بررسی رابطه بین پارامترهای اقلیمی و وقوع ریزگردها (مطالعه موردی: استان خوزستان)

شهباز مهرابی*، سعید سلطانی و رضا جعفری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱/۲۵

چکیده

از آنجا که اقلیم تأثیر بسزایی برروی تولید گرد و غبار دارد، شناسایی پارامترهای اقلیمی مؤثر بر این پدیده ضروری است. در این مطالعه، پارامترهای اقلیمی درجه حرارت، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد انتخاب و ارتباطشان با داده‌های قدرت دید و همچنین تعداد روزهای گرد و غباری ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی در مقیاس ماهانه و سالانه در استان خوزستان با استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره آنالیز شد. نتایج نشان داد که تعداد روزهای طوفانی در ۵ سال اخیر به ۳۶۶ روز رسیده است. کمترین تعداد روزهای طوفانی برای تمامی ایستگاه‌های استان خوزستان شامل: آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان در پاییز و بیشترین آن برای ایستگاه آبادان و اهواز در بهار و برای سه ایستگاه دیگر در تابستان رخ داده است. نتایج همچنین نشان داد که در ایستگاه آبادان و اهواز فصل همراه با بیشترین روزهای طوفانی (بهار) با فصل دارای کمترین مقدار بارندگی (تابستان) مطابقت ندارد که به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی، تفاوت ویژگی‌های اقلیمی منطقه رسوب‌گذاری و منطقه منشأ است. درحالی‌که رخ دادن طوفان‌های گرد و غبار در تابستان در ایستگاه‌های دیگر نشان‌دهنده امکان محلی و درون استانی بودن منشأ طوفان‌های این منطقه می‌باشد. آنالیز رگرسیون نیز این مسئله را تأیید کرد، بدین صورت که تعداد پارامترهای اقلیمی که دارای همبستگی مهم با داده‌های قدرت دید می‌باشند از غرب به شرق از ۸ به ۱۶ پارامتر افزایش یافته است. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از کشورهای عربی از قبیل عراق و عربستان صعودی، منشأ طوفان‌ها محلی و درون استانی می‌شود.

کلمات کلیدی: طوفان گرد و غبار، پارامتر اقلیمی، قدرت دید

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

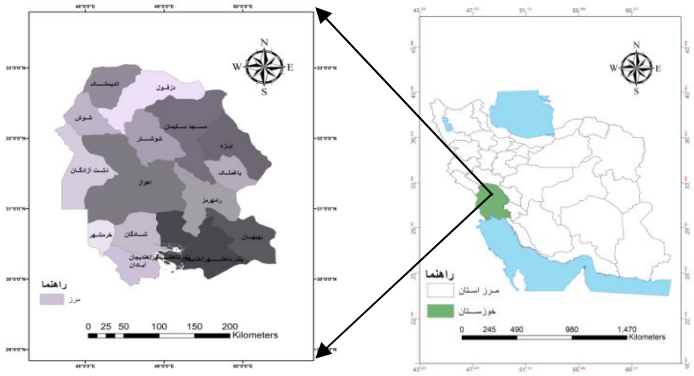
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sh.mehrabi2011@gmail.com

مقدمه

بر اساس توافق سازمان جهانی هواشناسی World Metrology Organization (WMO) هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه تجاوز کند و دید افقی به کمتر از یک کیلومتر برسد طوفان گرد و غبار گزارش می‌شود. طوفان‌های شن به بادی اطلاق می‌شوند که بتوانند ذرات با قطر ۰/۱۵ تا ۰/۳۰ میلی‌متر را تا ارتفاع ۱۵ متر جابه‌جا کنند. درحالی‌که طوفان‌های گرد و غبار از ذرات بسیار ریز با قطر ۰/۰۵ تا ۰/۱ میلی‌متر تشکیل شده، در ارتفاع بسیار بالاتری از سطح زمین حرکت نموده و مسافت‌های بسیار طولانی را می‌پیمایند که قادر به پوشش شهرهای یک کشور و یا حتی کشورهای یک قاره هستند (۱).

در سال‌های اخیر فراوانی طوفان‌های گرد و غبار در سطح منطقه‌ای و جهانی افزایش یافته است. اثرات متعددی برای این بلای طبیعی شمرده شده که گاهی برای برخی اکوسیستم‌ها مثبت و برای برخی دیگر منفی است. مطالعات صورت‌گرفته اثرات این طوفان‌ها را به دو گروه کلی محیطی و انسانی تقسیم می‌کند (۲). از جمله اثرات محیطی می‌توان به سخت شدگی سنگ‌ها، زوال صخره‌های مرجانی، اختلال در نیروی تابشی، تشدید امواج شرقی و افزودن مواد مغذی به گیاهان اشاره کرد. آلودگی هوا، جنون حیوانات، بروز آسم، تعطیلی کسب و کار، مشکلات ماشین آلات و آلوده سازی آب آشامیدنی از جمله مهمترین اثرات انسانی طوفان‌های گرد و غبار هستند(۷ و ۸).

طوفان‌های گرد و غبار وقتی به وجود می‌آیند که مجموع بارش سالانه به‌طور قابل توجهی از بارش میانگین بلند مدت کمتر می‌شود. با افزایش دما در اواخر زمستان و اوایل بهار در شبه جزیره عربستان دمای هوای مجاور سطح خاک افزایش پیدا می‌کند، این افزایش دما موجب بروز تلاطم و وزش باد در لایه‌های زیرین اتمسفر می‌شود. اگر سرعت وزش باد از سرعت آستانه فرسایش فزونی یابد مقدار قابل توجهی از ذرات خاک از بستر خود جدا شده و به‌صورت گرد و غبار به داخل جو وارد می‌شوند (۵). وقوع طوفان‌های گرد و غبار ارتباط نزدیکی با شرایط اقلیمی محلی مثل بارندگی، دما و همچنین ویژگی‌های سطح زمین مثل پوشش گیاهی، پوشش برف روی سطح زمین و بافت خاک دارد (۳). عده‌ای از پژوهشگران براین باورند که در برخی مناطق مانند شرق آسیا همبستگی زیادی بین وقوع ریزگردها و سرعت باد در مجاورت سطح زمین وجود دارد. درحالی‌که در برخی تحقیقات به‌دلیل منشأ محلی داشتن هیچ‌گونه همبستگی قابل‌قبولی بین سرعت باد و فراوانی وقوع ریزگرد مشاهده نشده است (۳). برخی پژوهشگران بر این باورند که تغییرات اقلیمی منطقه‌ای نقش مهمی بر وقوع طوفان‌های گرد و غبار بازی می‌کنند.آنها همچنین نشان دادند که دمای بالای هوا، بارندگی کم، پوشش گیاهی فقیر و سرعت زیاد باد شرایط مساعدی برای وقوع طوفان‌های گرد و غبار فراهم می‌کنند (۱۲). پژوهش‌های لی و همکاران نشان داد که تعداد روزهای با طوفان گرد و غبار، کمتر از تعداد روزهای بادی در مونگولیای چین است و این نشان می‌دهد که پیدایش و شدت این طوفان‌ها علاوه‌بر این که متأثر از شرایط اقلیمی مثل سرعت باد است متأثر از ویژگی‌های سطح زمین مثل پوشش گیاهی، مقدار رطوبت خاک و غیره نیز می‌باشد (۱۰). زینگ کویی وقایع طوفان‌های گرد و غبار و خصوصیات سطح زمین را با استفاده از داده‌های ماهواره Normalized Differences Vegetation Index (NDVI)، National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) همراه با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مطالعه کرد. وی ارتباط معنی‌داری بین وقایع طوفان‌های گرد و غبار و دیگر پارامترهای اتمسفری مانند بارندگی و دما مشاهده کرد و خصوصیات پوشش سطح زمین (پوشش گیاهی، بارش برف و بافت خاک) را در رخداد طوفان‌های گرد و غبار اثرگذار معرفی نمود. وی همچنین دریافت که بارش به شکل جامد مستقیماً بر این‌گونه رخدادها تأثیر دارد (۱۳). انصاری میزان همبستگی پارامترهایی مانند رطوبت نسبی، دما، سرعت باد و بارش را با وقوع طوفان‌های گرد و غبار در استان زاهدان بررسی کرد که از بین پارامترها مورد مطالعه، سرعت باد بیشترین همبستگی معنادار و رطوبت نسبی کمترین همبستگی



شکل۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
آبادان	۴۸/۱۵	۳۰/۲۲	۶/۶
اهواز	۴۸/۳۳	۳۱/۱۵	۱۲
امیدیه	۴۹/۳۹	۳۰/۴۶	۳۴/۹
دزفول	۴۸/۲۳	۳۲/۲۴	۱۴۳
مسجد سلیمان	۴۹/۱۷	۳۱/۵۶	۳۲۰/۵

معکوس را به خود اختصاص داد (۱).

با توجه به مطالعات پیشین؛ به‌طورکلی هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی با میزان فراوانی وقوع طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان است.

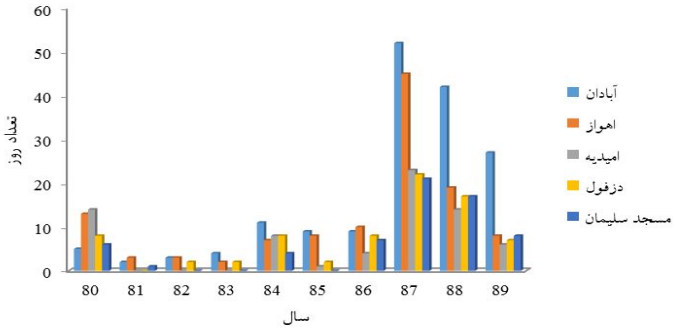
مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۴ کیلومتر مربع بین ۴۷ درجه ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی در جنوب غربی ایران واقع شده است. میزان بارندگی این استان از جنوب و جنوب غرب به سمت شمال و شمال شرق افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان بارندگی به‌ترتیب مربوط به نواحی شمال شرقی با متوسط ۶۱۶ تا ۷۰۰ میلی‌متر و جنوب غرب با متوسط ۱۲۵ تا ۲۲۵ میلی‌متر می‌باشد. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ جمعیت کل این استان ۴۵۳۱۷۳۰ نفر می‌باشد که در ۱۵ شهرستان سکنی گزیده‌اند (۱۴).

انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی

جهت اخذ داده‌های هواشناسی با هدف تعیین میزان همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و قدرت دید، پنج پارامتر دما، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت باد به‌دلیل داشتن بیشترین نقش در ایجاد طوفان گرد و غبار از پنج ایستگاه هواشناسی سینوپتیک انتخاب گردید. پنج ایستگاه به‌گونه‌ای انتخاب شد که بتواند به‌طور کامل تمامی استان را پوشش دهد. جدول (۱) مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل۲. تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در دوره ۱۰ ساله

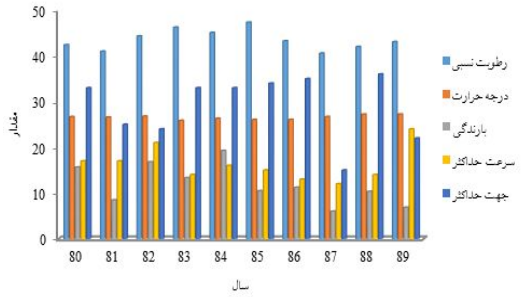
آنالیز داده‌های اقلیمی

بعد از انتخاب ایستگاه و اخذ اطلاعات پارامترهای اقلیمی، ارتباط و روند سالیانه و فصلی بین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار و پنج پارامتر دما، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد به‌دلیل این‌که مستعدترین شرایط برای بلند شدن ذرات گرد و غبار زمانی است که خاک خشک می‌شود (کاهش بارندگی و به‌دنبال آن کاهش رطوبت و افزایش دما) و سرعت باد به حد آستانه می‌رسد بررسی شد. سپس میانگین ۳، ۲ و ۵ روزه قبل و بعد از وقوع طوفان گرد و غبار برای هر پارامتر اقلیمی جداگانه محاسبه و در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. درنهایت با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی چند متغیر مدل‌های نهایی جهت محاسبه میزان قدرت دید ارائه شد.

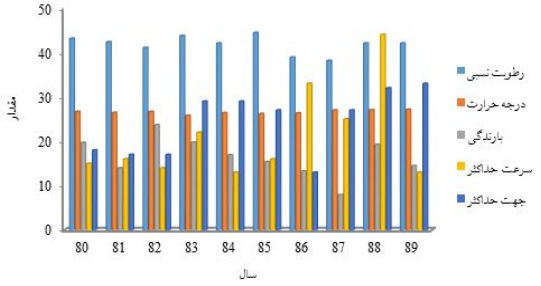
نتایج و بحث

تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار

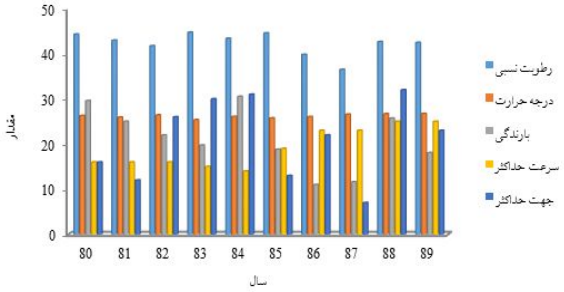
شکل (۲) تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار را برای ایستگاه‌های آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان در یک دوره ۱۰ ساله نشان می‌دهد. منظور از طوفان زمانی است که قدرت دید به ۱۰۰۰ متر و کمتر و سرعت باد به ۱۵متر بر ثانیه و بیشتر برسد. در تمام ایستگاه‌ها تعداد روزهای همراه با طوفان از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۴یک روند کاهشی را دنبال می‌کند، به‌طوری‌که در برخی ایستگاه‌ها مثل امیدیه تعداد روزهای طوفانی به صفر می‌رسد.از سال ۱۳۸۴ به بعد تعداد روزهای طوفانی افزایش چشمگیری پیدا می‌کند، به‌نحوی‌که در ایستگاه امیدیه این تعداد به ۱۰ روز می‌رسد. در سال ۱۳۸۵ تمامی ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه اهواز روند کاهشی را تجربه می‌کنند. از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ تعداد روزهای همراه با طوفان در سطح ایستگاه‌ها و به تبع در سطح کل استان به حداکثر مقدار خود می‌رسد، به‌طوری‌که در ایستگاه آبادان این مقدار به ۵۲ روز در سال افزایش می‌یابد. از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۸۹ دوباره یک روند کاهشی دنبال می‌شود اما تعداد روزهای طوفانی در این سال‌ها بسیار بیشتر از سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳است که دارای روند کاهشی بوده‌اند. در بین ایستگاه‌های حاضر، بیشترین میزان تعداد روزهای طوفانی با ۱۶۴ روز مربوط به ایستگاه آبادان و کمترین میزان با ۶۴ روز مربوط به ایستگاه مسجد سلیمان است. علت حداکثر بودن تعداد روزهای طوفانی در ایستگاه آبادان به موقعیت جغرافیایی این ایستگاه مربوط می‌شود. این ایستگاه علاوه‌بر این‌که از طوفان‌های شمال غرب و غرب استان سهم دارد طوفان‌های شمال شرق و شمال عربستان هم آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرفی ایستگاه مسجد سلیمان در قسمت شمال شرق استان قرار گرفته که این موقعیت جغرافیایی باعث شده تا از منشأ طوفان در عربستان فاصلهٔ زیادی داشته باشد و طوفان‌های این منطقه به نسبت کمتری به این ایستگاه برسد. همچنین طوفان‌های شمال غرب و غرب استان که عمدتاً منشأ آنها کشور عراق است جهتی شمال غربی- جنوب شرقی دارند؛ در نتیجه ایستگاه مسجد سلیمان را خیلی تحت تأثیر قرار نمی‌دهند.



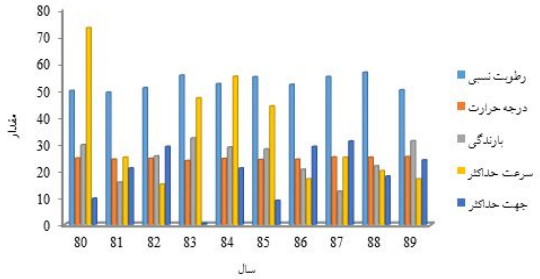
(الف. آبادان)



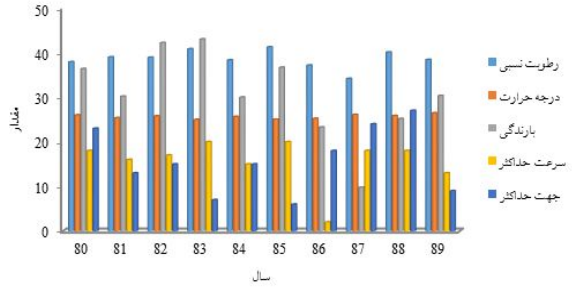
(ب. اهواز)



(ج. امیدیه)



(د. دزفول)



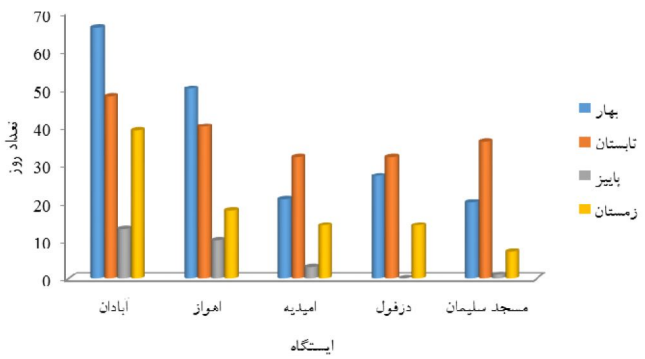
(ه. مسجد سلیمان)

شکل۳. میانگین سالیانه رطوبت نسبی، درجه حرارت، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر در پنج ایستگاه الف) آبادان، ب) اهواز، ج) امیدیه، د) دزفول و ه) مسجد سلیمان

میانگین سالیانه رطوبت نسبی، درجه حرارت و بارندگی

شکل ۳ (الف، ب، ج، د و ه) میانگین سالیانه پنج پارامتر اقلیمی رطوبت نسبی، درجه حرارت، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد را برای پنج ایستگاه آبادان، اهواز، امیدیه، درفول و مسجد سلیمان در یک دورهٔ ۱۰ ساله نشان می‌دهد.

همان‌طورکه ملاحظه می‌شود پارامتر رطوبت نسبی در طول ده سال اخیر در تمامی ایستگاه‌ها روند خاصی را با نوسانات بسیار کم دنبال می‌کند و پارامتر درجه حرارت در تمامی ایستگاه‌ها روند یکسانی را دنبال می‌کند. این امر برخلاف نوسانات شدیدی است که در تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار مشاهده می‌شود. در واقع باید گفت که نوسانات شدید تعداد روزهای همراه با طوفان هیچ‌گونه اثر معنا دار و

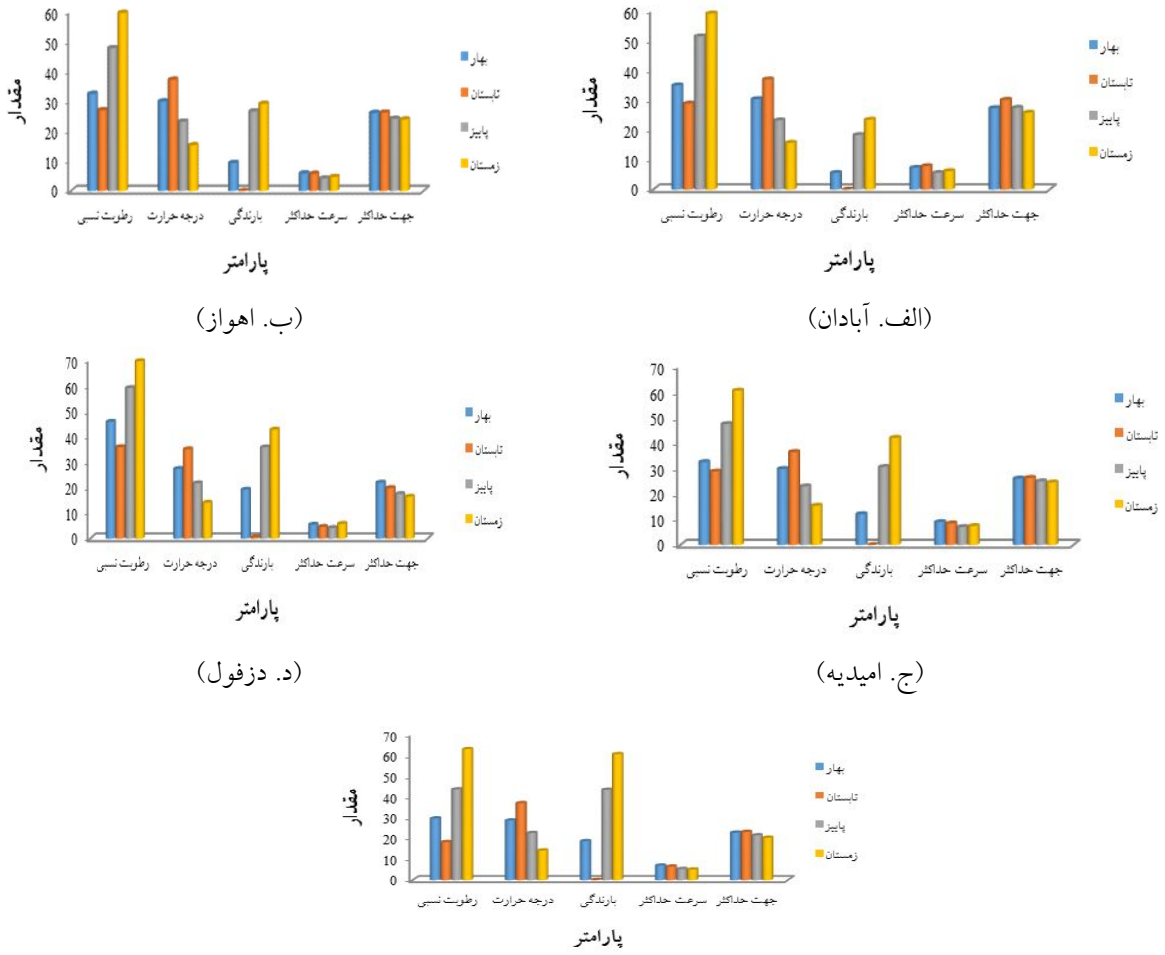


شکل ۴. تعداد روزهای همراه با طوفان در فصول مختلف سال در بازه زمانی ده ساله

قابل ذکری را در طول ده سال برروی پارامترهای درجه حرارت و رطوبت نسبی نشان نمی‌دهد. نهستگری و همکاران با بررسی و تحلیل طوفان‌های گرد و غبار ۱۹۳۷ تا ۱۹۹۷ مغولستان به این نتیجه رسیدند که ۶۱ درصد طوفان‌ها در فصل بهار رخ می‌دهد و در زمان وقوع این طوفان‌ها میزان رطوبت نسبی به ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد (۱۱). دلیل عدم کاهش قابل توجه رطوبت نسبی در سال‌های همراه با حداکثر فراوانی طوفان را می‌توان به فراملی بودن منشأ عمده طوفان‌ها نسبت داد. در رابطه با بارندگی می‌توان گفت که میزان این پارامتر نسبت به دو پارامتر قبل نوسانات نسبتاً شدیدتری دارد. نکتهٔ قابل توجه در این مورد آن است که در تمامی ایستگاه‌ها کمترین مقدار بارندگی مربوط به سالی است که در تمامی ایستگاه‌ها بیشترین میزان تعداد روزهای طوفانی مشاهده می‌شود (سال ۱۳۸۷). بنابراین می توان گفت که بیشترین میزان تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در استان خوزستان همزمان با کم باران‌ترین سال دهه در استان بوده است. عبدویس و همکاران با بررسی تأثیر کاهش بارندگی بر فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار در استان خوزستان نشان داد که سال‌های با بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در این استان با سال‌های با کمترین میزان بارندگی همراه است (۴). با توجه به آمار، میانگین جهت حداکثر باد برای ایستگاه‌های آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان به‌ترتیب ۲۹۰، ۲۴۲، ۲۱۲، ۱۹۳/۳ و ۱۵۷ درجه می‌باشد. همان‌طور که ارقام نشان می‌دهد میانگین جهت حداکثر باد غالب بین ۱۸۰ تا ۲۷۰ درجه است. در سال ۱۳۸۷ با بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان، میانگین حداکثر جهت باد در استان ۲۰۸ درجه است؛ این رقم نشان دهندهٔ منشأ بودن کشور عراق و عربستان به‌طور مشترک است. به‌طور میانگین حداکثر سرعت باد برای شهرستان‌های آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجدسلیمان به‌ترتیب ۲۱/۲، ۲۱/۱، ۱۹/۲، ۳۳/۸ و ۱۵/۷ متر بر ثانیه است که با توجه به تعریف سرعت باد جهت تشکیل طوفان گردو غبار، تمام میانگین‌ها بالاتر از حد آستانه شروع طوفان است. نمودارهای سرعت حداکثر نسبت به جهت حداکثر از نوسانات بسیار کمتری برخوردار است. در سال ۱۳۸۷ که تعداد روزهای همراه با طوفان به اوج خود می‌رسد میانگین سرعت حداکثر باد برای ایستگاه‌های مورد مطالعه ۲۲/۱۸ متر بر ثانیه می‌باشد که این میزان بالاتر از حد آستانه (یعنی ۱۵ متر بر ثانیه) برای ایجاد طوفان است. در ایستگاه آبادان میانگین سرعت حداکثر باد در سال ۱۳۸۷ به ۶۰، اهواز ۲۵ ، امیدیه۲۳، دزفول ۲۵ و مسجد سلیمان ۱۸ متر بر ثانیه می‌رسد. لازم به ذکر است که اعداد جهت حداکثر بر ضریب کاهشی ۱۰ تقسیم شده است.

مجموع فصلی تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار

شکل ۴ مجموع فصلی تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار را به‌ترتیب برای شهرستان‌های آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین میزان فراوانی در ایستگاه‌های آبادان و اهواز مربوط به



(الف. آبادان)

(ب. اهواز)

(ج. امیدیه)

(د. دزفول)

(ه. مسجد سلیمان)

شکل ۵. میانگین فصلی رطوبت نسبی، درجه حرارت، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد در پنج ایستگاه الف) آبادان، ب) اهواز، ج) امیدیه، د) دزفول و ه) مسجد سلیمان

فصل بهار و در سه ایستگاه امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان مربوط به فصل تابستان است. در واقع این دو فصل همزمان هستند با خشکی آب و هوا و کاهش رطوبت موجود در خاک و در نتیجه بلند شدن بیشتر ذرات محلی و فراملی و همچنین افزایش سرعت باد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در سال ۱۳۸۷ در دو ایستگاه آبادان و اهواز بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان مربوط به فصل بهار و در سه ایستگاه دیگر مربوط به فصل تابستان است. به‌طورکلی در دهۀ اخیر بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار به‌ترتیب برای ایستگاه آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان مربوط به فصول بهار (۶۶)، بهار (۵۰)، تابستان (۳۲)، تابستان (۳۲) و تابستان (۳۶) است و کمترین میزان برای تمامی ایستگاه‌ها مربوط به فصل پاییز است (به‌ترتیب پاییز (۱۳)، پاییز (۱۰)، پاییز (۳)، پاییز (۰) و پاییز (۱)).

میانگین فصلی درجه حرارت، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد

شکل۵ میانگین فصلی پارامترهای اقلیمی رطوبت نسبی، درجه حرارت، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر را برای ایستگاه‌های آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان نشان می‌دهد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در تمامی ایستگاه‌ها بیشترین میزان رطوبت نسبی مربوط به فصل زمستان است که نشان می‌دهد فصل همراه با کمترین تعداد روزهای طوفانی با فصل همراه با بیشترین میزان رطوبت نسبی در استان تطابق ندارد. در واقع این نتیجه می‌تواند فراملی بودن قسمت عمدهٔ طوفان‌های گرد و غبار را تأیید کند. از طرفی درجه حرارت در تمامی ایستگاه‌ها بیشترین میزان خود را در فصل تابستان تجربه می‌کند، درحالی‌که در دو ایستگاه آبادان و اهواز بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار مربوط به فصل بهار است. این نکته می‌تواند دلیلی دیگر برای این ادعا باشد که قسمت اعظم منشأ طوفان‌های این استان فراملی است. از طرفی دیگر در دو ایستگاه شرقی‌تر استان یعنی مسجد سلیمان و امیدیه فصل همراه با بیشترین تعداد روزهای طوفانی و بیشترین درجه حرارت با هم تطابق دارد، شاید بتوان گفت که هر چقدر به طرف شرق استان می‌رویم منشأ داخلی ذرات بیشتر می‌شود. زیرا که طوفان وارده به غرب و جنوب غرب استان می‌تواند برروی مناطق خشک شده تالابی استان و نواحی غرب و شرق رود کرخه تشدید شود و ذرات با منشأ داخلی را به ایستگاه‌های مرکزی و شرق استان وارد کند. همچنین در تمامی ایستگاه‌ها کمترین میزان بارندگی مربوط به فصل تابستان است. این درحالی است که در دو ایستگاه آبادان و اهواز بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار مربوط به فصل بهار است. بنابراین می‌توان گفت که در این دو ایستگاه منشأ عمدهٔ طوفان‌ها فراملی هستند، اما در سه ایستگاه دیگر با توجه به این‌که کمترین میزان بارندگی و بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار با هم تطابق دارد، نواحی داخلی استان که در فصل تابستان رطوبت خاک خود را از دست می‌دهد و قابلیت بلند شدن ذرات را دارند می‌توانند به‌عنوان منشأهای داخلی شناسایی شوند. میانگین حداکثر جهت وزش باد در طی ۱۰ سال اخیر در ایستگاه آبادان برای چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب ۲۷۳/۰۴، ۲۷۰/۶۴، ۲۲۳/۱۱ و ۲۳۴/۸۵ درجه است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود قطاع وزشی در این ایستگاه برای فصل بهار که بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار را دارد مربوط به غرب تا شمال این شهرستان می‌شود. در دو ایستگاه دزفول و اهواز، میانگین حداکثر جهت باد برای فصول مختلف بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب ۲۱۹/۷۴، ۱۹۸/۵۱، ۱۷۴/۹۷ و ۱۶۴/۲۴درجه برای دزفول و ۲۶۲/۴۹، ۲۶۳/۸۰، ۲۴۳/۳۸ و ۲۴۰/۴۳ درجه برای اهواز می‌باشد. میانگین کلی تمام فصول برای دزفول ۱۸۹/۳۶ و اهواز ۲۵۲/۵۳ درجه است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود برای هر دو ایستگاه، قطاع کلی وزش باد مربوط به دامنهٔ جنوب تا غرب است. از طرفی قطاع وزش برای ایستگاه دزفول در فصل با حداکثر فراوانی تعداد روزهای همراه با طوفان (فصل تابستان) ۲۱۹/۷۴ درجه و برای اهواز (فصل بهار) ۲۶۳/۸۰ درجه است. در ایستگاه امیدیه میانگین حداکثر جهت باد برای چهار فصل بهار، تابستان، پاییز، زمستان به‌ترتیب ۲۶۰/۸۷، ۲۶۳/۵۷، ۲۵۰/۰۸ و ۲۴۵/۳۹ درجه می باشد. در فصل تابستان با بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان قطاع وزش بین ۱۸۰ تا۲۷۰ درجه است (جهت جنوب تا غرب). میانگین کلی برای تمام فصول ۹۸/ ۲۵۴ درجه است. در ایستگاه مسجد سلیمان میانگین حداکثر جهت باد برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب ۲۲۸/۱۴، ۲۳۱/۸۴، ۲۱۵/۳۷ و ۲۰۳/۶۹ درجه می‌باشد. میانگین کلی برای تمام فصول ۲۱۹/۷۶ درجه است. قطاع وزش برای فصل همراه با بیشترین فراوانی طوفان گرد و غبار، یعنی فصل تابستان، ۲۳۱/۸۴ درجه است که نشان دهندهٔ جهت وزش بین جنوب تا غرب استان می‌باشد. میانگین فصلی حداکثر سرعت باد در ایستگاه‌های آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان به‌ترتیب با مقدار ۷/۸۸، ۶/۰۱، ۹/۰۴، ۵/۸۲ و ۶/۹۸ متر بر ثانیه مربوط به فصل تابستان، بهار، بهار، زمستان و بهار می باشد. نکتهٔ قابل توجه این است که در ایستگاه آبادان حداکثر سرعت باد مربوط به فصل تابستان و بیشترین فراوانی تعداد روزهای همراه با گرد و غبار مربوط به فصل بهار است. در واقع این امر می‌تواند بیانگر خارجی بودن منشأ طوفان‌های این شهرستان باشد. زیرا که اگر منشأ طوفان از

نواحی داخلی می‌بود، می‌بایست این دو فصل با هم منطبق می‌شدند.این عدم انطباق برای سه ایستگاه دیگر یعنی دزفول، مسجد سلیمان و امیدیه اتفاق افتاده و فصل حداکثر سرعت باد با فصل بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار مطابقت ندارند. فقط در ایستگاه اهواز است که این دو فصل منطبق بر یکدیگر هستند.در واقع شاید بتوان از طرفی نزدیکی این شهرستان به نواحی شرقی و غربی رودخانه کرخه که پتانسیل بلند شدن ذرات را دارند مربوط دانست. بدین جهت که می‌تواند قسمتی از طوفان در این شهرستان منشأ داخلی داشته باشد. فرج‌زاده و همکاران با بررسی توزیع زمانی و مکانی طوفان‌ها و بادهای شدید در ایران نشان داد که در اغلب ایستگاه‌ها بین میانگین سرعت باد و فراوانی وقوع طوفان‌ها رابطه معناداری وجود ندارد؛ به‌این صورت که ایستگاه‌هایی که فراوانی بالایی را از نظر وقوع طوفان‌ها دارند لزوماً میانگین سرعت بالایی ندارند (۶).

بررسی رابطه بین قدرت دید و پارامترهای اقلیمی، با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره

براساس روش رگرسیون خطی چندمتغیره (Backward) تمامی مدل‌ها آنالیز شده و سپس مدلی که کمترین مقدار را نسبت به آماره t دارد حذف می‌شود. این روند ادامه پیدا می‌کند تا این‌که بیشترین مقادیر نسبت به آماره t باقی می‌ماند. مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

$t_{۲b}$، $t_{۳b}$ و $t_{۵b}$ = میانگین درجه حرارت ۲، ۳ و ۵ روز قبل از طوفان

$t_{۲a}$، $t_{۳a}$ و $t_{۵a}$ = میانگین درجه حرارت ۳، ۲ و ۵ روز بعد از طوفان

$r_{۲b}$، $r_{۳b}$ و $r_{۵b}$ = میانگین رطوبت نسبی ۲، ۳ و ۵ روز قبل از طوفان

$r_{۲a}$، $r_{۳a}$ و $r_{۵a}$ = میانگین رطوبت نسبی ۲، ۳ و ۵ روز بعد از طوفان

$p_{۲b}$، $p_{۳b}$ و $p_{۵b}$ = میانگین بارندگی ۲، ۳ و ۵ روز قبل از طوفان

$p_{۲a}$، $p_{۳a}$ و $p_{۵a}$ = میانگین بارندگی ۲، ۳ و ۵ روز بعد از طوفان

$s_{۲b}$، $s_{۳b}$ و $s_{۵b}$ = میانگین سرعت باد ۲، ۳ و ۵ روز قبل از طوفان

$s_{۲a}$، $s_{۳a}$ و $s_{۵a}$ = میانگین سرعت باد ۲، ۳ و ۵ روز بعد از طوفان

$a_{۲b}$، $a_{۳b}$ و $a_{۵b}$ = میانگین جهت باد ۲، ۳ و ۵ روز قبل از طوفان

$a_{۲a}$، $a_{۳a}$ و $a_{۵a}$ = میانگین جهت باد ۲، ۳ و ۵ روز بعد از طوفان

برای ایستگاه آبادان فقط ۳ پارامتر در یک دوره ۱۰ ساله باقی مانده است (مقدار t برای این ۳ پارامتر به‌ترتیب از زیاد به کم مربوط به $r_{۳b}$ با۲/۶۸۲، $p_{۵b}$ با ۲/۳۷۴ و$r_{۵b}$ با ۲/۳۴ است). بیشترین همبستگی معکوس را پارامتر میانگین رطوبت نسبی سه روز قبل از طوفان و بیشترین همبستگی مثبت را میانگین بارندگی و میانگین رطوبت نسبی پنج روز قبل از طوفان نشان می‌دهد. بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه آبادان جهت محاسبه قدرت دید به صورت زیر است.

$$V= (-۱۷/۹۵۶\ r_{۳b}) + (۱۶/۲۴۱ r_{۵b}) + (۱۴/۵۳۰ p_{۵b}) + ۶۱۳/۵۳۰ \quad [۱]$$

برای ایستگاه اهواز ۸ مدل بیشتر از مقدار آماره t ارائه شده است. در بین مدل‌های باقی‌مانده بیشترین همبستگی معکوس مربوط به میانگین درجه حرارت دو روز قبل طوفان یا $t_{۲b}$ با مقدار ۲/۵۹۷- و بیشترین میزان همبستگی مثبت مربوط به میانگین درجه حرارت پنج روز قبل از طوفان یا $t_{۵b}$ با مقدار ۲/۶۱۳ است. به‌طورکلی بر اساس خروجی مدل، پارامترهای زیر دارای همبستگی با قدرت دید می‌باشند: $t_{۲b}$، $t_{۵b}$، $r_{۲b}$، $r_{۲a}$، $a_{۲b}$، $a_{۲a}$، $a_{۵b}$ و $s_{۲a}$. بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه اهواز جهت محاسبه قدرت دید به‌صورت زیر است.

$$V= (-۳۸/۴۰۶\ t_{۲b}) + (۴۱/۸۰۷\ t_{۵b}) + (-۶/۸۲۳\ r_{۲b}) + (۷/۸۵۹\ r_{۲a}) + (-۱/۲۲۷\ a_{۲b}) + (۱/۴۷۰\ a_{۲a}) + (۱/۹۱۲\ a_{۵b}) + (۱۸/۴۷۱\ s_{۲a}) + (-۱۷۰/۴۰۷) \quad [۲]$$

در ایستگاه دزفول ۱۰ مدل $t_{۲b}$، $t_{۳b}$، $t_{۳a}$، $r_{۲b}$، $r_{۲a}$، $r_{۳b}$، $r_{۳a}$، $s_{۲b}$، $s_{۲a}$، $s_{۵a}$ همبستگی معناداری را با قدرت دید برای یک دوره ۱۰ ساله نشان داد. بیشترین همبستگی معکوس مربوط به میانگین سرعت باد دو روز بعد از طوفان یا $s_{۲a}$ با مقدار

۳/۵۹۸- و بیشترین همبستگی مثبت مربوط به میانگین سرعت باد پنج روز بعد از طوفان یا s_{5a} با مقدار ۳/۸۹۴ است. بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه دزفول جهت محاسبه قدرت دید به صورت زیر است:

معادله (۳):

$$V= (-۶۴۰/۱۲۰t_{۲b}) + (۸۴/۳۵۰t_{۳b}) + (-۲۱/۸۴۶t_{۳a}) + (-۴۱/۷۶۰\ r_{۲b}) + (-۴۸/۰۶۲r_{۲a}) + (۴۸/۷۶۹r_{۲b}) + (۴۷/۹۹۴r_{۳a}) + (-۳۰/۸۸۵\ s_{۲b}) + (-۹۱/۵۷۳s_{۲a}) + (۱۸۵/۱۷۲s_{۵a}) + (۱۸۶/۹۲۲)$$

[۳]

در ایستگاه مسجد سلیمان ۱۶ مدل بیشتر از مقدار آماره t است. تعداد پارامترهای در این ایستگاه نسبت به ایستگاه‌های دیگر بیشتر است. در بین پارامترهای خروجی از مدل، پارامتر $p_{۳a}$ یا میانگین بارندگی سه روز بعد از طوفان بیشترین همبستگی معکوس و پارامتر $p_{۵b}$ یا میانگین بارندگی پنج روز قبل از طوفان بیشترین همبستگی مستقیم را دارا می‌باشد. به‌طورکلی پارامترهای که دارای همبستگی معنادار معکوس و مستقیم هستند عبارتند از:$t_{۲b}$، $t_{۲a}$، $t_{۳b}$، $t_{۵b}$، $t_{۵a}$، $r_{۲a}$، $r_{۳b}$، $r_{۳a}$، $p_{۲b}$، $p_{۳b}$، $p_{۳a}$، $p_{۵b}$، $p_{۵a}$، $a_{۳a}$، $s_{۵b}$ و $s_{۵a}$. با توجه به این‌که ایستگاه مسجد سلیمان نسبت به ایستگاه اهواز، آبادان و دزفول از منشأ فراملی طوفان‌ها دورتر است می‌توان گفت که تعداد پارامترهای زیاد با همبستگی معنادار نشان می‌دهد که طوفان‌های رخ داده در این ایستگاه بیشتر از سه ایستگاه دیگر دارای منشأ داخلی هستند. زیرا زمانی که تعداد پارامترهای با همبستگی معنی‌دار در ایستگاه منطقه رسوب‌گذاری زیادتر باشد نشانگر آن است که پارامترهای اقلیمی منطقهٔ رسوب‌گذاری در ایجاد یا عدم ایجاد طوفان نقش دارند. درصورتی که هرچقدر تعداد پارامترهای با همبستگی معنادار کمتر باشد، نشانگر این واقعیت است که منطقه منشأ از منطقه رسوب‌گذاری فاصله بیشتری دارد. بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه مسجد سلیمان جهت محاسبه قدرت دید به‌صورت زیر است.

$$V= (۲۲۹/۹۶۳\ t_{۲b}) + (-۹۲/۴۳۸\ \ t_{۲a}) + (-۳۷۵/۳۵۹\ \ t_{۳b}) + (۱۷۵/۷۶۱\ t_{۵b}) + (۵۴/۹۴۵\ t_{۵a}) + (-۳۶/۵۳۷r_{۲a}) + (-۴۹/۸۸۶r_{۳b}) + (۸۲/۴۹۴\ r_{۳a}) + (-۲۰۷۱/۱۳۱p_{۲b}) + (۱۰۹۹/۸۷۵\ p_{۳b}) + (-۱۵۱۹/۱۸۹\ \ p_{۳a})$$

$$+ (۸۹۰/۴۰۰\ p_{۵b}) + (-۴۸/۱۷۰\ p_{۵a}) + (-۳/۲۰۳\ a_{۳a}) + (-۴۸/۲۰۱\ s_{۵b}) + (۸۲/۸۶۶\ s_{۵a}) + ۱۵۵۱/۹۴۰$$

[۴]

در بین نه مدل خروجی در ایستگاه امیدیه بیشترین همبستگی معکوس معنادار مربوط به پارامتر $r_{۳a}$ یا میانگین رطوبت نسبی سه روز بعد از طوفان با مقدار ۲/۹۶۸- و بیشترین همبستگی مستقیم معنادار مربوط به پارامتر $p_{۵a}$ یا میانگین بارندگی پنج روز بعد از طوفان با مقدار ۲/۷۳۲ است. به طور کلی پارامترهای دارای همبستگی مستقیم و معکوس در ایستگاه امیدیه در یک دوره ۱۰ ساله عبارتند از: $t_{۲a}$، $t_{۳a}$، $r_{۲a}$، $r_{۵b}$، $p_{۳a}$، $p_{۵b}$، $p_{۵a}$، $a_{۳b}$ و $a_{۳a}$. بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه امیدیه جهت محاسبه قدرت دید به صورت زیر است.

$$V= (۶۰/۹۷۴\ \ t_{۲a}) + (-۷۱/۴۹۹\ t_{۳a}) + (-۱۶/۳۵۰\ r_{۳a}) + (-۳/۵۲۰\ r_{۵b}) + (-۳۰/۱۱۷\ p_{۳a}) + (۵۱/۰۷۶\ \ p_{۵b}) + (۱۷/۲۱۰\ \ p_{۵a}) + (۱/۲۵۵\ \ a_{۳b}) + (-۱/۱۵۱\ a_{۳a}) + ۱۶۰۵.۸۵۵$$

[۵]

از آنجا که میزان فرسایش بادی تابعی از فرسایندگی باد و فرسایش‌پذیری خاک است هر عامل که باعث افزایش فرسایندگی و فرسایش‌پذیری شود می‌تواند عاملی باشد برای تشدید فرسایش بادی و به‌دنبال آن افزایش طوفان‌های گردو غبار (۱). بنابراین در هر منطقه که خاک خشک و سرعت باد به حد آستانه برسد ذرات خاک بلند شده و در هوا معلق می‌شوند. بنابراین کمبود بارندگی موجب کاهش رطوبت خاک، افزایش فرسایش پذیری و حرکت آن می‌شود. حال هرچه که میزان بارندگی و به دنبال آن رطوبت کمتر باشد فراوانی طوفان‌ها افزایش می‌یابد. افزایش طوفان قدرت دید را کاهش می‌دهد. میزان قدرت دید ناشی از طوفان گرد و غبار به‌طور غیرمستقیم وابسته به پارامترهایی است که در بلند شدن ذرات خاک مؤثرند. بنابراین با داشتن میزان پارامترهای مؤثر مثل بارندگی، رطوبت، دما و سرعت باد می‌توان میزان قدرت دید را که شاخصه میزان شدت طوفان است را تعیین کرد.از طرفی به‌دلیل ارتباط بین پارامترهای فوق و فراوانی وقوع طوفان‌های گرد و غبار، هرچقدر که در یک ایستگاه هواشناسی تعداد پارامتر

بیشتری با میزان قدرت دید ناشی از طوفان گرد و غبار همبستگی داشته باشند فاصله منشأ نزدیک‌تر است. یوشینو و همکاران بیان می‌کنند که دمای بالای هوا، بارندگی کم، پوشش گیاهی فقیر و سرعت زیاد باد شرایط مساعدی برای وقوع طوفان‌های گرد و غبار فراهم می‌کنند و بین این پارامترها و و وقوع طوفان‌های گرد و غبار ارتباط وجود دارد و با بررسی شرایط محیطی و اقلیمی می‌توان به محلی یا منطقه‌ای بودن طوفان اشاره کرد (۱۲).

نتیجه‌گیری

طوفان‌های گرد و غبار به‌عنوان یکی از رایج‌ترین بلایای طبیعی قرن اخیر دارای اثرات متعدد مثبت و منفی برروی اکوسیستم‌ها است. این طوفان‌ها با افزایش میزان مواد مغذی خاک در مناطق رسوب‌گذاری و اقیانوس‌ها، حاصلخیزی و رشد فیتوپلانگتون‌ها را افزایش داده و با کاهش میزان تابش، رشد و عملکرد پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار داده و باعث شیوع بیماری‌های مختلف در بین جوامع بشری می‌شود (۹).

طوفان گرد و غبار پدیده اقلیمی است که برروی دیگر پارامترهای اقلیمی هم اثرات متعددی گذاشته و هم اثرات متعددی ار آنها می‌پذیرد. پژوهش‌های گذشته به بررسی همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و وقوع طوفان‌های گرد و غبار پرداخته و همبستگی‌های مثبت و منفی را گزارش کرده که برای مناطق مختلف جغرافیایی متفاوت است. با توجه به نتایج پژوهش‌های گذشته هدف این پژوهش بررسی رابطه بین پارامترهای اقلیمی (درجه حرارت، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد) و قدرت دید حاصل از وقوع طوفان‌های گرد و غبار است. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در یک دوره ۱۰ ساله به‌ترتیب مربوط به ایستگاه آبادان و مسجد سلیمان است. دلیل اصلی آن می‌تواند موقعیت جغرافیایی متفاوت دو ایستگاه باشد؛ چرا که ایستگاه آبادان در مسیر ورودی طوفان‌های با منشأ عراق و عربستان است درحالی‌که ایستگاه مسجد سلیمان حداکثر فاصله را با این دو کشور دارد. بنابراین می‌توان گفت طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان با حرکت از سمت غرب به شرق منشأ محلی پیدا می‌کنند. براساس نتایج میانگین سالانه، در یک دوره ده ساله کمترین و بیشترین نوسان مربوط به درجه حرارت، رطوبت نسبی و بارندگی است. میانگین حداکثر سرعت و جهت باد در این دوره به‌ترتیب ۲۲/۱۸ متر برثانیه و ۲۲۵ درجه است.

منابع مورد استفاده

۱. انصاری رنانی، م. ۱۳۹۰. تحلیل آماری- اقلیمی گرد و غبار استان زاهدان در فاصله زمانی (۱۹۸۶-۲۰۰۵). اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن. ۲۶-۲۸ بهمن‌ماه ۱۳۹۰. اهواز.

۲. جعفری، ر. ۱۳۹۰. اهمییت و طبیعت طوفان‌های گرد و غبار. مجله علمی، اجتماعی و اقتصادی جنگل و مراتع. شماره ۸۹.

۳. جلالی، م.، ح. بهرامی و ع. درویشی بلورانی. ۱۳۹۰. بررسی همبستگی بین پارامترهای اقلیمی با وقوع طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان. اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن. ۲۶-۲۸ بهمن‌ماه ۱۳۹۰. اهواز.

۴. عبدویس، س.، ف. ذاکری حسینی، م. نیری راد، و ن. ظهرابی. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر کاهش بارندگی بر فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار در استان خوزستان. اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن. ۲۶-۲۸ بهمن‌ماه۱۳۹۰. اهواز.

۵. عطایی، ه. و ف. احمدی. ۱۳۸۹. بررسی گرد و غبار به‌عنوان یکی از معضلات زیست‌محیطی جهان اسلام مطالعه موردی استان خوزستان. چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام. زاهدان۱۳۸۹.

۶. فرج‌زاده، م. و م. رازی. ۱۳۹۰. بررسی توزیع زمانی و مکانی طوفان‌ها و بادهای شدید در ایران. پژوهش‌های آبخیزداری. شماره ۹۱. ص ۲۳-۲۲.

۷. مارصفری، م.، م. ا. آسودار و س. کردی. ۱۳۹۰. عوامل ایجاد پدیده گرد و غبار و پیامدهای آن در بخش کشاورزی. اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن. ۲۶-۲۸ بهمن‌ماه ۱۳۹۰. اهواز.

۸. نوذر، م.، ک. توکلی و م. نصوری. ۱۳۹۰. بررسی خسارت اقتصادی خشکسالی کشاورزی و ریزگردها بر تولیدات گیاهی استان بوشهر. اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیان‌بار آن. ۲۶-۲۸ بهمن‌ماه ۱۳۹۰. اهواز.

9. Cao, J. Z., J. C. Shen and J. G. Chow. 2009. Seasonal variations and sources of mass and chemical composition for PM_{10} aerosol in Hangzhou. China. J .Particuol. 7: 161-168.

10. Li, N. and W. GU. 2004. Threshold value response of soil moisture to dust storms. Functioning and management. Cambridge universe- a case study of Midwestern of Inner Mongolia. Journal of Nat. Disast.13(1): 44-49.

11. Nastagdori, L. and D. Jugder. Y. Schung. 2002. Analysis of dust storms observed. Mongolia during 1937-1999. 12 p.

12. Yoshino, M. 2002. Climatology of yellow sand (Asian sand, Asian dust or Kosa) in East Asia. Science in china series dearth. Science 45. PP: 59-70.

13. Ziqiang, M. and Z. Quanxi. 2007. Damage effects of dust storm PM2.5 on DNA in Alveolar Macrophages and Lung cells of rates. Food and Chemical Toxicology. PP: 1363-1374.

14. www.amar.org.ir