



شناسایی الگوهای گردش جوی تابستانه و زمستانه ورود گرد و غبار به

غرب ایران

مرتضی میری: دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران *

قاسم عزیزی: دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

علی اکبر شمسی‌پور: استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۶/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۲۲، صص ۲۲۰-۲۰۳

چکیده

پدیده گرد و غبار در چند سال اخیر از مخاطرات محیطی مهم مناطق غرب و جنوب غرب ایران محسوب می‌شود. چگونگی شکل‌گیری و مناطق منشاء و مسیرهای ورود گرد و غبار در فصول گرم و سرد سال به منطقه غرب ایران از الگوی یکسانی تبعیت نمی‌کند. در این پژوهش از داده‌های ایستگاهی دوره زمانی ۳۰ ساله از ۱۹۷۹-۲۰۰۸ استفاده شد. روش تحقیق ترکیبی از تحلیل‌های آماری - همدیدی و بهره‌گیری از سنجش از دور است. بارزسازی گرد و غبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد: بیابان‌های منطقه مرزی بین سوریه و شمال غرب عراق بیشتر در فصل گرم و غرب و جنوب غرب عراق و در موارد محدودی شرق و شمال شرق عربستان در دوره سرد به ترتیب دو کانون اصلی این پدیده هستند. بدین ترتیب مسیرهای شمال غربی در دوره گرم و غربی و در مواردی جنوبی در دوره سرد، مهمترین مسیرهای ورود پدیده گرد و غبار به غرب ایران هستند. در دوره گرم سال ضمن پایین بودن رطوبت و خشکی منطقه با تقویت کم‌فشار حرارتی شکل گرفته بر روی عراق و ادغام آن با کم‌فشار انتقال یافته به جنوب و جنوب غرب ایران و در نهایت قرارگیری در برابر پرفشار شکل گرفته روی پهنه آبی مدیترانه سبب شیو شدید فشار و ایجاد بادهای پرسرعت بر روی عراق و سوریه می‌شود، هسته گرد و غبار شکل می‌گیرد. در اواخر دوره سرد فرآیندهای دینامیکی عامل اصلی شکل‌گیری و انتقال این پدیده محسوب می‌شوند. شکل‌گیری ناوه عمیقی در تراز میانی و پیرو آن ایجاد مرکز همگرایی سطحی و فعالیت بین دو مرکز واگرایی بالایی و همگرایی سطحی سبب ناپایداری شدید و صعود هوا روی عراق و عربستان می‌شود. نتیجه چنین سازوکاری ایجاد جریان‌های پرسرعت باد و در صورت ضعیف بودن رطوبت با توجه به ویژگی‌های این مناطق هسته گرد و غبار شکل می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: ناپایداری، جهت و سرعت باد، سنجش از دور، ردیابی، مناطق منشاء

۱- مقدمه

همچنین نابودی پوشش گیاهی و خشکی تالاب‌هایی

مانند هورالعظیم، به‌همراه عوامل انسانی همچون احداث

سدهای عظیم بر روی رودهای منتهی به حوضه‌ی

آبریز بین‌النهرین (عراق) توسط کشورهای منطقه،

پهنه‌های رسوبی و ریزدانه‌ی حوضه‌های آبریز موجود

مجاورت بخش‌های غربی ایران با بیابان‌هایی

همچون جنوب عراق، عربستان سعودی و در فاصله

دورتر سوریه و شمال آفریقا، خشکسالی‌های متوالی

همراه با کاهش رطوبت سطحی و زیر سطحی و

تاثیر دو عامل اصلی شرایط سطح زمین و شرایط جوی قرار دارد. به لحاظ جوی مؤلفه سرعت و جهت باد مهمترین نقش را در شکل‌گیری و انتقال این پدیده ایفا می‌کند. هر کدام از این مولفه‌ها تحت تاثیر سایر عناصر جوی بویژه الگوی فشار می‌باشند. مولفه فشار نیز تحت تاثیر شرایط حرارتی و دینامیکی جو قرار دارد. از طرف دیگر الگوهای دینامیکی و حرارتی جو، طی دوره‌های سرد و گرم سال با هم متفاوت هستند. بنابر این شکل‌گیری پدیده گرد و غبار در دوره گرم و سرد با توجه به شرایط سطحی و از طرف دیگر الگوهای جوی با هم متفاوت می‌باشد. تفاوت گرد و غبارهای شکل گرفته در دوره‌های گرم و سرد سال با توجه به شرایط جوی می‌تواند در وسعت پراکنش، غلظت، تداوم زمانی و تفاوت در منشاء شکل‌گیری گرد و غبار باشد. از این رو توجه به الگوهای شکل دهنده این پدیده طی دوره‌های سرد و گرم می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی و مدیریت این پدیده داشته باشد. ایران به لحاظ آب و هوایی در منطقه گذار واقع شده است. بنابر این در دوره‌های تابستانه از سامانه‌های حاره‌ای و در دوره زمستانه از سامانه‌های زمستانه تاثیر می‌پذیرد. الگوهای رفتاری و ویژگی‌های ماهیتی سامانه‌های حاکم در هر یک از فصول، ویژگی‌های وزش باد و الگوی برداشت، انتقال و پراکنش گرد و غبار را تعیین می‌کنند. آنچه بیشتر از هر پدیده‌ای مشهود است، حاکمیت سامانه پرفشار دینامیکی جنب-حاره در ترازهای بالای جو و شکل‌گیری هسته‌های کم‌فشار حرارتی سطحی در تقریباً در طول دوره گرم

این مناطق را مستعد فرسایش بادی ساخته است. ذرات حاصل از فرسایش بادی توسط جریان‌های جوی به مناطق مجاور و از جمله غرب ایران انتقال پیدا می‌کنند. مشکلات تنفسی، کاهش بهره‌دهی محصولات زراعی، اختلال در سامانه ترابری، دفن کانال‌ها و آلوده سازی منابع آب، ایجاد باران‌های رنگی از نتایج ورود این پدیده است. به طور کلی گرد و غبار بر هر دوی محیط زیست و جامعه بشری اثرهای زیان‌باری دارد. در سال‌های اخیر عبور این پدیده از زاگرس و حتی نفوذ آن به تهران سبب شده که این پدیده بیش از پیش مورد توجه قرار بگیرد. یکی از کانون‌های مطالعاتی روابط انسان و محیط، پرداختن به مخاطرات محیطی است که هر چند روز، هفته، ماه یا سال، یک یا چند بار عناوین درشت روزنامه‌ها را به خود جلب می‌کند. مخاطرات محیطی ممکن است انسانی یا طبیعی باشد و نتیجه هر چه باشد به انسان یا محیط برمی‌گردد. مخاطرات محیطی به حوادثی چون زلزله، آتشفشان، خشکسالی، سیل، توفان (از انواع محلی و منطقه‌ای تا مقیاس جهانی و قاره‌ای) و غیره گفته می‌شود (مقیم، ۱۳۸، ۱). یکی از این پدیده‌ها، گرد و غبار است که باعث آسیب‌رسانی، بویژه به فضاهای انسان‌ساخت می‌شود که برنامه‌ریزی و مدیریت آن بسیار دشوار است. این پدیده در بسیاری از مناطق جهان رخ می‌دهد ولی آمار نشان می‌دهد که فراوانی رخداد آنها در مناطق خشک و نیمه‌خشک به مراتب بیشتر است (عباسی و همکاران، ۱۳۷۸، ۴۸). شکل‌گیری و انتقال گرد و غبار تحت

پژوهش‌گران زیادی است از جمله؛ کوتیل و فومن^۷ ۲۰۰۳، آلپرت و همکاران^۸ ۲۰۰۴، اورلسکی و همکاران^۹ ۲۰۰۵، آنو فورم^{۱۰} ۲۰۰۷، بارکن و همکاران^{۱۱} ۲۰۱۰، در پژوهش‌هایی ویژگی‌های پدیده گرد و غبار پرداختند و مشخص کردند که در ایران، شمال شرق عراق و سوریه، خلیج فارس و شبه جزیره عربستان بیشترین رخداد گرد و غبار در تابستان، در غرب عراق و سوریه، اردن، لبنان، شمال عربستان و جنوب مصر در بهار، در حالیکه در جنوب فلسطین و قسمت‌های دیگر دریای مدیترانه در شمال مصر در فصل زمستان و بهار اتفاق می‌افتد. همچنین در ایران پژوهشگران مختلفی همچون (شمسی پور و همکاران، ۲۰۱۱)، روند مکانی و زمانی تغییرات رخداد پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران را در طولانی مدت مورد بررسی قرار دادند. (کرمی، ۱۳۸۸)، توفان‌های گرد و غبار را به لحاظ همدید طی یک دوره ۱۰ ساله مورد بررسی قرار داد. (طاوسی و همکاران، ۱۳۸۹)، نشان دادند که در خوزستان پدیده گرد و غبار در فصل گرم بیشتر از فصل سرد سال و از غرب به شرق دارای روند کاهشی است و بیابان‌های جنوب عراق، شمال عربستان، جنوب شرق روسیه و شمال آفریقا را به‌عنوان مناطق منشاء گرد و غبار این استان بیان کردند. (طاوسی و همکاران، ۱۳۸۹)، سامانه‌های مهاجر بادهای غربی و رودباد جبهه قطبی همراه آن در

سال بر ایران و سرزمین‌های هم‌عرض آن است. در مقابل حاکمیت سامانه‌های عرض‌های میانی و امواج غربی با مراکز چرخندی و واچرخندی متناوب که اغلب با عبور از پهنه‌های رطوبتی همراه خود رطوبت را به منطقه گسیل می‌کنند. ناپایداری‌های دوره سرد چنانچه از روی پهنه‌های آبی عبور نکنند می‌توانند پتانسیل ایجاد گرد و غبار داشته باشند. مطالعات گسترده‌ای با نگرش‌ها و روش‌های مطالعه مختلف مرتبط با پدیده گرد و غبار در کشورهای مختلف بویژه در مناطق درگیر با چنین پدیده‌ای انجام گرفته است. یکی از مهمترین مناطق متأثر از گرد و غبار شرق آسیا در محدوده کشور چین است که به دلیل مناطق وسیع تحت تاثیر توفان‌های آن منطقه از سال-های گذشته مطالعات وسیعی در جهت کنترل و مدیریت توفان‌ها انجام شده است از جمله: (تاکمی و سینو^۱ ۲۰۰۵، وانگ و فانگ^۲ ۲۰۰۶، تاکشی و همکاران^۳ ۲۰۰۷، وانگ و همکاران^۴ ۲۰۰۸، بادوک و همکاران^۵ ۲۰۰۹، گائو و همکاران^۶ ۲۰۱۱)، با روش‌های مختلفی از آماری، همدید و ماهواره‌ای به مطالعه تغییرات فصلی، منشاء و مسیریابی پدیده گرد و غبار در شرق آسیا پرداختند. از مناطق دیگری که هر ساله توفان‌های گرد و غبار در آن رخداد قابل توجهی دارند و بعنوان یکی از منابع گرد و غبار جهان بشمار می‌رود صحرای آفریقا است که مورد مطالعه و توجه

7 Kutiel and Furman

8 Alpert et al

9 Orlovsky et al

10 Anuforom

11 Barkan et al

1 Takemi and Seino

2 Wang and Fang

3 Takashi et al

4 Wang et al

5 Baddock et al

6 Gao et al

استفاده شامل: داده‌های ساعتی ایستگاه‌های زمینی (۸ نوبت در ۲۴ ساعت)، دمای درخشایی در طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتر، داده‌های^۱ GDAS، میدان دما، جهت و سرعت باد، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا در ترازهای مختلف جو است. ویژگی‌های دمای درخشایی طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتر برای بارزسازی گرد و غبار روی تصاویر مادیس^۲ در محیط محیط^۳ ENVI 4.5، داده‌های GDAS برای ردیابی مسیر باد در محیط نرم افزاری مدل^۴ HYSPLIT و داده‌های دما، جهت و سرعت باد، میزان فشار، ارتفاع ژئوپتانسیل و امگا برای بررسی نقشه‌های ترازهای مختلف جو در محیط^۵ GrADS استفاده شد. برای خوشه‌بندی ایستگاه‌ها از نظر فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار از روش وارد استفاده شد. در این مطالعه فرآیند خوشه‌بندی بر اساس نمره استاندارد روزهای همراه با گرد و غبار هر ایستگاه انجام شد. برای بررسی روند مکانی پدیده گردغبار در منطقه مورد مطالعه از برنامه‌ی جانبی^۶ Trend Analysis در نرم افزار^۱ GIS استفاده شد. بطور کلی روند انجام تحقیق در هر مرحله در شکل (۱) نشان داده شده است. کیفیت عملیات بارزسازی و ردیابی گرد و غبار به مقاله "ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران

دوره سرد سال و کم‌فشارهای گرمایی سطح زمین در دوره گرم سال را مهمترین عوامل ایجاد پدیده گرد و غبار در استان خوزستان بیان کردند. (کریمی‌احمد آبادی و شکوهی رازی، ۱۳۹۰)، گرد و غبار شکل گرفته در تیرماه ۱۳۸۸ را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق تشکیل کم فشار شکل گرفته روی خلیج فارس به‌مراه جریان‌های سطوح میانی و فوقانی وردسپهر را عامل شکل‌گیری این پدیده بیان کردند. با مرور مطالعات انجام شده در ارتباط با پدیده گرد و غبار در سطح بین‌المللی مشخص شد که اغلب روش‌های آماری - همدید و ماهواره‌ای بکار گرفته می‌شوند. در مراجعه به مطالعات داخلی عموماً دارای ویژگی روش مشخص، دوره زمانی و مقیاس مکانی کوچک هستند و به‌ندرت از روش‌های ترکیبی و در مقیاس منطقه وسیع با دوره زمانی بلند استفاده شده است. از طرف دیگر در صورت استفاده از روش‌های سنجش از دوری و یا همدید کانون‌های گرد و غبار بطورکلی معرفی شده است. در این تحقیق با توجه به اهمیت موضوع سعی بر این است طی یک دوره زمانی طولانی (۲۰۰۸-۱۹۷۹) با استفاده از روش‌های ترکیبی آماری- همدید و سنجش از دوری، منابع گرد و غبار، شرایط شکل‌گیری و چگونگی انتقال آن طی دوره‌های گرم و سرد سال به داخل ایران مورد بررسی قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

روش پژوهش ترکیبی از تحلیل‌های آماری- همدیدی و بهره‌گیری از سنجش از دور است. داده‌های مورد

1: Global Data Assimilation System

2: Modis

3: Environment for Visualizing Images

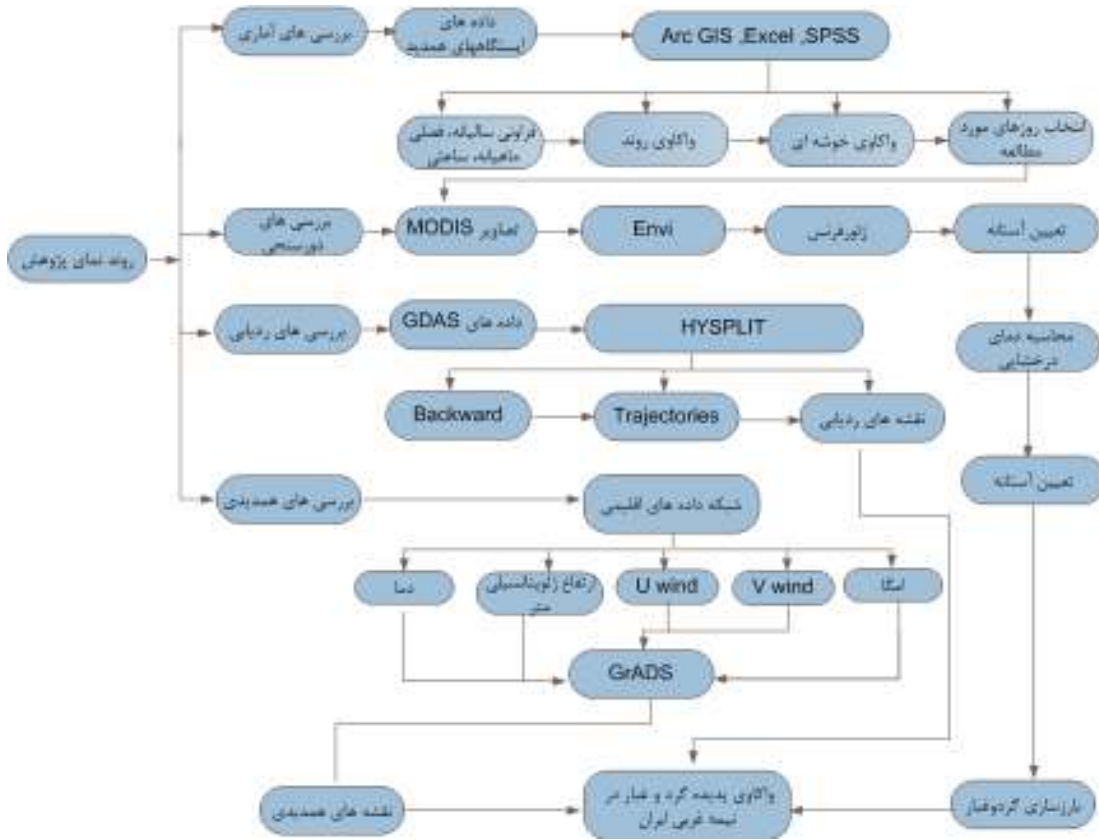
4: Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model

5: Grid Analysis and Display System

6: Geographic Information Systems

ایستگاه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به محدودیت تعداد صفحات مقاله و به منظور خلاصه سازی در قسمت ردیابی و سنجش از دوری به آوردن نمونه‌های از فصل سرد و گرم سال اکتفا شد.

(عزیزی و همکاران؛ ۱۳۹۰) مراجعه شود. در این پژوهش برای انتخاب نمونه‌های مورد مطالعه برای بارزسازی و رهگیری گرد و غبار ۲۰ نمونه رخداد این پدیده با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر و پراکنش بیش از ۳



شکل (۱)، روند نمای مراحل انجام مطالعه

۳- بحث و یافته‌ها

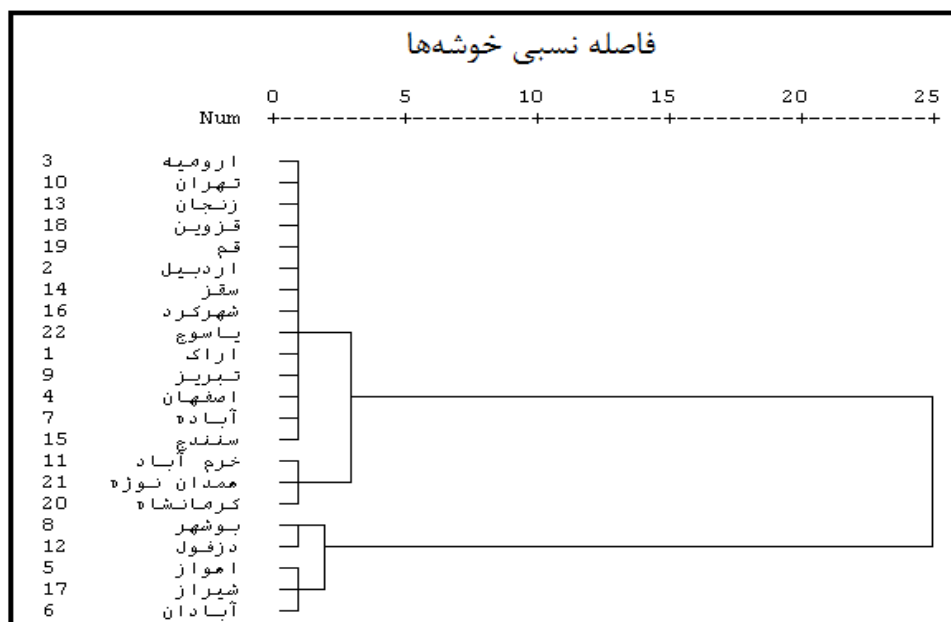
یافته‌های آماری

بیشترین رخداد گرد و غبار طی دوره سی ساله در یک خوشه قرار گرفته‌اند. یکی از علل بالا بودن روزهای همراه با گرد و غبار در ایستگاه دزفول توپوگرافی خاص در این منطقه است. این حالت سبب فشار مکانیکی به توده گرد و غبار و تجمع بیشتر آن در دزفول می‌شود. در حالیکه در مناطقی مانند آبادان و اهواز دلیل باز بودن این نواحی گرد و غبار پخش می‌شود. همچنین شکل دالانی ناهمواری‌ها سبب

براساس نتایج حاصل از پردازش داده‌های ساعتی گرد و غبار طی دوره سی ساله در نیمه غربی ایران ایستگاه‌های که به لحاظ فراوانی سالانه رخداد گرد و غبار شرایط مشابهی داشتند، با استفاده از روش خوشه‌بندی مشخص شدند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، ایستگاه‌های دزفول و بوشهر با

منبع تغذیه در این منطقه دارای گرد و غبار بیشتری نسبت به ایستگاه‌های مجاور خود است و به لحاظ رخداد این پدیده هم ردیف با ایستگاه‌های خرم‌آباد و کرمانشاه در خوشه سوم قرار گرفته است. به نظر می‌رسد بررسی این موضوع مهم خود نیاز به تحقیق جداگانه‌ای دارد.

افزایش گرد و غبار در بوشهر می‌شود. ایستگاه‌های آبادان، اهواز، و شیراز نیز به لحاظ بیشینه رخداد گرد و غبار در خوشه دوم جای می‌گیرند. همانطور که مشخص است. بیشترین گرد و غبار رخ داده در جنوب منطقه مورد مطالعه اتفاق افتاده است. ایستگاه همدان نوژه تحت تاثیر عواملی چون بری بودن منطقه، پایین بودن میزان بارش و رطوبت نسبی و یا وجود



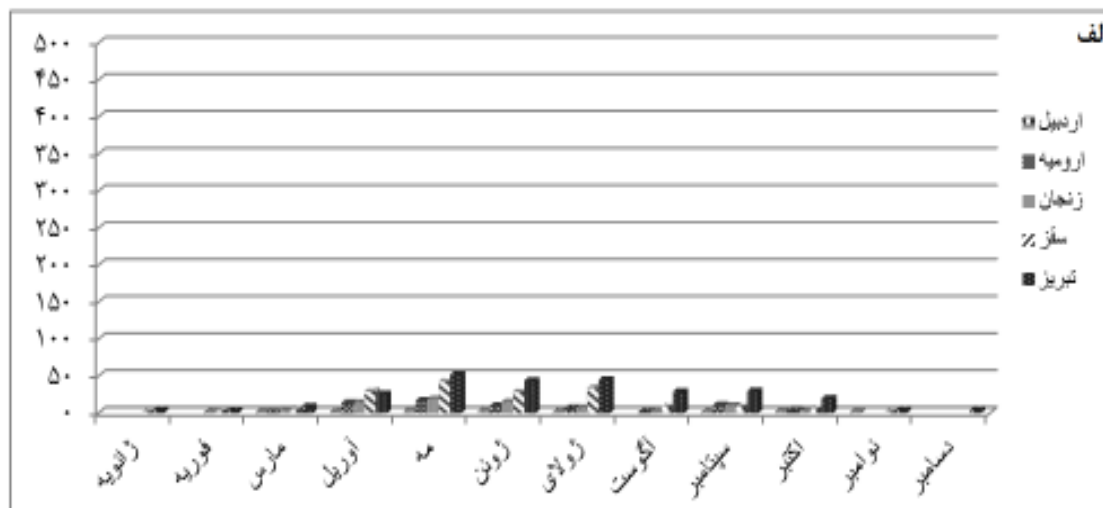
شکل (۲): خوشه بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه به لحاظ فراوانی رخداد گرد و غبار (۲۰۰۸-۱۹۷۹)

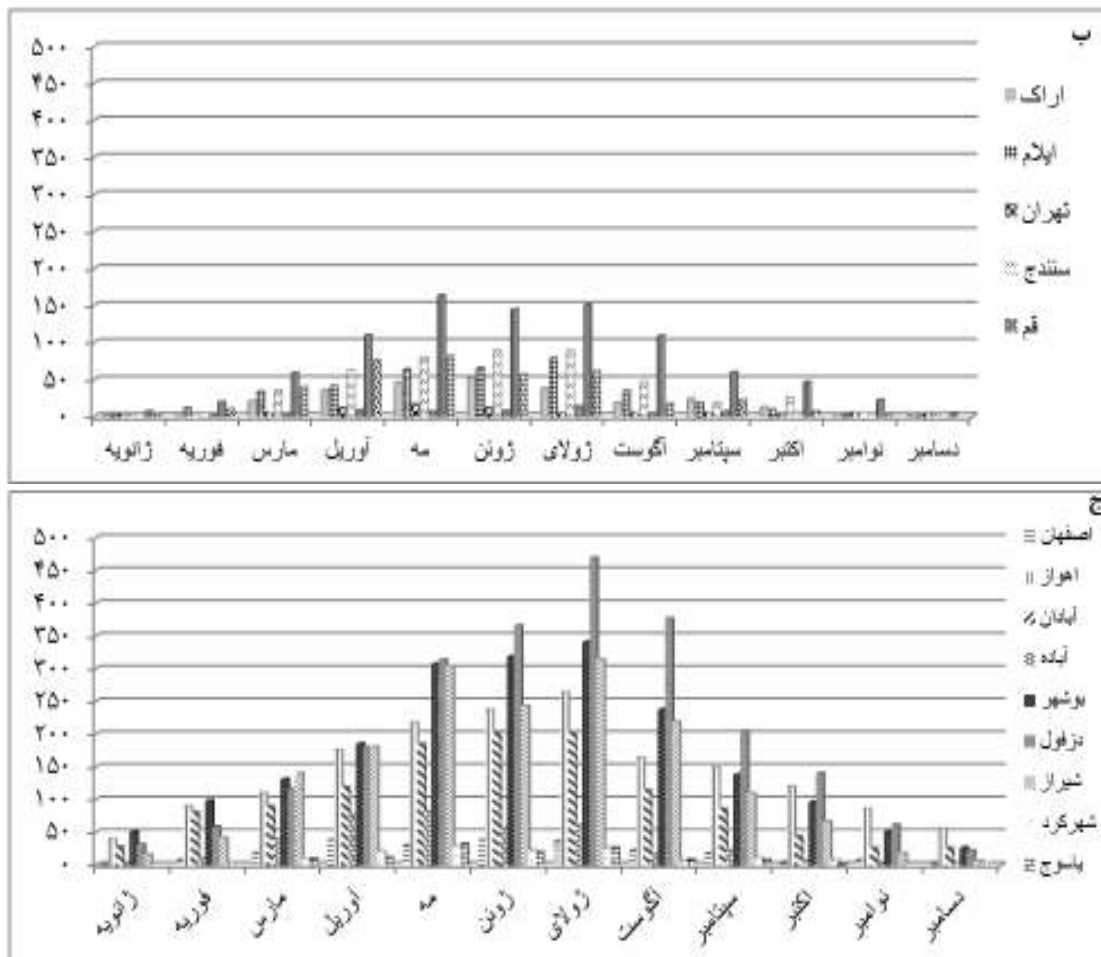
بر پایه نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل شکل شماره (۳) در شمال منطقه در تمامی ایستگاه‌ها حداکثر رخداد گرد و غبار در ماه مه اتفاق افتاده است و ماه دسامبر نیز کمترین رخداد را دارا است. همچنین ایستگاه‌های تبریز و سقز به ترتیب با ۲۷۰ و ۱۶۲ روز در طول دوره ۳۰ ساله، رخداد بیشترین فراوانی ماهانه را دارا هستند. در مرکز منطقه مورد مطالعه در مجموع همانند منطقه شمالی، در ماه مه بیشترین رخداد پدیده گرد و غبار با ۱۸٪ از کل رخداد پدیده ثبت شده

بر اساس نتایج حاصل از بررسی ماهانه مشخص گردید که بیشترین رخداد گرد و غبار در غرب ایران در ماه ژوئیه و کمترین آن در ماه دسامبر رخداد دارد. در این قسمت برای اینکه تفاوت ماهانه گرد و غبار در قسمت‌های مختلف منطقه مشخص گردد، بر اساس موقعیت جغرافیایی ایستگاه، منطقه به سه قسمت ۱- شمال ۲- مرکزی ۳- جنوب تقسیم بندی شد. رخداد پدیده گرد و غبار در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های مختلف سال طی دوره آماری بررسی شدند.

هرچند که در دو منطقه شمالی و مرکزی بیشترین رخداد گرد و غبار در ماه مه ثبت شده است، ولی در نیمه غربی ماه ژوئیه از بیشترین رخداد گرد و غبار برخوردار است به این علت است که ایستگاه‌های منطقه جنوبی از فراوانی بسیار بالاتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردارند. بطوریکه مجموع رخداد گرد و غبار در این منطقه از مجموع رخداد دو منطقه دیگر بیشتر است و از طرف دیگر ایستگاه‌های شمالی و مرکزی در ماه حداکثر (ماه مه) بعلت موقعیت جغرافیای و دور بودن از منابع منشاء گرد و غبار بویژه برای ایستگاه‌های شمالی از رخداد کمتری نسبت به ماه حداکثر منطقه جنوب برخوردار می‌باشند. از طرف دیگر شرایط محیطی مناسب ایستگاه‌های جنوبی برای ورود گرد و غبار و نزدیکی آنها به مناطق اصلی منشاء گرد و غبار و همچنین قرارگیری در مسیر ورود گرد و غبار بویژه برای استان خوزستان و بوشهر سبب شده تا حداکثر رخداد گرد و غبار در این منطقه ثبت شود.

است. در این گروه ایستگاه‌های کرمانشاه، سنندج و ایلام به ترتیب بیشترین رخداد گرد و غبار را داشته‌اند. در این منطقه ماه ژوئیه که در نیمه غربی بعنوان نماینده حداکثر رخداد گرد و غبار بدست آمده در رتبه دوم قرار می‌گیرد. در منطقه سوم که جنوب منطقه را دربر می‌گیرد، رخداد بیشینه ماهانه پدیده گرد و غبار همانند کل منطقه مورد مطالعه است و در ماه ژوئیه بیشترین فراوانی رخداد گرد و غبار ثبت شده است. در ایستگاه‌های یاسوج و شهرکرد با اختلاف بسیار محدودی حداکثر رخداد در ماه مه است. ایستگاه‌های دزفول با ۲۳۴۵ ایستگاه بوشهر با ۱۹۹۰ و ایستگاه اهواز با ۱۷۰۸ رخداد دارای بیشترین ثبت ماهانه پدیده گرد و غبار طی دوره آماری هستند. همچنین مقایسه ماهانه گرد و غبار بین سه منطقه نشان می‌دهد که منطقه جنوبی از بیشترین رخداد برخوردار است و ایستگاه‌های که دارای بیشترین رخداد گرد و غبار هستند در این منطقه قرار گرفته‌اند. بطور کلی





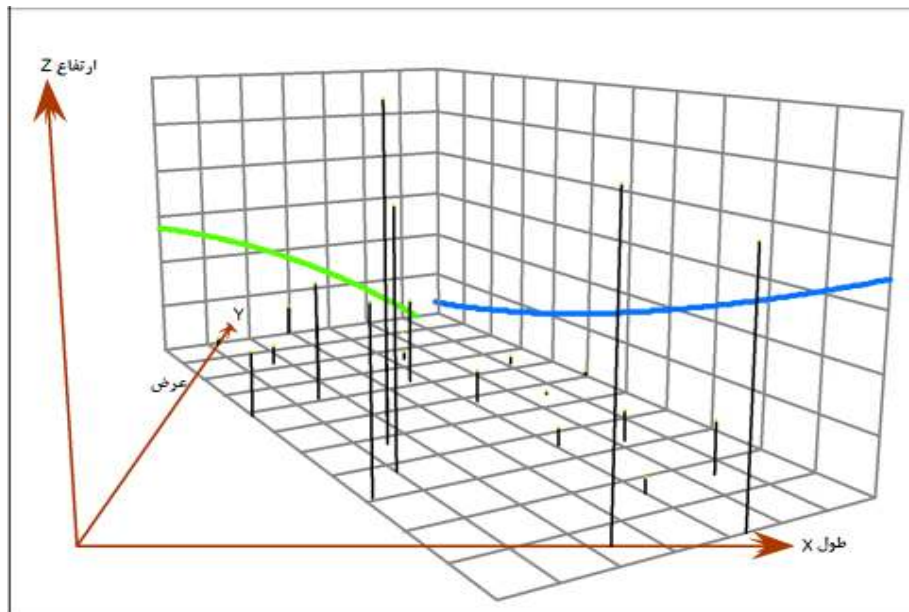
شکل (۳): رخداد ماهانه گرد و غبار در سه منطقه شمالی (الف)، مرکزی (ب) و جنوبی (ج) نیمه غربی ایران (۱۹۷۹-۲۰۰۸)

روند پدیده گرد و غبار

همانطور که نمودار روند بازسازی شده با تابع چند جمله‌ای (درجه ۲) نشان می‌دهد (شکل ۴)، روند گرد و غبارها در منطقه‌ی مورد مطالعه در راستای غرب به شرق (محور X) کاهش فراوانی گرد و غبار و در راستای شمال به جنوب (محور Y) افزایش فراوانی گرد و غبار مشاهده می‌شود. بنابراین در محور (Y) با دور شدن از منابع گرد و غبار و حرکت به سمت شرق کشور و منطقه مورد مطالعه از فراوانی روزهای

همراه با گرد و غبار کاسته شده است. همچنین در راستای محور (X) با حرکت به سمت جنوب و کاهش ارتفاعات و از طرف دیگر وارد شدن به جلگه خوزستان و سواحل جنوب که امکان تمرکز پدیده گرد و غبار در این مکان‌ها بیشتر است فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار افزایش پیدا می‌کند. همچنین در روی نمودار فراوانی سالیانه گرد و غبار برای ایستگاه‌های مورد مطالعه بصورت میله‌های به رنگ مشکی مشخص شده است که خود این میله‌ها نیز

نشان دهنده روند پدیده مورد نظر در نیمه غربی ایران هستند.

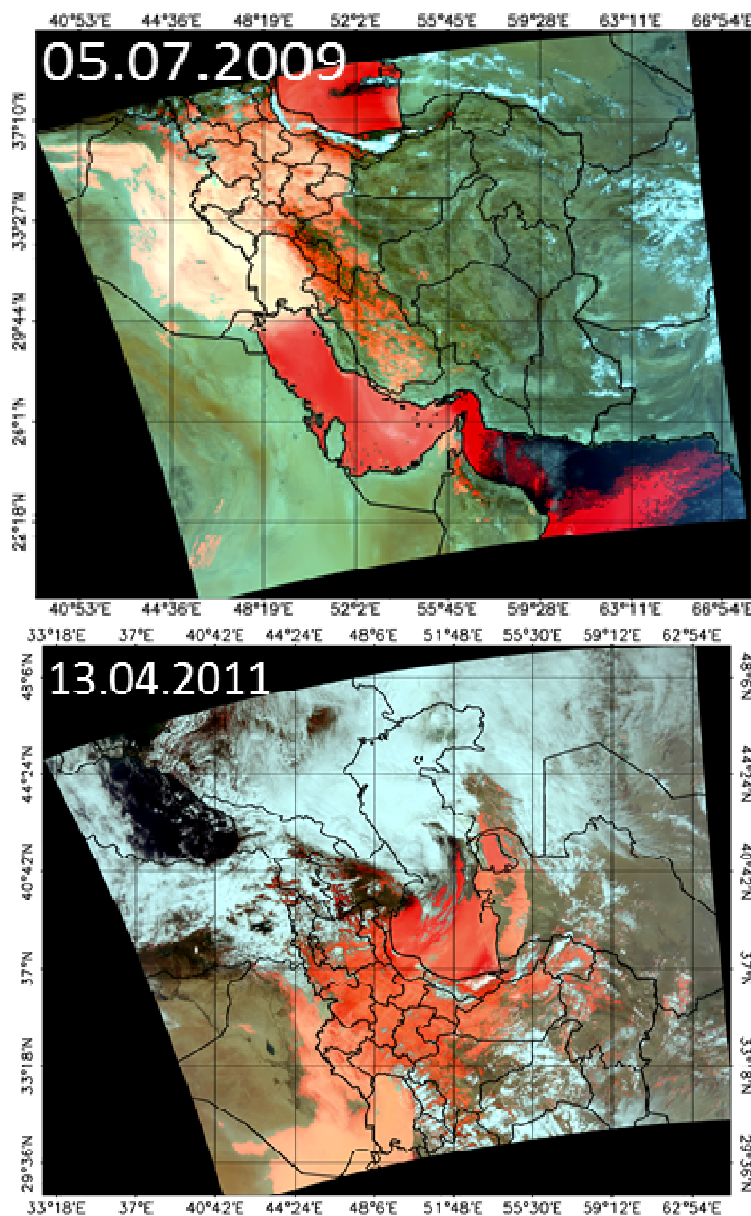


شکل (۴): روند مکانی فراوانی گرد و غبار در نیمه غربی ایران (۲۰۰۸-۱۹۷۹) منبع: (میری، ۱۳۹۰، ۵۳)

یافته‌های سنجش ازدوری

بارزسازی گرد و غبار روی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که گرد و غبار وارد شده به ایران از ۲ کانون اصلی منشاء می‌گیرند که در داخل این دو مرکز نقاط متفاوتی بعنوان چشمه‌های گرد و غبار قابل بررسی هستند. ۱. اولین مرکز مهم که تقریباً در تمامی رخدادهای این مطالعه مشاهده شده، منطقه مرزی بین سوریه و عراق است که شرق سوریه و شمال غرب عراق را در برمی‌گیرد. گرد و غبارهای برخاسته از این کانون بیشتر در فصل گرم رخداد دارند. ۲- کانون مهم

دیگر گرد و غبار برای ایران که بیشتر طی فصل سرد سال رخداد دارد منطقه غرب و جنوب غرب عراق است. همچنین در موارد محدودی منطقه شرق و شمال شرق عربستان نیز بعنوان کانون ثانویه در این دوره شناخته شد (شکل ۵). بررسی تصاویر نشان می‌دهد که این کانون در مقایسه کانون شمال غرب عراق و سوریه نقش کمتری در گرد و غبار وارد شده به منطقه مورد مطالعه دارد. ولی با این وجود یکی از مراکز مهم فعالیت گرد و غبار برای ایران بشمار می‌رود.



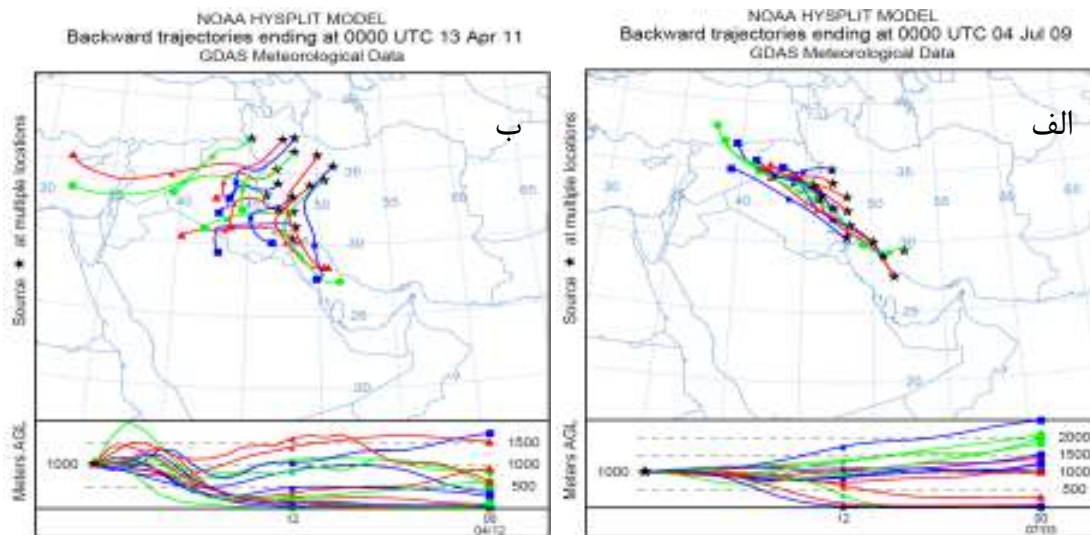
شکل (۵): تصاویر سنجنده مادیس ماهواره‌های تورا و آکوا رخداد گرد و غبار در نیمه غربی ایران را نشان می‌دهند. بارزسازی گرد و غبار از طریق ویژگیهای دمای درخشایی و با استفاده از روابط $(MNDVI) < 0$ and $(b31-b32) < 0$ (0.08، الف: دوره گرم ب: دوره سرد)

است. ۱- مسیر شمال‌غربی - جنوب‌شرقی، این مسیر با عبور از روی هسته‌های گرد و غبار شکل گرفته در شمال‌غرب عراق و شرق سوریه عمل انتقال گرد و غبار به نیمه غربی ایران را انجام می‌دهند. بطوریکه

ردیابی مسیر ذرات گرد و غبار بررسی نقشه‌های رهگیری باد حاصل از مدل برای نمونه‌های انتخابی نشان می‌دهد که دو مسیر کلی برای انتقال گرد و غبار به منطقه مورد مطالعه قابل تشخیص

دارد. گرد و غبارهای وارد شده از این مسیر بیشتر در دوره گرم سال نفوذ می کنند. ۲- مسیر دومی که براساس نتایج حاصل از مدل HYSPLIT بدست آمد مسیر غربی- شرقی و در موارد محدودی مسیر شمالی - جنوبی است. انتقال گرد و غبار از این مسیر از فراوانی کمتری نسبت به مسیر اولیه برخوردار است و بیشتر در اواخر دوره سرد قابل مشاهده است(شکل ۶).

این جریانات توانسته اند گرد و غبار تا ایستگاه بوشهر و پایین تر از آن نیز انتقال دهند. در بیشتر رخدادهای گرد و غبار مسیر شمال غربی - جنوب شرقی در خروجی های حاصل از مدل مشاهده می شود. این مسیر را می توان مسیر اصلی پراکنش گرد و غبار به منطقه دانست. در واقع این مسیر با مسیر مشاهده شده روی تصاویر ماهواره ای که از کانون اولیه یعنی منطقه مرزی بین عراق و سوریه منشاء گرفته بود انطباق



شکل(۶): ردیابی پسگرد مسیر ذرات با گام زمانی ۱۲ ساعت برای مدت ۲۴ ساعت قبل از ورود اولین گرد و غبار،

الف: دوره گرم ب: دوره سرد

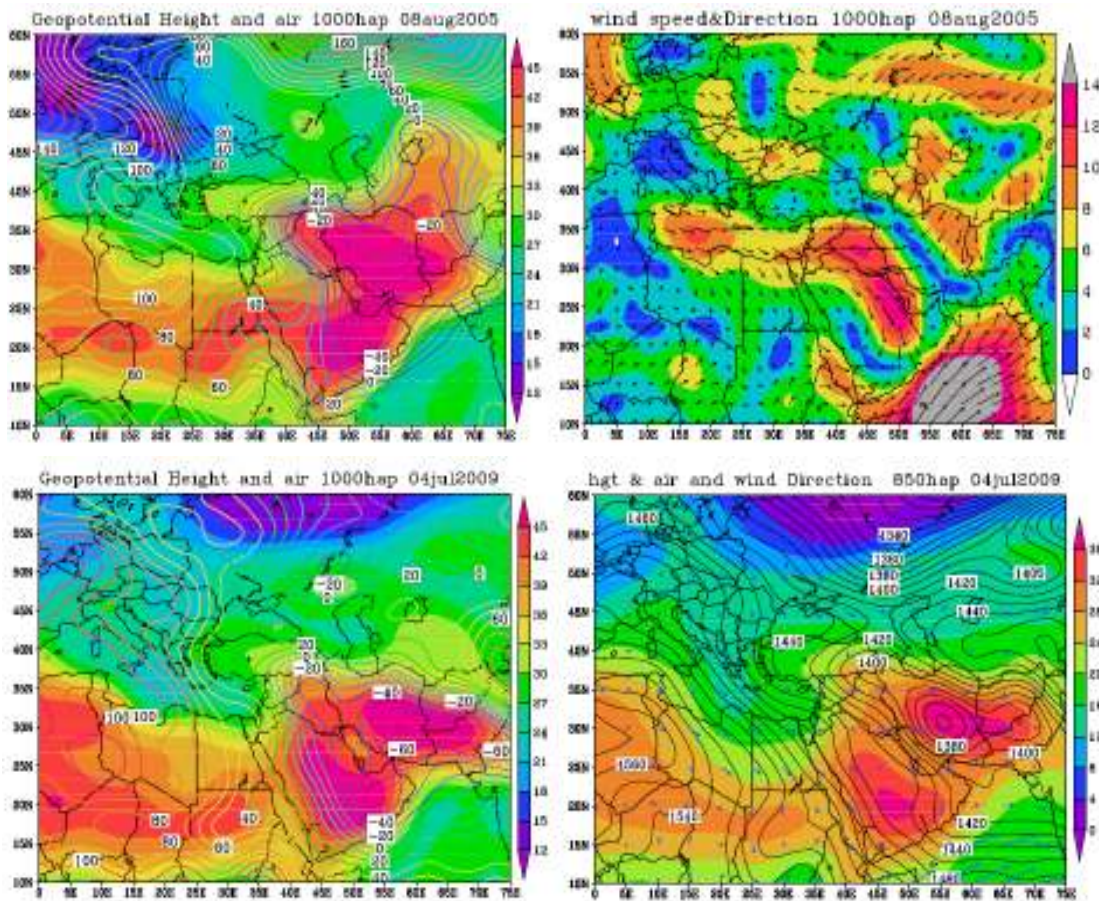
یافته های همدیدی

با توجه به تعیین کانون های اصلی گرد و غبار و مسیرهای انتقال این پدیده به منطقه مورد مطالعه، وضعیت جوی و الگوهای همدیدی همزمان با وقوع گرد و غبار از این کانون ها مورد واکاوی قرار گرفت. شرایط جوی حاکم بر گرد و غبارهای منشاء گرفته از عراق و شرق سوریه که اکثر گرد و غبار برخاسته از این کانون در دوره گرم سال و همزمان با ساعات

میانی روز رخ داده است، نشان دهنده نقش بسیار مهم فرآیندهای ترمودینامیکی سطحی در وقوع آنها می باشد. بطوریکه بررسی توزیع فشار سطحی همزمان با رخداد این گرد و غبارها، نشانگر تقویت کم ارتفاع شکل گرفته بر روی عراق و امتداد آن تا جنوب ترکیه و غرب ایران و در نهایت تقابل آن با پرارتفاع شکل رفته بر روی مدیترانه می باشد. یکی دیگر از مهمترین ویژگی های توزیع ارتفاع سطحی همزمان با رخداد گرد و غبار از این کانون، تقویت کم ارتفاع شکل گرفته

بر روی مناطق منشاء گرد و غبار و منطقه مورد مطالعه و تحت فشار قراردادن پرفشار جنب حاره سبب عقب نشینی و ضعیف شدن این مرکز می‌شود. ایجاد ناوه بر روی مناطق منشاء از یک طرف سبب قرارگیری مرکز واگرایی بالایی بر روی مرکز همگرایی سطحی و برهمکنش بین این دو مرکز سبب تشدید ناپایداری و صعود هوا می‌شود، و از طرف دیگر سبب تشدید پرفشار ارتفاع حرارتی پهنه‌ی آبی مدیترانه پیرو قرارگیری غرب ناوه بر روی آن می‌شود. همچنین حرکت شرق سو ناوه و قرارگیری یال شرقی آن بر روی منطقه مورد مطالعه سبب تقویت و تغییر در موقعیت کم فشار سطحی می‌شود. بطوریکه امتداد کم ارتفاع به نیمه شمالی ایران سبب تغییر جهت بادهای ورودی به ایران در جهت غرب - شرقی از مناطق مجاور شده است. این شرایط در انتقال گرد و غبار به مرکز و حتی ایستگاه تهران نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. بطور کل تقویت کم فشار مستقر بر روی عراق علاوه بر عامل گرمایش سطحی، تحت تاثیر شرایط دینامیکی جو نیز قرار دارد. در ماه‌های گذر دوره گرم (ماه‌های آوریل و مه) تحت تاثیر شرایط دینامیکی رخ می‌دهد که این عامل توسط شرایط ترمودینامیکی تقویت می‌شود.

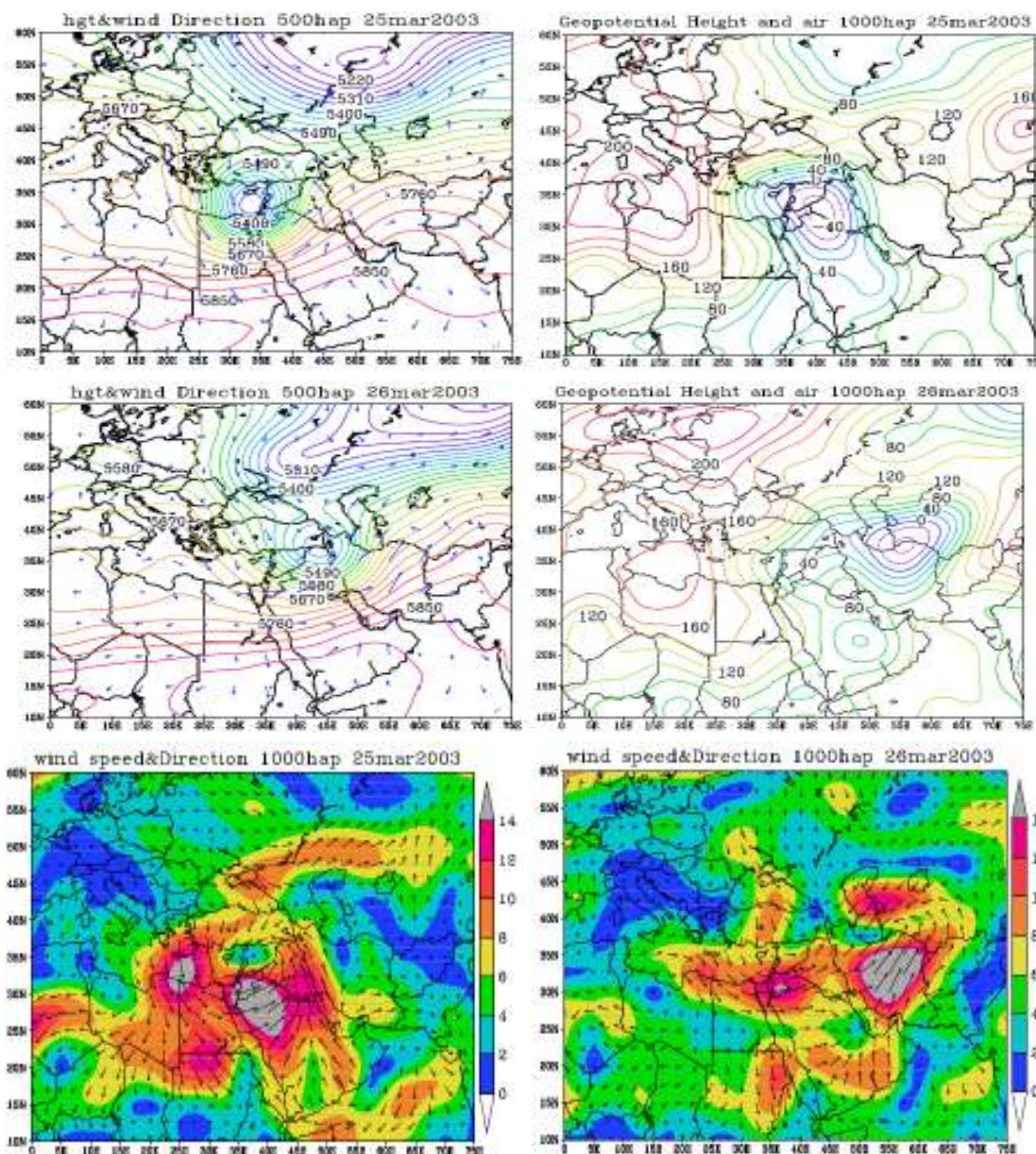
در شرق و جنوب شرق ایران است. گسترش این کم ارتفاع در دوره گرم و ماه‌های گذر به غرب و جنوب غرب ایران و ادغام آن با کم ارتفاع شکل گرفته روی عراق سبب شکل گیری کم ارتفاع واحدی می‌شود. شکل گیری این مراکز و تقابل آنها با پرفشار شکل گرفته بر روی مدیترانه از یک طرف سبب تشدید شیو فشار بین پهنه‌ی آبی مدیترانه و خشکی غربی آن و ایجاد بادهای شدید بر روی سوریه و عراق می‌شود و از سوی دیگر موقعیت مکانی این مراکز کم ارتفاع و مکش شدید هوا، سبب انتقال گرد و غبار شکل گرفته بر روی این مناطق به غرب ایران و در مواردی به نواحی مرکز کشور نفوذ می‌کند. همچنین در ماه‌های گرم سال (بویژه ژوئن و ژوئیه) بر اثر تشدید گرمایش سطحی زاگرس مرکز کم ارتفاعی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی در راستای این ارتفاعات شکل می‌گیرد. ادغام این مرکز با کم ارتفاع مستقر در جنوب شرق ایران و عراق، با گردش و اچرخندی حاکم بر آن امکان ورود جریانهای سریع باد و گرد و غبار همراه آن را ممکن می‌سازد. از طرف دیگر تقویت کم ارتفاع مستقر بر روی عراق و تغییر در موقعیت مکانی کم ارتفاع در ایران تا حد زیادی تحت تاثیر جریان‌های عموی و بادهای غربی قرار دارد. بطوریکه ایجاد ناوه



شکل (۷): الگوهای شکل گیری پدیده گرد و غبار و انتقال آن به غرب ایران در دوره گرم سال

جریان‌های پرسرعت باد و در صورت ضعیف بودن رطوبت با توجه به ویژگی‌های این منطقه هسته گرد و غبار شکل می‌گیرد. بر اثر حرکت شرق‌سو ناوه تراز میانی و قرارگیری آن بر روی ایران و پیرو آن تغییر در موقعیت کم‌ارتفاع سطحی، جریان‌ات شکل گرفته بر روی عربستان به سمت ایران تغییر جهت می‌دهند و با عبور از روی گرد و غبار این پدیده را به منطقه مورد مطالعه انتقال می‌دهند.

بررسی شرایط جوی حاکم بر گرد و غبارهای منشاء گرفته از کانون دوم با توجه به شکل‌گیری آنها در اواخر دوره سرد، بیشتر تحت تاثیر فرآیندهای دینامیک قرار دارند. بطوریکه بررسی گرد و غبارهای برخاسته از این منطقه نشان دهنده شکل‌گیری ناوه عمیقی در تراز میانی و پیرو آن ایجاد مرکز همگرایی سطحی است. فعالیت بین دو مرکز واگرایی بالایی و همگرایی سطحی سبب ناپایداری شدید و صعود هوا در این مناطق می‌شود. نتیجه چنین سازوکاری ایجاد



شکل (۸): الگوهای شکل‌گیری پدیده گرد و غبار و انتقال آن به غرب ایران در دوره سرد سال

دوره گرم سال بادهای با سرعت ۸ تا ۱۰ متر بر ثانیه شکل‌گیری این پدیده را در پی داشته‌اند. تفاوت در سرعت بادهای مؤثر برای شکل‌گیری و انتقال این پدیده می‌تواند بعلاوه تفاوت در خشکی و کمبود رطوبت مناطق منشاء و منطقه مورد مطالعه در دوره سرد و گرم سال باشد. از طرف دیگر بررسی

همچنین مقایسه رخداد گرد و غبار در ماه‌های گرم و سرد سال نشان داد که برای رخداد این پدیده در دوره سرد به بادهای با سرعت بیشتر از دوره گرم نیاز است. بطوریکه بادهای با سرعت بیش از ۱۰ تا ۱۴ متر بر ثانیه در فصل سرد و اوایل بهار سبب شکل‌گیری و انتقال آن به منطقه مورد مطالعه شده‌اند. در حالیکه در

ژوئیه، مه و ژوئن بیشترین و ماه دسامبر کمترین رخداد را نشان می‌دهد. همچنین بررسی روند گرد و غبارها در منطقه‌ی مورد مطالعه بیانگر کاهش فراوانی این پدیده در راستای غرب به شرق و افزایش فراوانی آن در راستای شمال به جنوب است. در بررسی و مقایسه تصاویر ماهواره‌ای دو کانون اصلی گرد و غبار برای نیمه غربی ایران در طی دوره سرد و گرم سال قابل شناسایی هستند: ۱- منطقه مرزی بین سوریه و شمال غرب عراق که گرد و غبارهای برخاسته از این کانون بیشتر در فصل گرم سال فعالیت دارند. ۲- منطقه غرب و جنوب غرب عراق، همچنین در موارد محدودی منطقه شرق و شمال شرق عربستان نیز بعنوان کانون ثانویه در این دوره شناخته شد که گرد و غبارهای برخاسته از این کانون بیشتر در فصل سرد و اوایل فصل بهار فعالیت دارند (شکل ۹). همچنین کانون دیگری در منطقه هورالعظیم (شکل ۹، کانون ۳) شکل می‌گیرد که این کانون حالت گذر دارد و در هر دو دوره قابل مشاهده است. نتایج حاصل از ردیابی پسگرد ذرات نشان داد که مسیر شمال غربی - جنوب شرقی (بیشتر در دوره گرم) و مسیر غربی - شرقی و در موارد محدودی مسیر شمالی - جنوبی (بیشتر در دوره سرد و اوایل فصل بهار) دو مسیر اصلی ورود این پدیده به منطقه مورد مطالعه هستند (شکل ۹). همچنین بر اساس نتایج حاصل از تحلیل نقشه‌های همدید در سطوح مختلف جو مشخص گردید که در دوره گرم سال بر اثر تقویت کم فشار شکل گرفته بر روی عراق و ادغام آن با کم فشار انتقال

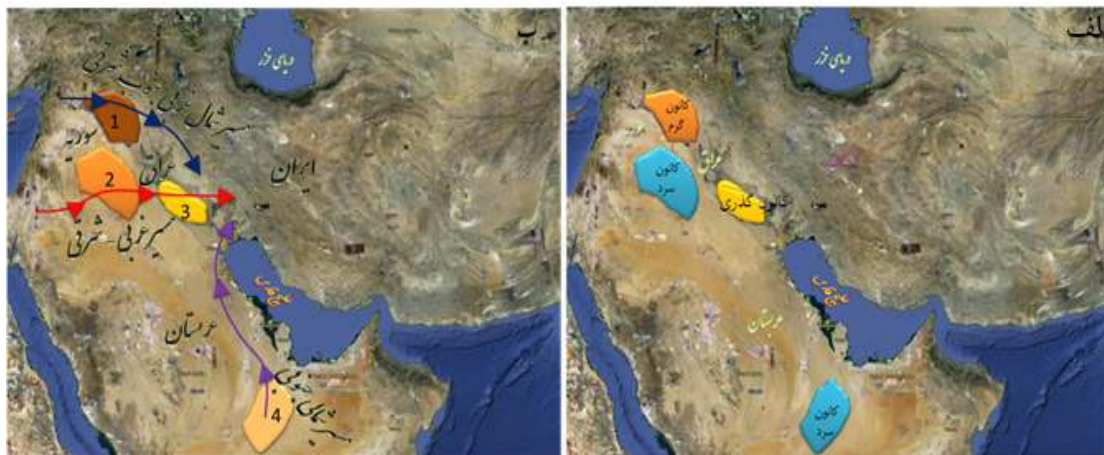
نقشه‌های آنومالی و میانگین طولانی مدت برای گرد و غبارهای شدید که نیمه غربی ایران و حتی ایستگاه تهران را تحت تاثیر قرار داده‌اند، نشانگر تقویت ناوه در ماه‌های گذر و ضعیف شدن پرفشار جنب حاره و عقب نشینی آن به عرض‌های پایین تر و تقویت قابل توجه کم فشار سطحی بر روی مناطق منشاء و منطقه مورد مطالعه در دوره گرم دارد. بطور نمونه رخداد گرد و غبار آوریل ۲۰۱۱ که نیمه غربی ایران و شمال کشور را تحت تاثیر قرار داده بود ناوه شکل گرفته در این منطقه نسبت به میانگین آن ۱۰۰ متر ارتفاع ژئوپتانسیل قویتر شده بود. همچنین در نمونه ژوئن ۲۰۱۰ که رخداد گرد و غبار از گسترش مکانی قابل توجهی برخوردار است و شمال کشور را تحت تاثیر قرار داده بود علاوه بر اینکه پرفشار جنب حاره بر اثر شکل‌گیری یک سامانه بندالی زوجی تحت فشار قرار گرفته و به عرض‌های پایین تر انتقال یافته بود در سطح زمین کم فشار شکل گرفته بر روی عراق و ایران ۳۰ متر نسبت به میانگین آن قویتر شده بود.

۴- نتیجه گیری

در غرب ایران مناطق خشکی همچون بیابان‌های جنوب عراق، عربستان سعودی و در فاصله دورتر سوریه و شمال افریقا قرار دارد. موقعیت جغرافیایی نیمه غربی ایران و مجاورت آن با این بیابان‌ها باعث رخداد مکرر پدیده گرد و غبار با شدت‌های متفاوت در طول سال می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از پردازش آماری داده‌های گرد و غبار مشخص شد فصل بهار بیشترین رخداد گرد و غبار را دارد. ماههای

شکل‌گیری و انتقال این پدیده محسوب می‌شوند. شکل‌گیری ناوه عمیقی در تراز میانی و پیرو آن ایجاد مرکز همگرایی سطحی و فعالیت بین دو مرکز واگرایی بالایی و همگرایی سطحی سبب ناپایداری شدید و صعود هوا روی عراق و عربستان می‌شود. نتیجه چنین سازوکاری ایجاد جریان‌های پرسرعت باد و در صورت ضعیف بودن رطوبت با توجه به ویژگی‌های این مناطق هسته گرد و غبار شکل می‌گیرد.

یافته به جنوب و جنوب‌غرب ایران و در نهایت قرارگیری در برابر پرفشار شکل‌گرفته بر روی پهنه آبی مدیترانه سبب شیو شدید فشار و ایجاد بادهای پرسرعت بر روی عراق و سوریه می‌شوند. با توجه به پایین بودن رطوبت و ویژگی‌های خشک منطقه هسته گرد و غبار شکل می‌گیرد. موقعیت مکانی کم فشار سبب مکش شدید هوای بیابان‌های مجاور و انتقال این پدیده به همراه بادهای ورودی به ایران می‌شود. در اواخر دوره سرد فرآیندهای دینامیکی عامل اصلی



شکل شماره (۹): الف: کانون‌های دوره گرم و سرد ب: ترکیب کانون و مسیرهای اصلی گرد و غبار طی دوره‌های گرم و سرد برای غرب ایران منبع (میری، ۱۳۹۰، ۱۰۰).

منابع

طاوسی، ت.، خ.، محمود، ک.، رئیس پور، ۱۳۸۹، تحلیل هم‌مدیدی سامانه‌های گرد و غبار در استان خوزستان، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰، صص ۹۷-۱۱۸.

عباسی، ح.، ع.، رفیعی امام، ح.، روحی‌پور، ۱۳۷۸، تحلیل منشاء گرد و غبارهای بوشهر و خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره ای، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۷۸، صص ۴۸-۵۱.

اسمیت، ک. ۱۳۸۲. مخاطرات محیطی، ترجمه: مقیمی، ا.، ش.، گودرزی نژاد، انتشارات سمت، تهران، ۲۹۶ صفحه.

طاوسی، ت.، خ.، محمود، ک.، رئیس پور، ۱۳۸۹، پدیده گرد و غبار مهمترین بحران زیست محیطی در استان خوزستان، ماهنامه اطلاعات-سیاسی اقتصادی، شماره ۲۷۴-۲۷۳، صص ۱۷۷-۱۶۶.

- MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia, *Remote Sensing of Environment*, vol.113, 1511–1528.
- Barkan, J., Alpert, P., 2010. Synoptic analysis of a rare event of Saharan dust reaching the Arctic region. *Weather*, vol.65, 208-211.
- Gao, T., Hna, J., Wang, Y., Pei, H, and Lu, S., 2011. Impacts of climate abnormality on remarkable dust storm increase of the Hunshdak Sandy Lands in northern China during 2001–2008, *meteorological applications meteorol.*
- Kutiel, H., Furman, H., 2003. Dust Storms in the Middle East: Sources of Origin and their Temporal Characteristics, *Indoor Built Environment*, 419–426.
- Maghrabi, A., Alharbi, B., Tapper, N., 2011. Impact of the March 2009 dust event in Saudi Arabia on aerosol optical properties, meteorological parameters, sky temperature and emissivity, *Atmospheri Environment* 45, 2164-2173.
- Orlovskya, L., Orlovskya, N., Durdyevb, A., 2005. Dust storms in Turkmenistan, *Journal of Arid Environments*, vol.60, 83–97.
- Shamsipour, A., Miri, M., Safarrad, T., 2011, Analysis of spatial and temporal variations of dust events in the South West of Iran, *National Seminar on Modern and Palaeo Sediments: Implication to Climate, Water resources and Environmental Changes & xxviii Convention of Indian Association of Sedimentologists.*
- Shen, Z., Caquineau, S., Cao, J., Zhang, X., Han, Y., Gaudichet, A., Gomes, L., 2009. Mineralogical characteristics of soil dust from source regions in northern China, *Particuology*, vol.7, 507–512.
- عزیزی، ق.، م.، میری، س.ا.، نبوی، ۱۳۹۰، ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، فصلنامه مطالعات مناطق خشک، شماره ۶.
- علیجانی، ب.، ۱۳۸۵، اقلیم شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، تهران، ۲۵۷ صفحه.
- کریمی، ف.، ۱۳۸۸، تحلیل همدیدی توفان‌های گرد و غبار استان خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی.
- کریمی احمدآبادی، م.، ک.، شکوهی رازی، ۱۳۹۰، اندرکنش گردش جو و پوشش سطح زمین در سازوکار تشکیل و گسترش توفان‌های گرد و غبار تابستانه‌ی خاورمیانه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۸، صص ۱۳۰–۱۱۳.
- میری، م.، ۱۳۹۰، واکاوی آماری- همدیدی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- Alpert, P., Kishcha, P., Shtivelman, A., Krichak, S.O., Joseph, J.H., 2004. Vertical distribution of Saharan dust based on 2.5-year model predictions, *Atmospheric Research*, vol.70, 109–130.
- Anuforum, A.C., 2007. Spatial distribution and temporal variability of Harmattan dust-haze in sub-Sahel West Africa, *Atmospheric Environment*, vol.41, 9079–9090.
- Ata., H., Hazrat, M., Afzal, M., 2005. analyssis of dust storme frequency over pakistan during (1961-2000), *Pakistan Journal of Meteorology*, vol. 2, 49- 68.
- Baddock, M., Bullard, J., Bryant, R., 2009. Dust source identification using

- emission and transport in East Asia, *Global and Planetary Change*, vol.52, 57–70.
- Wang, X., Huang, J., Mingxia, Ji., Higuchi, K., 2008. Variability of East Asia dust events and their long-term trend, *Atmospheric Environment*, vol.42, 3156–3165.
- Takashi, Y., Yoshion, M., Suzuki, J. 2007. The relationship between occurrence of dust events and synoptic climatological condition in East Asia, 1999-2003, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, vol.85, 81-99.
- Takemi, T., Seino, N., 2005. Dust storms and cyclone tracks over the arid regions in East Asia in spring. *Journal of geophysical research* 110, D18S11.
- Wang, W., Z., Fang. 2006. Numerical simulation and synoptic analysis of dust