

## تقدير حجم التعرية المائية لحوض وادي ظلم بأستعمال أنموذج (Epm)

م.م. دعاة كاظم عزيز

[duat.k.aziz@uomustansiriyah.edu.iq](mailto:duat.k.aziz@uomustansiriyah.edu.iq)

الجامعة المستنصرية ، كلية التربية

## الملخص

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الشرقي من العراق، إذ تبلغ مساحة الحوض (232.7 كم<sup>2</sup>)، يهدف البحث الى دراسة تقدير حجم التربة المفقودة بفعل عوامل التعرية المائية بالاعتماد على أنموذج جافريلوفيك، وهو أنموذج هيدرولوجي يستخدم لتقدير حجم التربة المقتلعة في الاودية المائية، ولتطبيق هذا الأنموذج يتطلب توفر مجموعة من العوامل وهي كل من (الأمطار والحرارة والانحدار، والتربة، وكثافة الغطاء النباتي ، والتضرس)، كما تم الاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (Landsat8) في اشتقاق كثافة الغطاء النباتي وعلى انموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في اشتقاق الانحدار، بعد تطبيق الانموذج على منطقة الدراسة تبيين ان حجم التربة المقتلعة او المفقودة في وادي ظلم متباينة، إذ بلغت مساحة التعرية غير ظاهرة (45.5 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (19.6%) من مجمل مساحة منطقة الدراسة، بينما سجلت التعرية الضعيفة اعلى مساحة بلغت (167.2 كم<sup>2</sup>) وبنسبة بلغت (71.9%)، في حين بلغت مساحة التعرية المتوسطة (18.6 كم<sup>2</sup>) وبنسبة بلغت (8%)، اما التعرية المعممة فقد سجلت اقل مساحة بلغت (1.3 كم<sup>2</sup>) من مجمل مساحة منطقة الدراسة وبنسبة (0.6%).

الكلمات المفتاحية: أنموذج جافريلوفيك، قابلية التعرية المائية، الغطاء النباتي

## Estimating the Volume of Water Erosion in the Wadi ZaIm Basin using the (Epm) Model

Asst. Lect. Duat' Kazem Aziz

[duat.k.aziz@uomustansiriyah.edu.iq](mailto:duat.k.aziz@uomustansiriyah.edu.iq)

Al- Mustansiriya University, College of Education

## Abstract

The study area is located in the northeastern part of Iraq, with the area of the basin being (232.7 km<sup>2</sup>). The research aims to study the estimation of the volume of soil lost due to water erosion factors using the Gavrilovic model, which is a hydrological model used to estimate the volume of soil uprooted in water valleys. To apply this model requires It provides a set of factors, namely (rainfall, temperature, slope, soil, vegetation density, and erosion). We also relis on satellite visuals (Landsat8) in deriving vegetation density and on the digital elevation model (DEM) in deriving the slope, after applying the model. In the study area, it was found that the size of the uprooted or lost soil in Wadi Zalm varied, as the area of invisible erosion reached (45.5 km<sup>2</sup>), at a rate of (19.6%) of the total area of the study area, while weak erosion records the highest area, amounting to (167.2 km<sup>2</sup>), at a rate of (71.9%), while the area of moderate erosion reaches (18.6 km<sup>2</sup>) at a rate of (8%), while generalized erosion reaches an area of (1.3 km<sup>2</sup>) of the total area of the study area at a rate of (0.6%).

**Keywords:** Gavrilovic model, susceptibility to water erosion, vegetation

## المقدمة

تقع منطقة الدراسة تحت تأثير إحدى العمليات الجيومورفولوجية التي تغير شكل سطح الارض بشكل مستمر، وهي عملية (التعرية المائية) إذ ينتج عنها ظهور اشكال جيومورفولوجية مختلفة، تتطلب دراسة التعرية المائية تحليل العوامل الطبيعية بما فيها عناصر المناخ (الحرارة والامطار والتبخر) ونوع التربة والمنكشفات الصخرية والانحدار فضلاً عن الأستعانة بتقنية الأستشعار عن بعد (RS)

من اجل تحليل المرئيات الفضائية والكشف عن كثافة الغطاء النباتي التي لها دوراً كبير ومباشر في التأثير على التعرية المائية، ولتقدير حجم التعرية المائية في حوض وادي ظلم تم استخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc Gis) لتحليل المؤشرات المستخدمة في أنموذج (Epm).

#### أولاً: مشكلة البحث

تتلخص مشكلة البحث في عدة تساؤلات وهي كالآتي:

- 1- ما حجم التربة المفقودة بفعل التعرية المائية في حوض وادي ظلم؟
- 2- هل للتكوينات الجيولوجية والتضاريس والغطاء النباتي أثر في التعرية المائية؟
- 3- هل للمناخ دور في التأثير على العمليات التعرية المائية التي تحدث؟

#### ثانياً: فرضية البحث

يمكن الاجابة على تساؤلات المشكلة كالآتي:

- 1- يمكن معرفة حجم التربة المفقودة عن طريق استخدام أنموذج (EPM).
- 2- للتراكيب الجيولوجية تأثير كبير على التعرية المائية.
- 3- اما التضاريس والغطاء النباتي له اهمية كبيرة في تحديد كمية الرواسب الناتجة عن التعرية المائية.
- 4- للمناخ دور مهم ورئيسي في حدوث عمليات الجيومورفولوجية (التجوية والتعرية) اذ تباين التعرية المائية في الحوض زمانياً ومكانياً ونوعياً.

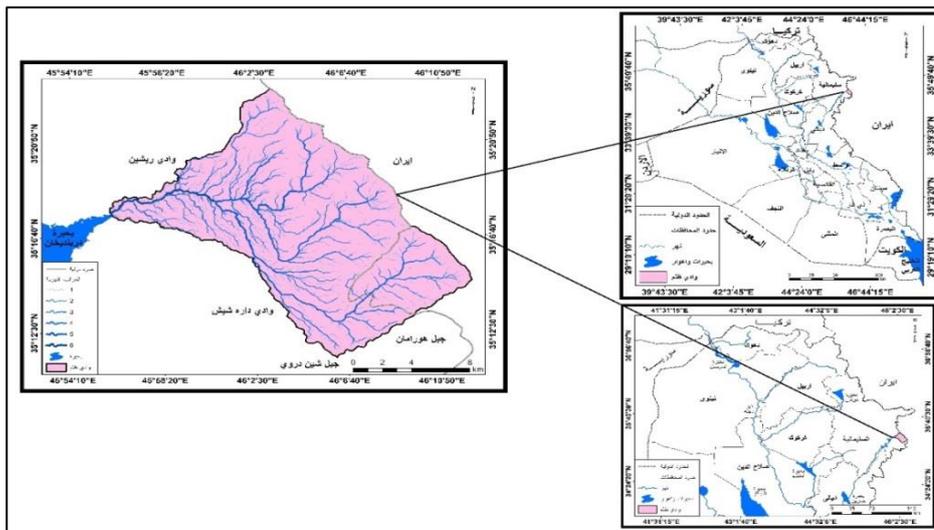
#### ثالثاً: هدف البحث

يهدف البحث الى معرفة حجم التعرية المائية وما ينتج عنها من اشكال جيومورفولوجية ودرجة التأثير من حيث شدتها وأماكن التباين المكاني للتعرية.

#### رابعاً: حدود موقع منطقة الدراسة

طوبوغرافياً تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الشرقي من العراق ، وأداريا ضمن قضاء حلبجة في محافظة السليمانية، اما فلكيا يقع بين خطي طول ("55' 45" - "5' 12' 46) شرقاً ودائرتي عرض ("10' 23' 35" - "20' 11' 35) شمالاً، يحدها من الشمال الغربي وادي ريشين، ومن الشرق أيران، ومن الجنوب الشرقي جبل هورامان، ومن الجنوب الغربي وادي داره شيش، ومن الجنوب جبل شين دروي، كما هو موضح في الخريطة (1).

#### خريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على الهيئة العامة للمساحة، الخريطة الطبوغرافية لمحافظة السليمانية، مقياس 1:250000، بغداد، لسنة 1986، وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4).

## المبحث الاول

### الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة

#### أولاً: التكوينات الجيولوجية

1- **تكتلات قلقله-** تم وصف هذه التكتلات من قبل بولفون في عام 1956، إذ تتكون من تعاقب طبقات الجير الطيني والطفل والحجر الجيري ومدلمكات حصوية وحطام كلسي وحجر الكوارتز مدمج مع الحجر الطيني، وهي من الصخور المعقدة التركيب وشديدة الانحدار، ويرجع اصلها الى العصر الكريتاسي الاسفل (العجيلي، 2023، صفحة 32)، تشغل الأجزاء الشرقية من منطقة الدراسة، الخريطة (2)، وتبلغ مساحتها (48.6 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (20.9%) من مساحة المنطقة الكلية.

2- **قولقولة راديولاريا-** يرجع هذا التكوين الى الزمن الثاني الكريتاسي، يتكون من طبقات متداخلة من الحجر الطيني المملوءة بأحافير الراديولاريا والطفل ومدلمكات حصوية، وهي شديدة الانحدار، (نوري، 2023، صفحة 10)، وتوجد في الاجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة إذ بلغت مساحتها حوالي (20.1 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (8.6%).

3- **تكوين افرومان-** يعود هذا التكوين الى العصر الترياسي الاسفل القديم المتمثل باسم تكوين افرومان، الجزء الاكبر من هذا التكوين يقع في الاراضي الايرانية والجزء الاصغر يقع في الاراضي العراقية، وهو متكون من تعاقب الصخور الجيرية السمكية مع الحجر الجيري المارلي، وهو قوي المقاومة مغطى بحجر الكلس وهو ذات بيئة بحرية، (كاظم، 2023، صفحة 69) ويحتل هذا التكوين الاجزاء الشمالية الشرقية بمساحة بلغت (47.5 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (20.4%) ينظر الخريطة (2) والجدول (1).

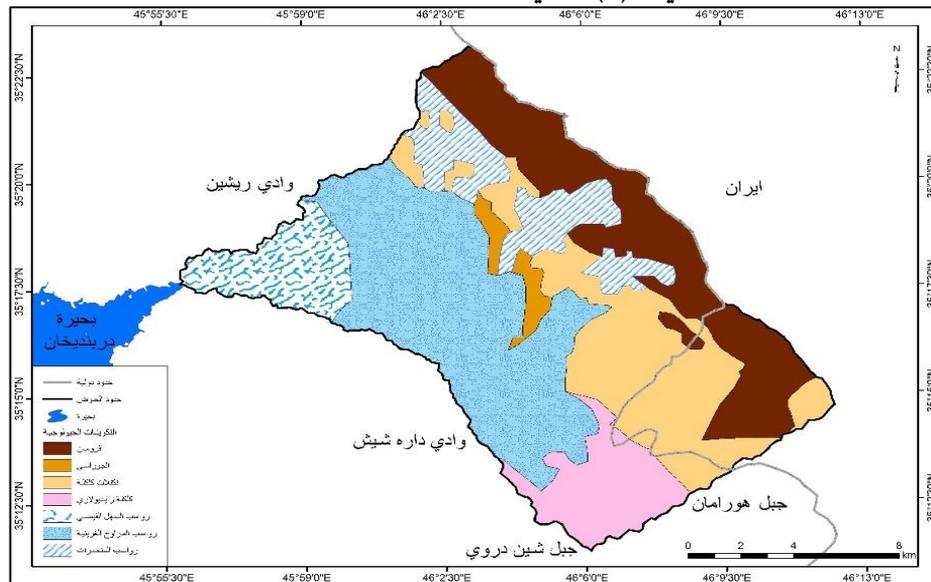
4- **رواسب السهل الفضي-** ترجع هذه الرواسب الى عصر الهولوسين، تتكون من غرين وطين ورمل وطين غريني فضلا عن الحجر الرملي الغريني، وهي ضعيفة المقاومة (مالك، 2022، صفحة 13)، تبلغ مساحتها (18 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (7.7%)، وتشغل الاجزاء الغربية من منطقة الدراسة.

5- **الجوراسي-** يرجع تكوين العصر الجوراسي الى الزمن الثاني، ويتميز بضعف مقاومته (محمد س.، 2022، صفحة 16)، وتبلغ مساحته (9.4 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (1.2%).

6- **رواسب المنحدرات-** ترجع الى الزمن الرباعي، وتوجد عند سفوح اقدام الجبال والتلال بسبب طبيعة الانحدار المتغيرة، وتشكلت بفعل الانهيارات الصخرية نتيجة حركة مواد سطح الأرض (ناجي، 2022، صفحة 28)، إذ تشغل مساحة قدرها (22.5 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (7.9%) وتحتل الاجزاء الوسطى من منطقة الدراسة.

7- **رواسب المراوح الغرينية-** تشغل مساحة قدرها (17.1 كم<sup>2</sup>) وبنسبة (30.6%)، تتصف بضعف مقاومتها للعمليات الجيومورفولوجية، وتتكون من قسمين الأول غريني رملي متأثر بالضغط الهيدروليكي، والآخر صخور متبجرة، إذ ان عمليات التعرية والحت المائي من اكثر العمليات فتكاً بالصخور، وتمثل البنية الاساسية للتربة الفيضية الخصبة (المشهداني، 2023، صفحة 19) ينظر الخريطة (2) والجدول (1).

## خريطة (2) التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على: وزارة الصناعة والمعادن، هيئة المسح الجيولوجي العراقية، قسم الجيولوجيا، شعبة المسح الجيولوجي، تقرير عن لوحة جيولوجية السليمانية، أي أن 83 . 8، جي أم 11، مقياس 1:201111، بغداد، الطبعة الثانية، 2112، وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4).

## جدول (1) مساحة ونسب التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة

النسبة %	المساحة/كم <sup>2</sup>	التكوين الجيولوجي
20.9	48.6	تكتلات قلقلية
8.6	20.1	قولقولة راديولاريا
20.4	47.5	تكوين افرومان
7.7	18	رواسب السهل الفضي
2.1	4.9	الجراسي
9.7	22.5	رواسب المنحدرات
30.6	71.1	رواسب المراوح الغرينية
100.0	232.7	المجموع

المصدر: اعتماداً على الخريطة الجيولوجية.

## ثانياً: المناخ:

يؤدي المناخ دور رئيس في التأثير على عمليات التعرية والتجوية والترسيب إذ تم الاعتماد على ثلاث محطات قريبة من وادي ظلم وهي كل من (حلبجة ودريندخان وبيارة)، وتم تحليل عنصري الحرارة والأمطار لدراسة التعرية المائية .

## 1-درجة الحرارة العظمى والصغرى

تعمل درجات الحرارة على تنشيط العمليات الجيومورفولوجية، إذ ان الاختلاف في درجات الحرارة ما بين الصيف والشتاء وما بين الليل والنهار له الأثر الكبير في تجوية وتعرية الصخور، ومن خلال ملاحظة الجدول (2) ويتضح أن أدنى درجة حرارة عظمى سجلت في محطة حلبجة في شهري (كانون 2 وشباط) بواقع (10.1م-11م) على التوالي ، وفي محطة بيارة في شهري (كانون 1 وكانون 2) بواقع (5.8م - 4.8م) وبمعدل سنوي (24.52-20.13-24.9) على التوالي، اما في محطة دريندخان سجلت ادنى درجة حرارة بقيم بلغت (10.4م -11.8م) في شهري (كانون 2 وشباط) على التوالي، اما بالنسبة لاعلى قيم درجة حرارة فقد سجلت في

شهري (تموز و آب) في محطة حلبجة بواقع (40.1م - 39.2م) وفي محطة بيارة بلغت أعلاها أيضاً في شهري تموز وآب بواقع (35.2م - 34.8م) وفي محطة دربندخان بواقع (39.3م - 39.4م) على التوالي.

اما بالنسبة لدرجات الحرارة الصغرى فسجلت اعلى قيمة في شهري (تموز وآب) في المحطات الثلاث بواقع (26.3م - 25.1م - 19.6م - 18.7م - 27.1م - 25.4م) على التوالي وأدناها سجلت في شهر (كانون الثاني وكانون الأول وشباط) في المحطات الثلاث بواقع (1.5م، 2.1م، 2.1م، -2.1م، -3.2م، 2.8م، 2.9م) وبمعدل سنوي (12.88م - 7.27م - 14.15م) على التوالي، اما المدى الحراري فقد بلغ المعدل السنوي للمحطات الثلاث حلبجة وبيارة ودريندخان (10.74-12.85-11.64) على التوالي.

جدول (2) درجة الحرارة لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2006-2021)

المعدل	محطة حلبجة												معدلات درجات الحرارة
	ك1	ت2	ت1	أيلول	آب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	آذار	شباط	ك2	
24.52	12.4	16.2	30.1	36.2	39.2	40.1	32.5	28.2	20.9	17.4	11	10.1	العظمى
12.88	4.4	8.2	14.2	21.1	25.1	26.3	22.6	12.4	10.2	6.5	2.1	1.5	الصغرى
11.64	8	8	15.9	15.1	14.1	13.8	9.9	15.8	10.7	10.9	8.9	8.6	المدى
المعدل	محطة بيارة												معدلات درجات الحرارة
	ك1	ت2	ت1	أيلول	آب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	آذار	شباط	ك2	
20.13	5.8	14.2	24.4	31.6	34.8	35.2	31.5	23.4	17.4	12.4	6.1	4.8	العظمى
7.27	-2.1	4.7	9.6	14.1	18.7	19.6	11.4	10.2	6.2	2.3	-3.2	-4.2	الصغرى
12.85	7.9	9.5	14.8	17.5	16.1	15.6	20.1	13.2	11.2	10.1	9.3	9	المدى
المعدل	محطة دربندخان												معدلات درجات الحرارة
	ك1	ت2	ت1	أيلول	آب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	آذار	شباط	ك2	
24.9	13.1	18.3	28.2	33.7	39.4	39.3	36.7	28.3	22.8	16.8	11.8	10.4	العظمى
14.15	5.1	9.3	16.3	21.8	25.4	27.1	23.7	16.7	11.8	7	2.9	2.8	الصغرى
10.74	8	9	11.9	11.9	14	12.2	13	11.6	11	9.8	8.9	7.6	المدى

المصدر: جمهورية العراق، إقليم كردستان، وزارة الزراعة والمجاري، مديرية الزراعة العامة لحلبجة، قسم الأنواء الجوية، بيانات غير منشورة، 2021.

## 2- الامطار

تساهم الامطار في زيادة عمليات التجوية والتعرية، اذا تركزت التجوية في المناطق التي تزداد فيها سقوط الأمطار بينما تقل في المناطق الأقل مطراً فتزداد فيها عملية التجوية الميكانيكية ويزيد من فعاليات التعرية مع شدة انحدار السطح اذ يؤدي الى حدوث الكثير من الانزلاقات الصخرية بسبب عمليات الازابة التي تحدث في منطقة الدراسة والعمليات التي تؤدي الى غسل التربة ونقل المفتتات الصخرية الى بطون الودية وخاصة في حالة انعدام الغطاء النباتي (مهدي، 2023، صفحة 34)، ينعدم سقوط الامطار في محطات منطقة الدراسة في شهري (تموز وآب) بينما سجلت أعلاها في شهري (شباط وآذار) في محطة حلبجة وبيارة بواقع (124-134-201.3-192.4) ملم، وفي محطة دربندخان سجلت في شهري (ك1، ك2) بواقع (124.7-167.1ملم) على التوالي، أما المجموع الشهري للأمطار فبلغ في محطة حلبجة (764.6ملم) وفي محطة بيارة (1024.85ملم) ومحطة دربندخان (663.53ملم) ينظر الجدول(3).

جدول (3) المجموع الشهري لكميات الأمطار الساقطة/(ملم) لمحطات منطقة الدراسة للمدة (2006 – 2021)

المجموع	المجموع الشهري لكميات الأمطار / ملم											المحطات	
	ك1	ت2	ت1	أيلول	أب	تموز	حزيران	مايس	نيسان	آذار	شباط		ك2
764.6	112.4	75.5	37.5	1.4	0	0	0.1	78.5	85.7	134	124	115.5	حلبجة
1024.85	105.1	101.2	21.6	1.8	0	0	5.0	88.7	130.6	192.4	201.3	182.1	بيارة
663.53	124.7	74.9	22.6	8.0	0	0	5.0	30.1	61.7	93.9	88.4	167.1	دربندخان

المصدر: جمهورية العراق، إقليم كردستان، وزارة الزراعة والمجاري، مديرية الزراعة العامة لحلبجة، قسم الأنواء الجوية، بيانات غير منشورة، 2021.

### 3- الانحدار

يؤثر الانحدار بشكل كبير في جيومورفولوجية المنطقة وفي تحديد خصائص شكل الارض تبعاً لانحدارها وتضرسها، إذ تزداد التعرية المائية في المناطق الشديدة الانحدار وتقل في المناطق المستوية، (جمعة، 2021، صفحة 857) تم تحليل الانحدار في منطقة الدراسة على وفق تصنيف (zink) الذي يقسم سطح الأرض حسب درجة الانحدار الى الأقسام التالية:

1- منطقة مسطحة مستوية:- تتراوح درجة الانحدار فيها ما بين (0-1)، وتشغل الأجزاء الغربية من وادي ظلم ينظر الخريطة (3) وقد بلغت مساحتها (24.5كم<sup>2</sup>) وبنسبة (10.5%) من مجمل مساحة الحوض.

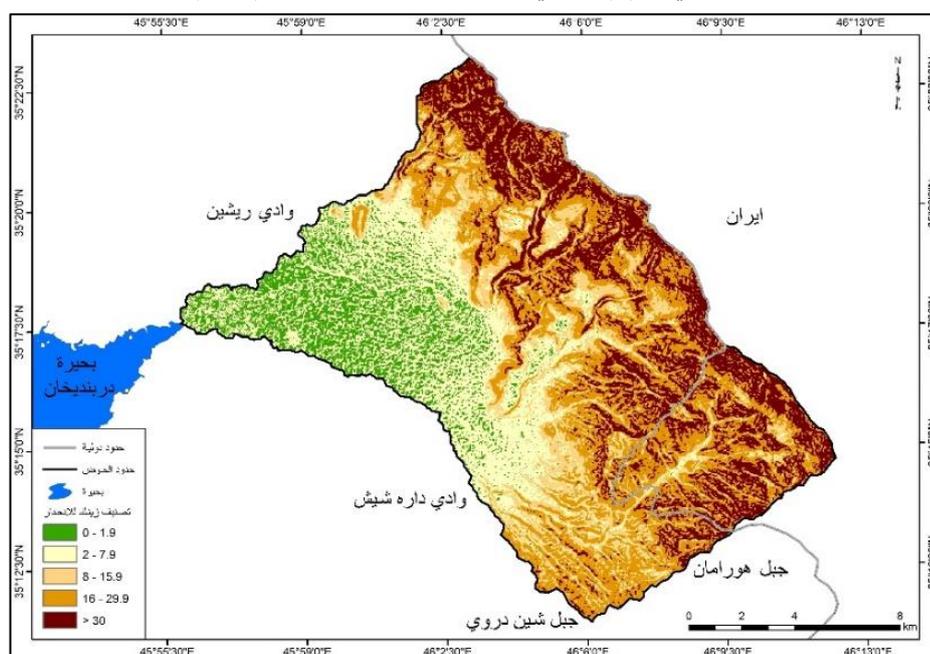
2- منطقة ذات التموج الخفيف:- تتراوح فيها درجة الانحدار ما بين (2-7.9)، وتتوزع في مناطق متفرقة من وادي ظلم، وشغلت مساحة قدرها (53.6كم<sup>2</sup>) وبنسبة بلغت (23%).

3- المنطقة المتموجة:- تتراوح درجة الانحدار فيها ما بين (8-15.9) وبلغت مساحتها (33.6كم<sup>2</sup>) وبنسبة بلغت (14.4%).

4- المنطقة المنحدرة:- تتراوح درجة الانحدار فيها ما بين (16-29.9) وتشغل المنطقة الشمالية أمتداداً باتجاه الجنوب، وبلغت مساحتها (71.5كم<sup>2</sup>) وبنسبة (30.7%) ينظر الخريطة (3) والجدول (4).

5- المنطقه شديدة الارتفاع:- وتزيد فيها درجة الانحدار عن (30)، وتوجد في شرق منطقة الدراسة على امتداد الحدود العراقية الإيرانية، بلغت مساحتها (49.6كم<sup>2</sup>) وبنسبة (21.3%) من مجمل مساحة منطقة الدراسة.

خريطة (3) مستويات التضرس بحسب تصنيف (Zink)



المصدر: اعتماداً على تصنيف زينك، و بيانات انموذج الارتفاع الرقمي، ومخرجات برامجيات (Arc Gis 10.4).

جدول (4) فئات الانحدار ومساحتها ونسبتها المئوية لمنطقة الدراسة

النسبة %	المساحة /كم <sup>2</sup>	درجة الانحدار	شكل السطح
10.5	24.5	0-1.9	منطقة مسطحة مستوية
23	53.6	2-7.9	منطقة ذات التموج الخفيف
14.4	33.5	8-15.9	المنطقة المتموجة
30.7	71.5	16-29.9	المنطقة المنحدرة
21.3	49.6	>30	المنطقه شديدة الارتفاع
100	232.7	-	المجموع

المصدر: اعتماداً على تصنيف زينك، وبيانات نموذج الارتفاع الرقمي، ومخرجات برامج (Arcgis10.4).

#### 4- التربة

تؤثر خصائص التربة بنوعية الجريان المائي، فالتربة ذات النسيج الخشن والحبيبات الكبيرة تكون ذات مسامية ونفاذية عالية مما يسمح بتغلغل المياه داخل التربة فتقل كمية المياه الجارية على السطح، عكس ما هو عليه في التربة ذات النسيج الناعم وذات المسامية والنفاذية القليلة تمنع وتقلل من التسرب المائي الى داخل التربة وبالتالي زيادة جريان المياه السطحية (العاني و المشهداني، 2020، صفحة 48)، تم الاعتماد في دراسة الترب على تصنيف العالم بيورنك بحسب تضاريسها وخصائصها الصخرية الى ثلاثة انواع:

1- الارض الوعرة والمشققة الصخرية :- شغلت المساحة الاكبر (137كم<sup>2</sup>) وبنسبة (58.9%) و تتوزع على طول الحدود العراقية الإيرانية شمال شرق منطقة الدراسة وجنوب شرقها.

2- التربة الكستنائية الضحلة وحجرية منحدرة:- شغلت اقل مساحة قدرها (44.1كم<sup>2</sup>) وبنسبة (19%)، وتتوزع في الأجزاء الوسطى من منطقة الدراسة.

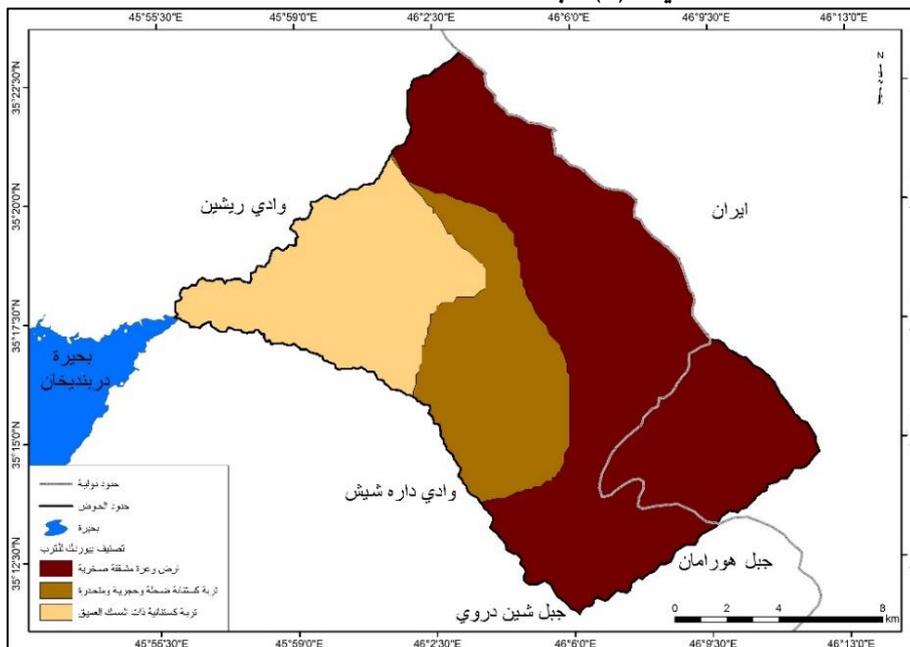
3- التربة الكستنائية ذات السمك العميق :- تبلغ مساحتها (51.5كم<sup>2</sup>) وبنسبة (22.1%) وتوجد في 51.5 كلم مربع اي بنسبة 22.1 % وتتوزع غرب منطقة الدراسة بالقرب من بحيرة دربندخان، ينظر الخريطة (4) والجدول (5).

جدول (5) مساحات ترب بيورنك

النسبة %	المساحة /كم <sup>2</sup>	نوع التربة
58.9	137.2	الارض الوعرة والمشققة الصخرية
22.1	51.4	التربة الكستنائية الضحلة وحجرية منحدرة
19	44.1	التربة الكستنائية ذات السمك العميق
100	232.7	المجموع

المصدر: اعتماداً على تصنيف بيورنك.

خريطة (4) تربة منطقة الدراسة حسب تصنيف بيورنك



المصدر: اعتماداً على تصنيف بيورنك للتربة وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4).

#### 5- الغطاء النباتي

يساهم الغطاء النباتي في الحفاظ على تماسك التربة من الانجراف المائي، فكلما كانت الارض كثيفة بالنبات الطبيعي قل انجراف التربة والعكس تم الاعتماد على مرئية القمر الصناعي (Landsat8) المأخوذة بتاريخ (2023/4/17) التي تتكون من (11) حزمة طيفية مختلفة، إذ تشير الحزم الطيفية الرابعة الى انعكاس الاشعة الحمراء (R) والحزمة الطيفية الخامسة الى انعكاس الاشعة تحت الحمراء (IR) من اوراق النباتات، تم تطبيق مؤشر الانعكاس الطيفي (Normalized Difference Vegetation Index) (NDVI)، في اشتقاق الغطاء النباتي إذ تم تقسيم الغطاء النباتي في منطقة الدراسة الى خمسة أصناف.

1- خالية من الغطاء النباتي: سجلت اقل مساحة بلغت (2كم4.9) وبنسبة (2.1%) من مجمل مساحة وادي ظلم، وتتوزع شرق منطقة الدراسة بالقرب من الحدود العراقية الإيرانية.

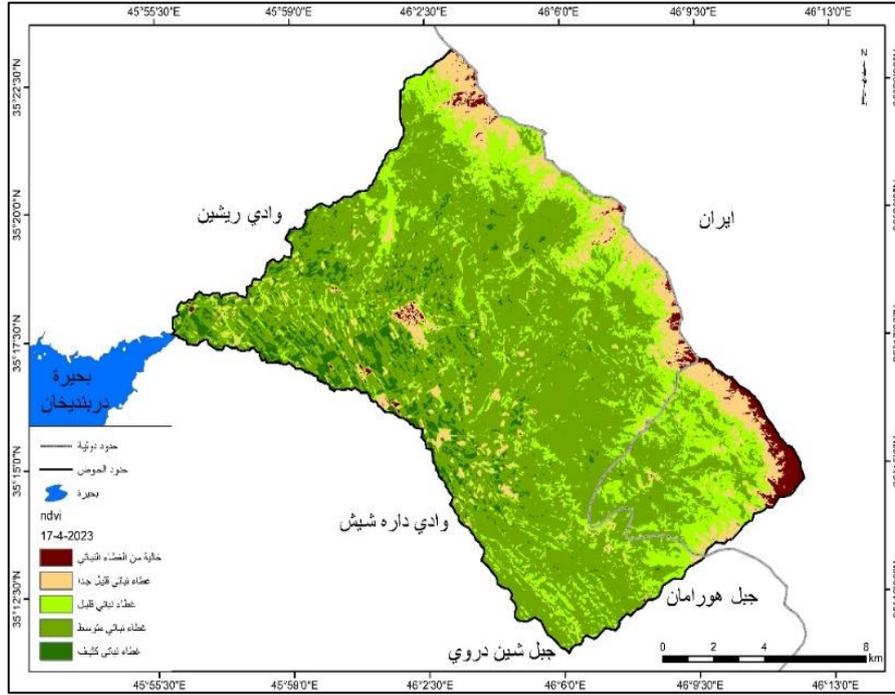
2- المناطق ذات الغطاء النباتي القليل جداً:- وتتوزع على طول الأجزاء الشمالية و الشرقية من منطقة الدراسة وتشغل مساحة قدرها (23.2كم) وبنسبة (10%).

3- الغطاء النباتي القليل: تبلغ مساحته (52.1كم2) وبنسبة (22.4%) وينتشر في أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة.

4- الغطاء النباتي المتوسط: ينتشر في مناطق متفرقة في وسط وادي ظلم، وشغل اكبر مساحة قدرها (140كم2) وبنسبة (60.4%)، ينظر الخريطة (5) والجدول (6).

5- الغطاء النباتي الكثيف: يوجد في الاجزاء الغربية من منطقة الدراسة، وشغل مساحة قدرها (11.8كم2) وبنسبة (5.1%).

خريطة (5) التوزيع المكاني لكثافة الغطاء النباتي



المصدر: اعتمادا على المرئية الفضائية بتاريخ (2023/4/17)، ونتائج مؤشر الانعكاس الطيفي القرينة النباتية (NDVI)، ومخرجات برامجيات (ArcGis10.4).

### جدول (6)

مساحات الغطاء النباتي (NDVI)

النسبة	المساحة/كم <sup>2</sup>	كثافة الغطاء النباتي
2.1	4.9	خالية من الغطاء النباتي
10.0	23.2	غطاء النباتي القليل جدا
22.4	52.2	غطاء النباتي القليل
60.4	140.6	غطاء النباتي المتوسط
5.1	11.8	غطاء النباتي الكثيف
100	232.7	المجموع

المصدر: اعتمادا على خريطة الغطاء النباتي وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4)

## المبحث الثاني

## تحليل المؤشرات المستخدمة في أنموذج (جافريلوفيك)

يعتمد تطبيق انموذج (جافريلوفيك) على متغيرات عديدة ( الامطار والحرارة والغطاء النباتي والانحدار والتربة او التكوينات السطحية) وتدخل هذه المتغيرات في معادلة تكون على النحو الآتي:

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

اذ ان:

W= المعدل السنوي للتعرية او التربة المقتلعة (م<sup>3</sup>/كم<sup>2</sup>/السنة)

H= المعدل السنوي للامطار (ملم)

T=معامل الحرارة

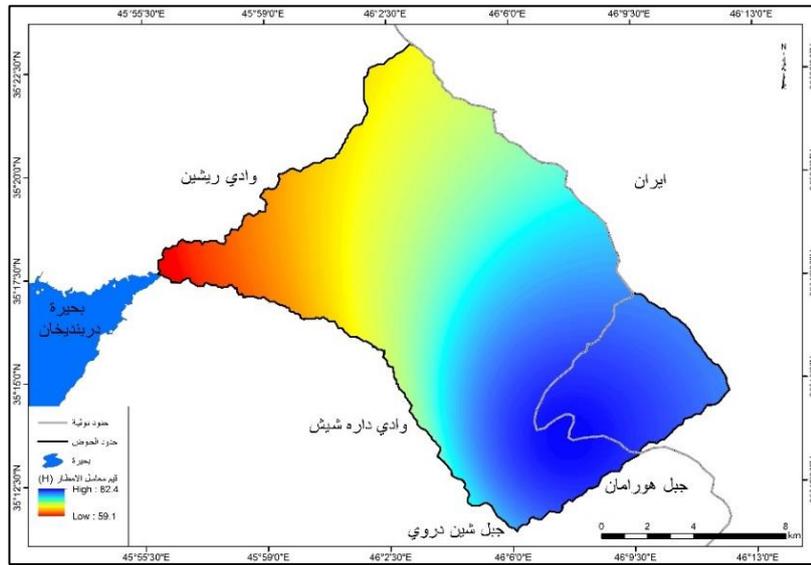
Z= معامل التعرية المحتملة

$\pi = 3.14$  متغير ثابت قيمته

## أولاً: مؤشر قيم الامطار (H)

تعد الامطار المحرك الاساسي لعوامل التعرية، اذ تبدأ من قطرات المطر التي تصطدم بالسطح ، اذ تعمل على جرف كميات كبيرة من التربة وخاصة في المناطق التي تكون قليلة بالغطاء النباتي وذات انحدار شديد (شعوان،جمال، 2015، صفحة 341)، تم الاعتماد على بيانات الامطار الساقطة بقيمتها العادية لتقديرها دون التغيير فيها لثلاث محطات مناخية هي (بيارة، خانقين، حلبجة)، من خلال ملاحظة الخريطة (6) ان كميات تساقط الامطار تزداد بشكل تدريجي من غرب منطقة الدراسة باتجاه الجنوب الشرقي بالقرب من الحدود العراقية الإيرانية، اذ سجلت المناطق الغربية اقل كمية للتساقط بلغت (59.6/ملم) بينما سجلت المناطق الجنوبية الشرقية اعلى قيمة بلغت (82.4/ملم)، كما ان طبيعة التساقط المطري يتوافق مع ارتفاع وانحدار منطقة الدراسة اللذان تزداد قيمهما بشكل تدريجي من الشرق باتجاه جنوب شرق منطقة الدراسة، مما ادى الى حدوث اختلاف في حجم التعرية المائية وكمية الرواسب.

## خريطة (6) مؤشر قيم الامطار (H)



المصدر: اعتماداً على البيانات المناخية الجدول (3)، وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4).

## ثانياً: مؤشر قيم الحرارة (T)

تعد الحرارة من العناصر المناخية المهمة التي تؤثر بشكل مباشر على التساقط المطري والضغط الجوي ومعدل التبخر والرياح فضلا عن تحكمها بعملية انجراف التربة، ففي حالة ارتفاع درجات الحرارة يرتفع معها مستوى التبخر وتتنخفض الرطوبة لما يزيد من

امتصاصها في داخل التربة مما يؤثر ذلك على حجم التعرية المائية (معتوق، 2021، صفحة 853)، تم تطبيق القانون الخاص بمؤشر الحرارة كما هو موضح ادناه، والذي يأخذ متوسط الحرارة السنوي كمتغير أساسي.

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

اذ ان:

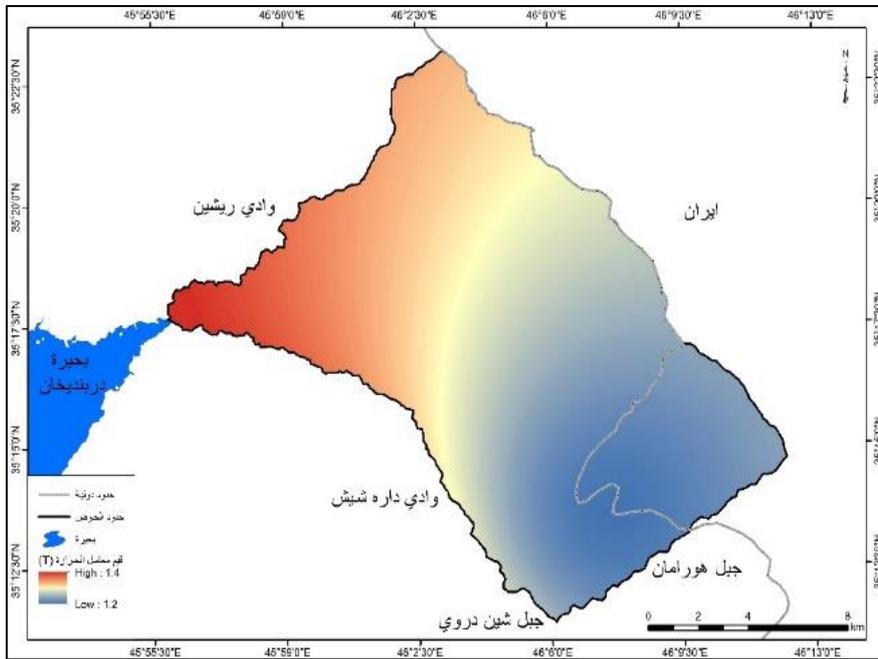
T= مؤشر قيم الحرارة

C= المتوسط السنوي لدرجة الحرارة

ترتفع قيم مؤشر الحرارة بشكل تدريجي من الشمال الغربي باتجاه الجنوب الشرقي، اذ سجلت المناطق الغربية اعلى قيمة بلغت

(1.4)، بينما سجلت المنطقة الجنوبية الشرقية اقل قيمة بلغت (1.2)، ينظر الخريطة (7).

خريطة (7) مؤشر قيم الحرارة (T)



المصدر: اعتمادا على البيانات المناخية الجدول (2) وتطبيق المعادلة الخاصة بمؤشر الحرارة، وباستخدام برمجيات (Arcgis10.4).

ثالثاً: التعرية المحتملة من خلال معامل Z

يتم استخراج التعرية المحتملة من خلال الاعتماد على المعادلة الآتية:

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

اذ ان:

Y= معامل قابلية التربة للتعرية

Xa=معامل حماية التربة

Q=معامل تطور التربة وشبكة التصريف

Ja=معدل الأنداد %

(عريبي، 2022، صفحة 243) وتصنف مستويات التعرية المحتملة حسب المعامل (Z) الى خمسة مستويات وهي:

جدول (7) فئات مستويات التعرية المحتملة تبعاً لقيم المعامل (Z)

مستوى التعرية المحتملة	قيم المعامل (Z)
شديد جدا	اكبر من 1
شديد	1 - 0.81
متوسط	0.80 - 0.41
خفيف	0.40 - 0.20
خفيف جدا	0.19 - 0.01

المصدر: (شعوان، جمال، 2015، صفحة 302)

### 1- التربة للتعرية مؤشر قابلية (Y)

لقياس مؤشر قابلية التربة للتعرية تم الاعتماد على خرائط التكوينات الجيولوجية والتربة لقياس المؤشر ومن ثم تطبيق معادلة فيشمبرير الرياضية وهي كالآتي :-

$$Y = 0.00021 * (12 - OM) M^{1.14} + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3) / 100 * 1.58$$

اذ ان:

معامل قابلية التربة للتعرية = Y

نسبة المادة العضوية = Om

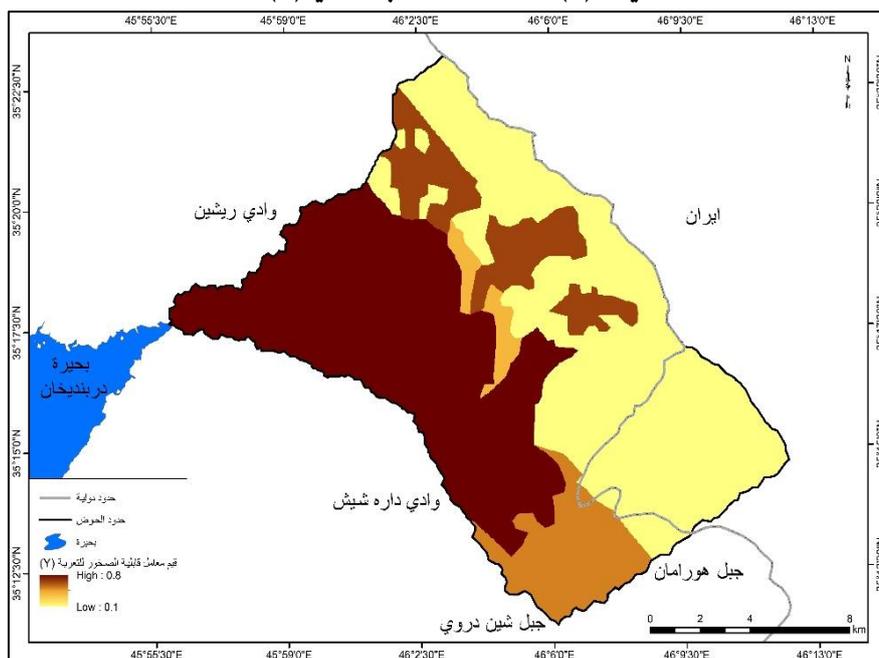
M = (نسبة الطمي + الرمال الدقيقة) \* (100 - نسبة الطين)

S = رمز البنية

P = معامل النفاذية

بلغت اعلى قيمة لمؤشر قابلية التربة للتعرية (0.8)، وتوجد غرب المنطقة بالقرب من بحيرة دربندخان وهذه الترب تكون قليلة المقاومة، اذ تكون نسجتها ناعمة وترجع أصولها الى تكوينات الزمن الرابع ، بينما تقل قيم المؤشر على طول الحدود العراقية الإيرانية شمال شرق وجنوب شرق منطقة الدراسة اذ سجلت ادنى قيمة بلغت (0.1)، ينظر الخريطة (8).

### خريطة (8) مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y)



المصدر: اعتمادا على معادلة مؤشر قابلية التربة للتعرية (Y) وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4).

## 2- قيم معامل حماية التربة Xa

يعتمد هذا المؤشر على دراسة كثافة الغطاء النباتي الذي يعمل على تقليل سرعة الجريان السطحي للمياه، فضلاً عن زيادة ترشح المياه تحت سطح الأرض والمحافظة على التربة من الانجراف (العاني و المشهداني، 2020، ص54-55)، ويمكن حساب Xa من خلال المعادلة الآتية:

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

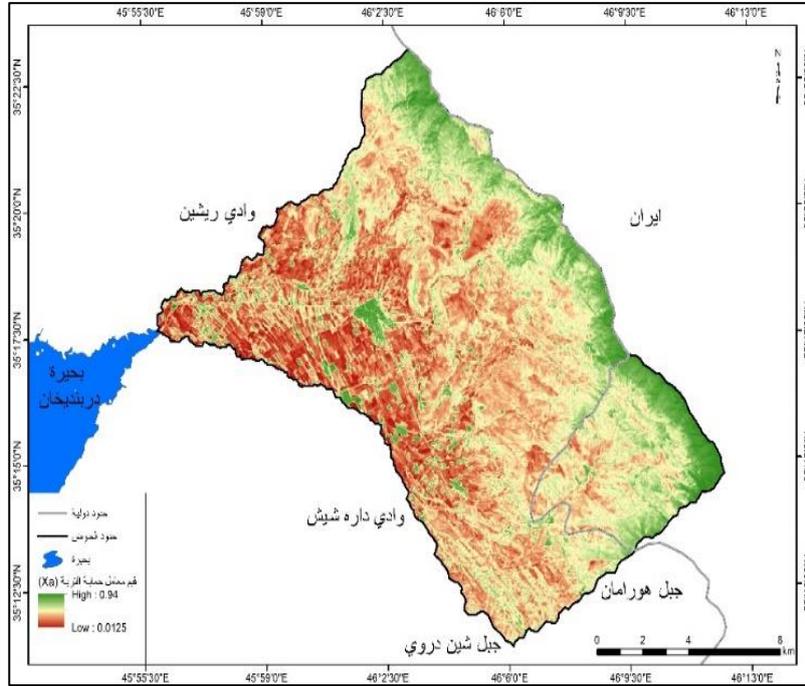
أذ أن:

Xa= مؤشر حماية التربة

XaNDVI= معامل التغطية النباتية المعدل لمواءمة معايير مؤشر حماية التربة

بلغت اعلى القيم لمعامل حمايه التربة في الاجزاء الشمالية والشرقية والجنوبية الشرقية بقيمة بلغت (0.94) % بينما سجلت المناطق الغربية ادنى القيم بلغت (0.0125) % ، ينظر الخريطة (9).

### خريطة (9) قيم معامل حماية التربة Xa



المصدر: اعتماداً على معادلة مؤشر قيم معامل حماية التربة (Xa) وباستخدام برمجيات (Arcgis10.4).

## 3- مؤشر التعرية الحالية Q

يتم استخراج مؤشر التعرية الحالية (Q) لمنطقة الدراسة عن طريق المعادلة الآتية: (محمد، 2022، صفحة 17)

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

أذ أن:

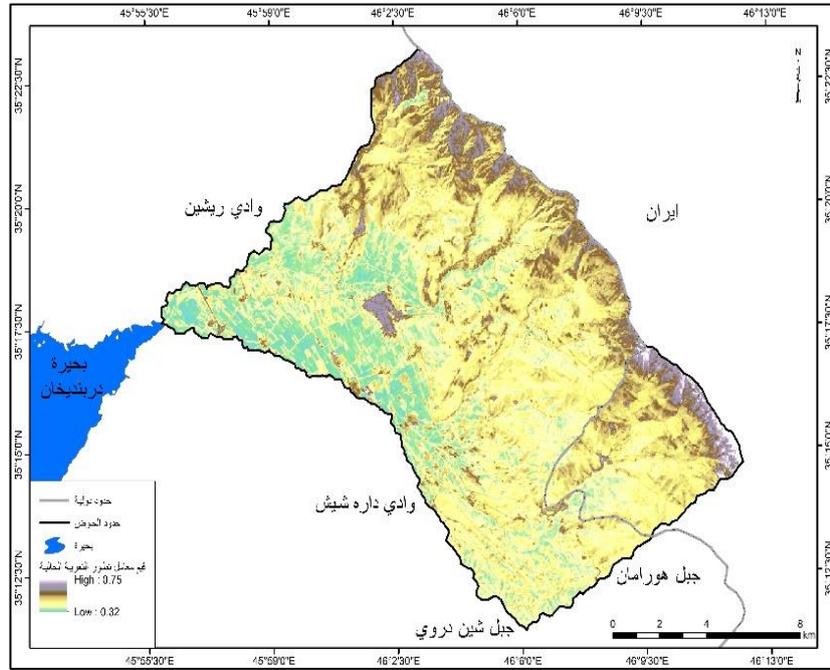
Q= مؤشر التعرية الحالية

TM3= النطاق الثالث في المرئية الفضائية

QMAX= أقصى قيمة للأشعاع

لتطبيق المعادلة أعلاه لابد من توفر مرئية فضائية للقمر الصناعي (Landsat8) تغطي منطقة الدراسة، يتم فيها تقسيم النطاق الثالث للمرئية الفضائية على اقصى قيمة للاشعاع ويمكن الحصول عليه من الملف المرفق مع المرئية الفضائية الذي يكون بصيغة (MTL) ومن ثم استخراج الجذر التربيعي للنتيجة النهائية للمعادلة، سجلت المناطق الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية والشرقية اعلى قيمة بلغت (0.75)، بينما سجلت المناطق الغربية ادنى قيمة بلغت (0.32)، ينظر الخريطة (10).

خريطة (10) قيم مؤشر التعرية الحالية Q

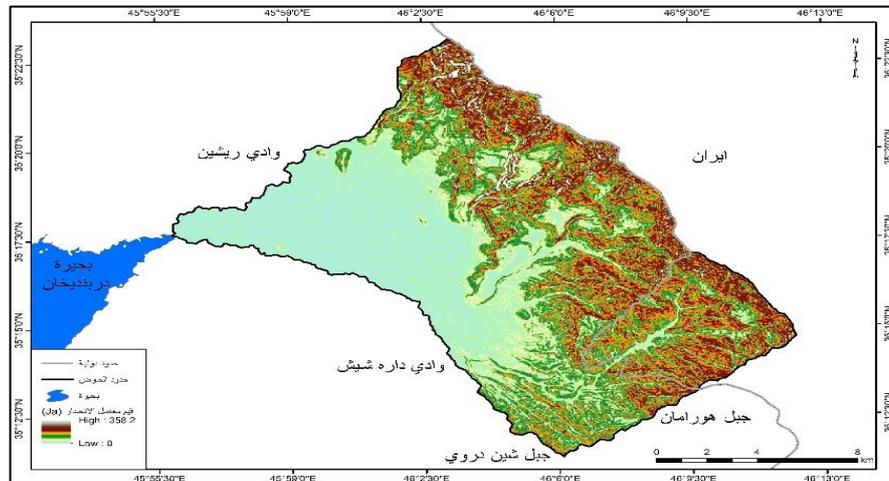


المصدر: اعتماداً على معادلة مؤشر العرية الحالية (Q) وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4).

#### 4- مؤشر الانحدار Ja

تم الاعتماد على انموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لاشتقاق الانحدار بالنسبة المئوية، توضح الخريطة (11) النسب المئوية للانحدار اذ تقل في غرب وادي ظلم بالقرب من بحيرة دربندخان حيث تكون الأرض منبسطة، وتزداد بشكل تدريجي من وسط الوادي باتجاه الشمال شرق المنطقة وشرقها وجنوبها الشرقي اذ تكون المنطقة مرتفعة وعرة وشديدة.

خريطة (11) مؤشر الانحدار Ja



المصدر: اعتماداً على انموذج الارتفاع الرقمي (DEM) وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4).

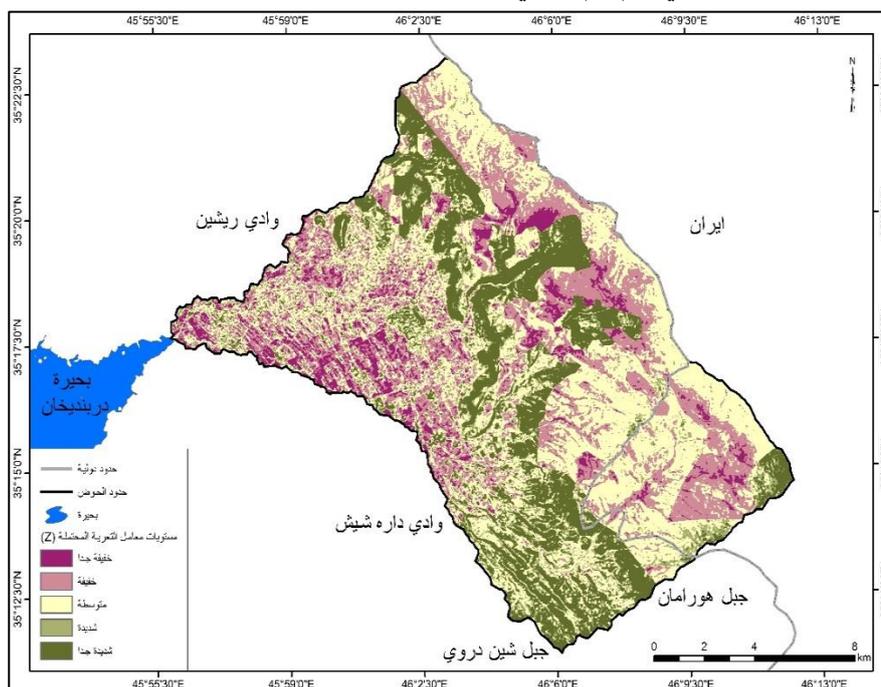
بعد استخراج المتغيرات المتعلقة بمعادلة التعرية المحتملة معامل Z وتطبيقها أظهرت النتائج شمول منطقة الدراسة بجميع الفئات التعرية المحتملة، إذ شغلت فئة التعرية الخفيفة جداً اقل مساحة قدرها (15.7 كم<sup>2</sup>) ونسبة (6.8%) وتوزعت في مناطق متفرقة من وادي ظلم، بينما شغلت التعرية الخفيفة مساحة قدرها (62 كم<sup>2</sup>) ونسبة (26.6%)، أما التعرية المتوسطة فقد بلغت مساحتها (89.6 كم<sup>2</sup>) ونسبة (38.5%) وتتوزع في مناطق متفرقة في الحوض مع التركيز في شمال المنطقة وشرقها وجنوبها الشرقي، بينما بلغت التعرية الشديدة مساحة قدرها (18.9 كم<sup>2</sup>) ونسبة (8.1%)، أما التعرية الشديدة جداً فتوزعت في وسط الوادي وتدرج من الشمال نحو الجنوب بمساحة قدرها (46.4 كم<sup>2</sup>) ونسبة (19.9%) من مجمل مساحة منطقة الدراسة ينظر الخريطة (12) والجدول (8).

جدول (8) مستويات معامل التعرية المحتملة (Z)

النسبة	المساحة/كم <sup>2</sup>	نوع التعرية المحتملة
6.8	15.7	خفيفة جداً
26.6	62.1	خفيفة
38.5	89.6	متوسطة
8.1	18.9	شديدة
19.9	46.4	شديدة جداً
100	232.7	المجموع

المصدر: اعتماداً على الجدول (7) ونتائج تطبيق معادلة معامل التعرية المحتملة (Z)

خريطة (12) التعرية المحتملة من خلال معامل Z



المصدر: اعتماداً على معادلة معامل التعرية المحتملة (Z) وباستخدام برمجيات (Arcgis10.4).

#### رابعاً: مستويات التعرية حسب حجم الترب المقتلعة

يقسم انموذج (جافريلوفيك) مستويات التعرية حسب حجم التربة المقتلعة الى ستة مستويات كما في الجدول ادناه:

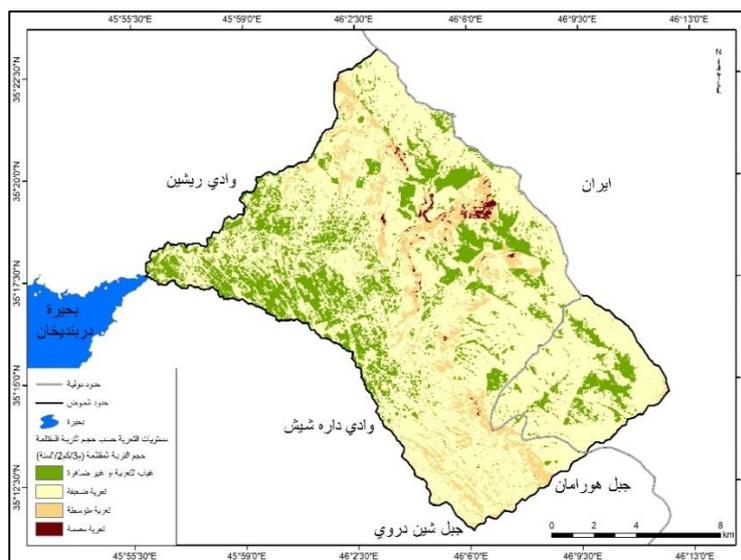
جدول (9) مستويات التعرية حسب حجم التربة المقتلعة

حده التعرية	حجم التربة المقتلعة (م <sup>3</sup> /2كم <sup>2</sup> /السنة)
غياب التعرية أو غير ظاهرة	< 50
تعرية ضعيفة	500 – 50
تعرية متوسطة	1500 – 500
تعرية معممة	5000 – 1500
تعرية قوية	20000 - 5000
تعرية كارثية	>200000

المصدر: (شعوان، جمال، 2015، صفحة 343)

بعد تطبيق معادلة نموذج انموذج (جافريلوفيك)، تبين ان منطقة الدراسة توجد فيها أربعة مستويات وهي غياب التعرية أو غير ظاهرة بلغت مساحتها (2كم<sup>2</sup>) ونسبة (19.6%) من مجموع مساحة منطقة الدراسة، وتتوزع في غرب وشرق منطقة الدراسة، ينظر الخريطة (13) والجدول (10)، اما التعرية الضعيفة فسجلت اكبر مساحة بلغت (2كم<sup>2</sup>) ونسبة (71.9%)، وتتوزع في مناطق متفرقة من منطقة الدراسة، بينما بلغت التعرية المتوسطة مساحة قدرها (2كم<sup>2</sup>) ونسبة (8%)، وتنتشر في وسط المنطقة، بينما سجلت التعرية المعممة اقل مساحة قدرها (2كم<sup>2</sup>) ونسبة (0.6%) وتوجد في منطقة صغيرة في شرق منطقة الدراسة، ينظر الخريطة (13) والجدول (10).

خريطة (13) حجم الترب المقتلعة



المصدر: اعتماداً على تطبيق معادلة نموذج انموذج (جافريلوفيك)، وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4)

جدول (10) مستويات حجم الترب المقتلعة

النسبة	المساحة/كم <sup>2</sup>	حجم الترب المقتلعة(م <sup>3</sup> /2كم <sup>2</sup> /السنة)
19.6	45.5	غياب التعرية أو غير ظاهرة
71.9	167.2	تعرية ضعيفة
8.0	18.6	تعرية متوسطة
0.6	1.3	تعرية معممة
100	232.7	المجموع

المصدر: اعتماداً على تطبيق معادلة نموذج انموذج (جافريلوفيك)، وباستخدام برامجيات (Arcgis10.4)

## الاستنتاجات

- 1- تتباين التكوينات الصخرية من حيث القوة في منطقة الدراسة من منطقة الى اخرى وهذا بدوره يؤثر بنوعية التعرية.
- 2- يتبين من خلال الدراسة ان مؤشر حماية التربة  $Xa$  الذي يعتمد على دراسة النبات الطبيعي ترتفع نسبة حماية التربة بالغطاء النباتي الى (94.0%) في الأجزاء الشمالية وتتحفض في الأجزاء الغربية والجنوبية والوسط بنسبة (0.0125%) من مساحة وادي ظلم.
- 3- تتباين العوامل الطبيعية في منطقة الدراسة من حيث درجة الانحدار والغطاء النباتي ونوعية الترب وتطورها فضلا عن العوامل المناخية التي تؤثر في شدة التعرية نوعيتها.
- 4- ان درجة التعرية في منطقة الدراسة متباينة من مكان الى اخر اذ تزداد شدة التعرية في بعض الأجزاء الشمالية.

## التوصيات

- 1- استخدام نموذج (جافريلوفيك) لكونه من افضل الطرق الرياضية لتقدير حجم التعرية وكمية الرواسب.
- 2- العمل على تشجير المناطق ذات الانحدارات والمعرضة الى فقدان الترب من اجل تثبيت الترب من خلال زراعتها وتقليل نسب التعرية.
- 3- عمل مساطب تكون متعامدة مع الانحدار للتقليل من شدة الجريان المائي وخاصة في المناطق الجبلية الشديدة التضرس.

## المصادر

- الخزرجي، دنيا عبد الجبار ناجي. (2022). النمذجة الكارتوكرافية للعمليات الهيدروجيومورفولوجية لمنطقة سرتك بمو في محافظة السليمانية باستخدام الأستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. أطروحة دكتوراه، الجامعة المستنصرية.
- العاني، نادية حاتم جمعة. (2021). النمذجة المكانية للمخاطر الجيومورفولوجية وأنعكاساتها على طرق النقل جبل بركة سور في محافظة أربيل أنموذجاً. جامعة واسط، 4، 43.
- العجيلي، عباس فالح حسن. (2023). التقييم الهيدروولوجي للمياه السطحية والجوفية لقضاء شاربازير في محافظة السليمانية. أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد.
- المشهداني، علي سليم حماد عبد الكريم. (2023). تقييم المخاطر الجيومورفولوجية لحوض زه رزي في محافظة السليمانية. أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد.
- المعارض، حسين جوبان عريبي. (2022). تحليل وتقييم مخاطر التعرية المائية باستخدام المعادلة العالمية المعدلة لفقدان التربة Rusle لحوض وادي خويسة شمال شرق محافظة ميسان. مجلة اوروك للعلوم الأنسانية، 3، 15.
- سلمان، جميلة فاخر محمد. (2022). التغيرات المورفولوجية لمروحة رانية الفيضية (شمال العراق) دراسة جيومورفولوجية. أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد.
- شعوان، جمال. (2015). توظيف الأستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التعرية المائية بالريف الأوسط حوض أمزاز أنموذجاً. اطروحة دكتوراه، كلية الآداب والعلوم الأنسانية.
- عبد القادر، مهدي صالح. فياض، أحمد فليح. (2022). النمذجة المكانية لنشاط عمليات التعرية بأعتماد نموذج (Epm) وبأستخدام تقنيات الجيوماتكس (وادي الثرثار حالة دراسة). مجلة جامعة الأنبار للعلوم الأنسانية، 2، 4.
- عبد المحسن، زينب مالك. (2022). تقييم الخصائص المورفومترية والسيلانية لحوض هنجيرة في محافظة السليمانية. رسالة ماجستير، جامعة بغداد.
- عمران، أننتظار مهدي. (2023). هيدروجيومورفولوجية الحوض الشرقي لبحيرة دربندخان وأستثماراته الأقتصادية. أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد.
- كاظم، هوسن محمد علي. (2023). دراسة جيومورفولوجية لشلال ظلم في حلبجة. مجلة اداب الكوفة، ج2(55)، 569.

- محمد. (2022). استخدام النمذجة الرقمية في التقييم الكمي والنوعي للتعرية المائية في قضاء طوزخورماتو باستخدام نموذج (Gavriloc Epm). مجلة أداب الفراهيدي، 14، 51.
- معتوق، صفية شاكر. (2021). توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة في تقدير حجم التعرية المائية لحوض وادي سره خاتون بالأعتماد على نموذج Epm. مجلة كلية التربية الأساسية، 27 (111).
- نوري، سوزان وسام. (2023). نمذجة عمليات التجوية الكيميائية لمنطقة جوارثة في محافظة السليمانية. رسالة ماجستير، جامعة بغداد.

## References

- Al-Khazraji, Donia Abdul-Jabbar Naji. (2022). *Cartographic modeling of the hydrogeomorphological processes of the Sartak Bmu area in Sulaymaniyah Governorate using remote sensing and geographic information systems* [ Doctoral thesis]. Al-Mustansiriya University.
- Al-Ani, Nadia Hatem Jumaa. (2021). Spatial modeling of geomorphological risks and their repercussions on transportation routes, Jabal Barakat Sur in Erbil Governorate, as a model. *College of Humanities/University of Wasit*, 4, 43.
- Al-Ajili, Abbas Faleh Hassan. (2023). *Hydrological assessment of surface and groundwater in Sharbazir District in Sulaymaniyah Governorate* [ Doctoral thesis ]. University Baghdad, Iraq.
- Al-Mashhadani, Ali Salim Hammad Abdul Karim. (2023). *Geomorphological risk assessment of the Zah Razi Basin in Sulaymaniyah Governorate* [ Doctoral thesis]. University of Baghdad.
- Dissident, Hussein Joban Oribe. (2022). Analysis and evaluation of water erosion risks using the modified global Rusle soil loss equation for the Wadi Khuwaysa Basin, northeast of Maysan Governorate. *Uruk Journal of Human Sciences*, 3, 15.
- Salman, Jamila Fakher Muhammad. (2022). *Morphological changes of the Rania Flood Fan (northern Iraq): a geomorphological study* [Doctoral thesis]. University of Baghdad.
- Shawan, Jamal. (2015). *Employing remote sensing and geographic information systems in studying water erosion in the central countryside, the Amzaz Basin, as a model* [ Doctoral thesis]. Faculty of Arts and Humanities.
- Abdel Qader, Mahdi Saleh, Fayyad, Ahmed Falih. (2022). Spatial modeling of erosion activity by adopting the EPM model and using geomatics techniques (Wadi Al-Tharthar is a case study). *Anbar University Journal of Human Sciences*, 2, 4.
- Abdul Mohsen, Zainab Malek. (2022). *Evaluation of the morphometric and seismic characteristics of the Hingira Basin in Sulaymaniyah Governorate*. [Master's thesis]. University of Baghdad.
- Imran, waiting for Mahdi. (2023). *Hydrogeomorphology of the eastern basin of Darbandikhan Lake and its economic investments* [Doctoral thesis]. University of Baghdad.
- Kazem, and Sun Muhammad Ali. (2023). Geomorphological study of Zulm Waterfall in Halabja. *Journal of Kufa Etiquette*, Part 2 (55), 569.
- Mohammed. (2022). The use of digital modeling in the quantitative and qualitative assessment of water erosion in Tuz Khurmatu District using the Gavriloc EPM model. *Al-Farahidi Adab Journal*, 14, 51.
- Maatouq, Safia Shaker. (2021). Employing modern geographical techniques in estimating the extent of water erosion in the Wadi Surra Khatun basin, based on the EPM model. *Journal of the College of Basic Education*, 27, 111.
- Nouri, Susan and Sam. (2023). *Modeling chemical weathering processes for the Jawarta area in Sulaymaniyah Governorate* [ Master's thesis]. University of Baghdad.