

## بررسی پدیده گرد و غبار و بادهای غبارزا در استان یزد

قاسم مرتضایی فریزهندی\*<sup>۱</sup>، مریم میراکبری<sup>۲</sup>

۱- استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، پست الکترونیک [mortezaie@ut.ac.ir](mailto:mortezaie@ut.ac.ir)

۲- دکتری بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، [maryammirakbari@ut.ac.ir](mailto:maryammirakbari@ut.ac.ir)

### چکیده

گرد و غبار یکی از پدیده های جوی است که در بسیاری از عرصه های بیابانی و مناطق خشک دنیا گسترش دارد. از آنجایی که قسمت اعظمی از کشور ما در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده، با این پدیده مواجهه است. بدین منظور در این پژوهش توسط داده های وضعیت هوای حاضر و داده های ساعتی سمت و سرعت باد ایستگاه های سینوپتیک استان یزد به بررسی گرد و غبار پرداخته شد. براساس نتایج، ایستگاه های یزد و میبد با متوسط ۶۲/۱۸ و ۲۹/۲۷ روز در سال به ترتیب بیشترین روزهای همراه با پدیده گرد و غبار را تجربه می کنند. همچنین در فصل بهار و تابستان بیشترین فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار اتفاق می افتد بطوری که در اکثر ایستگاه ها فراوانی وقوع گرد و غبار در بهار به بیش از ۵۰ درصد می رسد. گل توفان فصلی منطقه نشان داد بهار و تابستان به علت تابش شدید خورشید و گرم شدن سطح زمین سرعت باد بالاتر می باشد که شرایط را برای ایجاد روزهای همراه با گرد و غبار فراهم می کند. شاخص DSI نیز در منطقه مطالعاتی محاسبه گردید که بر این اساس ایستگاه میبد دارای بیشترین توفان های گرد و غبار می باشد. همچنین گل غبارها بر اساس کدهای ۰۶ تا ۳۵ در منطقه ترسیم گردید. نتایج نشان داد سرعت باد گل غبار کد ۰۷ به عنوان گرد و غبار با منشا محلی در منطقه بالاتر از گل غبار کد ۰۶ به عنوان گرد و غبار غیر محلی می باشد. همچنین جهت باد غبارها با بادهای بدون گرد و غبار هماهنگ بوده که بیانگر محلی بودن منشا گرد و غبار است.

واژه های کلیدی: گرد و غبار، گل توفان، گل غبار، DSI، استان یزد

### مقدمه

شواهد موجود از قسمت های مختلف جهان گویای این مطلب است که بلایای طبیعی در کل جهان از ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ روند افزایشی داشته است. از بین ۲۶۵۴ بلایای طبیعی سیل و توفان های گرد و غبار بیشترین فراوانی را داشته اند که در حدود ۷۰ درصد فراوانی را شامل می شوند و ۳۰ درصد باقیمانده مربوط به خشک سالی، لغزش و آتش سوزی می باشد (Sivakumar, 2005). بخش وسیعی از کشور را مناطق خشک و فراخسک با بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در بر گرفته است. در این مناطق شرایط نامساعد محیطی متأثر از زمین شناسی و اقلیم در کنار فعالیت های انسانی زمینه را برای وقوع فرسایش بادی بسیار مساعد نموده است. از نشانه های بیابانزایی و فرسایش بادی افزایش غلظت گرد و غبار موجود در جو، فراوانی توفان های گرد و غبار و گسترش کانون های تولید گرد و غبار می باشد. توفان گرد و غبار در مقیاس های محلی، منطقه ای و جهانی بر روی محیط اثر می گذارند. این تاثیر در منطقه منشا شامل فرسایش خاک و مواد آلی و در نتیجه کاهش حاصلخیزی است. در منطقه انتقال گرد و غبار به پوشش گیاهی آسیب

رسانده و باعث اختلال در فرایندهای حیاتی گیاه می شود. بیشترین تاثیر توفان در این مناطق مربوط به جو آن می باشد که گرد و غبار موجود در جو باعث کاهش دید افقی خواهد شد. در بدترین حالت دید به چندین متر کاهش می یابد که این باعث تصادفات جاده ای و اختلال در پرواز می شود. سازمان جهانی هواشناسی پدیده های آب و هوایی را توسط ۱۰۰ کد از ۰ تا ۹۹ توصیف می کند که از این میان ۱۱ کد مربوط به پدیده گرد و غبار می باشد (T O'Loingsigh et al., 2014). شناخت ویژگی

های پدیده گرد و غبار، فراوانی، زمان و مکان وقوع آن از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعه کدهای هواشناسی مربوط به گرد و غبار سبب آشکارسازی تفاوت زمانی و مکانی آنها می گردد که در شناخت مخاطرات محیطی دارای اهمیت است. فراوانی وقایع گرد و غبار به عنوان یک شاخص تغییرات محیط زیستی، برای اندازه گیری فرایندهای بیابانزایی، تغییرات پوشش و تاثیر فعالیت های انسانی در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده می شود (Goudie and Middleton, 2001; Zhang et al., 2003; Qian and Zhu, 2001). مرتضایی فریزهندی، قاسم و همکاران (۲۰۱۲) در سد لتیان، اثر حرکت طوفان گرد و غبار بر رواناب در مقیاس حوزه را برای مدل سازی اقلیمی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که حرکت طوفان باران بر اوج جریان تأثیر بسزایی دارد به گونه ای که در بیشتر حوادث شبیه سازی شده، اوج جریان تا حدی با دقت تخمین زده می شود، به بیان دیگر شبیه سازی مدل های اقلیمی به جوانب متعددی وابسته است که باید مورد توجه قرار گیرد. مرتضایی فریزهندی و همکاران (۲۰۱۸) در چهارمحال بختیاری نشان داد که بین درصد پوشش بلوط با متغیرهای از قبیل درصد رس، اسیدپته، ماده آلی، نیتروژن کل و پتاسیم ارتباط مثبت و با درصد سنگ و سنگریزه ارتباط منفی وجود دارد. بیشترین ارتباط بین حضور گونه بلوط و عوامل خاکی مربوط به ماده آلی ( $R^2 = 44$ ) بود. این تحقیق مشخص کرد که عوامل محیطی نقش مهمی در درختان بلوط دارند و برای کنترل و مهار ریزگرد توجه بهتر و اصولی به ارتباطات بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی ضروری است.

عوامل مختلفی اعم از فعل و انفعالات جوی، وجود بادهای بالاتر از سرعت آستانه، خاکهای لخت و فاقد پوشش گیاهی، سازند زمین شناسی حساس به فرسایش، بارندگی اندک، کاهش رطوبت خاک و آب و هوای خشک سبب ایجاد پدیده گرد و غبار می شوند. مطالعات نشان داده است بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار در مناطق بسیار خشک با زمین لخت (۸۰-۶۰ روز در سال)، مناطق با پوشش گیاهی بوته ای (۳۰-۲۰ روز در سال) و چمنزارها (۴-۲ روز در سال) می باشد (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۱). بر اساس آمار موجود توفان های گرد و غبار اتفاق افتاده در کشور در چند سال اخیر از نظر غلظت، اندازه ذرات معلق و تداوم توفان از موارد مشابه قبلی متمایز است. بطوری که در گذشته معمولاً متوسط سالانه رخداد پدیده گرد و غبار تقریباً ۱۵ روز یا کمتر بود ولی در حال حاضر در حد ۱۰۰ روز و یا بیشتر هم گزارش می شود (شاهسونی و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین پرداختن به مسئله گرد و غبار و بررسی ویژگی های آن در هر منطقه ای مخصوصاً مناطق خشک و بیابانی از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا در این تحقیق به بررسی پدیده گرد و غبار در استان یزد که به عنوان یکی از کانون های بحرانی فرسایش بادی محسوب می شود، پرداخته خواهد شد. همچنین بادهایی که سبب ایجاد گرد و غبار در منطقه شده نیز با رسم گل غبارها براساس کدهای مربوط به گرد و غبار مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

چیتی (۱۳۸۹) مطالعه ای روی توفان های گرد و غبار یزد در دوره آماری ۱۹۸۰-۲۰۰۰ انجام داده است. در این مطالعه به بررسی آماری روزهای توفانی پرداختند و پارامترهای میدان باد، دما، فشار، رطوبت، وضعیت پایداری و تحلیل شرایط همدیدی را مورد بررسی قرار دادند. بررسی ها نشان داد بالاترین زمان وقوع توفان در فصل بهار و زمستان و معمولاً در ساعات بعدازظهر می باشد. همچنین جهت باد غالب در ساعات قبل از توفان در اکثر موارد شمال غربی، غربی و جنوب غربی می باشد. اختصاصی و همکاران (۱۳۸۹) با مقایسه روند خشکسالی و وقوع گرد و غبار به این نتیجه رسیدند که با وجود خشکسالی گرد و غبار روند تقریباً ثابتی داشته است که این نشان دهنده توقف فعالیت های مخرب انسانی در منابع طبیعی و کارا بودن اقدامات بیابانزدایی صورت گرفته در منطقه می باشد.

بحیرایی و همکاران (۱۳۹۰) به تحلیل آماری و سینوپتیکی گرد و غبار با استفاده از داده های ایستگاه های سینوپتیک و نقشه های سینوپتیکی تراز سطح دریا و ۵۰۰ هکتوپاسکال در استان ایلام پرداختند. براساس نتایج حاصل از داده های هواشناسی گرد و غبار ماه می و جولای دارای بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار و دسامبر کمترین فراوانی را دارا می باشد. نتایج حاصل از بررسی نقشه های سینوپتیکی نشان داد در ماه ژوئیه قرارگیری هسته کم فشار بر روی دریای مدیترانه و زبانه های فرود آن در بیابان عراق، سوریه و عربستان باعث ایجاد گرد و غبار در غرب کشور می شود. امیدوار و امید (۱۳۹۱) گرد و غبار جنوب و مرکز استان فارس را با استفاده کدهای هواشناسی مربوط به گرد و غبار و رسم گباد، گل توفان و گل غبار مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش اکثر روزهای همراه با گرد و غبار در فصل بهار و تابستان و ماه های اردیبهشت و تیر وقوع یافته است. همچنین جهت باد غالب منطقه و غبار یکسان می باشد که این وضعیت حاکی از غیرمحل بودن منشأ

توفان‌های گرد و غبار در منطقه می‌باشد. طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۲) عوامل موثر بر پدیده گرد و غبار در غرب ایران را با استفاده از داده‌های دید افقی، کدهای گرد و غبار و نقشه‌های سطوح مختلف جو مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد کاهش شدید رطوبت خاک بر اثر کاهش شدید بارش در دهه گذشته بویژه در شمال خاورمیانه می‌باشد همچنین افزایش فرکانس عبور امواج کوتاه و سریع با مولفه باد مداری قوی از دلایل عمده وقوع توفان در منطقه است. صارمی (۱۳۹۵) مرتضایی فریزه‌ندی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از شاخص‌های SDI و GRI وضعیت خشکسالی هیدرولوژیک را ارزیابی و با شاخص‌های خشکسالی هواشناسی هرات یزد مقایسه نمودند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که SPEI در مقیاس ۲۴ و ۴۸ ماهه با ۳ ماه تاخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد که حاکی از تأثیرگذاری خشکسالی هواشناسی بعد از گذشت دو سال و بیشتر بر منابع آب‌برزمینی می‌باشد.

طبق تحقیقات مرتضایی فریزه‌ندی و همکاران (۱۳۹۷) در ارتباط با بررسی وضعیت خشکسالی هواشناسی در حال و آینده با استفاده از مدل سری CMIP5 تحت سناریوهای RCP در یزد، کاهش یا افزایش پارامترهای اقلیمی همچون دما و بارندگی در نتیجه فرایند تغییر اقلیم، سبب ایجاد انواع خشکسالی می‌گردد. نتایج حاصل نشان داد طبق شاخص SPI منطقه مطالعاتی در آینده تحت سه سناریو RCP خشکسالی‌های شدیدتری را نسبت به دوره تاریخی مشاهده می‌کند در حالی که براساس شاخص SPEI تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 مشخصه‌های خشکسالی در آینده نسبت به دوره تاریخی کاهش می‌یابد و براساس سناریو RCP8.5 شدت و مدت خشکسالی روند افزایشی خواهد داشت.

مرتضایی فریزه‌ندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۹)، تحلیل و بررسی شاخص‌های خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان طبق نتایج مورد مطالعه، به‌طور میانگین، احتمال تعادل دوره‌های خشک، مرطوب و نرمال در ایستگاه‌های منطقه به‌ترتیب ۳۱، ۴۰ و ۲۹ درصد است که این بدین معنی است که در بیش‌تر مواقع منطقه از نظر اقلیمی در شرایط نرمال قرار دارد در حالی که احتمال وقوع شرایط خشک و مرطوب خیلی به هم نزدیک است. همچنین شاخص بارندگی و تبخیر تعرق استاندارد شده (SPEI) در مقیاس ۱۲ و ۲۴ ماهه با سه ماه تاخیر با شاخص GRI بیشترین همبستگی را دارد.

ذوالجودی و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه‌ای را بر روی وقایع گرد و غبار در غرب ایران و گسترش خشکسالی‌ها در خاورمیانه انجام دادند. آنها مناطق منشا گرد و غبار را در غرب ایران عراق و سوریه شناسایی کردند. احمدی و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه مناطق اطراف ایستگاه هواشناسی شهر یزد با استفاده از گل توفان و پهنبندی سرعت آستانه فرسایش، مناطق مستعد فرسایش بادی را در محدوده مورد مطالعه تفکیک کردند. مصباح‌زاده و احمدی (۲۰۱۲) پتانسیل حمل ماسه در دشت یزد اردکان بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد بادهای شمال‌غرب، جنوب‌غرب و غرب بترتیب دارای بیشترین پتانسیل حمل ماسه به منطقه می‌باشند. نظری و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی توفان گرد و غبار در استان تهران با رسم گل توفان و گلماسه و گلباد پرداختند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد بادهای غالب در منطقه مطالعاتی عموماً از جهت غرب می‌وزد که در فصل تابستان به جنوب و جنوب شرقی تغییر می‌کند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل گل توفان نشان داد ۱۲ درصد از بادها در استان دارای شرایط توفانی می‌باشد. قابل ذکر است که سرعت آستانه در این مطالعه ۶/۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است. (O'Loingsigh) و همکاران (۲۰۱۴) شاخص توفان گرد و غبار (DSI) را برای پایش فرسایش بادی در استرالیا محاسبه کردند. این شاخص براساس رابطه بین دید افقی و غلظت گرد و غبار در توفان‌های گرد و غبار با شدت‌های متفاوت در استرالیا تعیین شد که قابل استفاده در دیگر مناطق نیز می‌باشد. براساس نتایج بدست آمده شاخص DSI می‌تواند بیان‌کننده فعالیت فرسایش بادی در یک منطقه باشد. Tan و همکاران (۲۰۱۴) توفان‌های گرد و غبار در چین را طی دوره آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد سال ۱۹۸۳ بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار را دارا می‌باشد همچنین از ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۹ وقوع توفان گرد و غبار روند نزولی و از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ روند صعودی داشته است. اصغری‌پوده و همکاران (۱۳۹۴) تغییرات زمانی و مکانی توفان گرد و غبار در استان خوزستان توسط شاخص DSI در یک دوره ۲۰ ساله ارزیابی کردند. در این مطالعه تغییرات زمانی توسط آزمون روند و تغییرات مکانی توسط روش درون‌یابی انجام گرفت. نتایج این بررسی نشان داد غبارناکی در استان خوزستان در طی زمان کاهش یافته و این مقدار برابر با ۳۸ واحد می‌باشد. همچنین نقاط بحرانی در استان بخش شرقی تالاب شادگان و هورالعظیم شناسایی شد.

سرعت و جهت بادهای فرساینده در استان یزد را با رسم گلباد، گل توفان و گلماسه بررسی کرد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد بادهای فرساینده عمدتاً در فصل بهار و تابستان می‌وزد و در فصل پاییز از شدت این بادهای کاسته می‌شود. همچنین در صد بادهای فرساینده در سطح محدوده مطالعاتی بین ۶/۴ درصد در یزد و ۳/۶ درصد در هرات وقوع یافته است که فراوانی بادهای فرساینده با سرعت بالای ۶ متر بر ثانیه عموماً از ۱۴ درصد تجاوز نمی‌کند. بطور کلی هدف از انجام این مطالعه تحلیل وقوع پدیده گرد و غبار براساس فراوانی کدها در مقیاس‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه می‌باشد. همچنین شاخص توفان گرد و غبار نیز به منظور ارزیابی شدت و گستره توفان‌های گرد و غبار در محدوده مطالعاتی محاسبه شد. درنهایت با استفاده از داده‌های سمت و سرعت باد رژیم بادناکی منطقه در زمان وقوع پدیده گرد و غبار و مواقع بدون گرد و غبار بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه جهت تحلیل پدیده گرد و غبار و رژیم بادناکی بادغبارها داده‌های ساعتی سمت و سرعت باد، وضعیت هوای حاضر مربوط به ۷ ایستگاه سینوپتیک استان یزد جمع‌آوری گردید. طبق تعریف سازمان جهانی هواشناسی پدیده گرد و غبار توسط ۱۱ کد تعریف می‌شود که در منطقه مورد مطالعه تمام کدهای پدیده گرد و غبار اعم از ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵ در دوره آماری گزارش شده است. تحلیل بادهای منطقه و رژیم بادناکی در مواقع گرد و غبار با ترسیم مدل‌های گرافیکی گل توفان و گل غبار توسط نرم‌افزار WR Plot انجام گرفت.

شاخص توفان گرد و غبار (DSI) معیار فراوانی و شدت وقایع فرسایش بادی یا به بیان پدیده گرد و غبار می‌باشد. این شاخص ترکیبی از تعداد روزهای با توفان شدید (SDS2)، توفان متوسط (MDS3) و روزهای با گرد و غبار محلی (LDE4) می‌باشد که براساس میزان تاثیر هر واقعه بر کاهش دید افقی وزن‌دهی شده است (رابطه ۱) که اساس وزن‌دهی بر مبنای رابطه بین غلظت گرد و غبار و دید افقی می‌باشد (O'Loingsigh, 2014). براساس مطالعات صورت گرفته توسط Tews (۱۹۹۶) و Leys و همکاران (۲۰۱۱) غلظت گرد و غبار در روزهای با توفان شدید ۵ برابر توفان متوسط می‌باشد. همچنین غلظت گرد و غبار در روزهای با گرد و غبار محلی ۰/۰۵ توفان متوسط می‌باشد.

$$DSI = \sum_{i=1}^n [(5 * SDS) + (MDS) + (0.0 * LDE)]_i \quad (1)$$

در این رابطه SDS روزهای با توفان شدید (فراوانی روزهای دارای حداکثر کد گرد و غبار از ۳۳ تا ۳۵)، MDS روزهای با توفان متوسط (فراوانی روزهای دارای حداکثر کد گرد و غبار از ۳۰ تا ۳۲) و LDE روزهای با گرد و غبار محلی (فراوانی روزهای دارای حداکثر کد گرد و غبار از ۰۷ تا ۰۹)، و n تعداد ایستگاه‌ها می‌باشد. مقیاس محاسبه DSI می‌تواند ماهانه و یا سالانه باشد.

## منطقه مورد مطالعه

استان یزد به عنوان سومین استان دارای کانون‌های بحرانی فرسایش بادی به عنوان محدوده مطالعاتی در این پژوهش، در نظر گرفته شده است. آب و هوای محدوده مطالعاتی به علت قرار داشتن بر روی کمربند خشک جهانی دارای زمستانهای سرد و خشک و تابستانهای گرم و خشک است. محدوده مطالعاتی بدلیل موقعیت جغرافیایی و قرارگیری در عرض‌های پایین از رطوبت کمی برخوردار است و این ویژگی سبب شده از خشکی و خشکسالی در امان نبوده و شرایط برای ایجاد گرد و غبار مساعد باشد، بطوری که تقریباً نیمی از مساحت استان را اراضی بیابانی پوشانده که همواره در معرض فرسایش بادی و توفان‌های گرد و غبار قرار می‌گیرند. از این رو شناخت پدیده گرد و غبار در این منطقه جهت مقابله با اثرات زیانبار آن از اهمیت بسزایی برخوردار است.



شکل ۱- موقعیت استان یزد

## نتایج

### تحلیل آماری پدیده گرد و غبار

بررسی پدیده گرد و غبار با استفاده از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک استان یزد طی دوره آماری ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ به عنوان دوره آماری مشترک صورت گرفت. نتایج حاصل از بررسی کدهای ۰۶ تا ۳۵ به عنوان کدهای مربوط به پدیده گرد و غبار در تمام ایستگاه‌ها نشان داد ایستگاه یزد دارای بیشترین فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار بوده که در دوره آماری مشترک ۶۸۴ روز با پدیده گرد و غبار (گرد و غبار معلق، گرد و غبار، توفان گرد و غبار) مواجه بوده که بطور متوسط ۶۲/۱۸ روز در سال اتفاق می‌افتد. همچنین ایستگاه میبد بعد از یزد دارای بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار با متوسط ۲۹/۲۷ روز در سال می‌باشد. کمترین فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار در ایستگاه گاریز واقع در جنوب غربی استان با متوسط ۸ روز در سال طی دوره آماری وقوع یافته است (جدول ۱).

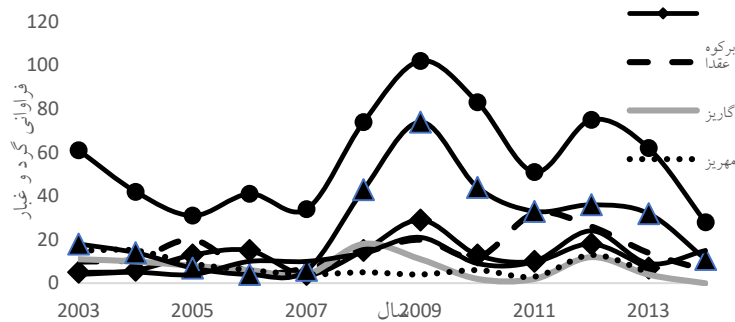
جدول ۱. فراوانی کدهای پدیده گرد و غبار در محدوده مطالعاتی

نام ایستگاه	فراوانی کدهای گرد و غبار	متوسط سالانه گرد و غبار (روز در سال)
ایرکوه	۱۳۵	۱۲,۲۷
گاریز	۸۸	۸
رباط پشت بادام	۱۳۵	۱۲,۲۷
میبد	۳۲۲	۲۹,۲۷
مهریز	۷۵	۷,۷۲
عقدا	۱۷۷	۱۶,۰۹
یزد	۶۸۴	۶۲,۱۸

جهت بررسی کاملتر گرد و غبار در منطقه، هریک از کدها بطور مجزا نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند که بر این اساس محلی یا غیرمحلی بودن منشا گرد و غبار و همچنین فراوانی توفان‌های وقوع یافته در منطقه مشخص گردید. براساس نتایج حاصل از بررسی هریک از کدها بطور مجزا در دوره آماری مشترک، در تمام ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه یزد فراوانی کد ۰۷ به عنوان گرد و غبار با منشا محلی بیشتر از کد ۰۶ به عنوان گرد و غبار با منشا غیرمحلی (گرد و غبار معلق) می‌باشد. این بدین معناست که گرد و غبار در محدوده مطالعاتی ناشی از فرسایش خاک در محل می‌باشد و مناطق منشا بیرونی تاثیر چندانی در وقوع آن ندارند. براساس نتایج حاصل از بررسی کدهای ۳۰ تا ۳۵ بیشترین فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار مربوط به ایستگاه میبد می‌باشد. توفان شدید در این ایستگاه که از مجموع کدهای ۳۳ تا ۳۵ حاصل می‌شود دارای فراوانی ۱۹ روز و توفان متوسط که از مجموع کدهای ۳۰ تا ۳۲ حاصل می‌شود با فراوانی ۱۵ روز در کل دوره آماری وقوع یافته است. ایستگاه یزد بعد از میبد دارای بالاترین فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار می‌باشد. کمترین فراوانی وقوع توفان گرد و غبار مربوط به ایستگاه مهریز می‌باشد که در کل دوره آماری تنها ۱ روز توفان با شدت متوسط اتفاق افتاده است. دلیل وقوع توفان گرد و غبار در این مناطق در مجاورت قرار گرفتن با تپه‌های ماسه‌ای که خود مناطق منشا تولید گرد و غبار محسوب می‌شوند، و وزش باد

با سرعت بالا می‌باشد. قرار گرفتن در دره توپوگرافی یزد- اردکان که توسط کوه‌های اطراف محصور شده، سبب کانالیزه کرده بادهای شدید از شمال و شمال غرب در محدوده شهر میبد به سمت غرب در محدوده شهر یزد می‌شود و شرایط را برای ایجاد توفان‌های گرد و غبار فراهم می‌کند.

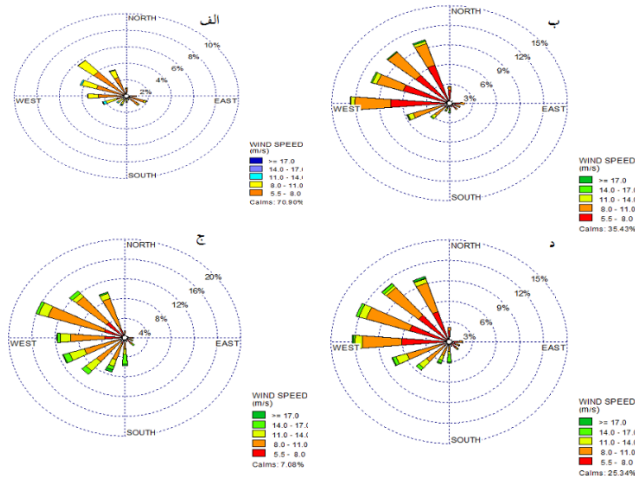
بررسی سالانه گرد و غبار نشان داد در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲ بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار در تمام ایستگاه‌های استان اتفاق افتاده است بطوری که از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ تقریباً در تمام ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار روند افزایشی داشته است (شکل ۲). به‌منظور بررسی روند تغییرات سالانه وقوع گرد و غبار از آزمون روند من- کندال استفاده شد که نتایج حاصل از این آزمون حاکی از عدم وجود روند معنی‌دار در ایستگاه‌های استان در دوره آماری می‌باشد ( $Z < 1.96$ ). تنها در ایستگاه رباط پشت بادام فراوانی وقوع گرد و غبار در دوره آماری روند افزایشی داشته است ( $Z = 2.085$ ).



شکل ۲. تغییرات سالانه گرد و غبار طی دوره آماری در منطقه مطالعاتی

تفکیک کدهای گرد و غبار بصورت ماهانه در تمام ایستگاه‌ها انجام شد که براین اساس ماه‌های اردیبهشت، فروردین و اسفند بترتیب دارای بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار و ماه‌های شهریور، مهر، ابان و آذر کمترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهند. براساس تحلیل ماهانه پدیده گرد و غبار در ایستگاه یزد در اسفند ماه با ۹۳ روز گرد و غبار روند افزایشی آن شروع شده و در اردیبهشت ماه با ۱۴۱ روز بیشترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهد از این زمان به بعد وقوع گرد و غبار روند کاهشی داشته بطوری که در آذر ماه به حداقل مقدار خود، ۱۱ می‌رسد. در ایستگاه میبد روند افزایشی وقوع گرد و غبار از اسفند با ۴۵ روز شروع شده در اردیبهشت ماه با ۷۳ روز به حداکثر رسیده و از این زمان به بعد روند کاهشی خواهد داشت بطوری که در تیر ماه فراوانی گرد و غبار ۲۵ روز بود و در آذر ماه به حداقل مقدار، ۳ روز می‌رسد. در ایستگاه عقدا نیز بیشترین میزان گرد و غبار مربوط به اردیبهشت با ۳۳ روز و کمترین مقدار آن در ماه آذر که بدون گرد و غبار می‌باشد، وقوع یافته است. در ایستگاه ابركوه نیز بیشترین میزان گرد و غبار به ماه اردیبهشت اختصاص دارد و کمترین مقدار آن مربوط به ماه‌های آذر و دی می‌باشد. در ایستگاه گاریز بیشترین میزان گرد و غبار در ماه اردیبهشت با ۱۷ روز و کمترین مقدار در ماه‌های مهر (صفر روز)، ابان و آذر می‌باشد. در ایستگاه مهریز اردیبهشت با ۱۴ روز بیشترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهد در حالیکه ماه‌های تیر تا دی با کمترین مقدار گرد و غبار توأم می‌باشند. بطور کلی در تمام ایستگاه‌ها روند افزایشی گرد و غبار از اسفند ماه شروع شده در اردیبهشت ماه به حداکثر رسیده و از این زمان به بعد روند کاهشی خواهد داشت.

علاوه بر تفکیک سالانه و ماهانه، گرد و غبار بصورت فصلی نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد در فصل بهار و پاییز بترتیب بیشترین و کمترین وقوع گرد و غبار اتفاق افتاده است (شکل ۳). بطوری که فصل بهار در تمام ایستگاه‌ها بیش از ۵۰ درصد فراوانی گرد و غبار را به خود اختصاص می‌دهد در حالیکه فصل پاییز با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد کمترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد. میزان گرد و غبار از اواسط زمستان تا اواسط بهار و اوایل تابستان روند افزایشی داشته و این زمان بعد از مقدار آن کاسته می‌شود و در فصل پاییز در تمام ایستگاه‌ها به کمترین مقدار می‌رسد (جدول ۲). در واقع فصل بهار به علت استقرار سامانه‌های ناپایدار جو شرایط برای ایجاد وزش باد و تولید گرد و غبار فراهم خواهد شد. همچنین در این فصل سطح زمین بدلیل پشت سرگذاشتن زمستان عاری از پوشش گیاهی بوده و این شرایط نیز سطح خاک برای جدا شدن ذرات و تولید گرد و غبار آماده می‌کند.



شکل ۳. گل توفان و گل غبار ایستگاه یزد دوره آماری (الف: گل توفان، ب: گل غبار کد ۰۶، ج: گل غبار کد ۰۷، د: گل غبار کدهای ۰۶ تا ۳۵)

جدول ۲. مقادیر درصد فراوانی فصلی گرد و غبار در منطقه مطالعاتی

فصل	ابرقوه	گاریز	رباط	میبد	مهریز	عقدا	یزد
بهار	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۵۶
تابستان	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۱۳
پاییز	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۷
زمستان	۰/۰۳	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۲۴

بررسی فراوانی ساعتی پدیده گرد و غبار در تمام ایستگاه‌ها نشان داد بیشترین وقوع گرد و غبار در ساعت ۳/۵ بعد از ظهر به وقت محلی (۱۲ UTC) اتفاق افتاده است تنها در ایستگاه یزد بیشترین گرد و غبار در ساعت ۶/۵ بعد از ظهر به وقت محلی (۱۵ UTC) می‌باشد.

شاخص DSI براساس فراوانی کدهای گرد و غبار برای تمامی ایستگاه‌ها محاسبه شد (جدول ۳) ارائه گردیده است. جهت تعیین مقادیر SDS، MDS و LDE فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار براساس شدیدترین کد گرد و غبار (۰۷ تا ۳۵) که در یک روز اتفاق افتاده است محاسبه گردید (Loingsigh, 2014). براساس نتایج شاخص DSI ایستگاه میبد دارای بالاترین مقدار می‌باشد که با نتایج تحلیل کدهای گرد و غبار نیز مطابقت دارد بعد از ایستگاه میبد، یزد بیشترین مقدار شاخص توفان گرد و غبار را دارا می‌باشد که در شرایط مشابهی با ایستگاه میبد قرار گرفته است. در مجاورت قرار گرفتن با تپه‌های ماسه‌ای که به عنوان مناطق منشأ تولید گرد و غبار محسوب می‌شوند، و وزش باد با سرعت بالا از جمله عواملی هستند که در ایجاد توفان گرد و غبار در این مناطق تاثیرگذار است و سبب افزایش مقدار شاخص DSI خواهد شد.

جدول ۳. مقادیر شاخص DSI در ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی

نام ایستگاه	DSI	ایستگاه	DSI
میبد	۱۰۷/۸۵	رباط	۱۵/۳۵
یزد	۴۰/۶	عقدا	۱۰/۹۵
ابرقوه	۱۶/۸	گاریز	۳/۷۵
مهریز	۳/۷		

### تحلیل رژیم بادناکی توسط گل توفان و گل غبار

جهت تحلیل مشخصه بادهایی که قابلیت حمل ذرات خاک را از سطح زمین دارا هستند گل توفان در منطقه مطالعاتی در مقیاس‌های سالانه، ماهانه و فصلی براساس طبقه‌بندی سرعت فرایبرگر (Fry Berger, 1979) و جهات ۱۶ گانه جغرافیایی رسم

گردید. سرعت آستانه در این طبقه بندی ۵/۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است. بر اساس نتایج حاصل از ترسیم گل توفان سالانه در اکثر ایستگاهها به غیر از عقدا و گاریز بادهای با سرعت کمتر از آستانه فرسایش فراوانی بیش از ۵۰ در صد دارند. حداکثر سرعت در تمام ایستگاهها در طبقه ۵/۵ تا ۸ متر بر ثانیه قرار می گیرد که بیانگر قدرت فرسایشی بادهای با سرعتی بالاتر از سرعت آستانه می باشد. (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج تحلیل گل توفان در محدوده مطالعاتی

نام ایستگاه	فراوانی باد کمتر از حد آستانه	حداکثر طبقه سرعت (m/s)	فراوانی حداکثر سرعت	جهت باد غالب	فراوانی باد غالب
ابرقوه	۵۰/۷	۵/۵ - ۸	۱۹/۱	غرب	۱۳/۲۸
عقدا	۵۱/۵	۵/۵ - ۸	۲۳/۳	جنوب غرب	۱۱/۲۹
گاریز	۴۳/۵۳	۵/۵ - ۸	۳۱/۹	غرب	۱۲/۸۶
مهریز	۶۰/۵۴	۵/۵ - ۸	۲۷/۹	شمال شرق	۶/۸
میبد	۵۵/۴۱	۵/۵ - ۸	۲۲/۹	شمال	۱۲/۶۸
رباط	۶۴/۱۸	۵/۵ - ۸	۲۳/۶	شمال	۶/۸
یزد	۷۰/۹	۵/۵ - ۸	۲۱/۷	شمال غرب	۲/۷۹

بررسی ماهانه بادهای فرساینده با رسم گل توفان ماهانه برای تمامی ایستگاهها در منطقه مطالعاتی صورت گرفت. بدلیل زیاد بود حجم مطالب به بررسی گل توفان ایستگاه یزد در مقیاس ماهانه پرداخته می شود. نتایج حاصل از این بررسی در ایستگاه یزد نشان داد حداکثر سرعت بادهای فرساینده در محدوده ۵/۵ تا ۸ متر بر ثانیه با جهت غالب غرب و شمال غرب می باشد. فراوانی بادهای با حداکثر سرعت در ماه اردیبهشت نسبت به دیگر ماههای سال بیشتر بوده و بادهای کمتر از سرعت آستانه از فراوانی کمتری برخوردار می باشند که با نتایج تحلیل گرد و غبار نیز مطابقت دارد. در واقع بالاتر بودن سرعت بادهای فرساینده در اردیبهشت ماه سبب افزایش فراوانی وقوع روزهای همراه با گرد و غبار در منطقه شده است که در کل ایستگاهها این ویژگیها صدق می کند.

تحلیل فصلی گل توفان بادهای فرساینده نشان داد فصل بهار و تابستان در منطقه مطالعاتی فراوانی بادهای با حداکثر سرعت نسبت به دیگر فصول سال بالاتر بوده و بادهای کمتر از سرعت آستانه در این فصل از فراوانی پایینتری برخوردار هستند. جهت غالب بادهای فرساینده از غرب و شمال غرب می باشد. نتایج گل توفان فصلی ایستگاه یزد در جدول (۵) ارائه گردیده که به عنوان نمونه ای از کل منطقه می باشد.

جدول ۵. نتایج گل توفان فصلی ایستگاه یزد

فصل	فراوانی باد کمتر از حد آستانه	حداکثر طبقه سرعت (m/s)	فراوانی حداکثر سرعت (m/s)	جهت باد غالب	فراوانی باد غالب
بهار	۴۹/۸	۵/۵ - ۸	۲۸/۵	غرب	۹
تابستان	۶۱/۷	۵/۵ - ۸	۲۹	شمال غرب- غرب	۵/۴
پاییز	۸۲/۳	۵/۵ - ۸	۱۲/۳	غرب- جنوب شرق	۲/۷
زمستان	۶۴/۵	۵/۵ - ۸	۱۸/۵	غرب	۴/۵

جهت بررسی رژیم بادغبارها، گل غبار بر اساس کدهای گرد و غبار ترسیم گردید. دیاگرام گل غبار در منطقه مطالعاتی نشان داد سرعت متوسط باد در زمان وقوع گرد و غبار نسبت به زمان بدون گرد و غبار بالاتر می باشد. جهت باد غالب در زمان گرد و غبار در ایستگاههای یزد، ابرکوه، گاریز و عقدا با جهت باد در زمان بدون گرد و غبار هماهنگ بوده در حالیکه در ایستگاههای میبد، رباط و مهریز باد غالب در زمانهایی که گرد و غبار گزارش شده هم جهت با زمانهای بدون گرد و غبار نمی باشد. جهت مقایسه رژیم باد در زمان وقوع گرد و غبار با منشا محلی و غیر محلی گل غبارها بر اساس کدهای ۰۶ و ۰۷ بطور مجزا رسم شد. ترسیم گل غبار بر اساس کدهای ۰۶ و ۰۷ نشان داد سرعت متوسط باد در زمان گرد و غبار با منشا محلی (کد ۰۷) نسبت به گرد و غبارهایی که منشا محلی نداشته و از خارج منطقه نشات می گیرند (کد ۰۶) بالاتر می باشد. نتایج حاصل از بررسی رژیم باد در زمانهای وقوع گرد و غبار در هر یک از ایستگاههای منطقه مطالعاتی به شرح ذیل می باشد.



در ایستگاه یزد نتایج حاصل از ترسیم دیاگرام بادغبار براساس کدهای ۰۶ تا ۰۹، ۳۰ تا ۳۵ نشان داد باد غالب در زمان‌های وقوع گرد و غبار از جانب غرب و شمال غرب می‌وزد که هم جهت با مواقع بدون گرد و غبار می‌باشد. همچنین ۲۵/۳ در صد از زمان‌هایی که گرد و غبار گزارش شده سرعت باد زیر حد آستانه بوده، در حالیکه در زمان عدم وقوع گرد و غبار این مقدار ۷۰/۹ در صد می‌باشد. متوسط سرعت باد غبارها ۶/۶۱ متر بر ثانیه است که ۴۴/۷ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. بنابراین بالاتر بودن سرعت باد در این زمان به همراه دیگر عوامل سبب وقوع گرد و غبار در منطقه خواهد شد. دیاگرام بادغبارها براساس کد ۰۶ نشان داد باد غالب زمانی که گرد و غبار منشأ بیرونی داشته از جهت غرب می‌وزد که هماهنگ با جهت باد غالب در زمان بدون گرد و غبار نمی‌باشد. همچنین سرعت متوسط باد غبارها در این زمان ۵/۲ متر بوده که ۲۹/۸ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. دیاگرام بادغبارها بر اساس کد ۰۷ نشان داد باد غالب زمانی که گرد و غبار از منشأ محلی نشأت گرفته از جانب شمال غرب می‌وزد که هم جهت با باد غالب منطقه می‌باشد. سرعت متوسط بادغبارها در این زمان ۹/۰۲ متر بر ثانیه بوده که ۷۱ درصد از آن سرعتی بالاتر از ۸ متر بر ثانیه دارند. در شکل (۵) گل توفان و گل غبار ایستگاه یزد در دوره آماری به عنوان نمونه‌ای از کل ایستگاه‌ها آورده شده است.

در ایستگاه میبد دیاگرام بادغبار براساس کدهای ۰۶ تا ۰۹، ۳۰ تا ۳۵ نشان داد جهت باد غالب در زمان وقوع گرد و غبار از جانب جنوب غرب، شمال غرب و شمال می‌وزد در حالیکه در زمان‌های بدون گرد و غبار جهت غالب شمال می‌باشد. همچنین ۲۵/۲ درصد از زمان‌هایی که گرد و غبار گزارش شده سرعت باد زیر حد آستانه بوده، در حالیکه در زمان بدون گرد و غبار این مقدار ۵۵/۴ درصد می‌باشد. همچنین متوسط سرعت باد غبارها ۷/۸۷ متر بر ثانیه است که ۵۱/۳ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. گل غبار کد ۰۶ نشان داد جهت غالب بادغبارها هماهنگ با گل توفان بوده که از جهت شمال می‌باشد. همچنین سرعت متوسط باد غبارها در این زمان ۵/۸۱ متر بر ثانیه بوده که ۳۵/۶ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. گل غبار کد ۰۷ نشان داد جهت باد غالب در زمان وقوع گرد و غبار جنوب غرب می‌باشد که هماهنگ با گل توفان نیست. سرعت متوسط بادغبارها در این زمان ۹/۸۶ متر بر ثانیه بوده که ۷۳/۱ درصد از آن سرعتی بالاتر از ۸ متر بر ثانیه دارند. در ایستگاه عقدا دیاگرام بادغبار نشان داد جهت باد غالب در زمان وقوع گرد و غبار و بدون گرد و غبار هماهنگ می‌باشد. همچنین ۳۳/۳ درصد از زمان‌هایی که گرد و غبار گزارش شده سرعت باد زیر حد آستانه بوده، در حالیکه در زمان بدون گرد و غبار این مقدار ۵۱/۵ درصد می‌باشد. همچنین متوسط سرعت باد غبارها ۸/۰۹ متر بر ثانیه است که ۵۷/۷ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. گل غبار کد ۰۶ و ۰۷ نشان داد جهت غالب بادغبارهای با منشأ بیرونی و محلی، هماهنگ با باد غالب منطقه می‌باشد. همچنین سرعت متوسط باد غبارهای بیرونی ۴/۳۸ متر بر ثانیه بوده که ۳۳/۱ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. سرعت متوسط بادغبارها محلی ۱۴/۱۲ متر بر ثانیه بوده که ۹۷/۶ درصد از آن سرعتی بالاتر از ۸ متر بر ثانیه دارند.

در ایستگاه رباط دیاگرام بادغبار نشان داد جهت بادهایی که سبب ایجاد گرد و غبار می‌شوند (جنوب) هماهنگ با جهت باد غالب (شمال) در این ایستگاه نمی‌باشد. همچنین ۱۴/۷ درصد از زمان‌هایی که گرد و غبار گزارش شده سرعت باد زیر حد آستانه بوده، در حالیکه در زمان بدون گرد و غبار این مقدار ۶۴/۲ درصد می‌باشد. همچنین متوسط سرعت باد غبارها ۸/۱۳ متر بر ثانیه است که ۶۲/۴ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. گل غبار کد ۰۶ و ۰۷ نشان داد جهت غالب بادغبارها با منشأ بیرونی (جنوب شرق) و محلی (جنوب) هماهنگ با باد غالب منطقه نمی‌باشد. همچنین سرعت متوسط باد غبارهای بیرونی در این زمان ۵/۲۸ متر بر ثانیه بوده که ۳۷/۸ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. همچنین سرعت متوسط بادغبارها ۹/۵ متر بر ثانیه بوده که ۷۴/۷ درصد از آن سرعتی بالاتر از ۸ متر بر ثانیه دارند.

در ایستگاه مهریز دیاگرام بادغبار نشان داد جهت بادهایی که سبب ایجاد گرد و غبار می‌شوند (غرب) هماهنگ با جهت باد غالب (شمال شرق) در این ایستگاه نمی‌باشد. ۱۹/۸ درصد از زمان‌هایی که گرد و غبار گزارش شده سرعت باد زیر حد آستانه بوده، در حالیکه در زمان بدون گرد و غبار این مقدار ۶۰/۵۴ درصد می‌باشد. همچنین متوسط سرعت باد غبارها ۸/۱۳ متر بر ثانیه است که ۵۶/۹ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. گل غبار کد ۰۶ و ۰۷ نشان داد جهت غالب بادغبارها با منشأ بیرونی و محلی (غرب) هماهنگ با باد غالب منطقه نمی‌باشد. سرعت متوسط باد غبارها با منشأ بیرونی ۵/۶۴ متر بر ثانیه

بوده که ۲۸/۹ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. در حالیکه سرعت متوسط بادغبارها با منشا محلی ۹/۸۷ متر بر ثانیه بوده که ۷۴/۲ درصد از آن سرعتی بالاتر از ۸ متر بر ثانیه دارند.

در ایستگاه ابرکوه دیاگرام بادغبار نشان داد جهت بادهایی که سبب ایجاد گرد و غبار می شوند (غرب) هماهنگ با جهت باد غالب در این ایستگاه است. همچنین ۲۱/۷ درصد از زمان‌هایی که گرد و غبار گزارش شده سرعت باد زیر حد آستانه بوده، در حالیکه در زمان بدون گرد و غبار این مقدار ۵۰/۷ درصد می‌باشد. متوسط سرعت باد غبارها ۹/۲۵ متر بر ثانیه است که ۵۹/۹ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. گل‌غبار کد ۰۶ و ۰۷ نشان داد جهت غالب بادغبارها با منشا محلی (غرب) هماهنگ با باد غالب بوده، در حالیکه بادغبار با منشا بیرونی (جنوب غرب) هماهنگ با باد غالب منطقه نمی‌باشد. سرعت متوسط باد غبارها با منشا بیرونی ۴/۴۲ متر بر ثانیه بوده که ۲۶/۱ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. سرعت متوسط بادغبارها با منشا محلی ۱۴/۴۵ متر بر ثانیه بوده که ۹۶/۷ درصد از آن سرعتی بالاتر از ۸ متر بر ثانیه دارند.

در ایستگاه گاریز دیاگرام بادغبار نشان داد جهت بادغبار (غرب) هماهنگ با جهت باد غالب است. همچنین ۱۱/۲ درصد از زمان‌هایی که گرد و غبار گزارش شده سرعت باد زیر حد آستانه بوده، در حالیکه در زمان بدون گرد و غبار این مقدار ۴۳/۵ درصد می‌باشد. متوسط سرعت باد غبارها ۹/۵۴ متر بر ثانیه است که ۷۳/۸ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. گل‌غبار کد ۰۶ و ۰۷ نشان داد جهت غالب بادغبارها با منشا محلی و بیرونی (غرب) هماهنگ با باد غالب می‌باشد. همچنین سرعت متوسط باد غبارها با منشا بیرونی ۶/۸۷ متر بر ثانیه بوده که ۵۳/۸ درصد از آن سرعتی بیش از ۸ متر بر ثانیه دارند. سرعت متوسط بادغبارها با منشا محلی ۱۲/۳ متر بر ثانیه بوده که ۸۹/۲ درصد از آن سرعتی بالاتر از ۸ متر بر ثانیه دارند.

## نتیجه گیری

استان یزد از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی در کشور محسوب می‌شود که هر ساله به دلیل شرایط اقلیمی خاص آن با پدیده گرد و غبار مواجه است. بنابراین پرداختن به مسئله گرد و غبار در این منطقه و بررسی ویژگی‌های مربوطه، از اهمیت خاصی برخوردار است. براساس نتایج حاصل از این پژوهش منطقه مطالعاتی تقریباً در تمام طول سال در دوره آماری از پدیده گرد و غبار مستثنی نمی‌باشد. بطوری که در ایستگاه یزد بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار (گرد و غبار معلق، گرد و غبار، توفان گرد و غبار) با متوسط ۶۲/۱۸ روز در سال گزارش شده است. در دوره آماری مورد بررسی سال ۲۰۰۹ در تمام ایستگاه‌ها بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار گزارش شده است. بررسی روند تغییرات سالانه گرد و غبار نشان داد از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ روند افزایشی داشته است در حالیکه در کل دوره آماری براساس آزمون من-کندال روند معنی داری بجز ایستگاه رباط در بقیه ایستگاه‌ها وجود ندارد که با نتایج اختصاصی و همکاران (۱۳۸۹) نیز مطابقت دارد. بیشترین فراوانی توفان‌های گرد و غبار در ایستگاه میبد و یزد وقوع یافته است که در ایستگاه میبد دارای فراوانی ۱۹ و ۱۵ روز به ترتیب توفان شدید و متوسط می‌باشد. قرار گرفتن شهر میبد در دره دشت یزد- اردکان که در واقع یک دره توپوگرافی بوده و توسط کوه‌های اطراف محصور شده است سبب کانالیزه کردن بادهای شدید از شمال و شمال غرب در محدوده شهر میبد به سمت غرب در محدوده شهر یزد می‌شود و شرایط را برای ایجاد توفان گرد و غبار فراهم می‌کند. نتایج حاصل از محاسبه شاخص DSI نیز این ویژگی را اثبات می‌کند. بطوری که براساس نتایج بدست آمده از محاسبه این شاخص در منطقه مطالعاتی، ایستگاه میبد و یزد دارای بیشترین مقدار می‌باشند. بررسی گرد و غبار در مقیاس ماهانه نشان داد در تمام ایستگاه‌ها روند افزایشی گرد و غبار از اسفند شروع شده در اردیبهشت به حداکثر رسیده، و از این زمان به بعد روند کاهشی خواهد داشت بطوری که در آبان و آذر حتی به صفر هم می‌رسد که با نتایج بحیرایی و همکاران (۱۳۹۰) و امیدوار و امید (۱۳۹۲) مطابقت دارد. بیشترین احتمال وقوع گرد و غبار در مقیاس فصلی در تمام ایستگاه‌ها در فصل بهار و تابستان اتفاق افتاده بطوری که در این فصل بیش از ۵۰ درصد روزهای همراه با گرد و غبار را به خود اختصاص می‌دهد در حالیکه فصل پاییز با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد کمترین مقدار را دارد که با نتایج چیتی (۱۳۸۹) و امیدوار و امید (۱۳۹۲) مطابقت دارد. استقرار سامانه‌های ناپایدار جو در فصل بهار را شرایط برای ایجاد وزش باد و تولید گرد و غبار فراهم می‌کند. همچنین گرم شدن سطح زمین در فصل بهار و تابستان سیستم کم فشار حرارتی ایجاد کرده که سبب حرکت جریانات باد از اطراف به سمت منطقه خواهد شد. این عوامل سبب شده وقوع روزهای همراه با گرد و

غبار در بهار و تابستان نسبت به دیگر ایام سال بیشتر شود. گل توفان‌های ماهانه در تمام ایستگاه‌ها نشان داد اردیبهشت بادخیزترین ماه سال می‌باشد که براساس نتایج تحلیل گرد و غبار اردیبهشت ماه بیشترین فراوانی وقوع روزهای همراه با گرد و غبار را دارا می‌باشد. در این ماه سطح زمین به علت پشت سر گذاشتن بارش‌های زمستانی و اوایل بهار خشک بوده و از پوشش گیاهی کمی برخوردار است که این وضعیت شرایط را برای تولید گرد و غبار از سطح زمین فراهم می‌کند. گل توفان‌های فصلی در منطقه نشان داد فصل بهار و تابستان از حداکثر سرعت باد بالاتری نسبت به دیگر فصول سال برخوردار هستند که با نتایج صارمی (۱۳۹۵) مطابقت دارد. بالاتر بودن سرعت باد به همراه دیگر عوامل از جمله خشک بودن سطح خاک و بالا بودن دما سبب شده وقوع گرد و غبار در این فصول نسبت به دیگر ایام سال بیشتر باشد. بررسی رژیم باد در زمان وقوع گرد و غبار نشان داد جهت باد غالب ایستگاه‌ها به غیر از رباط و میبد و مهریز، در زمان وقوع گرد و غبار هماهنگ با مواقع بدون گرد و غبار می‌باشد که با نتایج امیدوار و امید (۱۳۹۲) نیز مطابقت دارد. گل‌غبارهای کد ۰۶ و ۰۷ نشان داد سرعت متوسط باد در زمان گرد و غبار با منشا محلی (کد ۰۷) نسبت به گرد و غبارهایی که منشا محلی نداشته و از خارج منطقه نشات می‌گیرند (کد ۰۶) بالاتر می‌باشد. بطور کلی جهت بادغبارها تقریباً در اکثر ایستگاه‌های منطقه هماهنگ با بادهای بدون گرد و غبار می‌باشد که این وضعیت حاکی از محلی بودن منشا توفان‌های گرد و غبار در منطقه می‌باشد. همچنین بیانگر این است که رژیم بادی منطقه چندان متغییر نیست و در طول سال بادهای با مشخصه تقریباً یکسانی منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

## منابع

- اصغری پوده، ز؛ شفیع زاده، م؛ فاخران، س. و گیلانی، ع (۱۳۹۴). ارزیابی و پهنه‌بندی تغییرات زمانی- مکانی توفان‌های گرد و غبار با استفاده از شاخص DSI در استان خوزستان، دومین همایش ملی تغییرات اقلیمی و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی. تهران.
- امیدوار، ک. و امید، ز (۱۳۹۲). تحلیل پدیده گرد و غبار در جنوب و مرکز استان فارس، کاوش‌های جغرافیای مناطق بیابانی، ش ۱: ۸۵-۱۱۴.
- اختصاصی، م؛ شاکری، ف. و سلیمانی مطلق، م (۱۳۸۹). مقایسه و بررسی روند خشکسالی و وقوع گرد و غبار، دومین همایش ملی فرسایش بادی. یزد.
- بحیرایی، ح؛ ایازی، م.؛ رجایی، م. ع. و احمدی، ح (۱۳۹۰). تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام، نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی ش ۱: ۴۷-۶۷.
- چیتی، م (۱۳۸۹). بررسی و تحلیل الگوهای آب و هوایی و جوی حاکم بر توفان‌های گرد و خاک در منطقه یزد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابانزادگی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.
- شاهسونی، ع؛ یاراحمدی، م؛ مصداقی نیا، ع.؛ یونسیان، م؛ جعفرزاده، ن.؛ نعیم آبادی، ا.؛ ثالثی، م. و ندافی، ک (۱۳۹۱). تحلیل روند گرد و غبار ورودی به ایران با تاکید بر استان خوزستان، مجله پژوهشی حکیم، ش ۱۵(۳): ۲۰۲-۱۹۲.
- طائی سمیرمی، س.؛ مرادی، ح؛ خدقلی، م. و احمدی، م (۱۳۹۲). شناخت و بررسی عوامل موثر بر پدیده گرد و غبار در غرب ایران، فصلنامه انسان و محیط زیست، ش ۲۷: ۲-۱۰.
- صارمی، ع (۱۳۹۵). برآورد فراوانی سرعت و جهت بادهای فرساینده و مولد توفان‌های گرد و غبار و ریزگردها در سطح استان یزد با استفاده از تحلیل گلباد، گل توفان و گلماسه. مجله مدیریت بیابان، ش ۸: ۹۶-۱۰۶.
- مرتضایی فریزه‌ندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۷). بررسی وضعیت خشکسالی هواشناسی در حال و آینده با استفاده از مدل سری CMIP5 تحت سناریوهای RCP، علوم و مهندسی آبخیزداری، ۴۰: ۱۷-۲۳.
- مرتضایی فریزه‌ندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۷). پایش خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص‌های SDI و GRI در حوزه آبخیز رودخانه اعظم هرات استان یزد، مرتع و آبخیز، دوره ۷۱، شماره ۳-، ۱۳۹۷، صفحات ۷۸۵-۷۷۵.
- مرتضایی فریزه‌ندی، قاسم و همکاران (۱۳۹۹). تحلیل و بررسی شاخص‌های خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ج ۱۲، شماره ۲-، ۱۳۹۹، صفحات ۴۴۱-۴۵۳.

- Ahmadi, H., Naeini, S. & Yadegari, M. (2013). Use of Anemometric Results and Threshold velocities for Determination of Proper Regions Where Sand Storms are Generated (Case Study: Around the Synoptic Station of Yazd), *Journal of Desert*, 17(3): 225–231.
- Fryberger, S.G. (1979). Dune forms and wind regimes, In E.D. makee. A study of global sand sea. 137- 140, United states geological survey. Professional paper 1052.
- Goudie, A. S., & N. J. Middleton. (2001). Saharan dust storms: Nature and consequences, *Earth-Science Reviews - Journal* , 56(1– 4): 179–204.
- Leys, J.F., Heidenreich, S.K., Strong, C.L., McTainsh, G.H., & Quigley, S. (2011). PM10 concentrations and mass transport during “Red Dawn” – Sydney, 23 September 2009”. *Journal of Aeolian Research*, 3: 327–342.
- Mesbah Zadeh, T. & Ahmadi, H. (2012). Investigation of sand drift potential (case study: Yazd– Ardakan plain). *Agricultural Science Technology*, 14(4): 919–928.
- Mortezaei, F.G; (2017). The impacts of different land use changes on natural rangelands on groundwater level using quantitative model WEAP. *Desert 22-1* (2017) 97-105
- Mortezaei, F.G; Piroozi, N; Kohandel, A; Jafari, M; Tavili, A; (2018). Plant Alpha and Beta Diversity in Relation to Spatial Distribution Patterns in Different Plant Community Types. *Pak. J. Bot.*, 50(6): 2317-2323, 2018.
- Nazari Samhain, A. A., Dadfar, S. & Shahbazi, A. (2013). A Study on Dust Storms Using Wind Rose, Storm Rose and Sand Rose (Case Study: Tehran Province). *Journal of Desert*, 18(1): 9–18.
- Qian, W., & Y. Zhu. (2001). Climate change in China from 1880 to 1998 and its impact on the environmental condition, *Journal of Climatic Change*, 50: 419–444.
- T. Longish., McTainsh, G.H., Tews, E. K., Strong, C.L., Leys, J.F., Shinkfield, P. & Tapper, N.J. (2014). The Dust Storm Index (DSI): A method for monitoring broad scale wind erosion using meteorological records, *Journal of Aeolian Research*, 12: 29- 40.
- Tan, M., Li, X., & Xin L. (2014). Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. *Journal of Atmospheric Environment*, 85(4): 215-222.
- Tews, E.K. (1996). Wind Erosion Rates from Meteorological Records in Eastern Australia 1960–92, Unpublished Honours Dissertation. Griffith University, Queensland, Australia.
- Zhang, X. Y., Gong, S.L., Zhao, T.L., Arimoto, R., Wang, Y.Q., & Zhou, Z.J. (2003). Sources of Asian dust and role of climate change versus desertification in Asian dust emission, *Journal of Geophysical Research Letter*, 30(24).
- Zoljoodi, M., Didevarasl, A. & Ranjbar Saadat Abadi, 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, *Journal of Atmospheric and Climate Sciences*, 3: 321-336.