نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۷۹ – ۹۲

تغییرات زمانی–فضایی غلظت هواویزه در استان سیستان و بلوچستان (۲۰۱۸ – ۲۰۰۰)

حسین راهی‌زهی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
محمود خسروی[۱]؛ استاد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
محسن حمیدیان‌پور؛ استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۸/۱۰/۲۴ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۰۹

چکیده

استان سیستان و بلوچستان به دلیل موقعیت جغرافیایی تحت تأثیر بلایای طبیعی مختلف، ازجمله گردوغبار و غلظت زیاد هواویزه قرار دارد. هدف این پژوهش تحلیل فضایی و زمانی این مخاطره در گستره استان سیستان و بلوچستان می باشد.برای دستیابی به این هدف و واکاوی تغییرات زمانی و فضایی غلظت آیروسل، از محصول عمق نوری هواویزه (AOD) سنجنده مودیس ماهواره آکّوا و تِرآ (MODAL۲_M_AER_OD) با دقت مکانی ۱۰×۱۰ کیلومتر طی دوره آماری ۲۰۱۸-۲۰۰۰ در دوره گرم سال (ژوئن، جولای و اوت) استفاده شد. نتایج نشان داد، بیشینه مقدار غلظت هواویزه متعلق به نواحی همچون زابل، زهک، هیرمند، هامون، ایرانشهر، بمپور، حوضه جازموریان، چابهار و کنارک می‌باشد. به‌طور متوسط بیشترین تغییرات زمانی غلظت هواویزه مربوط به نواحی جنوبی استان شامل دشتیاری، پُلان و چابهار و کمترین تغییرات آن در نواحی شمالی پیشین، پّلان، چابهار، کّنارک و بمپّور است. روند تغییرات این شاخص بر پایه روش ناپارامتریک من-کندال در دو سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد به صورت پیکسل مبنا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این بخش نشان داد که AOD در ماه‌های ژوئن، جولای و اوت (تابستان) در مناطق جنوبی استان تا حوالی شهرستان زاهدان مانند دلگان، ایرانشهر، بمپور، بزمان، میرجاوه، نوک‌آباد، زاهدان، نصرت‌آباد، زابلی، قصرقند، ایرندگان و دشت سیب و سوران دارای روندی مثبت و افزایشی و مناطق تقریباً شمالی استان همچون کورین، زابل، زهک، سیرکان (بم پشت)، هامون دارای روندی منفی و کاهشی می‌باشند.

واژه های کلیدی: **تغییرات محیطی، گردوغبار، مخاطرات محیطی، اقلیم.**

۱ . نویسنده مسئول
Email:khosravi@gep.usb.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

مقدمه

ذرات معلق موجود در اتمسفر نقش مهمی در تعادل و توازن انرژی سطح زمین بر عهده دارند. تغییرات در میزان ذرات هواویزه جو، گازهای گلخانه‌ای جو، میزان تابش خالص رسیده به سطح زمین و تعادل انرژی جو و زمین را تغییر می‌دهند. بنابراین ذرات معلق، اثرات مهمی در بودجه تابشی خورشید در سطح زمین و هم در سطح جو بر روی میزان بارش و چرخه هیدرولوژیکی بر جا می‌گذارد (Alam, ۲۰۱۰) ریزگردها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر میزان انرژی تابشی، دی‌اکسید کربن جو، ازون جو، ابرها، اقتصاد منطقه، بهداشت و سلامت اثر می‌گذارد (Goudi and Middleton, ۲۰۰٦, ۳٦). ذرات هواویزه، ذرات ریز با اندازه به‌طور معمولی در حدود ۱۰۰ نانومتر هستند که با چشم غیرمسلح قابل‌مشاهده نیستند. با این‌وجود این ذرات به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش دید و تغییرات اقلیمی منطقه می‌شوند (Kokhanovsky, ۲۰۰۸, ۸). طوفان ریزگرد، به‌عنوان یکی از رویدادهای زیان‌بار هواشناسی به شمار می‌رود که تأثیر مهمی بر کیفیت هوا دارد. ساختار و رخداد طوفان ریزگرد بسیار پیچیده است شدت و ضعف طوفان ریزگرد بسته به میزان نزولات جوی، پوشش گیاهی و بستر دریاچه خشک دارد. نزولات جوی با تقویت خاک و از سوی دیگر با تقویت پوشش گیاهی بر کنترل و فعالیت، شدت و ضعف طوفان ریزگردها اثر می‌گذارد (Goudi and Middleton, ۲۰۰٦, ۳۸). انواع ذرات هواویزه اثرات مجزایی بر درونداد و برونداد طول‌موج‌ها دارد. ذرات گردوغبار با عبور طول‌موج‌های کوتاه و بلند با فرایند جذب و پراکنش باعث ایجاد تغییر در فرایند جذب و پراکنش طول‌موج‌های کوتاه و بلند می‌شود (میری و همکاران، ۱۳۹۶). میزان بارندگی، رطوبت خاک، پوشش سطح زمین، سامانه‌های محلی و سرعت باد اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر طوفان ریزگرد دارد (تقوی و همکاران، ۱۳۹۲). به‌طورکلی در علوم جوی به کلیه ذرات معلق در اتمسفر همچون دوده، نمک، گردوغبار و... هواویزه می‌گویند. جو مناطق بیابانی به دلیل مهیا بودن شرایط زمینی آنها بیشتر با ریزگرد روبرو هستند و با توجه به تغییرات محیطی اخیر با منشأ انسانی بعضاً این پدیده دارای نوسان زمانی و مکانی هست. ریزگرد همواره به عنوان یک معضل زیست محیطی در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی مانند استرالیا، عراق، عربستان، امارات، سوریه چین، روسیه مغولستان آفریقا و ایران را شناخته می‌شود و باعث خساراتی همچون از بین بردن زمین‌های کشاورزی، گسترش بیابان‌ها و کاهش دید افقی در این مناطق می‌شود (رئیس پور، ۱۳۸۷). ریزگردها علاوه بر خسارات زیست محیطی و کاهش دید افقی کمتر از یک کیلومتر، بر میزان تابش خالص رسیده به سطح زمین، اثرهای اقلیمی در مقیاس محلی و جهانی به‌جای می‌گذارد بنابراین دیدبانی روزانه و مرتب توزیع جهانی ذرات هواویزه و بررسی تغییرات زمانی و مکانی آن مفید است (Zhao et al. ۲۰۱۰). وجود ذرات هواویزه در هوا امری طبیعی است به طوری که از یک سو در صورت عدم وجود ذرات جامد هواویزه ابری تشکیل نمی‌شود و از طرف دیگر در صورتی که شدت آن از حد معینی افزایش یابد باعث کاهش دید و ایجاد طوفان گردوغبار می‌شود در واقع در این حالت نوعی آلاینده جوی محسوب می‌گردد. در همین راستا سازمان جهانی هواشناسی طوفان گردوغبار را پدیده‌ی جوی اطلاق می‌کند که گردوغبار مواد معدنی موجود در جو، دید افقی در سطح چشم را کمتر از یک کیلومتر کاهش و سرعت باد بیشتر از ۱۵ متر بر ثانیه گردد (فرجزاده و کریمی، ۱۳۹۲). در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، تغییرات سریع دما، موجب ایجاد شدید گرادیان فشار در نقاط مختلف می‌شود و باعث تشکیل بادهای قوی و دائمی می‌شود. خشکی و بادهای قوی دو عامل ایجاد طوفان ریزگرد می‌باشند. بنابراین ریزگردها از پدیده‌های جوی غالب در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان، است (میری و همکاران، ۱۳۹۶). استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرقی ایران دارای اقلیمی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

خشک است. این استان در دوره گرم سال متأثر از باد سیستان می‌باشد (حمیدیان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). این بادها یکی از عوامل اصلی انتقال گردوغبار به استان محسوب می‌گردند. در زمینه تغییرات زمانی و فضایی هواویزه در ایران به جز چند نمونه محدودی تحقیقات چندانی صورت نگرفته است اما پیشینه مطالعات در جهان به سه قرن پیش برمی‌گردد. ایندویتا و همکاران (Indoitu et al, ۲۰۰۹)، اقدام به پایش و ارزیابی فضایی و زمانی پدیده گردوغبار در آسیای میانه در سه دوره زمانی (۱۹۳۶-۱۹۶۰، ۱۹۳۶-۱۹۸۰ و ۱۹۷۰-۲۰۰۰) پرداختند. اولاً بر اساس نتاج این مطالعه مشخص گردید که بارش دارای روند کاهشی (به ویژه از سال ۱۹۸۰ به بعد) و دما دارای روند افزایشی قابل توجهی هستند. کویر مرکزی قره قوم، منطقه دریای آرال، سواحل خزر شمالی و جنوب بالکش مهم‌ترین تغییرات را در دو عامل اقلیمی ایجاد می‌کنند. در این میان بیشترین رخداد پدیده گرد و غبار در بهار رخ می‌دهد. تغییرات پارامترهای مذکور با الگوهای گردش‌های جوی ارتباط دارد و این شرایط می‌تواند بر رویدادهای گرد و غباری آسیای میانه تاثیر بگذارد. اورلِوسکی و همکاران (Orlevesky et al, ۲۰۰۹)، توزیع فضایی و زمانی طوفان‌های گردوغبار را در ترکستان در طی بازه زمانی ۱۹۳۶-۱۹۶۰ بررسی نمود و به این نتیجه رسیدند که یشترین میانگین فراوانی سالانه چنین طوفان‌های در بهار در صحرای شنی مرکزی قره‌قوم (۶۷ روز) مشاهده می‌شود و بیشترین تعداد روزهای طوفان گرد و غبار در غرب کشور ترکمنستان حدود ۱۴۶ روز ثبت شده است. زراسوندی و همکاران (Zarasavandi et al, ۲۰۱۱)، در بازه زمانی ۲۰۰۹ – ۱۹۹۶ در استان خوزستان به بررسی و تحلیل فضایی و زمانی رویداد گردوغبار پرداخته‌اند نتایج تحلیل‌ها نشان داد که سال ۲۰۰۸ با ۱۰۴ روز گردوغباری بالاترین و سال ۱۹۹۸ با ۱۳ روز گردوغباری پایین‌ترین روزهای گردوغباری را به خود اختصاص داده‌اند. بیگوم و همکاران (Beegum et al. ۲۰۱۸) تحلیل همدیدی و شبیه‌سازی طوفان گردوغبار در شبه‌جزیره عربستان را با دو مدل WRF و عمق نوری هواویزه (AOD) بررسی نمودند. ضمن تایید برونداد مدل با داده‌های مشاهداتی، آنها نتیجه گرفتند که ۵ نمونه از توفان‌های انتخابی با شرایط سینوپتیکی گردش جوی منطقه همراه است و دو نمونه دیگر دارای شرایط میان مقیاس و همرفتی به وقوع پیوسته‌اند که مورد اخیر را با نام هبوب‌ها[1] معرفی می‌کنند. عالم و همکاران (Alam et al, ۲۰۱۰)، تغییرات فضایی و زمانی AOD و روابط متقابل میان هواویژه ها با چهار پارامتر ابر (یعنی بخار آب (WV)، نسبت ابر (CF)، دمای بالای ابر (CTT) و فشار بالای ابر (CTP)) را در هشت شهر مورد بررسی قرار دادند. نتایج همبستگی مثبت و شدیدی بین AOD و WV برای هر هشت شهر بررسی شده نشان داد. همبستگی بین AOD و CF برای شهرهایی که عمدتاً مرطوب بودند مثبت بود، اما برای آن دسته از شهرهایی که نسبتاً خشک بودند و دارای فراوانی آیروسل کمی بودند، منفی بود. این همبستگی‌ها به وضوح به شرایط هواشناسی برای هر هشت شهر بررسی شده بستگی داشت. و در نهایت در مناطق شمالی پاکستان همبستگی بین AOD با CTP و CTT مثبت و در مناطق جنوبی منفی نشان داده شد. اسماعیلی و همکاران (Esmaili, et al, ۲۰۰۶)، در پژوهشی منابع گردوغبار در کشور ایران را با تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌ی TOMS[2] بررسی نمودند. تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که منابع غالب گردوغبار عمدتاً معدنی و در مجاورت دریاچه‌های نمک / خشک یا حوضه‌های بزرگ داخلی واقع شده‌اند که منابع بسیار مستعد گرد و غبار در نظر گرفته می‌شوند. رضایی و همکاران (Rezaie et al, ۲۰۱۸)، تنوع فضایی و زمانی ویژگی هواویزه‌ها ایران را در بازه زمانی (۲۰۰۵-۲۰۱۵) مطالعه نمودند بدین بمنظور از

۱ - Haboobs
۲ - Total Ozone Mapping Spectrometer

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

داده‌های AOD[۱] ، شاخص هواویزه (AI[۲]) و توان آنگستروم[۳] (AE) استفاده نموده‌اند. نتایج آنها نشان داد که بالاترین غلظت مقادیر AOD و AI (نشان دهنده خوشه بسیار زیاد) در مناطق جنوب‌غربی و شرقی ایران مشاهده شد، این در حالی است که کمترین غلظت این متغیرها (نشان دهنده خوشه کم کم) در مناطق کوهستانی و مرتفع مشاهده شده است. بر اساس شاخص AE کشور ایران ب لحاظ اندازه ذرات هواویزه به سه منطقه مجزا با هواویزه‌های ریز، ترکیبی و درشت تقسیم شد. و عمدتاً بیشینه / کمینه هواویزه‌های ریز در طول فصل پاییز / بهار مشاهده می‌گردد. حلمی و همکاران (۱۳۹۴)، تعداد روزهای گردوغباری ایران را در دو دوره قبل و بعد از سال ۲۰۰۵، در دو فصل بهار و تابستان و کل سال مطالعه کردند. بررسی‌ها حاکی از افزایش نگران‌کننده تعداد روزهای گردوغباری به‌ویژه در غرب، جنوب غربی و جنوب شرقی است به طوری که در ایستگاه بندرلنگه تعداد روزهای گردوغباری به ۱۰۰ روز می‌رسد و تعداد روزهای گردوغباری دوره بعد از سال ۲۰۰۵ نسبت به قبل از دوره ۲۰۰۵ افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. تحلیل آماری و همدیدی گردوغبار در غرب ایران توسط عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد. نتایج بررسی نشان می‌دهد که بیشینه روزهای گردوغباری در ماه‌های می، ژوئن و ژوئیه و کمینه آن در ماه‌های دسامبر و ژانویه است. همچنین بیشینه رخداد گردوغبار در ساعات بعدازظهر به وقت محلی و کمینه آن در ساعت ۳/۵ صبح به وقت محلی است. همچنین تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های جوی شرق سوریه، عراق و بیابان‌های عربستان را به‌عنوان چشمه‌های گردوغباری شناسایی نموده‌اند. امیدی (۱۳۹۰) طوفان‌های گردوغبار در جنوب و مرکز استان فارس را طی دوره آماری ۱۹۹۲-۲۰۰۸ موردمطالعه قرار داده است پس از بررسی و ترسیم نقشه‌های امگا و نقشه فراز دریا ۵ مورد از شدیدترین طوفان‌ها در بازه زمانی مشخص شد که بیشینه روزهای گردوغباری در ایستگاه‌های جنوب و مرکز استان در دوره گرم سال اتفاق می‌افتد و بیشینه روزهای گردوغباری مربوط به ماه تیر است. حسینی صدیق و همکاران (۱۳۹۴)، با استفاده از نقشه‌های فشار سطح دریا، تراز ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و تصاویر سنجنده مودیس اقدام به شناسایی کانون اصلی گردوغبار ۱۳ تا ۱۶ مارس ۲۰۱۲ با شاخص NDDI[۴] نمودند نتایج حاکی از انتقال گرد و غبار از مناطق فرا محلی یعنی شمال‌شرق عربستان است. میری و همکاران (۱۳۹۶)، بررسی تغییرات زمانی و مکانی گردوغبار شرق استان خراسان را با بکارگیری شاخص‌های UVAI، AAOD وAOD مورد ارزیابی قرار داند و نتیجه آنها بیانگر روند صعودی شاخص‌های مورد استفاده طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۸ بود. خسروی و مهدی‌نسب (۱۳۹۲)، در حوضه کشگان، تحلیل زمانی و فضایی رویداد گردوغبار را بررسی نمودند در این مطالعه روز گردوغباری را روزی در نظر گرفتند که در ایستگاه‌های سینوپتیکی طی شبانه‌روز حداقل یک‌بار گردوغبار گزارش شود. نتایج بررسی‌ها نشان داد که بیشترین روزهای گردوغباری در دوره گرم سال (۸۰/۸۷ درصد) به وقوع می‌پیوندد و تنها ۱۹/۱۳ درصد رویدادهای گرد و غباری متعلق به دوره سرد سال است. همچنین روند گردوغبار، روندی صعودی را نشان می‌دهد به‌نحوی‌که سالیانه ۴/۹ روز، به‌روزهای گردوغباری افزوده می‌شود. خسروانی و همکاران (۱۳۹۶)، با بهره‌گیری از کدهای هوای حاضر و داده‌های مادیس به بررسی گرد و غبار در استان ایلام پرداخت و نتیجه گرفتند که نواحی غربی استان ایلام دارای گرد و غبار شدید می‌باشد. فاضلی کیا و چینی پرداز (۱۳۹۳)، علت وقوع طوفان‌های گردوغبار را بررسی نموده‌اند و همچنین راهکارهایی مانند

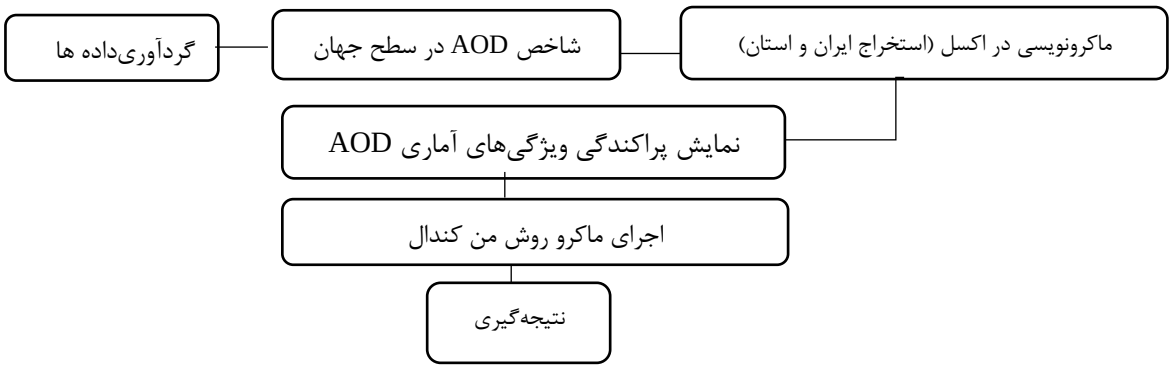
۱ - Aerosol optical depth (AOD)
۲ - Aerosol Index
۳ - Angstrom Exponent
۴- Normalized Difference Dust Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

شناسایی منشأ دقیق گردوغبار، ایجاد بادشکن‌ها و استفاده از مالچ سنگریزه‌ای برای کاهش طوفان‌های گردوغبار ارائه داده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد با استفاده از محصولات و داده‌های سنجش از دور به کرات برای پایش و ارزیابی مقدار هواویزه‌ها استفاده شده است. اما کمتر مطالعه‌ای بر تغییرات زمانی-مکانی پیکسل مبنای آن پرداخته است. ضمن این نگارندگان تلاش داشته‌اند با توجه به اینکه استان سیستان و بلوچستان به طور مستقیم از بادهای سیستان متأثر بوده و منبع اصلی گرد و غبار این منطقه است؛ بنابراین به طور ویژه بر روی پراکندگی این شاخص و تغییرات آن در استان سیستان و بلوچستان متمرکز شده‌اند. بر این اساس موضوع این پژوهش، تحلیل زمانی- فضایی و روند تغییرات غلظت هواویزه در استان سیستان و بلوچستان می‌باشد و درنهایت با بهره‌گیری از روش ناپارامتریک من–کندال روند تغییرات در ماه‌های ژوئن، جولای و اوت در سری زمانی ۲۰۱۸ – ۲۰۰۰ مورد واکاوی قرار گرفت.

داده‌ها و روش کار

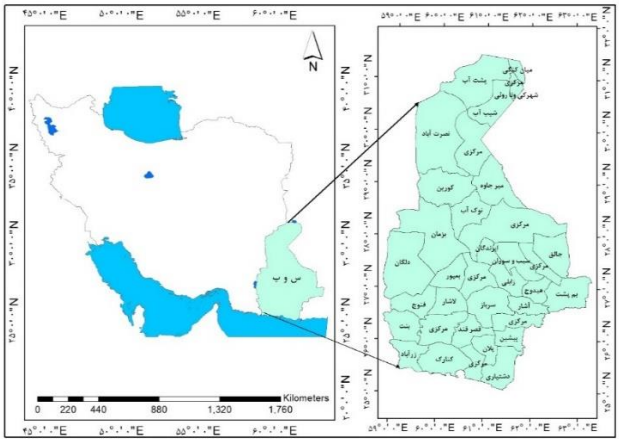
شاخص‌ها مختلفی همچون شاخص UVAI[۱]، شاخص NDDI، شاخص AAOD[۲] و شاخص AOT[۳] یا AOD برای مطالعه گرد و غبار وجود دارند. در این پژوهش از داده‌های شاخص AOD محصولات سنجنده مودیس، ماهواره آکّوا و تِرآ (MODAL۲_M_AER_OD) با دقت مکانی ۱۰×۱۰ کیلومتر از تارنمای https: / / neo.sci.gsfc.nasa.gov استفاده شده است، داده‌های گرفته شده به فرمت و چیدمان لازم با بهره‌گیری از ماکرو نویسی اکسل برای منطقه مورد مطالعه تهیه شدند. هدف اصلی این مطالعه تحلیل تغییرات فضایی زمانی متغیر AOD در گستره استان سیستان و بلوچستان است (شکل ۱). لذا قبل از ورود به مبحث تغییرات زمانی و مکانی اقدام به تهیه نقشه ویژگی‌های کمی شاخصAOD شامل کمینه و بیشینه و متوسط آن گردید سپس روند تغییرات زمانی و مکانی آن در سطح معناداری ۹۵ و ۹۹ درصد با بهره‌گیری از روش ناپارامتریک من -کندال انجام گردید. بر پایه مطالعات پیشین (خسروی، ۱۳۸۹؛ مفیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ حمیدیان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵) مشخص شده است که بیشینه فراوانی و شدت باد در منطقه مورد مطالعه در دوره گرم سال است، لذا پژوهش حاضر، فقط شامل ماه‌های گرم سال یعنی ماه ژوئن، جولای و اوت طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۸ می‌شود.



شکل ۱. فلوچارت مراحل انجام پژوهش

[۱]- Ulterviolet Aerosol Index
[۲]- Aerosol Absorption Optical Depth
[۳] -Aerosol Optical Thickness

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]



شکل ۲. نقشه موقعیت استان سیستان و بلوچستان و بخش‌های آن در سطح کشور

- **آزمون من-کندال**

آزمون من-کندال یکی از آزمون‌های ناپارامتریک می‌باشـد که از آن برای تعیین هر روند یا جهش ناگهانی در رفتار یک سری زمانی استفاده می‌گردد (Sueyers, ۱۱۱۹۹۰). ویژگی این روش در این است که سری زمانی نیاز به تبعیت از توزیع نرمال ندارند و همچنین مزیت دیگر این آزمون، عدم حساسـیت به جهش‌های ناگهانی در اثر ناهمگنی سـری زمانی است (Jaagus, ۲۰۰٦؛ حمیدیان‌پور، ۱۳۹۴).

رابطه ۱): $Ti = \sum_{i=1}^{n} ni$

در شرایطی که در تابع توزیع فرض صفر حاکم باشد از لحاظ مجانبی با میانگین واریانس برابر است.

رابطه۲): $E(ti) = \frac{n(n-1)}{4}$

واریانس آن برابر با:

رابطه۳): $Var(ti) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$

در این آزمون وجود روند در شکل دوطرفه آن صحیح بوده و ازاین‌رو فرض صفر برای مقادیر بالای ا u (t i) ا رد می‌گردد و u (ti) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

رابطه ۴): $U(t_i) = \frac{[ti - E(ti)]}{\sqrt{var(ti)}}$

زمانی مقادیر u (ti) معنی‌دار است که در آن روند افزایشی یا کاهشی مشاهده شود و بستگی به این دارد که مقدار آن بزرگ‌تر از صفر ۰u (ti)> یا کوچک‌تر از صفر ۰> u (ti) باشد همچنین برای تعیین زمان تغییر لازم است علاوه بر u (ti)، مؤلفه u (t´i) از رابطه زیر محاسبه شود:

رابطه۵): $(t') = \sum_{i=1}^{n} ni$

دیگر مؤلفه موردنیاز مقدار u´ است که عکس معادله u می‌باشد:

رابطه ۶) : $u'_i = -u(t'_i)$

برحسـب آزمون من-کندال، اگر خطوط در محدوده بحرانی (±۱/۹۶) همدیگر را قطع کنند بیانگر زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صـورتی در خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع نمایند نشـانگر وجود روند در سـری زمانی می‌باشـد (Sueyers,۱۹۹۰).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

- **شاخص عمق نوری هواویزه (AOD)**

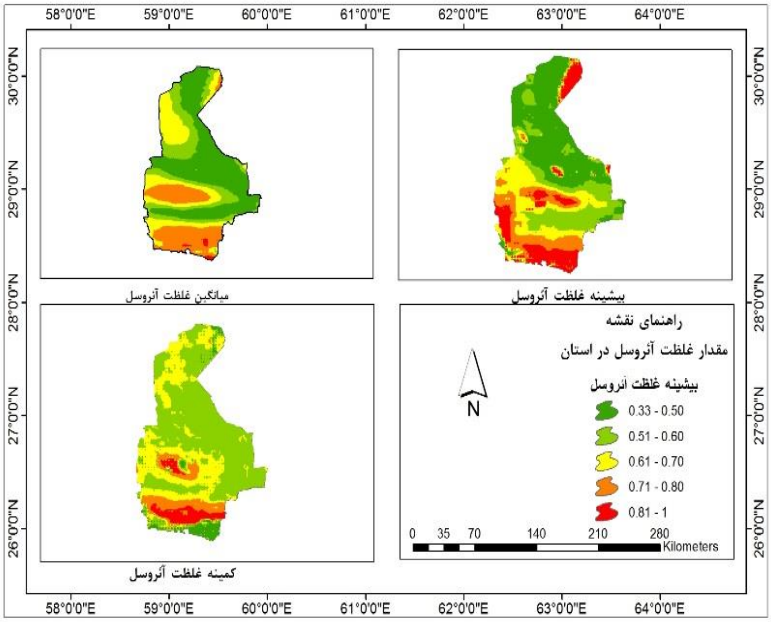
عمق نوری هواویزه اشاره به میزان تمایل آیروسل‌ها برای دفع و جلوگیری از انتقال امواج تابشی (جلوگیری از ورود نور) به سطح زمین توسط آیروسل‌ها دارد و به AOD یا AOT مصطلح است. شاخص AOD (شاخص اندازه‌گیری عمق اپتیکی آیروسل) یک معیار برای تعیین میزان شفافیت جو بوده که نشان‌دهنده میزان عدم ورود تابش خورشید یا میرایی آن به واسطه‌ی جذب و پراکنش برآمده از ذرات معلق موجود در جو است. در واقع عمق اپتیکی بیانگر شدت و میزان ذرات معلق موجود در جو (ذراتی مانند غبارهای شهری، دود و گردوغبارهای برخاسته از بیابان‌ها) در ستونی از هوا است که در حدفاصل سطح زمین تا بالای اتمسفر قرارگرفته است. مبنای عمق اپتیکی اتمسفر میزان پخش و جذبی است که توسط آیروسل‌ها در اتمسفر ایجاد می‌شود. عمق اپتیکی هواویزه به عنوان یک فاکتور بدون بعد شناخته می‌شود که نشان‌دهنده میزان تراکم آیروسل‌ها در جو زمین بوده که می‌تواند برای برآورد اندازه ذرات و اندازه‌گیری طول مسیری که امواج در اتمسفر طی کرده‌اند مورداستفاده قرار گیرد. این فاکتور معمولاً در راستای یک مسیر عمودی اندازه‌گیری می‌شود. بر پایه این واقعیت، ضخامت نوری کمتر از ۰/۱ (گل زرد مایل به گل) نشان‌دهنده یک آسمان شفاف با حداکثر دید، درحالی‌که مقدار ۱ (قهوه‌ای مایل به قرمز) نشان‌دهنده که شرایط بسیار ضعیف با حداقل دید است (Ma, ۲۰۱٦).

- **توزیع فضایی آیروسل**

شکل ۳ نمایش‌دهنده مشخصه‌های آماری شامل میانگین، بیشینه و کمینه‌ی بلندمدت شاخص AOD برای گستره استان سیستان و بلوچستان است. بر پایه این شکل و به‌طور دقیق‌تر نقشه میانگین غلظت هواویزه سه منطقه‌ی مجزا در استان سیستان و بلوچستان با مقدار بیشتر از ۰/۶ قابل‌مشاهده است. این مناطق شامل حاشیه شمال‌شرق منطقه همچون شهر زابل و زهک می‌گردد. این منطقه از جمله مناطق بادخیز منطقه است (مسعودیان، ۱۳۸۷). درواقع وزش باد سیستان یکی از مشخصه‌های شبه دائمی منطقه محسوب می‌گردد به‌طوری‌که بیش از نیمی از سال (دوره‌ی گرم سال) متأثر از این باد است. با توجه به فقر نم نسبی و پوشش گیاهی و همچنین خشکسالی‌های سال‌های اخیر و کاهش سطح آب‌های هامون می‌توان به منبع اصلی گردوغبار و تأمین ذرات هواویزه اشاره نمود. دومین منطقه مربوط به منطقه دشت جازموریان در حاشیه غربی منطقه می‌باشد. دریاچه جازموریان نیز یکی از دریاچه‌های خشک‌شده این استان است، بنابراین پتانسیل ایجاد ریزگردها به دلیل خشک شدن بستر دریاچه می‌باشد. سومین منطقه شامل نواحی ساحلی استان است که در این منطقه نیز می‌توان به بسترهای محلی تولید هواویزه مانند نواحی بیابانی زرآباد اشاره داشت. به لحاظ ویژگی آماری بیشینه هواویزه همان سه منطقه محدود تایید می‌گردند. با این تفاوت که علاوه بر محدوده‌های مذکور می‌توان به لکه‌های هواویزه به‌صورت کاملاً محلی نیز اشاره داشت. ازجمله این نقاط می‌توان به بیشینه شاخص AOD در نزدیکی روستاهای رو تک، مک‌سوخته (۵۰ کیلومتری شمال شهر جالق)، حوالی شهر خاش و نوک‌آباد، و روستای شورو در ۱۰۰ کیلومتری شمال‌غربی شهر خاش اشاره داشت. همان‌طور ملاحظه می‌گردد مقدار بیشینه گردوغبار در این منطقه بیشتر از ۰/۸ محاسبه‌شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]



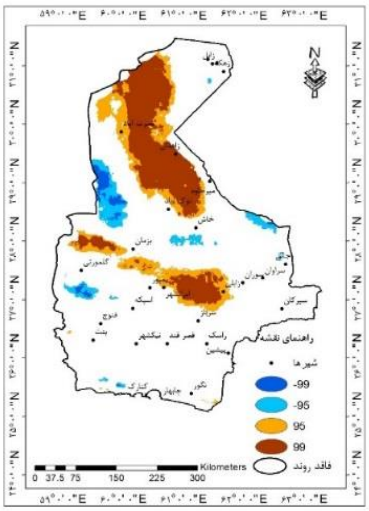
شکل ۳. نقشه کمینه، میانگین و بیشینه مقدار غلظت هواویزه در تابستان دوره آماری ۲۰۱۸-۲۰۰۰ در استان سیستان و بلوچستان

- **تغییرات فضایی – زمانی شاخص AOD**

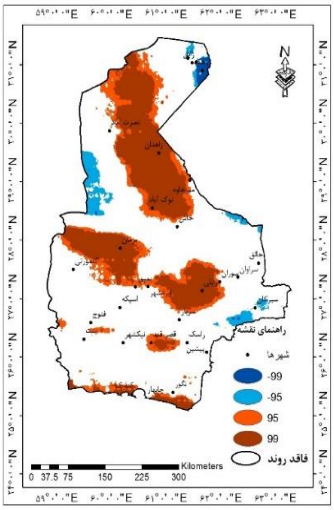
داده‌های مورد استفاده در این پژوهش به‌صورت شبکه‌ای می‌باشد؛ بنابراین هر نقطه به صورت کاملاً مجزا در نظر گرفته شده است و برای آن نقطه در طول دوره آماری مورد مطالعه سری زمانی از مقدار AOD تشکیل گردید. سپس به منظور بررسی تغییرات فضایی- زمانی شاخص AOD از روش ناپارامتریک من کندال به‌صورت پیکسل مبنا بهره گرفته شد. تغییرات فوق در دو سطح معنی‌داری ۹۹ و ۹۵ درصد نیز مورد ارزیابی آماری قرار گرفت. در سطح استان هم روند منفی و هم مثبت در هر سه ماه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد. روند افزایشی بدین معنی است که میزان آلاینده‌هایی که منجر به کاهش عمق اپتیکی نور یا به بیانی میرایی و پخش نور می‌شوند افزایش‌یافته است و روند کاهشی عکس آن را نمایش می‌دهد یعنی میزان غلظت هواویزه‌ها در آن مناطق دارای رفتاری کاهشی است. بر پایه شکل ۴، ۵ و ۶ می‌توان به چند نکته اشاره داشت. اولاً روند افزایشی و همچنین روند کاهشی در سرتاسر استان قابل‌مشاهده است. از دید مکانی، موقعیت‌های نسبتاً یکسانی در هر سه ماه دارای روندی افزایشی یا کاهشی هستند. به بیانی در هر سه ماه پیکسل‌های که دارای روند مثبت یا منفی هستند دارای رفتاری نسبتاً مشابه می‌باشد. البته باید یادآور شد که تا حدودی جابجایی‌های مکانی ملاحظه می‌شود. دوماً بیشترین تغییرات زمانی چه به لحاظ شدت و چه به لحاظ مکانی متعلق به ماه جولای است به بیانی دیگر در یک نگاه کلی در ماه جولای پیکسل‌های که دارای روند مثبت میزان غلظت هواویزه‌ها هستند نسبت به دو ماه ژوئن و آگوست بیشتر است. به عنوان نمونه در ماه ژوئن و اوت شهرهای بزمان، گلمورتی و بمپور در حاشیه شرق مرکزی استان سیستان و بلوچستان فاقد روند میزان غلظت هواویزه می‌باشد. این در حالی است که روند این نقاط در ماه جولای دارای رفتاری افزایشی می‌باشد. سوماً فراوانی پیکسل‌های که دارای روند افزایشی نسبت به پیکسل‌های که دارای رفتار کاهشی هستند بیشتر است. این بدین معنی است که گستره بیشتری از استان با روند افزایشی غلظت هواویزه‌ها روبرو است. در واقع این موضوع را می‌توان به خشک شدن دریاچه جازموریان بی ارتباط ندانست.

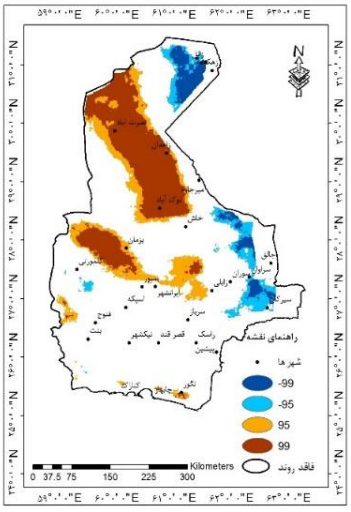
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

از دید جغرافیایی مکان‌های که دارای روند افزایشی یا کاهشی هستند عبارتند از: یک منطقه تقریباً از شمال شهر خاش شروع و تقریباً تا نواحی شمالی استان کشیده شده است. دومین منطقه همراه با فاز افزایشی در حوالی شهر ایرانشهر و همچنین هامون جازموریان قابل بحث است. نقاط همراه با رفتار منفی گردوغبار به‌صورت مناطق با پوشش کم و لکه‌ای است. همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد رفتار روند تغییرات شاخص AOD در ماه‌های مختلف تقریباً رفتاری یکسان دارد ولی باید اشاره داشت که گستره مکان‌های همراه با روند افزایش در ماه جولای بسیار بیشتر است. علاوه بر مناطق قبل و گسترده‌تر شدن آن می‌توان به مکان‌های دیگر همچون شهر زابلی، قصرقند، نیک شهر و سواحل دریای عمان نیز افزود.



شکل ۴. روند تغییرات غلظت هواویزه در ماه ژوئن



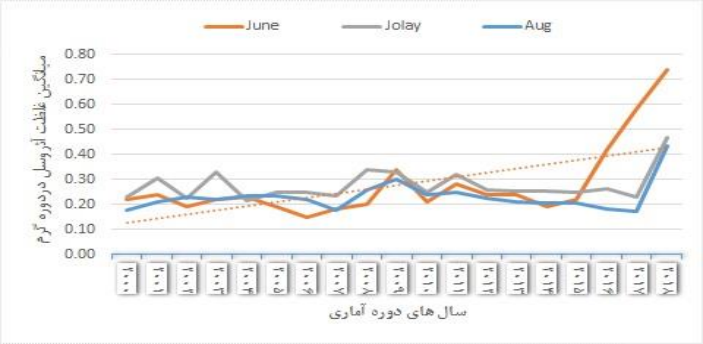


شکل ۵. روند تغییرات غلظت هواویزه در ماه جولای **شکل ۶. روند تغییرات غلظت هواویزه در ماه اوت**

به منظور تبیین بهتر موضوع و همچنین یک نگاه اجمالی و اقلیم‌شناختی از وضعیت روند شاخص AOD در این مطالعه، نمودار متوسط شاخص به تفکیک هر سه ماه در سطح استان ترسیم گردید. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد که خط روند موجود شیبی ملایم و افزایشی را نشان می‌دهد. البته نیاز به توضیح است که شکل مذکور بر پایه کلیه پیکسل‌های منطقه محاسبه و ترسیم شده است که یقیناً متأثر از مقادیر حدی داده‌ها قرار می‌گیرد ولی با این وجود روند

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

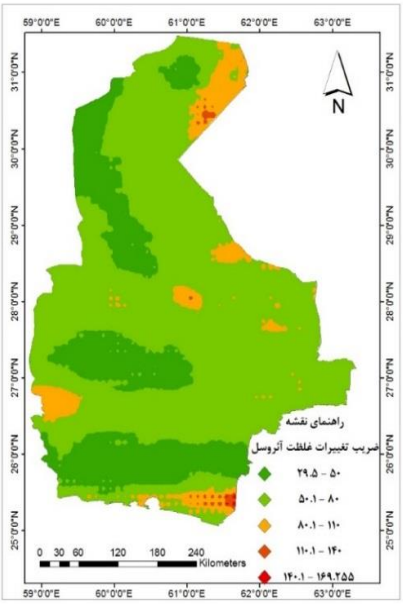
را به صورت افزایشی ولی با شیب ملایم نمایش می‌دهد که اگر به‌صورت نقطه‌ای یا منطقه‌ای ترسیم گردد خط روند بسیار شدیدتر از این شرایط است. یکی از مواردی که می‌بایست به آن اشاره داشت میزان افزایش در سال‌های اخیر است. به‌واقع در هر سه ماه میزان شیب‌خط داده‌های شاخص از سال ۲۰۱۵ به بعد از روندی سریع‌تر برخوردار است. کمترین میزان شاخص هواویزه مربوط به سال ۲۰۰۶ است.



شکل ۷. نمودار میانگین روند تغییرات غلظت هواویزه در ماه ژوئن، جولای و اوت استان سیستان و بلوچستان (دوره آماری ۲۰۰۰ – ۲۰۱۸)

- **ضریب تغییرات غلظت هواویزه**

بر پایه شکل ۸ مقدار ضریب تغییرات غلظت هواویزه به‌صورت کانون‌های جزیره‌ای و کانون‌های همگن در منطقه هستند کانون‌های همگن در زابل، هامون، هیرمند، زهک و حوزه جازموریان فعال هستند ولی کانون‌های جزیره‌ای بیشتر در مرکز استان در ایرندگان و میرجاوه فعالیت دارند بنابراین مقدار ضریب تغییرات تراکم غلظت گردوغبار در استان در نواحی زابل، زهک، هامون، هیرمند، حوزه جازموریان و پلان چابهار شدت بالایی دارد است ولی در نواحی سرباز، کورین و ایرانشهر تغییراتی کمتری دارد. مقدار غلظت گردوغبار مقداری عددی بین ۰ تا ۱ است که عدد نزدیک ۱ به نشان‌دهنده غلظت زیاد و شرایط بحرانی در منطقه است اما عدد نزدیک به صفر نشانگر شرایط مطلوب‌تر و غلظت پایین‌تر است



شکل ۸. نقشه ضریب تغییرپذیری غلظت هواویزه در تابستان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

نتیجه‌گیری

پژوهش اخیر با هدف تحلیل فضایی شاخص عمق نوری هواویزه انجام شد. بر پایه یافته‌های این پژوهش آشکار گردند که بیشینه میزان این شاخص منطبق است با مناطق بادخیز و همچنین مناطقی که همراه با تخریب سرزمین بیشتر هستند. به‌گونه‌ای که نقطه‌ی بیشینه این شاخص در سه محدوده قابل مشاهده بود. این محدوده‌ها شامل ۱- شمال‌شرق استان یعنی زابل که منطبق با باد سیستان است ۲- حواشی غربی استان پیرامون گودال جازمویان؛ این منطقه به دلیل افزایش جمعیت، افزایش نیاز آبی، سد سازی (مانند سد جیرفت بر روی هلیل رود) و همچنین خشکسالی‌های سال‌های اخیر تقریباً می‌توان بیان داشت تغییر کاربری از تالاب به یک بستر خشک داده است. البته در برخی از موارد بستر این تالاب تبدیل به زمین‌های کشاورزی شده است که این خود بر ناپایداری محیط و آماده شدن این بستر شخم خورده برای تولید ریزگردها شده است (اسکندری دامنه، ۱۳۹۷). سومین منطقه نیز مرتبط است به مناطق ساحلی منطقه که این مناطق نیز مانند تپه‌های ماسه‌ای منطقه زرآباد خود پتانسیل ایجاد هواویزه را دارند. خسروی و همکاران (۱۳۹۴) و پیروز زاده و همکاران (۱۳۹۸) نقش طوفان‌های دریایی را در تغییرات فضایی-زمانی تپه‌های ماسه‌ای ساحلی منطقه زرآباد و پیشرفت آتی این کانون‌های بحران را بررسی نموده‌اند لذا تمرکز غلظت هواویزه در این مناطق با دلایل منطقی می‌تواند با توجه به شرایط محیطی تبیین گردد.

این مطالعه دارای دو بخش اساسی است که بخش دوم آن تحلیل فضایی تغییرات زمانی و مکانی غلظت هواویزه است که در دو سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد برای سه ماه دوره گرم سال (ژوئن، جولای و اوت) نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در این بخش نشان داد اولاً مساحتی زیادی از استان دارای روند معنی‌داری افزایشی غلظت گردوغبار می‌باشند و این به معنی زنگ خطری برای مناطق مسکونی منطقه است. دوماً بیشترین تغییرات افزایشی متعلق به ماه جولای (اوج دوره گرم سال) است. با توجه به نوع اقلیم منطقه یعنی بیابانی و یا خشک و گرم چنین نتیجه‌ای قابل‌لمس می‌باشد. چراکه گردوغبار ارتباط مستقیمی با دما دارد. و هرقدر زمین‌های مستعد گردوغبار خشک‌تر باشند ،گردوغبار نیز بیشتر خواهد شد. ازجمله مناطقی که دارای روند افزایش غلظت گردوغبار هستند می‌توان به منطقه شمالی استان از نزدیکی شهر خاش تا نزدیکی شهر نصرت‌آباد اشاره داشت. دومین منطقه منطبق است با چاله جازموریان و درنهایت سومین منطقه مرتبط با نواحی ساحلی استان است. به‌عنوان یکی دیگر از نتایج می‌توان به سری زمانی متوسط منطقه‌ای غلظت گردوغبار اشاره داشت. نتایج حاصل از این سری زمانی نشان داد که میزان غلظت هواویزه در حال افزایش است و میزان این افزایش در سال‌های اخیر به‌مراتب نسبت به سال‌های اولیه سری زمانی بیشتر می‌باشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

منابع

اسکندری دامنه حامد؛ غلامرضا زهتابیان؛ علی سلاجقه؛ مهدی قربانی و حسن خسروی. ۱۳۹۷. تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی حوضه غرب تالاب جازموریان. *فصلنامه مرتع و آبخیزداری*. **۷۱**: ۵۷۸-۵۶۳.

امیدی، زهرا (۱۳۹۰). بررسی و تحلیل توفان‌های گردوغبار در جنوب و مرکز استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، استاد راهنما: کمال امیدوار، استاد مشاور: غلامعلی مظفری، آذر ۱۳۹۰.

بنی حبیب، محمدابراهیم؛ سجاد نجفی مرغملکی و محسن محمدرضا پور طبری. ۱۳۹۵. بررسی عوامل بروز گردوغبار در غرب و جنوب کشور با تمرکز بر دلایل خشک شدن تالاب هورالعظیم و ارائه راهکارهایی برای احیاء آن، *ششمین کنفرانس ملی منابع آب ایران با رویکرد: پیوند اکولوژیکی با چرخه آب برای پایداری سرزمین*. ۳-۱ اردیبهشت ۱۳۹۵، دانشگاه کردستان.

پیروز زاده، سلیمان؛ محمود خسروی و صمد فتوحی.۱۳۹۸. پیش‌بینی تغییرات فضایی – زمانی تپه‌های ماسه‌ای برآمده از طوفان‌های دریایی (مطالعه موردی: سواحل مکران)، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. **۱۹**: ۷۵-۵۷.

تقوی، فرحناز؛ الهه اولاد؛ طاهر صفرراد و پرویز ایران نژاد. ۱۳۹۲. تشخیص و پایش توفان گردوغبار غرب ایران با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور، *فیزیک زمین و فضا*، **۳۹**: ۸۳-۹۶.

حسن فتحی زاد؛ حاجی کریمی و مهدی تازه. ۱۳۹۳. بررسی الگوریتم‌های مختلف زمین‌آماری جهت پهنه‌بندی بارش سالیانه استان ایلام. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۳۵**: ۱۳۹-۱۵۴.

حسینی صدیق، سید محمود؛ صدیقه بشیری و زهرا باقری. ۱۳۹۴. بررسی آماری سینوپتیکی منشأ گردوغبار ۱۳ تا ۱۶ مارس ۲۰۱۲ منطقه غرب و جنوب غربی ایران با استفاده سنجنده مودیس، *اولین همایش ملی رویکردهای نوین در برنامه‌ریزی و توسعه پایدار منطقه‌ای دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت*. آبان ۱۳۹۴.

حلمی جدید، مهدی؛ جلیل هلالی و آذر ساریخانی. ۱۳۹۴. تغییرات فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در گستره ایران، دومین کنگره بین‌المللی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ تهران.

حمیدیان‌پور، محسن؛ عباس مفیدی و محمد سلیقه. ۱۳۹۵. ماهیت و ساختار باد سیستان. *مجله ژئوفیزیک ایران*، **۱۰**: ۸۳-۱۰۹

حمیدیان‌پور، محسن. ۱۳۹۴. تحلیل تغییرات فضایی زمانی تداوم بارش در ایران. *پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم*، تهران ۶-۵ بهمن ۱۳۹۴.

خسروانی، فرهاد؛ غزاله مددی و علی اسدی. ۱۳۹۶. برآورد میزان گردوغبار در حفاظت محیط‌زیست با استفاده از سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: استان ایلام)، *هفتمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار*، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، موسسه آموزشی عالی مهراوند، ۱۳۹۶.

خسروی، محمود ۱۳۸۹. بررسی توزیع عمودی گردوغبار برآمده از طوفان در خاورمیانه با استفاده از مدل *NAAPS* در منطقه سیستان. *چهارمین کنفرانس بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام*. ایران، زاهدان ۲۵ -۲۷ فروردین.

خسروی محمود؛ صمد فتوحی و سلیمان پیروزاده.۱۳۹۴. بررسی تغییرات زمانی - مکانی تپه‌های ساحلی ماسه‌ای با استفاده از سنجش‌ازدور *(RS)* مورد مطالعه: منطقه غرب زرآباد، *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **۲**: ۱۴-۱

خسروی، محمود و مهدی مهدی نسب. ۱۳۹۲. تحلیل زمانی و مکانی گردوغبار حوضه کشکان، *اولین همایش بین‌المللی ریزگردها، مدیریت عوامل و پدیده‌ها*، دانشگاه لرستان ۲۴ الی ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۲.

رئیس پور، کوهزاد. ۱۳۸۷. *تحلیل آماری و همدیدی پدیده‌ی گردوغبار در استان خوزستان*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته‌ی اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، استاد راهنما دکتر تقی طاوسی، استاد مشاور دکتر محمود خسروی.

عبدالملکی، مرتضی. ۱۳۹۲. *بررسی همدیدی طوفان‌های گردوغبار سنوات اخیر غرب و شمال غرب کشور ایران*، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته آب و هواشناسی گرایش سینوپتیک، استاد راهنما دکتر سید حسین موسوی، دانشگاه زنجان.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

عزیزی، قاسم، علی‌اکبر شمسی‌پور، مرتضی میری و طاهر راد (۱۳۹۱). تحلیل آماری و همدید گردوغبار در نیمه غربی ایران، دوره ۳۸، ش ۳، ص ۱۲۳-۱۳۴.

فاضلی کیا، سمیه و فروغ چینی پرداز. ۱۳۹۳. بررسی علت وقوع طوفان‌های گردوغبار و راهکارهای مقابله با آن، *همایش ملی توسعه پایدار منابع طبیعی تجدیدشونده*، همدان ۲۴ مهرماه ۱۳۹۳.

فرج زاده، منوچهر و نعمت‌الله کریمی. ۱۳۹۲. *مبانی هواشناسی ماهواره‌ای*، انتشارات سمت، چاپ اول، پاییز، تهران. ص ۲۲۴.

مفیدی، عباس؛ محسن حمیدیان پور؛ محمد سلیقه و بهلول علیجانی. ۱۳۹۲. تغییرات زمان آغاز، خاتمه و طول مدت وزش باد سیستان با بهره‌گیری از روش‌های تخمین نقطه تغییر، *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۸**: ۱۱۲-۸۷.

مسعودیان، سیدابوالفضل و محمد رضا کاویانی ۱۳۸۷. *اقلیم‌شناسی ایران*. انتشارات دانشگاه اصفهان. اصفهان.

میری، پروین؛ راشکی علیرضا و سپهر عادل. ۱۳۹۶. بررسی تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های گردوغبار در شرق خراسان بر پایه داده‌های ماهواره‌ای. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. **۲۳**: ۲۰-۱

Alam, k., Iqbal, M.J., Blaschke, T., Qureshi, S., Khan, G., ۲۰۱۰. Monitoring spatio-temporal variations in aerosols and aerosol–cloud interactions over Pakistan using MODIS data. *Advances in Space Research*. *٤٦(٩):١١٦٢-١١٧٦. doi.org/١٠,١٠١٦/j.asr.* ٢٠١٠,٠٦,٠٢٥

Beegum, N., Gherboudi, I., Chaouch, N., Temimi, M., Ghedira, H., ۲۰۱۸. Simulation and analysis of synoptic scale dust storms over the Arabian Peninsula. *Atmospheric Research*. **۱۹۹**: ٦٢-٨١. doi.org/١٠,١٠١٦/j.atmosres.٢٠١٧,٠٩,٠٠٣

Esmaili, O., Tajrishy, M., & Arasteh, P. D. ۲۰۰٦. Evaluation of dust sources in Iran through remote sensing and synoptical analysis. *In Atlantic Europe conference on remote imaging and, spectroscopy* (pp. ١٣٦-٤٣).

Goudie, A.S., and N.J. Middleton. ۲۰۰٦. *Desert dust in the global system*. ۲۰۰٦ edition .Springer. Pp. ٢٨٧.

Indoitu, R., L. Orlovsky, and N. Orlovsky. ۲۰۰۹. Dust storms in Middle Asia: spatial and temporal variations. *Ecosystems and Sustainable Development*. **۱۲۲**: ٣٥٣-٣٦٤. DOI ١٠,٢٤٩٥/ECO٠٩٠٣٣١

IRIMO. ۲۰۱۹. The climatic data, retrieved from Iranian meteorological organization website, https://data.irimo.ir/

Jaagus, J. ۲۰۰٦. Climatic changes in Estonia during the Second half of the ۲۰th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, **۸۳**: ٧٧-٨٨. DOI *١٠.١٠٠٧/٠٠٧٠٤-٠٠٥-٠١٦١-٠*

Kokhanovsky, A. A. ۲۰۰۸. Aerosol optics: Light absorption and scattering by particles in the atmosphere. *Springer press*, ۱۱۸ pages

Ma, Y., Z. Li, Z. Li, Y. Xie, Q. Fu, D. Li, ... and K. Li. ۲۰۱٦. Validation of MODIS aerosol optical depth retrieval over mountains in central China based on a sun-sky radiometer site of SONET. *Remote Sensing*, ٨: ١-١٤. DOI ١٠,٣٣٩٠/rs٨٠٢٠١١١.

NASA. ۲۰۱۹. The Satellite data, retrieved from United States of America National Aeronautics and Space Administration organization website, https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MODAL٢_M_AER_OD.

Orlovsky, L., Orlovsky, N., & Durdyev, A. (٢٠٠٥). Dust storms in Turkmenistan. *Journal of Arid Environments*, ٦٠(١), ٨٣-٩٧. doi.org/١٠,١٠١٦/j.jaridenv.٢٠٠٤,٠٢,٠٠٨

Rezaei, M., Farajzadeh, M., Ghavidel, Y., Alam, K. (٢٠١٨). Spatio-temporal variability of aerosol characteristics in Iran using remotely sensed datasets. *Pollution*, *4*(١), ٥٣-٦٧. doi: ١٠,٢٢٠٥٩/poll.٢٠١٧,٢٣٥٤٥٤,٢٨٦

Sueyers, R. ١٩٩٠. *On the Statistical Analysis of Series of Observation*. World Meteorological Organization (WMO), Geneva, Switzerland. Pp. ١٨٩.

Zarasvandi, A., E.J.M. Carranza, F. Moore, and F. Rastmanesh. ۲۰۱۱. Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of geochemical exploration*, ١١١: ١٣٨-١٥١. DOI ١٠,١٠١٦/j.gexplo.٢٠١١,٠٤,٠٠٤

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]

Zhao, T.X.P., S. Ackerman, and W. Guo. ۲۰۱۰. Dust and smoke detection for multi-channel imagers. *Remote Sensing*, ۲: ۲۳٤۷-۲۳٦۸. doi.org/۱۰,۳۳۹۰/rs۲۱۰۲۳٤۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.79]