

ارزیابی تأثیر خشکسالی بر فراوانی وقوع پدیده گردوغبار با استفاده از شاخص‌های SPI، PNI و ZSI

❖ **طیبه مصباح‌زاده***: استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

❖ **ناهید علی پور**: دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

از مشکلاتی که در چند دهه اخیر در اثر دخالت‌های بشری و استفاده غیرمنطقی از منابع طبیعی و تخریب آن در حال گسترش است پدیده گردوغبار است. در این پژوهش مطالعه فراوانی پدیده گردوغبار طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲ با استفاده از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در استان البرز و قزوین انجام شد که با استخراج کدهای گردوغبار از داده‌های هواشناسی، فراوانی سالانه آن به صورت آماری پایش شد. برای مطالعه وضعیت سرعت و جهت بادهای منطقه، گلباد و گلپوفان ایستگاه‌های کرج و قزوین ترسیم و جهت باد غالب در آن‌ها مشخص گردید که با توجه به آن معلوم گردید که باد غالب در ایستگاه کرج شمال غربی و در ایستگاه قزوین جنوب شرقی می‌باشد. بررسی تأثیر خشکسالی بر وقوع پدیده گردوغبار با استفاده از نمایه‌های SPI، PNI و ZSI برای مقیاس سالانه صورت گرفت و با نرم افزار SPSS ارزیابی شد. نتایج خشکسالی نشان داد در ایستگاه کرج، سال ۱۳۹۱ خشک‌ترین سال و مقدار SPI، PNI و ZSI به ترتیب ۱/۶۴-، ۵۸ و ۱/۳۹- به دست آمد. در ایستگاه قزوین نیز سال ۱۳۸۶ خشک‌ترین سال و مقدار SPI، PNI و ZSI به ترتیب ۲/۳۴-، ۵۰ و ۱/۹۹- محاسبه گردید. با بررسی فراوانی سالانه گردوغبار با توجه به کدهای پدیده ۰۶ و ۰۷ مشخص گردید که در ایستگاه کرج در مجموع ۱۶۹ روز پدیده گردوغبار ثبت شده که در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ بیشترین فراوانی وقوع را داشته است. در ایستگاه قزوین نیز در مجموع ۱۱۵ روز پدیده گردوغبار رخ داده بود که سال ۱۳۸۹ با ۲۳ روز بیشترین فراوانی وقوع را داشت. با بررسی ارتباط میان خشکسالی و فراوانی روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه‌های کرج و قزوین نیز مشخص شد همبستگی معنی‌داری میان این دو پدیده وجود ندارد.

کلید واژگان: شاخص‌های خشکسالی، گردوغبار، ایستگاه‌های کرج و قزوین

۱. مقدمه

طوفان‌های گرد و غبار از پدیده‌های هواشناسی هستند که معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارش سالانه کمتر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر در مواقع وزش تند بادهایی با سرعت بیش از سرعت آستانه رخ می‌دهند. بروز این پدیده، متأثر از هر دو سیستم زمین و اتمسفر می‌باشد، به‌طوری که دلایل اصلی وقوع آن سرعت زیاد باد، کمبود رطوبت و اراضی لخت بدون پوشش ذکر شده است [۱۸]. 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 [۱۵]. اثرات سوء ناشی از طوفان‌های گرد و غبار، باعث شده که همراه با افزایش فراوانی آن‌ها، نگرانی‌های جوامع درگیر نیز افزایش یابد. به طور کلی اثر طوفان‌های گرد و غبار را می‌توان به اثرات محیطی و انسانی تقسیم کرد. اثرات محیطی شامل اثرات بر جو و اکوسیستم‌های آبی و خاکی می‌شود. در حالی که اثرات انسانی را می‌توان به اثرات اقتصادی، صنعتی و اجتماعی تقسیم‌بندی کرد. گرد و غبار به عنوان یکی از بلایای طبیعی شناخته شده، مورد توجه بسیاری از دانشمندان و محققان شاخه‌های مختلف علوم جوی است و به عنوان یک ماده آلاینده هوا، همراه با دیگر آلاینده‌های جوی مورد سنجش قرار می‌گیرد [۲۲]. مطالعات گسترده‌ای با نگرش‌ها و روش‌های مطالعه مختلف مرتبط با پدیده گردوغبار انجام گرفته است از جمله [۱۹] 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. در تحقیقی شناسایی منابع گردوغبار را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس با پنج روش متفاوت در استرالیا انجام دادند [۴]. در

تحقیقی وضعیت سینوپتیکی دو طوفان گردوغبار رخ داده در عراق تجزیه و تحلیل شد که نتایج نشان داد این طوفان‌ها ابتدا از مناطق منشاء نزدیک مرز عراق-سوریه به وسیله یک سرعت عمودی منفی به سمت بالا کشیده شده و سپس بادهای پر قدرت غربی آن‌ها را به سمت شرق حرکت می‌دهد [۲]. در زمینه خشکسالی نیز مطالعات بسیاری انجام شده از جمله در یک پژوهش، برای مدیریت و پهنه‌بندی خشکسالی در استان مرکزی از شاخص‌های SPI و RDI استفاده شد. نتایج نشان داد که ایستگاه آشتیان بیشترین شدت خشکسالی را در سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ و ایستگاه کمبجان کمترین خشکسالی را در سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ داشتند [۲۰]. طی پژوهشی دیگر خشکسالی دشت دزفول با نمایه‌های ZSI، PNPI و SPI و با کمک نرم افزار DIP پایش و ارزیابی شد [۱۰]. در یک تحقیق نیز کارایی چهار نمایه خشکسالی (SPI، DPI، PN، RAI) در مدیریت خطر خشکسالی‌های استان سیستان و بلوچستان بررسی و مقایسه گردید [۱۶]. در تحقیقی دیگر ارتباط بین روند خشکسالی و وقوع گردوغبار با استفاده از روش مقایسه‌ای بین دو شاخص خشکسالی (SPI) و شاخص تعداد روزهای طوفانی (DDI) در شهرستان لارستان بررسی شد. نتایج نشان داد با وجود خشکسالی، گردوغبار روند تقریباً ثابتی داشته، که نشان‌دهنده توقف فعالیت‌های مخرب انسانی در محدوده شهرستان لارستان است [۶]. از دیگر پژوهش‌ها می‌توان به تحلیل تصاویر ماهواره‌ای ریزگردها و طوفان‌های گرد و غبار در ایران به منظور بررسی منشاءهای داخلی و خارجی اشاره نمود. نتایج نشان داد خشکسالی‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و پدیده گرمایش جهانی در منطقه به عنوان مهم‌ترین عامل طبیعی پدیده گرد و غبار بوده است [۸]. در یک تحقیق ویژگی‌های دو گردوغبار شدید در دو منطقه شهری در ایران (کرمانشاه و تهران) را در طول مدت ۴ سال (۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹) بررسی گردید. نتایج مشخص کرد که خط سیر وقایع گردوغبار از بیابان‌های عراق و سوریه نشأت گرفته و باعث انتقال به ایران شده است [۵]. طی پژوهشی برای

مجاورت با دشت، آب و هوای خشک و گرم دارد و این ویژگی خاص این منطقه به شمار می‌رود که از یک سو به رشته کوه‌های پر برف البرز می‌رسد و از سوی دیگر به حاشیه یکی از خشک‌ترین بیابان‌های ایران منتهی می‌شود. استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع در نیمه شمالی کشور واقع شده و در حدود یک درصد مساحت کل کشور را در بر می‌گیرد و در حال حاضر از لحاظ وسعت بیست و ششمین استان کشور محسوب می‌گردد. این استان به علت قرارگیری در دامنه‌های سرسبز رشته کوه البرز دارای قله مرتفع بسیاری است که مناطق کوهستانی در شمال این استان قرار دارد (شکل ۱).

۲.۲. روش تحقیق

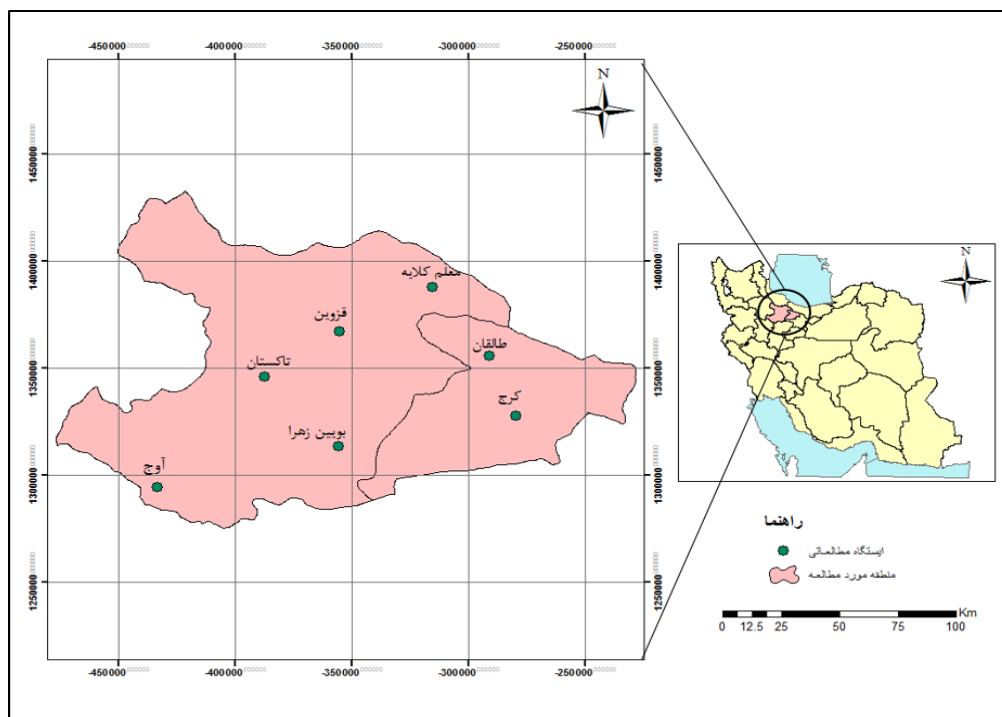
برای ارزیابی دقیق منطقه مطالعاتی ابتدا تلاش گردید که وضعیت باد منطقه در طول دوره مورد بررسی مشخص گردد که برای این منظور از داده‌های سرعت و جهت باد استفاده شد. بنابراین ابتدا داده‌ها با استفاده از نرم افزار WD convert به فرمت lake تبدیل شدند، سپس این داده‌ها وارد نرم افزار WRPLOT View شده و گلباد و گل‌طوفان ترسیم گردید. این گلباد و گل‌طوفان‌ها تنها برای ایستگاه‌های کرج و قزوین به دلیل داشتن دوره آماری مناسب و طولانی ترسیم شدند. برای مطالعه سینوپتیکی پدیده گردوغبار، از داده‌های گردوغبار که به صورت روزانه طی ۸ ساعت دیده‌بانی ساعتی، در قالب کدهای ویژه‌ای، در طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲ از ۷ ایستگاه منتخب در منطقه مطالعاتی (کرج، طالقان، قزوین، بویین زهرا، آوج، تاکستان، معلم کلایه) با دوره آماری مناسب، از سازمان هواشناسی اخذ گردید که به صورت آماری پردازش و تحلیل شدند. با توجه به این که داده‌های دریافتی دارای تمامی کدهای پدیده بودند بنابراین استخراج روزهای همراه با گردوغبار با استفاده از کدهای هواشناسی ۰۶ و ۰۷ و با استفاده از کدنویسی در نرم‌افزار متلب^۱ انجام شد.

بررسی رابطه خشکسالی با طوفان گردوخاک از داده‌های بارش سالانه و تعداد روزهای گردوخاک در استان یزد استفاده شد. با توجه به نتایج مشخص که بین روزهای طوفان گردوخاک و شاخص بارش استاندارد شده (SPI) همبستگی معنی‌داری وجود ندارد ولی با میانگین‌گیری متحرک سه ساله همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهد [۹]. در پژوهشی دیگر گردوغبارهای شهر مشهد در دوره آماری ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که نواحی منشاء 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 [۱۳]. طی یک تحقیق تأثیر خشکسالی بر تولید گردوغبار در منطقه ساحل را با استفاده از داده‌های هواشناسی بررسی و بیان شد که خشکسالی شدید کنونی که در منطقه ساحلی سودان و 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 [۱۱]. 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.

۲. روش شناسی

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

استان البرز سی‌ویکمین استان ایران است که با وسعت ۵۱۲۱/۶۹۴ کیلومتر مربع در شمال ایران و در دامنه رشته کوه‌های البرز مرکزی واقع شده است. آب و هوای این استان تحت تأثیر سلسله کوه‌های البرز، دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. جنوب استان به دلیل



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

ایستگاه‌های کرج و قزوین دارای دوره آماری مناسب و طولانی بودند، بنابراین پایش خشکسالی برای این دو ایستگاه انجام شد. از آنجایی که ارزیابی خشکسالی فقط برای ایستگاه‌های کرج و قزوین انجام شد در نتیجه بررسی ارتباط میان فراوانی روزهای همراه با گردوغبار و میزان خشکسالی نیز فقط در این ایستگاه‌ها انجام شد که برای این منظور از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد.

۳. نتایج

۱.۳. بررسی وضعیت باد

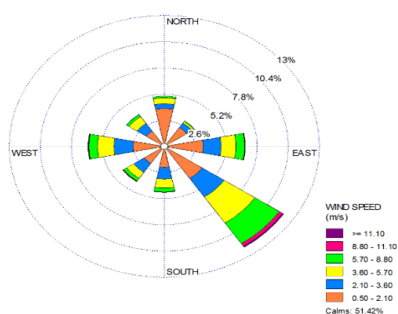
با توجه به گلبادهای به‌دست آمده برای دوره آماری ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲ مشخص شد که در ایستگاه کرج باد غالب در جهت شمال غربی است و درصد بادهای آرام آن

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 [۲۱] که با توجه به هدف این تحقیق از نتایج حاصل از کد ۰۷، برای بررسی ارتباط میان گردوغبار و خشکسالی استفاده شد. در این مطالعه به منظور ارزیابی خشکسالی از سه روش SPI (شاخص بارش استاندارد شده)، PNI (نمایه درصد از نرمال) و ZSI (شاخص نمره Z) در مقیاس سالانه استفاده شد. اساس این نمایه‌ها بر مبنای انحراف مقادیر بارندگی از میانگین درازمدت طی یک دوره زمانی معین استوار است که در این تحقیق محاسبه آن‌ها با استفاده از نرم افزار DIP^۱ صورت گرفت. با توجه به این که در منطقه مطالعاتی تنها

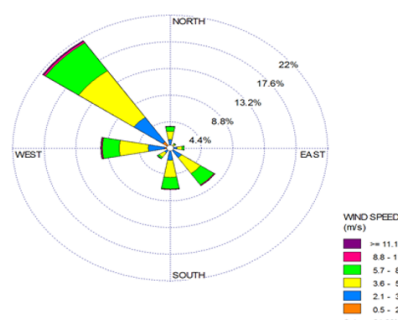
^۱. Drought Indices Package

غالب در جهت شمال غربی و در ایستگاه قزوین نیز باد غالب در جهت جنوب شرقی است و در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

۳۴/۸۰ درصد است ولی در ایستگاه قزوین باد غالب در جهت جنوب شرقی و درصد بادهای آرام ۵۱/۴۲ درصد می‌باشد که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. گل‌طوفان به‌دست آمده در ایستگاه کرج نیز نشان داد باد

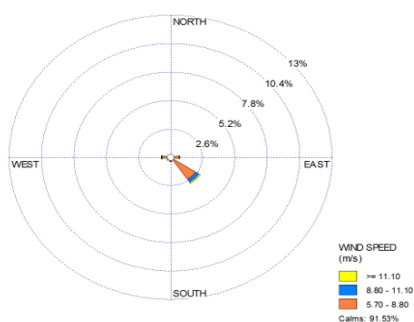


گلباد ایستگاه قزوین

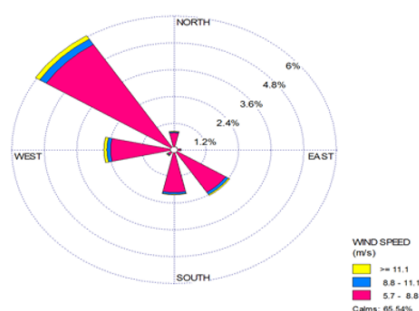


گلباد ایستگاه کرج

شکل ۲. گلباد ایستگاه‌های کرج و قزوین در طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۸



گلبطوفان ایستگاه قزوین



گلبطوفان ایستگاه کرج

شکل ۳. گل‌طوفان ایستگاه‌های کرج و قزوین در طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۸

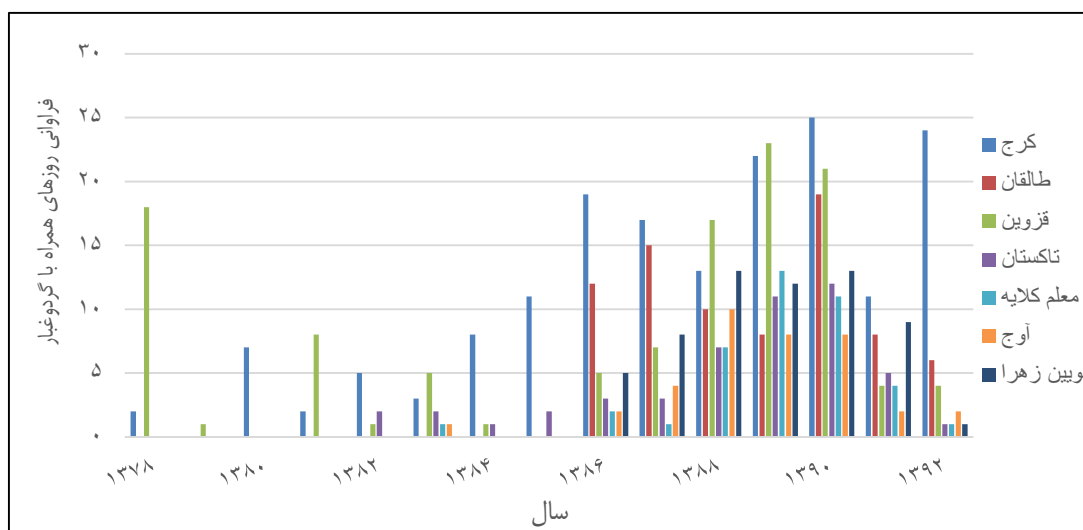
همان‌طور که در نمودار نیز نشان داده شد روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه کرج در مجموع ۱۶۹ روز بود که در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ به ترتیب با ۲۵ و ۲۴ روز بیشترین وقوع گردوغبار را داشته است. در ایستگاه قزوین در مجموع ۱۱۵ روز در طی دوره مورد مطالعه رخ داده است که در سال ۱۳۸۹ با ۲۳ روز بیشترین رخداد و سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ بدون گردوغبار بوده و متوسط

۲.۳. بررسی پدیده گردوغبار

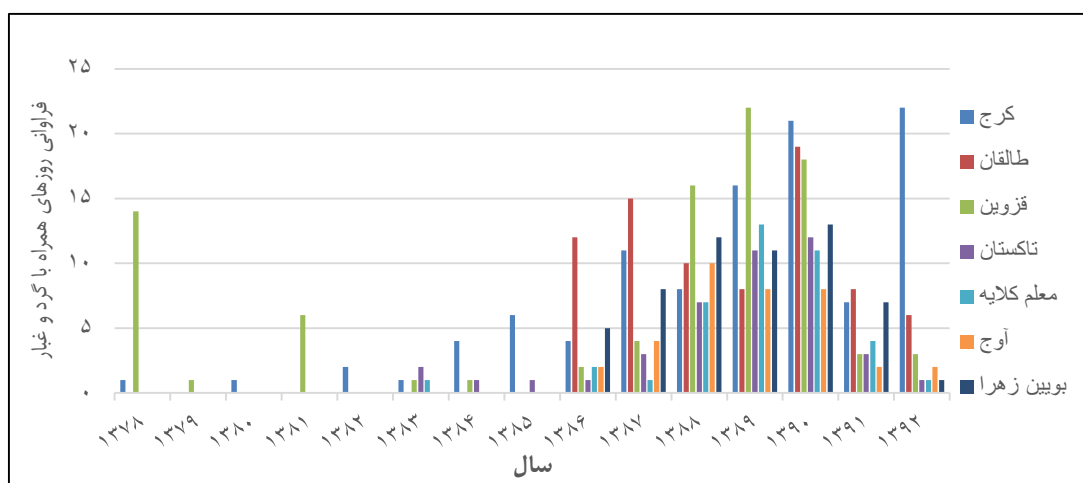
بررسی سالانه روزهای همراه با گرد و غبار در طی دوره آماری ۱۵ ساله (۱۳۷۸-۱۳۹۲)، نشان داد که در مجموع ۵۴۹ روز همراه با گردوغبار با کدهای دیده‌بانی ۰۶ (گرد و غبارهای خارجی) و ۰۷ (گرد و غبارهای داخلی) برای ایستگاه‌های منتخب در استان‌های البرز و قزوین گزارش شده که در شکل شماره ۴ ارائه شده است.

اوج به ترتیب با ۵۷، ۴۲، ۴۰ و ۳۶ روز کمترین رخداد پدیده گردوغبار را داشته‌اند. در شکل‌های شماره ۵ و ۶ فراوانی سالیانه روزهای همراه با گردوغبار برای ایستگاه‌های منتخب در استان‌های البرز و قزوین طی دوره آماری ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲ بر مبنای کدهای ۰۶ و ۰۷ 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، بوبین زهرا و اوج 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.

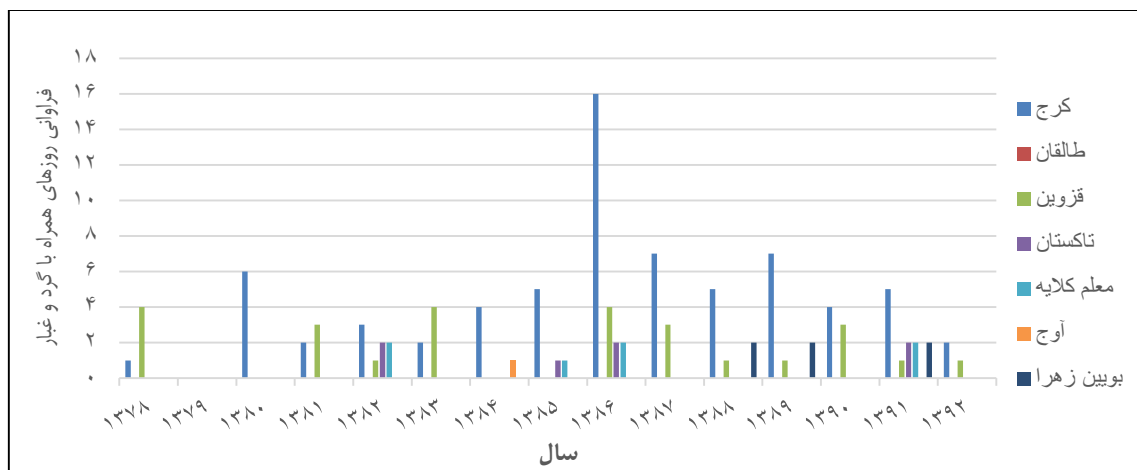
روزهای همراه با گردوغبار ۷ روز است. فراوانی روزهای همراه با پدیده گردوغبار با توجه به کد ۰۶ نشان داد که بیشترین روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه کرج با ۱۰۴ روز و کمترین وقوع نیز در ایستگاه اوج با ۳۶ روز در طی دوره مورد مطالعه رخ داده است که با توجه به آن مشخص گردید ایستگاه کرج با ۲۲ روز در سال ۱۳۹۲ بیشترین وقوع گردوغبار و در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱ هیچ وقوع پدیده گردوغبار را نداشته است. ایستگاه قزوین در مجموع ۹۱ روز رخداد گردوغبار داشته که در سال ۱۳۸۹ با ۲۲ روز بیشترین وقوع پدیده گردوغبار و در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۵ هیچ پدیده گردوغباری رخ نداده است. ایستگاه‌های بوبین زهرا، تاکستان، معلم کلایه و



شکل ۴. فراوانی سالانه رخداد پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب با توجه به کدهای ۰۶ و ۰۷



شکل ۵. فراوانی سالیانه رخداد پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب با توجه به کد ۰۶ (۱۳۷۸-۱۳۹۲)



شکل ۶. فراوانی سالیانه رخداد پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب با توجه به کد ۰۷ (۱۳۷۸-۱۳۹۲)

مقدار بارش را در طول دوره آماری دریافت کرده است که باعث وقوع خشکسالی در این ایستگاه گردید. مقادیر خشکسالی با استفاده از روش‌های SPI، PNI و ZSI به ترتیب $۲/۳۴-$ ، ۵۰ و $۱/۹۹-$ به‌دست آمد که با توجه به نمایه‌های SPI، PNI دارای شدت متوسط و بر مبنای ZSI بسیار شدید ارزیابی شد. در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۲ نیز در این ایستگاه‌ها خشکسالی‌هایی رخ داد که بر اساس سه روش دارای شدت‌های مختلف بودند که در شکل شماره ۲ مقدار بارندگی و خشکسالی محاسبه شده با استفاده از سه روش SPI، PNI و ZSI در ایستگاه قزوین نشان داده شده است.

۴.۳. ارتباط میان پدیده گردوغبار و خشکسالی

ارزیابی رابطه میان خشکسالی و فراوانی وقوع پدیده گردوغبار در بازه زمانی سالانه فقط برای ایستگاه‌های کرج و قزوین به دلیل داشتن دوره آماری طولانی و مناسب صورت گرفت. در ایستگاه کرج میزان سطح معنی‌داری به‌دست آمده با توجه به SPI (۰/۶۹۲)، PNI (۰/۸۶۱) و ZSI (۰/۶۹۲) نشان داد همبستگی بین فراوانی روزهای همراه با گردوغبار و خشکسالی معنی‌دار نیست که نتایج آن در جدول شماره ۴ ارائه شده است. در ایستگاه قزوین

۳.۳. بررسی خشکسالی

تجزیه و تحلیل اطلاعات سالانه بارش در ایستگاه کرج نشان داد، سال ۱۳۹۱ میزان بارندگی سالانه به حدود ۱۵۶ میلی‌متر رسید که مقدار بارش باعث شد این سال به عنوان خشک‌ترین سال در طول دوره آماری محسوب شود. مقادیر محاسبه شده از روش‌های SPI، PNI و ZSI نیز در سال ۱۳۹۱ به کمترین حد خود رسید که به ترتیب $۱/۶۴-$ ، ۵۸ و $۱/۳۹-$ به‌دست آمد که نشان‌دهنده وقوع خشکسالی در این ایستگاه می‌باشد اما شدت‌های مختلف خشکسالی که در این روش‌ها به‌دست آمد با یکدیگر متفاوت می‌باشند که به ترتیب شدید، متوسط و بسیار شدید می‌باشند. در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۲ نیز خشکسالی‌هایی رخ داد که در روش‌های مختلف دارای شدت‌های مختلفی بودند. با توجه به نمایه ZSI میزان خشکسالی‌های محاسبه شده بسیار بیشتر از دو نمایه دیگر است به طوری که بسیاری از خشکسالی‌های ضعیفی که از این روش به‌دست آمد در دو نمایه دیگر در کلاس نرمال طبقه‌بندی شدند. در جدول شماره ۱ مقدار بارندگی و خشکسالی محاسبه شده با استفاده از سه روش SPI، PNI و ZSI در ایستگاه کرج نشان داده شده است. ایستگاه قزوین سال ۱۳۸۶ با $۱۵۵/۵$ میلی‌متر، کم‌ترین

نیز با توجه به نمایه SPI (۰/۱۹۶)، PNI (۰/۲۰۸) و بر مبنای ZSI سطح معنی داری ۰/۱۹۶ به دست آمد که نشان دهنده عدم همبستگی دو پدیده خشکسالی و گردوغبار در طول دوره آماری مورد بررسی است.

جدول ۱. مقدار بارندگی و خشکسالی محاسبه شده در ایستگاه کرج (۱۳۷۸-۱۳۹۲)

سال	مقدار بارندگی (میلی متر)	شاخص SPI	وضعیت خشکسالی	شاخص PNI	وضعیت خشکسالی	شاخص ZSI	وضعیت خشکسالی
۱۳۷۸	۲۴۰/۲	-۰/۳۱	نرمال	۸۹	نرمال	-۰/۳۷	خشکسالی ضعیف
۱۳۷۹	۱۷۳/۶	-۱/۳۴	خشکسالی متوسط	۶۴	خشکسالی ضعیف	-۱/۱۹	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۸۰	۲۶۲/۲	-۰/۰۱	نرمال	۹۷	نرمال	-۰/۰۱	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۱	۲۶۸/۵	۰/۰۷	نرمال	۹۹	نرمال	-۰/۰۳	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۲	۲۷۰/۱	۰/۰۹	نرمال	۱۰۰	نرمال	-۰/۰۱	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۳	۳۰۰/۶	۰/۴۷	نرمال	۱۱۱	نرمال	۰/۳۷	نرمال
۱۳۸۴	۳۵۵/۲	۱/۰۸	ترسالی متوسط	۱۳۱	نرمال	۱/۰۳	ترسالی متوسط
۱۳۸۵	۳۹۲/۶	۱/۴۷	ترسالی متوسط	۱۴۵	نرمال	۱/۴۹	ترسالی متوسط
۱۳۸۶	۱۶۸	-۱/۴۳	خشکسالی متوسط	۶۲	خشکسالی متوسط	-۱/۲۶	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۸۷	۲۶۴/۶	۰/۰۲	نرمال	۹۸	نرمال	-۰/۰۷	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۸	۲۴۳/۶	-۰/۲۶	نرمال	۹۰	نرمال	-۰/۳۳	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۹	۴۴۷	۱/۹۹	ترسالی شدید	۱۶۵	نرمال	۲/۱۶	ترسالی بسیار شدید
۱۳۹۰	۳۰۶/۵	۰/۵۳	نرمال	۱۱۳	نرمال	۰/۴۴	نرمال
۱۳۹۱	۱۵۶/۸	-۱/۶۴	خشکسالی شدید	۵۸	خشکسالی متوسط	-۱/۳۹	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۹۲	۲۱۱	-۰/۷۳	خشکسالی متوسط	۷۸	خشکسالی ضعیف	-۰/۷۳	خشکسالی ضعیف

جدول ۲. مقدار بارندگی و خشکسالی محاسبه شده در ایستگاه قزوین (۱۳۷۸-۱۳۹۲)

سال	مقدار بارندگی (میلی متر)	شاخص SPI	وضعیت خشکسالی	شاخص PNI	وضعیت خشکسالی	شاخص ZSI	وضعیت خشکسالی
۱۳۷۸	۳۱۱/۲	۰/۰۸	نرمال	۱۰۰	نرمال	-۰/۰۱	خشکسالی ضعیف
۱۳۷۹	۲۲۴/۴	-۱/۱۳	خشکسالی متوسط	۷۲	خشکسالی ضعیف	-۱/۱۱	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۸۰	۳۳۹/۶	۰/۴۳	نرمال	۱۰۹	نرمال	۰/۳۶	نرمال
۱۳۸۱	۴۱۰/۲	۱/۲۱	ترسالی متوسط	۱۳۲	نرمال	۱/۲۷	ترسالی متوسط
۱۳۸۲	۳۲۶/۶	۰/۲۷	نرمال	۱۰۵	نرمال	۰/۱۹	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۳	۲۸۴/۷	-۰/۲۶	نرمال	۹۱	نرمال	-۰/۳۴	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۴	۳۶۱	۰/۶۸	نرمال	۱۱۶	نرمال	۰/۶۴	نرمال
۱۳۸۵	۳۲۷/۶	۰/۲۹	نرمال	۱۰۵	نرمال	۰/۲۱	نرمال
۱۳۸۶	۱۵۵/۵	-۲/۳۴	خشکسالی بسیار شدید	۵۰	خشکسالی شدید	-۱/۹۹	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۸۷	۲۹۴/۳	-۰/۱۳	نرمال	۹۴	نرمال	-۰/۲۲	خشکسالی ضعیف
۱۳۸۸	۳۵۲/۱	۰/۵۸	نرمال	۱۱۳	نرمال	۰/۵۲	نرمال
۱۳۸۹	۴۶۹/۳	۱/۸	ترسالی شدید	۱۵۱	نرمال	۲/۰۲	ترسالی بسیار شدید
۱۳۹۰	۳۰۳	-۰/۰۲	نرمال	۹۷	نرمال	-۰/۱۱	خشکسالی ضعیف
۱۳۹۱	۳۰۹/۸	۰/۰۷	نرمال	۹۹	نرمال	-۰/۰۲	خشکسالی ضعیف
۱۳۹۲	۲۰۰/۸	-۱/۵۱	خشکسالی شدید	۶۴	خشکسالی متوسط	-۱/۴۲	خشکسالی بسیار شدید

جدول ۳. همبستگی بین فراوانی رخداد پدیده گردوغبار و خشکسالی (مقیاس سالانه) در ایستگاه‌های کرج و قزوین

ایستگاه	شاخص خشکسالی	گردوغبار و خشکسالی
کرج	SPI	همبستگی
		۰/۱۱۲
		سطح معنی‌داری
	PNI	تعداد
		۱۵
		۰/۸۶۱
ZSI	همبستگی	
	۰/۱۱۲	
	سطح معنی‌داری	
قزوین	SPI	تعداد
		۱۵
		۰/۳۵۳
	PNI	همبستگی
		۰/۳۴۵
		سطح معنی‌داری
ZSI	تعداد	
	۱۵	
	۰/۲۰۸	

۴. بحث و نتیجه‌گیری

خشکسالی رخ داد. در ایستگاه قزوین سال ۱۳۸۶ با ۱۵۵/۵ میلی‌متر به عنوان خشک‌ترین سال در دوره مورد نظر محسوب می‌شود که بر مبنای نمایه‌های SPI، PNI و ZSI به ترتیب دارای شدت‌های متوسط و بسیار شدید بود. علت اختلاف در کیفیت خشکسالی به‌دست آمده از سه روش SPI، PNI و ZSI ناشی از دقت محاسبه این روش‌ها برای مناطق مختلف می‌باشد. این نتایج با بخشی از نتایج پژوهشگرانی از جمله [۲۰] و [۱۶] همخوانی دارد. از آنجا که کد ۰۷ نشان‌دهنده گردوغبارهای محلی است که با توجه به ویژگی‌های ایستگاه مورد بررسی به هوا بلند می‌شود، بنابراین برای بررسی تأثیر خشکسالی بر پدیده گردوغبار نیز تنها باید گردوغبارهایی که با کدهای ۰۷ ثبت می‌شوند مورد بررسی قرار گیرد. بررسی رابطه میان فراوانی روزهای همراه با گردوغبار با خشکسالی نشان داد در ایستگاه‌های کرج و قزوین با توجه به سطح معنی‌داری به‌دست آمده، همبستگی قابل توجهی بین فراوانی روزهای

با مطالعه فراوانی سالیانه گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب مشخص گردید که در مجموع ۵۴۹ روز همراه با گردوغبار ثبت شده است و با توجه به آن ایستگاه‌های کرج و قزوین بیشترین رخداد گردوغبار را داشته‌اند. بر مبنای کدهای دیده بانی ۰۶ و ۰۷، ایستگاه‌های کرج و قزوین بیشترین وقوع گردوغبار را داشتند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج [۱۴] و [۳] که پدیده گردوغبار را از نظر زمانی بررسی کردند مطابقت دارد. بررسی خشکسالی با استفاده از سه نمایه SPI، PNI و ZSI صورت گرفت که با توجه به آن مشخص شد در ایستگاه کرج در سال ۱۳۹۱ با کمترین مقدار بارندگی (۱۵۶ میلی‌متر)، خشکسالی رخ داده است که با توجه به سه نمایه فوق دارای شدت‌های به ترتیب شدید، متوسط و بسیار شدید بود همچنین در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۲ نیز در این ایستگاه

بررسی نباید انتظار داشت همبستگی میان این پدیده‌ها به وضوح مشخص باشد و از طرفی نباید از نقش سایر عوامل مؤثر مانند عوامل انسانی غفلت کرد.

همراه با گردوغبار و خشکسالی در این ایستگاه‌ها وجود ندارد که با نتایج [۶] و [۹] مطابقت دارد. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که به دلیل کمبود آمارهای مناسب و بلندمدت در ایستگاه‌های مورد

References

- [1] Aliyari, M., Entezari, M and Mehrabi, Sh. (2013). Dust storm and its effects on people's health. Third National Conference on wind erosion and dust storms. Yazd, 25-26 February.
- [2] 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.
- [3] Asgari Sarasekanrood, S. and Zeinali, B. (2014). Analyzing and interpolating of dust storms seasonally frequency of Iran in order to dangers decreasing. Knowledge and dangers Journal. 1 (2): 217-239.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Ekhtesasi, M., Shakeri, F and Soleimanimotlagh, M. (2010). Compare and evaluation of drought trend and dust occurrence. Second National Conference on wind erosion and dust storms. Yazd, 27-28 Bahman.
- [7] Faroughi, A. and Pourasgharian, A. (2013). Synoptic analyzing of dust storm with effect of cold weather falling from higher altitudes in Hormozgan province. 2th national convention of environment conservation and programming. Hamedan, 24 September: 1-10.
- [8] Kermani., M, Taherain., E and IZANLOO, M. (2016). Analysis of dust and dust storms in Iran, Investigation Internal and external origin of dust storms in Iran using satellite images and Control methods. Rahavard Salamat Journal. 2 (1): 39-51.
- [9] Khalighi Sigarudi, Sh and Shahbandari Ghuchani, R. (2010). Study of relationship between drought and dust storm (case study: Yazd province). Second National Conference on wind erosion and dust storms, Yazd, 27-28 Bahman.
- [10] Kiani, B and Soleimai Babersad, M. (2014). Application of DIP software in analysis and monitoring of drought in Dezful plain. Journal of water engineering. 2 (2): 167-176.
- [11] Middleton NJ: Dust Storm in the Middle East. (1986). Arid Environ. 10: 83-96.
- [12] Moghaddasi, M., Paymozd, Sh and Morid, S. 2010. Human sciences modares Journal. 9 (1): 215-197.
- [13] Mohammadi Moradian, J. and Hoseinzadeh, S.R. (2015). Satellite evaluating and synoptic analyzing of dust storm phenomenon in Mashhad during geostatistical 2009-2013. Geographic and dangers Journal. 14: 35-57.
- [14] Movahedi, S., Hatami Bahmanbighlu, Kh and Narangifard, M. (2014). Spatial and temporal monitoring of weather phenomena associated with dust in cities Iran. Journal of geography and environmental studies. 3 (11): 48-37.
- [15] 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.
- [16] Piri, H., Rhdari, V. and Maleki, S. (2013). Investigation and comparison of efficiency of four meteorological drought indicators in drought risk management in Sistan and Baluchestan province. Irrigation and Water Engineering Journal. 3 (11), ISSN 2251-7359: 166-175.

- [17] Shahryari, A. and Mohammadi, M. (2015). Trend analysis the number of dusty days in the Sistan and Baluchistan province (IRAN) using non-parametric statistics. *Water and Soil Conservation Research*. 23 (4): 253- 260.
- [18] Shamshiri, S., Jafari, R., Soltan, S and Ramezani, N. (2014). Detecting and zoning of dust of Kermanshah province using MODIS imagery. *Iranian Journal of Applied Ecology*. 3 (7): 29-41.
- [19] 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.
- [20] Yousefi, H., Nohegar., A, Khosravi Z and Azizabadi Farahani M. (2015). Drought Modeling and Management Using SPIand RDI Indexes (Case study: Markazi provin). *Journal of ecohydrology*. 2 (3): 337-344.
- [21] Zangeneh, S. (2014). Applied meteorology of dust storms in Iran, two journals applied meteorology. 1 (1): 1-12.
- [22] Zolfaghari, H., Masumpour Samakush, J., Shayegan Mehr, Sh and Ahmadi M. (2012). A Synoptic Investigation of Dust Storms in Western Regions of Iran during 2005- 2010 (A Case Study of Widespread Wave in July 2009). *Journal of geography and environment planning*. 22 (3): 17-34.

