



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی اراک

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و پنجم، شماره اول، ۱۳۹۷

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.14107.2883

## تحلیل آماری الگوی فضایی - زمانی طوفان گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران

سید عبدالحسین آرامی<sup>۱</sup>، \* مجید اونق<sup>۲</sup>، علی محمدیان بهبهانی<sup>۳</sup>، مهری اکبری<sup>۴</sup> و علیرضا زراسوندی<sup>۵</sup>  
<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستادیار گروه آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی، آستاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز  
تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۵

### چکیده

**سابقه و هدف:** وقوع طوفان‌های گردوغبار به‌عنوان یک خطر جهانی، همه‌ساله مشکلات و خسارت‌های مالی و جانی فراوانی را برای کشور به دنبال دارد. بنابراین، با توجه به شرایط توپوگرافیکی - اقلیمی ایران و افزایش چشمگیر فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار، بررسی و مطالعه برای کاهش اثرات زیانبار آن اجتناب‌ناپذیر است.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش طوفان‌های گردوغبار بر حسب فراوانی فضایی - زمانی برای ۲۵ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نواحی غرب و جنوب‌غربی ایران در طی دوره آماری ۲۲ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۶) ارزیابی گردید و داده‌ها به‌صورت روزانه طی ۸ دیده‌بانی در قالب کدهای ویژه‌ای با استفاده از روش‌های زمین‌آماري بررسی و تجزیه و تحلیل شده‌اند. میانگین وقوع طوفان‌های گردوغبار در ساعات‌های رخداد گردوغبار و میانگین ماهانه، سالیانه، دوره گرم و سرد با استفاده از نرم‌افزار R برای همه ایستگاه‌ها در طی دوره آماری مورد مطالعه محاسبه و نمودار آن‌ها ترسیم گردید. **یافته‌ها:** نتایج حاصل از بررسی سالیانه پدیده گردوغبار نشان می‌دهد که منطقه آبادان با میانگین فراوانی ۱۶ روز سال، بیش‌ترین تعداد روزها را در کل منطقه مورد مطالعه دارد و پس از آن منطقه بستان، سرپل‌ذهاب و اهواز بیش‌ترین فراوانی‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. ۶۳/۰۲ درصد از وقایع طوفان گردوغبار فرامحلی از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی و ۸۳/۴۷ درصد از وقایع طوفان گردوغبار محلی در ساعت ۳:۳۰ به وقت محلی اتفاق می‌افتند و بیش‌ترین فراوانی طوفان گردوغبار در ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کم‌ترین فراوانی در ماه نوامبر و دسامبر می‌باشد. همچنین درصد فراوانی طوفان‌های گردوغبار محلی و فرامحلی طی دوره آماری نشان داد که ۷۴/۹۴ درصد روزهای طوفان گردوغبار از منشأ فرامحلی و ۲۵/۰۶ درصد از منشأ محلی برخوردار بوده‌اند. میانگین فراوانی طوفان گردوغبار در دوره گرم سال در منطقه مورد مطالعه ۳۶ روز و در دوره سرد سال، ۲۲ روز می‌باشد. در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه اکثر روزهای گردوغباری مربوط به دوره گرم سال بوده است.

**نتیجه‌گیری:** هرچه یک موج گردوغباری از منشأ و یا کانون اولیه خود فاصله می‌گیرد از شدت و تداوم آن کاسته می‌شود. بنابراین می‌توان گفت چون منبع اولیه اکثریت پدیده‌های گردوغباری منطقه مورد مطالعه، مناطقی هم‌چون بیابان‌های عراق، عربستان، سوریه و شمال آفریقا می‌باشد بررسی الگوی فضایی نشان داد که طوفان‌های گردوغبار در

\* مسئول مکاتبه: [mownegh@yahoo.com](mailto:mownegh@yahoo.com)

امتداد شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه به صورت خطی افزایش می‌یابند در حالی که در امتداد غرب به شرق از تابع چندجمله‌ای درجه ۲ (منحنی با یک قوس) تبعیت می‌کنند که این امر نشان‌دهنده افزایش فراوانی طوفان گردوغبار در راستای حرکت از غرب به شرق و سپس کاهش فراوانی طوفان گردوغبار به سمت شرق منطقه مورد مطالعه می‌باشد. قرارگیری ارتفاعات زاگرس با امتداد شمال‌غربی- جنوب‌شرقی که خود همانند سدی جلوی عبور طوفان‌های گردوغبار وارده به این نواحی را گرفته و خروج این پدیده نیز به زمان بیش‌تری نسبت به بقیه مناطق را دارد.

**واژه‌های کلیدی:** طوفان گردوغبار، زمین‌آمار، تحلیل فضایی- زمانی، ایران

### مقدمه

انسانی شکل می‌گیرد؛ به طوری که فعالیت‌های انسانی سهم عمده‌ای در گردوغبار جوی دارند. این تغییر فراهم شده توسط انسان فاکتور بسیار مهمی در افزایش نگرانی بعضی نواحی منبع طوفان‌های گردوغبار است (۱۷). اساساً بروز پدیده گردوغبار، متأثر از هر دو سیستم زمین و اتمسفر می‌باشد. به طوری که دلایل اصلی وقوع آن سرعت باد بیش از آستانه، کمبود رطوبت و اراضی لخت بدون پوشش ذکر شده است (۱۶). وانگ و فانگ (۲۰۰۶) در پژوهشی انتشار و جابجایی گردوغبار را از نظر آماری و سینوپتیکی در آسیای شرقی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند سیستم‌های سینوپتیکی که به سمت مناطق بیابانی شمال آسیا می‌وزند، اگر در سطح زمین بادهای با سرعت بیش‌تر از ۶ متر بر ثانیه ایجاد کنند ممکن است باعث گسترش طوفان‌های گردوغبار می‌شوند (۲۱). طبق تعریف سازمان هواشناسی جهانی، روز همراه با طوفان گردوغبار به روزی اطلاق می‌شود که میزان دید در یک ایستگاه در اثر پدیده گردوغبار به زیر ۱۰۰۰ متر برسد (۱۲). شدت طوفان گردوغبار به وسیله بقای آن و کاهش دید تعیین می‌شود. نتایج مطالعات رومانف (۱۹۶۱) نشان می‌دهد که طوفان‌های گردوغبار در آسیای مرکزی و قزاقستان بیش‌تر در فصل‌های بهار و تابستان روی می‌دهند (۱۵). طوفان‌های گردوغبار روی منابع آب، اقتصاد، منطقه و معیشت مردم آثار زیانبار فراوانی دارند (۲). سو و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات زمانی و مکانی روزهای

یکی از انواع بلایای طبیعی که هر ساله سبب وارد آمدن آسیب‌های زیست‌محیطی و اجتماعی بسیاری در برخی کشورهای جهان به‌ویژه ایران می‌شود، طوفان گردوغبار است (۱۳). با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در منطقه نیمه‌خشک جهان و گسترش حدود ۵۰ درصد آن در منطقه خشک و بیابانی، همه‌ساله مشکلات و خسارت‌های مالی و جانی که این طوفان‌ها در زندگی مردم به بار می‌آورند، مشاهده می‌شود. طوفان‌های گردوغبار در اکثر اوقات نتیجه بادهای متلاطم می‌باشند که مقدار زیادی از گردوغبار را از سطوح بیابان انتشار می‌دهند و قابلیت دید را به کم‌تر از یک کیلومتر کاهش می‌دهند (۶). نتایج پژوهش گودی و میدلتون (۲۰۰۰) که با بهره‌گیری از داده‌های TOMS<sup>۱</sup> انجام شده است، بیانگر آن است که بیش‌ترین میزان وقوع طوفان‌های گردوغباری در خاورمیانه در طول تابستان و در محدوده ایران، پاکستان و خلیج فارس مشاهده می‌گردد (۵). زمان آغاز این طوفان‌ها ماه‌های آوریل و مه و بیشینه میزان وقوع آن‌ها نیز ماه‌های ژوئن و ژوئیه عنوان گردیده است (۷). غلظت گردوغبار در طوفان‌های شدید می‌تواند از ۶۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب تجاوز کند (۱۸). آمار نشان می‌دهد که فراوانی رخداد این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک به مراتب بیش‌تر می‌باشد (۱). این پدیده تحت‌تأثیر عوامل طبیعی و

1- Total Ozone Mapping Spectrometer

پرداختند. نتایج نشان داد که عمده طوفان‌ها در تمام طول سال از ساعت ۱۲ ظهر به بعد شکل می‌گیرد و عوامل محلی بیش‌تر در تشدید طوفان‌ها و عوامل ترمودینامیکی در شکل‌گیری و گسترش طوفان‌ها مؤثر هستند. در نتیجه با افزایش دما از اوایل بعدازظهر ناپایداری‌های محلی نیز تشدید می‌شود (۱۰). عطایی و احمدی (۲۰۱۰) وضعیت گردوغبار استان خوزستان را در دوره (۲۰۰۵-۲۰۰۱) بررسی کردند و نتیجه گرفتند که ایستگاه آبادان با ۲۹۱ روز کم‌ترین میزان گردوغبار و ایستگاه دزفول با ۴۳۹ روز بیش‌ترین میزان گردوغبار در استان خوزستان را دارا می‌باشند و ماه‌های دسامبر و ژانویه با کم‌ترین میزان گردوغبار و ماه‌های ژوئیه و مه با بیش‌ترین میزان گردوغبار در منطقه مطالعاتی شناخته شدند و همچنین به‌علت فرود ناشی از کم‌فشار دریای سیاه بر روی بیابان‌های غربی کشور به‌خصوص عراق شرایط ابرناکی همراه با گردوغبار را در منطقه مطالعاتی ایجاد نموده است چنان‌چه آمار روزانه ایستگاه اهواز میزان دید افقی را بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر نشان داده است (۳). بحیرایی و همکاران (۲۰۱۲) به تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گردوغبار در استان ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که در ایستگاه ایلام ماه مه با ۶۳ روز و دسامبر با یک روز، و در ایستگاه دهلران ماه ژوئیه با ۲۲ روز و دسامبر با ۷ روز به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین فراوانی گردوغبار مشاهده شد. در ایستگاه ایلام فصل بهار با ۴۵ درصد و در ایستگاه دهلران فصل تابستان با ۴۱ درصد بیش‌ترین توزیع فصلی گردوغبار را شامل می‌شوند. در ایستگاه ایلام بالاترین همبستگی مربوط به متغیر باد با ۸۹ درصد و در ایستگاه دهلران میانگین دما با ۹۲ درصد، بیش‌ترین همبستگی را با پدیده گردوغبار داشتند (۴). جوهری (۲۰۱۵) به بررسی و مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی گردوغبار منطقه جنوب‌غرب ایران با توجه به روش‌های زمین‌آمار پرداخت. در این پژوهش تغییرات گردوغبار را برای

غباری و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی از سال (۲۰۱۳-۱۹۶۱) در سه کلانشهر (پکن، نانجینگ و گوانگژو) را با استفاده از آزمون‌های آماری من‌کن‌دال و ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که فراوانی روزهای غباری در نانجینگ و گوانگژو به‌طور مداوم از سال ۱۹۶۱ در حال افزایش می‌باشد در حالی‌که روند افزایشی در پکن از سال ۲۰۰۰ آغاز شده است (۱۹). تواری و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای تغییرپذیری ذرات اتمسفری و اثرات پارامترهای هواشناسی بر غلظت ذرات اتمسفری را در دهلی هندوستان در دوره زمانی (۱ سپتامبر تا ۲۳ اوت ۲۰۱۲) مورد بررسی قرار دادند. برای مشاهده اثرات پارامترهای هواشناسی بر روی آئروسول‌ها از آنالیز رگرسیون بین  $PM_{10}$  و ارتفاع، سرعت باد، رطوبت نسبی و دید افقی استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که بین سرعت باد و  $PM_{10}$  همبستگی منفی (۰/۴۵-) وجود دارد که نشان‌دهنده غالبیت منابع محلی از ذرات ریز می‌باشد. همچنین تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که منبع اصلی ذرات  $PM_{10}$  (به‌خصوص ذرات درشت) بیابان تار<sup>۱</sup> و همچنین از مناطق جنوب‌غربی آسیا می‌باشد (۲۰). ذوالفقاری و عابدزاده (۲۰۰۵) طوفان‌های گردوغبار در غرب ایران را در یک دوره زمانی ۵ ساله (۱۹۸۷-۱۹۸۳) بررسی کردند و نتیجه گرفتند که ماه ژوئن در دوره آماری از نظر فراوانی روزهای گردوغباری و تعداد موج‌های هوای گردوغباری در رتبه نخست قرار دارد و ماه دسامبر فقط با ۲۷ روز در همین دوره کم‌ترین روزهای گردوغباری را تجربه کرده است. همچنین پرفشار آزور همراه با سامانه‌های مهاجر بادهای غربی، مهم‌ترین عوامل هم‌دید تأثیرگذار بر سامانه‌های گردوغبار منطقه به‌شمار می‌روند (۲۲). لشکری و کیخسروی (۲۰۰۸) به بررسی طوفان‌های گردوغبار و ماسه در یک دوره آماری ۱۳ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۳)

1- Thar

گرمایی بین ساعت ۱۵:۳۰ و ۱۸:۳۰ به وقت محلی بالاترین فراوانی را دارند. همچنین بررسی‌ها نشان داد که به‌طور متوسط ۱۲/۷ روز گردوغبار در هر سال رخ می‌دهد در حالی که موج طوفان‌های گردوغبار به‌طور متوسط در هر سال ۵/۱ ساعت اتفاق می‌افتد (۱۴). با توجه به شرایط توپوگرافیکی - اقلیمی ایران و افزایش چشمگیر فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در چند دهه اخیر در کشور به‌خصوص در نواحی غرب و جنوب‌غربی که مهم‌ترین بحران زیست‌محیطی آن بروز طوفان گردوغبار قلمداد شده است، بررسی و مطالعه این پدیده را به‌منظور مدیریت بهتر اثرات زیانبار آن اجتناب‌ناپذیر کرده است. از این‌رو این پژوهش در نواحی غرب و جنوب‌غربی ایران و با هدف بررسی فراوانی فضایی - زمانی طوفان‌های گردوغبار انجام شده است.

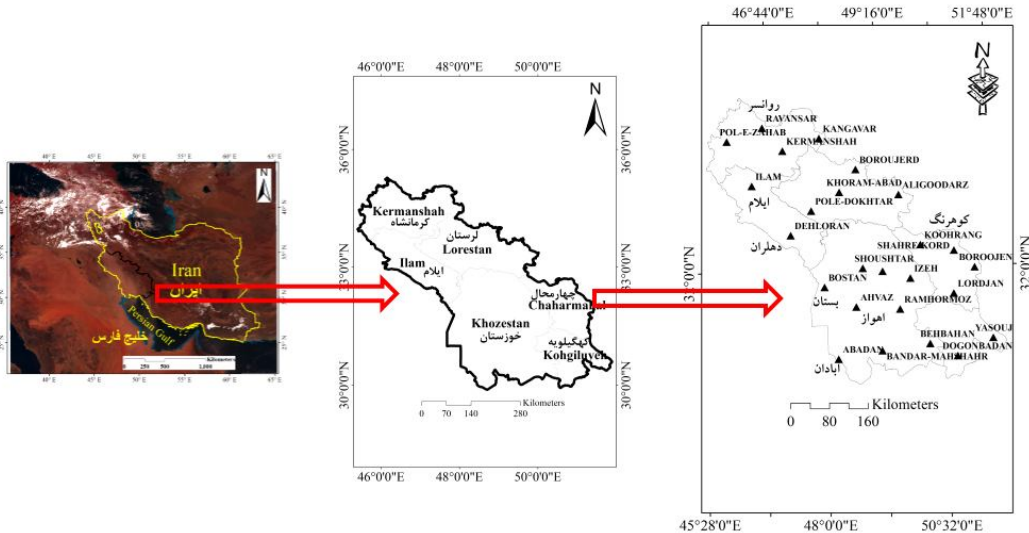
#### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه در این پژوهش دربرگیرنده نواحی غرب و جنوب‌غرب ایران است که شامل ۶ استان خوزستان، ایلام، کرمانشاه، لرستان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد که پدیده‌های خشکسالی، سیل و گردوغبار از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی این مناطق به‌شمار می‌روند. این منطقه در موقعیت جغرافیایی  $20^{\circ} 57' 29''$  تا  $29^{\circ} 05' 57''$  عرض شمالی و  $45^{\circ} 09' 21''$  تا  $51^{\circ} 05' 18''$  طول شرقی و مساحتی حدود  $168480$  کیلومتر مربع را در بر گرفته است و از شمال با استان‌های کردستان، همدان و مرکزی، از جنوب با استان بوشهر و خلیج فارس، از شرق با استان‌های اصفهان و فارس و از غرب با کشور عراق هم‌مرز است (شکل ۱). در این منطقه واحد مرتفع زاگرس و جلگه پست و کم ارتفاع خوزستان مهم‌ترین واحدهای توپوگرافی به‌شمار می‌روند. همچنین این منطقه از سمت غرب با بیابان‌های عراق

۱۵ ایستگاه سینوپتیک استان‌های خوزستان و ایلام مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. نتایج برازش مدل تابع انتقال نشان داد که مدل تابع انتقال برازش مناسب و موفقیت‌آمیزی در پیش‌بینی حداقل مطلق دید افقی داشته است. همچنین پراکنش الگوی فضایی نقشه خطر شدت گردوغبار دارای خوشه‌ای متوسط است و از نظم خاصی پیروی می‌کند (۸). خصوصاً نژاد و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی فراوانی پدیده گردوغبار در استان کهگیلویه و بویراحمد را طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۰ بررسی کردند، نتایج نشان داد که از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ یک روند افزایشی در وقوع روزهای توأم با گردوغبار دیده می‌شود. در ضمن در ایستگاه‌های یاسوج و سی‌سخت بیش‌ترین فراوانی گردوغبار در ماه مه به‌ترتیب ۷۷ و ۴۸ روز بوده است و در ایستگاه‌های دوگنبدان، دهدشت و لیکک در ماه‌های ژوئن به‌ترتیب ۷۴، ۶۵ و ۳۰ روز گزارش شده است (۹). راشکی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی برای اولین بار فعالیت گردوغبار در حوضه جازموریان را با هدف تحلیل سیر زمانی، فصلی، فراوانی و تداوم وقایع گردوغبار و طوفان‌های گردوغبار همراه با مسیرهای پیشرو و پسرو توده هوا بر اساس مشاهدات پنج ایستگاه هواشناسی محلی در طی دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۹۰ با کلاس‌بندی وقایع گردوغبار با دید افقی کم‌تر از ۱۰ کیلومتر و موج طوفان‌های گردوغبار با دید افقی کم‌تر از یک کیلومتر پرداختند. نتایج نشان داد که حداکثر وقایع گردوغبار در ماه‌های ژوئن و ژوئیه و حداقل آن در پاییز و زمستان اتفاق افتاده است در حالی که بیش‌ترین میزان موج طوفان گردوغبار در طی ماه‌های مارس و مه اتفاق افتاده است. همچنین نتایج نشان داد که هم وقایع گردوغبار و هم موج طوفان‌های گردوغبار به‌دلیل خشکسالی طولانی مدت در جنوب‌شرق ایران طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴ افزایش یافته است. علاوه بر این وقایع گردوغبار و موج طوفان‌های گردوغبار به‌دلیل همرفت

ارزش اقتصادی و سیاسی بوده، موقعیت مرزی استان‌های کرمانشاه، ایلام و خوزستان نشان‌دهنده اهمیت این منطقه می‌باشد.

و عربستان مجاورت دارد. تراکم بالای جمعیت، استخراج گاز و نفت، اراضی مختلف کشت محصولات کشاورزی، وجود منابع آب و جلگه خوزستان که از دیرباز به‌عنوان جلگه حاصلخیز دارای



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های سینوپتیک در ایران.

Figure 1. Geographical location of the under studied area and synoptic stations in Iran.

انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه: برای انجام این پژوهش، به جهت انتخاب ایستگاه‌های مطالعه شده پس از بررسی آمار دریافت شده از سازمان هواشناسی کشور تعداد ۲۵ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک که دارای کامل‌ترین و طولانی‌ترین دوره آماری بوده‌اند و با توجه به موقعیت آن‌ها برای یک دوره آماری مشترک ۲۲ ساله (۲۰۱۶-۱۹۹۵) به‌منظور انجام محاسبات و تهیه نمودارها، انتخاب شدند. چندین ایستگاه به‌دلیل کوتاه بودن طول آمار ثبت شده حذف شدند و در نهایت ۹ ایستگاه از استان خوزستان، ۲ ایستگاه از استان ایلام، ۴ ایستگاه از استان لرستان، ۴ ایستگاه از استان کرمانشاه، ۴ ایستگاه از استان چهارمحال و بختیاری و ۲ ایستگاه سینوپتیک از استان کهگیلویه و بویراحمد انتخاب شده است (جدول ۱).

تئوری و محاسبات: برای بررسی آب و هوا و اقلیم از آمار درازمدت ایستگاه‌های سازمان هواشناسی کشور (شهرهای مندرج در جدول ۱) استفاده شده است. از عوامل مؤثر بر اقلیم می‌توان به دما، بارندگی و رطوبت نسبی اشاره کرد. نقشه دما (به درجه سانتی‌گراد)، بارندگی (به میلی‌متر) و رطوبت نسبی (به درصد)، از روش درونیابی کریجینگ داده‌های ۲۲ ساله در ۵ طبقه تهیه گردید. نقشه پهنه‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش دومارتن بر اساس درونیابی ضرایب دومارتن محاسبه شده از اطلاعات بارش و دما تهیه گردیده است. وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه به شش نوع عمده فراخشک، خشک بیابانی، نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای معتدل و نیمه‌مرطوب تا بسیار مرطوب تقسیم‌بندی گردیده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه.

Table 1. Synoptic stations of the under studied area.

رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	ضریب دومارتن De Martonne coefficient	ارتفاع (متر) Height (m)	طول جغرافیایی (درجه دقیقه) Longitude (°')	عرض جغرافیایی (درجه دقیقه) Latitude (°')	ایستگاه Station	شماره Number
41.37	205.58	26.37	5.65	22.5	48 40	31 20	اهواز Ahvaz	1
37.72	608.62	23.61	18.11	767	49 52	31 51	ایذه Izeh	2
42.46	147.38	26.14	4.08	6.6	48 15	30 22	آبادان Abadan	3
43.92	193.17	24.95	5.53	7.8	48 00	31 43	بستان Bostan	4
45.91	187.46	25.9	5.22	6.2	49 09	30 33	ماهشهر Mahshahr	5
41.53	325.15	24.99	9.29	313	50 14	30 36	بهبهان Behbahan	6
35.13	284.9	27.9	7.52	150.5	49 36	31 16	رامهرمز Ramhormoz	7
36.72	295.4	28.03	7.76	67	48 50	32 3	شوشتر Shushtar	8
38.72	384.17	25.71	10.76	320.5	47 17	31 56	مسجدسلیمان Masjed-Soleyman	9
43.8	485.46	15.4	19.11	1379.7	46 39	34 43	روانسر Ravansar	10
46.63	385.78	20.4	12.69	545	45 52	34 27	سرپل ذهاب Pol-E-Zahab	11
42.41	381.1	15.88	14.73	1318.6	47 09	34 21	کرمانشاه Kermanshah	12
51.69	368.91	13.41	15.76	1468	47 59	34 30	کنگاور Kangavar	13
40.48	521.47	16.99	19.32	1337	46 26	33 38	ایلام Ilam	14
36.91	264.8	26.85	7.19	232	47 16	32 41	دهلران Dehloran	15
41.19	387.81	12.99	16.87	2022	49 42	34 24	الیگودرز Aligoodarz	16
41.55	442.94	15.08	17.66	1629	48 45	33 55	بروجرد Boroujerd	17
35.2	350.48	23.26	10.54	713.5	47 43	33 9	پلدختر Poledokhtar	18
43.57	449.95	17.22	16.53	1147.8	48 17	33 26	خرم آباد Khoramabad	19
36.8	251.61	12.24	11.31	2260	51 18	31 59	بروجن Boroojen	20
45.53	318.62	11.68	14.7	2048.9	50 51	32 17	شهرکرد Shahrekord	21
44.21	1277.34	10.05	63.71	2285	50 07	32 26	کوهرنگ Koohrang	22
42.35	543.74	16.18	20.77	1580	50 49	31 31	لردگان Lordegan	23
39.15	441.18	23.13	13.32	726	50 49	30 20	دوگنبدان Dogonbadan	24
42.38	785.63	15.08	31.32	1816.3	51 33	31 41	ياسوج Yasouj	25

تحلیل ساعتی، شبانه روزی و ماهانه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار: وقتی که میزان رطوبت خاک به کمترین مقدار می‌رسد، پتانسیل جابجایی گردوغبار به بیشترین مقدار خود می‌رسد. بنابراین طوفان‌های گردوغبار در ساعات معینی از روز رخ می‌دهند. میانگین وقوع طوفان‌های گردوغبار در ساعت‌های رخداد گردوغبار (گرینویچ) و میانگین ماهانه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار با استفاده از نرم‌افزار R نسخه (۳.۴.۱) برای همه ایستگاه‌ها در طی دوره آماری مورد مطالعه محاسبه و نمودار آن‌ها ترسیم گردید.

میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در ماه با بیشترین فراوانی رخداد: میانگین ماهانه روزهای همراه با طوفان گردوغبار طی دوره آماری مورد مطالعه محاسبه شده است. سپس ماهی که بیشترین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار را دارد انتخاب و به صورت موردی مورد مطالعه قرار گرفت.

بررسی روزهای همراه با طوفان گردوغبار: روزهای همراه با طوفان گردوغبار فرامحلی (کد: ۰۶) و محلی (کد: ۰۷) برای همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در ۳ طبقه تعیین شده است. برای بررسی سالانه طوفان‌های گردوغبار فرامحلی و محلی، میانگین سالانه برای دوره آماری مورد مطالعه بررسی و نمودار آن ترسیم گردید. همچنین نسبت و درصد روزهای همراه با طوفان گردوغبار با منشأ محلی و فرامحلی نسبت به کل روزهای طوفانی محاسبه شد.

برای بررسی روزهای همراه با طوفان گردوغبار در دوره گرم سال (ماه‌های میلادی آوریل، مه، ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر)، میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در این دوره محاسبه و نمودار آن ترسیم شد. برای بررسی روزهای همراه با طوفان گردوغبار در دوره سرد سال (ماه‌های میلادی ژانویه،

برای رسم گل‌باد ایستگاه‌های مورد مطالعه از نرم‌افزار R استفاده گردید. ابتدا داده‌های باد همه ایستگاه‌های سینوپتیک که به صورت هر سه ساعت (ساعت‌های ۲۱، ۱۸، ۱۵، ۱۲، ۹، ۶، ۳، ۰ در هر روز) یک بار ثبت می‌شود، در دوره‌ای ۲۲ ساله از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری گردید. در مرحله بعد داده‌ها به فرمت مورد نیاز تبدیل و وارد نرم‌افزار R گردید. برای بررسی الگوی فضایی در داده‌ها، فراوانی و میانگین طوفان گردوغبار به صورت سالانه و ماهانه در خصوص طول و عرض جغرافیایی در محیط AracGIS نسخه ۱۰.۴.۱ بررسی شدند.

داده‌ها و منابع آن‌ها: در این مطالعه از داده‌های سازمان هواشناسی کشور به منظور شناسایی اولیه طوفان‌های گردوغبار رخ داده در نواحی غرب و جنوب غرب ایران استفاده شده است. برای این منظور داده‌های آماری گردوغبار به صورت روزانه طی ۸ دیده‌بانی در قالب کدهای ویژه‌ای در نواحی مورد مطالعه (جدول ۲) پردازش و تحلیل شدند.

آمار توصیفی ایستگاه‌های مورد مطالعه: کدهای هواشناسی مورد استفاده برای تعیین روزهای طوفان گردوغبار در تحلیل آماری شامل کدهای (۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷) است.

با توجه به اهمیتی که قابلیت دید در تعیین شدت طوفان‌های گردوغبار دارد، به عنوان عامل اصلی در تعیین طوفان‌های گردوغبار به شمار می‌رود. بنابراین در این پژوهش از دو فاکتور پدیده جوی و قابلیت دید به عنوان دو عامل تعیین‌کننده روزهای همراه با طوفان گردوغبار استفاده شده است. در ادامه از بین روزهای همراه با طوفان گردوغبار با توجه به میزان دید افقی در این پدیده‌های جوی، داده‌ها به سه دسته فاصله دید افقی ۲۰۰ و کمتر، دید بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر و دید بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر تقسیم‌بندی و مورد بررسی قرار گرفتند.

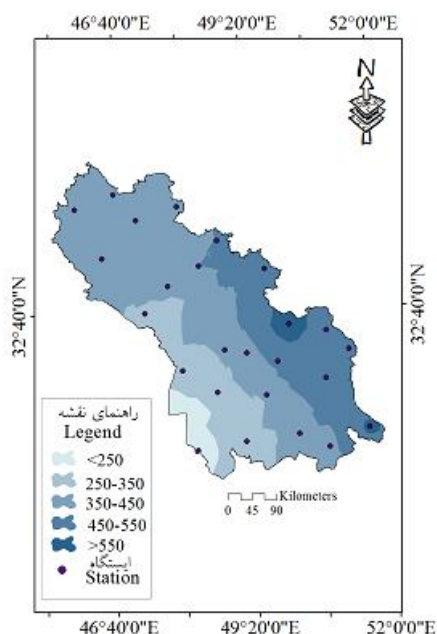
نشان داده شده است. در منطقه مورد مطالعه پهنه‌های اقلیمی تهیه شده با روش دومارتن (ضریب دومارتن) شامل شش تیپ اقلیمی است که با استفاده از درون‌یابی زمین‌آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه در دوره آماری ۲۲ ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۶) تهیه گردید. بیش‌ترین درصد مساحت مربوط به تیپ اقلیمی مدیترانه‌ای معتدل (۲۳/۶۱ درصد) و کم‌ترین نیز مربوط به اقلیم بسیار مرطوب با ۱۰/۱۱ درصد می‌باشد که در شکل ۵ آمده است. شرایط مربوط به تخمین‌های صورت گرفته توسط روش کریجینگ شامل نوع مدل برازش یافته، دامنه تأثیر، اثر قطعه‌ای و ... در جدول ۲ نشان داده شده است.

فوریه، مارس، اکتبر، نوامبر و دسامبر)، میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار نیز در این دوره محاسبه و نمودار آن ترسیم شد.

پس از استخراج آمار روزهای همراه با طوفان گردوغبار، تمام موج‌های گردوغباری به تفکیک ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه، بر اساس تداوم روزانه آن‌ها در ایستگاه مربوطه، به دوره‌های تداوم ۱ الی ۶ روزه به تفکیک سال‌های آماری مورد مطالعه، شناسایی و ثبت گردیدند.

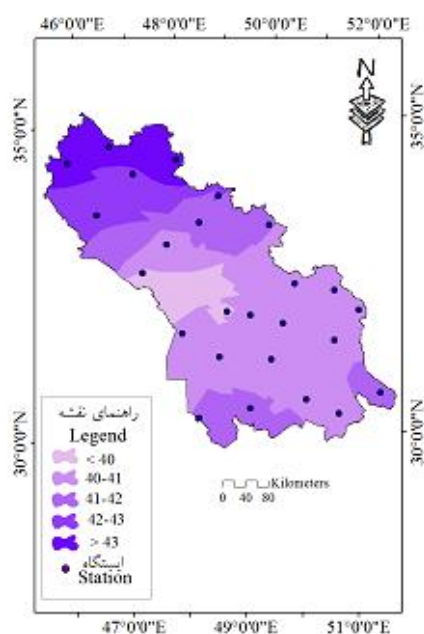
### نتایج و بحث

**پهنه‌بندی اقلیمی منطقه مورد مطالعه:** نقشه میزان دما، بارندگی و رطوبت نسبی از روش درون‌یابی کریجینگ داده‌های ۲۲ ساله در شکل‌های (۲ تا ۴)



شکل ۳- نقشه بارندگی منطقه مورد مطالعه.

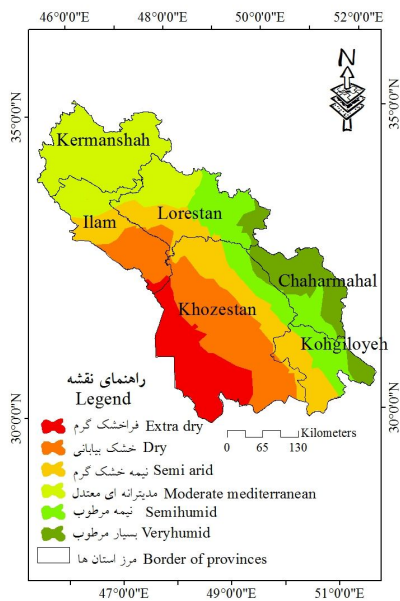
Figure 3. Precipitation map of the under studied area.



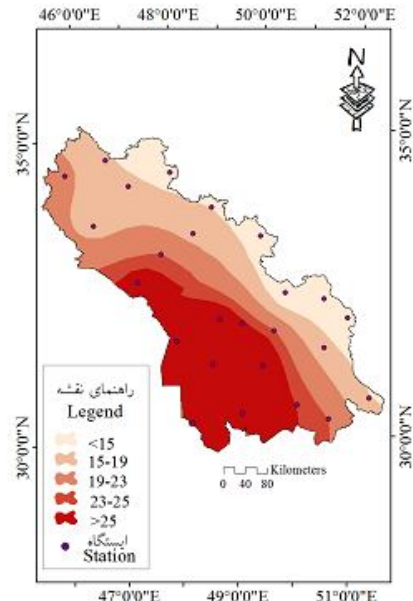
شکل ۲- نقشه رطوبت نسبی منطقه مورد مطالعه.

Figure 2. Relative Humidity map of the under studied area.





شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی اقلیم منطقه مورد مطالعه.  
Figure 5. Climatic zoning in the under studied area.



شکل ۴- نقشه دمای منطقه مورد مطالعه.  
Figure 4. Temperature map of the under studied area.

جدول ۲- نتایج برازش مدل به تغییرنگارهای تجربی داده‌ها.

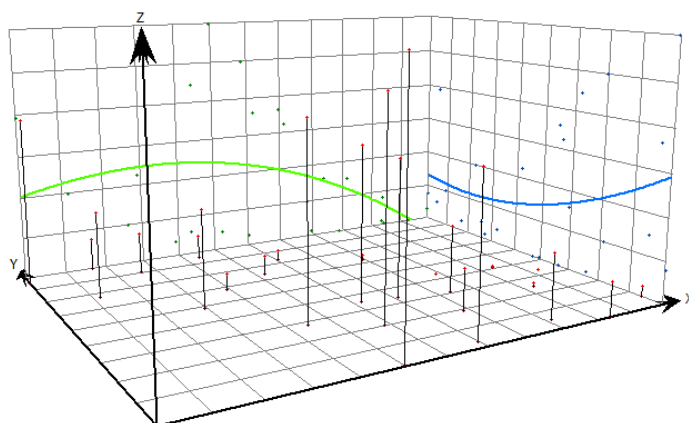
Table 2. The result of model fitting to experimental variogram.

RMSSE	RMSE	ME	اثر قطعه‌ای Nugget	دامنه Range	آستانه Partial sill	مدل Model	پارامتر parameter
1.18	10.34	-0.232	0.157	1.788	0.617	گوسی Gaussian	اقلیم Climate
1.31	2.86	-1.102	0	7.206	1.161	دایره‌ای Circular	دما Temperature
0.9231	206.806	-2.493	0	1.575	1.038	نمایی Exponential	بارندگی Precipitation
1.0249	3.888	-0.136	0.817	1.575	0.182	گوسی Gaussian	رطوبت نسبی Relative humidity

داده شده است، طوفان گردوغبار از شمال به جنوب (خط آبی) افزایش و از غرب به شرق (خط سبز) نیز ابتدا افزایش و دوباره کاهش می‌یابد.

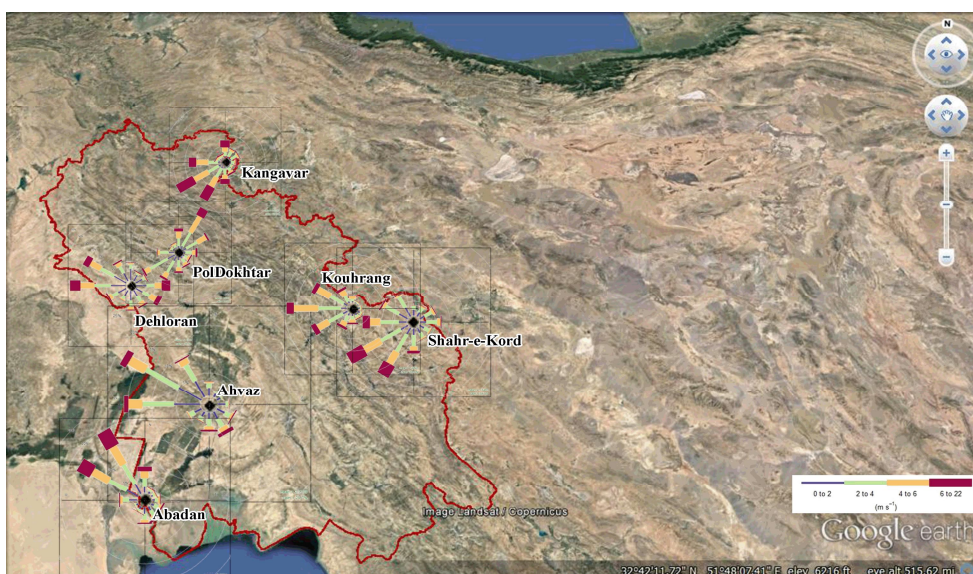
**گل‌باد ایستگاه‌های مورد مطالعه:** گل‌باد برخی ایستگاه‌های مورد مطالعه برای یک دوره آماری ۲۲ ساله در شکل ۷ نشان داده شده است.

الگوی فضایی طوفان گردوغبار در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از فراوانی و میانگین طوفان گردوغبار به صورت سالانه و ماهانه بررسی شد که به علت تشابه نمودارها، تنها میانگین سالانه ایستگاه‌ها آورده شده است. با توجه به ثابت بودن الگوی فضایی در داده‌ها (ماهانه، فصلی و سالانه) می‌توان نتیجه گرفت که منابع ورود طوفان گردوغبار به منطقه مورد مطالعه ثابت می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۶ نشان



شکل ۶- الگوی فضایی طوفان‌های گردوغبار در راستای طول (X) و عرض (Y) جغرافیایی.

Figure 6. Spatial pattern of dust storms in along the latitude and longitude geographic coordinates.

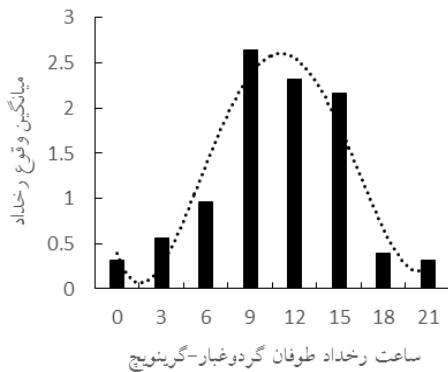


شکل ۷- نقشه جغرافیای منطقه مورد مطالعه که با رنگ قرمز نشان داده شد. همچنین گلباد برخی ایستگاه‌های هواشناسی طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۱۶ ترسیم شده است.

Figure 7. Geographic map of the under studied area which is defined by red. The wind roses at some meteorological stations during the period of 1995-2016 are also plotted.

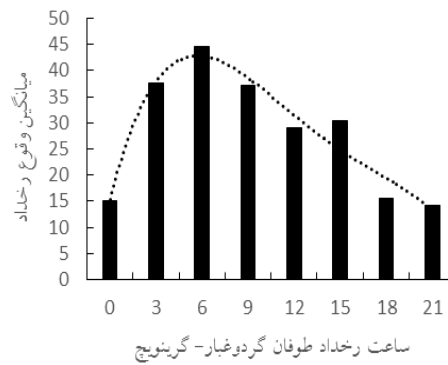
تحلیل ساعتی، شبانه روزی و ماهانه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار: تحلیل ساعتی طوفان گردوغبار در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار با کد (۰۶) در ساعت ۰۶ گرینویچ (۹:۳۰ محلی) و کمترین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار در ساعت صفر گرینویچ (۳:۳۰ محلی) می‌باشد و حدود ۸۳/۴۷ درصد از وقایع طوفان گردوغباری از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی اتفاق می‌افتند (شکل ۹).

۱۸:۳۰ به وقت محلی اتفاق می‌افتند (شکل ۸). همچنین تحلیل ساعتی طوفان گردوغبار با کد (۰۷) نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار در ساعت ۰۹ گرینویچ (۱۲:۳۰ محلی) و کمترین فراوانی وقوع طوفان گردوغبار در ساعت صفر گرینویچ (۳:۳۰ محلی) می‌باشد و حدود ۸۳/۴۷ درصد از وقایع طوفان گردوغباری از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی اتفاق می‌افتند (شکل ۹).



شکل ۹- نمودار فراوانی رخداد طوفان گردوغبار (کد ۰۷) در ساعت‌های گرینویچ.

Figure 9. Frequency of dust storm events (code 07) at GMT.

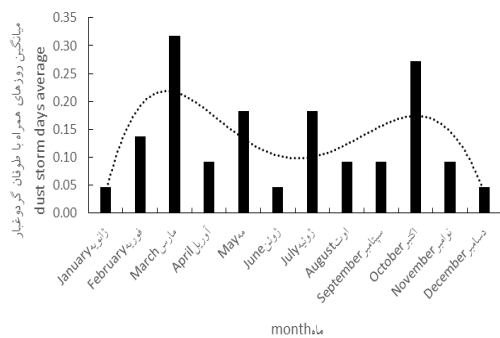


شکل ۸- نمودار فراوانی رخداد طوفان گردوغبار (کد ۰۶) در ساعت‌های گرینویچ.

Figure 8. Frequency of dust storm events (code 06) at GMT.

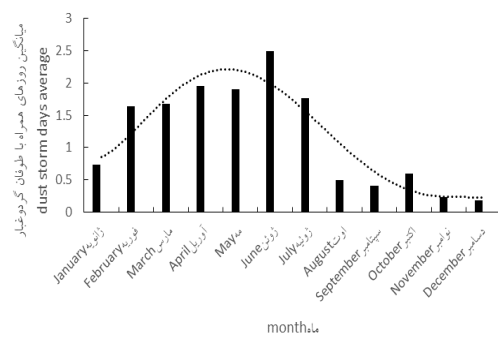
ماه دسامبر به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد. کم‌ترین تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار در ماه دسامبر با میانگین ۰/۱۸ روز اتفاق می‌افتد. همچنین میانگین ماهانه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار (کد ۰۷) نشان دهنده ماه مارس از تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار بیشتر است. کم‌ترین تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار در ماه دسامبر با میانگین ۰/۰۵ روز اتفاق می‌افتد (شکل ۱۱).

میانگین ماهانه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار (کد ۰۶) در شکل (۱۰) نشان داده شده است. ماه ژوئن با میانگین ۲/۵ روز از تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار بیشتری نسبت به بقیه ماه‌های سال برخوردار می‌باشد. با شروع ماه گرم سال به تدریج بر تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار افزوده می‌شود و سرانجام در ماه ژوئن به حداکثر مقدار خود می‌رسد. از ماه ژوئیه به بعد از تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار کاسته شده و در



شکل ۱۱- نمودار میانگین ماهانه روزهای همراه با طوفان گردوغبار (کد ۰۷) طی دوره آماری.

Figure 11. Monthly average of dust storm days (code 07) (1995-2016).



شکل ۱۰- نمودار میانگین ماهانه روزهای همراه با طوفان گردوغبار (کد ۰۶) طی دوره آماری.

Figure 10. Monthly average of dust storm days (code 06) (1995-2016).

نوامبر و دسامبر و بیش‌ترین مربوط به ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کم‌ترین درصد وقوع ساعتی در ساعت (۱۸) و ۲۱ به وقت گرینویچ) و بیش‌ترین در ساعت (۳) و ۶ به وقت گرینویچ) می‌باشد.

درصد وقوع گردوغبار ساعتی و ماهانه ایستگاه منتخب اهواز: درصد وقوع ساعتی و ماهانه طوفان گردوغبار (کد ۰۶) در ایستگاه منتخب اهواز برای یک دوره آماری ۲۲ ساله در جدول ۳ آمده است. کم‌ترین درصد وقوع طوفان گردوغبار ماهانه مربوط به ماه‌های

جدول ۳- وقوع ساعتی و ماهانه رخداد‌های طوفان گردوغباری در ایستگاه منتخب اهواز (۱۹۹۵-۲۰۱۶).

Table 3. Hourly and monthly occurrence of dust storm events in Ahvaz Station (1995-2016).

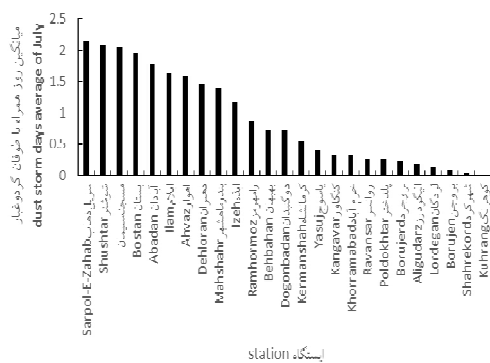
ساعت (Hours)	ژانویه (January)	فوریه (February)	مارس (March)	آوریل (April)	مه (May)	ژوئن (June)	ژوئیه (July)	اوت (August)	سپتامبر (September)	اکتبر (October)	نوامبر (November)	دسامبر (December)	معنی‌داری (Significant)
0	%1	%5	%5	%3	%8	%10	%11	%1	%2	%1	%1	%1	0.01*
3	%2	%6	%12	%5	%14	%25	%18	%4	%6	%5	%1	%1	0.01*
6	%4	%11	%14	%7	%13	%19	%20	%6	%4	%7	%1	%2	0.01*
9	%8	%13	%10	%8	%7	%9	%16	%4	%3	%3	%1	%0	0.01*
12	%5	%12	%4	%3	%4	%3	%11	%2	%3	%5	%2	%2	0.01*
15	%5	%11	%5	%2	%2	%4	%7	%1	%1	%3	%0	%1	0.01*
18	%3	%3	%4	%2	%2	%6	%4	%4	%1	%0	%0	%0	0.01*
21	%2	%2	%4	%1	%4	%5	%11	%1	%4	%0	%0	%0	0.01*

راهنمای جدول ۳- توصیف شدت طوفان گردوغبار در ساعت و ماه در ایستگاه اهواز.

Guide table 3. Describe of dust storm severity in the hour and month in Ahvaz station.

7	6	5	4	3	2	1	شماره Number
>16	14-16	12-13	8-11	6-7	1-5	0	مقدار محدوده (درصد) Value range (%)
طوفان گردوغبار بسیار شدید (Severe dust storm)	طوفان گردوغبار شدید (Heavy dust storm)	طوفان گردوغبار متوسط (Moderate dust storm)	طوفان گردوغبار نزدیک به متوسط (Near moderate dust storm)	طوفان گردوغبار کم (Light dust storm)	طوفان گردوغبار بسیار کم (Very light dust storm)	بدون طوفان گردوغبار (No dust storm)	توصیف شدت Describe of severity

بررسی، ایستگاه آبادان با میانگین ۲/۵ روز بیش‌ترین و ایستگاه‌های بروجن و شهرکرد بدون روز همراه با طوفان گردوغبار بوده است. همچنین در ماه ژوئیه ایستگاه سرپل‌ذهاب با میانگین ۲/۱۷ روز بیش‌ترین و ایستگاه کوهرنگ بدون روز همراه با طوفان گردوغبار بوده است.

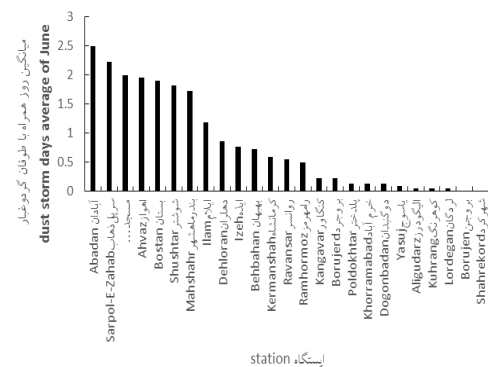


شکل ۱۳- نمودار میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار ماه ژوئیه در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۱۹۹۵-۲۰۱۶).

Figure 13. Dust storm days average of July (1995-2016).

متر و کم‌تر، طبقه متوسط دید افقی ۲۰۰-۵۰۰ متر و طبقه خفیف دید افقی ۱۰۰۰-۵۰۰ متر را شامل می‌شود که در این‌جا نتایج ایستگاه اهواز آورده شده است (جدول ۸).

میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در ماه‌های ژوئن و ژوئیه: با توجه به فراوانی حداکثری طوفان گردوغبار ماه ژوئن و ژوئیه در محدوده مورد مطالعه، نمودار میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار برای این ماه‌ها در طی دوره آماری برای همه ایستگاه‌ها در شکل‌های (۱۲ و ۱۳) نشان داده شده است. در ماه ژوئن از میان ایستگاه‌های مورد



شکل ۱۲- نمودار میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار ماه ژوئن در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری (۱۹۹۵-۲۰۱۶).

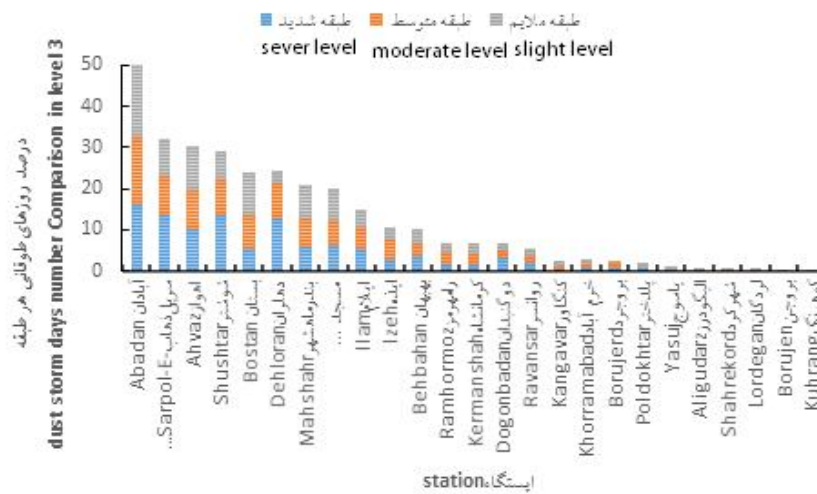
Figure 12. Dust storm days average of June (1995-2016).

بررسی طوفان‌های گردوغبار فرامحلی (کد ۰۶) و محلی (۰۷) در سه طبقه تعریف شده: تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار (کدهای ۰۶ و ۰۷) به تفکیک سه طبقه تعریف شده برای همه ایستگاه‌های مورد مطالعه بررسی شدند. طبقه شدید دید افقی ۲۰۰

جدول ۴- تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار فرامحلی و محلی ایستگاه منتخب اهواز طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۹۵.

Table 4. Number of local and non-local dust storms in Ahvaz station (1995-2016).

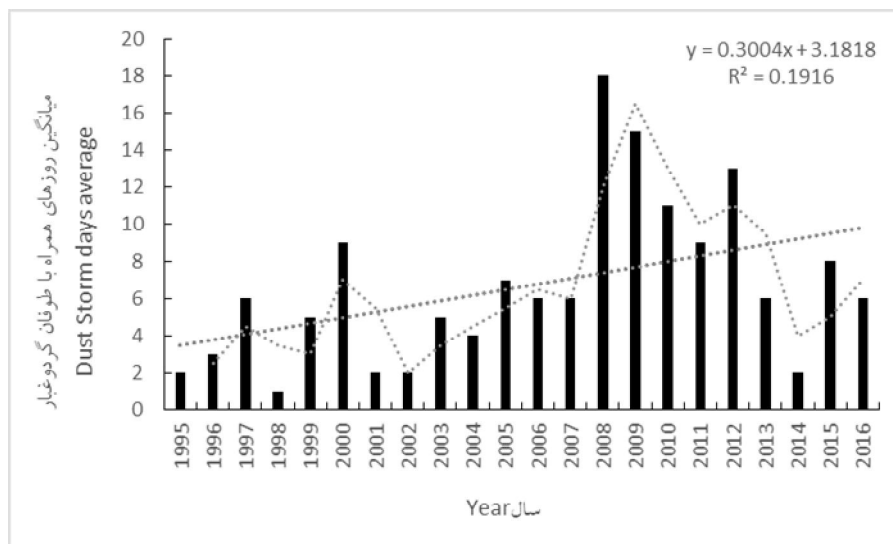
جمع کل (Total)	07				06				منشأ (source)
	جمع (Total)	خفیف (Slight)	متوسط (Moderate)	شدید (Severe)	جمع (Total)	خفیف (Slight)	متوسط (Moderate)	شدید (Severe)	طبقه (level)
									سال (year)
1	0	0	0	0	1	1	0	0	1995
1	0	0	0	0	1	1	0	0	1996
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1997
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1998
9	6	4	2	0	3	3	0	0	1999
28	3	0	3	0	25	16	8	1	2000
5	1	1	0	0	4	3	1	0	2001
4	0	0	0	0	4	2	1	1	2002
20	5	2	3	0	15	10	2	3	2003
10	4	1	1	2	6	4	1	1	2004
23	5	4	1	0	18	11	5	2	2005
11	2	2	0	0	9	8	1	0	2006
19	4	3	1	0	15	11	3	1	2007
66	9	6	1	2	57	36	14	7	2008
35	0	0	0	0	35	23	11	1	2009
22	0	0	0	0	22	17	2	3	2010
23	1	1	0	0	22	16	5	1	2011
31	3	2	0	1	28	19	6	3	2012
9	3	2	1	0	6	5	1	0	2013
5	2	2	0	0	3	3	0	0	2014
24	6	1	1	4	18	11	3	4	2015
16	6	4	2	0	10	8	2	0	2016



شکل ۱۴- نمودار مقایسه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار در ۳ طبقه شدید، متوسط و ملایم در ایستگاه‌های مورد مطالعه.  
Figure 14. Dust storm days number Comparison in level 3 of severe, moderate and light at the under-studied stations.

تغییرات سالانه روزهای همراه با طوفان گردوغبار: در منطقه مورد مطالعه در طی دوره ۲۲ ساله، سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ با میانگین سالانه به ترتیب ۱۸ و ۱۴/۳۷ روز همراه با گردوغبار دارای بیش‌ترین تعداد روزهای گردوغباری و سال ۱۹۹۸ با میانگین سالانه یک روز، کم‌ترین تعداد روز همراه با طوفان گردوغبار را شامل شده است. میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در دوره آماری مورد مطالعه ۶/۶۴ روز بوده است که نوسان روزهای همراه با طوفان گردوغبار در طی سال‌های مختلف در شکل ۱۵ نشان داده شده است.

طی دوره ۲۲ ساله مورد بررسی در طبقه گردوغبار با شدت زیاد، ایستگاه آبادان با ۱۵/۹۸ درصد روز همراه با طوفان گردوغبار بیش‌ترین فراوانی را دارد و بعد از آن ایستگاه‌های شوشتر و سرپل‌ذهاب به ترتیب ۱۳/۸۲ و ۱۳/۵۵ درصد قرار دارند. در طبقه با شدت متوسط ایستگاه آبادان با ۱۶/۳۷ درصد روز همراه با طوفان گردوغبار بیش‌ترین فراوانی را دارد و بعد از آن ایستگاه‌های سرپل‌ذهاب و اهواز به ترتیب ۹/۷۱ و ۹/۵۹ درصد قرار دارند. در طبقه گردوغبار با شدت ملایم نیز ایستگاه آبادان با ۱۹/۸۹ درصد بیش‌ترین فراوانی را دارد و بعد از آن ایستگاه‌های اهواز و بستان به ترتیب ۱۰/۸۱ و ۱۰/۲۳ درصد قرار دارند (شکل ۱۴).

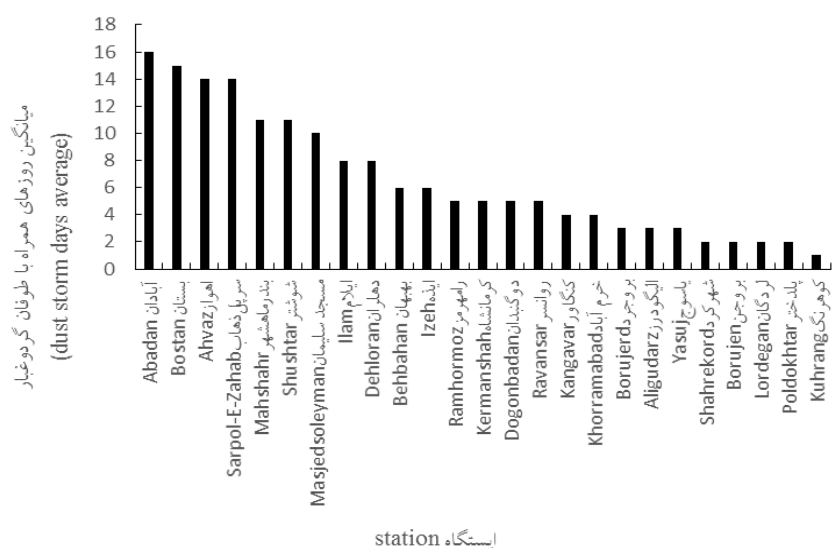


شکل ۱۵- تغییرات سالانه میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری (۱۹۹۵-۲۰۱۶).

Figure 15. Annual variations of average dust storm days in the under studied area (1995-2016).

منطقه مورد مطالعه با میانگین سالانه یک روز، کم‌ترین تعداد روز همراه با طوفان گردوغبار را به خود اختصاص داده است. میانگین سالانه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار در منطقه مورد مطالعه ۷ روز است که ۹ ایستگاه دارای مقادیر سالانه بیش‌تر از میانگین و ۱۶ ایستگاه دارای مقادیر سالانه کم‌تر از میانگین هستند (شکل ۱۶).

بررسی سالانه پدیده طوفان گردوغبار در گستره منطقه مورد مطالعه: توزیع میانگین سالانه روزهای همراه با طوفان گردوغبار در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری نشان می‌دهد که ایستگاه آبادان واقع در جنوب غرب استان خوزستان دارای میانگین سالانه ۱۶ روز بیش‌ترین تعداد روز همراه با طوفان گردوغبار و ایستگاه کوه‌رنگ واقع در غرب

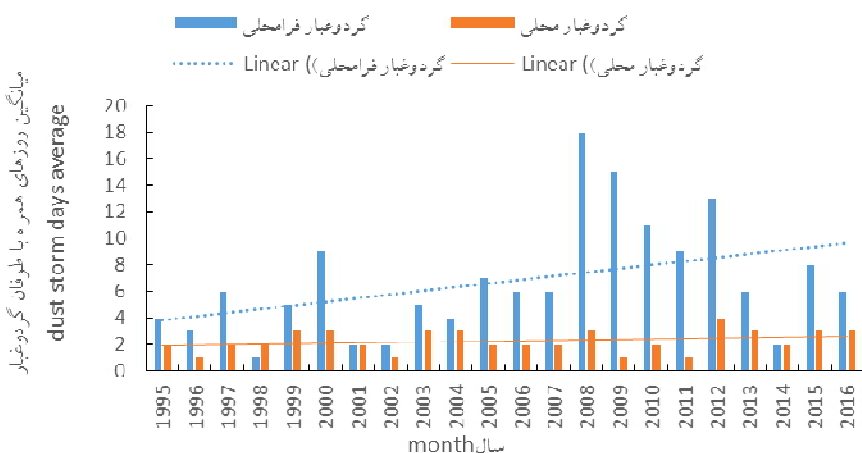


شکل ۱۶- نمودار میانگین سالانه تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار طی دوره آماری (۱۹۹۵-۲۰۱۶).

Figure 16. Average number of annual of dust storm days (1995-2016).

منشأ فرامحلی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین به لحاظ تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار با منشأ محلی سال‌های ۲۰۱۲ و ۱۹۹۶ به ترتیب با میانگین ۴ و یک روز، بیش‌ترین و کم‌ترین روزهای همراه با طوفان گردوغبار با منشأ فرامحلی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۷).

بررسی سالانه طوفان‌های گردوغبار فرامحلی و محلی: بررسی میانگین سالانه روزهای همراه با طوفان گردوغبار فرامحلی نشان می‌دهد که در طی دوره آماری مورد مطالعه سال‌های ۲۰۰۸ و ۱۹۹۸ به ترتیب با میانگین ۱۸ و یک روز همراه با طوفان گردوغبار بیش‌ترین و کم‌ترین روز همراه با طوفان گردوغبار با



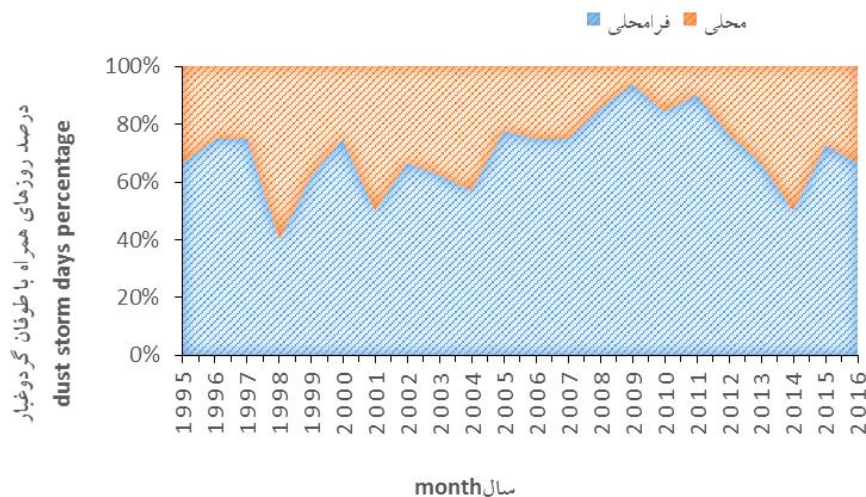
شکل ۱۷- نمودار میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار با منشأ فرامحلی (کد ۰۶) و محلی (کد ۰۷) به تفکیک سال در منطقه مورد مطالعه.

Figure 17. Average number of dust storm days with local (07) and non-local (06) source to in the under studied area.



شده است. طی دوره آماری ۲۲ ساله مورد مطالعه (۱۹۹۵-۲۰۱۶) در ۲۵ ایستگاه انتخابی ۷۴/۹۴ درصد روزهای همراه با طوفان گردوغبار از منشأ فرامحلی و ۲۵/۰۶ درصد از منشأ محلی برخوردار بوده‌اند.

نسبت طوفان‌های گردوغبار محلی و فرامحلی به کل روزهای همراه با طوفان گردوغبار طی دوره آماری مورد مطالعه: درصد فراوانی طوفان‌های گردوغبار محلی و فرامحلی در شکل ۱۸ نشان داده

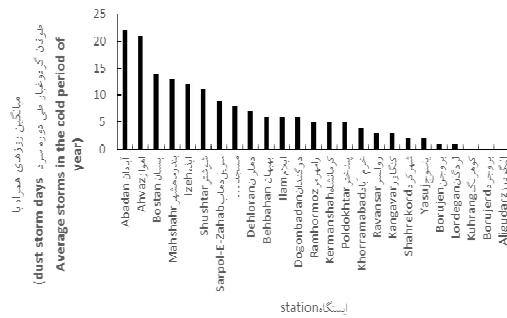


شکل ۱۸- درصد روزهای همراه با طوفان گردوغبار با منشأ محلی و فرامحلی به کل روزهای همراه با طوفان گردوغبار.

Figure 18. The Ratio of dust storm days with local and non-local sources to the total dust storm events.

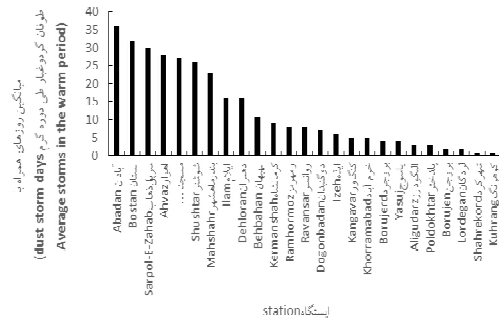
همراه با طوفان گردوغبار در دوره سرد سال نشان می‌دهد که ایستگاه آبادان با میانگین ۲۲ روز همراه با طوفان گردوغبار و ۳ ایستگاه کوه‌رنگ، بروجرد و الیگودر بدون روز همراه با طوفان گردوغبار به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد روز همراه با طوفان را در دوره سرد سال دارا بودند. در این دوره میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در گستره منطقه مورد مطالعه ۶/۶۴ روز بوده است که ۹ ایستگاه دارای مقادیری بیش‌تر از میانگین و ۱۶ ایستگاه دارای مقادیر سالانه کم‌تر از میانگین هستند (شکل ۲۰).

بررسی طوفان گردوغبار در دوره‌های گرم و سرد سال: میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در دوره گرم سال نشان می‌دهد که ایستگاه آبادان با میانگین ۳۶ روز همراه با طوفان گردوغبار و ایستگاه کوه‌رنگ با میانگین یک روز به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد روز همراه با طوفان را در دوره گرم سال دارا بودند. در این دوره میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در گستره منطقه مورد مطالعه ۱۲/۵۲ روز بوده است که ۹ ایستگاه دارای مقادیری بیش‌تر از میانگین و ۱۶ ایستگاه دارای مقادیر کم‌تر از میانگین هستند (شکل ۱۹). همچنین میانگین روزهای



شکل ۲۰- نمودار میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در دوره سرد سال طی دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۹۵).

Figure 20. Average dust storm days in the cold period of year (1995-2016).



شکل ۱۹- نمودار میانگین روزهای همراه با طوفان گردوغبار در دوره گرم سال طی دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۹۵).

Figure 19. Average dust storm days in the warm period of year (1995-2016).

طوفان گردوغبار با تداوم بیش‌تر پیش می‌رویم تعداد موج‌های طوفان گردوغباری کاهش می‌یابد. جداول زیر برای مراکز ۲ استان خوزستان و ایلام از نظر دوره تداوم موج‌های طوفان گردوغبار آورده شده است (جدول‌های ۵ و ۶).

دوره تداوم موج‌های طوفان گردوغبار: دوره تداوم موج‌های طوفان گردوغبار ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که اکثریت موج‌های طوفان گردوغبار دارای تداوم ۱ تا ۲ روزه بوده‌اند. همان‌طور که جداول نشان می‌دهند هرچه از سمت موج‌های طوفان گردوغبار با تداوم روزانه کم‌تر به سمت موج‌های

جدول ۵- دوره تداوم (روز) موج‌های طوفان گردوغبار در ایستگاه اهواز.

Table 5. Duration (days) of dust storm waves in Ahvaz station.

سال (year)	تداوم (روز) (duration (day))				
	>5	4	3	2	1
1995	-	-	-	-	1
1996	-	-	-	-	1
1997	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	1	6
2000	-	1	1	1	12
2001	-	-	-	-	4
2002	-	-	-	-	3
2003	-	-	1	3	6
2004	-	-	-	-	9
2005	-	-	-	5	8
2006	-	-	-	1	9
2007	-	-	1	2	3
2008	1	1	1	9	19
2009	-	-	3	3	12
2010	-	-	-	6	7
2011	-	-	-	3	14
2012	-	-	-	5	14
2013	-	-	-	-	8
2014	-	-	-	1	3
2015	-	-	-	4	11
2016	-	-	-	2	10

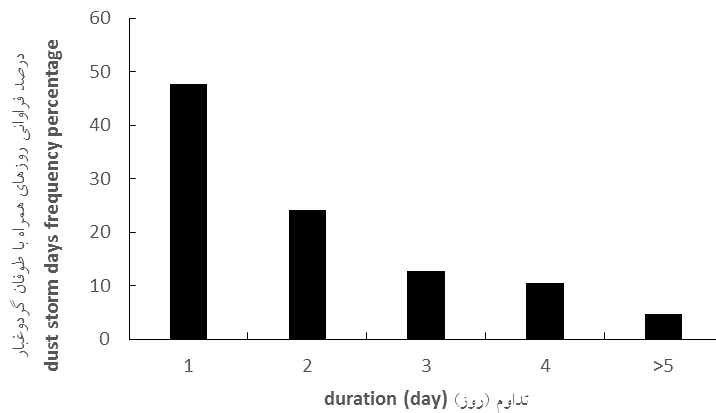
جدول ۶- دوره تداوم (روز) موج‌های طوفان گردوغبار در ایستگاه ایلام.

Table 6. Duration (days) of dust storm waves in Ilam station.

تداوم (روز) (duration (day))					سال (year)
>5	4	3	2	1	
-	-	-	-	-	1995
-	-	-	-	2	1996
-	-	-	-	-	1997
-	-	-	-	-	1998
-	1	-	-	1	1999
-	1	-	-	2	2000
-	-	-	-	-	2001
-	-	-	-	-	2002
-	-	-	-	1	2003
-	-	-	-	-	2004
-	1	-	1	5	2005
-	-	-	-	-	2006
-	-	1	-	5	2007
-	1	1	3	12	2008
-	1	1	-	4	2009
-	-	-	2	5	2010
-	-	-	2	5	2011
-	1	-	2	6	2012
-	-	-	-	1	2013
-	-	-	1	-	2014
-	-	-	2	1	2015
-	-	-	3	2	2016

۱ روز، ۲۴/۲۱ درصد با تداوم ۲ روز، ۱۲/۷۲ درصد با تداوم ۳ روز و ۱۰/۵۱ درصد با تداوم ۴ روز قرار دارند. فقط ۴/۷۸ درصد از روزهای همراه با طوفان گردوغبار با تداوم ۶-۵ روز می‌باشند.

همچنین نمودار درصد روزهای همراه با طوفان گردوغبار و تداوم آن‌ها در شکل ۲۱ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل دیده می‌شود ۴۷/۷۸ درصد از روزهای همراه با طوفان گردوغبار با تداوم



شکل ۲۱- نمودار درصد فراوانی روزهای همراه با طوفان گردوغبار در تداوم‌های ۱ تا ۶ روز طی دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۹۵-۲۰۱۶).

Figure 21. Dust storm days frequency percentage in durations of 1 to 6 days (1995-2016).

عرض‌های پایین را به خوبی پیدا می‌کنند و تراف<sup>۱</sup> (ناوه) آنها بر روی بیابان‌های خاورمیانه شکل می‌گیرد و با توجه به شرایط گرمایی و حرارتی این منطقه قسمت جلو تراف‌ها (ناوه) که به سمت شرق گرایش دارند به صورت فراز<sup>۲</sup> در آمده و اختلالات هوا را ایجاد می‌کنند و چون این بیابان‌ها خشک هستند شرایط توربولانسی و باد و گردوغبار ایجاد شده که به سمت غرب و جنوب‌غربی کشور کشیده می‌شود. در فصل گرم سال که کم فشارهای حرارتی به سمت عرض‌های بالاتر کشیده می‌شوند در اثر برخورد با کم‌فشارها و پرفشارهای فوقانی اختلاف فشار حاصل شده است و خشکی شدید منطقه نیز مزید بر علت شده است و پدیده گردوغبار در منطقه شدت می‌یابد. هرچه از غرب استان خوزستان به سمت شرق آن حرکت کنیم از تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار کاسته می‌شود.

### نتیجه‌گیری کلی

اساساً هر چه یک موج گردوغباری از منشأ و یا کانون اولیه خود فاصله می‌گیرد از شدت و تداوم آن کاسته می‌شود. بنابراین می‌توان گفت چون منبع اولیه اکثریت پدیده‌های گردوغباری منطقه مورد مطالعه، مناطقی هم‌چون بیابان‌های عراق، عربستان، سوریه و شمال آفریقا می‌باشد به تبعیت از همجواری نواحی غربی با این مناطق، شدت و تداوم موج‌های طوفان گردوغباری در این نواحی نسبت به نواحی شرقی بیش‌تر می‌شود و هرچه از این نواحی به سمت شرق حرکت می‌کنیم از شدت و تداوم این پدیده کاسته می‌شود. بررسی الگوی فضایی نشان داد که طوفان‌های گردوغبار در امتداد شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه به صورت خطی افزایش می‌یابند در

نتایج حاصل از بررسی سالیانه پدیده گردوغبار نشان می‌دهد که منطقه آبادان با میانگین فراوانی ۱۶ روز سال، بیش‌ترین تعداد روزها را در کل منطقه مورد مطالعه دارد و پس از آن منطقه بستان، سرپل‌ذهاب و اهواز بیش‌ترین فراوانی‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به نتایج به دست آمده، ۶۳/۰۲ درصد از وقایع طوفان گردوغبار فرامحلی از ساعت ۹:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی و ۸۳/۴۷ درصد از وقایع طوفان گردوغبار محلی در ساعت ۳:۳۰ به وقت محلی اتفاق می‌افتند که با نتایج امیدوار (۲۰۰۶)، مبنی بر رخداد اکثر طوفان‌های گردوغباری در ساعت‌های ظهر و بعد از ظهر و لشکری و کیخسروی (۲۰۰۸)، مبنی بر رخداد عمده طوفان‌ها در تمام طول سال از ساعت ۱۲ ظهر به بعد و میدلتون (۱۹۸۶a)، مبنی بر افزایش طوفان‌های ریزگرد در طول روشنایی روز، مطابقت دارد (۱۱). بیش‌ترین فراوانی طوفان گردوغبار در ماه‌های ژوئن و ژوئیه و کم‌ترین فراوانی در ماه نوامبر و دسامبر می‌باشد که با نتایج ذوالفقاری و عابدزاده (۲۰۰۵) مبنی بر بیش‌ترین فراوانی گردوغبار در ماه‌های گرم و خشک (ژوئن و ژوئیه) و عطایی و احمدی (۲۰۱۰)، مبنی بر بیش‌ترین میزان گردوغبار در ماه ژوئیه است و کم‌ترین میزان این پدیده مربوط به ماه دسامبر و ژانویه است و با نتایج گودی و میدلتون (۲۰۰۰) که زمان آغاز این طوفان‌ها را ماه‌های آوریل و می و بیشینه میزان وقوع را ماه‌های ژوئن و ژوئیه دانسته‌اند مطابقت دارد. میانگین فراوانی طوفان گردوغبار در دوره گرم سال در منطقه مورد مطالعه ۳۶ روز بوده و در دوره سرد سال، ۲۲ روز می‌باشد. در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه اکثر روزهای گردوغباری مربوط به دوره گرم سال بوده است. در فصل سرد سال که هسته کم ارتفاع و امواج غربی بر روی اروپا و دریای مدیترانه شکل می‌گیرند به علت سنگینی هوای سرد در این ایام، اجازه نفوذ به

1- Trough

2- Ridge

مطالعه می‌باشد. قرارگیری ارتفاعات زاگرس با امتداد شمال‌غربی - جنوب‌شرقی که خود همانند سدی جلوی عبور طوفان‌های گردوغبار وارده به این نواحی را گرفته و خروج این پدیده نیز به زمان بیش‌تری نسبت به بقیه مناطق را دارد.

حالی که در امتداد غرب به شرق از تابع چندجمله‌ای درجه ۲ (منحنی با یک قوس) تبعیت می‌کنند که این امر نشان‌دهنده افزایش فراوانی طوفان گردوغبار در راستای حرکت از غرب به شرق و سپس کاهش فراوانی طوفان گردوغبار به سمت شرق منطقه مورد

### منابع

1. Abbasi, H.R., Rafie Emam, A., and Rohipur, H. 2008. Analysis of Dusts Source of Bushehr and Khuzestan Using Satellite Imagery. *J. For. Range.* 78: 48-51. (In Persian)
2. Al-Frraji, F. 2001. Ating desertification in Iraq; *Desertification Control Bulletin.* 33: 42.
3. Ataii, H., and Ahmadi, F. 2010. Dust one of the environmental problems in Islamic world Case study: Khozestan Province. 4<sup>th</sup> International Congress of the Islamic World Geographers (ICIWG). Zahedan, Iran. (In Persian)
4. Bahiraei, H., Iyazi, M.H., Rajaii, M.A., and Ahmadi, H. 2012. Synoptic Statistical Analysis of Dust phenomenon in Ilam Province. *J. Quar. Human Geograph.* 4: 1.47-67. (In Persian)
5. Goudie, A., and Middleton, N.J. 2000. Dust storms in South West Asia. *Acta Universitatis Carolinae, Supplement,* 7383p.
6. Goudie, A.S. 2009. Dust storms: Resent Developments. *J. Environ. Manage.* 90: 1. 89-94.
7. Goudie, A.S., and Middleton, N.J. 2006. *Desert Dust in the Global System.* Springer, Heidelberg.
8. Johari, F. 2015. Spatio-temporal variability and impacts assessment of dust in Khuzestan and Ilam provinces, Iran. Thesis of M.Sc. in Arid Zone Management, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, 142p. (In Persian)
9. Khozoi Nejad, M., Shojaii, M., and Karami, A. 2015. Investigation of Dust Phenomenon Frequency in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. National Conference on Meteorology. Yazd University, August: 19-20. (In Persian)
10. Lashkari, H., and Keykhosravi, Gh. 2008. Statistical Synoptic Analysis of Dust Storm in Khorasan Razavi Province. *J. Physic. Geograph. Res. Quar.* 65: 17-33. (In Persian)
11. Middleton, N.J. 1986a. Dust storms in the Middle East. *J. Arid Environ.* 10: 2.83-96.
12. Middleton, N.J. 1986b. A Geography of dust storms in South west Asia. *Int. J. Climatol.* 6: 183-196.
13. Omidvar, K. 2006. Investigation and Synoptic analysis of sand storms in Yazd-Ardakan plain. *J. Geograph. Res. Quar.* 21: 2.43-58. (In Persian)
14. Rashki, A., Arjmand, M., and Kaskaoutis, D.G. 2017. Assessment of dust activity and dust-plume pathways over Jazmurian Basin, southeast Iran. *J. Aeolian Res.* 24: 145-160.
15. Romanof, B. 1961. Storm in Gobian Zone of Mongolia; *The First PRC Mongolia Workshope on climate change in arid and semi-arid Region over the Central Asia,* 21p.
16. Shamshiri, S., Jafari, R., Soltani, S., and Ramezani, N. 2014. Dust Detection and Mapping in Kermanshah Province Using MODIS Satellite Imagery. *J. Iran. Appl. Ecol.* 3: 8. 29-42. (In Persian)
17. Sivakumar, V.K. 2005. Impacts of sand storms/dust storms on Agriculture. *Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture.* 7: 159-177.
18. Song, Z., Wang, J., and Wang, S. 2007. Quantitative classification of northeast Asian dust events. *J. Geophysic. Res.* 112(D4), doi: 10.1029/2006JD007048.
19. Su, B., Zhan, M., Zhai, J., Wang, Y., and Fischer, T. 2014. Spatio-Temporal variation of haze days and atmospheric circulation pattern in china (1961-2013). *Quaternary International.* 380: 14-21.

20. Tiwari, S., Bisht, D.S., Srivastava, A.K., Pipal, A.S., Teneja, A., Srivastava, M.K., and Attri, S.D. 2014. Variability in atmospheric particulates and meteorological effects on their mass concentrations over Dehli, India. *Atmospheric Research*. 1: 145. 45-56.
21. Wang, W., and Fang, Z. 2006. Numerical simulation and synoptic analysis of dust emission and transport in East Asia. *Global and Planetary Change*. 52: 1. 57-70.
22. Zolfaghari, H., and Abedzadeh, H. 2005. Synoptic Analysis of Dust Systems in western Iran. *J. Geograph. Dev. Iran*. 3: 173-188. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(1), 2018*

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.14107.2883

## **Statistical analysis of spatio-temporal pattern of dust storms in the west and southwest of Iran**

**S.A. Arami<sup>1</sup>, \*M. Ownegh<sup>2</sup>, A. Mohammadian Behbahani<sup>3</sup>,  
M. Akbari<sup>4</sup> and A.R. Zarasvandi<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student of Combat to Desertification, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Professor, Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>4</sup>Assistant Prof., Dept. of Geographical Science, Kharazmi University, <sup>5</sup>Professor, Dept. of Geology, Shahid Chamran University of Ahvaz

Received: 10/23/2017; Accepted: 02/24/2018

### **Abstract**

**Background and Objectives:** The occurrence of dust storms as a global threat poses annually a lot of financial and human losses to the country. Hence, according to the topographic-climatic conditions and the significant increment in the dust storm occurrence frequency, investigation and survey to mitigate the harmful effects is inevitable.

**Materials and Methods:** In this research, dust storms were evaluated based on the spatio-temporal frequency of 25 synoptic meteorological stations in western and southwestern Iran during the statistical period of 22 years (1995-2016). Daily data were analyzed using eight observation points in the form of special codes using geo-statistical methods. The average dust storm occurrence in the hourly, monthly, annual, warm and cold time periods was calculated and plotted using R software for all stations.

**Results:** The results of the annual survey of dusty phenomenon indicated that Abadan station had the highest number of days in the whole region with the average frequency of 16 days in year, after which the Bostan, Sarpol-E-Zahab and Ahwaz were the most frequent. 63.02% of the outsider dust storms events occurred from 9:30 to 18:30 local time and 83.47% of the local dust storms events occurred at 3:30 local time. The highest frequency of dust storms was in June and July while the lowest in November and December. Also, the percentage of local and outsider dust storms frequency during the statistical period showed that 74.94% of the dust storm days were of outsider origin and 25.06% of the local sources. The average frequency of dust storm in the studied area was 36 and 22 days in warm and cold period of the year, respectively. In all studied stations, most of the dusty days were related to the warm period of the year.

**Conclusion:** As the dust wave differs from its source, its intensity and continuity decreases. Therefore, it can be mentioned that the primary sources of dust phenomena in the studied area, are Iraq, Saudi Arabia, Syria and North Africa deserts. The study of the spatial pattern showed that dust storms linearly increase along the north to south of the studied area. While, along the west towards the east, follow the Quadratic polynomial function, indicating an increase in the frequency of the dust storm along west to east and then the reduction of the dust storm to the east of the study area. The Zagros Mountains are located along the Northwest - Southeast, which is itself a barrier to the dust storms in these areas and exist of this phenomenon is also more time-consuming than other regions.

**Keywords:** Dust storm, Geostatistic, Spatio-temporal analysis, Iran

---

\* Corresponding Author; Email: mownegh@yahoo.com

