

تحلیل سینوپتیکی وقایع گردوغبار و ارتباط آن با خشکسالی در استان‌های قزوین و البرز

ناهد علی پور

دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

طیبه مصباح زاده^۱

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

حسن احمدی

استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

آرش ملکیان

دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمد جعفری

استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۴

چکیده

طوفان گردوغبار پدیده‌ای است که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک در نتیجه سرعت زیاد باد و تلاطم آن بر روی سطح خاک بدون پوشش و مستعد فرسایش به وجود می‌آید و باعث کاهش میزان دید به کمتر از یک کیلومتر می‌شود. در این تحقیق از داده‌های گردوغبار و بارندگی ایستگاه‌های منتخب استان‌های البرز و قزوین در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ استفاده شد. پس از استخراج کدهای گردوغبار از داده‌های هواشناسی، روزهای همراه با گردوغبار تعیین و فراوانی ماهانه و سالانه، به روش آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بررسی تأثیر خشکسالی بر وقوع پدیده گردوغبار با استفاده از روش SPI برای مقیاس‌های سالانه و ماهانه در بازه‌های زمانی ۳، ۹ و ۱۸ ماهه صورت گرفت. نتایج خشکسالی نشان داد در ایستگاه کرج سال ۲۰۱۳ خشکسالی شدید و در ایستگاه قزوین سال ۲۰۰۸ خشکسالی بسیار شدید رخ داده است. نتایج بررسی سالانه گردوغبار نشان داد که با توجه به کد پدیده ۰۶ و ۰۷ دو ایستگاه کرج و قزوین بیشترین پدیده گردوغبار رخ داشته‌اند. بررسی‌های ماهانه نیز نشان داد ماه‌های می و ژوئن بیشترین فراوانی رخداد را داشتند که در ایستگاه‌های کرج و قزوین رخ داد. با بررسی ارتباط میان خشکسالی و فراوانی روزهای همراه با گردوغبار نیز مشخص شد در ایستگاه کرج همبستگی معناداری میان این دو پدیده در مقیاس سالانه و ماهانه وجود ندارد اما در ایستگاه قزوین میان روزهای همراه با گردوغبار و مقادیر SPI در بازه ۱۸ ماهه، همبستگی ضعیفی در سطح ۱۰٪ وجود دارد ولی سایر مقیاس‌های زمانی هیچ ارتباطی معناداری نشان نداشتند.

واژگان کلیدی: سینوپتیک؛ گردوغبار؛ خشکسالی، همبستگی

مقدمه

پدیده گردوغبار یکی از حوادث طبیعی است که اغلب در مناطق خشک جهان شکل گرفته و در ورود به محیط فعالیت انسانی به عنوان مخاطره طبیعی معرفی می‌شود (عابدزاده، ۱۳۸۴: ۱۵). به طوری که اگر هوای ناپایدار همراه با رطوبت باشد، طوفان رعدوبرق و اگر خشک باشد طوفان گردوخاک ایجاد می‌کند (علیجانی، ۱۳۸۵: ۶۳). گردوغبار تولید شده توسط بادهای غالب در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب جهان، نقش مهمی در چرخه جهانی آب و هوا ایفا می‌کند (wang et al, 2009: 150). گردوغبار به عنوان پدیده بارز مناطق بیابانی، سبب اختلال در فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، زیرساخت‌های اجتماعی، حمل و نقل و صنایع می‌گردد. همچنین حجم فراوان ذرات حمل شده به تروپوسفر، بیلان انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که متعاقب آن شرایط آب و هوایی و اقلیم آن ناحیه نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Takemi and Seino, 2005: 221). یکی از مهم‌ترین پیامدهای زیست محیطی گردوغبار جو، اثر آن بر اقلیم از طریق ساز و کارها و تاثیرات ممکن است. گردوغبار می‌تواند بر روی 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 (Goudie and Middleton, 2001: 182). بررسی فرایند گردوغبار در ایران نشان می‌دهد که در کنار عوامل طبیعی به وجود آورنده گردوغبار، فاکتورهای محیطی نیز در بروز این پدیده مخاطره‌آمیز و پایداری و تداوم طولانی آن دخیل هستند. به ویژه خشکسالی‌های مداوم در چند سال اخیر سبب شده که مناطق بیابانی افزایش یافته و پدیده گردوغبار با شدت و تداوم بیشتری ظاهر گردد، به طوری که در ایران، گردوغبار به پدیده‌ای مخاطره آمیز و آلاینده تبدیل شده است (علی پور، ۱۳۹۵: ۴۰). مطالعات گسترده‌ای با نگرش‌ها و روش‌های مطالعه مختلف مرتبط با پدیده گردوغبار انجام گرفته است از جمله بادوک و همکاران (۲۰۰۹)، در تحقیقی شناسایی منابع گردوغبار را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس با پنج روش متفاوت در استرالیا انجام دادند. ونگ و فنگ (۲۰۰۶)، در پژوهشی دو طوفان شدید رخ داده در بهار سال ۲۰۰۲ را انتخاب و مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این پژوهش نشان داد که طوفان‌های گردوغبار ممکن است هم‌زمان با فعالیت سامانه‌های همدید نواحی بیابانی شمال شرقی آسیا همراه با بادی با سرعت ۶ متر بر ثانیه توسعه یابند. الجمیلی و ابراهیم (۲۰۱۳)، در تحقیقی وضعیت سینوپتیکی دو طوفان گردوغبار رخ داده در عراق را تجزیه و تحلیل کردند که نتایج نشان داد این طوفان‌ها ابتدا از مناطق منشأ نزدیک مرز عراق-سوریه به وسیله یک سرعت عمودی منفی به سمت بالا کشیده شده و سپس بادهای پرقدرت غربی آن‌ها را به سمت شرق حرکت می‌دهد. اختصاصی و همکاران (۱۳۸۹)، ارتباط بین روند خشکسالی و وقوع گردوغبار را با استفاده از روش مقایسه‌ای بین دو شاخص خشکسالی (SPI) و شاخص تعداد روزهای طوفانی (DDI) در شهرستان لارستان بررسی کردند که نتایج نشان داد با وجود خشکسالی، گردوغبار روند تقریباً ثابتی داشته، که نشان‌دهنده توقف فعالیت‌های مخرب انسانی در محدوده شهرستان لارستان است. بیدختی و همکاران (۲۰۱۶)، در یک تحقیق ویژگی‌های دو گرد و غبار شدید در دو منطقه شهری در ایران (کرمانشاه و تهران) را در طول مدت ۴ سال (۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹) بررسی نمودند. نتایج مشخص کرد که خط سیر وقایع گردوغبار از بیابان‌های عراق و سوریه نشأت گرفته و باعث انتقال به ایران شده‌اند. طاووسی و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان تحلیل همدیدی سامانه‌های گردوغبار در استان خوزستان با استفاده از نقشه‌های هواشناسی در ترازهای مختلف جوی طی دوره ده ساله بیان

کردند که در دوره سرد سال سیستم‌های مهاجر بادهای غربی و رودباد جبهه قطبی همراه آن و در دوره گرم سال کم فشارهای حرارتی سطح زمین مهم‌ترین عامل در ایجاد پدیده گردوغبار در استان خوزستان است. محمدی مرادیان و حسینی زاده (۱۳۹۴)، طی تحقیقی گردوغبارهای شهر مشهد را در دوره آماری ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که نواحی منشأ غبار روی شهر مشهد طی دوره گرم سال، در شرق و شمال شرق یعنی بیابان‌های ترکمنستان و همچنین اراضی تغییر یافته دشت‌های شمال شرق کشور قرار دارد و در دوره سرد سال نیز بیشتر نواحی شمال غربی شهر مشهد و از شرق دریای خزر با فراوانی کمتر، توده گردوغبار به سمت شهر مشهد کشیده شده است. فاروقی و پوراصغریان (۱۳۹۲) طی پژوهشی، به تحلیل سینوپتیکی پدیده گردوغبار در استان هرمزگان پرداختند و نتیجه گرفتند که در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۲ بیشترین میزان گردوغبارها رخ داده است، و تغییرات اقلیمی و روند خشکسالی و همچنین پیشروی بیابان‌ها طی چند سال اخیر سبب شده که بادهای با منشأ شمال شرقی سبب افزایش غلظت گردوغبار در بخش‌های شرقی و مرکزی استان هرمزگان گردد. میدلتون (۱۹۸۶)، تأثیر خشکسالی بر تولید گردوغبار در منطقه ساحل را با استفاده از داده‌های هواشناسی بررسی کرد و اظهار نمود که خشکسالی شدید کنونی که در منطقه ساحلی سودان، در بیابان صحرا، وجود دارد باعث افزایش تولید گردوغبار به درون اتمسفر شده است و باعث افزایش قابل توجهی در فراوانی وقوع گردوغبار شمال نیجریه شده است. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، در این تحقیق تلاش گردید علاوه بر پایش سینوپتیکی پدیده گردوغبار در استان‌های قزوین و البرز، تأثیر خشکسالی بر وقوع این پدیده نیز بررسی گردد.

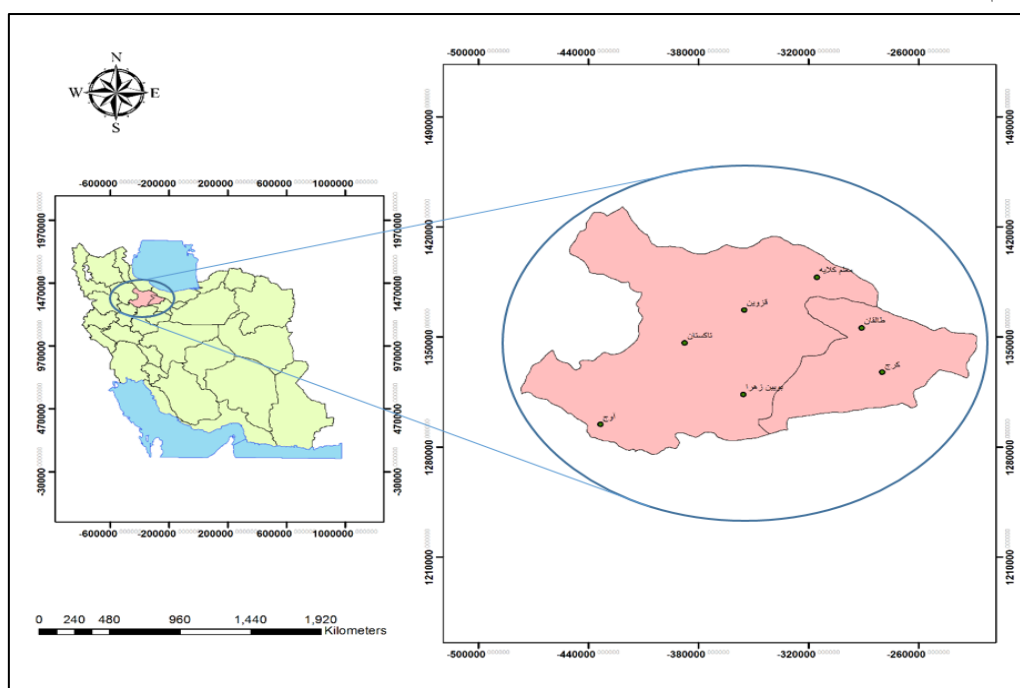
بررسی آماری گردوغبار با استفاده از داده‌های گردوغبار به صورت روزانه طی ۸ ساعت دیده‌بانی ساعتی در قالب کدهای ویژه‌ای (کدهای ۰۶ و ۰۷) در دوره ۱۵ ساله (۲۰۱۴-۲۰۰۰) برای ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در استان‌های البرز و قزوین صورت گرفت. استخراج روزهای همراه با گردوغبار با استفاده از کدهای هواشناسی ۰۶ و ۰۷ و با استفاده از نرم افزار متلب صورت گرفت و تجزیه و تحلیل آن‌ها نیز در مقیاس سالانه و ماهانه انجام شد. منظور از کد ۰۶ گردوغبارهای معلق در هوا می‌باشد 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 و یا در نزدیکی آن، در ساعت دیده‌بانی بلند شده است (زنگنه، ۱۳۹۳: ۵) که در این تحقیق از کد ۰۷ که نشان دهنده ویژگی‌های منطقه مورد بررسی می‌باشد برای بررسی ارتباط میان گردوغبار و خشکسالی استفاده شد. برای پایش خشکسالی در مقیاس سالانه و ماهانه فقط ایستگاه‌هایی که دارای دوره آماری طولانی‌تر بودند بررسی شد که با استفاده از روش SPI (شاخص بارش استاندارد شده) در بازه‌های زمانی ۳، ۹ و ۱۸ ماهه و با کمک نرم افزار DIP^۱ صورت گرفت. بررسی ارتباط میان فراوانی روزهای همراه با گردوغبار و میزان خشکسالی در مقیاس سالانه و ماهانه نیز با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه

استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و

^۱ - Drought Indices Package

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. استان البرز با مساحت ۵۱۲۱/۶۹۴ کیلومتر مربع وسعت در قسمت میانی رشته کوه‌های البرز واقع گردیده 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 همجوار است. نقشه محدوده مورد بررسی و همچنین ایستگاه‌های مطالعاتی آن با استفاده از نرم افزار ARC GIS 10.4 تهیه گردید که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های هواشناسی منتخب منبع: نگارندگان

نتایج

بررسی خشکسالی

پس از بررسی میزان گردوغبار در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ در ایستگاه‌های منتخب مشخص شد ایستگاه‌های کرج و قزوین بیشترین رخداد پدیده گردوغبار را نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشتند بنابراین میزان خشکسالی‌های سالانه، ماهانه و روزانه در این دو ایستگاه بررسی شد. ایستگاه بویین زهرا نیز اگرچه دارای آمار کوتاه مدت بارندگی بود اما بدلیل این که این منطقه از پوشش گیاهی فقیری برخوردار است و در گذشته نیز دچار تخریب گردیده است بنابراین میزان خشکسالی آن در مقیاس روزانه محاسبه گردید.

با توجه به جدول شماره ۱ در ایستگاه کرج خشکسالی‌هایی در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ با شدت‌های متوسط و در سال ۲۰۱۳ با شدت زیاد رخ داده است. سایر سال‌ها از نظر خشکسالی، نرمال یا در وضعیت ترسالی هستند. ایستگاه قزوین در سال ۲۰۰۱ خشکسالی متوسط، در سال ۲۰۰۸ خشکسالی بسیار شدید و در سال ۲۰۱۴ خشکسالی شدید را تجربه کرده است و در سایر سال‌ها نیز وضعیت نرمال و ترسالی داشته است. برای ایستگاه کرج

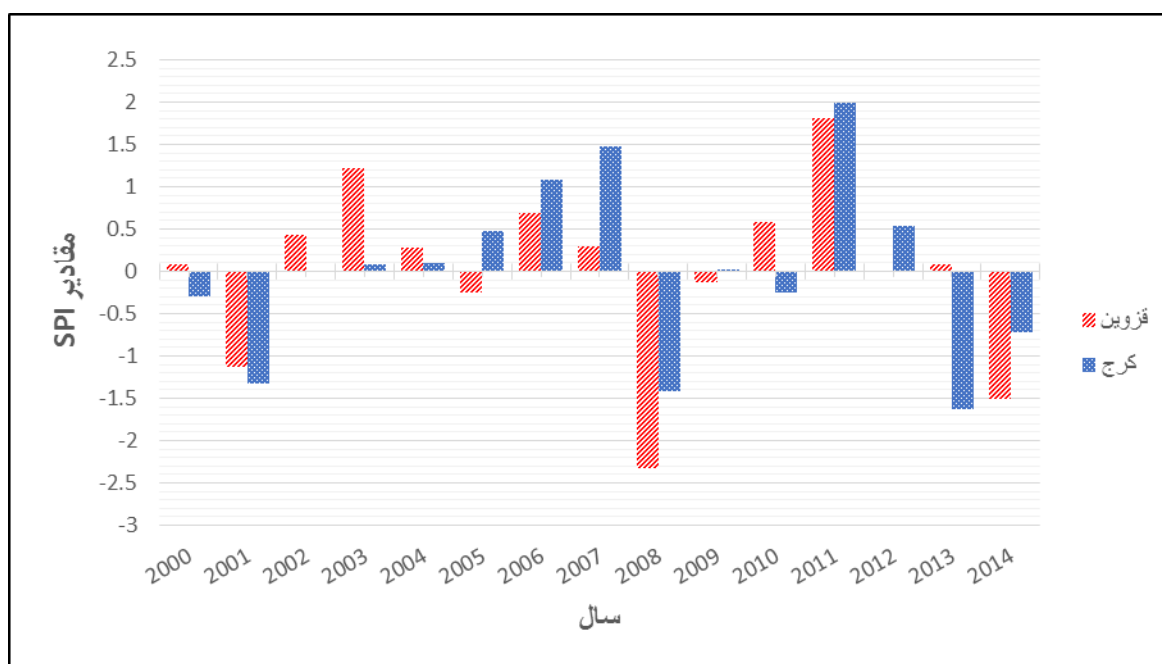
در سال ۲۰۱۳ میزان بارندگی سالانه به حدود ۱۵۶ میلی‌متر رسید که کمترین مقدار بارش در طول دوره آماری محسوب می‌شود. میزان SPI نیز در این سال به کمترین حد خود یعنی $-۱/۶۴$ رسید و باعث وقوع خشکسالی شدیدی در این ایستگاه گردید. در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۱ به ترتیب با مقادیر بارندگی ۱۶۸ و ۱۷۳ میلی‌متر نیز خشکسالی‌هایی با شدت متوسط رخ داد و میزان SPI در این سال‌ها به ترتیب به $-۱/۴۳$ و $-۱/۳۴$ رسید. در سال ۲۰۱۴ با میزان بارندگی ۲۱۱ میلی‌متر میزان SPI بدست آمده در حدود $-۰/۷۳$ است. اگرچه این سال در طبقه شدت خشکسالی متوسط قرار می‌گیرد، اما با توجه به میزان SPI آن، به وضعیت نرمال بسیار نزدیک می‌باشد. قابل ذکر است که روش SPI هم وضعیت خشکسالی و هم وضعیت ترسالی را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به این روش مشخص گردید که در سال ۲۰۱۱ با میزان بارندگی ۴۴۷ میلی‌متر ترسالی شدیدی در این سال رخ داده است که میزان SPI بدست آمده برای این سال در حدود $۱/۹۹$ است. سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۶ به ترتیب با میزان SPI حدود $۱/۴۷$ و $۱/۰۸$ وضعیت ترسالی متوسط را تجربه کرده‌اند.

برای ایستگاه قزوین در سال ۲۰۰۸ یک خشکسالی با وضعیت بسیار شدیدی رخ داد که میزان SPI محاسباتی این سال در حدود $-۲/۳۴$ می‌باشد. قابل ذکر است که میزان بارندگی این سال ۱۵۵ میلی‌متر است که بسیار کمتر از میانگین بلند مدت بوده و باعث وقوع خشکسالی در این سال گردید. در سال ۲۰۱۴ نیز با میزان بارندگی ۲۰۰ میلی‌متر، میزان SPI کاهش یافت و به میزان $-۱/۵۱$ رسید که در طبقه خشکسالی شدیدی قرار گرفت. در سال ۲۰۰۱ نیز با میزان بارندگی ۲۲۴ میلی‌متر خشکسالی با شدت متوسط رخ داد که میزان SPI در این سال حدود $-۱/۱۳$ بدست آمد. سال ۲۰۱۱ با میزان بارندگی ۴۶۹ میلی‌متر و SPI $۱/۸$ با وضعیت ترسالی شدیدی مشخص شد. سال ۲۰۰۳ نیز با میزان SPI $۱/۲۱$ در طبقه ترسالی متوسط قرار گرفت. سایر سال‌ها نیز با توجه به میزان SPI بدست آمده در طبقه نرمال قرار گرفتند. شکل شماره ۴ تغییرات سالانه شدت خشکسالی را با استفاده از روش SPI برای ایستگاه‌های کرج و قزوین (۲۰۰۰-۲۰۱۴) نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقدار بارندگی و SPI محاسبه شده برای دو ایستگاه قزوین و کرج (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

سال	ایستگاه کرج		ایستگاه قزوین	
	SPI مقدار	مقدار بارندگی (میلی متر)	SPI مقدار	مقدار بارندگی (میلی متر)
۲۰۰۰	-۰/۳۱	۲۴۰/۲	۰/۰۸	۳۱۱/۲
۲۰۰۱	-۱/۳۴	۱۷۳/۶	-۱/۱۳	۲۲۴/۴
۲۰۰۲	-۰/۰۱	۲۶۲/۲	۰/۴۳	۳۳۹/۶
۲۰۰۳	۰/۰۷	۲۶۸/۵	۱/۲۱	۴۱۰/۲
۲۰۰۴	۰/۰۹	۲۷۰/۱	۰/۲۷	۳۲۶/۶
۲۰۰۵	۰/۴۷	۳۰۰/۶	-۰/۲۶	۲۸۴/۷
۲۰۰۶	۱/۰۸	۳۵۵/۲	۰/۶۸	۳۶۱
۲۰۰۷	۱/۴۷	۳۹۲/۶	۰/۲۹	۳۲۷/۶
۲۰۰۸	-۱/۴۳	۱۶۸	-۲/۳۴	۱۵۵/۵
۲۰۰۹	۰/۰۲	۲۶۴/۶	-۰/۱۳	۲۹۴/۳
۲۰۱۰	-۰/۲۶	۲۴۳/۶	۰/۵۸	۳۵۲/۱
۲۰۱۱	۱/۹۹	۴۴۷	۱/۸	۴۶۹/۳
۲۰۱۲	۰/۵۳	۳۰۶/۵	-۰/۰۲	۳۰۳
۲۰۱۳	-۱/۶۴	۱۵۶/۸	۰/۰۷	۳۰۹/۸
۲۰۱۴	-۰/۷۳	۲۱۱	-۱/۵۱	۲۰۰/۸

منبع: یافته‌های پژوهش

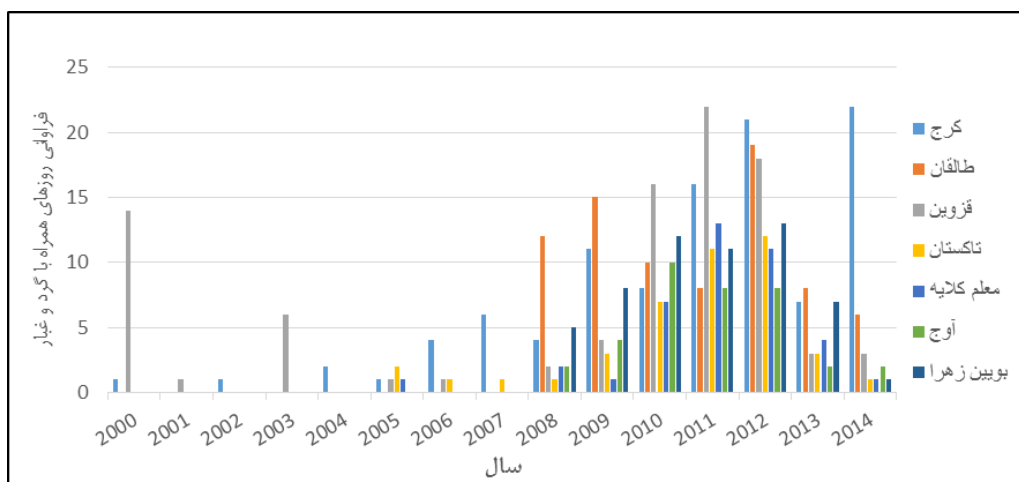


شکل ۴- تغییرات سالانه شدت خشکسالی با استفاده از روش SPI برای ایستگاه‌های کرج و قزوین (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

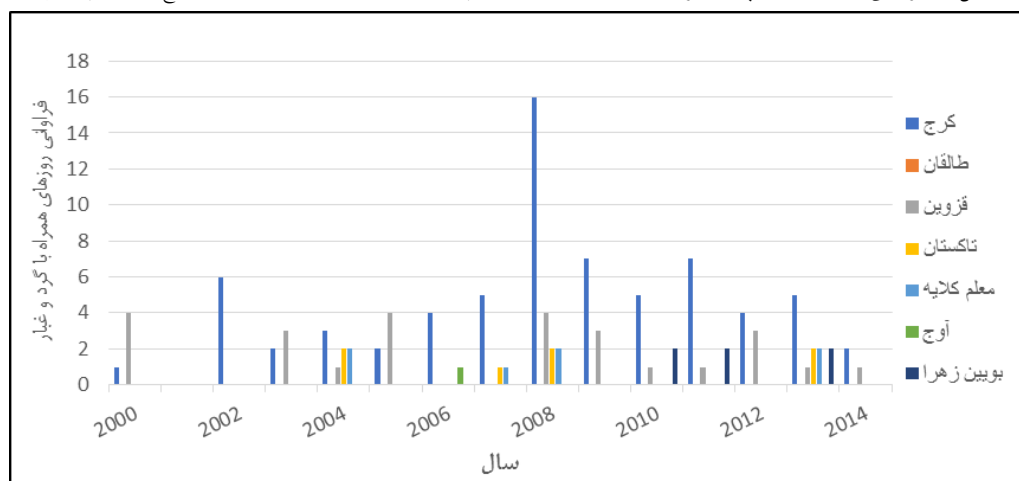
منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی پدیده گردوغبار

فراوانی روزهای همراه با پدیده گردوغبار در تمامی ایستگاه‌های منتخب نشان داد که 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 در طی دوره مورد مطالعه رخ داده است که با توجه به آن مشخص گردید ایستگاه کرج با ۲۲ روز در سال ۲۰۱۴ بیشترین وقوع گردوغبار، و در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ هیچ وقوع پدیده گردوغبار را نداشته است و میانگین سالانه روزهای گردوغباری این ایستگاه حدود ۷ روز می‌باشد. ایستگاه قزوین در مجموع ۹۱ روز رخداد گردوغبار داشته که در سال ۲۰۱۱ با ۲۲ روز بیشترین وقوع پدیده گردوغبار 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 داشته است. همچنین متوسط روزهای همراه با گردوغبار برای این ایستگاه ۱۱ روز است که از تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی بیشتر است. ایستگاه‌های بویین زهرا، تاکستان، معلم کلایه و آوج به ترتیب با ۵۷، ۴۲، ۴۰ و ۳۶ روز کمترین رخداد پدیده گردوغبار را داشته‌اند. در شکل شماره ۱ فراوانی سالیانه روزهای همراه با گردوغبار برای استان‌های البرز و قزوین طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ برای تمامی ایستگاه‌های منتخب بر مبنای کد ۰۶ ارائه شده است. فراوانی روزهای همراه با گردوغبار بر مبنای کد ۰۷ نیز نشان داد که ایستگاه کرج با ۶۹ روز و ایستگاه قزوین با ۲۶ روز، به ترتیب بیشترین فراوانی وقوع گردوغبار را داشته و ایستگاه‌های تاکستان، بویین زهرا و آوج به ترتیب با ۷، ۶ و ۱ روز کمترین فراوانی وقوع پدیده گردوغبار را داشته‌اند. ایستگاه‌های طالقان و معلم کلایه نیز هیچ رخدادی بر مبنای کد ۰۷ نداشته‌اند که در شکل شماره ۳ فراوانی سالیانه پدیده گردوغبار با توجه به کد ۰۷ نشان داده شده است.



شکل ۲- فراوانی سالیانه رخداد پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب با توجه به کد ۰۶ (۲۰۱۴-۲۰۰۰) منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۳- فراوانی سالیانه رخداد پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب با توجه به کد ۰۷ (۲۰۱۴-۲۰۰۰) منبع: یافته‌های پژوهش

ارتباط میان پدیده گردوغبار و خشکسالی

برای مطالعه دقیق‌تر رابطه میان روزهای همراه با گردوغبار و خشکسالی، مقادیر این دو پدیده در مقیاس ماهانه با توجه به SPI سه، نه و ۱۸ ماهه. نتایج نشان داد در ایستگاه قزوین میان روزهای همراه با گردوغبار و مقادیر SPI در بازه ۱۸ ماهه، همبستگی ضعیفی در سطح ۱۰٪ وجود دارد ولی سایر مقیاس‌های زمانی هیچ ارتباطی معناداری نشان ندادند که نتایج آن در جدول شماره ۲ به نمایش در آمده است. با بررسی ارتباط میان فراوانی روزهای همراه با گردوغبار و خشکسالی مشخص گردید همبستگی معناداری در مقیاس سالانه نیز وجود ندارد که نتایج آن در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- همبستگی بین فراوانی رخداد پدیده گردوغبارهای و خشکسالی (مقیاس سالانه) در ایستگاه‌های کرج و قزوین (۲۰۱۴-۲۰۰۰)

ایستگاه	گردوغبار و خشکسالی
کرج	همبستگی SPI سالانه و گردوغبار
	۰/۱۱۲
	سطح معنی‌داری
قزوین	همبستگی
	-۰/۳۵۳
	سطح معنی‌داری
تعداد	
۱۵	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- همبستگی بین فراوانی رخداد پدیده گردوغبارهای و خشکسالی (مقیاس ماهانه) در ایستگاه‌های کرج و قزوین (۲۰۰۰-۲۰۱۴)

ایستگاه	شاخص خشکسالی	گردوغبار و خشکسالی
کرج	SPI ۳ ماهه و گردوغبار	همبستگی ۰/۰۱۱
		سطح معنی‌داری ۰/۹۳۰
SPI ۹ ماهه و گردوغبار		همبستگی -۰/۱۵۳
		سطح معنی‌داری ۰/۱۹۶
SPI ۱۸ ماهه و گردوغبار		همبستگی -۰/۱۰۵
		سطح معنی‌داری ۰/۳۷۶
قزوین	SPI ۳ ماهه و گردوغبار	همبستگی ۰/۱۵۶
		سطح معنی‌داری ۰/۳۰۷
SPI ۹ ماهه و گردوغبار		همبستگی ۰/۱۵۸
		سطح معنی‌داری ۰/۲۹۹
SPI ۱۸ ماهه و گردوغبار		همبستگی ۰/۲۶۵
		سطح معنی‌داری *۰/۰۷۹

*در سطح ۱۰٪ معنی دار است

منبع: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

بررسی خشکسالی در مقیاس سالانه در دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۴ نشان داد که در ایستگاه کرج خشکسالی‌های شدید و متوسط اتفاق افتاده است که در سال ۲۰۱۳ با توجه به میزان بارندگی این سال، SPI به کمترین مقدار خود رسید (۱/۶۴-) و خشکسالی شدید رخ داد. در ایستگاه قزوین نیز در سال ۲۰۰۸ با توجه به میزان بارندگی خشکسالی بسیار شدیدی رخ داد و میزان SPI به ۲/۳۴- رسید که با نتایج بروغنی و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد. نتایج ارزیابی فراوانی سالیانه گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب نشان داد در مجموع ۵۴۹ روز ثبت شده است که با توجه به آن ایستگاه‌های کرج و قزوین بیشترین رخداد گردوغبار را داشته‌اند و سال ۲۰۱۲ به عنوان پرگردوغبارترین سال در طول دوره آماری شناخته می‌شود. با توجه به کدهای پدیده ۰۶ و ۰۷ نیز ایستگاه‌های کرج و قزوین بیشترین رخداد پدیده گردوغبار را داشتند. بررسی‌های ماهانه نیز نشان داد ماه‌های می با ۱۱۶ روز و ژوئن با ۱۱۵ روز بیشترین فراوانی رخداد را داشته که در این دو ماه ایستگاه‌های کرج و قزوین بیشترین وقوع پدیده گردوغبار را نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشتند. با توجه به کد ۰۶ نیز ماه‌های می و ژوئن بیشترین فراوانی وقوع را داشتند که در هر دو ماه ایستگاه قزوین بیشترین رخداد گردوغبار را داشته است. با توجه به کد ۰۷ ماه‌های ژوئن و اکتبر بیشترین فراوانی وقوع گردوغبار و ماه ژانویه نیز فاقد گردوغبار بوده است که در ماه‌های ژوئن و اکتبر، ایستگاه کرج بیشترین میزان گردوغبار را داشته است. این نتایج با نتایج موحدی و همکاران (۱۳۹۳)، اصغری سراسکانرود و زینالی (۱۳۹۳) امیدی (۱۳۹۰) و یابوکی و همکاران (۲۰۰۵) که پدیده گردوغبار را از نظر زمانی بررسی کردند مطابقت دارد. بررسی رابطه میان فراوانی روزهای همراه با گردوغبار با خشکسالی نشان داد در ایستگاه کرج که با توجه به سطح معنی‌داری بدست آمده همبستگی معنی‌داری در مقیاس‌های سالانه و ماهانه میان این دو پدیده وجود ندارد که با نتایج اختصاصی و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت دارد اما در ایستگاه قزوین میان روزهای همراه با گردوغبار و مقادیر SPI در بازه ۱۸ ماهه، همبستگی ضعیفی در سطح ۱۰٪ وجود دارد که با نتایج ذوالجودی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. بررسی تأخیر زمانی میان روزهای همراه با گردوغبار و خشکسالی روزانه نشان داد در ایستگاه

قزوین پدیده گردوغبار با میزان خشکسالی در ۱، ۲، ۳، ۶، ۷ و ۱۱ روز قبل آن و در ایستگاه بوبین زهرا نیز پدیده گردوغبار با میزان خشکسالی در ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ روز قبل آن همبستگی ضعیفی در سطح ۱۰٪ وجود دارد که این همبستگی در ایستگاه قزوین به صورت مستقیم و در ایستگاه بوبین زهرا به صورت معکوس می‌باشد. به طور کلی با توجه به کوتاه بودن طول دوره آماری نمی‌توان انتظار داشت که یک همبستگی قوی میان رخداد‌های گردوغبار و خشکسالی وجود داشته باشد زیرا برای بررسی میزان همبستگی بین این دو پدیده نیاز به دوره آماری با مقیاس زمانی طولانی می‌باشد که با توجه به نبود آمار طولانی مدت در ایستگاه‌های مطالعاتی بررسی آن امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرف دیگر عوامل متعدد طبیعی و انسانی در ایجاد پدیده‌های جوی مانند گردوغبار دخالت دارند که بر روی یکدیگر تأثیر گذاشته و گاهی اثر یکدیگر نیز خنثی می‌کنند بنابراین پیشنهاد می‌گردد که تأثیر سایر عوامل طبیعی و انسانی تاثیرگذار بر پدیده گردوغبار نیز بررسی گردد.

منابع

- اختصاصی، محمدرضا؛ شاکری، فاضل؛ و سلیمانی مطلق، مهدی (۱۳۸۹). مقایسه و بررسی روند خشکسالی و وقوع گردوغبار. دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، ۲۷ الی ۲۵ بهمن، دانشگاه یزد، ایران.
- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ و زینالی بتول (۱۳۹۳). تحلیل و پهنه‌بندی فراوانی فصلی طوفان‌های گردوغباری ایران به منظور کاهش مخاطرات. دانش و مخاطرات، دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۲۱۷ - ۲۳۹.
- امیدی، زهرا (۱۳۹۰). بررسی و تحلیل طوفان‌های گردوغبار در جنوب و مرکز استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد.
- بروغنی، مهدی؛ مرادی، حمیدرضا؛ و زنگنه اسدی، محمدعلی (۱۳۹۴). پهنه‌بندی و تعیین بهترین شاخص خشکسالی در استان خراسان رضوی. مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره نوزدهم، صفحات ۷۰ تا ۸۴.
- زنگنه، معصومه (۱۳۹۳). آب و هواشناسی طوفان‌های گردوغبار در ایران. دوفصل‌نامه آب و هواشناسی کاربردی، سال ۱، شماره ۱، صفحات ۱-۱۲.
- طاووسی، تقی؛ و زهرایی، اکبر (۱۳۹۲). مدل‌سازی سری‌های زمانی پدیده گرد و غبار شهر اهواز، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره دوم، شماره پیاپی ۱۰۹، صفحات ۱۷۰-۱۵۹.
- عابدزاده، حیدر (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیکی سیستم‌های گردوغبار در غرب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). بررسی سینوپتیک الگوهای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در خاورمیانه در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰، نیوار. شماره ۴۵-۴۴.
- فاروقی، آیدا؛ و پوراصغریان، آرزو (۱۳۹۲). تحلیل سینوپتیکی پدیده گردوغبار با تأثیر ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر در استان هرمزگان. دومین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط زیست، همدان، ۲۴ مرداد ماه.
- محمدی مرادیان، جمیله؛ و حسین زاده، سیدرضا (۱۳۹۴). پایش ماهواره‌ای و تحلیل هم‌دید پدیده گردوغبار در کلان شهر مشهد طی دوره آماری ۲۰۰۹-۲۰۱۳. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره چهاردهم، صفحات ۳۵-۵۷.
- موحدی، سعید؛ حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم؛ و نارنگی فرد، مهدی (۱۳۹۳). پایش مکانی و زمانی پدیده‌های آب‌وهوایی مرتبط با گرد و غبار در شهرهای ایران. فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، سال ۳، شماره ۱۱، صفحات ۳۷-۴۸.
- Al-Jumaily, K J. and Ibrahim M K. (2013). Analysis of synoptic situation for dust storms in Iraq, International Journal of Energy and Environment, VOL, 4, Issue 5. 851-858.
- Baddock, M., Bullard, J., Bryant, R. (2009). Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia, Remote Sensing of Environment, vol.113, 1511-1528.

- Bidokhti, A. A., Gharaylou M., Pegahfar N., Sabetghadam S. and Rezazadeh M, (2016). Characteristics of extreme dust events observed over two urban areas in Iran. *J. Earth Syst. Sci.* 125. No. 2, March, pp. 431–442.
- Goudie. A.S, Middleton, N.J. (2001). Saharan dust storms: nature and consequences, *Earth-Science Reviews*, vol. 56, 179–204.
- Middleton NJ: Dust Storm in the Middle East. (1986). *Arid Environ.* 10: 83-96.
- Takemi, T., Seino, N. (2005). Dust storms and cyclone tracks over the arid regions in East Asia in spring, *Journal of geophysical research*, vol.110, D18S11.
- Wang, W., Z., Fang. (2006). Numerical simulation and synoptic analysis of dust emission and transport in East Asia, *Global and Planetary Change*, vol.52, 57–70.
- Wang, X., Dong, Z., Zhang, C., Qian, G., Luo, W. (2009). Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China, *Geomorphology*, vol.112, 144–157.
- Yabuki, S., Mikami M., Nakamura Y., Kanayama S., Fu F., Liu M and Zhou H. (2005). The Characteristics of Atmospheric Aerosol at Aksu, an Asian Dust-Source Region of North-West China: A Summary of Observations over the Three Years from March 2001 to April 2004. *Journal of the Meteorological Society of Japan*: Vol. 83A, pp. 45—72.
- Zoljoodi M., Didevaras A and Ranjbar Saadatabadi A. (2013). Dust Events in the Western Parts of Iran and the Relationship with Drought Expansion over the Dust-Storm Areas in Iraq and Syria, *Atmospheric and Climate Sciences*: 3, 321 – 336.