



تقييم خطر التعرية الريحية في منخفض السلمان باستخدام المؤشرات الطيفية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

م.د أسامة فالح عبد الحسن المكتوب¹

¹ المديرية العامة للتربية في المثنى، العراق

osamasmawi@gmail.com

المخلص. يهدف البحث إلى التقييم خطر التعرية الريحية في منخفض السلمان جنوب العراق باستخدام (GIS) و (RS)، وقد اعتمدت الدراسة على مؤشرات طيفية (BSI, NDVI) وعوامل جيومورفولوجية (نوع التربة، الانحدار، سرعة الرياح، الغطاء النباتي)، وقد أظهرت النتائج أن تكوين الدمام (51.56) % إذ يمثل مورداً مائياً حيوياً للتوسع النباتي والحد من التعرية، وتبين من خلال تحليل البيانات المناخية خطورة التعرية بسبب ضعف (الأمطار، ارتفاع التبخر، انخفاض الرطوبة، وزيادة سرعة الرياح)، وقد صُنّف المنخفض ضمن فئة التعرية العالية جداً بحسب معادلة شيبيل (Chepil Equation)، ومن أصل (15) عينة تربة (11) تقع ضمن نطاق القابلية المتوسطة إلى العالية للتعرية، بحسب مؤشر قابلية التربة على التعرية الريحية، وإن (70.49) % من المساحة تربة مكشوفة (حسب BSI) وهي الأكثر عرضة للتعرية، وإن (93.20) % من المنطقة ذات قيم NDVI منخفضة جداً، مما يعكس ندرة الغطاء النباتي وارتفاع القابلية للتعرية، وتسود الانحدارات المنخفضة جداً، مما يعزز انكشاف التربة، وتبين إن (40.09) % من المنطقة تقع ضمن فئات الخطورة المتوسطة إلى العالية حسب نموذج (WERI).

الكلمات المفتاحية: (التعرية الريحية، نظم المعلومات الجغرافية، مؤشر الاضرار النباتي، الاستشعار عن بعد، مؤشر الترب المكشوفة، قابلية التربة للتعرية، مؤشر خطر التعرية الريحية).





Abstract. This study aims to assess the risk of wind erosion in the Al-Salman Depression, southern Iraq, using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS). The analysis relied on spectral indices (NDVI, BSI) and geomorphological factors (soil type, slope, wind speed, vegetation cover). Results revealed that the Dammam Formation occupies 51.56% of the area, serving as a vital groundwater reservoir that supports vegetation growth and reduces erosion. Climatic data analysis indicated high wind erosion potential due to low rainfall, high evaporation, low humidity, and increased wind speeds. According to the Chepil Equation, the depression was classified within the very high wind erosion risk category. Out of 15 soil samples, 11 fell within the medium to high erodibility classes, based on the Soil Wind Erodibility Index. Furthermore, 70.49% of the area is bare soil (BSI), making it highly susceptible to wind erosion, while 93.20% of the region recorded very low NDVI values, reflecting vegetation scarcity and increased vulnerability. The predominance of very low slopes further enhances soil exposure. Finally, the developed Wind Erosion Risk Index (WERI) showed that 40.09% of the study area falls within medium to high-risk classes.

Keywords: Wind erosion, GIS, NDVI, Remote Sensing, Bare Soil Index, Soil Wind Erodibility, Wind Erosion Risk Index.

المقدمة

تعد التعرية الريحية عملية جيومورفولوجية أساسية في تشكيل ملامح المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ تتجم هذه الظاهرة عن تفاعل عدة عوامل منها (سرعة الرياح، وجفاف التربة، وندرة الغطاء النباتي، وعدم تماسك الحبيبات السطحية، وغياب المصدات الطبيعية) ويؤدي هذا التفاعل إلى تعرية الطبقة السطحية ورفع ونقل المفتتات الترابية، والتي تعمل بدورها كأداة نحت نشطة. ويتجلى تأثير هذه العملية في تشكيل أشكال أرضية مميزة كالسهول الصحراوية والكتبان الرملية.

أولاً: المشكلة الرئيسية: ما هي الأساليب التي يمكن من خلالها قياس خطر التعرية الريحية كمياً

وتوزيعها مكانياً في منخفض السلطان؟

المشكلات الثانوية:





1- ما هي المؤشرات التي يمكن من الاستفادة منها لقياس القدرة الحثية للرياح وتقييم حالة تعرية التربة في منخفض السلطان ؟

2- ما مدى حساسية المؤشرات الرقمية (*NDVI*، *Soil Texture*، *Wind Speed*، *Slope*، *BSI*) في الكشف والقياس الكمي والمساحي والمكاني الدقيق عن التعرية الريحية للتربة في منخفض السلطان ؟

3- كيف يمكن توظيف تقنيات التحليل الهرمي (*AHP*) والذكاء الاصطناعي (*AI*) لتحديد الأوزان للمؤشرات، لدمج طبقات العوامل الطبيعية (انحدار، سرعة رياح، حساسية تربة والمؤشرات الرقمية) لتوليد خرائط خطر التعرية الريحية بدقة عالية ؟

ثانياً: الفرضية الرئيسية: إن التكامل بين المؤشرات الطيفية (*RS*) والنمذجة المكانية ضمن بيئة *GIS Ar* يُنتج عنه خرائط دقيقة، تعكس التباين المكاني والمساحي لتقييم خطر التعرية الريحية في منخفض السلطان، ويمكن استخدام نتائجها في الدراسات الجيومورفولوجية للبيئات الجافة وشبه الجافة. الفرضيات الثانوية:

1- يمكن الاستفادة من معادلة شيبيل (*Chepil Equation*) في الدراسات الجيومورفولوجيا لتحديد أخطار التعرية الريحية، فضلاً عن مؤشر قابلية التربة للتعرية الريحية (*Soil wind Erodibility*).

2- تُظهر مؤشرات (*NDVI*)، نسجة التربة، سرعة الرياح، منحدر الأرض، (*BSI*) حساسية عالية في الكشف عن التعرية الريحية في منخفض السلطان، ويمكن قياس هذه التغيرات مكانياً ومساحياً.

3- يمكن تحديد أوزان عالية الدقة لطبقات العوامل الطبيعية (الانحدار، سرعة الرياح، حساسية التربة) والمؤشرات الرقمية (*NDVI*)، مؤشر القشرة السطحية) عن طريق التكامل بين تقنية التحليل الهرمي (*AHP*) وخوارزميات الذكاء الاصطناعي (*AI*) - ضمن بيئة برنامج *ArcGIS 8.10*، لإنتاج خرائط لمخاطر التعرية الريحية عالية الدقة.

ثالثاً: منهج البحث: اعتمد الباحث المنهج الوصفي والتحليلي الكمي والمكاني مع خوارزميات الذكاء الاصطناعي لفهم خطر التعرية في منخفض السلطان.

رابعاً: حدود الدراسة: تقع ضمن الحدود الإدارية لقضاء السلطان في محافظة المتنى، بين خطي طول (44° 38' 24.511" E - 44° 25' 46.673" E) ودائرتي عرض (30° 22' 11.051" N - 30° 33' 42.546" N) يحدّها من الشمال فيضة أم الحرب والزفراوية، ومن الشرق فيضة هدانية،





ومن الغرب فيضة العوجة، ومن الجنوب فيضة الساعة، بمساحة (192.71) كم²، أما الإطار الزمني للدراسة فامتد بين (1995-2025)، يلاحظ خريطة (1-2).
خامساً: أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تحديد أخطار التعرية الريحية وقياس قابلية التربة لها مكانياً وزمانياً بالاعتماد على مؤشرات (*BSI*، *NDVI*)، نسجة التربة، سرعة الرياح، والانحدار)، فضلاً عن إنتاج خرائط مكانية دقيقة لمستويات الخطورة عبر دمج تقنية (*AHP*) وخوارزميات الذكاء الاصطناعي في بيئة (*ArcGIS*). (10.8).

سادساً: طريقة العمل وخطواته:

1- المرئيات الفضائية التي تم تحميلها: تم تحميل مشهد فضائي واحد لكل من بيانات المتحسسات (*OLI/TIRS*)، العائد للقمر الأمريكي (*Landsat*) للمدة المستهدفة يلاحظ شكل (1) وجدول (1).

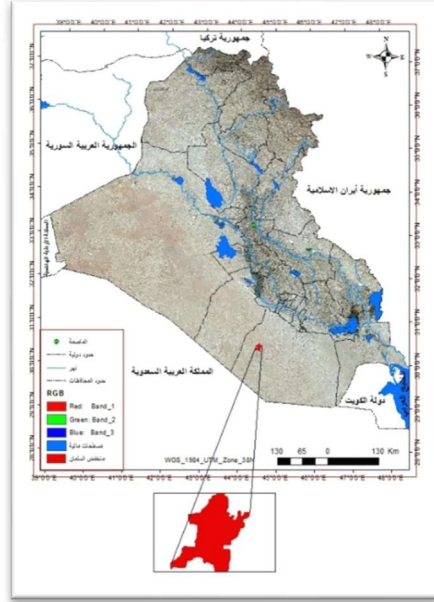
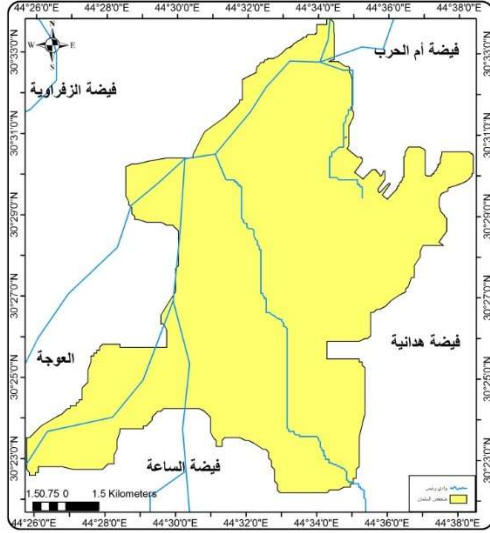
2- المعالجات الرقمية للمرئيات الفضائية:

تتلخص بعمليات الجمع والطرح والقسمة لبيانات المرئية الفضائية، كما تشمل هذه المعالجات عملية الموزائيك والقطع والتحسين بتقنية خلط الألوان وكما يأتي:

1-2- عملية الموزائيك (*Mosaic*): هي عملية طريق ضم أكثر من لوحة واحدة، ولم يتم استخدام هذه العملية بسبب ان منطقة الدراسة غطيت بمشهد واحد.

2-2- عملية القطع (*Clipping*): تستخدم الاداة (*Extract by Mask*) لاستبعاد المناطق التي تقع خارج منطقة الدراسة عن طريق التحديد بـ (*Shapefile*) من نوع (*Polygon*)، يلاحظ شكل (2) وشكل (3).

خريطة (1) موقع منخفض السلطان من العراق خريطة (2) موقع المنخفض من الفيضات

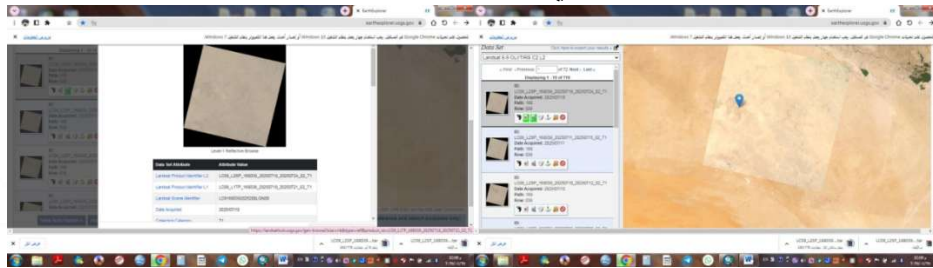


المصادر:

1- وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم إنتاج الخرائط، خريطة العراق الادارية، بمقياس 1:100 1000، بغداد، 2024.

2- القمر الأمريكي Landsat 8-9 مرئية (OLI)، الحزم (2,3,4) 2025.

شكل (1) تحميل احدى المرئيات في 19/7/2025 لمنخفض السلطان Landsat 8-9



المصدر: الباحث بالاعتماد على <https://earthexplorer.usgs.gov>

جدول (1) أرقام وتواريخ المرئيات الفضائية المستخدمة في منطقة الدراسة

| Landsat8-9 | |
|------------|-----------------|
| رقم المشهد | تاريخ الاستحواذ |

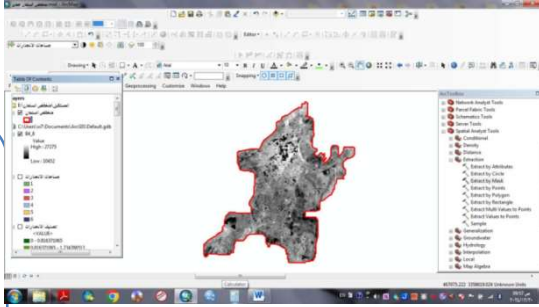


المسار: 168
19/07/2025
الصف: 039

المصدر: بالاعتماد على <https://earthexplorer.usgs.gov>

شكل (3) القطع (Extract by Mask)
(Shapefile)

شكل (2) تحديد الـ (Shapefile)

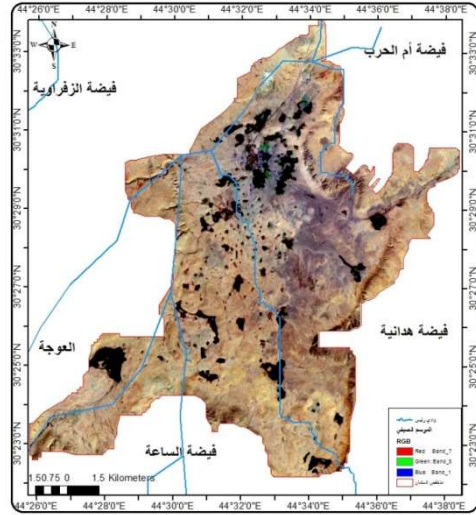
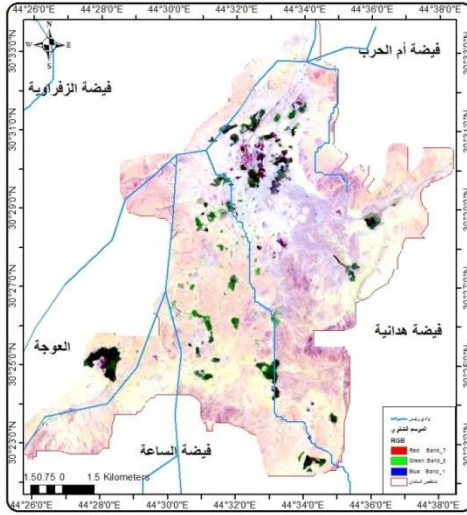


المصدر: الباحث بالاعتماد على *Band 5* وبرنامج *Arc GIS 10.8*.

2-3- التحسين بتقنية خط الالوان: اعتمدت الدراسة على تقنية المزج الطيفي (RGB) باستخدام المركب (1،5،7) من بيانات القمر الصناعي *OLI* لعام 2025، لإنتاج تراكيب لونية زائفة تُبرز تباينات الغطاء الأرضي وتوضح المناطق الأكثر تعرضاً للتعرية الريحية بفعل تراجع الغطاء النباتي صيفاً، يلاحظ خريطة (3،4).

خريطة (4) المركب اللوني شتاءً

خريطة (3) المركب اللوني صيفاً



المصدر: الباحث بالاعتماد على القمر الاصطناعي الأمريكي Landsat8-9 وبرنامج GIS

Arc (10.8).

1- العوامل الطبيعية لمنطقة الدراسة

تمهيد:

للعوامل الطبيعية دوراً أساسياً في التحكم بالعمليات الجيومورفولوجية وتحديد أنماطها المكانية، كما تؤثر بشكل مباشر في كثافة الغطاء النباتي وخصائص التربة واستجابتها للتعرية الريحية، وكما يأتي:

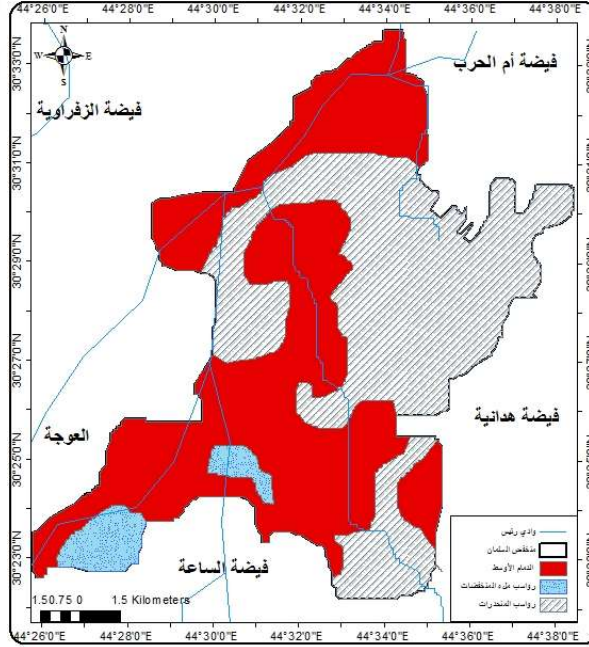
1-1- التركيب الجيولوجي: يُعد التركيب الجيولوجي أحد المرتكزات الجوهرية في هذا السياق، إذ يكشف عن طبيعة الصخور والرواسب السطحية وقابليتها للتجوية والانجراف، وتشير خريطة (5) وجدول (2) إلى أن التكوينات الجيولوجية السائدة في منخفض السلطان تعود إلى الزمنين الثلاثي والرباعي.

1-1-1- ترسبات الزمن الثلاثي (Tertiary Sediments)

تتمثل في منطقة الدراسة بتكوين الدمام الذي يتكون أساساً من الحجر الجيري والدولومايت (Maziqa & Mahdi, 2024, 32)، وينكشف في منطقة الدراسة تكوين الدمام الاوسط مع تدرج صخري نحو الطين الصفائحي بسمك (50-60م) (ديكران ومهدي، 1993، ص 3)، ويُعد مخزناً جوفياً مهماً للمياه الجوفية، ما يعزز نمو الغطاء النباتي ومقاومة التعرية الريحية، ويُعد تكوين الدمام الأوسط الأكثر انكشافاً بمساحة (99.38 كم²) أي بنسبة (51.56) %.



خريطة (5) التكوينات الجيولوجية في منخفض السلمان



المصادر:

- 1-وزارة الصناعة والمعادن، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين خرائط جيولوجية (البصرة، الناصرية، سوق الشيوخ، الرخيمية، كربلاء، النجف)
- 2-وزارة الصناعة والمعادن، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، خريطة جيولوجية العراق بمقياس، 1:1000000، بغداد، 2000.

1-1-2- ترسبات الزمن الرباعي (*Quaternary Deposits*) وتتمثل بالاتي:-

تُظهر ترسبات الزمن الرباعي انتشاراً غير منتظم فوق ترسبات الزمن الثلاثي، غالباً بشكل غير توافقي (كاظم وآخرون، 2011، ص 14)، ما يعكس دينامية التراكم الرسوبي في منخفض السلمان، وتتمثل بترسبات ملء المنخفضات التي تتألف هذه الترسبات أساساً من طين رملي أو طين طيني، وتتركز في قيعان المنخفضات الموسمية وتُستغل زراعياً لاحتفاظها بالرطوبة (Albadran, 2021, p. 207)، تغطي (8.43) كم² أي (4.38) %، كما تشمل رواسب المنحدرات التي تنتشر على نطاق واسع بمساحة (44.06) % من المنطقة، وتتكون من مواد مفككة وضعيفة الترابط كالطين الرملي وشظايا الصخور في قاعدة المنحدرات (Turner & Schuster, 1996, p. 65)، وقد تشكلت في



الغالب خلال الفترة الهولوسينية المتأخرة إلى البليستوسينية العليا نتيجة لعمليات التجوية والجاذبية
(Rosen & Rafiq, 2017, p. 78)

ورغم هشاشتها، فإنها تسهم في حصاد مياه السيول وتوجيهها نحو المنخفضات. ويعزز ذلك نمو الغطاء النباتي ويحد نسبياً من فقدان التربة بفعل التعرية الريحية.

جدول (2) مساحات ترسبات الزمن الثلاثي والرباعي في منخفض السلطان

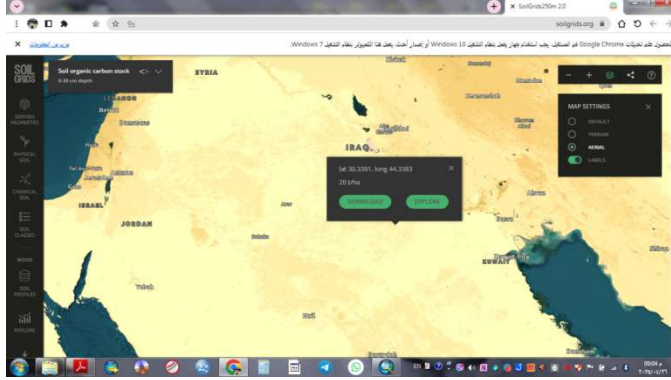
| النسبة المئوية % | المساحة كم ² | الترسبات |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 51.56 | 99.35 | الدمام الأوسط/الزمن الثلاثي |
| 4.38 | 8.43 | رواسب ملء المنخفضات/الزمن الرباعي |
| 44.06 | 84.9 | رواسب المنحدرات/الزمن الرباعي |
| 100 | 192.68 | المجموع |

المصدر: بالاعتماد على:

- 1- كريم محمد حسن وآخرون، التقرير الجيولوجي لرقعة السلطان لوحة (جي ام 36) مقياس 1:250000، المنشأة - العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 1995، ص 5-3.
 - 2- ماجد عبد الأمير كاظم وآخرون، تقرير فني عن مسح لمكونات التربة والطبقات الجيولوجية في محافظة المثنى، تقرير - الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، قسم الجيولوجيا، شعبة المسح الجيولوجي، بغداد، 2011، ص 15-14.
- 1-2- التربة:

اختار الباحث (15) عينة تم رفع بعض خصائصها الفيزيائية والكيميائية من موقع (SoilGrids) ، التي تم انتاجها باستخدام التعلم الآلي بدقة 250 متراً (ISRIC,2025)، يلاحظ شكل (4).

شكل (4) تحميل بيانات التربة من موقع (SoilGrids)

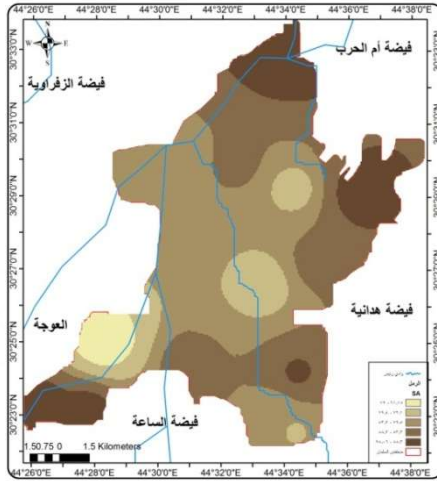


المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc GIC 10.8 و <https://soilgrids.org>

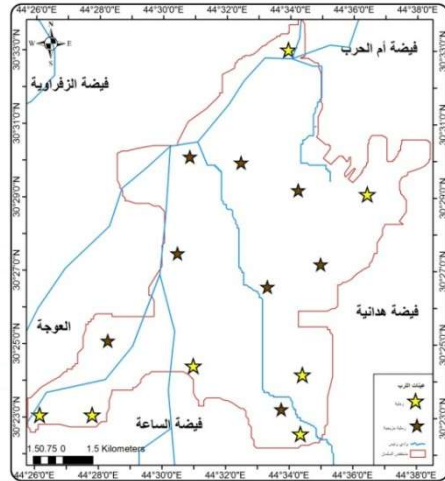
1-2-1- نسجة التربة (Texture):

تسود الترب ذات النسجة الرملية (*Sandy loam* و *Loamy sand*) في منطقة الدراسة، حيث ترتفع نسبة الرمل إلى (61-98) % وتخفض نسب الطين والغرين بشكل ملحوظ بنسبة (0.32-26.39) %، يلاحظ جدول (3) وخريطة (6-7-8-9).

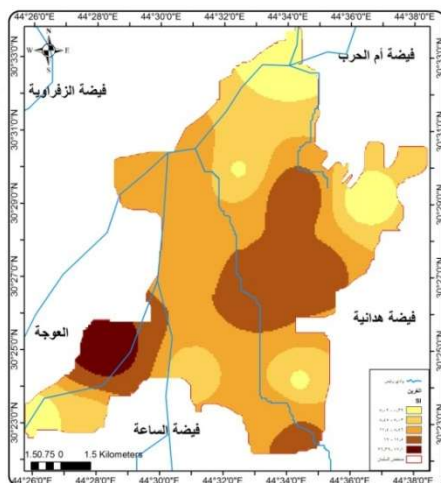
خريطة (6) موقع العينات (منخفض السلطان) خريطة (7) التوزيع المكاني لنسب الرمل



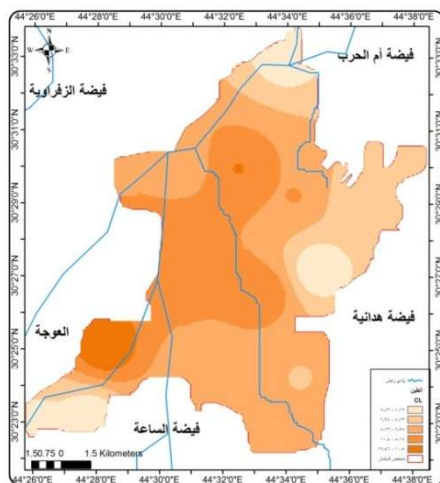
خريطة (9) التوزيع المكاني لنسب الغرين



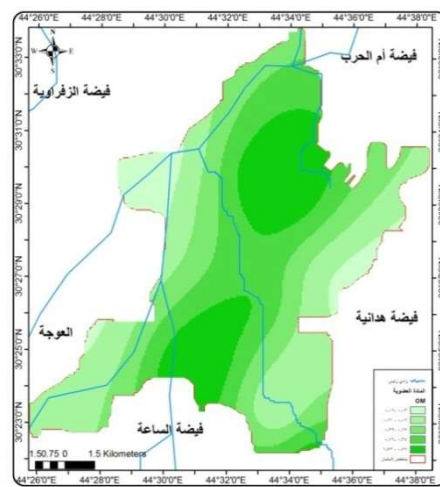
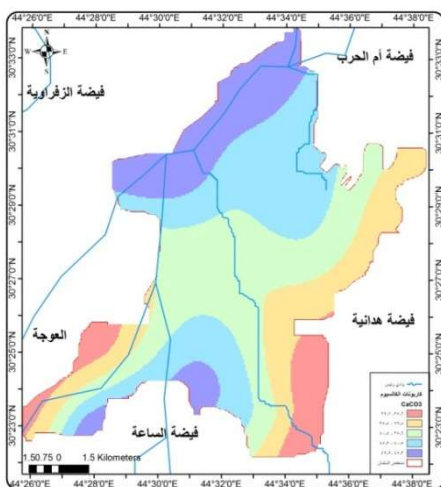
خريطة (8) التوزيع المكاني لنسب الطين



خريطة (11) كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)



خريطة (10) المادة العضوية (OM)



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc GIC 10.8 و <https://soilgrids.org>

2-2-1- المادة العضوية (OM) %:

هي مزيج معقد من بقايا المواد النباتية والحيوانية والكائنات الدقيقة المتحللة، وللمادة العضوية دوراً مهماً في تحديد قابلية الترب على التعرية الريحية من خلال (تحسين الهيكلية، الاحتفاظ بالماء، تثبيت العناصر الغذائية) (Poggio et al., 2021, p. 217)، وتتميز ترب منطقة الدراسة بانخفاض محتواها من المادة العضوية (0.03-1.23) %، مما يضعف تماسكها وقدرتها على الاحتفاظ بالماء.



جدول (3) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترتب منطقة الدراسة

| ت | X | y | رمل SA | طين CL | غرين SI | النسجة | % OM | CaCO ₃ % |
|----|----------------------|----------------------|-----------|-----------|------------|--------------|---------|---------------------|
| 1 | 44° 33' 83" E | 30° 33' 81" N | 61.15 | 12.46 | 26.39 | رملية مزيجية | 0.54 | 47 |
| 2 | 44° 30' 50.855" E | 30° 30' 61" N | 71.64 | 10.78 | 17.58 | رملية مزيجية | 0.05 | 49.2 |
| 3 | 44° 32' 27" E | 30° 29' 56" N | 79.01 | 11.18 | 9.81 | رملية مزيجية | 0.92 | 42.3 |
| 4 | 44° 34' 15" E | 30° 29' 12" N | 94.22 | 3.51 | 2.27 | رملية | 1.09 | 44.1 |
| 5 | 44° 36' 26" E | 30° 29' 60" N | 81.42 | 8.16 | 10.42 | رملية مزيجية | 0.33 | 35.9 |
| 6 | 44° 30' 28.076" E | 30° 27' 28.162" N | 85.76 | 9.49 | 4.75 | رملية مزيجية | 0.23 | 37.2 |
| 7 | 44° 33' 18" E | 30° 26' 33" N | 79.2 | 6.6 | 14.2 | رملية مزيجية | 0.76 | 35.7 |
| 8 | 44° 34' 58" E | 30° 27' 10" N | 90.84 | 5.87 | 3.29 | رملية | 0.07 | 36.2 |
| 9 | 44° 28' 17" E | 30° 25' 40" N | 73.07 | 11.02 | 15.91 | رملية مزيجية | 0.06 | 28.4 |
| 10 | 44° 30' 58" E | 30° 24' 24" N | 84.35 | 1.53 | 14.12 | رملية مزيجية | 1.23 | 46.1 |
| 11 | 44° 34' 24" E | 30° 24' 10" N | 88.97 | 5.78 | 5.25 | رملية | 0.11 | 27.6 |
| 12 | 44° 26' 90" E | 30° 23' 30" N | 92.68 | 4.01 | 3.31 | رملية | 0.1 | 30.1 |
| 13 | 44° 27' 48" E | 30° 23' 30" N | 93.67 | 1.12 | 5.21 | رملية | 0.23 | 47.4 |
| 14 | 44° 34' 21" E | 30° 22' 34" N | 95.4 | 3.23 | 1.37 | رملية | 0.73 | 25.6 |
| 15 | 44° 33' 45" E | 30° 23' 13" N | 98.06 | 1.62 | 0.32 | رملية | 0.03 | 35.1 |

المصدر: بالاعتماد على <https://soilgrids.org>



1-2-3- الكربونات ($CaCO_3$) %:

لكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) دوراً أساسياً في تثبيت التربة عبر آلية الجسر الكاتيوني لأيون الكالسيوم (Ca^{+2}) الذي يعزز تكتل الطين والمركبات العضوية، مما يزيد من استقرار البنية الترابية (Tisdall & Oades, 1982, p. 142). وقد سجلت نسب مرتفعة (25.6-49.2) % خاصة في شمال غرب وجنوب المنطقة. ورغم ضعف المادة العضوية، فإن هذا الاستقرار الكيميائي يسهم بفاعلية في تقليل قابلية التربة للتعرية الريحية.

1-3- الخصائص المناخية:

تشير البيانات المناخية الممتدة (1994-2024) للمحطات الأربع (السماوة، ذي قار، النجف، رفحاء) إلى أن منخفض السلطان يتأثر بمناخ جاف وشبه قاحل يعزز نشاط التعرية الريحية. فالإشعاع الشمسي يسجل معدلات مرتفعة على مدار العام، ولا سيما في الصيف (حزيران-آب) حيث تصل القيم الفعلية إلى أكثر من 12 ساعة يومياً في السماوة وذي قار ورفحاء، ما يرفع من معدلات الجفاف السطحي ويضعف تماسك التربة، أما درجات الحرارة، فتظهر تبايناً ملحوظاً بين الفصول، إذ تصل العظمى إلى أكثر من (46)°م في رفحاء والسماوة صيفاً، بينما تنخفض الصغرى شتاءً إلى نحو (4)°م، مع تسجيل مدى حراري يومي واسع (حتى (19.7)°م في رفحاء). هذا التباين الحراري يعزز التفتك الميكانيكي للتربة، ويزيد من قابليتها للنقل بالرياح، والأمطار كانت محدودة وموسمية، إذ تتركز في الشتاء، بينما تنعدم كلياً في الصيف، ولم يتجاوز المعدل السنوي (122.5) ملم في محطة ذي قار، مقابل (59.7) ملم فقط في رفحاء. ويقترن ضعف الأمطار بارتفاع معدلات التبخر التي بلغت ذروتها في تموز عند أكثر من (600) ملم في ذي قار، كما أظهرت النجف أعلى مجموع سنوي (294.31) ملم. هذا الجفاف الحاد يؤدي إلى تملح السطح وضعف بنية التربة.

أما الرطوبة النسبية، فتتخفض بوضوح لتصل إلى متوسط سنوي (41.78) % في السماوة، وتتراجع إلى أقل من (15) % في تموز وآب، مما يضاعف من هشاشة التربة. وتُظهر سرعة الرياح معدلات تفوق عتبة النقل (3.2) م/ث في معظم أشهر السنة، حيث بلغ المتوسط السنوي (7.25) م/ث في رفحاء و(4.02) م/ث في ذي قار. وتصل القيم القصوى إلى (9.0) م/ث في نيسان بمحطة رفحاء، ما يجعلها الأكثر تعرضاً للنقل الريحي، يلاحظ جدول (4، 5، 6، 7، 8، 9).





جدول (4) المعدلات الشهرية والسنوية لعدد ساعات السطوع الشمسي (ساعة/يوم) (طول النهار)

النظري والفعلي في محطات المحطات المعتمدة

| محطة رفحاء | | محطة النجف | | محطة ذي قار | | محطة السماوة | | المحطة |
|------------|-------|------------|-------|-------------|------|--------------|-------|--------------|
| فعلي | نظري | فعلي | نظري | فعلي | نظري | فعلي | نظري | الشهر |
| 8.0 | 9.0 | 6.8 | 10.5 | 6.5 | 7.0 | 8.2 | 10.2 | كانون الثاني |
| 9.0 | 10.0 | 7.5 | 11.5 | 7.2 | 8.0 | 8.6 | 11.0 | شباط |
| 10.0 | 11.0 | 7.5 | 12.5 | 8.0 | 9.0 | 9.3 | 11.8 | آذار |
| 10.5 | 11.5 | 8.5 | 12.5 | 8.8 | 9.0 | 10.0 | 12.0 | نيسان |
| 11.5 | 12.5 | 9.6 | 13.0 | 10.2 | 11.0 | 11.5 | 13.0 | آيار |
| 12.0 | 13.0 | 10.5 | 14.7 | 12.5 | 13.0 | 12.0 | 13.5 | حزيران |
| 12.1 | 13.2 | 11.8 | 14.5 | 12.2 | 13.0 | 12.5 | 14.0 | تموز |
| 12.0 | 13.0 | 10.9 | 13.7 | 11.5 | 12.0 | 12.3 | 13.8 | أب |
| 11.5 | 12.5 | 9.5 | 12.8 | 11.0 | 12.0 | 11.0 | 13.0 | أيلول |
| 10.0 | 11.0 | 7.8 | 11.9 | 9.0 | 10.0 | 9.8 | 11.5 | تشرين الاول |
| 9.2 | 10.0 | 5.9 | 11.0 | 7.2 | 8.0 | 8.5 | 10.0 | تشرين الثاني |
| 8.5 | 9.5 | 6.2 | 10.3 | 6.5 | 7.0 | 7.9 | 9.5 | كانون الاول |
| 10.36 | 11.35 | 8.54 | 12.41 | 9.22 | 9.92 | 10.13 | 11.94 | المعدل |

المصادر:- بالاعتماد على:

- 1- جمهورية العراق ، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بغداد ، بيانات غير منشورة 2024.
- 2- الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، البيانات المفتوحة، مكتبة البيانات المفتوحة، إدارة تلبية الطلبات المعلوماتية، 2024.

جدول (5) درجات الحرارة العظمى والصغرى والمدى في المحطات المعتمدة

| محطة السماوة | | | محطة ذي قار | | | المحطة |
|--------------|------|-------|-------------|------|-------|--------|
| عظمى | صغرى | المدى | عظمى | صغرى | المدى | الشهر |
| | | | | | | |



| | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|--------------|
| 12 | 14 | 5 | 19 | 12.45 | 11.3 | 6.8 | 18.1 | كانون الثاني |
| 14 | 12 | 8 | 20 | 14.4 | 13 | 7.9 | 20.9 | شباط |
| 18.5 | 13 | 12 | 25 | 19.45 | 14.3 | 12.3 | 26.6 | آذار |
| 24 | 14 | 17 | 31 | 26 | 12.6 | 19.7 | 32.3 | نيسان |
| 30.5 | 15 | 23 | 38 | 32.6 | 12.4 | 26.4 | 38.8 | آيار |
| 33.5 | 15 | 26 | 41 | 35.75 | 15.9 | 27.8 | 43.7 | حزيران |
| 35.5 | 17 | 27 | 44 | 38 | 16.2 | 29.9 | 46.1 | تموز |
| 36.5 | 21 | 26 | 47 | 37.15 | 17.5 | 28.4 | 45.9 | أب |
| 33 | 18 | 24 | 42 | 33.45 | 17.3 | 24.8 | 42.1 | أيلول |
| 27 | 16 | 19 | 35 | 27 | 16.8 | 18.6 | 35.4 | تشرين الاول |
| 18.5 | 13 | 12 | 25 | 20.05 | 9.9 | 15.1 | 25 | تشرين الثاني |
| 13 | 12 | 7 | 19 | 13.85 | 11.7 | 8 | 19.7 | كانون الاول |
| 24.67 | 15 | 17.17 | 32.17 | 25.85 | 14.07 | 18.81 | 32.88 | المعدل |
| محطة رفحاء | | | | محطة النجف | | | | المحطة |
| المعدل | المدى | صغرى | عظمى | المعدل | المدى | صغرى | عظمى | الشهر |
| 13.45 | 18.9 | 4 | 22.9 | 12.2 | 9.6 | 7.4 | 17 | كانون الثاني |
| 15.05 | 21.1 | 4.5 | 25.6 | 14.65 | 10.7 | 9.3 | 20 | شباط |
| 20.2 | 22.8 | 8.8 | 31.6 | 20.15 | 11.1 | 14.6 | 25.7 | آذار |
| 25.4 | 19.4 | 15.7 | 35.1 | 24.45 | 13.1 | 17.9 | 31 | نيسان |
| 30.95 | 19.7 | 21.1 | 40.8 | 30.55 | 10.7 | 25.2 | 35.9 | آيار |
| 35.2 | 18 | 26.2 | 44.2 | 32.95 | 10.3 | 27.8 | 38.1 | حزيران |
| 37.1 | 17.8 | 28.2 | 46 | 36.3 | 9.6 | 31.5 | 41.1 | تموز |
| 36.8 | 19.4 | 27.1 | 46.5 | 35.55 | 8.9 | 31.1 | 40 | أب |
| 33.35 | 18.1 | 24.3 | 42.4 | 32.9 | 10.2 | 27.8 | 38 | أيلول |
| 28.5 | 19.8 | 18.6 | 38.4 | 28 | 12 | 22 | 34 | تشرين الاول |



| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| 18.75 | 21.9 | 7.8 | 29.7 | 20.2 | 13.6 | 13.4 | 27 | تشرين الثاني |
| 13.95 | 19.7 | 4.1 | 23.8 | 14.4 | 11.2 | 8.8 | 20 | كانون الاول |
| 25.73 | 19.71 | 15.87 | 35.58 | 25.19 | 10.92 | 19.73 | 30.65 | المعدل |

المصادر:- بالاعتماد على:

- 1- جمهورية العراق ، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بغداد ، بيانات غير منشورة 2024.
- 2- الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، البيانات المفتوحة، مكتبة البيانات المفتوحة، إدارة تلبية الطلبات المعلوماتية، 2024.

| جدول (7) المعدلات الشهرية والسنوية والعام للتبخر (مم) | | | | جدول (6) معدل الامطار الشهرية والمجموع السنوي (مم) | | | | |
|---|--------|--------|---------|--|-------|--------|---------|--------------|
| رفحاء | النجف | ذي قار | السماءة | رفحاء | النجف | ذي قار | السماءة | المحطة/الشهر |
| 89.2 | 84.2 | 82.2 | 90 | 8.9 | 13 | 21.1 | 19.5 | كانون الثاني |
| 122.2 | 120.3 | 114.2 | 120 | 5.1 | 10.1 | 17 | 13 | شباط |
| 209.8 | 199.2 | 201.5 | 190 | 15.2 | 9.5 | 20.2 | 13.1 | آذار |
| 298.3 | 279.3 | 281.5 | 250 | 9.7 | 9.9 | 14.2 | 7.5 | نيسان |
| 385.2 | 395.2 | 225.3 | 370 | 2.6 | 3.1 | 3.2 | 3 | آيار |
| 484.3 | 507.3 | 542.1 | 470 | 0 | 0 | 0 | 0 | حزيران |
| 533.2 | 554.3 | 603.1 | 510 | 0 | 0 | 0 | 0 | تموز |
| 485.3 | 522.7 | 534.2 | 475 | 0 | 0 | 0 | 0 | أب |
| 372.9 | 380.3 | 411.2 | 355 | 0.6 | 4.1 | 0 | 1 | أيلول |
| 269.5 | 264.2 | 277.2 | 260 | 1.1 | 13.3 | 6.3 | 5 | تشرين الاول |
| 133.4 | 135.3 | 142.1 | 140 | 11.9 | 11.4 | 20.5 | 10 | تشرين الثاني |
| 90.2 | 89.4 | 86.1 | 90 | 4.6 | 12.3 | 20 | 18 | كانون الاول |
| 289.46 | 294.31 | 291.73 | 276.67 | 59.7 | 86.7 | 122.5 | 90.1 | مج |

المصادر:- بالاعتماد على:

- 1- جمهورية العراق ، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بغداد ، بيانات غير منشورة 2024.
- 2- الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، البيانات المفتوحة، مكتبة البيانات المفتوحة، إدارة تلبية الطلبات المعلوماتية، 2024.



| جدول (9) المعدلات الشهرية والسنوية لسرعة الرياح (م/ثا) | | | | جدول (8) المعدلات الشهرية والسنوية للرطوبة النسبية (%) | | | | |
|--|-------|--------|---------|--|-------|--------|---------|--------------|
| رفحاء | النجف | ذي قار | السمامة | رفحاء | النجف | ذي قار | السمامة | المحطة/الشهر |
| 7.0 | 1.3 | 3.3 | 8.2 | 60.1 | 50 | 71 | 70.6 | كانون الثاني |
| 7.5 | 1.5 | 3.5 | 3.3 | 55.2 | 45 | 65 | 62.8 | شباط |
| 8.0 | 2.6 | 4.2 | 3.5 | 50.2 | 40 | 55 | 55.2 | آذار |
| 9.0 | 2.7 | 4.3 | 3.6 | 40.4 | 35 | 45 | 52 | نيسان |
| 7.5 | 2.9 | 4.4 | 3.7 | 30.5 | 30 | 35 | 39.1 | آيار |
| 7.6 | 2.8 | 5.4 | 4 | 25.6 | 25 | 25 | 24.1 | حزيران |
| 6.5 | 2.9 | 5.2 | 4.1 | 22.1 | 20 | 20 | 13.1 | تموز |
| 6.1 | 2.3 | 4.6 | 5.3 | 24.7 | 22 | 22 | 14.6 | أب |
| 7.5 | 1.5 | 4 | 3.2 | 30.3 | 30 | 30 | 21.4 | أيلول |
| 6.9 | 1.3 | 3.2 | 2.7 | 40.2 | 45 | 45 | 27.2 | تشرين الاول |
| 6.8 | 1.23 | 3.1 | 2.4 | 50.1 | 55 | 55 | 55.1 | تشرين الثاني |
| 6.6 | 1.20 | 3 | 2.6 | 55.0 | 60 | 65 | 66.2 | كانون الاول |
| 7.25 | 2.02 | 4.02 | 3.28 | 40.36 | 38.08 | 44.42 | 41.78 | مجموع المعدل |

المصادر:- بالاعتماد على:

- 1- جمهورية العراق ، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بغداد ، بيانات غير منشورة 2024.
- 2-الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، البيانات المفتوحة، مكتبة البيانات المفتوحة، إدارة تلبية الطلبات المعلوماتية، 2024.

بناءً على ذلك، فإن التداخل بين شدة الإشعاع الشمسي، وارتفاع الحرارة والتبخر، وانخفاض الأمطار والرطوبة، إلى جانب الرياح النشطة، يُعد منظومة من العوامل المناخية التي تجعل منطقة منخفض السلطان بيئة شديدة الحساسية للتعرية الريحية.

2- قياس القدرة الحثية للرياح لمنطقة الدراسة:

يمثل تقدير القدرة الحثية للرياح خطوة أساسية لفهم ديناميكيات التعرية الريحية في المناطق الجافة. اعتمدت الدراسة معادلة شبيل (*Chepil, 1957*) التي تربط بين سرعة الرياح ومؤشر فعالية الهطول (*PE*)، حيث تزداد القدرة الحثية طردياً مع مكعب سرعة الرياح وعكسياً مع كميات المطر



الفعّال (Chepil, 1957, p. 71), وتحسب القدرة الحتية للرياح كما يأتي (Skidmore, 1995, pp. 195-196):

1- معادلة القدرة الحتية للرياح (C)

$$C = 386 \times (V^3 / PE^2)$$

إذ ان:

C = القدرة الحتية للرياح (Climatic Factor)

V = معدل سرعة الرياح (ميل/ساعة) (*)

PE = مؤشر فعالية الهطول (بوصة/سنة)

2- معادلة مؤشر فعالية الهطول (PE)

$$(9/10)^{PE} = 115 \times [(P / (T - 10))]$$

إذ ان:

P = مجموع الأمطار السنوي (بوصة (**))

T = معدل درجة الحرارة السنوي (فهرنهايت (***)) °

وقد قسم (Chepil) ناتج المعادلة الى خمس درجات، يلاحظ جدول (10).

أظهرت النتائج أن جميع المحطات الأربع تقع ضمن فئة التعرية العالية جداً، يلاحظ جدول (11)، إذ سجلت محطة رفحاء القيمة الأعلى (222114.6) بفعل الرياح القوية (16.21) ميل/ساعة وانخفاض المطر الفعّال (2.35) إنج، تلتها السماوة (8270.06) وذبي قار (7208.59)، في حين سجلت النجف أدنى قيمة (1793.02) لكنها بقيت ضمن نفس الفئة، مما يعكس شدة القابلية المناخية للتعرية في كامل منطقة الدراسة.

جدول (10) درجات التعرية الريحية حسب معامل (Chepil)

| الدرجات | 17-0 | 35-18 | 71-36 | 150-72 | 150 فأكثر |
|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|
| شدة التعرية | تعرية | قليلة | تعرية قليلة | متوسطة | تعرية عالية |
| شديدة | قليلة | تعرية قليلة | متوسطة | تعرية عالية | شديدة |
| التعرية | جدا (Very Low) | (Low) | (Intermediate) | (High) | جدا (Very High) |

Chepil, W. S., Siddoway, F. H., & Armbrust, D. V. (1962). Climatic factor for estimating wind erodibility of farm fields. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 162-165.



جدول (11) القابلية المناخية للتعرية الريحية

| المحطات | معدل سرعة الرياح (ميل/ساعة) V | كمية التساقط السنوي (انج) P | معدل الحرارة (ف ⁵) T | معدل التساقط الفعال (PE) | القابلية المناخية لتعرية الرياح | درجة التعرية |
|---------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| السماوة | 7.33 | 3.55 | 78.53 | 4.29 | 8270.06 | عالية جداً |
| ذي قار | 8.99 | 4.82 | 76.4 | 6.24 | 7208.59 | عالية جداً |
| النجف | 4.33 | 3.41 | 77.34 | 4.18 | 1793.02 | عالية جداً |
| رفحاء | 16.21 | 2.35 | 78.31 | 2.72 | 222114.6 | عالية جداً |

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول(5,9)

3- مؤشر قابلية التربة للتعرية الريحية (Soil wind Erodibility):

تم توظيف مؤشر قابلية الترب للتعرية الريحية (EF) الذي يعتمد على نسب الرمل والغرين والطين والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم، وفقاً للمعادلة الآتية (Fryrear et al., 1994, p. 184):

$$EF = [29.09 + 0.31 \times SA + 0.17 \times SI + 0.33 \times (SA/CL) - 2.59 \times OM - 0.95 \times CaCO_3] / 100$$

إذ ان:

SA = نسبة الرمل (%)

SI = نسبة الغرين (%)

CL = نسبة الطين (%)

OM = نسبة المادة العضوية (%)

CaCO₃ = نسبة الكالسيوم الكربوني (%)

جدول (12) مؤشر قابلية التربة على التعرية الريحية

| قيمة (EF) | موقع العينة | | ت | قيمة (EF) | موقع العينة | | ت | قيمة (EF) | موقع العينة | |
|--------------|-------------|------|---|--------------|-------------|------|---|--------------|-------------|------|
| | Y(N) | X(E) | | | Y(N) | X(E) | | | Y(N) | X(E) |
| | | | | | | | | | | |



| | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------|--------------------|----|------|--------------------|--------------------|----|------|--------------------|--------------------|---|
| 0.36 | 30° 24' 10.873" | 44° 34' 24.571" | 11 | 0.24 | 30° 27' 28.162" | 44° 30' 28.076" | 6 | 0.08 | 30° 33' 1.964" | 44° 33' 56.185" | 1 |
| 0.37 | 30° 23' 3.456" | 44° 26' 9.160" | 12 | 0.24 | 30° 26' 33.978" | 44° 33' 18.228" | 7 | 0.1 | 30° 30' 6.184" | 44° 30' 50.855" | 2 |
| 0.41 | 30° 23' 3.874" | 44° 27' 48.298" | 13 | 0.28 | 30° 27' 10.839" | 44° 34' 58.511" | 8 | 0.15 | 30° 29' 56.865" | 44° 32' 27.677" | 3 |
| 0.42 | 30° 22' 34.165" | 44° 34' 21.273" | 14 | 0.29 | 30° 25' 4.755" | 44° 28' 17.389" | 9 | 0.23 | 30° 29' 12.108" | 44° 34' 15.815" | 4 |
| 0.46 | 30° 23' 13.799" | 44° 33' 45.161" | 15 | 0.29 | 30° 24' 24.553" | 44° 30' 58.746" | 10 | 0.24 | 30° 29' 6.073" | 44° 36' 26.099" | 5 |

المصدر: بالاعتماد على نتائج تطبيق معادلة EF.

أظهرت القيم لجدول (12) تبايناً بين (0.08 - 0.46)، بما يسمح بتمييز ثلاث فئات رئيسية: قيم منخفضة (0.08 - 0.15) ترتبط بترب رطبة نسبياً وغنية بالطين والمادة العضوية، قيم متوسطة (0.23 - 0.29) تمثل تربة انتقالية أكثر عرضة عند توافر الرياح القوية، وقيم عالية (0.36 - 0.46) تعكس الترب الرملية الهشة ذات التماسك الضعيف والانحدارات الملحوظة. وتبين أن غالبية العينات (12 من أصل 15) تقع ضمن الفئة المتوسطة إلى العالية، وهو ما يؤكد اتساع المساحات الهشة وتعرضها لخطر الانجراف الريحي.

تدل هذه النتائج مجتمعة على أن منخفض السلطان يجمع بين عوامل مناخية قاسية (سرع رياح عالية، أمطار محدودة، تبخر مرتفع) وخصائص تربة ضعيفة التماسك، ما يجعل المنطقة من أكثر البيئات عرضة للتعرية الريحية، الأمر الذي يتطلب خطط إدارة متكاملة للحد من مخاطرها.

4- دور نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تقييم أخطار التعرية:

يمثل دمج تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) و نظم المعلومات الجغرافية (GIS) منهجاً حديثاً وفعالاً في تقييم أخطار التعرية الريحية، لما يوفره من بيانات مكانية وزمنية دقيقة حول الغطاء النباتي، رطوبة التربة، والخصائص الطبوغرافية. أسهم تحليل صور الأقمار الاصطناعية (Landsat 8-9) واستخدام أدوات (GIS 10.8) في اشتقاق مؤشرات طيفية ومكانية أساسية.

4-1- مؤشر التربة المكشوفة (BSI): القيم المرتفعة في هذا المؤشر دليل على انخفاض الغطاء

النباتي أو انعدامه ووفقاً للمعادلة الآتية (Mzid et al., 2021, p. 474):

$$BSI = (SWIR1 + Red) - (Blue + NIR) / (SWIR1 + Red) + (Blue + NIR)$$

إذ إن:

SWIR1: قيمة النطاق الطيفي الموجات القصيرة تحت الحمراء (Shortwave Infrared I).



Red: قيمة النطاق الطيفي الأحمر (*Red*).

Blue: قيمة النطاق الطيفي الأزرق (*Blue*).

NIR: قيمة النطاق الطيفي القريب من الأشعة تحت الحمراء (*Near Infrared*).

تبين عند تطبيق المعادلة سيادة الفئة عالية الانكشاف (0.13–0.16) بنسبة 70.49% من مساحة منخفض السلطان (135.84) كم²، مما يعكس هشاشة الغطاء الأرضي وسيادة الترب العارية، في حين شكلت الفئات المتوسطة والمنخفضة مجتمعة (29.51) % فقط، يلاحظ جدول (13).

جدول (13) نتائج مؤشر (*NDVI - BSI*)

| مؤشر الغطاء النباتي (<i>NDVI</i>) | | | | مؤشر التربة المكشوفة (<i>Bare Soil Index - BSI</i>) | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------|---|-------------------------|--------|-------------|
| النسبة المئوية % | المساحة كم ² | الحالة | الفئات | النسبة المئوية % | المساحة كم ² | الحالة | الفئات |
| 93.20 | 179.61 | المنخفضة جداً | 0.018 - 0.082 | 70.49 | 135.84 | عالية | 0.13 - 0.16 |
| 6.72 | 12.95 | المحدودة او المتقطعة | 0.083 - 0.16 | 23.74 | 45.75 | متوسطة | 0.11 - 0.12 |
| 0.08 | 0.15 | الافضل نسبياً | 0.17 - 0.38 | 5.77 | 11.12 | متدنية | 0.098 - 0.1 |
| 100.00 | 192.71 | | | 100.00 | 192.71 | | |

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات القمر الاصطناعي الامريكى *Landsat8-9* وبرنامج

Arc (GIS 10.8).

2-4 مؤشر الغطاء النباتي (*NDVI*): أقتراح لأول مرة في مؤتمر دولي عام 1969 من قبل

(Kriegler et al., 1969, p. 97)، وفق المعادلة الآتية (*Kriegler et al., 1969, p. 97*):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad \text{إذ إن:}$$

NIR: يمثل انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة.

Red: يمثل انعكاس الضوء الأحمر.

وقد بين أن (93.2) % من المنطقة ذات قيم منخفضة جداً (0.018–0.082)، وهو ما يبرر

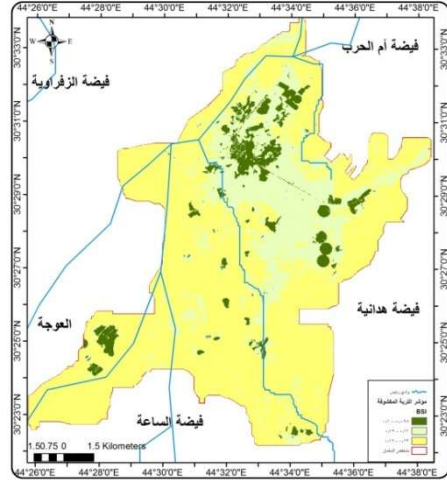
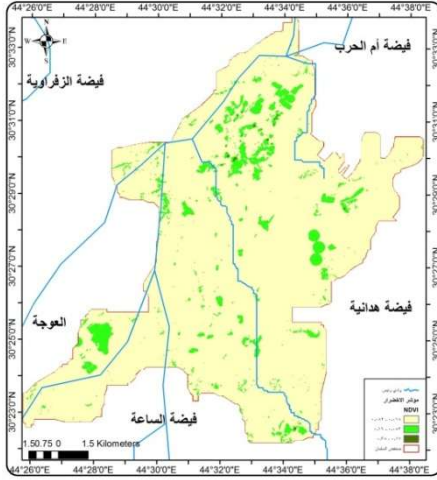
توافق الارتفاع الكبير لقيم *BSI* مع الضعف الشديد للغطاء النباتي، ما يزيد من احتمالية تعرض التربة

للتعرية، يلاحظ جدول (13) وخريطة (13–14).

خريطة (14) مؤشر (*NDVI*)

خريطة (13) مؤشر (*BSI*)





المصدر: بالاعتماد على بيانات القمر الاصطناعي الأمريكي Landsat8-9 وبرنامج GIS Arc (10.8).

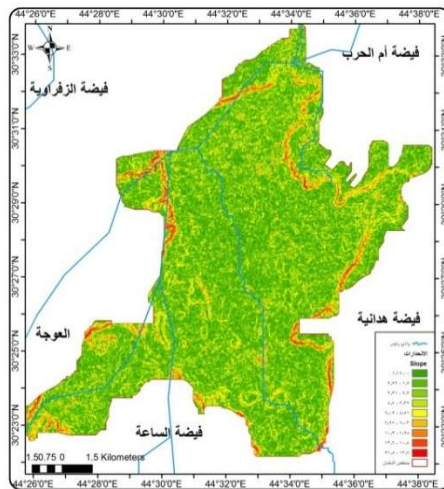
3-4- تصنيف المنحدرات (حسب الدرجة): أظهر تحليل الانحدارات (Zink Classification) أن أكثر من (74) % من مساحة المنطقة تقع ضمن الانحدارات المنخفضة ($>3.3^\circ$)، وهو ما يسهل حركة الرياح على سطح شبه مستو، ويعزز احتمالية الانجراف الريحي. في المقابل، مثلت الانحدارات المتوسطة إلى العالية نسباً أقل (25.7) % مع دور أكبر للتعرية المائية، يلاحظ خريطة (15) وجدول (15).



جدول (15) تصنيف المنحدرات (Zink)

| التصنيف | النسبة المئوية % | المساحة كم ² | الفئات |
|---------------------------|------------------|----------------------------|---------------|
| منبسطة نسبياً | 19.67 | 37.91 | 0 - 1.19 |
| انحدارات خفيفة جداً | 32.49 | 62.62 | 1.2 - 2.29 |
| ميل طفيف | 22.11 | 42.60 | 2.3 - 3.31 |
| | 74.27 | 143.13 | المجموع |
| انحدار متوسط نسبياً | 13.01 | 25.06 | 3.32 - 4.5 |
| انحدار متوسط نسبياً | 6.71 | 12.94 | 4.51 - 6.02 |
| | 19.72 | 38 | المجموع |
| العالية الانحدار | 3.15 | 6.06 | 6.03 - 7.97 |
| العالية الانحدار | 1.72 | 3.32 | 7.98 - 10.3 |
| العالية الانحدار | 0.88 | 1.70 | 10.4 - 13.6 |
| العالية الانحدار | 0.26 | 0.50 | 13.7 - 21.5 |
| | 6.01 | 11.58 | المجموع |
| | 100.00 | 192.71 | المجموع الكلي |

خريطة (15) تصنيف المنحدرات (Zink)



المصدر: باعتماد ملف DEM, و Zink

وبرنامج Arc GIS 10.8

5- توليد الأوزان الترجيحية لمؤشر خطر التعرية الريحية WERI (Wind Erosion Risk

: Index)

تم تطوير مؤشر (WERI) الذي يجمع بين المؤشرات الرئيسية (BSI, NDVI, سرعة الرياح، نسجة التربة، والانحدار) باستخدام أوزان مستخلصة عبر التحليل الهرمي (AHP)، وقد تم تحديد أهمية كل طبقة من (1-9)، يلاحظ جدول (16) باستخدام الذكاء الاصطناعي وبعدها تحويل النسب المئوية إلى ارقام مطلقة (DeepSeek, 2025) وحسب المعادلة الآتية:



$$WERI = [(0.416 \times BSI) + (0.161 \times Slope) + (0.262 \times Wind Speed) + (0.099 \times Soil Texture) - (0.062 \times NDVI)]$$

$WERI$ = (مؤشر خطر التعرية الريحية المطور).

BSI = (مؤشر السطوع الطيفي)، يعكس انكشاف التربة وندرة الغطاء الاخضر .

$Slope$ = (الانحدار الطبوغرافي) ، يعمل كمؤثر على سرعة الرياح وفقدان التربة.

$Wind Speed$ = (سرعة الرياح)م/ثا ، وهي العامل الأساس في فقدان التربة وعمليات التعرية الريحية.

$Soil Texture$ = (نسجة التربة) (نسب الرمل والطين والغرين) لتحديد درجة قابليتها للانجراف.

$NDVI$ = (مؤشر الغطاء النباتي) ، يقلل من التعرية عند ارتفاع قيمه.

جدول (16) درجات الأهمية بحسب (AHP)

| الدرجات | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | درجات بينية (2-4-8-6) |
|---------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|-----------------------|
| الدليل | أهمية قليلة | أهمية متوسطة | أهمية كبيرة | أهمية جداً | أهمية كبيرة | درجات بينية مطلقة |

SAATY, T.L. and VARGAS, L.L.G,(2006).Decision making with the analytic network process [electronic resource]: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks. Springer, 95, New York.

إن هذه الصيغة تمثل إطاراً مقترحاً، يمكن معايرتها والتحقق من دقتها من خلال المقارنة الميدانية مع المناطق الأكثر عرضة للتعرية في منخفض السلطان.

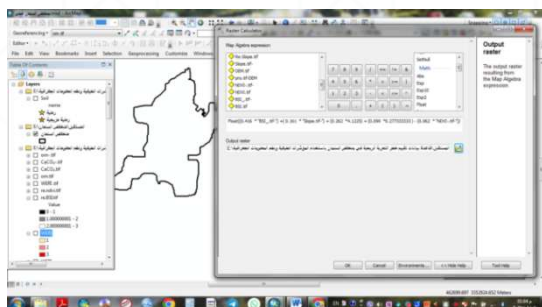
وبعد تحديد درجات الأهمية يتم ادخالها في موقع *Priority Calculator* (AHP) لحساب وزن

كل طبقة، يلاحظ جدول (17) ثم يتم تنفيذ المعادلة في بيئة *Arc GIS 10.8* يلاحظ شكل (5).

جدول (17) الأهمية النسبية للطبقات

تطبيق لمؤشر خطر التعرية الريحية

شكل (5)



المصدر: بالاعتماد على برنامج Arc GIS 10.8

| الارقام | النسب المئوية % | الطبقات | ت |
|---------|--------------------|-----------------|---|
| 0.416 | 41.6 | BSI | 1 |
| 0.161 | 16.1 | Slope | 2 |
| 0.262 | 26.2 | Wind Speed | 3 |
| 0.099 | 9.9 | Soil Texture | 4 |
| 0.062 | 6.2 | NDVI | 5 |
| 1 | 100 | المجموع | |

المصدر: [/https://bpmsg.com](https://bpmsg.com)

أظهرت النتائج أن الفئة المنخفضة الخطورة استحوذت على (59.91) % من مساحة المنطقة، بينما شكلت الفئة المتوسطة (34.48) %، في حين اقتضرت الفئة عالية الخطورة على (5.61) % فقط (10.81) كم²، لكنها تمثل بؤراً حرجية يجب استهدافها في برامج التثبيت ومكافحة التصحر، يلاحظ جدول (18) وخريطة (16).

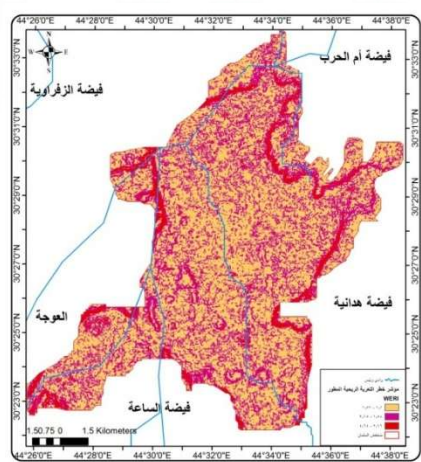
جدول (18) نتائج (مؤشر خطر التعرية الريحية المطور) WERI

| الفئات | الحالة | المساحة كم ² | النسبة المئوية % |
|------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| 1.1 - 1.57 | الخطورة المنخفضة | 115.46 | 59.91 |
| 1.58 - 2.15 | متوسطة الخطورة | 66.44 | 34.48 |
| 2.16 - 4.64 | خطورة مرتفعة | 10.81 | 5.61 |
| المجموع/ المتوسطة + المرتفعة | | 77.25 | 40.09 |
| المجموع الكلي | | 192.71 | 100.00 |

المصدر: بالاعتماد على خريطة (13-14-15)



خريطة (16) نتائج (مؤشر خطر التعرية الريحية المطور) WERI



المصدر: بالاعتماد على خريطة (13-14-15)

تؤكد هذه النتائج أن التكامل بين *RS* و *GIS* يتيح بناء صورة مكانية دقيقة لخطورة التعرية الريحية، ويوفر أداة عملية لاتخاذ قرارات مستدامة لإدارة الأراضي في منخفض السلطان، مع تحديد الأولويات المكانية لمعالجة البيئات الهشة،

النتائج:

- 1- جميع العينات المختار هي تربة ذات نسجة رملية أو رملية مزيجية ذات نسب متدنية للمادة العضوية إذ تحتوي على أقل من (1.23) %.
- 2- تشير البيانات المناخية للمحطات المعتمدة إلى بيئة مناخية جافة وشبه جافة محفزة لنشاط التعرية الريحية، إذ تتجاوز سرعة الرياح (3.2) م/ث في معظم الأشهر وفي جميع المحطات المعتمدة، وهي سرعة كافية لنقل الجزيئات الدقيقة، ولا سيما في فصلي الربيع والصيف، ولا سيما في محطة رفحاء إذ بلغت (7.25 م/ث).
- 3- وضحت النتائج ان منخفض السلطان يقع ضمن فئة التعرية العالية جدًا (أكثر من 150) حسب تصنيف *Chepil*، مما يشير إلى خطورة عالية للتعرية الريحية في كل المواقع المدروسة.
- 4- ارتفاع نسب التربة المكشوفة ضمن (*BSI*) في الفئة (0.13-0.16) إلى (70.49) %، لذا فإن غالبية مساحة منخفض السلطان تقع ضمن الفئات ذات (*BSI*) المرتفع ما يشير إلى خطورة التعرية الريحية.





- 5- تشير نتائج *NDVI* ضمن فئة (0.018-0.082) الى ضعف الغطاء النباتي بنسبة (93.20) % من منخفض السلمان.
- 6- اتساع مساحة الانحدارات الخفيفة بنسبة (74.27) % من المنطقة ذات انحدار $> 3.31^\circ$ تحيطها مناطق مرتفعة نسبياً مما يعزز تسارع الرياح وبالتالي زيادة التعرية الريحية.
- 7- توزيع خطورة التعرية: (40.09) % وبمساحة (77.25) كم² من منخفض السلمان مصنفة خطورتها (متوسطة-مرتفعة).

المقترحات:

- 1- زراعة حواجز نباتية (كالأثل) في المناطق ذات الخطورة المرتفعة (*WERI*) (2.16 - 4.64).
- 2- تعزيز الغطاء النباتي عن طريق زراعة أنواع مقاومة للجفاف (كالتين الشوكي) في الفئة (0.083-0.16).
- 3- نظام إنذار مبكر للتنبؤ بالعواصف الرملية باستخدام بيانات سرعة الرياح من المحطات المعتمدة.
- 4- تحسين خصوبة التربة عن طريق إضافة المواد العضوية لرفع محتواها إلى أكثر من (1.5%) في العينات ذات القيم المنخفضة مثل العينة الثانية التي بلغت نسبتها (0.05) %.
- 5- تعزيز تغذية المياه الجوفية عن طريق بناء سدود ترابية في المناطق ذات الانحدار (2.3- 4.51) °.
- 6- مسح فصلي عن طريق المراقبة بالطائرات المسيرة، لغرض الكشف الميداني عن التغيرات في مؤشر (*NDVI*) - (*BSI*).
- 7- تحديث نماذج مخاطر التعرية الريحية عن طريق تطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحسين دقة أوزان الطبقات.
- 8- إدارة الرعي عن طريق تحديد مناطق حظر الرعي في المناطق ذات التعرية المتوسطة-المرتفعة (40.09) % من المساحة الكلية لمنخفض السلمان.

المصادر

- [1] 1- ديكران، دريد بهجت، & مهدي، عبد الحي إبراهيم. (1993). التقرير الجيولوجي لمنطقة الناصرية، اللوحة (3-38-NH)، مقياس 1:250000. ترجمة ندى عبد الكريم محمد. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص 3.
- [2] 2- كاظم، ماجد عبد الأمير، عواد، علي مطلق، & توفيق، أسامة علاء. (2011). تقرير فني





عن المسح لمكونات التربة والطبقات الجيولوجية في محافظة المثنى. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، بغداد، ص 14.

- [3] Albadrان, B. N. (2021). "Sedimentology and mineralogy of Quaternary sediments of marshes, South of Iraq." In L. A. Jawad (Ed.), Southern Iraq's Marshes (Coastal Research Library, Vol. 36, pp. 201–214). Springer. p. 207.
- [4] Chepil, W. S. (1957). "Sedimentary characteristics of dust storms: II. Visibility and dust concentration." American Journal of Soil Science, 8(2), 71–79.
- [5] DeepSeek. (2025). "DeepSeek AI search platform." DeepSeek. Retrieved 2025, from <https://chat.deepseek.com/>
- [6] Fryrear, D. W., Krammes, C. A., Williamson, D. L., & Zobeck, T. M. (1994). "Computing the Wind-Erodible Fraction of Soils." Journal of Soil and Water Conservation, 49(2), 184.
- [7] ISRIC – International Soil Reference and Information Centre. (2024). "SoilGrids FAQ." ISRIC. Retrieved 2024, from <https://www.isric.org/explore/soilgrids/faq-soilgrids>
- [8] Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., & Richardson, W. (1969). "Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition." In Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment (pp. 97–131). University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- [9] Maziqa, F. H. H., & Mahdi, M. M. (2024). "Comprehensive facies analysis and depositional environment modeling of the Eocene Dammam Formation in Central to Southern Iraq." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1300, 012032.
- [10] Mzid, N., Pignatti, S., Huang, W., & Casa, R. (2021). "An analysis of bare soil occurrence in arable croplands for remote sensing topsoil applications." Remote Sensing, 13(3), 474.
- [11] Poggio, L., de Sousa, L., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B. M., Kempen, B., Ribeiro, E., & Rossiter, D. (2021). "SoilGrids 2.0: Producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty." SOIL, 7, 217–240.
- [12] Rosen, A. M., & Rafiq, A. (2017). "Mid- to late-Holocene archaeology, environment and climate in the northeast Kurdistan region of Iraq." Paléorient, 43(1), 78.
- [13] Skidmore, E. L. (1995). "Wind erosion." In Soil Erosion Research Methods (pp. 195–196).



- [14] Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (1982). "Organic matter and water-stable aggregates in soils." *Journal of Soil Science*, 33(2), 141–163.
- [15] Turner, A. K., & Schuster, R. L. (1996). *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press, Washington, D.C., p. 65.

