

تغییرات زمانی و مکانی مولدین گرد و غبار در رخدادهای فوق بحرانی در اهواز

فاطمه درگاهیان^۱ و سمانه رضویزاده

عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

fatemeh.dargahian@gmail.com

عضو هیئت علمی بخش تحقیقات بیابان موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

srazavizadeh@ymail.com

دریافت : خرداد ۱۳۹۷ و پذیرش: تیر ۱۳۹۸

چکیده

با توجه به نرخ پیشرفت اراضی مستعد تولید گردوغبار داخلی، تداوم خشکسالی و روند روبه رشد تغییرات اقلیمی، روند وقوع دیده‌های فوق بحرانی یعنی میدان دید افقی ۱۰۰ متر در استان خوزستان، افزایش می‌باشد. در این مطالعه تاثیر سمت و سرعت باد در وقوع این پدیده در کلان شهر اهواز با توجه به اراضی مولد گردوغبار داخلی بررسی شده است. ابتدا برای یک دوره آماری ۱۵ ساله مشترک، وقوع میدان دید ۱۰۰ متر پهنه‌بندی شده و نقاط بحرانی تر از لحاظ فراوانی رخداد این پدیده مشخص شده است. روند تغییرات بلند مدت سالانه و توزیع ماهانه رخدادها برای یک دوره آماری ۶۵ ساله از سال ۱۹۵۲-۲۰۱۷ برای ایستگاه سینوپتیک اهواز ترسیم شد. با توجه به اهمیت شرایط جو پایدار و آرام در رخداد میدان دید ۱۰۰ متر توزیع ماهانه و ساعتی رخدادهای ۱۰۰ متر ایستگاه اهواز در شرایط جو پایدار و هوای آرام بررسی شد. با استفاده از نرم افزار WR-PLOT علاوه بر گلغبار کلی بلندمدت سالانه، توزیع فصلی سمت و سرعت رخدادها استخراج و گلغبار مربوط به هر فصل ترسیم و تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد تعداد سالانه رخدادهای میدان دید ۱۰۰ متر روند افزایشی و از نظر توزیع ماهانه بیشتر در فصل سرد رخ می‌دهند؛ به طوری که ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه بیشترین تعداد رخدادها و در ماه ژوئن و ژولای کمترین تعداد رخدادهای مربوط به میدان دید ۱۰۰ متر رخ می‌دهد. توزیع فصلی مربوط به سمت و سرعت باد طی رخداد دیده‌های ۱۰۰ متر نشان داد که در فصل گرم بیشتر رخدادها از سمت غرب و شمال غرب و در فصل سرد بیشتر از سمت جنوب و جنوب شرق رخ می‌دهند. در فصل سرد سال به علت سنگینی هوای سرد و وقوع پدیده اینورژن، رخداد دید ۱۰۰ متر بویژه در ساعت شش صبح به وقت محلی بیشتر رخ داده است. به علت نقش دوگانه باد در برداشت و رسوب‌گذاری ذرات گردوغبار ارتباط قوی مستقیم و یا معکوسی بین میدان دید ۱۰۰ متر و سرعت باد مشاهده نشد. در مجموع در ۸۳ درصد موارد رخداد میدان دید افقی ۱۰۰ متر در ساعات قبل از ظهر رخ داده است. در ۶۱٫۸ درصد موارد رخداد این پدیده در شرایط هوای کاملاً پایدار و جو آرام رخ داده که در واقع فرصت فرونشینی را برای ذرات گردوغبار فراهم نموده است. آگاهی از توزیع زمانی و مکانی رخداد دید فوق بحرانی ۱۰۰ متر در برنامه‌ریزی‌هایی از قبیل عملیات کنترل کانون‌های ریزگرد و همچنین برنامه پرواز هواپیما و تعطیلی مدارس و مراکز دولتی می‌تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: اراضی مستعد گردوغبار، دید فوق بحرانی، گلغبار، سمت و سرعت باد

^۱- آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مقدمه

کلان‌شهر اهواز به واسطه موقعیت جغرافیایی در فصول مختلف سال از بیشتر اراضی فعال تولید گرد و غبار داخلی تاثیر می‌پذیرد. به طوری که در فصل سرد بیشترین تاثیرپذیری را از کانون جنوب و جنوب شرق خود و در فصل گرم بیشترین تاثیرپذیری را از سمت کانون‌های غرب خود دارد. وقوع رخداد گرد و غبار با میدان دید ۱۰۰۰ متر را می‌توان رخداد گرد و غبار بحرانی و وقوع گردوغبار با میدان دید ۱۰۰ متر و کمتر را شرایط فوق بحرانی نامید؛ در این شرایط غلظت ذرات گرد و غبار و گاهی گرد و خاک به حدی است که انسان دچار مشکل شده و تمام فعالیت‌های بیرونی مختل می‌شود به طوری که حتی حرکت وسایط نقلیه با روشن بودن چراغ مه شکن و با شرایط کاملاً احتیاطی به سختی امکان‌پذیر است. بررسی آمار بلند مدت مربوط به میزان میدان دید در اهواز نشان می‌دهد که وقوع این شرایط پدیده تازه‌ای نیست؛ اما آنچه آن را به یک بحران محیط زیستی برای کلان‌شهر اهواز تبدیل کرده است، فعال شدن اراضی مستعد تولید گرد و غبار داخلی و تبدیل گرد و غبار به گرد و خاک به دلیل نزدیکی کانون به مراکز جمعیتی نظیر اهواز شده است.

با افزایش سرعت باد در بیابان‌ها و با توجه به رطوبت خاک، اندازه دانه، پوشش گیاهی، بافت خاک، چسبندگی ذرات خاک و پستی و بلندی‌های زمین طوفان‌های گرد و خاک ایجاد می‌گردد. ورود ذرات به جریان باد، به اندازه، شکل و چگالی آن بستگی دارد (شاهسونی و همکاران ۱۳۹۲). در شهر اهواز فصل بهار شایع‌ترین زمان بروز پدیده گرد و غبار است. بررسی گلباد و گل‌غبار سالانه نشان داد که باد در مسیر شمال غربی جنوب شرقی بالاترین درصد را دارد (آرام و همکاران ۱۳۹۴)؛ اما در رخدادهای با دید ۱۰۰ متر، فصل سرد بویژه اواخر پاییز و فصل زمستان شایع‌ترین زمان رخداد دیدهای بحرانی است. عمده‌ترین علل وقوع پدیده گرد و غبار بویژه در غرب ایران را می‌توان ناپایداری

جوی در صحراهای عربستان، عراق، کویت و سوریه، وقوع خشکسالی‌های متوالی با شدت و وسعت بالا در فقدان پوشش گیاهی دانست (غفاری، ۱۳۹۴). گرد و غبار می‌تواند به سایر مناطق منتقل شود و بر آب و هوای جهانی تأثیر بگذارد (گوان و همکاران ۲۰۱۷). خاورمیانه و غرب چین به عنوان منطقه خیزش گرد و غبار تابستانه هند، شناسایی شده است (جین و وانگ ۲۰۱۷). بزرگترین منابع گرد و غبار در جهان شمال آفریقا و شبه جزیره عربستان است (اسپیو و استنچیکو ۲۰۱۸). توزیع فضایی و زمانی طوفان گرد و غبار در خاورمیانه نشان داد سودان، عراق، عربستان سعودی و خلیج فارس، مناطقی هستند که بیشترین رخداد طوفان گرد و غبار را گزارش می‌دهند (فورام ۲۰۰۳). جنوب غربی ایران و کشورهای خلیج فارس به عنوان گیرنده‌های اصلی طوفان‌های گرد و غبار تابستانی در غرب آسیا تعیین شده‌اند (نبوی و صمیمی ۲۰۱۶). بررسی ۷۰ طوفان گرد و غبار که طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ رخ داده است، نشان می‌دهد که؛ ۲۴۷ منبع مختلف تولید طوفان گرد و غبار در منطقه خاورمیانه شناسایی شده است (مریدنژاد و همکاران ۲۰۱۵). برای شناسایی علت رخداد گرد و غبار و کانون‌های آن، مطالعات سینوپتیک انجام و الگوهای هم‌مدیدی مولد رخداد طوفان‌های گرد و غبار شناسایی شده است. انتشار گرد و غبار با فرآیندهای جوی، ژئومورفولوژی و رسوب مرتبط است. (گربوجج و همکاران ۲۰۱۷). فعال شدن و فراوانی انتشار گرد و غبار با فرسایش شدید در واکنش به شرایط خاص سینوپتیک مشخص می‌شود. (حمیدی و همکاران ۲۰۱۳).

در فصل سرد، بیشتر فرایندهای دینامیکی و در فصل گرم بیشتر فرایندهای ترمودینامیک شرایط هم‌مدیدی لازم برای شکل‌گیری و انتقال گرد و غبار به نیمه غربی کشور (عزیزی و همکاران ۱۳۹۱) و به استان خوزستان را فراهم می‌کنند. مکان‌گزینی محور ناوه و منطقه واگرایی بالایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و شکل‌گیری سلول کم‌فشار حرارتی سطح زمین علت

رخداد پدیده گرد و غبار مربوط به ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ که در نواحی غرب و جنوب غرب کشور رخ داد، محل اتصال رودخانه‌های دجله و فرات بوده که در محدوده شمال و شمال شرق عراق و غرب سوریه می‌باشد (فلاح و همکاران ۱۳۹۱). عراق و نواحی شرق سوریه در واقع مهمترین چشمه‌های تولید ذرات معلق تهران هم می‌باشند (رنجبر و درویش‌زاده ۱۳۹۲). بررسی ۱۴ طوفان گردوغبار با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس، نقشه‌های اقلیمی، اطلاعات خاکشناسی، توزیع اندازه ذرات و کانی‌شناسی آنها، وجود هشت منشأ گرد و غبار از جمله شرق سوریه و شمال غرب عراق (بیشترین سهم)، جنوب ترکیه، جنوب عراق، محدوده اطراف تالاب هورالعظیم، جنوب اردن، غرب عراق، شمال و شرق عربستان سعودی را نشان داد (برتینا ۱۳۹۱). در پردازش تصاویر ماهواره‌ای مناطق بادماهی سطحی بالا و پوشش گیاهی کم یعنی شرق و جنوب شرق عربستان و عمان بعنوان مهم‌ترین مناطق خیزش ذرات گرد و غبار مشخص شد (ناصرپور و همکاران ۱۳۹۴).

تقریباً ۷۰۰ هزار هکتار اراضی مستعد تولید گرد و غبار در خوزستان وجود دارد و از ۳۵۰ هزار هکتار کانون‌های فعال گرد و غبار استان، حداقل ۱۲۲ هزار هکتار از آن کانون‌های کاملاً جدید هستند که در مناطقی نظیر شرق اهواز قرار دارند (زراسوندی ۱۳۹۶). بیشترین مهمترین منبع و چشمه‌های گرد و غبار موثر بر استان خوزستان در خارج از مرزهای سیاسی و از منابع مختلف می‌باشد. در داخل خود استان هم منابع و کانون‌های گرد و غباری از قبل وجود داشته که طی دهه اخیر بر اثر عوامل متعددی فعال‌تر شده‌اند. منابع گرد و غبار داخلی استان خوزستان توسط سازمان زمین‌شناسی شناسایی شده‌اند؛ با استفاده از هشت لایه اطلاعاتی؛ دما، رطوبت، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، خاک، اقلیم، شیب و زمین‌شناسی نقشه پراکنش کانون‌ها تهیه شد و مساحتی حدود ۳۵۰ هزار هکتار در قالب هفت محدوده؛ جنوب هورالعظیم، شمال خرمشهر، شرق اهواز، جنوب شرق

اصلی تشکیل و هدایت گرد و غبار می‌باشد (شمسی-پور و صفرراد ۱۳۹۱). گسترش زبانه کم فشار از مرکز ایران تا شمال عراق و توسعه زبانه پرفشار بر روی دریای سیاه تا خزر باعث ایجاد شیو فشار بین سامانه‌ها و در نتیجه افزایش سرعت باد بر روی چشمه‌های تولید گرد و غبار شده است. همراهی این شرایط با عبور امواج ناشی از ناوه مدیترانه‌ای در تراز پایین جو هم نقش مهمی در ایجاد طوفان و هم حرکات صعودی لازم برای انتقال ذرات را فراهم کرده است (رنجبر و عزیز ۱۳۹۱). بررسی الگوهای گردشی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و تراز دریا نشان می‌دهد که در ماه ژوئیه قرارگیری هسته کم‌فشار بر روی دریای مدیترانه و زبانه‌های فرود آن که بر روی بیابان‌های عراق، سوریه و عربستان قرار دارد؛ باعث ایجاد گرد و غبار در غرب کشور می‌گردد. (بحیرایی و همکاران ۱۳۹۰).

به منظور شناسایی منابع گرد و غبار علاوه بر شناخت الگوهای فشار جوی از مدل‌های هواشناسی رهگیری جریان باد نظیر مدل HYSPLIT که یکی از مدل‌های مورد استفاده برای محاسبه مسافت اتمسفری و پراکندگی ذرات گرد و غبار است، می‌توان کمک گرفت (استین و همکاران، ۲۰۱۵). پراکندگی ذرات و انتشار گرد و غبار، هر دو به وسیله داده‌های هواشناسی از مدل تحقیق و پیش‌بینی آب و هوا (WRF) قابل شناسایی و پیش‌بینی می‌باشد (مالایا و همکاران ۲۰۱۷). نتایج رهگیری جریان باد در روزهای مورد مطالعه با استفاده از مدل HYSPLIT نشان داد به طور کلی گردوغبارها از دو مسیر به کشور منتقل می‌گردند؛ الف: مسیر شمال غرب - جنوب شرق از مناطق شمال غرب عراق و شرق سوریه ب: مسیر غرب به شرق که از مرکز عراق گردوغبار به جنوب غرب و غرب ایران منتقل می‌شود (علی‌آبادی و همکاران ۱۳۹۴). بر اساس خروجی مدل HYSPLIT، در سه توفان شدید، منشأ تولید گرد و غبار ورودی به منطقه، مناطق خشک جنوب ترکیه، بیابان‌های عراق و سوریه است (اکبری و فرح بخشی ۱۳۹۴). منشأ

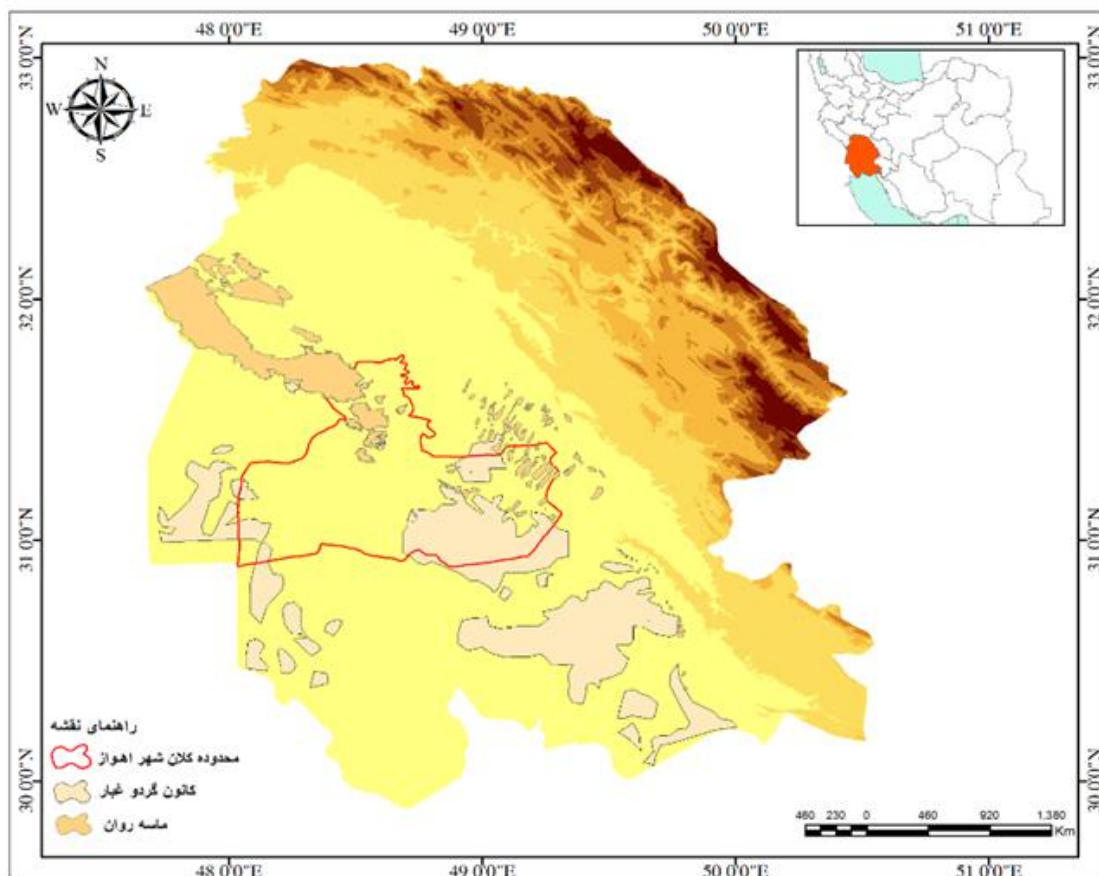
است تا راهکارهای مقابله با گرد و غبار در این کانون‌ها در اختیار برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد.

داده‌ها و روش کار

منطقه مورد مطالعه

کلان‌شهر اهواز مرکز سیاسی، اقتصادی استان خوزستان شامل پنج شهر اهواز، ملاثانی، شبیان، ویس و حمیدیه است. بین ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی تا ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). متوسط بارش سالانه ۳۰ سال اخیر ۲۱۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۲۶ درجه سانتی‌گراد است.

اهواز، محدوده بندر امام تا امیدیه، محدوده ماهشهر تا هندیجان و شرق هندیجان به عنوان کانون‌های داخلی گرد و غبار شناسایی شدند (سازمان زمین‌شناسی کشور ۱۳۹۴). شهر اهواز با توجه به موقعیت جغرافیایی خود نسبت به محل عبور سیستم‌های سینوپتیک همراه با گرد و غبار و کانون‌های داخلی گرد و غبار از اکثر کانون‌ها داخلی و خارجی در استان خوزستان متأثر است. در این مطالعه هدف شناسایی رخداد گرد و غبارهای فوق بحرانی با میدان دید ۱۰۰ متر در فصول مختلف با توجه به الگوی سمت و سرعت باد ساعتی، از منابع گردوغبار داخلی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و کانون‌های گردوغبار داخلی موثر بر کلان‌شهر اهواز

یک دوره آماری ۶۵ ساله به صورت گزارشات سینوپ که هر سه ساعت یکبار می‌باشد، از آمار هواشناسی استخراج شد. بر اساس تعریف سازمان جهانی هواشناسی باد با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و دید کمتر از ۱۰۰۰ متر

به منظور بررسی توزیع فضایی رخداد گرد و غبارهای فوق بحرانی با توجه به سمت و سرعت باد و موقعیت اراضی مستعد تولید ریزگرد در کانون‌های داخلی، آمار مربوط به سمت و سرعت باد و میدان دید افقی در

شناسایی شد و نقش باد آرام در فراوانی شکل‌گیری این پدیده در نمودارهای مربوط به تعداد رخداد با توجه به شرایط باد بررسی و تجزیه و تحلیل شد.

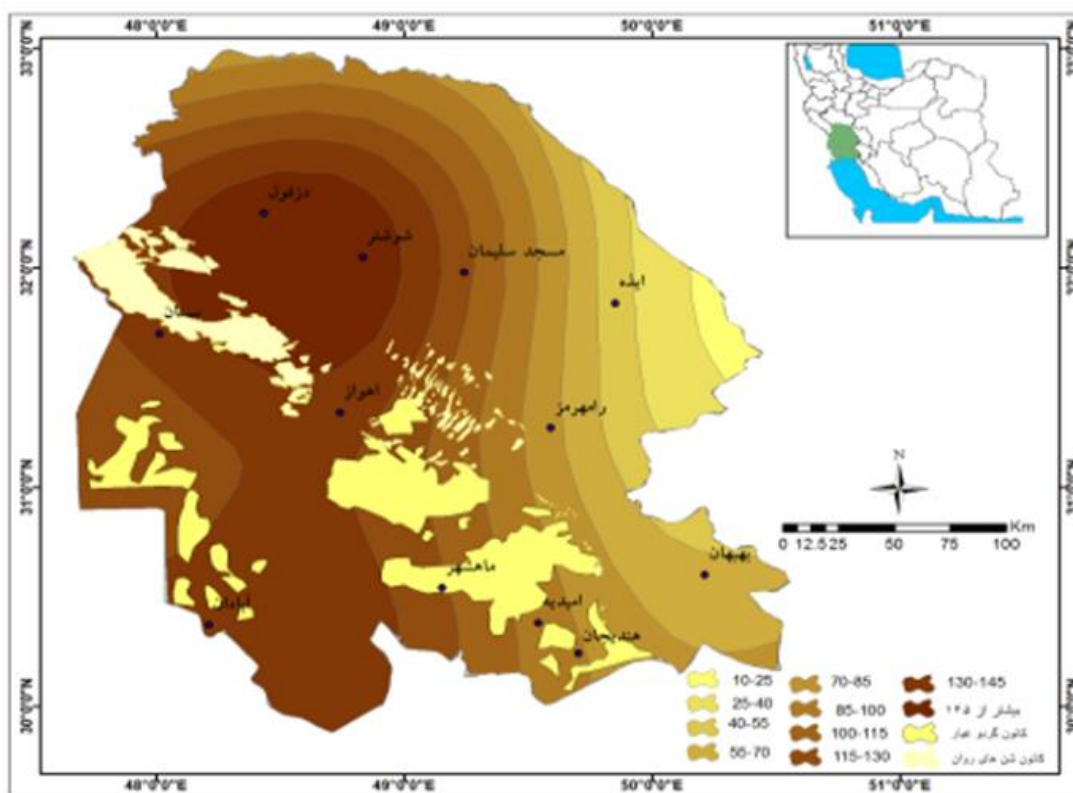
بحث و نتایج

توزیع مکانی دیدهای فوق بحرانی در استان خوزستان

به منظور داشتن یک دید کلی از توزیع فضایی رخداد میدان دید ۱۰۰ متر در استان خوزستان در یک پایه مشترک دوره آماری رخداد دید افقی ۱۰۰ متر پهنه‌بندی و اراضی مستعد فعال تولید ریزگرد شناسایی شده (عباسی و همکاران ۱۳۹۰، سازمان زمین شناسی کشور ۱۳۹۴) بر روی نقشه نشان داده شد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، شوشتر و دزفول منطقه بیشینه رخداد گرد و غبار فوق بحرانی است و اهواز و آبادان و بستان در درجه دوم اهمیت قرار دارند.

طوفان گرد و غبار محسوب می‌شود. رخدادهای سه ساعته‌ای که در آن میدان دید افقی به ۱۰۰ متر رسیده بود برای کل ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان برای یک دوره آماری مشترک ۱۵ ساله ۲۰۰۲-۲۰۱۶ استخراج و توزیع فضایی این پدیده در قالب یک نقشه پهنه‌بندی تهیه شد.

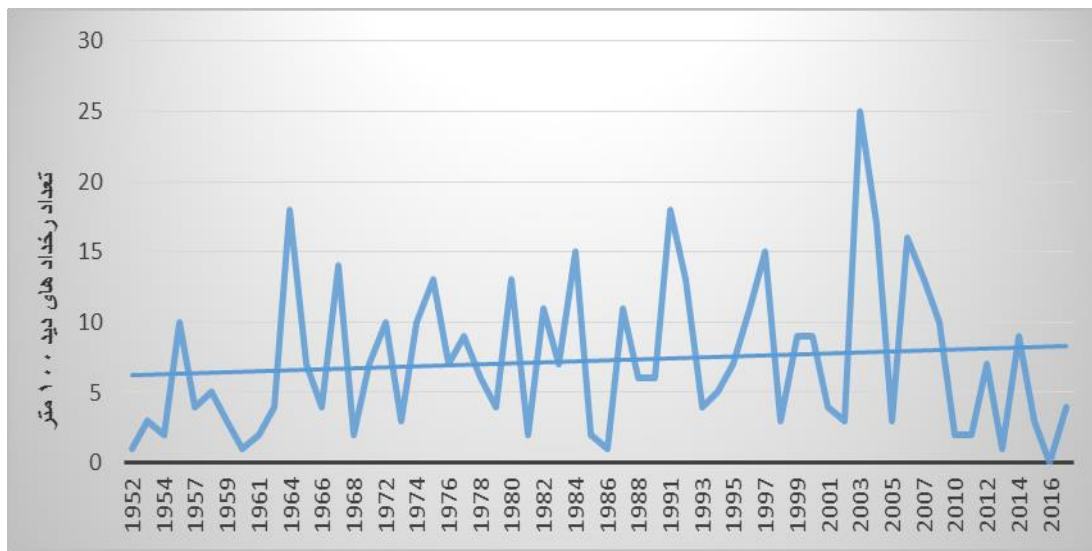
روند تغییرات سالانه توزیع ماهانه و فصلی رخدادهای ۱۰۰ متر برای ایستگاه اهواز استخراج و ترسیم شد. با توجه به اهمیت شرایط جو پایدار و آرام در رخداد میدان دید ۱۰۰ متر توزیع ماهانه و ساعتی رخدادهای ۱۰۰ متر ایستگاه اهواز در شرایط جو پایدار و هوای آرام بررسی شد. سپس با استفاده از نرم افزار WR-PLOT علاوه بر گلبار کلی بلندمدت سالانه، توزیع فصلی سمت و سرعت رخدادها استخراج و گلبار مربوط به هر فصل ترسیم و تجزیه و تحلیل شد. در هر فصل جهت رخدادها به توجه به موقعیت اراضی فعال تولید گرد و غبار



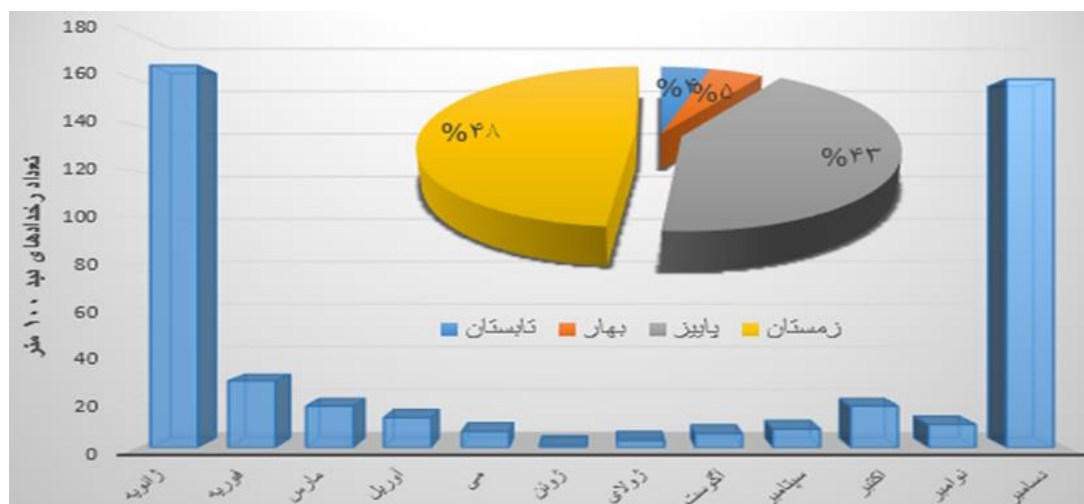
شکل ۲- توزیع مکانی تعداد رخدادهای میدان دید ۱۰۰ متر در استان خوزستان (۲۰۰۲-۲۰۱۶)

تعداد را در ماه‌های جون و جولای؛ دوره گرم سال و بیشترین تعداد در ماه‌های دسامبر و ژانوی؛ ماه‌های سرد سال نشان می‌دهد. توزیع فصلی بیشترین رخداد را در فصل زمستان و پاییز و کمترین را در فصل تابستان و بهار نشان می‌دهد (شکل ۴).

توزیع سالانه، فصلی، ماهانه رخداد میدان دید ۱۰۰ متر در ایستگاه سینوپتیک اهواز عوامل مختلفی در توزیع سالانه تعداد رخدادهای دید ۱۰۰ متر نقش دارد، توزیع سالانه آن نوسان زیاد و به طور کلی روند تغییرات رخداد آن افزایشی است (شکل ۳). توزیع ماهانه رخدادهای کمترین



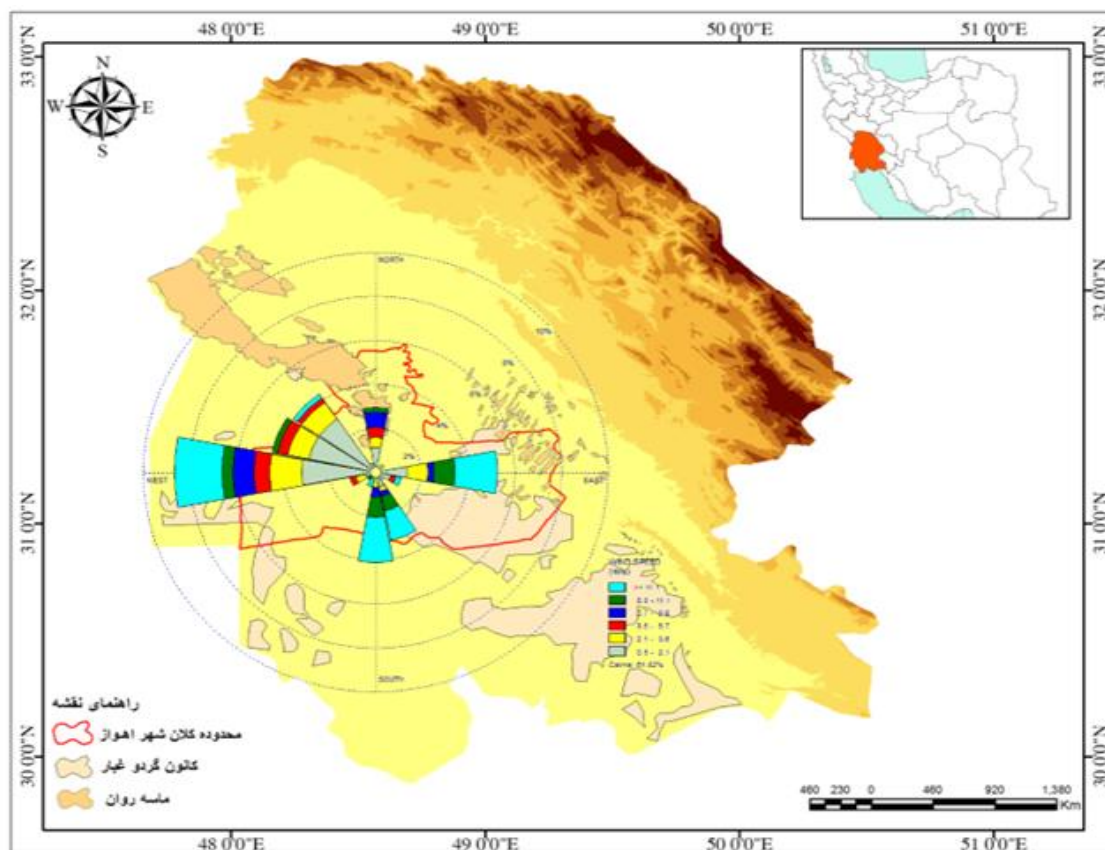
شکل ۳- روند تغییرات سالانه رخداد میدان دید ۱۰۰ متر ۱۹۵۲-۲۰۱۶



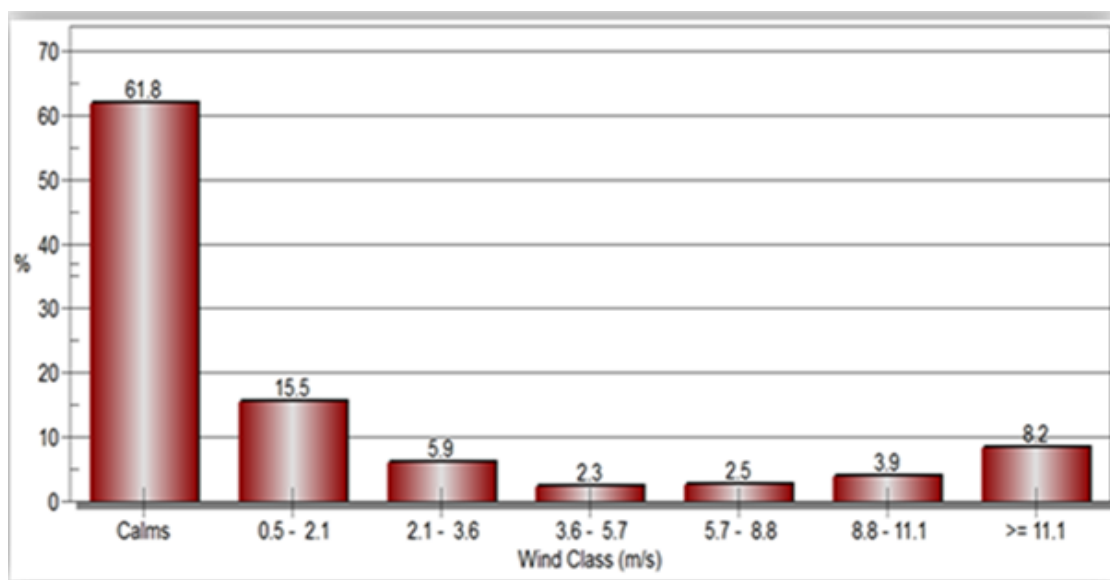
شکل ۴- توزیع ماهانه بلندمدت رخداد میدان دید ۱۰۰ متر ۱۹۵۲-۲۰۱۶

جنوب و جنوب شرق معمولاً با سرعت بادهای بیشتر همراه هستند. در شکل ۶ سرعت باد در زمان وقوع دید ۱۰۰ متر نشان می‌دهد که در ۶۱/۸ درصد موارد رخداد دید ۱۰۰ متر در شرایطی که هوا پایدار است و هیچ گونه وزش بادی وجود ندارد، رخ می‌دهد.

گلغبار بلندمدت سالانه ایستگاه سینوپتیک اهواز با توجه به باد غالب منطقه جهت گلغبار غالب رخداد دیدهای فوق بحرانی ۱۰۰ متر بلند مدت سالانه (۱۹۵۲-۲۰۱۶) نیز از سمت غرب می‌باشد که با سرعت-های مختلف باد همراه است (شکل ۵) اما گلغبارهای



شکل ۵- گلغبار بلندمدت رخداده میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سمت باد ۱۹۵۲-۲۰۱۶



شکل ۶- فراوانی رخداده میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سرعت باد ۱۹۵۲-۲۰۱۶

توزیع ماهانه و فصلی بادهای آرام
 باد آرام یعنی شرایطی که جو پایدار است و بادی وجود ندارد و یا اگر هم بادی وجود داشته باشد، سرعت آن کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه یا کمتر از ۱/۸ کیلومتر در ساعت است. کمترین رخدادهای ۱۰۰ متر در شرایط باد آرام در فصل گرم و بیشترین در فصل سرد است (شکل ۷). لذا به منظور بررسی توزیع میدان دیدهای ۱۰۰

ساعت است. کمترین رخدادهای ۱۰۰ متر در شرایط باد آرام در فصل گرم و بیشترین در فصل سرد است (شکل ۷). لذا به منظور بررسی توزیع میدان دیدهای ۱۰۰

متر باید در گلغبارها جهت را بررسی کرد و در نمودارها سرعت را تحلیل کرد.



شکل ۷- توزیع ماهانه و فصلی بادهای آرام با میدان دید ۱۰۰ متر ۱۹۵۲-۲۰۱۶

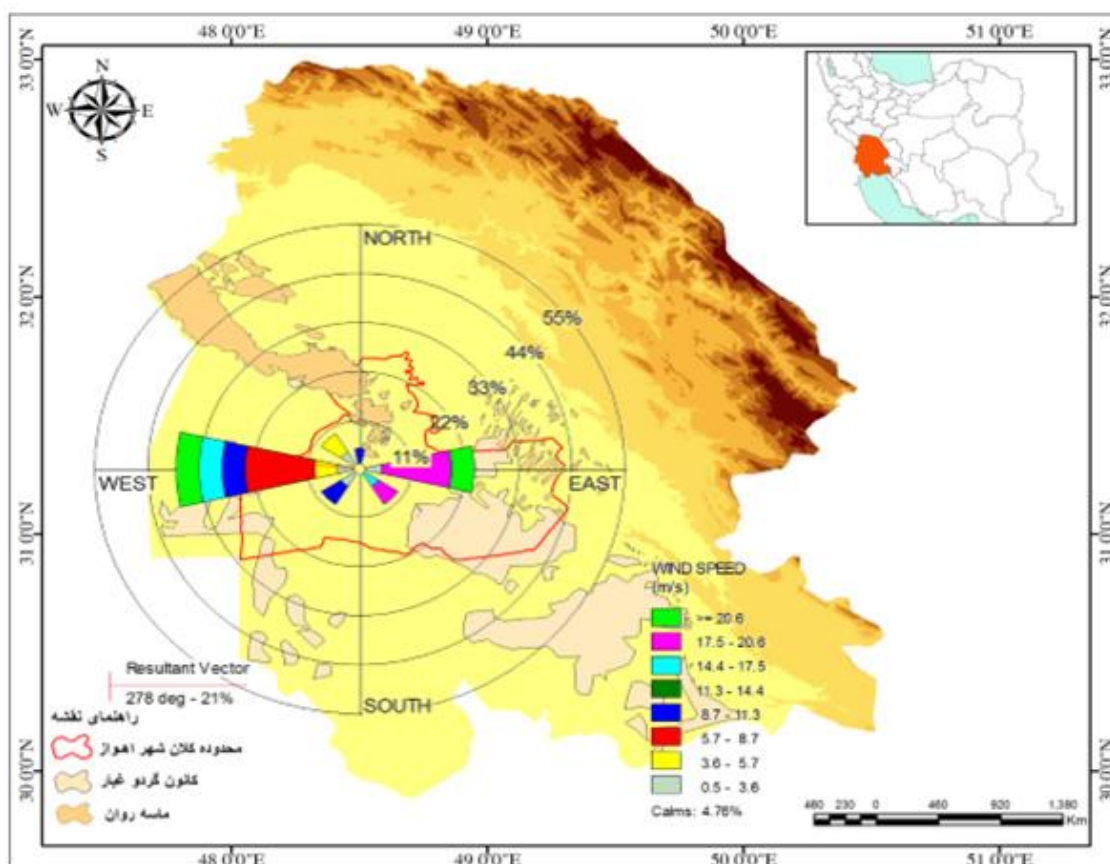
توزیع فصلی رخداد دیده‌های فوق بحرانی ایستگاه

سینوپتیک اهواز

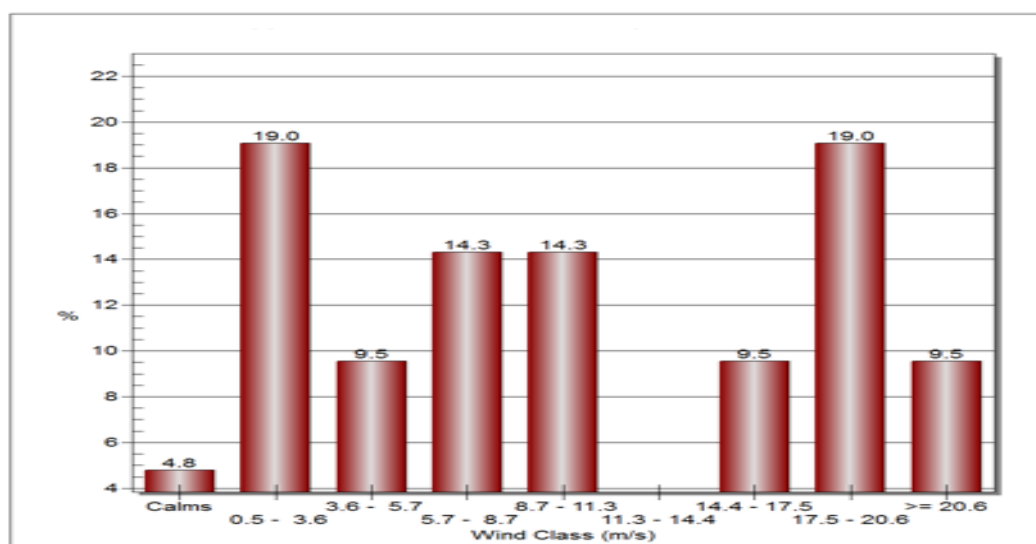
در فصول مختلف سال سیستم‌های سینوپتیک مولد گرد و غبار متفاوت می‌باشند و این امر منجر به توزیع فصلی متفاوت آنها می‌شود؛ در دوره گرم سال بیشتر جهت غرب و شمال غرب و در دوره سرد سال جهت جنوب و جنوب شرق نسبت به سایر فصول خود از فراوانی بیشتری برخوردار است. رخدادهای گرد و غبار در بستر سیستم‌های سینوپتیک ورودی به استان خوزستان از سمت غرب و جنوب غرب در فصل زمستان و در غالب کم فشار حرارتی حاکم بر منطقه در فصل گرم تشکیل شده و با عبور از اراضی مستعد فعال تولید ریزگرد داخلی بر غلظت گرد و غبار ناشی از آنها افزوده می‌شود. شهر اهواز با توجه به موقعیتش در فصول مختلف سال علاوه بر کانون‌های گرد و غبار خارجی تقریباً از همه کانون‌های گرد و غبار داخلی تاثیرپذیر است؛ که با بررسی توزیع فصلی این پدیده نقش هر کدام از کانون‌ها فعال گرد و غبار داخلی، بهتر مشخص می‌شود.

فصل بهار

در فصل بهار جهت غالب گلغبار از جهت کلی گلابد و گلغبار بلندمدت سالانه تبعیت می‌کند و جهت غالب، غربی و جهت غالب دوم شرقی است که معمولاً با سرعت‌های بالاتر باد همراهی می‌شود. با توجه به جهت غالب گلغبار علاوه بر تاثیرپذیری کلی از منابع خارجی اراضی فعال گرد و غبار واقع در جنوب هور العظیم بیشترین نقش را در رخداد میدان دید ۱۰۰ متر داشته‌اند و کانون شرق اهواز در درجه دوم اهمیت قرار دارد (شکل ۸). توزیع دید ۱۰۰ متر در سرعت‌های مختلف باد نشان می‌دهد که در ۴/۸ درصد موارد رخدادهای ۱۰۰ متر در شرایط هوای پایدار و جوی آرام رخ داده است؛ و طبقه سرعت ۱۷/۵-۲۰/۶ متر بر ثانیه با ۱۹ درصد فراوانی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای در ایجاد طوفان‌های گرد و غباری با سرعت ۶۳ تا ۷۴ کیلومتر بر ساعت همراه است (شکل ۹).



شکل ۸- گلغبار رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سمت باد در فصل بهار ۱۹۵۲-۲۰۱۶

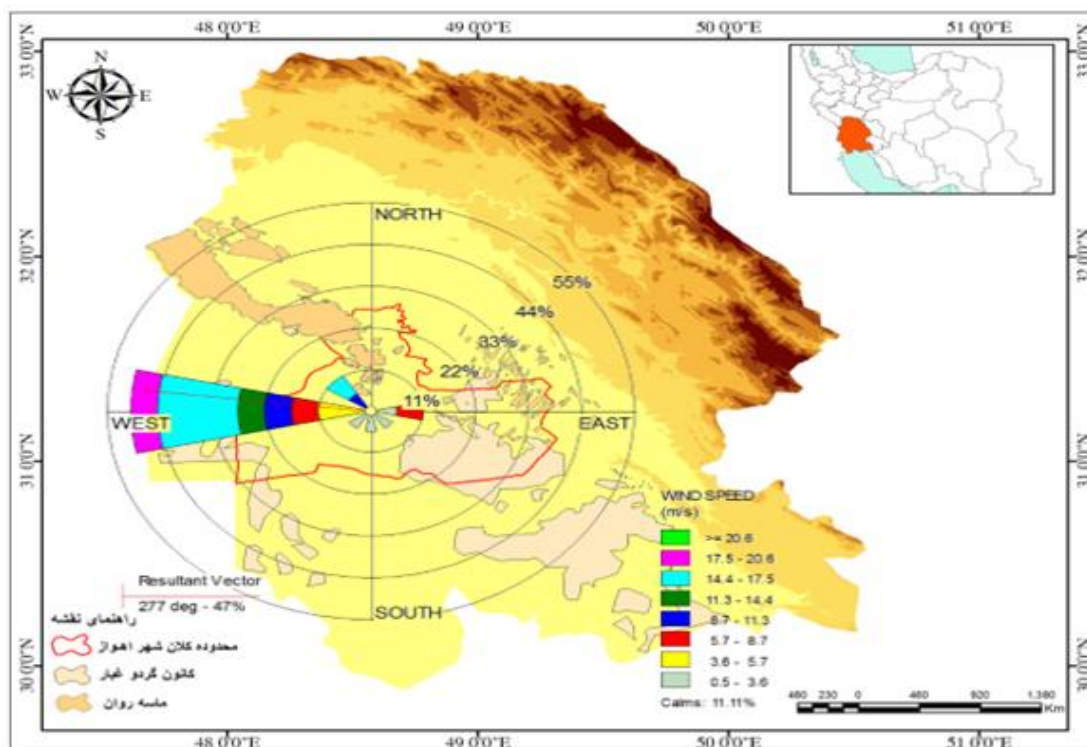


شکل ۹- فراوانی رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سرعت باد در فصل بهار ۱۹۵۲-۲۰۱۶

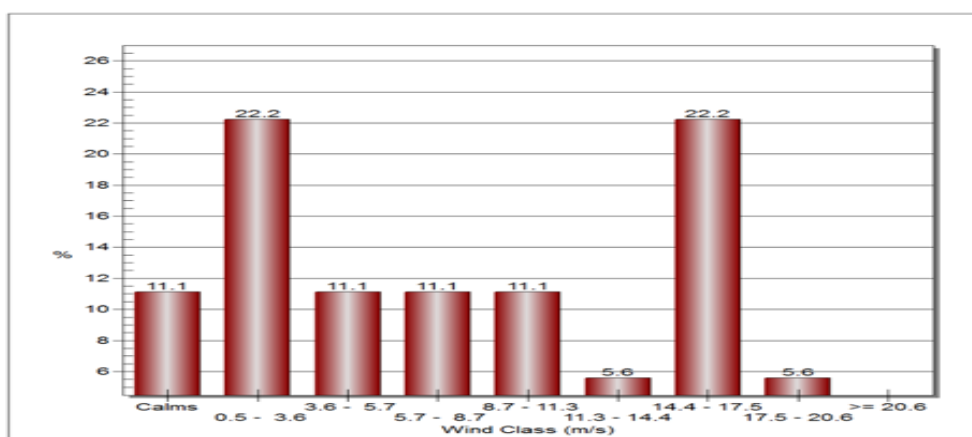
فصل تابستان

است و در ۲۷/۸ درصد موارد رخداد دید ۱۰۰ متر طوفان گردوغبار نیز محسوب می‌شود (شکل ۱۱). در این فصل نیز مثل فصل بهار بیشترین نقش در وقوع دید ۱۰۰ متر را کانون گرد و غبار داخلی جنوب هورالعظیم بازی می‌کند.

در فصل تابستان جهت غالب گلغبار غربی است (شکل ۱۰). در این فصل در ۱۱/۱ درصد از موارد رخداد دید ۱۰۰ متر در شرایط هوای آرام و جو پایدار رخ داده



شکل ۱۰- گلغبار رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سمت باد در فصل تابستان ۱۹۵۲-۲۰۱۶

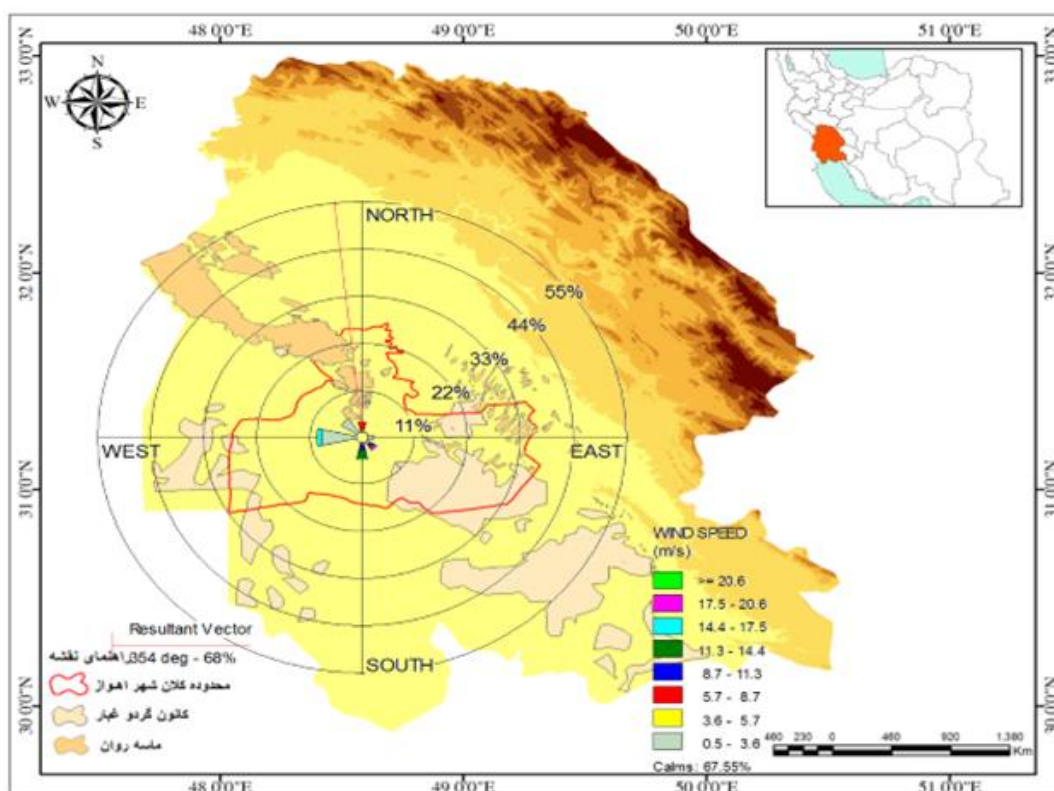


شکل ۱۱- فراوانی رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سرعت باد در فصل تابستان ۱۹۵۲-۲۰۱۶

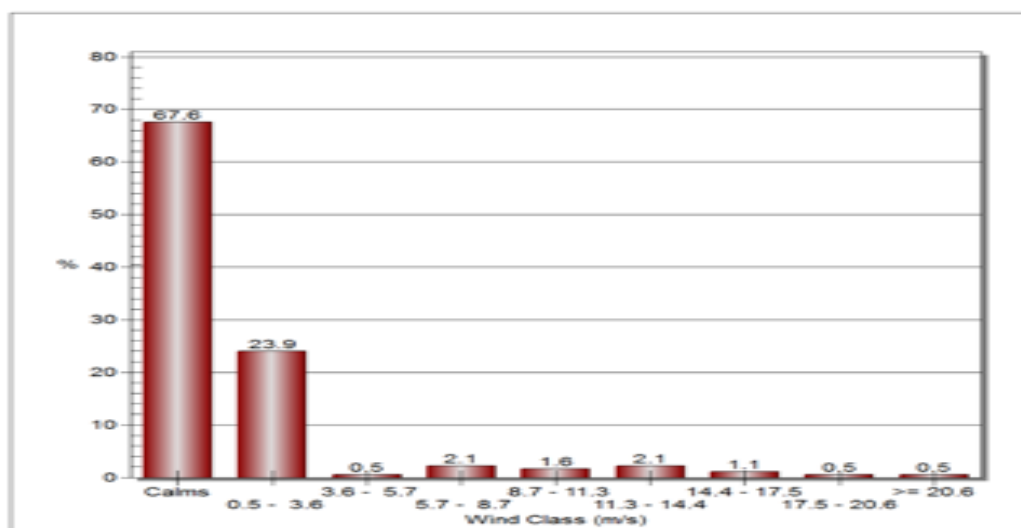
فصل پاییز

جنوب و جنوب شرقی است که از روی کانون جنوب و جنوب شرق اهواز عبور می‌کند و به دلیل نزدیکی به مرکز جمعیتی منجر به بحران‌های شدید زیست محیطی برای اهواز می‌شود. با وجودی که ۴۳ درصد همه رخدادها در فصل پاییز است اما در این فصل در مجموع ۶۸ درصد موارد رخداد دید ۱۰۰ متر در شرایط هوای پایدار رخ داده است (شکل ۱۳).

رخداد دیده‌های ۱۰۰ متر پس از زمستان در پاییز بیشترین فراوانی را دارد اما چون در ۶۸ درصد موارد این رخدادها در شرایط جو پایدار و هوای آرام رخ می‌دهد بر روی شکل گلغبار تعداد رخدادها کم است (شکل ۱۲). در فصل پاییز جهت گلغبار دیده‌های ۱۰۰ متر با سرعت‌های باد پایین غربی و رخدادهای ۱۰۰ متر با سرعت باد زیاد



شکل ۱۲- گلغبار رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سمت باد در فصل پاییز ۱۹۵۲-۲۰۱۶

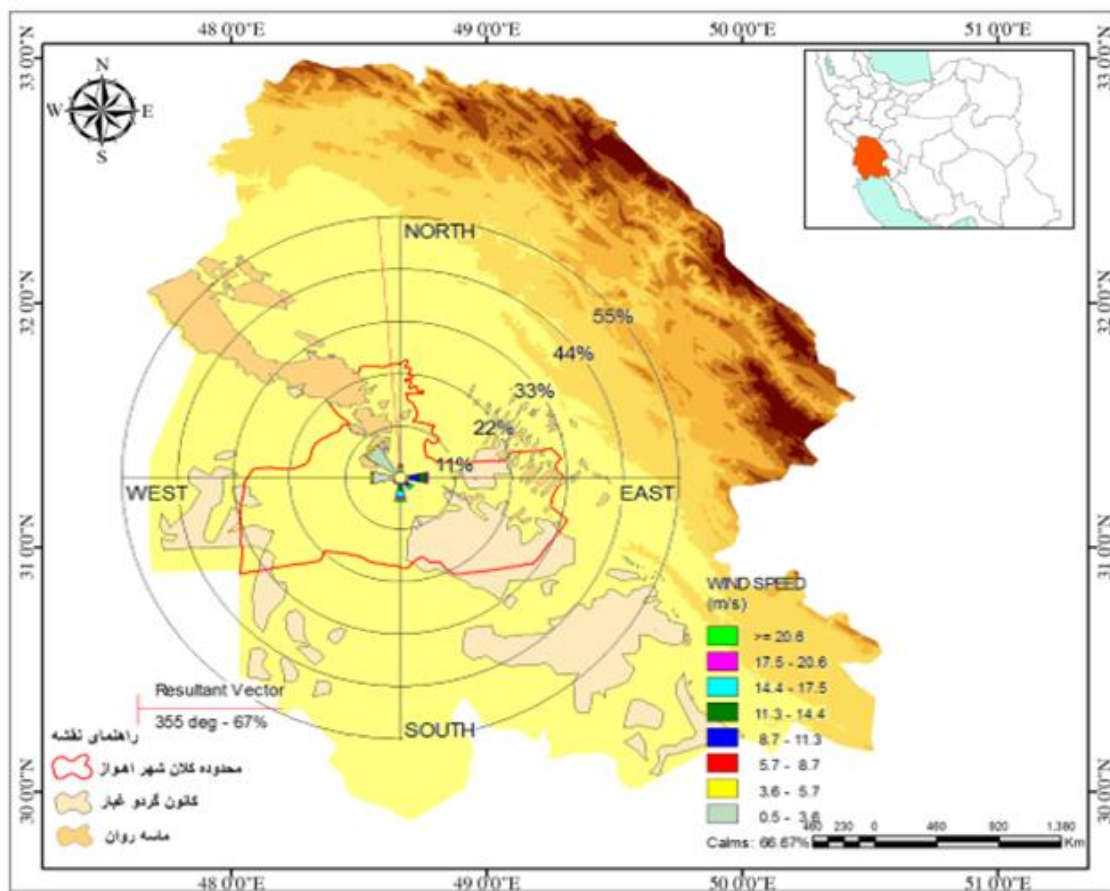


شکل ۱۳- فراوانی رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سرعت باد در فصل پاییز ۱۹۵۲-۲۰۱۶

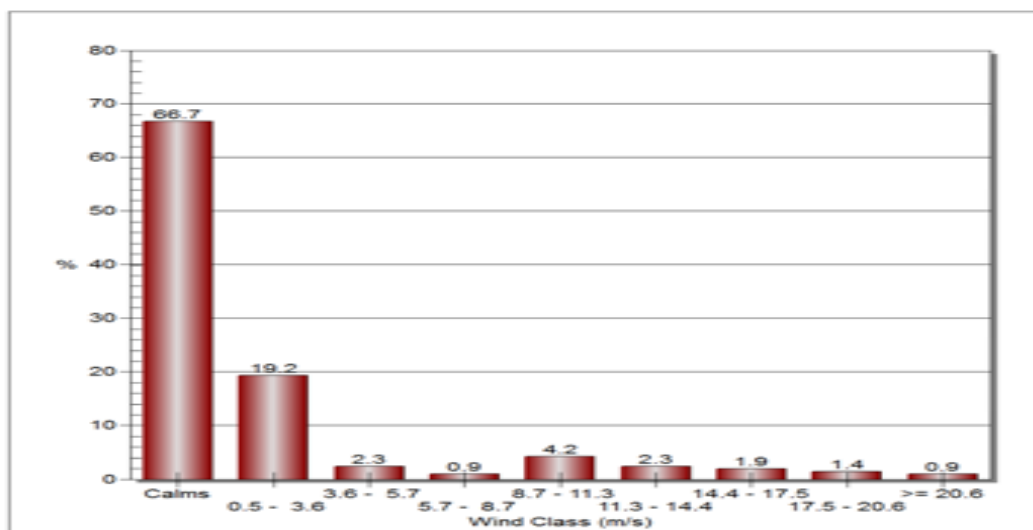
فصل زمستان به پدید وارونگی هوا رخداد دیده‌های ۱۰۰ متر بیشتر در شرایط آرام رخ می‌دهد. در این فصل رخدادهای ۱۰۰ متر با سرعت باد بالا از جهت جنوب و جنوب شرق و شرق اهواز است که اهمیت نقش این سه کانون را در فصل زمستان نشان می‌دهد (شکل ۱۴).

فصل زمستان

با وجودی که فصل زمستان ۴۸ درصد از رخدادهای دید ۱۰۰ متر را به خود اختصاص می‌دهد اما در ۶۷ درصد موارد این رخدادها در شرایط هوای پایدار و جو آرام رخ می‌دهد (شکل ۱۵). در فصل زمستان با توجه



شکل ۱۴- گلغبار رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سمت باد در فصل زمستان ۱۹۵۲-۲۰۱۶



شکل ۱۵- فراوانی رخداد میدان دید ۱۰۰ متر با توجه به الگوی سرعت باد در فصل پاییز ۱۹۵۲-۲۰۱۶

نتیجه گیری

سالانه تعداد رخدادهای دید ۱۰۰ متر وجود دارد، توزیع سالانه آن نوسان زیادی دارد و به طور کلی روند تغییرات رخداد آن افزایشی است توزیع ماهانه رخدادها کمترین تعداد رخدادها در ماههای جون و جولای و بیشترین تعداد در ماههای دسامبر و ژانویه است. توزیع فصلی نیز بیشترین رخداد را در فصل زمستان و پاییز و کمترین را در فصل تابستان و بهار نشان می‌دهد اما در بررسی گلغبارهای فصلی چون بیشتر رخدادهای فصل پاییز و زمستان در شرایط باد آرام رخ می‌دهند بر روی گلغبار مشاهده نمی‌شوند و نمودار مربوط به توزیع دیدهای ۱۰۰ متر با توجه به توزیع سرعت، توزیع فصلی آنها را بهتر نشان می‌دهد.

در فصل بهار جهت غالب گلغبار غربی است جهت غالب دوم شرقی است که معمولاً با سرعت‌های بالاتر باد همراهی می‌شود. با توجه به جهت غالب گلغبار علاوه بر تاثیرپذیری کلی از منابع خارجی، اراضی فعال گرد و غبار واقع در جنوب هورالعظیم بیشترین نقش را در رخداد میدان دید ۱۰۰ متر داشته‌اند و کانون شرق اهواز در درجه دوم اهمیت قرار دارد. در این فصل در ۴/۸ درصد موارد رخدادهای ۱۰۰ متر در شرایط هوای پایدار و جوی آرام رخ داده است.

در فصل تابستان جهت غالب گلغبار غربی و در ۱۱/۱ درصد از موارد رخداد دید ۱۰۰ متر در شرایط هوای آرام و جو پایدار رخ داده است در این فصل نیز مثل فصل بهار بیشترین نقش در وقوع دید ۱۰۰ متر را کانون گرد و غبار داخلی جنوب هورالعظیم بازی می‌کند. در فصل پاییز در ۶۸ درصد موارد این رخدادهای در شرایط جو پایدار و هوای آرام رخ می‌دهد جهت گلغبار دیدهای ۱۰۰ متر با سرعت‌های باد پایین غربی؛ اما رخدادهای ۱۰۰ متر با سرعت باد زیاد جنوب و جنوب شرقی است که از روی کانون جنوب و جنوب شرق اهواز عبور می‌کند و به دلیل نزدیکی به مرکز جمعیتی منجر به بحران‌های شدید زیست محیطی برای اهواز می‌شود.

در رخدادهای طوفان گرد و غبار، باد نقش دوگانه‌ای را بازی می‌کند؛ هم در برداشت و حمل ذرات و هم دور کردن گرد و غبار از منطقه نقش دارد. بررسی وقوع دیدهای فوق بحرانی نشان داد که به طور کلی در ۶۸/۱ درصد موارد وقوع آنها هوا پایدار و شرایط جو آرام است و در فصول سرد سال به دلیل سردی و سنگینی هوا و وقوع پدیده اینورژن هوا، وقوع رخداد دیدهای فوق بحرانی تا ۶۸ درصد در شرایط بدون باد رخ می‌دهد اگر شرایط باد آرام کمتر از ۱۰ کیلومتر بر ساعت را نیز به آن اضافه کنیم بیش از ۸۰ درصد موارد رخداد این پدیده در شرایطی رخ می‌دهد که هوا آرام است و ذرات گرد و غبار فرصت فرو نشینی پیدا می‌کنند.

از آنجایی که طوفان‌های گرد و غبار با باد همراه هستند به علت نقش دوگانه باد در حمل و برداشت و فرونشینی ذرات گرد و غبار و ایجاد میدان دید بسیار پایین بررسی ارتباط بین میدان دید ۱۰۰ متر و سرعت باد ارتباط مثبت و یا منفی معنی‌داری را نشان نداد؛ زیرا باد در برخی مواقع با سرعت زیاد و با برداشت ذرات منجر به کاهش دید می‌شود و در برخی مواقع با کاهش سرعت و راکد شدن هوا با فراهم کردن فرصت برای فرونشینی ذرات منجر به کاهش شدید دید افقی می‌شود.

بررسی توزیع فضایی رخدادهای دیدهای فوق بحرانی ۱۰۰ متر در استان خوزستان نشان داد که دزفول و شوشتر منطقه بیشینه رخداد هستند با توجه به موقعیت اراضی فعال تولید ریزگرد داخلی به نظر می‌رسد که چون در ۹۳ درصد موارد رخدادهای در این دو ایستگاه در شرایط باد آرام رخ می‌دهد؛ این مناطق در واقع منطقه فرونشینی گرد و غبار در شرایط فوق بحرانی هستند. هسته بیشینه دوم اهواز، آبادان و بستان است که علاوه بر شرایط عمومی جو، نزدیکی به اراضی مستعد تولید ریزگرد نقش مهمی در رخداد دیدهای ۱۰۰ متر با توجه به سرعت باد بویژه در فصل بهار و تابستان و سمت باد در پاییز و زمستان دارد. از آنجایی که عوامل مختلفی در توزیع

هیچ گونه مانع طبیعی، مستقیم ذرات را به کلان شهر اهواز منتقل می‌کند و دوم وقوع پدیده وارونگی هوا که در فصل سرد رخ می‌دهد و مانع از صعود ذرات غبار به لایه های بالایی جو می‌شود.

پیشنهاد‌های ترویجی

جهت رخداد گرد و غبارهای فوق بحرانی با میدان دید ۱۰۰ متر در هر فصل با توجه به موقعیت اراضی فعال تولید گرد و غبار برای اهواز در این مطالعه شناسایی شده است لذا با توجه به اهمیت سیاسی اقتصادی و اجتماعی این کلان‌شهر عملیات کنترل ریزگردها در اراضی فعال کانون‌های داخلی از طریق عملیات بیولوژیک و مرطوب سازی و غیره با توجه به سایر شرایط انجام شود.

با وجودی که فصل زمستان ۴۸ درصد از رخدادهای دید ۱۰۰ متر را به خود اختصاص می‌دهد اما در ۶۷ درصد موارد این رخدادهای با توجه به پدید وارونگی هوا در شرایط آرام رخ می‌دهد. در این فصل رخدادهای ۱۰۰ متر با سرعت باد بالا از جهت جنوب و جنوب شرق و شرق اهواز است که اهمیت نقش این سه کانون را در فصل زمستان بیشتر نشان می‌دهد؛ بنابراین با وجود تاثیرپذیری شهر اهواز علاوه بر منابع خارجی گرد و غبار، از بیشتر منابع داخلی، با توجه به این که ۴۸ درصد این موارد در زمستان و ۴۳ درصد در پاییز و در ماه‌های دسامبر و ژانویه رخ می‌دهد علاوه بر فراوانی بیشتر این رخدادهای در این دو فصل دو عامل سبب بحرانی شدن و خسارات زیست محیطی و زیربنایی این رخدادهای در شهر اهواز می‌شود؛ یکی مسیر عبور سامانه‌های جوی مولد گرد و غبار از روی اراضی فعال جنوب و جنوب شرق اهواز که بدون

فهرست منابع

۱. آرام، ن؛ اکبری، م.، علیجانی، ب، ۱۳۹۴، تحلیل گرد و غبار هوای شهر اهواز براساس الگوی باد، پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، سازمان هواشناسی، ۶ و ۵ بهمن.
۲. اکبری، م.، فرحبخشی، م.، ۱۳۹۴، تحلیل سینوپتیک و شبیه‌سازی مسیر طوفان‌های شدید گرد و غبار جنوب غرب ایران، فصلنامه فضای جغرافیایی، ۱۶(۵۵): ۹۱-۲۷۳.
۳. بحیرایی، ح.، ایازی، م.، رجایی، م.، ۱۳۹۰، تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام، نشریه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۴(۱):
۴. برتینا، ه.، ۱۳۹۱، امکان سنجی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تخمین غلظت گرد و غبار و اندازه‌گیری غلظت سرب و روی پایان‌نامه کارشناسی ارشد، وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه شهید چمران اهواز - دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.
۵. رنجبر، ع.، عزیزی، ق.، مطالعه الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گرد و غبار و مسیر حرکات ذرات معلق برای طوفان جولای ۲۰۰۹، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۴(۳): ۷۳-۹۲.
۶. رنجبر، ع.، درویش زاده، ص.، ۱۳۹۲، مطالعه الگوهای جوی و تعیین کانون‌های گرد و غبار مؤثر در شرایط بسیار ناسالم کیفیت هوای تهران، پژوهش‌های زیست محیطی، ۴(۷): ۱۴۷ تا ۱۶۰.
۷. زراسوندی علی‌رضا(۱۳۹۶) "برگرد" بررسی علل و عوامل شکل‌گیری کانون‌های ریزگرد و ظهور این پدیده در خوزستان. خبرگزاری ایسنا کد خبر ۹۶۰۲۰۳۰۱۲۴۰
۸. شاهسونی، ع.، ندافی، ک.، یاراحمدی، م.، فرهادی، م.، کرمانی، م.، یاراحمدی، ا.، ۱۳۹۲. بررسی الگو، ساز و کار تشکیل و اثرات گرد و غبار. مجله علمی و فنی نیوار، شماره ۸۱-۸۰.

۹. شمسی پور، ع. صفراد، ط. ۱۳۹۱، تحلیل ماهواره‌ای -همدیدی پدیده گرد و غبار، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، ۷۹: ۱۱۱-۱۲۶.
۱۰. سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۹۴. طرح شناسایی کانون‌های گرد و غبار در استان خوزستان.
۱۱. فلاح، م.ز.، وفایی نژاد، ع.ر.، خیرخواه زرکش، م.م.، احمدی دهکاء، ف.، ۱۳۹۳، پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور و GIS مطالعه موردی: گردوغبار ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، ۲۳(۹۱):
۱۲. فرح بخشی، م.، علیجانی، ب.، فتاحی، ا.، ۱۳۹۴، تحلیل سینوپتیکی مخاطره گردوغبار ۱۰ تا ۱۲ مرداد ۱۳۹۲ ایران. مجله دانش مخاطرات، ۲(۱): ۵-۲۰.
۱۳. علی آبادی، ک.، اسدی زنگنه، م.ع.، داداشی رودباری، ع.ع.، ارزیابی و پایش توفان گردوغبار با استفاده از روشهای سنجش از دور. فصلنامه علمی و پژوهشی امداد و نجات سال، ۷(۴۱):
۱۴. عباسی، ح.، سوزنگرد، ف.، روحی پور، ح.، سید اخلاقی، س.ج.، ۱۳۹۰ بررسی پراکنش، مرفولوژی و فعالیت تپه های ماسه ای در استان خوزستان، اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار، ۲۸-۲۶ بهمن ماه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز، خوزستان.
۱۵. غفاری، د.، مصطفی زاده، ر.، ۱۳۹۴، بررسی منشاء، اثرات و راهکارهای پدیده گردوغبار در ایران. نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی، ۴(۲):
۱۶. ناصرپور، س.، علیجانی، ب.، ضیائیان، پ.، ۱۳۹۴، منشاء یابی طوفانهای گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره ای و نقشه های هوا. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۳۷(۱):.
17. Guan, Q., Sun, X., Yang, J., Pan, B., Zhao, S., & Wang, L. 2017. Dust Storms in Northern China: Long-Term Spatiotemporal Characteristics and Climate Controls. *Journal of Climate*, 30(17), 6683-6700.
18. Gherboudj, I., Beegum, S. N., & Ghedira, H. 2017. Identifying natural dust source regions over the Middle-East and North-Africa: Estimation of dust emission potential. *Earth-science reviews*, 165, 342-355.
19. Furman, H. K. H. 2003. Dust storms in the Middle East: sources of origin and their temporal characteristics. *Indoor and Built Environment*, 12(6), 419-426.
20. Hamidi, M., Kavianpour, M. R., & Shao, Y. 2013. Synoptic analysis of dust storms in the Middle East. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 49(3), 279-286.
21. Jin, Q., Yang, Z. L., & Wei, J. 2016. Seasonal Responses of Indian Summer Monsoon to Dust Aerosols in the Middle East, India, and China. *Journal of Climate*, 29(17), 6329-6349.
22. Mallia, D. V., Kochanski, A., Wu, D., Pennell, C., Oswald, W., & Lin, J. C. 2017. Wind-Blown Dust Modeling Using a Backward-Lagrangian Particle Dispersion Model. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 56(10), 2845-2867.
23. Moridnejad, A., Karimi, N., & Ariya, P. A. 2015. A new inventory for Middle East dust source points. *Environmental monitoring and assessment*, 187(9), 582.
24. Nabavi, S. O., Haimberger, L., & Samimi, C. 2016. Climatology of dust distribution over West Asia from homogenized remote sensing data. *Aeolian Research*, 21, 93-107.
25. Osipov, S., & Stenchikov, G. 2018. Simulating the regional impact of dust on the Middle East climate and the Red Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123(2), 1032-1047.
26. Stein, A. F., Draxler, R. R., Rolph, G. D., Stunder, B. J., Cohen, M. D., & Ngan, F. 2015. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(12), 2059-2077.

Effects of spatial and temporal variations in airborne dust sources on supercritical visibility events in Ahvaz

F. Dargahian¹ and S. Razavizadeh

Academic staff member; Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands; Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

dargahian@rifr-ac.ir

Academic staff member; Desert Research Division; Research Institute of Forests and Rangelands; Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

srazavizadeh@ymail.com

Received: May 2018 and Accepted: July 2019

Abstract

Supercritical visibility, defined as a 100-meter horizontal field of view (HFOV), is taking an incremental trend in Khuzestan Province due to the increasing development of drought-stricken eroded land as the source of airborne dust, continued drought, and the rising trend in climate change. Surveying the internal land sources of airborne dust, the present study explores the effects of wind direction and speed on this phenomenon in the metropolitan city of Ahvaz. For this purpose, 100-meter HFOVs are initially zoned for a 15-year statistical period to identify the more critical locations in terms of HFOV frequency. Moreover, the long-term annual changes and monthly distributions of the event measured at Ahvaz synoptic station are plotted for the 65-year statistical period of 1952–2017. Given the significance of steady and calm weather for 100-meter HFOV events, the monthly and hourly events recorded at the station in Ahvaz under steady calm atmosphere are studied. The WR-PLOT software is then used not only to plot the general long-term annual dust rose but also to derive the seasonal distributions of wind direction and speed associated with the events in order to plot and analyze the dust rose for each season. It is found that the annual number of 100-meter HFOV events and its monthly distributions indicate a higher frequency in cold seasons such that the highest number of events belongs to January, December, and February while the lowest belongs to June and July. It is also observed that most dust storms in the warm season have western and northwestern origins while those in the cold season originate from the east and southeast. Due to the heavy air weight and inversion in cold seasons, the 100-meter HFOVs occur mostly at 6 am local time. No significant direct or inverse correlations are observed between 100-meter HFOVs and wind speed due to the dual role of wind in the removal and deposition of dust particles. Overall, 83% of the events are observed to occur during the hours before the noontime and 61.8% of the events occur in very stable weather conditions and calm atmosphere, which allow for the subsidence and deposition of dust particles. Knowledge of the temporal and spatial distributions of supercritical 100-meter HFOVs can be useful for planning operations by the air monitoring and dust control center, flight schedules, and suspension of schools and public offices during critical dust storms.

Keywords: Dust extraction lands, Supercritical visibility, Dust rose, Wind direction and speed

¹ - Corresponding author, Research Institute of Forests and Rangelands; Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran