استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والتحسس النائي في رصد ومراقبة العواصف الغبارية المؤثرة في ظاهرة التصحر في محافظة صلاح الدين

م.د. أوس علي محمد
جامعة تكريت /كلية الآداب /قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية

Using remote sensing and remote sensing techniques to detect storms affecting the phenomenon of desertification in Salah al-Din Governorate

Lec. Dr. Aws Ali Mohammed
Tikrit University / College of Arts / Department of Geography and GIS
E-mail: aws.ali@tu.edu.iq

الملخص:

تلعب تقنيات الاستشعار عن بعد والتحسس النائي دوراً مهماً في رصد ومراقبة العواصف الغبارية وتأثيراتها على ظاهرة التصحر في محافظة صلاح الدين، من خلال بيانات الغبار (AOT) التي توفرها المرئيات الفضائية (MODIS) وبدقة (١ كم) لعامي ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤، والتي تم استخلاصها من منصة (GEE) وبالاعتماد على معادلات وخوارزميات خاصة ، وتهدف الدراسة الى عمل مقارنة بين سنة ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤ ، ومن ثم تحليل تأثير هذه العواصف الغبارية في ظاهرة التصحر، وتحديد أهم العوامل التي تسهم في تفاقمها ، وتوصلت الدراسة الى أن العواصف الغبارية في محافظة صلاح الدين بين عامي ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤ شهدت تغيرات ملحوظة في نطاقاتها والشدة المرصودة، مما يستدعي الدراسات والتحليلات المستمرة لفهم الأسباب وراء هذه التحولات والتعامل معها بشكل فعال.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بعد ، العواصف الغبارية ، MODIS .

Abstract:

Remote sensing and satellite-based observation technologies play a significant role in monitoring and studying dust storms and their impact on desertification in Salahuddin Governorate. This research utilizes Aerosol Optical Thickness (AOT) data provided by MODIS satellite imagery with a spatial resolution of 1 km for the years 2023 and 2024. The data was extracted from the Google Earth Engine (GEE) platform using specialized equations and algorithms.

The study aims to compare the dust storm activity between 2023 and 2024, analyze their influence on desertification, and identify the key factors contributing to its exacerbation. Findings indicate that dust storms in Salahuddin Governorate experienced notable changes in their intensity and spatial extent during the two years. This highlights the necessity for continuous studies and analyses to understand the underlying causes of these transformations and to develop effective mitigation strategies.

Keywords: Remote sensing, dust storms, MODIS.

المقدمة:

تعد العواصف الغبارية من الظواهر الطبيعية التي تؤثر بشكل كبير على البيئة والصحة العامة، خاصة في المناطق المعرضة للتصحر، ويمكن لتقنيات الاستشعار عن بعد والتحسس النائي أن تلعب دوراً مهماً في رصد هذه العواصف ومراقبتها بطرق فعّالة ودقيقة، وتعد تقنيات الاستشعار عن بعد والتحسس النائي أحد الادوات العلمية الرئيسة المستخدمة في تحليل البيانات المناخية، من خلال تطبيق خوارزميات التعلم الآلي، إذ يمكن دراسة الأنماط المناخية التاريخية مثل الرياح، ودرجة الحرارة، والرطوبة، إذ تساعد هذه التحليلات في التنبؤ بالعواصف الغبارية قبل حدوثها، مما يتيح للسكان اتخاذ إجراءات احترازية، بالإضافة إلى ذلك تساهم تقنيات الاستشعار عن بُعد المدمجة مع الذكاء الاصطناعي، في جمع وتحليل الصور الجوية والبيانات من الأقمار الصناعية لرصد النشاط الجوّي، ويمكن لهذه التقنيات تحديد مواقع العواصف الغبارية ومدى تأثيرها على الأراضي الزراعية والمجتمعات المحلية.

يمكن استخدام نماذج الذكاء الاصطناعي لتقييم فعالية الأرض والتنبؤ بمناطق التصحر المحتملة، ومن خلال تحليل العوامل البيئية مثل نوع التربة ومعدل الهطول المطري، يمكن وضع استراتيجيات للإدارة المستدامة للموارد الطبيعية، وإلى جانب ذلك تكمن أهمية تطوير نظم الإنذار المبكر، التي تعتمد على التقنيات المتقدمة للذكاء الاصطناعي، في قدرتها على تنبيه السكان عند توقع حدوث عواصف ترابية، وهذا الأمر يمكن أن يساعد في تقليل المخاطر الصحية والبيئية.

وبشكل عام يمكن القول أن تقنية الذكاء الاصطناعي يمكن أن يُحسن من مراقبة ورصد العواصف الغبارية، متيحاً فرصاً للتخطيط الأفضل والاستجابة السريعة في مواجهة هذه الظاهرة الطبيعية.

مشكلة الدراسة :

تواجه أنظمة المحطات المناخية التقليدية، مثل المحطات الثابتة، تحديات كبيرة في فهم فعالية بياناتها وتفسيرها، ومع تقدم هذه الأنظمة تظهر مشاكل فنية تتعلق بنقص الكفاءة في رصد ومراقبة العواصف الغبارية، مما يفرض الاعتماد على الذكاء الاصطناعي وبيانات الأقمار الصناعية، مثل القمر الصناعي (MODIS)

ومستشعراته، لرصد المدى اللحظي لهذه الظاهرة، ومن هذه المشكلة يمكن طرح التساؤلات الآتية :

- كيف يمكن تحديد المؤشرات والخوارزميات الخاصة بـ (MODIS)، مثل القناع السحابي (Cloud Mask)، وغطاء الأرض (Land Cover)، ومؤشر اختلاف الغبار القياسي (NDDI)، ومؤشر درجة الحرارة المنبعثة (BTD)، ومؤشر النطاق الشمسي العاكس المشتق، من أجل رصد ومراقبة المدى اللحظي للعواصف الغبارية؟
- ما هي الآثار البيئية الناتجة عن العواصف الغبارية على الإنسان، والغطاء النباتي، والمياه، والتربة، والكائنات الحية الأخرى؟
- ما هو دور الذكاء الاصطناعي في مراقبة ورصد العواصف الغبارية وأثرها على التصحر في منطقة الدراسة ؟

فرضية الدراسة :

- يمكن تطبيق المؤشرات والخوارزميات الخاصة لرصد ومراقبة المدى اللحظي لهذه العواصف الغبارية ضمن منطقة الدراسة.
- أن للعواصف الغبارية آثار بيئية على الإنسان والغطاء النباتي، والمياه، والتربة، والكائنات الحية الأخرى كالتصحر وغيرها .
- يمكن للذكاء الاصطناعي مراقبة تغيرات الغطاء الأرضي وتحديد المناطق الكثر تعرضاً للتصحر، وبالتالي تقييم تأثير العواصف الغبارية عليها.

منهجية الدراسة :

- المنهج الاستقرائي: يتبع هذا المنهج من الجزيئات إلى الكليات، مما يساعد في كشف العلاقات المتبادلة بين المتغيرات وخصائصها المكانية.
- المنهج التحليلي: استخدم هذا المنهج في إجراء تحليل البيانات والمعلومات، بالإضافة إلى تحليل الخرائط الآلية الخاصة بظاهرة العواصف الغبارية المؤثرة في ظاهرة التصحر .
- المنهج التقني: يركز هذا المنهج على تطبيق نظم المعلومات الجغرافية GIS و الاستشعار عن بعد RS في معظم مراحل الدراسة.

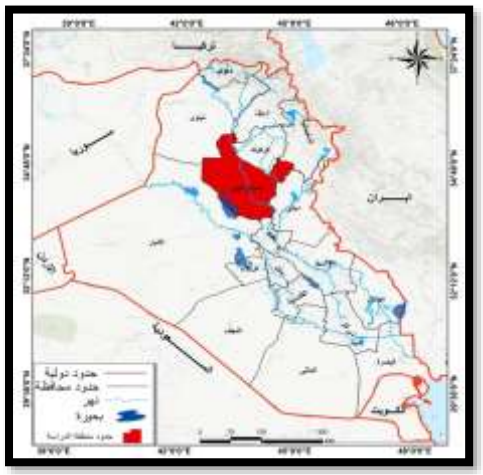
اهداف الدراسة:

- استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في رصد ومراقبة العواصف الغبارية المؤثرة في ظاهرة التصحر في محافظة صلاح الدين لعامي ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤.
- تحليل تأثير العواصف الغبارية في ظاهرة التصحر، وتحديد العوامل التي تسهم في تفاقم هذه الظاهرة.
- استكشاف كيفية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل تعلم الآلة والتعلم العميق، في رصد ومراقبة العواصف الغبارية، مما يسهم في تحسين استجابة الجهات المعنية لهذه الظواهر.
- تحليل المخاطر المرتبطة بالعواصف الغبارية وأثرها على الموارد الطبيعية والمجتمعات المحلية، وتقديم توصيات لتحسين التخطيط والإدارة البيئية.

موقع منطقة الدراسة :

تحدد حدود منطقة الدراسة المكانية وفقاً للحدود الإدارية لمحافظة صلاح الدين، الواقعة في وسط العراق بمساحة تبلغ (٢٤٣٩٥) كم²، مما يمثل حوالي (٥,٦%) من إجمالي مساحة العراق، وتقع المحافظة في المنطقة الانتقالية بين إقليم السهل الرسوبي وإقليم الجزيرة شبه الجبلي، وتحدد جغرافياً بين دائرتي عرض (٣٧ـ 33ºشمالاً و ٤١ـ 35ºشمالاً) وخطي طول (٤٢ـ 32ºشرقاً و ٤٤ـ 59ºشرقاً)، كما تمتد حدودها الإدارية شمالاً لتلامس محافظتي نينوى وأربيل، وجنوباً لتصل إلى بغداد، فيما تمتد شرقاً لتشمل محافظات كركوك والسليمانية وديالى، وغرباً لتتصل بنينوى والأنبار والخريطة (١) توضح ذلك .

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على برنامج، Arc Map.v.10.3.

مفهوم العاصفة الغبارية :

هي حدث جوي يتميز بارتفاع شدة الرياح التي تؤدي إلى رفع كميات كبيرة من الغبار والرمال إلى الغلاف الجوي، وتحدث هذه الظاهرة عادة في المناطق الصحراوية أو ذات التربة الخفيفة التي تنعدم فيها الرطوبة، مما يسهل حركة الجسيمات الجوية، وعندما تشتد الرياح يتم دفع الجزيئات من سطح الأرض، مما يُنتج سحابة من الغبار تُعيق الرؤية وتزيد من تلوث الهواء (١).

تُعتبر قيم العاصفة الغبارية (T) معيارًا يُستخدم لقياس كثافة الجسيمات في الغلاف الجوي وشدة تأثير العاصفة، حيث تشير قيم T العالية إلى وجود تركيز مرتفع من الجسيمات، ويمكن أن تؤثر العواصف الغبارية بشكل كبير على الحياة اليومية، حيث تؤدي إلى مشاكل في التنفس، وتأثيرات سلبية على الزراعة والممارسات الاقتصادية بسبب تآكل التربة وفقدان المحاصيل (٢) .

طريقة العمل :

تم إطلاق القمر الصناعي (MODIS) في تسعينيات القرن الماضي على متن مركبة EOS (Terra)، تلتها عملية إطلاق أخرى في عام ٢٠٠٢ لمركبة EOS (Aqua) ، ويراقب هذا القمر حوالي ٣٦ نطاقًا طيفيًا يمتد بين (٠,٤ و١٤,٤ ميكرومتر) ، ويقوم بتصوير الأرض كاملةً يوميًا، بحيث تصل فترة التصوير القصوى إلى يومين، كما ويستخدم MODIS في العديد من المجالات والتطبيقات المتعلقة بالهواء والماء والنباتات، حيث تبلغ الدقة المكانية لصور القمر (١كم)، و(٥٠٠ م) ، و(٢٥٠ م)، ويمكن تحميل الصور الخاصة بالقمر MODIS من خلال الرابط التالي. https://ladsweb.nascom.nasa.gov/ ، والجدول ادناه يبين مقارنة بين المستشعرين (Tera , Aqua) .

الجدول (١) مقارنة بين المستشعرين (Tera , Aqua) .

اسم النطاق	الدقة	عدد النطاقات	النطاقات الطيفية
نطاق الشمس العاكس	250 م	2	1 ،2
	500 م	5	3 ،4 ،5 ،6 ،7
	1 كم	15	8–19 ،26
نطاق الاشعاع الحراري	1 كم	16	20–25 ،27–36

المصدر : https://modis.gsfc.nasa.gov

يتبين من الجدول (١) أن كل من المستشعرين Terra و Aqua تقدم مزايا فريدة تساهم في تعزيز المعرفة العلمية حول البيئة، بينما يركز Terra على نطاقات أوسع

ودقة متنوعة لرصد الظواهر المختلفة، ويتميز Aqua بكفاءته في قياس القيم الحرارية وتحليل بيانات السطح، وأن استخدام كلا المستشعرين معًا يمكن أن يوفر فهماً شاملاً للتغيرات البيئية والمناخية.

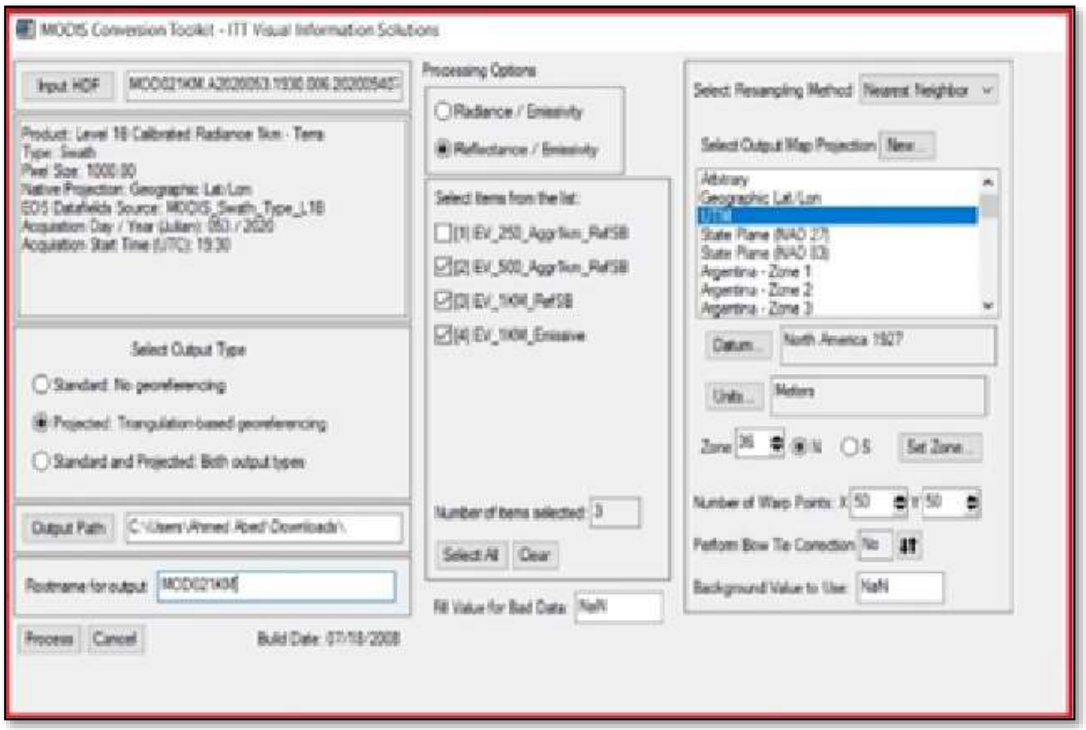
رصد ومراقبة العواصف الغبارية لمنطقة الدراسة لعامي ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤ باستخدام الذكاءالاصطناعي

تشكل العواصف الغبارية تحديًا بيئيًا كبيرًا تؤثر على الصحة العامة والأنظمة البيئية والاقتصاد، ففي الفترة الأخيرة تم اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) لتحسين استراتيجيات الرصد والمراقبة لهذه الظواهر الطبيعية، حيث تقوم نماذج التعلم الآلي بتحليل البيانات الضخمة الناتجة عن الأقمار الصناعية وأجهزة الاستشعار الأرضية، مما يمكن من التنبؤ بدقة بحدوث العواصف الغبارية وتحديد مناطقها المحتملة وتأثيراتها(٣)، وفي عامي (٢٠٢٣ و٢٠٢٤) استخدمت تقنيات الذكاء الاصطناعي لرصد العواصف الغبارية في منطقة الدراسة بشكل متقدم، وتم اعتماد هذه التقنية على جمع البيانات الجوية، ومن ثم معالجة هذه المعلومات باستخدام خوارزميات التعلم العميق، وأن هذه الخوارزميات تتيح الكشف عن الأنماط والتوجهات التاريخية للعواصف الغبارية، مما يسهل التنبؤ بأماكن حدوثها في المستقبل. وعلاوة على ذلك، يتم استخدام تقنيات معالجة الصور لتحليل صور الأقمار الصناعية وتحديد التغييرات في البيئة الأرضية الناتجة عن العواصف الغبارية، على سبيل المثال يمكن للذكاء الاصطناعي المساعدة في تصنيف المناطق المتأثرة، مما يوفر معلومات حيوية لصناعة القرارات وعمليات إدارة الأزمات.

بعد الدخول على موقع (MODIES – Combined –Terra –Aqua) وتحديد منطقة الدراسة (محافظة صلاح الدين) ومن ثم تحديد الفترة الزمنية لعامي(٢٠٢٣ ، ٢٠٢٤) وتحديد تواريخ ذروة حدوث العواصف الغبارية في هذه الفترة لتحميل الصور وعمل مقارنة بين هذين العامين .

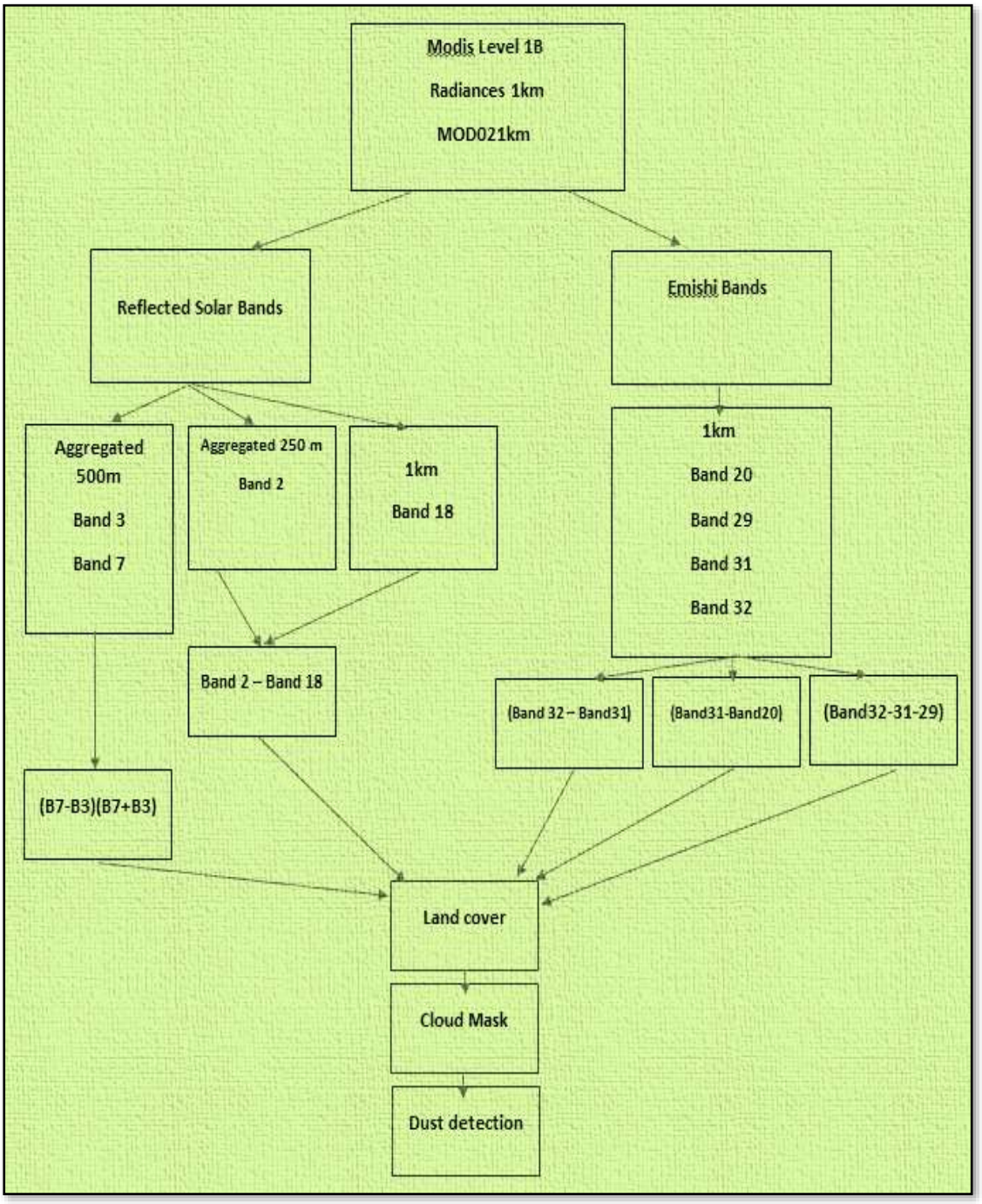
وبعد الانتهاء من عملية تحميل الصور يجب تحويل قيم البكسل ومعايرة المسقط الانعكاسي لنطاق اختلاف درجات الحرارة والسطوع (٣١–٣٢) ونطاقات الحرارة المنبعثة (٢٠–٣١)، كما يجب أن يتم عزل القيم الخاصة بالغيوم عن تلك المتعلقة بالعواصف الغبارية، فبدون العمل على هذه الخطوات، لا يمكننا التعامل مع البيانات، حيث تأتي بصيغةHDF ، التي تمثل بيانات ذات بعد زمني ومكاني رابع. ولهذا، ينبغي ضبط الإسقاط الجغرافي وفك ترميز النطاقات للعمل عليها بشكل فعال، والشكل (١) يوضح ذلك .

الشكل (١) ضبط الإسقاط الجغرافي وفك ترميز النطاقات



بعد الانتهاء من عملية ضبط الإسقاط الجغرافي وفك ترميز النطاقات يتم العمل على استخدام المؤشرات (cloud Mask) و (Land Cover) ، ومن خلال تكامل بيانات قمر MODIS، وتحليل الصور، واستخراج مؤشر الغبار، تحديد الاتجاه الزمني للعواصف الغبارية باستخدام بيانات متعددة الأبعاد (HDF)، والشكل (٢) يوضح طرائق عداد نموذج استخلاص مؤشر العواصف الغبارية من (MODIS).

الشكل (٢) طرائق اعداد نموذج استخلاص مؤشر العواصف الغبارية من (MODIS)



المصدر : من عمل الباحث

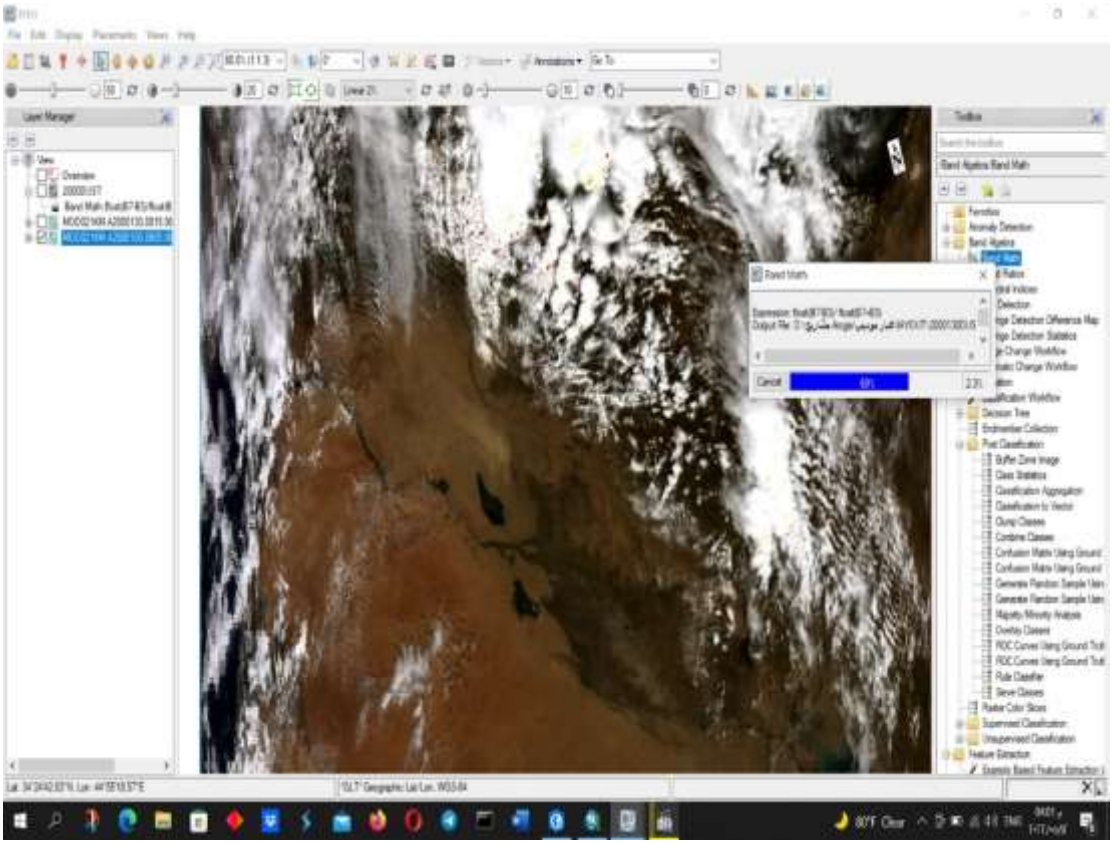
تطبيق معادلات العواصف الغبارية لمنطقة الدراسة :

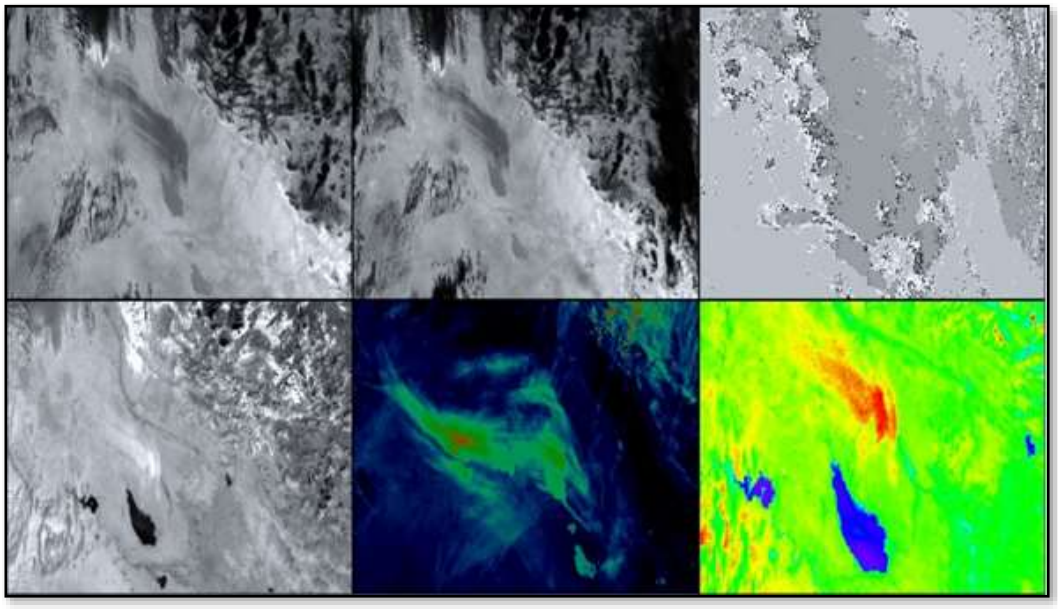
عند تطبيق هذه المعادلات على بيانات (pixel) راستر والمتعلقة بمنطقة الدراسة، يمكن تقييم العوامل المساهمة في نشوء العواصف الغبارية، وتحديد مواقع وأوقات حدوثها، كما يساهم هذا التحليل في تحسين استراتيجيات التنبؤ، مما يسمح للجهات المعنية باتخاذ القرارات المناسبة للتقليل من آثار العواصف الغبارية على السكان والبيئة، ويُعد تطبيق المعادلات الخاصة بالعواصف الغبارية في منطقة الدراسة أداة حيوية لزيادة الوعي وفهم هذه الظواهر، وبالتالي تعزيز الاستجابة الفعالة لها.

- The normalised difference dust index : مؤشر الفرق الطبيعي للغبار الجوي
  NDDI = (B7 - B3) / (B7 + B3)
- Brightness Temperature Difference (BTD) indices : نطاقات درجة حرارة السطوع الشمسي

  BTD (31-32) = BT31 - BT32

  BTD (20-31) = BT20 - BT31
- The Middle East Dust Index : مؤشر الغبار في الشرق الأوسط
  MEDI = (BT31 - BT29) / (BT32 - BT29)
- The Reflective Solar Band - derived index : مؤشر النطاق الشمسي العاكس – الإضاءة المستمدة
  RSB (2-18) = B2 - B18





وبعد الانتهاء من عملية استخلاص العواصف الغبارية من خلال استخدام بيئة برنامج Arc Map ، حيث يتم إنشاء خريطة موحدة تشمل استخدامات الأراضي لتحديد مسارات العواصف الغبارية والمناطق التي تعزز حدوثها وتكون بؤرها، ومن الضروري أيضاً وضع حلول للحد من تأثير هذه العواصف على التصحر والتقليل من وقوعها، كما هو موضح في الخريطة (٢) (٤) التي تصنف من بين أقوى العواصف الغبار خلال مدة الدراسة.

استخراج بيانات العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٣/٦/٣ من القمر الصناعي MODIS وكالآتي :

الجدول (٢) فئات ومساحة العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٣/٦/٣ في منطقة الدراسة

ت	فئات العاصفة الغبارية	المساحة %
١	٠ – ٣٦٤٤	١٣,٠٦
٢	٣٦٦٥ – ٧٣٢٤	٢٦,٧٣
٣	٧٣٢٥ – ١٤٦٤٤	٦٠,١١
٤	المجموع	١٠٠

المصدر : بالاعتماد على القمر الصناعي 'MODIS/061/MCD19A2_GRANULES بتاريخ ٢٠٢٣/٦/٣

يتبين من الجدول (٢) تقسيم العواصف الغبارية إلى ثلاث فئات بحسب الشدة ، حيث يمثل كل نطاق من القيم كمية العواصف المدروسة خلال فترة معينة.

- الفئة الأول ٠ – ٣٦٤٤ : تمثل ١٣,٠٦% من إجمالي العواصف الغبارية، وتشير هذه الفئة إلى العواصف ذات الشدة المنخفضة.
- الفئة الثانية ٣٦٦٤ – ٧٣٢٤ : تمثل ٢٦,٧٣% من إجمالي العواصف، وتشير هذه الفئة إلى عواصف متوسطة الشدة، مما يدل على أنها أكثر شيوعًا من الفئة الأولى.
- الفئة الثالثة ٧٣٢٤ – ١٤٦٤٤ : تمثل ٦٠,١١% من إجمالي العواصف، وتُظهر هذه الفئة أن العواصف ذات الشدة العالية تشكل النسبة الأكبر من العواصف الغبارية المسجلة، مما قد يدل على تزايد أو شدة هذه الظواهر بشكل ملموس.

يبين جدول فئات العواصف الغبارية يُظهر نسبة كبيرة من العواصف ذات الشدة العالية، والتي تمثل ٦٠,١١% من الإجمالي، مما يُشير إلى أن هذه الظواهر تلعب دورًا كبيرًا في التأثير على البيئة، وبشكل خاص على ظاهرة التصحر، و أن العواصف تؤدي إلى تدهور التربة، وفقدان الغطاء النباتي، وزيادة فقدان الرطوبة، مما يتسبب في تفاقم حالة التصحر في المناطق المتأثرة.

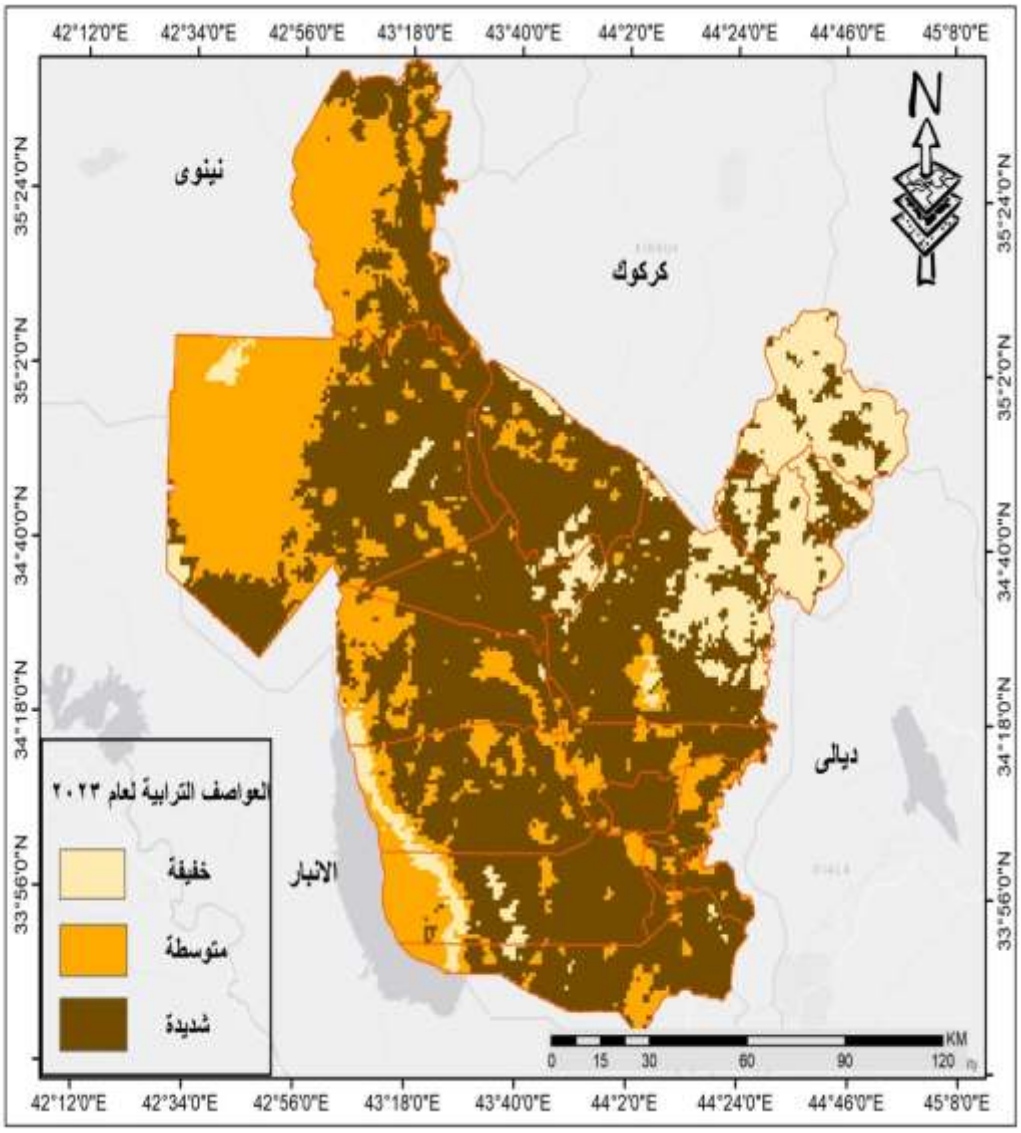
يجب تصنيف العواصف الغبارية بالاعتماد على القيم التي تم استخلاصها من المرئيات الفضائية للقمر الصناعي ('MODIS/061/MCD19A2_GRANULES) وكما يلي:

الجدول (٣) العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٣/٦/٣ من القمر الصناعي MODIS

ت	قيم العاصفة الغبارية	التصنيف	اللون الخرائطي
١	٠ –٣٦٤٤	خفيفة	
٢	٣٦٦٥ – ٧٣٠٩	متوسطة	
٣	٧٣١٠ – ١٤٦٤٤	شديدة	

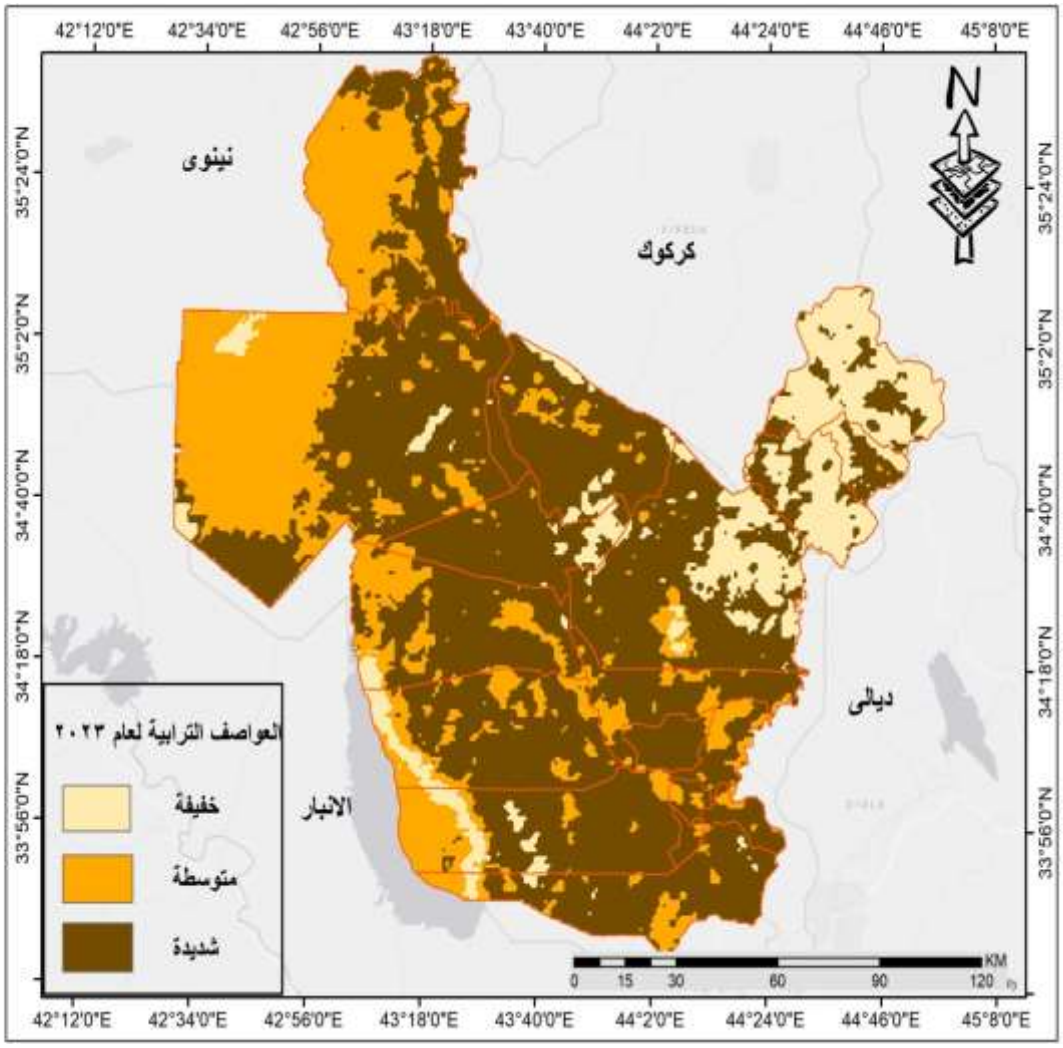
المصدر : بالاعتماد على بيانات الجدول (٢)، وعبد الله بن محمد بن أحمد الهزاني ، العواصف الغبارية، مركز الأبحاث والدراسات البيئية، الرياض، المملكة العربية السعودية، ٢٠٢٠ ، ٤٥ – ٦٠ .

الخريطة (٢) العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٣/٦/٣ من القمر الصناعي MODIS في منطقة الدراسة



المصدر : بالاعتماد على بيانات الجدول (٢).

الخريطة (٣) العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٣/٦/٣ من القمر الصناعي MODIS في منطقة الدراسة بنظام الراستر



المصدر : بالاعتماد على بيانات الجدول (٢).

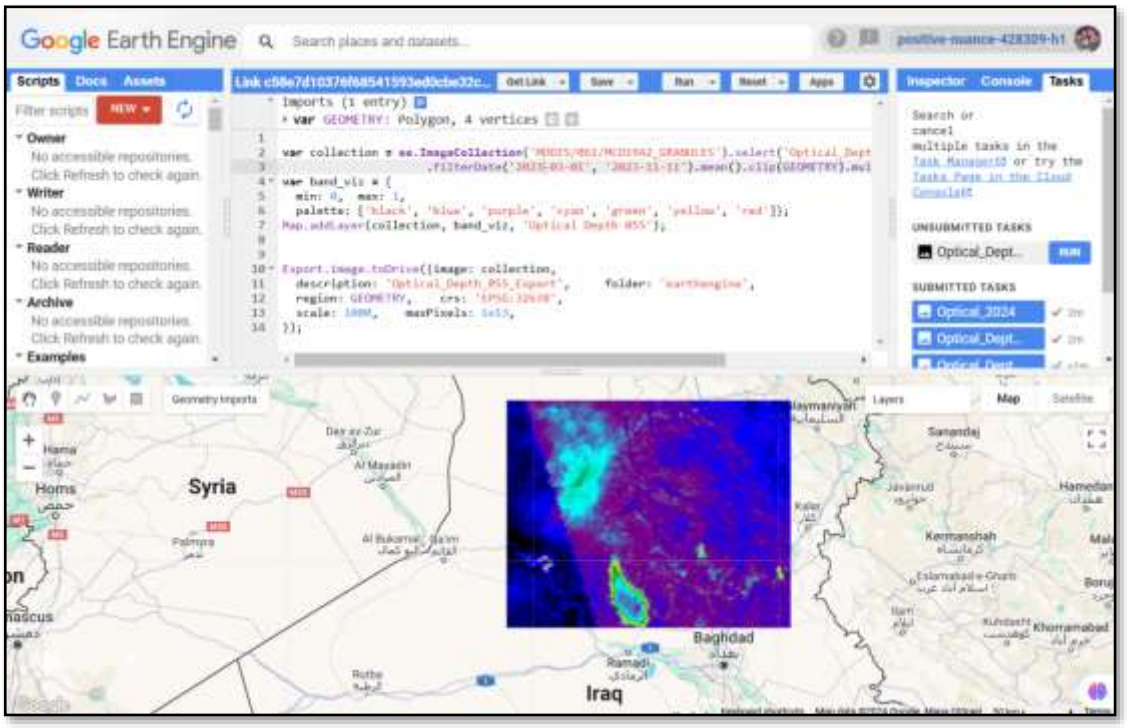
يبين الجدول (٣) والخريطة (٢) تصنيف العواصف الغبارية بناءً على قيم محددة، حيث تم تقسيمها إلى فئات ثلاثة رئيسة هي: (خفيفة، متوسطة، وشديدة)، وتوضح الفئات مدى شدة العواصف وفقًا لمدى تأثيرها، حيث يشير النطاق من ٠ إلى ٣٦٤٤ إلى العواصف الخفيفة التي لا تُحدث تأثيرًا كبيرًا، بينما يُشير النطاق من ٣٦٦٤ إلى ٧٣٢٤ إلى العواصف المتوسطة التي قد تؤثر بشكل ملحوظ على البيئة، أما العواصف التي تتراوح قيمتها بين ٧٣٢٤ و١٤٦٤٤ فتُعتبر شديدة، حيث تُحدث تأثيرات كبيرة تؤثر سلبًا على البيئة والمحاصيل والنباتات.

يُلاحظ أيضاً أن محافظة صلاح الدين تتعرض لارتفاع نسب العواصف الغبارية، مما يؤدي إلى تزايد ظاهرة التصحر، ويرجع السبب في ذلك إلى عدة عوامل، من بينها انخفاض الغطاء النباتي ووجود التربة الجافة التي تسهل

انطلاق الغبار خلال اوقات الرياح القوية، مما يزيد من تآكل التربة ويقلل من خصوبتها، كما أن الأنشطة الزراعية مثل الرعي الجائر والاستغلال المفرط للمصادر الطبيعية تُسهم في تفاقم هذه الظاهرة.

في النهاية يبين الجدول (٣) و الخريطة (٢) أهمية فهم تصنيف العواصف الغبارية لتقييم أثرها على البيئة والمناطق المتأثرة بها، خصوصاً في محافظة صلاح الدين التي تعاني من مشاكل التصحر نتيجة تزايد هذه العواصف.

استخراج بيانات العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٣/٦/٣ باستخدام منصة GEE وكالآتي :



المصدر : بالاعتماد على منصة (GEE).

استخراج بيانات العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦ من القمر الصناعي MODIS وكالآتي :

الجدول (٤) فئات ومساحة العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦ في منطقة الدراسة

ت	فئات العاصفة الغبارية	المساحة %
١	٠ – ٤٢٢٦	١٨,٤
٢	٤٢٢٧ – ٨٤٥٣	٤٠,٢
٣	٨٤٥٤ – ١٠٠٥٦	٤١,٤
٤	المجموع	١٠٠

المصدر : بالاعتماد على القمر الصناعي 'MODIS/061/MCD19A2_GRANULES' بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦

يتبين من الجدول (٤) تقسيم منطقة الدراسة الى فئات وهي كالآتي :

الفئة الأولى (٠ – ٤٢٢٦): تمثل هذه الفئة مساحة (١٨,٤%) من مساحة منطقة الدراسة ، وأنها تؤثر بشكل ضئيل نسبيًا على المساحة الإجمالية، وقد تكون هذه المناطق أكثر حفاظًا على الغطاء النباتي أو أقل تأثرًا بالعوامل الجوية القاسية.

الفئة الثانية (٤٢٢٧ – ٨٤٥٣): تحتل هذه الفئة مساحة (٤٠,٢%) من مساحة منطقة الدراسة ، و تمثل هذه الفئة نسبة أكبر من التأثيرات المتوسطة للقوة، و قد تعكس وجود المناطق التي تواجه تأثيرات أكبر نتيجة للعواصف، لكنها لا تزال في حدود مقبولة، وهنا قد نجد مناطق تواجه تآكلًا خفيفًا وتحمل معظم الغطاء النباتي.

الفئة الثالثة (٨٤٥٤ – ١٠٠٥٦): تمثل هذه الفئة مساحة (٤١,٤%) من مساحة منطقة الدراسة ، وتمثل هذه الفئة النسبة الأكبر، مما يدل على أن معظم المساحات المتأثرة بالعواصف الغبارية تقع ضمن هذه الفئة، وقد تؤثر بشكل ملحوظ على التصحر بسبب فقدان الغطاء النباتي وزيادة تآكل التربة، وتشير هذه الأرقام إلى مناطق تعرضت لتأثيرات شديدة، مما يؤدي إلى تفاقم ظاهرة التصحر.

التأثيرات على ظاهرة التصحر:

التآكل وفقدان التربة: العواصف الغبارية في الفئة الثانية و الثالثة تشير إلى فقدان كبير للتربة السطحية وتهدم التربة، مما يضعف قدرتها على دعم النباتات.

تدهور الغطاء النباتي: المناطق التي تتعرض للعواصف بشكل متكرر تفقد الغطاء النباتي، مما يؤدي إلى زيادة التصحر.

فقدان الموارد المائية: تسبب العواصف في تبخر المياه من التربة، مما يزيد من صعوبة الحفاظ على الرطوبة في المناطق المتأثرة.

واخيراً يمكن القول أن العواصف الغبارية خاصةً في الفئة الثانية والثالثة تسهم بشكل كبير في زيادة ظاهرة التصحر عن طريق تقليل الغطاء النباتي وتدهور التربة، وتعد إدارة الموارد الطبيعية والمحافظة على الغطاء النباتي خطوات أساسية للتخفيف من آثار هذه الظواهر المناخية.

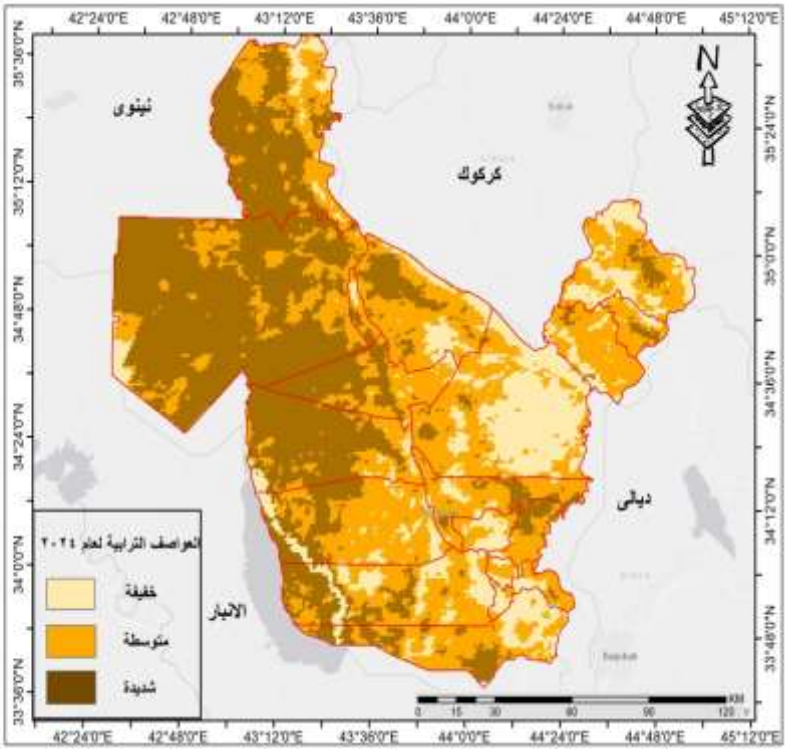
يجب تصنيف العواصف الغبارية بالاعتماد على القيم التي تم استخلاصها من المرئيات الفضائية للقمر الصناعي ('MODIS/061/MCD19A2_GRANULES) وكما يلي:

الجدول (٥) العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦ من القمر الصناعي MODIS في منطقة الدراسة

ت	قيم العاصفة الغبارية	التصنيف	اللون الخرائطي
١	٠ – ٤٢٢٦	خفيفة	
٢	٤٢٢٧ – ٨٤٥٣	متوسطة	
٣	٨٤٥٤ –١٠٠٥٦	شديدة	

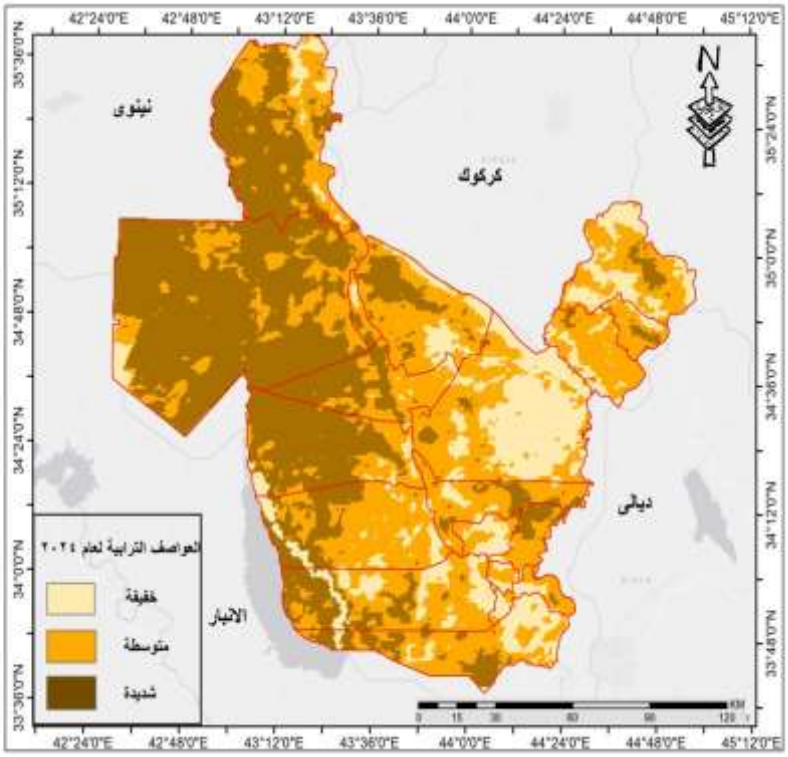
المصدر : بالاعتماد على بيانات الجدول (٤)، وعبد الله بن محمد بن أحمد الهزاني ، العواصف الغبارية، مركز الأبحاث والدراسات البيئية، الرياض، المملكة العربية السعودية، ٢٠٢٠ ، ٤٥ – ٦٠

الخريطة (٤) العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦ من القمر الصناعي MODIS في منطقة الدراسة بنظام الفاكتر



المصدر : بالاعتماد على بيانات الجدول (٥).

الخريطة (٥) العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦ من القمر الصناعي MODIS في منطقة الدراسة بنظام الراستر



المصدر : بالاعتماد على بيانات الجدول (٥).

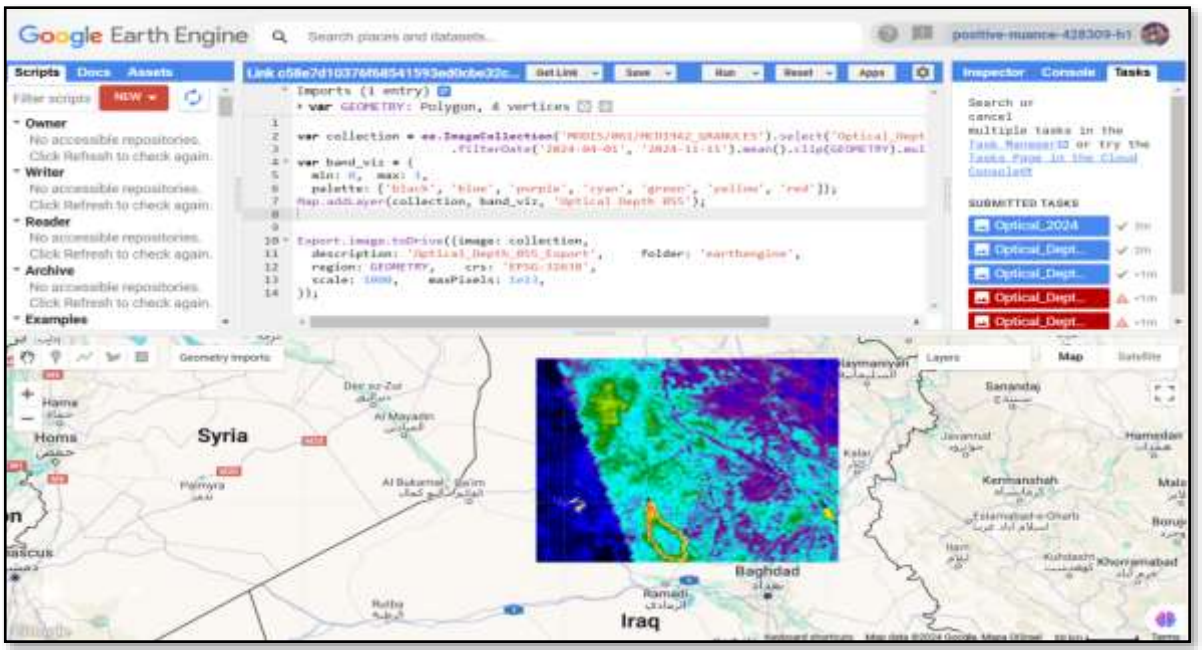
يتبين من الجدول (٥) والخريطة (٤) تصنيف العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦ في منطقة الدراسة، حيث تم تقسيم العواصف إلى ثلاث فئات رئيسة وهي كالآتي: الفئة الأولى تشمل القيم من ٠ – ٤٢٢٦، والتي تصنف على أنها عواصف خفيفة، مما يدل على أنها لا تسبب تأثيرًا كبيرًا على البيئة، وفي المقابل الفئة الثانية التي تتراوح قيمها بين ٤٢٢٧ – ٨٤٥٣ تُعتبر عواصف متوسطة، وقد يكون لها تأثير ملحوظ على الأرض والنباتات، أما الفئة الثالثة فتشمل القيم من ٨٤٥٤ –١٠٠٥٦ ، مما يشير إلى عواصف شديدة يمكن أن تؤدي إلى تآكل التربة وفقدان الغطاء النباتي، مما يسهم في زيادة التصحر، كما وأن هناك علاقة وثيقة بين نسب العواصف الغبارية وظاهرة التصحر، إذ أن العواصف الغبارية تؤثر سلبًا على خصوبة التربة وتقلل من الغطاء النباتي، مما يؤدي إلى تفاقم التصحر، ومع ازدياد شدة العواصف، تزداد كمية الغبار المعلقة في الهواء، مما يقلل من عمليات التلقيح للنباتات ويضعف قدرتها على النمو، وبالتالي كلما زادت العواصف الغبارية، زادت احتمالية تدهور الأراضي الزراعية وتآكل التربة.

يرتبط ارتفاع نسب العواصف الغبارية في بعض المناطق بسبب عدة عوامل رئيسة وهي كالآتي: أولاً الخصائص المناخية والجغرافية تلعب دورًا كبيرًا، حيث تشهد المناطق المنبسطة والمكشوفة ريحًا قوية تساهم في تصاعد الغبار, ثانياً الاستخدام غير المستدام للأراضي مثل الرعي الجائر والاستغلال المفرط للموارد الطبيعية

يسهمان في انحسار الغطاء النباتي، مما يزيد من تعرض التربة للعواصف. ثالثاً العوامل المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض معدلات الأمطار في بعض المناطق، يساهم أيضًا في زيادة احتمالية حدوث العواصف الغبارية (٤).

بناءً على ما سبق يتضح أن العواصف الغبارية لها تأثير عميق على التصحر في محافظة صلاح الدين، ويعود السبب في ذلك إلى عدة عوامل منها خصائص المنطقة والاستخدام غير المستدام للأراضي، و يجب اتخاذ تدابير فعّالة للتقليل من تأثير هذه العواصف للتخفيف من آثارها السلبية على البيئة.

استخراج بيانات العواصف الغبارية بتاريخ ٢٠٢٤/١٠/١٦ باستخدام منصة GEE وكالآتي :



المصدر : بالاعتماد على منصة (GEE).

وفي الختام عند مقارنة العواصف الغبارية بين عامي ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤، يبدو أن العواصف في عام ٢٠٢٤ تظهر وجود زيادة في نطاق القيم للعواصف الخفيفة والمتوسطة، مما يشير إلى حدوث مزيد من العواصف بالحد الأدنى والمتوسط، ومع ذلك هناك انخفاض حاد في النطاق العلوي لفئة العواصف الشديدة، مما قد يشير إلى انحسار بعض العواصف القوية بشكل عام ، على الرغم من زيادة عدد العواصف المتوسطة.

السبب وراء هذه الاختلافات : قد تعود الاختلافات بين عواصف ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤ إلى عدة عوامل، منها:

- التغيرات المناخية :قد تلعب التغيرات في المناخ دورًا في نمط العواصف والتقلبات الجوية التي تؤثر على تكرار شدة العواصف الغبارية.
- إدارة الأراضي :يمكن أن تؤدي الممارسات الزراعية والتغيرات في استخدام الأراضي إلى تغير في شدة العواصف، حيث أن زيادة المساحات المكشوفة قد تؤدي إلى حدوث مزيد من العواصف الخفيفة والمتوسطة.

تأثير العواصف الغبارية في ظاهرة التصحر :

تؤثر العواصف الغبارية بشكل كبير على ظاهرة التصحر، وهي قضية بيئية تزداد شدة في العديد من المناطق حول العالم، وتتسبب العواصف الغبارية في رفع كميات كبيرة من الغبار والرمال إلى الجو، مما يؤدي إلى تدهور جودة الهواء وصحة الإنسان، وعندما تشتد العواصف يمكن أن تؤدي إلى فقدان الأراضي الزراعية نتيجة لتآكل التربة والموارد المائية (٥).

أن عملية التصحر تعني فقدان الخصوبة في التربة، وغالباً ما تكون العواصف الغبارية نتيجة لتدهور البيئات القاحلة وشبه القاحلة، حيث تصبح التربة أقل قدرة على الاحتفاظ بالرطوبة، عندما تزداد حدة العواصف، يتآكل الغطاء النباتي الذي يعتبر حيوياً لحماية التربة، مما يسهل عملية فقدان التربة السطحية الخصبة، علاوة على ذلك تعمل العواصف الغبارية على زيادة هجرة الجزيئات الدقيقة، التي يمكن أن تصل إلى مسافات بعيدة وتتراكم في مناطق جديدة، مما يؤدي إلى تدهور بيئي في المناطق المتأثرة، وبما أن العواصف الغبارية تقيّد الرؤية وتؤثر على الحياة اليومية، فإنها تعيق أيضاً الأنشطة الزراعية وتقلل من الإنتاجية، مما يعزز من فقر المزارعين ويزيد من التحديات الاقتصادية في هذه المناطق، وباختصار تسهم العواصف الغبارية في تعزيز ظاهرة التصحر من خلال تآكل التربة، وفقدان الغطاء النباتي، وزيادة انعدام الأمن الغذائي، مما يجعل التصدي لهذه الظاهرة ضرورة ملحة للحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية(٦) .

تأثير العواصف الغبارية على ظاهرة التصحر (٧) :

- زيادة التصحر:

- العواصف الغبارية تعتبر أحد عوامل التدهور البيئي، حيث يمكن أن تؤدي إلى إزالة الطبقة السطحية الخصبة من التربة.
- عندما تضرب العواصف الغبارية المناطق، فإنها تؤدي إلى فقدان العناصر الغذائية والمياه التي تحتاجها النباتات للنمو.

- تدهور الغطاء النباتي:

- تؤدي العواصف إلى تلف النباتات ووقف النمو، مما يقارب مناطق التصحر.
- انخفاض الغطاء النباتي يعني زيادة التعرض للتآكل وزيادة انعدام الحياة الزراعية في تلك المناطق.
- تغير المناخ:
- العواصف الغبارية يمكن أن تكون نتيجة لعوامل المناخ المتغير، مما يؤدي إلى ظروف قاسية تؤثر على النظم البيئية والمناطق الزراعية.

أسباب التصحر بسبب العواصف الغبارية ([٨]) :

- تحطيم السطح التربوي :تضرب الرياح القوية التربة وتتفكك وتهب الأتربة إلى مناطق جديدة، مما يؤدي إلى تآكل طبقة التربة السطحية.
- فقدان الرطوبة :العواصف الغبارية تؤدي إلى تبخر الماء من التربة، مما يحد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة اللازمة للنمو النباتي.
- تأثير الأنشطة البشرية :الأنشطة مثل الزراعة المفرطة، وإزالة الغطاء النباتي، والرعي الجائر تعزز من تأثير العواصف الغبارية.

معالجة العواصف الغبارية المؤثرة على ظاهرة التصحر في محافظة صلاح الدين :

تعد العواصف الغبارية واحدة من الظواهر الطبيعية التي تؤثر بشكل كبير على البيئة، وخاصة في المناطق الجافة والشبه جافة مثل محافظة صلاح الدين في العراق، وتؤدي إلى فقدان التربة الزراعية، مما يساهم في تفاقم ظاهرة التصحر([٩]) ، وتعتمد معالجة تأثير العواصف الغبارية على مجموعة من الاستراتيجيات، بما في ذلك تحسين إدارة الأراضي، وزراعة الأشجار، وتعزيز الغطاء النباتي، وتستند الاستراتيجيات إلى فهم شامل للبيئة المحلية والظروف المناخية، ويعد تقليل الممارسات الزراعية التقليدية التي تساهم في تآكل التربة أحد الحلول الفعالة، وأن استخدام الزراعة المستدامة والتقنيات الحديثة يساعد في إعادة تأهيل الأراضي المتضررة وتحسين نوعية التربة.

تسبب العواصف الغبارية في محافظة صلاح الدين تفاقم ظاهرة التصحر، مما يستدعي استراتيجيات فعّالة لمعالجة هذه القضية البيئية، وتعد معالجة التصحر نتيجة مباشرة للعواصف الغبارية أمرًا بالغ الأهمية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال جملة من الأساليب وهي كالآتي :

١. تحسين إدارة الأراضي :يجب تبني أساليب زراعية مستدامة للحد من التآكل والحفاظ على جودة التربة، وينبغي تشجيع الفلاحين على استخدام تقنيات الزراعة بدون حراثة وزراعة المحاصيل الحافظة للتربة.

٢. زراعة الأشجار والنباتات المحلية :تلعب الأشجار دورًا محوريًا في تثبيت التربة وتقليل تأثير الرياح، وإنشاء غابات مصدات الرياح وزراعة النباتات المقاومة للجفاف يمكن أن يساهم بشكل كبير في تقليل حركة الرمال.

٣. إنشاء بنى تحتية لمكافحة التصحر :يتعين إنشاء مشاريع صغيرة مثل السدود الغبارية وقنوات المياه التي تساعد في احتباس المياه وتعزيز زراعة المحاصيل على مساحة أكبر.

٤. التوعية المجتمعية :يعتبر نشر الوعي بين المجتمع المحلي حول أهمية الحفاظ على البيئة وحماية الأراضي الزراعية أمرًا ضروريًا، ويمكن تحقيق ذلك من خلال ورش العمل والبرامج التعليمية.

٥. التعاون بين الجهات الحكومية والمجتمع المدني :ينبغي أن يكون هناك تنسيق فعال بين السلطات المحلية والمنظمات غير الحكومية لتنفيذ مشاريع مشتركة لمكافحة التصحر والتعامل مع آثار العواصف الغبارية.

الخاتمة :

- أن العواصف الغبارية في محافظة صلاح الدين بين عامي ٢٠٢٣ و ٢٠٢٤ شهدت تغيرات ملحوظة في نطاقاتها والشدة المرصودة، مما يستدعي الدراسات والتحليلات المستمرة لفهم الأسباب وراء هذه التحولات والتعامل معها بشكل فعال.
- عند مقارنة عام ٢٠٢٣ مع عام ٢٠٢٤ نجد ان العواصف الغبارية الخفيفة في عام ٢٠٢٤ قد زادت (٥٨٢ وحدة) اما المتوسطة فقد ارتفعت الى (٥٦٢ وحدة)، بينما كانت حده العواصف الشديدة في ٢٠٢٤ أقل (١٠٠٥٦) من ١٤٦٤٤ في ٢٠٢٣، مما يعني أن هناك تركيزًا أقل على الشدة القصوى لهذه الفئة.
- يمكن لنماذج الذكاء الاصطناعي استخدام البيانات التاريخية للتنبؤ بالعواصف الغبارية المستقبلية، مما يساعد السلطات المحلية والمزارعين في اتخاذ التدابير اللازمة للتقليل من الأضرار المحتملة.
- يُمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتقدير الآثار البيئية والاجتماعية للتصحر الناجم عن العواصف الغبارية، مما يساعد في تطوير استراتيجيات فعالة للتكيف والحد من هذه الظواهر.
- يمكن دمج الذكاء الاصطناعي في نظم الإنذار المبكر التي تنبه السكان والسلطات عند توقع حدوث عواصف غبارية، مما يُسهم في تقليل الأضرار العامة وحماية الصحة العامة.

- يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً جوهرياً في رصد العواصف الغبارية وتحليل تأثيرها على التصحر بمحافظة صلاح الدين، مما يساهم في اتخاذ قرارات أكثر استنارة للحد من آثار هذه الظواهر.

المصادر :

- عبد الله جاسم محمد ، التصحر: الأسباب والآثار وسبل المكافحة ، بغداد، العراق ، ٢٠١٩ .
- مكي فارس ، العواصف الغبارية وتأثيرها على التصحر ، دار الكتب العلمية، بغداد ، ٢٠٢١ .
- هاشم أحمد ، العواصف الترابية وأثرها على البيئة ، مكتب الدراسات البيئية ، بغداد ، ٢٠١٩ .
- لولو عبد الرحيم و جعفر طارق ، مراقبة ونمذجة العواصف الغبارية الرملية باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد ، مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي ، المجلد ٢٠٢١ – العدد ٣٦ ، ٢٠٢١ .
- الجبوري سامي ، العواصف الترابية: الأسباب والآثار ، دار العلوم ، بغداد ، ٢٠٢٠ .
- الهزاني عبد الله بن محمد بن أحمد ، العواصف الغبارية، مركز الأبحاث والدراسات البيئية، الرياض، المملكة العربية السعودية، ٢٠٢٠.
- السعيد عادل ، "العواصف الترابية وتأثيراتها البيئية" ، دار الكتاب الجامعي ، دبي، الإمارات العربية المتحدة ، ٢٠١٩.
- H , Lee, J, & Kim,. (2022). "Artificial Intelligence in Monitoring and Predicting Dust Storms." Environmental Science & Technology, 56(12).
- A,Gillette, D, & Walker, J. T., Dust Storms of the Southwestern United States", University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA, 2015.
- J,Middleton, N, Dust Storms and Their Effects on Society", Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 2017.
- Lee, J., & Kim, H. (2022). "Artificial Intelligence in Monitoring and Predicting Dust Storms." Environmental Science & Technology, 56(12.
- https://modis.gsfc.nasa.gov

الهوامش:

[١] - سامي الجبوري ، العواصف الغبارية: الأسباب والآثار ، دار العلوم ، بغداد ، ٢٠٢٠ ، ص ١٠٦ .
[٢] - أحمد هاشم ، العواصف الترابية وأثرها على البيئة ، مكتب الدراسات البيئية ، بغداد ، ٢٠١٩ ، ص ٨٢ .
[3] - Lee, J., & Kim, H. (2022). "Artificial Intelligence in Monitoring and Predicting Dust Storms." Environmental Science & Technology, 56(12), 7890-7901.
[٤] - عبد الرحيم لولو وطارق جعفر ، مراقبة ونمذجة العواصف الغبارية الرملية باستخدام تقانات الاستشعار عن بعد ، مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي ، المجلد ٢٠٢١ – العدد ٣٦ ، ٢٠٢١ ، ص ٤ .
[٥] - جاسم محمد عبد الله، التصحر: الأسباب والآثار وسبل المكافحة ، بغداد، العراق ، ٢٠١٩ ، ص ٤٥ .
[٦] - عادل السعيد ، "العواصف الترابية وتأثيراتها البيئية" ، دار الكتاب الجامعي ، دبي، الإمارات العربية المتحدة ، ٢٠١٩، ص ١٢٢.

[7] - Gillette, D. A., & Walker, J. T., Dust Storms of the Southwestern United States", University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA, 2015 , P 53 .

[8]- Middleton, N. J., Dust Storms and Their Effects on Society", Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 2017, P 39 .

[٩] - فارس مكي، العواصف الترابية وتأثيرها على التصحر ، دار الكتب العلمية، بغداد ، ٢٠٢١ ، ص ٥١ – ٥٤ .