مسیریابی شدیدترین طوفان‌های گردوغبار غرب ایران با استفاده از نرم افزار HYSPLIT

نازنین احمدی جزی[۱]، حسن خسروی*[۲]، غلامرضا زهتابیان[۳]، شهرام خلیقی سیگارودی[۴]، اسماعیل حیدری علمدارلو[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲ *- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، hakhosravi@ut.ac.ir

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۵- دکتری بیابان‌زدایی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

گردوغبار یکی از پدیده‌های جوی است که رخداد آن در مناطق دنیا متاثر از عوامل طبیعی و انسانی بوده و عمدتا جزو مخاطرات طبیعی به شمار می‌آید که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بخش گسترده‌ای از جامعه بشری را متاثر می‌سازند. با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و شرایط اقلیمی خاص مخصوصا در ناحیه غرب و جنوب غرب موجب شده است که این پدیده از عمده‌ترین مخاطرات محیط زیستی در این نواحی باشد. پژوهش حاضر به مسیریابی شدیدترین طوفان‌های گردوغبار در ناحیه غرب ایران در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ پرداخته است. برای شناسایی مناطق منشا و ردیابی طوفان‌های گردوغبار در استان خوزستان، از داده‌های دید افقی زیر ۱۰۰۰ متر هواشناسی، سینوپتیک ۳ ساعته و مدل HYSPLIT حالت پسگرد، ایستگاه اهواز استفاده شد است. بررسی داده‌ها نشان از روند صعودی وقوع این پدیده تا سال ۲۰۱۴ داشت به طوری که در طی بازه زمانی مطالعه شده سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۴ دارای بیشترین رخداد ثبت شده گردوغبار در استان خوزستان است. نتایج ردیابی جریان گردوغبار با استفاده از مدل نشان می‌دهد که این توده گردوغباری بیشتر از مناطق غرب و شمال غرب عراق سرچشمه گرفته و وارد ایران می‌شود. نتایج پژوهش حاضر حاکی از این است که مدل رهگیری جریان باد و بررسی‌های جوی قابلیت مناسبی برای تشخیص و پایش مسیر حرکت طوفان‌های گردوغبار دارند.

واژه‌های کلیدی: دید افقی، اهواز، ردیابی، مدل **HYSPLIT**، غرب و شمال غرب عراق.

مقدمه

گردوغبار یکی از پدیده‌های جوی است که رخداد آن در مناطق دنیا متاثر از عوامل طبیعی و انسانی بوده و عمدتا جزو مخاطرات طبیعی به شمار می‌آید که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بخش گسترده‌ای از جامعه بشری را متاثر می سازند. از نظر آماری، فراوانی و تعدد وقوع این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر از نقاط دیگر دنیا بوده است (Xiao و Chang، ۲۰۰۹). ذرات معلق گردوغبار به دلیل امکان شناوری طولانی مدت درون جو و انتقال با گردش‌های جوی بزرگ مقیاس و شارش‌های میان مقیاس، می‌توانند حتی تا مناطقی بسیار دورتر از کانون شکل‌گیری گسترش یابند. پدیده گردوغبار در سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک کره زمین رخ می‌دهد که با ویژگی‌های اقلیمی این مناطق ارتباط دارد. براساس تعریف سازمان هواشناسی جهانی، هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه بیشتر شده و دید افقی به واسطه وجود ذارت گردوغبار به کمتر از یک کیلومتر بر سد، طوفان گردوغبار گزارش می‌شود (Goudie و Middleton، ۲۰۰۶). فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در یک منطقه به عواملی از جمله سرعت بالای باد، عدم پوشش خاک، خشکی هوا (Mei و همکاران، ۲۰۰۸)، رطوبت خاک، پوشش گیاهی (Huang و همکاران، ۲۰۰۶)، سیستم هوای محلی، بارش، جنگل‌زدایی، خشکسالی، تغییرات در کاربری زمین و برخی فعالیت‌های انسانی (John و همکاران، ۲۰۰۶) بستگی دارد. علاوه بر این گردوغبار تحت عنوان یکی از مهمترین پدیده‌های موثر بر کیفیت هوا، توجه بسیاری از محققان را در این زمینه به خود جلب کرده است. از تقطه نظر شرایط محیط زیستی و آلودگی سنجی، گردوغبار و هواویزهای جوی که شامل ذرات جامد و مایع معلق موجود در هوا هستند بر ویژگی‌های کیفی هوای تنفسی موجودات زنده (Liu و همکاران، ۲۰۰۶؛ رضازاده و همکاران، ۱۳۹۲) و سلامتی بشر (Van و همکاران، ۲۰۰۴) تاثیرگذار هستند و می‌تواند اثرات سویی بر سلامت انسان بخصوص افراد دارای مشکلات تنفسی، داشته باشد. همچنین نقش برجسته‌ای در بودجه تابشی جو و در نتیجه سامانه اقلیمی دارند. کشور ایران به علت قرار گرفتن در کمربند

خشک و نیمه‌خشک جهان به طور مداوم در معرض سیستم‌های گردوغبار محلی متعدد قرار دارد (طائمی سمیرمی، ۱۳۹۲). کشور ایران مخصوصا غرب و جنوب غرب آن به شدت در معرض این پدیده می‌باشند.

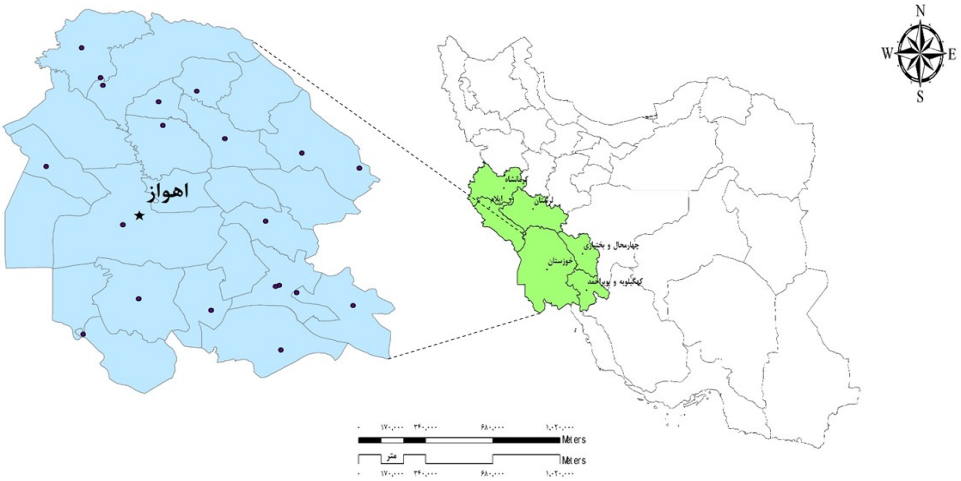
عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی طی بازه ۳۰ ساله از ۱۹۷۹ الی ۲۰۰۸ به شناسایی منشاء گردوغبارهای وارد شده و ردیابی آن‌ها به نیمه غربی ایران پرداختند، نتایج نشان داد که دو مسیر اصلی برای انتقال گردوغبار به منطقه مورد مطالعه قابل شناسایی است. مسیر شماره ۱ مسیر شمال غربی_جنوب شرقی و مسیر شماره ۲ مسیر غربی_شرقی و در مواردی مسیر شمالی_جنوبی. بر این اساس دو منطقه مرزی بین سوریه و عراق و مسیر شمال غرب_جنوب شرق به ترتیب منشاء و مسیر اصلی ورود گردوغبار برای نیمه غربی ایران محسوب می‌شوند. مالیا و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مدل لاگرانژی گردوغبار که در یک محیط پیش‌بینی‌شده، استفاده شده است، به این نتیجه رسیدند که این مدل قادر به اندازه‌گیری یک رویداد گردوغبار بزرگ با یک تاخیر ۲ ساعته است. این نتایج نشان می‌دهد که چارچوب مدلسازی گردوغبار ارائه شده دارای پتانسیل تکرار رویدادهای گردوغبار گذشته، شناسایی مناطق منبع گردوغبار و برای برنامه‌های پیش‌بینی کوتاه مدت استفاده می‌شود. کومار و همکاران (۲۰۱۵) طی پژوهشی، سه رویداد گردوغبار مهم سال ۲۰۱۰ که در شمال هند، در طول فصل موسمی، رخ داده بود را از طریق اندازه‌گیری‌های زمینی، ماهواره‌ای و برآورد مدل تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج نشان دادند که همه طوفان‌های گردوغبار نشات گرفته از بیابان تار تحت تاثیر شرایط مطلوب ایجاده شده‌اند. کائو و همکاران (۲۰۱۴) به شناسایی مناطق گردوغبار در غرب آسیا با استفاده از مجموعه داده‌های محیط زیستی و تصاویر ماهواره‌ای طی دوره ۲۰۱۳-۲۰۰۰ پرداختند، نتایج حاصل سه گروه از منابع مولد گردوغبار در دشت‌های دجله و فرات، یک منبع در دشت سیستان و دو منبع در بخش‌هایی از عربستان و سوریه را نشان داد. در پژوهشی مشابه مجدد کائو و همکاران (۲۰۱۵) به شناسایی منابع گردوغبار و شن در ایران پرداختند. آل جومیلی و ابراهیم (۲۰۱۳) در تحقیقی وضعیت سینوپتیکی دو طوفان گردوغبار رخ داده در عراق را تجزیه و تحلیل نمودند و نتیجه گرفتند این طوفان‌ها ابتدا از مناطق منشا نزدیک مرز عراق-سوریه به وسیله یک سرعت عمودی منفی به سمت بالا کشیده شده و بادهای پرقدرت غربی آن‌ها را به سمت شرق حرکت می‌دهد. محمدی مرادیان و حسین زاده (۱۳۹۴) با بهره‌گیری از مدل HYSPLIT به روش پسگرد، سه مسیر کلی انتقال ذرات غبار به مشهد را تشخیص دادند. مسیر اصلی، شمال شرق-جنوب غرب بوده و در دوره گرم سال، گردوغبار را از بیابان‌های ترکمنستان و آسیای مرکزی به مشهد وارد می‌کند. مسیر دوم، شمال غرب-جنوب شرق بوده و در دوره سرد سال فراوانی بیشتری داشته و مسیر شوم، جنوب غربی-شمال شرقی بوده که در دوره سرد سال از فراوانی کمتری برخوردار بوده است. عزیزی و همکاران (۱۳۹۱)، با استاده از داده‌های ایستگاه همدیدی، سنجنده مادیس و مدل HYSPLIT چشمه طوفان‌های غربی کشور را بررسی کرده و مناطق مرزی بین کشور عراق و سوریه را مناطق اصلی برای طوفان‌های غرب کشور به دست آوردند. مفیدی و جعفری (۱۳۹۰) منابع طوفان‌های گردوغبار تابستانه در جنوب غرب ایران را با استفاده از مدل لاگرانژی HYSPLIT و روش ردیابی پسگرد تحلیل کردند. خروجی مدل نشان داد منابع اصلی گردوغبار برای طوفان‌های جنوب غرب ایران محدوده‌ای در حدفاصل مرکز تا شمال عراق، شرق سوریه تا شمال عربستان است.

هدف این پژوهش بررسی ویژگی‌های شدیدترین موارد وقوع گردوغبار در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۴ در استان خوزستان می‌باشد و در نهایت منشا عمده طوفان‌های گردوغبار با استفاده از مدل HYSPLIT حالت پسگرد پایش می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۴ کیلومترمربع بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی در جنوب‌غربی ایران واقع شده است (شکل ۱). بر اساس مطالعات اقلیمی حدود ۶۵ درصد مساحت کل استان دارای اقلیم فراخشک تا خشک است. میانگین بارندگی سالیانه در استان خوزستان ۲۱۳ میلی‌متر گزارش شده است، بطوریکه میزان بارندگی این استان از جنوب و جنوب‌غرب به سمت شمال و شرق افزایش می‌یابد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان بارندگی به ترتیب مربوط به نواحی شمال شرقی با متوسط ۶۱۶ تا ۷۰۰ میلی‌متر و جنوب‌غرب با متوسط ۱۲۵ تا ۲۲۵ میلی‌متر است. دامنه نوسانات دمایی در محدوده استان بسیار زیاد است و سالانه تغییراتی بین ۵۴/۴ درجه سانتی‌گراد و ۴/۸- درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

روش تحقیق ترکیبی از تحلیل‌های آماری، همدیدی می‌با شد. با ا ستفاده از مدل لاگرانژی HYSPLIT حالت ردیابی پ سگرد ذرات در ترازهای مختلف جو استفاده شد. داده‌های REANALYSIS برای ردیابی بازه ۵ ساله (۲۰۱۰ الی ۲۰۱۴) بعلت ثبت داده‌های روزانه مرتب و همچنین بیشترین میزان فراونی گردوغبار در این بازه انتخاب شد. این داده‌ها با تفکیک افقی ۱*۱ درجه، برای ۲۶ تزار فشاری (۱۰۰-۱۰۰۰ هکتوپاسکال) و با گام زمانی ۱۲ ساعته در د سترس می‌باشند. در این پژوهش از حالت پسگرد مدل ا ستفاده شده ا ست. بطوریکه همزمان با ورود اولین گردوغبار وارد شده به منطقه مورد مطالعه مسیر باد برای ۲۴ ساعت قبل از آن مورد برر سی قرار گرفته است. درواقع مسیر باد برای روز قبل از وقوع گردوغبار در ایستگاه‌های درگیر با این پدیده مورد ارزیابی قرار گرفتند. در انتخاب روزهای مورد مطالعه سعی بر این شد نمونه‌های انتخابی دارای تداوم زمانی، گسترش مکانی با دید افقی زیر ۱۰۰۰متر باشند.

پژوهش حاضـــر دربردارنده تحلیل آماری رخداد پدیده گردوغبار در بازه زمانی ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۴ با اســـتفاده داده‌های ســـازمان هواشـــناسـی ایران و ردیابی مسـیرهای گردوغبار با اسـتفاده از مدل HYSPLIT روش پسـگرد در ایسـتگاه اهواز به نمایندگی از تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک ا ستان خوز ستان ا ست، می‌با شد. با برر سی کدهای هوای حا ضر (کد ۰۶) سازمان هوا شنا سی ایران در ا ستان خوز ستان طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۰ تاریخ شدیدترین رخدادهای گردوغبار ا ستخراج شد. فاکتور میدان دید ن شان دهنده کاهش شدید میدان دید می‌با شد که در روزهای ا ستخراجی در نظر گرفته شده ا ست و با ا ستفاده از مدل رهگیری خط سیر پسگرد در سه ارتفاع ۱۰۰-۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر به صورت ۲۴ ساعته در ساعت ۱۵:۰۰ عصر، ردیابی انجام شد.

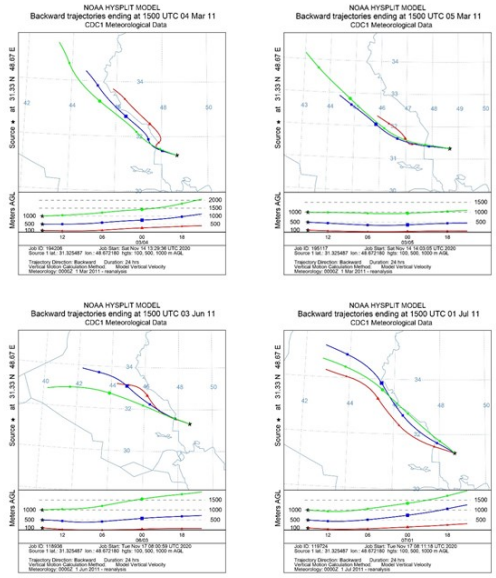
نتایج

در این پژوهش روزهای گردوغباری از سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ به تفکیک ا ستان‌ها ا ستخراج گردید که با برر سی آن‌ها م شخص گردید در طی این بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۴ دارای بیشترین رخداد ثبت شده گردوغبار در استان خوزستان است. بنابراین م سیرهای گردوغبارهای شدید ورودی به منطقه بازه زمانی مربوط به سال ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۴ برر سی شد از مجموع ۲۱ ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان ایستگاه سینوپتیک اهواز به عنوان ایستگاه مرجع انتخاب شد و همچنین جدول ۱ تاریخ‌های استخراجی از سال ۲۰۱۰-۲۰۱۴ می‌باشد.

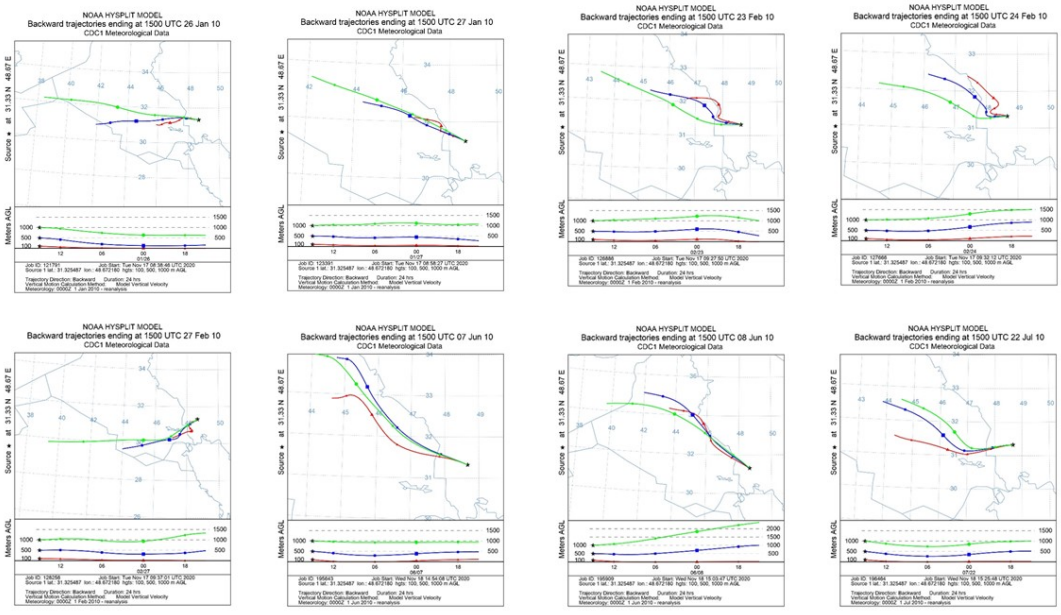
نتایج نشـان داد بیشـتر جریانات هوا از مناطق غرب و شـمال غرب عراق عبور کرده و با گذر از مناطق بیابانی و بایر موجبات حمل گردوغبار را فراهم کرده است. به این ترتیب منشاء توده هوا و چشمه‌های گردوغباری به وسیله این مدل شناسایی شد. شکل ۲ نتایج حاصل از ردیابی توده‌های هوا در روزهای گردوغباری (۲۵ روز) ذکر شده در جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۱ – تاریخ وقوع گردوغبارهای فراگیر منطقه از سال ۲۰۱۴-۲۰۱۰ در ایستگاه نماینده (اهواز)

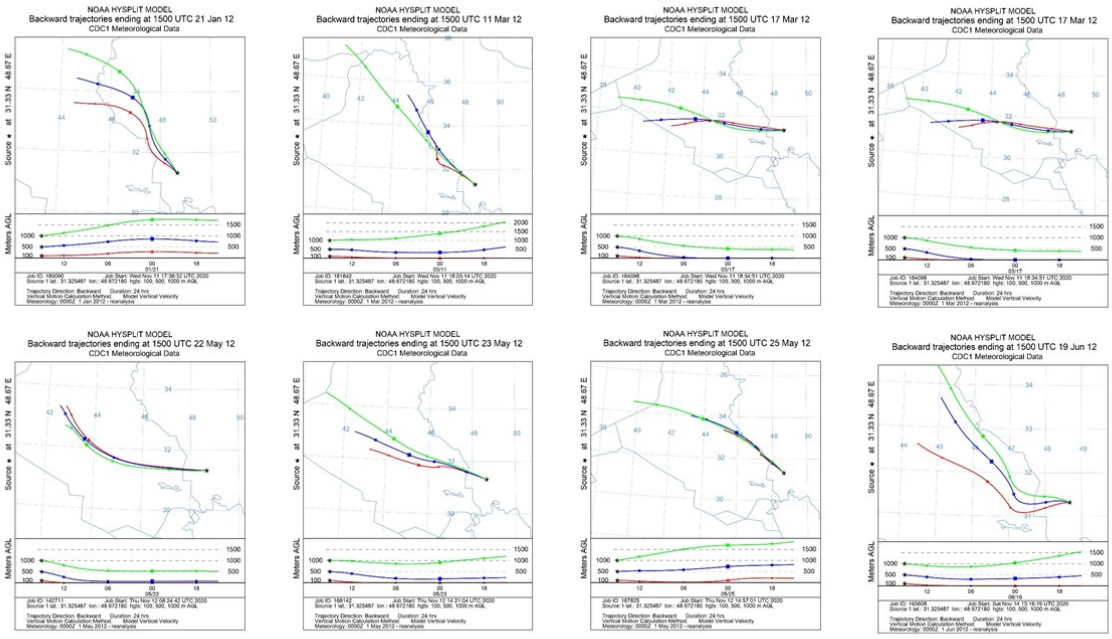
سال	تاریخ ثبت	سال	تاریخ ثبت
۲۰۱۰	۲۶ و ۲۷ ژانویه	۲۰۱۲	۲۱ ژانویه
	۲۳، ۲۴ و ۲۷ فبریه		۱۱ و ۱۷ مارچ
	۷ و ۸ ژوئن		۲۰ آپریل
	۲۲ جولای		۲۲، ۲۳ و ۲۵ می
۲۰۱۱	۴ و ۵ مارچ		۱۹ ژوئن
	۱۳ آپریل	۲۰۱۳	۷ مارچ
	۲ و ۳ ژوئن		۱۱ ژوئن
	۱ جولای	۲۰۱۴	۱۴ جولای



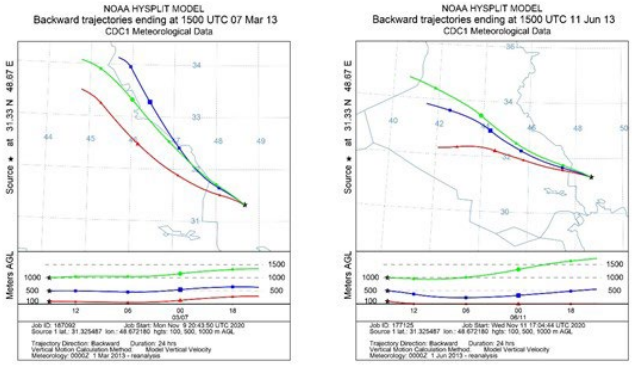
سال ۲۰۱۱



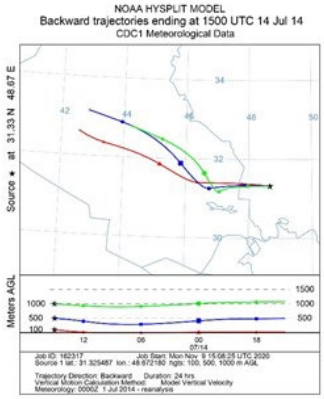
سال ۲۰۱۰



سال ۲۰۱۲



سال ۲۰۱۳



سال ۲۰۱۴

شکل ۲- ردیابی توده‌های هوا در روزهای گردوغباری

با بررسی و تحلیل موارد مشابه گردوغبار در منطقه می‌توان شرایط منجر به وقوع چنین طوفان‌هایی را شناخت و برای پیشگیری و مقابله با آن استفاده کرد. با بررسی موارد بیشتر از طوفان‌های گردوغبار می‌توان با قطعیت بیشتری نسبت به منشا یابی آن اقدام کرد.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به اینکه یکی از تاثیرگذارترین عوارض سطحی در تقویت و افزایش غلظت گردوغبار ورودی به استان خوزستان وجود رشته کوه زاگرس بوده که به عنوان یک سد کوهستانی عمل کرده و باعث شده تا غلظت و حجم گردوغبار در قسمت رو به باد افزایش یابد و مانعی برای عبور توده‌های گردوغبار و ترک منطقه باشد، لذا ردیابی توده‌های هوا نشان داد جریانات سرچشمه یافته از مناطق دور د ست مقادیر گردوغباری را که به منطقه وارد می‌کنند، از تو سعه بالایی برخوردار بوده و در طی دو جریان غربی و شمال غربی ا ستان خوزستان را متاثر می‌سازد. جریانات محلی نیز با همگرایی بسته هوا و الگوی خطی از کانون‌های موجود در کشور عراق و کانون‌های داخلی برای انتشار گردوغبار استفاده می‌کنند. همچنین ردیابی توده‌های هوا در روزهای گردوغباری نشان داد که کانون‌های عمده و اصلی گردوغبارهای استان خوزستان در روزهای مورد بررسی کشورهای عراق (به صورت عمده)، سوریه و اردن هستند.

منابع

- رضا زاده، م.، ایران‌نژاد، پ.، شائو، ی.، ۱۳۹۲. شبیه‌سازی گسیل غبار با مدل پیش‌بینی عددی وضع هوا WRF-Chem و با استفاده از داده‌های جدید سطح در منطقه خاورمیانه، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره: ۳۹(۱): ۱۹۱-۲۱۲.
- طائی سمیرمی، س.، مردای، ح.، خداقلی، م.، احمدی آخورمه، م.، ۱۳۹۲. شناخت و بررسی عوامل موثر بر پدیده گردوغبار در غرب ایران، فصلنامه انسان و محیط زیست، ۲۷: ۱۰-۱.
- عزیزی، ق.، شمسی پور، ع ا.، میری، م.، صفرراد، ط.، ۱۳۹۱. تحلیل آماری-همدیدی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران، محیط شناسی، ۳۸(۳): ۱۴۳-۱۲۳.
- عزیزی، ق.، میری، م.، نبوی، س.م.، ۱۳۹۱. ردیابی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۲(۷): ۸۱-۶۳.
- محمدی مرادیان، ج.، حسین زاده، ر.، ۱۳۹۴. پایش ماهواره‌ای و تحلیل همدید پدیده گردوغبار در کلان شهر مشهد طی دوره آماری ۲۰۱۳-۲۰۰۹. فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۴(۱۴).
- مفیدی، ع.، جعفری، س.، ۱۳۹۰. بررسی نقش گردش منطقه‌ای جو بر روی خاورمیانه در وقوع طوفان‌های گردوغباری تابستانه در جنوب غرب ایران. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۲(۵): ۴۵-۱۷
- Al-Jumaily, K. J., and Ibrahim M. K. (2013). Analysis of synoptic situation for dust storms in Iraq, International Journal of Energy and Environment, VOL 4, Issue 5. 851-858.broblasts: Toxiology in vitro; 21, 632-638.
- Cao, H; and F, Amiraslani, L, Jian, N, Zhou. 2014. Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. Science of the Total Environment.
- Cao, H; L, Jian, W, Guizhou, Y, Guang, and L, Lei. 2015. Identification of sand and dust storm source areas in Iran. Journal of Arid Land, 5: 567–578.
- Goudie, A, and N, J, Mideleton. 2006. Desert dust in the global system. Springer, Heidelberg 90:1.
- Huang, M; G,Peng, J, Zhang, and Sh, Zhang. 2006. Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China. Global and Planetary Change, 52: 216–224.
- John J, Qu, and S, Menas. 2006. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. Geosciences and Remote Sensing letters, 4: 484- 486.
- Kumar, K. R., Yin, Y., Sivakumar, V., Kang, N., Yu, X., Diao, Y., ... & Reddy, R. R. (2015). Aerosol climatology and discrimination of aerosol types retrieved from MODIS, MISR and OMI over Durban (29.88 S, 31.02 E), South Africa. Atmospheric Environment, 117, 9-18.
- Liu, S.-c., Q. Liu, M. Gao and L. Chen., (2006). Detection of dust storms by using daytime and night-time multi-spectral MODIS Images. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS 2006. IEEE International Conference on 294-296.
- Mallia, D. V., Kochanski, A., Wu, D., Pennell, C., Oswald, W., & Lin, J. C. (2017). Wind-blown dust modeling using a backward-Lagrangian particle dispersion model. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 56(10), 2845-2867.

- Mei, Di, l, Xiushan, S, Lin, W, Ping. 2008. A Dust-Storm process dynamic monitoring with multitemporal MODIS data, the international archives of the photogrammetric. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34: 965-970.
- Van Strien, R. T., Engel, R., Holst, O., Bufe, A., Eder, W., Waser, M., ... & ALEX Study Team. (2004). Microbial exposure of rural school children, as assessed by levels of N-acetyl-muramic acid in mattress dust, and its association with respiratory health. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 113(5), 860-867.
- Xiao J, Chang C., (2009), Dust storm and its causes in northern China. Technol Train 1:555–558.