نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸.
صفحات ۱۲۱ تا ۱۴۲

تحلیل آماری فراوانی وقوع گردوغبارهای استان یزد و الگوسازی آنها براساس عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی

عباسعلی ولی[1]، دانشیار گروه علوم مهندسی بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
سید حجت موسوی، استادیار گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
اسماعیل زمانی، کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، گروه علوم بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

دریافت مقاله :۱۳۹۷/۰۱/۲۶ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۰۵/۰۴

چکیده

گردوغبار به‌عنوان یکی‌از مخاطرات محیطی مناطق خشک و ازجمله ایران مرکزی باعث ایجاد معضلات زیست‌محیطی بسیار شده‌است که لزوم مطالعه و مدیریت بحران آن را در مجامع علمی و اجرایی تایید می‌کند. پژوهش حاضر سعی دارد تأثیرسنجی عناصر اقلیمی دما، بارش، رطوبت‌نسبی، تبخیروتعرق و همچنین پوشش گیاهی را بر فراوانی وقوع گردوغبارهای استان یزد در دوره ۵ ساله (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴) ارزیابی کند. لذا پس‌از تعیین ایستگاه‌های سینوپتیک، اقدام به استخراج داده‌های گردوغبار براساس کد پدیده‌های هوای حاضر و مقادیر عناصر اقلیمی نمود و در گام بعد مبادرت به پهنه‌بندی فضایی آنها ازطریق روش‌های زمین آمار کرد. سپس داده‌های نمایه EVI از تصاویر MODIS با رعایت اصل تطابق زمانی استخراج گردید. نهایتاً جهت تخمین احتمال وقوع گردوغبار، انواع روش‌های رگرسیون ساده و چندگانه برازش داده شد و مناسبترین روابط با ارزش رجحانی بالاتر گزارش گردید. نتایج نشان داد بیشترین رابطه معنی‌دار بین فراوانی کل گردوغبار با تبخیروتعرق و رطوبت‌نسبی با ضریب تبیین ۰/۹۷۳ و ۰/۶۱۴ و انحراف برآورد ۲۴/۱۰۴ و ۹۲/۴۷۷ در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد وجود دارد. همچنین حداکثر رابطه معنی‌دار گردوغبارهای خارجی با تبخیروتعرق و رطوبت نسبی با ضریب تبیین ۰/۹۶۸ و ۰/۶۲۱ و خطای برآورد ۰/۱۷۳ و ۷۵/۴۲۷ در سطح ۹۹ و ۹۵ مشاهده شد. گردوغبارهای داخلی با تبخیروتعرق و حداکثر دما با ضریب تبیین ۰/۷۷۰ و ۰/۳۷۱ و خطای برآورد ۱۵/۷۵۱ و ۰/۶۴۲ در سطح ۹۵ درصد رابطه معنی‌دار دارد. نتایج رابطه‌سنجی گردوغبارهای کل، خارج و داخلی با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی براساس روش اینتر حاکی‌از ارتباط معنی‌دار آنها به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۹۴، ۰/۹۸۵ و ۰/۹۵۶ و خطای برآورد ۱۸/۱۳۷۱۳، ۲۴/۵۵۵۵۱ و ۱۰/۴۹۹۸۹ در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد می‌باشد که نشان‌از عملکرد سیستماتیک عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی در وقوع گردوغبار است.

واژه های کلیدی: گردوغبار، عناصر اقلیمی، پوشش گیاهی، تحلیل رگرسیون، یزد.

[1] . نویسنده مسئول: Email:vali@kashanu.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

مقدمه

امروزه طوفان‌های گردوغبار یکی از بزرگترین مخاطرات محیط زیستی در نواحی مختلف جهان محسوب می‌شود که آسایش ساکنین کره زمین را به‌ویژه در مناطق خشک و کم‌بارش به‌خطر انداخته و به طور مستقیم سلامت بخش گسترده‌ای از جامعه بشری را متأثر ساخته است (رئیس پور، ۱۳۸۷). گردوغبار معادل ذرات معلق حاصل از فرایند فرسایش بادی است که با حمل ذرات با قطر کوچکتر از ۱۰۰ میکرون در مناطق خشک و نیمه خشک بوجود می‌آید و می‌تواند مسافت‌های بسیار طولانی را درنوردیده و حتی از مرز قاره‌ها نیز بگذرد (Pay, ۱۹۸۷). دلیل اصلی نگرش‌های اخیر در مورد طوفان‌های گردوغبار مربوط به تاثیر آن بر سیستم‌ها و خرده‌سیستم‌های کره زمین است (Goudie & Middleton, ۲۰۰۶; Goudie, ۲۰۰۹). بطوریکه گردوغبار می‌تواند با جذب و پراکنش انرژی خورشید بر دمای هوا (Kang et al., ۲۰۱۰)، تشکیل ابر (Arimito, ۲۰۰۱; Toon, ۲۰۰۳)، فعالیت‌های همرفتی (Wong & Desler, ۲۰۰۵)، غلظت دی‌اکسید کربن و گوگرد در اتمسفر (Ridgwell, ۲۰۰۳)، تغییر بیلان انرژی (Takmi & Sino, ۲۰۰۵)، چرخه‌های زمین‌شیمی و تکامل خاک (Yang et al., ۲۰۰۸) و بیابان‌زایی تأثیرگذار باشد. همچنین گردوغبار به واسطه غلظت و توزیع عمودی در اتمسفر می‌تواند به عنوان عامل تغییر اقلیم عمل کند (Xie et al., ۲۰۱۰). این امکان نیز وجود دارد که ترسیب مقادیر قابل توجهی ذرات گردوغبار روی سطوح برف و یخ باعث کاهش قدرت بازتابندگی شده و در اثر جذب نور خورشید دمای آنها افزایش یافته و نهایتاً ذوب سریع و زودهنگام برف و کاهش منابع آب را سبب می‌شود (اکرامی و همکاران، ۱۳۸۹). از مهمترین پیامدهای مستقیم طوفان‌های گردوغبار تأثیر مخرب آن بر سلامتی انسان است (An et al., ۲۰۱۱)، به‌طوری‌که جدا شدن گردوغبار از بسترهای خشک باعث انتقال ذرات ریز خاک، املاح و ترکیبات شیمیایی و ریزگردها به اتمسفر شده و نهایتاً باعث ایجاد اختلالات تنفسی و بیماری‌های عروقی و عفونی در انسان می‌شود (Bennion et al., ۲۰۰۷; Meng & Lu, ۲۰۰۷) و در مناطق بیابانی نیز سبب اخلال در فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، زیرساخت‌ها، حمل‌ونقل و صنایع می‌گردد.

طوفان‌های گردوغبار از پدیده‌های اقلیمی مناطقی هستند که مجموع بارش سالانه آنها به‌طور قابل توجهی از میانگین نرمال بارش بلند مدت کمتر است (خوشحال و همکاران، ۱۳۹۱). کشور ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، به‌طور مداوم و متناوب در معرض سامانه‌های وقوع گردوغبارهای محلی و منطقه‌ای متعدد قرار دارد. بطوریکه وقوع خشکسالی در نواحی جنوب، غرب و مرکز ایران و کشورهایی همچون عراق، عربستان و سوریه، همراه با کاهش رطوبت سطحی و زیرسطحی و همچنین از بین رفتن پوشش گیاهی و توسعه پهنه‌های رسوبی با خاک ریزدانه در این مناطق مهمترین علل تشدید پدیده گردوغبار می‌باشند. از مهم‌ترین عوامل رخداد گردوغبار می‌توان به بستر بیابان‌ها و کویرهایی خشک و وسیع، شکل توپوگرافی در جهت بادهای مساعد برای کانالیزه کردن جریانات هوا، بار بستری معلق کافی، وزش بادهای شدید و ناگهانی، نوع و رطوبت خاک، پوشش گیاهی، ایجاد سد و انحراف مسیر رودخانه‌ها، برداشت بی‌رویه از منابع آب بویژه آب‌های زیرسطحی، خشک شدن پیکره‌های آبی و رودخانه‌ها با دخالت انسان و یا سیکل طبیعی تغییر اقلیم، کم‌بارشی‌های اخیر و تداوم خشکسالی و فرسایش شدید اشاره نمود (طائی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۲).

در سال‌های اخیر مطالعه وقوع گردوغبار در تحقیقات بیشماری مورد توجه محققان قرار گرفته است و نواحی مختلفی را در سراسر جهان به عنوان منابع اصلی تولید گردوغبار و پارامترهای متعددی را به عنوان عوامل رخداد آن

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

معرفی کرده‌اند. با توجه به اهمیت فراوانی وقوع گردوغبار در مناطق مختلف ایران ازجمله غرب، جنوب، شرق و مرکز، پژوهش‌های زیادی در این نواحی که تحت سیطره مستقیم طوفان‌های گردوغبار قرار دارند انجام گرفته است. ایران‌منش و همکاران (۱۳۸۴) باهدف شناخت مناطق منشأ طوفان‌های غبارزا و چگونگی انتشار ذرات گردوغبار با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در منطقه سیستان، بیان نمودند که اصلی‌ترین منطقه برداشت ذرات گردوغبار بر روی چاله هامون قرار دارد. ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴) الگوی سینوپتیکی حاکم بر وقوع طوفان‌های گردوغبار، منشأ، مسیر حرکت و تحولات این سامانه‌ها را در غرب ایران مطالعه کرده و بیان نمودند که پرفشار آزور همراه سیستم‌های مهاجر بادهای غربی کنترل‌کننده طوفان‌های گردوغبار غرب ایران است. امیدوار (۱۳۸۴ و ۱۳۸۹) طوفان‌های ماسه‌ای و بادهای شدید را در دشت یزد- اردکان در ۱۲ دوره بررسی نمود و به این نتیجه رسید که جریان‌های قائم هوا سبب ناپایداری شدید جو و ایجاد طوفان‌های ماسه‌ای می‌شود. رئیس پور (۱۳۸۷) وقوع طوفان گردوغبار در جنوب غرب ایران را ناشی از استقرار منطقه در مسیر جریانات غربی دانسته است که گردوغبار را از عراق به مناطق غرب و جنوب غرب کشور انتقال می‌دهد. لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷) تحلیل آماری و سینوپتیکی طوفان‌های گردوغبار استان خراسان رضوی را در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵ بررسی نموده و بیان داشتند که گردوغبارهای این منطقه از شرایط سینوپتیکی سامانه کم‌فشار سطح زمین که روی جنوب خراسان و کشور افغانستان و سامانه پرفشاری که در جنوب دریای خزر بسته می‌شود و همچنین چرخند سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال که مرکز آن بخش شرقی و شمال‌شرق افغانستان است، پیروی می‌کند. میری و همکاران (۱۳۸۸) وقوع طوفان‌های گردوغبار منطقه سیستان را پس از خشکسالی‌های متناوب اخیر مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که وقوع خشکسالی در سیستان از سال ۱۳۷۸ شرایط مساعدی را جهت شکل‌گیری گردوغبار مهیا کرده است، بطوریکه تعداد روزهای همراه با گردوغبار از میانگین ۱۰ روز در سال‌های ۱۳۶۹- ۱۳۷۷ به ۵۴ روز طی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ افزایش داشته است. رشنو (۱۳۸۸) پدیده گردوغبار استان خوزستان را به لحاظ آماری و با استفاده از دورسنجی تحلیل کرد و خشکسالی‌های اخیر، جنگ تحمیلی، کشاورزی، سدسازی و سیاست انتقال آب از مناطق پرآب به مناطق کم‌آب را از مهمترین عوامل مؤثر در پدیده گردوغبار ذکر می‌کند. کاظمی منش (۱۳۸۸) عنوان کرد که در چند سال اخیر، گسترش بیابان‌ها و فعالیت‌های انسانی سبب خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها و جابجایی توده عظیمی از خاک دانه‌ریز در کشور عراق، سوریه و عربستان شده و به صورت جبهه عظیمی از گردوغبار باعث آلودگی شدید هوا در مناطق گسترده‌ای از ایران شده است. عطایی و احمدی (۱۳۸۹) علت وقوع طوفان‌های گردوغبار در دوره سرد سال را ناشی از استقرار مرکز کم‌ارتفاع بر روی اروپا و دریای مدیترانه می‌دانند و معتقدند که در این زمان امواج غربی اجازه نفوذ به عرض‌های پایین را به خوبی پیدا می‌کند و ناوه‌های امواج به کرات بر روی مناطق خشک خاورمیانه استقرار می‌یابد. طاووسی و همکاران (۱۳۸۹) تحلیل همدید سامانه‌های گردوغباری استان خوزستان طی دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ را بررسی کرده و بیان نمودند که در دوره سرد سال سیستم‌های مهاجر بادهای غربی و رودباد جبهه قطبی و در دوره گرم سال کم‌فشارهای حرارتی سطح زمین به ویژه کم‌فشار خلیج‌فارس مهمترین عامل وقوع پدیده گردوغبار در خوزستان هستند. چیتی (۱۳۸۹) با بررسی و تعیین الگوهای اقلیمی و جوی حاکم بر طوفان‌های گردوخاک در منطقه یزد، مطالعات آماری و همدیدی جامعی را روی طوفان‌های گردوغبار دوره ۲۰۰۹ - ۱۹۸۰ انجام داده است. ذوالفقاری و هاشمی (۱۳۸۹) با بررسی سینوپتیکی و دینامیکی پدیده گردوغبار کشور در تیرماه ۱۳۸۸ بیان داشتند که در این تاریخ در سطح زمین یک ناحیه کم‌فشار نسبی بر روی کشورهای سوریه،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

اردن، مصر و قسمتی از مدیترانه شکل گرفته و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ناوه نسبتاً عمیق را نشان می‌دهد که از دریای مدیترانه تا شمال افریقا را در برمی‌گیرد. این الگو باعث گسترش جریانات جنوب‌غربی از عراق تا شمال‌شرق کشور در سطوح بالا شده و حجم بسیار زیادی از گردوغبار را به ایران انتقال داده است. دهدارزاده و صلاحی (۱۳۸۹) الگوهای همدید مولد گردوغبار استان فارس را در سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ تحلیل نموده و بیان کردند که در تراز سطح دریا وجود مراکز کم‌فشار بر روی عربستان و عراق به علت عدم همراهی رطوبت و وزش بادهای شدید و همچنین در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال قرارگیری در جلوی فرود با آرایش غربی- شرقی به علت ناپایداری هوای خشک موجب انتقال ریزگردها به ایران شده است. طاووسی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های گردوغبار، بارندگی و باد ایستگاه زابل و داده‌های هیدرومتری ایستگاه میلک روزهای گردوغباری منطقه سیستان را در بازه زمانی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ تحلیل نموده و بیان داشتند که بین تعداد روزهای گردوغباری و روزهای بارانی و دبی وارده به دریاچه هامون ارتباط معکوس و معنی‌داری وجود دارد. رسولی و همکاران (۱۳۹۰) به منظور شناسایی روند تغییرات زمانی- مکانی گردوغبار در غرب کشور از اطلاعات ۱۶ ایستگاه سینوپتیک طی ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۴ استفاده نموده و نشان دادند که غرب ایران از لحاظ تعداد روزهای گردوغباری همگن نیست و فراوانی سالانه روزهای گردوغباری از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. حیدر طائمه و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی آتش‌باری در معادن و عوارض ناشی از تنفس نانو گردوغبارهای حاصل از انفجار مواد معدنی بر روی انسان پرداختند. کوهسار خالدی (۱۳۹۲) با استفاده از روش‌های پارامتریک، بخشی از خسارات گردوغبار بر اقتصاد استان‌های ایلام، خوزستان و کرمانشاه را طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۰ برآورد کرد. فلاح زرولی و همکاران (۱۳۹۳) منشأ رخداد پدیده گردوغبار ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ که در نواحی غرب و جنوب غرب کشور رخ داد را با استفاده از باندهای مرئی و باندهای حرارتی سنجنده مودیس و با به بکارگیری شاخص اکرمن شناسایی کرد. شهباز مهرابی و همکاران (۱۳۹۴) پارامترهای اقلیمی درجه حرارت، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد را انتخاب و با استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره، ارتباط آنها را با داده‌های قدرت دید و تعداد روزهای گردوغباری در مقیاس ماهانه و سالانه در استان خوزستان تحلیل کردند. رستمی و حسینی (۱۳۹۷) به بررسی و شناسایی منابع، شدت و فرکانس، الگوهای حاکم و مناطق تحت سیطره گردوغبار در جنوب و جنوب شرق ایران در طول دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۴-۲۰۱۳) پرداختند. بدین منظور از تحلیل‌های آماری، همدید، دورسنجی، داده‌های GDAS، دما، سمت و سرعت باد، ارتفاع ژئوپتانسیل، تصاویر MODIS و داده‌های ساعتی ایستگاه‌های هواشناسی بهره گرفتند. نتایج نشان داد که ماه‌های ژوئن، جولای، اوت و می به‌ترتیب از نظر فراوانی و شدت با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر بیشترین رخداد و ماه دسامبر کمترین رخداد گردوغبار را دارد و دریاچه خشکیده هامون، بیابان‌های افغانستان، حاشیه‌های جنوبی و شرقی لوت، بیابان ربع‌الخالی، مناطق مرکزی و شمال شرقی عربستان و جنوب عراق منابع اصلی و مولد گردوغبار هستند.

ژانگ و همکاران (Zhang et al., ۱۹۹۸) با مطالعه طوفان گردوغبار در شمال‌غرب چین مورخ ۵ می ۱۹۹۳ بیان داشت که تصاویر NOAA قابلیت خوبی برای ردیابی گردوغبار دارند و میزان بازتاب از قسمت فوقانی طوفان‌ها تفاوت‌های آشکاری با میزان بازتاب از سطح زمین دارد. رونسکوونسکی و لیو (Roskovensky & Liou, ۲۰۰۳) جهت ردیابی و تفکیک گردوغبار از ابرهای سیروس در تصاویر ماهواره‌ای، روشی ارائه کردند که با استفاده از تلفیق نسبت انعکاسی باندها و اختلاف دمای روشنایی، پارامتر P را که قادر به آشکارسازی ابرهای سیروس از گردوغبار است، معرفی می‌کند. اکستروم و همکاران (Ekstrom et al., ۲۰۰٤) روند زمانی طوفان‌های گردوغبار استرالیا و روابط آنها با توزیع

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

سینوپتیکی فشار را طی بازه زمانی ۱۹۶۰-۱۹۹۹ بررسی کردند و بیان داشتند که موقعیت پرفشار جنب حاره اقیانوس هند روی وقوع گردوغبار تأثیر می‌گذارد. دینگ و همکاران (Ding et al., ۲۰۰۵) تغییرات دهه‌ای طوفان‌های گردوغبار و الگوهای گردشی اتمسفری همراه شده با آنها را در شمال‌شرق چین با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۳ بررسی نمودند و کاهش فراوانی گردوغبارهای بهاری را بعد از اواسط دهه ۱۹۸۰ با افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل سامانه‌های اقلیمی فلات مغلستان و سیبری میانه به همان اندازه تغییر تناقض در فاز و شدت موج ساکن روی اوراسیا همراه می‌دانند. دایان و همکاران (Dayan et al., ۲۰۰۷) به بررسی گردوغبارهای معلق در جنوب شرق دریای مدیترانه در یک دوره ۳۷ ساله و ارتباط آنها با الگوهای گردشی سیستم‌های آب‌وهوایی پرداختند و نتیجه گرفتند که رابطه معنی‌دار مثبتی بین گردوغبار و سیستم‌های جوّی مدیترانه وجود دارد و در مقابل بین فراوانی پدیده گردوغبار و نوسانات اطلس شمالی که فعالیت سیکلون‌های اروپا و شمال مدیترانه را تعدیل می‌کند، رابطه معنی‌دار منفی وجود دارد. گونگ و همکاران (Gong et al., ۲۰۰۷) به بررسی فراوانی طوفان‌های گردوغبار آسیا در شمال چین و ارتباط آنها با الگوهای جوی شمال اقیانوس آرام در بازه زمانی ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۲ پرداختند و رابطه معنی‌دار با ضریب ۰/۶ بین آنها پیدا کردند. فو و همکاران (Fu et al., ۲۰۰۸) روند کاهنده طوفان‌های گردوغبار و مشخصات مواد معلق آنها را در شمال چین مورد بررسی قرار دادند و روند کاهشی گردوغبار این منطقه طی ۲۰ سال گذشته را مرتبط با آنومالی حرارتی همان دوره می‌دانند بطوریکه افزایش دما شدت جریان‌های سرد شمال مغلستان که اغلب عامل محرک طوفان‌های گردوغبار در بیابان گبی هستند را کاهش می‌دهد. کیم (Kim, ۲۰۰۸) مسیرهای انتقال و نواحی منشأ گردوغبار آسیایی مؤثر بر کره جنوبی را در طول یک دوره ۴۰ ساله از ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۴ در ارتباط با تغییرات اقلیمی بررسی نمود. گائو و هان (Gao & Han, ۲۰۱۰) ویژگی‌های تکاملی گردش‌های جوی برای مطالعه فراوانی طوفان گردوغبار بهاری و پیش‌بینی احتمال وقوع آتی آنها را در شمال چین مورد مطالعه قرار دادند و با استفاده از تکنیک بوتاستروپینگ، شاخص‌های عناصر گردش جوی را از نظر کمّی تعیین نمودند. شائو و همکاران (Shao, et al., ۲۰۱۱) چرخه گردوغبار و فرسایش خاک توسط باد را مطالعه نمود و شاخص گردوغباری DSI را معرفی کرد که با هدف پایش فرسایش بادی تنظیم شده است، این شاخص تعداد مشاهدات وقوع گردوغبار را مورد استفاده قرار می‌دهد تا فرکانس و شدت وقوع فرسایش بادی را اندازه‌گیری کند. هو و همکاران (Ho et al., ۲۰۱۳) به بررسی قابلیت‌های الگوریتم Deep Blue برای شناسایی پدیده گردوغبار در مناطقی مانند صحرا در شمال آفریقا و مناطق نیمه خشک خاورمیانه و آفریقا پرداختند و نشان دادند که این الگوریتم انعطاف‌پذیری بالایی دارد و انتخاب عمق نوری مناسب می‌تواند برای آشکارسازی پدیده گردوغبار در مناطق خشک و نیمه خشک مناسب تلقی شود.

طوفان‌های گردوغبار از پدیده‌های مخرب اقلیمی بوده که متأثر از عناصر فشار، ابرناکی، بارندگی، رطوبت نسبی، باد، دما و تبخیروتعرق است (لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷). این پدیده همه‌ساله خسارات جبران‌ناپذیری به سلامتی انسان، مزارع، تأسیسات عمرانی و صنعتی، خطوط مواصلاتی و مراکز جمعیتی وارد می‌کند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳). گردوغبار متأثر از شرایط خاص جوی است که در صورت شناخت منشأ، سازوکار تکوین، نحوه گسترش، ارتباط آن با الگوهای گردشی اتمسفری و ارزیابی تاثیر عناصر مختلف اقلیمی در وقوع رخداد، می‌توان تا حدودی از آسیب‌های آن کم کرد و یا با آن مقابله نمود. روند فزاینده و فراوانی وقوع گردوغبارهای اخیر ایران خصوصاً در مناطق غرب، جنوب غربی و ایران مرکزی و پیامدهای سوء اقتصادی و انسانی نشأت گرفته از آن بر کسی پوشیده نیست (خوشحال و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

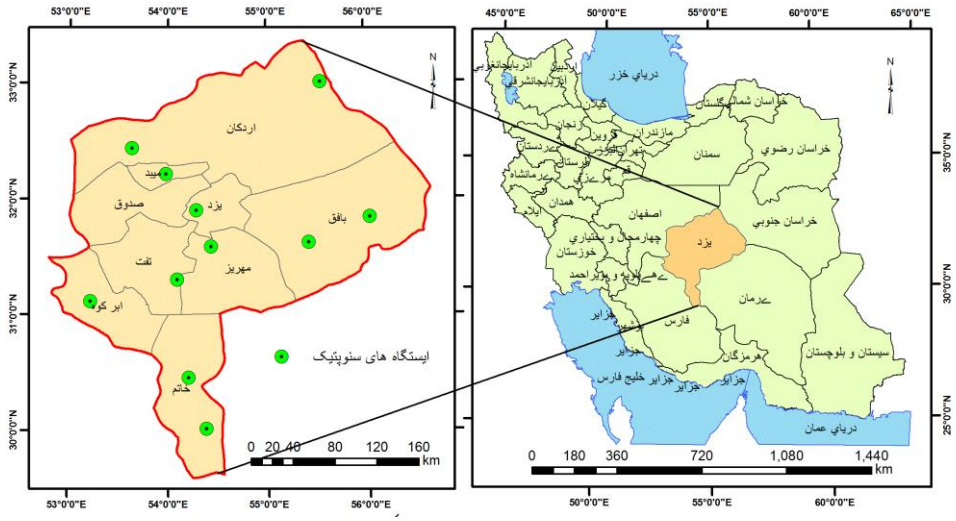
همکاران، ۱۳۹۱). بررسی‌های مربوط به فراوانی روزهای گردوغباری ایران نشان می‌دهد که چاله‌های مرکزی ایران بیشترین روزهای گردوغباری را دارند. ویژگی‌های خشکسالی نیز نشان می‌دهد که قسمت اعظمی از کشور، از این پدیده در امان نبوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود، اثرهای این پدیده مخرب را تجربه می‌کند و به‌خصوص بخش‌های جنوبی، شرقی و مرکزی کشور به علت نوسانات زیاد در مقادیر بارندگی، از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار هستند (رشنو، ۱۳۸۸). طوفان‌های گردوغبار به عنوان یکی از پدیده مخرب زیستی، بر محیط طبیعی و انسانی نظیر سلامت، اقتصاد، حمل و نقل و حتی آموزش اثرگذار هستند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳). اثرات زیان بار آنها همواره محیط‌های زندگی انسانی، گیاهی و جانوری را در بر گرفته و به عنوان یک مخاطره محیطی آنها را تهدید می‌کند. این پدیده با توجه به ماهیت کلان مقیاس خود نیاز به بررسی همه جانبه دارد که ضمن شناخت مناطق مولد، عوامل تاثیرگذار بر رخداد و افزایش فراوانی این پدیده در سال‌های اخیر نیز شناخته شود تا در نهایت منجر به اقدامات و تمهیدات عملی لازم جهت مبارزه و کاهش فراوانی آن گردد (ولی و همکاران، ۱۳۹۳). مسئله‌ای که در دهه اخیر در رابطه با گردوغبار جلب توجه پژوهشگران و متخصصان اقلیمی و زیست محیطی بوده، این است که فراوانی رخداد این پدیده در کشور ایران خصوصاً بخش‌های غربی، جنوبی و مرکزی آن، با توجه به خشکسالی‌های متعدد و در پی آن ضعف و زوال پوشش گیاهی روند فزاینده‌ای داشته است. این عوامل ضرورت مطالعه طوفان‌های گردوغبار را بیش از پیش ایجاب کرده و اهمیت آنها را در مجامع علمی دو چندان نموده است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین انسان می‌تواند با بعضی طرح‌های مهندسی بزرگ‌مقیاس، اثرات منفی پدیده‌های زیست‌محیطی و اثرات منفی پدیده‌های گردوغبار را تعدیل نموده تا از فراوانی وقوع، شدت و استمرار آن بکاهد. لذا پژوهش حاضر سعی دارد تا با تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بلندمدت اقلیمی به بررسی تاثیر عناصر اقلیمی نظیر بارش، دما، رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق و همچنین تاثیر سنجی پوشش گیاهی بر وقوع پدیده گردو غبار استان یزد بپردازد.

داده‌ها و روش کار

استان یزد از جمله استان‌های کم‌بارش ایران مرکزی است که تقریباً نیمی از آن را بیابان و مناطق خشک پوشانده و همواره در معرض وقوع طوفان‌های گردوغبار است. این استان با مساحت ۷۲۱۵۶ کیلومترمربع، بین ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی گسترده شده است (شکل ۱). استان یزد در قلمرو واحد ایران مرکزی واقع شده و از پستی و بلندی و چاله‌ها و کفه‌های کویری متعدد تشکیل شده است. ناهمواری‌های این استان عمدتاً به پنج گروه کوه‌ها و تپه‌های پای‌کوهی، دشت‌ها، مناطق شور و کویرها و تپه‌های ماسه‌ای تقسیم می‌شوند. مرتفع‌ترین منطقه استان در قسمت جنوب غربی آن تحت عنوان رشته‌کوه شیرکوه با ۴۰۷۵ متر واقع شده است. پست‌ترین نقاط نیز مناطق شمال تا شمال‌شرقی را در برگرفته که توأم با باتلاق‌های متعدد نمک، اراضی لخت کویری و مراتع با پوشش گیاهی ضعیف تا متوسط می‌باشد. استان یزد به دلیل بارش اندک، نوسان شدید درجه حرارت، تبخیر و تعرق شدید، پایین بودن سطح آب‌های زیرزمینی و نامساعد بودن خاک، با کمبود پوشش گیاهی روبرو است و درصد زیادی از مساحت آن فاقد پوشش گیاهی می‌باشد. علاوه براین بوته‌کنی، تهیه زغال چوب، چرای بی‌رویه دام و عدم رعایت اصول صحیح کشاورزی از دیگر عوامل کاهش پوشش گیاهی این استان محسوب می‌شوند. کمبود پوشش گیاهی نیز عامل اصلی گسترش کویر و حرکت تپه‌های ماسه‌ای و ایجاد طوفان‌های گردوغبار در این استان است. وضعیت اقلیمی استان یزد خشک و بیابانی است و وابستگی شدیدی به

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

قرارگیری آن در کمربند خشک جهان و منطقه حاکمیت پرفشار جنب حاره و همچنین دوری از آبهای آزاد عمان و خلیج‌فارس و دریاچه‌های داخلی و بادهای رطوبت‌زای دریایی دارد. عامل مهم اعتدال نسبی آب و هوای یزد که قابلیت زیست نسبتاً مناسبی به آن بخشیده است، ارتفاعاتی هستند که بیشتر به صورت موضعی گستردگی دارند و این امر باعث شده است تا مناطقی که در ارتفاعات بیش از ۲۵۰۰ متر قرار دارند از اعتدال و رطوبت بیشتری نسبت به دشت‌های یزد و اردکان برخوردار باشند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش‌شناسی آن مبتنی بر تلفیق تحلیل‌های آماری و آنالیز داده‌های مکانی شامل دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی است که جهت دست‌یابی به اهداف از نرم‌افزارهای ArcGIS، ENVI و SPSS بهره‌گیری شده است. برای برآورد رخداد گردوغبار استان یزد ابتدا دو دسته متغییر شامل فراوانی وقوع گردوغبار به عنوان متغیر وابسته و عناصر اقلیمی نظیر دما، رطوبت، بارش و تبخیر و تعرق، و پوشش گیاهی به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. داده‌های مربوط به فراوانی وقوع گردوغبار و عناصر اقلیمی از پایگاه سازمان هواشناسی کشور برای تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک استان یزد که شامل ۱۱ ایستگاه است (جدول ۱)، اخذ گردید. بازه زمانی مورد مطالعه یک دوره ۵ ساله از ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در استان یزد

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	یزد	۳۱/۹۰	۵۴/۲۸	۱۲۳۶
۲	ابرکوه	۳۱/۱۱	۵۳/۲۲	۱۵۳۶
۳	بافق	۳۱/۶۲	۵۵/۴۱	۹۸۹
۴	بهاباد	۳۱/۸۳	۵۶/۰۴	۱۴۳۲
۵	رباط	۳۳/۰۰	۵۵/۵۵	۱۲۳۴
۶	عقدا	۳۲/۴۴	۵۳/۶۳	۱۱۳۹
۷	گاریز	۳۱/۳۰	۵۴/۰۹	۲۰۰۷
۸	مروست	۳۰/۴۵	۵۴/۲۰	۱۵۴۶
۹	مهریز	۳۱/۵۸	۵۴/۴۳	۱۴۸۷
۱۰	میبد	۳۲/۲۱	۵۳/۹۸	۱۱۱۶
۱۱	هرات	۳۰/۰۱	۵۴/۳۸	۱۶۳۲

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

برای استخراج فراوانی وقوع گردوغبار کد پدیده‌های هوای حاضر سازمان هواشناسی جهانی ملاک عمل قرار گرفت، بدین صورت که طبق تعریف این سازمان ۱۰۰ کد بین‌المللی برای بیان پدیده‌های جوی وجود دارد که بیانگر انواع بارندگی، مه، رعدوبرق و طوفان است. کشور ایران همواره با غبار و گردوخاک و طوفان ماسه مواجه بوده و معادل گردوخاک و غبار و گردوغبار برای آن بکار برده شده است. در پدیده‌شناسی هواشناسی از بین ۱۰۰ کد هوای حاضر کدهای ۰۵ تا ۰۹ و ۳۰ تا ۳۵ ، مخصوص غبار و طوفان گردوخاک و ماسه هستند. کد ۰۵ را برای غبار جهت بیان حالتی که دید افقی بدلیل افزایش ذرات جامد معلق در جو به کمتر از ۱۰ کیلومتر کاهش یابد استفاده می‌شود. کد ۰۶ مبین حالتی است که دید عمودی کاهش می‌یابد و این مصداق حالتی است که از سطوح فوقانی گردوخاک به لایه‌های سطح زمین فرود می‌آید. در حالت‌های ۰۵ و ۰۶ وزش باد محلی شرط نیست، اما در کد ۰۷ گردوخاک ناشی از وزش باد در محل و یا نزدیکی ایستگاه بوده و لازمه آن وزش باد است. کد ۰۸ نیز مربوط به حالت شدیدتر کد ۰۷ است. کد ۰۹ مربوط به طوفان گردوخاک در ساعت گذشته است که لازمه آن طوفان وزش باد بیشتر از ۱۵ متر بر ثانیه می‌باشد. طوفان گردوخاک و یا ماسه‌ای که با کدهای ۳۰ تا ۳۵ اعلام می‌شوند نشان از تداوم شدت گردوغبار دارند (جدول ۲).

جدول ۲- کد پدیده‌های هوای حاضر وقوع طوفان گردوغبار گزارش شده از ایستگاه براساس کدهای سازمان هواشناسی جهانی

کد	توضیحات
۰۵	غبار
۰۶	باقی‌مانده ذرات گردوغبار که در اثر طوفان و ماسه و خاک از نقاط دور به ایستگاه آمده و در هوای ایستگاه معلق مانده و باعث کاهش دید شده‌اند
۰۷	گردوغبار بلند شده اطراف ایستگاه در زمان دیده‌بانی
۰۸	گردباد تکامل یافته که در زمان دیده‌بانی یا طی یک ساعت گذشته در ایستگاه و یا اطراف آن مشاهده شده است
۰۹	طوفان گردوغبار یا ماسه‌ای که در ساعت دیده‌بانی در اطراف ایستگاه وجود داشته باشد یا در ساعت گذشته در خود ایستگاه موجود بوده است
۳۰	طوفان ماسه یا گردوغبار سبک تا متوسط که در ساعات گذشته کاسته شده است
۳۱	طوفان ماسه یا گردوغبار سبک یا متوسط که در ساعات گذشته تغییری نکرده است
۳۲	طوفان ماسه یا گردوغبار سبک یا متوسط که در ساعات گذشته افزایش یافته است
۳۳	طوفان ماسه یا گردوغبار شدید که در ساعات گذشته کاسته شده است
۳۴	طوفان ماسه یا گردوغبار شدید که در ساعات گذشته تغییری نکرده است
۳۵	طوفان ماسه یا گردوغبار شدید که در ساعات گذشته افزایش یافته است

پس از استخراج فراوانی وقوع گردوغبار در ایستگاه‌های مطالعاتی، اقدام به گردآوری داده‌های مربوط به عناصر اقلیمی نظیر بارش، باد، تبخیروتعرق، رطوبت نسبی و دما از داده‌های اداره کل هواشناسی استان یزد طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ از ۱۱ ایستگاه مطالعاتی گردید و بدین صورت پایگاه داده‌های اقلیمی جمع‌آوری و کامل شد. سپس از طریق روش میانیابی زمین آمار مبادرت به تهیه نقشه‌های توزیع فضایی این پارامترها در محیط نرم‌افزار ArcGIS گردید.

جهت گردآوری داده‌های پوشش گیاهی، نمایه EVI (شاخص پوشش گیاهی بارز شده) و محاسبات آن در محیط نرم‌افزار ENVI ملاک عمل قرار گرفت و داده‌های آن با رعایت اصل تطابق زمانی با داده‌های اقلیمی از تصاویر سنجنده MODIS استخراج گردید. نمایه EVI به وسیله بهینه‌سازی سیگنال‌های پوشش گیاهی در محدوده شاخص سطح برگ با استفاده از انعکاس باند آبی برای تصحیح سیگنال پس‌زمینه خاک و کاهش اثر اتمسفر شامل پراکنش ذرات معلق

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

توسعه یافته که ترکیب روابط تجربی برای تصحیح اتمسفری منجر به ایجاد شاخص EVI گردید. این شاخص از رابطه (۱) به دست می‌آید که در آن G= ۲/۵، L= ۱، C۱= ۱، C۲= ۷/۵ است. دامنه تغییرات این شاخص بین ۱+ و ۱- است و محدوده معمول برای پوشش گیاهی ۰/۲ تا ۰/۸ می‌باشد (هیوت و همکاران، ۱۹۹۷).

$$EVI = G \times \frac{NIR - red}{(NIR + C1 \times red - C2 \times blue + L)}$$ رابطه (۱)

جهت تخمین احتمال وقوع گردوغبار براساس عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی از تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS استفاده شد و بدین منظور انواع روش‌های رگرسیون ساده خطی و غیرخطی شامل توانی، نمایی، لگاریتمی و مکعبی بین فراوانی وقوع گردوغبار به عنوان متغیر وابسته و مولفه‌های دما، رطوبت، بارش، تبخیر و تعرق، و پوشش گیاهی به عنوان متغیرهای مستقل برازش گردید. سپس روش‌های رگرسیون غیرخطی چندگانه جهت یافتن روابط مناسب برآورد وقوع گردوغبار به‌کار گرفته شد و با استفاده از پارامترهای سنجش صحت و دقت، روابطی با ارزش رجحانی بالاتر انتخاب و مناسبترین آنها گزارش گردید. معیارهای سنجش ارجحیت و انتخـاب روابط بر اساس پارامترهای حداکثر ضریب همبستگی، ضریب تعیین، ضریب تعیین تعدیل‌شده و سطح معنی‌داری، و حداقل انحراف معیار خطای برآورد در سطح احتمال خطای کمتر یا مساوی یک درصد ($\alpha \geq$ ۰/۰۱) می‌باشد. نهایتاً برای تمامی متغیرهای مستقل به صورت مجزا یک رابطه تک متغیره با ضریب تبیین قابل قبول و برای تمامی متغیرهای مستقل به‌صورت چندگانه، یک رابطه غیرخطی به روش اینتر (یک‌جا) ارائه گردید که با استفاده از این روابط می‌توان احتمال رخداد گردوغبار استان یزد را با دقت قابل قبول برآورد نمود.

شرح و تفسیر نتایج

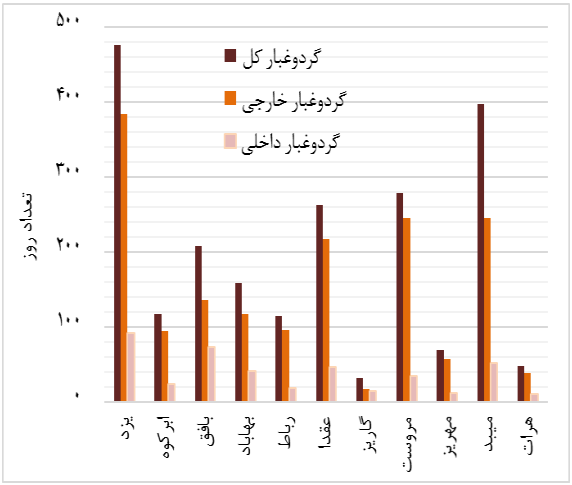
- پایش طوفان‌های گردوغبار

طوفان‌های گردوغبار یکی از پدیده‌های زیستی مخرب و از مخاطرات محیطی مهم در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌آید. برای درک بهتر تأثیرات پدیده گردوغبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن لازم است تا خصوصیات آن به طور منظم و در مقیاس جهانی مورد پایش قرار گیرد. در این پژوهش، ابتدا جهت پایش طوفان‌های گردوغبار با منشا خارج و داخل ایستگاه، به تحلیل مکانی- زمانی طوفان‌های گردوغبار طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ پرداخته شد. نتایج حاصل از فراوانی طوفان‌های گردوغبار ایستگاه‌های استان یزد از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ به صورت شکل (۲) می‌باشد.

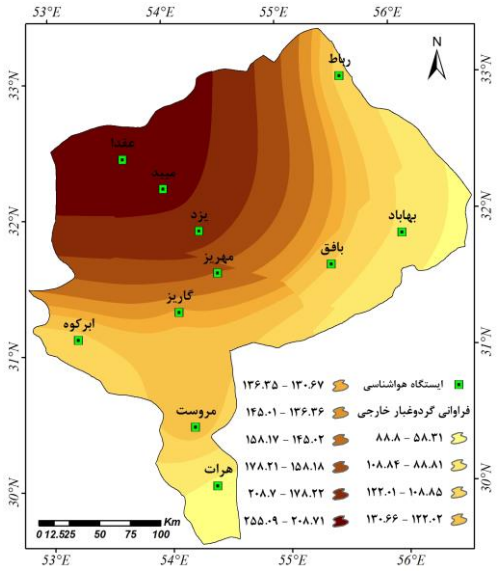
بررسی سالانه فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار نشان می‌دهد که کمترین فراوانی وقوع گردوغبار خارج از ایستگاه مربوط به ایستگاه‌های گاریز و هرات به ترتیب ۳۸ و ۱۷ روز است و بیشترین آن مربوط به مروست و یزد به ترتیب ۲۴۵ و ۳۸۴ روز است. در مقابل ایستگاه‌های بافق، یزد و میبد دارای بیشترین فراوانی وقوع گردوغبار نزدیک ایستگاه با فراوانی ۷۳، ۹۱ و ۶۶ روز هستند. همچنین کمترین فراوانی وقوع گردوغبار نزدیک ایستگاه، مربوط به ایستگاه‌های هرات، گاریز و مهریز با فراوانی ۱۰، ۱۴ و ۱۲ روز است (شکل ۲). اشکال (۳) تا (۵) توزیع مکانی گردوغبارهای حادث شده طی ۵ سال (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴) را به تفکیک با منشا خارج از ایستگاه (شکل ۳)، منشا نزدیک ایستگاه (شکل ۴) و فراوانی کل (شکل ۵) به تصویر کشیده است. همانگونه که مشاهده می شود بیشترین فراوانی طوفان گردوغبار خارج از ایستگاه مربوط به منطقه یزد، و کمترین آن مربوط به مناطق هرات، مهریز، رباط و گاریز است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

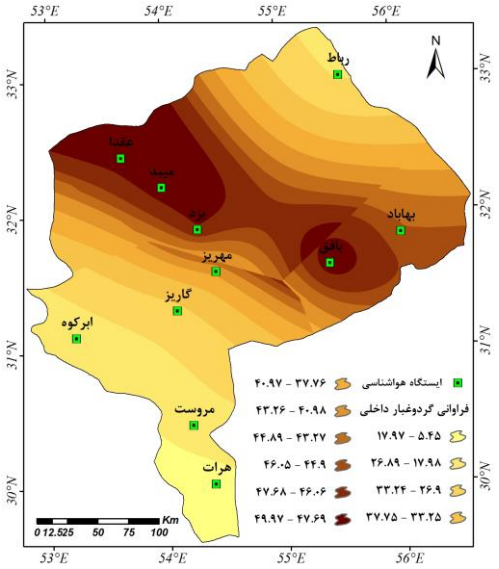
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]



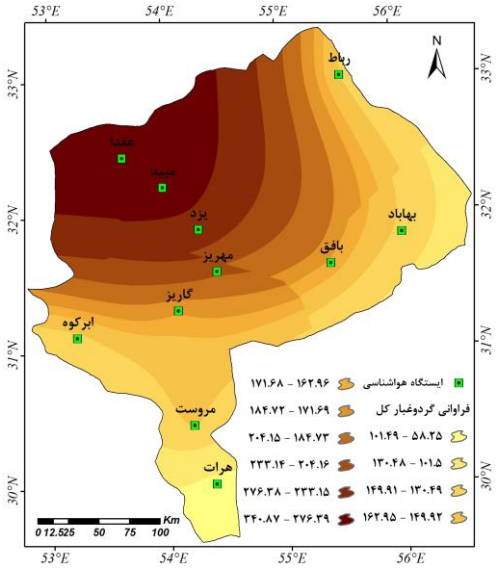
شکل ۲- فراوانی وقوع طوفان گردوغبار استان یزد



شکل ۳- فراوانی وقوع طوفان گردوغبار خارج از ایستگاه



شکل ۴- فراوانی وقوع طوفان گردوغبار داخل ایستگاه



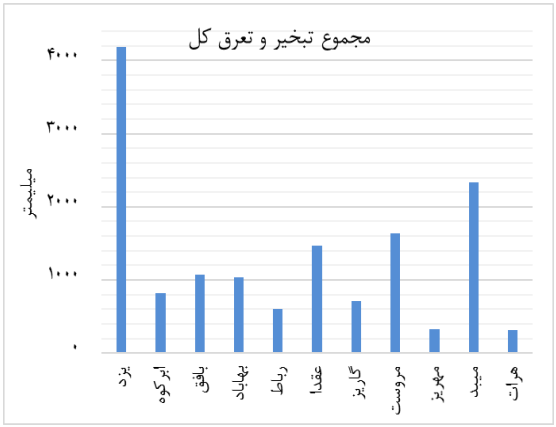
شکل ۵- فراوانی مجموع وقوع طوفان گردوغبار کل

- پایش عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی

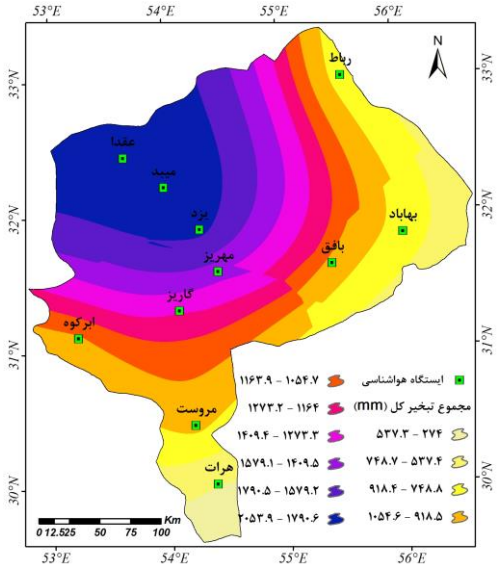
بررسی تبخیروتعرق سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیکی استان یزد طی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ نیز نشان داد که بیشترین میزان تبخیروتعرق مربوط به ایستگاه یزد و کمترین آن مربوط به ایستگاه گاریز است (شکل ۶). شکل (۷) توزیع مکانی مجموع تبخیروتعرق سالانه مشاهده شده طی ۵ سال را به تصویر کشیده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بیشترین میزان تبخیروتعرق طی روزهای گردوغباری طی ۵ سال مربوط به منطقه یزد و کمترین آن مربوط به مناطق هرات، گاریز و رباط است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

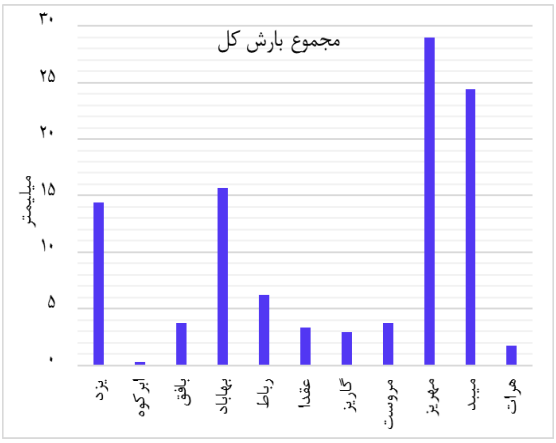


شکل ۶- مجموع تبخیروتعرق سالانه ایستگاه‌ها طی روزهای گردوغباری

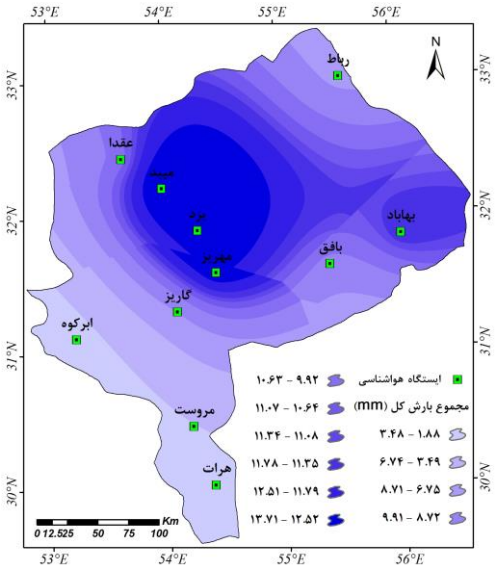


شکل ۷- توزیع فضایی مجموع تبخیروتعرق سالانه استان یزد طی روزهای گردوغباری

بررسی مجموع بارش سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیکی استان یزد نشان داد که بیشترین میزان بارش مربوط به ایستگاه مهریز و کمترین آن به ایستگاه ابرکوه تعلق دارد (شکل ۸). شکل (۹) توزیع مکانی مجموع بارش سالانه استان یزد را طی روزهای گردوغباری به تصویر کشیده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بیشترین میزان بارش طی روزهای گرد و غباری مربوط به منطقه مهریز و کمترین آن مربوط به مناطق هرات و ابرکوه است.



شکل ۸- بارش سالانه ایستگاه‌ها طی روزهای گردوغباری



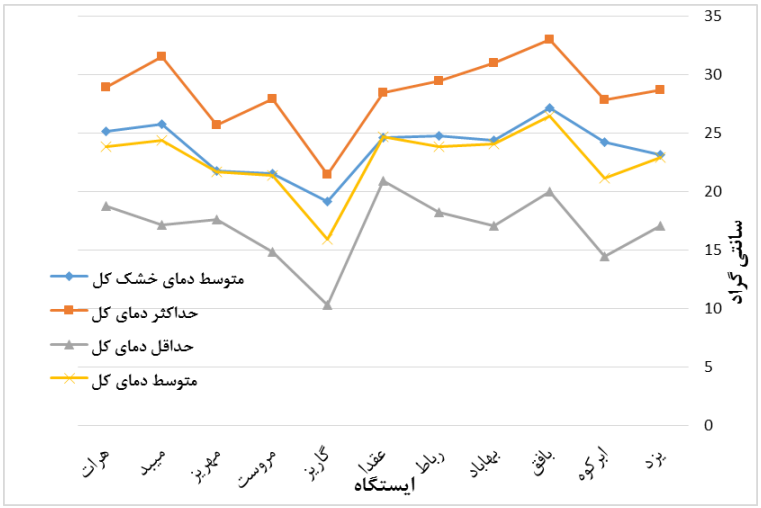
شکل ۹- توزیع فضایی بارش سالانه استان یزد طی روزهای گردوغباری

بررسی میانگین دمای سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیکی استان یزد نشان داد که کمترین مقدار میانگین دمای خشک، حداکثر دما، حداقل دما و متوسط دما مربوط به ایستگاه گاریز و بیشترین مقادیر دما مربوط به ایستگاه‌های بافق و

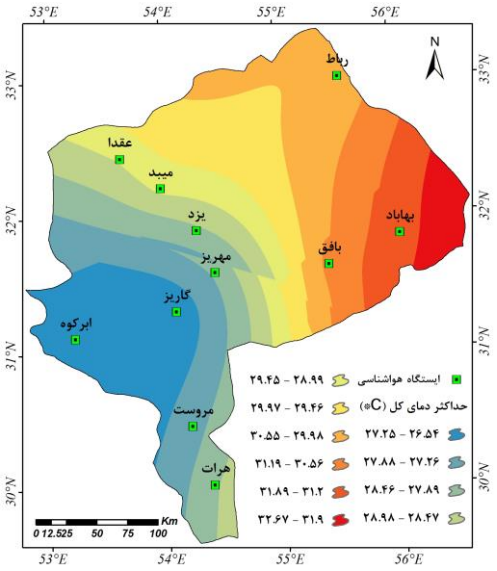
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

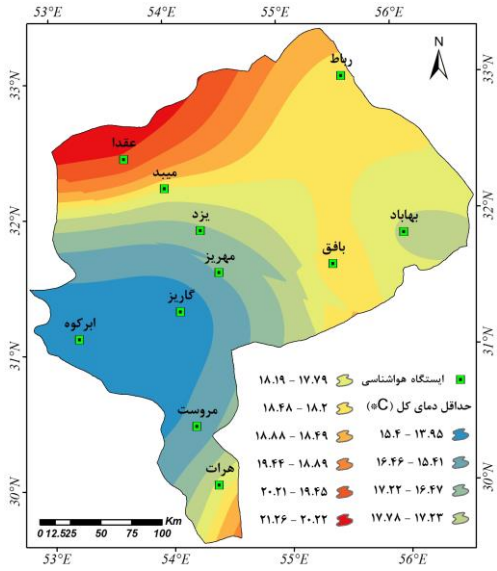
میبد است (شکل ۱۰). اشکال (۱۱) تا (۱۴) نیز توزیع مکانی میانگین دمای سالانه استان را به تفکیک حداکثر دما (شکل ۱۱)، حداقل دما (شکل ۱۲)، متوسط دما (شکل ۱۳) و میانگین دمای خشک (شکل ۱۴) را به تصویر کشیده‌اند. همانگونه که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود بیشترین دمای حداکثری متعلق به منطقه بافق و کمترین آن مربوط به گاریز است. همچنین براساس شکل (۱۲) بیشترین دمای حداقلی برای منطقه عقدا و بافق و کمترین آن مربوط به منطقه گاریز است. بیشترین مقدار دمای متوسط مربوط به منطقه بافق بوده و کمترین آن به گاریز تعلق دارد (شکل ۱۳). بیشترین مقدار متوسط دمای خشک مربوط به منطقه بافق بوده و کمترین آن مربوط به گاریز است (شکل ۱۴).



شکل ۱۰- میانگین دمای سالانه ایستگاه های مطالعاتی طی روزهای گردوغباری



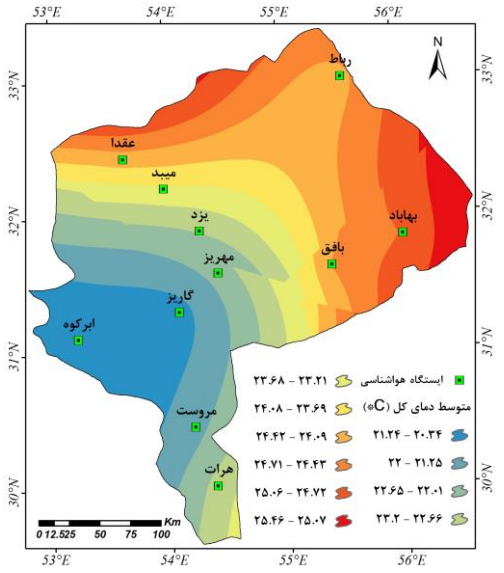
شکل ۱۱- توزیع فضایی حداکثر دمای سالانه استان یزد طی روزهای گردوغباری



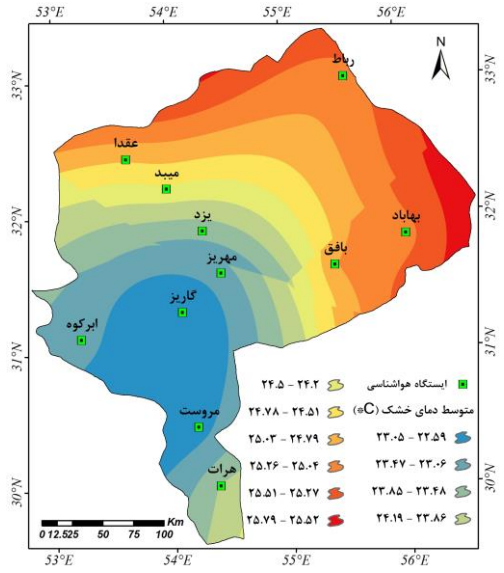
شکل ۱۲- توزیع فضایی حداقل دمای سالانه استان یزد طی روزهای گردوغباری

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

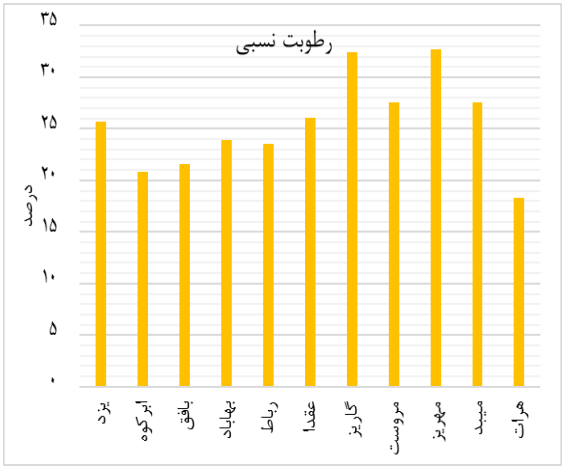


شکل ۱۳- توزیع فضایی میانگین دمای سالانه استان یزد طی روزهای گردوغباری

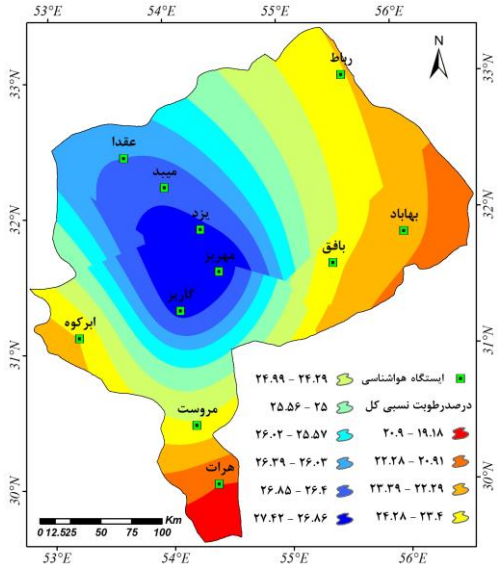


شکل ۱۴- توزیع فضایی متوسط دمای خشک استان یزد طی روزهای گردوغباری

بررسی درصد رطوبت نسبی سالانه در ایستگاه‌های سینوپتیکی استان یزد نشان داد که بیشترین درصد رطوبت متعلق به ایستگاه‌های مهریز و گاریز و کمترین آن مربوط به ایستگاه هرات است (شکل ۱۵). شکل (۱۶) توزیع مکانی درصد رطوبت نسبی سالانه استان یزد را به تصویر کشیده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بیشترین درصد رطوبت نسبی طی روزهای گردوغباری به مناطق مهریز و گاریز و کمترین آن به منطقه هرات تعلق دارد.



شکل ۱۵- متوسط رطوبت نسبی سالانه ایستگاه ها طی روزهای گردوغباری

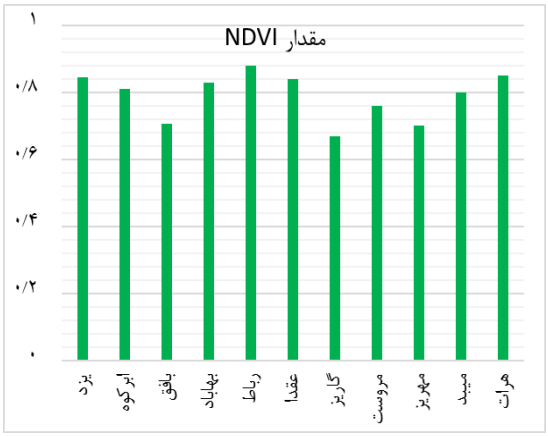


شکل ۱۶- توزیع فضایی متوسط رطوبت نسبی سالانه استان یزد طی روزهای گردوغباری

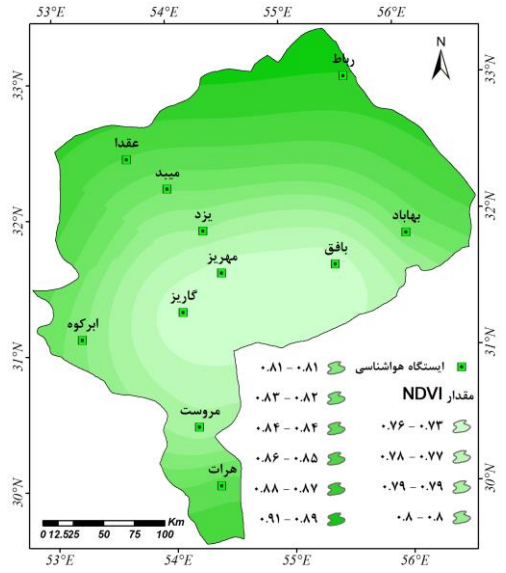
بررسی شاخص پوشش گیاهی سالانه در استان یزد در قالب نمایه EVI نشان داد که بیشترین شاخص پوشش مربوط به رباط و عقدا و کمترین آن متعلق به گاریز است (شکل ۱۷). شکل (۱۸) توزیع مکانی شاخص پوشش گیاهی استان یزد را به تصویر کشیده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بیشترین شاخص پوشش گیاهی مربوط به مناطق رباط، هرات و عقدا و کمترین آن مربوط به منطقه گاریز است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]



شکل ۱۷- مقادیر شاخص پوشش گیاهی استان یزد



شکل ۱۸- توزیع فضایی شاخص پوشش گیاهی استان یزد

- تحلیل ارتباط طوفان‌های گردوغبار با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی

نتایج حاصل از رابطه‌سنجی بین فراوانی گردوغبار با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی به صورت جداول (۳) و (۴) می‌باشد که آماره‌های ضریب همبستگی، ضریب تبیین، ضریب تبیین تعدیل شده، انحراف معیار برآورد و سطح معنی‌داری گزارش شده است. نتایج رابطه‌سنجی نشان داد بیشترین رابطه معنی‌دار بین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار کل با پارامترهای تبخیروتعرق و رطوبت نسبی به‌ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۹۷۳ و ۰/۶۱۴ و انحراف معیار برآورد ۲۴/۱۰۴ و ۹۲/۴۷۷ در سطح معنی‌داری ۹۹ و ۹۵ درصد وجود دارد. به عبارتی در مورد اول ۹۷ درصد تغییرات فراوانی گردوغبار کل توسط پارامتر تبخیروتعرق و در مورد دوم ۶۱ درصد تغییرات آن توسط رطوبت نسبی کنترل می‌شود. همچنین بیشترین رابطه معنی‌دار بین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار خارجی با پارامترهای تبخیروتعرق و رطوبت نسبی به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۹۶۸ و ۰/۶۲۱ و انحراف معیار برآورد ۰/۱۷۳ و ۷۵/۴۲۷ در سطح معنی‌داری ۹۹ و ۹۵ درصد وجود دارد. به عبارتی در مورد اول ۹۶ درصد تغییرات فراوانی گردوغبار خارجی توسط پارامتر تبخیروتعرق و در مورد دوم ۶۲ درصد تغییرات آن توسط رطوبت نسبی کنترل می‌شود. حداکثر رابطه معنی‌دار بین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار با منشا نزدیک ایستگاه با پارامترهای تبخیروتعرق و حداکثر دما به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۷۷ و ۰/۳۷۱ و انحراف معیار برآورد ۱۵/۷۵۱ و ۰/۶۴۲ در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد وجود دارد. به عبارتی در مورد اول ۷۷ درصد تغییرات فراوانی گردوغبار نزدیک توسط پارامتر تبخیروتعرق و در مورد دوم ۳۷ درصد تغییرات آن توسط حداکثر دما کنترل می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

جدول ۳- نتایج حاصل از رابطه‌سنجی بین فراوانی گردوغبار با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی

متغیر وابسته	متغیر مستقل	نوع رابطه	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	انحراف معیار برآورد	سطح معنی‌داری
فراوانی گردوغبار کل	متوسط دمای خشک	توانی	۰/۴۲۵	۰/۱۸۰	۰/۰۸۹	۰/۸۰۲	۰/۱۹۳
	حداکثر دما	توانی	۰/۶۳۹	۰/۴۰۸	۰/۳۴۲	۰/۶۸۲	۰/۰۳۴
	حداقل دما	توانی	۰/۴۶۴	۰/۲۱۵	۰/۱۲۸	۰/۷۸۵	۰/۱۵۱
	متوسط دما	توانی	۰/۵۸۴	۰/۳۴۱	۰/۲۶۸	۰/۷۲۰	۰/۰۴۹
	مجموع بارش	مکعبی	۰/۶۱۲	۰/۳۷۴	۰/۱۰۶	۱۲۵/۹۱۷	۰/۳۲۲
	متوسط رطوبت نسبی	مکعبی	۰/۷۸۴	۰/۶۱۴	۰/۵۱۸	۹۲/۴۷۷	۰/۰۲۲
	مجموع تبخیر و تعرق	مکعبی	۰/۹۸۶	۰/۹۷۳	۰/۹۶۲	۲۶/۱۰۴	۰/۰۰۰
	شاخص پوشش گیاهی	مکعبی	۰/۴۹۰	۰/۲۴۰	۰/۰۵۰	۱۲۹/۸۱۱	۰/۳۳۴
فراوانی گردوغبار با منشا خارج از ایستگاه	متوسط دمای خشک	توانی	۰/۴۳۴	۰/۱۸۸	۰/۰۹۸	۰/۸۶۶	۰/۱۸۳
	حداکثر دما	توانی	۰/۶۴۷	۰/۴۱۸	۰/۳۵۳	۰/۷۳۳	۰/۰۳۲
	حداقل دما	توانی	۰/۵۰۸	۰/۲۵۸	۰/۱۷۶	۰/۸۲۸	۰/۱۱۱
	متوسط دما	توانی	۰/۶۱۲	۰/۳۷۴	۰/۳۰۴	۰/۷۶۱	۰/۰۴۶
	مجموع بارش	مکعبی	۰/۵۸۳	۰/۳۴۰	۰/۰۵۷	۱۰۶/۵۰۰	۰/۳۷۷
	متوسط رطوبت نسبی	مکعبی	۰/۷۸۸	۰/۶۲۱	۰/۵۲۷	۷۵/۴۲۷	۰/۰۲۱
	مجموع تبخیر و تعرق	توانی	۰/۹۸۴	۰/۹۶۸	۰/۹۶۴	۰/۱۷۳	۰/۰۰۰
	شاخص پوشش گیاهی	مکعبی	۰/۵۱۰	۰/۲۶۰	۰/۰۷۵	۱۰۵/۴۳۵	۰/۲۹۹
فراوانی گردوغبار با منشا نزدیک ایستگاه	متوسط دمای خشک	نمایی	۰/۴۲۵	۰/۱۸۰	۰/۰۸۹	۰/۷۳۳	۰/۱۹۳
	حداکثر دما	نمایی	۰/۶۰۹	۰/۳۷۱	۰/۳۰۱	۰/۶۴۲	۰/۰۴۷
	حداقل دما	مکعبی	۰/۳۴۰	۰/۱۱۶	-۰/۱۰۵	۲۸/۹۰۷	۰/۶۱۲
	متوسط دما	مکعبی	۰/۵۲۵	۰/۲۷۵	۰/۰۹۴	۲۶/۱۷۰	۰/۲۷۶
	مجموع بارش	مکعبی	۰/۶۴۱	۰/۴۱۱	۰/۱۵۹	۲۵/۲۱۱	۰/۲۶۷
	متوسط رطوبت نسبی	مکعبی	۰/۶۶۰	۰/۴۳۶	۰/۲۹۵	۲۳/۰۸۸	۰/۱۰۱
	مجموع تبخیر و تعرق	مکعبی	۰/۸۷۸	۰/۷۷۰	۰/۶۷۲	۱۵/۷۵۱	۰/۰۱۲
	شاخصپوشش گیاهی	مکعبی	۰/۳۵۱	۰/۱۲۳	-۰/۰۹۶	۲۸/۷۸۰	۰/۵۹۱

ضرایب روابط موجود بین فراوانی گردوغبار با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی که در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار هستند به صورت جدول (۴) می‌باشد. همان گونه که مشاهده می‌شود مقادیر آماره‌های توان و مقدار ثابت به همراه معنی‌دار آنها گزارش شده است که معنی‌داری روابط نیز در سطوح مختلف قابل قبول می‌باشد.

جدول ۴- ضرایب روابط معنی دار در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد بین فراوانی گردوغبار با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی

متغیر وابسته	متغیر مستقل	پارامترهای رابطه	مقدار ضریب	انحراف معیار	مقدار t	سطح معنی داری
فراوانی گردوغبار کل	حداکثر دما	مقدار ثابت	۲/۲۳E-۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۱۵۹	۰/۸۷۷
		توان	۴/۶۸۳	۱/۸۸۱	۲/۴۹۰	۰/۰۳۴
	متوسط دما	مقدار ثابت	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۱۹۰	۰/۸۵۳
		توان	۳/۶۳۶	۱/۶۸۵	۲/۱۵۸	۰/۰۵۹
	متوسط رطوبت نسبی	مقدار ثابت	-۹۳۷/۳۱۷	۳۳۴/۸۰۴	-۲/۸۰۰	۰/۰۲۳
		توان**	۵/۲۲۴	۱/۴۸۵	۳/۵۱۸	۰/۰۰۸

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

		توان***	-۰/۱۳۲	۰/۰۳۷	-۳/۵۵۵	۰/۰۰۷
	مجموع تبخیر و تعرق	مقدار ثابت	-۴/۵۸۵	۲۳/۸۰۶	-۰/۱۹۳	۰/۸۵۳
		توان	۰/۲۲۹	۰/۰۶۲	۳/۶۸۴	۰/۰۰۸
		توان**	-۵/۴۱E-۰۰۵	۰/۰۰۰	-۱/۳۲۱	۰/۲۲۸
		توان***	۶/۳۶E-۰۰۹	۰/۰۰۰	---	---
فراوانی گردوغبار با منشا خارج از ایستگاه	حداکثر دما	مقدار ثابت	۳/۶۶E-۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۱۴۸	۰/۸۸۶
		توان	۵/۱۴۳	۲/۰۲۳	۲/۵۴۳	۰/۰۳۲
	متوسط دما	مقدار ثابت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۱۸۰	۰/۸۶۱
		توان	۴/۱۳۱	۱/۷۸۲	۲/۳۱۹	۰/۰۴۶
	متوسط رطوبت نسبی	مقدار ثابت	-۷۹۳/۱۳۹	۲۷۳/۰۷۶	-۲/۹۰۴	۰/۰۲۰
		توان**	۴/۳۴۹	۱/۲۱۱	۳/۵۹۰	۰/۰۰۷
		توان***	-۰/۱۰۹	۰/۰۳۰	-۳/۶۱۹	۰/۰۰۷
	مجموع تبخیر و تعرق	مقدار ثابت	۰/۴۵۲	۰/۱۵۳	۲/۹۶۰	۰/۰۱۶
		توان	۰/۸۱۸	۰/۰۵۰	۱۶/۴۱۹	۰/۰۰۰
فراوانی گردوغبار با منشا نزدیک ایستگاه	حداکثر دما	مقدار ثابت	۰/۳۹۵	۰/۷۴۷	۰/۵۲۸	۰/۶۱۰
		توان	۰/۱۵۲	۰/۰۶۶	۲/۳۰۴	۰/۰۴۷
	مجموع تبخیر و تعرق	مقدار ثابت	۲/۲۰۸	۱۴/۳۶۴	۰/۱۵۴	۰/۸۸۲
		توان	۰/۰۴۷	۰/۰۳۸	۱/۲۵۵	۰/۲۵۰
		توان**	-۱/۳۱E-۰۰۵	۰/۰۰۰	-۰/۵۳۲	۰/۶۱۱
		توان***	۱/۶۶E-۰۰۹	۰/۰۰۰	---	---

از آنجایی که رابطه‌سنجی تک متغیره تاثیر هر یک از متغیرهای مستقل را به صورت مجزا سنجش می‌کند، لذا علاوه بر این از رگرسیون چند متغیره با روش یک‌جا نیز جهت تاثیرسنجی گروهی متغیرهای اقلیمی و پوشش گیاهی در وقوع گردوغبار مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج حاصل از آن به صورت جداول (۵) و (۶) و روابط (۲) تا (۴) می‌باشد.

جدول ۵- نتایج حاصل از رابطه‌سنجی بین فراوانی گردوغبار با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی به صورت یک‌جا

متغیر وابسته	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	خطای استاندارد برآورد شده	سطح معنی داری
فراوانی کل گردوغبار	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۰/۹۸۱	۱۸/۱۳۷۱۳	۰/۰۰۲
فراوانی گردوغبار خارجی	۰/۹۹۲	۰/۹۸۵	۰/۹۵۰	۲۴/۵۵۵۵۱	۰/۰۱۰
فراوانی گردوغبار نزدیک	۰/۹۷۸	۰/۹۵۶	۰/۸۵۴	۱۰/۴۹۹۸۹	۰/۰۴۷

نتایج ارتباط‌سنجی فراوانی گردوغبار کل، منشا خارج از ایستگاه و منشا نزدیک ایستگاه با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی براساس روش یک‌جا حاکی از وجود حداکثر ارتباط معنی‌دار متغیرهای مزبور به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۹۴، ۰/۹۸۵ و ۰/۹۵۶ و حداقل خطای استاندارد برآورد ۱۸/۱۳۷۱۳ ، ۲۴/۵۵۵۵۱ و ۱۰/۴۹۹۸۹ در سطح معنی‌داری ۹۹ و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

۹۵ درصد می‌باشد، لذا نتایج مزبور مبین این موضوع است که به‌ترتیب ۹۹/۴، ۹۸/۵ و ۹۵/۶ درصد طوفان‌های گردوغبار توسط عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی کنترل می‌شود (جدول ۵).

جدول ۶- مقادیر ضرایب پارامترهای مدل یک‌جا بین فراوانی گردوغبار با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی

متغیر وابسته	پارامترهای مدل	استاندارد نشده		استاندارد شده	مقدار t	سطح معنی داری
		مقدار B	انحراف معیار	بتا		
فراوانی کل گرد و غبار	ضریب ثابت	-۴۹۴/۵۷۲	۲۵۲/۶۳۳		-۱/۹۵۸	۰/۱۴۵
	متوسط دمای خشک	-۱۱/۳۶۲	۹/۱۱۷	-۰/۱۹۱	-۱/۲۴۶	۰/۳۰۱
	حداکثر دما	۱۷/۳۰۴	۵/۵۷۱	۰/۴۰۰	۳/۱۰۶	۰/۰۵۳
	حداقل دما	۶/۹۵۰	۳/۴۹۳	۰/۱۵۲	۱/۹۹۰	۰/۱۴۱
	مجموع بارش	-۳/۹۰۷	۰/۹۲۹	-۰/۲۸۹	-۴/۲۰۶	۰/۰۲۵
	متوسط رطوبت نسبی	۹/۶۵۶	۳/۴۰۴	۰/۳۲۸	۲/۸۳۷	۰/۰۶۶
	مجموع تبخیر و تعرق	۰/۱۰۳	۰/۰۰۶	۰/۹۱۰	۱۶/۰۵۸	۰/۰۰۱
	پوشش گیاهی	۱/۷۴۳	۱۲۸/۶۶۵	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۹۹۰
فراوانی گردوغبار خارجی	ضریب ثابت	-۴۰۹/۰۲۲	۳۴۲/۰۳۵		-۱/۱۹۶	۰/۳۱۸
	متوسط دمای خشک	-۱۷/۵۵۲	۱۲/۳۴۳	-۰/۳۵۹	-۱/۴۲۲	۰/۲۵۰
	حداکثر دما	۱۵/۹۴۰	۷/۵۴۳	۰/۴۴۷	۲/۱۱۳	۰/۱۲۵
	حداقل دما	۷/۱۴۹	۴/۷۲۹	۰/۱۹۰	۱/۵۱۲	۰/۲۲۸
	مجموع بارش	-۳/۳۸۳	۱/۲۵۸	-۰/۳۰۴	-۲/۶۹۰	۰/۰۷۴
	متوسط رطوبت نسبی	۸/۲۳۷	۴/۶۰۸	۰/۳۴۰	۱/۷۸۷	۰/۱۷۲
	مجموع تبخیر و تعرق	۰/۰۸۲	۰/۰۰۹	۰/۸۷۶	۹/۴۰۵	۰/۰۰۳
	پوشش گیاهی	۱۴۷/۱۴۵	۱۷۴/۱۹۸	۰/۰۹۴	۰/۸۴۵	۰/۴۶۰
فراوانی گردوغبار نزدیک	ضریب ثابت	-۸۵/۵۵۱	۱۴۶/۲۵۳		-۰/۵۸۵	۰/۶۰۰
	متوسط دمای خشک	۶/۱۹۰	۵/۲۷۸	۰/۵۰۵	۱/۱۷۳	۰/۳۲۶
	حداکثر دما	۱/۳۶۴	۳/۲۲۵	۰/۱۵۳	۰/۴۲۳	۰/۷۰۱
	حداقل دما	-۰/۱۹۹	۲/۰۲۲	-۰/۰۲۱	-۰/۰۹۸	۰/۹۲۸
	مجموع بارش	-۰/۵۲۴	۰/۵۳۸	-۰/۱۸۸	-۰/۹۷۴	۰/۴۰۲
	متوسط رطوبت نسبی	۱/۴۲۰	۱/۹۷۰	۰/۲۳۴	۰/۷۲۰	۰/۵۲۳
	مجموع تبخیر و تعرق	۰/۰۲۱	۰/۰۰۴	۰/۹۱۲	۵/۷۴۳	۰/۰۱۰
	پوشش گیاهی	-۱۴۵/۴۰۲	۷۴/۴۸۷	-۰/۳۷۱	-۱/۹۵۲	۰/۱۴۶

بر مبنای روابط زیر می‌توان احتمال وقوع گردوغبارهای استان یزد را در سطح معنی داری ۹۹ و ۹۵ درصد براساس مقادیر مولفه‌های متوسط دمای خشک، حداکثر دما، حداقل دما، مجموع بارش، متوسط رطوبت نسبی، مجموع تبخیر و تعرق و پوشش گیاهی پیش‌بینی نمود.

رابطه (۲)

$$FTDS = -494.572 + (-11.362MTD) + (17.304MaT) + (6.950MiT) + (-3.907P) + (9.656H) + (.103ET) + (1.743V)$$

رابطه (۳)

$$FODS = -409.022 + (-17.552MTD) + (15.940MaT) + (7.149MiT) + (-3.383P) + (8.237H) + (.082ET) + (147.145V)$$

رابطه (۴)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

$$FIDS=-85.551+(6.190MTD)+(1.364MaT)+(-.199MiT)+(-.524P)+(1.420H)+(.021ET)+(-145.402V)$$

در این روابط *FTDS*: فراوانی کل گردوغبار، *FODS*: فراوانی گردوغبار خارجی، *FIDS*: فراوانی گردوغبار داخلی، MTD: متوسط دمای خشک، MaT: حداکثر دما، MiT: حداقل دما، P: مجموع بارش، H: متوسط رطوبت نسبی، ET: مجموع تبخیر و تعرق و V: شاخص پوشش گیاهی می باشد.

نتیجه‌گیری

ارزیابی سالانه فراوانی وقوع گردوغبار در استان یزد حاکی از حداکثر رخداد آن در ایستگاه‌های یزد و میبد است و همانگونه که نتایج نشان می‌دهد بیشترین گردوغبارها دارای منشا خارج از ایستگاه هستند. به عبارتی، فراوانی بالای گردوغبارهای خارجی نشان از موقعیت مکانی منشا تولید در بیرون از منطقه دارد و سیستم‌های جوی کلان مقیاس باعث ایجاد و انتقال آن از نواحی فرامنطقه‌ای به این منطقه شده‌اند. حداکثر فراوانی گردوغبارهای خارجی ایستگاه‌های یزد و میبد نیز به دلیل قرارگیری آنها در مسیر عبور جریان‌های سینوپتیکی نشأت گرفته از مناطق مولد می‌باشد. این نتایج با پژوهش خوشحال و همکاران (۱۳۹۱) که با تحلیل همدید گردوغبارهای ایلام، همچنین موسوی و همکاران (۱۳۹۳) که با تحلیل سینوپتیک گردوغبارهای فرین کرمانشاه و ولی و همکاران (۱۳۹۳) که با تحلیل اقلیمی و ردیابی توفانهای گردوغبار فراگیر در جنوب و مرکز ایران، بیان نمودند گردوغبارهای خارجی دارای فراوانی بیشتری نسبت به گردوغبارهای داخلی هستند، همسویگی دارد. بیشترین گردوغبارهای داخلی نیز به ترتیب در ایستگاه‌های یزد، بافق و میبد مشاهده شد که نشان از وجود یک منبع داخلی تولید و تغذیه‌کننده گردوغبار در استان یزد دارد. به عبارتی نزدیکی و هم‌جواری این ایستگاه‌ها به ریگزارهای گسترده منطقه‌ای می‌تواند دلیلی بر این مدعا باشد. این نتایج با پژوهش چیتی (۱۳۸۹) که به بررسی آماری و همدیدی و تعیین الگوهای اقلیمی و جوی حاکم بر طوفان‌های گردوخاک در منطقه یزد طی دوره ۲۰۰۹ - ۱۹۸۰ پرداخته است مطابقت دارد. در محدوده یزد که از لحاظ تکنولوژیکی، قطب صنعتی استان محسوب می‌گردد، آلودگی‌های ناشی از مراکز صنعتی و برداشت مواد معدنی نیز می‌تواند باعث افزایش فراوانی و شدت گردوغبار در این ایستگاه گردد. ادغام این دو پدیده، یعنی گردوغبار و آلودگی‌های صنعتی باعث ایجاد ریزگردهای مخرب شده که از لحاظ زیست‌محیطی ضررهای جبران ناپذیری بر زندگی انسانی، جانوری و گیاهی دارند.

در خصوص ارتباط عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی با فراوانی وقوع گردوغبار نیز می‌توان انطباق و همبستگی بسیار بالای آنها با یکدیگر را مشاهده نمود. بطوریکه نقشه‌های توزیع فضایی عناصر اقلیمی نشان از حداکثر دما و تبخیروتعرق و همچنین حداقل رطوبت نسبی و بارش و پوشش گیاهی در مناطقی دارد که بالاترین فراوانی وقوع گردوغبار را دارند. به عبارتی بیشینه فراوانی گردوغبار در ایستگاه‌های یزد و میبد و بافق بر کمینه بارش، رطوبت نسبی و پوشش گیاهی، و بیشینه دما و تبخیروتعرق منطبق است. نتایج حاصل از رابطه‌سنجی نیز این موضوع را به خوبی تایید می‌کند، بطوریکه در اغلب روابط تک متغیره حداکثر همبستگی و رابطه معنی‌دار بین فراوانی وقوع گردوغبار با عناصر دما، بارش و تبخیروتعرق وجود دارد. بدین معنی که عموماً وقوع گردوغبار تا حدودی بیش از ۸۰ درصد توسط این عناصر کنترل می‌شود. علاوه براین نتایج رگرسیون چند متغیره نیز حاکی از این موضوع است که در تمامی سالهای ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ نتایج رگرسیون چند متغیره در سطح ۹۵ درصد با ضرایب همبستگی بالای ۰/۸ معنی‌دار هستند. این حاکی از عملکرد سیستماتیک عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی در وقوع گردوغبار است. از آنجایی که رگرسیون چند متغیره نشان از

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

وجود همبستگی بسیار بالا با معنی‌داری ۹۵ درصد در تمامی سالها می‌باشد، با استفاده از معادلات حاصله می‌توان فراوانی وقوع گردوغبار را با سطع اطمینان ۹۵ درصد در استان یزد پیش‌بینی نمود. این نتایج با پژوهش‌های خاموشی (۱۳۹۳) که از طریق دورسنجی به بررسی تأثیر تغییرات عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی بر طوفان‌های گردوغبار مرکز و جنوب ایران پرداختند و همچنین شهباز مهرابی و همکاران (۱۳۹۴) که ارتباط پارامترهای اقلیمی درجه حرارت، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد را با داده‌های قدرت دید و تعداد روزهای گردوغباری در مقیاس ماهانه و سالانه در استان خوزستان تحلیل کردند، مطابقت دارد.

فراوانی وقوع گردوغبار و ارتباط آن با عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی در دوره زمانی مطالعاتی در کل استان یزد نشان از وضعیت نامطلوب مناطق تحت حاکمیت گردوغبار و بی‌توجهی مسئولان به آن و تصمیمات مقطعی در این زمینه را دارد. نتایج حاصله از تغییرات شاخص پوشش گیاهی و عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های مطالعاتی بیانگر اختلال در مناطق مولد گردوغبار خارج از استان و حتی در مناطق با منشا نزدیک به ایستگاه است که این امر می‌تواند به دلیل طرح‌ریزی برنامه‌های مقطعی و کوتاه مدت و عدم توجه به برنامه جامع مدیریت بحران گردوغبار در مناطق مولد طوفان باشد. با توجه به اینکه اغلب چشمه‌های تولید گردوغبار، در مناطق خارج از ایستگاه‌ها واقع شده‌اند؛ برای اینکه میزان اثرگذاری هر یک از آنها در تولید و پراکنش ریزگردها مشخص شود، شایسته است که با بررسی رسوبات به جای مانده در نواحی تحت تاثیر و مطالعات مینرالوژیکی اقدام به منشایابی کرد. به طور کلی فعالیت‌های پیشگیرانه‌ای در استان یزد می‌توان انجام داد که اقدامات بیولوژیکی راه‌حل‌های کلیدی جهت غلبه بر گردوغبار هستند. نمونه‌ی چنین اقداماتی می‌توان به ایجاد پوشش گیاهی در مناطق بیابانی، مدیریت اصولی منابع آب، مدیریت دانش محور طرح‌های توسعه کشاورزی، مدیریت منطقی اراضی بایر و استفاده از مدیریت بحران در قالب اجرای طرح‌هایی مانند مالچ پاشی، نهال کاری، احیای تالابها و غیره اشاره نمود که می‌تواند با جایابی در برنامه‌های زمانی مختلف روند گسترش گردوغبار و مخاطرات زیست‌محیطی را در منطقه کاهش داده و تحت کنترل قرار دهد.

منابع

ایرانمنش، فاضل؛ محمود عرب خدری. ۱۳۸۴. بررسی مناطق ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های انتشار آن‌ها در طوفان‌های منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای. *نشریه پژوهش و سازندگی*، **۲**: ۲۵ – ۳۳.

تقوی، فرحناز؛ الهه اولاد، طاهر صفرراد و پرویز ایران نژاد. ۱۳۹۲. تشخیص و پایش طوفان گرد و غبار غرب ایران با استفاده از روش‌های سنجش از دور. *فصلنامه فیزیک زمین و فضا*، **۳**: ۸۳ – ۹۶.

خاموشی، سجاد. ۱۳۹۳. *بررسی تأثیر تغییرات عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی بر طوفان های گردوغبار با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: مرکز و جنوب ایران)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بیابان زدایی، استاد راهنما: عباسعلی ولی، گروه مهندسی علوم بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان.

خوشحال دستجردی، جواد؛ سیدحجت موسوی، و عبدالرضا کاشکی. ۱۳۹۱. تحلیل همدید طوفان‌های گرد و غبار ایلام (۱۹۸۷-۲۰۰۵). *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، **۴۶**: ۱۵-۳۴.

ذوالفقاری، حسن؛ حیدر عابدزاده. ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران. *جغرافیا و توسعه*، **۳(۶)**: ۱۷۳-۱۸۷.

رستمی، دانا، و سید اسعد حسینی. ۱۳۹۷. واکاوی و ردیابی پدیده گردوغبار در جنوب و جنوب شرق ایران با استفاده از مدل HYSPLIT و اصول سنجش‌ازدور. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **۵(۳)**: ۱۰۳-۱۰۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

رسولی، علی اکبر؛ بهروز ساری صراف و غلامحسن محمدی. ۱۳۹۰. تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روشهای آمارهای ناپارامتری. جغرافیای طبیعی، **۴(۱۱)**: ۱ – ۱۶.

رئیس‌پور، کوهزاد. ۱۳۸۷. *تحلیل آماری و همدید پدیده گرد و غبار در استان خوزستان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: تقی طاوسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، گروه اقلیم‌شناسی.

طاووسی، تقی؛ محمود خسروی و کوهزاد رئیس‌پور. ۱۳۸۹. تحلیل همدیدی سامانه‌های گردوغباری در استان خوزستان. *جغرافیا و توسعه*، **۲۰**: ۹۷ – ۱۱۸.

عزیزی، قاسم؛ مرتضی میری و سید امید نبوی. ۱۳۹۱. ردیابی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، **۲(۷)**: ۶۳ - ۸۱.

لشکری، حسن؛ قاسم کیخسروی. ۱۳۸۷. تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۱۹۹۳ - ۲۰۰۵. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۵۶**: ۱۷– ۳۴.

موسوی، سیدحجت؛ سجاد خاموشی، و احسان تمسکی. ۱۳۹۳. تحلیل سینوپتیک گردوغبارهای فرین کرمانشاه. *پژوهش های فرسایش محیطی*، **۳(۱۳)**: ۳۹-۴۹.

ولی، عباسعلی؛ سجاد خاموشی، سیدحجت موسوی، فاطمه پناهی، و احسان تمسکی. ۱۳۹۳. تحلیل اقلیمی و ردیابی توفانهای گردوغبار فراگیر در جنوب و مرکز ایران. *محیط شناسی*، **۴۰(۴)**: ۹۶۱-۹۷۲.

Chang, C.C.; I.M. Lee, S.S. Tsai, and C.Y. Yang. ۲۰۰۶. Correlation of asian dust storm events with daily clinic visits for allergic rhinitis in taipei, Taiwan. *J. Toxicol. Environ. Health Part A*, ۶۹: ۲۲۹-۲۳۵.

Chuang, K.J.; C.C. Chan, N.T. Chen, T.C. Su, and L.Y. Lin. ۲۰۰۵. Effects of particle size fractions on reducing heart rate variability in cardiac and hypertensive patients. *Environ. Health Perspect.*, ۱۱۳: ۱۶۹۳-۱۶۹۷.

Chung, Y.S.; and M.B. Yoon. ۱۹۹۶. On the occurrence of yellow sand and atmospheric loadings. *Atmos. Environ.*, ۳۰: ۲۳۸۷-۲۳۹۷.

Dayan, U.; B. Ziv, T. Shoob, and Y. Enzel. ۲۰۰۸. Suspended dust over southeastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulations. *Int. J. Climatol.*, ۲۸: ۹۱۵-۹۲۴. **DOI**: ۱۰,۱۰۰۲/joc.۱۵۸۷.

Ekstrom, M.; G.H. Mctainsh, and A. Chappell. ۲۰۰۴. Australian dust storms: temporal trends and relationships with synoptic pressure distribution (۱۹۶۰–۹۹). *Int. J. Climatol.*, ۲۴: ۱۵۸۱–۱۵۹۹.

Engelstaedter, S. ۲۰۰۱. Dust Storm Frequencies and Their Relationship to Land Surface Conditions. Friedrich-Schiller University. Berlin.

Fan, X.B.; K. Okada, N. Niimura, K. Kai, K. Arao, G.Y. Shi, Y. Qin, and Y. Mitsuta. ۱۹۹۶. Mineral particles collected in china and japan during the same asian dust-storm event. *Atmos. Environ.*, ۳۰: ۳۴۷-۳۵۱.

Fu, P.; J. Huang, C. Li, and S. Zhong. ۲۰۰۸. The properties of dust aerosol and reducing tendency of the dust storms in northwest China. *Journal of Atmospheric Environment*, ۴۲: ۵۸۹۶– ۵۹۰۴.

Ginoux, P.; D. Garbuzov, and N. Hsu, ۲۰۱۰. Identification of anthropogenic and natural dust sources using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Deep Blue level ۲ data. *Journal of Geophysical Research*, ۱۱۵: ۱-۱۰. **DOI**:۱۰,۱۰۲۹/۲۰۰۹JD۰۱۲۳۹۸,

Goudie, A.S. ۲۰۰۹. Dust storms: Recent developments. *Journal of Environmental Management*, ۹۰: ۸۹–۹۴.

Goudie, A.S.; and N.J. Middleton. ۲۰۰۱. Saharan dust storms: nature and consequences. *Journal of Earth Sci. Rev.*, ۵۶: ۱۷۹–۲۰۴.

Goudie, A.S.; and N.J. Middleton. ۲۰۰۶. *Desert Dust in the Global System*. Springer, Heidelberg.

Huang, J.; g. Ge, F. Weng. ۲۰۰۷. Detection of Asian dust storms using multisensory satellite measurements. *J. Remote Sensing Environment*, ۱۱۰: ۱۸۶-۱۹۱.

Huang, M.; G. Peng, J. Zhang, and S. Zhang. ۲۰۰۶. Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China. *Journal of Global and Planetary Change*, ۵۲: ۲۱۶–۲۲۴.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

Kai, Z.; and H. Gao. ۲۰۰۷. The characteristics of Asian-dust storms during ۲۰۰۰-۲۰۰۲: From the source to the sea. *J. Atmospheric Environment*, ۴۱: ۹۱۳۶-۹۱۴۵.

Lasserre, F.; G. Cautenet, S.C. Alfaro, L.R. Gomes, J.L. Rajot, S. Lafon, A. Gaudichet, B. Chatenet, M. Maille, H. Cachier, P. Chazette, and X.Y. Zhang. ۲۰۰۵. Development and validation of a simple mineral dust source inventory suitable for modeling in North Central China. *Journal of Atmospheric Environment*, ۳۹: ۳۸۳۱–۳۸۴۱. **DOI**: ۱۰,۱۰۱۶/j.atmosenv.۲۰۰۵,۰۲,۰۵۶

Lee, Y.C.; X. Yang, and M. Wenig. ۲۰۱۰. Transport of dusts from East Asian and non-East Asian sources to Hong Kong during dust storm related events ۱۹۹۶-۲۰۰۷. *Journal of Atmospheric Environment*, ۴۴: ۳۷۲۸-۳۷۳۸.

Prospero, J.M.; and P.J. Lamb. ۲۰۰۳. African droughts and dust transport to the Caribbean: climate change implications, *Science*, **۳۰۲(۵۶۴۷)**: ۱۰۲۴-۱۰۲۷.

Qian, W.; L. Quan, and S. Shi. ۲۰۰۲. Variations of the dust storm in China and its climatic control. *Journal of Climate*, **۱۵(۱۰)**: ۱۲۱۶-۱۲۲۹.

Shao, Y.; K.-H. Wyrwoll, A. Chappell, J. Huang, Z. Lin, G.H. McTainsh, M. Mikami, T. Y. Tanaka, X. Wang, and S. Yoon. ۲۰۱۱. Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science. *Aeolian Research*, **۲(۴)**: ۱۸۱–۲۰۴.

Song, Z. ۲۰۰۴. A numerical simulation of dust storms in China. *Journal of Environmental Modelling & Software*, **۱۹**: ۱۴۱–۱۵۱.

Wang, X.; J.P. Huang, M.X. Ji, and K. Higuchi. ۲۰۰۸. Variability of east asia dust events and their long-term trend. *Atmos. Environ.*, ۴۲: ۳۱۵۶-۳۱۶۵.

Wang, Y.Q.; X.Y. Zhang, R. Arimoto, J.J. Cao, and Z.X. Shen. ۲۰۰۵. Characteristics of carbonate content and carbon and oxygen isotopic composition of northern China soil and dust aerosol and its application to tracing dust sources. *Atmospheric Environment*, **۳۹(۱۴)**: ۲۶۳۱-۲۶۴۲.

Wang, Y.Q.; X.Y. Zhang, S.L. Gong, C.H. Zhou, X.Q. Hu, H.L. Liu, T. Niu, Y.Q. Yang, ۲۰۰۷. Surface observation of sand and dust storm in east asia and its application in cuace/dust. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, ۷: ۹۱۱۵-۹۱۳۸.

Wang. E.; L. Qiming, Y. Na, W. Xianhua, and M. Jinji. ۲۰۱۳. Air quality evaluation on an urban scale based on MODIS satellite images. *Atmospheric Reasearch*, **۱۳۲-۱۳۳**: ۲۲-۳۴.

Wong, S.; and A.E. Dessler. ۲۰۰۵. Suppression of deep convection over the tropical North Atlantic by the Saharan Air Layer. *Geophys. Res. Lett.*, **۳۲:** ۱-۴. **DOI**: ۱۰,۱۰۲۹/ ۲۰۰۴GL۰۲۲۲۹۵.

Zhao, T.X-P.; S. Ackerman, and W. Guo. ۲۰۱۰. Dust and smoke detection for multi-channel imagers. *Remote Sensing*, **۲(۱۰)**: ۲۳۴۷-۲۳۶۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.3.121]