

پایش زمانی پدیده گردوغبار در استان‌های البرز و قزوین

طیبه مصباح‌زاده^{۱*}، ناهید علی‌پور^۲، حسن احمدی^۳، آرش ملکیان^۴، محمد جعفری^۵

۱. استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران nahidalipour@ut.ac.ir

۳. استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران hasanahmadi@ut.ac.ir

۴. دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران malekian@ut.ac.ir

۵. استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران jafari@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۲۲

چکیده

پدیده گردوغبار از مشکلات در حال گسترش چند دهه اخیر است که تأثیرات نامطلوبی بر منابع مختلف به‌خصوص محیط‌زیست و سلامت انسان می‌گذارد. بنابراین در این تحقیق تلاش شد که فراوانی سالانه و ماهانه و همچنین روند وقایع گردوغبار بررسی شود. در این پژوهش از داده‌های ساعتی گردوغبار در ۷ ایستگاه سینوپتیک منتخب استان‌های قزوین و البرز در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ استفاده شد. برای مطالعه این رخدادها از کدهای هواشناسی ۰۶ و ۰۷ استفاده و با توجه به آن فراوانی ماهانه و سالانه در طول دوره آماری تجزیه و تحلیل شد. بررسی سالانه گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب نشان داد ایستگاه کرج با ۱۶۹ روز و ایستگاه قزوین با ۱۱۵ روز به ترتیب بیشترین روزهای همراه با گردوغبار را داشتند و سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۱ پر گردوغبارترین سال‌ها در کل دوره آماری هستند. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که بیشتر گردوغبارهای رخ داده از مناطق دوردست وارد ایستگاه‌های مطالعاتی شده‌اند. بررسی ماهانه نیز نشان داد که ماه می با ۱۱۶ رخداد و پس از آن ماه ژوئن با ۱۱۵ رخداد بیشترین فراوانی، و ماه‌های نوامبر و دسامبر با ۹ رخداد کمترین فراوانی وقوع را در دوره آماری داشتند که با توجه به کد ۰۶ ماه می و نوامبر به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی وقوع و با توجه به کد ۰۷ ماه‌های ژوئن و اکتبر بیشترین فراوانی رخداد گردوغبار را داشتند. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد در منطقه مورد مطالعه با شروع فصل بهار و دوره گرم و در پی آن فصل تابستان، فراوانی روزهای همراه با گردوغبار افزایش یافته است که می‌توان به افزایش ساعات تابش روزانه خورشید، گرمایش سطحی و همچنین وجود برخی ناپایداری‌های محلی نسبت داد.

کلیدواژه

روند سالانه، فراوانی سالانه، فراوانی ماهانه، کدهای هواشناسی، گردوغبار.

۱. سرآغاز

ذرات معلق می‌تواند حتی به بیش از ۶۰۰۰ میلی‌گرم در هر مترمکعب هوا برسد (خوشحال‌دستجردی، ۱۳۹۱). در سال‌های اخیر گردوغبارهای بیابان‌ها به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته و نقش مهمی را در تغییرات آب و هوای جهان به‌وجود آورده است (یاراحمدی و خوش‌کیش، ۱۳۹۲). امروزه آلودگی ناشی از ذرات گردوغبار به یکی از

طوفان گردوغبار یا ریز گرد پدیده‌ای است که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه خشک در نتیجه سرعت زیاد باد و تلاطم آن بر سطح خاک بدون پوشش و مستعد فرسایش به وجود می‌آید. این پدیده اغلب باعث کاهش میزان دید به کمتر از یک کیلومتر شده و در شدیدترین حالت غلظت

آن در فصل پاییز اتفاق می افتد. بیشینه رخداد پدیده گردوغبار با کد ۰۷ نیز نشان داد در هنگام پیش از ظهر هسته‌های بیشینه آن در مناطق جنوب شرقی و ناحیه ساحلی دریای عمان به وجود می آید. اصغری پوده و همکاران (۱۳۹۴) طی پژوهشی، تغییرات زمانی و مکانی طوفان‌های گردوغبار در استان خوزستان را در دوره آماری ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ با استفاده از شاخص تجربی طوفان‌های گردوغبار (DSI) ارزیابی و پهنه بندی کردند. نتایج نشان داد که مقدار شاخص برای استان خوزستان با گذشت زمان کاهش یافته و این مقدار به طور کلی برابر ۳۸ واحد شاخص DSI است. در پژوهشی، منابع گردوغبار آسیایی و نقش تغییرات آب و هوایی در مقابل بیابان زایی را در انتشار گردوغبارهای آسیایی ارزیابی کردند (Zhang et al, 2003). نتایج نشان داد که بیابان‌های مغولستان و چین غربی و شمالی ۷۰ درصد مجموع گردوغبارها را در بر گرفته‌اند و انتشار گردوغبار در طول ۲۰ سال گذشته در چندین منطقه افزایش یافته است. در پژوهشی، طوفان گردوغبار ۲۳ اکتبر ۲۰۰۲ در استرالای شرقی را پایش و ارزیابی کردند و نتایج نشان داد که ۶ ماه قبل از وقوع این رخداد شرایط خشکی بسیار شدیدی در این منطقه حاکم بوده و همچنین میانگین حداکثر دما باعث افزایش نرخ تبخیر و تعرق، کاهش شدید رطوبت خاک و پوشش گیاهی شده است (Mc Tainsh et al, 2005). در تحقیقی بیابان صحارا در غرب آفریقا و غرب چین را قوی ترین منابع گردوغبار جهانی ذکر می کنند (Goudie et al, 2009). طی پژوهشی، سه رویداد گردوغبار مهم سال ۲۰۱۰ که در شمال هند، در طول فصل موسمی، رخ داده بود را از طریق اندازه گیری‌های زمینی، ماهواره‌ای و برآورد مدل تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان دادند که همه طوفان‌های گردوغبار نشئت گرفته از بیابان تار یا حمل شده از آن و تحت تأثیر شرایط مطلوب ایجاد شده‌اند (Kumar et al, 2015). در تحقیقی وضعیت سینوپتیکی دو طوفان گردوغبار رخ داده در عراق را تجزیه و تحلیل کردند و نتیجه گرفتند این طوفان‌ها نخست از مناطق منشأ نزدیک مرز عراق-سوریه به وسیله

معضلات زیست محیطی به خصوص در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است (علی آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از مهم ترین پیامدهای زیست محیطی گردوغبار جو، اثر آن بر اقلیم از طریق سازوکارها و تأثیرات ممکن است. گردوغبار می تواند بر درجه حرارت، جذب و پخش تابش خورشید با تغییر در تابش موج کوتاه ارسالی به سطح زمین و تابش موج بلند از زمین اثر بگذارد. با این حال توازن بین این دو گرایش که گردوغبار باعث گرم شدن یا سرد شدن می شود وابسته به متغیرهای دیگری همچون اندازه ذرات گردوغبار و ترکیبات شیمیایی آنها است (Goudie and Middleton, 2001) گردوغبار به عنوان پدیده بارز مناطق بیابانی، سبب اختلال در فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، زیرساخت‌های اجتماعی، حمل و نقل و صنایع می شود. همچنین حجم فراوان ذرات حمل شده به تروپوسفر، بیان انرژی را تحت تأثیر قرار می دهد که متعاقب آن شرایط آب و هوایی و اقلیم آن ناحیه نیز تحت تأثیر قرار می گیرد (Takemi and Seino, 2005). مطالعات گسترده‌ای با نگرش‌ها و روش‌های مطالعه مختلف مرتبط با پدیده گردوغبار در کشورهای مختلف به ویژه در مناطق درگیر با چنین پدیده‌ای انجام گرفته است. ناصرپور (۱۳۹۱)، منشأ طوفان‌های گردوغبار در جنوب غرب ایران را با استفاده از روش‌های سینوپتیکی و سنجش از دور در دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ را بررسی کرد. نتایج تحلیل آماری نشان داد که گردوغبارها از سال ۲۰۰۰ به بعد همواره سیر صعودی داشته و با توجه به نقشه‌های به دست آمده مشخص شد که گردوغبارها از شمال به جنوب منطقه افزایش یافته‌اند. موحدی و همکاران (۱۳۹۳)، پدیده‌های آب و هوایی مرتبط با گردوغبار از ۸۵ ایستگاه همدید کشور را در بازه زمانی مشترک ۲۰ ساله (۱۹۸۹-۲۰۰۸)، به صورت آماری ارزیابی و پایش کردند. همچنین نتیجه گرفتند که پدیده گردوغبار با کد هواشناسی ۰۶ در غرب ایران دارای بیشینه رخداد است و بیشینه رخداد فصلی آن در غرب کشور و نواحی جنوبی ایران در فصل تابستان است و کمینه رخداد فصلی

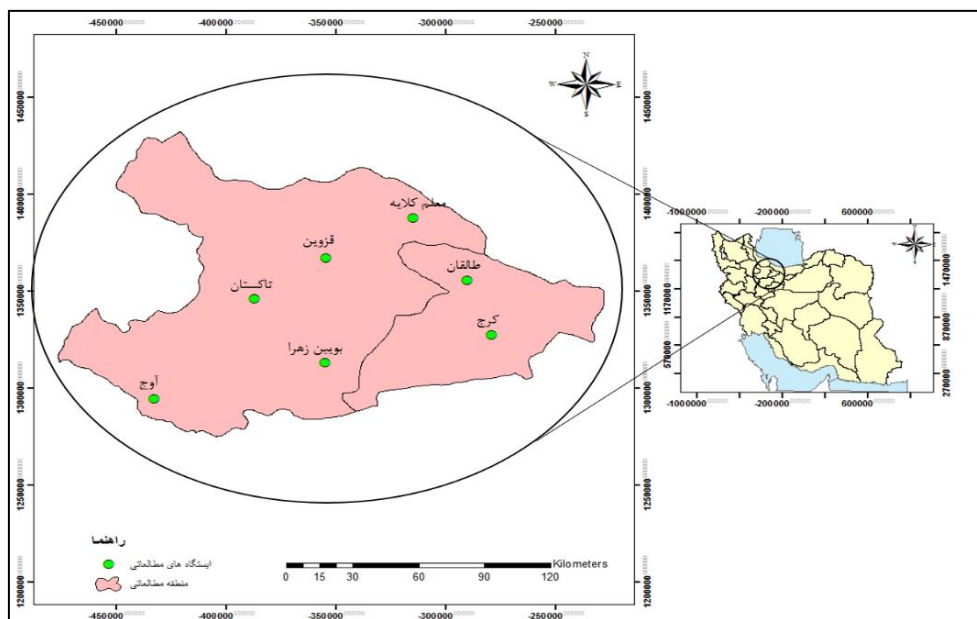
تا بتوان با استفاده از نتایج آن، خسارت‌های ناشی از این پدیده را به حداقل رساند.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مطالعاتی

استان البرز با مساحت ۵۱۲۱/۶۹۴ کیلومترمربع وسعت در قسمت میانی رشته‌کوه‌های البرز واقع شده که در محدوده ۵۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۰ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این استان از شمال با استان مازندران و از جنوب با استان مرکزی، از شرق با استان تهران و از غرب با استان قزوین هم جوار است. استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومترمربع بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. از شمال به استان‌های مازندران و گیلان، از غرب به استان‌های همدان و زنجان، از جنوب به استان مرکزی و از شرق به استان البرز محدود می‌شود.

یک سرعت عمودی منفی به سمت بالا کشیده شده و بادهای پر قدرت غربی آن‌ها را به سمت شرق حرکت می‌دهد (Ibrahim, 2013 and Al-Jumaily). در پژوهشی برای تشخیص گردوغبارهای آسیایی با استفاده از تصاویر MODIS، استفاده از تصاویر MODIS را برای پایش وقوع و انتشار گردوغبار آسیایی مورد تأکید قرار داد. نتایج نشان داد که معیارهای شناسایی مشخص شده از تجزیه و تحلیل گردوغبار زمینی و اقیانوسی می‌تواند برای تشخیص گردوغبارهای آسیایی نیز استفاده شود. همچنین الگوریتم نظارت برای وقوع و پراکنش این گردوغبارها مفید است (Zhao, 2012). ذوالجودی و همکاران (۲۰۱۳)، طی پژوهشی وقایع گردوغبار در بخش‌های غربی ایران و ارتباط آن با توسعه خشک سالی روی مناطق منبع گردوغبار در عراق و سوریه را بررسی کردند. نتایج نشان داد که خشک‌سالی‌های اخیر در مناطق منبع گردوغبارهای خارجی، پتانسیل قابل توجهی در افزایش وقوع گردوغبار در غرب ایران دارند. در پژوهش حاضر تلاش شد فراوانی سالانه و ماهانه پدیده‌های گردوغبار رخ داده در استان‌های قزوین و البرز در طول دوره آماری مورد نظر بررسی شود



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

۲.۲. روش‌شناسی تحقیق

برای بررسی آماری گردوغبار، از داده‌های گردوغبار به صورت روزانه طی ۸ ساعت دیده‌بانی ساعتی در قالب کدهای ویژه‌ای در دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۴)، از سازمان هواشناسی اخذ شد که به صورت آماری پردازش و تحلیل شدند. ایستگاه‌های سینوپتیک متعددی در دو استان البرز و قزوین وجود دارند که بسیاری از آنان تازه تأسیس و فاقد آمار طولانی مدت هستند. بنابراین پس از بررسی آمار تمامی ایستگاه‌ها، تنها ۷ ایستگاه دارای دوره آماری مناسب بودند که با توجه به موقعیت جغرافیایی آن‌ها انتخاب شدند. انواع متفاوتی از گردوغبار وجود دارد که سازمان هواشناسی جهانی (WMO) آن‌ها را برحسب عوامل هواشناختی ایجادکننده، محدوده تأثیر، میزان کاهش دید افقی و سرعت باد همراه آن‌ها به صورت کدهایی طبقه‌بندی کرده است. این کدها در گروه هوای حاضر (WW) گزارش‌ها سینوپتیک دیده‌بانی و ثبت می‌شوند. در سازمان هواشناسی کشور به دلیل عدم استخراج آمارهای مربوط به گردوغبار به تفکیک کدها، دسترسی به آمار تفکیک‌شده گردوغبار مشکل است (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۲). در این تحقیق، روز همراه با گردوغبار روزی است که طی ۸ بار دیده‌بانی عناصر جوی در شبانه‌روز حداقل یک‌بار در هر ایستگاه گزارش شود و اگر در یک روز معین، گردوغبار چندین بار در طی هشت بار دیده‌بانی شبانه‌روزی عناصر جوی مشاهده شد، ساعتی که کمترین دید افقی را داشت به‌عنوان روز همراه با گردوغبار انتخاب می‌شود. بنابراین با توجه به هدف این تحقیق برای استخراج روزهای همراه با گردوغبار از دیگر پدیده‌ها از نرم‌افزار متلب استفاده شد. منظور از کد ۰۶ گردوغبارهای معلق در هوا است که در اثر طوفان شن یا خاک از نقاط دور به ایستگاه آمده است و منظور از کد ۰۷ گردوغبار یا شنی است که به وسیله باد در ایستگاه یا در نزدیکی آن، در ساعت دیده‌بانی بلند شده است (زنگنه، ۱۳۹۳). در این تحقیق فراوانی ماهانه و سالانه روزهای همراه با گردوغبار

بدون محدودیت دید ارزیابی و سپس با توجه به کدهای ۰۶ و ۰۷ تفکیک شدند. برای بررسی سالانه پدیده گردوغبار فراوانی روزهایی که در آن‌ها گردوغبار رخ داده و برای بررسی ماهانه نیز فراوانی روزهای همراه با گردوغبار که در ماه‌های مختلف سال اتفاق افتادند، با توجه به کدهای پدیده برای هر سال در محیط Excel محاسبه شد. برای بررسی روند فراوانی سالانه گردوغبار از روش درون‌یابی IDW (وزن دهی با فاصله معکوس) استفاده شد که با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.4 صورت گرفت. با توجه به اینکه عمده رخدادهای گردوغبارها از سال ۲۰۰۸ به بعد اتفاق افتاده است بنابراین پهنه‌بندی نیز برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ برای تمامی ایستگاه‌های منتخب انجام شد.

۳. نتایج

۳.۱. بررسی سالانه پدیده گردوغبار

فراوانی سالانه رخداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار نشان داد که در مجموع ۵۵۷ روز همراه با گردوغبار با کدهای دیده‌بانی ۰۶ و ۰۷ برای ایستگاه‌های منتخب در استان‌های البرز و قزوین رخ داده است (جدول ۱). با توجه به جدول مشاهده می‌شود ایستگاه کرج با ۱۷۳ روز و ایستگاه قزوین با ۱۱۷ روز به ترتیب بیشترین روزهای همراه با گردوغبار را داشتند. ایستگاه کرج در سال ۲۰۱۲ با ۲۵ روز و سال ۲۰۱۴ با ۲۴ روز بیشترین وقوع، و سال ۲۰۰۱ بدون گردوغبار بوده است که متوسط سالانه گردوغبار این ایستگاه ۱۱ روز است. در ایستگاه طالقان با وجود خلأ آماری از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷، بررسی پدیده گردوغبار تنها برای ۷ سال صورت گرفت اما با وجود آن، میانگین روزهای همراه با گردوغباری این ایستگاه ۱۱ روز است. در ایستگاه قزوین سال ۲۰۱۱ با ۲۳ روز بیشترین رخداد و سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ بدون گردوغبار بوده و متوسط روزهای همراه با گردوغبار ۷ روز است. ایستگاه بوبین‌زهر در سال‌های ۲۰۱۰ با فراوانی ۱۴ روز بیشترین و سال ۲۰۱۴ با فراوانی ۱ روز کمترین رخداد پدیده را در

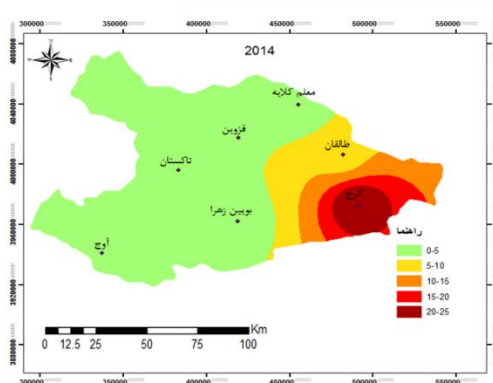
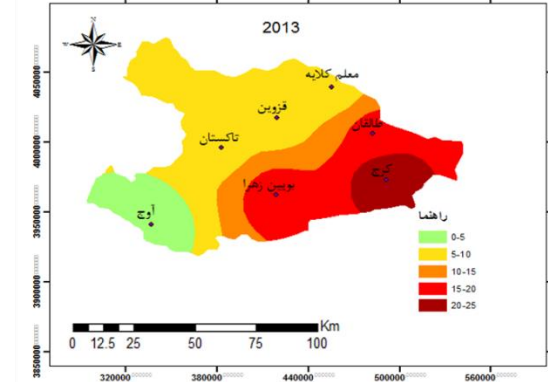
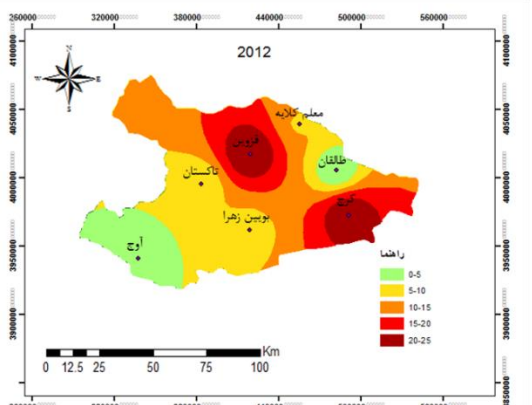
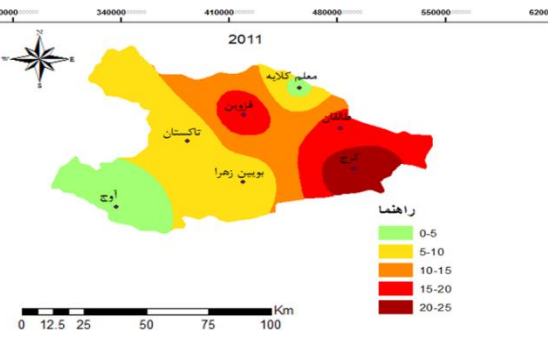
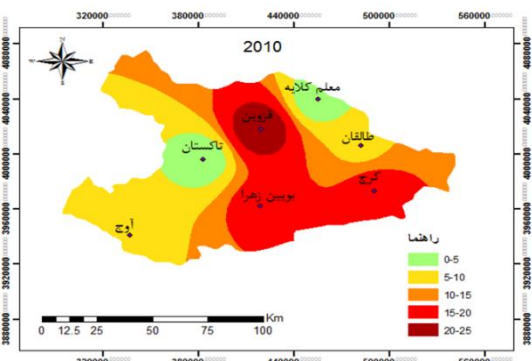
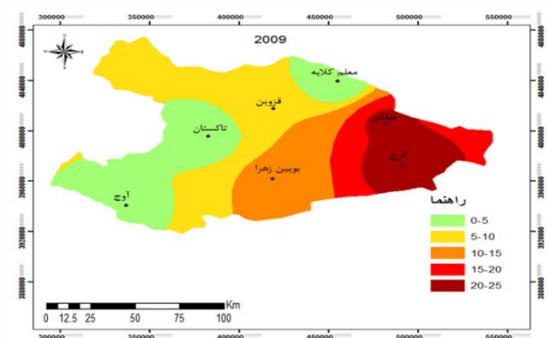
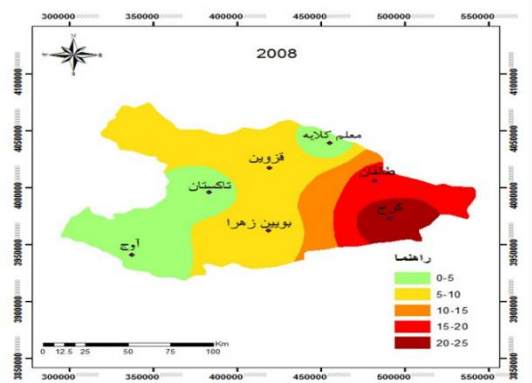
شناخته می‌شود. در شکل ۲ روند سالانه گردوغبار از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ با استفاده از روش درون‌یابی IDW نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل نیز نمایش داده شده تمرکز گردوغبارها در طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ بیشتر در ایستگاه کرج بوده که با رنگ قهوه‌ای مشخص شده است.

طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ داشته است. در این ایستگاه نیز با وجود خلأ آماری از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷، متوسط روزهای همراه با گردوغبار ۹ روز به دست آمد. به‌طور کلی در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ بیشترین پدیده گردوغبار رخ داده است که سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ به ترتیب با ۱۰۹ و ۹۹ روز، پرگردوغبارترین سال‌ها در کل دوره آماری

جدول ۱. فراوانی سالیانه روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

سال آماری	کرج	طالقان	قزوین	تاکستان	معلم کلابه	اوج	بویین‌زهرا
۲۰۰۰	۲	*	۱۸	۰	۰	۰	*
۲۰۰۱	۰	*	۱	۰	۰	۰	*
۲۰۰۲	۷	*	۰	۰	۰	۰	*
۲۰۰۳	۲	*	۹	۰	۰	۰	*
۲۰۰۴	۵	*	۱	۲	۰	۰	*
۲۰۰۵	۳	*	۵	۲	۱	۱	*
۲۰۰۶	۸	*	۱	۱	۰	۰	*
۲۰۰۷	۱۱	*	۰	۲	۰	۰	*
۲۰۰۸	۲۰	۱۲	۶	۳	۲	۲	۵
۲۰۰۹	۱۸	۱۵	۷	۳	۱	۴	۸
۲۰۱۰	۱۳	۱۰	۱۷	۷	۷	۱۰	۱۴
۲۰۱۱	۲۳	۸	۲۳	۱۱	۱۳	۸	۱۳
۲۰۱۲	۲۵	۱۹	۲۱	۱۲	۱۱	۸	۱۳
۲۰۱۳	۱۲	۸	۴	۵	۴	۲	۹
۲۰۱۴	۲۴	۶	۴	۱	۱	۲	۱
مجموع	۱۷۳	۷۸	۱۱۷	۴۹	۴۰	۳۷	۶۳
میانگین	۱۱/۵۳	۱۱/۱۴	۷/۸	۳/۲۷	۲/۶۷	۲/۴۷	۹

علامت * نشان‌دهنده خلأ آماری در ایستگاه مورد نظر است.



شکل ۲. روند سالانه گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴

داشته است. همچنین متوسط روزهای همراه با گردوغبار برای این ایستگاه ۱۱ روز است که از تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی بیشتر است. دیگر ایستگاه‌های بویین‌زهرا، تاکستان، معلم کلایه و آوج به ترتیب با ۵۷، ۴۲، ۴۰ و ۳۶ روز کمترین رخداد پدیده را داشتند. فراوانی روزهای همراه با گردوغبار با توجه به کد ۰۷ نیز نشان داد که ایستگاه کرج با ۶۹ روز و ایستگاه قزوین با ۲۷ روز، به ترتیب بیشترین فراوانی وقوع گردوغبار را داشتند و دیگر ایستگاه‌های تاکستان، بویین‌زهرا و آوج به ترتیب با ۷، ۶ و ۱ روز کمترین وقوع پدیده را داشتند و ایستگاه‌های طالقان و معلم کلایه نیز هیچ رخدادی با توجه به کد ۰۷ نداشتند (جدول ۲).

فراوانی روزهای همراه با پدیده گردوغبار با تفکیک کدهای ۰۶ و ۰۷ نیز نشان داد بیشترین روزهای همراه با گردوغبار با توجه به کد ۰۶ در ایستگاه کرج با ۱۰۴ روز و کمترین وقوع نیز در ایستگاه آوج با ۳۶ روز رخ داده است که با توجه به آن مشخص شد ایستگاه کرج با ۲۲ روز در سال ۲۰۱۴ بیشترین وقوع گردوغبار را داشته و میانگین سالانه روزهای گردوغباری این ایستگاه ۷ روز است. ایستگاه قزوین در مجموع ۹۱ روز رخداد گردوغبار داشته که در سال ۲۰۱۱ با ۲۲ روز بیشترین وقوع پدیده و در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷ هیچ پدیده گردوغباری رخ نداده است. ایستگاه طالقان در سال ۲۰۱۲ با فراوانی ۱۹ روز بیشترین و سال ۲۰۱۴ با ۶ روز کمترین رخداد را

جدول ۲. فراوانی سالیانه روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب (۲۰۰۰-۲۰۱۴) با استفاده از کدهای ۰۶ و ۰۷

سال آماری	کرج		طالقان		قزوین		تاکستان		معلم کلایه		آوج		بویین‌زهرا	
	کد ۰۶	کد ۰۷	کد ۰۶	کد ۰۷	کد ۰۶	کد ۰۷	کد ۰۶	کد ۰۷	کد ۰۶	کد ۰۷	کد ۰۶	کد ۰۷	کد ۰۶	کد ۰۷
۲۰۰۰	۱	۱	*	*	۱۴	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	*	*
۲۰۰۱	۰	۰	*	*	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	*	*
۲۰۰۲	۱	۶	*	*	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	*	*
۲۰۰۳	۰	۲	*	*	۶	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	*	*
۲۰۰۴	۲	۳	*	*	۰	۱	۰	۲	۰	۰	۰	۰	*	*
۲۰۰۵	۱	۲	*	*	۱	۴	۲	۰	۱	۰	۰	۱	*	*
۲۰۰۶	۴	۴	*	*	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	*	*
۲۰۰۷	۶	۵	*	*	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	*	*
۲۰۰۸	۴	۱۶	۱۲	۰	۲	۴	۱	۲	۲	۰	۲	۰	۵	۰
۲۰۰۹	۱۱	۷	۱۵	۰	۴	۳	۳	۰	۱	۰	۴	۰	۸	۰
۲۰۱۰	۸	۵	۱۰	۰	۱۶	۱	۷	۰	۷	۰	۱۰	۰	۱۲	۲
۲۰۱۱	۱۶	۷	۸	۰	۲۲	۱	۱۱	۰	۱۳	۰	۸	۰	۱۱	۲
۲۰۱۲	۲۱	۴	۱۹	۰	۱۸	۳	۱۲	۰	۱۱	۰	۸	۰	۱۳	۰
۲۰۱۳	۷	۵	۸	۰	۳	۱	۳	۲	۴	۰	۲	۰	۷	۲
۲۰۱۴	۲۲	۲	۶	۰	۳	۱	۱	۰	۱	۰	۲	۰	۱	۰
مجموع	۱۰۴	۶۹	۷۸	۰	۹۱	۲۶	۴۲	۷	۴۰	۰	۳۶	۱	۵۷	۶
میانگین	۶/۹۳	۴/۶۰	۱۱/۱۴	۰	۶/۰۷	۱/۷۳	۳/۸۲	۰/۶۴	۲/۶۷	۰	۲/۴۰	۰/۰۷	۸/۱	۱/۲

علامت * نشان‌دهنده خلأ آماری در ایستگاه مورد نظر است.

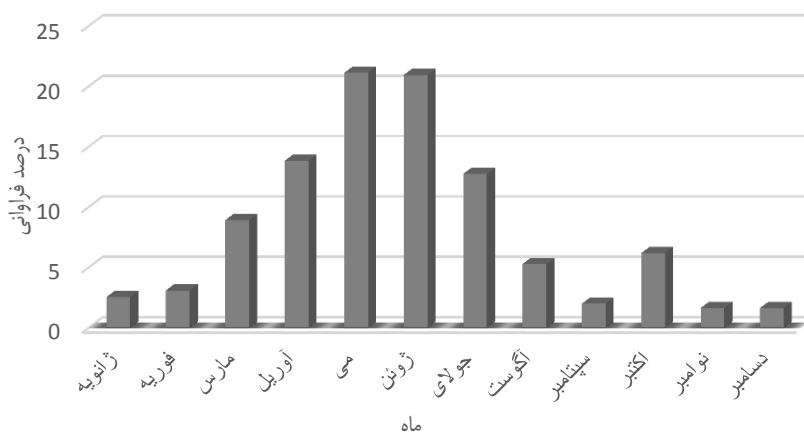
۲.۳. بررسی ماهانه پدیده گردوغبار

رخداد و جولای با ۷۰ رخداد به ترتیب بیشترین فراوانی گردوغبار را داشتند که در ماه آوریل ایستگاه قزوین با ۱۸ رخداد و در ماه جولای ایستگاه کرج با ۲۳ رخداد بیشترین مقادیر وقوع را به خود اختصاص دادند. ماه های نوامبر و دسامبر با ۹ رخداد کمترین فراوانی وقوع پدیده را داشتند که در شکل ۲ درصد فراوانی ماهانه روزهای گردوغباری برای تمامی ایستگاههای منتخب نشان داده شده است.

بررسی ماهانه پدیده گردوغبار در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ نشان داد که بیشترین فراوانی رخداد در ایستگاههای منتخب، به ترتیب در ماه های می با ۱۱۶ رخداد و ژوئن با ۱۱۵ رخداد است. که در ماه می ایستگاه قزوین با ۳۲ روز و در ماه ژوئن ایستگاه کرج با ۳۰ روز بیشترین رخداد پدیده را داشتند (جدول ۳). سپس ماه های آوریل با ۷۹

جدول ۳. فراوانی ماهانه پدیده گردوغبار در ایستگاههای منتخب (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

ماه های سال	کرج	طالقان	قزوین	تاکستان	معلم کلايه	اوج	بوين زهرا
ژانويه	۱۲	۰	۱	۱	۰	۰	۰
فوريه	۵	۲	۳	۲	۰	۲	۳
مارس	۱۶	۸	۹	۳	۲	۴	۷
آوريل	۱۵	۱۳	۱۸	۷	۸	۲	۱۳
می	۲۰	۱۴	۳۲	۱۴	۱۳	۱۴	۹
ژوئن	۳۰	۱۴	۲۰	۱۴	۱۱	۱۰	۱۶
جولای	۲۳	۱۴	۱۵	۴	۳	۴	۷
آگوست	۱۵	۴	۷	۲	۰	۰	۱
سپتامبر	۴	۳	۳	۰	۰	۱	۰
اکتبر	۱۴	۵	۷	۰	۳	۰	۵
نوامبر	۶	۱	۰	۲	۰	۰	۰
دسامبر	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰



شکل ۳. درصد فراوانی ماهانه روزهای گردوغباری در ایستگاههای منتخب (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

ماه‌های می و ژوئن است که در ماه می ایستگاه قزوین با ۳۲ روز و در ماه ژوئن ایستگاه کرج با ۳۰ روز بیشترین رخداد و ماه‌های نوامبر و دسامبر نیز کمترین وقوع پدیده را داشتند. با بررسی ماهانه این پدیده با توجه به کد ۰۶ معلوم شد که ماه‌های می و ژوئن به ترتیب بیشترین فراوانی وقوع را داشتند که با توجه به آن ایستگاه قزوین در ماه می با ۳۰ رخداد و ماه ژوئن نیز با ۱۹ رخداد بیشترین فراوانی گردوغبار را داشته است. با توجه به کد پدیده ۰۷ نیز ماه‌های ژوئن و اکتبر بیشترین فراوانی وقوع را داشته که با توجه به آن ایستگاه کرج با فراوانی ۱۳ روز در ماه ژوئن و ۷ روز در ماه اکتبر بیشترین رخداد را دربرگرفته است. به طور کلی بر اساس نتایج حاصل مشخص شد که در منطقه مطالعاتی با شروع فصل بهار و دوره گرم و در پی آن فصل تابستان، فراوانی روزهای همراه با گردوغبار افزایش یافته است که علت آن می‌تواند با افزایش ساعات تابش روزانه خورشید، گرمایش سطحی و همچنین وجود برخی ناپایداری‌های محلی مرتبط باشد. همچنین عامل مهم تر عبور امواج توده هوای غربی از روی بیابان‌های کشورهای همسایه است که با توجه به خشک بودن جریان هوا و محیط بیابانی آن مناطق، باعث ایجاد گردوغبار و نفوذ آن به قسمت‌های مرکزی ایران می‌شود. موحدی و همکاران (۱۳۹۳) پدیده‌های آب‌وهوایی مرتبط با گردوغبار را با توجه به کدهای هواشناسی مربوط به گردوغبار، برای شهرهای ایران پایش کردند و نتیجه گرفتند که پدیده گردوغبار با کد هواشناسی ۰۶ در غرب ایران دارای بیشینه رخداد است و در فصل تابستان بیشترین و در فصل پاییز کمترین میزان گردوغبار را داشته است. همچنین رخداد پدیده با توجه به کد ۰۷ در هنگام پیش از ظهر در شرق کشور و در هنگام پس از ظهر در جنوب شرقی و ناحیه ساحلی دریای عمان به وجود می‌آید که یافته‌های این تحقیق با برخی نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت با بررسی زمان و مکان وقوع پدیده‌های گردوغبار می‌توان از بروز بسیاری

بررسی سالانه پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب نشان داد ایستگاه کرج با ۱۷۳ روز و ایستگاه قزوین با ۱۱۷ روز به ترتیب بیشترین روزهای همراه با گردوغبار را داشتند. با توجه به نتایج مشخص شد این پدیده در گذشته نیز دارای فراوانی بسیاری بوده اما در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ بیشترین رخداد گردوغبار را داشته است که سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۱ به ترتیب با ۱۰۹ و ۹۹ روز، پرگردوغبارترین سال‌ها در کل دوره آماری شناخته می‌شود. بررسی روند سالانه گردوغبار نشان داد که ایستگاه‌های کرج، قزوین، تاکستان، معلم کلاویه و آوج یک روند صعودی در دوره آماری داشته‌اند اما ایستگاه‌های طالقان و بویین‌زهرا دارای روند نزولی بوده‌اند. نکته قابل توجه آن است که وقوع گردوغبارها در ایستگاه کرج از اوایل دوره مورد بررسی تا پایان آن تقریباً روندی صعودی داشته است، به طوری که در سال‌های پایانی به بیشترین مقدار خود رسیدند؛ اما در دیگر ایستگاه‌ها، بعد از سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ میزان وقوع این پدیده کاهش یافته است. مطالعه فراوانی سالیانه روزهای همراه با پدیده گردوغبار با توجه به کد ۰۶ نشان داد بیشترین روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه کرج و کمترین وقوع نیز در ایستگاه آوج رخ داده که در ایستگاه کرج در سال ۲۰۱۴ با ۲۲ روز بیشترین وقوع گردوغبار را داشته است. با توجه به کد ۰۷ نیز ایستگاه کرج و قزوین به ترتیب بیشترین فراوانی وقوع گردوغبار، و ایستگاه‌های بویین‌زهرا و آوج به ترتیب کمترین وقوع پدیده را تجربه کرده‌اند. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که بیشتر گردوغبارهای رخ داده از مناطق دوردست وارد ایستگاه‌های مطالعاتی شده‌اند. در ایستگاه‌های طالقان و معلم کلاویه تمامی گردوغبارهای ثبت شده دارای منشأ خارجی بوده و در این ایستگاه‌ها در طول دوره مورد بررسی هیچ کد ۰۷ ثبت نشده است. بررسی ماهانه پدیده گردوغبار نشان داد که بیشترین فراوانی رخداد مربوط به

که از عوامل تأثیرگذار در وقوع این پدیده هستند نیز تعیین شد تا بر اساس آن طرح‌های مختلف از جمله طرح‌های مقابله با بیابان‌زایی و برنامه‌های محیط زیستی انجام شود.

یادداشت‌ها

1. MATLAB

از خسارت‌های ناشی از این پدیده که محیط‌زیست و سلامت انسان را تهدید می‌کند، کم کرد. با توجه به اینکه کنترل گردوغبارهایی که دارای منشأ خارجی هستند و عمدتاً از کشورهای عراق و سوریه وارد کشور می‌گردند (ذوالجودی و همکاران، ۲۰۱۳) بسیار مشکل است بنابراین پیشنهاد می‌شود پس از پایش زمانی و مکانی گردوغبار، وقایع گردوغباری که دارای منشأ داخلی هستند شناسایی و عوامل مؤثر در ایجاد آن نظیر خشک سالی و تغییر کاربری

منابع

اصغری پوده، ز.، شفیع زاده، م.، فاخران، س. و گیلانی، ع. ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه‌بندی تغییرات مکانی-زمانی طوفان‌های گردوغبار با استفاده از شاخص *DSI* در استان خوزستان. دومین همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۲۶ شهریورماه.

خورشید دوست، ع. م.، محمدی، غ. ح.، حسینی صدر، ع.، جوان، خ. و جمالی، ا. ۱۳۹۲. تحلیل هم‌دید عوامل مؤثر در فراوانی روزهای گردوغباری غرب کشور. نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۷ (۴۶): ۴۷-۶۶.

خوشحال‌دستجردی، ج.، موسوی، س. ح. و کاشکی، ع. ۱۳۹۱. تحلیل هم‌دید طوفان‌های گردوغبار ایلام، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، ۴۶ (۲): ۱۵-۳۴.

زنگنه، م. ۱۳۹۳. آب و هواشناسی طوفان‌های گردوغبار در ایران. دوفصل‌نامه آب و هواشناسی کاربردی، ۱ (۱): ۱-۱۲.

علی‌آبادی، ک.، اسدی زنگنه، م. ع. و داداشی رودباری، ع. ع. ۱۳۹۴. ارزیابی و پایش توفان گردوغبار با استفاده از روش‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: غرب و جنوب غرب ایران). فصلنامه علمی-پژوهشی امداد و نجات، ۷ (۱): ۱-۲۰.

موحدی، س.، حاتمی بهمن بیگلو، خ. و نارنگی فرد، م. ۱۳۹۳. پایش مکانی و زمانی پدیده‌های آب‌وهوایی مرتبط با گردوغبار در شهرهای ایران. فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۳ (۱۱): ۳۷-۴۸.

ناصرپور، س. ۱۳۹۱. منشأیابی طوفان‌های گردوغبار در جنوب غرب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم تهران.

یاراحمدی، د. و خوش‌کیش، ا. ۱۳۹۲. پهنه‌بندی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۳ (۳۱): ۲۱۱-۲۲۵.

Al-Jumaily, K.J. and Ibrahim M.K. 2013. Analysis of synoptic situation for dust storms in Iraq, International Journal of Energy and Environment, 4 (5): 851-858.

Goudie, A.S. 2009. Dust storms recent developments, Journal of Environmental Management, 90:89-94.

Goudie. A.S. and Middleton, N.J. 2001. Saharan dust storms: nature and consequences, Earth-Science Reviews, 56: 179-204.

Kumar, S., Kumar S., Kaskaoutis D G., Singh R P., Singh R K., Singh R K., Mishraf A K., Srivastava M K. and Singh A K.

2015. Meteorological, atmospheric and climatic perturbations during major dust storms over Indo-Gangetic Basin, *Aeolian Research*, 17: 15–31.

Mc Tainsh, G., Chan, Y., Mc Gowan, H., Leys, J. and Tews, K. 2005. The 23rd October 2002 dust storm in eastern Australia: characteristics and meteorological conditions. *Atmospheric Environment*: 39, 1227-1236.

Takemi, T. and Seino, N. 2005. Dust storms and cyclone tracks over the arid regions in East Asia in spring. *Journal of geophysical research*, 110: D18S11.

Zhang, X. Y., Gong, S. L., Zhao T. L., Arimoto, R., Wang, Y Q. and Zhou, Z.J. 2003. Sources of Asian dust and role of climate change versus desertification in Asian dust emission, *Geophysical research letters*: 30(24): 2272 .

Zhao, X. 2012. Asian Dust Detection from the Satellite Observations of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), *Aerosol and Air Research*, 12:1073-1080, ISSN: 1680-8584.

Zoljoodi, M., Didevarasl, A. and Ranjbar Saadatabadi, A. 2013. Dust Events in the Western Parts of Iran and the Relationship with Drought Expansion over the Dust-Source Areas in Iraq and Syria, *Atmospheric and Climate Sciences*: 3(3): 321-336.