ارزیابی توزیع زمانی توفان‌های ریزگرد و ارتباط عوامل مؤثر با فراوانی وقوع این پدیده در استان خوزستان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵

سید سعید نبوی[۱] حمیدرضا مرادی[۲]
محمد شریفی‌کیا[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۹/۰۵

****

چکیده

کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی درگیر توفان گردوغبار می‌باشد. ارزیابی بلند مدت داده‌های آماری، شناسایی منشأ و مسیریابی توفان‌های گردوغبار، می‌تواند در شناسایی زمان و مکان این رخداد مؤثر باشد. در این تحقیق توزیع زمانی توفان‌های گرد و غبار استان خوزستان در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ در پنج ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از سیستم عامل **Linux**، اطلاعات مربوط به این واقعه استخراج گردید. هم‌چنین جهت ارزیابی روند تغییرات زمانی توفان‌های ریزگرد و میزان همبستگی عوامل مؤثر با فراوانی وقوع توفان‌های ریزگرد، به ترتیب از آزمون **Mann-Kendall** و ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن استفاده شد. برای تعیین میزان اثر بخشی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در ایجاد توفان ریزگرد، از مدل‌های رگرسیونی استفاده گردید. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار **SPSS20** اجرا شد.

در مجموع، ۱۵۰۷ توفان ریزگرد ثبت شده که در این میان ایستگاه اهواز با ثبت ۵۰۹ واقعه (۳٤درصد) بیشترین و ایستگاه آغاجاری با ۱۵٦ واقعه (۱۰درصد) کم‌ترین ثبت توفان‌های ریزگرد را داشته‌اند.

در تمامی ایستگاه‌ها در سطوح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد، میان فراوانی روزهای غبارآلود با فراوانی روزهای حاوی جهت باد غالب منطقه رابطه مثبت وجود دارد. براساس ضریب رگرسیونی استاندارد شده، در اکثر ایستگاه‌ها فراوانی وقوع جهت باد غالب، دارای بیش‌ترین اثرگذاری بر فراوانی وقوع توفان‌ها می باشد. ٦۵ درصد وقایع ریزگرد در شهرستان‌های اهواز و آبادان که در مرکز و جنوب‌غربی استان خوزستان واقع شده‌اند، رخ داده‌اند. دلیل این امر می‌تواند نزدیکی مکانی بیشتر این دو ایستگاه نسبت به کانون‌های ریزگرد در داخل و خارج از کشور باشد. همچنین علت دیگر را می‌توان نحوه‌ی عبور و موجی بودن جریانات جوی در مناطق مختلف استان دانست. از طرف دیگر، ماه‌ها و فصول ژوئن و ژوئیه و تابستان و بهار دارای بیش‌ترین حوادث گرد و غبار می‌باشند. در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، شاهد سیر نزولی فراوانی وقایع گرد و غبار از سال ۲۰۰۸ به بعد بوده‌ایم. با این وجود، مشکلات ناشی از این پدیده بیشتر نمایان شده و زندگی مردم را تحت تأثیر قرار داده است. به همین دلیل، دیدگاه کلی این است که تعدد حوادث افزایش یافته است. دلیل این ایده می‌تواند غلظت زیاد و ماندگاری بیش‌تر ریزگردها در منطقه باشد که البته این امر مستلزم مطالعه بیش‌تر و دقیق‌تر در این زمینه است.

واژه‌های کلیدی: سامانه جوی، روند تغییرات، همبستگی، مدل رگرسیون‌خطی، ایستگاه سینوپتیک، توزیع زمانی

****

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول) saeidgpzn@gmail.com
۲- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی ، دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشیار گروه سنجش از دور، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس

۱- مقدمه

شواهد وسیعی از فشارهای اکولوژیکی تغییرات اقلیمی در سرتاسر دنیا بدست آمده است. در دو دوره‌ی گرمایی بین سال‌های ۱۹۱۰ تا ۱۹٤٥ و ۱۹۷٦ به بعد، اقلیم زمین نسبت به ۱۰۰ سال گذشته نزدیک به ۰/٦ تا ۰/۸ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده است *(Gian و همکاران، ۲۰۰۲: ۳۹۰)*. توفان ریزگرد، فرآیند پیچیده‌ای است که تحت تأثیر فعل و انفعالات سامانه‌های جوّی بوده و شرایطی مانند سرعت زیاد باد، خاک خشک و بدون پوشش یا با پوشش سطحی کم و هوای خشک باعث ایجاد آن می‌شود. در سال‌های اخیر، وقوع این پدیده در خاورمیانه در حال افزایش است. توفان‌های ریزگرد می‌تواند روی تغییرات آب و هوایی اثر گذاشته و سبب آسیب‌های جدی برای مردم شود *(Rashki و همکاران، ۲۰۱۳: ٥٥٤)*.

تسریع فرسایش خاک و تقویت بیابان‌زایی از دیگر اثرات توفان‌های ریزگرد می‌باشد *(Ochirkhuyang ،Tsolmon و 2008: 837)*. هر گرم از ذرات ریزگرد، حامل یک میلیون سلول باکتریایی است که می‌تواند سیستم تنفسی افراد را با مخاطرات بسیار جدی مواجه کند و حتی به اپیدمی مرگبار جهانی نیز منجر گردد *(Kwon و همکاران، ۲۰۰۲: ۲)*. توفان‌های ماسه‌ای در نواحی بیابانی که ماسه‌های سست و آزاد وجود دارد مانند تپه‌های ماسه‌ای که با خاک مخلوط نشده باشد بوجود می‌آید *(Goudie، 1908: 504)*.

سازمان جهانی هواشناسی (WMO)[1] توفان‌های ریزگرد را نتیجه‌ی آشفتگی جریان جوی معرفی کرده‌اند که مقدار زیادی ریزگرد را به اتمسفر تزریق نموده و افق دید کم‌تر از ۱۰۰۰ متر را سبب می‌شوند *(McTainsh ،Pitblado و 1987: 417)*. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری طولانی مدت، شناخت مناطق منشأ و مسیرهای ورودی ریزگرد در شناسایی هر چه بیش‌تر این پدیده و پیش‌بینی زمان وقوع آن در برنامه‌ریزی‌های توسعه منطقه‌ای و ناحیه‌ای می‌تواند مؤثر واقع شود *(Darvishi-Boloorani، 2014: 126)*. مطالعات زیادی در امر پایش وقایع ریزگرد صورت گرفته است که در ادامه به آن می‌پردازیم. لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷) در مورد توفان‌های ریزگرد استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۱۲ سال (۲۰۰۵-۱۹۹۳) نشان داد که عمده توفان‌ها در تمام طول سال از ساعت ۱۲ ظهر به بعد شکل می‌گیرد و گرمای شدید در فصل تابستان سبب وزش بادهای شدید و تشدید وقوع توفان ریزگرد می‌شود.

تحقیق میرشاهی و نکونام (۱۳۸۸) در شهرستان سبزوار حاکی از آن است که وقوع روزهای همراه با ریزگرد روند افزایشی داشته و بیش‌ترین احتمال وقوع آن در ماه‌های اردیبهشت و خرداد است. بیش از ۷۱ درصد توفان‌های ریزگرد در ساعات بعد از ظهر روی می‌دهد. عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از بررسی تصاویر MODIS پدیده‌ی ریزگرد را در نیمه غربی ایران در طول دوره‌ی آماری ۲۰۰۸-۱۹۷۹ ردیابی نمودند و به این نتیجه دست یافتند که ایستگاه‌های دزفول و بوشهر دو مرکز بحرانی توفان ریزگرد در نیمه غربی ایران هستند. از طرفی فصل بهار بیش‌ترین رخداد ریزگرد را دارد.

رضایی‌بنفشه و همکاران (۱۳۹۱)، در استان کردستان به بررسی برآورد میزان ریزگرد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۰ پرداختند و بیان داشتند که میزان ریزگرد در ماه اردیبهشت روند افزایشی داشته است. زینالی (۱۳۹٥)، با استفاده از دو روش ناپارامتریک من-کندال و تخمین‌گر سن[2] و یک روش پارامتریک رگرسیون خطی ساده، به بررسی روند تغییرات روزهای همراه با توفان ریزگرد در ۲٦ ایستگاه سینوپتیکی نیمه غربی کشور در طول سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ پرداخت.

نتایج نشان داد که ایستگاه‌های اهواز، دزفول، دهلران و صفی‌آباد دارای روند صعودی در سطح اطمینان ۹٥ درصد می‌باشند. ایستگاه‌های اسلام آباد، ایلام، آبادان، ماهشهر، سنندج، دوگنبدان و مسجدسلیمان دارای روند صعودی هستند. ولی در سطوح معنی‌داری یک و ٥ درصد،

1- World Meteorological Organization

2- Sen

معنی‌دار نمی‌باشند. Xiao و همکاران (۲۰۰۸)، بین رخداد توفان ریزگرد و عوامل آب‌وهوایی در تکلمکان همبستگی گرفتند و بیان کردند که باران از عوامل تأثیرگذار بر رخداد ریزگرد است و بین بارش و این پدیده در سطح ۹۹ درصد معنی‌داری همبستگی منفی وجود دارد. هم‌چنین ایشان نشان دادند که بین تعداد روزهای توفانی، سرعت باد و تعداد روزهایی که سرعت باد بزرگتر یا برابر ۵ متربرثانیه است همبستگی مثبت وجود دارد.

Kim (۲۰۰۸)، در مطالعه‌ای با استفاده از تصاویر MODIS و داده‌های هواشناسی مسیرهای انتقال و نواحی منشأ توفان‌های ریزگرد آسیایی مؤثر بر کره‌جنوبی را در طول یک دوره ٤٠ ساله (۲۰۰٤-۱۹٦٥) بررسی نمود. نتایج نشان‌دهنده آن است که ۸۷ درصد از رخدادهای ریزگرد در فصل بهار بوده و طی سه سال ۲۰۰۲-۲۰۰۰ روند افزایشی شدید داشته است. Gao و همکاران (۲۰۱۲) تأثیرات ناهنجاری‌های آب‌وهوایی در توفان‌های ریزگرد بر روی افزایش زمین‌های شنی در شمال‌شرق چین را طی ۲۰۰۸-۲۰۰۱ مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها بیان کردند که از سال ۱۹٦۱ تا سال ۲۰۰۸ از فراوانی کلی توفان‌های ریزگرد در این منطقه کاسته شده ولی زمین‌های شنی طی فعالیت‌های ریزگرد بخصوص بین سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۱ افزایش یافته است. Indoitu و همکاران (۲۰۱۲)، تغییرات زمانی و مکانی توفان‌های ریزگرد را در آسیای مرکزی در طی هفت دهه‌ی اخیر مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که روند کاهشی معنی‌داری در فراوانی توفان‌های ریزگرد و تغییر قابل توجه در مناطق منابع فعال ریزگردها صورت گرفته است. مطالعه Schepanski و همکاران (۲۰۱۲)، در منطقه صحاران که در جنوب بیابان صحرای آفریقا واقع است، نشان داد که تفکیک زمانی داده‌های ماهواره‌ای یک عامل مهم در تشخیص نواحی منبع ریزگرد می‌باشد. هم‌چنین زمان شروع توفان، نقش بسیار زیادی در چگونگی توزیع مکانی مناطق منشأ برداشت ریزگرد دارد. Rezazadeh و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی داده‌های سینوپتیک بیان داشتند که بیش‌ترین رخداد ریزگرد در بخش غربی خاورمیانه در ماه‌های زمستان و در بخش شرقی در ماه‌های تابستان است. Darvishi-Boloorani و همکاران (۲۰۱٤)، به بررسی توفان‌های ریزگرد ورودی به جنوب غرب کشور با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سینوپتیکی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در مجموع سه خوشه اصلی مشتمل بر شمال غرب عراق و شرق سوریه، غرب و جنوب غرب عراق و شرق و جنوب شرق شبه جزیره عربستان و یک خوشه فرعی در جنوب شرق عراق به عنوان مناطق مستعد و مولد ایجاد توده های گرد و غبار می‌باشند. O'Loingsigh و همکاران (۲۰۱٤) به پایش فرسایش بادی با استفاده از داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹٦٥ تا ۲۰۱۱ در استرالیا پرداختند. نتایج نشان که در سال‌های همراه با کاهش بارش، توفان ریزگرد افزایش داشته است. Tan و همکاران (۲۰۱٤)، به بررسی شدت توفان ریزگرد در چین از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ پرداختند.

نتایج حاکی از آن است که بیش‌ترین وقوع ریزگردها در سال ۱۹۸۳ بوده است. هم‌چنین از سال ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۹ وقوع این پدیده روند کاهشی و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته است. Kang و همکاران (۲۰۱٦)، روند وقوع پدیده‌ی ریزگرد را در فلات تبت در طول دوره‌ی آماری ۲۰۱۰-۱۹٦۱ بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که فراوانی این رویداد از دهه ۱۹۷۰، روند کاهشی معنی‌داری داشته است. جمع‌بندی مستندات پژوهش نشان می‌دهد این مطالعات دارای نتایج مثبتی در تعیین کانون‌های گردوغبار بوده‌اند اما دارای نقاط ضعف قابل بررسی نیز می‌باشند. در انجام این مطالعات، داده‌ها عمدتاً به صورت متوسط روزانه بوده که سبب نادیده گرفتن وقایعی شده است که در طول روز رخ داده و در میانگین‌های روزانه حذف گردیده‌اند. عمده مطالعات صورت گرفته در مورد پایش کانون‌های توفان ریزگرد در داخل کشور، در دوره‌ی زمانی کوتاه مدت حداکثر دو ساله و یا در مورد رخدادهای موردی انجام گرفته است. تنها مطالعه عزیزی و همکاران (۱۳۹۱)،

کانون‌های اصلی گرد و غبار را در طی دوره آماری ۳۰ ساله و تا قبل از سال ۲۰۰۸ مورد بررسی قرار داده است.

در پژوهش حاضر از داده‌های هواشناسی ساعتی ایستگاه‌های سینوپتیک داخلی استفاده شد.

در این پژوهش وقایع ریزگرد حادث شده طی دوره آماری ۱۵ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵) مورد بررسی قرار گرفته و هدف از آن بررسی فراوانی وقوع در مقیاس‌های زمانی مختلف و هم‌چنین ارزیابی روند تغییرات زمانی توفان‌های ریزگردی است که در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ استان خوزستان را تحت تأثیر قرار داده‌اند. هدف دیگر پژوهش حاضر ارزیابی میزان همبستگی میان پارامترهای تأثیرگذار در وقوع توفان ریزگرد نظیر خصوصیات باد (جهت و سرعت باد)، فراوانی روزهایی که در آن سرعت و جهت باد غالب منطقه به ثبت رسیده است و در نهایت نوع و بافت خاک با فراوانی وقوع این پدیده می‌باشد. از طرفی میزان اثربخشی و اولویت‌بندی این متغیرها در وقوع توفان ریزگرد بررسی گردید.

۲- مبانی نظری پژوهش

۲-۱- توفان گرد و غبار

سازمان جهانی هواشناسی (WMO)[1] توفان‌های ریزگرد را نتیجه‌ی آشفتگی جریان جوی معرفی کرده‌اند که مقدار زیادی ریزگرد را به اتمسفر تزریق نموده و افق دید کم‌تر از ۱۰۰۰ متر را سبب می‌شوند *(McTainsh، Pitblado، 1987)*. ارتفاع متوسط توفان ریزگرد به ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر می‌رسد و در نوع شدید آن به ۲۵۰۰ متر تا ۹۰۰۰ متر می‌رسد و در شکل خیلی شدید به ۱۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ متر نیز رسیده است (اداره ملی جوی و اتمسفری آمریکا[2]).

۲-۲- تفاوت میان توفان گرد و غبار و توفان ماسه‌ای

گرچه شکل‌گیری توفان‌های ماسه‌ای باعث کاهش دید می‌شوند ولی چون از ذرات درشت‌تری تشکیل یافته‌اند فقط در مجاورت سطح زمین حرکت کرده و وارد طبقات بالاتر اتمسفر نمی شوند. ولی توفان‌های ریزگرد که دارای ذرات کوچکتر از ۰/۵ میکرون می‌باشند، تا ارتفاعات بالا صعود نموده و مسافت‌های طولانی را نیز در سطح زمین طی می‌کنند به طوری که حتی می‌توانند چندین قاره را تحت تأثیر خود قرار دهند. در ایالات متحده زمانی که دید افقی به کمتراز ۵/۸ مایل برسد توفان ماسه‌ای گزارش می‌شود *(Goudie، 1983)*.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، استان خوزستان می‌باشد. این استان مساحتی بالغ بر ٦٤ هزار و ٦٦٤ کیلومتر دارد . این سرزمین از شمال به استان لرستان، از جنوب به خلیج فارس از مشرق به استان های بختیاری و بویر احمد و از غرب به کشور عراق و استان ایلام محدود است. از نظر تقسیمات کشوری و جغرافیائی شامل ١٦ شهرستان، ٢٨ شهر، ٣٦ بخش و ١١١ دهستان می‌باشد . جمعیت استان خوزستان طبق آخرین سرشماری ٤ میلیون و ٤٢٠ هزار و ٨٧٤ نفر است.

۳-۲- بررسی چگونگی توزیع زمانی توفان‌های گردوغبار در طول دوره آماری مورد نظر

۳-۲-۱- تعیین ایستگاه‌های سینوپتیک

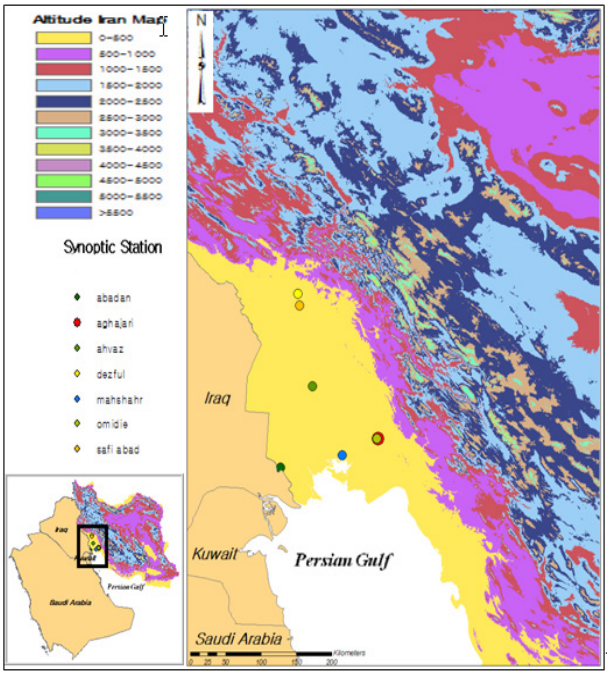
از میان ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان با توجه به در نظر گرفتن سه خصوصیت شامل داشتن فاصله کافی از یکدیگر و نزدیک نبودن ایستگاه‌ها به هم، قرار نگرفتن ایستگاه‌ها در منطقه کوهستانی مصون از توده‌های گرد و غبار و در نهایت عدم وجود نقص اطلاعاتی و یا داشتن حداقل کمبود داده‌ای در ایستگاه‌های مورد نظر، ۵ ایستگاه به منظور استخراج و تجزیه و تحلیل داده‌های مورد نیاز انتخاب شدند. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های انتخاب شده، ارائه شده است.

1- World Meteorological Organization
2- National Oceanic and Atmospheric Administration(NOAA)

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیگ مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	اهواز	۳۱°۲۰´	۴۸°۴۰´	۲۲/۵
۲	آبادان	۳۰°۲۲´	۴۸°۱۵´	۶/۶
۳	آغاجاری	۳۰°۴۶´	۴۹°۴۰´	۲۷
۴	صفی‌آباد	۳۲°۱۶´	۴۸°۲۵´	۸۲/۹
۵	ماهشهر	۳۰°۳۳´	۴۹°۰۹´	۶/۲

در نگاره ۱، موقعیت مکانی ایستگاه‌های سینوپتیک مشخص شده است.



نگاره ۱: موقعیت مکانی ایستگاه‌های سینوپتیک

۳-۲-۲- استخراج داده‌های سینوپتیک

داده‌های ساعتی سینوپتیک از سازمان هواشناسی کشور و سایت مرکز ملی داده‌های اقلیمی آمریکا http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web در طول دوره‌ی آماری ۱۵ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۰) تهیه شد. سپس با توجه به کدهای هواشناسی وقایع گرد و غبار با بهره‌گیری از سیستم عامل Linux شناسایی و از نظر زمانی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳-۲-۳- انجام تحلیل‌های آماری

به منظور تعیین روند تغییرات زمانی توفان‌های ریزگرد از آزمون Mann-Kendall استفاده شد. به منظور بررسی میزان همبستگی میان پارامترهای تأثیرگذار در وقایع توفان ریزگرد نظیر خصوصیات باد (میانگین ماهانه جهت و سرعت باد در طول دوره آماری)، فراوانی روزهای دارای سرعت و جهت باد غالب منطقه، نوع و بافت خاک کانون‌ها با فراوانی وقوع توفان‌های ریزگرد، از ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن استفاده شد.

برای تعیین میزان اثر بخشی و اولویت‌بندی این متغیرها در توفان ریزگرد، از مدل‌های رگرسیونی استفاده گردید. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 اجرا شد.

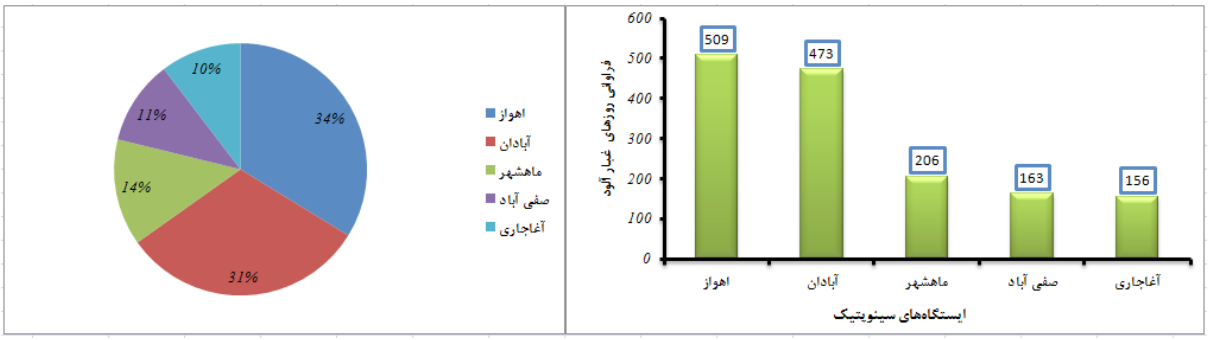
۴- نتایج و بحث

پس از استخراج داده‌های سینوپتیک و تجزیه و تحلیل آن‌ها از نظر زمانی نتایج زیر بدست آمد:

۴-۱- مجموع پدیده‌های گرد و غبار

در طول دوره‌ی آماری ۱۵ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۰) با توجه به اطلاعات ثبت شده در ایستگاه‌های مورد بررسی و معیارهای شناسایی و تفکیک توفان‌های گرد و غبار مورد استفاده در این مطالعه، در مجموع، ۱۵۰۷ واقعه گرد و غبار ثبت شده است.

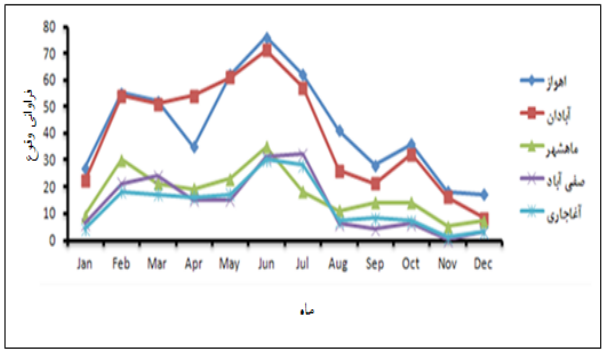
ایستگاه اهواز با ثبت ۵۰۹ واقعه (۳۴درصد) بیش‌ترین و ایستگاه آغاجاری با ۱۵۶ واقعه (۱۰درصد) کم‌ترین ثبت رویداد را داشته‌اند (نگاره ۲).



نگاره ۲: درصد و فراوانی روزهای غبارآلود ناشی از توفان گرد و غبار ثبت شده به تفکیک ایستگاه

٤-۲- چگونگی توزیع ماهانه توفان‌های گردوغبار به تفکیک ایستگاه

در تمام ایستگاه‌ها ماه ژوئن دارای بیش‌ترین توفان گرد و غبار می‌باشد. البته در ایستگاه صفی‌آباد دو ماه جولای و ژوئن بیش‌ترین وقوع رخداد گرد و غبار را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل در اهواز و آبادان ماه دسامبر و در سه ایستگاه دیگر ماه نوامبر کم‌ترین وقوع گردوغبار را داشته‌اند که مصادف با اواخر پاییز و اوایل زمستان می‌باشد. در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه، پراکنش ماهانه گردوغبار در دو ایستگاه اهواز و آبادان تا حدود زیادی مشابه است. هم‌چنین این منحنی در سه ایستگاه ماهشهر، صفی‌آباد و آغاجاری دارای روند تغییرات مشابهی می‌باشد. از طرفی می‌توان گفت روند صعودی منحنی‌ها از ماه فوریه شروع شده و با تغییرات اندک ادامه می‌یابد تا اینکه از ماه ژولای به بعد سیر کاهشی محسوس در وقوع توفان‌های گرد و غبار قابل تشخیص می‌باشد (نگاره ۳).



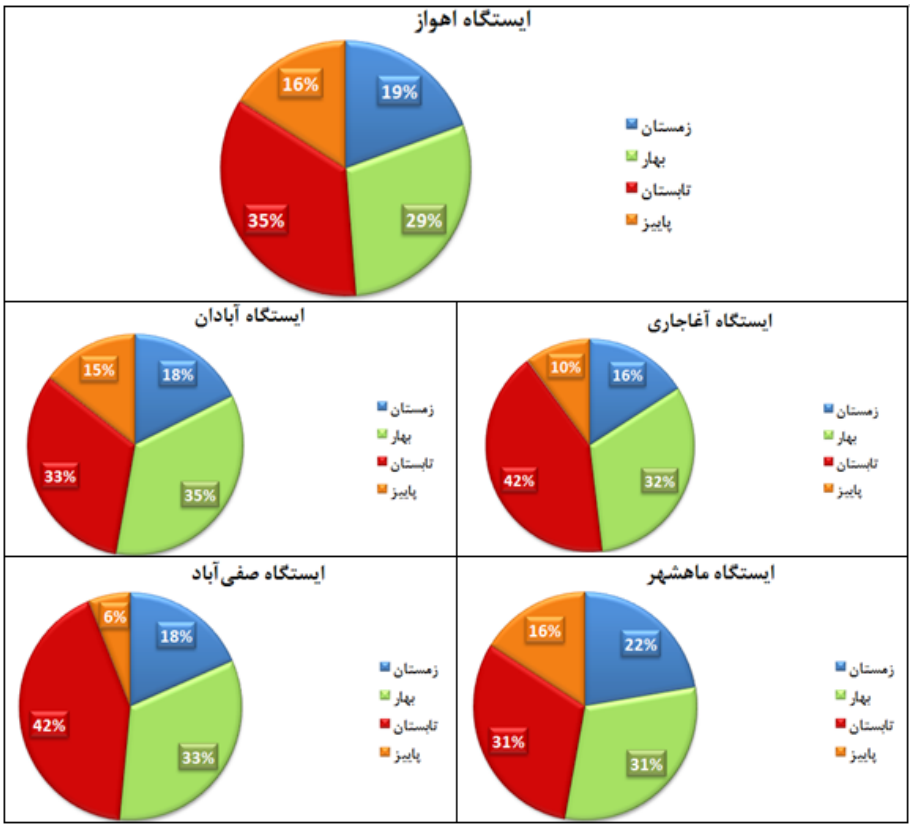
نگاره۳: چگونگی توزیع توفان‌های گردوغبار در هر ماه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

٤-۳- چگونگی توزیع فصلی توفان‌های گردوغبار به تفکیک ایستگاه

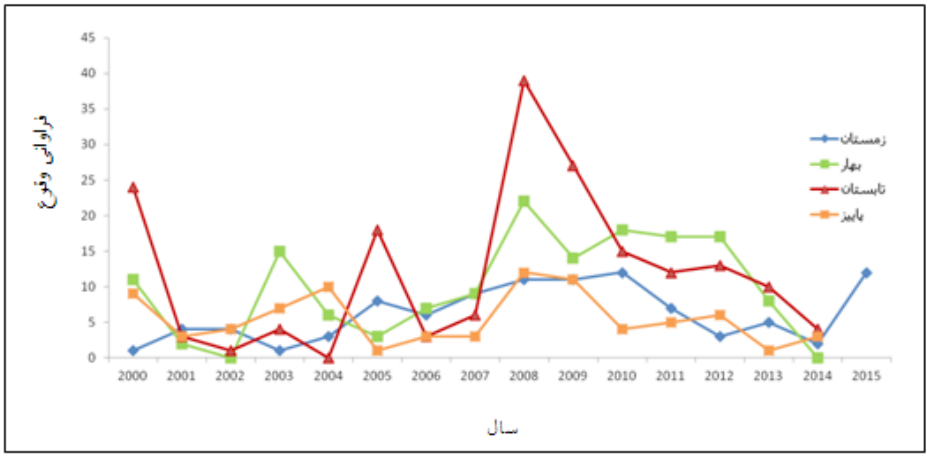
براساس پراکنش فصلی توفان‌های گرد و غبار، در فصل تابستان و بهار بیش‌ترین وقایع گردوغبار در استان خوزستان به ثبت می رسد. چنانکه در طول سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۰، ۷۰-٦٥ درصد توفان‌های گردوغبار در این دو فصل رخ داده است. از طرفی دیگر، در دو فصل پاییز و زمستان، اهواز بیش‌تر از ایستگاه‌های دیگر تحت تأثیر وقایع گرد و غبار قرار گرفته است و در مقابل صفی آباد و دزفول کم‌ترین ثبت واقعه در این دو فصل را داشته اند (نگاره ٤).

نتایج حاصل از بررسی پراکنش فصلی گرد و غبارها در هر سال به تفکیک ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۰٤-۲۰۰۱ و ۲۰۰۷-۲۰۰٦ و در سال ۲۰۱٤ درفصل تابستان فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار در اهواز بسیار پایین است.

در مقابل در سال‌های ۲۰۱۲- ۲۰۰۸ در دوره‌ی گرم سال تعدد وقوع گرد و غبارها خصوصاً در فصل بهار بسیار زیاد شده است. هم‌چنین در بازه‌ی زمانی ۳ ساله ۲۰۱۰-۲۰۰۸ در فصول پاییز و زمستان، رخدادهای گردوغبار بسیار بیشتری نسبت به سال‌های دیگر به ثبت رسیده است. نکته‌ی دیگر در تحلیل توزیع فصلی آن است که در ایستگاه اهواز در طول دوره‌ی آماری، افزایش گرد وغبار در فصل زمستان دارای روندی (هر چند قابل توجه) تدریجی بوده که در ابتدای سال ۲۰۱۵ این تغییرات شدت یافته است.



نگاره ٤: توزیع توفان‌های گردوغبار در هر فصل به تفکیک ایستگاه به درصد



نگاره ٥: منحنی توزیع فصلی توفان‌های گردوغبار در ایستگاه اهواز

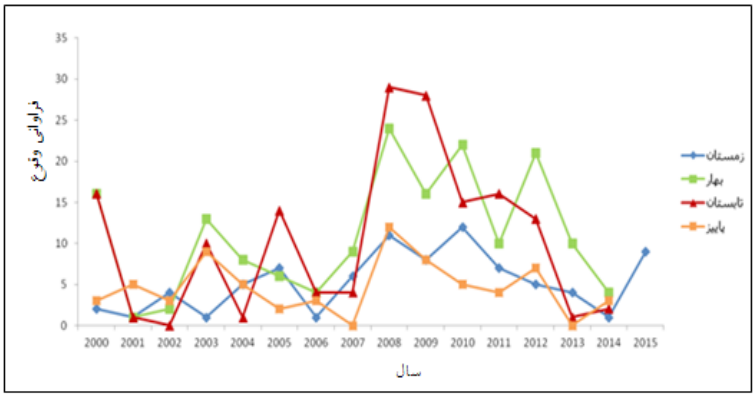
از طرفی می توان بیان نمود که بیش‌ترین تغییرات فصلی گرد و غبارها در این ایستگاه در طول دوره ۱۵ ساله مربوط به تابستان می‌باشد (نگاره ٥).

در ایستگاه آبادان، در طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۰۱ کم‌ترین وقوع گرد و غبار در فصول تابستان و بهار رخ داده که از آن دوره دو ساله به بعد چنین شرایطی تکرار نشده است.

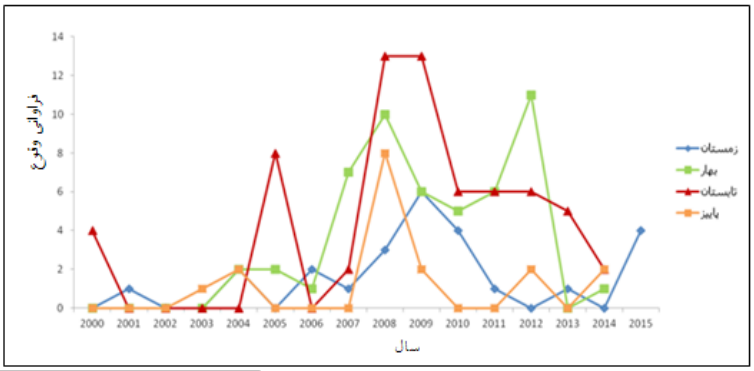
علاوه بر این، نقش دو فصل تابستان و بهار در گرد و غبارها بسیار پر رنگ بوده است. با توجه به منحنی‌های رسم شده در نگاره ٦، در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰٦ و ۲۰۱٤ فراوانی وقوع حوادث گرد وغبار ایستگاه آبادان در تمامی فصول پایین بوده است. در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۹ فصل‌های بهار و تابستان (فارغ از نوسانات مقطعی) روند مشابهی داشته‌اند، به گونه‌ای که افزایش نسبی گرد و غبارها در بهار، با افزایش این واقعه در تابستان همزمان

شده است. در ایستگاه آغاجاری از سال ۲۰۰۷ تعداد بالای توفان‌های گرد و غبار قابل مشاهده است و این روند تا سال ۲۰۱۳ ادامه داشته است. نکته‌ی قابل ذکر دیگر، فراوانی بسیار پایین گردوغبار در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۰ در کلیه‌ی فصول می باشد. از طرفی رخداد ناچیز توفان‌های گرد و غبار در بهار و تابستان طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۱ قابل توجه می‌باشد. در سال ۲۰۰۲ هیچ گونه توفان گرد و غباری با توجه به معیارهای مورد نظر در این پژوهش، در این ایستگاه ثبت نشده است. آنچه که در منحنی‌های ترسیم شده در نگاره ۷ مشاهده می‌شود، نشانگر آن است که از سال ۲۰۰۷ به بعد روند حرکتی و تغییرات منحنی فصول متغیر بوده و از حالت یکنواختی و ثبات نسبی خارج گشته است. این روند تغییرات در نمودار فصل‌های بهار و تابستان مشخص‌تر می‌باشد پس از سال ۲۰۰۷ منحنی وقایع گرد و غبار تابستان جدا از سال ۲۰۱۲، در سال‌های دیگر بالاتر از منحنی فصل بهار قرار دارد.

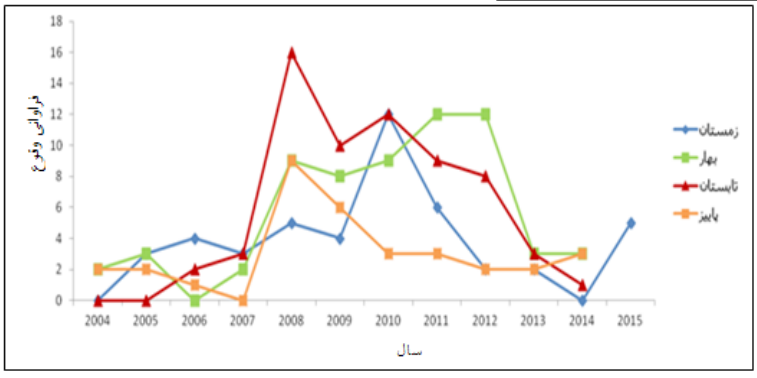
در ایستگاه ماهشهر مانند دیگر ایستگاه‌ها، سال ۲۰۰۸ نقطه‌ی اوج و عطف فراوانی توفان‌های گردوغبار است. اما در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱٤ روند کاهشی محسوسی در فراوانی گرد و غبارها قابل مشاهده است (نگاره۸).



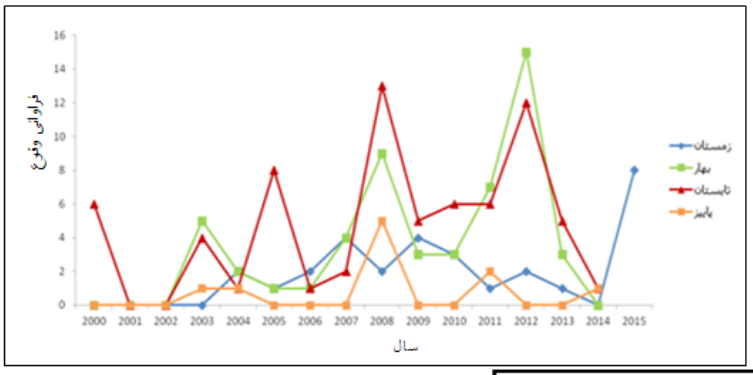
نگاره ٦: توزیع فصلی توفان‌های گردوغبار در ایستگاه آبادان



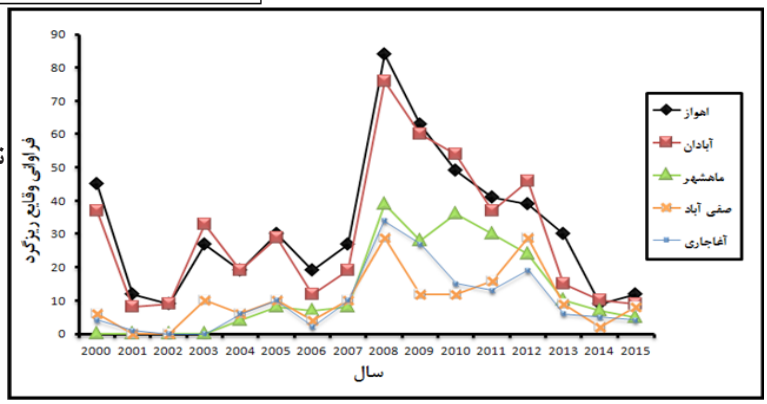
نگاره ۷: توزیع فصلی توفان‌های گردوغبار در ایستگاه آغاجاری



نگاره ۸: توزیع فصلی توفان‌های گردوغبار در ایستگاه ماهشهر



نگاره ۹: توزیع فصلی توفان‌های گردوغبار در ایستگاه صفی‌آباد



نگاره ۱۰: منحنی توزیع سالانه روزهای غبارآلود در اهواز، آبادان، آغاجاری، صفی‌آباد و ماهشهر

بررسی وقایع گرد و غبار در ایستگاه صفی‌آباد که در شمال استان خوزستان قرار دارد، حاکی از آن است که در فصل پاییز کم‌ترین وقوع گردوغبار در منطقه به ثبت رسیده است. به طوری که تنها در ۵ سال شاهد وقوع گردوغبار در پاییز این منطقه بوده‌ایم.

٤-٤- چگونگی توزیع سالانه توفان‌های گرد و غبار

بررسی توزیع سالانه توفان‌های ریزگرد در مناطق مورد مطالعه در استان خوزستان نشانگر آن است که در تمامی مناطق بیش‌ترین فراوانی این رویداد در سال ۲۰۰۸ به وقوع پیوسته است. هم‌چنین در ایستگاه اهواز سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰، در آبادان ۲۰۰۹،۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ در آغاجاری سال‌های ۲۰۰۹،۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ در صفی‌آباد ۲۰۰۹،۲۰۱۰،۲۰۱۱،۲۰۱۲ و در نهایت در ماهشهر سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ جزء سال‌هایی با فراوانی بالای وقوع توفان‌های ریزگرد می‌باشند.

از طرفی در سال ۲۰۰۲ و ۲۰۰٤ در اهواز، ۲۰۰۱ در آبادان، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ در آغاجاری، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ در صفی‌آباد و در نهایت در سال ۲۰۰٤ در ماهشهر کم‌ترین رویداد توفان ریزگرد به ثبت رسیده است.

منحنی توزیع سالانه توفان‌های ریزگرد در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان (نگاره۱۰) نیز نشانگر شروع سیر صعودی وقوع ریزگردها از سال ۲۰۰٦ تا ۲۰۰۸ در تمامی ایستگاه‌ها و سیر نزولی این رویداد از سال ۲۰۰۸ به بعد می‌باشد. با وجود این سیر نزولی، تعدد روزهای همراه با پدیده توفان‌های ریزگرد در سال‌های ۲۰۰۸ به بعد، بیش‌تر از سال‌های ماقبل ۲۰۰۸ است.

٤-٥ روند تغییرات زمانی وقایع ریزگرد و رابطه عوامل مؤثر برآن با فراوانی روزهای غبارآلود

روند تغییرات زمانی وقایع ریزگرد در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج بدست آمده از آزمون من‌کندال مشخص شد که در تمامی ایستگاه‌ها، روند معنی‌دار درتغییرات زمانی وقوع توفان ریزگرد در سطح معنی‌داری ۱ و ۵ درصد، در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، وجود ندارد.

جدول ۲: روند تغییرات زمانی وقایع ریزگرد در طول دوره آماری براساس آزمون من-کندال

ایستگاه	آماره من‌کندال (Z)	شیب سن
اهواز	۰/۱۸	۰/۱۱
آبادان	۰	۰
آغاجاری	۱/۳۹	۰/۵
صفی‌آباد	۱/۵۳	۰/٦
ماهشهر	۰	۰

نتایج ارزیابی همبستگی میان پارامترهای مؤثر بر وقوع توفان ریزگرد شامل خصوصیات باد (سرعت و جهت باد)، فراوانی روزهایی که در آن، سرعت و جهت باد غالب منطقه به ثبت رسیده، نوع و بافت خاک با فراوانی روزهای غبارآلود به ترتیب با استفاده از آزمون پیرسون و اسپیرمن در جداول ۳ و ٤ ارائه شده است.

در ایستگاه اهواز و آبادان فراوانی روزهای غبارآلود با فراوانی روزهای دارای سرعت و جهت باد غالب منطقه، در سطح اعتماد ۹۹ درصد، همبستگی مثبت دارد. در ایستگاه‌های آغاجاری، ماهشهر و صفی‌آباد، فراوانی روزهای دارای جهت باد غالب با فراوانی وقایع ریزگرد، دارای همبستگی مثبت، می‌باشد.

هم‌چنین بین بافت و نوع خاک در کانون‌های وقوع توفان‌های ریزگرد با فراوانی وقوع آن همبستگی معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۳: رابطه بین پارامترهای مؤثر بر وقوع توفان ریزگرد و فراوانی توفان‌های ریزگرد در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره آماری

آزمون	پیرسون (r)			
عوامل	WDF	WSF	MWS	MWD
اهواز	**۰/٦۹	**۰/٤۲	-۰/۰۷	۰/۱٤
آبادان	**۰/٦۹	**۰/٤۷	-۰/۰۰۹	۰/۱۹
آغاجاری	**۰/٦٤	۰/۲۰	-۰/۱۷	۰/۰٦
صفی‌آباد	**۰/۵٤	۰/۰۵	-۰/۱٤	۰/۰۵
ماهشهر	**۰/۷۲	۰/۱۸	-۰/۰۹	۰/۱۳

** معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد،

* معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد.

WDF*: Wind Direction Frequency (فراوانی جهت باد غالب)، WSF: Frequency Wind Speed (فراوانی سرعت باد غالب)، MWS: Mean of Wind Speed (میانگین سرعت باد منطقه)، MWD: Mean of Wind Direction (میانگین جهت باد منطقه).

جدول ٤: رابطه بین بافت و نوع خاک با فراوانی توفان‌های ریزگرد در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره آماری براساس آزمون اسپیرمن

آزمون	اسپیرمن (rs)	سطح معنی‌داری
بافت خاک	۰/۷۲	۰/۰٦
نوع خاک	۰/۵٦	۰/۱۹

جدول ۵: رابطه بین عوامل و فراوانی توفان‌های ریزگرد در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول دوره آماری براساس رگرسیون خطی

آزمون	رگرسیون خطی (B)						ضریب رگرسیونی استاندارد شده (Beta)			
عوامل	WDF	WSF	MWS	MWD	R	R۲	WDF	WSF	MWS	MWD
اهواز	**۰/۸۱	**۰/۷۳	**-۰/٤۹	-۰/۰۰۵	۰/۷۷	۰/٦۰	۰/٦۰	۰/۲٤	-۰/٤۹	-۰/۰۸
آبادان	**۰/٦۲	**۰/٦۲	*-۰/۲۱	۰/۰۰۳	۰/۷۵	۰/۵٦	۰/۵٦	۰/۲۲	-۰/۱۵	۰/۰۵
آغاجاری	**۰/٦۲	-۰/۲٤	-۰/۰٦	۰	۰/٦۷	۰/٤۵	۰/٦۱	-۰/۰٦	-۰/۰٦	۰/۰۰٤
صفی‌آباد	**۰/۷۵	۰/۳۷	**-۰/۲٦	۰/۰۰۲	۰/٦٤	۰/٤۰	۰/۵۵	۰/۰۸	-۰/۳۳	۰/۰۹
ماهشهر	**۰/۸۱	-۰/۲۸	-۰/۰٦	۰/۰۰۱	۰/۸۰	۰/٦۳	۰/۷٤	-۰/۱	-۰/۰۸	۰/۰٦

نتایج حاصل از بررسی رابطه پارامترهای ذکر شده با فراوانی وقایع توفان ریزگرد براساس مدل رگرسیون‌خطی در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در سه ایستگاه اهواز، آبادان و صفی‌آباد رابطه میان فراوانی ریزگردها و میانگین سرعت باد در سطوح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد معکوس می‌باشد. هم‌چنین در تمامی ایستگاه‌ها در سطوح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد، میان فراوانی روزهای غبارآلود با فراوانی روزهای حاوی جهت باد غالب منطقه رابطه مثبت وجود دارد. از طرفی تنها در دو ایستگاه اهواز و آبادان، ارتباط مستقیم و معنی‌دار میان فراوانی وقایع ریزگرد و فراوانی سرعت باد غالب منطقه دیده می‌شود. براساس ضریب رگرسیونی استاندارد شده، در اکثر ایستگاه‌ها فراوانی وقوع جهت باد غالب در ایستگاه‌های مورد مطالعه، دارای بیش‌ترین اثرگذاری بر فراوانی وقوع توفان‌ها می‌باشد.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

براساس نتایج ارائه شده، از مجموع ۱۵۰۷ واقعه توفان ریزگرد در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵، ۹۸۲ رویداد در اهواز و آبادان به ثبت رسیده است. به عبارت دیگر، ٦۵ درصد وقایع ریزگرد، این دو شهرستان را که در مرکز و جنوب‌غربی استان خوزستان واقع شده، تحت تأثیر قرار داده است. دلیل این امر می‌تواند نزدیکی مکانی بیش‌تر این دو ایستگاه نسبت به کانون‌های ریزگرد در داخل و خارج از کشور باشد. هم‌چنین علت دیگر را می‌توان نحوه‌ی عبور و موجی بودن جریانات جوی در مناطق مختلف استان دانست. به گونه‌ای که جریانات شمال غرب-جنوب شرق که ریزگردها را با خود حمل می‌کنند، ایستگاه‌های اهواز و آبادان را بیش‌تر تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. این نتیجه با نتایج مطالعه یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۳) و علی‌آبادی و همکاران (۱۳۹٤)، تطابق دارد. بررسی تغییرات زمانی در مقیاس ماهانه در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان، نشان داد که در ماه‌های ژوئن و ژولای، وقایع توفان ریزگرد بیش‌تری نسبت به ماه‌های دیگر سال رخ داده است. در مقابل در اهواز و آبادان ماه دسامبر و در سه ایستگاه دیگر ماه نوامبر کم‌ترین وقوع ریزگرد را داشته‌اند که مطابق با نتیجه بدست آمده در مطالعه عزیزی و همکاران (۱۳۹۱)، می‌باشد. هم‌چنین مشخص گردید که از ماه فوریه تا ژولای، فراوانی روزهای غبارآلود بسیار بیش‌تر از ماه‌های آگوست تا ژانویه است و با نتیجه بدست آمده در پژوهش میرشاهی و همکاران (۱۳۸۸)، که بیان داشتند ماه‌های اردیبهشت و خرداد (مصادف با آوریل و مه) جزء ماه‌های پر ریزگرد می‌باشد مطابقت دارد. ارزیابی وقایع ریزگرد در مقیاس فصلی در طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه نشانگر آن است که در ایستگاه‌های سینوپتیک مطالعه شده در استان خوزستان، بیش‌ترین وقوع توفان‌ها در فصل‌های تابستان و بهار رخ داده است. این نتایج با نتایج بدست آمده در مطالعات لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷) و Kim (۲۰۰۸) مطابقت دارد. می‌توان علت فراوانی بالای این رخداد در این فصول را خشکی و کمبود رطوبت خاک و جریانات جوی فعال در منطقه (بادهای غربی)، همراه با افزایش دمای سطحی، دانست. این نتیجه با نتیجه ارائه شده در پژوهش O'Loingsigh و همکاران (۲۰۱٤)، یکسو می‌باشد. توزیع سالانه توفان‌های ریزگرد در تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان نشان‌دهنده‌ی حداکثر فراوانی وقوع در سال ۲۰۰۸ می‌باشد که با نتیجه پژوهش عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. در مقابل حداقل فراوانی در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰٤ بوده است که مطابق با نتیجه بدست آمده در پژوهش Kim (۲۰۰۸) نمی‌باشد. از طرفی منحنی توزیع سالانه این پدیده نشان‌گر افزایش فراوانی ریزگردها از سال ۲۰۰٦ تا ۲۰۰۸ است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش Tan و همکاران (۲۰۱٤) تطابق دارد. در منحنی توزیع سالانه وقایع ریزگرد می‌توان کاهش تعدد این رویداد را از سال ۲۰۰۸ به بعد مشاهده نمود که با نتیجه بدست آمده در پژوهش زینالی (۱۳۹۵) مطابقت ندارد. اما با وجود این شرایط نزولی، فراوانی روزهای همراه با توفان از ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵، بیش‌تر از سال‌های ماقبل ۲۰۰۸ است. با وجود کاهش فراوانی روزهای

غبارآلود در سال‌های اخیر، اما معضلات و مشکلات ناشی از این پدیده بیش‌تر نمایان شده و زندگی مردم را تحت تأثیر قرار داده است. به همین دلیل دیدگاه عمومی این است که تعدد وقایع ریزگرد افزایش یافته است. دلیل این تصور را می‌توان غلظت بالا و ماندگاری بیش‌تر ریزگردها در منطقه دانست که البته برای اثبات آن نیاز به مطالعه بیش‌تر و دقیق‌تر در این زمینه می‌باشد. نتایج بدست آمده از آزمون همبستگی پیرسون در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در مجموع نشان‌دهنده همبستگی مثبت و بالای دو پارامتر فراوانی سرعت و جهت باد غالب منطقه با فراوانی روزهای غبارآلود ناشی از توفان ریزگرد می‌باشد. نتیجه ذکر شده با نتیجه بدست آمده در مطالعه Xaio و همکاران (۲۰۰۸)، که بیان کرده‌اند میان فراوانی روزهایی که سرعت باد غالب به ثبت رسیده و فراوانی ریزگرد همبستگی مثبت وجود دارد، مطابقت دارد. نتایج بدست آمده در مدل رگرسیونی نشانگر آن است که با وجود عدم همبستگی میان میانگین سرعت باد منطقه با پدیده‌ی ریزگرد، در مدل رگرسیونی بدست آمده در ایستگاه‌های اهواز، آبادان و صفی‌آباد، ارتباط معنی‌دار و معکوس با فراوانی روزهای غبارآلود، دارد که با نتایج پژوهش Kang و همکاران (۲۰۱٦)، تطابق ندارد. وجود رابطه‌ی منفی و معنی‌دار در سه ایستگاه یاد شده را می‌توان اینگونه تحلیل نمود که کاهش میانگین سرعت باد منطقه باعث افزایش تعداد روزهای غبارآلود ثبت شده در ایستگاه‌ها می‌گردد. به عبارتی در سه ایستگاه اهواز، آبادان و صفی‌آباد قدرت و سرعت بادهای منطقه در حد و اندازه‌ای نبوده است که ریزگردهای وارد شده به این مناطق را از آن محدوده خارج نماید و باعث ماندگاری بیش‌تر ریزگرد در جو منطقه شده است. به این ترتیب، تداوم و تعدد روزهای غبارآلود افزایش یافته است. براساس آزمون اسپیرمن و مدل رگرسیون، در ایستگاه‌های مورد مطالعه، میان نوع و بافت خاک با فراوانی روزهای غبارآلود ناشی از توفان ریزگرد رابطه مثبت در سطح ۱۰ درصد وجود دارد. به عبارتی می‌توان گفت نوع و بافت خاک به صورت مستقیم بر روی پدیده‌ی ریزگرد اثرگذار نبوده اما به صورت غیرمستقیم به دلیل اثرگذاری در نوع و تراکم پوشش گیاهی و میزان رطوبت خاک می‌تواند تأثیرگذار باشد. این نتیجه با یافته‌های پژوهش درویشی‌بلورانی (۱۳۹۲) مطابقت دارد. با توجه به نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر و اینکه مشخص گردید فراوانی وقایع ریزگرد در ماه‌ها و فصول کم‌باران و خشک سال بیش‌تر می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد به منظور مقابله با این پدیده در کانون‌های ریزگرد گیاهان شورپسند و با نیاز آبی بسیار پایین کشت شود. در انتها، پیشنهاد می‌شود میزان تداوم و ماندگاری هر واقعه توفان ریزگرد در جو در مناطق متأثر از آن، در پژوهش‌های آینده بررسی گردد و مدل‌های پیش‌بینی توفان ریزگرد براساس خصوصیات اقلیمی، سینوپتیکی و خاکشناسی کانون‌های تولید ریزگرد تهیه شود.

٦- منابع و مآخذ

۱. رضایی بنفشه، شریفی، پیرخضرانیان؛ مجید، لیلا، سیدلقمان (۱۳۹۱)؛ ((برآورد میزان گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: استان کردستان))؛ مجله جغرافیای طبیعی، سال ۵، شماره ۱۸، صص۲۲- ۱۳.

۲. زینالی؛ بتول (۱۳۹۵)؛ ((بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفان‌های گردوغباری نیمه‌ی غربی ایران))؛ مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ۵، شماره ۷، صص ۱۰۰-۸۷.

۳. عزیزی، شمسی‌پور، میری، صفرراد؛ قاسم، علی‌اکبر، مرتضی، طاهر (۱۳۹۱)؛ ((تحلیل آماری-همدیدی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران))؛ مجله محیط شناسی، سال ۳۸، شماره ٦۳، صص۱۳٤-۱۲۳.

٤. لشکری، کیخسروی؛ حسن، قاسم (۱۳۸۷)؛ ((تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۱۹۹۳-۲۰۰۵))؛ مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ٦۵، شماره ۱۷، صص ٦۵-۳۳.

۵. میرشاهی، نکونام؛ داریوش، زری (۱۳۸۸)؛ ((بررسی

آماری پدیده گردوغبار و تحلیل الگوی وزش بادهای گردوغبارزا در شهرستان سبزوار))؛ مجله انجمن جغرافیای ایران، سال ۲۲، شماره ۷۳، صص ۸۳-۱۰۴.

6. Boloorani, A. D., Nabavi, S. O., Bahrami, H. A., Mirzapour, F., Kavosi, M., Abasi, E., & Azizi, R. (2014). Investigation of dust storms entering Western Iran using remotely sensed data and synoptic analysis. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 12(1), 124.

7. Gao, T., Han, J., Wang, Y., Pei, H., & Lu, S. (2012). Impacts of climate abnormality on remarkable dust storm increase of the Hunshdak Sandy Lands in northern China during 2001–2008. Meteorological Applications, 19(3), 265-278.

8. Goudie, A. S. (1983). Dust storms in space and time. Progress in Physical Geography, 7(4), 502-530.

9. Hahnenberger, M., & Nicoll, K. (2012). Meteorological characteristics of dust storm events in the eastern Great Basin of Utah, USA. Atmospheric environment, 60, 601-612.

10. Indoitu, R., Orlovsky, L., & Orlovsky, N. (2012). Dust storms in Central Asia: spatial and temporal variations. Journal of Arid Environments, 85, 62-70.

11. Kang, L., Huang, J., Chen, S., & Wang, X. (2016). Long-term trends of dust events over Tibetan Plateau during 1961–2010. Atmospheric Environment, 125, 188-198.

12. Kim, J. (2008). Transport routes and source regions of Asian dust observed in Korea during the past 40 years (1965–2004). Atmospheric Environment, 42(19), 4778-4789.

13. Kwon, H. J., Cho, S. H., Chun, Y., Lagarde, F., & Pershagen, G. (2002). Effects of the Asian dust events on daily mortality in Seoul, Korea. Environmental Research, 90(1), 1-5.

14. Li, N., Gu, W., & Xie, F. (2004). Threshold value response of soil moisture to dust storm: a case study of midweitern Inner Mongolia Autonomous Region. Journal of Natural Disasters, 13(1), 44-49.

15. McTainsh, G. H., & Pitblado, J. R. (1987). Dust storms and related phenomena measured from meteorological records in Australia. Earth Surface Processes and Landforms, 12(4), 415-424.

16. Mei, D., Xiushan, L., Lin, S., & Ping, W. A. N. G. (2008). A dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37.

17. O'Loingsigh, T., 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 broadscale wind erosion using meteorological records. Aeolian Research, 12, 29-40.

18. Ochirkhuyag, L., & Tsolmon, R. (2008). Monitoring the source of trans-national dust storms in North East Asia. Remote Sensing and Spatial Information Sciences,1(1), 835–839.

19.Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S., & Kahn, R. A. (2013). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. Science of the Total Environment, 463(1), 552-564.

20. Rezazadeh, M., Irannejad, P., & Shao, Y. (2013). Climatology of the Middle East dust events. Aeolian Research, 10, 103-109.

21. Schepanski, K., Tegen, I., & Macke, A. (2012). Comparison of satellite based observations of Saharan dust source areas. Remote Sensing of Environment, 123, 90-97.

22. Tan, M., Li, X., & Xin, L. (2014). Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. Atmospheric environment, 85, 215-222.

23. Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., ... & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. Nature, 416(6879), 389-395.

24. Xiao, F., Zhou, C. and Liao, Y., 2008. Dust storms evolution in Taklimakan Desert and its correlation with climatic parameters. Journal of Geographical Sciences, 18(4), pp.415-424.