FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 2, Summer, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Analysis of spatial and temporal changes of dust storm as a major environmental hazard in Ilam province

Seyed Asadullah Hejazi[1*] ; Azra Moshtagheh Mehr[2]

[*]1. Associate Professor, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. MSc., Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[*]Email Address: s_hejazi@tabrizu.ac.ir

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2024/10/09
Revised Date:
2024/11/04
Accepted Date:
2024/11/11
Published Date:
2025/07/30

Keywords:
Dust Storm,
Natural Hazards,
Remote Sensing,
Land Use Planning,
Ilam.

ABSTRACT

Iran is located in the global dust belt, and thus, due to global warming, drought, and land use changes, dust has become more severe in the last two decades and dust storms have moved towards the western and southwestern borders of Iran. In the meantime, Ilam province is one of the areas exposed to dust in Iran due to its geographical location and hot and dry climate. Accordingly, in the present research, the temporal and spatial trends of dust storms during a long-term period (2001-2023) in Ilam province have been studied. In this regard, MODIS aerosol optical depth (AOD) dataset was used to measure dust changes, and Google Earth Engine (GEE) processing capabilities were used to perform analyses. Based to the findings, the dust phenomenon has a different temporal trend and in general, the highest frequency of dust events in the region occurred in the summer months. Furthermore, the evaluation of the spatial trend of dust has determined that the southwest and west of the province, which corresponds to the boundaries of Dehloran and Mehran cities, have the highest density and intensity of dust, which is caused by desert dust and originated from its local and foreign hotspots. The research results show that dust is one of the main environmental hazards of Ilam province and has the ability to damage its socio-economic and infrastructure structures. Hence, planning in this field should be focused on comprehensive plans for land use and adopting crisis management measures in order to deal with the effects of the dust crisis.

Cite this article: Seyed Asadullah Hejazi , Azra Moshtagheh Mehr (2025). Analysis of spatial and temporal changes of dust storm as a major environmental hazard in Ilam province, Journal of Environmental Sciences Studies, 10(2), Pages 10206 – 10216.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Air pollution has been one of the key issues of environmental studies in recent years, and researchers have specifically addressed dust storms and their consequences. Accordingly, Iran is one of the areas exposed to dust storms, which is located in a region known as the dust belt. Due to its proximity to three major sources of dust production (the deserts of Iraq, Syria and Saudi Arabia) in the west, Iran has always faced dust storms and their sequences. Hence, it can lead to adverse environmental, social and economic consequences, especially in the dry areas of southwestern Iran, and cause problems in human activities such as agriculture, transportation, industries, social services and medicine. In this regard, Ilam province is located at the southwestern Iran, which recognized as one of the major dust-prone areas in the country. In recent years, Ilam has suffered significant damage from dust storms of desert origin. Hence, the dust phenomenon has had significant socio-economic and environmental effects on the daily life of residents. Thus, the present research has been carried out with the aim of evaluating dust patterns as one of the major environmental hazards in Ilam province.

Materials and methods

The purpose of this applied research is to monitor and evaluate the temporal and spatial trends of dust storms in Ilam province. In this regard, the time period of the current research includes a long-term statistical period from 2001 to 2023. In the current research, various features of Google Earth Engine (GEE) platform have been used. Besides, MODIS monthly mean time series images have been used to analyze dust events at the regional level. Particularly, the use of aerosol optical depth (AOD) using MODIS images is highlighted as one of the precise methods of dust monitoring in this research. Dust time series data were extracted from MODIS MCD19A2.061 products with a spatial resolution of 1000 meters and we have done the processing. In addition, hotspots of dust storms have also been identified using the auxiliary method of visual interpretation of MODIS images. Therefore, in this research, the monthly average time series of MODIS images with true band composition (bands 1, 3 and 4) from 2001 to 2023 has been used to visually identify dust sources in Ilam province.

Results and discussion

According to the findings, the highest frequency of dust storms occurred in 2008, followed by 2022, 2009 and 2005, and the region witnessed the most dust storms throughout the year. On the other hand, in some years such as 2019 and 2020, the frequency of dust storms is low, and in some months of the year, there are hardly any dust storms and in some months, practically no dust storms have been recorded. Furthermore, the dust phenomenon has a different temporal trend and in general, the highest frequency of dust events in the region occurred in the summer months. Moreover, the evaluations have determined that between November and January, the study area suffered from the least frequency of dust, which due to the fact that rains and mainly snow prevails in the region during this period, so it can be caused by the role of climate and rainfall. to be in the relative control of the dust storm. In terms of spatial distribution, the dust density is different in different parts according to its general distribution and other factors such as the origin of the dust, its extent and its constituent particles, and its minimum and maximum values have shown differences. In this regard, the southern parts of the region, especially the area of Dehloran county, have received the highest dust density most of the time. The main sources of dust storms are also located in its southwestern areas and within the boundaries of Dehloran county. From this point of view, the findings have determined that the sources of dust in Ilam province correspond to desert areas and a large part of this province is exposed to dust storms of desert origin.

Conclusion

Dust is one of the main environmental hazards of Ilam province, and both local and external sources have played a large role in its frequency during the last two decades. In general, the results have shown that the main sources of dust in Ilam province are, first of all, dried up water bodies in the territory of Iraq, and secondly, the deserts located on the border of Iran and Iraq inside the province. Hence, the socio-economic and environmental effects of dust in Ilam province and especially its border areas have been quite noticeable. Therefore, dealing with this hazard must be strictly followed, and this requires the adoption of comprehensive land use plans to manage the dust crisis in its various stages.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۲
Journal Homepage: www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

بررسی تغییرات مکانی و زمانی گردوغبار به‌عنوان یکی از مخاطرات زیست محیطی اصلی در استان ایلام

سید اسداله حجازی [۱*]، عذرا مشتاق مهر [۲]

[*]۱- دانشیار، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی ، دانشگاه تبریز
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی ، دانشگاه تبریز
[*]ایمیل نویسنده مسئول: s_hejazi@tabrizu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۷/۱۸
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۰۸/۱۴
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۸/۲۱
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۵/۰۸

کلید واژه ها:
گردوغبار،
مخاطرات محیطی،
سنجش از دور،
آمایش سرزمین،
ایلام.

چکیده

قلمرو سرزمینی ایران در محدوده کمربند جهانی گردوغبار واقع شده است و از طرفی، به دنبال گرمایش جهانی، وقوع خشک‌سالی و تغییرات کاربری زمین شرایط گردوغبار در طی دو دهه اخیر شدت گرفته و طوفان‌های گردوغبار به سمت مرزهای غربی و جنوب غربی ایران کشانده شده است. در این میان، استان ایلام با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیم گرم و خشک آن یکی از مناطق در معرض گردوغبار در ایران به‌شمار می‌آید. بر همین اساس، در تحقیق حاضر به مطالعه و بررسی طوفان گردوغبار و روندهای زمانی و فضایی آن در طول یک بازه زمانی بلندمدت (۲۰۰۱-۲۰۲۳) در گستره استان ایلام پرداخته شده است. در این راستا، داده‌های عمق نوری آئروسل (AOD) سنجنده مادیس جهت سنجش تغییرات گردوغبار مورد استفاده قرار گرفته و از قابلیت‌های پرداز شی گوگل ارث انجین جهت تجزیه و تحلیل‌ها بهره گرفته شده است. مطابق یافته‌ها، گردوغبار از روند زمانی متفاوتی برخوردار بوده و به‌طور کلی، در ماه‌های تابستان بیشترین فراوانی وقایع گردوغبار در سطح منطقه رخ داده است. همچنین، ارزیابی روند فضایی گردوغبار چنین مشخص نموده است که جنوب غربی و غرب استان که منطبق بر محدوده شهرستان دهلران و مهران است بیشترین تراکم و شدت گردوغبار را به خود اختصاص داده است که ناشی از انتشار گردوغبار با منشأ بیابانی و برخاسته از منابع محلی و خارجی آن می‌باشد. نتایج تحقیق بیانگر این است که گردوغبار یکی از مخاطرات زیست محیطی اصلی استان ایلام بوده و قابلیت آسیب به ساختارهای اجتماعی-اقتصادی و زیرساختی آن را دارا است. بنابراین، برنامه‌ریزی‌ها در این زمینه می‌بایست به طرح‌ها و برنامه‌های آمایش سرزمینی و اتخاذ اقدامات مدیریت بحران به‌منظور مقابله با اثرات بحران گردوغبار معطوف شود.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI: 10.22034/jess.2024.482689.2301

۱-مقدمه

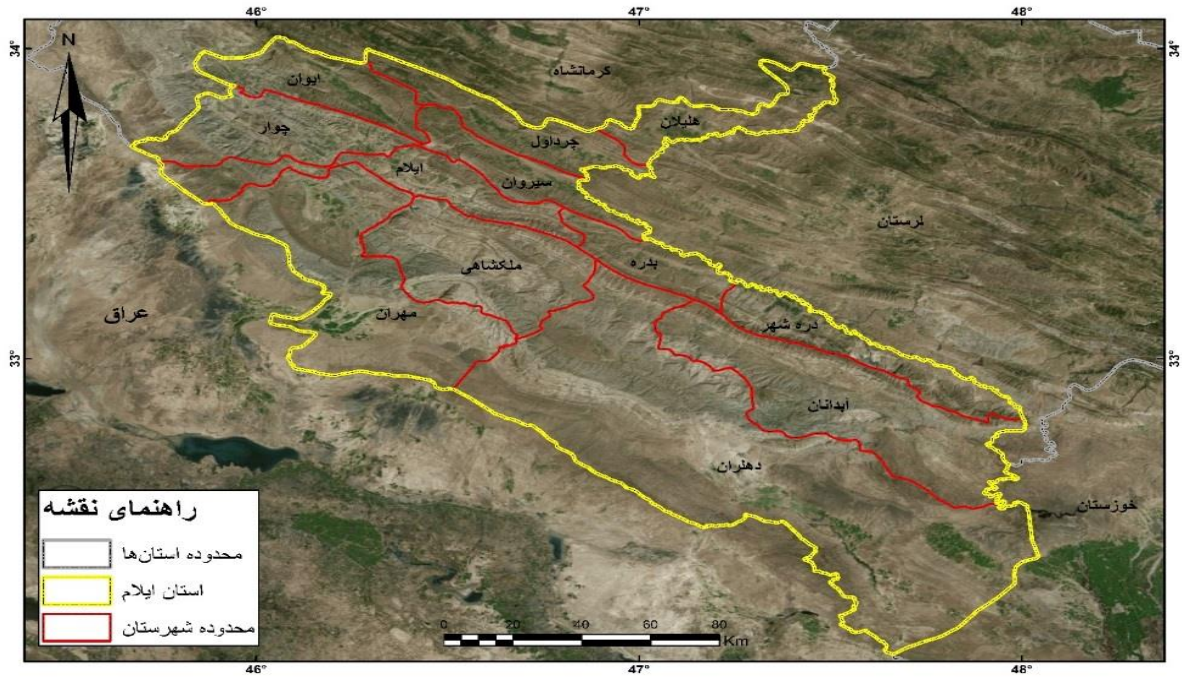
مبحث آلودگی هوا در طی چند دهه اخیر به یکی از کانون‌های مطالعات زیست محیطی تبدیل شده است و در این میان، توجه روزافزونی به طوفان گردوغبار و تبعات ناشی از آن اختصاص یافته است. گفتنی است که طوفان گردوغبار در کنار آلودگی هوا از مهم‌ترین عوامل محرک بیماری‌های غیرواگیر در جهان شناخته شده‌اند. مطابق تعریفی که در فرهنگ واژگان تخصصی علوم زمین ارائه شده است، طوفان گردوغبار بادی است که مقداری کافی از ذرات ریز را حمل می‌کند و در نتیجه آن دید به کمتر از ۱ کیلومتر کاهش می‌یابد. وقوع طوفان گردوغبار در هر منطقه می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی و انسانی باشد. از یک‌سو، به دنبال تغییرات آب‌وهوایی و به‌عبارتی تغییرپذیری اقلیمی ممکن است که وقوع طوفان گردوغبار از طریق تأثیر بر خصوصیات سطحی از قبیل رطوبت خاک، سرعت باد، بافت و انسجام خاک، پوشش گیاهی و خشک‌سالی افزایش یابد. از سویی دیگر، فعالیت‌های انسانی و به‌ویژه تغییرات کاربری زمین سبب تشدید فراوانی طوفان گردوغبار در نواحی مختلف شده است . خسارت‌ها و تبعات طوفان‌های گردوغبار به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم و اغلب در مقیاسی وسیع حس می‌شوند. بعلاوه، آثار و پیامدهای ثانویه گردوغبار ممکن است که تهدیدها و چالش‌های اجتماعی–اقتصادی، زیست محیطی و حتی سیاسی بزرگ‌تری برای هر منطقه به همراه داشته باشد . از نظر اقتصادی، طوفان گردوغبار می‌تواند با کاهش بهره‌وری در بخش کشاورزی، آسیب به زیرساخت‌های ارتباطی و مسکونی و مشکلات تأمین آب، سبب خسارات مالی چشمگیری شود . همچنین، گردوغبار می‌تواند منجر به آسیب به محیط طبیعی، پوشش گیاهی، حیات وحش و جوامع انسانی شود. نشستن گردوغبار بر روی گیاهان برگ درختان به کاهش فتوسنتز و کاهش انرژی مورد نیاز گیاه منجر می‌شود که نهایتاً با خشک شدن جنگل‌ها و مراتع و افزایش احتمال حریق همراه می‌شود. بعلاوه، با کاهش کیفیت هوا و استنشاق ذرات آلاینده توسط انسان موجب آسیب به ریه‌ها و سینوس‌ها شده و به تشدید حملات آلرژیک کمک می‌کند. از طرفی دیگر، پیامدهای گردوغبار تنها یک منطقه خاص را هدف قرار نمی‌دهد، زیرا طوفان‌های گردوغبار اغلب در مقیاس فرامنطقه‌ای رخ داده و بر تعدادی از کشورهای همجوار نیز تأثیر می‌گذارد. بنابراین، پدیده گردوغبار از ماهیت سیاسی و فرامرزی نیز برخوردار است (عباسی، ۱۴۰۰). ایران یکی از مناطق مستعد و در معرض طوفان‌های گردوغبار است که در منطقه‌ای موسوم به کمربند گردوغبار جهانی واقع شده است. کمربند گردوغبار از غرب بیابان صحرا در آفریقا شروع شده و پس از عبور از خاورمیانه، ایران و آسیای مرکزی تا صحرای گبی چین و مغولستان در شرق امتداد دارد. به دلیل قرارگیری ایران روی کمربند جهانی گردوغبار و نیز با توجه به وقوع خشک‌سالی‌های متناوب در کشور، بخش وسیعی از زیستگاه‌ها و مناطق بیابانی در نواحی مختلف کشور به سطح فرسایش بادی رسیده است . مطالعات صورت گرفته چنین نشان داده‌اند که ۲۲ استان کشور هر یک به نوعی درگیر طوفان گردوغبار (با منشأ داخلی یا خارجی) و تبعات ناشی از آن هستند. به‌طور خاص، وقایع گردوغبار اثرات نامطلوبی بر محیط زیست، اقتصاد و سلامت ساکنان نیمه غربی کشور و به‌ویژه استان‌های مرزی برجای گذاشته است. استان ایلام نیز از این اصل مستثنی نیست و در طی سال‌های اخیر ایلام به شکل قابل توجهی در معرض طوفان‌های گردوغبار با منشأ بیابانی قرار گرفته است و ازاین‌رو، پدیده گردوغبار تأثیرات محسوسی بر زندگی عادی مردم در این استان بر جای گذاشته است و همان‌طور که سایه میری و شایان (۱۳۹۸) در مطالعه خود استنباط نموده‌اند، گردوغبار تأثیرات منفی شدیدی بر تولیدات بخش کشاورزی استان ایلام به دنبال داشته است. بر همین اساس، تحقیق حاضر با هدف انجام یک ارزیابی مناسب از روند گردوغبار به‌عنوان یکی از مخاطرات عمده زیست محیطی در استان ایلام به انجام رسیده است. در تحقیق حاضر از قابلیت‌های فناوری سنجش از دور بهره گرفته شده و ارزیابی‌ها معطوف به ارائه پاسخ مناسب به دو سؤال اصلی تحقیق به شرح زیر بوده است:۱- روند زمانی–فضایی گردوغبار در سطح استان ایلام در دو دهه اخیر به چه نحوی بوده است؟ ۲- کانون‌های داخلی انتشار گردوغبار در استان ایلام در چه مناطقی از آن قرار داشته‌اند؟

۲-روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

استان ایلام با مساحتی در حدود ۲۰۱۶۴ کیلومتر مربع در منطقه جنوب غربی ایران واقع شده است. محدوده استان ایلام در میان مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۰ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۲ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۲ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی گسترده شده است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ایلام از شمال با استان کرمانشاه، از شرق با استان لرستان، از جنوب با استان خوزستان و از سمت غرب با کشور عراق هم‌مرز بوده و در مجموع چیزی در حدود ۴۲۵ کیلومتر مرز مشترک با عراق (کانون گردوغبار در خاورمیانه) دارد . استان ایلام با توجه موقعیت جغرافیایی خود و برخورداری از یک اقلیم گرم و خشک در معرض طوفان‌های گردوغبار با منشأ داخلی و خارجی قرار داشته است که همین امر زمینه‌ساز بروز پیامدهای نامطلوب

زیست‌محیطی و اقتصادی از قبیل بیماری‌های مختلف، اختلال در فعالیت ناوگان حمل‌ونقل هوایی و زمینی، نابودی محصولات کشاورزی و ... شده است .



شکل ۱. محدوده جغرافیایی استان ایلام

- **داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده**

تحقیق حاضر یک نوع تحقیق کاربردی است و هدف آن پایش و ارزیابی ابعاد زمانی و فضایی طوفان‌های گردوغبار در سطح استان ایلام می‌باشد. در این راستا، قلمرو زمانی تحقیق حاضر را یک دوره آماری بلندمدت از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۳ در بر می‌گیرد. با این وجود، به‌دلیل پویایی بالای طوفان گردوغبار و انتشار سریع آن، پایش و سنجش دقیق آن با چالش همراه می‌باشد. ازاین‌رو، بهره‌گیری از قابلیت‌های سنجش از دور ماهواره‌ای در این زمینه مورد توجه قرار گرفته است. پایش وقایع گردوغبار با استفاده از سنجش از دور ماهواره‌ای به‌عنوان یکی از رویکردهای غالب در این ارتباط در طی دو دهه اخیر مطرح شده است. علاوه بر این، با توسعه روزافزون فناوری سنجش از دور در طی سالیان اخیر، استفاده از ابزارهای پردازشی مختلف در مقیاس‌های زمانی و مکانی گسترده نیز یکی از رویکردهای رایج در زمینه پایش طوفان گردوغبار قلمداد شده است. سامانه گوگل ارث انجین (GEE) یکی از مهم‌ترین ابزارهای پردازش ابری داده‌های سنجش از دور بوده است که علاوه بر فراهم ساختن دسترسی رایگان و پردازش سریع داده‌های سری زمانی، امکان دستیابی به اطلاعات دقیق در زمینه پایش تغییرات محیطی را میسر نموده است . بنابراین، در تحقیق حاضر از قابلیت‌های پردازشی گوگل ارث انجین استفاده شده است. در این راستا، تصاویر سری زمانی میانگین ماهانه سنجنده مادیس (MODIS) برای تحلیل وقایع گردوغبار در سطح منطقه مورد استفاده قرار گرفته است. سنجنده مادیس کل سطح زمین را در ۳۶ باند طیفی، از محدوده مرئی (۰/۴۱۵ میکرومتر) تا مادون قرمز (۱۴/۲۳۵ میکرومتر) با قدرت تفکیک فضایی به‌ترتیب ۱ کیلومتر، ۵۰۰ متر و ۲۵۰ متر را برداشت می‌کند. بنابراین، محصولات مادیس می‌تواند برای تعیین ویژگی‌های طوفان گردوغبار و پایش پویایی آن بسیار مفید باشد .

- **روش تجزیه و تحلیل**

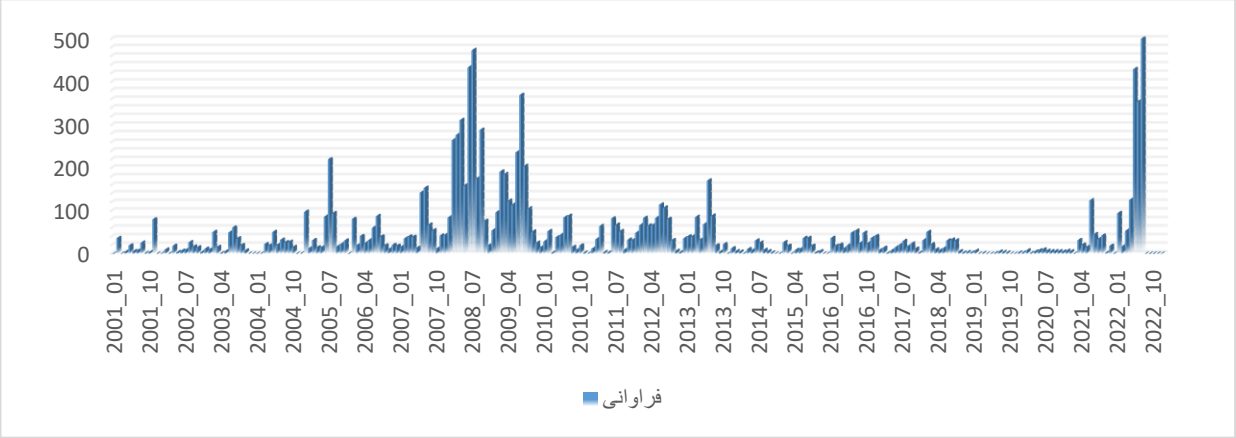
در حال حاضر تصاویر سنجنده مادیس با تفکیک مکانی و زمانی بالای خود مناسب‌ترین منبع داده برای پایش پدیده گردوغبار قلمداد می شوند. در این را ستا، سنجش عمق نوری آئرو سل (AOD) با ا ستفاده از تصاویر مادیس یکی از روش‌های دقیق ارزیابی ویژگی‌های آئروسل اتمسفر در نظر گرفته می‌شود. با این وجود، پروداکت AOD مادیس را به‌تنهایی نمی‌توان یک داده دقیق برای سنجش روند گردوغبار به حساب آورد. به‌عبارتی دیگر، مقادیری که این پروداکت نشان می‌دهد لزوماً بیانگر گردوغبار نیست و ممکن است که ناشی از دود، مه و سایر ذرات آئرو سل با شد. به همین دلیل، منابع انتشار گردوغبار را می‌توان با ا ستفاده از روش کمکی تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای نیز به‌طور دقیق شناسایی نمود. با توجه به اینکه سنجنده‌های ماهواره‌ای وقوع رویدادهای گردوغبار را در هر زمان و مکانی بر روی زمین ثبت می‌کنند، امکان شناسایی وقایع گردوغبار و منابع آن بر روی تصاویر ماهواره‌ای از طریق تفسیر بصری میسر می‌باشد. بنابراین، در تحقیق حاضر از سری زمانی میانگین تصاویر ماهانه سنجنده مادیس با ترکیب باندی حقیقی (باندهای ۱، ۳ و ۴) از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ برای شناسایی بصری منابع گردوغبار در محدوده استان ایلام استفاده شده است. فرآیند انجام تجزیه و تحلیل بدین‌ترتیب بوده

است که ابتدا محدوده استان ایلام با استفاده از پروداکت GAUL در ارث انجین که معتبرترین اطلاعات مکانی واحدهای اداری را برای تمامی کشورهای جهان ارائه می‌دهد، استخراج شده است. سپس، داده‌های سری زمانی گردوغبار از پروداکت MCD19A2.061 مادیس با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰۰ متر استخراج شده و پس از ماسک نمودن آب و یخ، کلاس بهترین کیفیت تصاویر را که معرف گردوغبار بوده است انتخاب کرده و پردازش‌ها را بر روی آن به انجام رسانده‌ایم. نهایتاً، میانگین ماهانه تصاویر گرفته شده و سری زمانی تغییرات عمق نوری آئروسل در طول موج ۰/۵۵ میکرومتر (باند سبز) مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- نتایج

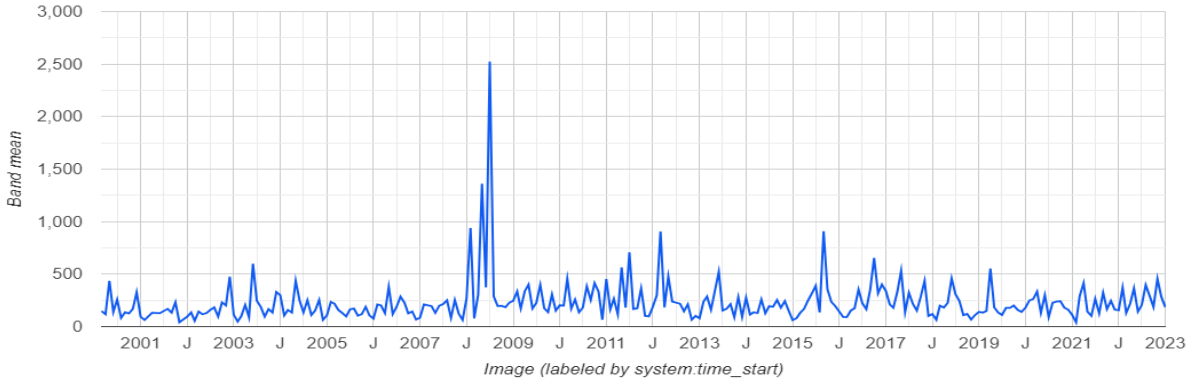
- **بررسی روند زمانی انتشار گردوغبار**

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی و پایش الگوهای زمانی و فضایی پراکنش گردوغبار در سطح استان ایلام به انجام رسیده است و بنابراین، نتایج در دو بخش مجزا ارائه گردیده است. در این راستا و همان‌طور که اشاره گردید، فراوانی وقایع گردوغبار در سطح منطقه در طول بلند مدت با استفاده از باند ۰/۵۵ میکرومتر مادیس ارزیابی شده و سپس مهم‌ترین وقایع گردوغبار از نظر شدت و گستردگی در تاریخ‌های مختلف شناسایی شده است. بر این اساس، در نمودار شکل ۲ سری زمانی سالانه فراوانی گردوغبار در سطح منطقه نشان داده شده است. گفتنی است که با توجه به محدودیت گرافیکی برای نمایش تمامی ماه‌ها بر روی نمودار، به ارائه سری زمانی گردوغبار در فواصل زمانی نه ماهه اقدام شده است. بر اساس نمودار حاصله، فراوانی گردوغبار در سال‌های مختلف متفاوت از هم بوده است. از این نظر، بیشترین فراوانی طوفان گردوغبار در سال ۲۰۰۸ رخ داده و پس از آن در سال‌های ۲۰۲۲، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۵ منطقه شاهد بیشترین طوفان گردوغبار در طول سال بوده است. در مقابل، در برخی از سال‌ها همچون ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ فراوانی طوفان گردوغبار پایین بوده و در بعضی از ماه‌های سال به ندرت و در بعضی از ماه‌ها نیز عملاً هیچ واقعه گردوغباری ثبت نشده است.



شکل ۲. نمودار فراوانی ماهانه گردوغبار در سطح استان ایلام

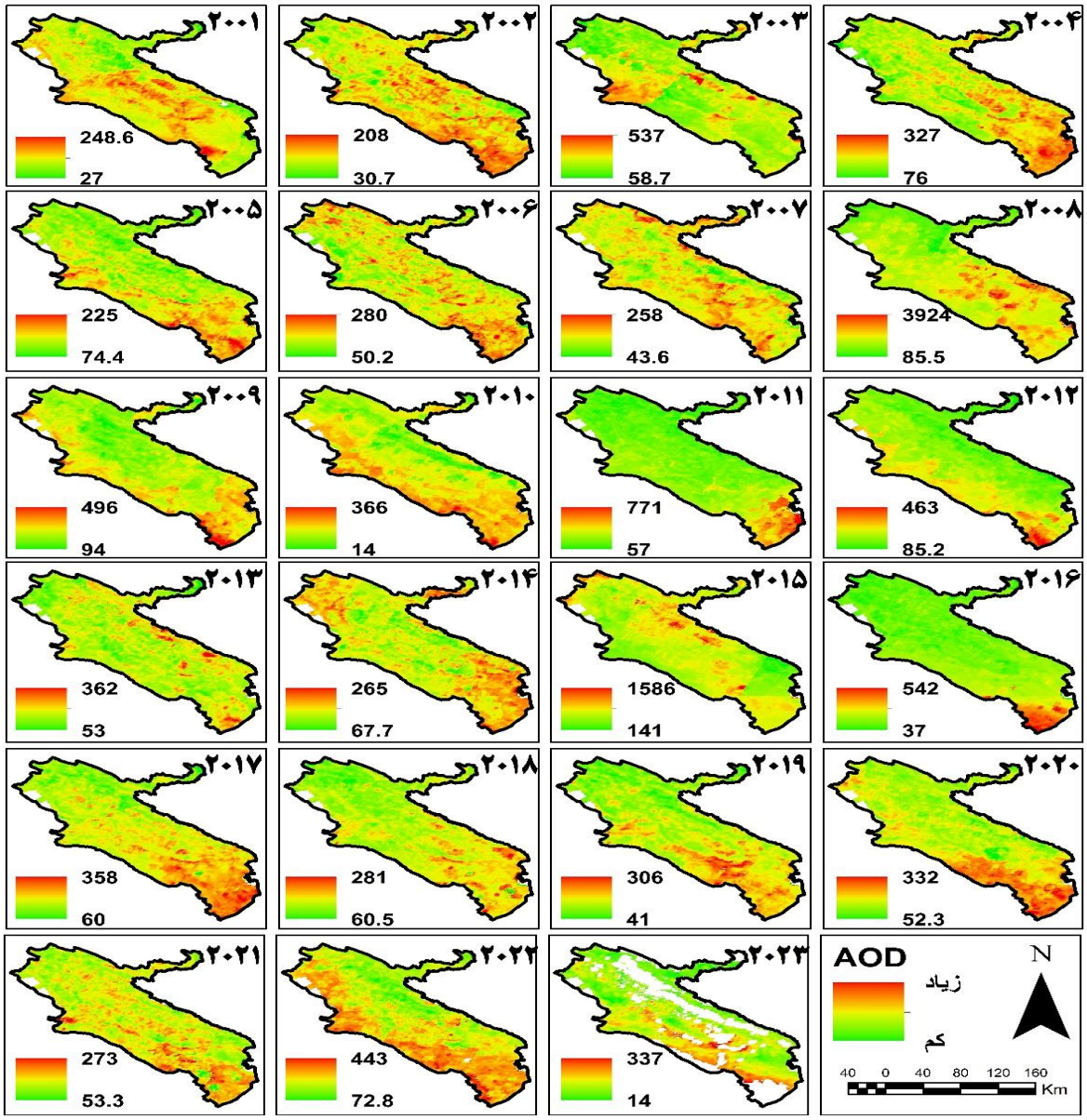
به لحاظ توزیع ماهانه فراوانی وقایع گردوغبار در سطح منطقه، نتایج بررسی‌ها چنین مشخص نموده است که بیشترین فراوانی طوفان گردوغبار در طول یک ماه در ماه جولای (تیر و مرداد) در سطح استان ایلام اتفاق افتاده است که پراکندگی آن در سال ۲۰۲۲ نسبت به ماه جولای در سال‌های دیگر بالاتر بوده است. همچنین، در ماه آوریل (فروردین و اردیبهشت) و فوریه (بهمن و اسفند) نیز فراوانی بالایی از گردوغبار در سطح منطقه مشاهده شده است. علاوه بر این، فراوانی نسبتاً زیادی از رخدادهای گردوغبار در طول ماه‌های سپتامبر (شهریور و مهر) و اکتبر (مهر و آبان) در گستره استان ایلام ثبت گردیده است. از طرفی دیگر، ارزیابی‌ها چنین مشخص نموده است که در فاصله زمانی بین ماه‌های نوامبر تا ژانویه (آبان تا بهمن) منطقه پذیرای کمترین میزان فراوانی رخداد گردوغبار بوده است که با توجه به اینکه بارندگی‌ها و اغلب بارش برف در طی این مدت در سطح منطقه غالب است، لذا این وضعیت می‌تواند ناشی از نقش اقلیم و بارندگی در مهار نسبی طوفان گردوغبار باشد. بر اساس یافته‌های مذکور، در شکل ۳ نمودار روند تغییرات سالانه گردوغبار در استان ایلام مبتنی بر باند ۰/۵۵ میکرومتر نشان داده شده است.



شکل ۳. نمودار سری زمانی میانگین تغییرات سالانه گردوغبار

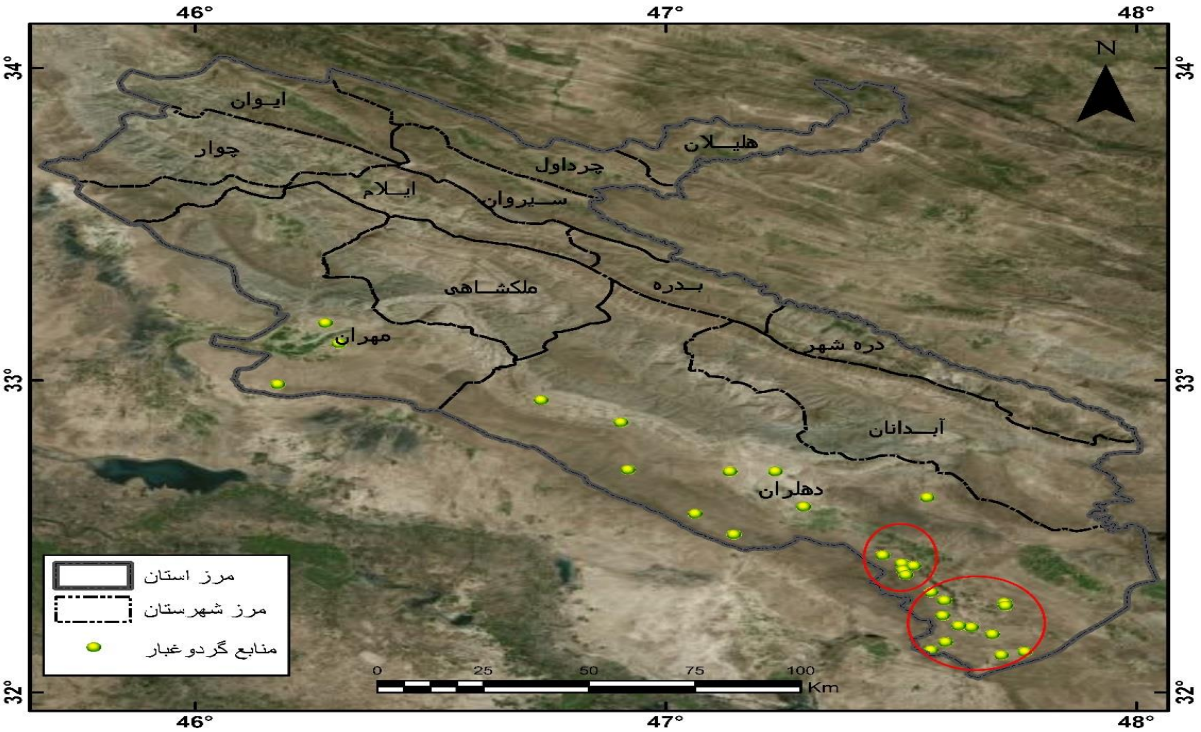
- **بررسی روند فضایی تراکم گردوغبار**

پراکنش فضایی مقادیر عمق نوری آئروسل که از داده‌های سنجنده مادیس برای بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ استخراج شده است، در شکل ۴ قابل مشاهده است. مطابق نقشه حاصله، پدیده گردوغبار در سطح منطقه از روند فضایی متفاوتی برخوردار می‌باشد. بر این اساس، مقادیر بالای AOD که با رنگ قرمز نمایان شده‌اند، به وضوح میزان بالای گردوغبار را در سطح منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که می‌تواند منجر به کاهش دید و کیفیت هوا شده و اثرات نامطلوبی بر سلامت عمومی و ساختارهای اقتصادی و اجتماعی داشته باشد. مطابق بررسی‌ها، شدت و میزان گردوغبار در تصاویر حاصله با توجه به پراکنش کلی آن و سایر عوامل همچون منشأ گردوغبار، گستردگی و ذرات تشکیل‌دهنده آن در بخش‌های مختلف متفاوت از هم بوده و مقادیر کمینه و بیشنه آن تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد. از این نظر، نیمه جنوبی استان ایلام و به‌ویژه محدوده شهرستان دهلران در اغلب مواقع پذیرای بیشترین تراکم گردوغبار بوده است. بعلاوه، شدت گردوغبار در بخش‌هایی از مرکز و شمال غربی منطقه که بخش وسیعی از شهرستان‌های مهران و ملکشاهی را در بر می‌گیرد نیز بالا بوده است که ارزیابی‌ها حاکی از تأثیر توده‌های گردوغبار با منشأ خارجی (کشور عراق) در این نواحی می‌باشد. در مقابل، بخش‌های شمال و شمال شرقی استان ایلام که محدوده دو شهرستان چرداول و هلیلان را در بر می‌گیرد، کمترین تراکم گردوغبار را پذیرا بوده‌اند (رنگ سبز) که در وهله اول در ارتباط با وضعیت توپوگرافی موجود (اعم از ارتفاع بالا و پوشش جنگلی نسبتاً زیاد) در مقایسه با سایر نواحی استان قابل بررسی است. با این حال، در برخی از سال‌ها (همچون ۲۰۰۲، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴) که گردوغبار از گستردگی بالایی برخوردار بوده است، این نواحی نیز تحت سیطره آن قرار گرفته‌اند. گفتنی است که تشخیص گردوغبار و تعیین غلظت و تراکم توده گردوغبار در قدرت تفکیک مکانی کم یکی از قابلیت‌های AOD به‌شمار می‌آید. با این وجود، پوشش ابر در سطح منطقه می‌تواند تا حدی تشخیص دقیق پراکنش گردوغبار را با مشکل همراه سازد. در این راستا، همان‌طور که در شکل حاصله نمایان شده است، نواحی سفید رنگ روی نقشه بیانگر مناطقی است که داده عددی در آنها در دسترس نبوده است که این امر ناشی از پوشش ابر در منطقه و یا محدودیت‌های ذاتی محصول AOD مادیس بوده است. به‌عبارتی دیگر، به‌دلیل اعمال ماسک ابر بر روی پروداکت AOD اغلب گردوخاک مختلط با ابر نیز به‌منزله توده گردوغبار تشخیص داده می‌شود. بعلاوه، با توجه به سرعت و جهت باد، مقدار تخمینی برای هر پیکسل ممکن است غیرواقعی باشد زیرا ذرات گردوغبار کیلومترها از مبدأ خود دور می‌شوند. از طرفی دیگر، مقادیر بالای AOD لزوماً نشان‌دهنده وقوع طوفان گردوغبار نیست و امکان دارد که نشأت‌گرفته از سایر ذرات آئروسل باشد. ازاین‌رو، صرفاً با اتکا به سنجش عمق نوری آئروسل تصاویر مادیس نمی‌توان به شناسایی منابع گردوغبار و پایش تغییرات فضایی آن پرداخت. بنابراین، به موازات آن می‌بایست از روش تفسیر بصری تصاویر مادیس نیز بهره جسته و نقاط شروع و منابع اصلی پدیده گردوغبار در سطح منطقه را شناسایی و ارزیابی نمود.



شکل ۴. پراکنش فضایی غلظت گردوغبار در سطح منطقه

در شکل ۵ نقشه منابع گردوغبار در استان ایلام براساس تفسیر بصری تصاویر مادیس در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ نشان داده شده است. مطابق نقشه حاصله، کانون‌های اصلی انتشار گردوغبار در استان ایلام در نواحی جنوب غربی آن و در محدوده شهرستان دهلران واقع شده‌اند. از این نظر، بررسی‌ها چنین مشخص نموده است که منابع انتشار گردوغبار در استان ایلام منطبق بر نواحی بیابانی بوده است و بخش وسیعی از این استان در معرض طوفان‌های گردوغبار با منشأ بیابانی قرار گرفته است. در این راستا، وقوع خشک‌سالی در اقصی نقاط منطقه و تشدید فرسایش بادی مزید بر علت شده و بر شدت و گستره وقایع گردوغبار افزوده است. گفتنی است که اراضی خشک که سابقاً پوشیده از آب بوده‌اند به شدت مستعد فرسایش بادی هستند و از منابع اصلی خیزش گردوغبار محسوب می شوند که باد می‌تواند سبب جابه‌جایی ذرات ناشی از آن تا صدها کیلومتر دورتر شود. در این ارتباط، تغییرات تراز آب رودخانه آبدانان در محدوده شهرستان دهلران در طی سالیان اخیر یکی از عوامل اصلی تشدید کانون‌های گردوغبار در این ناحیه به‌شمار می‌آید. از طرفی دیگر، علاوه بر عوامل محلی، تغییرات منطقه‌ای نیز در این زمینه نقش مهمی داشته است. به‌عبارتی دیگر، سوء مدیریت منابع آب، خاک و پوشش گیاهی در مناطق همجوار و به‌ویژه کشور عراق، سوریه از عوامل اصلی وقوع و تشدید طوفان‌های گردوغبار در طی دو دهه اخیر گذشته در استان ایلام در نظر گرفته می‌شوند. ازاین‌رو، کم‌آبی و فرسایش بادی یک معضل پایدار در منطقه بوده و پیامدهای جدی برای ثبات و توسعه اقتصاد منطقه به همراه داشته است. به‌طور خاص، طوفان گردوغبار به‌عنوان یکی از مخاطرات زیست محیطی عمده در سطح منطقه، علاوه بر پوشاندن اراضی زراعی و گیاهان، منجر به نابودی زمین‌های حاصل‌خیز و کاهش تولید بیولوژیک و تنوع زیستی شده و ماندگاری جوامع محلی را نیز به‌شدت تحت تأثیر قرار داده است. علاوه بر این، طوفان‌های گردوغبار در انتقال عوامل بیماری‌زای خطرناک به انسان، آلودگی آب‌وهوا و آسیب رساندن به عملکرد دستگاه تنفسی نقش مهمی داشته است.



شکل ۵. منابع اصلی انتشار گردوغبار در سطح منطقه

۴- نتیجه‌گیری

گردوغبار به‌عنوان یکی از بحران‌های زیست محیطی و از جمله موانع اصلی دستیابی به اهداف توسعه پایدار در کشورهای منطقه غرب آسیا به‌شمار می‌آید. بنابراین، نظر به افزایش فراوانی وقایع گردوغبار در طی دو دهه اخیر، ریشه‌یابی و پایش مستمر آن در راستای پیش‌بینی و مدیریت کانون‌های بالقوه و بالفعل انتشار گردوغبار امری مهم و اساسی تلقی می‌شود. با این حال، این فرآیند مستلزم دستیابی به شناختی همه‌جانبه از ابعاد و پیامدهای مختلف این پدیده است. طوفان گردوغبار قابلیت وارد نمودن خسارات نامطلوب اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، به‌ویژه در مناطق خشک را دارا می‌باشد که می‌تواند فعالیت‌های روزمره انسانی از قبیل کشاورزی، حمل‌ونقل، صنایع، خدمات اجتماعی و پزشکی را با اختلال قابل توجه همراه سازد. بر همین اساس، در تحقیق حاضر به مطالعه‌ای پیرامون گردوغبار و بررسی ابعاد فضایی و زمانی آن در استان ایلام در جنوب غربی ایران پرداخته شد. براساس بررسی‌های صورت گرفته و یافته‌های حاصله، نتایج نهایی تحقیق حاضر را می‌توان به شرح زیر ارائه نمود: – گردوغبار یکی از مخاطرات محیطی اصلی استان ایلام به شمار می‌آید و منابع داخلی و خارجی هردو نقش زیادی در تشدید آن در طی دو دهه اخیر داشته‌اند. به‌طور کلی، نتایج چنین نشان داده است که منابع اصلی انتشار گردوغبار در استان ایلام در وهله اول بدنه‌های آبی خشک شده در محدوده سرزمینی کشور عراق و در وهله بعدی بیابان‌های واقع در مرز ایران و عراق در داخل استان می‌باشند. – نتایج مطالعه قابلیت‌های بالای سنجش از دور ماهواره‌ای، پروداکت‌های تصویری و ابزار پردازشی گوگل ارث انجین در زمینه پایش گردوغبار را نشان داده است. با این وجود، برخی محدودیت‌ها به‌ویژه در زمینه تصاویر AOI همچون قدرت تفکیک مکانی پایین و اثرپذیری از پوشش ابر تا حدی می‌تواند نتایج را تحت‌الشعاع خود قرار دهد. اما از طرفی دیگر، همان‌طور که علیدادی و جعفری (۱۴۰۰) نیز در نتایج خود به آن اشاره کرده‌اند، در صورتی‌که مقیاس مطالعاتی نسبتاً بزرگ باشد و لزومی به تفکیک مکانی کمتر از ۱۰ کیلومتر وجود نداشته باشد، کاربرد این روش می‌تواند در مطالعات پایش و ارزیابی گردوغبار مورد توجه قرار گیرد. – اثرات اجتماعی–اقتصادی و زیست محیطی گردوغبار در استان ایلام و به‌ویژه شهرستان‌های مرزی آن کاملاً محسوس بوده است و ازاین‌رو، برنامه‌ریزی‌ها و رویکردهای مقابله با مخاطرات این پدیده باید کاملاً جدی دنبال شده و این امر مستلزم اتخاذ طرح‌ها و برنامه‌های آمایش سرزمینی در جهت مدیریت بحران گردوغبار در مراحل مختلف وقوع آن است. – تحقیق حاضر تحلیلی کاربردی با تأکید بر تغییرات مکانی و زمانی طوفان‌های گردوغبار در محدوده استان ایلام بوده است که بدون در نظر گرفتن تأثیر دقیق عوامل اقلیمی و زمینی مانند خشک‌سالی، دما، سرعت باد و پوشش گیاهی یا تغییرات کاربری اراضی بر روند گردوغبار به انجام رسیده است. بنابراین، کم و کیف طوفان‌های گردوغبار و همچنین الگوهای طوفان گردوغبار در رابطه با تغییرپذیری محیطی و اقلیمی موضوع مهم دیگری است که برمبنای نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت که این قابلیت را دارد که جهت‌گیری مطالعات آتی در سطح منطقه را به خود اختصاص دهد.

منابع

- Akpinar--Elci, M., et al. 2021. Climate Change, Dust Storms, Vulnerable Populations, and Health in the Middle East: A Review, Journal of Environmental Health, Vol. 3.
- Allaby, M., Allaby, M. (Eds.). 2008. A dictionary of earth sciences (Vol. 3). Oxford: Oxford university press
- Boloorani, A. D., et al. 2021. Water bodies changes in Tigris and Euphrates basin has impacted dust storms phenomena, Aeolian Research, Vol. 50, 100698.
- Boloorani, A. D., et al. 2022. Visual interpretation of satellite imagery for hotspot dust sources identification, published by Elsevier.
- Boroughani, M., et al. 2020. Application of remote sensing techniques and machine learning algorithms in dust source detection and dust source susceptibility mapping, Ecological Informatics, Vol. 56, 101059.
- Carnagie, J., et al. 2008. U_X_L Encyclopedia of weather and natural disasters, The Gale Group, Michigan.
- Duniway, M. C., et al. 2019. Wind erosion and dust from US drylands: a review of causes, consequences, and solutions in a changing world, Vol. 10, e02650.
- Hojan, M., et al. 2019. Effects of extreme Dust Storm in agricultural areas (Poland, the Greater Lowland), Geosciences, Vol. 9, 106.
- Kim, S., Kim, Y. C. 2021. Attention to news media, emotional responses, and policy preferences about public health crisis: The case of fine dust pollution in south Korea. International journal of environmental research and public health, Vol. 18, 13325.
- Li, X., Song, W. 2009. Dust storm detection based on MODIS data.
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2009. Impacts of Sand and Dust Storms on Oceans, A Scientific Environmental Assessment for Policy Makers, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- Velayatzadeh, M. 2020. Introducing the causes, origins and effects of dust in Iran, Journal of Air Pollution and Health, Vol. 5, P. 63-70.
- Yue, L., et al. 2023. A fully automatic and high-accuracy surface water mapping framework on Google Earth Engine using Landsat time-series, International Journal of Digital Earth, Vol. 16, P. 210-233.
- اصافی مقدم، ط.، خوش‌اخلاق، ف.، شم سی‌پور، ع.، اخوان، ر.، صفرراد، ط.، امیرا صلانی، ف.، ۱۳۹۶. پایش و ارزیابی اثرات گردوغبار بر تغییرات بارش در جنوب غرب ایران با استفاده از سنجش از دور و GIS، نشریه سنجش از دور و GIS ایران، دوره ۹، شماره ۲، ص ۹۸-۷۹.
- حسینی، س. ا.، رستمی، د. ۱۳۹۷. واکاوی و ردیابی پدیده گردوغبار در جنوب و جنوب شرق ایران با استفاده از مدل HYSPLIT و اصول سنجش از دور، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۵، شماره ۳، ص ۱۰۹-۱۰۳.
- حیدری، م.، خالدی، ش.، ازیرانی، ط. ا.، ۱۳۹۸. تحلیل روند فراوانی روزهای گردوغبار در استان ایلام و تأثیر آن بر سلامت عمومی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۱، شماره ۱، ص ۱۳۴-۱۲۳.
- سایه میری، ع.، شایان، ع. ۱۳۹۸. برر سی آثار و خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی گردوغبار در ا ستان ایلام: با تأکید بر کاهش درآمدها و ظرفیت مالیاتی، نشریه مطالعات علوم محیط زیست، دوره ۴، شماره ۴، ص ۲۰۵۵-۲۰۴۶.
- عباسی، ف.، ۱۴۰۰. بحران ریزگردها و تأثیرات آن بر امنیت مناطق (مطالعه موردی: شهرستان اهواز)، فصلنامه جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۳، ص ۱۷۴-۱۵۶.
- علیدادی، س.، جعفری، ر.، ۱۴۰۰. شناسایی و پهنه‌بندی گردوخاک بیابانی با استفاده از داده‌های سطح یک مودیس و شاخص‌های AOD و AI در جنوب غربی ایران، مجله مهندسی اکوسیستم بیابان، سال ۱۰، شماره ۳۳، ص ۶۴-۵۳.
- عمارلوئی، ع.، جعفری، ا. ج.، مهابادی، ح. ا.، اسدالهی، خ.، ۱۳۹۳. ارزیابی غلظت PM_{10}، $PM_{2.5}$ و PM_1 طی طوفان‌های گردوغبار در شهر ایلام سال ۹۲-۹۱، مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دوره ۲۲، ص ۲۵۹-۲۴۰.
- کاظمی، م.، نفرزادگان، ع.، محمدی، ف.، ر ضایی لطیفی، ع.، ۱۴۰۰. شنا سایی خا ستگاه‌های هواویزهای اتمسفری با ا ستفاده از سنجش از دور و داده‌کاوی (مطالعه موردی: استان یزد)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره ۱، ص ۶۳-۸۵.
- معظم، م. س.، مهدوی، ر.، جوانمرد، س.، رضایی، م.، ۱۳۹۷. اثر رخدادهای گردوغبار بر بازخورد برخی عوامل اقلیمی استان ایلام، نشریه محیط شناسی، سال ۳، شماره ۴۴، ص ۵۴۹-۵۶۳.

- مهدوی‌فرد، م.، جعفری، ش.، کامران، خ. و.، کریم‌زاده، ص.، ۱۴۰۱. شنا سایی تغییرات پو شش مانگرو با ا ستفاده از الگوریتم ما شین بردار پشـتیبان در پلتفرم محاسـباتی گوگل ارث انجین مطالعه موردی: جنگل‌های حرا قشـم، نشـریه کاربرد سـنجش از دور و GIS در علوم محیطی، شماره ۲، سال ۱، ص ۳۶-۲۳.
- میرحسنی، م.، ر ستمی، ن.، بازگیر، م.، توکلی، م.، ۱۳۹۷. بررسی تأثیر کاربری اراضی بر غلظت گردوغبار و میزان هدررفت خاک در مناطق بیابانی (مطالعه موردی: عین خوش-دهلران، ایلام)، مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال ۸، شماره ۱، ص ۲۰-۱.