



Climatic Analysis, Routing and Simulation of Extreme Dust Storms in the West of Iran (Case Study: Kermanshah Synoptic Station)

Ehsan Tamassoki^{1*}, Erfan Tamassoki² and Ahmad Asadi Meyabadi³

1- Ph.D. of Watershed Management Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2- Graduated from Civil Engineering, Islamic Azad University, Harsin Center, Harsin, Iran

3- M.Sc. Graduated of Rangeland Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

*Corresponding author: ehsantamasoki@yahoo.com

(Received: 10 March 2022

Revise: 18 April 2022

Accepted: 23 April 2022)

Extended Abstract

Introduction: According to their specific geographic and climatic conditions, the extent and intensity of dust storms in the west and southwest parts of Iran have made this phenomenon one of the principal environmental hazards in these regions. The extent of dust storms, their significant effects on health, economy, environment, and agriculture, and their increasing trend have drawn the attention of many researchers. The recent study is composed of data analysis of dust storms by Iran Meteorological Organization Earth Database, synoptic analysis of weather and climate patterns causing and transmitting dust using middle and upper atmosphere data in Sanandaj, Kermanshah, and Ilam stations and tracking wind packages carrying dust particles using HYSPLIT model with forward and backward methods.

Materials and Methods: To analyze atmospheric patterns, the middle and upper atmosphere data such as the sea level pressure data, level of 500 hPa geo-potential height from NCEP/NCAR database were drawn using GRADS software. HYSPLIT model and MODIS images for dust storms were used to recognize the origin of dust storms and wind flow routing in the stations.

Results and Discussion: Earth database investigations show that the year 2008 has one of the most extreme dust storms in terms of visibility reduction and durability of days with dust storm in the study period. From 2 to 5 April 2008 the most extreme dust storms with visibility of fewer than 500 meter occurred in the stations. The results of wind flow routing by the HYSPLIT model showed that the origin of the dust storm mass was North West of Iraq and east of Syria, which had entered Iran with a north west-south east direction. The middle and upper atmospheric circulation base results show that west winds occurred with a low-pressure center in the East of Iran and high pressure in the North of Africa, causing the entrance of dust to this region. As one of the most intense dust storms of recent years, the mentioned dust storm can help by recognizing atmosphere patterns causing this phenomenon and routing winds transmitting aerosols.

Conclusion: According to the results of this study which has examined the relationship between large scale synoptic patterns and a variety of space-time dust storm activities in Iran using synoptic maps of sea level pressure circulation patterns, 500 hPa geo-potential height of dust storms in the studied stations, and wind flow routing model, it can be concluded that dynamic models can be presented by consensus of various specialists for this destructive environmental phenomenon-although using satellite imagery and dust storm capability and investigating them can be of great importance for future studies. In general, the results of this research show that wind flow routing model and atmosphere studies have the suitable capability for recognizing and monitoring dust storm paths.

Keywords: Air pollution, Dust storms, HYSPLIT, NDDI, Kermanshah.

Citation: Tamassoki, E., Tamassoki, E. & Asadi Meyabadi, A. (2022). Climatic analysis, routing and simulation of extreme dust storms in the west of Iran (Case study: Kermanshah Synoptic station). *Integrated Watershed Management*, 2(1), 33-47. doi: 10.22034/iwm.2022.545938.1023

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



تحلیل، رهگیری و شبیه‌سازی مسیر گردوغبار فرین غرب ایران (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه)

احسان تمسکی^{۱*}، عرفان تمسکی^۲ و احمد اسدی می‌آبادی^۳

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری- زمین، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی مهندسی اجرایی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مرکز هرسین، هرسین، ایران

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

*نویسنده مسئول: ehsantamasoki@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۹

چکیده

در سال‌های اخیر گستردگی و شدت طوفان‌های گردوغبار در نواحی غربی ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی این مناطق موجب شده که این پدیده به‌عنوان یکی از عمده‌ترین و تأثیرگذارترین پدیده‌های مخاطره‌آمیز زیست‌محیطی در این نواحی مطرح شود. با توجه به گستردگی طوفان‌های گردوغبار و اثرات گسترده آن بر سلامت، اقتصاد، محیط‌زیست و کشاورزی و روند فزاینده‌ی آن‌ها توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است. در این مطالعه، از داده‌های سازمان هواشناسی ایران، داده‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست، داده‌های NCEP، مدل رهگیری جریان باد و تصاویر سنجنده مودیس جهت شناسایی الگوی جوی و منشأیابی طوفان گردوغبار فرین در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه استفاده شد. این تحقیق طوفان گردوغبار حادث‌شده در غرب ایران از ۱۴ تا ۱۷ فروردین سال ۱۳۸۷ را مورد بررسی قرار داده است. این طوفان از نظر کاهش میدان دید و افزایش جرم ذرات معلق، یکی از شدیدترین طوفان‌ها در سال‌های اخیر بوده است. نتایج رهگیری جریان باد که با استفاده از مدل HYSPLIT و تصاویر ماهواره‌ای در بحرانی‌ترین روز این گردوغبار انجام شده است، نشان می‌دهد که این توده گردوغبار نشأت‌گرفته از مناطق غرب عراق و شرق سوریه است که با جهتی نسبتاً شمال‌غربی - جنوب‌شرقی وارد مناطق غربی ایران می‌شود. بررسی‌های جوی نشان می‌دهند که در این زمان با وجود یک کم‌فشار قوی در شرق ایران و پرفشاری در غرب، بادهای غربی ایجاد شده سبب ورود گردوغبار بیشتر به منطقه می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص NDDI به‌دست آمده از تصاویر سنجنده مودیس به همراه مدل رهگیری جریان باد و بررسی‌های جوی قابلیت مناسبی جهت تشخیص و پایش مسیر حرکت طوفان‌های گردوغبار را دارا است. در مجموع نتایج این پژوهش حاکی از آن است که تلفیق داده‌های زمینی، مدل رهگیری جریان باد و بررسی‌های جوی و شاخص‌های ماهواره‌ای ضمن هم‌افزایی موجب شناخت رفتار طوفان‌های گردوغبار می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، جریان باد، رهگیری شاخص گردوغبار، کرمانشاه، گردوغبار.

استناد: تمسکی، ا.، تمسکی، ع. و اسدی می‌آبادی، ا. (۱۴۰۱). تحلیل، رهگیری و شبیه‌سازی مسیر گردوغبار فرین غرب ایران (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۲(۱)، ۳۳-۴۷.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وبسایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

یکی از پدیده‌های جوی مناطق خشک و نیمه‌خشک و یا مناطق همجوار با این نواحی، پدیده ریزگردها، غبار و به شکل بارز آن طوفان گردوغبار است (Vali *et al.*, 2014). این پدیده‌ی مخرب اقلیمی کشورهای منطقه خاورمیانه از جمله ایران و عراق را به صورت متناوب تحت تأثیر قرار داده است (Draxler, 1988). روند افزایشی طوفان‌های گردوغبار با توجه به میدان عمل وسیع و اثرات گسترده بر سلامت، اقتصاد، محیط‌زیست و کشاورزی، در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است (Zoualfaghari, 2006). با توجه به گستردگی تأثیرات این پدیده از جنبه‌های مختلفی مورد توجه قرار گرفته است. برخی مطالعات با بیان اهمیت و چگونگی این پدیده متغیرهایی را که در شکل‌گیری آن مؤثر است را بررسی کرده‌اند. بسیاری از مطالعات به تحلیل مکانی و زمانی وقوع طوفان‌ها و برخی به بررسی سیستم‌های همدیدی گردوغبار پرداخته‌اند. نتیجه کلی این گزارش‌ها، از افزایش فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار ایران به‌ویژه در مناطق غربی خبر می‌دهند (Mousavi *et al.*, 2014).

مطالعه‌ی طوفان گردوغبار صرفاً با روش‌های اندازه‌گیری زمینی به دلیل تکرار زمانی پایین و همچنین قدرت تفکیک مکانی محدود، چندان کارا نیست. در حالی که بهره‌گیری از فن‌سنجش از دور به دلیل ویژگی‌های خاص از جمله دید وسیع، یکپارچگی، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف انرژی الکترومغناطیسی برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، دوره بازگشت کوتاه (قابلیت تکرار زمانی بالا)، پوشش‌های تکراری، سرعت انتقال، تنوع در اشکال داده‌ها و امکان به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها و کاهش هزینه و سریع‌تر بودن بررسی و نیز فراهم کردن امکان پایش منطقه در گذشته از اهمیت ویژه‌ای جهت پایش بلایای طبیعی و مدیریت آن‌ها برخوردار است (Dervishi, 2010).

Vali و همکاران (۲۰۱۴) به تحلیل اقلیمی و ردیابی طوفان‌های گردوغبار فراگیر در جنوب و مرکز ایران در یک بازه زمانی هشت ساله (۲۰۰۹-۲۰۰۲) پرداختند، نتایج رهگیری جریان باد که با استفاده از مدل HYSPLIT در شدیدترین روز گردوغباری انجام شده، نشان داده است که توده گردوغباری موجود در منطقه نشأت‌گرفته از مناطق شمال‌غرب عراق و شرق سوریه بوده و با جهتی شمال‌غربی- جنوب‌شرقی وارد ایران شده است. Tamassoki و همکاران (۲۰۱۵) به پایش و پیش‌بینی وقوع طوفان‌های گردوغبار با استفاده از داده‌های دورکاوی، سیستم اطلاعات مکانی و داده‌های زمینی بر اساس بررسی تغییرات پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی پرداختند. نتایج نشان داد که در اوایل هر سال میلادی وقوع طوفان‌ها افزایش و پس از ماه‌های ژوئن و ژوئیه سیر نزولی پیدا می‌کند. Huang و همکاران (۲۰۰۶) از روش ANN برای مدل‌سازی و پیش‌بینی وقوع طوفان‌های گردوغبار در شمال‌غربی چین استفاده کردند، آزمون کارایی پیش‌بینی نشان داد که مدل‌های ANN مورد استفاده دارای پتانسیل پیش‌بینی وقوع طوفان گردوغبار در شمال‌غربی چین با استفاده از متغیرهای معمولی هواشناسی هستند. Torkashvand (۲۰۱۸) ضمن مدل‌سازی گردش منطقه‌ای جو در رخداد شدیدترین طوفان ریزگرد بهاره غرب ایران دو مسیر اصلی انتقال ذرات ریزگرد بهاره به غرب کشور را یعنی مسیر شمال‌غرب- جنوب‌شرق و دیگری مسیر غرب- شرق معرفی کرد. Albarakat و Lakshmi (۲۰۱۹) جهت پایش و آشکارسازی طوفان‌های گردوغبار عراق از شاخص NDDI^۱ استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به اینکه جهت پایش طوفان‌های گردوغبار در روز این شاخص دارای صحت و دقت ۷۵ درصد است با این شاخص به‌خوبی می‌توان مراحل شکل‌گیری طوفان و مسیر حرکت طوفان‌ها را پایش کرد. Valizadeh Kamran و Namdari (۲۰۲۰) به بررسی تغییرات زمانی- مکانی غلظت ریزگردها در

1. Normalized difference dust index (NDDI)

رخداد گردوغباری مورد بررسی قرار گرفت، همچنین جهت صحت‌سنجی نتایج رهگیری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نیز انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق جهت مطالعه طوفان گردوغبار فرین غرب ایران از داده‌های کدهای هوای حاضر (WW) سازمان هواشناسی کشور مربوط به ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه و داده‌های غلظت ذرات معلق و شاخص استاندارد آلودگی هوا در ایستگاه پایش کیفی هوا شهر کرمانشاه مربوط به سازمان حفاظت محیط‌زیست و نیز رهگیری همزمان بسته‌های حامل ذرات گردوغبار در سه ایستگاه سنندج، کرمانشاه و ایلام و نیز چهار تصویر ماهواره‌ای سنجنده‌ی اخذ شده از درگاه اینترنتی ماهواره مودیس^۱ که پوشش‌دهنده‌ی غرب ایران، عراق و شرق سوریه در روزهای اوج وقوع این پدیده، استفاده شده است (شکل ۱ و جدول ۱).

حوزه نفوذ ریزگردهای دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که دریاچه ارومیه تا سال ۲۰۰۸ با جذب ریزگردها تأثیر زیادی در کاهش ریزگردهای وارد شده از جنوب‌غربی منطقه به استان آذربایجان شرقی داشته است، در حالی که از سال ۲۰۰۹ در محدوده دریاچه ارومیه افزایش نسبی ریزگرد نسبت به سایر مناطق وجود داشته است. Jooybari و همکاران (۲۰۱۹) به پایش زیست‌محیطی کانون‌های ریزگرد و نمونه‌های ریزگرد در دشت خوزستان پرداختند و بیان داشتند که آلودگی‌ها متأثر از جنگ تحمیلی، فعالیت‌های نفتی و پتروشیمی در کنار فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی تأثیر عمده‌ای دارند.

این پژوهش با هدف شناسایی الگوی سینوپتیکی و رهگیری طوفان گردوغبار فرین در ایستگاه سینوپتیکی کرمانشاه انجام گرفته است، بنابراین پس از احصاء یکی از شدیدترین رخداد‌های گردوغبار در دوره‌ی مورد مطالعه، سیستم‌های جوی منجر به این پدیده و بسته‌های حامل ذرات گردوغبار جهت منشأیابی این



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area

1. <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/imagery/realtime.cgi>

جدول ۱- مشخصات ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه

Table 1- Details of the meteorological station under study

نوع ایستگاه Station type	ارتفاع (متر) Height (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ایستگاه Station
سینوپتیک Synoptic	1373.4	35° 25'	47° 00'	سندج Sanandaj
سینوپتیک Synoptic	1318.6	34° 21'	47° 09'	کرمانشاه Kermanshah
سینوپتیک Synoptic	1337	33° 38'	46° 26'	ایلام Ilam

مادون قرمز) دارد، سطح زمین دارای انعکاس کمی در محدوده باندهای انعکاسی (مرئی و مادون قرمز) بوده و بازتاب طوفان گردوغبار بین این دو (سطح زمین و ابر) قرار می‌گیرد؛ بنابراین با توجه به بازتاب طوفان گردوغبار، از شاخص نرمال شده آشکارسازی گردوغبار (NDDI) برای تشخیص طوفان و پایش طوفان‌های گردوغبار استفاده می‌شود. این شاخص بر مبنای اختلاف محدوده‌های طیفی با طول موج‌های ۰/۴۶۹ و ۲/۱۳ میکرومتر بنا نهاده شده است (El-ossta *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2009)؛ بنابراین از شاخص NDDI جهت منشأیابی طوفان مورد نظر استفاده شده است. برای استخراج بهتر گردوغبار با تصاویر سنجش از دور، اندازه‌گیری سایر پارامترهای زمینی از قبیل میدان دید مفید است. در حقیقت دانش مکانی محیط قبلی به تفسیر بهتر طوفان‌های گردوغبار کمک می‌کند (Jokar *et al.*, 2009).

$$\text{NDDI} = \frac{B7-B3}{B7+B31} \quad (1) \quad \text{رابطه (۱)}$$

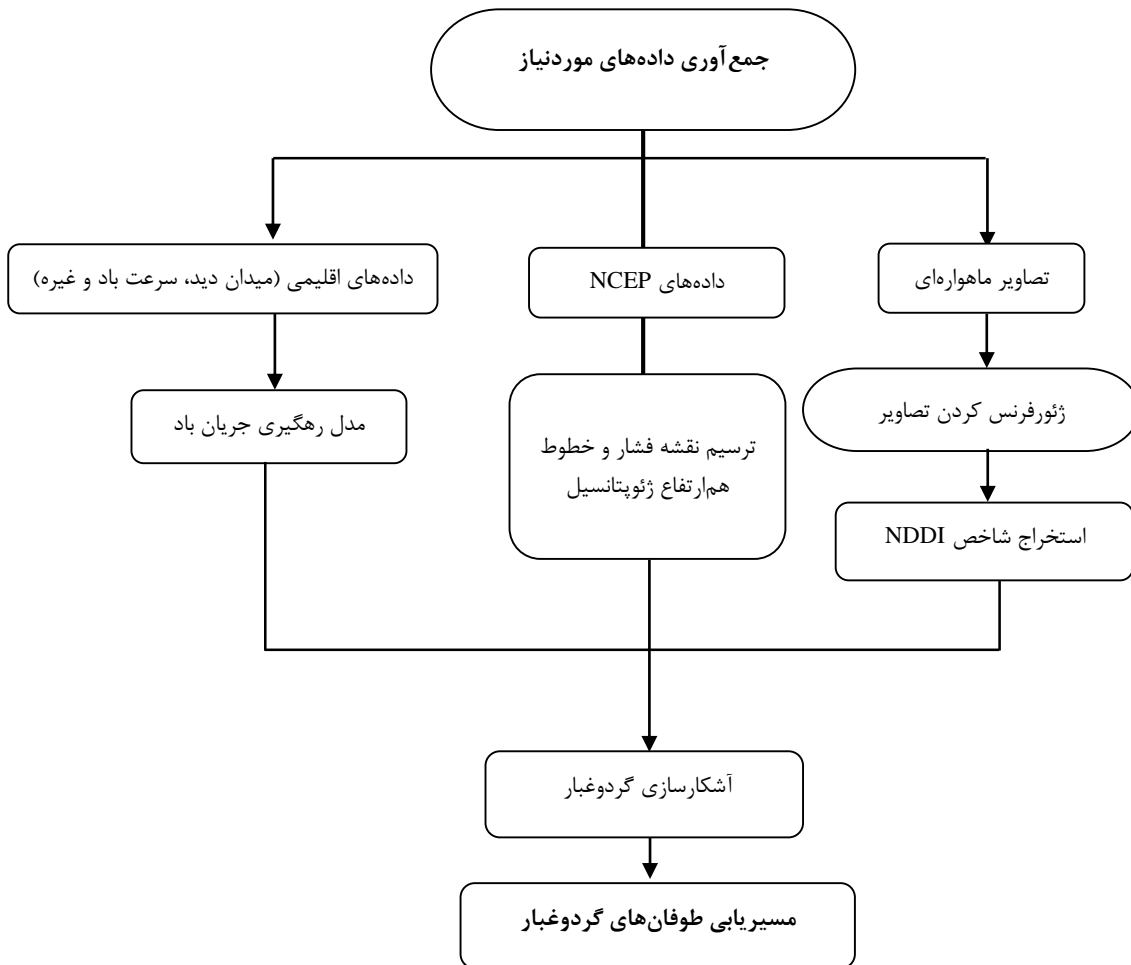
در این رابطه، B7 و B3 به ترتیب باندهای انعکاسی سوم (۰/۴۶۹ میکرومتر) و هفتم (۲/۱۳ میکرومتر) سنجنده مودیس می‌باشند. با به‌کارگیری این رابطه، یک تصویر از شاخص NDDI تهیه شد. مقادیر شاخص NDDI برای ابر منفی بوده و برای سایر عوارض سطح زمین کمتر از گردوغبار می‌باشد؛ بنابراین با در نظر گرفتن آستانه ۰/۲۶ برای مقادیر این شاخص به‌خوبی می‌توان گردوغبار را از آب، ابر و سایر عوارض سطح زمین جدا نمود (Li *et al.*, 2009).

پس از بررسی آمارهای سازمان هواشناسی کشور در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۹ رخداد گردوغباری که از نظر شدت و مدت استقرار بر روی منطقه مورد مطالعه جزء شدیدترین موارد ثبت شده است، انتخاب گردید؛ این طوفان از تاریخ ۲ تا ۵ آوریل ۲۰۰۸ به وقوع پیوسته است. به‌منظور تحلیل سینوپتیک طوفان، اطلاعات فشار تراز سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از پایگاه داده NCEP/NCAR^۱ دریافت شده و در محیط نرم‌افزار GRADS^۲ برای طول جغرافیایی ۲۵ تا ۶۵ و عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۴۵ درجه رسم شد. سپس جهت مشخص نمودن مسیر طوفان‌های گردوغبار از مدل رهگیری بسته‌های هوا^۳ (HYSPLIT) استفاده شده است. در مدل رهگیری بسته‌های هوا (به‌عنوان بسته‌های حامل ذرات گردوغبار) در منطقه درگیر با این پدیده، از زمان بیشترین شدت گردوغبار در ایستگاه‌های هواشناسی با حرکت زمانی عقب‌گرد^۴ و رو به جلو^۵ در مدل HYSPLIT به انجام می‌رسد.

در زمان وقوع طوفان گردوغبار بسیاری از ذرات برای شکل دادن یک لایه گردوغبار بالا می‌روند. این لایه ضخیم گردوغبار تابش خورشیدی را جذب کرده و موجب تغییراتی در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک برای اندازه‌گیری بازتاب^۶ می‌شوند (Jokar *et al.*, 2009)؛ بنابراین با مقایسه مشخصات طیفی گردوغبار، زمین و ابر برخی مؤلفه‌های مهم را می‌توان پیدا کرد: ابر بازتاب بالایی در طول موج‌های پایین (محدوده مرئی و

4. Backward
5. Forward
6. Reflection

1. www.cdc.noaa.gov
2. Grid Analysis and Display System
3. Air Parcel



شکل ۲- روند نمای تحقیق
Figure 2- Research trend

ماهواره ترا و آکوا قرار داده شده است. سنجنده مودیس ماهواره ترا، هر دو روز یک بار از تمام سطح زمین تصویربرداری می‌کند و داده‌هایی در ۳۶ باند طیفی ثبت می‌کند. این داده‌ها، همراه با داده‌هایی که توسط مودیس دوم (که بر روی ماهواره‌ی آکوا قرار داده شده است)، آگاهی ما را نسبت به حرکات و تغییرات جهانی و همچنین فرآیندهایی که بر سطح زمین، اقیانوس‌ها و سطوح پایینی جو به وقوع می‌پیوندند، بهبود بخشیده است (Tamassoki *et al.*, 2015).

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش شامل تصاویر سنجنده مودیس از ترکیب تصاویر دو ماهواره ترا^۱ و آکوا^۲ است که تعداد چهار تصویر از تاریخ ۲ تا ۵ آوریل سال ۲۰۰۸ را در برمی‌گیرد. سنجنده مودیس دارای ۳۶ باند است که در محدوده طیفی ۰/۴ الی ۱۵ میکرون قرار گرفته‌اند. قابلیت تفکیک زمینی باندهای یک و دو حدود ۲۵۰ متر، باندهای سه تا هفت حدود ۵۰۰ متر و بقیه باندها ۱۰۰۰ متر است (جدول ۲). مودیس (اسپکترومتر تصویربردار با قدرت تفکیک متوسط) سنجنده‌ای است که بر روی

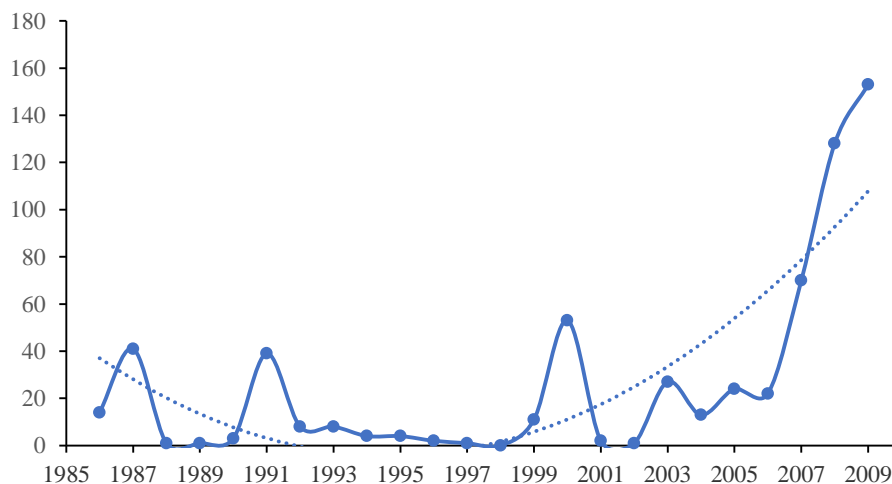
جدول ۲- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده
Table 2- Specifications of satellite images used

ردیف	فرمت	تاریخ تصویربرداری		قدرت تفکیک مکانی (متر)
		میلادی	شمسی	
1	TIFF	2008/04/02	1387/01/14	500
2		2008/04/03	1387/01/15	500
3		2008/04/04	1387/01/16	500
4		2008/04/05	1387/01/17	500

نتایج

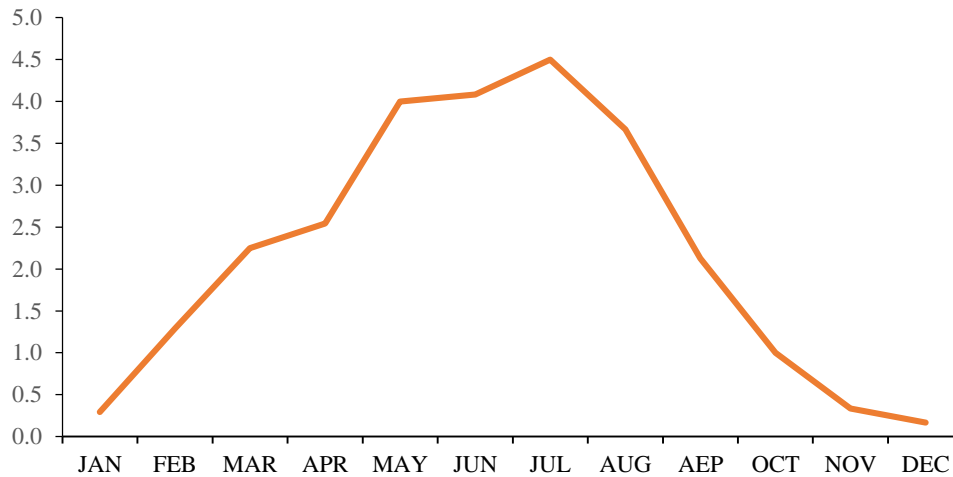
شدت این طوفان است. شاخص آلودگی هوا (PSI) در این روز به حدی بحرانی است که در گزارش سازمان محیط‌زیست با عنوان تعریف نشده بیان شده است (جدول ۳). بررسی سالانه داده‌های مربوط به طوفان‌های گردوغبار در ایستگاه سینوپتیکی کرمانشاه نشان می‌دهد که پدیده گردوغبار در این ایستگاه دارای دو بیشینه زمانی بوده‌اند؛ اولی در طول سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۸۶ و دیگری در دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ (شکل ۳). بررسی روند ماهانه وقوع طوفان‌های گردوغبار در این دوره نشان می‌دهد که بیشترین روزهای همراه با گردوغبار در ماه جولای گزارش شده است و حداقل آن نیز در ماه دسامبر اتفاق افتاده است (شکل ۴).

پس از بررسی روزهای همراه با گردوغبار در طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۹ در ایستگاه‌های سینوپتیکی کرمانشاه مشخص شد که یکی از شدیدترین موارد وقوع این پدیده مربوط به ۲ تا ۵ آوریل سال ۲۰۰۸ است، به طوری که در روز ۵ آوریل در ایستگاه کرمانشاه میدان دید به ۶۰۰ متر و جرم مواد معلق به بیشترین مقدار خود در سال ۲۰۰۸ رسیده است. بر اساس نتایج جدول ۳ مشخص می‌شود که بیشترین کاهش میدان دید در رخداد مورد بررسی مربوط به روز ۵ آوریل ۲۰۰۸ است به طوری که در این روز میدان دید به ۶۰۰ متر می‌رسد و بیشترین جرم مواد معلق در طی این طوفان در این روز اتفاق افتاده است که نشان‌دهنده اهمیت و



شکل ۳- میانگین فراوانی ماهانه روزهای گردوغبار در ایستگاه کرمانشاه

Figure 3- Mean monthly frequency of dusty days in Kermanshah station



شکل ۴- فراوانی سالانه روزهای گردوغبار در ایستگاه کرمانشاه
Figure 4- Annual frequency of dusty days in Kermanshah station

جدول ۳- داده‌های اقلیمی و شاخص آلودگی هوا در روزهای گردوغباری مورد مطالعه

Table 3- Climatic data and air pollution index in the studied dusty days

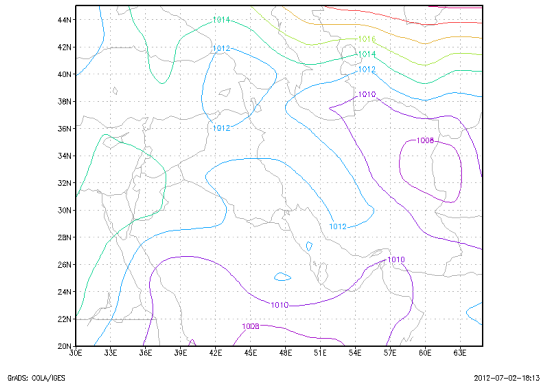
تاریخ	میدان دید	سرعت باد	جهت باد	رطوبت نسبی	بارش	فشار معادل سطح	شاخص PSI	جرم ذرات (میکروگرم در مترمکعب)	دما
2008/04/02	8000	10.6	160	24.8	0	1004.9	118	172.1	21.3
2008/04/03	3000	8.1	280	30.6	0	1007.2	178	286.3	16.4
2008/04/04	2000	9.0	190	27.1	0	1009.8	108	162.2	12.6
2008/04/05	600	7.5	290	31.4	0	1012.9	تعریف نشده	1311.0	13.3

سیاه و اروپا و به تدریج روی عراق فشرده شده‌اند که نشان از گردایان شدید دمایی و ناپایداری است. در روزهای ۲۸ تا ۳۰ مارس با انتقال کم‌فشار شکل گرفته بر روی آفریقا به سمت شرق، پرفشار شکل گرفته روی عراق و عربستان ترکیب شده و به سمت ایران حرکت می‌کنند و پرفشار خزر به سمت جنوب حرکت می‌کند. همچنین ناوه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دارای محوری است که از عراق سوریه و عربستان می‌گذرد و به سمت شرق در حرکت است و منطقه جلوی این محور به شدت ناپایدار است.

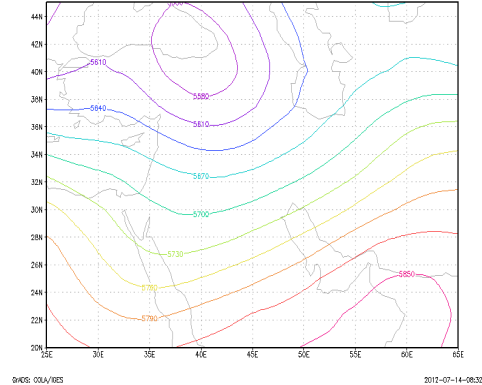
در روزهای ۲ و ۳ آوریل با حرکت پرفشار قوی شکل گرفته روی اروپا به سمت شرق سامانه‌های بسته شده روی عراق و عربستان به کشور وارد می‌شوند و با توجه به وجود یک کم‌فشار قوی در شرق کشور و پرفشار در غرب، بادهای غربی ایجاد می‌شوند که گردوغبار بیشتری را به منطقه وارد می‌کنند (شکل‌های ۵ و ۶). این پرفشار در روز ۴ آوریل منطقه مورد بررسی را در برمی‌گیرد.

بررسی الگوی جوی منجر به طوفان آوریل ۲۰۰۸

با توجه با نقشه‌های فشاری تراز سطح دریا و خطوط هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل مشاهده می‌شود که در روزهای قبل از شروع طوفان سامانه پرفشاری روی منطقه مورد بررسی حضور داشته و در روز ۲۷ مارس با ورود زبانه‌های پرفشار از سمت غرب کم‌فشاری روی عراق و پرفشاری بر روی غرب ایران شکل می‌گیرد. همچنین یک سامانه کم‌فشاری بر روی دریای خزر بسته می‌شود و یک سامانه پرفشار قوی در غرب آفریقا حضور دارد که در روزهای بعد خود را به منطقه می‌رساند. با توجه به حضور دو سامانه پرفشار یکی در ایران و دیگری در آفریقا و اروپا و دو کم‌فشار در عربستان و روی دریای خزر، بیابان‌های عراق منطقه مستعدی برای جبهه‌زایی و شرایط شدیداً ناپایدار می‌باشند که می‌تواند منجر به برداشت گردوغبار از این منطقه شود. همچنین گردایان‌های فشاری می‌توانند بادهایی را در راستای مداری ایجاد کنند. همچنین خطوط هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی دریای

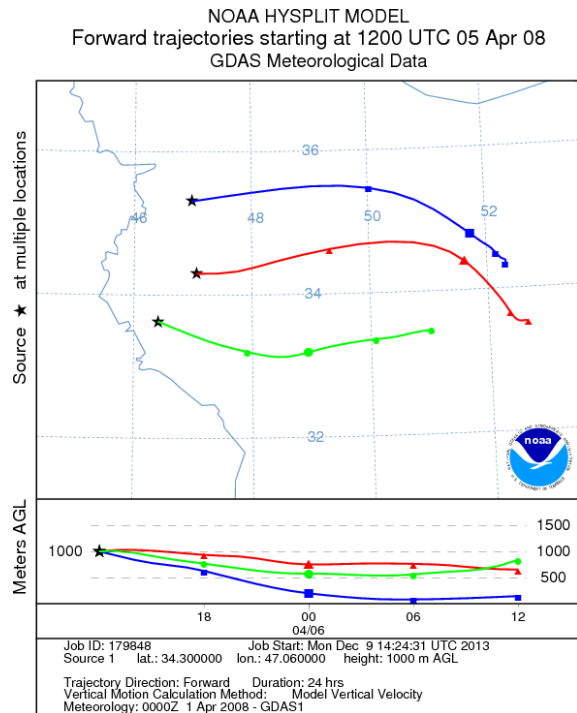
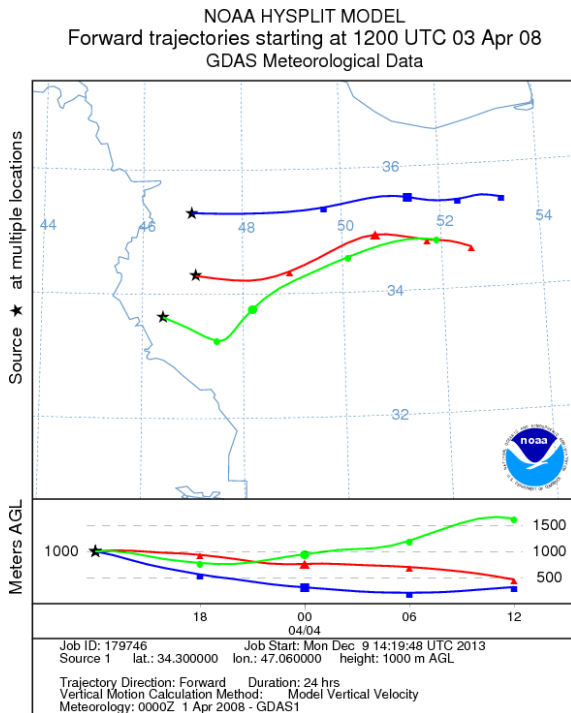


شکل ۱۰- خطوط فشار تراز سطح دریا روز ۱۰ آوریل
Figure 10- Sea-level pressure chart on Apr 10, 2008



یافت. این روش نشان می‌دهد که بسته‌های هوا و توده‌های گردوغبار همراه آن‌ها پس از گذر از مناطق غربی ایران به مناطق مرکزی ایران خواهند رسید (شکل ۱۲).

رهگیری جریان باد با روش Forward Trajectory نیز از شهرهای سنندج، کرمانشاه و ایلام در غرب ایران و در ساعت میانی روزهای ۳ و ۵ آوریل ۲۰۰۸ شروع و با جلو رفتن در زمان به مدت ۲۴ ساعت ادامه



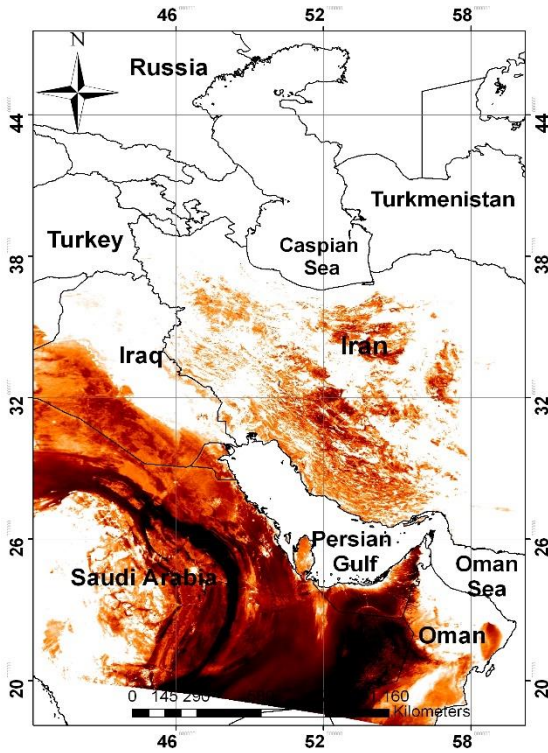
شکل ۱۲- رهگیری جریان باد با روش Forward Trajectory در ۳ و ۵ آوریل ۲۰۰۸

Figure 12- The forward Trajectory wind flow tracing on Apr 3 & 5 2008

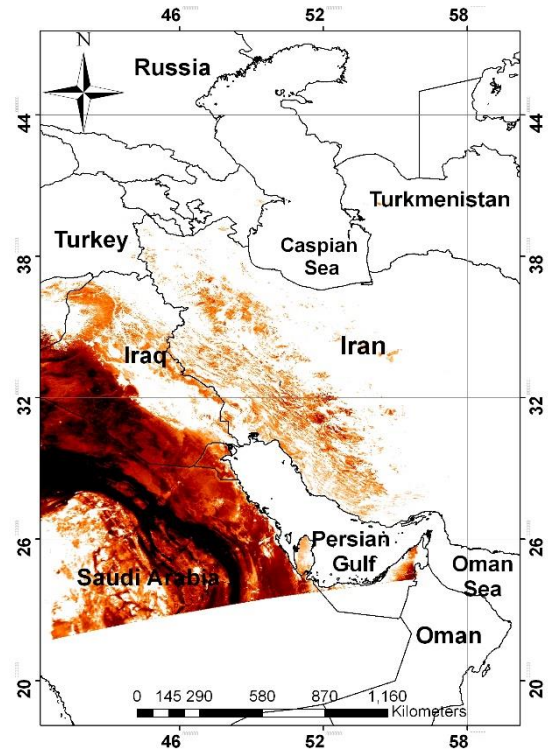
ورود این طوفان به داخل ایران به‌خوبی مشاهده می‌شود. در روز چهارم آوریل و یک روز قبل از گزارش طوفان در منطقه مورد مطالعه، تمرکز طوفان در غرب کشور و منطقه مورد مطالعه و ادامه حرکت طوفان به سمت شرق کشور را نشان می‌دهد که سبب کاهش دید در منطقه شده است. در روز پنجم آوریل که در ایستگاه کرمانشاه به‌عنوان شدیدترین روز وقوع طوفان گردوغبار ثبت شده است، تصاویر به‌خوبی گویای این واقعیت می‌باشد و طوفان به‌خوبی در منطقه مستقر شده و در مسیر بعدی به سمت مرکز و شمال‌غربی در حرکت است و از کشور خارج می‌شود؛ بنابراین می‌توان به‌خوبی مسیر حرکت طوفان‌های گردوغبار را پیش و پیش‌بینی نمود.

رهگیری طوفان‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

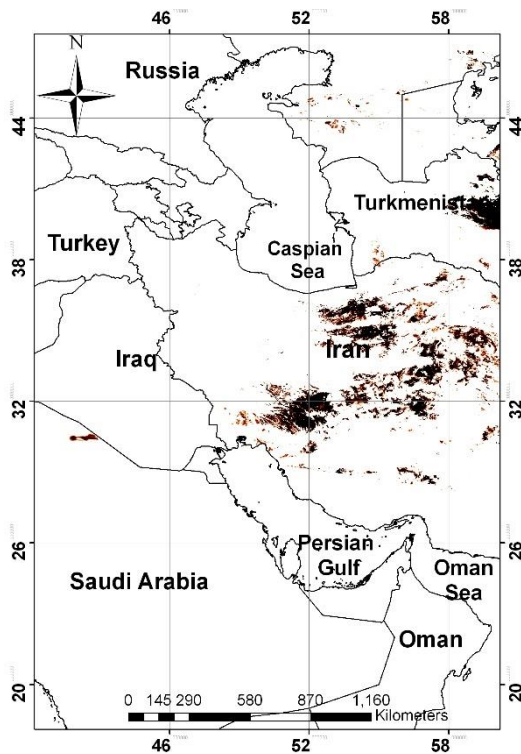
پس از رهگیری جریان باد، جهت رهگیری طوفان‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس، نهایتاً چهار تصویر مربوط به روزهای گردوغباری، از شاخص NDDI تهیه شد که این تصاویر در شکل‌های ۱۳ تا ۱۶ نمایش داده شده‌اند. همان‌طور که در شکل‌ها پیداست می‌توان با استفاده از این شاخص مسیر حرکت طوفان‌های گردوغبار را پیش‌نموده و مسیر احتمالی بعدی این طوفان‌ها را پیش‌بینی کرد. تصویر مربوط به روز دوم آوریل نشان‌دهنده این است که طوفان گردوغبار از سمت عراق و عربستان در حال شکل‌گیری بوده و در روز سوم آوریل نیز گسترش و



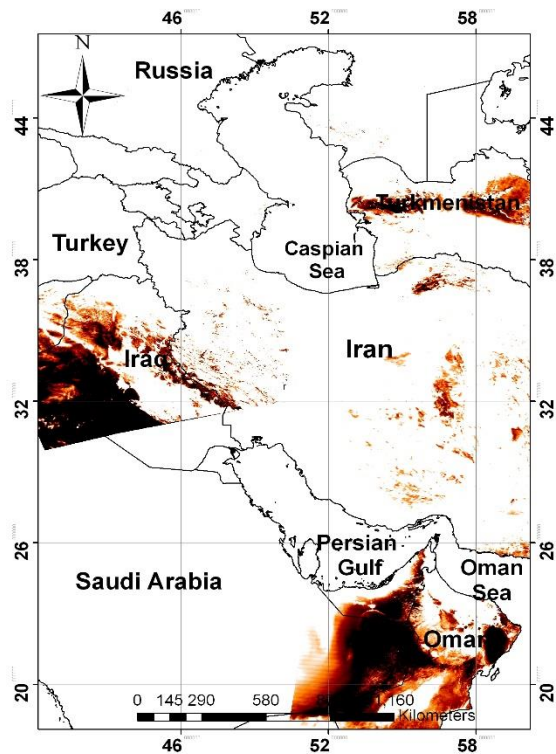
شکل ۱۴- تصویر شاخص NDDI در ۳ آوریل ۲۰۰۸
Figure 14- The image of NDDI in Apr 3, 2008



شکل ۱۳- تصویر شاخص NDDI در ۲ آوریل ۲۰۰۸
Figure 13- The image of NDDI in Apr 2, 2008



شکل ۱۶- تصویر شاخص NDDI در ۵ آوریل ۲۰۰۸
Figure 16- The image of NDDI on Apr 5, 2008



شکل ۱۵- تصویر شاخص NDDI در ۴ آوریل ۲۰۰۸
Figure 15- The image of NDDI on Apr 4, 2008

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از برجسته‌ترین بحران‌های زیست‌محیطی که در خاورمیانه به صورت‌های مختلف بر زندگی و امنیت زیستی موجودات و گیاهان اثرات گسترده‌ای داشته و در آینده نیز اثرات آن بیشتر خواهد شد، پدیده‌ای به نام ریزگردها و طوفان‌های گردوغبار ناشی از آن است. این پدیده که به صورت‌های مختلف ناشی از تحولات اقلیمی و از سوی دیگر زیاده‌خواهی و عدم تعاملات مناسب بین کشورهای حاضر در خاورمیانه شکل گرفته است به صورت یک میهمان ناخوانده فضاهای جغرافیایی خاورمیانه از جمله کشور ایران را در حال در نوردیدن است و اثرات تخریبی و امنیتی گسترده‌ای را بر فضاهای ملی و محلی بر جای گذاشته و خواهد گذاشت. بررسی الگوی جوی منجر به پدیده‌ی گردوغبار فرین در آوریل ۲۰۰۸ نشان می‌دهد که در روزهایی که طوفان به اوج می‌رسد پرفشاری در غرب ایران، عراق و دریای سیاه حاکم است و سامانه کم‌فشاری در شرق ایران و پاکستان حضور دارد که گرادیان بزرگی را ایجاد کرده و جریان‌های باد غربی را نتیجه می‌دهد. رهگیری جریان باد و استفاده از شاخص NDDI در بررسی طوفان گردوغبار به وقوع پیوسته در این تاریخ در غرب ایران نشان می‌دهد که مسیر طوفان‌های گردوغبار ورودی به غرب ایران، از شمال غرب عراق و شرق سوریه است. این منطقه یافته‌های گزارش Dervishi Bolorany و همکاران (۲۰۱۰) در شناسایی کانون شماره یک گردوغبارهای ورودی به ایران را تأیید می‌کند. در این تحقیق از ترکیب داده‌های ماهواره‌ای Terra و Aqua برای پایش (نظارت)، تحلیل و ردیابی طوفان‌های گردوغبار که در ۵ آوریل ۲۰۰۸ اتفاق افتاده بود، استفاده شد. با توجه به این روش تشخیص و پایش طوفان گردوغبار، داده‌های چند زمانه، مکانی و تصاویر رادبومتری ماهواره‌ای، بهترین نتیجه را برای تمایز روش‌ها و انتخاب روشی مطمئن جهت پایش‌بینی رخدادهای احتمالی آینده، ناشی از گردوغبار، فراهم می‌کنند. همسو با Albarakat و Lakshmi (۲۰۱۹)

نتایج ارزیابی شاخص‌های NDDI نشان می‌دهد که می‌توان با تلفیق داده‌های زمینی، شاخص NDDI، مدل رهگیری جریان باد و نیز الگوی جوی مسیر حرکت طوفان‌های گردوغبار را پایش و مسیر بعدی قرارگیری طوفان را پیش‌بینی کرد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق Zoualfaghari و همکاران (۲۰۰۶)؛ Ekhtesasi و همکاران (۲۰۰۶)؛ Iranmanesh و همکاران (۲۰۰۵)؛ Schlesinger و همکاران (۲۰۰۶)؛ Taghavi و همکاران (۲۰۱۳) و Vali و همکاران (۲۰۱۴) در مورد منشأیابی طوفان‌های گردوغبار در غرب کشور در یک راستا است. این دسته از مطالعات، منابع اصلی گردوغبارهای ورودی به غرب ایران را عمدتاً صحرای سوریه، عراق و صحرای شمال عربستان می‌دانند به این ترتیب نتایج این تحقیق در مورد این طوفان با نتایج تحقیقات ذکرشده همسو است.

پیشنهادها و توصیه‌ها

بررسی جامع، منشأیابی، پایش مخاطرات و ارزیابی پیامدهای طوفان‌های گردوغبار در مقیاس منطقه‌ای با حضور همه‌ی کشورهای درگیر از ضروریات مقابله با طوفان‌های گردوغبار در منطقه‌ی غرب آسیا است. بدین منظور پیشنهاد می‌شود که با محوریت سازمان‌های بین‌المللی جهت بررسی وضعیت کنونی، تعیین سهم هر یک از کشورهای درگیر در تشدید این پدیده‌ی مخرب و همچنین ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی، کارگروهی تخصصی متشکل از پژوهشگران مستقل کشورهای درگیر تشکیل شود. همچنین با توجه به اینکه هر یک از طوفان‌های رخ داده می‌توانند منشأ متفاوتی داشته باشند. پایش طولانی‌مدت طوفان‌ها با تأکید بر شرایط توپوگرافی و خاک‌شناسی هر منطقه و همچنین استفاده از باندهای حرارتی موجود در تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند ما را به سمت دستیابی به یک مدل جامع برای پیش‌بینی وقوع طوفان‌ها در آینده پایش ببرد. همان‌طور که در مطالعات و تحقیقات پیشین مشخص شده است و نتایج این رخداد نیز به عنوان یک مطالعه‌ی موردی بر

با توجه به تجربیات موفق بسیاری از کشورهای تحت تأثیر این معضل در بهره‌گیری از سامانه‌های ماهواره‌ای پایش و هشدار، پیشنهاد می‌شود که سامانه‌ای جهت هشدار و پایش به‌گونه‌ای طراحی گردد که بعد از تهیه بستر نرم‌افزاری بر روی یک سرور مرکزی نصب و از طریق پورتال‌های اجرایی و دانشگاهی و سایر بسترهای اطلاع‌رسانی خدمات موردنیاز را به کاربران محلی، ملی و منطقه‌ای ارائه کند

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از زحماتی که در این تحقیق جناب آقای مصطفی صدیقی و سرکار خانم مرضیه حسینی متحمل شدند، کمال تقدیر و تشکر را داریم.

آن صحنه می‌گذارد، یکی از مهمترین سرچشمه‌های گردوغبارهای وارد شده به ایران منطبق بر کریدور گردوغبار غرب آسیا است؛ این منطقه از شمال خاورمیانه شروع می‌شود و با عبور از عراق و سوریه تا خلیج فارس و رسیدن به آب‌های آزاد پیش می‌رود. به‌طور کلی جهت مدیریت و مقابله‌ی با این مخاطره‌ی فراگیر زیست‌محیطی، نیاز به اعمال مدیریتی اکوسیستماتیک با بهره‌گیری از فناوری‌های روزآمد کاملاً مشهود است. عدم وجود و یا نقص داده‌های میدانی همچون شبکه AERONET در منطقه ضرورت طراحی سامانه‌ی دقیق و آنی پایش و هشدار این پدیده را در حوزه‌ی غرب آسیا مشخص می‌کند؛ بنابراین به‌منظور کنترل اثرات کوتاه‌مدت این مخاطره‌ی فراگیر اقلیمی در مناطق متأثر

References

- Albarakat, R. & Lakshmi, V. (2019). Monitoring dust storms in Iraq using satellite data. *Sensors*, 19(17), 3687. Doi: 10.3390/s19173687.
- Dervishi Bolorany, A., Nabavi, M., Azizi, A., Hosseinpuri, R., Kavousi, A. & Darwish, B. (2010). *External centers of pervasive dust in Iran*. Report No. 1. Vice-Presidency for Science and Technology. (In Persian)
- Draxler, R. R. & Hess, G. D. (1998). An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion, and deposition. *Australian Meteorological Magazine*, 47(4), 295-308.
- Ekhtesasi, M. R., Ahmadi, H., Khalili, A., Saremi, N. M. & Rajabi, M. R. (2006). An application of wind rose, storm rose, and sand rose in the analysis of wind erosion and determining the direction of moving sands (Case study area: Yazd-Ardakan Basin). *Iranian Journal of Natural Resources Research*, 59(3), 533-541. (In Persian)
- El-ossta, E., Qahwaji, R. & Ipson, S. S. (2013). Detection of dust storms using MODIS reflective and emissive bands. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(6), 2480-2485.
- Huang, M., Peng, G., Zhang, J. & Zhang, S. (2006). Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China. *Global and Planetary Change*, 52(1-4), 216-224. Doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.02.006.
- Iranmanesh, F., Arab, K. M. & Akram, M. (2005). Investigation of dust origins and characteristics of their spreading in sistan's storms, Iran Region, using image processing. *Pajouhesh & Sazandegi*, 67, 25-33. (In Persian)
- Jokar, J., mousivand, A. & Komaki, C. B. (2009). Risk warning and crisis management for dust storm effects on western border of Iran. *Cartography and Geoinformatics for Early Warning and Emergency*, 19-22.
- Jooybari, S., Rezaee, P., Soleimani, F. & Davoodi, H. (2019). Dust and its centers: basics and methods of identifying and stabilizing, with a special attitude to the Khuzestan Plain. *Applied Sedimentology*, 7(14), 129-142. (In Persian)
- Li, X. & Song, W. (2009). *Dust storm detection based on Modis Data*. In International conference on geo-spatial solutions for emergency management and the 50th anniversary of the Chinese Academy of surveying and mapping (pp. 14-19).
- Mousavi, S., Khamooshi, S. & Tamassoki, E. (2014). Synoptic analysis of extreme dust storms in Kermanshah. *Environmental Erosion Research Journal*, 4(1), 39-49. (In Persian)
- Schlesinger, P., Mamane, Y. & Grishkan, I.

- (2006). Transport of microorganisms to Israel during Saharan dust events. *Aerobiologia*, 22(4), 259-273.
- Taghavi, F., Owlad, E., Safarrad, T. & Irannejad, P. (2013). Identifying and monitoring dust storm in the western part of Iran using remote sensing techniques. *Journal of the Earth and Space Physics*, 39(3), 83-96. (In Persian)
 - Tamassoki, E., Khorani, A., Dervishi Bolorany, A. & Noheghar, A. (2015). Dust storms monitoring and predicting, using remote sensing, geographic information systems and observational data based on NDVI and climate elements (A case study: South and South East of Iran). *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 7(4), 27-44. (In Persian)
 - Torkashvand, M. G. (2018). Modeling of atmospheric regional circulation for event of most severe spring dust storms on West of Iran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 5(2), 19-34. Doi: 10.29252/jsaeh.5.2.19. (In Persian)
 - Vali, A., Khamooshi, S., Mousavi, S., Panahi, F. & Tamassoki, E. (2014). Climatic analysis and routing of comprehensive dust storms in the south and center of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 40(4), 961-972. Doi: 10.22059/jes.2014.53012. (In Persian)
 - Valizadeh Kamran, K. & Namdari, S. (2020). Temporal-spatial analysis of aerosols trend in the zone of influence Urmia aerosols by processing of satellite imageries in 2000-2015 (Case study: East Azerbaijan and West Azerbaijan). *Geography and Planning*, 24(72), 427-446. Doi: 10.22034/gp.2020.10826. (In Persian)
 - Zoualfaghari, A. H. & Abedzadeh, M. (2006). A synoptic analysis of dust systems at the west part of Iran. *Geography and Development*, 3(6), 173-188. (In Persian)