

تأثیرات بادهای شدید بر میزان ریزگردها در استان خوزستان (مطالعه موردی بادهای جنوب غربی)

سارا علی میرزایی

کارشناسی ارشد آب‌وهوا شناسی گرایش سینوپتیک دانشگاه خوارزمی

چکیده

یکی از مشکلات زیست‌محیطی در مناطق جنوبی و جنوب غربی ایران فعالیت توفان‌های گردوغبار و ریزگردها در اتمسفر شهرها است. شهرهای اهواز، آبادان و دزفول و سایر شهرهای استان خوزستان و جنوب غرب ایران از ورود توفان‌های گردوغبار و ریزگردها آسیب پذیر هستند. در این پژوهش وضعیت توفان‌های گردوغبار، ریزگردها و نیز وضعیت میدان دید و نحوه ورود این توفان‌ها به درون شهرها مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش دوره‌های آماری مختلف برای استان مورد نظر در طول سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ مورد مطالعه قرار گرفت. سپس وضعیت باد غالب، پراکندگی توفان‌ها و کاهش میدان دید در طول سال بررسی شدند. همچنین نقشه‌های مربوط به الگوهای فشار در روزهای وقوع توفان برای انجام تحلیل سینوپتیکی تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفتند. بیشترین تعداد توفان گردوغبار در آبادان و کمترین آن‌ها در دزفول شکل گرفته است. تغییرات دوره‌ای گردوغبار در منطقه، افزایش این پدیده اقلیمی را در سال‌های اخیر مشخص کرده است. تغییرات فراوانی گردوغبار با افزایش ارتفاع روند مثبتی در منطقه نشان داده است. وضعیت افزایش تعداد روزهای با میدان دید کم با ماه‌های شاخص وقوع توفان گردوغبار در منطقه مطابقت داشته و بیشترین تعداد روزهای با میدان دید کم مربوط به خرداد و تیر بوده است. همچنین تحلیل همدیدی جو نشان می‌دهد در نزدیکی سطح زمین در هنگام وقوع توفان‌های گردوغبار شدید فشار و ناپایداری و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال جریان هم‌گرایی بر روی منطقه ایجاد شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که گردوغبار در خیابان‌های موازی با مسیر باد غالب به راحتی به قسمت‌های مرکزی شهر منتقل می‌شود و در اثر برخورد جریان گردوغبار با ساختمان‌های بلند شهر، قسمتی از جریان ریزگردها به طرف سطح زمین انتقال یافته و قسمتی دیگر از

جریان در بخش پشت به باد ساختمان حالت پیچشی ایجاد می نماید. بخش دیگری از آن نیز در ارتفاعی بالاتر از ساختمان ها از سطح شهر عبور می کند. پوشش گیاهی در اطراف شهرها، ورود ریزگردها را به داخل شهرها کاهش داده و به عنوان یک عامل مثبت در کاهش آلودگی منطقه به حساب می آیند.

واژه‌های کلیدی: گردوغبار، ریزگرد، توفان، آلودگی هوا، استان خوزستان، جنوب غرب.

۱- مقدمه

پدیده ریزگردها یا گردوغبار از مهم ترین بحران های محیطی در مناطق مجاور بیابان ها و نواحی خشک است. وجود ریزگردها در هر منطقه ای میدان دید را کاهش می دهد و به عنوان یک مخاطره محیطی برای ساکنان شهرها و روستاها به حساب می آید. در سالیان اخیر دانشمندان و محققان تالش های زیادی برای مطالعه توفان های گرد و غبار و علت حضور ریزگردها در جو شهرها و چگونگی حرکت و انتشار آن ها و راه های کاهش اثرات آلوده کننده آنها انجام داده اند. کشور ایران از جمله مناطق بیابانی است و همچنین به سبب نزدیکی به بیابان های بزرگی مانند عربستان و عراق تحت تأثیر ورود توفان های گردوغبار قرار گرفته است. نواحی غربی ایران به خصوص استان های خوزستان، ایلام و کرمانشاه بیش ترین نفوذپذیری را از توفان های گردوغبار داشته اند. از لحاظ اقلیمی، کم فشارهای بسته روی عراق، سوریه و شمال عربستان باعث ایجاد شرایط مناسب برای صعود حجم زیادی از گردو غبار به هوا می شود که جریان باد در سطوح میانی جو می تواند آن را به نواحی جنوب غربی و غرب ایران منتقل کند(۱).

توفان های گردوغباری عمدتاً در فصول بهار و تابستان و با توالی کم تر در پاییز و زمستان روی می دهد. مهم ترین عامل در تولید گردوغبار سرعت باد می باشد (۲). مطالعات انجام شده نشان می دهد که مقدار بیشینه تعداد روزهای گردوغباری در جنوب غرب کشور و خوزستان می باشد و از سمت جنوب به شمال و از غرب به شرق کشور از تعداد روزهای گرد و غباری کاسته می شود (۳). جریان باد می تواند با سرعت قابل توجهی ذرات گردوغبار را از روی بیابان ها به نواحی مجاور منتقل نموده و باعث ایجاد جوی آلوده برای مناطق تحت نفوذ خود شود. اهمیت مطالعه ریزگردها از آن جهت است که تراکم زیاد آن ها در جو می تواند سالمی انسان ها را به خطر اندازد. غلظت بالای ریزگردها سبب افزایش بیماری های قلبی و تنفسی در شهرها می شود. از این جهت امروزه مطالعه فعالیت ریزگردها، منشأ، چگونگی انتقال و انتشار و حضور آن ها در جو شهرها اهمیت زیادی دارد.

آلودگی هوا ناشی از حضور ریزگردها یا هواویزها در سالیان اخیر به یکی از مشکلات زیست محیطی شهرهای غرب و جنوب غربی کشور تبدیل شده است. هم شهرها و هم روستاها و نیز محیط طبیعی، کشاورزی و منابع طبیعی در مناطق غربی ایران در دوره اوج گردو غبار به شدت تحت تأثیر گردو غبار شهری قرار دارند. در بخش کشاورزی و منابع طبیعی ریزگردها باعث کاهش محصولات زراعی و اختلال در رشد گیاهان و میوه دهی درختان می شوند. به عنوان نمونه در منطقه لرستان در سال های اخیر ریزگردها باعث بروز خسارت به زنبورداران عسل شده است که براساس آمار در سال ۱۳۹۴ به علت حضور ریزگردها بیش از ۳۶ میلیارد ریال به زنبورداران این منطقه خسارت وارد شده است (۴). گردوغبار باعث آلودگی آب آشامیدنی و در نتیجه بیماری های گوارشی از این طریق می شود (۵). در روستاهایی که آب آشامیدنی مردم از طریق چشمه و رودخانه تأمین می گردد، این نوع آلودگی بیش ترین اثر گذاری را بر سلامت انسان ها دارد. اثرات نامطلوب بهداشتی سیستم های گرد و غبار مشکلات تنفسی و ریوی برای انسان از جمله سینوریت، برونشیت، آسم و آلرژی است. اثرات محیطی گردوغبار شامل آلوده کردن محیط زندگی انسان ها، کاهش منابع آب، کم شدن ساعات آفتابی، پوشاندن سطح برگ ها، شیوع بیماری های گیاهی و کاهش تولیدات کشاورزی و اختلال در سیستم حمل و نقل است (۲). در مناطق غرب و جنوب غرب پدیده گرد و غبار به چالشی تبدیل شده که باعث شده است بعضی از افراد به دلیل بیماری های تنفسی و ریوی مجبور به مهاجرت شوند(۶). بنابراین بیش ترین نگرانی درباره آلودگی ریزگردها حضور آن ها در الیه تروپوسفر پایینی یا همان هوایی است که انسان ها از آن تنفس می کنند. مناطق جنوبی استان خوزستان (شکل ۱) به سبب نزدیکی به مرزهای جنوب غربی از

سیستم های گردو غبار به خصوص در دو فصل بهار و تابستان تأثیر پذیری می باشند. جمعیت قابل توجهی در سه شهر بزرگ اهواز، آبادان و سوسنگرد و شهرهای کوچک تر تابعه آن ها زندگی می کنند بنابراین مطالعه اثرات آلوده کننده ذرات گردوغبار در این شهرها از جهت سلامتی ساکنان آن ها اهمیت زیادی دارد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش بررسی

روش مطالعه تحقیق جاری استفاده از داده های آماری اقلیمی و پردازش آن ها به شکل گرافیکی و تحلیل نقشه های هوا می باشد. برای این منظور ۳ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان شامل آبادان، اهواز و صفی آباد(دزفول) به روش کمی مورد بررسی قرار گرفت.

داده های استفاده شده در این پژوهش شامل تعداد توفان های گرد و غبار ماهیانه و سالیانه و نیز داده روزهای با دید مساوی ۱ کیلومتر یا کم تر از آن می باشد. به منظور شناخت علت جوی شکل گیری توفان ها با مراجعه به سایت NOAA نقشه های فشار روزانه برای چند روز شاخص که در طول آن ها توفان گردوخاک در منطقه اتفاق افتاده بود تهیه شد و با روش سینوپتیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این نقشه ها فشار هوا برحسب دو واحد پاسکال و هکتوپاسکال می باشد. هر هکتوپاسکال برابر با صد پاسکال است. در ادامه با کمک داده های روزانه وزش باد مربوط به سه ایستگاه آبادان، اهواز و دزفول گل بادهایی با کمک نرم افزارهای EXCEL، SPSS و WindRose برای نمایش جهت و سرعت باد ترسیم شده است. این گلبادها جهت باد غالب را نمایش می دهد. با کمک نرم افزار Office، اشکال نمایش دهنده ورود جریان باد غالب در

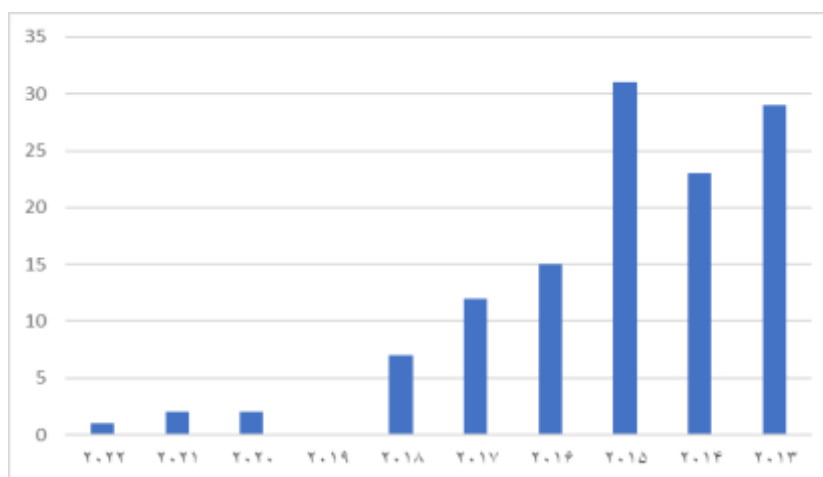
سطح شهر ترسیم شده است. هر یک از نمودارها، نقشه‌ها، شکل‌ها و گلبادها به منظور تحلیل و بیان حرکت توفان‌های گردوغبار در لایه تروپوسفر شهری به کار رفته است.

یافته‌ها بررسی تغییرات دوره ای توفان های گرد و غباردر منطقه

بررسی وضعیت گردوغبار در سطح شهرهای استان خوزستان براساس آمار تعداد توفان‌های گردو غبار سه شهر آبادان، اهواز و دزفول به ترتیب در دوره‌های زمانی مشخص تغییرات مشخصی را نشان می‌دهد. ایستگاه آبادان مطابق با جدول شماره (۱) بیشترین تعداد توفان‌های گردو غبار را در سال‌های پایانی دوره آماری داشته است. نزدیک به ۳۵ توفان گردوغباری برای آبادان ثبت شده است که توجه به نمودار تغییرات سال به سال (شکل ۲) در این نمودار مشاهده می‌شود که یک روند افزایشی در آغاز دوره آماری نیز مشاهده می‌گردد. از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۲۲ تعداد توفان‌ها در آبادان با روند منظمی رو به کاهش بوده است. در سال ۲۰۰۸ در آبادان توفان گردوغبار با اهمیتی روی نداده است. براساس جدول ۲ میانگین سالانه توفان‌ها در آبادان ۷.۱۳ می‌باشد. در آبادان حداکثر وقوع توفان گردوغبار در طول سال مربوط به ماه می یعنی اواسط بهار می‌باشد (شکل ۳). روند افزایشی توفان‌ها از ماه فوریه آغاز و در ماه می به حداکثر می‌رسد. در ماه اوت تقریباً اواسط تابستان در آبادان تعداد توفان‌ها کاهش می‌یابد اما یک افزایش موقتی در ماه سپتامبر مشاهده می‌شود که مربوط به فرارسیدن فصل پاییز است.

جدول ۱- تعداد توفان های گردوغبار ایستگاه مالیر در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

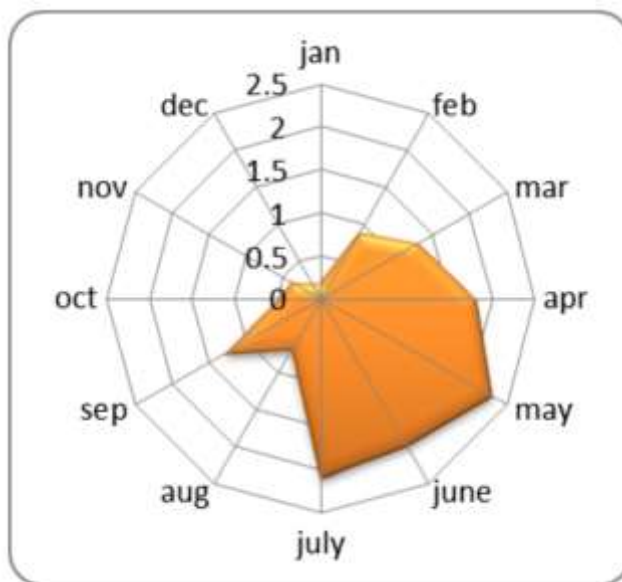
۲۰۲۲	۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳
۱	۲	۲	۰	۷	۱۲	۱۵	۳۱	۲۳	۲۹



شکل ۲- نمودار تغییرات توفان های گردو غبار ایستگاه آبادان در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

جدول ۲- میانگین ماهیانه توفان های گردو غبار ایستگاه آبادان در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۲.۰	۹.۰	۳.۱	۸.۱	۳.۲	۲	۱.۲	۷.۰	۳.۱	۵.۰	۴.۰	۲.۰

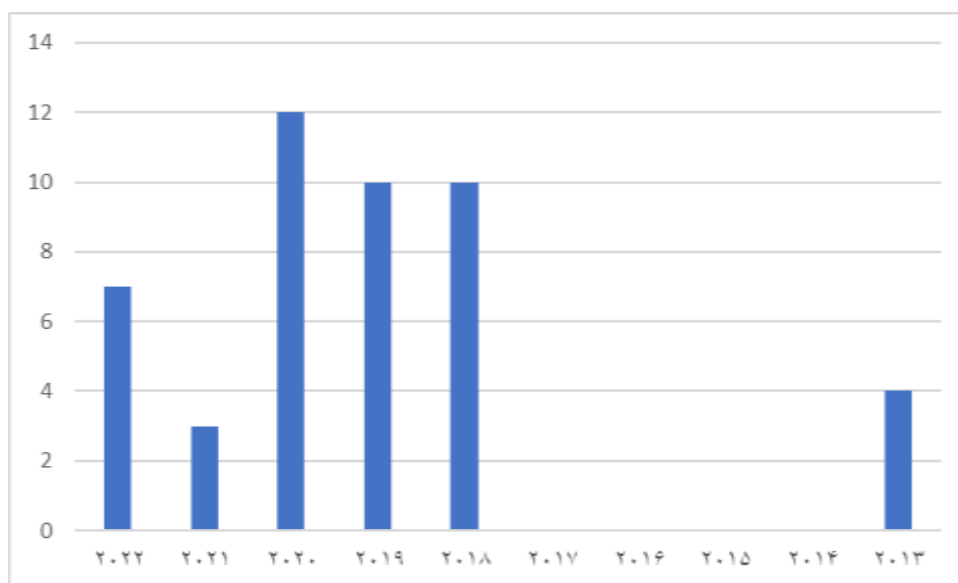


شکل ۳- نمودار تغییرات میانگین ماهیانه توفان های گردو غبار ایستگاه آبادان در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

در مورد ایستگاه اهواز در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ بیشترین تعداد وقوع توفان های گرد و غبار مربوط به سال ۲۰۲۰ است که ۱۲ توفان ثبت شده است (جدول ۳).

جدول ۳- تعداد توفان های گردو غبار ایستگاه اهواز در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

۲۰۲۲	۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳
۷	۳	۱۲	۱۰	۱۰	۰	۰	۰	۰	۴

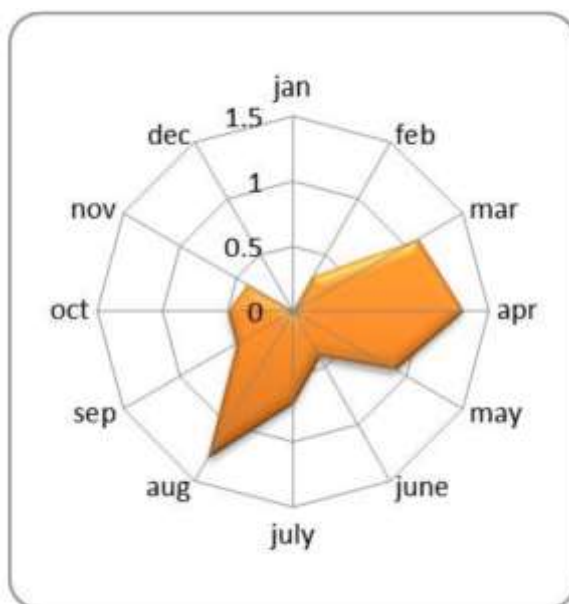


شکل ۴- نمودار تغییرات توفان های گردو غبار ایستگاه اهواز در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

تعداد میانگین توفان های سالیانه در اهواز ۷/۴ مورد ثبت شده است (جدول ۴). روند ماه به ماه توفان ها در اهواز دو هسته بیشینه را نشان می دهد (شکل ۵) که یکی مربوط به ماه مارس مصادف با اوایل بهار و دیگری مربوط به ماه اوت مصادف با واسط تابستان است که به ۱/۳ مورد می رسد. در اهواز از ماه سپتامبر (شهریور) تا ماه نوامبر (آبان) رویداد گردوغبار روند یکنواختی را نشان می دهد.

جدول ۴- میانگین ماهیانه توفان های گردو غبار ایستگاه اهواز در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۰	۳.۰	۳.۱	۱.۱	۹.۰	۴.۰	۷.۰	۳.۱	۵.۰	۵.۰	۴.۰	۰

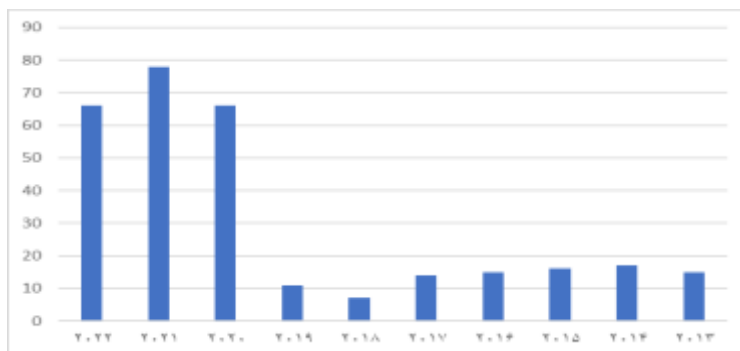


شکل ۵- نمودار تغییرات ماهیانه میانگین توفان های گرد و غبار ایستگاه اهواز در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

ایستگاه دزفول در تمامی سال های دوره مورد مطالعه ثبت توفان های گردوغبار را نشان می دهد. تعداد ۷۸ توفان در سال ۲۰۲۱ برای این ایستگاه ثبت شده است. کم ترین تعداد توفان ثبت شده مربوط به سال ۲۰۱۸ است که ۷ مورد بوده است (جدول ۵). میانگین سالیانه توفان ها در دزفول ۳۶ مورد می باشد (جدول ۶). روند وقوع توفان ها در طول سال یک شکل تقریباً قله ای را بر روی نمودار به نمایش گذاشته است که ماه ژوئن (خرداد و تیر) بالاترین رقم (۳/۳) در طول سال را مشخص نموده است که ماه های جولای و می در طرفین آن دیگر ارقام بالا را نشان می دهد. بنابراین دوره مشخص بیشینه توفان های گردوغبار در دزفول از ماه می تا ماه جولای (اردیبهشت تا تیر) به طول می انجامد. نوامبر، دسامبر و ژانویه حداقل وقوع توفان های گردوغبار را نشان می دهد (شکل ۷).

جدول ۵- تعداد توفان های گردوغبار ایستگاه دزفول در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

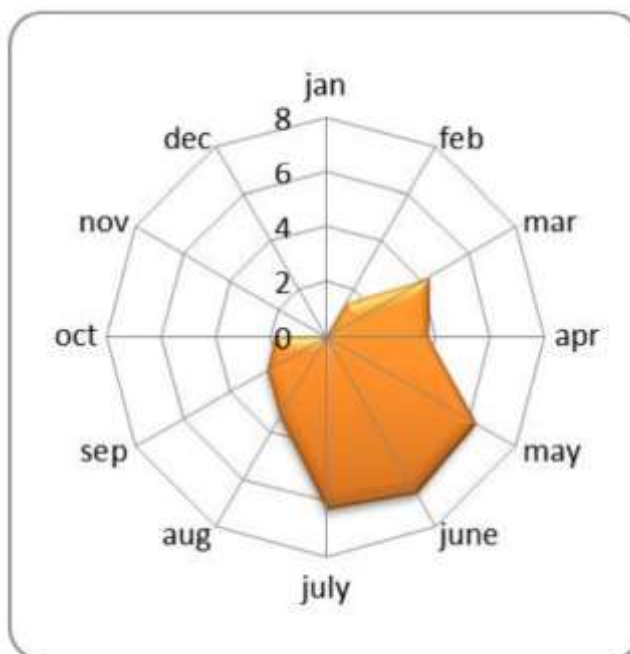
۲۰۲۲	۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳
66	78	66	11	7	14	15	16	17	15



شکل ۶- نمودار تغییرات توفان های گرد و غبار ایستگاه دزفول در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

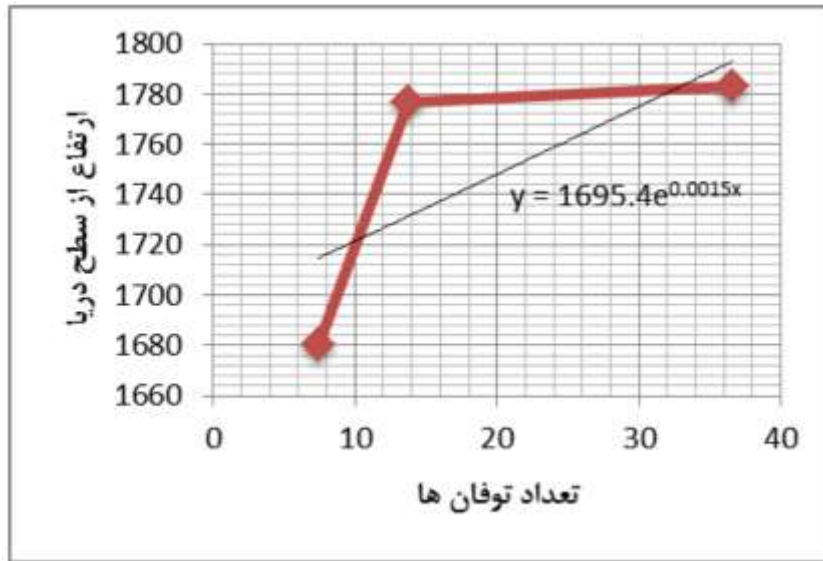
جدول ۶- میانگین ماهیانه توفان های گردو غبار ایستگاه دزفول در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۰	۴.۱	۳.۴	۷.۳	۳.۶	۶.۶	۳.۶	۴.۳	۵.۲	۹.۱	۱.۰	۱.۰



شکل ۷- نمودار تغییرات ماهیانه میانگین توفان های گردو غبار ایستگاه دزفول در دوره ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

با مطالعه هر سه دوره آماری نتیجه گرفته می شود که در بین شهرهای استان خوزستان بالاترین وقوع توفان های گردو غبار مربوط به اهواز و کم ترین آن ها مربوط به دزفول در منطقه مورد مطالعه بوده است. در اهواز بیش ترین توفان ها در ماه می (اردیبهشت ماه) در دزفول در ماه ژوئن (خرداد) و در آبادان در ماه های مارس (فروردین و اسفند) و اوت (مرداد ماه) شکل گرفته است. در همه ایستگاه ها ماه های دسامبر و ژانویه که مصادف با دوره اوج زمستان در منطقه مورد مطالعه است حداقل وقوع توفان های گردو غبار را نشان داده است. نمودار تغییرات حداکثر تعداد وقوع توفان های گردو خاک با ارتفاع ایستگاه های مورد مطالعه (شکل ۸) نشان می دهد که با افزایش میزان ارتفاع از سطح دریا تعداد توفان ها افزایش یافته است، یعنی از آبادان با کم ترین ارتفاع به سمت دزفول با بیش ترین ارتفاع، گردو غبار زیاد شده است.



شکل ۸- تغییرات وقوع توفان های گردوغبار با ارتفاع از سطح دریا

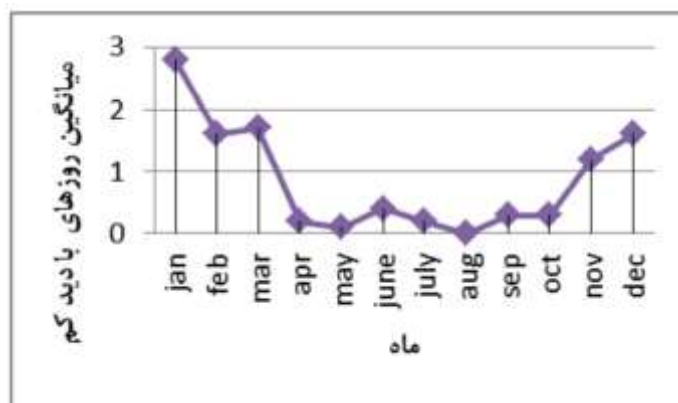
روند ماهیانه کاهش میدان دید در ارتباط با پدیده گردوغبار

یکی از پیامدهای توفان های گردوخاک کاهش میدان دید می باشد که بررسی تغییرات میانگین ماهیانه تعداد روزهای با دید کم تر از ۲ کیلومتر یا مساوی آن برای ایستگاه های آبادان (شکل ۹) اهواز (شکل ۱۰) و دزفول (شکل ۱۱) نشان می دهد که به استثنای ماه های نوامبر تا مارس که کاهش دید با افزایش ابرناکی، مه گرفتگی و بارندگی های فصل سرد توجیه می شود در ماه های دوره گرم سال بیش ترین وقوع روزهای با کاهش دید کم تر از ۲ کیلومتر به ترتیب محدود به ماه های جولای (تیر) و ژوئن (خرداد) می شود (ماه جولای برای آبادان و اهواز و ماه ژوئن برای اهواز) که علت کاهش میدان دید افزایش ریزگردها و بروز پدیده گردوغبار در این موقع از سال است. نمودار ایستگاه دزفول (شکل ۱۱) بیش ترین تعداد روزهای با دید کم تر از ۲ کیلومتر در ماه جولای را نشان می دهد.

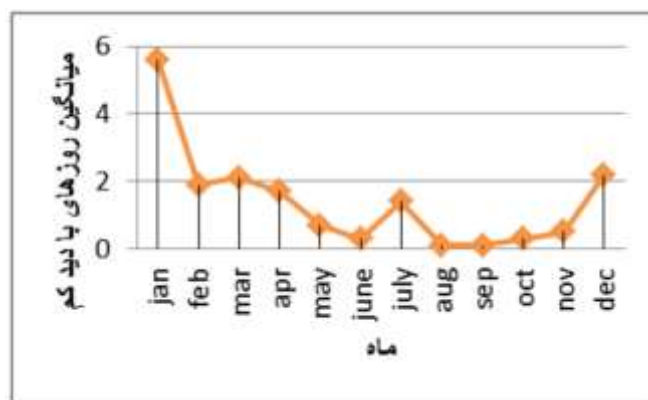


شکل ۹- میانگین ماهیانه روزهای با دید کم تر از ۲ کیلومتر در ایستگاه آبادان (دوره آماری ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲)

(میلادی)



شکل ۱۰- میانگین ماهیانه روزهای باد کم تر از ۲ کیلومتر در ایستگاه اهواز دوره آماری ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

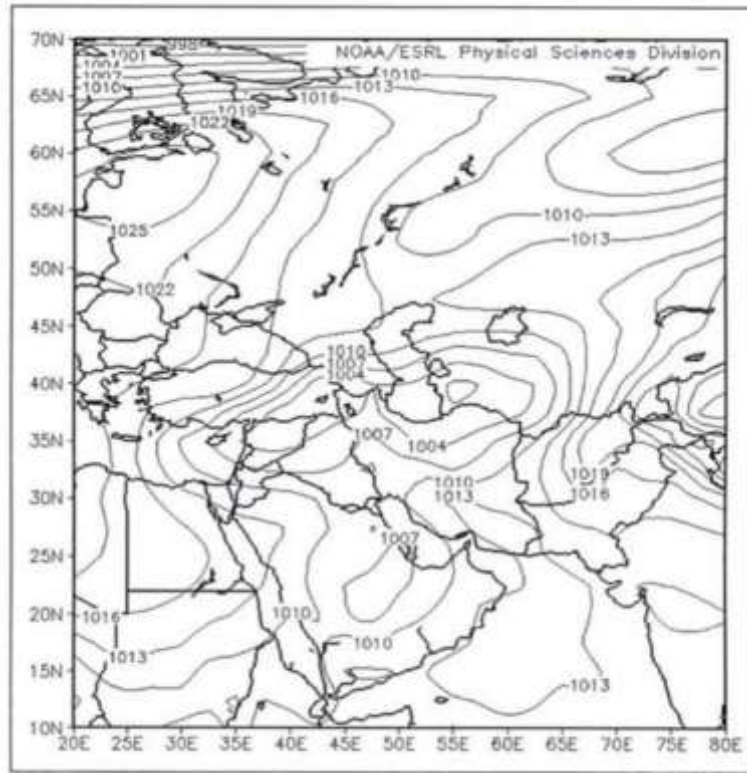


شکل ۱۱- میانگین ماهیانه روزهای باد کم تر از ۲ کیلومتر در ایستگاه دزفول دوره آماری ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ میلادی

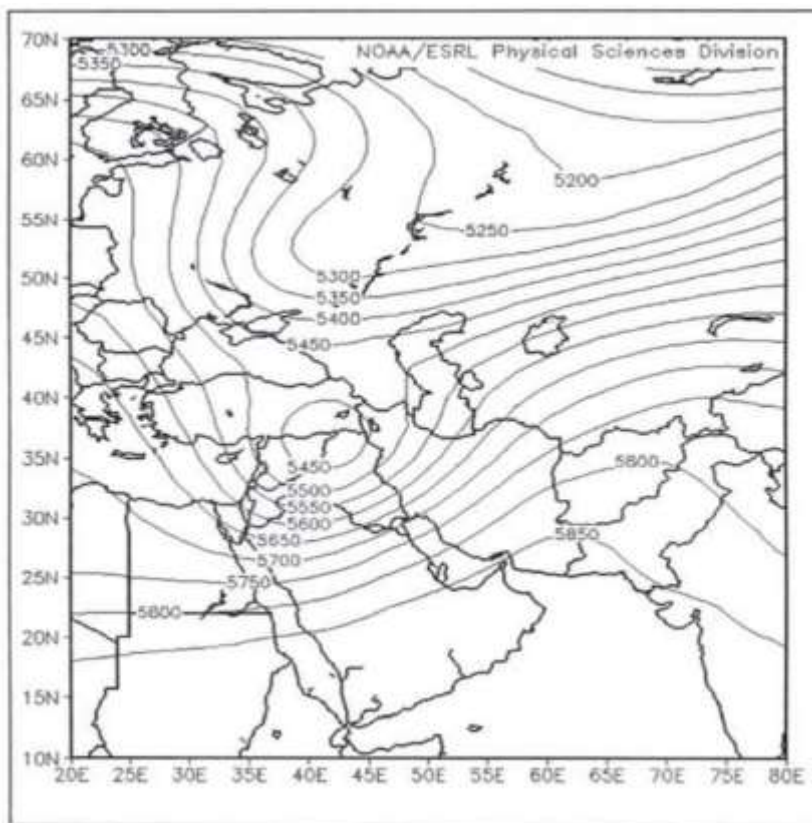
تحلیل هم دیدی روزهای شاخص وقوع توفان ها

چگونگی شکل گیری توفان های گردو غبار در سطح منطقه از دیدگاه سینوپتیکی اهمیت زیادی دارد. از طریق روش مطالعه هم دیدی مشخص می شود که در زمان وقوع این توفان ها روند استقرار الگوهای فشار و تغییرات سرعت باد در سطح زمین، سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و لایه تروپوسفر به چه صورتی بوده است و در چه شرایط سینوپتیکی این جریانها در منطقه اتفاق افتاده است. در این جا چند روز شاخص از نظر وقوع توفان انتخاب شده است تا از دیدگاه هم دیدی مورد تحلیل قرار گیرد. روز ۲۶ مارس ۲۰۱۴ نمونه ای از این روزها بوده است. نقشه های تهیه شده برای این روز (۸) شامل سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، موقعیت جغرافیایی ۲۰ درجه تا ۸۰ درجه طول شرقی و ۱۰ درجه تا ۷۰ درجه عرض شمالی شامل منطقه وسیع تری از خاورمیانه را شامل می شود. در نقشه سطح زمین (شکل ۱۲) شیب گرادیان فشار از سمت منحنی بسته ۱۰۱۳ میلی بار در جنوب شرقی به طرف منحنی بسته ۱۰۰۴ میلی باری در شمال غربی در امتداد نواحی غربی ایران کشیده شده است. به تبع وجود اختلاف فشار بین دو نقطه در سطح زمین و گرادیان فشار حرکت هوا، جریان باد از سمت پرفشار به کم فشار شکل می گیرد. در سطح میانی اتمسفر مطابق با نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو (شکل ۱۳)، در مرکز آن هسته کم ارتفاع بر روی عراق و سوریه قرار گرفته است که فشردگی منحنی های هم ارتفاع در سمت راست این محور بر روی نواحی غربی شرایط وقوع ناپایداری و هم گرایی جریان هوا در نزدیکی سطح زمین را بیان می نماید. روز شاخص دوم ۲۸ ژانویه ۲۰۱۷ (۹ بهمن ۱۳۹۵

(می باشد. در این روز وزش توفان شدید گردوخاک همراه با حضور ابرهای متراکم کومولونیمبوس در سطح منطقه مورد مطالعه منجر به شکل گیری شرایط ناپایداری شدید در نزدیکی سطح زمین شد.

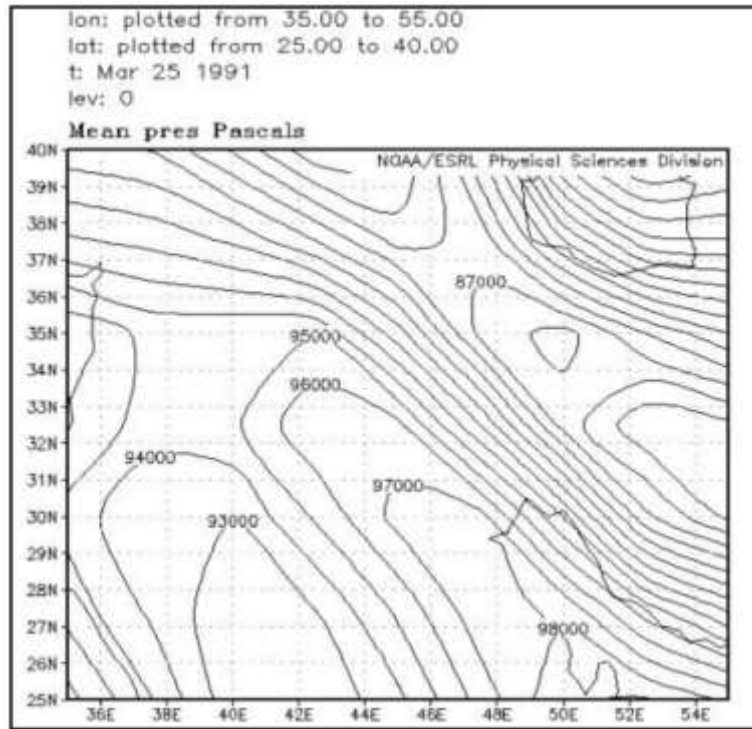


شکل ۱۲- الگوی فشار سطح زمین - ۲۶ مارس ۲۰۱۴ میلادی

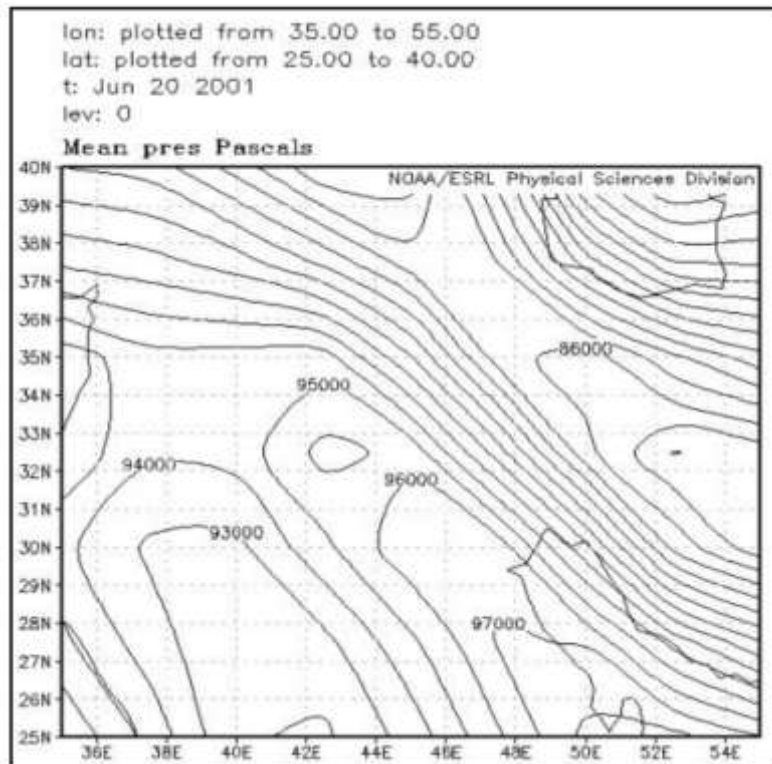


شکل ۱۳- الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال - ۲۶ مارس ۲۰۱۴ میلادی

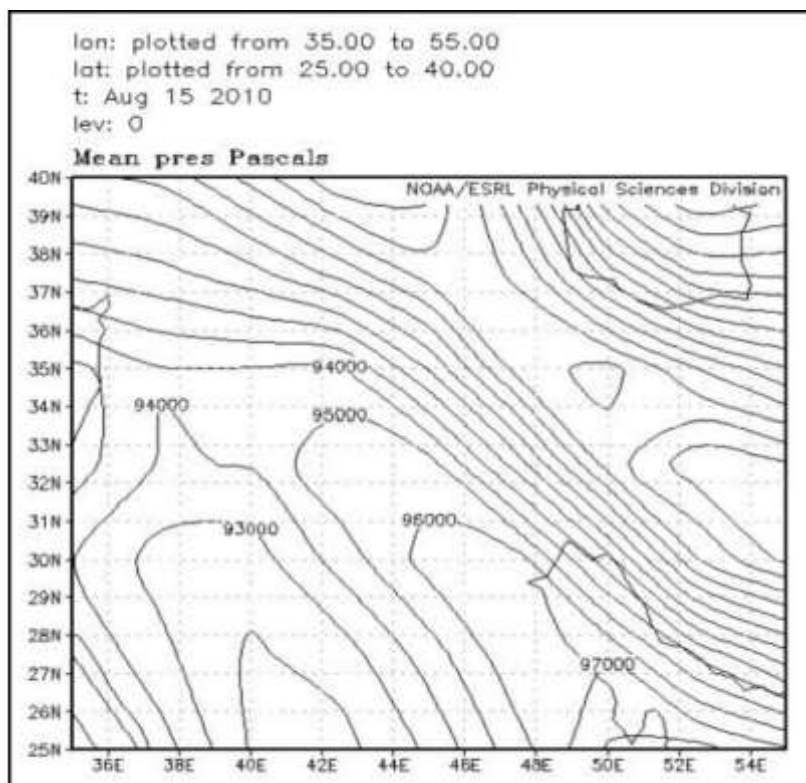
شکل ۱۴ مربوط به میانگین فشار سطح زمین است که تشکیل یک هسته کم فشار ۸۶۰۰۰ پاسکالی (۸۶۰ هکتوپاسکالی) در نزدیکی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد که وضعیت هم گرایی و ناپایداری شدید سطح زمین را تأیید می نماید. بنابراین روزهای شاخص وقوع توفان در ماه مارس، وجود شرایط ناپایداری شدید و بروز بادهای شدید را در نزدیکی سطح زمین بیان می نماید. ماه ژوئن از دیگر ماه های سال است که در منطقه فراوانی از توفانهای گردوغبار وجود دارد. مطابق با نقشه فشار سطح زمین در روز ۲۰ ژوئن ۲۰۰۱ (شکل ۱۵) فشردگی ایزوبارها در غرب کشور توجیه کننده اختلاف فشار و ناپایداری سطح زمین می باشد. هم چنین در روز ۱۵ اوت ۲۰۱۰ میلادی (شکل ۱۶) تشکیل یک منحنی بسته کم فشار ۸۶ هکتوپاسکالی بر روی منطقه و فشردگی هم فشارها در غرب ایران شکل گیری جریان گردوخاک را در نزدیکی سطح زمین نشان می دهد.



شکل ۱۴ - الگوی فشار سطح زمین - ۲۵ مارس ۱۹۹۱ میلادی



شکل ۱۵ - الگوی فشار سطح زمین - روز ۲۰ ژوئن ۲۰۰۱ میلادی

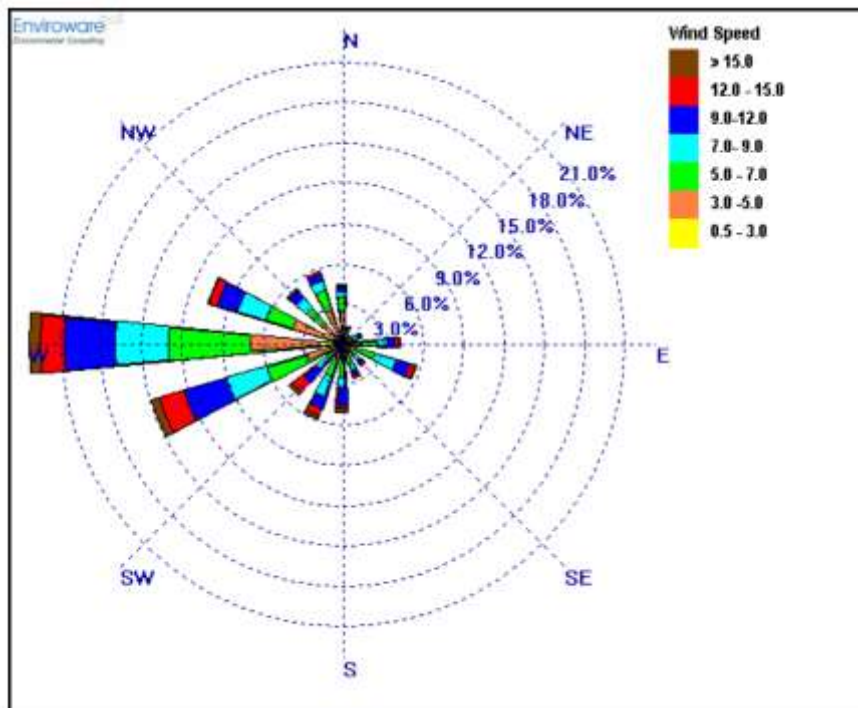


شکل ۱۶- الگوی فشار سطح زمین - روز ۱۵ اوت ۲۰۱۰ میلادی

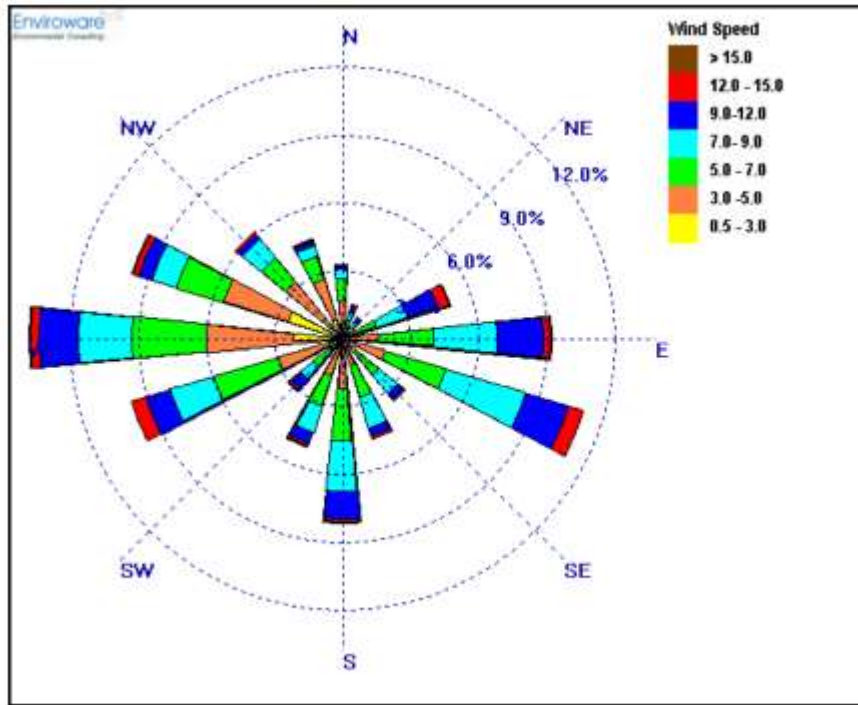
جریان حرکت ریزگردها و گردوخاک درالیه مرزی سطح شهرهای منطقه

زمانی که توفان‌های گردوغبار به عنوان یک پدیده اقلیمی در نزدیکی شهرها مشاهده می‌شوند، قبل از ورود به شهر قسمتی از ذرات خاک موجود بر سطح زمین‌های کشاورزی و سطوح خشک بدون پوشش گیاهی حاشیه شهر را که از لحاظ اندازه و وزن خیلی کوچک هستند، را با خود حمل می‌نمایند. از مهم‌ترین عوامل ایجاد گردوغبار فرسایش بادی است که از عوامل مهم ایجاد فرسایش بادی عاری بودن زمین از پوشش گیاهی می‌باشد (۹). زمانی که پوشش گیاهی بر سطح زمین کم و یا پراکنده باشد، ذرات کم وزن توسط باد از سطح زمین برداشته شده و به راحتی وارد نخستین لایه اتمسفر یعنی تروپوسفر می‌شوند. لایه تروپوسفر همان هوایی است که انسان از آن تنفس می‌نماید. هرچه ذرات خاک درشت‌تر باشند، احتمال انتقال آن‌ها توسط توفان کاهش می‌یابد. اندازه بزرگترین ذرات موجود در سطح خاک زراعی ۰.۲ و ۰.۱ میلی‌متر و برای خاک ماسه ای ۲ میلی‌متر است. شدت فرسایش در خاک زراعی به دلیل درشتی خاک دانه‌ها کم‌تر از خاک ماسه‌ای است (۱۰). در مبحث پیشین مشخص شد که در شهرهای استان خوزستان بیش‌ترین رویداد وقوع توفان‌های گردوغبار که عامل ایجاد پدیده ریزگرد و غبار هستند، مربوط به دو فصل بهار و تابستان است که محدوده بین ماه‌های مارس تا سپتامبر را در بر می‌گیرد. وقوع این توفان‌ها می‌تواند در ارتباط با جریان باد غالب در منطقه باشد. باد غالب یا همان بادی که بیش‌ترین فراوانی در وزش از یک جهت مشخص جغرافیایی را نشان می‌دهد، از جهت انتقال جریان گردوخاک و هوای غبارآلود به شهر اهمیت بیش‌تری دارد. در بین سه شهر مورد مطالعه شهرهای اهواز و دزفول نسبت به آبادان ابتدا جریان بادها از سمت غرب وارد این دو شهر می‌شود. براساس مطالعه انجام شده، باد غالب ایستگاه‌های استان خوزستان در دو فصل بهار و تابستان غربی می‌باشد که گل باد فصل بهار (شکل ۱۷) و گل باد فصل تابستان (شکل ۱۸) این وضعیت را به خوبی نشان می‌دهد (۱۱). بنابراین باد

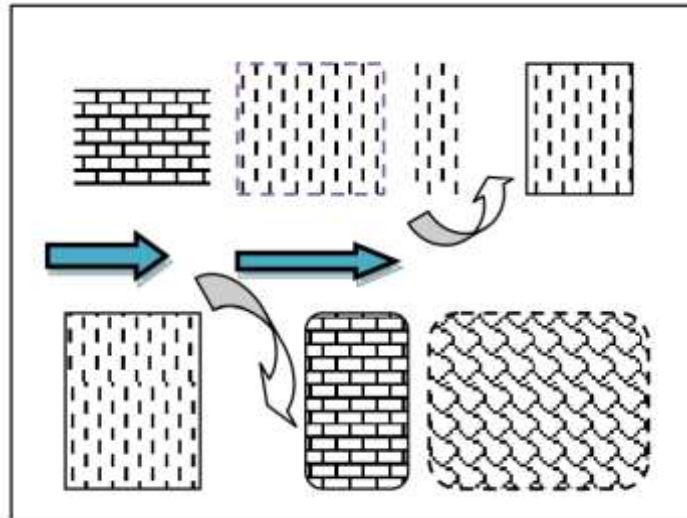
غالب می تواند جریان هوای ریزگردها و ذرات خاک حمل شده را بیش تر از سمت غرب وارد شهرهای منطقه نماید. خیابان های موازی با جهت باد غالب کار انتقال ذرات غبار و گردوغبار را به قسمت مرکزی شهر و دیگر نقاط شهرها آسان می نماید زیرا این جریان هوا با کم ترین مانع بر سر راه به مسیر خود ادامه می دهد. جریان توفان گردوغبار می تواند در امتداد خیابانهای اصلی پس از برخورد با ساختمان های مجاور خیابان به داخل سایر معابر البته با سرعت کم تری انتقال یابد (شکل ۱۹) پس از ورود توفان غبارآلود به شهر به تدریج مطابق با سرعت وزش توفان هوای قابل دسترس یا همان جریان هوای تروپوسفر شهری از سطح زمین تا بالای بلندترین ساختمان های شهری منطقه توسط ذرات گردوخاک و سایر هواویزها اشغال می شود و به این ترتیب علاوه بر پایین آمدن کیفیت هوای شهر تنفس برای ساکنان شهر نیز مشکل می شود. کاهش میدان دید و اختلال در رفت و آمد و خسارت به محیط زیست شهری از دیگر پیامدهای وقوع توفان گردوغبار در شهرهای منطقه خواهد بود. در هنگام عبور توفان گردوغبار از سطح شهر ساختمان های بلند به عنوان یک عامل بازدارنده و اصطکاکی عمل می نمایند. در این وضعیت پس از برخورد توفان به سمت روبره باد ساختمان های بلند شهر، قسمتی از سرعت جریان توفان کاهش سرعت پیدا کرده و به سمت پایین ساختمان حرکت می نماید و ذرات گردوخاک را به طرف سطح خیابان و کوچه منتقل می نماید. بخشی از جریان توفان نیز پس از عبور از روی ساختمان در قسمت پشت به باد و در بین دو ساختمان متوالی حالت چرخشی یا پیچشی پیدا می نماید و در این حالت جوی کاملاً متراکم از هوای آلوده به ریزگردها در فضای بین دو ساختمان شکل می گیرد، بخشی از جریان توفان که در ارتفاع بالاتر قرار دارد نیز بدون مانع از سطح شهر عبور می نماید (شکل ۲۰).



شکل ۱۷- گلباد فصل بهار برای منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۸- گلباد فصل تابستان منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۹- نحوه انتقال توفان گردوغبار به داخل خیابان های موازی با باد غالب و سایر معابر



شکل ۲۰- نحوه عبور جریان توفان گردو غبار از سطح ساختمان های شهر (۱۲)

حضور ریزگردها و ذرات گردوغبار یک بحران محیطی در شهرها محسوب می شود که هرچه تراکم این ذرات در جو نزدیک سطح زمین بیش تر باشد، احتمال ابتلا انسان ها به بیماری های تنفسی افزایش می یابد. مطابق با تحقیقات انجام شده در بعضی از مناطق ایران شدت تراکم ریزگردها در جریان موج گردوغبار خیلی بیش تر از مقدار استاندارد آن می باشد. مثالاً در سال ۱۳۸۷ در کرمانشاه مقدار تراکم این آلاینده ها به ۳۱۵۰ میکرومتر بر مترمکعب یا بیش از ۱۲ برابر استاندارد و در آبادان و اهواز به ۹۳۶۰ میکرومتر بر مترمکعب یا بیش از ۴۰ برابر استاندارد آلودگی رسید. ایلام، کرمانشاه و خرم آباد نزدیک ترین شهرها به منطقه مورد مطالعه می باشند و به ترتیب در شمال، غرب و شمال شرق منطقه قرار دارند که می توان استنباط نمود تراکم مقدار ریزگردها از شرق به غرب و از شمال به جنوب این منطقه افزایش و توان دیدافتی نیز کاهش می یابد. ذرات گردوغبار از نظر اندازه به ذرات درشت (غیرقابل تنفس) و ذرات ریز (قابل تنفس) طبقه بندی می شوند. ذرات درشت به داخل بینی، دهان و حلق اما ذرات ریز به اعماق بیش تر در بدن انسان راه می یابند. ذرات درشت تهدیدی جدی برای سلامت نمی باشند و برای افرادی با سابقه بیماری های تنفسی مانند مبتلایان به آسم و آمفیزم مشکل ایجاد می نمایند (۱۳). تراکم پوشش گیاهی در اطراف شهرهای آبادان، اهواز و دزفول در کاهش سرعت توفان گردو غبار و نیز انتقال کم تر ذرات آلاینده به داخل شهر نقش مثبتی دارد. از دیگر نکات مثبت در مورد کاهش فعالیت ریزگردها در این شهرها مکان گزینی مناسب بعضی از صنایع آلوده کننده تروپوسفر شهر است. در شهر آبادان نیز صنایع مهم دورتر از شهر گسترش یافته اند. در مقایسه با اهواز که در آن فراوانی تعداد توفان های گرد و غبار کم تر از شهرهای مجاور است، در دزفول و آبادان با فراوانی وقوع توفان های گردوغبار بیش تر پهنه های عاری از پوشش گیاهی نزدیک به شهر بیش تر می باشد که همین مورد باعث انتقال ریزگردهای بیش تری به اتمسفر این دو شهر می شود.

بحث و نتیجه گیری

فعالیت توفان های گردوخاک و ریزگردها در سال های اخیر به مشکل زیست محیطی مهمی در نواحی غربی و جنوب غربی کشور ایران تبدیل شده است. مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است که هرکدام بیان گر علل و منشأ پیدایش، نحوه فعالیت، آثار زیست محیطی و آرایه راهکارها و پیشنهادهایی برای حل این بحران محیطی بوده است. در شهرها ریزگردها و توفان های گردوغبار شرایط نامطلوبی برای سلامتی انسان ها ایجاد نموده اند. شهرهای آبادان، اهواز و دزفول در استان خوزستان در جنوب غربی ایران با مشکل ورود توفان های گردوغبار و فعالیت ریزگردها در لایه تروپوسفر یا همان قشرهای قابل تنفس انسان مواجه هستند. با استفاده از روش کمی دو عامل اقلیمی تعداد توفان های گردو غبار و روزهای با میدان دید کمتر از ۲ کیلومتر یا مساوی آن ها در سه دوره آماری از سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت و

مشخص شد که بیشترین تعداد توفان‌های گردوخاک در آبادان و کمترین آنها در دزفول اتفاق افتاده بود. بیشترین تعداد توفان‌های گردوغبار در طول سال در آبادان در اردیبهشت (ماه می)، در اهواز در فروردین (ماه مارس) و مرداد (ماه اوت) و در دزفول در خرداد (ژوئن) شکل گرفته است. تغییرات سال به سال و دوره ای نشان می‌دهد که در تمام منطقه توفان‌های گردوخاک در سالیان اخیر افزایش داشته است. تغییرات تعداد توفان‌ها با ارتفاع از سطح دریا نشان داد که تعداد توفان‌های گردوخاک با افزایش ارتفاع روند مثبتی را نشان داده و افزایش یافته است. بیشترین تعداد روزهای با کاهش دید مساوی ۲ کیلومتر یا کمتر از آن در اهواز در خرداد (ژوئن) و در آبادان و دزفول تیرماه (جولای) اتفاق افتاده بود. تحلیل سینوپتیکی روزهای شاخص وقوع توفان نشان می‌دهد که در نزدیکی سطح زمین گرادبان شدید فشار، فشردگی هم فشارها و تشکیل هسته‌های کم فشار بر روی منطقه و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شرایط هم‌گرایی بر روی منطقه در شکل‌گیری این توفان نقش داشته است. گل‌بادهای سالیانه برای منطقه نشان داده است که باد غالب منطقه جنوب غربی است و توفان گردوغبار از سمت جنوب غرب پس از حمل نمودن ذرات ریزتر خاک از سمت جنوب غرب با فراوانی بیش‌تر وارد هرکدام از این شهرها شده و در خیابان‌های موازی با باد غالب جریان گردوغبار به قسمت‌های مرکزی شهر منتقل می‌شود. به تدریج با استقرار ذرات گردوغبار در شهر لایه تروپوسفر شهر توسط ریزگردها آلوده می‌شود. جریان توفان بر اثر برخورد با ساختمان‌های بلند، ریزگردها را در اطراف ساختمان‌ها متراکم می‌نماید. قسمتی از جریان توفان در قسمت روبه باد ساختمان‌ها به سمت سطح زمین حرکت می‌نماید، قسمتی دیگر در بخش پشت به باد و بین دو ساختمان متوالی حالت پیچشی پیدا می‌نماید که این دو قسمت از جریان هوای قابل تنفس برای ساکنان، شهر را آلوده می‌نمایند. بخشی از جریان در ارتفاع بالاتر از سطح شهر عبور می‌نماید. پوشش گیاهی اطراف شهرهای منطقه نقش مثبتی در کاهش تراکم ریزگردها در هوای داخل شهر دارند و مکان‌گزینی بعضی از صنایع مناسب بوده و در نقطه‌ای دورتر از شهر قرار گرفته است و ریزگردهای حاصل از آن نقشی در آلودگی الیه تروپوسفر شهری ندارند.

منابع

1. Anselin, L., Syabri, I., Kho, Y., 2009. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. In Fischer MM, Getis A (eds) Handbook of applied spatial analysis. Berlin, Heidelberg and New York: Springer
2. Buchany, M., Fazeli, D., 2011. Environmental challenges and its consequences, dust and its consequences in the West of Iran, Journal of Policy making, No. 3, pp. 125-146. (In Persian)
3. Ciren, P., Kondragunta, S., 2014. Dust aerosol index (DAI) algorithm for MODIS, Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 119(8): pp. 4770-92.
4. Engestadler, s., 2001. Dust storms frequencies and their relationship to land surface conditions, frei drich- schiller university press, jena, Germany, p. 56.
5. Fengjin, Xiao, Zhou caiping, liao yaoming, 2008. Dust storms evolution in Taklimakan Desert and its correlation with climatic parameters, J. geogr. Sci, 18, pp. 425-514.
6. Gerasopoulos, E., Kouvarakis, G., Babasakalis, P., Vrekoussis, M., Putaud, J. P., Mihalopoulos, N., 2006. Origin and variability of particulate matter (PM10) mass concentrations over the Eastern Mediterranean, Atmos. Environ., No. 40, 25, pp. 4679-4690.
7. <http://www.esrl.noaa.gov> (In Persian)

8. Hyun, C., Dong, W. S., Wonnyon, K., Seong, J. D., Soo, H. L., Minsoo, N., 2011. Asian dust storm particles induce a broad toxicological transcriptional program in human epidermal keratinocytes, *Toxicology Letters*, 200(1-2), pp. 92-99.
9. Islamic Republic of Iran Meteorological Organization (IRIMO), 2014. Climatic normal. (In Persian)
10. Jacquelyn, C., Climate analysis and long range forecasting of dust storms in Iraq, (Dissertation for the degree of Master of Science), Graduate college of Naval postgraduate academy, Monterey California, June 2009.
11. Kaviani, M., 2001. Microclimatology, First edition, Tehran, p. 219. (In Persian).
12. Krueger, B. J., Grassian, V. H., Cowin, J. P., Laskin, A., Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy, *Atmospheric Environment* 2004; 38(36), pp. 61- 6253.
13. MahmoudAbadi, M., Dehghani, F., Azim Zadeh, H., 2011. The study of the effect of soil particle size distribution on wind erosion severity, *Journal of soil management and sustainable production*, Kerman Agricultural Sciences and Natural Resources Faculty, Vol. 1, No. 1, pp. 81- 98. (In Persian)
14. Ministry of Health, 2011. Dust and its effects on human health, Health Deputy, Health and Environment Center, Tehran (In Persian)
15. Mofidi, A., Jafari, J., 2011. Examining the role of regional atmospheric circulation on the Middle East in the summer dust storms in the South West of Iran. *Journal of Arid Regions Geographic's Studies*. No. 5:45-17 (In Persian)
16. Monikumar, R., Revikumar, P. V., 2012. Occurrence of widespread dust – followed by thunderstorm over Qatar on 4th February 2010 – a case study, *Pakistan Journal of Meteorology*, 9(17).
17. Nickovic, S., Kallos, G., Papadopoulos, A., Kakaliagou, O., 2011. A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984-2012). 106 (D16):18113-29.
18. PourAli, M., Taghizadeh, A., 2011. Investigation of causes and dust origin in Khuzestan Province, *Journal of educational development of geography*, Vol. 25, Issue 3, pp. 8-13. (In Persian)
19. Rostami, N., Alidadi, H., Salehi, P., JamaliBehnam, F., Doosti, S., Dowlatabadi, M., 2013. Investigating the Undesirable effects of dust on human health and the environment, 16th Iranian Environment Health Conference, Tabriz. (In Persian)
20. Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Mesdsqinia, A., Younesian, M., Jafarzadeh, N., Naeemabadi, A., Salesi, M., Nadafi, K., 2012. Analysis of the process of dusts entering Iran with emphasis on Khuzestan province. *Hakim Research Journal*, Vol. 15, No. 3, Pages 192 – 202. (In Persian)
21. Sissakian, V. K., Al-Ansari, N., Knutsson, S. 2013. Sand and Dust storm events in Iraq. *Natural Sci.*, 5, 1084-1094.
22. Vanderstraeten P., Lenelle, Y., Meurrens, A., Carati, D., Brenig, L., Delcloo, A., 2008. Dust storm originate from Sahara covering Western Europe: A case study, *Atmospheric Environment*, 42(21), pp. 93- 5489.

23. Wang, X., Dong, Z., Zhang, C., Qian, G., Luo, W., 2009. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China, *Geomorphology*, 112, pp. 144-157.
24. Wijayratne, U. C., Scoles-Sciulla S. J., DeFalco, L. A., 2009. Dust deposition effects on growth and physiology of the endangered *Astragalus jaegerianus* (Fabaceae). *Madroño*, 56(2), pp. 81 –88.
25. World of industry newspaper, 2011, Dust damages to the beekeepers of Lorestan. (In Persian)
26. Yarahmadi, D., Khoshkish, A., 1392. Zoning dust phenomenon in the western half of Iran during the years 1990 to 2009, *Journal of Applied Research in Geographic Sciences*, No. 31, pp. 211-225. (In Persian).
27. Zijiang, Z., wang, x., 2012. Analysis of the severe group dust storms in eastern part of northwest china, *journal of Geographichal sciences* 12, 3, pp. 357-362.
28. Zolfaqari, H., Masumpour Samakush, J., ShayeganMehr, s., Ahmadi, M., 2011. Synoptic study of dust storms in western regions of Iran during the years 2005 to 2009, *Journal of Geography and Environmental Planning*, No. 43, pp. 17- 34. (In Persian)