

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

شهباز مهرابی\*، سعید سلطانی و رضا جعفری<sup>۱</sup>

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

### چکیده

از آنجا که اقلیم تأثیر بسزایی بر روی 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 به نظر می‌رسد دلیل اصلی، تفاوت ویژگی‌های اقلیمی منطقه رسوب‌گذاری و منطقه منشأ است. در حالی که 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. به طور کلی، نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از کشورهای عربی از قبیل عراق و عربستان سعودی، 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

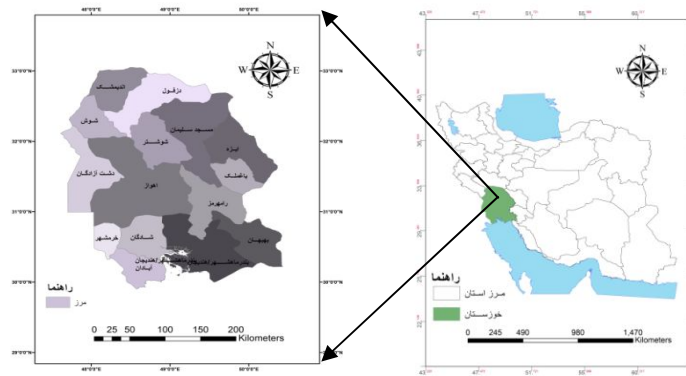
## مقدمه

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 ۰/۵ 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 صورت گرفته 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 بر این 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 قابل قبولی 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 علاوه بر 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



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. 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

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 به دلیل داشتن بیشترین نقش در ایجاد طوفان گرد و غبار از پنج ایستگاه هواشناسی سینوپتیک انتخاب گردید. پنج ایستگاه به گونه‌ای انتخاب شد که بتواند به‌طور کامل تمامی استان را پوشش دهد. جدول (۱) مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

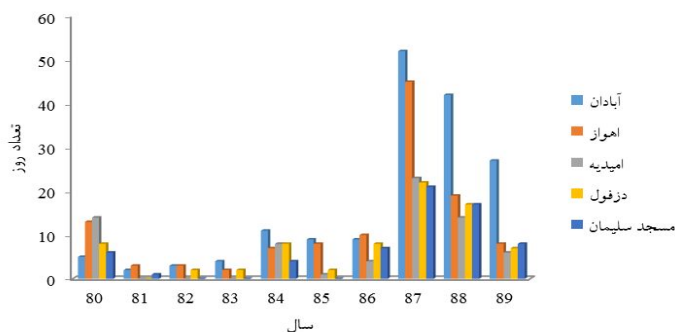
معکوس را به خود اختصاص داد (۱).

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 به ترتیب مربوط به



شکل ۲. تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در دوره ۱۰ ساله

### آنالیز داده‌های اقلیمی

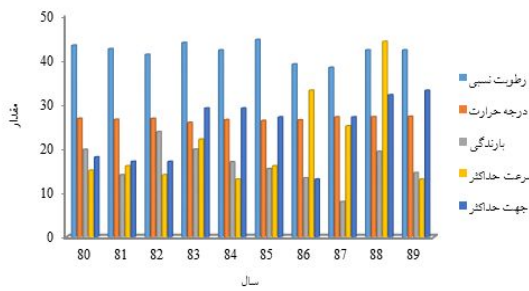
بعد از انتخاب ایستگاه و اخذ اطلاعات پارامترهای اقلیمی، ارتباط و روند سالیانه و فصلی بین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار و پنج پارامتر دما، رطوبت نسبی، بارندگی، سرعت و جهت حداکثر باد به دلیل این که مستعدترین شرایط برای بلند شدن ذرات گرد و غبار زمانی است که خاک خشک می‌شود (کاهش بارندگی و به دنبال 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. در نهایت با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی چند متغیر مدل‌های نهایی جهت محاسبه میزان قدرت دید ارائه شد.

### نتایج و بحث

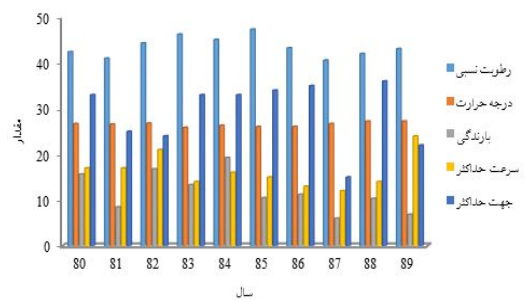
#### تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار

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 ۱۵ متر بر ثانیه و بیشتر برسد. در تمام ایستگاه‌ها تعداد روزهای همراه با طوفان از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۴ یک روند کاهشی را دنبال می‌کند، به طوری که در برخی ایستگاه‌ها مثل امیدیه تعداد روزهای طوفانی به صفر می‌رسد. از سال ۱۳۸۴ به بعد تعداد

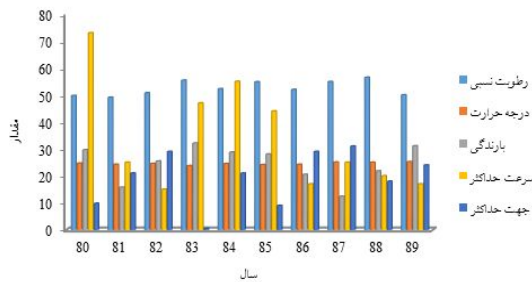
روزهای طوفانی افزایش چشمگیری پیدا می‌کند، به نحوی که در ایستگاه امیدیه این تعداد به ۱۰ روز می‌رسد. در سال ۱۳۸۵ تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه اهواز روند کاهشی را تجربه می‌کنند. از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ تعداد روزهای همراه با طوفان در سطح ایستگاه‌ها و به تبع در سطح کل استان به حداکثر مقدار خود می‌رسد، به طوری که 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 ۱۳۸۳ است 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 علاوه بر این که 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 فاصله 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.



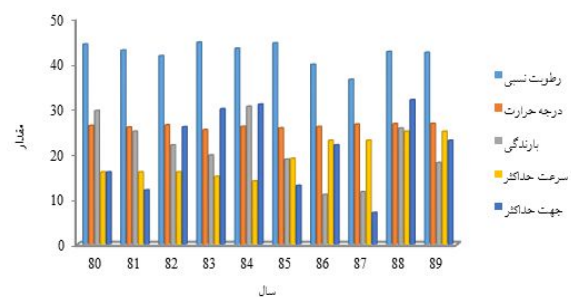
(ب. اهواز)



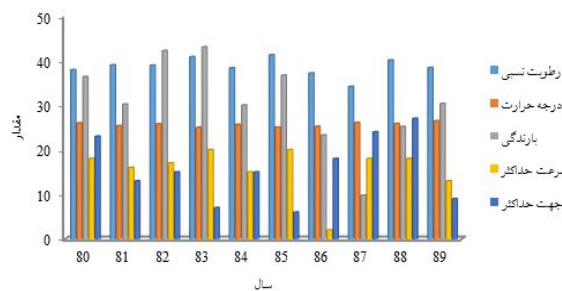
(الف. آبادان)



(د. دزفول)



(ج. امیدیه)



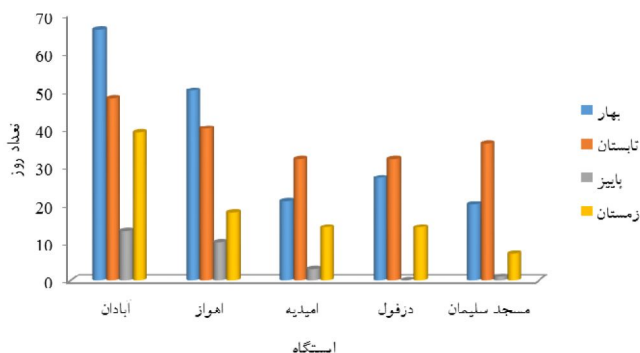
(ه. مسجد سلیمان)

شکل ۳. 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)

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

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، دزفول و مسجد سلیمان در یک دوره ۱۰ ساله نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود پارامتر رطوبت نسبی در طول



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

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 دهنده منشأ بودن کشور عراق و عربستان به طور مشترک است. به طور میانگین حداکثر سرعت باد برای شهرستان‌های آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجدسلیمان به ترتیب 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 گرد و 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، امیدیه ۲۳، دزفول ۲۵ و مسجد سلیمان ۱۸ متر بر ثانیه می‌رسد. لازم به ذکر است که اعداد جهت حداکثر بر ضریب کاشی ۱۰ تقسیم شده است.

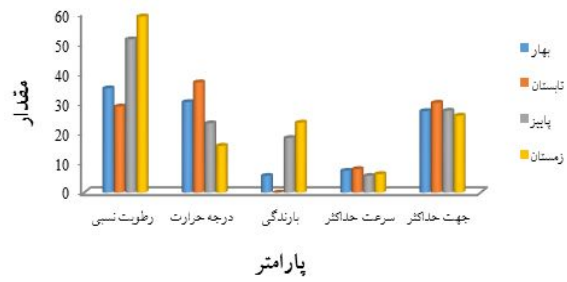
#### مجموع فصلی تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار

شکل ۴ مجموع فصلی تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار را به ترتیب 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

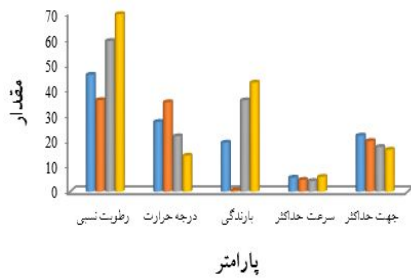
قابل ذکری را در طول ده سال بر روی پارامترهای درجه حرارت و رطوبت نسبی نشان نمی‌دهد. نهستگری و همکاران با بررسی و تحلیل طوفان‌های گرد و غبار ۱۹۳۷ تا ۱۹۹۷ مغولستان به این نتیجه رسیدند که ۶۱ درصد طوفان‌ها در فصل بهار رخ می‌دهد و در زمان وقوع این طوفان‌ها میزان رطوبت نسبی به ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد (۱۱). 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. نکته 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 می‌توان 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 به ترتیب ۲۹۰، ۲۴۲، ۲۱۲، ۱۹۳/۳ و ۱۵۷ درجه می‌باشد. همان‌طور که ارقام نشان می‌دهد



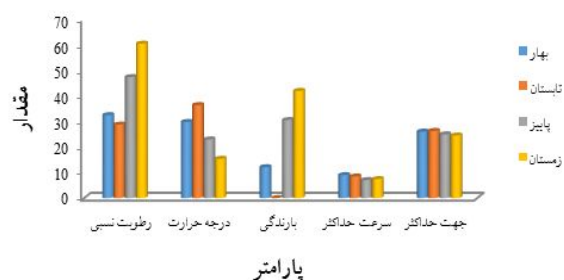
(ب. اهواز)



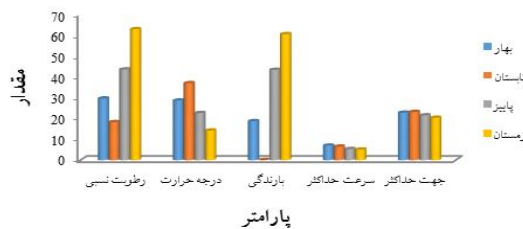
(الف. آبادان)



(د. دزفول)



(ج. امیدیه)



(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)

فصول بهار (۶۶)، بهار (۵۰)، تابستان (۳۲)، تابستان (۳۲) و (۳۲) و تابستان (۳۶) است و کمترین میزان برای تمامی ایستگاه‌ها مربوط به فصل پاییز است (به ترتیب پاییز (۱۳)، پاییز (۱۰)، پاییز (۳)، پاییز (۰) و پاییز (۱)).

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

شکل ۵ 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.

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 دهه اخیر بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار به ترتیب برای ایستگاه آبادان، اهواز، امیدیه، دزفول و مسجد سلیمان مربوط به

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 عمده 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 بر روی 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 عمده 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 قطع 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 ۱۶۴/۲۴ درجه 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 دامنه 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 می‌باشد. در فصل تابستان با بیشترین تعداد روزهای همراه با طوفان قطع وزش بین ۱۸۰ تا ۲۷۰ درجه است (جهت جنوب تا غرب). میانگین کلی برای تمام فصول ۲۵۴/۹۸ 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 دهنده 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 می‌باشد. نکته 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؛ به این صورت که ایستگاه‌هایی که فراوانی بالایی را از نظر وقوع طوفان‌ها دارند لزوماً میانگین سرعت بالایی ندارند (۶).

$$V = (-17/956 I_{rb}) + (16/241 I_{db}) + (14/530 p_{db}) + 613/530 \quad [1]$$

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  $t_{rb}$  با مقدار  $-2/597$  و بیشترین میزان همبستگی مثبت مربوط به میانگین درجه حرارت پنج روز قبل از طوفان یا  $t_{db}$  با مقدار  $2/613$  است. به‌طور کلی بر اساس خروجی مدل، پارامترهای زیر دارای همبستگی با قدرت دید می‌باشند:  $t_{rb}$ ،  $t_{db}$ ،  $a_{rb}$ ،  $a_{db}$ ،  $s_{rb}$  و  $s_{db}$ . بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه اهواز جهت محاسبه قدرت دید به‌صورت زیر است.

$$V = (-38/406 t_{rb}) + (41/807 t_{db}) + (-6/823 I_{rb}) + (7/859 I_{ra}) + (-1/227 a_{rb}) + (1/470 a_{ra}) + (1/912 a_{db}) + (18/471 s_{ra}) + (-170/407) \quad [2]$$

در ایستگاه دزفول ۱۰ مدل  $t_{rb}$ ،  $t_{db}$ ،  $a_{rb}$ ،  $a_{db}$ ،  $s_{rb}$  و  $s_{db}$  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  $s_{ra}$  با مقدار

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:

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

برای ایستگاه اهواز ۲، ۳ و ۵ روز قبل از طوفان

برای ایستگاه اهواز ۲، ۳ و ۵ روز بعد از طوفان

برای ایستگاه اهواز ۲، ۳ و ۵ روز قبل از طوفان

برای ایستگاه اهواز ۲، ۳ و ۵ روز بعد از طوفان

$$+ (890/400 p_{\Delta b}) + (-48/170 p_{\Delta a}) + (-3/203 a_{ra}) + (-48/201 s_{\Delta b}) + (82/866 s_{\Delta a}) + 1551/940$$

[۴]

در بین نه مدل خروجی در ایستگاه امیدیه بیشترین همبستگی معکوس معنادار مربوط به پارامتر  $t_{ra}$  یا میانگین رطوبت نسبی سه روز بعد از طوفان با مقدار  $-2/968$  و بیشترین همبستگی مستقیم معنادار مربوط به پارامتر  $p_{\Delta a}$  یا میانگین بارندگی پنج روز بعد از طوفان با مقدار  $2/732$  است. به طور کلی پارامترهای دارای همبستگی مستقیم و معکوس در ایستگاه امیدیه در یک دوره ۱۰ ساله عبارتند از:  $t_{\Delta b}$ ,  $t_{ra}$ ,  $t_{pa}$ ,  $t_{pb}$ ,  $p_{ra}$ ,  $p_{\Delta a}$ ,  $p_{\Delta b}$ ,  $p_{pb}$ . بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه امیدیه جهت محاسبه قدرت دید به صورت زیر است.

$$V = (60/974 t_{ra}) + (-71/499 t_{pa}) + (-16/350 t_{ra}) + (-3/520 t_{\Delta b}) + (-30/117 p_{ra}) + (51/076 p_{\Delta b}) + (17/210 p_{\Delta a}) + (1/255 a_{pb}) + (-1/151 a_{ra}) + 1605.855$$

[۵]

از آنجا که میزان فرسایش بادی تابعی از فرسایش بادی و فرسایش پذیری خاک است هر عامل که باعث افزایش فرسایش بادی و فرسایش پذیری شود می تواند عاملی باشد برای تشدید فرسایش بادی و به دنبال آن افزایش طوفان های گرد و غبار (۱). بنابراین در هر منطقه که خاک خشک و سرعت باد به حد آستانه برسد ذرات خاک بلند شده و در هوا معلق می شوند. بنابراین کمبود بارندگی موجب کاهش رطوبت خاک، افزایش فرسایش پذیری و حرکت آن می شود. حال هرچه که میزان بارندگی و به دنبال آن رطوبت کمتر باشد فراوانی طوفان ها افزایش می یابد. افزایش طوفان قدرت دید را کاهش می دهد. میزان قدرت دید ناشی از طوفان گرد و غبار به طور 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 می توان میزان قدرت دید را که شاخصه میزان شدت طوفان است را تعیین کرد. از طرفی به دلیل ارتباط بین پارامترهای فوق و فراوانی وقوع طوفان های گرد و غبار، هرچقدر که در یک ایستگاه هواشناسی تعداد پارامتر

$-3/598$  و بیشترین همبستگی مثبت مربوط به میانگین سرعت باد پنج روز بعد از طوفان یا  $s_{\Delta a}$  با مقدار  $3/894$  است. بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه دزفول جهت محاسبه قدرت دید به صورت زیر است:

معادله (۳):

$$V = (-640/120 t_{pb}) + (84/350 t_{pb}) + (-21/846 t_{ra}) + (-41/760 t_{pb}) + (-48/062 t_{ra}) + (48/769 t_{pb}) + (47/994 t_{ra}) + (-30/885 s_{pb}) + (-91/573 s_{ra}) + (185/172 s_{\Delta a}) + (186/922)$$

[۳]

در ایستگاه مسجد سلیمان ۱۶ مدل بیشتر از مقدار آماره  $t$  است. تعداد پارامترهای در این ایستگاه نسبت به ایستگاه های دیگر بیشتر است. در بین پارامترهای خروجی از مدل، پارامتر  $p_{ra}$  یا میانگین بارندگی سه روز بعد از طوفان بیشترین همبستگی معکوس و پارامتر  $p_{\Delta b}$  یا میانگین بارندگی پنج روز قبل از طوفان بیشترین همبستگی مستقیم را دارا می باشد. به طور کلی پارامترهای که دارای همبستگی معنادار معکوس و مستقیم هستند عبارتند از:  $t_{\Delta b}$ ,  $t_{ra}$ ,  $t_{pa}$ ,  $t_{pb}$ ,  $p_{ra}$ ,  $p_{\Delta a}$ ,  $p_{\Delta b}$ ,  $p_{pb}$ . با توجه به این که ایستگاه مسجد سلیمان نسبت به ایستگاه اهواز، آبادان و دزفول از منشأ فراملی طوفان ها دورتر است می توان گفت که تعداد پارامترهای زیاد با همبستگی معنادار نشان می دهد که طوفان های رخ داده در این ایستگاه بیشتر از سه ایستگاه دیگر دارای منشأ داخلی هستند. زیرا زمانی که تعداد پارامترهای با همبستگی معنی دار در ایستگاه منطقه رسوب گذاری زیادتر باشد نشانگر آن است که پارامترهای اقلیمی منطقه رسوب گذاری در ایجاد یا عدم ایجاد طوفان نقش دارند. در صورتی که هرچقدر تعداد پارامترهای با همبستگی معنادار کمتر باشد، نشانگر این واقعیت است که منطقه منشأ از منطقه رسوب گذاری فاصله بیشتری دارد. بنابراین مدل نهایی ارائه شده برای ایستگاه مسجد سلیمان جهت محاسبه قدرت دید به صورت زیر است.

$$V = (229/963 t_{pb}) + (-92/438 t_{ra}) + (-375/359 t_{pb}) + (175/761 t_{\Delta b}) + (54/945 t_{\Delta a}) + (-36/537 t_{ra}) + (-49/886 t_{pb}) + (82/494 t_{ra}) + (-2071/131 t_{pb}) + (1099/875 p_{pb}) + (-1519/189 p_{ra})$$

بیشتری با میزان قدرت دید ناشی از طوفان گرد و غبار همبستگی داشته باشند فاصله منشأ نزدیک تر است. پوشینو و همکاران بیان می کنند که دمای بالای هوا، بارندگی کم، پوشش گیاهی فقیر و سرعت زیاد باد شرایط مساعدی برای وقوع طوفان های گرد و غبار فراهم می کنند و بین این پارامترها و وقوع طوفان های گرد و غبار ارتباط وجود دارد و با بررسی شرایط محیطی و اقلیمی می توان به محلی یا منطقه ای بودن طوفان اشاره کرد (۱۲).

همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و وقوع طوفان های گرد و غبار پرداخته و همبستگی های مثبت و منفی را گزارش کرده که برای مناطق مختلف جغرافیایی متفاوت است. با توجه به نتایج پژوهش های 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 طوفان های گرد و غبار است. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و غبار در یک دوره ۱۰ ساله به ترتیب مربوط به ایستگاه آبادان و مسجد سلیمان است. دلیل اصلی آن می تواند موقعیت جغرافیایی متفاوت دو ایستگاه باشد؛ چرا که ایستگاه آبادان در مسیر ورودی طوفان های با منشأ عراق و عربستان است در حالی که ایستگاه مسجد سلیمان حداکثر فاصله را با این دو کشور دارد. بنابراین می توان گفت طوفان های گرد و غبار در استان خوزستان با حرکت از سمت غرب به شرق منشأ محلی پیدا می کنند. 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 به ترتیب ۲۲/۱۸ متر بر ثانیه و ۲۲۵ درجه است.

نتیجه گیری

طوفان های گرد و غبار به عنوان یکی از رایج ترین بلایای طبیعی قرن اخیر دارای اثرات متعدد مثبت و منفی بر روی اکوسیستم ها است. این طوفان ها با افزایش میزان مواد مغذی خاک در مناطق رسوب گذاری و اقیانوس ها، حاصلخیزی و رشد فیتوپلانکتون ها را افزایش داده و با کاهش میزان تابش، رشد و عملکرد پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار داده و باعث شیوع بیماری های مختلف در بین جوامع بشری می شود (۹).

طوفان گرد و غبار پدیده اقلیمی است که بر روی دیگر پارامترهای اقلیمی هم اثرات متعددی گذاشته و هم اثرات متعددی از آنها می پذیرد. پژوهش های گذشته به بررسی

## منابع مورد استفاده

۱. انصاری رنانی، م. ۱۳۹۰. تحلیل آماری- اقلیمی گرد و غبار استان زاهدان در فاصله زمانی (۱۹۸۶-۲۰۰۵). اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن. ۲۶-۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۰. اهواز.
۲. جعفری، ر. ۱۳۹۰. اهمیت و طبیعت طوفان های 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 طوفان های گرد و غبار در استان خوزستان. اولین کنگره بین المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن. ۲۶-۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۰. اهواز.
۴. عبدویس، س.، ف. ذاکری حسینی، م. نیری راد، و ن. ظهراپی. 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 بهمن ماه ۱۳۹۰. اهواز.
۵. عطایی، ه. و ف. احمدی. ۱۳۸۹. بررسی گرد و غبار به عنوان یکی از معضلات زیست محیطی جهان اسلام مطالعه موردی استان خوزستان. چهارمین کنگره بین المللی جغرافی دانان جهان اسلام. زاهدان ۱۳۸۹.

۶. فرج‌زاده، م. و م. رازی. ۱۳۹۰. بررسی توزیع زمانی و مکانی طوفان‌ها و بادهای شدید در ایران. پژوهش‌های آبخیزداری. شماره ۹۱. ص ۲۲-۲۳.
۷. مارصفری، م.، م. ا. آسودار و س. کردی. ۱۳۹۰. عوامل ایجاد پدیده گرد و غبار و پیامدهای آن در بخش کشاورزی. اولین کنگره بین‌المللی 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 بین‌المللی 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<sub>10</sub> 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 Midwest 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 PM<sub>2.5</sub> on DNA in Alveolar Macrophages and Lung cells of rates. *Food and Chemical Toxicology*. PP: 1363-1374.
14. [www.amar.org.ir](http://www.amar.org.ir)