

## بررسی رخدادهای گردوخاک جنوب ایران ناشی از کشورهای حاشیه خلیج فارس

سارا گرمی<sup>۱\*</sup>، نوشین خدام<sup>۲</sup>، ساویز صحت کاشانی<sup>۳</sup>، مهدی رهنما<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> استادیار هواشناسی، گروه پژوهشی آلودگی هوا و گردوخاک، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> دانش‌آموخته مقطع دکتری، گروه پژوهشی آلودگی هوا و گردوخاک، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> استادیار هواشناسی، گروه پژوهشی آلودگی هوا و گردوخاک، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران  
<sup>۴</sup> استادیار هواشناسی، گروه پژوهشی کاوش‌های جوی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۲۷، تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۴

### چکیده

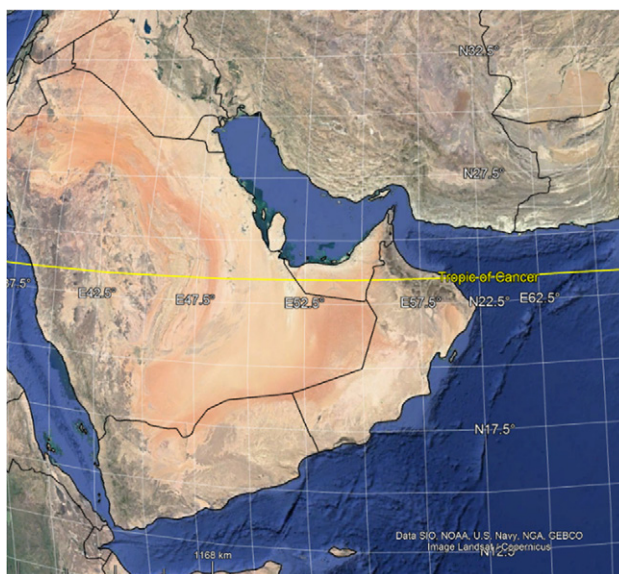
فعالیت چشمه‌های گسیل گردوخاک واقع در نواحی خالی از سکنه کشور عربستان سعودی و همچنین بیابان‌های امارات، در برخی مواقع سال به‌ویژه فصل بهار، سبب تشدید گردوخاک در مناطق جنوبی ایران می‌شود. در این مطالعه چهار پدیده شدید و فراگیر گردوخاک که در آن‌ها چشمه‌های گردوخاک کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس فعال بوده و نیمه جنوبی ایران را تحت تأثیر قرار داده‌اند، بررسی شد. پس از انتخاب رخداد‌های شدید و فراگیر گردوخاک در منطقه، برای هر مورد به‌صورت جداگانه کد پدیده و دید افقی در ایستگاه‌های همدیدی کشور ایران و کشورهای همسایه بررسی شده و بطور همزمان پایش فضایی توفان‌های رخ داده با تصاویر سنجنده مادیس انجام شد. سپس سامانه‌های همدیدی مؤثر بر رخداد گردوخاک با استفاده از داده‌های باز تحلیل مورد بررسی قرار گرفت و مدل لاگرانژی HYSPLIT به صورت ماتریسی و به روش پس رو به‌منظور تعیین مسیر انتقال توفان گردوخاک اجرا شد. در کلیه رخدادهای گردوخاک مورد بررسی، یک سامانه کم‌فشار بر روی خلیج فارس و نیمه جنوبی کشور عربستان شکل گرفته است به گونه‌ای که بیابان‌های واقع در کشور امارات و نیمه جنوبی عربستان در جلوی مرکز کم‌فشار واقع شده و تحت تأثیر جریان‌های جنوب و جنوب‌غربی، ذرات گردوخاک به مناطق جنوبی ایران منتقل می‌شوند. همچنین در تراز ۸۵۰hPa در این مناطق خطوط هم‌دما، پربندهای ارتفاع ژئوپتانسیلی را با شیب قابل توجهی قطع می‌کنند که نشان‌دهنده وجود کُفشاری و فرارفت هوای سرد است. وجود این شرایط با تغییر جهت ناگهانی باد از جهت شمال‌غربی به جنوب و جنوب‌غربی از نشانه‌های وجود جبهه سرد است. خروجی مدل HYSPLIT نشان داد که در کلیه پدیده‌های گردوخاک مورد مطالعه، وجود جریان‌های جنوبی در منطقه سبب انتقال گردوخاک به خلیج فارس و بخش وسیعی از جنوب ایران شده است.

کلمات کلیدی: رخدادهای گردوخاک؛ نیمه جنوبی ایران؛ تحلیل همدیدی؛ مدل HYSPLIT

یکی از پدیده‌های مخرب زیست محیطی وقوع توفان‌های گردوخاک است که سالانه سبب بروز خسارت‌های مالی و جانی فراوانی می‌شود. آلودگی هوای ناشی از وقوع توفان‌های گرد و خاک باعث تهدید سلامت افراد جامعه و مشکلات تنفسی و قلبی شده (ژنگ و همکاران، ۲۰۱۶)، همچنین کاهش دید افقی هر ساله موجب بروز حادثه‌ها و تصادف‌های شدید و افزایش میزان مرگ و میر می‌شود (کال و همکاران، ۲۰۱۸). بزرگ‌ترین منطقه تولیدکننده گردوخاک در نیم کره شمالی بیابان صحرا در قاره آفریقا است که سالانه گردوخاک زیادی را وارد جو زمین می‌کند (شلسینگر و همکاران، ۲۰۰۶). پدیده گردوخاک به خصوص یکی از معضلات منطقه خاورمیانه است. بخش عمده‌ای از مناطق تولیدکننده گردوخاک در این منطقه قرار گرفته‌اند. نوتارو و همکاران (۲۰۱۳)، صحرای عربستان را یکی از نقاط اصلی تولیدکننده توفان‌های خاک در جهان می‌دانند. صحرای واقع در کشور سوریه، صحرای نفود واقع در شمال شبه‌جزیره عربستان و جنوب عراق مهم‌ترین منابع تولیدکننده گردوخاک در خاورمیانه هستند. کشور ایران نیز به‌عنوان کشوری در خاورمیانه به‌شدت تحت تأثیر معضل توفان گردوخاک قرار دارد. این توفان‌ها اغلب قسمت‌های غرب و جنوب‌غربی، شرق و جنوب شرقی و قسمت‌های مرکزی ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. قسمت‌های غرب و جنوب‌غرب ایران از گردوخاک‌های تولیدشده از چشمه‌های مختلف تأثیر می‌پذیرد که می‌توان چشمه‌های تولیدکننده گردوخاک در عراق، سوریه، عربستان و کشورهای جنوبی حاشیه خلیج فارس را نام برد (ذوالجودی و همکاران، ۲۰۱۳؛ فتاحی و همکاران، ۲۰۱۲؛ حسین حمزه و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین در مواردی، گردوخاک تولیدشده در شمال آفریقا این نواحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رضازاده و همکاران، ۲۰۱۳). منطقه خلیج فارس توسط بسیاری از محققان از جنبه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. توفان گردوخاک تأثیرات زیادی بر خلیج فارس و آب‌وهوای آن دارد (حمزه، ۲۰۱۱). میزان گردوخاک

سالانه بر روی خلیج فارس ۸۹ میلیون تن تخمین زده می‌شود که بیشترین میزان گردوخاک در مقایسه با سایر دریاها و اقیانوس‌ها است (الدوساری، ۲۰۱۷). در اطراف خلیج فارس منابع تولیدکننده گردوخاک زیادی در امارات متحده عربی، ایران، کویت، عربستان سعودی، عمان و قطر وجود دارد (رضازاده و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین الگوهای همدیدی حاکم بر منطقه و جهت باد باعث شده است که توفان‌های گردوخاک بسیاری از منطقه خلیج فارس عبور کنند (حمیدی و همکاران، ۲۰۱۳). رژیم باد در برخی مطالعات در خلیج فارس نیز مورد بررسی قرار گرفته است. بعضی اوقات به‌ویژه در زمستان، وزش باد با سامانه‌های جبهه‌ای همراه است (رائو و همکاران، ۲۰۰۳) و منجر به توفان شن و ماسه و گردوخاک، به‌ویژه در بخش شمالی آن می‌شود (رینولدز، ۱۹۹۵).

سنجش از دور یکی از روش‌هایی است که به‌طور گسترده در مطالعات توفان‌های خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. بلورانی و همکاران (۲۰۱۴) برای به دست آوردن الگوهای غالب جوی در هنگام وقوع گردوخاک با استفاده از تصاویر MODIS، توفان‌های خاک در کشور را از نظر چشمه تولیدکننده در بازه زمانی ۹ ساله دسته‌بندی کرده‌اند. از جمله مطالعاتی که به بررسی توفان‌های گردوخاک با کمک تصاویر و محصولات سنجنده MODIS انجام شده می‌توان به کارهای ژینو و همکاران (۲۰۱۲) در سطح جهانی، بوت و مشاط (۲۰۱۸) و بیگوم و همکاران (۲۰۱۸) در عربستان سعودی، ژنگ و همکاران (۲۰۰۶) در شمال چین و البرکات و لکشمی (۲۰۱۹) در عراق اشاره کرد. در مطالعات بسیاری، از مدل لاگرانژی HYSPLIT به روش پس‌رو برای به دست آوردن چشمه گردوخاک استفاده شده است. برای پیدا کردن چشمه‌های گردوخاک در شهر اهواز، برومندی و همکاران (۲۰۱۷) از مدل HY-SPLIT استفاده کرده‌اند. اکبری و فرح‌بخشی (۲۰۱۵) برای بررسی و ردیابی گردوخاک در استان کرمانشاه مدل HYSPLIT را بکار بردند. کائو و همکاران (۲۰۱۵) نیز با استفاده از این مدل، چشمه‌های گردوخاک در غرب آسیا را تعیین کرده‌اند.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه.

برای هر مورد به صورت جداگانه کد پدیده و دید افقی در ایستگاه‌های همدیدی کشور ایران و کشورهای همسایه بررسی شد و پایش فضایی توفان‌های رخ داده با تصاویر رنگ واقعی سنجنده MODIS انجام گردید. سپس با استفاده از داده‌های باز تحلیل شده Era5 با تفکیک افقی  $0.75 \times 0.75$  درجه سامانه‌های جوی مؤثر و تحلیل شرایط جوی منجر به هر یک از رخدادهای گردوخاک مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت به منظور تعیین مسیر انتقال توفان گردوخاک، مدل لاگرانژی HYSPLIT به صورت ماتریسی و به روش پس‌رو در ارتفاع ۵۰۰ متری، در منطقه مورد مطالعه اجرا شد.

#### مدل HYSPLIT

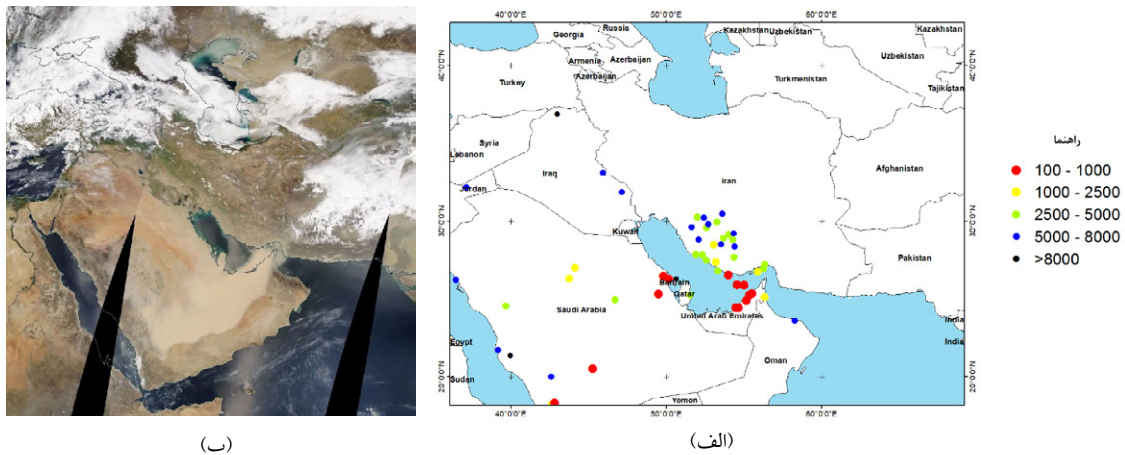
مدل HYSPLIT مدلی برای محاسبه مسیر حرکت ذرات آلاینده هوا و غلظت آن‌ها در جو است. در این مدل محاسبه مسیر و غلظت آلاینده‌ها با استفاده از حداقل کمیت‌های هواشناسی انجام می‌شود. این مدل همان گونه که برای محاسبه مسیر ذرات در هوا به کار می‌رود، برای شبیه‌سازی انتقال، پخش، تغییر شیمیایی و نهشت ذرات نیز به کار می‌رود. مدل HYSPLIT به‌عنوان مدل پخش و انتقال جوی در جامعه علمی

هدف اصلی این مقاله، بررسی نحوه انتقال گردوخاک از کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس به نیمه جنوبی ایران و بررسی الگوهای همدیدی حاکم بر منطقه، در زمان وقوع رخدادهای گردوخاک برون مرزی در نیمه جنوبی کشور است.

#### مواد و روش‌ها

در این مطالعه چند مورد پدیده شدید و فراگیر گردوخاک که در آن‌ها چشمه‌های گردوخاک کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس فعال بوده و نیمه جنوبی ایران را تحت تأثیر قرار داده‌اند، مورد بررسی قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

در گام نخست، تعدادی از رخدادهای گردوخاک که دارای بیشترین مقدار و مدت بودند، انتخاب شدند. برای این منظور با استفاده از داده‌های ساعتی مربوط به دید افقی و کد پدیده هوای حاضر در کل ایستگاه‌های همدیدی واقع در نیمه جنوبی کشور، توفان‌های گردوخاک تفکیک شده و شدیدترین رخدادهای گردوخاک استخراج شدند. ملاک انتخاب رخداد گردوخاک شاخص، گزارش گردوخاک در اکثر ایستگاه‌ها، حداقل دید و حداکثر تداوم تعیین شد. پس از انتخاب تعدادی از رخدادهای شدید و فراگیر



شکل ۲. الف) دید افقی در ایستگاه‌های همدیدی منطقه که با کد پدیده مرتبط با گردوخاک همراه بوده در ساعت ۱۲:۰۰ UTC روز ۲ آوریل سال ۲۰۱۵ (ب) تصاویر سنجنده مادیس ماهواره ترا برای روز ۲ آوریل سال ۲۰۱۵.

اولیه مورد نیاز برای پیش‌بینی وضع هوا وارد کند. به این صورت مدل با استفاده از داده‌های مشاهداتی قابل اعتماد اجرا شده و خطای خروجی آن تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد.

### نتایج و بحث

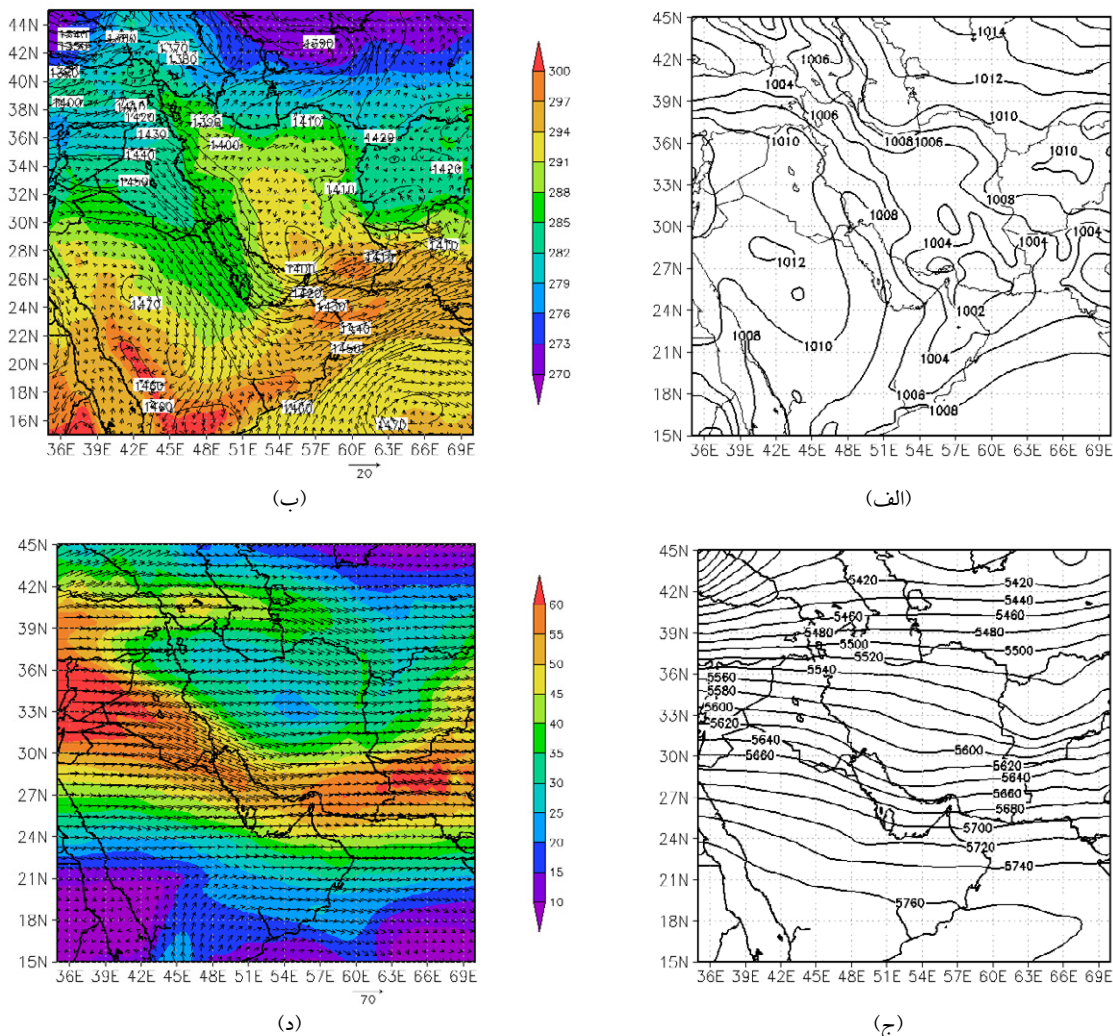
در این بخش چهار پدیده گردوخاک که در آن‌ها ذرات گردوخاک از کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس گسیل شده و به خلیج فارس و مناطق جنوبی ایران انتقال می‌یابند، مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج هر یک مورد بحث قرار می‌گیرد.

پدیده گردوخاک ۲ آوریل سال ۲۰۱۵ (۱۳ فروردین ۱۳۹۴)

در روز ۲ آوریل سال ۲۰۱۵ کاهش دید قابل توجهی در بسیاری از ایستگاه‌های همدیدی در منطقه جنوب کشور گزارش شده است. شکل ۲-الف دید افقی ایستگاه‌های همدیدی کشور و برخی از کشورهای هم‌جوار که با کد پدیده‌های مرتبط با گردوخاک همراه بوده را در ساعت ۱۲ UTC روز ۲ آوریل سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. در این روز دید افقی در اکثر ایستگاه‌های همدیدی جنوب کشور و جزایر واقع در خلیج فارس به شدت کاهش یافته و در

هواشناسی به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده متداولی که از این مدل صورت می‌گیرد تعیین چشمه تولیدکننده ذرات با استفاده از روش پس‌رو است. مدل HYSPLIT می‌تواند ذرات مواد رادیواکتیو، دود آتش‌سوزی، گردوخاک، آلاینده‌هایی که از منابع ثابت و متحرک برخاسته‌اند و خاکستر آتشفشان‌ها را ردیابی و پیش‌بینی کند. این مدل با کمک رویکرد لاگرانژی، از مرجع مختصات متحرک به منظور محاسبات فرارفت و انتشار مسیر حرکت ذرات هوا از مکان اولیه خود بهره می‌برد و از روش اویلری یعنی از دستگاه ۳ بعدی ثابت برای محاسبه غلظت ذرات آلاینده جو استفاده می‌کند.

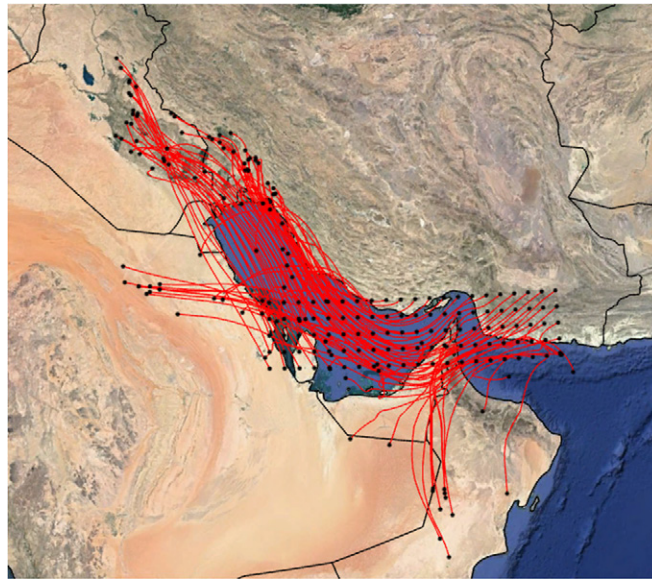
در این مطالعه مدل HYSPLIT به صورت ماتریسی اجرا شده است. با استفاده از گزینه ماتریس مسیر، مدل بر روی شبکه‌ای از مسیرهای محدود شده در یک مستطیل (که نقاط چپ پایین و سمت راست بالا توسط کاربر تعیین می‌شود) اجرا شده و مسیر ذرات در کلیه نقاط داخل این محدوده تعیین می‌شود. برای اجرای مدل از داده‌های ((Global Data Assimilation System) GDAS با تفکیک افقی نیم درجه استفاده شده است. سامانه جهانی داده‌گواری (GDAS) سامانه‌ای است که توسط مدل پیش‌بینی جهانی (GFS) استفاده شده تا مشاهدات را در فضای شبکه مدل به‌عنوان داده‌های



شکل ۳. الف) الگوی فشار سطح زمین (هکتوپاسکال) ب) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) و بردار باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ج) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال د) الگوی جریان جتی (متر بر ثانیه) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در روز پنجشنبه ۲ آوریل ۲۰۱۵ ساعت ۱۲:۰۰ UTC.

پنجشنبه ۲ آوریل سال ۲۰۱۵ ساعت ۱۲:۰۰ UTC مشاهده می‌شود. در این روز یک مرکز کم‌فشار در جنوب ایران شکل گرفته است و زبان‌های آن بخش‌هایی از کشورهای عمان، یمن و مناطق جنوبی کشور عربستان را پوشش می‌دهد. وزش بادهای جنوب‌غربی در جلوی مرکز کم‌فشار سبب انتقال گردوفاک از کشورهای واقع در حاشیه جنوبی خلیج فارس به مناطق جنوب و جنوب شرقی ایران می‌شود. در شمال کشور عربستان یک مرکز بسته پرفشار و در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، مطابق با شکل ۳-ب یک مرکز کم‌ارتفاع در جنوب ایران در بالای

اغلب ایستگاه‌ها دید افقی از ۲۵۰۰ متر کمتر بوده است. در جزایر جنوب ایران دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر نیز رسیده است. همچنین کاهش شدید دید افقی در برخی از ایستگاه‌های کشورهای عربستان، امارات متحده عربی و قطر قابل مشاهده است. شکل ۲-ب تصویر ماهواره‌ای را در روز ۲ آوریل سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. در این روز توده گردوفاک غلیظی در نیمه جنوبی کشور عربستان، بخش وسیعی از کشور امارات و بخش‌هایی از خلیج فارس و تنگه هرمز و مناطق جنوبی ایران مشاهده می‌شود. در شکل ۳-الف الگوی فشار سطح زمین در روز



شکل ۴. خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو برای ساعت ۱۲:۰۰ UTC روز ۲ آوریل سال ۲۰۱۵.

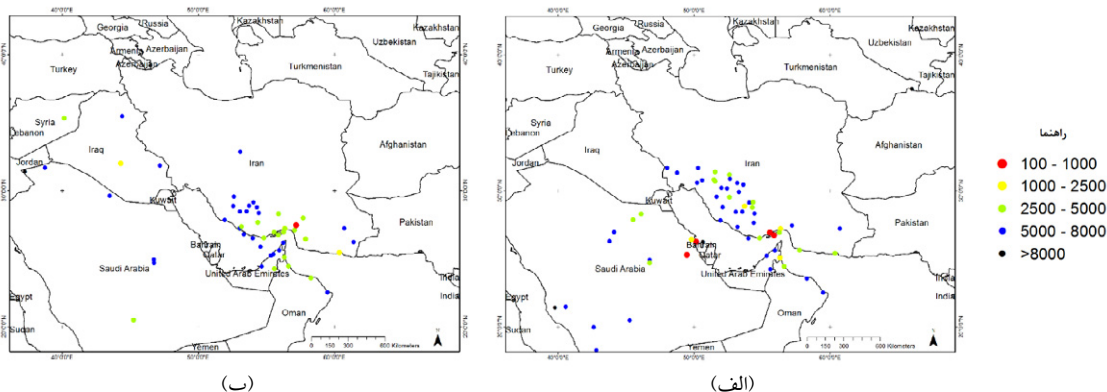
جت افزایش نشان داده است.

خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو که در ساعت ۱۲ UTC روز ۲ آوریل سال ۲۰۱۵ برای مدت ۲۴ ساعت در ارتفاع ۵۰۰ متری در منطقه جنوب کشور اجرا شده، در شکل ۴ نشان داده شده است. در این مورد مطالعاتی، ذرات گردوخاک از چشمه‌های واقع در کشورهای عراق و عربستان توسط جریانات غرب و شمال‌غربی به بخش وسیعی از مناطق جنوبی ایران وارد می‌شوند، اما در مناطق جنوب‌شرقی کشور، بادهای جنوب و جنوب‌غربی ذرات گردوخاک را از بخش‌های جنوبی کشور عربستان و کشور عمان به این منطقه منتقل می‌کنند.

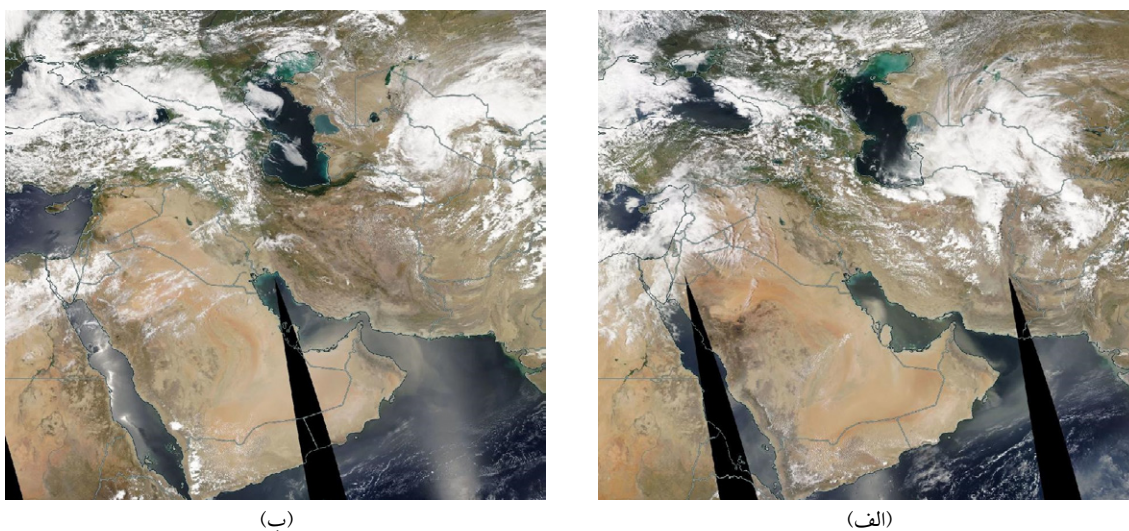
پدیده گردوخاک ۴ و ۵ ماه می سال ۲۰۱۱ (۱۴ و ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۰)

در روز ۴ ماه می سال ۲۰۱۱ کاهش دید قابل توجهی در بسیاری از ایستگاه‌های همدیدی در منطقه جنوب کشور گزارش شده است. شکل ۵-الف دید افقی ایستگاه‌های همدیدی کشور و برخی از کشورهای هم‌جوار که با کد پدیده‌های مرتبط با گردوخاک همراه بوده را در ساعت ۱۲ UTC روز ۴ مه سال ۲۰۱۱ نشان می‌دهد. در این روز

کم‌فشار سطحی مشاهده می‌شود که ناوه آن تا جنوب کشور عربستان کشیده شده است. در مناطق واقع در جلوی محور ناوه، وزش بادهای شدید جنوب‌غربی نشان داده شده است. بنابراین شرایط برای گسیل گردوخاک از نواحی جنوبی عربستان و کشور عمان و انتقال آن به سمت استان‌های جنوبی کشور از بوشهر تا سیستان و بلوچستان و جزایر خلیج فارس فراهم شده که سبب کاهش دید افقی در این استان‌ها شده است. همچنین فرارفت گرم سبب افزایش دما در مناطقی از دریای عمان و جنوب‌شرقی ایران شده است. الگوی ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳-ج) نشان می‌دهد که یک ناوه کوچک در مناطق جنوبی ایران شکل گرفته که زبانه‌های آن تا کشور عربستان نفوذ کرده است. در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳-د) جریان جتی مشاهده می‌شود که در جنوب عراق و سوریه سرعت باد در مرکز آن به بیش از ۶۰ متر بر ثانیه رسیده است. در مناطق جنوبی ایران جت استریم از حالت مداری خارج شده و شکل موجی به خود گرفته است. در این مناطق سرعت باد در مرکز جت کاهش یافته و مجدداً در مناطق جنوب‌شرقی ایران و غرب پاکستان سرعت باد در هسته



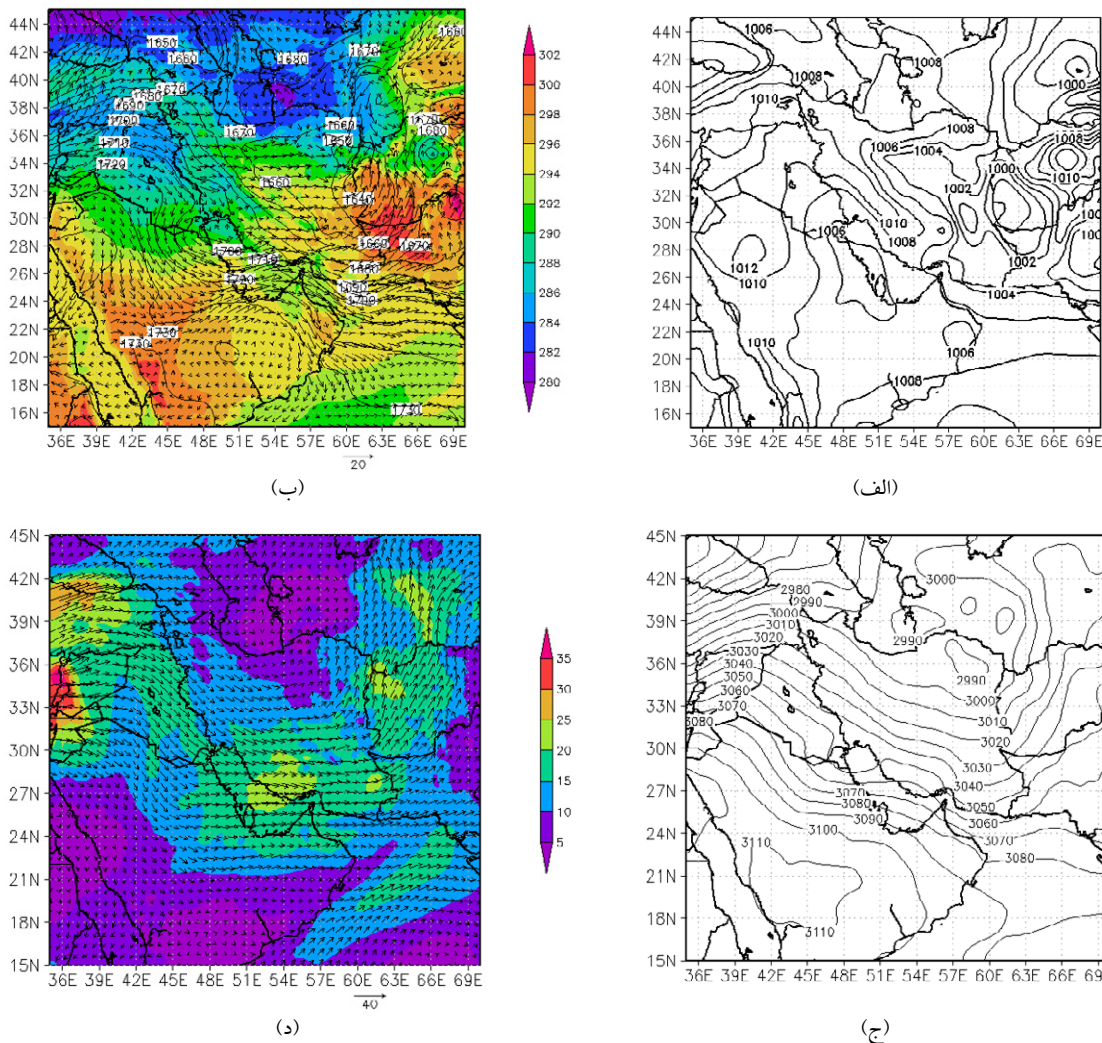
شکل ۵. دید افقی در ایستگاه‌های همدیدی منطقه که با کد پدیده مرتبط با گردوخاک همراه بوده در ساعت ۱۲ UTC الف) روز ۴ ماه می سال ۲۰۱۱ ب) روز ۵ ماه می سال ۲۰۱۱.



شکل ۶. تصویر سنجنده مادیس ماهواره آکوا برای الف) روز ۴ ماه می ب) ۵ ماه می سال ۲۰۱۱.

متر رسیده است. پدیده گردوخاک و کاهش دید افقی در برخی از ایستگاه‌های کشورهای عربستان، امارات متحده عربی، عمان و همچنین عراق و سوریه قابل مشاهده است. شکل ۶ تصویر ماهواره‌ای را در روزهای ۴ و ۵ ماه می سال ۲۰۱۱ نشان می‌دهد. در روز ۴ ماه می گردوخاک در مناطق شمال شرقی عربستان و بخش وسیعی از خلیج فارس مشاهده می‌شود. در روز ۵ ماه می گردوخاک در منطقه گسترش یافته و بخش‌های وسیعی از نیمه جنوبی کشور عربستان، کشورهای امارات و عمان، مناطقی از جنوب و جنوب شرقی ایران و بخش‌های وسیعی از خلیج فارس، تنگه هرمز و دریای عمان را تحت پوشش قرار داده است.

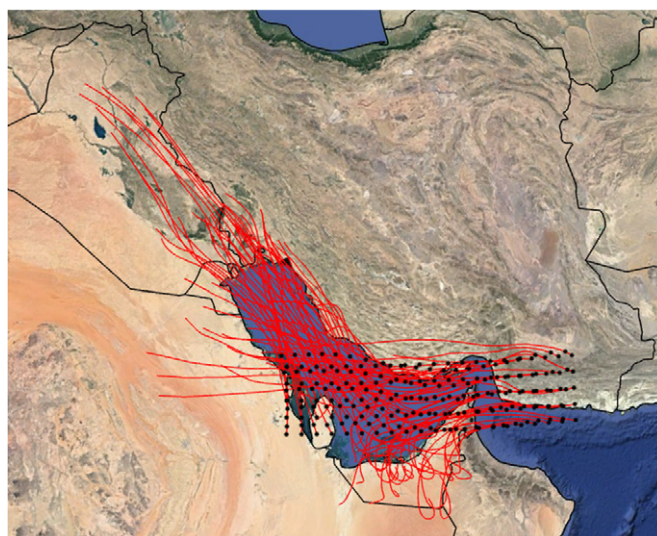
دید افقی در اکثر ایستگاه‌های همدیدی جنوب کشور و جزایر واقع در خلیج فارس به شدت کاهش یافته و به‌ویژه در شمال تنگه هرمز که مقادیر دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر نیز گزارش شده است. همچنین پدیده گردوخاک و کاهش شدید دید افقی در برخی از ایستگاه‌های کشور عربستان و سواحل جنوبی خلیج فارس و دریای عمان قابل مشاهده است. شکل ۵- ب مربوط به ساعت ۱۲ UTC روز ۵ ماه می سال ۲۰۱۱ است. در این روز دید افقی در اکثر ایستگاه‌های همدیدی جنوب کشور و جزایر واقع در خلیج فارس کاهش یافته و در بسیاری از ایستگاه‌های واقع در شمال تنگه هرمز به کمتر از ۵۰۰۰



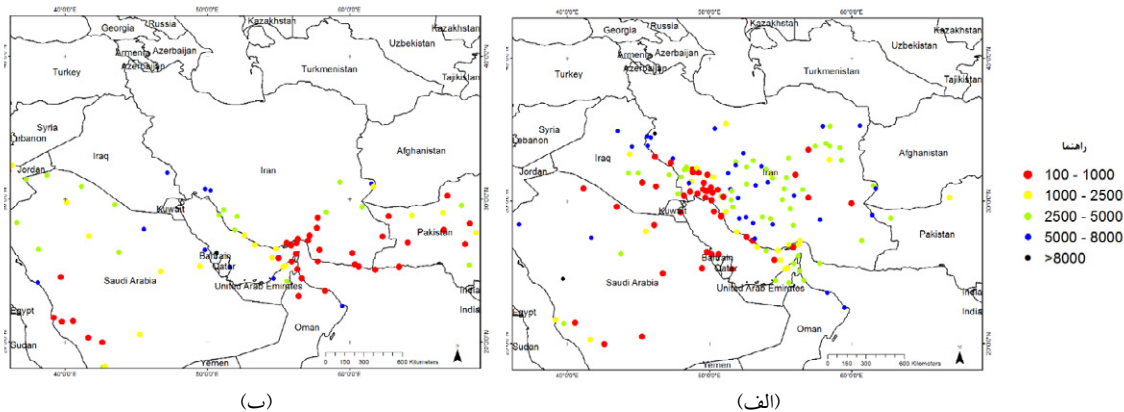
شکل ۷. الف) الگوی فشار سطح زمین (هکتوپاسکال) ب) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) و بردار باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ج) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال د) الگوی جریان جتی (متر بر ثانیه) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در روز ۴ ماه می ۲۰۱۱ ساعت ۱۲:۰۰ UTC

نیمه شرقی خلیج فارس سبب انتقال گردوخاک از کشور عربستان به خلیج فارس و مناطق جنوبی ایران می‌شود. در تراز ۵۰۰ hPa (شکل ۷-ج) در شمال شرقی کشور عربستان و نیمه غربی خلیج فارس یک ناوه شکل گرفته است و در مناطق جنوب غربی عربستان و در نزدیکی سواحل دریای سرخ یک مرکز بسته پیرارتفاع مشاهده می‌شود که سبب افزایش گرادیان ارتفاع بر روی نیمه شمالی کشور عربستان شده است. در تراز ۲۰۰ hPa (شکل ۷-د) در مناطق جنوبی خلیج فارس، جت استریم از حالت مداری خارج شده و سرعت نصف‌النهاری باد در

در شکل ۷-الف الگوی فشار سطح زمین در روز ۴ ماه می ۲۰۱۱ ساعت ۱۲:۰۰ UTC مشاهده می‌شود. در این روز یک مرکز کم‌فشار بر روی خلیج فارس و مناطق شمال شرقی عربستان سعودی بسته شده است. در تراز ۵۰۰ hPa که در شکل ۷-ب نشان داده شده، در این مناطق ناوه نسبتاً عمیقی مشاهده می‌شود که زبانه‌های آن تا بخش‌های جنوبی کشور عربستان نفوذ کرده است. قرارگیری کم‌فشار سطحی در جلوی محور ناوه و حرکات صعودی این منطقه سبب تقویت کم‌فشار می‌شود. وزش بادهای شدید جنوب غربی در مناطق شرقی عربستان و



شکل ۸. خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو برای ساعت UTC12:00 روز ۵ ماه می سال ۲۰۱۱.

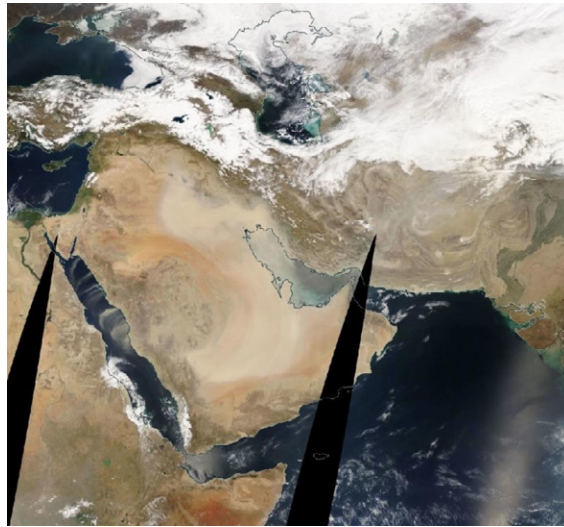


شکل ۹. دید افقی در ایستگاه‌های همدیدی منطقه که با کد پدیده مرتبط با گردوخاک همراه بوده در ساعت UTC ۱۲ (الف) روز ۱۸ مارس (ب) روز ۱۹ مارس سال ۲۰۱۲.

این مناطق افزایش یافته است.

مطالعه موردی پدیده گردوخاک ۱۸ و ۱۹ مارس سال ۲۰۱۲ (۲۸ و ۲۹ / سفند ۱۳۹۱)  
در روز ۱۸ مارس سال ۲۰۱۲ کاهش دید قابل توجهی در بسیاری از ایستگاه‌های همدیدی کشور گزارش شده است. شکل ۹- الف دید افقی ایستگاه‌های همدیدی کشور و برخی از کشورهای هم‌جوار که با کد پدیده‌های مرتبط با گردوخاک همراه بوده را در ساعت UTC ۱۲ روز ۱۸ مارس سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد. در این روز دید افقی در اکثر ایستگاه‌های همدیدی واقع در جنوب غربی ایران و سواحل شمالی خلیج فارس به شدت کاهش یافته و

خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو که در ساعت UTC ۱۲ در روز ۵ ماه می سال ۲۰۱۱ برای مدت ۲۴ ساعت در ارتفاع ۵۰۰ متری در منطقه جنوب کشور اجرا شده، در شکل ۸ نشان داده شده است. در این مورد مطالعاتی، ذرات گردوخاک از چشمه‌های واقع در کشور عراق توسط جریانات شمال غربی، از عربستان همراه با جریانات غربی و از امارات و مناطق جنوب شرقی عربستان توسط جریانات جنوب غربی به خلیج فارس، تنگه هرمز و مناطق جنوبی ایران وارد می‌شوند.

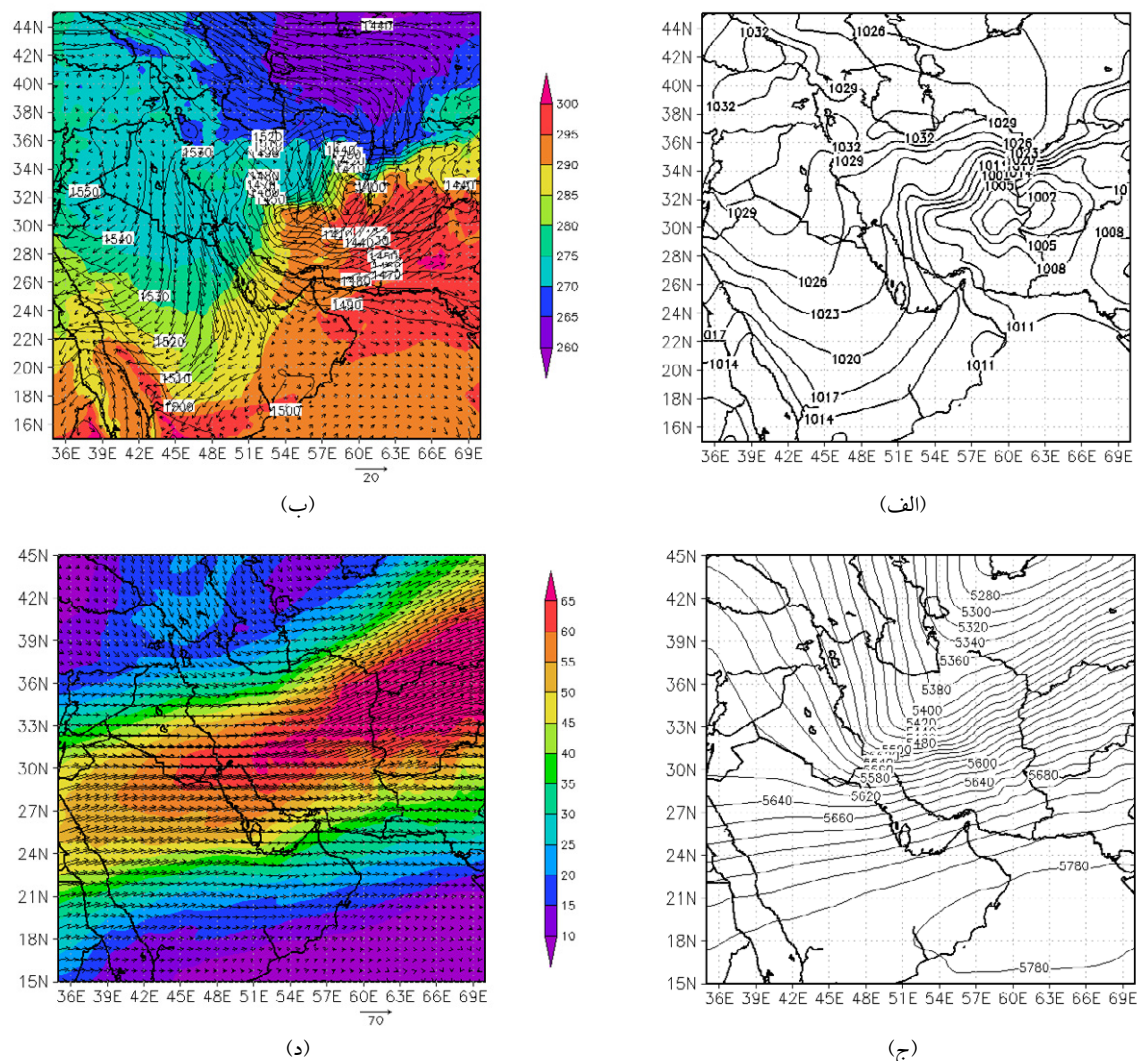


شکل ۱۰. تصاویر ماهواره‌ای برای روز ۱۸ مارس سال ۲۰۱۲.

آن به  $1002 \text{ hPa}$  رسیده است در مناطق جنوب شرقی ایران مشاهده می‌شود که زبانه‌های آن تا کشور عمان نیز کشیده شده است. از طرف دیگر، زبانه‌های پرفشار واقع در شرق مدیترانه از سمت کشور عراق تا جنوب کشور عربستان نفوذ کرده است؛ بنابراین گرادیان فشاری در مناطق جنوب غربی ایران و خلیج فارس به شدت افزایش یافته که سبب وزش بادهای شدید در این مناطق می‌شود. در تراز  $850$  هکتوپاسکال (شکل ۱۱-ب)، یک مرکز کم‌ارتفاع در مناطق جنوب شرقی ایران در بالای کم‌فشار سطحی شکل گرفته است. همچنین زبانه‌های پرارتفاع واقع بر روی شرق مدیترانه تا جنوب عربستان نفوذ کرده است. وزش بادهای شدید شمال غربی در سواحل جنوبی خلیج فارس و بادهای جنوب غربی بر روی کشور امارات و سواحل جنوبی تنگه هرمز سبب انتقال گردوخاک زیادی از این مناطق به دریای مکران و مناطق جنوب و جنوب شرقی کشور ایران شده است. الگوی ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز  $500$  هکتوپاسکال در شکل ۱۱-ج نشان می‌دهد که زبانه‌های یک ناوه عمیق از سمت شمال شرقی ایران، وارد کشور شده و تا شمال عربستان نفوذ کرده است. در تراز  $200$  هکتوپاسکال (شکل ۱۱-د) جریان جتی مشاهده می‌شود که از جنوب عراق با سرعت بیش از  $60$  متر بر ثانیه در هسته جت به

به کمتر از  $1000$  متر نیز رسیده است. پدیده گردوخاک و کاهش شدید دید افقی در بسیاری از ایستگاه‌های کشورهای عربستان، بحرین، قطر، امارات و همچنین کشورهای کویت و عراق نیز قابل مشاهده است. شکل ۹-ب دید افقی ایستگاه‌های همدیدی منطقه در ساعت  $12 \text{ UTC}$  روز ۱۹ مارس سال ۲۰۱۲ را نشان می‌دهد. در این روز دید افقی در اکثر ایستگاه‌های همدیدی جنوب کشور و جزایر واقع در خلیج فارس به شدت کاهش یافته، به گونه‌ای که در بسیاری از ایستگاه‌های واقع در سواحل شمالی تنگه هرمز و دریای مکران، مقادیر دید افقی به کمتر از  $1000$  متر رسیده است. همچنین در این روز، پدیده گردوخاک و کاهش دید افقی در بسیاری از ایستگاه‌های کشورهای عربستان، امارات متحده عربی، قطر، بحرین، عمان، عراق، اردن و پاکستان قابل مشاهده است.

شکل ۱۰ تصویر ماهواره‌ای را در روز ۱۸ مارس سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد. در این روز گردوخاک غلیظی در بخش وسیعی از کشورهای عربستان و کویت، خلیج فارس و مناطق جنوبی کشورهای ایران و عراق مشاهده می‌شود. در شکل ۱۱-الف الگوی فشار سطح زمین در روز ۱۸ مارس سال ۲۰۱۲ ساعت  $12:00 \text{ UTC}$  مشاهده می‌شود. در این روز یک مرکز کم‌فشار که فشار در مرکز



شکل ۱۱. الف) الگوی فشار سطح زمین (هکتوپاسکال) ب) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) و بردار باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ج) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال د) الگوی جریان جتی (متر بر ثانیه) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۸ مارس ۲۰۱۲ ساعت ۱۲:۰۰ UTC.

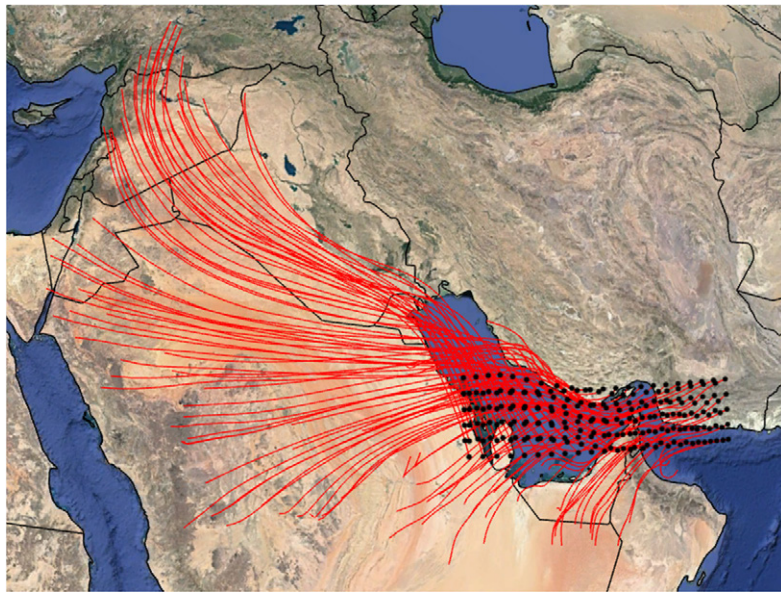
و سایر کشورهای واقع در حاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان همراه با جریانات غرب و جنوب غربی به مناطق جنوبی ایران منتقل می‌شوند.

مطالعه موردی پدیده گردوغبار ۵ آوریل سال ۲۰۱۳ (۱۶ فروردین ۱۳۹۲)

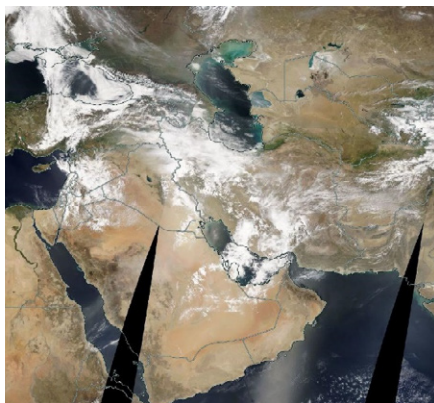
شکل ۱۳- الف، دید افقی ایستگاه‌های همدیدی ایران و برخی از کشورهای هم‌جوار که با کد پدیده‌های مرتبط با گردوغبار همراه بوده را در ساعت ۱۲ UTC روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. در این روز دید افقی

سمت مرزهای شرقی کشور و شمال افغانستان کشیده شده است. ورودی جت استریم در مناطق جنوبی عراق و شمال شرقی عربستان قرار دارد که سبب تقویت حرکات صعودی در این مناطق می‌شود.

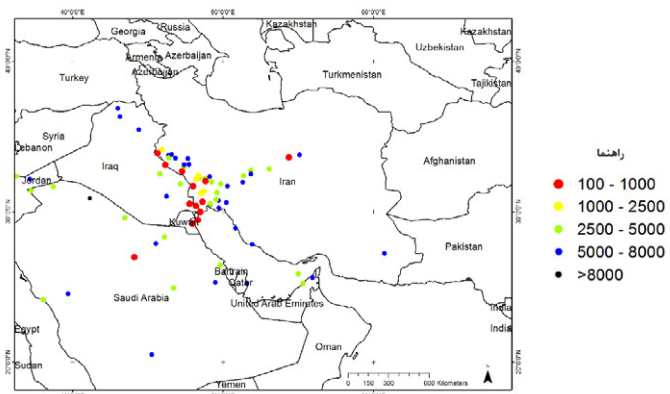
خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو که در ساعت ۱۲ UTC در روز ۱۸ مارس سال ۲۰۱۲ برای مدت ۲۴ ساعت در ارتفاع ۵۰۰ متری در منطقه جنوب کشور اجرا شده، در شکل ۱۲ نشان داده شده است. در این مورد مطالعاتی، ذرات گردوغبار از چشمه‌های واقع در کشور عراق توسط جریانات شمال غربی و از عربستان



شکل ۱۲. خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو برای ساعت UTC 12:00 روز ۱۸ مارس سال ۲۰۱۲.



(ب)



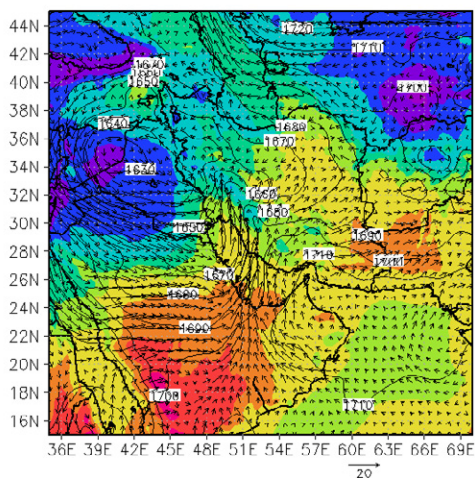
(الف)

شکل ۱۳. الف) دید افقی در ایستگاه‌های همدیدی منطقه که با کد پدیده مرتبط با گردوخاک همراه بوده در ساعت UTC ۱۲ روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳ (ب) تصویر سنجنده مادیس ماهواره ترا در روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳.

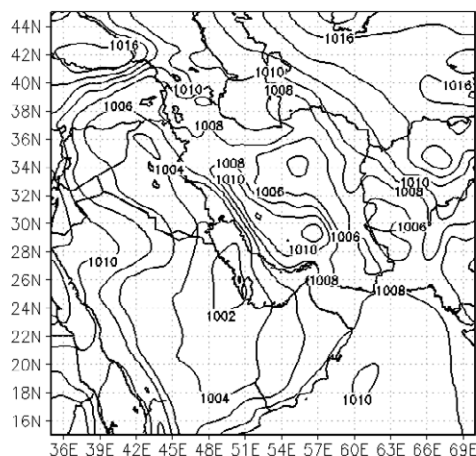
کشور کویت، نیمه غربی خلیج فارس و جنوب غربی ایران مشاهده می‌شود. در روز ۶ آوریل گردوخاک که در شکل نشان داده نشده، در منطقه گسترش بیشتری یافته است. در این روز میزان گردوخاک در نیمه جنوبی عربستان، بخش وسیعی از خلیج فارس و مناطق جنوبی ایران به شدت افزایش یافته است.

در شکل ۱۴- الف الگوی فشار سطح زمین در روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳ ساعت UTC ۱۲:۰۰ نشان

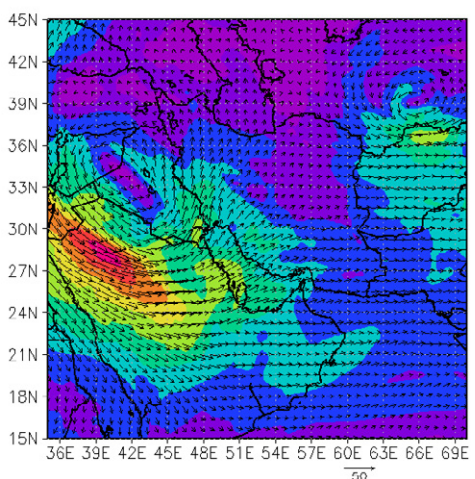
در اکثر ایستگاه‌های همدیدی واقع در جنوب غربی ایران به شدت کاهش یافته و به کمتر از ۱۰۰۰ متر رسیده است. پدیده گردوخاک و کاهش دید افقی در برخی از ایستگاه‌های کشورهای عربستان، بحرین، قطر، امارات و همچنین کشورهای کویت و عراق نیز قابل مشاهده است. شکل ۱۳- ب تصویر ماهواره‌ای را در روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. در روز ۵ آوریل گردوخاک غلیظی در نیمه شمالی عربستان، جنوب شرقی عراق،



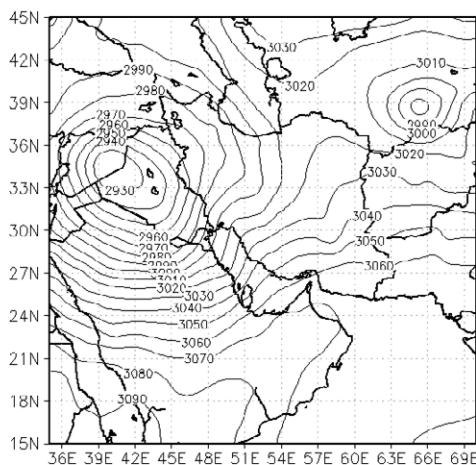
(ب)



(الف)



(د)

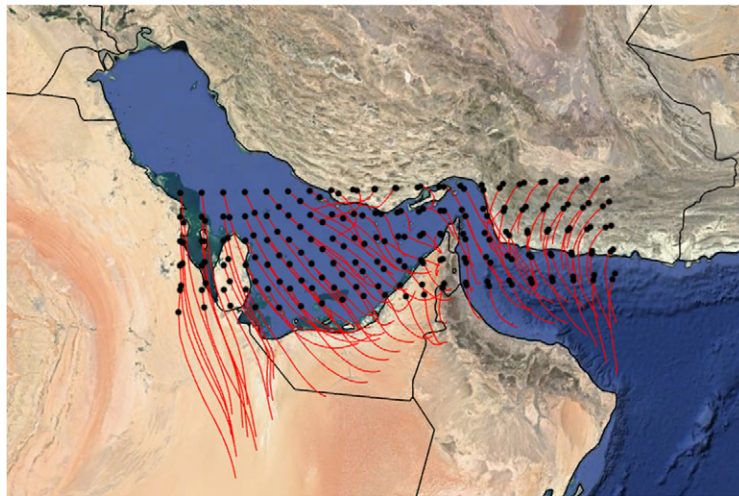


(ج)

شکل ۱۴. الف) الگوی فشار سطح زمین (هکتوپاسکال) ب) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) و بردار باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ج) ارتفاع ژئوپتانسیلی (متر) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال د) الگوی جریان جتی (متر بر ثانیه) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳ ساعت ۱۲:۰۰ UTC.

می‌شود. در تراز ۸۵۰ hPa که در شکل ۱۴- ب نشان داده شده است، در مرز دو کشور عراق و سوریه واقع در غرب کم‌فشار سطحی، یک مرکز کم ارتفاع وجود دارد که ناوه آن تا جنوب عربستان نفوذ کرده است. به دلیل وجود یک مرکز پرارتفاع بر روی دریای مکران، همگرایی میدان باد و وزش بادهای شدید جنوبی بر روی مناطق جنوبی عربستان مشاهده می‌شود که حجم زیادی از گردوغبار را از این منطقه به سمت خلیج فارس و مناطق جنوبی ایران منتقل می‌کند. الگوی ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز ۵۰۰

داده شده است. در این روز یک مرکز کم‌فشار با هسته ۱۰۰۲ هکتوپاسکال در شمال شرقی عربستان و سواحل جنوبی خلیج فارس شکل گرفته است که سواحل جنوبی خلیج فارس در جلوی مرکز کم‌فشار قرار گرفته و تحت تأثیر بادهای جنوب و جنوب‌غربی قرار گرفته‌اند. همچنین یک مرکز پرفشار بر روی دریای مکران بسته شده که سبب افزایش گرادیان فشار در جنوب عربستان و کشور عمان و وزش بادهای شدید در این منطقه می‌شود و یک مرکز کم‌فشار بر روی مناطق شمال عراق نیز مشاهده



شکل ۱۵. خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو برای ساعت UTC 00 روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳.

ساله سبب بروز خسارات زیست‌محیطی، مالی و جانی زیادی می‌شود. علاوه بر چشمه‌های داخلی گردوخاک در سواحل شمالی خلیج فارس، چشمه‌های گردوخاک واقع در کشورهای مجاور شامل، سوریه، عراق، کویت، امارات و عربستان سعودی نیز این مناطق را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. در اطراف خلیج فارس منابع تولیدکننده گردوخاک زیادی در امارات متحده عربی، ایران، کویت، عربستان سعودی، عمان و قطر وجود دارد و الگوهای همدیدی حاکم بر منطقه و جهت باد باعث شده است که توفان‌های خاک بسیاری از منطقه خلیج فارس عبور کنند. جهت باد غالب در منطقه خلیج فارس در بیشتر مواقع سال، شمال و شمال‌غربی است. وزش بادهای شدید شمال‌غربی به‌ویژه در فصل تابستان، سبب انتقال گردوخاک از کشورهای سوریه، عراق و کویت و مناطق جنوب‌غربی ایران به خلیج فارس می‌شود. برخی اوقات به‌ویژه در فصل بهار، وزش باد ناشی از شکل‌گیری یک مرکز کم‌فشار بوده که گاهی با جبهه‌های جوی همراه است. در این مواقع وزش بادهای شدید جنوب و جنوب‌غربی، در صورت کمبود رطوبت هوا، سبب انتقال حجم زیادی از گردوخاک از کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس به مناطق جنوبی ایران و گاهی تا مرکز ایران می‌شود. شدت این پدیده‌های گردوخاک به‌گونه‌ای است که گاهی دید

هکتوپاسکال (شکل ۱۴-ج) نشان می‌دهد که یک سامانه کم‌ارتفاع منطبق بر الگوی ترازهای زیرین روی مرز عراق و سوریه حاکم شده و ناوه آن تا جنوب عربستان نیز نفوذ کرده است. شدت سامانه کم‌فشار دینامیکی به‌گونه‌ای است که تا تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۴-د) نیز نفوذ کرده و چرخش میدان باد در منطقه واقع بر روی مرز عراق و سوریه نیز مشاهده می‌شود. هسته جت در این روز در مناطق شمال عربستان مشاهده می‌شود و محور آن نیز کج شده است که نشان‌دهنده تقویت مؤلفه نصف‌النهاری باد در این مناطق است.

خروجی مدل HYSPLIT به روش پس‌رو که در ساعت UTC 00 روز ۵ آوریل سال ۲۰۱۳ برای مدت ۱۲ ساعت در ارتفاع ۵۰۰ متری در منطقه جنوب کشور اجرا شده، در شکل ۱۵ نشان داده شده است. در این مورد مطالعاتی، ذرات گردوخاک از چشمه‌های واقع در کشور عربستان و سایر کشورهای واقع در حاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان همراه با جریان‌های جنوب و جنوب‌شرقی به مناطق جنوبی ایران منتقل می‌شوند.

### جمع‌بندی

وقوع رخداد‌های شدید و فراگیر گردوخاک بر روی خلیج فارس و استان‌های واقع در سواحل شمالی آن همه

افقی را تا مقادیر کمتر از ۱۰۰۰ متر در استان‌های جنوبی ایران کاهش می‌دهد. در برخی از رخدادهای گردوغبار جبهه‌ای در این منطقه، ذرات گردوغبار حتی تا نیمه غربی کشورهای افغانستان و پاکستان نیز نفوذ می‌کنند. در کلیه رخدادهای گردوغبار مورد بررسی در این مطالعه، یک سامانه کم‌فشار بر روی خلیج فارس و نیمه جنوبی کشور عربستان شکل گرفته است به گونه‌ای که بیابان‌های واقع در کشور امارات و نیمه جنوبی عربستان در جلوی مرکز کم‌فشار واقع شده و تحت تاثیر جریان‌های جنوب و جنوب‌غربی، ذرات گردوغبار به مناطق جنوبی ایران منتقل می‌شوند. همچنین در تراز  $hPa_{850}$  در این مناطق خطوط هم‌دما، پربندهای ارتفاع ژئوپتانسیلی را با شیب قابل توجهی قطع می‌کنند که نشان‌دهنده وجود کژفشاری و فرارفت هوای سرد در این مناطق است که با تغییر جهت ناگهانی باد از شمال‌غربی به جنوب و جنوب‌غربی همراه بوده و از نشانه‌های وجود جبهه سرد است. در تراز  $hPa_{500}$  نیز در بالای کم‌فشار سطحی، ناه نسبتاً عمیقی شکل گرفته است. در تراز  $hPa_{250}$  نیز جریان‌هایی در این منطقه از حالت مداری خارج شده و انحنای در محور جت استریم مشاهده می‌شود. در هر چهار پدیده گردوغبار مورد بررسی، منطقه جنوبی ایران تحت تاثیر چشمه‌های گردوغبار واقع در کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس به‌ویژه عربستان سعودی و امارات متحده عربی قرار دارد. اگرچه در برخی از این توفان‌های خاک، ذرات گردوغبار از کشورهای واقع در غرب ایران شامل عراق و سوریه نیز به این منطقه انتقال یافته‌اند و سبب کاهش شدید دید افقی در استان‌های واقع در مناطق جنوب‌غربی و جنوب ایران شده‌اند. در تمام این موارد مطالعاتی، بادهای جنوب و جنوب‌غربی در مناطق جنوبی خلیج فارس مشاهده شده و خروجی مدل HY-SPLIT نیز انتقال گردوغبار از کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس به نیمه جنوبی ایران را نشان داد.

## مراجع

۱. حسین حمزه نسیم، فتاحی ابراهیم، ذوالجودی مجتبی، رنجبر

- سعادت آبادی عباس، پروین غفاریان، ۱۳۹۵، تحلیل همدیدی و دینامیکی پدیده گردوغبار و شبیه‌سازی آن در جنوب‌غرب ایران در تابستان ۱۳۸۴، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره سوم، شماره ۱، صفحه ۹۱-۱۰۲.
- Akbary, M. and Farahbakhshi, M., 2015. Analyzing and Tracing of Dust Hazard in Recent Years in Kermanshah Province. *International Journal of Environmental Research*, 9(2).
  - Albarakat, R. and Lakshmi, V., 2019. Monitoring Dust Storms in Iraq Using Satellite Data. *Sensors*, 19(17), p.3687.
  - Al-Dousari, A., Doronzo, D. and Ahmed, M., 2017. Types, indications and impact evaluation of sand and dust storms trajectories in the Arabian Gulf. *Sustainability*, 9(9), p.1526.
  - Beegum, S.N., Gherboudj, I., Chaouch, N., Temimi, M. and Ghedira, H., 2018. Simulation and analysis of synoptic scale dust storms over the Arabian Peninsula. *Atmospheric Research*, 199, pp.62-81.
  - Bolloorani, A.D., Nabavi, S.O., Bahrami, H.A., Mirzapour, F., Kavosi, M., Abasi, E. and Azizi, R., 2014. Investigation of dust storms entering Western Iran using remotely sensed data and synoptic analysis. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1), pp.1-12.
  - Broomandi, P., Dabir, B., Bonakdarpour, B. and Rashidi, Y., 2017. Identification of the sources of dust storms in the City of Ahvaz by HYSPLIT. *Pollution*, 3(2), pp.341-348.
  - Butt, M.J. and Mashat, A.S., 2018. MODIS satellite data evaluation for sand and dust storm monitoring in Saudi Arabia. *International Journal of Remote Sensing*, 39(23), pp.8627-8645.
  - Call, D.A., Wilson, C.S. and Shourd, K.N., 2018. Hazardous weather conditions and multiple-vehicle chain-reaction crashes in the United States. *Meteorological Applications*, 25(3), pp.466-471.
  - Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J. and Zhou, N., 2015. Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. *Science of the Total Environment*, 502, pp.224-235.
  - Fattahi, E., Noohi, K. and Shiravand, H., 2012. Study of dust storm synoptical patterns in southwest of Iran. *Desert*, 17(1), pp.49-55.
  - Ginoux, P., Prospero, J.M., Gill, T.E., Hsu, N.C. and Zhao, M., 2012. Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. *Reviews of Geophysics*, 50(3).
  - Hamidi, M., Kavianpour, M.R. and Shao, Y., 2013. Synoptic analysis of dust storms in the Middle East. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 49(3), pp.279-286.
  - Hamza, W., Enan, M.R., Al-Hassini, H., Stuu, J.B. and De-Beer, D., 2011. Dust storms over the Arabian Gulf: a possible indicator of climate changes consequences. *Aquatic Ecosystem Health & Management*,

- matology of the Middle East dust events. *Aeolian Research*, 10, pp.103-109.
20. Rezazadeh, M., Irannejad, P. and Shao, Y., 2013. Dust emission simulation with the WRF-Chem model using new surface data in the Middle East region. *Journal of the Earth and Space Physics*, 39(1), pp.191-212.
  21. Schlesinger, P., Mamane, Y., & Grishkan, I. (2006). Transport of microorganisms to Israel during Saharan dust events. *Aerobiologia*, 22(4), 259.
  22. Zhang, X., Zhao, L., Tong, D.Q., Wu, G., Dan, M. and Teng, B., 2016. A systematic review of global desert dust and associated human health effects. *Atmosphere*, 7(12), p.158.
  23. Zoljodi, M., Didevarasl, A. and Saadatabadi, A.R., 2013. Dust events in the western parts of Iran and the relationship with drought expansion over the dust-source areas in Iraq and Syria. *Atmospheric and Environmental Science*, 14(3), pp.260-268.
  15. Karami, S., Hamzeh, N.H., Alam, K., Noori, F. and Abadi, A.R.S., 2021. Spatio-temporal and synoptic changes in dust at the three islands in the Persian Gulf region. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 214, p.105539.
  16. Notaro, M., Alkolibi, F., Fadda, E. and Bakhrjy, F., 2013. Trajectory analysis of Saudi Arabian dust storms. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(12), pp.6028-6043.
  17. Rao, P.G., Hatwar, H.R., Al-Sulaiti, M.H. and Al-Mulla, A.H., 2003. Summer shamals over the Arabian Gulf. *Weather*, 58(12), pp.471-478.
  18. Reynolds, R.L. and King, J.W., 1995. Magnetic records of climate change. *Reviews of Geophysics*, 33(S1), pp.101-110.
  19. Rezazadeh, M., Irannejad, P. and Shao, Y., 2013. Cli-

## Investigation of dust storms over the south of Iran; Originated from the countries on the southern cost of the Persian Gulf

Sara Karami<sup>1\*</sup>, Noushin Khoddam<sup>2</sup>, Saviz Sehat Kashani<sup>3</sup>, Mehdi Rahnama<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor of Meteorology, Air pollution and dust Research group, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Tehran, Iran

<sup>2</sup> Graduated in Meteorology, Air pollution and dust Research group, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor of Meteorology, Air pollution and dust Research group, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Tehran, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor of Meteorology, Remote Sensing Research group, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Tehran, Iran

\*Corresponding Author Email: [karamis.62@gmail.com](mailto:karamis.62@gmail.com)

Received: 16 January 2020,

accepted: 19 April 2020

### ABSTRACT

Dust storm is a complex process that is influenced by the interactions of atmospheric systems and is basically caused by conditions such as high wind speeds, bare soil and dry air. In recent years, the occurrence of this phenomenon in the Middle East is increasing. Continuation of more than a decade of drought in Iran and other countries in the West Asian region, along with the impact of other environmental factors, has led to a crisis of natural resources and environment in the region; As the country is currently facing serious problems such as water shortage, drought and dust. The Middle East is part of the dust belt that stretches from Africa to western and central Asia. Favorable weather conditions, along with other factors mentioned above, have caused the southern and southwestern regions of Iran to be affected by dust hotspots outside the country's geographical borders. In general, at certain times of the year, the activity of dust sources located in the areas of central Saudi Arabia, as well as the deserts of Jordan, intensifies dust in the southern regions of Iran. In this study, several severe and pervasive dust storms were investigated in which dust sources in the southern shores of the Persian Gulf were active and affected the southern half of Iran. After selecting some severe and pervasive events for each case separately, the following actions were taken. Investigation of weather code and visibility in the synoptic stations of Iran and neighboring countries; Spatial monitoring of storms with True-color images of MODIS sensor; Investigation of effective atmospheric systems and analysis of atmospheric conditions leading to dust occurrence using ERA-Interim data with horizontal resolution of  $0.75 \times 0.75$  degrees; Implementation of HYSPLIT Lagrangian model by backward method to determine the transmission path of dust storm. The study of these dust events showed that in general, the formation of pressure gradient with changes in mean sea level pressure due to the entry of atmospheric systems or changes in surface temperature, increases wind speed near the surface, which if the ground surface is favorable causes dust emission. The wind direction determines the dust path. In addition, with the presence of weather front in the cold seasons, changes in wind velocity (speed and wind direction) provide suitable conditions for the activation of dust hotspots and ultimately cause the emission and transport of dust particles; Therefore, with the activation of dust sources in the countries located on the southern shores of the Persian Gulf, with each of these synoptic patterns, dust is emitted from these areas.

**Keywords:** dust storms; Southern half of Iran; Synoptic analysis; HYSPLIT model.

#### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Karami, S.; Khoddam, N.; Sehat Kashani, S.; Rahnama, M. (2020). Investigation of dust storms over the south of Iran; Originated from the countries on the southern cost of the Persian Gulf. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 3(2): 113-128

#### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAs Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

