Dirasat: Human and Social Sciences, Volume 53, No. 12, 2026, 9898

Analysis of the Impact of Dust Storms on Vegetation Cover in Jordan Using Remote Sensing: NDDI and NDVI

Mohammad Zeitoun *, *Samer Alnawaiseh*, *Sawsan Jaradat*

Geography Department, Yarmouk University, Irbid, Jordan

Received: 30/11/2024
Revised: 26/12/2024
Accepted: 20/8/2025
Published online: 1/9/2026

* *Corresponding author:*
m.zeitoun@yu.edu.jo

Citation: Zeitoun, M., Alnawaiseh, S., & Jaradat, S. (2026). Analysis of the Impact of Dust Storms on Vegetation Cover in Jordan Using Remote Sensing: NDDI and NDVI. *Dirasat: Human and Social Sciences*, 53(12), 9898.
https://doi.org/10.35516/Hum.2026.9898

© 2026 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

Objectives: This study aimed to detect dust storms in Jordan using the Normalized Difference Dust Index (NDDI) and to assess the state of vegetation using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), in order to determine the impact of dust storms on vegetation before and after the storm, while ensuring that the satellite imagery was cloud-free.

Method: The study followed an analytical approach to analyze the effect of dust storms on the state of vegetation in the study area. This was done using MODIS Terra/Aqua satellite imagery to monitor dust storms and process them digitally. Ten daily MODIS satellite images with a spatial resolution of 500 meters were analyzed. The study examined severe dust storms that affected Jordan during the period 2004–2018, using the NDDI and NDVI indices before and after each dust storm to analyze the impact of the storm on vegetation. Additionally, daily visibility data recorded at meteorological stations (Irbid, Amman Airport, Ma'an, Mafraq, Safawi, and Aqaba Airport) from the Jordan Meteorological Department were used to obtain data on dust storms.

Results: The study showed a decline in NDVI values in the study area after the occurrence of dust storms in the ten case studies analyzed. NDVI values before the storms ranged from 0.17 to 0.56, while after the storms they ranged from 0.17 to 0.45, indicating a decrease in NDVI due to the intensity of the dust storms.

Conclusion: A moderate positive correlation was found between the peak values of NDDI and NDVI, with a correlation coefficient of r = 0.524.

Keywords: Dust Storms, Jordan Climate, Normalized Difference Dust Index (NDDI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Arid Lands.

تحليل أثر العواصف الغبارية في الغطاء النباتي في الأردن باستخدام الاستشعار عن بُعد: مؤشِّر الغبار ومؤشِّر خُضرة النبات

محمد زيتون، سامر النوايسة، سوسن جرادات*

قسم الجغرافيا، كليَّة الآداب، جامعة اليرموك، إربد، الأردن

ملخّص

الأهداف: هدفت الدراسة إلى الكشف عن العواصف الغبارية في الأردن باستخدام مؤشِّر الغبار (NDDI)، وكشف حالة الغطاء النباتي بلستخدام مؤشِّر خضرة النبات (NDVI)؛ لتحديد أثر العواصف في حالة الغطاء النباتي قبل العاصفه الغبارية وبعدها، مع مراعاة خُلو المرئيات الفضائية من الغيوم.

المنهجية: اتبعت الدراسة المنهج التحليلي (Analytical Approach)؛ لتحليل أثر حدوث العواصف الغبارية في حالة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، باستخدام مرئيات القمر الصناعي موديس MODIS Aqua/Terra لمراقبة العواصف الغبارية ومعالجتها رقميا، وجرى تحليل عشرة مرئيات يومية للقمر الصناعي موديس (MODIS) ذات الدقة المكانية 500 متر؛ حيث دُرِسَت العواصف الغبارية الشديدة التي تعرض لها الأردن للفترة (2004-2018) باستخدام مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI)، ومؤشِّر خضرة النبات (NDVI)، قبل العاصفة الغبارية وبعدها؛ وذلك لتحليل الأثر الذي أحدثته العاصفة الغبارية في الغطاء النباتي. كما جرت الاستعانة ببيانات مدى الرؤية اليومية المسجلة بالمحطات المناخية (إربد، مطار عمان، معان، المفرق، الصفاوي، مطار العقبة) التابعة لدائرة الأرصاد الجوية الأردنية؛ للحصول على بيانات العواصف الغبارية.

النتائج: أظهرت الدراسة أن هناك تراجعا في قيم مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) في منطقة الدراسة بعد حدوث العاصفة الغبارية في الحالات الدراسية العشرة التي جرى تحليلها، وتراوحت قيم مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) قبل العاصفة بين (0.17-0.56)، وبعد العاصفة بين (0.17-0.45)؛ مما يشير إلى تراجع في مؤشِّر خضرة النبات NDVI بسبب قوة العواصف الغبارية.

الخلاصة: وُجِدَ أن هناك علاقة طردية متوسطة بين القيم العظمى لمؤشِّر كثافة الغبار (NDDI)، ومؤشِّر خضرة النبات (NDVI)؛ حيث بلغت قيمة r 0.524.

الكلمات الدالَّة: العواصف الغبارية، مُناخ الأردن، مؤشِّر الغبار (NDDI)، مؤشِّر خضرة النبات (NDVI)، المناطق الجافة.

1. مقدمة

تعدُّ العواصف الغبارية ظاهرة مُناخية ازادادت وتيرتها في السنوات الأخيرة (المحمد، 2016). فهي تحدث عندما تهب رياح قوية على المناطق الجافة وشبة جافة، وتزداد قوتها عند زيادة سرعة الرياح وزيادة تفكك التربة مع فقر الغطاء النباتي (كاظم، 2019: راشد، 2011)، ويزداد احتمال حدوثها في فترات الجفاف (السفاريني، 2009)، وفي حالة انحباس الأمطار كما هو الحال في شرق المتوسط (Zeitoun et al.,2022)، وترافق في الغالب المنخفضات الجوية المصحوبة برياح قوية، تزداد شدة الرياح مع تزايد انحدار الضغط الجوي (خليل وغانم، 2005). ويقل متوسط هول الأمطار السنوي في أماكن حدوثها عن 100 ملم (شحادة، 2009). كما أن هناك العديد من المتغيرات التي تؤثر في نشأة العاصفة الغبارية، مثل رطوبة التربة ومدة الجفاف ومدى التصحر (الدليمي وشلال، 2016: راشد، 2011). وتعزى أيضا إلى أسباب بشرية تعد مسؤولة عن 25% من انبعاثات الغبار العالمي الناتجة عن تغير استخدامات الأراضي، وما يتصل بها من استنزاف للمياة الجوفية وتحويل المياة السطحية لأغراض الري وإزالة الغابات، الأمر الذي يعرض التربة إلى التعرية الريحية (Taher et al., 2020). كما تؤثر العواصف الغبارية في حالة الغطاء النباتي وخضرته (Wang,2015:Tegen,2003).

تعد العواصف الغبارية ظاهرة كثيرة الحدوث فوق مناطق واسعة من المناطق الجافة وشبه الجافة في الشرق الأوسط (القاسم، 2012). ويعد الأردن من الدول التي تتعرض لحدوث العواصف الغبارية، ويعزى ذلك إلى موقع الأردن الذي يجعله جزءا من المناطق المدارية صيفا ومن المناطق المعتدلة شتاء؛ حيث يسود في الأجزاء الشمالية الغربية من الأردن مناخ البحر المتوسط، وبالاتجاه جنوبا وشرقا يسود المناخ شبة الصحراوي والصحراوي الجاف (خليل وغانم، 2005)، ونتيجة أيضا إلى وقوعه شمال غرب الجزيرة العربية، وشرق صحراء سيناء والصحراء الكبرى، وجنوب غرب بادية الشام. علما أن المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية تشكل 90% من مساحة الأردن (البحيري، 1991: غانم، 2013). ويكثر حدوث هذه الظاهرة في الأردن خلال فصلي الربيع والخريف؛ حيث يرتبط حدوثها بالمنخفضات الخماسينية وزحزحة مسارات المنخفضات الجوية المتوسطية نحو الشمال، كما ترتبط بحالات عدم الاستقرار الجوي التي ترافق امتداد حوض البحر الأحمر باتجاة الشمال (شحادة، 1990). إضافة إلى تراجع كميات الهطل المطري، وارتفاع درجات الحرارة (Zytoon & Shehadeh, 2016)، وارتفاع درجات الحرارة السطحية، وتعرضه لموجات متكررة من موجات الحر (Zeitoun and Jaradat, 2024).

ويؤدي الكشف عن هذه العواصف دورًا مهمًا في الدراسات البيئية والمناخية؛ نظرًا إلى ما تحدثة هذه الظاهرة من تأثيرات في المناخ، والبيئة، والأنشطة البشرية اليومية (Chen et al.,2020). كما يعد الكشف عن العواصف الغبارية أمرًا بالغ الأهمية لفهم الغبار وخصائصه وتوزيعه بدقة Sun et al., 2019)؛ اذ يتم باستخدام الاستشعار عن بُعد في تحليل المرئيات الفضائية؛ حيث يقدم القمر الصناعي موديس MODIS بيانات عالمية يومية في 36 نطاقًا طيفيًا من 0.4 - 14.4 ميكرومتر؛ و29 نطاقًا بدقة 1 كم، و 5 كم بدقة 500 م، و 2 بدقة 250 م؛ حيث يجري اختيار النطاقات الأكثر صلة بناءً على التأثيرات الفيزيائية للفئات الرئيسة لعنصر الغبار والغطاء النباتي عبر تحليل البصمات الطيفية للرمل، والأعشاب، والتربة، والمساكن، والمياه (Yong et al., 2017).

يزداد انعكاس الغبار (الرمال والتربة) عمومًا بطول الموجة بين 0.4 و 2.5 ميكرومتر، مع قيمة دنيا في النطاق 3 (0.469 ميكرومتر)، وقيمة قصوى في النطاق 7 (2.13 ميكرومتر). وهذا الطيف المميز للرمل والتربة يجعل من السهل التمييز بين الغبار والسحب. ويجري تعريف المناطق التي تقل فيها قيم NDDI عن 0.28 ميكرومتر على أنها مناطق تتأثر بالغبار (Guo et al., 2012). أما بالنسبة إلى الأثر الذي تحدثة العاصفة الغبارية في الغطاء النباتي فيمكن الكشف عنه عبر الارتفاع المميز والمفاجئ لمنحنى الانعكاس الطيفي للنباتات بين نطاق الضوء المرئي ونطاق الأشعة تحت الحمراء (NIR)؛ حيث أصبح الآن أكثر فائدة في حالة الكشف عن الغطاء النباتي، وغالبًا ما يجري حساب مؤشِّر الخضرة NDVI الذي يعتمد على الأشعة تحت الحمراء والحمراء القريبة من أجل تحديد الحيوية والنشاط الضوئي للنباتات بشكل أفضل.

2. مشكلة الدراسة

يعد الأردن من الدول التي تتعرض لحدوث العواصف الغبارية نظرًا إلى اتساع المناطق الصحراوية وشبة الصحراوية التي تشكل نحو 90% من مساحتة؛ مما يجعلها بيئة خصبة لحدوث العواصف الغبارية أو مرورها من المناطق الصحراوية المجاورة، ويرافق حدوث العواصف الغبارية انخفاضًا في مدى الرؤية الافقية دون 1كم، وانخفاضا شديدا في الرطوبة النسبية، وارتفاعا في درجة حرارة الهواء ومعدلات التبخر؛ مما ينعكس على خضرة الغطاء النباتي ويقلل من نشاطه الحيوي للقيام بعملية التمثيل الكلوروفيلي؛ لذا تأتي هذه الدراسة للكشف عن العواصف الغبارية باستخدام مؤشِّر الغبار Normalized Difference Dust Index (NDDI) وتحليل علاقة العواصف الغبارية بمؤشِّر خضرة النبات Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)، ولرصد وتقييم كثافة الغطاء النباتي بعد حدوث العاصفة عبر تحليل البيانات المشتقة من معطيات القمر الصناعي موديس (MODIS).

3. تساؤلات الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحليل ظاهرة العواصف الغبارية في الأردن وعلاقتها بالغطاء النباتي عبر الإجابة عن التساؤلات الآتية:

1- ما خصائص العواصف الغبارية بدلالة مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI)؟

2- ما العلاقة بين مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI) ومؤشِّر خضرة النبات (NDVI)؟

3- ما خصائص عناصر الطقس السائدة أثناء هبوب العواصف الغبارية؟

4. أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى الكشف عن العواصف الغبارية باستخدام مؤشِّر الغبار Normalized Difference Dust Index (NDDI)، وكشف حالة الغطاء النباتي باستخدام مؤشِّر خضرة النبات Normalized difference vegetation (NDVI)؛ لتحديد أثر العواصف على حالة الغطاء النباتي قبل العاصفه الغبارية وبعدها، مع مراعاة خلو المرئيات الفضائية من الغيوم، عبر تحليل المرئيات الفضائية اليومية للقمر الصناعي موديسMODIS / Aqua بدقة تمييزية تبلغ 500 متر، كما تهدف إلى تحليل عناصر الطقس السائدة في أثناء هبوب العواصف الغبارية، وكذلك تفسير العلاقة بين مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI) ومؤشِّر خضرة النبات (NDVI).

5. أهمية الدراسة

تكمن أهمية الداسة في تحليل مرئيات القمر الصناعي موديس MODIS Tara / Aqua للكشف عن العواصف الغبارية باستخدام مؤشِّر الغبار الطبيعي (NDDI)، وكذلك الكشف عن حالة الغطاء النباتي باستخدام مؤشِّر خضرة النبات (NDVI)؛ وذلك لرصد التغيرات بعد حدوث العاصفة الغبارية؛ بُغيَةَ إثبات أن العواصف الغبارية تؤثر في الغطاء النباتي وتقلل من عملية التمثيل الكلوروفيلي بدلالة تغير مؤشِّر الخضرة بعد حدوث العاصفة الغبارية، إضافة إلى تقديم تحليل للظروف الطقسية التي ترافق هبوب هذه العواصف والاوقات التي تهب خلالها.

6. منهجية الدراسة وإجراءاتها

أ. استخدمت الدراسة المنهج التحليلي (Analytical Approach)؛ لتحليل أثر حدوث العواصف الغبارية في حالة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، وذلك باستخدام مرئيات القمر الصناعي موديس MODIS Aqua/Terra (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) لمراقبة العواصف الغبارية ومعالجتها رقميا، والاعتماد على بيانات مدى الرؤية الافقية المسجلة بالمحطات المناخية (إربد، مطار عمان، معان، المفرق، الصفاوي، مطار العقبة) خلال حدوث العواصف الغبارية، الجدول (1).

الجدول (1): المحطات المناخية

الرقم	المحطة المناخية	خط طول Longitude	خط عرض Latitude	المنسوب (متر)
1	إربد	35.84722	32.55250	616
2	مطار عمان	35.98333	31.98333	781
3	المفرق	36.25000	32.36667	686
4	معان	35.78333	30.16000	865
5	الصفاوي	37.13333	32.20667	674.2
6	مطار العقبة	35.02000	29.61194	15

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية

ب. اتبعت الدراسة الخطوات والإجراءات الآتية:

1. الكشف عن الارتباط بين قيم مؤشِّر الغبار (NDDI) وقيم مؤشِّر الخضرة (NDVI) باستخدام الارتباط الثنائي البسيط (Pearson)؛ حيث تتراوح قيمة r في معامل ارتباط بيرسون (Pearson) بين -1 إلى +1، فإذا كانت r تساوي -1 تشير إلى علاقة خطية سالبة مثالية بين المتغيرات، في حين إذا كانت r تساوي 0 فإنها تشير إلى عدم وجود علاقة خطية بين المتغيرات، وإذا كانت r تساوي +1 فإنها تشير إلى وجود علاقة خطية موجبة بين المتغيرات، (شحادة، 1997):

$$r = \frac{\sum x - \bar{x}y - \bar{y}}{\sqrt{[\sum (x - \bar{x})^2 - (y - \bar{y})^2]}}$$

حيث إن:

r: معامل بيرسون للارتباط.

X: المتغير الأول.

x: المتوسط الحسابي المتغير الأول.

Y: المتغير الثاني.

$\bar{Y}$: المتوسط الحسابي المتغير الثاني.

ج. تحليل البيانات اليومية للمرئيات الفضائية للقمر الصناعي موديس (MODIS / Aqua Surface Reflectance Daily) للكشف عن العواصف الغبارية؛ حيث يحتوي MODIS على 36 نطاقًا طيفيًا، تتراوح من 0.415 ميكرومتر إلى 14.235 ميكرومتر في الطول الموجي، وقد قسِّمت البيانات إلى ثلاثة مستويات من حيث الدقة المكانية (Spatial resolution) اعتمادًا على النطاق الطيفي (Spectral band)، هي: (250 مترًا، 500 مترًا، و1 كيلومترًا)، للنطاقات الطيفية: (1-2)، (3-7)، (8-36) على التوالي؛ حيث يزداد انعكاس الغبار عند الموجة التي يتراوح طولها بين 0.4 و 2.5 ميكرومتر، مع قيمة دنيا في نطاق 3 (0.469 ميكرومتر)، وقيمة قصوى في النطاق7 (2.13 ميكرومتر). حيث تم استحدام المرئيات الفضائية من نوع MODIS / Aqua Surface Reflectance Daily L2G Global) V006 MYD09GA، لتقدير الانعكاس الطيفي في كثافة الغبار (NDDI) ومؤشِّر خضرة النبات (NDVI)، ويبين الجدول (2) النطاقات للمنتج (MYD09GA V006) من حيث الدقة المكانية ونطاق الطول الموجي.

الجدول (2): النطاقات من حيث الدقة المكانية ونطاق الطول الموجي

نطاق	نطاق الطول الموجي (نانومتر)	الدقة المكانية (م)
النطاق 1 – أحمر	620 - 670	250
النطاق 2 - الأشعة تحت الحمراء القريبة	841 - 876	250
النطاق 3 - أزرق / أخضر	459-479	500
النطاق 4 – أخضر	545 - 565	500
النطاق 5 - الأشعة تحت الحمراء القريبة	1230 - 1250	500
النطاق 6 - منتصف الأشعة تحت الحمراء	1628 - 1652	500
النطاق 7 - منتصف الأشعة تحت الحمراء	2105 - 2155	500

المصدر:www.earthdatascience.org

د. حساب مؤشِّر كثافة الغبار (Dust Detection and Density Index) NDDI، وهو مقياس يستخدم للكشف عن الغبار في الغلاف الجوي وقياس كثافتة في منطقة معينة، ويجري حسابه باستخدام بيانات الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والأشعة الحمراء (RED)، معتمدًا على الفرق بين القيم في هذه الطيفين التي تكون عادة بين (0 و +1)؛ حيث جرى الاعتماد على القيم في النطاق السابع (band7)، والنطاق الثالث (band3) للكشف عن العواصف الغبارية خلال الأيام التي حُدِّدت في الجدول (3)؛ وذلك لأنها عواصف غبارية قوية امتدت فوق منطقة الدراسة ليومين وأكثر، عبر تطبيق المعادلة التالية (Al-Khudhairy et al., 2023: Albugami, 2018):

$$\mathrm{NDDI} = \frac{\mathrm{B7} - \mathrm{B3}}{\mathrm{B7} + \mathrm{B3}}$$

حيث إن:

NDDI: مؤشِّر كثافة الغبار

B7: النطاق السابع - منتصف الأشعة تحت الحمراء (2155 – 2105)

B3: النطاق الثالث - أزرق/ أخضر (479-459)

فإذا كانت قيمة المؤشِّر أكبر من صفر فذلك يدل على وجود غبار، وإذا كانت قيمته تساوي صفرا فيدل على عدم وجود غبار أو وجود السحب

(Zandkarimi et al.,2018)، وقيم مؤشِّر الغبار هي قيم انعكاسية في النطاقين 7 و3، وتتراوح قيم المؤشِّر التي تدل على وجود الغبار بين "0.19 - 0.36"، (H. Yaqub et al.,2023)، وقد أشار العديد من الباحثين إلى قيم مختلفة لعتبة الكشف عن الغبار إلا أنها تقترب جميعها من 0.28، ويوضح الجدول (3) تاريخ حدوث العواصف الغبارية والمرئيات التي جرى استخدامها.

الجدول (3): تاريخ حدوث العواصف الغبارية والمرئيات التي جرى استخدامها

تاريخ حدوث العاصفة	نوع المرئية	عدد المرئيات	النطاق الطيفي (Spectral Band)
2018/06/7	MYD09GA	2	MODIS band 1–7 surface reflectance
2016/04/8			
2015/09/8			
2013/06/8			
2012/03/19			
2011/09/28			
2010/09/26			
2010/05/10			
2008/03/17			
2004/5/10			

المصدر:www.earthdatascience.org

هـ. تحديد النقاط العشوائية لرسم الحدود لكل عاصفة غبارية من الحالات الدراسية العشرة، بعد تطبيق مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI) فوق منطقة الدراسة؛ إذ جرى اختيار النقاط العشوائية باستخدام أداة (Create Random Points)؛ حيث تراوحت بين (200-400) نقطة؛ وذلك لمعرفة مدى تأثر منطقة الدراسة بدلالة قيم مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI) عبر أخذ القيم للنقاط العشوائية باستخدام أداة (Extract Value of Point)؛ حيث تمثل قيم النقاط العشوائية مدى قوة العاصفة عبر مدى اقتراب أو تباعد قيم النقاط من القيمة القياسية (0.28 ميكرومتير) التي تعبر عن تأثر المنطقة بالعواصف الغبارية بشكل كبير (Li et al.,2024)؛ حيث إن القيم القريبة من 0.4 تدل على عدم تأثر المنطقة بالعاصفة الغبارية، بينما تدل القيم القريبة من 0.2 على تأثر المنطقة بالعاصفة الغبارية، على ألّا تقل تلك القيم عن 0.2.

و. الكشف عن حالة الغطاء النباتي عبر مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) Normalized difference vegetation index؛ حيث إن نسبة الانعكاس للنطاق 1 RED (620-670 نانوميتر)، والنطاق 2 NIR (841–876 نانومتر)، باستخدام المعادلة الآتية (Lillesand et al., 2015):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

حيث إن:

NDVI: مؤشِّر خضرة النبات

RED1 BAND = انعكاس الطيف في النطاق الأحمر.

NIR2 BAND. = انعكاس في طيف الأشعة تحت الحمراء القريبة

حيث يتميز النبات عن غيره بعكس كمية قليلة من الأشعة الحمراء RED، وعكس كمية كبيرة من الأشعة تحت الحمراء القريبة INFRARED؛ لذلك فإنه يمكن الربط بين الكتلة الحيوية للنباتات وقيم مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) الذي يحسب من تناسب نطاق الأشعة الحمراء ونطاق الأشعة تحت الحمراء؛ حيث تتراوح قيم مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) بين -1.0 و1.0، فكلما اقترب المؤشِّر من القيم الموجبة دل على وجود غطاء نباتي، وكلما اقترب من القيم السالبة دل على ظواهر أخرى من غير النبات.

ي. حساب مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) لحالات العواصف الغبارية، قبل يوم من العاصفة الغبارية، وبعد يوم من العاصفة الغبارية، مع الأخذ بعين الاعتبار انتهاء العاصفة، وخلو المرئيات من الغيوم. فبعد تحديد منطقة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة عبر مؤشِّر الخضرة NDVI جرى اقتطاعها واستخدام أداة النقاط العشوائية (Create Random Points) لاستخراج قيم مؤشِّر الخضرة NDVI قبل العواصف الغبارية وبعدها، وذلك عبر أداة (Extract Value of Point)، ويبين الجدول (4) رقم العاصفة الغبارية والأيام التي جرى اختيارها للكشف عن حالة الغطاء النباتي قبل العاصفة وبعدها ونوع المرئيات المستخدمة وعددها.

الجدول (4): رقم العاصفة الغبارية والايام التي جرى اختيارها للكشف عن حالة الغطاء النباتي قبل العاصفة وبعدها ونوع المرئيات التي استُخدمت

رقم العاصفة	نوع المرئية الفضائية التي جرى استخدامها	عدد	تاريخ المرئات بعد العاصفة	تاريخ المرئات قبل العاصفة
1	MODIS / Aqua Surface Reflectance Daily L2G Global) V006 MYD09GA	2	2018/6/10	2018/6/4
2		2	2016/4/15	2016/4/4
3		2	2015/9/17	2015/9/5
4		2	2013/6/14	2013/6/1
5		2	2012/3/24	2012/3/16
6		2	2011/10/1	2011/9/26
7		2	2010/9/30	2010/9/20
8		2	2010/5/14	2010/5/3
9		2	2008/3/23	2008/3/15
10		2	2004/5/16	2004/5/7

و. دمج النطاقات الطيفية للمرئيات الفضائية؛ حيث جرى دمج النطاقات (1،4،3) على التوالي للمرئيات الفضائية التي تعود للسنوات: (2018، 2016، 2015، 2013، 2012، 2011، 2010، 2008، 2004)، باستخدام نظام الألوان (RGB) للحصول على دقة أكبر في مجال الرؤية لسطح الأرض، باستخدام أداة دمج النطاقات (Composite bands)؛ إذ إنها تعطي صورة ذات مظهر حقيقي طبيعي يفيد في تحليل ظواهر سطح الأرض والغلاف الجوي، وهي خطوه مهمة للكشف عن العواصف الغبارية بدقة ووضوح.

ن. مصادر البيانات

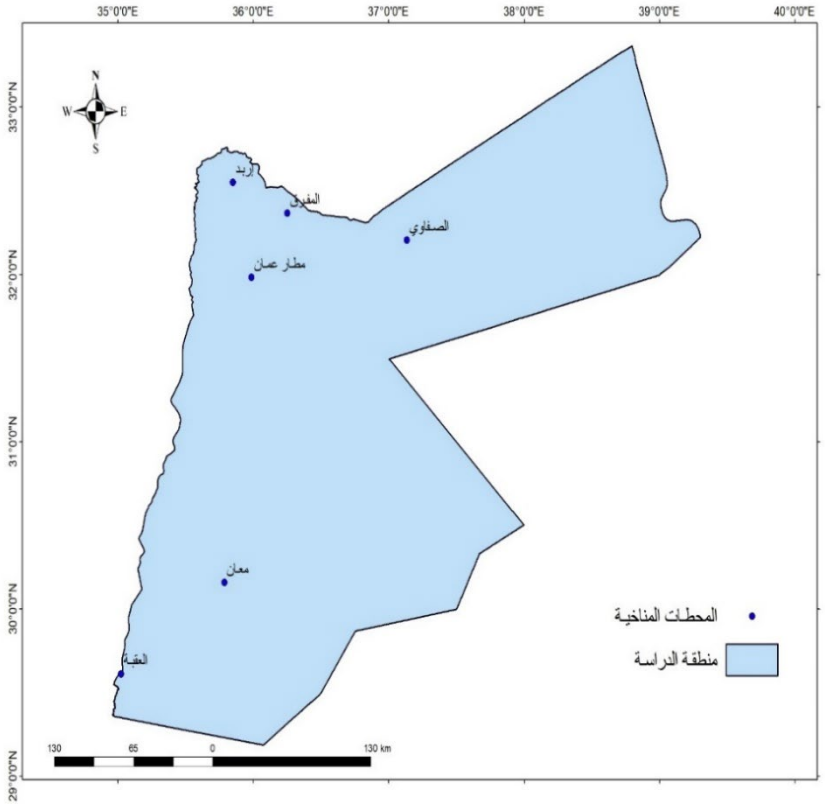
اعتمدت الدراسة على عدد من البيانات من عدة مصادر، وذلك على النحو الآتي:

العواصف الغبارية: تاريخ حدوثها وفترة بقائها، التي جرى الحصول عليها من بيانات مدى الرؤية الافقية المسجلة في المحطات المناخية، إضافة إلى (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، الأمطار، سرعة الرياح) خلال الفترة (2004-2018)؛ حيث جرى الحصول عليها من دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

المرئيات الفضائية للقمر الصناعي موديس (MODIS) للسنوات (2018، 2016، 2015، 2013، 2012، 2011، 2010، 2008،2004)، جرى الحصول عليها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) United States Geological Survey.

7. منطقة الدراسة

يقع الأردن جنوب غرب آسيا بين دائرتي عرض ´15°29 و ´55°32 شمالًا، وخطي طول °35 و°39 شرقًا، بمساحة اجمالية تبلغ نحو 89,213 كم²، الشكل(1)، ويتصف مناخ الأردن بأنه حار جاف صيفا، بارد ماطر شتاء، ويسود المناخ الصحراوي وشبه الصحراوي في غالبية المناطق الجنوبية والشرقية. ويسود المناخ شبه المداري في وادي الأردن، أما مناخ البحر المتوسط فيسود في المرتفعات؛ حيث يسود مناخ البحر المتوسط البارد في القمم العالية في عجلون، بينما يسود مناخ الأستبس في السفوح الشرقية، ويسود المناخ الصحراوي الجاف في البادية الشرقية، يبلغ معدل الهطل المطري في الأردن نحو 230 ملم، يصل أقصاها في رأس منيف شماال إلى نحو 580 ملم، بينما يصل أدناها إلى نحو 22 ملم في العقبة جنوبا (Zeitoun et al., 2022). وتتناقص الأمطار في الأردن بشكل عام بالاتجاه جنوبا او شرقا، بسبب الابتعاد عن مسار المنخفضات الجوية المتوسطية التي تسلك مسارا شماليا أو شماليا شرقيا. إلا انها أظهرت تناقصا ملحوظا بشكل عام في الأردن في السنوات الأخيرة بفعل تأثير تغير المناخ (Zytoon & Shehadeh, 2016). وتتراوح معدلات درجات الحرارة السنوية بين 12-15 درجة مئوية وتصل في حدها الأعلى صيفا إلى الأربعينات في المناطق الصحراوية (شحادة، 1990).



الشكل (1): منطقة الدراسة وتوزع المحطات المناخية

8. الدراسات السابقة

هنالك عدد من الدراسات التي تناولت العواصف الغبارية وطرائق رصدها والكشف عنها، منها:

1. هدفت دراسة RENZA (2010) "Drought Estimation Maps by Means of Multidate Landsat Fused Images" إلى تحليل فائدة المؤشِّرات الطيفية، مثل: (NDVI، NDWI، NDDI)؛ بهدف الحصول على بيانات الجفاف. وجرى استخدام بيانات لاندسات7 (Landsat 7) لشهر تموز (2001-2009)، التي دُمِجَت للحصول على نطاقات ذات دقة مضاعفة؛ حيث حُسِبَت المؤشِّرات الثلاثة للحصول على خرائط جفاف يمكن أن توظف في اتخاذ القرار.
2. دراسة زيتون وشحادة (2016) "مؤشِّرات التغير المناخي في شمال الأرد،": التي سعت إلى تحليل اتجاه التغير في المتوسطات السنوية للحرارة والأمطار في شمال الأردن خلال الفترة (2009/1970). استخدمت الدراسة المحطات المناخية التالية (رأس منيف، الباقورة، إربد، والمفرق)، وكشفت عن أن جميع الطرائق الإحصائية لتحليل مؤشِّر التغير المناخي في شمال الأردن أظهرت تزايدا ملحوظا في المعدل السنوي لدرجة الحرارة في شمال الأردن خلال الفترة (2009/1970)، ولا سيما في الفترة (2009/1989)؛ مما يهيِّئ الظروف لحدوث الجفاف وموجات الحر.
3. دراسة المحمد (2016) بعنوان "توزع العواصف الغبارية في سورية وآلية الكشف عنها باستخدام تقانية الاستشعار عن بعد"؛ حيث هدفت إلى الكشف عن العواصف الغبارية باستخدام القنوات الطيفية المرئية وتحت الحمراء القصيرة (SWIR) المنعكسة، والقنوات تحت الحمراء الحرارية المنبعثة لبيانات المستشعر (MODIS)، وجرى عبرها إعداد خرائط لتوزع العواصف الغبارية من 1960 حتى 2006 اعتمادا على طريقة الاستيفاء الداخلي (Interpolation).
4. دراسة Yong Xie(2017) "Detection of Asian Dust Storm Using MODIS Measurements"؛ حيث هدفت إلى دراسة الهباء الجوي الذي ينشأ من العواصف الترابية في الغلاف الجوي، وجرى تطوير خوارزمية تعتمد على تقنية الأطياف المتعددة للكشف عن رذاذ الغبار عبر الجمع بين قياسات النطاقات الشمسية العاكسة للتصوير الطيفي (MODIS) والنطاقات الانبعاثية الحرارية، كما جرى تطبيق الخوارزمية متعددة الأطياف بشكل أساسي للكشف عن العواصف الترابية في آسيا، والتحقق من صحة نتائج الكشف باستخدام الصور الملونة الحقيقية، وقد أظهرت عمليات التحقق أن خوارزمية الكشف متعدد الأطياف مناسبة لرصد رذاذ الغبار في مناطق الدراسة المختارة.
5. دراسة Albugami (2018) "Evaluating MODIS Dust-Detection Indices over the Arabian Peninsula"، التي هدفت إلى معرفة أفضل

الطرائق للكشف عن الغبار فوق شبه الجزيرة العربية بالاعتماد على المرئيات الفضائية للقمر الصناعي موديس، عبر مقارنة القيم المرصودة لظروف "وجود الغبار" مقابل الظروف "الخالية من الغبار، مع مراعاة إعدادات التغطية الأرضية المختلفة وتحليل الاتجاهات الزمنية المرتبطة بها، وتوصلت الدراسة إلى أن طريقة (BTD 31–32) ومؤشِّر (RSB) هي الأنسب بين المؤشِّرات للكشف عن العواصف الترابية ومدى تأثيرها في أنواع مختلفة من الغطاء الأرضي في شبه الجزيرة العربية، أما مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI) و(BTD 20-31) فقد بينت النتائج وجود قيود لاستخدامه في تحديد الغبار، ودراسة تأثيره في الغطاء الأرضي.

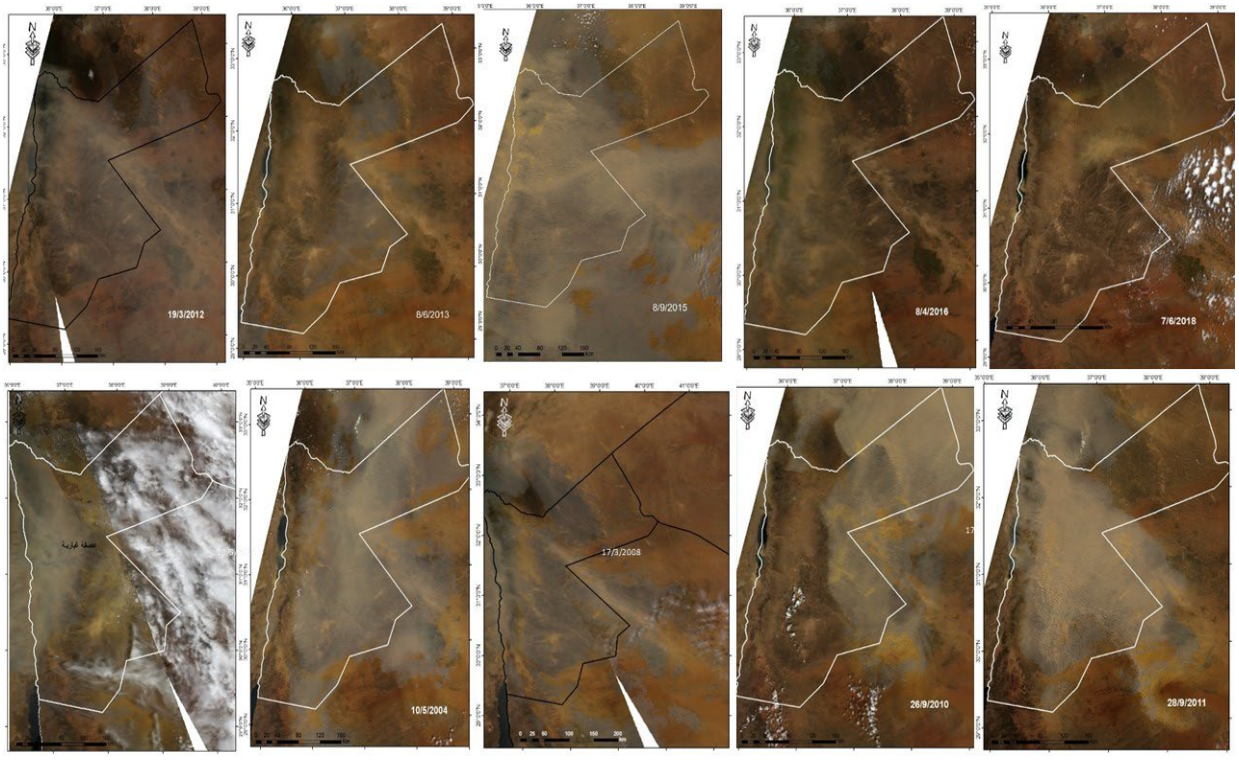
6. دراسة Zandkarimi (2019) "OVER THE MIDDLE EAST DUST STORM DETECTION USING MODIS DATA"؛ حيث هدفت إلى تحليل أثر العواصف الترابية كونها من الظواهر الشائعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. واستخدمت عدة طرائق لرصد الغبار، مثل القياسات الأرضية، والاستشعار عن بعد، والمراقبة بالفيديو، كما استخدمت خوارزمية تعتمد على صور مقياس الطيف التصويري ذي الدقة المتوسطة (MODIS) لاكتشاف العواصف الترابية فوق الشرق الأوسط؛ حيث تستخدم الخوارزمية المقترحة درجة حرارة السطوع باستخدام نطاقات متعددة. وجرى تقييم أداء الخوارزمية باستخدام الملاحظات الأرضية للمحطات السينوبتيكية، وأظهرت النتائج أنه يمكن عبر تطبيق الخوارزمية فصل منطقة الغبار بوضوح، خاصة في المناطق التي تختلط فيها السحابة بالغبار، وكانت الدقة الإجمالية 78٪.

تميزت دراسة تحليل العواصف الغبارية في الأردن بأنها تناولت أثر العواصف الغبارية في حالة الغطاء النباتي في الأردن باستخدام مرئيات القمر الصناعي موديس (MODS)؛ كونه أحد الأقمار الصناعية التي تمتلك التغطية واليومية، وتتبعت الدراسة ظاهرة العواصف الغبارية عبر بيانات مدى الرؤية المنخفضة وعلاقتها بالعناصر المناخية خلال الفترة 1975- 2018 في المحطات المناخية التابعة للأرصاد الجوية الأردنية، وتحديد أهم العواصف التي تأثر بها الأردن خلال فترة 2000- 2018، وتحليل الأثر الذي أحدثته في حالة الغطاء النباتي باستخدام مرئيات القمر الصناعي موديس MODIS.

9. التحليل والمناقشة:

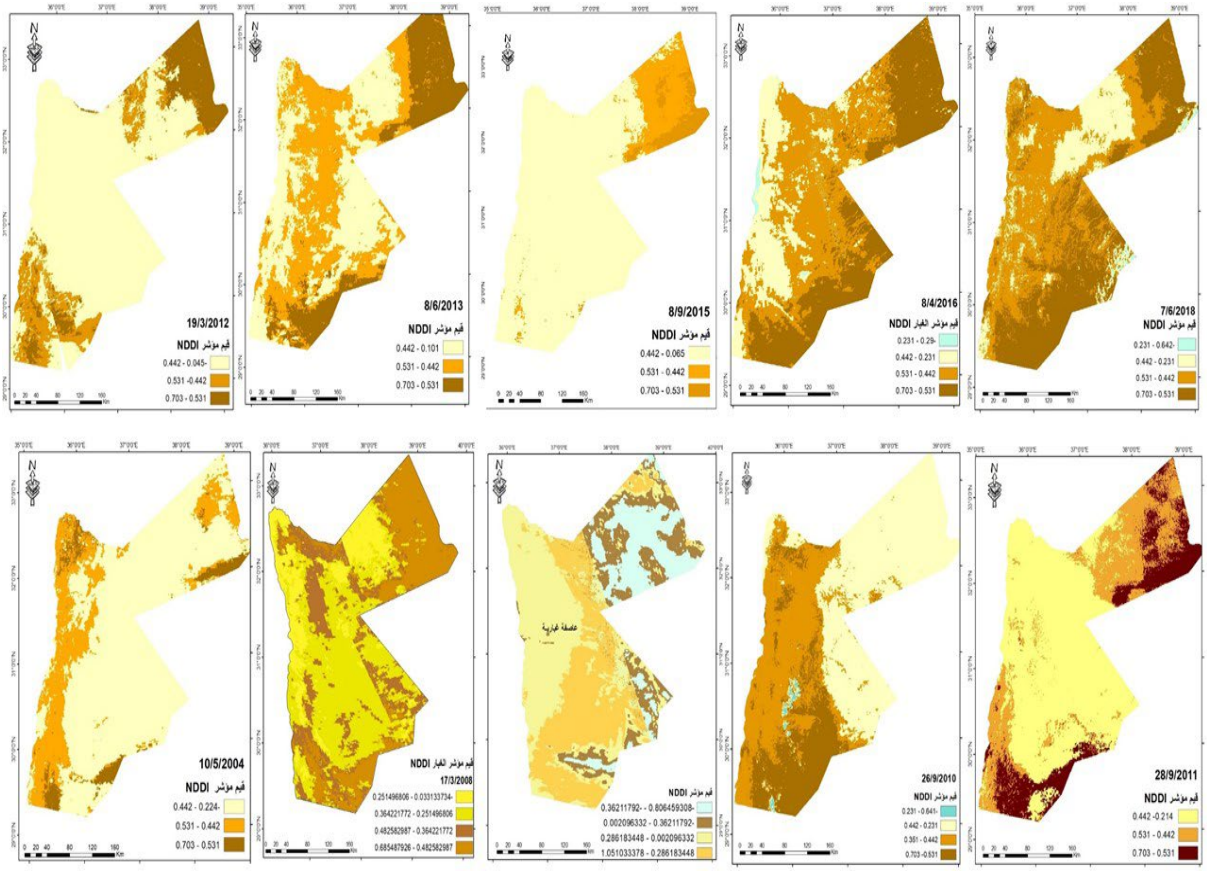
1. **مؤشِّر كثافة الغبار في العواصف الغبارية Normalized Difference Dust Index (NDDI):**

جرى الكشف عن العواصف الغبارية باستخدام مؤشِّر كثافة الغبار (NDDI) عبر عشر مرئيات فضائية تظهر فيها العواصف الغبارية بشكل واضح خلال فترة الدراسة (2004-2018)، التي جرى التقاطها عبر القمر الصناعي موديس بقدرة تمييزية مقدارها 500 متر MODIS/Aqua prod- Surface Reflectance Daily,MYDO9GA 500m، الشكل (2).



الشكل (2): المرئيات الفضائية التي استُخدمت في تتبع العواصف الغبارية خلال فترة الدراسة 2000-2018 التي جرى التقاطها عبر القمر الصناعي موديس بقدرة تمييزية 500 متر.

تراوحت قيم مؤشِّر إنعكاس الغبار (NDDI) بين (0.15-0.44)؛ حيث تعكس هذه القيم مدى تأثير العاصفة الغبارية، الشكل (3)؛ إذ رافق ذلك انخفاض في مدى الرؤية تراوح بين 100 متر-1000 متر، وخاصة عند فترة الظهيرة، كما رافق ذلك انخفاض في الرطوبة النسبية مع ارتفاع درجات الحرارة العظمى نهارا.



الشكل (3): العواصف الغبارية التي كُشِفَ عنها عبر دمج النطاقات الطيفية (1،4،3) للمرئيات الفضائية التي باستخدام نظام الألوان (RGB)

2. خصائص العناصر المناخية السطحية أثناء هبوب العواصف الغبارية:

يمكن تصنيف العواصف التي جرت دراستها إلى:

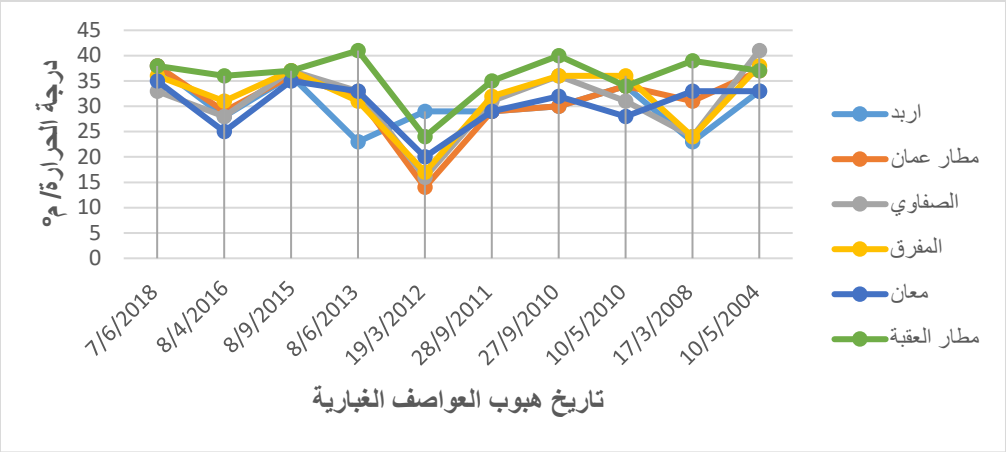
- العواصف الغبارية التي هبت في فصل الربيع، وهي خمس عواصف، وقد توزع هبوبها على: آذار، ونيسان، وأيار، وقد تراوح معدل درجة الحرارة العظمى أثناء هبوبها بين 20 -36.5م°.
- العواصف الغبارية التي هبت في في فصل الخريف، وعددها ثلاث عواصف، وقد هبت في شهر أيلول، وتراوحت درجة الحرارة العظمى أثناء هبوبها بين 30.8-36.3م°.
- العواصف الغبارية التي هبت في في فصل الصيف، وعددها اثنتان، وقد هبت في شهر حزيران، وتراوح معدل درجة الحرارة العظمى أثناء هبوبها بين 32.2-36.3م°.

تراوحت درجة الحرارة العظمى لجميع المحطات أثناء هبوب العواصف الغبارية بين 29 -36.3م°، ويستثنى من ذلك عاصفة 2012 التي حدثت في شهر آذار. وقد تراوحت درجة الحرارة خلال فصل الخريف بين 30.8م - 36.3 م°، بينما تراوحت أثناء العواصف التي هبت خلال فصل الصيف بين 32.2م و36.3م. كما تراوحت درجة الحرارة للمحطات المناخية خلال العواصف الغبارية التي هبت خلال الربيع بين20 - 29.5 م°، الشكل (4)، ويفسر ذلك التباين في درجة الحرارة بحدوث تلك العواصف في ثلاثة فصول مختلفة (الربيع، الصيف، الخريف)، التي تتباين تأثرها بالأحوال المناخية المتوسطية من الغرب، والظروف الصحراوية من الشرق والجنوب، إضافة إلى تأثر الأردن بمنخفض البحر الأحمر في فصل الربيع.

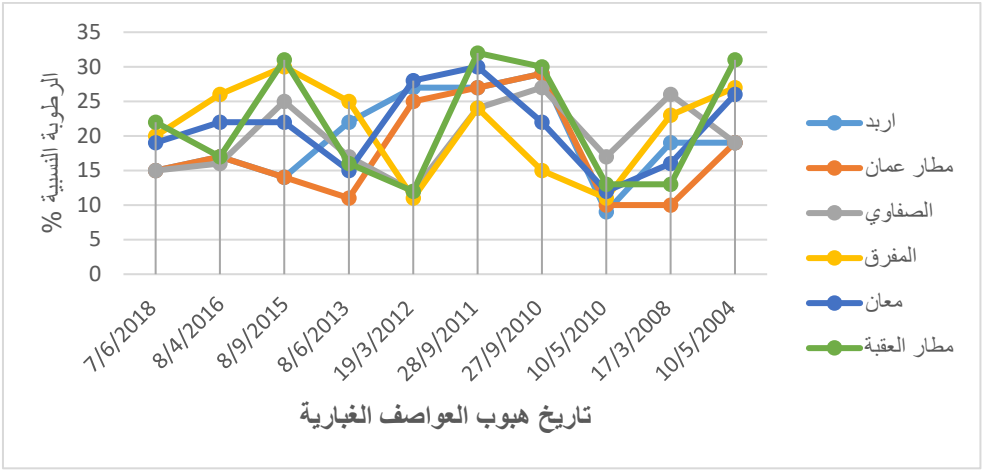
انخفضت الرطوبة النسبية خلال فترة هبوب العواصف الغبارية جميعها، ولم تتجاوز 32%؛ حيث تراوحت خلال أيام هبوب العواصف بين 11% -32%، الشكل (5). بينما انخفضت سرعة الرياح أثناء هبوب العواصف الغبارية؛ حيث تراوحت سرعتها بين 0-14متر بالثانية، الشكل (6)، الأمر الذي

يطيل من عمر العاصفة الغبارية ويزيد من تأثيرها فوق المناطق التي تغطيها. كما تباين اتجاه الرياح من عاصفة غبارية إلى أخرى، إلا أن أكثر الاتجاهات تكرارا كانت الرياح الشمالية الغربية (18 تكرار)، ثم يأتي الاتجاه الجنوبي الشرقي بالمرتبة الثانية (11 تكرار)، ثم يأتي الاتجاه الجنوبي الغربي والشمالي الشرقي بالمرتبة الثالثة (7 تكرارات) لكل منهما، ثم يأتي الاتجاه الشمالي بالمرتبة الرابعة (4 تكرارات)، وجاء الاتجاه الجنوبي في المرتبة الخامسة (تكراران)، الشكل (7). وبشكل عام تعد الرياح الشرقية والجنوبية الشرقية أكثر الاتجاهات مصدرا للعواصف الغبارية.

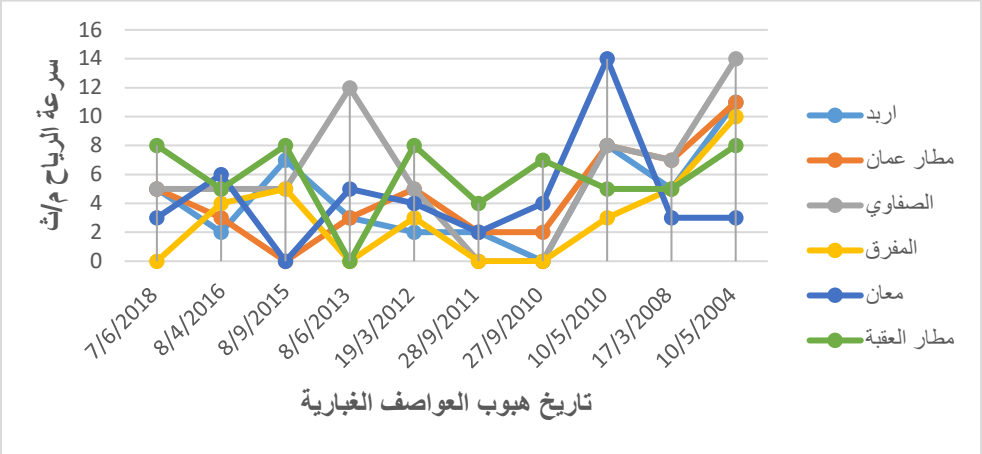
تراوح مدى الرؤية خلال أيام هبوب العواصف الغبارية بين 0.2-10كم، ففي الصفاوي والمفرق تراوحت بين 9-10كم، أما في بقية المحطات فكانت دون 4 كم، وهذا يفسر أن العواصف الغبارية تصل إلى المناطق الشمالية الغربية والجنوبية الغربية؛ مما يؤدي إلى انخفاض مدى الرؤية في تلك المناطق، الشكل (8).



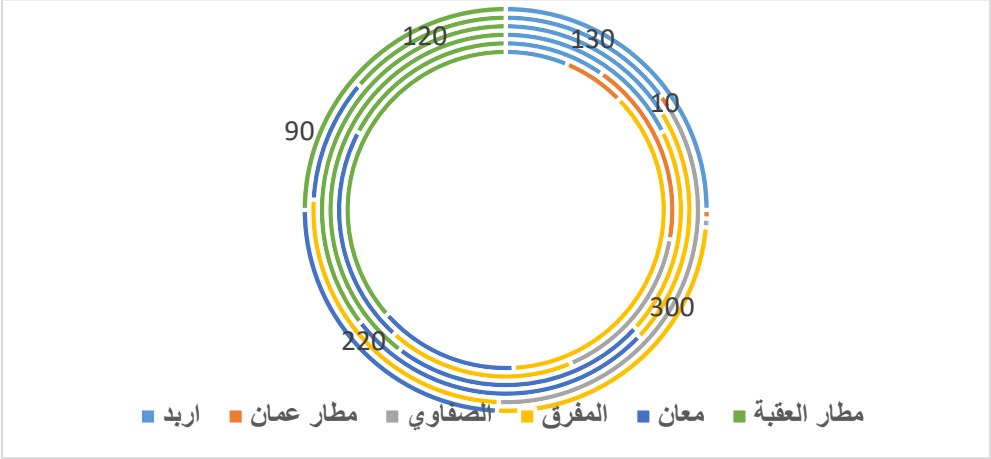
الشكل (4): درجة الحرارة العظمى خلال فترة هبوب العواصف الغبارية



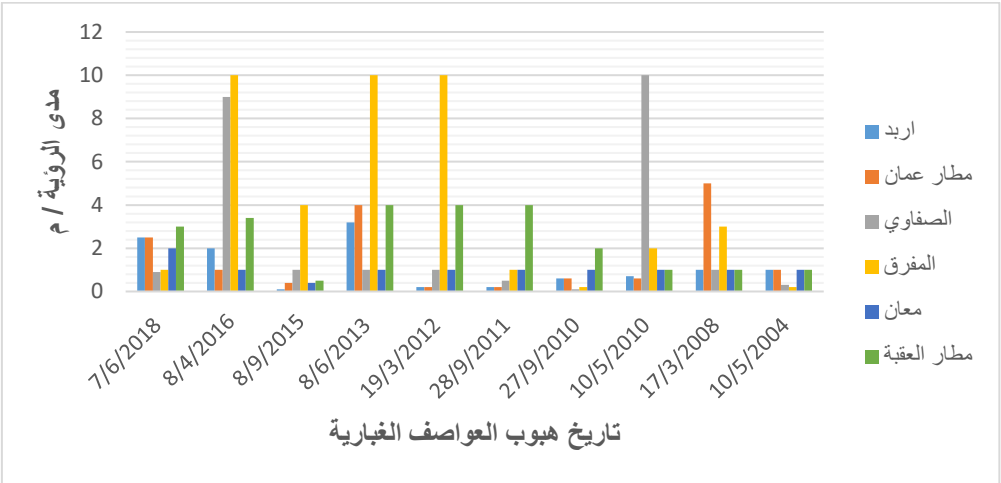
الشكل (5): الرطوبة النسبية خلال فترة هبوب العواصف الغبارية



الشكل (6): سرعة الرياح م/ث خلال فترة هبوب العواصف الغبارية



الشكل (7): اتجاه الرياح خلال فترة هبوب العواصف الغبارية



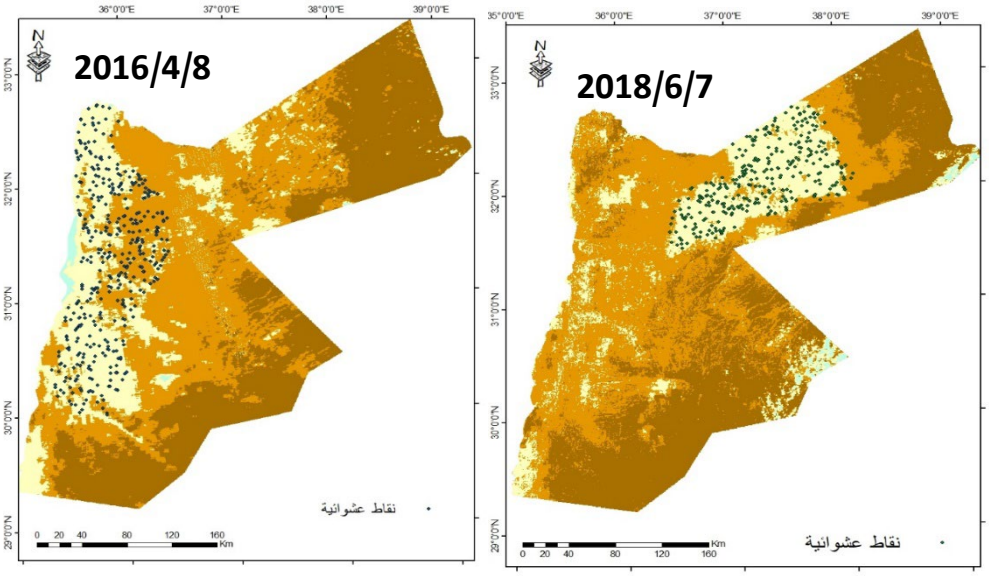
الشكل (8): مدى الرؤية/ مترخلال فترة هبوب العواصف الغبارية

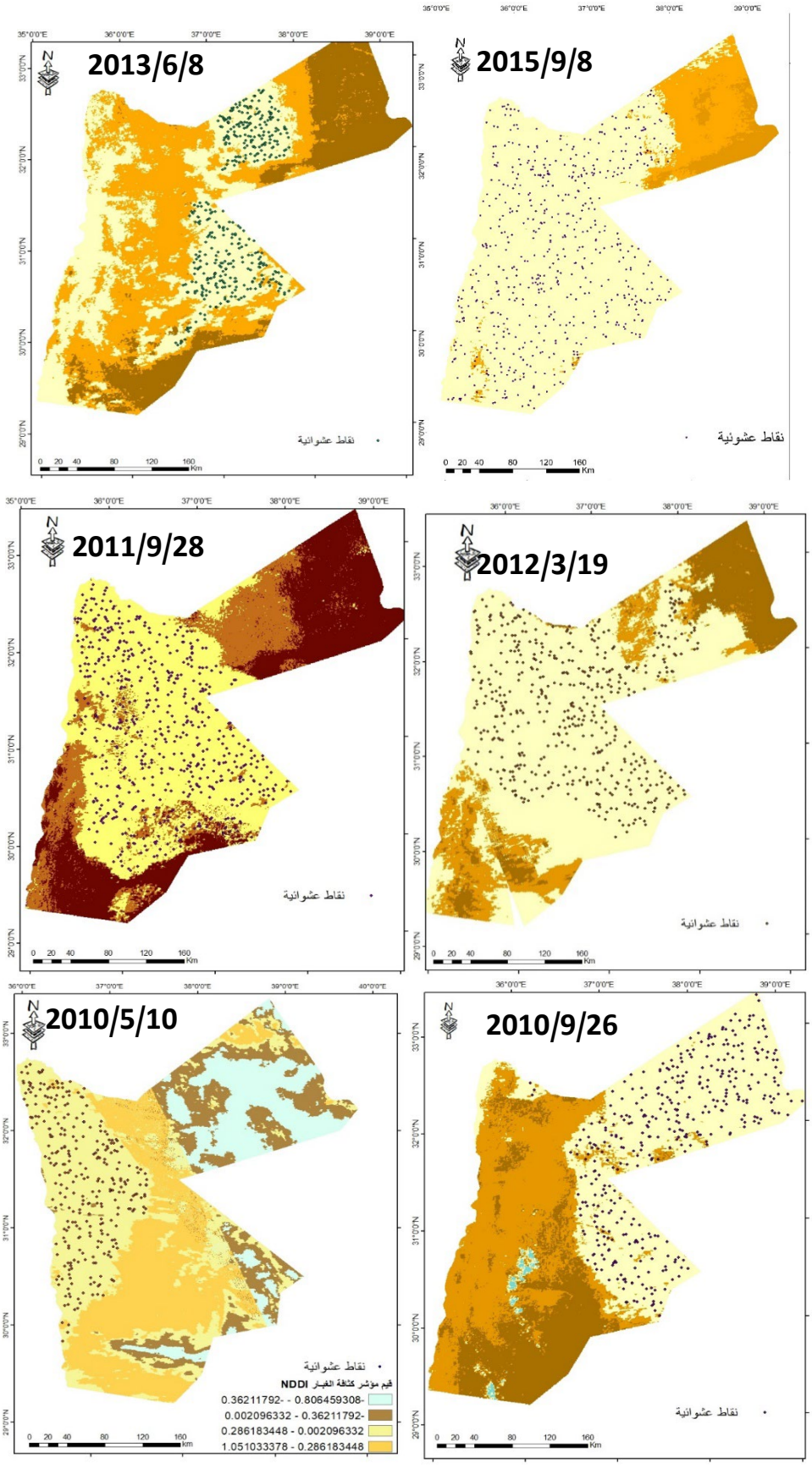
3. النقاط العشوائية (Random Point) فوق العاصفة الغبارية

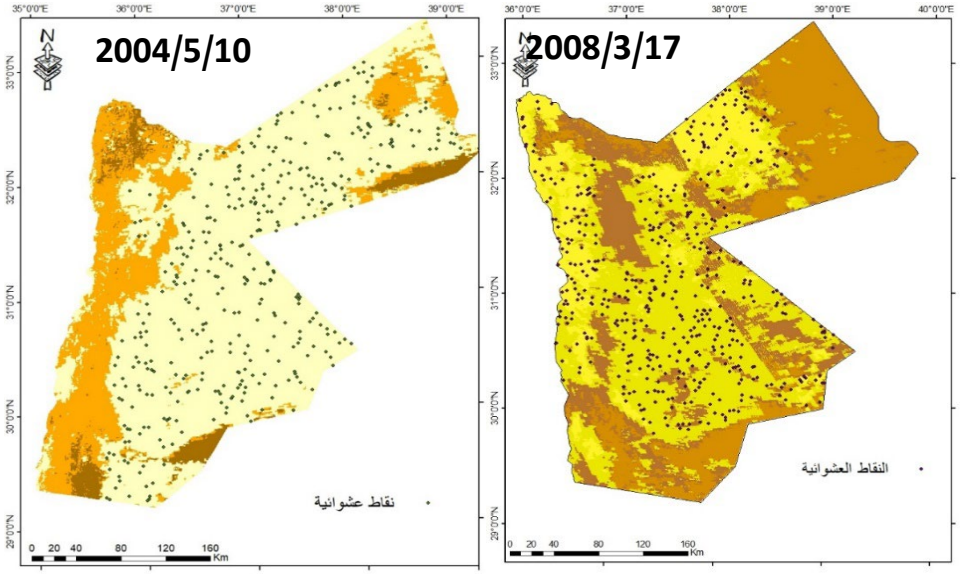
يبين الجدول (5) النقاط العشوائية فوق المنطقة التي تعرضت للعاصفة؛ حيث جرى أخذ قيم الخلايا لكل نقطة حسب مكانها فوق العاصفة باستخدام أداة (Extract Value of Point)، وتبين أن القيم تراوحت بين (0.40-20.0 ميكرومتر) لجميع الحالات والسنوات، باستثناء القيمة العظمى للعاصفة الغبارية التي هبت يوم 2016/4/8؛ إذ بلغت (0.44)، وبلغت القيمة الدنيا للعاصفة التي سجلت يوم 2010/5/10 (0.15)، وعبر تركز النقاط يمكن القول إنها عواصف غبارية قوية؛ وذلك لاقتراب قيم انعكاس الخلايا من (0.28 ميكرومتر) التي تعبر عن تأثر المناطق بالعواصف الغبارية، كما يظهر في الشكلين (9) و (10).

الجدول (5): قيم النقاط العشوائية للعاصفة الغبارية

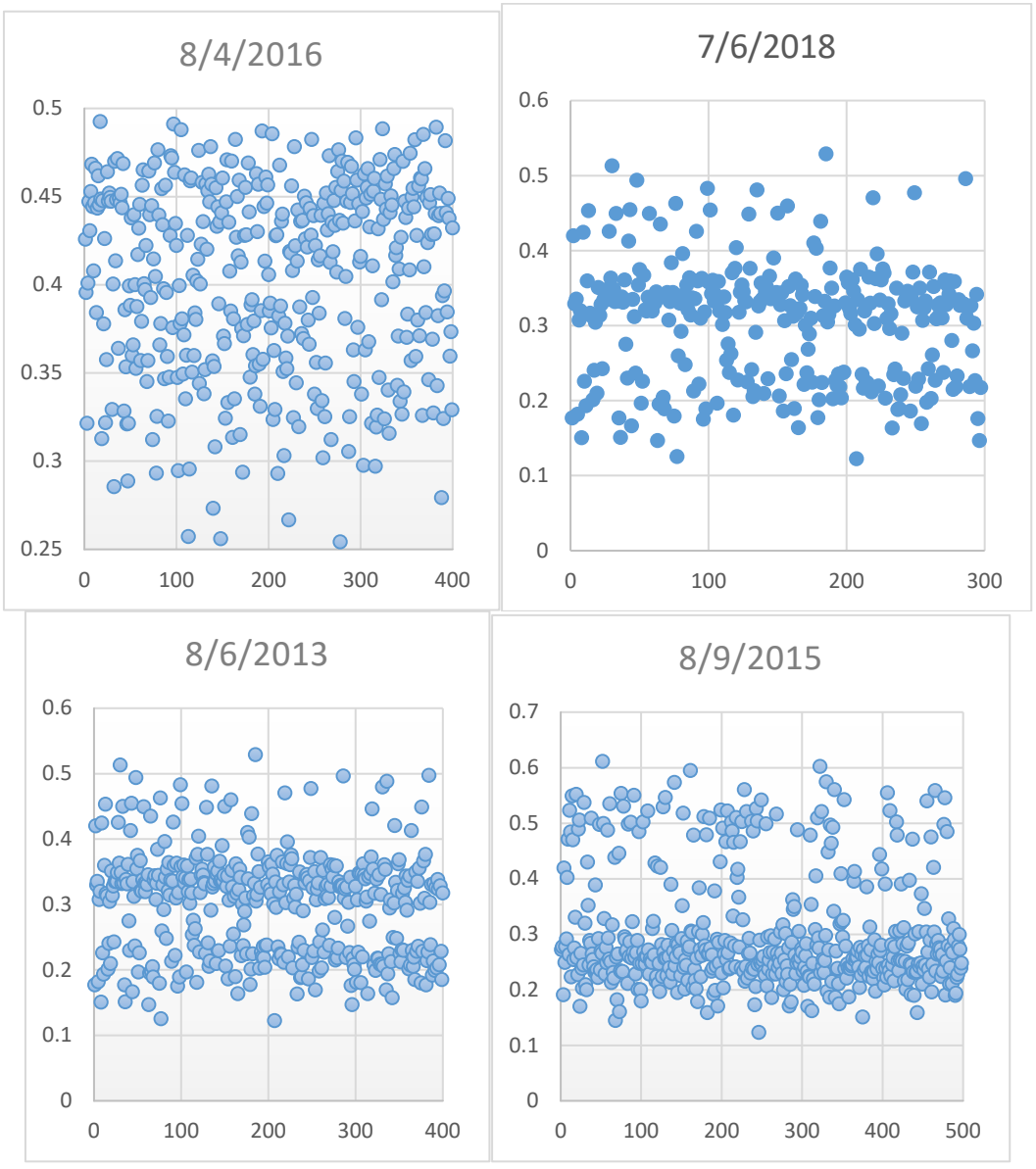
تاريخ العاصفة	قيم النقاط العشوائية	أدنى قيمة	اعلى قيمة	المتوسط
2018/6/7	0.35-0.30	0.30	0.35	0.33
2016/4/8	0.44-0.34	0.34	0.44	0.39
2015/9/8	0.30-0.20	0.20	0.30	0.25
2013/6/8	0.40-0.25	0.25	0.40	0.33
2012/3/19	0.31-0.20	0.20	0.31	0.26
2011/9/28	0.30-0.25	0.25	0.30	0.28
2010/9/26	0.30-0.20	0.20	0.30	0.25
2010/5/10	0.25-0.15	0.15	0.28	0.22
2008/3/17	0.36-0.25	0.25	0.36	0.31
2004/5/10	0.33-0.21	0.21	0.33	0.27

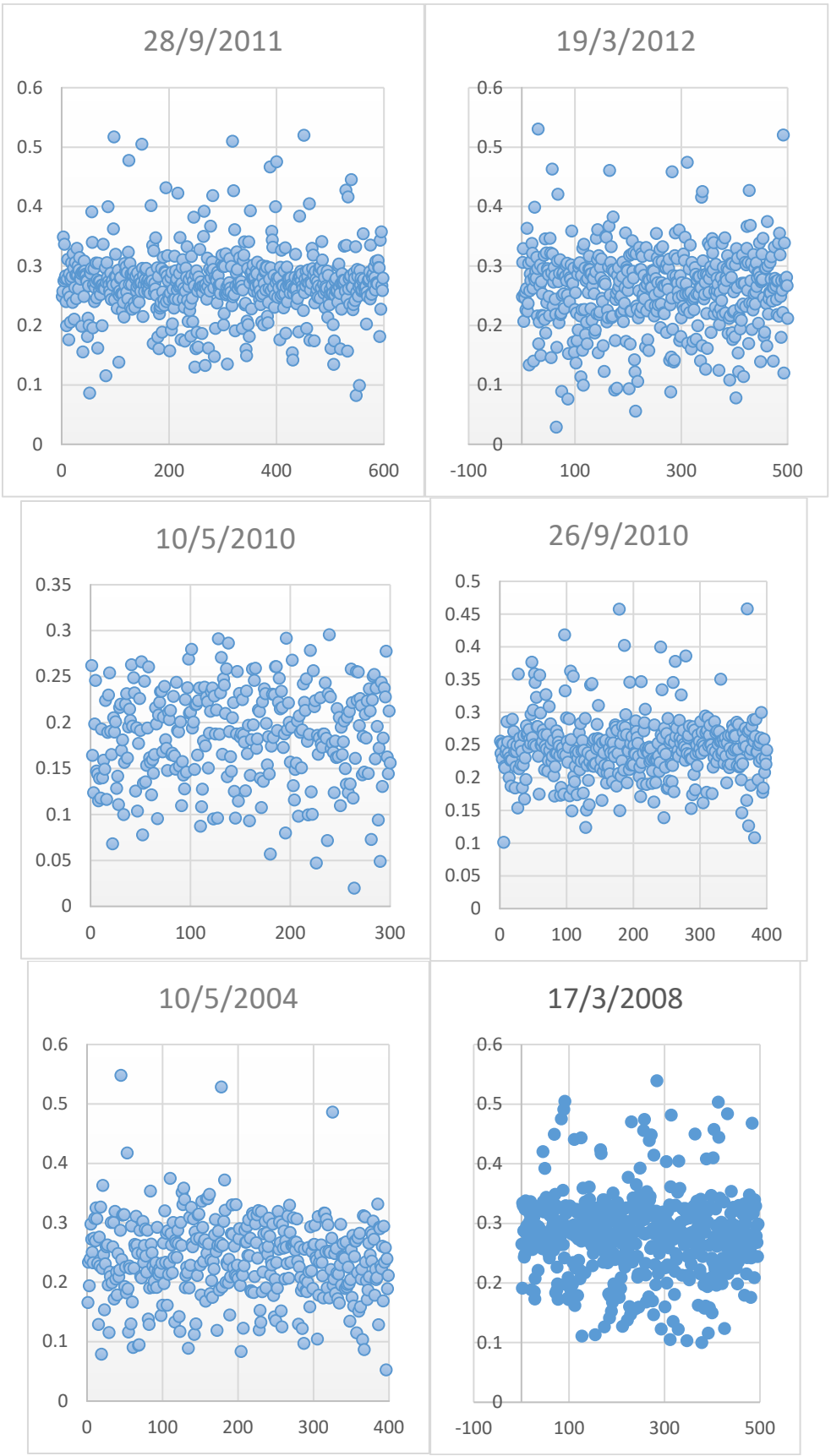



2013/6/8
2015/9/8
2011/9/28
2012/3/19
2010/5/10
2010/9/26
نقاط عشوائية
قيم مؤشر كثافة الغبار NDDI
0.36211792- - 0.806459308-
0.002096332 - 0.36211792-
0.286183448 - 0.002096332
1.051033378 - 0.286183448



الشكل (9): توزيع قيم النقاط العشوائية التي جرى تحديدها للعواصف الغبارية

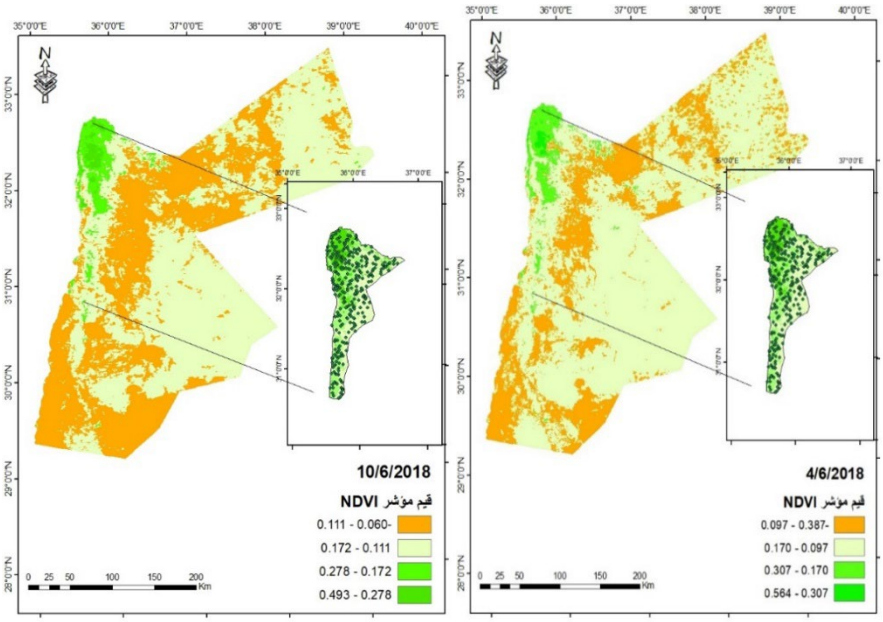


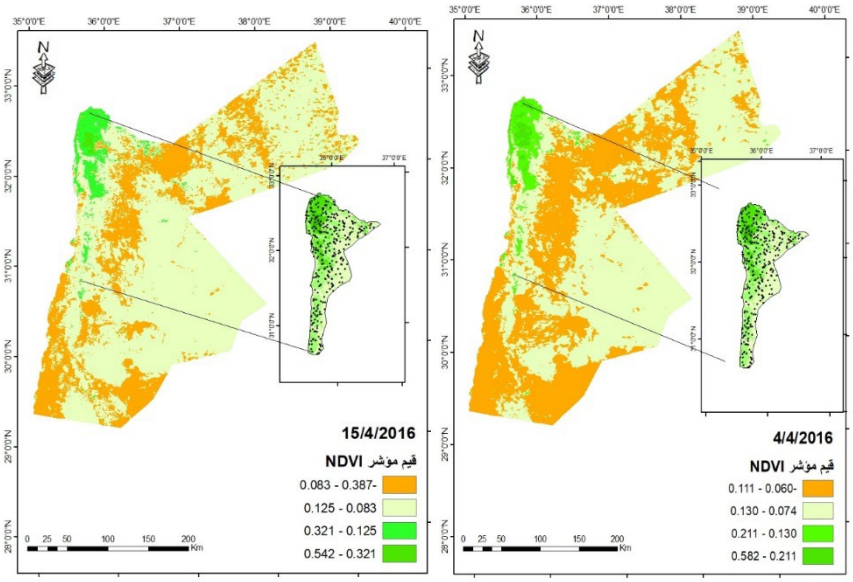


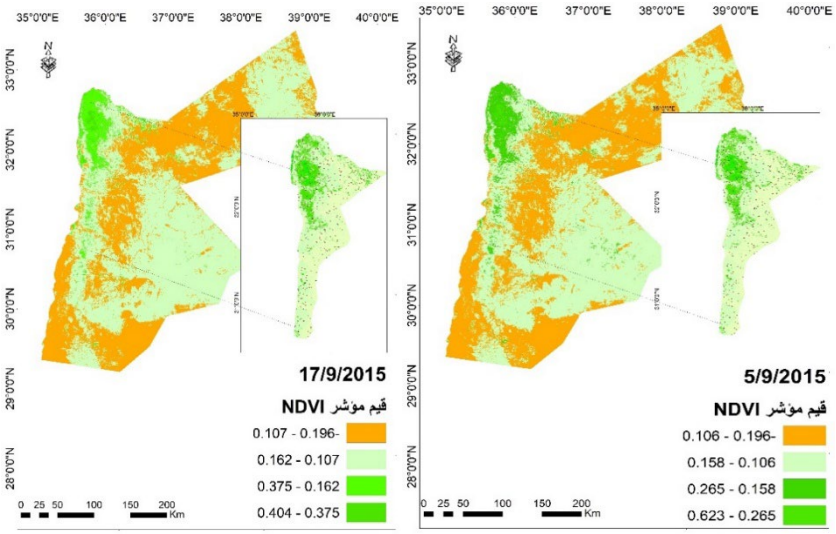
الشكل (10): النقاط العشوائية التي استُخرجت لها قيم مؤشِّر كثافة الغبار(NDDI)

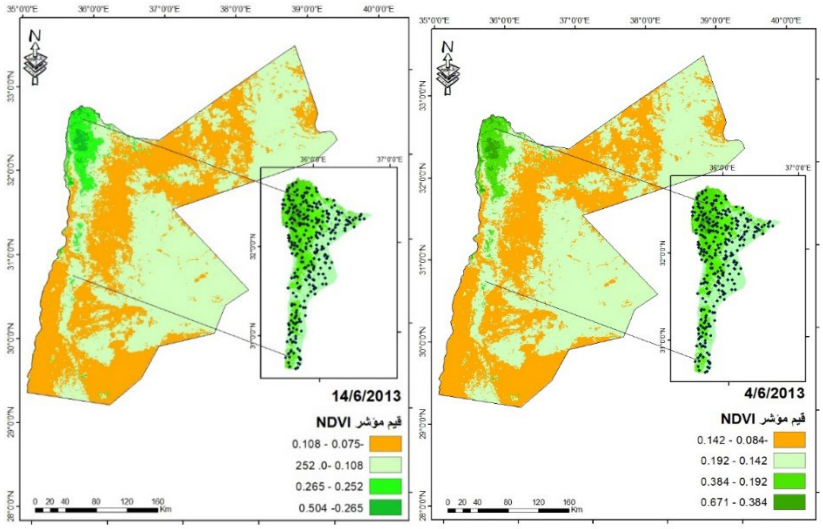
4. قيم مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) قبل العاصفة الغبارية وبعدها:

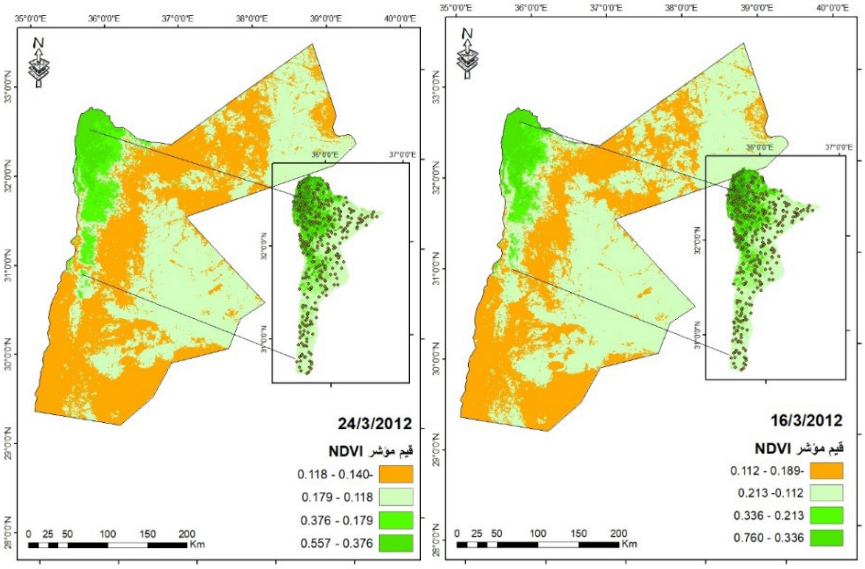
تراوحت قيم مؤشِّر خضرة النبات NDVI قبل العاصفة بين (0.17-0.56)، بينما تراوحت بعد العاصفة بين (0.17-0.45)، وعبر قيم مؤشِّر خضرة النبات NDVI يتضح أن هناك تراجعا في خضرة النبات بشكل ملحوظ كما يظهر في الشكل (11) والشكل (12)؛ وذلك يعود إلى قوة العواصف الغبارية بالإضافة إلى العوامل البيئية الأخرى.

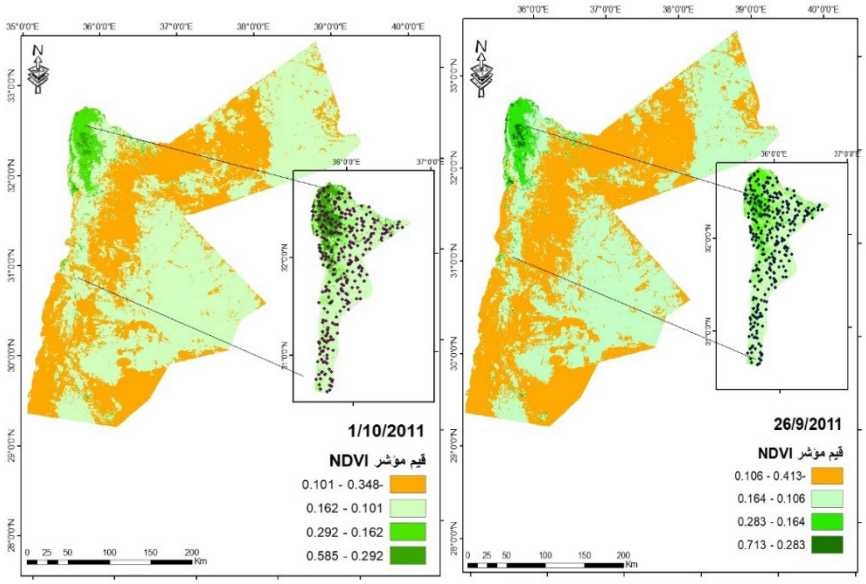


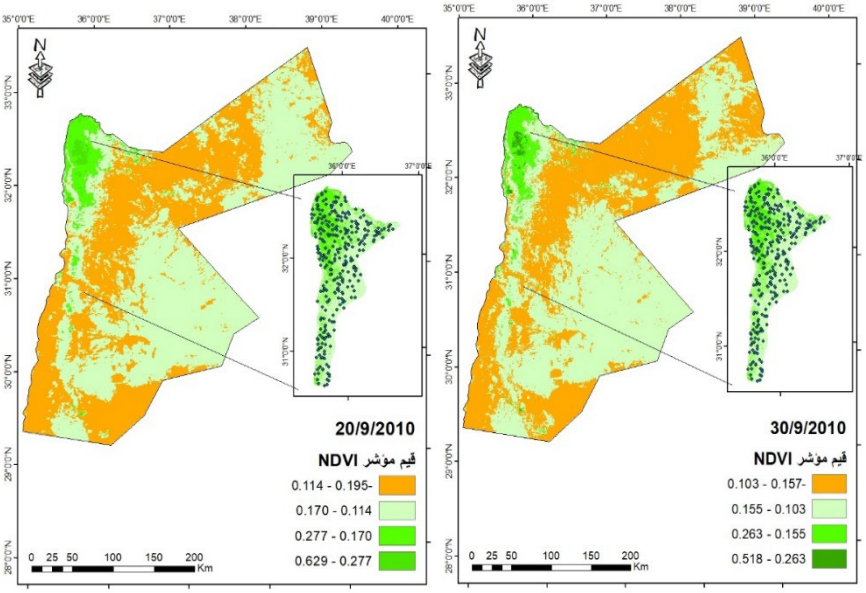


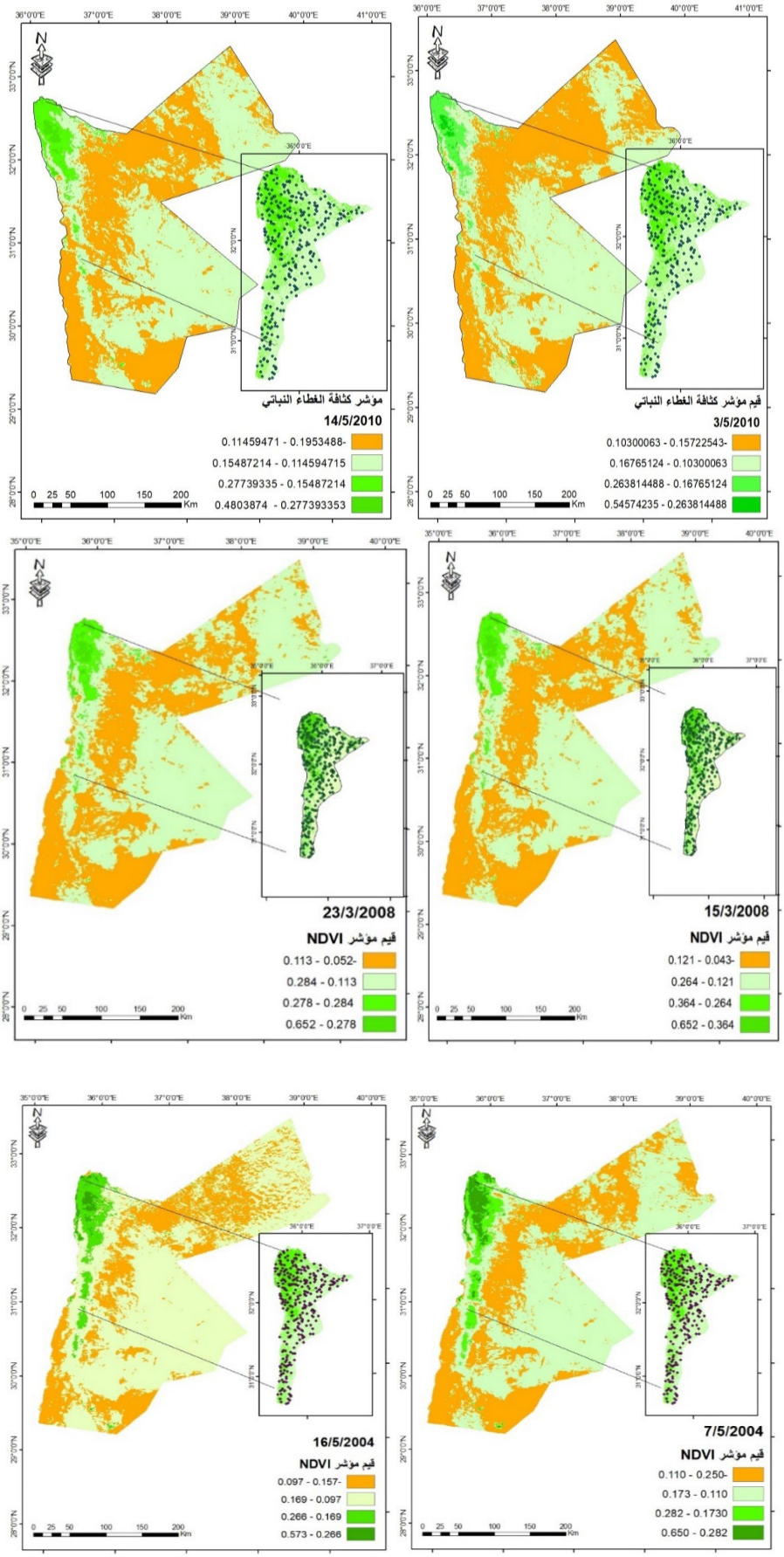

17/9/2015
قيم مؤشر NDVI
0.107 - 0.196-
0.162 - 0.107
0.375 - 0.162
0.404 - 0.375
5/9/2015
قيم مؤشر NDVI
0.106 - 0.196-
0.158 - 0.106
0.265 - 0.158
0.623 - 0.265


14/6/2013
قيم مؤشر NDVI
0.108 - 0.075-
252 .0- 0.108
0.265 - 0.252
0.504 -0.265
4/6/2013
قيم مؤشر NDVI
0.142 - 0.084-
0.192 - 0.142
0.384 - 0.192
0.671 - 0.384

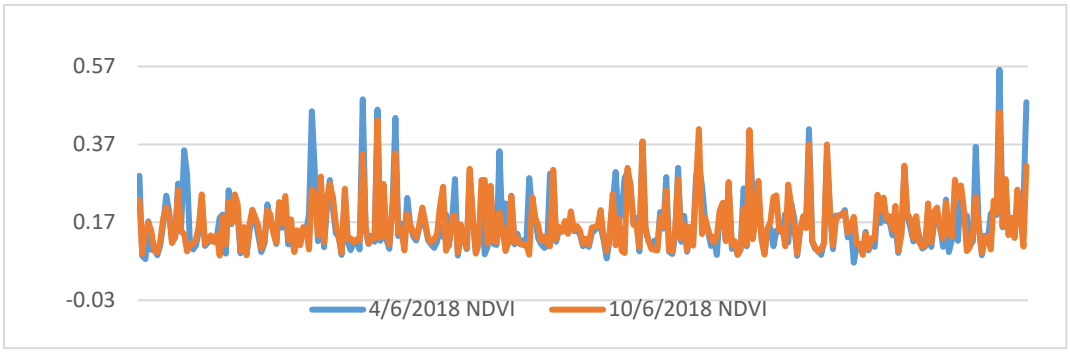

24/3/2012
قيم مؤشر NDVI
0.118 - 0.140-
0.179 - 0.118
0.376 - 0.179
0.557 - 0.376
16/3/2012
قيم مؤشر NDVI
0.112 - 0.189-
0.213 -0.112
0.336 - 0.213
0.760 - 0.336

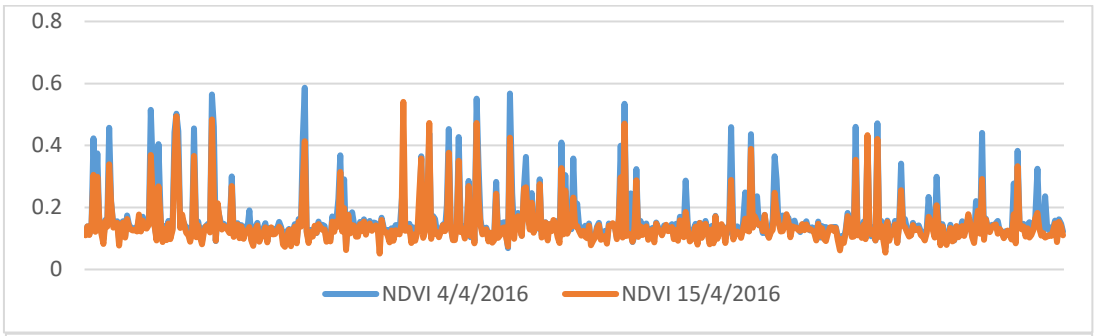

1/10/2011
قيم مؤشر NDVI
0.101 - 0.348-
0.162 - 0.101
0.292 - 0.162
0.585 - 0.292
26/9/2011
قيم مؤشر NDVI
0.106 - 0.413-
0.164 - 0.106
0.283 - 0.164
0.713 - 0.283

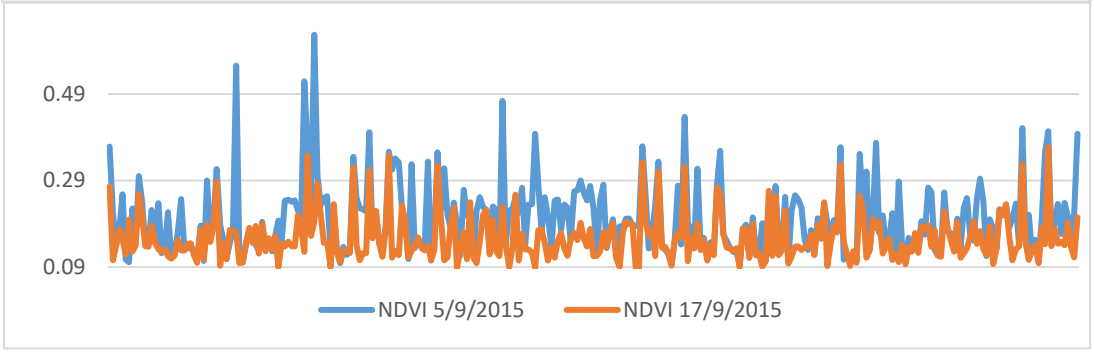

20/9/2010
قيم مؤشر NDVI
0.114 - 0.195-
0.170 - 0.114
0.277 - 0.170
0.629 - 0.277
30/9/2010
قيم مؤشر NDVI
0.103 - 0.157-
0.155 - 0.103
0.263 - 0.155
0.518 - 0.263

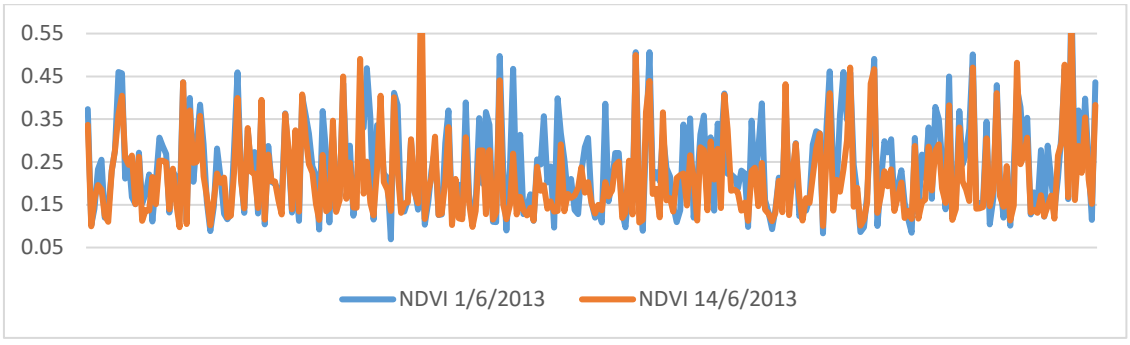


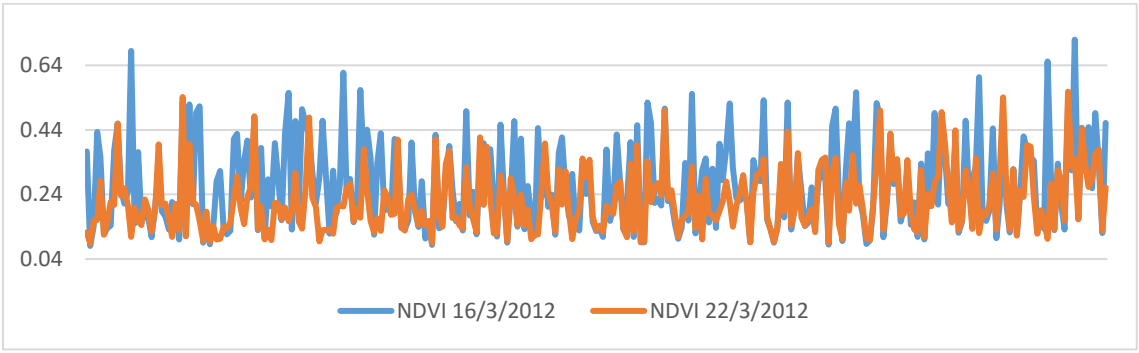
الشكل (11): قيم مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) للنقاط العشوائية قبل العواصف الغبارية وبعدها

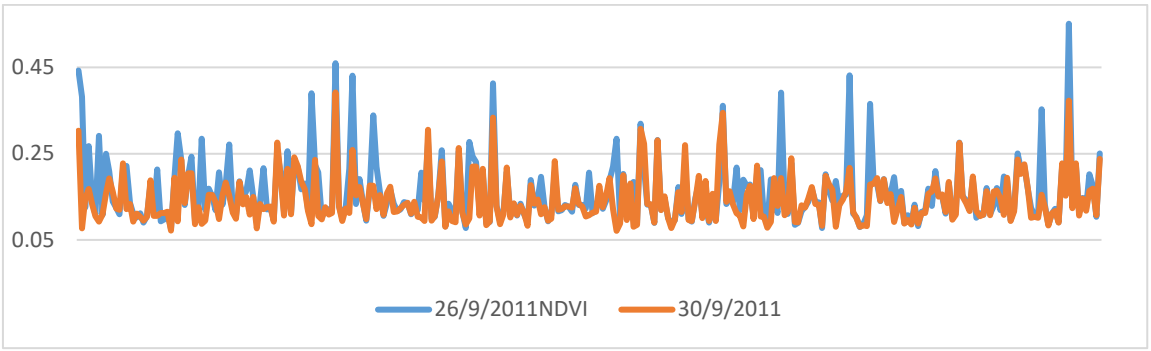

0.57
0.37
0.17
-0.03
4/6/2018 NDVI
10/6/2018 NDVI

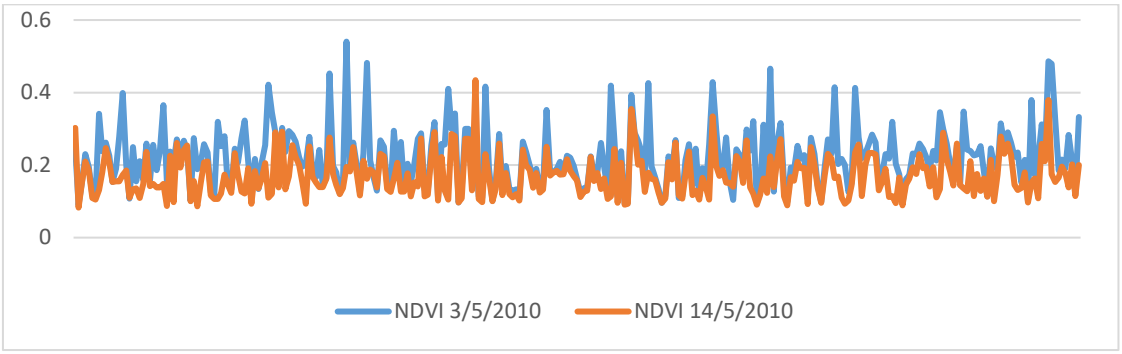

0.8
0.6
0.4
0.2
0
NDVI 4/4/2016
NDVI 15/4/2016

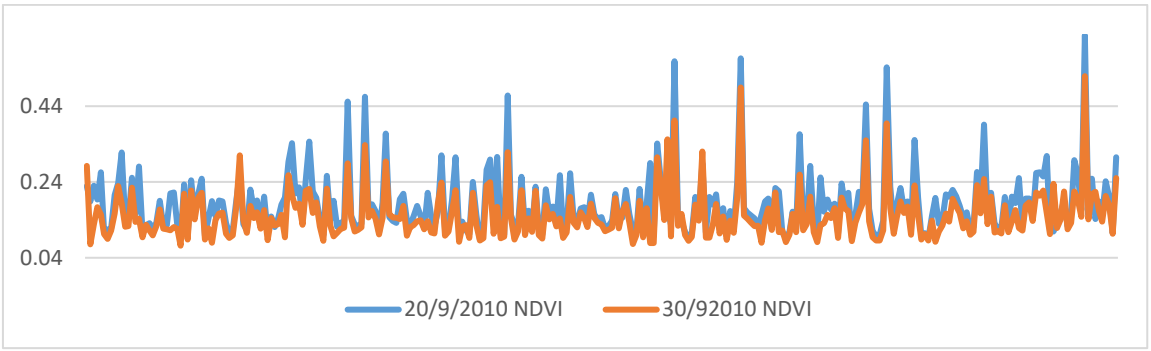

0.49
0.29
0.09
NDVI 5/9/2015
NDVI 17/9/2015

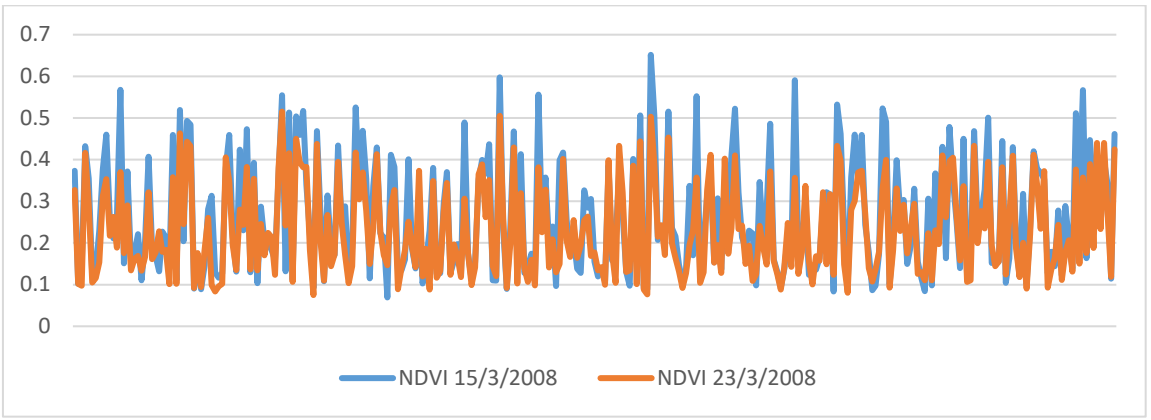

0.55
0.45
0.35
0.25
0.15
0.05
NDVI 1/6/2013
NDVI 14/6/2013

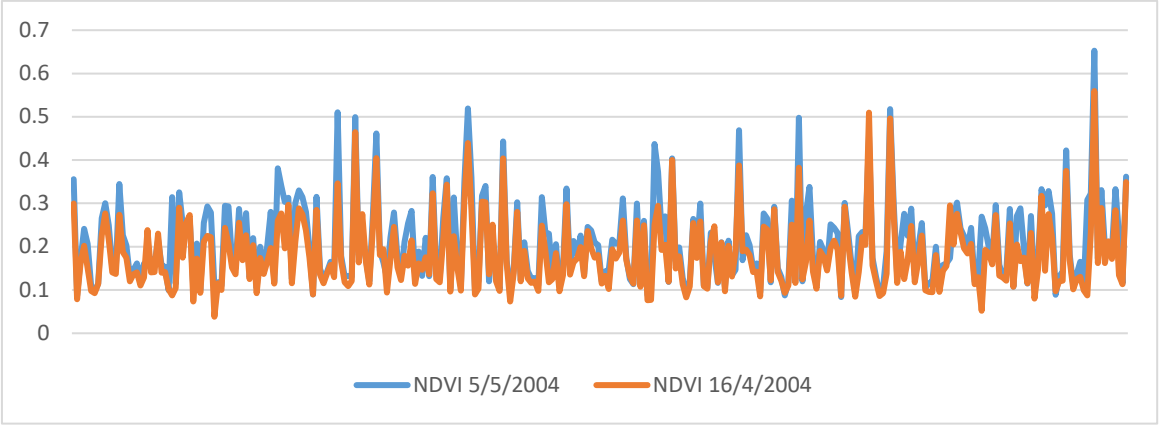

0.64
0.44
0.24
0.04
NDVI 16/3/2012
NDVI 22/3/2012


0.45
0.25
0.05
26/9/2011NDVI
30/9/2011


0.6
0.4
0.2
0
NDVI 3/5/2010
NDVI 14/5/2010


0.44
0.24
0.04
20/9/2010 NDVI
30/92010 NDVI


0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
NDVI 15/3/2008
NDVI 23/3/2008

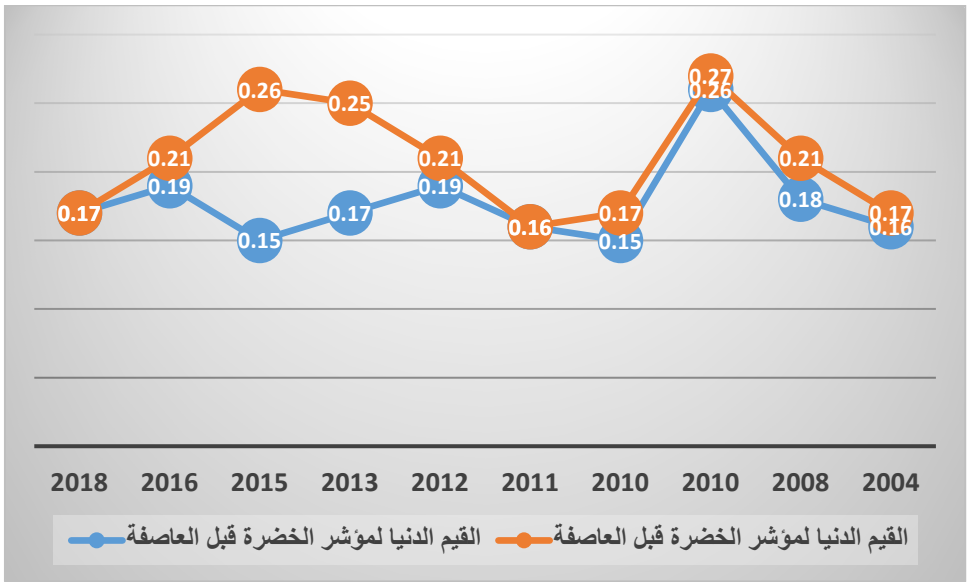


الشكل (12): المنحيات البيانية للقيم الدنيا والعظمى لمؤشِّر خضرة النبات (NDVI) قبل العواصف الغبارية وبعدها

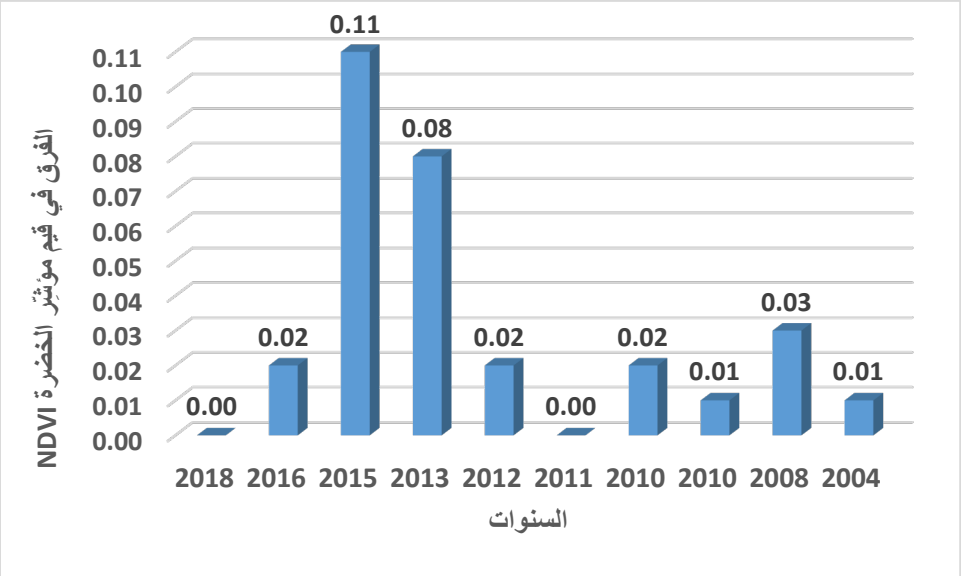
5.القيم الدنيا لمؤشِّر خضرة النبات (NDVI) للعواصف الغبارية:

عبر تتبع مؤشِّر خضرة النبات (NDVI) للكشف عن مقدار التأثير الذي أحدثته العاصفة الغبارية على خضرة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة؛ حيث يمكن ملاحظة تراجع قيم مؤشِّر خضرة التبات (NDVI) بعد العاصفة الغبارية بشكل متفاوت بين كل عاصفة وأخرى، وتشير القيم التي تتراوح بين (0.5 إلى 0.8) إلى الغابات المعتدلة وتستخدم أيضا لمراقبة المحاصيل الزراعية. أما بالنسبة للقيم الدنيا (0.1 أو أقل) فكانت أقل تأثرا مقارنة بالقيم العظمى؛ وذلك لأنها تمثل الغطاء النباتي الطفيف جدًا والمساحات الجرداء.

ويبين الشكل (13) القيم الدنيا لمؤشِّر خضرة النبات (NDVI) قبل العاصفة الغبارية وبعدها؛ إذ يلاحظ أن هناك تراجعا في حالة الغطاء النباتي أدى إلى تراجع القيم الدنيا لمؤشِّر خضرة النبات (NDVI)، نتيجة تأثير العواصف الغبارية التي تعرض لها الأردن في (2016/4/8، 2015/9/8، 2013/6/8، 2012/3/19، 2010/9/26، 2008/3/17)، بينما كان التراجع طفيفا بفارق (0.1) للأيام التي تعرضت للعواصف الغبارية في سجلت عدم تأثر نتيجة العواصف الغبارية (2004/5/28). 2010/5/10)، في حين لم يكن هناك تراجع في القيم الدنيا للأيام التي تعرضت للعواصف الغبارية في (2011/9/28، 2018/6/7)، وهذا لا يعني أنه لم يكن هناك تراجع في القيم العظمى لمؤشِّر الخضرة، ويبين الشكل (14) مقدار الفرق بين القيم الدنيا لمؤشِّر خضرة النبات (NDVI) قبل العاصفة الغبارية وبعدها.



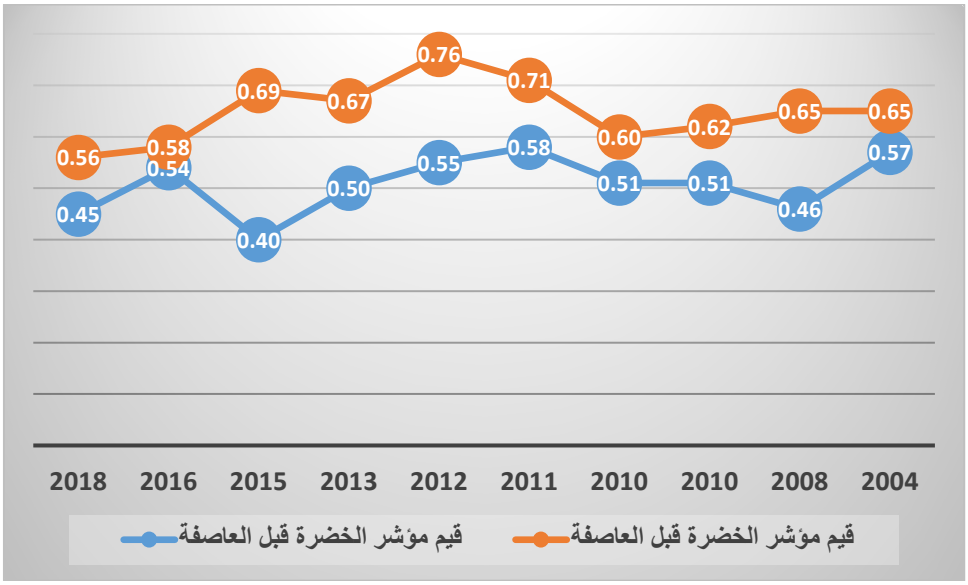
الشكل (13): القيم الدنيا لمؤشِّر خضرة النبات NDVI قبل العواصف الغبارية وبعدها



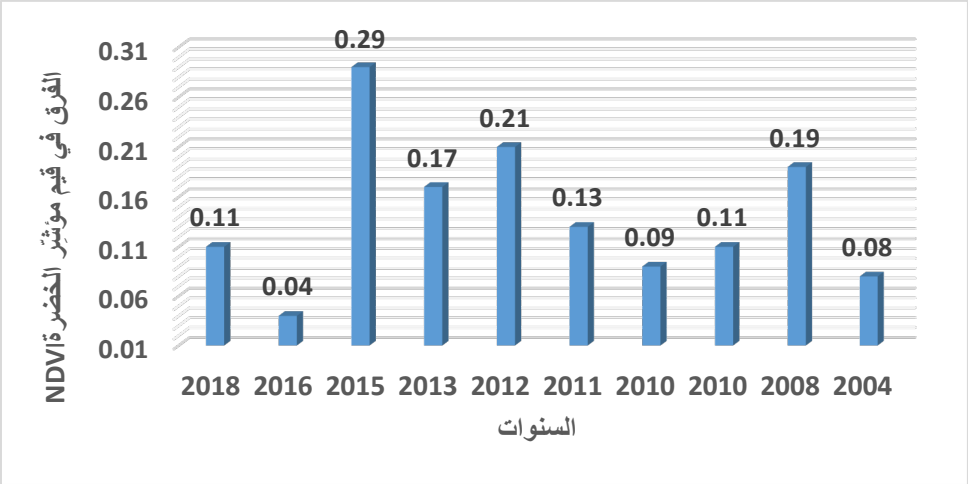
الشكل (14): مقدار الفرق بين القيم الدنيا لمؤشّر NDVI قبل العواصف الغبارية وبعدها

5. القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) للعواصف الغبارية:

يمكن ملاحظة القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) قبل العاصفة الغبارية وبعدها عبر الشكل (15)؛ مما يدل على أن هناك تأثيرا كبيرا للعواصف الغبارية في حالة الغطاء النباتي أدى إلى تراجع القيم العظمى بشكل ملحوظ لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) نتيجة العواصف الغبارية التي تعرض لها الأردن في (2018/6/7، 2015/9/8، 2013/6/8، 2012/3/19، 2011/9/28، 2008/3/17)؛ إذ تراوحت قيم التراجع بين (0.11-0.29)، بينما كان تراجع القيم العظمى طفيفا نتيجة العواصف الغبارية التي تعرض لها الأردن في (2016/4/8، 2010/9/26، 2004/5/10)؛ إذ تراوحت قيم التراجع بين (0.04-0.09)، ويبين الشكل (16) مقدار الفرق بين القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) قبل العاصفة الغبارية وبعدها.



الشكل (15): القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) قبل العواصف الغبارية وبعدها



الشكل (16): الفرق بين القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDDI) قبل العواصف الغبارية وبعدها

عبر الكشف عن الارتباط بين القيم العظمى لمؤشّر كثافة الغبار (NDDI)، والقيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) بعد العاصفه الغبارية وجد ان هناك علاقة طردية متوسطة r=0. 524؛ أي أنه كلما قلت القيم العظمى لمؤشّر كثافة العاصفة الغبارية (NDDI) دل ذلك على شدة العاصفة الغبارية، وبالتالي اتجاه القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات إلى التراجع.

7. ملخص النتائج

أظهرت الدراسة مجموعة من النتائج، أبرزها:

1. بينت الدراسة أن مدى الرؤية خلال أيام هبوب العواصف الغبارية تراوح بين 0.2-10كم، ففي الصفاوي والمفرق تراوحت بين 9-10كم، ما في بقية المحطات فكانت دون 4 كم، وهذا يشير إلى أن تأثيرها يصل إلى الأجزاء الوسطى والشمالية في عمان وإربد، والمناطق الجنوبية في معان والعقبة.
2. تراوحت قيم مؤشّر خضرة النبات (NDVI) قبل العاصفة بين (0.17-0.56)، وبعد العاصفة بين (0.17-0.45)؛ مما يشير إلى تراجع في مؤشّر خضرة النبات (NDVI) بسبب قوة العواصف الغبارية.
3. تبين أن هنالك علاقة طردية متوسطة (r=0.524.) بين القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) والقيم العظمى لمؤشّر كثافة العاصفة الغبارية (NDDI) بعد العاصفه الغبارية.
4. أظهرت الدراسة قدرة موشر كثافة الغبار(NDDI) في الكشف عن مناطق حدوث العاصفة الغبارية، ومعرفة مدى شدة العاصفة الغبارية؛ حيث تراوحت معظم القيم للحالات العشره المدروسة ضمن الفئة (0.20 – 0.40 ميكروميتر).
5. بينت الدراسة أن هناك تأثيرا كبيرا للعواصف الغبارية على حالة الغطاء النباتي أدى إلى تراجع القيم العظمى لمؤشّر خضرة النبات (NDVI) مقارنة بقيم المؤشّر قبل العاصفه الغبارية نتيجة العواصف الغبارية التي تعرض لها الأردن (2018/6/7، 2015/9/8، 2013/6/8، 2012/3/19، 2011/9/28، 2008/3/17). كما سجلت تأثيرا منخفضا نتيجة العواصف الغبارية (2016/4/8، 2010/9/26، 2004/5/10).
6. تراوحت الرطوبة النسبية خلال أيام هبوب العواصف الغبارية بين 11%-32%، كما تراوحت سرعة الرياح بين 0-14 متر بالثانية؛ مما ساعد على إطالة عمر العاصفة الغبارية وزاد من تأثيرها فوق المناطق التي غطتها.

المصادروالمراجع

البحيري، صلاح الدين. (1991). جغرافية الأردن. ط2؛ عمان- الأردن.

خليل، يوسف وغانم، علي. (2005). الاحوال السينوبنيكية المسببة للعواصف الغبارية خلال فصل الربيع في الأردن (1975- 2005)، رسالة ماجستير، جامعة الملك فيصل، عمان، الأردن.

دائرة الأرصاد الجوية، بيانات مناخية غير منشورة، عمان، الأردن.

الدليمي، اياد وشلال، جاسم. (2016). خصائص ومكونات بعض العواصف الغبارية وتأثيرها في التدهور والتلوث البيئي. المجلة العراقية لدراسات الصحراء، مجلد6، عدد1.

راشد، عماد. (2011). دراسة تأثير بعض العناصر الجوية على العواصف الغبارية لمناطق مختارة من العراق. مجلة علوم المستنصرية، المجلد 4، العدد 22.

راشد، عماد. (2011). دراسة تأثير بعض العناصر الجوية على العواصف الغبارية لمناطق مختارة من العراق. مجلة علوم المستنصرة، المجلد 4، عدد 22.

السفاريني، غازي. (2009). مبادئ الجيولوجيا البيئية. ط1؛ دار الفكر، عمان- الأردن.

شحادة، نعمان. (1990). مناخ الأردن. ط3؛ عمان- الأردن.

شحادة، نعمان. (1997). الأساليب الكمية في الجغرافيا باستخدام الحاسوب. ط1؛ مطبعة دار الصفاء- عمان، الأردن.

غانم، علي. (2013). الأحوال السينوبتيكية المسببة للعواصف الغبارية خلال فصل الربيع في الأردن. المجلة الجغرافية، جامعة الملك فيصل، كلية الآداب.

القاسم، محمد. (2012). ظاهرة العواصف الغبارية في البئيات القاحلة دراسة حالة: ولاية الخرطوم. مجلة بخت الرضا، عدد3.

كاظم، ظلال. (2019). العواصف الغبارية في محافظة القادسية، الكوفة، العراق.

المحمد، حسن. (2016) توزع العواصف الغبارية في سورية وآلية الكشف عنها باستخدام تقانية الاستشعار عن بعد. المجلة العربية للبيئات الجافة 9(1-2)، المجلد5243 – 2305.

References

Albugami, S., Palmer, S., Meersmans, J., & Waine, T. (2018). Evaluating MODIS Dust-Detection Indices over the Arabian Peninsula. Remote Sensing, 10(12), 1993. https://doi.org/10.3390/rs10121993

Al-Khudhairy. Aws A., Shaban. Auday H. and Al-Timimi. Yaseen K. *(* 2023), *IOP Conf. Se.: Earth Environ. Sci.* 1223 012024DOI 10.1088/1755-1315/1223/1/012024

Chen.Z., Wang.W and Fu.J. (2020). Vegetation response to precipitation anomalies under different climatic and biogeographical conditions in china. Scientific reports nature research, (2020) 10:830

Guo, M., Wang, X., Liu, Y., Li, J., Wang, H., Matsuoka, N., Tani, H., (2012). The effects of sand dust storms on greenhouse gases. International Journal of Remote Sensing 33, 6838-6853.

H. Yaqub, I.Younes, K. Mahmood, & S. Mahmood. (2023). A CASE STUDY OF DUST STORM EVENTS IN PAKISTAN USING NORMALIZED DUST DETECTION INDEX. Pakistan Journal of Science, 75(1), 78–87. https://doi.org/10.57041/vol75iss1pp78-87

Karim, M. S., & Zhuang, J. (2019). Evaluation of dust and aerosol distribution using NDDI over North Africa. International Journal of Remote Sensing, 40(5)

Li, X., Zhang, Y., and Li, H. (2024) "Evaluating the Intensity of Dust Storms Using a Standardized Difference Dust Index (NDDI)." Journal of Arid Land, vol. 16, no. 4,

Lillesand. Thomas M., Kiefer .Ralph W., & Chipman Jonathan W., (2015), Remote sensing and image interpretation, Seventh edition, Publisher: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, N.J.

Renza, Diego & Martinez, Estibaliz & Arquero, Agueda & Sánchez-Lladó, Javier. Drought Estimation Maps by Means of Multidate Landsat Fused Images.

Sun, K., Su, Q., & Ming, Y. (2019). Dust Storm Remote Sensing Monitoring Supported by MODIS Land Surface Reflectance Database. Remote Sensing, 11(15), 1772. https://doi.org/10.3390/rs11151772

Taher, Rajaee., Nima, Rohani., Ehsan, Jabbari., & Barat, Mojaradi., (2020) Tracing and assessment of simultaneous dust storms in the cities of Ahvaz and Kermanshah in western Iran based on the new approach. Arabian Journal of Geosciences 13, 461

Tegen, I., (2003). Modeling the mineral dust aerosol cycle in the climate system. Quaternary Science Reviews 22

Wang, J.X., (2015): Mapping the global dust storm records: Review of dust data sources in supporting modeling/climate study. Curr. Pollut. Rep.

Yong Xie., Wenhao Zhang, and John J. Qu. (2017). Detection of Asian Dust Storm Using MODIS Measurements. Remote Sensing · August 2017

Zandkarimi i, sarah. Palmer, steven. (2018). Evaluating MODIS Dust-Detection Indices over the Arabian Peninsula. Remote

Sensing , Volume 10 , Issue 12

Zandkarimi, A. and Fatehi, P. (2019)DUST STORM DETECTION USING MODIS DATA OVER THE MIDDLE EAST, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4/W18, 1147–1151, https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W18-1147-2019/

Zeitoun, M., Al-Maqbel, A., & Al-Shayab, S. (2022). Analysing the weather conditions accompanying the rainy days in the dry year 2007/2008 and the wet year 2002/2003. Dirasat: Human and Social Sciences, 49(2), 147–165. https://doi.org/10.35516/hum.v49i2.1782

Zeitoun, Mohammad., and Jaradat, Sawsan., (2024). Estimation of the Earth Surface Temperature Using LANDSAT 8 Sensor Data: In Irbid during the Heat waves 2020: A Case Study, ournal of the Association of Arab Universities for Literature, Volume 1, Issue 1, pp. 1-27

Zytoon, M., & Shehadeh, N. (2016). Climate Change Indicators in the North of Jordan. Dirasat: Human and Social Sciences, 42(2). Retrieved from https://archives.ju.edu.jo/index.php/hum/article/view/11539

https://modis.gsfc.nasa.gov/

https://earthexplorer.usgs.gov/

www.earthdatascience.org

https://www.usgs.gov/