.2	غابات مختلطة كثيفة
0.2 – 0.4	غابات صنوبرية وباقات نباتية مبعثرة على جانب القنوات المائية
0.4 – 0.6	مراعي وغابات كثيفة
0.6 – 0.8	مراعي متدهورة
0.8 – 1.0	أراضي جرداء

المصدر: جمال شعوان، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط-حوض أمزاز أنموذجاً، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس، جامعة سيدي محمد عبد الله، 2015، ص308.

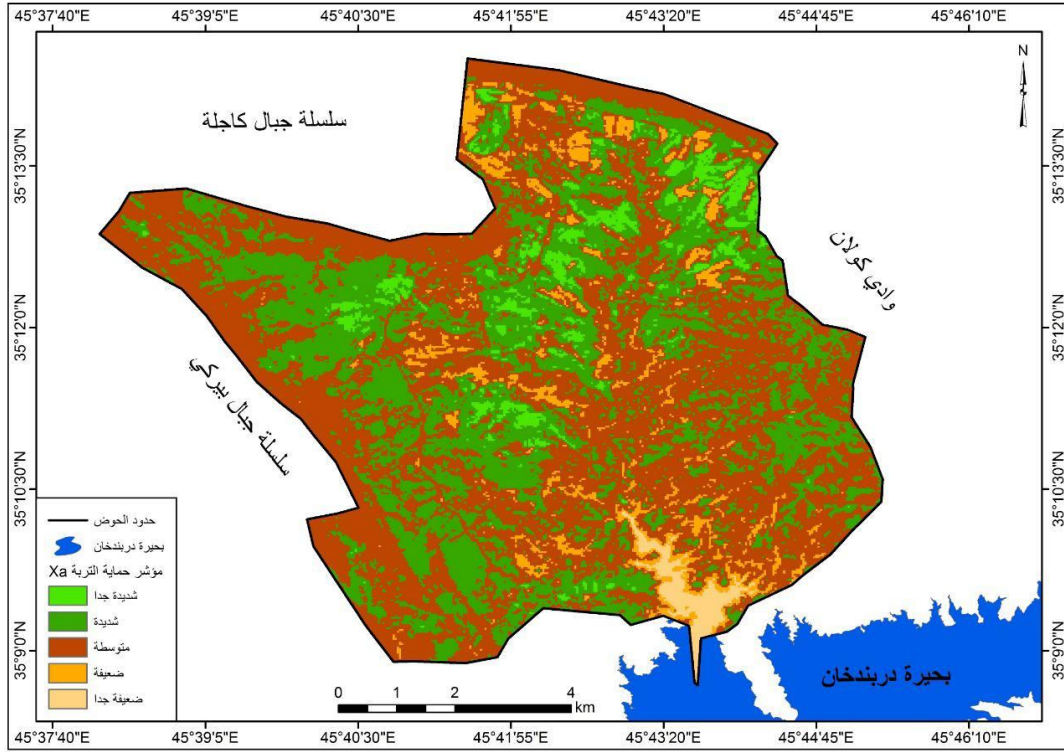
تم استخلاص قيم معامل الغطاء النباتي NDVI بعد أن تم تصنيف الحوض إلى خمس أصناف بحسب المعايير التي حددها جافريوفيك، وتم حساب Xa وفق المعادلة الآتية:

$$Xa = (Xa NDVI - 0.61) * (-1.25)$$

يرتفع مؤشر حماية التربة Xa في المناطق ذات الكثافة النباتية العالية والتي قيمها بين (0.2-0.05)، وبين (1-0.8)

للمناطق الجرداء، مما يوضح أهمية الغطاء النباتي واستعمالات الأرض في التقليل أو زيادة حدة التعرية والانجراف. إذ نلاحظ زيادة مساحات التعرية المتوسطة والشديدة في حوض سي دارة خريطة (3)، جدول (5).

الخريطة (3) مؤشر حماية التربة Xa لحوض سي دارة



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc Map GIS10.4.

الجدول (5) مؤشر حماية التربة Xa لحوض سي دارة

النسبة %	المساحة كم ²	الفئة
3.9	2.4	شديدة جداً
33.9	22.2	شديدة
55.2	36	متوسطة
5.3	3.5	ضعيفة
1.7	0.9	ضعيفة جداً
100	65	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (3).

3-مؤشر التعرية الحالية ϕ :

حدد Milevski معادلة خاصة لحساب مؤشر التعرية الحالية بالاعتماد على مرئية فضائية Land Sat 8⁹.

⁹ اسماعيل جمعة كريم المشهداني، التقييم النوعي والكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة في السليمانية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، الجامعة العراقية، 2020، ص111.

$$Q = \sqrt{\frac{TM3}{Qmax}}$$

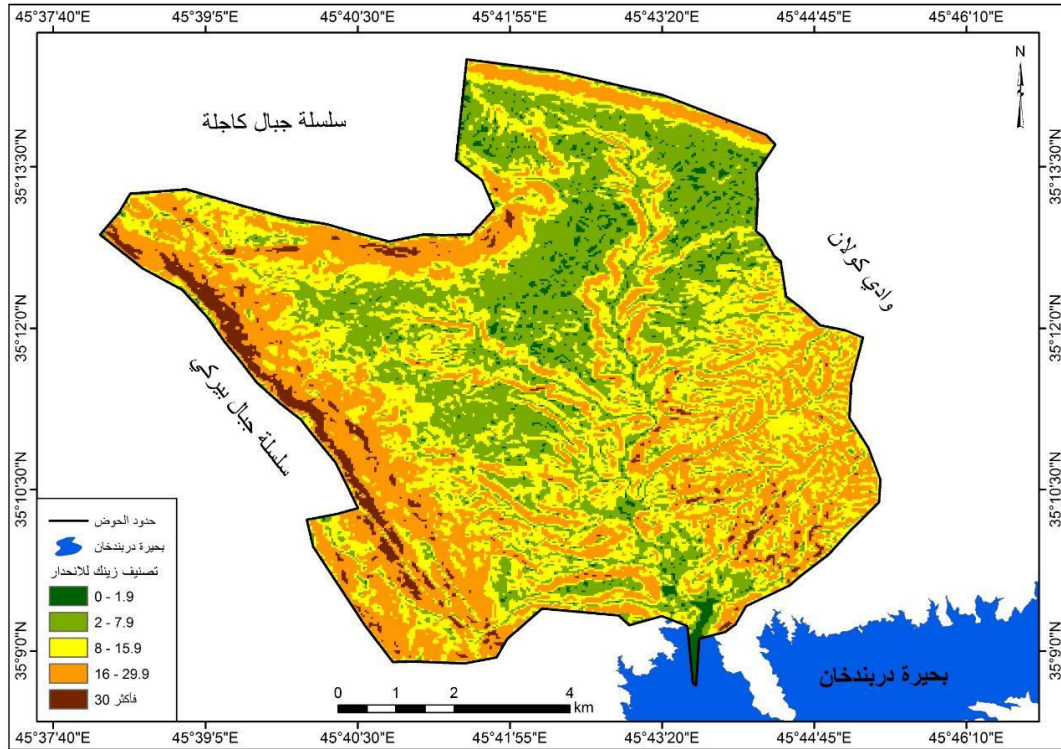
يحسب المؤشر بقسمة الجذر التربيعي للنطاق الثالث للمريئة الفضائية (TM3) على أقصى قيمة للأشعاع (Qmax).
 وتترجم نتائج التوزيع المجالي لنطاقات التعرية وفقاً لنسبة الأشعاع، إذ تزداد بشكل طردي مع ارتفاع حدة التعرية.

4- مؤشر الانحدار Ja:

تؤثر العوامل الجيولوجية والجيومورفية على درجات الانحدار، مما يؤدي إلى تزايد حدة نقل التربة إلى أسفل المنحدر. تم تقسيم منطقة الدراسة بالاعتماد على تصنيف (1989 Zink)، وهو تصنيف هرمي متسلسل يقع في خمسة مستويات لتحديد نوع التضاريس والأشكال الأرضية¹⁰. لذ تم تقسيم الانحدار في منطقة الدراسة وبالاعتماد على النموذج الارتفاع الرقمي DEM، الخريطة (4)، الجدول (6).

بلغت درجة الانحدار للفئة الأولى من (0-1.9°)، وهي مناطق سهلية امتدت بمساحات قليلة في شمال شرق منطقة الدراسة شغلت (1.5 كم²) وبنسبة (2.3%) من مساحة الحوض الكلية، أما فئة الانحدار (2-7.9°) فتحدت بمناطق سفوح اقدم الجبال والتي تحيط بالمناطق السهلية القليلة التضرس بشمال شرق ووسط منطقة الدراسة، إذ بلغت (18.8 كم²) وبنسبة (28.4%) من مساحة الحوض الكلية، بينما تمثلت الفئة الثالثة من الانحدار (8-15.9°) بمناطق التلال المنخفضة وتنتشر في مناطق متفرقة من أجزاء الحوض وبمساحة (21.6 كم²) وبنسبة (33.2%) من مساحة الحوض الكلية، بينما بلغت الفئة الرابعة (16-29.9°)، فتمثلت بمنطقة التلال المرتفعة المنشرة في الأجزاء الشمالية والغربية من منطقة الدراسة وبمساحة (21 كم²) وبنسبة (32.4%) من مساحة الحوض الكلية، أما منطقة الجبال المتمثلة بالانحدار الأكثر من (30°) فتمثلت على طول الجهة الغربية من الحوض وبمساحة (2.1 كم²) وبنسبة (3.2%) من مساحة الحوض الكلية.

الخريطة (4) مؤشر الانحدار لحوض سي دارة



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وباستخدام برنامج Arc GIS 10.4.

الجدول (6) مؤشر الانحدار لحوض سي دارة

ت	الفئة	المساحة كم ²	النسبة%
1	1.9-0	1.5	2.3
2	7.9-2	18.8	28.9
3	15.9-8	21.6	33.2
4	29.9-16	21	32.4
5	< 30	2.1	3.2
	المجموع	65	100

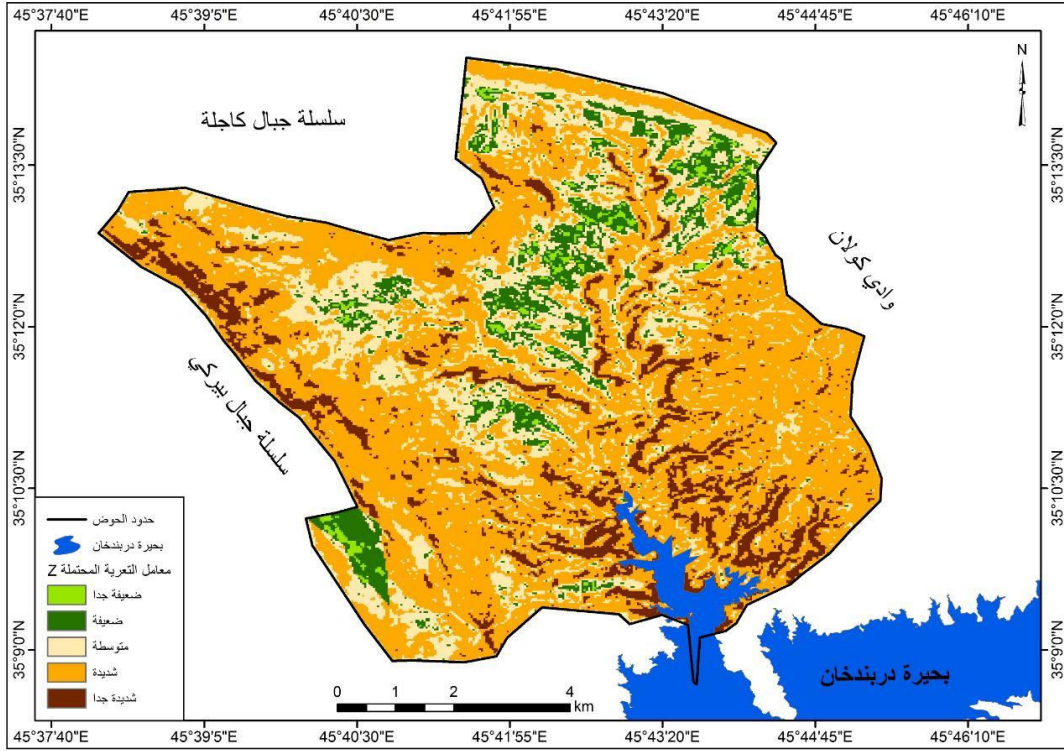
المصدر: بالاعتماد على خريطة (4).

التعرية المحتملة من خلال معامل (Z):

بعد دمج عوامل التعرية (قابلية التربة للتعرية، مستويات كثافة الغطاء النباتي والانحدار)، تم تطبيق معادلة نطاقات التعرية المحتملة (Z)، واشتقاق خريطة التعرية المحتملة في حوض سي دارة، الخريطة (5)، الجدول (7)، والتي توضح المساحات التي تشغلها أنواع التعرية المحتملة متباينة من حيث المساحة والنوع:

- شكلت فئة التعرية المحتملة الضعيفة جداً والضعيفة أقل المساحات في حوض سي دارة (1-5 كم²) وبنسبة (1.5-7.7%) من مساحة الحوض الكلية. متمثلة بأجزاء متفرقة من الشمال الشرقي ووسط منطقة الدراسة.
- كما بلغت مساحة التعرية المتوسطة (13.9 كم²) وبنسبة (21.3%)، وهي أعلى من الفئتين السابقتين، وتمثلت في الأجزاء الغربية ومناطق متفرقة من وسط منطقة الدراسة.
- بلغت مساحة التعرية الشديدة جداً (7.1 كم²) وبنسبة (11%)، تمثلت في أجزاء متفرقة من الشمال والغرب ووسط منطقة الدراسة.
- بلغت فئة التعرية الشديدة المحتملة (38 كم²) وبنسبة (58.5%) من مساحة الحوض الكلية، وهي أكثر من نصف مساحة الحوض، وتمثلت في الأجزاء الشرقية والغربية واقصى الشمال، وهي توافق نطاق الانحدار والمتموج-المقطعة والمتجزأة، والتي يقل فيها الغطاء النباتي.

الخريطة (5) التعرية المحتملة (Z) لحوض سي دارة



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc Map GIS10.4.

الجدول (7) التعرية المحتملة (Z) لحوض سي دارة

النسبة %	المساحة كم ²	الفئة
1.5	1.0	ضعيفة جداً
7.7	5.0	ضعيفة
21.3	13.9	متوسطة
58.5	38.0	شديدة
11.0	7.1	شديدة جداً
100	65	المجموع

المصدر: بالاعتماد على الخريطة (5).

تطبيق نموذج EPM للتقييم الكمي للتعرية المائية:

يطبق هذا النموذج وفق سلسلة من المعادلات والمؤشرات وهي:

$$W = H * T * \pi * \sqrt{Z^3}$$

1- مؤشر التساقط:

تسقط زخات المطر مباشرةً على جسيمات التربة، وتعمل على تفتت حبيباتها المتماسكة والفتات الصخرية وتحويلها إلى حبيبات متناثرة. يعتمد معدل تناثر قطرات المطر على عدة عوامل متداخلة مع بعضها البعض، منها قدرة الأمطار كعامل حت وحجم قطرة المطر وقوة سقوطها على الأرض ومدى استجابة التربة لقوة ضربات المطر من ناحية التفكك والتناثر والنقل، وأيضاً الغطاء النباتي الذي يكون عامل مساعد للتربة في صمودها أمام ضربات قطرات المطر.

ويؤثر الانحدار على تعرية قطرات المطر، فتناثر قطرات المطر ليس مؤثراً على المناطق المستوية بقدر تأثيره على المنحدرات، فقد لوحظ إن تعرية قطرات المطر تسود عند خط تقسيم المياه، وبالابتعاد عنه يمكن أن تبدأ التعرية الصفائحية أو المسيلية أو الأخدودية¹¹.

نظراً لعدم وجود محطات مناخية قريبة من منطقة الدراسة تم الاعتماد على الموقع المناخي (<https://chrdata.eng.uci.edu>)، للحصول على كمية التساقط من (14 نقطة) أربع منها داخل حوض سي دارة. الخريطة (6).

2-مؤشر الحرارة:

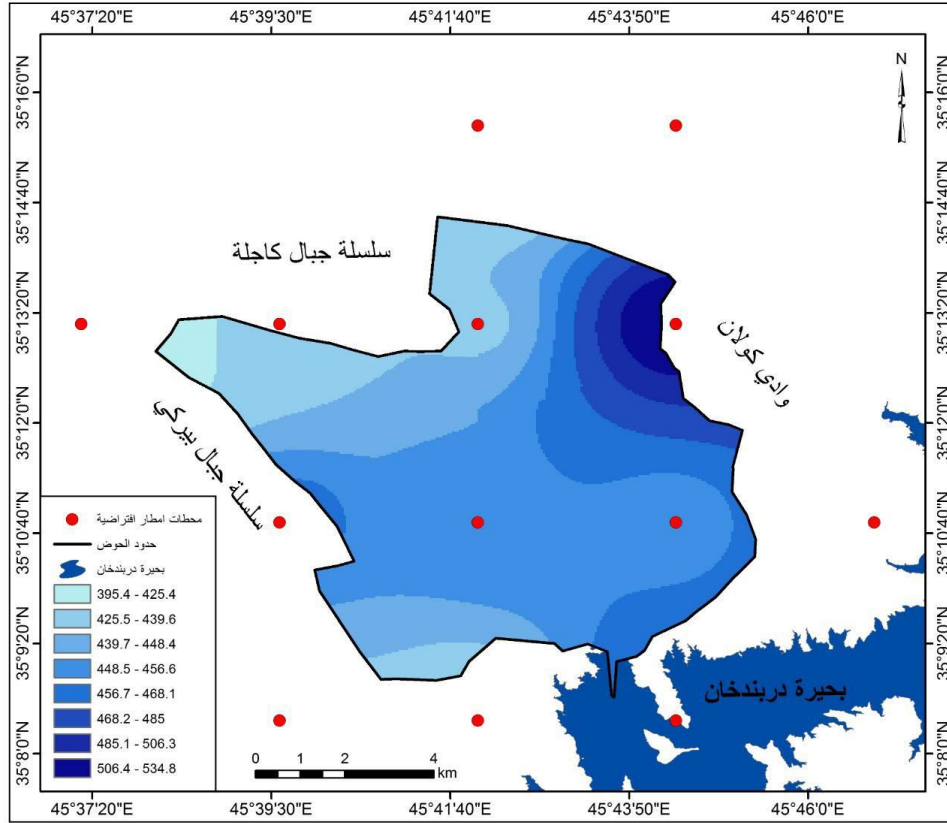
تعد الحرارة من أهم العناصر المناخية، إذ ترتبط التغيرات كافة التي تحدث في عناصر المناخ بقيم الحرارة، فهي تتحكم في اختلاف وتباين الضغط الجوي الذي يؤثر بدوره في حركة الرياح واتجاهها، والذي يؤثر في التساقط بأنواعه، فضلاً عن دورها في تنشيط العمليات الجيومورفولوجية المختلفة من عمليات التجوية وبالأخص التجوية الميكانيكية، فتباين درجات الحرارة بين الصيف والشتاء والليل والنهار يؤدي إلى تمدد الصخور وتقلصها ومن ثم إلى تكسرها تبعاً لاختلاف معامل التمدد للمعادن التي تحتويها، بالرغم من إن هذا التمدد والانكماش يحدث بصورة بطيئة، إلا إن استمراره يؤدي إلى تفكك الأجزاء العليا من الكتلة الصخرية وتشققها.

تم تحديد معامل الحرارة بالاعتماد على معادلة خاصة، تأخذ متوسط الحرارة السنوي كمتغير أساسي لحساب هذا المعامل: خريطة (7).

$$T = \sqrt{\frac{C}{10} + 0.1}$$

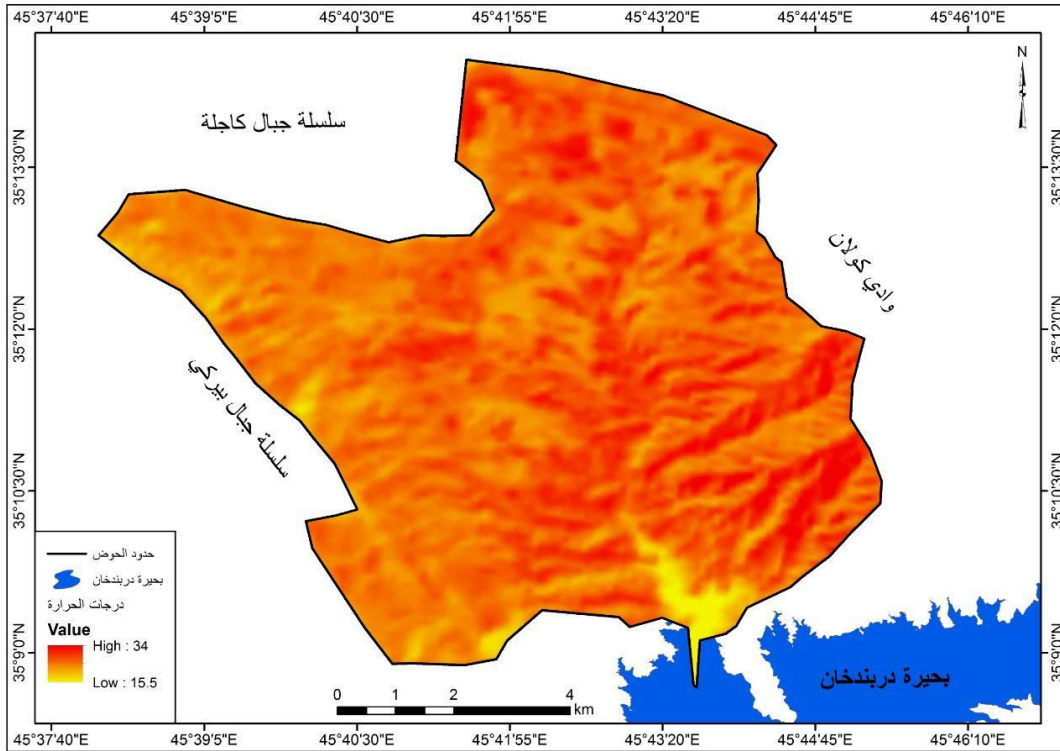
الخريطة (6) متوسط التساقط المطري من المحطات المناخية لحوض سي دارة

11 رحيم حميد العبدان، محمد جعفر السامرائي، التعرية المطرية لسفوح منحدرات تلال حميرين باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة كلية الآداب، جامعة بغداد، العدد (81)، 2008، ص327.



المصدر: <https://chrsdata.eng.uci.edu>

الخريطة (7) متوسط درجات الحرارة من المحطات المناخية لحوض سي دارة



المصدر: بالاعتماد على المرئية الفضائية 8 Land sad.
 حساب حجم التعرية المانية المقدرة بنموذج EPM:

وضح (Zachar D. 1982) ستة أصناف من التعرية المائية بحسب كمية التربة المفقودة، الجدول (8)، وحدد مجموعة من الباحثين (Milevski) ان التعرية تكون ضعيفة إذا كانت أقل من 500 م³/كم²/سنة. وتكون عالية إذا تجاوزت 800 م³/كم²/سنة¹².

الجدول (8) مستويات التعرية حسب الترب المفقودة

الفئة	حجم الترب المفقودة م ³ /كم ² /سنة	حدة التعرية
1	>50	تعرية غير ظاهرة
2	500-50	تعرية ضعيفة
3	1500-500	تعرية متوسطة
4	5000-1500	تعرية شديدة
5	20000-5000	تعرية قوية جداً
6	<20000	تعرية كارثية

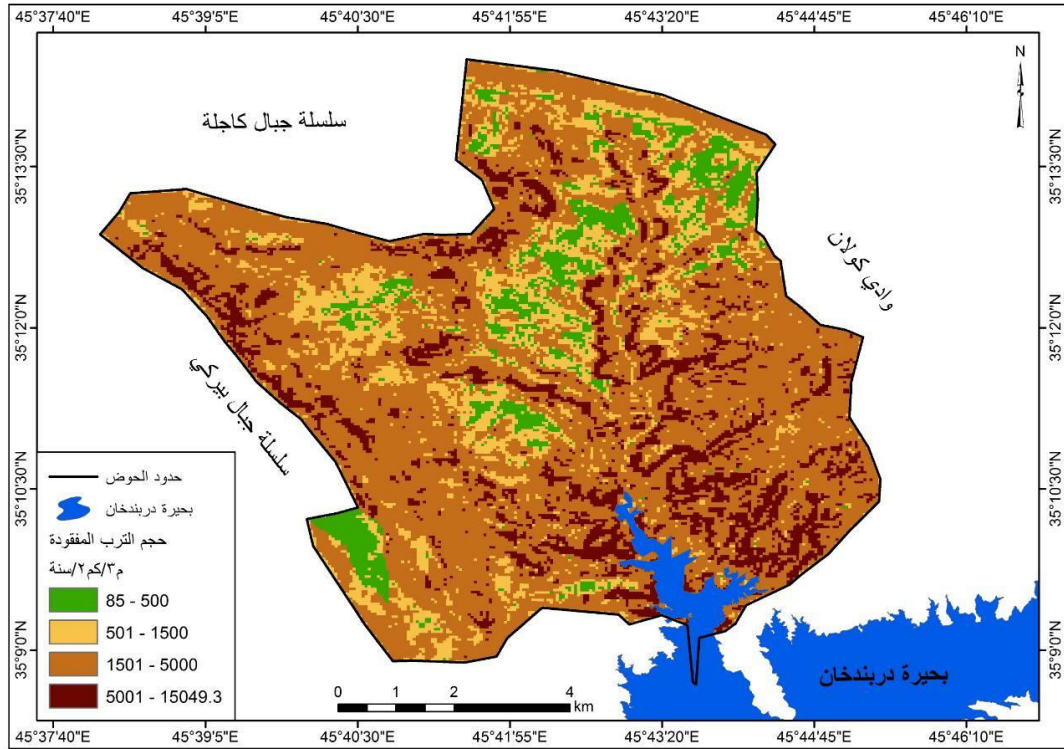
Zachar D. Soil Erosion Amsterdam: Elsevier science publishing company, 1982, p547.

تمكنت الدراسة من اعداد قاعدة بيانات مهمة لطبيعة حوض سي دارة، وتطبيق نموذج (EPM) ضمن سلسلة من المعادلات ($W = H * T * \pi * \sqrt{Z^3}$)، إذ تم تحديد أربع فئات لكمية التربة المعرضة للتعرية في منطقة الدراسة، الخريطة (8)، الجدول (9).

- إذ تراوحت كمية التربة المفقودة داخل الحوض ما بين (85-15049.3 م³/كم²/سنة)، بلغت التعرية الضعيفة أقل فئات التعرية في الحوض إذ بلغت كمية الترب المفقودة فيها بين (85-500 م³/كم²/سنة)، بمساحة بلغت (4.5 كم²) وبنسبة (6.9%) من مساحة الحوض الكلية، وتمثلت في أجزاء متفرقة من شمال ووسط منطقة الدراسة.
- بينما بلغت التعرية القوية جداً كمية تربة مفقودة بين (5001-15049.3 م³/كم²/سنة)، وبمساحة (9.1 كم²) وبنسبة (14%) من مساحة الحوض الكلية، تمثلت في أجزاء متفرقة من وسط وجنوب منطقة الدراسة.
- بينما بلغت التعرية المتوسطة من التربة المفقودة ما بين (501-1500 م³/كم²/سنة)، وبمساحة (10.3 كم²) وبنسبة (15.9%) من مساحة الحوض الكلية، وتمثلت بالأجزاء الغربية من الحوض وأجزاء متفرقة الشمال والوسط.
- أما التعرية السائدة في منطقة الدراسة فهي التعرية الشديدة إذ بلغت بين (1501-5000 م³/كم²/سنة)، بأكبر مساحة في الحوض بلغت (41.1 كم²) وبنسبة (63.2%) من مساحة الحوض الكلية، وتغطي أغلب أراضي الحوض.

الخريطة (8) مستويات التعرية حسب الترب المفقودة لحوض سي دارة

12 اسماعيل جمعة كريم المشهداني، التقييم النوعي والكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة في السليمانية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، الجامعة العراقية، 2020، ص116.



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc Map GIS10.4.

الجدول (9) مستويات التعرية حسب التربة المفقودة لحوض سي دارة

النسبة %	المساحة كم ²	شدة التعرية	حجم التربة المفقودة م ³ /كم ² /سنة	الفئة
6.9	4.5	تعرية ضعيفة	500-58	2
15.9	10.3	تعرية متوسطة	1500-501	3
63.2	41.1	تعرية شديدة	5000-1501	4
14	9.1	تعرية قوية جداً	15049.3-5001	5
100	65	المجموع		

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة (8).
 الاستنتاجات:

- أثرت العوامل الطبيعية كالبنية جيولوجية على نوعية الصخور والتضاريس في منطقة الدراسة وبالتالي على التربة المفقودة بالتعرية المائية.
- تمكنت الدراسة من اعداد قاعدة بيانات مهمة لطبيعة حوض سي دارة، وتطبيق نموذج (EPM) ضمن سلسلة من المعادلات، إذ تم تحديد أربع فئات لكمية التربة المعرضة للتعرية في حوض سي دارة.
- بلغت فئة التعرية الشديدة المحتملة (38 كم²) ونسبة (58.5%) من مساحة الحوض الكلية، أعلى فئة تعرية، وتمثلت في الأجزاء الشرقية والغربية واقصى الشمال.
- بلغت التعرية الشديدة أعلى مستوى للتربة المفقودة (1501-5000 م³/كم²/سنة)، وبمساحة (41.1 كم²) ونسبة (63.2%) من مساحة الحوض الكلية.

الهوامش:

- 1-وزارة الصناعة والمعادن، المنشأ العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، خارطة العراق البنيوية، 1996، قياس 1:1000000.

- 2-الهيئة العامة للمساحة، خرائط طبوغرافية لمحافظة السليمانية، مقياس 1:250000، بغداد، لسنة 1986.
- 3-GLOBEVINK, L., HOLJEVIC, G., PETKOVESK AND J., RUBINIC; Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. JAHS publication, 2003, N 279.
- 4-جمال شعوان، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط-حوض أمزاز أنموذجاً، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس، جامعة سيدي محمد عبد الله، 2015، ص301.
- 5-Zoran Gavrilovic, "EROSion Potential Method" An Important Support for Integrated Water Resource Management.Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Jaroslava Cernog 80, 11226 Beograd(Pinosava), Serbia and Montenegro.
- 6-Varoujan K. Sissakian and Saffa F. Fouad, GEOLOGICAL MAP OF SULAIMANIYAH QUADRANGLE, At scale of 1: 250 000
- 7- Buringh, DR. P., Soil and Soil condition in Iraq, Exploratory Soil Map of Iraq, No. 1, Baghdad, 1960.
- 8-جمال شعوان، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط-حوض أمزاز أنموذجاً، مصدر سابق، ص306-308.
- 9-اسماعيل جمعة كريم المشهداني، التقييم النوعي والكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة في السليمانية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، الجامعة العراقية، 2020، ص111.
- 10-خلف حسين الدليمي، التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية عملية وتطبيقية، الطبعة الأولى، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان، 2009، ص166.
- 11-رحيم حميد العبدان، محمد جعفر السامرائي، التعرية المطرية لسفوح منحدرات تلال حميرين باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة كلية الآداب، جامعة بغداد، العدد (81)، 2008، ص327.
- 12-Zachar D. Soil Erosion Amsterdam: Elsevier science publishing company, 1982, p547.

المصادر:

- 1- الدليمي، خلف حسين، التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية عملية وتطبيقية، الطبعة الأولى، دار الصفاء للنشر والتوزيع، عمان، 2009.
- 2- شعوان، جمال، توظيف الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط-حوض أمزاز أنموذجاً، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الإنسانية سايس، جامعة سيدي محمد عبد الله، 2015.
- 3- المشهداني، اسماعيل جمعة كريم، التقييم النوعي والكمي للتعرية المائية لحوض وادي زراوة في السليمانية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، الجامعة العراقية، 2020.
- 4- العبدان، رحيم حميد، محمد جعفر السامرائي، التعرية المطرية لسفوح منحدرات تلال حميرين باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة كلية الآداب، جامعة بغداد، العدد (81)، 2008.
- 5-GLOBEVINK, L., HOLJEVIC, G., PETKOVESK AND J., RUBINIC; Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. JAHS publication, 2003.
- 6- Zoran Gavrilovic, "EROSion Potential Method" An Important Support for Integrated Water Resource Management.Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Cerni", Jaroslava Cernog 80, 11226 Beograd(Pinosava), Serbia and Montenegro.
- 7- Buringh, DR. P., Soil and Soil condition in Iraq, Exploratory Soil Map of Iraq, No. 1, Baghdad, 1960.
- 8-Varoujan K. Sissakian and Saffa F. Fouad, GEOLOGICAL MAP OF SULAIMANIYAH QUADRANGLE, At scale of 1: 250 000.
- 9-Zachar D. Soil Erosion Amsterdam: Elsevier science publishing company, 1982.