نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۳،پاییز ۱۳۹۷
صفحات ۱۰۳ تا ۱۰۹

واکاوی و ردیابی پدیده گردوغبار در جنوب و جنوب شرق ایران با استفاده از مدل HYSPLIT و اصول سنجش‌ازدور

سید اسعد حسینی، دکتری اقلیم شناسی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
دانا رستمی[1]، کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۶/۰۱۱/۱۳ پذیرش نهایی:۱۳۹۷/۰۶/۱۶

چکیده

گردوغبار یکی از مخاطرات محیطی و از پدیده‌های جوی آ شنا برای ساکنان مناطق جنوب و جنوب شرقی ک شور ا ست. که هر ساله خ سارات فراوانی را به بخش‌های مختلف وارد می سازد. لذا در این پژوهش به برر سی و شنا سایی منابع گردوغبار منطقه، شدت و فرکانس گردوغبار، الگوهای حاکم بر آن و مناطق تحت سیطره گردوغبار در طول دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۳-۱۹۸۴) پرداخته شد. بدین منظور از ترکیب تحلیل‌های آماری، همدیدی و سنجش‌ازدوری و داده‌های GDAS، داده‌های دما، سمت و سرعت باد و ارتفاع ژئوپتانسیل، تصاویر MODIS و داده‌های ساعتی ایستگاه‌های هواشناسی بهره گرفته شد. نتایج حاصل نشان داد که ماه‌های ژوئن، جولای ، اوت و می به ترتیب از نظر فراوانی و شدت با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر بی شترین رخداد و ماه د سامبر کمترین رخداد گردوغبار را دارند و دریاچه خشک شده هامون، بیابان‌های افغانستان، حا شیه‌ها جنوبی و شرقی لوت، بیابان ربع الخالی، مناطق مرکزی و شمال شرقی عربستان و جنوب عراق، منابع اصلی و مولد گردوغبار منطقه مورد مطالعه هستند. همچنین مسیر شمال – شمال غربی و شمال غربی - جنوب شرقی و در موارد محدودی غربی- شرقی مسیرهای اصلی ورود این پدیده به منطقه مورد مطالعه ه ستند. نتایج واکاوی همدیدی نیز ن شان داد که در دوره گرم سال کم‌ف شار مو سمی و کم‌ف شار جنوب شرق ایران با هم تلفیق شده و در نهایت در تقابل با پرفشار مستقر بر دریای خزر و شمال ایران سبب شیو فشار شدید و ایجاد بادهای پر سرعت بر روی جنوب شرق ایران می شود که با توجه به نبود رطوبت و خ شکی منطقه، ه سته گردوغبار شکل می‌گیرد و موقعیت مکانی کم‌فشار سبب مکش شدید هوا و انتقال این پدیده به جنوب شرق ایران می‌شود. در دوره سرد سال نیز با ورود بادهای غربی ناوه عمیقی بر روی مدیترانه در تراز میانی و پیرو آن ایجاد همگرایی سطحی و فعالیت بین دو مرکز واگرایی بالایی و همگرایی سطحی سبب ناپایداری شدید و صعود هوا روی عراق و عربستان می شود. نتیجه چنین سازوکاری ایجاد جریان‌های پر سرعت باد و در صورت کم بودن رطوبت، هسته گردوغبار بر روی منطقه شکل می‌گیرد.

واژگان کلیدی: ایران، سنجش‌ازدور، گردوغبار، همدید، HYSPLIT.

[1] - نویسنده مسئول: Email:Dana.rostami@ut.ac.ir

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

مقدمه

آنچه در عصر کنونی مرزها را در می‌نوردد و در سطح جهانی و به طور فراگیر تمامی ملت‌ها را تهدید می‌کند بحران‌های زیســت‌محیطی و در رأس آن، آلودگی هوا و تغییرات غیر منتظره آب‌وهوایی اســت. پدیده گردوغبار در ســرزمین‌های خ شک و نیمه‌خ شک کره زمین رخ می‌دهد که با ویژگی‌های اقلیمی این مناطق ارتباط دارد بر ا ساس تعریف سازمان هوا شنا سی جهانی، هرگاه در ای ستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه بی شتر شده و دید افقی به وا سطه وجود ذرات گردوغبار به کمتر از یک کیلومتر بر سد، توفان گردوغبار گزارش می شود (Goudie and Middleton, 2006). گردوغبار می‌تواند بر روی درجه حرارت، جذب و پخش تابش خورشید با تغییر در تابش موج کوتاه ارسالی به سطح زمین و تابش موج بلند از زمین اثر بگذارد با این حال توازن بین این دو گرایش که گردوغبار باعث گرم شدن یا سرد شدن می شود وابســته به متغیرهای زیادی هم چون اندازه ذرات گردوغبار و ترکیبات شــیمیایی دارد (Gouide et al ،2001). اکثر منابع گردوغبار و به‌ویژه بزرگ‌ترین منابع در نیمکره شمالی واقع شده‌اند و عمدتاً در یک گستره‌ای از کمربند گردوغبار از سواحل شمال غربی آفریقا، سرا سر شرق مدیترانه و آ سیای مرکزی به جنوب چین می‌ر سد (Prospero ،2002). فراوانی وقوع توفان‌های گرد و غبار در یک منطقه به عواملی از جمله سرعت بالای باد، عدم پو شش خاک، خ شکی هوا (Mei et al, 2008)، رطوبت خاک، پوشــش گیاهی(Huang et al, 2006)، ســیســتم هوای محلی، بارش، جنگل زدایی، خشکسالی، تغییرات در کاربری زمین و برخی فعالیت‌های انسانی(John et al, 2006) بستگی دارد. کشور ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان به طور مداوم در معرض سیستم های گردوغبار محلی و سینوپتیکی متعدد قرار دارد (طائی ســمیرمی، ۱۳۹۲). در این راســتا مینگری و همکاران (Mingrai et al, 2006) فرآیند دپوهای شن و غبار و توفان‌های گردوغباری اخیر را در شمال شرق فلات تبت برر سی کردند نتایج نشان داد شن و غبار عمدتاً در بهار و اوایل تابستان در ناحیه مورد مطالعه نشست کرده‌اند و ذرات گردوغباری ریزدانه تحت تأثیر باد بسیار قوی بالا برده می شوند و به دور از ناحیه منشأ منتقل می شوند. را شکی و همکاران (Rashki et al, 2012)، دینامیک طوفان‌های گردوغبار بر روی ناحیه سیستان ایران را دوره‌ی آماری (۲۰۱۲-۲۰۰۱) برر سی کردند. نتایج نشان داد که منبع ا صلی گردوغبار ر سوبات کف دریاچه هامون صابری ا ست و پاکستان، قسمت‌هایی از افغانستان و شبه‌جزیره عربستان تحت تأثیر این منبع هستند. کائو و همکاران (Cao et al, 2014) به شناسایی مناطق منبع گردوغبار در غرب آ سیا با ا ستفاده از مجموعه داده‌های زیستمحیطی و تصاویر ماهواره‌ای طی دوره (۲۰۱۳-۲۰۰۰) پرداختند نتایج حا صل سه گروه از منابع مولد گردوغبار در د شت‌های دجله و فرات یک منبع در د شت سیستان و دو منبع در بخش‌هایی از عربستان و سوریه را نشان داد. در پژوهشی مشابه مجدد کائو و همکاران (Cao et al, 2015) به شناسایی منابع گردوغبار و شن در ایران پرداختند. دهقان پور (۱۳۸۴) به بررســی توفان‌های خاک و ماســه‌ای بیابان‌های مرکزی ایران در دوره ۱۹۹۰تا ۲۰۰۰ پرداخت نتایج نشان داد که همواره در اثر وجود تراف سطوح بالا بر روی ایران و قرار گرفتن ناحیه مورد مطالعه در جلو آن، به وجود آمدن ســامانه کم‌فشــار و وزش بادهای شــدید در اثر جبهه می‌باشــد. کرمی(۱۳۸۸)، رخداد وقایع گردوغباری ثبت شده در ایستگاه‌های استان خوزستان را در طی دوره ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ مورد بررسی قرار داد نتایج نشان داد در تمامی موج‌های گردوغبار دو سامانه کم‌فشار ایران و پاکستان از سوی شرق و زبانه یا کانون فرعی پرفشار آزور از ســمت غرب درگیر بوده‌اند و به‌تدریج طی روزهای اوج توفان، همگرایی نشــان داده و شــیب فشــار را افزایش داده‌اند. پیامد این افزایش شــیب فشــار با توجه به آرایش دو ســامانه درگیر و منحنی‌های فشــار، برقراری جریان‌های هوای غبار

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

خیز غربی و شمال غربی از بیابان‌های غربی عراق و شمال عربستان به سوی استان خوزستان می‌باشد. علیجانی و رئیس پور (۱۳۹۰) به تحلیل آماری، همدیدی طوفان‌های گردوخاک در جنوب شرق ایران طی دوره آماری (۲۰۰۸-۱۹۷۹) پرداختند. نتایج نشان داد که هیچ یک از سال‌های آماری فاقد طوفان گردوخاک نبوده و تابستان طوفان خیزترین و زمستان کم طوفان‌ترین فصل منطقه است. نتایج حاصل از تحلیل همدیدی نشان داد هنگام بروز طوفان گردوخاک در دوره گرم سال بر روی نقشه فشار تراز دریا، با تقویت کم‌فشار موسمی هند، دو مرکز کم‌فشار فرعی‌تر در محدوده‌ی جنوب پاکستان و جنوب افغانستان با فشار مرکزی کمتر از ۱۰۰۰ هکتوپا سکال بسته می شوند در مقابل مرکز پرفشاری بر روی دریای خزر که عموماً فشار مرکزی آن ۱۰۲۰ هکتوپاسکال است مستقر می‌شود. شیو فشاری و دمایی شدید بین دو منطقه منجر به ایجاد بادهای شدید و طوفان گردوخاک می‌شود. در دوره سرد نیز هنگامی که پرفشار سیبری بر روی دریای خزر مستقر می شود منطقه‌ی سیستان به دلیل عدم حضور زبانه‌های پرفشار مذکور از شرایط کم‌فشاری نسبت به پرفشار مذکور می‌باشد. ریزش هوای سرد از پرفشار مذکور به منطقه طوفان گردوخاک ایجاد می‌نماید. میری و همکاران (۱۳۹۱) به ردیابی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک و داده‌های ماهواره‌ای پرداخت. نتایج نشان داد ماه‌های ژوئیه، ژوئن و می بیشترین و ماه دسامبر کمترین رخداد گردوغبار را دارند و منطقه مرزی بین سوریه و عراق و جنوب غرب عراق به ترتیب دو کانون اصلی گردوغبار برای منطقه مورد مطالعه هستند. مهرابی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی رابطه بین پارامترهای اقلیمی و وقوع ریزگردها در استان خوزستان پرداختند. نتایج نشان داد فصل بهار بیشترین روزهای طوفانی را داراست. مشکی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی توزیع زمانی- مکانی عمق اپتیکی ذرات معلق هوا در استان خوزستان پرداختند نتایج حاصل نشان داد که تغییرات مکانی AOD از روند خاصی پیروی می‌کند و بر این اساس تغییرات ذرات معلق هوا در شهرستان‌های غربی استان خوزستان بسیار بیشتر می‌باشد. حسینی و همکاران (۱۳۹۵) به واکاوی آماری همدیدی پدیده گردوغبار در زاهدان پرداختند نتایج نشان داد ماه جولای طی دوره مورد مطالعه دارای بیشترین فراوانی رخداد و ژانویه کمترین رخداد گردوغبار را دارا هستند. بررسی نقشه‌های سینوپتیکی نیز نشان داد که در روز اول کم‌فشار موسمی بر روی هند و پاکستان استقرار یافته است. در مقابل بر روی دریای خزر و مناطق شمال شرقی ایران پرفشار شکل گرفته است. تقابل این دو مرکز واگرا و همگرا سبب ایجاد هسته سرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه بر روی دریاچه خشک شده هامون و دشت لوت شده است. هسته سرعت همراه با گرمی هوا و ویژگی‌های طبیعی این منطقه باعث ایجاد ناپایداری و توفان گردوغبار بر روی منطقه شده است. گودرزی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی توزیع زمانی و مکانی روزهای همراه با گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران پرداختند. نتایج نشان داد در مناطق غربی در اواسط فصل بهار، اردیبشهت ماه از فراوانی رخداد بالایی برخوردار می باشد و توزیع مکانی این پدیده بیشتر از عامل عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا تبعیت می‌نماید. با توجه به اهمیت پدیده گردوغبار و مشکلاتی هم چون آلودگی هوا، ترافیک، بیماری‌های تنفسی و غیره که با حضور آن در منطقه ایجاد می‌شود و از طرف دیگر گسترش وسیع مکانی این پدیده در چند سال اخیر در جنوب و جنوب شرقی کشور نشانگر ضرورت انجام تحقیق است. این توفان‌ها در شرایط سینوپتیکی خاصی اتفاق می‌افتد که در صورت شناخت الگو یا الگوهای حاکم بر آرایش سامانه‌ها می‌توان نظام‌مندی حاکم در وقوع، فرکانس و شدت توفان‌ها و آلودگی گردوغباری را به دست آورد و در نتیجه احتمال وقوع آن را پیش‌بینی کرد و با شناسایی منشأ و منبع توفان‌های گردوغبار می‌توان به چاره‌جویی این مسئله در محل منشأ پرداخت.

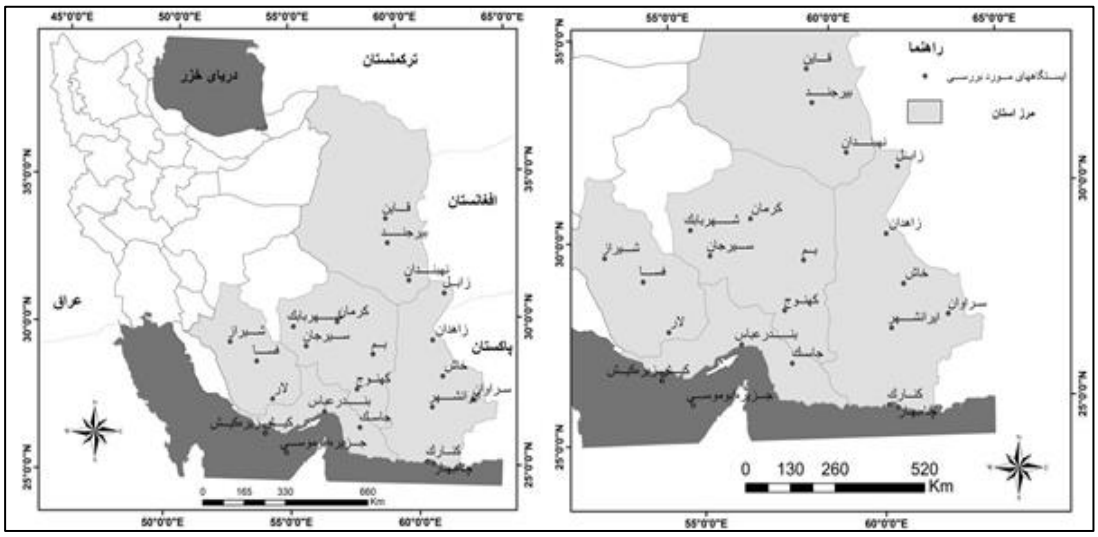
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

لذا در این پژوهش به بررسی پدیده گردوغبار در جنوب و جنوب شرق کشور با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با هدف واکاوی و ردیابی این پدیده پرداخته شد تا با شناسایی منشأ و تأثیرات آن‌ها اقدامات لازم برای کاهش آسیب‌ها و خسارات ناشی از گردوغبارها انجام شود.

داده ها و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق در برگیرنده جنوب و جنوب شرق ایران است؛ که استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، بخش‌هایی از استان فارس و خراسان جنوبی رو شامل می‌شود. این منطقه از طول جغرافیایی ″۷ ′۳۵ °۵۲ تا ″۲ ′۴۴ °۶۳ طول شرقی و عرض جغرافیایی ″۳ ′۴۶ °۲۵ درجه شمالی تا ″۲۳ ′۲ °۳۴ شمالی قرار دارد. جهت این بررسی ۲۲ ایستگاه سینوپتیک در سطح منطقه انتخاب گردید (شکل ۱). این منطقه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور محسوب می‌شود خشک‌سالی و کم‌بارشی از ویژگی‌های اقلیمی این منطقه می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

روش تحقیق ترکیبی از تحلیل‌های آماری، همدیدی و سنجش از دوری می‌باشد. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های ساعتی ایستگاه‌های سینوپتیک (۸ نوبت در ۲۴ ساعت)، داده‌های CDC1 تا سال ۲۰۰۶ و بعد از آن داده‌های GDAS، دما، سمت و سرعت باد، ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای مختلف جو طی دوره زمانی ۳۰ ساله از ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۳ می‌باشد. در انتخاب روزهای مورد مطالعه سعی بر این شد نمونه‌های انتخابی دارای تداوم زمانی سه روز و بیشتر، گسترش مکانی حداقل ۴ ایستگاه همراه با دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر باشند. با لحاظ این شرایط در نهایت ده نمونه پدیده گردوغبار انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱) که به علت تعداد زیاد تصاویر و نقشه‌های خروجی، نقشه و تصاویر مربوط به چند نمونه از آنها در این پژوهش ارائه می‌گردد. جهت بررسی ویژگی‌های دمای درخشایی طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتر برای بارز سازی گردوغبار روی تصاویر MODIS از نرم‌افزار ENVI 5.2، جهت ردیابی مسیر باد از نرم‌افزاری HYSPLIT، و داده‌های دما، سمت و سرعت باد، ارتفاع ژئوپتانسیل، برای بررسی نقشه‌های ترازهای مختلف جوی از محیط GRADS، استفاده شد.

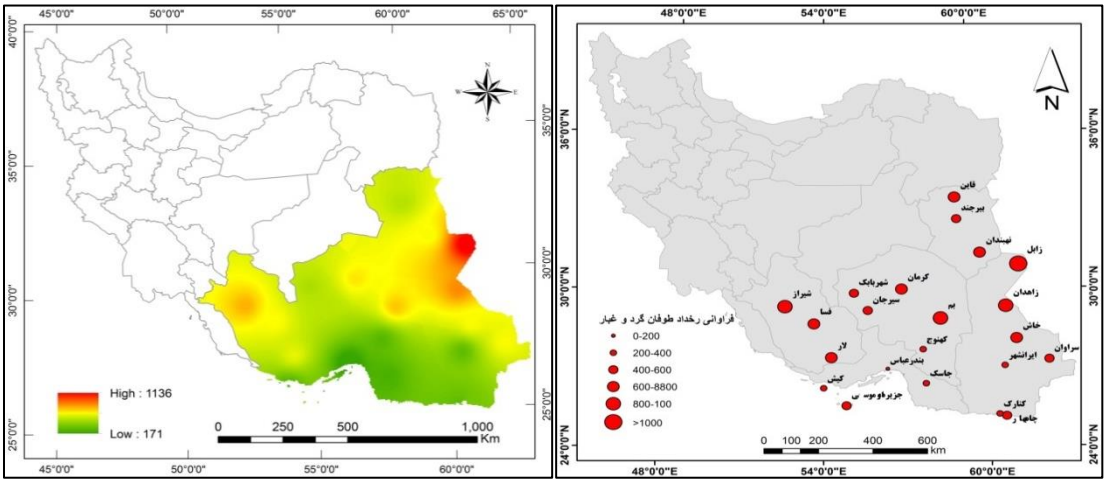
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

جدول ۱- رخدادهای گردوغباری مورد مطالعه در جنوب و جنوب شرق ایران

ردیف	زمان رخداد	ردیف	زمان رخداد
۱	۲۰-۲۳/۰۵/۲۰۰۳	۶	۱۲-۱۵/۰۲/۲۰۰۹
۲	۱۵-۱۷/۰۶/۲۰۰۴	۷	۲۳-۲۵/۰۸/۲۰۱۰
۳	۶-۸/۰۷/۲۰۰۵	۸	۲۰-۲۳/۱۲/۲۰۱۱
۴	۶-۸/۰۷//۲۰۰۶	۹	۱۴-۱۶/۰۳/۲۰۱۲
۵	۴-۷/۰۵/۲۰۰۸	۱۰	۱۰-۱۳/۰۱/۲۰۱۳

شرح و تفسیر نتایج

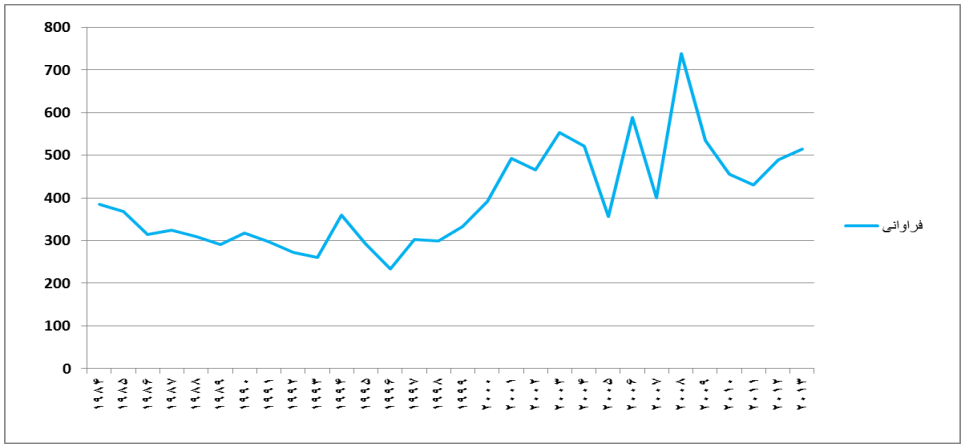
فراوانی سالیانه رخداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار در منطقه مورد مطالعه نشان داد که طی دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۸۴، مجموعاً ۱۱۶۱۶ روز همراه با گردوغبار با کد دیده‌بانی ۰۶ برای جنوب و جنوب شرقی ایران در ایستگاه‌های مورد مطالعه گزارش شده است. بیشترین روزهای همراه با پدیده گردوغبار بدون محدودیت دید در ایستگاه زابل با ۱۱۳۶ روز و کمترین وقوع نیز در ایستگاه بندرعباس با ۱۷۱ روز طی دوره مورد مطالعه بوده اتفاق افتاده است (شکل ۲). به طور کلی بررسی سالانه داده‌ها نشان می‌دهد که پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های مورد مطالعه در گذشته نیز زیاد بوده است و از فراوانی بالایی برخوردار بوده ولی با این وجود در سال‌های اخیر گسترش و فراگیری بیشتری نسبت به گذشته داشته است و رشد صعودی داشته است(شکل ۳). بر اساس فراوانی سالیانه روزهای همراه با گردوغبار، دو هسته بحرانی گردوغبار به ترتیب برای ایستگاه‌های زاهدان، زابل و شیراز مشاهده می‌گردد (شکل ۲). در واقع می‌توان با توجه به شکل (۳)، از نظر شدت و فراوانی رخداد طوفان‌های گردوغبار دو دوره متمایز تشخیص داد دوره اول ۲۰۰۰-۱۹۸۴، که میزان رخدادها در این دوره زیاد بوده اما نسبت به دوره دوم رخداد پایینی مشاهده شده است اما دوره دوم از سال ۲۰۰۰ به بعد تا سال ۲۰۱۳ میزان رخدادها تقریباً یک و نیم برابر شده است. به طوری که میانگین دوره اول ۳۵ روز در سال در دوره دوم به عنوان مثال در سال ۲۰۰۸ به ۷۵ روز رسیده است.



شکل۲- فراوانی مجموع رخدادهای گردوغبار در ایستگاه‌های موردمطالعه طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۸۴

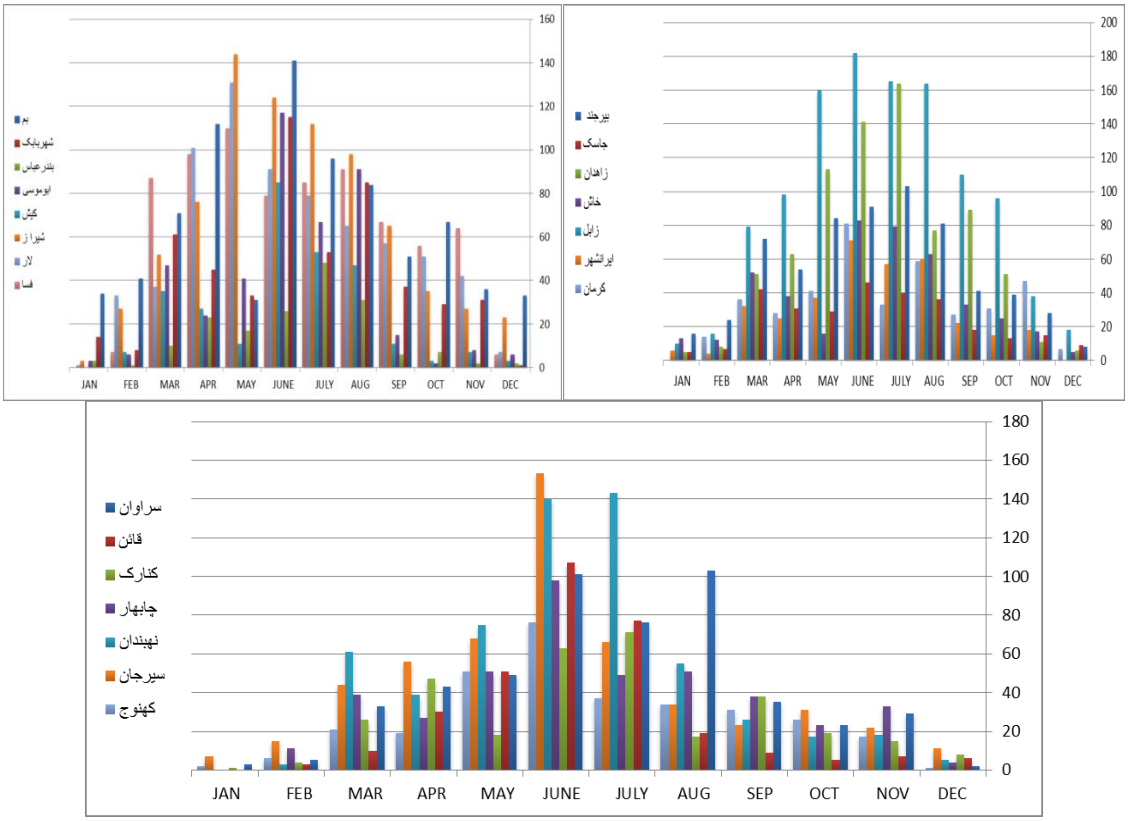
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]



شکل ۳- نمودار رخداد طوفان‌های گردوغبار سالیانه طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۸۴

بررسی فصلی و ماهانه گردوغبار در جنوب و جنوب شرق کشور طی دوره مورد مطالعه (۲۰۱۳-۱۹۸۴) نشان داد که ماه‌های ژوئن، جولای، اوت و می به ترتیب از نظر فراوانی و شـــدت با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر بیشـــترین رخداد و ماه دسامبر کمترین رخداد گردوغبار را دارند از نظر فصلی نیز به استثنای ایستگاه‌های شیراز، لار، و فسا که بیشینه رخداد گردوغبار آن‌ها در فصل بهار بوده است مابقی ایستگاه‌ها بیشینه فراوانی رخداد گردوغبار آن‌ها در فصل تابستان بوده است. همچنین در همه ایستگاه‌های منتخب کمترین رخداد گردوغبار در فصل زمستان بوده است.

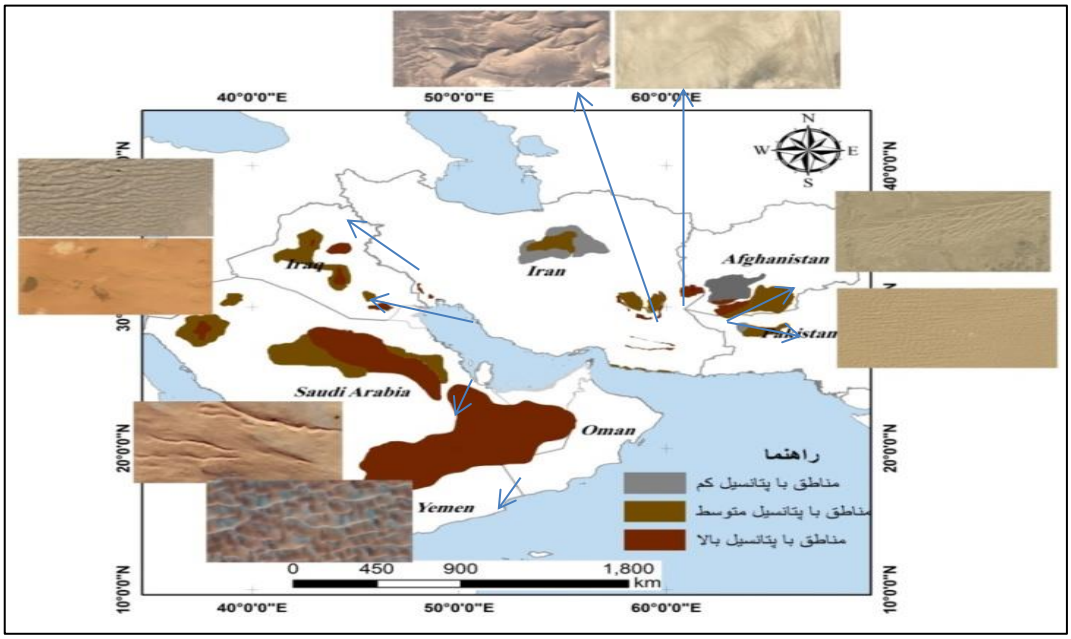


شکل ۴- رخداد ماهانه گرد و غبار در جنوب و جنوب شرق ایران برای ایستگاه‌های مورد مطالعه(۲۰۱۳-۱۹۸۴)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

با توجه به این که بیشـــتر منابع گرد و غبارهای وارده به منطقه مورد مطالعه، فرامنطقه‌ای بوده و از بیرون به محدوده مورد مطالعه وارد می شود کشورهای همسایه (عراق، عربستان، افغانستان و پاکستان) و مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار این کشورها بصورت نقشه مورد بررسی قرار گرفت. مناطقی که داری پتانسیل بالای تولید گرد و غبار هستند اکثرا پوشید از رس، ماسه و تپه‌های ماسه‌ای، رسوبات کف دریاچه‌های خشک شده هستند. نقشه نهایی به دست آمده سرنخ‌هایی مستقیم یا غیر مستقیم از مناطق تولید گرد و غبار را نشان داد به طوری که اگر نتایج ردیابی از روی مناطق با پتانسیل بالا و متوسط عبور کند میتوان این مناطق رو به عنوان منبع تولید گرد و غبار معرفی نمود (شکل ۵).

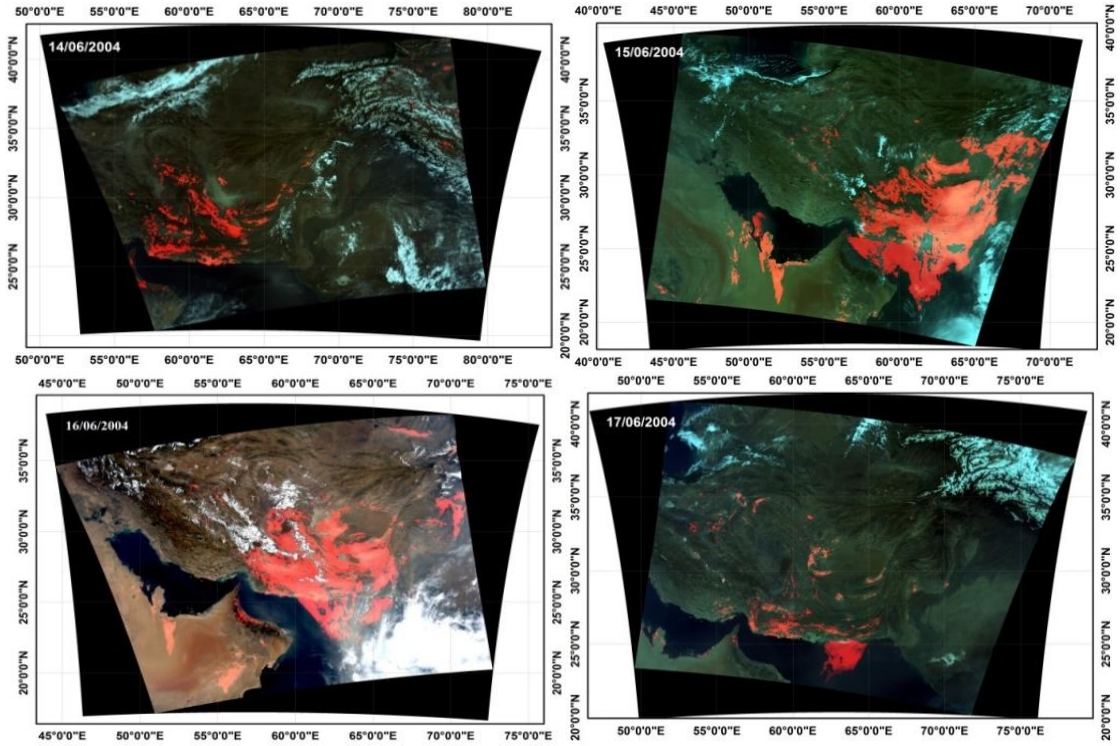


شکل ۵- نقشه توزیع کانون‌های بالقوه تولید گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه وکشورهای همسایه

برر سی رخداد توفان گردوغبار ۱۵ تا ۱۷ ژوئن ۲۰۰۴ نشان می‌دهد که در این دوره گرد و غبار شدید در ایستگاه‌های سراوان، خاش، زابل، زاهدان، ایرانشهر به ثبت ر سیده است. دید افقی در این رخداد به ۵۰۰ متر کاهش یافته است. بر پایه یافته‌های به د ست آمده از آ شکار سازی گرد و غبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای، هسته اولیه گرد و غبار، در روز ۱۵ ژانویه در شرق ایران ایران شکل گرفته است. تقویت و گسترش مکانی هسته پدید آمده بر روی شرق و بخش‌های غربی بیابان ریگستان در افغانستان سبب نفوذ این پدیده به مناطق جنوبی و مرکزی کشور گشته است. با تضعیف این پدیده در مکان اولیه شـکل گیری پدیده گرد و غبار، گرد و غبار بلند شـد به طرف جنوب شـرق کشـور حرکت کرده و حتی کشور پاکستان را نیز در بر گرفته است. سرانجام بر اثر قطع شدن سرچشمه تغذیه گرد و غبار ورودی به منطقه ظعیف و در روز ۱۷ از جنوب شرق ایران گذشته و از بین رفته است(شکل ۶).

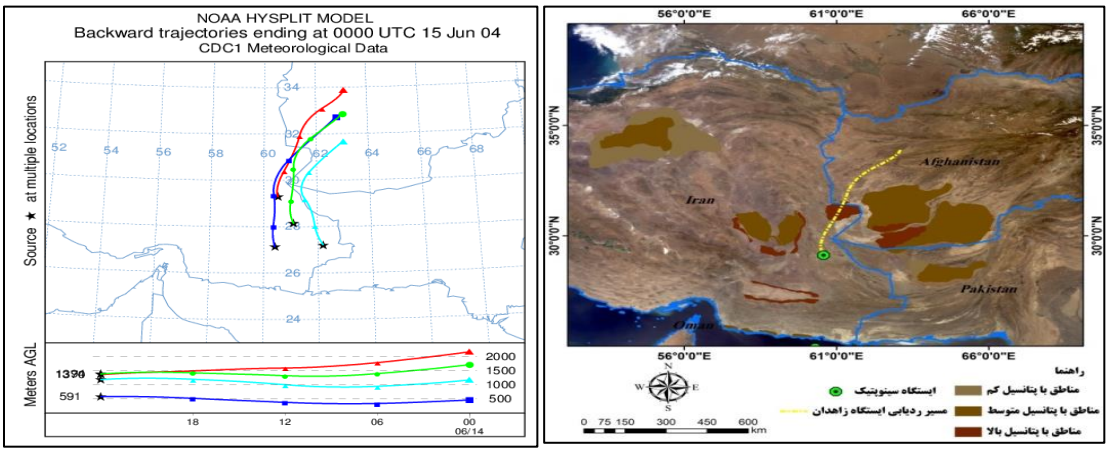
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]



شکل ۶- تصاویر رنگی حقیقی و گرد و غبار بارزسازی شده ۱۴-۱۷/۰۶/۲۰۰۴

پس از شناسایی هسته گرد و غبار در مناطق منشا، نقشه ردیابی باد به عنوان حامل اصلی این پدیده به منطقه مورد بررسی تهیه گردید. نقشه‌های ردیابی گویای آن است، که جریانات ورودی به ایستگاه‌های تحت تاثیر گرد و غبار برخاسته از رسوبات کف دریاچه هامون هیرمن و صابری و زمین‌های اطراف است که در نقشه جزو مناطق با پتانسیل بالای تولید گرد و غبار است و با جهت شمال غربی جنوب شرقی به منطقه مورد بررسی ختم می شود با توجه به این که مسیر بادهای رسیده به ایستگاه‌های تحت تاثیر این پدیده از روی رسوبات خشک شده کف دریاچه هامون می گذرد که این ناحیه دارای پتانسیل بالای تولید گرد و غبار است این منطقه به عنوان کانون گرد و غبار تعیین شد و مسیر ترسیم شده به عنوان مسیر انتقال گرد وغبار معرفی گردید(شکل ۷).

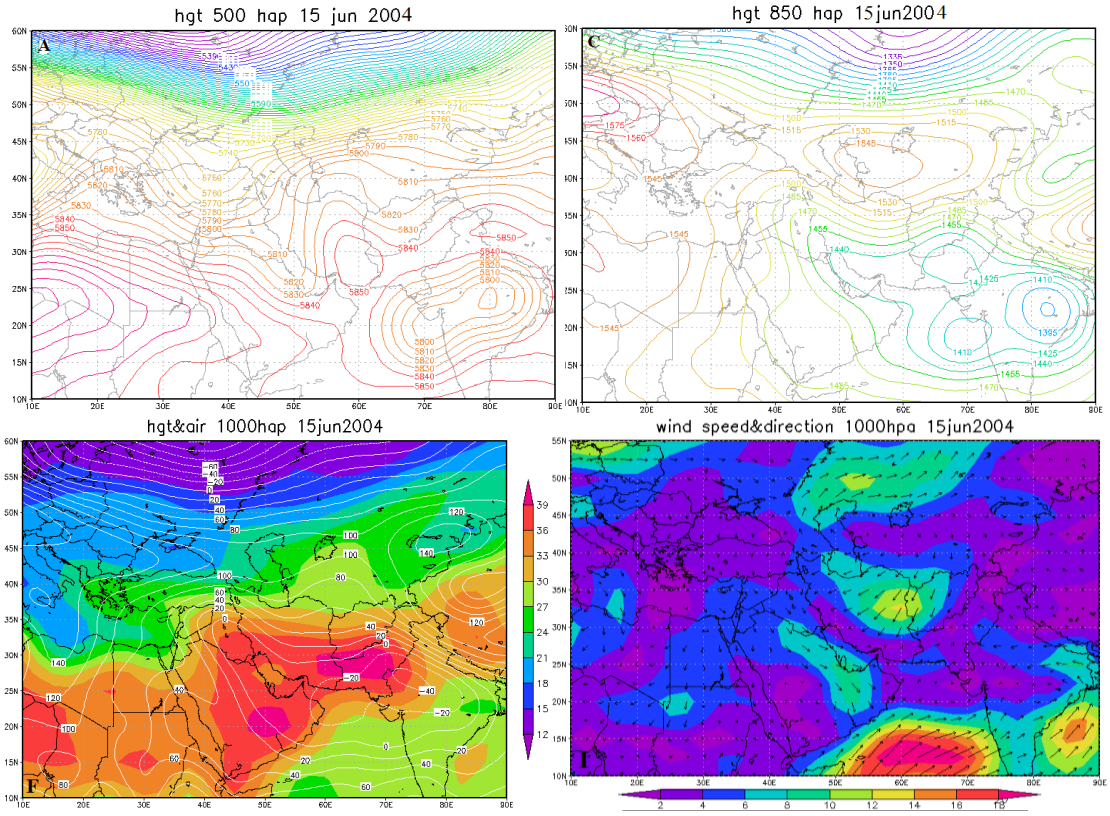


شکل ۷- رهگیری باد بهنگام وقوع گرد و غبار ۱۵-۱۷/۰۶/۲۰۰۴

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

بررسی نقشه های همدیدی طی این رخداد نشان می دهد (شکل ۸) همزمان با شکل گیری اولین هسته گرد و غبار در تراز میانی آرایش خطوط هم ارتفاع حاکی از استقرار یک پشته بر روی مناطق شمال شرق ایران و یک ناوه بر روی اقیانوس هند که دامنه گسترش آن به کشور هند نیز رسیده است است (A). با نگرش به این که در این فصل سامانه پرفشار جنب حاره بر روی ایران مستقر است باید علل اصلی گرد و غبار ایجاد شده رو در ترازهای پایین جو جستجو کرد.در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال کم فشار هند و پاکستان با سه مرکز شکل گرفته که مرکز فرعی آن برروی جنوب شرق ایران شکل گرفته است و بر روی مناطق شمال شرقی و دریای خزر پرفشار شکل گرفته است(C) . بررسی نقشه‌های فشار سطحی این دوره گویای تقویت کم فشار موسمی شکل گرفته بر روی اقیانوس هند و دریای عمان است در همین روز یک مرکز پرفشار بر روی شمال شرق و شرق ایران است شکل گرفته است(F).بر اثر تقویت کم فشار اقیانوس هند و قرار گیری آن در مقابل پرفشار شمال شرق و شرق ایران شیو فشار بین این مناطق شکل گرفته است شیو فشار شدید هسته پر سرعت باد بیش ۱۴ متر بر ثانیه رو در شرق ایران به وجود آورده است(I). از این رو خشکی منطقه(دمای ۳۹ درجه سانتی گراد در محل هسته گرد وغبار) همراه با شکل گیری هسته‌های پر سرعت باد در این فصل گرم، ایجاد هسته اولیه گرد و غبار را در روز ۱۵ ژوئن در پی داشت. بادهای وارده با جهت شمال – شمال غربی گرد و غبار را به جنوب شرق ایران کشیده و در روزهای آخر با تضعیف سامانه کم فشار و جابجایی آن به طرف شرق طوفان گرد و غبار از جنوب شرق ایران خارج شده و به طرف افغانستان و اقیانوس هند کشیده شده است، لازم به ذکر است جهت بادها مطابق با ردیابی مدل HYSPLIT است(I).

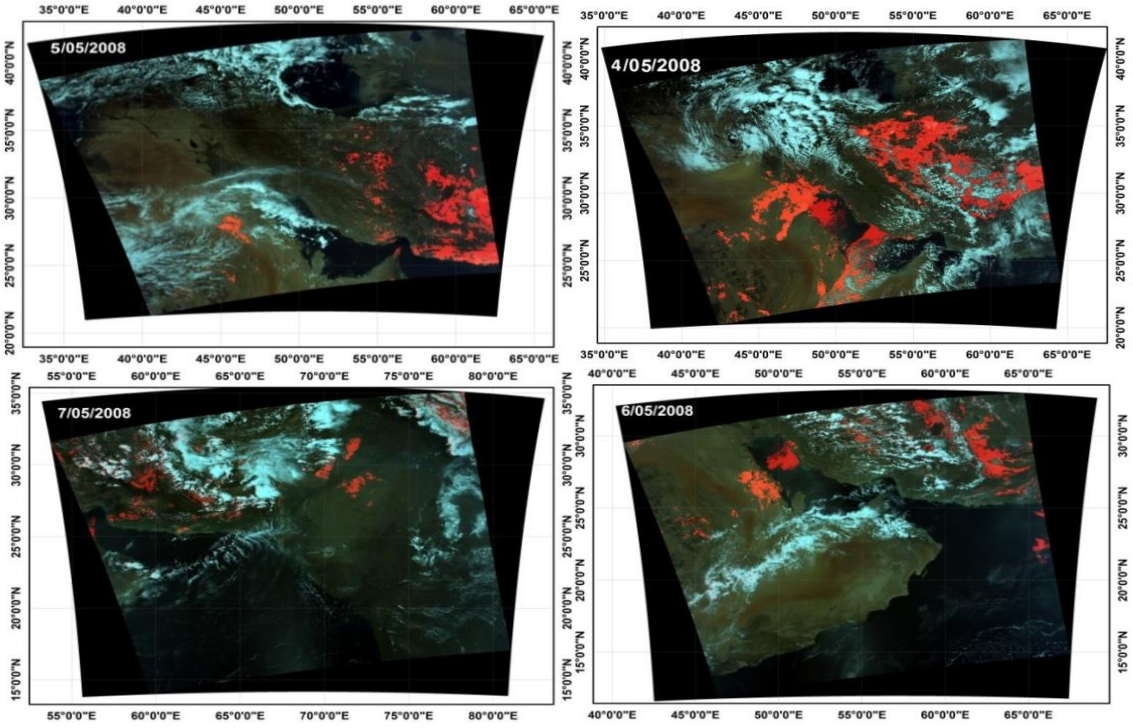


شکل ۸- نقشه های سطوح مختلف جو برای رخداد ۱۵-۱۷/۰۶/۲۰۰۴

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

بررسی توفان گردوغبار ۴ تا ۷ ماه می ۲۰۰۸ نشان می‌دهد که گرد و غبار شدیدی تمام استان های جنوب شرق کشور را در بر گرفته ا ست بر پایه آ شکار سازی‌های گرد و غبار انجام شده بر رروی ت صویرهای ماهواره‌ای، ه سته اولیه گرد و غبار در روز چهارم بر روی جنوب عراق و مناطق مرکزی عربستان شکل گرفته است. گسترش این هسته در جهت حرکت غربی- شرقی تا ا ستان های مرکزی و حتی شمال ک شور ادامه دارد. در روز ۵ این ه سته به عرض‌های پایینتر منتقل شده و به مناطق جنوبی ا ستان‌های کرمان، سی ستان و بلوچ ستان و هرمزگان نفوذ پیدا می کند. سرانجام با از بین رفتن منبع تغذیه و انتقال سرچشمه‌های منشاء به ناحیه‌های جنوبی عربستان این پدیده در روز ۶ ضعیف گشته و به گونه‌ای پراکنده استان هرمزگان مشاهده می شود . تا اینکه در روز ۷ به طور کامل از منطقه خارج شده(شکل ۹).

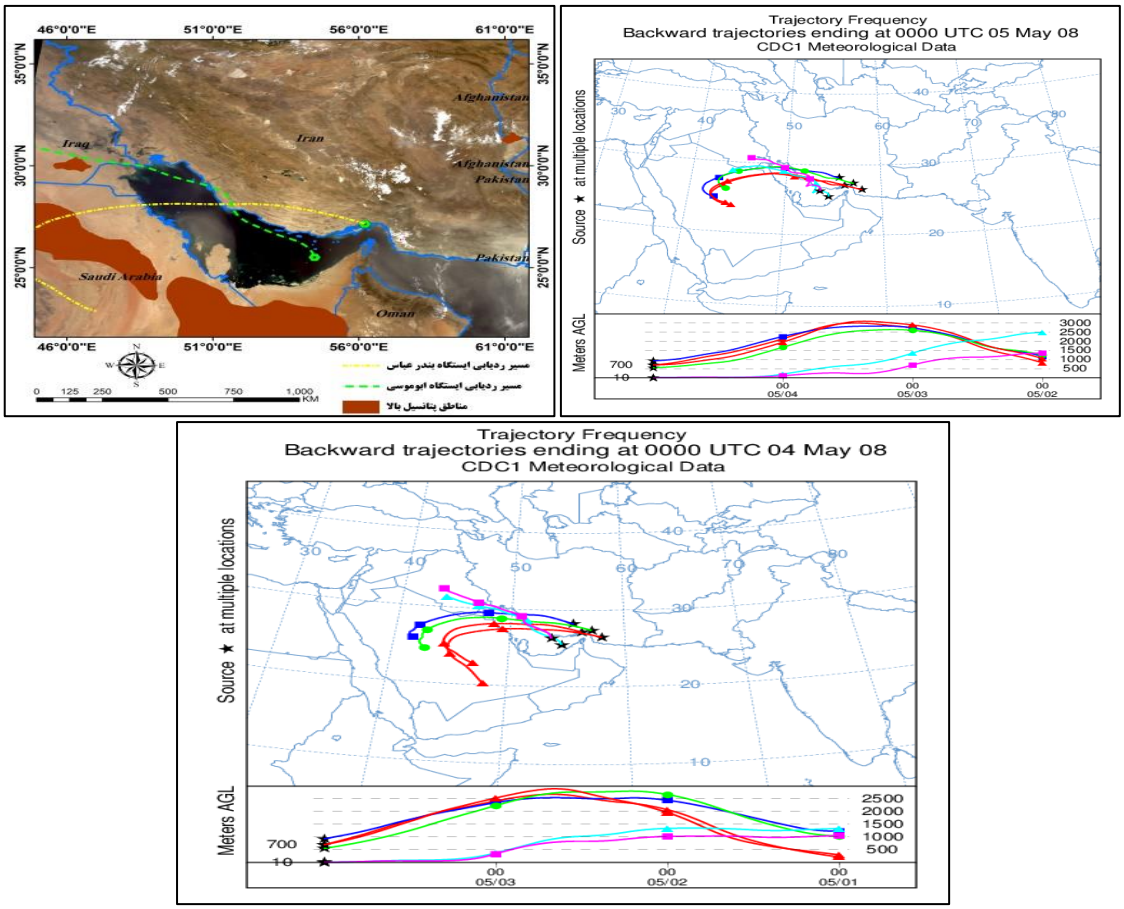


شکل ۹- تصاویر رنگی حقیقی و گرد و غبار بارزسازی شده ۴-۷/۰۵/۲۰۰۸

نقشه های ردیابی مسیر باد برای روز پیش از ورود گرد و غبار به منطقه مورد بررسی نشان می دهد که جریان های ورودی به ایستگاه های تحت تاثیر گرد و غبار، از مناطق با پتا سیل بالا، جنوب عراق و شمال شرقی عربستان منشاء گرفته اند. با نگاهی به ت صویرهای ماهواره‌ای و شکل‌گیری ه سته گرد و غبار در منطقه‌های نامبرده، گذر باد ورودی به جنوب ایران از روی این هسته‌ها انتقال پدیده گرد و غبار را در روز ۴ می به ایران در پی داشت. با نگرش به اینکه م سیر بادهای ختم شده به ایستگاه‌های تحت تاثیر این پدیده از محل شکل‌گیری ه سته گرد و غبار شنا سایی شده بوسیله تصاویر ماهواره‌ای و مناطق با پتانسیل بالا در نقشه کانون‌های گرد و غبار می گذرد این مناطق به عنوان کانون‌های گرد و غبار تعیین و مسیر ترسیمی با جهت غربی - شرقی به عنوان مسیر انتقال گرد و غبار معرفی می گرد(شکل ۱۰).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

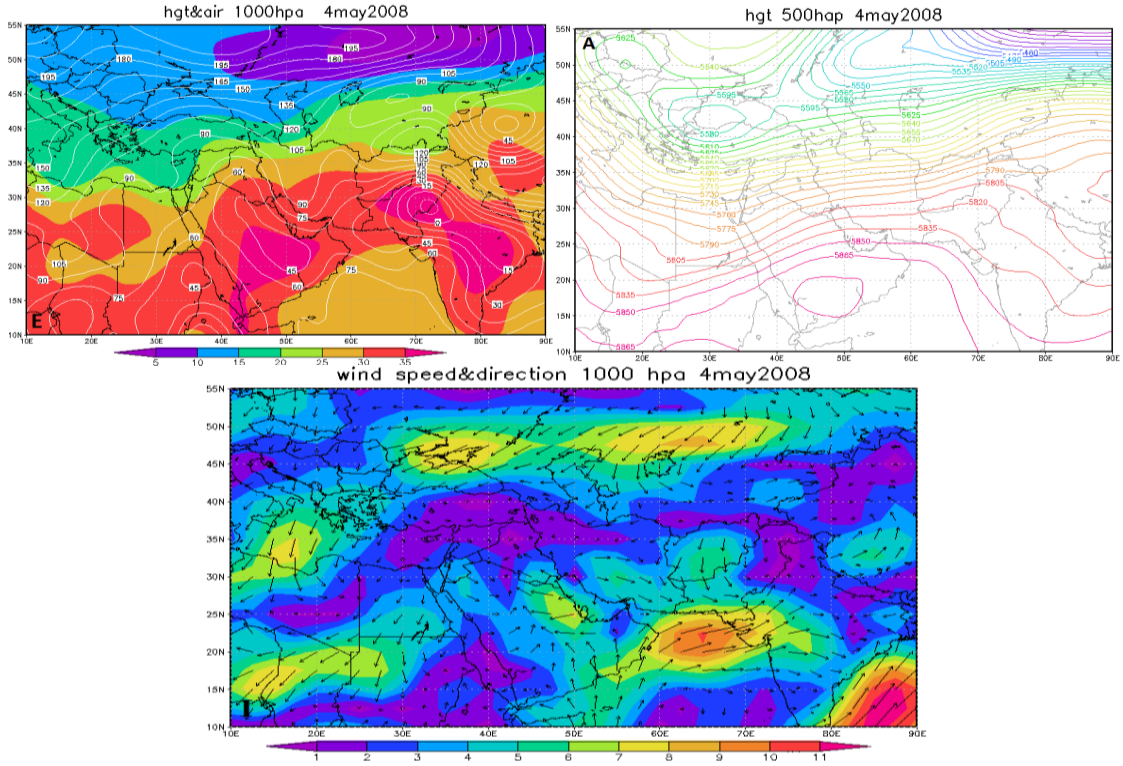
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]



شکل ۱۰- نقشه‌های رهگیری باد بهنگام وقوع گرد و غبار ۴-۷/۰۵/۲۰۰۸

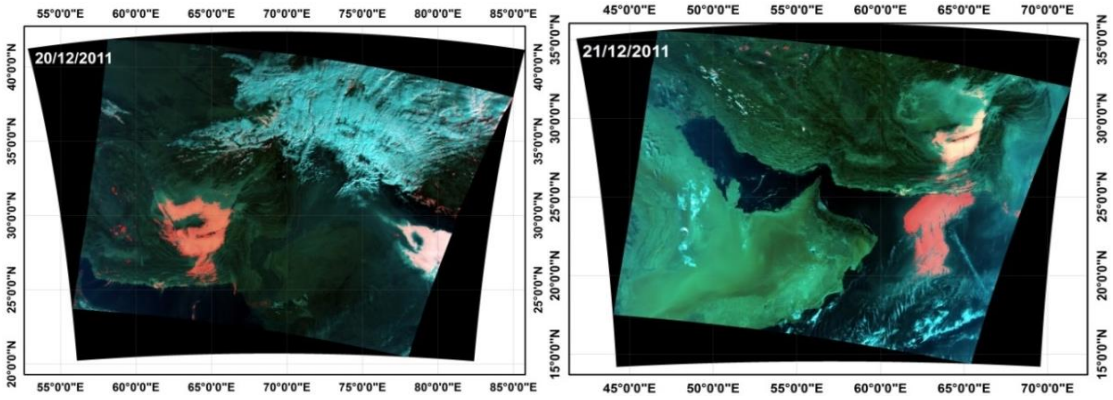
بررسی نقشه های همدید تراز میانی جو همزمان با شکل گیری نخستین هسته گرد وغبار بر روی عربستان و جنوب عراق نمایانگر ناوه عمیقی برروی مدیترانه و شـــمال آفریقا اســـت (A). قرارگیری یال شـــرقی این ناوه بر فراز عراق و عربستان سبب شکل‌گیری همگرایی و مرکز کم فشار سطحی گردید(E). قرارگیری ناوه تراز میانی بر روی مرکز کم فشار شکل گرفته در تراز پایین ۱۰۰۰ هکتو پاسکالی و ادامه فعالیت میان این دو مرکز واگرا و همگرا سبب ناپایداری و شیو فشار شدید شده است. همچنین عمیق شدن ناوه تراز میانی بر فراز شرق مدیترانه و مصر سبب شکل گیری شیو دمایی و به دنبال آن تقویت شیو فشار گردید. شیو فشار شدید، هسته پرسرعت باد بیش از ۱۰ متر بر ثانیه در شمال شـرق عربسـتان و جنوب عراق را پدید آورد(I). ویژگی‌های طبیعی این منطقه و جایگیری آن در جلو ناوه تراز میانی به همراه هسته پرسرعت باد و نبود رطوبت و دمای بالا (حدود ۳۵ درجه سانتی گراد بر فراز عربستان)، شرایط لازم برای شـــکل‌گیری هســـته گرد و غبار فراهم کرد. . رخداد این پدیده طی این دوره تحت تاثیر الگوهای دینامیکی و ایجاد ناوه عمیق تراز میانی بر روی مناطق منشاء شکل گرفته است (شکل ۱۱).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]



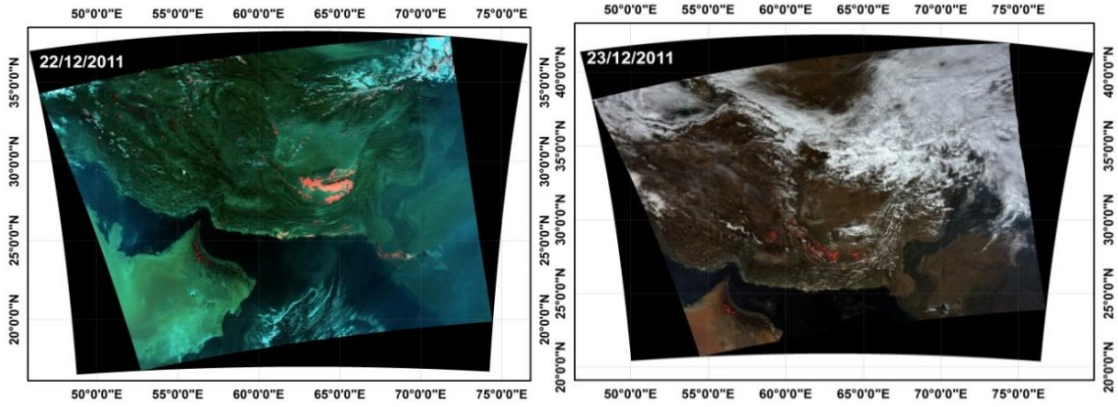
شکل ۱۱- نقشه‌های سطوح مختلف جو برای رخداد گرد و غبار ۴-۷/۰۵/۲۰۰۸

برر سی توفان گردو غباری دوره ۲۰ تا ۲۳ د سامبر سال ۲۰۱۱ ن شان داد که رخداد گرد و غبار در این دوره گ سترش مکانی زیادی در منطقه مورد مطالعه نداشته است به طوری که فقط چندتا ایستگاه مرزی(زابل، زاهدان، سراوان، خاش) را در برگرفت. اما به دلیل موقعیت زمانی این رویداد در فصل زمستان برآنیم تا کانون گرد و غبار و سیستم سینوپتیک عامل این رویداد را شناسایی کنیم . بر پایه یافته‌های آشکارسازی گرد و غبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای هسته اولیه این رخداد در روز ۲۰ دسامبر بر روی دریاچه خشک شده هامون و مناطق بیابانی افغانستان شکل گرفته است. گرد و غبار به وجود آمده با حرکت شـــمالی - جنوبی در لب مرز ایران در روزهای آخر از جنوب شـــرق کشـــور خارج گشـــته و به اقیانوس هند رسیده است(شکل ۱۲).



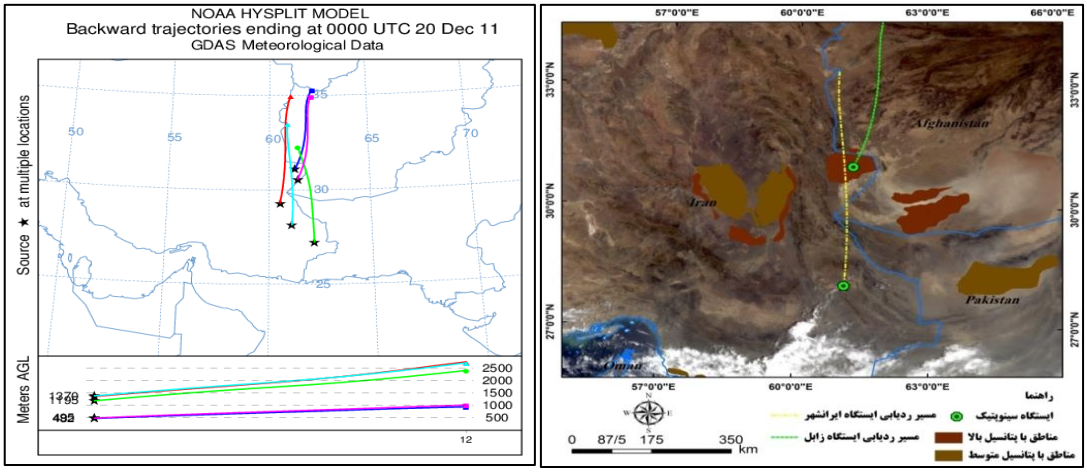
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]



شکل ۱۲- تصاویر رنگی حقیقی و گرد و غبار بارزسازی شده ۲۰-۲۳/۱۲/۲۰۱۱

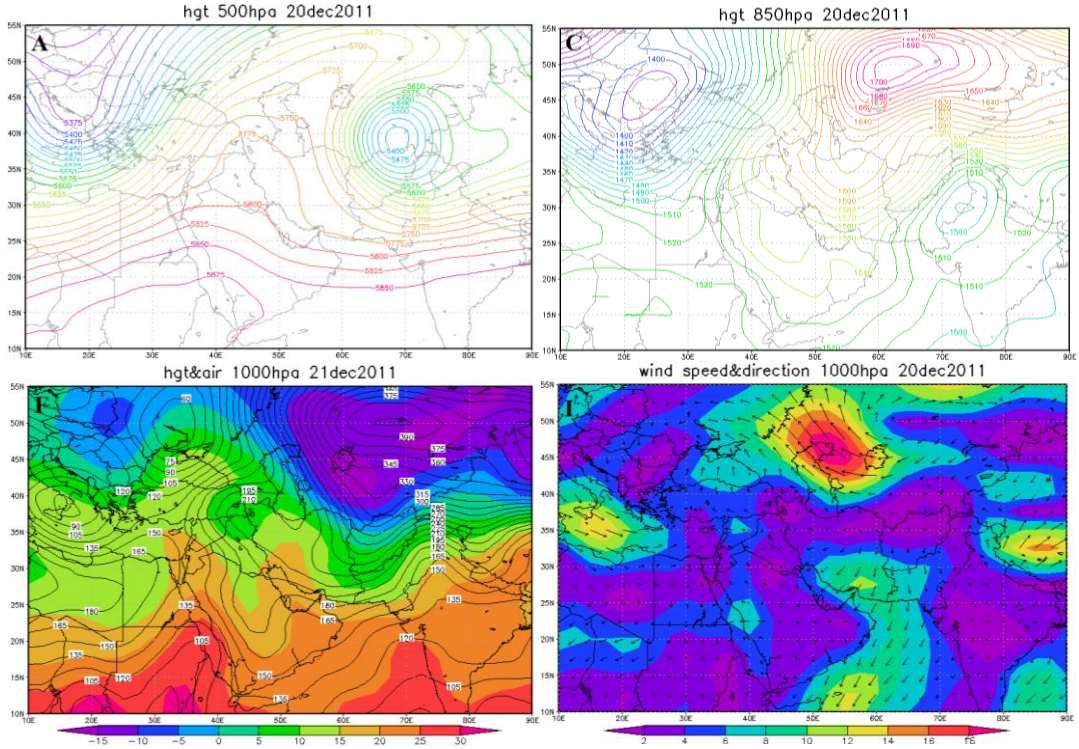
نقشه ردیابی برای روز پیش از ورود گرد و غبار به منطقه نشان دهنده گذر مسیر باد ورودی به منطقه مورد بررسی از روی منطقه با پتانسیل بالای دریاچه هامون است. بنابراین بر پایه نقشه ردیابی مسیر باد و تصاویر ماهواره‌ای خاستگاه اصلی برای این طوفان رسوبات کف دریاچه هامون هیرمند و صابری است که بر روی تصاویر ماهواره‌ای هسته گرد و غبار شکل گرفته در این مناطق مشخص شده و در نقشه کانون‌های گرد و غبار به عنوان منطقه با پتانسیل بالای تولید ریزگردها شناسایی شده است. مسیر ورود جریانات این رخداد نیز با جهت شمالی- جنوبی به عنوان مسیر گرد و غبار معرفی می‌گردد(شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نقشه‌های رهگیری باد به هنگام وقوع گرد و غبار ۲۰-۲۳/۱۲/۲۰۱۱

بررسی های همدیدی طی این رخداد نشان می دهد که در تراز میانی جو یک ناوه عمیق بر روی افغانستان و مناطق شرقی ایران شکل گرفته است(A,C). همزمان در ترازهای پایینی جو سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی زبانه پرفشار سیبری تا جنوب شرق ایران کشیده شده است و بر روی آقیانوس هند کم فشار شکل گرفته است(F). تقابل این دو مرکز همگرا و واگرا سبب ایجاد شیو فشار شدید شده است. شیو فشار شدید سبب ایجاد منطقه پرسرعت باد بیش از ۱۲ متر بر ثانیه بر روی دریاچه هامون گردید(I).باد های برآمده از این هسته سرعت با جهت شمالی – جنوبی به طرف جنوب شرق ایران می وزد. در نتیجه هسته پر سرعت باد و نبود رطوبت طوفان گرد و خاک در منطقه مورد بررسی در روز ۲۰ دسامبر شکل گرفت.(شکل ۱۴).

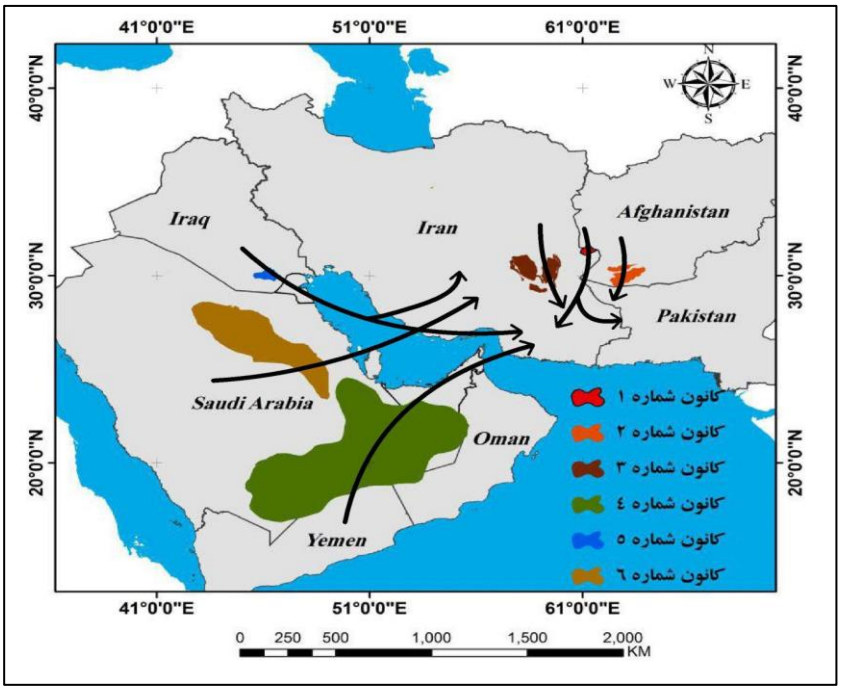
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]



شکل ۱۴- نقشه‌های سطوح مختلف جو برای رخداد گرد و غبار ۲۰-۲۳/۱۲/۲۰۱۱

آشکارسازی گرد و غبار روی تصاویر ماهواره‌ای همراه با ردیابی باد در مدل HYSPLIT نشان داد که پدیده گرد و غبار در جنوب و جنوب شرق ایران از ۶ کانون اصلی منشاء می گیرد (شکل ۱۵): ۱- رسوبات کف دریاچه خشک شده هامون هیرمند و صابری که شدیدترین گرد و غبارها نیز طی دوره مورد مطالعه مربوط به آن می باشد. ۲- مناطق غربی بیابان ریگ‌ستان و مناطق جنوبی بیابان مارگو در کشور افغانستان.۳- حاشیه‌های شرقی و جنوبی دشت لوت برر سی نقشه‌های رهگیری باد حاصل از مدل برای نمونه‌های انتخابی نشان می دهد که جریانات گذرا بر روی کانون‌های شماره ۱، ۲ و ۳ به منطقه مورد بررسی با مسیر شمال – شمال غربی با عبور از هسته‌های گرد و غبار دریاچه هامون و بیابان‌های افغانستان عمل انتقال گرد و غبار را انجام می دهندکه همان جهت اصلی باد های ۱۲۰ روزه است این مسیر را می توان مسیر اصلی پراکنش گرد و غبار به منطقه دانست. عمده ترین الگوی سینوپتیکی موثر بر این کانون‌ها در دوره گرم سال گسترش و تقویت کم فشار موسمی بر روی جنوب پاکستان و هند است. در دوره سرد نیز گسترش پرفشار سیبری به مناطق شرقی ایران عامل اصلی انتقال طوفان گرد و غبار می باشد. ۴- بیابان ربع الخالی.۵ - مناطق جنوبی عراق و شمال شرقی عربستان. ۶- مناطق مرکزی عربستان. بررسی نقشه‌های رهگیری باد حاصل از مدلHYSPLIT برای نمونه‌های انتخابی نشان می دهد که جریانات گذرا بر روی کانون‌های شماره ۴، ۵ و ۶ دارای دو مسیرا صلی هستند. مسیر اول که جهت جنوب غربی – شمال شرقی است، جریانات این مسیر با عبور از روی هسته‌های گرد و غبار شکل گرفته بر روی بیابان ربع الخالی، گرد و غبار را به منطقه می‌رساند. و مسیر دوم با جهت شمال غربی – جنوب شرقی با عبور از روی هسته‌های شکل گرفته بر روی مناطق مرکزی، شمال شرقی عربستان و مناطق جنوبی عراق عمل انتقال گرد و غبار را به جنوب شرق ایران انجام می‌دهند،(شکل ۱۵).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]



شکل ۱۵- کانون‌های گرد و غبار برای جنوب و جنوب شرق ایران و مسیرهای انتقال آنها

نتیجه گیری

توفان های گرد و غبار با غلظت‌های بالا، پدیده ای فراگیر در آ سمان بسیاری از شهرهای جنوب و جنوب شرق کشور ا ست. هرچند که این گرد و غبارها ازگذ شته دور وجود دا شته اند اما میزان آن در حد مجاز و در بیشتر موارد مشهود نبوده اســت اما در چند ســال اخیر آمارها حاکی از یک تغییر غیر عادی این پدیده در جنوب شــرق اســت. لذا در این پژوهش به تحلیل سنجش از دوری و آماری همدیدی گرد وغبار در جنوب جنوب شرق کشور پرداخته شد. ا ستخراج فراوانی ســالیانه رخداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار در ۲۲ ایســتگاه مورد مطالعه در طی دوره آماری (۲۰۱۳-۱۹۸۴)، نشان داد که مجموعا ۱۱۶۶۸ روز همراه با گرد و غبار با کد دیدبانی ۰۶، برای جنوب شرق ایران گزارش شده ا ست.ا ستگاه زابل با ۱۱۳۶ بیشترین رخداد و ایستگاه بندر عباس با ۱۷۱ روز کمترین رخداد را دا شتند. نتایج سالیانه ن شان داد که وقوع این پدیده در دهه‌ی اخیر سیر صعودی دا شته و ن سبت به سال‌های گذ شته از فراوانی بی شتری برخوردار بوده است. نتایج بررسی فصلی نشان داد که ایستگاه‌های محدوده مورد بررسی در فصل تابستان بیشترین آمار گرد و غبار را داشته است و فصل زمستان دارای کمترین رخداد این پدیده در طول دوره‌ی مورد بررسی بودند.همچین در برر سی ماهانه ماه جولای بی شترین، وماه ژانویه کمترین رخداد را دارا بودند. آ شکار سازی گرد و غبار روی ت صاویر ماهواره‌ای همراه با ردیابی باد در مدل HYSPLIT نشــان داد که پدیده گرد و غبار در جنوب شــرق ایران از ۶ کانون اصلی منشاء می گیرد. الگوهای سینوپتیکی موثر بر این کانون‌ها در فصل گرم و سرد کاملا متفاوت است. در دوره گرم کم فشــار ســطحی اســتقرار یافته بر روی جنوب و جنوب شــرق ایران و در مواردی هم در تلفیق با کم فشــار پاکســتان تقویت شده و در تقابل با پرفشار شکل گرفته بر روی عربستان هسته‌های پر سرعت باد بین این دو منطقه به وجود می آورد. هسته های پر سرعت باد همراه با دمای بالا و خشکی این کانون ها باعث ایجاد طوفان گرد و غبار شده و به منطقه مورد مطالع می رســد. در فصــل ســرد نیز با توجه به چگونگی آرایش بادهای غربی بر منطقه عمل انتقال و جریانات متفاوت ا ست. در اکثر نمونه های انتخابی در تراز ۸۵۰ یک ناوه عمیق بر روی مدیترانه و مصر شکل گرفته قرار گیری

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

یال شرقی این ناوه بر روی مناطق شما شرقی عربستان و جنوب عراق سبب ایجاد واگرایی در سطح بالا و همگرایی بر روی سطح زمین می شود. ادامه فعالیت بین این دو مرکز واگرا و هم‌گرا سبب ایجاد شیو فشار شده و هسته پر سرعت باد را به وجود می آورد و منجر به ایجاد طوفان گرد و غبار می شود.

منابع

حسینی، سید اسعد؛ علی‌پور، عباس، هاشمی، سید مصطفی و دانا رستمی. ۱۳۹۵. واکاوی آماری همدیدی گردوغبار شهرستان زاهدان. اولین همایش ملی جغرافیا، محیط زیست، امنیت و گردشگری، دانشگاه بزرگمهر قائنات، ۹ ص.

دهقانپور، فرشاد. ۱۳۸۴. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار در مناطق مرکزی ایران، رساله دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران.

طائی سمیرمی؛ سیاوش، مردای، حمیدرضا، خداقلی، مرتضی، مریم احمدی آخورمه. ۱۳۹۲. شناخت و بررسی عوامل موثر بر پدیده گردوغبار در غرب ایران. فصلنامه انسان و محیط زیست، **۲۷**: ۱۰-۱.

کاویانی، محمدرضا و بهلول علیجانی. ۱۳۸۵. مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.

کرمی، فریبا. ۱۳۸۸. تحلیل همدیدی توفان های گرد وغبار استان خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه رازی.

گودرزی، مسعود؛ حسینی، سید اسعد و حمزه احمدی. ۱۳۹۶. بررسی توزیع زمانی و مکانی روزهای همراه با گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، **۳۹**: ۱۰-۱.

لشگری، حسن و قاسم کیسخروی. ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان دوره زمانی(۲۰۰۵-۱۹۹۳). پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، **۶۵**: ۳۳-۱۷.

مرجانی، سید صدرالدین.۱۳۷۲. بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵متر بر ثانیه در خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

مشکی‌زاده، پروانه؛ اورک، ندا و جعفر مرشدی.۱۳۹۵. بررسی توزیع زمانی- مکانی عمق اپتیکی ذرات معلق هوا (AOD) در استان خوزستان با استفاده از تکنیک سنجش از دور (R.S)، جغرافیا و مطالعات محیطی، **۱۷**: ۷۸-۶۹.

مهرابی، شهباز؛ سلطانی، سعید و رضا جعفری.۱۳۹۴. بررسی رابطه بین پارامترهای اقلیمی و وقوع ریزگردها (مطالعه موردی: استان خوزستان)، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، **۸۱**:۷۱-۶۹.

میری، مرتضی.۱۳۹۱. واکاوی آماری- همدیدی پدیده گرد وغبار در نیمه غربی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم-شناسی، دانشگاه تهران.

همتـــی، نصـــرالله. ۱۳۷۴. بررســـی فراوانی وقـــوع طوفان های گردوخاک در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک،دانشگاه تهران.

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, DOI=10.1.1.688.8754

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. DOI: 10.1007/s40333-015-0127-8

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]

Christofer, A, and T, jones. 2011. Satellite and surfaced- based remote sensing of Saharan **dust aerosols.** Remote sensing of environment, **114**: 1002-1007, DOI.org/10.1016/j.rse

Goudie, A, and N, J, Mideleton. 2006. Desert dust in the global system. Springer, Heidelberg **90**:1, DOI: 10.1007/3-540-32355-4

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. DOI/10.1016/j

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. DOI/10.1109/LGRS.2006.877752

Mei, Di, l, Xiushan, S, Lin, W, Ping. 2008. A Dust-Storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data, the international archives of the photogrammetric. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, **34**: 965-970.

Mingrai, Q; F, Chen, A, Zhou, S, Xiao, J, Zhang, and Z, Wang .2007. Impacts of wind velocity on sand and dust deposition during dust storm as inferred from a series of observations in the northeastern Qinghai_Tibbetan plateau China. PowderTechnology, **175**: 82-89.

Prospero, J, M; P, Giroux, O, Torres, E, Sharon, and T,E, Nicholson.2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mappings spectral –meter (toms) absorbing aerosol product. reviews of geophysics,.**40**: 2-1_2-31. DOI: 10.1029/2000RG000095

Rashki, A; D.G, Kaskaoutis., C.J.W, Rautenbach, P.G, Eriksson, M, Qiang, and P, Gupta. 2012. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. Aeolian Research. **5**:51–62.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.103]